



Facultad de
Ciencias de la Salud
y del Deporte - Huesca
Universidad Zaragoza

GRADO EN CIENCIAS DE LA
ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL
DEPORTE

La electroestimulación puede influir de manera aguda en el rendimiento de la capacidad de salto y de la fuerza de prensión manual.

Electrostimulation may influence the acute performance in jumping ability and handgrip strength.

Autor: Adrián Cacho Martínez

Tutor: Germán Vicente Rodríguez (Dep. Fisiatría y Enfermería)

27/08/18

RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio fue evaluar si la tecnología de electroestimulación (EMS) mejora el rendimiento agudo de la fuerza dinámica e isométrica. Los participantes fueron 20 chicos estudiantes que solían entrenar habitualmente en el gimnasio, con edades comprendidas entre 20-30 años. La fuerza de prensión manual se midió con un dinamómetro y para la capacidad de salto se realizaron tres test (SJ, CMJ y SH) que se evaluaron con la aplicación para móviles MyJump[®]. Para ello se diseñaron cuatro protocolos de calentamiento orientados al trabajo de potencia; uno clásico, otro con EMS global a 30Hz, otro a 100Hz y el último con EMS analítica (Compex[®]). Todos los protocolos tenían una duración de 4 minutos y los ejercicios que hicieron eran similares. Los test se realizaron antes de comenzar con las intervenciones (medida basal, dato control), justo después de cada calentamiento y una hora después. Los resultados obtenidos muestran que en todas las pruebas realizadas y en todas las variables estudiadas, los valores más altos se dieron con un calentamiento de EMS; ya sea analítica para dinamometría, el SJ y el SH, o global para el CMJ, con diferencias significativas entre alguno de los momentos dentro de cada intervención ($p \leq 0,05$). Del mismo modo, estos valores disminuyen incluso por debajo del valor basal tras una hora del calentamiento excepto para el Compex[®] sin darse diferencias significativas con el momento Post ($p \leq 0,05$). Así pues, con un calentamiento de EMS se puede llegar a mejorar el rendimiento agudo de la capacidad de salto y la fuerza de prensión manual, factores determinantes de múltiples disciplinas deportivas.

PALABRAS CLAVE: EMS global corporal, EMS analítica, capacidad de salto, fuerza dinámica, fuerza isométrica, dinamometría manual, rendimiento agudo.

ABSTRACT

The main objective of the research was to evaluate if the electrostimulation technology (EMS) improves the acute performance of the dynamic and isometric strength. The participants were 20 student boys, who used to work out at the gym really often, from 20 to 30 years old. The handgrip strength was measured with a dynamometer and for the jumping ability three tests were made (SJ, CMJ and SH) that were evaluated with the mobile application MyJump[®]. To do so, four warm-up protocols for power work were created: a classic one, another one with global EMS at 30Hz, then at 100Hz and the last one with analytical EMS (Compex[®]). All the protocols lasted 4 minutes and the exercises they made were similar. The tests were carried out before starting with the interventions (basal measurement, control data), just after each warm-up and one hour later. The results obtained show that in all the tests carried out and in all the variables studied, the highest values were obtained with an EMS warm-up; either analytical for dynamometry, the SJ and the SH, or global for the CMJ, with significant differences between some of the moments within each intervention ($p \leq 0.05$). Equally, these values decrease even below the basal value after an hour of warm-up excepting the Compex[®] without significant differences with the Post moment ($p \leq 0.05$). So, with an EMS warm-up, it is possible to improve the acute performance of jumping ability and handgrip strength, determining factors of multiple sports disciplines.

KEY WORDS: Whole-body EMS, analytical EMS, jumping ability, dynamic strength, isometric strength, handgrip, acute performance.

ÍNDICE Y ABREVIATURAS

INTRODUCCIÓN	P. 4
HIPÓTESIS	P. 6
OBJETIVOS	P. 6
MÉTODOS	P. 7
RESULTADOS	P. 15
DISCUSIÓN	P. 21
CONCLUSIONES	P. 27
CONCLUSIONS	P. 28
AGRADECIMIENTOS	P. 29
BIBLIOGRAFÍA	P. 30
ANEXOS	P. 34

LISTADO DE ABREVIATURAS

EMS → Electroestimulación

SJ → Squat Jump

CMJ → Counter Movement Jump

SH → Salto Horizontal

DD → Dinamometría Derecha

DI → Dinamometría Izquierda

PRE → Pre intervención

POST → Post intervención

POST1 → Una hora después de la intervención

INTRODUCCIÓN

Hoy en día contamos con múltiples disciplinas deportivas cuyo rendimiento depende de la capacidad de salto, las cuales podemos encontrar en deportes individuales y colectivos. Entre ellos destacamos el balonmano, fútbol, voleibol, baloncesto y el atletismo, en las modalidades de salto de altura y salto de longitud. La capacidad de salto es de vital importancia para el rendimiento de estas disciplinas deportivas; ya que puede determinar la diferencia entre las posiciones de juego y los niveles competitivos de los diferentes jugadores de un mismo equipo o deporte (Pehar et al., 2017). Además, gracias al estudio de esta capacidad, se puede comparar las características de diferentes deportistas para determinar su probabilidad de éxito e incluso derivarlos hacia sus disciplinas o modalidades deportivas más afines a sus características físicas (Kollias, Panoutsakopoulos, & Papaiakevou, 2004); incluso verificar que la edad también puede influir en el rendimiento y formar parte de la detección de talentos deportivos (Korff, Horne, Cullen, & Blazevich, 2009).

Para trabajar la capacidad de salto o mejorar el rendimiento en el salto se pueden utilizar métodos de entrenamiento diversos; como: fuerza con cargas altas, fuerza explosiva, electroestimulación, vibración y el entrenamiento pliométrico (Markovic, 2007); así como la combinación de varios de ellos (de Villarreal, Izquierdo, & Gonzalez-Badillo, 2011).

De todos los posibles métodos de entrenamiento que se emplean para mejorar la capacidad de salto, en este estudio nos vamos a centrar en la electroestimulación (EMS). Esta herramienta se basa en diferentes tipos de impulsos eléctricos; según el objetivo de entrenamiento que se esté buscando,

similares a los emitidos por el cerebro, pero en este caso enviados por un generador de corriente. Dicho impulso llega al nervio motor; el cuál excita al músculo provocando su contracción a la frecuencia e intensidad deseada (Boscheti, 2004).

Para el entrenamiento se pueden utilizar dos tipos de EMS: la global y la analítica. La primera consiste en una serie de electrodos colocados por pares en un traje o chaleco de manera que cuando se coloca en el cuerpo, sobre prendas de algodón para que conduzca bien la corriente o directamente sobre la piel, estos electrodos quedan distribuidos sobre los principales músculos del cuerpo para poder trabajarlos de forma simultánea. Por otro lado, se podría decir que la EMS analítica utiliza de forma exclusiva uno de esos pares de electrodos colocado sobre un grupo muscular concreto para trabajarlo de forma aislada y su correcta colocación se puede ver en Benito-Martínez, 2013.

En la literatura encontramos numerosos estudios que muestran la mejora del rendimiento en la capacidad de salto con el uso de la EMS en los entrenamientos de deportes como el fútbol (Filipovic et al., 2016; Billot, Martin, Paizis, Cometti, & Babault, 2010), el rugby (Babault, Cometti, Bernardin, Pousson, & Chatard, 2007), el hockey sobre hielo (Brocherie, Babault, Cometti, Maffiuletti, & Chatard, 2005), el baloncesto (Maffiuletti et al., 2000) o el voleibol (Maffiuletti, Dugnani, Folz, Di, & Mauro, 2002). Dichos estudios evalúan el efecto de un programa de entrenamiento de varias semanas de duración sobre el rendimiento de varios parámetros relevantes en esas modalidades deportivas. Sin embargo, ninguno de ellos muestra si el rendimiento en el salto puede verse mejorado de forma aguda, es decir, después de una única sesión o de un calentamiento con EMS. Esta información puede ser relevante para el

rendimiento en competición y en este estudio trataremos de comprobar dicho aspecto.

Por último, la dinamometría manual es un instrumento simple, rápido y económico que se suele utilizar para predecir la fuerza muscular del conjunto del cuerpo (Leong et al., 2015). Así pues, intentaremos evaluar de la misma forma que con la capacidad de salto, si la EMS mejora la fuerza de prensión manual de manera puntual.

HIPÓTESIS

La realización de un calentamiento orientado al trabajo de potencia utilizando la tecnología de electroestimulación (EMS), mejora el rendimiento agudo de fuerza dinámica e isométrica testado a través del salto vertical y horizontal y la fuerza de prensión manual, en comparación con un calentamiento tradicional.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio es evaluar si la tecnología de electroestimulación (EMS); ya sea global o analítica, mejora el rendimiento en fuerza dinámica medida mediante el salto vertical (Squat Jump, SJ y Counter Movement Jump CMJ) y el salto horizontal (Standing Broad Jump, SH), y la fuerza isométrica medida mediante dinamometría manual. Otros objetivos secundarios serían tratar de determinar la carga de intensidad apropiada modificando los parámetros de EMS, y si habiendo efectos beneficiosos estos se mantienen una hora después de su realización.

MÉTODOS

Participantes

La muestra utilizada en este estudio fue de 20 participantes varones de entre 20 y 30 años. Todos formaron parte del grupo experimental y realizaron los cuatro protocolos diferentes de calentamiento. El requisito principal para participar fue estar acostumbrado a realizar entrenamientos de fuerza; por lo que la mayoría de ellos eran usuarios habituales de la sala de musculación de la Universidad, o en su defecto, estudiantes del Grado de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte que fueran al gimnasio frecuentemente. Además, antes de empezar con las pruebas, todos rellenaron un PAR-Q (cuestionario de aptitud para la actividad física) respondiendo "NO" a todas las preguntas, dieron su consentimiento firmado de participación voluntaria (el modelo del consentimiento informado que se pasó se encuentra en el anexo 1) y se verificó que no poseían ninguna de las contraindicaciones absolutas para someterse al uso de la electroestimulación. El estudio se realizó siguiendo las directrices recogidas en la Declaración de Helsinki 1961 (revisada en Fortaleza 2013).

Materiales y pruebas

Diseño del estudio: tras una sesión inicial en la que se realizaron todos los tests basales, se realizaron 4 intervenciones de calentamiento diferentes antes de repetir los test de salto vertical, horizontal y dinamometría manual inmediatamente después del calentamiento y tras 1h del calentamiento. El estudio se llevó a cabo durante el mes de mayo y para ello los sujetos realizaban cada semana una de las intervenciones del estudio; siguiendo un orden establecido que se detallará más adelante.

Para realizar los protocolos de calentamiento con EMS se emplearon dos herramientas de electroestimulación: un equipo de electroestimulación global corporal de la marca Justfit[®] y un equipo de electroestimulación analítica Compex[®] SP 8.0. También fue necesario el uso de una unidad de suspensión TRX[®] anclada a la pared a 2 metros de altura, un cajón de base cuadrada de 45 centímetros de alto y 8 vallas pequeñas de 33 centímetros.

Para la determinación de la fuerza de presión manual se precisó de un dinamómetro digital marca TAKEI[®] modelo SMEDLEY III T-19 y para calcular las variables respectivas a los saltos se utilizó la aplicación para móvil MyJump2[®] validada (Balsalobre-Fernández, Glaister, & Lockey, 2015) a través de la cámara de vídeo de un móvil BqAqarisM5[®]. Para crear el perfil de los participantes en esta aplicación, era necesaria la medida de la longitud de la extremidad inferior, la cual se tomaba en decúbito supino con el tobillo en máxima extensión. Una vez en esa posición se medía la distancia entre el trocánter mayor y la punta del dedo pulgar del pie. También era necesaria la medida de la distancia perpendicular entre el trocánter mayor y el suelo en posición de media sentadilla (rodillas y caderas en flexión de 90°). Se empleó una cinta antropométrica para tomar ambas medidas.

Para valorar la dinamometría manual, los participantes colocados en bipedestación agarraban el dinamómetro con el brazo totalmente extendido de manera que éste quedara paralelo a la extremidad inferior con la pantalla en posición invertida mirando hacia el exterior. Una vez en esa posición y habiendo ajustado la longitud de agarre deben ejecutar la máxima fuerza posible apretando el dinamómetro. Primero lo hacían con la mano derecha y

seguidamente con la izquierda, se repetía 2 veces y se tomaba como valor de la prueba el más alto alcanzado.

El Squat Jump (SJ) es un salto vertical que se ejecuta partiendo desde la posición de media sentadilla (rodillas y caderas flexionadas a 90 grados) y con las manos dispuestas en la cintura. El individuo debe efectuar la prueba sin realizar contramovimiento hacia abajo y sin despegar las manos de la cintura. Una vez que los pies dejan de tocar el suelo, no se puede flexionar las rodillas hasta que los pies vuelvan a tocar el suelo; para amortiguar así la caída.

El Counter Movement Jump (CMJ) es un salto vertical que se ejecuta partiendo desde la posición de bipedestación con las manos dispuestas en la cintura. Al iniciar el movimiento, el individuo desciende hasta la posición de media sentadilla (rodillas y caderas flexionadas a 90 grados). Debe realizar el salto aprovechando ese impulso pero sin separar las manos de la cintura. Una vez que los pies dejan de tocar el suelo, no se puede flexionar las rodillas hasta que los pies vuelvan a tocar el suelo; para amortiguar así la caída.

Para ejecutar correctamente el Salto Horizontal (SH), los participantes se colocaban bien erguidos con los pies separados a la anchura de los hombros sin sobrepasar una marca colocada en el suelo. Seguidamente realizaban un balanceo de brazos coordinado con la flexo-extensión de rodillas para poder tomar el impulso necesario que les permitiera saltar lo máximo posible. La distancia del salto se cogía desde el momento en el los dedos del último pie que despegaba se separan del suelo hasta que el primer pie que aterriza apoya el talón.

De los cuatro test que se realizaron, se han estudiado un total de trece variables, recogidas en la Tabla 2. La dinamometría se hizo con las dos manos; derecha (DD) e izquierda (DI), para el SJ se estudió la altura, el tiempo de vuelo, la velocidad y la fuerza y potencia que aplicaban; las mismas variables que se analizaron para el CMJ. Y por último, en el salto horizontal (SH) solamente se cogió la distancia que saltaban.

Protocolos de calentamiento

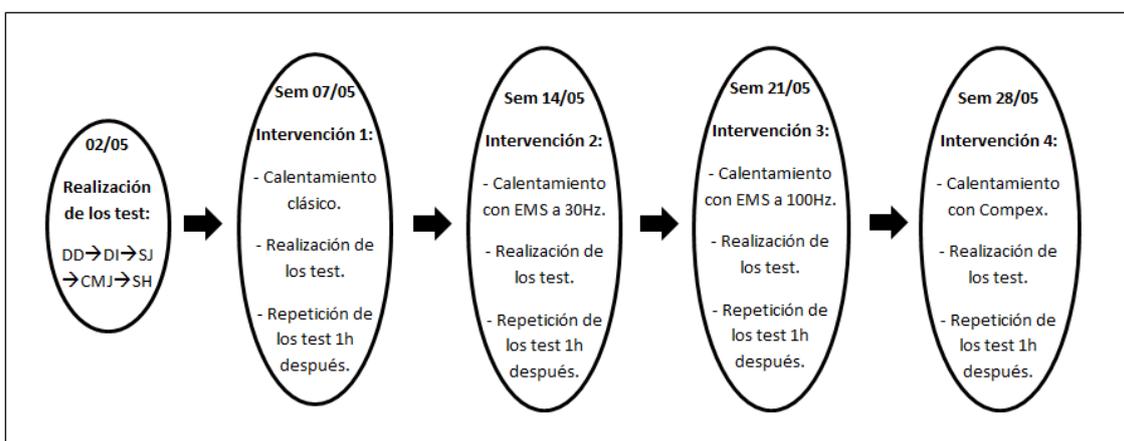
Los 20 participantes realizaron todas las intervenciones por lo que formaron el grupo experimental y como condición control se tomó el valor basal previo a cualquier protocolo de calentamiento.

El estudio se llevó a cabo durante un mes. Cada semana se realizaba un protocolo distinto, además de un día en la semana previa al comienzo de las intervenciones en el que todos los participantes realizaron únicamente los test, para tener un dato inicial; por lo que cada uno de ellos tuvo que dedicar 5 días para la realización del estudio.

Para la sesión inicial, se pidió venir a los participantes un día concreto a mitad de la tarde (17-19h); con la única condición de que no hubieran hecho ejercicio físico muy intenso ese mismo día. Este día solo realizaron los test; los cuales consistían en dinamometría manual con la mano derecha (DD) y con la izquierda (DI), dos saltos verticales: Squat Jump (SJ) y Counter Movement Jump (CMJ) y un salto horizontal a pies juntos (SH). De este modo, debían realizar dichas pruebas del test en el orden descrito dos veces; de las cuales se cogía la marca más alta.

Durante las 4 semanas siguientes se realizaron las intervenciones. Cada participante podía elegir el día y la hora de la semana que mejor le viniera, siempre que la instalación y el material estuviera disponible; y entre la realización de cada protocolo debía de haber pasado mínimo tres días (media: $7,1 \pm 0,6$ días). Podían hacer vida normal y continuar con sus respectivos entrenamientos salvo el día en el que realizaban la intervención; en el que no debían haber hecho ejercicio físico intenso previamente ni en la hora entre la realización de los test.

El esquema de trabajo de las 4 intervenciones era el mismo y consistía en: 1º Realización de una activación de 4 minutos de duración (diferente para cada día aunque con ejercicios similares que describiré a continuación), 2º Realización de los test en el orden explicado anteriormente y 3º Repetición de los test una hora después de haber hecho la activación.



Esquema 1: Orden cronológico de las intervenciones y sus partes.

El primer protocolo, calentamiento clásico: trataba una activación sin EMS de 4 ejercicios en los que se hacía un trabajo de 45'' y un descanso de 15'' en cada uno. Dichos ejercicios eran: sentadilla con salto con apoyo de un TRX, paso de

4 vallas a pies juntos, subida al cajón con rodillazo arriba (una con cada pierna) y salto al cajón en sentadilla con bajada sin salto.

Para la segunda y tercera intervención (chaleco EMS 30 y 100Hz): el trabajo era exactamente el mismo y con los mismos ejercicios; pero la ejecución variaba con respecto a la primera prueba y la frecuencia de electroestimulación era diferente entre ambas. El segundo día realizaron la activación con un chaleco de EMS global a una frecuencia de 30Hz y el tercero a 100Hz. Ambos trabajos de EMS fueron en discontinuidad; 5'' de trabajo (el chaleco estaba en funcionamiento) y 10'' de "pausa" (el chaleco estaba apagado y los sujetos disponían del tiempo suficiente para realizar las repeticiones y tener unos pocos segundos de descanso). Durante los 5'' de trabajo en los 4 ejercicios, debían mantener una isometría en sentadilla a 90° de flexión de rodillas y en los 10'' de "pausa" hacían el trabajo dinámico. En el primer ejercicio realizaron 3 saltos, un paso de 4 vallas en el segundo, una subida al cajón con cada pierna en el tercero y 2 saltos al cajón en sentadilla en el último. Realizaron 4 repeticiones de cada ejercicio; es decir, un minuto por ejercicio. Aclarar que aunque la frecuencia de los protocolos era la misma para todos los participantes (30 y 100 respectivamente) y la intensidad global del chaleco también (65%); la intensidad relativa de cada par de electrodos variaba según la capacidad de tolerancia de cada uno; habiéndola ajustado en continuidad antes de la primera intervención con EMS a la máxima tolerable por persona y por grupo muscular. Para calcular esta intensidad relativa se hizo un ajuste al 65% de la intensidad global (ya que era a la que iban a trabajar después); primero a 5Hz, luego a 10Hz y por último a 15Hz. Cada participante indicaba hasta cuanto podía subirla sin que le molestara o sin que el músculo tetanizara

por completo. Esta intensidad de cada par de electrodos se mantuvo para el segundo día de trabajo con EMS.

En el cuarto y último protocolo (EMS analítico Compex): el trabajo con EMS era completamente diferente. Se trataba de una activación con la herramienta de EMS analítica Compex. Para ello, únicamente se les colocó unos electrodos en los cuádriceps; que consistían en un electrodo grande en el origen del músculo y dos electrodos pequeños en la inserción, uno para el vasto lateral externo y otro para el interno. Estos electrodos estaban unidos por unos cables cuya función es mantener el circuito cerrado y que el impulso eléctrico pueda contraer los músculos. Los participantes únicamente debían aguantar 4 minutos (el tiempo que duraba el programa de “potenciación” de Compex) una isometría en sentadilla con el soporte de un TRX. El programa consiste en una subida progresiva de la frecuencia de electroestimulación y de la intensidad relativa de la contracción pero de manera aleatoria; es decir, no avisaba cuando iba a realizar la contracción fuerte. El generador mandaba impulsos continuos y de repente aumentaba la velocidad de contracción hasta que ésta era máxima; entonces el participante tenía que aguantar todo lo que pudiera hasta que volvía a dar impulsos continuos. El total de contracciones máximas era de 10 y después de cada una de ellas podía estirar las rodillas para relajar un poco las piernas. Solamente se podía controlar la intensidad global de la corriente; la cual varió entre los participantes de 130 a 240 unidades de energía Compex, según la capacidad de tolerancia de cada uno.

(Para mayor detalle sobre los ejercicios ver el anexo 2).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales SPSS 23® (IBM®, Armonk, NY, USA) para Windows. Los datos de las tablas se representan como media \pm desviación estándar. Todos los valores de los test realizados justo después de los protocolos de calentamiento y una hora después; además de los valores iniciales, se registraron en la base de datos. También se registraron los datos descriptivos de los participantes (edad, altura peso...) y los días de descanso entre cada una de las cuatro intervenciones para obtener estadísticos descriptivos. Para evaluar y comparar las diferencias entre los datos iniciales, los datos recogidos postintervención y los datos de una hora después, dentro de cada protocolo y entre los cuatro protocolos; se ha hecho un análisis ANOVA de medidas repetidas para cuatro niveles (4 calentamientos) y tres momentos (pre, post y post 1h) con estudio de interacción entre el momento y la intervención. La significación estadística se estableció en $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Todos los participantes de la muestra inicial, un total de 20 varones, formaron el grupo experimental; cuyas medias de edad y datos antropométricos están recogidas en la Tabla 1. El participante más joven tenía 20 años y el más mayor 30, sus pesos estaban comprendidos entre 63 y 95 kilogramos y sus alturas entre 169 y 196 centímetros. Además, la longitud de la extremidad inferior varió entre los participantes de 103 y 133 centímetros y la altura en posición de media sentadilla fue de 69 a 89 centímetros.

Variables	N	$\bar{X} \pm DS$		
Edad (años)	20	23,10	±	2,43
Peso (kg)	20	76,05	±	7,50
Altura (cm)	20	179,10	±	6,97
Long. Pierna (cm)	20	114,00	±	6,66
Altura a 90° (cm)	20	79,50	±	5,97

Tabla 1. Medias de los datos antropométricos y la edad. Los valores están representados como media \pm desviación estándar ($\bar{X} \pm DS$).

En la Tabla 2 se presentan los valores medios de las variables estudiadas tomadas antes de las intervenciones (Pre), justo después de cada intervención (Post) y una hora después (Post1) en los cuatro calentamientos.

Variables	Pre	Calentamiento Clásico		Calentamiento EMS 30Hz		Calentamiento EMS 100Hz		Calentamiento Complex	
	$\bar{X} \pm DS$	Post	Post1	Post	Post1	Post	Post1	Post	Post1
	$\bar{X} \pm DS$	$\bar{X} \pm DS$	$\bar{X} \pm DS$	$\bar{X} \pm DS$					
Din. Der. (Kg)	52,01 ± 8,91	51,93 ± 7,87	51,63 ± 8,50	51,25 ± 8,30	51,87 ± 8,02	52,40 ± 7,65	52,10 ± 8,83	52,63 ± 7,77	52,27 ± 8,32
Din. Izq. (Kg)*	47,14 ^a ± 7,54	47,96 ± 6,42	47,13 ± 6,76	47,45 ± 7,25	47,65 ± 6,31	48,01 ± 6,09	48,42 ± 7,58	49,07 ^a ± 7,34	49,16 ^a ± 7,29
Altura SJ (cm)*	30,43 ^{ac} ± 4,38	31,61 ^{ab} ± 4,36	30,57 ^b ± 4,69	31,30 ± 3,44	30,59 ± 3,95	31,07 ± 3,91	30,58 ± 3,88	31,62 ^{cd} ± 3,86	30,70 ^d ± 3,52
Tiempo Vuelo SJ (ms)*	496,95 ^{ac} ± 35,54	506,60 ^{ab} ± 34,60	497,9 ^b ± 37,75	504,50 ± 27,98	498,25 ± 32,37	502,40 ± 31,57	498,05 ± 31,77	506,75 ^{cd} ± 31,08	499,55 ^d ± 28,56
Fuerza SJ (N)*	1419,23 ^c ± 180,33	1443,99 ^a ± 178,49	1422,57 ^a ± 182,55	1439,36 ± 179,77	1422,34 ± 179,43	1447,90 ^b ± 199,16	1420,37 ^b ± 188,58	1452,12 ^{cd} ± 215,11	1428,96 ^d ± 192,96
Velocidad SJ (m/s)*	1,22 ^{bd} ± 0,09	1,24 ^a ± 0,09	1,22 ^a ± 0,09	1,24 ± 0,07	1,22 ± 0,08	1,24 ^{bc} ± 0,07	1,22 ^c ± 0,08	1,25 ^{de} ± 0,08	1,23 ^e ± 0,07
Potencia SJ (W)*	1736,67 ^c ± 305,31	1799,86 ^a ± 303,58	1744,95 ^a ± 317,00	1784,61 ± 268,47	1743,86 ± 288,37	1804,34 ^b ± 313,17	1738,04 ^b ± 310,14	1813,92 ^{cd} ± 347,04	1756,49 ^d ± 299,72
Altura CMJ (cm)**	32,87 ^c ± 4,66	33,56 ^a ± 5,06	32,14 ^a ± 5,32	33,43 ^b ± 4,59	32,69 ^b ± 4,88	33,89 ^{cd} ± 4,50	32,43 ^d ± 4,31	33,08 ± 4,20	32,97 ± 4,23
Tiempo Vuelo CMJ (ms)**	516,5 ^c ± 36,37	521,75 ^a ± 38,52	510,35 ^a ± 41,62	520,95 ^b ± 35,68	515,00 ^b ± 37,94	524,60 ^{cd} ± 34,33	513,25 ^d ± 33,81	518,40 ± 32,89	517,55 ± 32,96
Fuerza CMJ (N)**	1473,52 ^c ± 188,52	1488,69 ^a ± 194,00	1456,54 ^a ± 188,56	1489,85 ^b ± 210,79	1473,24 ^b ± 211,81	1501,29 ^{cd} ± 220,83	1466,83 ^d ± 201,59	1484,22 ± 216,22	1479,39 ± 205,48
Velocidad CMJ (m/s)**	1,27 ^c ± 0,09	1,28 ^a ± 0,09	1,25 ^a ± 0,10	1,28 ^b ± 0,09	1,26 ^b ± 0,09	1,29 ^{cd} ± 0,08	1,26 ^d ± 0,08	1,27 ± 0,08	1,27 ± 0,08
Potencia CMJ (W)**	1873,7 ^c ± 324,46	1912,92 ^a ± 344,73	1832,04 ^a ± 340,68	1912,42 ^b ± 353,32	1871,22 ^b ± 367,44	1941,55 ^{cd} ± 375,57	1854,50 ^d ± 334,66	1895,84 ± 354,10	1885,36 ± 338,00
Salto Horizontal (cm)**	215,44 ^{ace} ± 18,39	223,44 ^{ab} ± 20,94	216,44 ^b ± 19,21	218,97 ± 13,78	216,71 ± 17,29	223,13 ^{cd} ± 15,75	218,63 ^d ± 20,66	224,08 ^e ± 19,79	224,66 ^e ± 20,98

Tabla 2. Medias de las variables estudiadas tomadas antes de las intervenciones (Pre), justo después de cada intervención (Post) y una hora después (Post1) en los cuatro calentamientos. Está representada la interacción en cuanto al momento de la intervención (*) y la interacción en cuanto al momento y al momento por intervención en la prueba Raíz mayor de Roy (**). La misma letra indica diferencias significativas entre las parejas en esa variable. Los valores están representados como media ± desviación estándar ($\bar{X} \pm DS$) y las diferencias significativas se establecieron en $p \leq 0,05$.

En primer lugar, para DD no hubo ninguna diferencia significativa; el valor más alto se alcanzó después del calentamiento con Compex y el más bajo después del calentamiento con EMS a 30Hz. Por el contrario, en la dinamometría izquierda hubo diferencias significativas dentro del calentamiento con Compex entre los momentos Pre-Post y Pre-Post1 (ambas $p \leq 0,05$); dándose el valor más alto una hora después de dicho calentamiento y el más bajo una hora después del calentamiento clásico (Figura 1).

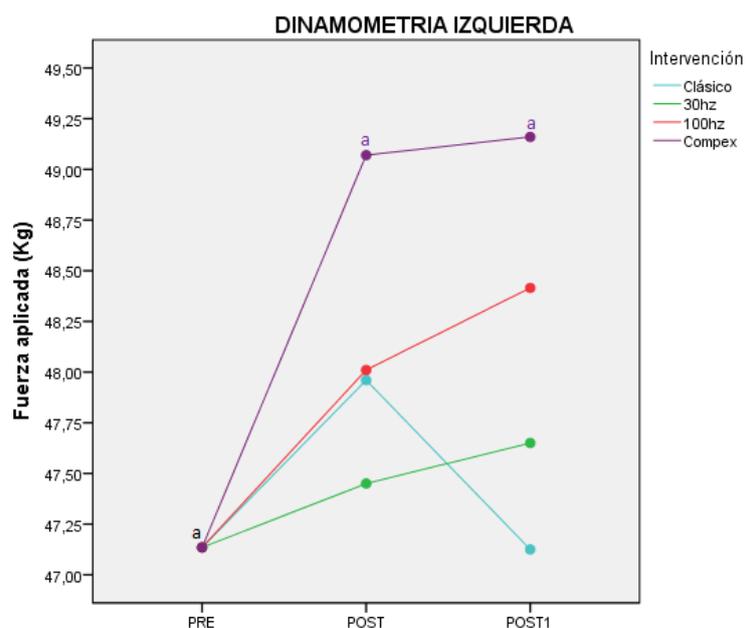


Figura 1. Comparación entre las medias de los momentos dentro de cada calentamiento y entre los calentamientos en cada momento en DI. Los valores están representados con la media (\bar{X}) y las diferencias significativas se establecieron en $p \leq 0,05$.

En segundo lugar, en el SJ, la altura más alta que se alcanzó fue después del calentamiento con Compex y la más baja, en el momento Pre intervención. Se observaron diferencias significativas dentro del calentamiento clásico entre los momentos Pre-Post y Post-Post1 (ambas $p \leq 0,05$); mismas diferencias que para el calentamiento con Compex (Figura 2).

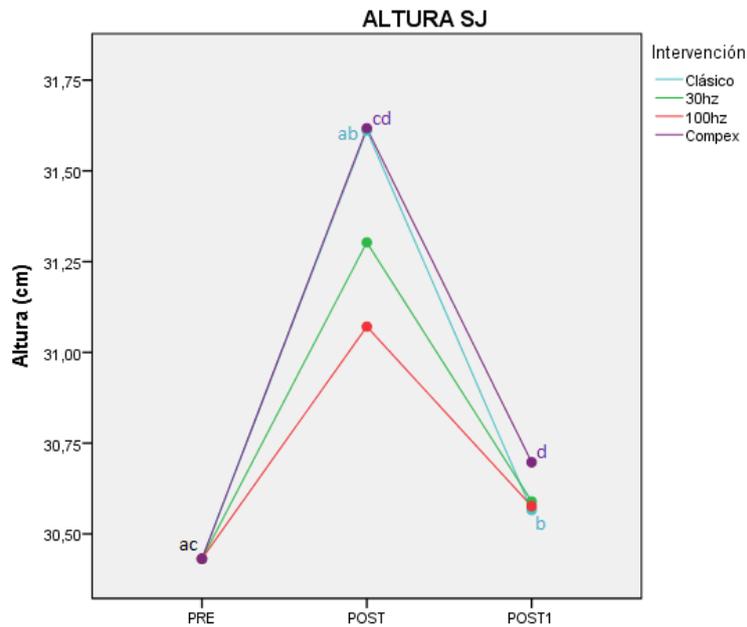


Figura 2. Comparación entre las medias de los momentos dentro de cada calentamiento y entre los calentamientos en cada momento en la altura del SJ. Los valores están representados con la media (\bar{X}) y las diferencias significativas se establecieron en $p \leq 0,05$.

Para el tiempo de vuelo, las diferencias significativas fueron las mismas que para la altura y en este caso, el valor más alto y el más bajo también se dieron en los mismos momentos (ambas $p \leq 0,05$). En la fuerza aplicada el valor más alto fue el de después del calentamiento con Compex y el más bajo, el valor Pre intervención. Hubo diferencias significativas dentro del calentamiento clásico entre Post-Post (ambas $p \leq 0,05$), al igual que en el calentamiento con EMS a 100Hz; y en el calentamiento con Compex, se dieron entre Pre-Post y Post-Post1 (ambas $p \leq 0,05$). Para la velocidad del salto, el dato mayor fue después del calentamiento Compex y el menor una hora después del calentamiento con EMS a 100Hz; las diferencias significativas se observaron dentro del calentamiento clásico entre Post-Post1 (ambas $p \leq 0,05$), en el calentamiento con EMS a 100Hz entre Pre-Post y Post-Post1 (ambas $p \leq 0,05$) y

en el calentamiento con Compex lo mismo que en el anterior. Por último, en la potencia, los valores y las diferencias significativas se comportaron igual que para la variable de la fuerza.

En cuanto al CMJ, en las cinco variables estudiadas: altura (Figura 3), tiempo de vuelo, fuerza, velocidad y potencia; los valores se comportaron de manera prácticamente similar. El valor mayor fue después del calentamiento con EMS a 100Hz y el menor, una hora después del calentamiento clásico. Las diferencias significativas se dieron dentro del calentamiento clásico entre Post-Post1 (ambas $p \leq 0,05$), en el calentamiento con EMS a 30Hz entre Post-post1 (ambas $p \leq 0,05$) y en el calentamiento con EMS a 100Hz entre los momentos Pre-Post y Post-Post1 (ambas $p \leq 0,05$). Comentar que el rendimiento empeora después de una hora con cualquier calentamiento excepto con el Compex; aunque justo después de la intervención sea con el que menos han saltado.

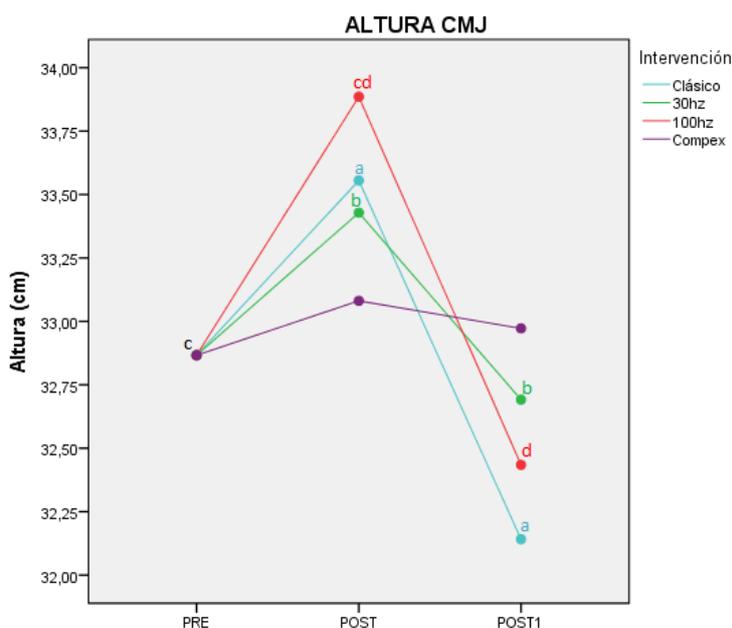


Figura 3. Comparación entre las medias de los momentos dentro de cada calentamiento y entre los calentamientos en cada momento en la altura del CMJ. Los valores están representados con la media (\bar{X}) y las diferencias significativas se establecieron en $p \leq 0,05$.

En último lugar, tenemos el SH. Para este test, el valor más bajo fue el del momento Pre intervención; y el más alto se alcanzó una hora después del calentamiento con Compex. Hubo diferencias significativas dentro del calentamiento con Compex. Hubo diferencias significativas dentro del calentamiento clásico entre Pre-Post y Post-Post1 (ambas $p \leq 0,05$); igual que en el calentamiento con EMS a 100Hz. Dentro del calentamiento con Compex, estas diferencias fueron entre los momentos Pre-Post y Pre-Post1 (ambas $p \leq 0,05$) (Figura 4).

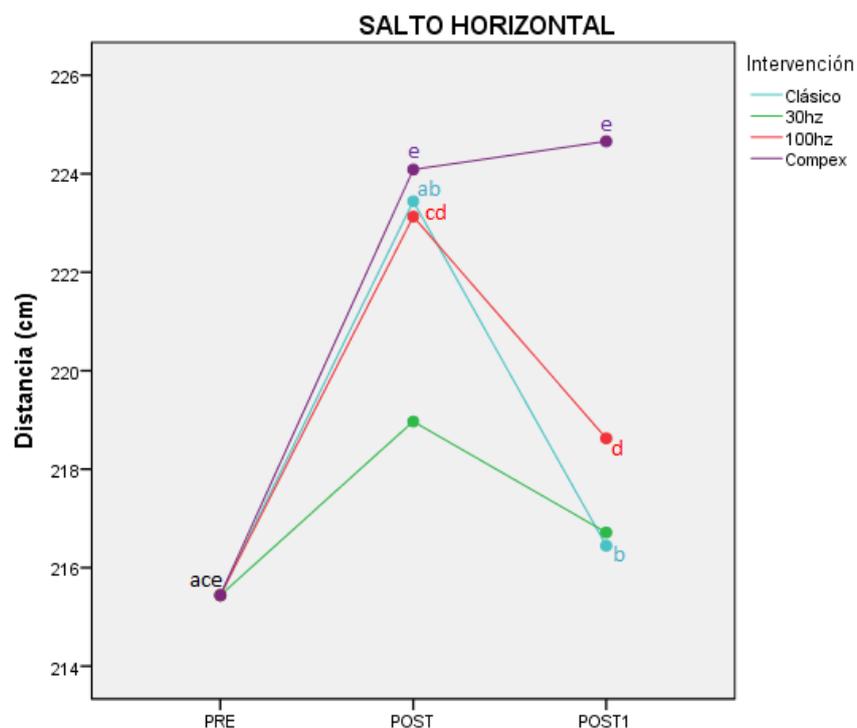


Figura 4. Comparación entre las medias de los momentos dentro de cada calentamiento y entre los calentamientos en cada momento en el SH. Los valores están representados con la media (\bar{X}) y las diferencias significativas se establecieron en $p \leq 0,05$.

(El resto de figuras se encuentran en el anexo 3)

DISCUSIÓN

Aunque después de analizar los resultados del estudio no se han encontrado diferencias significativas entre ninguno de los protocolos de calentamiento, dándose éstas únicamente entre los momentos de intervención dentro de cada uno de los calentamientos; en todas las pruebas realizadas y en todas las variables estudiadas, los valores más altos se han dado con un calentamiento de EMS; ya sea analítica (Compex), para dinamometría, el SJ y el SH, o global (EMS a 100Hz) para el CMJ. Del mismo modo, la altura de vuelo y la fuerza de la dinamometría disminuyen incluso por debajo del valor basal tras una hora del calentamiento excepto para el Compex. Estos hechos sugieren que el calentamiento con EMS ha tenido algún efecto agudo en la fuerza de prensión manual y en la capacidad de salto.

Efectos en la fuerza de prensión manual.

Para esta prueba, comparando las gráficas de la DD y la DI, se puede observar que todas las medias de los datos de la primera variable son mayores que los de la segunda; por lo que se puede afirmar que, independientemente del protocolo de calentamiento que se utilizase, la mayoría de los participantes tiene más fuerza de prensión manual en la mano derecha que en la izquierda; es decir, su mano dominante es la derecha (Luna-Heredía, Martín-Peña, & Ruiz-Galiana, 2005). Además, se trata de sujetos sanos; ya que cualquiera de los valores mostrados en la dinamometría más fuerte (DD) está por encima del valor de referencia (50,3kg) indicado para varones de su mismo rango de edad y altura (Steiber, 2016).

Por otro lado, si tenemos en cuenta los momentos de la intervención en ambas variables, podemos ver una similitud entre los valores. Para Post, el orden ascendente de los calentamientos teniendo en cuenta los resultados es: EMS 30Hz → Clásico → EMS 100Hz → Compex; y para Post1: Clásico → EMS 30Hz → EMS 100Hz → Compex. Esto indica que justo después del calentamiento, con el que menos han mejorado el rendimiento es con el de EMS 30Hz; llegando incluso a empeorar si lo comparamos con la medida Pre intervención en DD, y el que más ha activado es el de Compex llegando a mostrar diferencias significativas con el dato inicial en DI. Una hora después, el calentamiento con Compex sigue manteniendo la activación más alta con diferencias significativas en DI; sin embargo, la EMS a 30Hz mantiene la activación un poco por encima del calentamiento Clásico.

Estos resultados revelan que la EMS es capaz de activar directa e indirectamente la musculatura de la extremidad superior; ya que el Compex estaba ubicado solo en el cuádriceps y aun así, la tensión y la fuerza que los participantes tenían que aplicar sujetando el TRX en una posición isométrica durante cuatro minutos ha ocasionado que se diera el valor más alto. Por lo que realizar un trabajo isométrico puede producir ganancias en la fuerza de prensión manual (Speed, & Campbell, 2012). También es relevante que una hora después se ha mantenido o incluso aumentado esa fuerza de prensión manual, lo que indica que la activación ha sido importante. Del mismo modo, directamente también es el que más ha activado puesto que el siguiente valor más alto es el de EMS a 100Hz, donde un par de electrodos estaban colocados en el brazo. Por lo que de acuerdo con Kemmler et al., 2017, la EMS global a una frecuencia elevada es capaz de mejorar la fuerza de la empuñadura.

El valor más bajo alcanzado ha sido después del calentamiento con EMS a 30Hz, así que se podría decir que con este protocolo no sería posible activar fibras musculares de niveles más internos o reclutar un mayor número de éstas, a diferencia que a 100Hz; ya que la primera frecuencia se utiliza para trabajar fuerza resistencia con cargas bajas (reclutamiento de fibras tipo I) y la segunda para trabajos más explosivos, de potencia y de fuerza máxima (reclutamiento de fibras tipo IIb) (Benito-Martínez, 2013). Sin embargo, una hora después del calentamiento, todos los trabajos con EMS son más altos que el Clásico; lo que quiere decir que la EMS es capaz de mantener la activación muscular durante más tiempo, comparado con un trabajo tradicional de potencia. De acuerdo con (Filipovic, Kleinöder, Dörmann, & Mester, 2012), el entrenamiento con EMS ofrece una alternativa al entrenamiento tradicional para mejorar diversos parámetros de fuerza.

Por otro lado, está demostrado que la fuerza de prensión manual es un indicador que puede predecir múltiples parámetros relacionados con la salud de las personas (Bohannon, 2001; Montalcini et al., 2013; Steiber, 2016). Así pues, gracias a la EMS por medio de la fuerza de prensión manual, muchos de esos parámetros podrían verse mejorados.

Efectos en la capacidad de salto.

En primer lugar, si nos fijamos en los valores Post intervención, en el SJ el calentamiento que más activa es el de Compex, seguido del Clásico, EMS 30Hz y EMS 100Hz para la altura y el tiempo de vuelo. Para la fuerza, velocidad y potencia, el que más activa sigue siendo el Compex, seguido del EMS 100Hz, Clásico y EMS 30Hz. Curiosamente, en el CMJ, para todas las

variables, el calentamiento que más ha activado es el de EMS a 100Hz y el que menos el Compex. En cuanto al SH, el que más activa es el Compex y el que menos el EMS a 30Hz.

Con estos resultados podemos afirmar que justo después del calentamiento, la EMS es capaz de activar más la musculatura que un calentamiento tradicional para un trabajo de potencia; también que el de EMS 100Hz suele tener más activación que el de 30Hz, ya que esa frecuencia está orientada al trabajo de potencia y es capaz de activar fibras más rápidas o a un nivel mucho más interno del músculo (Benito-Martínez, 2013).

Además, si comparamos el SJ con el CMJ, nos llama la atención que en el primero el Compex active más que el EMS a 100Hz y en el segundo sea al contrario, siendo el Compex el que menos active. Este resultado sugiere que en el CMJ, al haber contramovimiento, se necesita la activación simultánea tanto del músculo cuádriceps como del femoral; hecho que no se consigue con la EMS analítica y por este motivo, con el Compex, al haber mucha más diferencia entre la activación de estos dos grupos musculares, los participantes saltan menos. En cambio, en el SJ no se necesita aprovechar la capacidad elástica para el salto y con una activación de los cuádriceps consiguen saltar más que con la activación de los dos grupos de forma simultánea. Podemos relacionar este hallazgo con lo descrito por Secomb et al., 2016, en el que el grupo más fuerte (musculatura de la extremidad inferior más activada de forma global) era capaz de frenar mejor en la bajada para aprovechar el contramovimiento y saltar significativamente más que el grupo más débil (musculatura de la extremidad inferior menos activada de forma global) en el CMJ.

En segundo lugar, para los valores recogidos una hora después de las intervenciones, en los tres saltos, el protocolo que mantiene más la activación es el Complex. El que menos, es el Clásico para la altura y tiempo de vuelo del SJ, el CMJ y el SH; y el EMS a 100Hz para la fuerza, velocidad y potencia del SJ.

Del mismo modo que con el momento Post intervención, podemos afirmar que la EMS puede mantener la musculatura de la extremidad inferior activada durante mucho más tiempo que un calentamiento tradicional para diferentes habilidades motoras de salto (Filipovic et al., 2012); además en los tres casos fue la EMS analítica colocada en los cuádriceps. Como podemos comprobar en Alemdaroğlu, 2012, la mayor fuerza de este grupo muscular se corresponde con una mayor manifestación de potencia máxima; por lo que si con un calentamiento se consiguen activar más fibras musculares y a niveles más internos, esta activación durará más tiempo.

Por el contrario, de forma general, el calentamiento que menos mantiene esta activación es el Clásico; ya que solo es capaz de activar fibras de niveles mucho más superficiales, lo que provoca que se tarde menos tiempo en volver a los valores de reposo.

Por tanto, la EMS ha tenido un papel relevante para el rendimiento de la capacidad de salto tanto después de un pequeño calentamiento como dejando pasar una hora de su realización; ya que ha sido el único que ha mostrado diferencias significativas entre Pre y Post en el CMJ (EMS a 100Hz) y en la fuerza, velocidad y potencia en el SJ (Complex y EMS a 100Hz); y también ha sido el único que las ha mostrado entre Pre y Post1 en el SH con el Complex.

Limitaciones y fortalezas del estudio

Las principales limitaciones que encontramos en el presente estudio son: que el tamaño de la muestra no fue muy grande y quizá con un número más elevado se hubieran obtenido resultados más determinantes; el orden de las intervenciones no fue aleatorio y otras condiciones ajenas al estudio pudieron influir en los resultados; no habían probado nunca esta herramienta lo que pudo originar que se comportaran de una forma diferente a la esperada, sobre todo en la primera intervención con EMS; y por último, no dedicaron tiempo a asimilar la técnica correcta de los test de salto y probablemente tuvo relevancia en cuanto a los resultados.

En cuanto a las fortalezas, la motivación de los participantes ante una tecnología que para todos ellos era novedosa fue determinante en la predisposición inicial que mostraron y en que ninguno de ellos abandonara el estudio antes de tiempo. Del mismo modo, también fue importante que ninguno de los participantes se lesionara en mitad del estudio para que la muestra no se redujera. Para finalizar, tanto la cesión de todo el material y las herramientas de electroestimulación como la formación previa del investigador para el manejo de dichas herramientas fue un aspecto de gran consideración a tener en cuenta.

CONCLUSIONES

La principal conclusión de este estudio es que con un calentamiento de EMS orientado al trabajo de la potencia muscular y a la fuerza explosiva se puede llegar a mejorar el rendimiento de la capacidad de salto y de la fuerza de prensión manual de forma aguda, y que esos efectos perduren hasta una hora después. Aunque no se han dado diferencias significativas entre ninguno de los calentamientos con EMS y el Clásico, sí que podemos comprobar que en todas las variables estudiadas ha sido después de un calentamiento con EMS (100Hz o Compex) dónde se ha conseguido el valor más alto; y es bien sabido que en la alta competición, unas milésimas de segundo, unos milímetros o unos gramos, te pueden dar la victoria.

Por otro lado, también se ha comprobado que la EMS a una frecuencia muy elevada es más beneficiosa para mejorar el rendimiento de estas capacidades físicas si lo comparamos con frecuencias más bajas; tanto si nos fijamos en la dinamometría manual como en los saltos verticales y el horizontal.

Además, como se puede ver en DI y SH, otro aspecto relevante de este estudio es que una hora después del calentamiento con EMS analítica sigue habiendo diferencias significativas si lo comparamos con el valor inicial y éstas se han mantenido o incluso aumentado un poco con respecto al valor Post intervención.

Por último, estos resultados indican que esta herramienta puede mejorar el rendimiento de modalidades deportivas donde se requiera manifestar la máxima fuerza explosiva durante pruebas de corta duración; como puede ser en varias modalidades del atletismo, o en momentos puntuales de deportes

que duren en torno a una hora; como el balonmano, voleibol, fútbol o baloncesto, con una simple aplicación en el calentamiento. Para complementar estos hallazgos, se necesitan estudios con atletas de élite y con la repetición de los test en varios momentos después de la intervención (más de dos) para aumentar la homogeneidad de la muestra y para comprobar hasta cuánto puede durar la eficacia del calentamiento con EMS. Además, sería adecuado profundizar más en el salto con contramovimiento debido a los resultados tan curiosos que se han obtenido respecto a las cuatro intervenciones en los dos momentos posteriores.

CONCLUSIONS

The main conclusion of this case study is that with a work-oriented warm-up of muscle power and explosive strength, the performance of jumping ability and handgrip strength can acutely be improved, and that these effects endure until an hour later. Although there have been no significant differences between any of the warm-ups with EMS and the Classic, we can verify that in all the variables studied it was after a warm-up with EMS (100Hz or Compex) where the highest value was achieved; and it is well known that in high competition, a few thousandths of a second, a few millimeters or a few grams, can give you the victory.

On the other hand, it has also been proven that EMS at a very high frequency is more beneficial to improve the performance of these physical capabilities if we compare it with lower frequencies; whether we look at handgrip, vertical jumps and horizontal jumps.

In addition, as can be seen in DI and SH, another relevant aspect of this study is that one hour after the warm-up with analytical EMS there are still significant differences when compared to the initial value and these have been maintained or even increased a bit in relation to the value Post intervention.

Finally, these results indicate that this tool can improve the performance of sports modalities where it is required to manifest the maximum explosive strength during short-term tests; such as several modalities of athletics, or in specific moments of sports that last around an hour; like handball, volleyball, soccer or basketball, with a simple application in warming up. To complement these findings, studies are required with elite athletes and with the repetition of the tests at several moments after the intervention (more than two) to increase the homogeneity of the sample and to check how long the effectiveness of the EMS warm-up can last. In addition, it would be appropriate to go deeper into the countermovement jump due to the curious results that have been obtained in relation to the four interventions in the two later moments.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a Germán Vicente-Rodríguez por su dedicación a la tutorización de este trabajo. Agradecer también a Luis Manzano Benito y a José Manuel Pinilla Vela; por parte de la empresa **Zentro**[®], toda la ayuda recibida y la proporción de los equipos y medios necesarios para tal actuación investigadora; y así como a todos mis amigos y compañeros que participaron de forma voluntaria en el presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Alemdaroğlu, U. (2012). The relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. *Journal of human kinetics*, 31, 149-158.
- Babault, N., Cometti, G., Bernardin, M., Pousson, M., & Chatard, J. C. (2007). Effects of electromyostimulation training on muscle strength and power of elite rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 431-437.
- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574-1579.
- Benito-Martínez, E. M. (2013). *Combinación simultánea de electroestimulación neuromuscular y pliometría. Un complemento al entrenamiento de velocidad y salto* (Tesis doctoral). Universidad de Jaén, Jaén, España.
- Billot, M., Martin, A., Paizis, C., Cometti, C., & Babault, N. (2010). Effects of an electrostimulation training program on strength, jumping, and kicking capacities in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1407-1413.
- Bohannon, R. W. (2001). Dynamometer measurements of hand-grip strength predict multiple outcomes. *Perceptual and motor skills*, 93(2), 323-328.
- Boscheti, G. (2004). *QUÉ ES LA ELECTROESTIMULACIÓN? teoría, práctica y metodología (Color)* (Vol. 24). Editorial Paidotribo.

- Brocherie, F., Babault, N., Cometti, G., Maffiuletti, N., & Chatard, J. C. (2005). Electrostimulation training effects on the physical performance of ice hockey players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(3), 455-460.
- de Villarreal, E. S. S., Izquierdo, M., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2011). Enhancing jump performance after combined vs. maximal power, heavy-resistance, and plyometric training alone. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(12), 3274-3281.
- Filipovic, A., Grau, M., Kleinöder, H., Zimmer, P., Hollmann, W., & Bloch, W. (2016). Effects of a whole-body electrostimulation program on strength, sprinting, jumping, and kicking capacity in elite soccer players. *Journal of sports science & medicine*, 15(4), 639.
- Filipovic, A., Kleinöder, H., Dörmann, U., & Mester, J. (2012). Electromyostimulation—a systematic review of the effects of different electromyostimulation methods on selected strength parameters in trained and elite athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(9), 2600-2614.
- Kemmler, W., Weissenfels, A., Teschler, M., Willert, S., Bebenek, M., Shojaa, M.,... & von Stengel, S. (2017). Whole-body electromyostimulation and protein supplementation favorably affect sarcopenic obesity in community-dwelling older men at risk: the randomized controlled FranSO study. *Clinical interventions in aging*, 12, 1503.

- Kollias, I., Panoutsakopoulos, V., & Papaiakevou, G. (2004). Comparing jumping ability among athletes of various sports: vertical drop jumping from 60 centimeters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 546-550.
- Korff, T., Horne, S. L., Cullen, S. J., & Blazeovich, A. J. (2009). Development of lower limb stiffness and its contribution to maximum vertical jumping power during adolescence. *Journal of Experimental Biology*, 212(22), 3737-3742.
- Leong, D. P., Teo, K. K., Rangarajan, S., Lopez-Jaramillo, P., Avezum Jr, A., Orlandini, A.,... & Rahman, O. (2015). Prognostic value of grip strength: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study. *The Lancet*, 386(9990), 266-273.
- Luna-Heredia, E., Martín-Peña, G., & Ruiz-Galiana, J. (2005). Handgrip dynamometry in healthy adults. *Clinical Nutrition*, 24(2), 250-258.
- Maffiuletti, N. A., Dugnani, S., Folz, M., Di, E. P., & Mauro, F. (2002). Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(10), 1638-1644.
- Maffiuletti, N. A., Gometti, C., Amiridis, I. G., Martin, A., Pousson, M., & Chatard, J. C. (2000). The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *International journal of sports medicine*, 21(06), 437-443.
- Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytic review. *British journal of sports medicine*.

- Montalcini, T., Migliaccio, V., Yvelise, F., Rotundo, S., Mazza, E., Liberato, A., & Pujja, A. (2013). Reference values for handgrip strength in young people of both sexes. *Endocrine*, *43*(2), 342-345.
- Pehar, M., Sekulic, D., Sisic, N., Spasic, M., Uljevic, O., Krolo, A.,... & Sattler, T. (2017). Evaluation of different jumping tests in defining position-specific and performance-level differences in high level basketball players. *Biology of sport*, *34*(3), 263.
- Secomb, J. L., Nimphius, S., Farley, O. R., Lundgren, L., Tran, T. T., & Sheppard, J. M. (2016). Lower-body muscle structure and jump performance of stronger and weaker surfing athletes. *International journal of sports physiology and performance*, *11*(5), 652-657.
- Speed, C. A., & Campbell, R. (2012). Mechanisms of strength gain in a handgrip exercise programme in rheumatoid arthritis. *Rheumatology international*, *32*(1), 159-163.
- Steiber, N. (2016). Strong or weak handgrip? Normative reference values for the german population across the life course stratified by sex, age, and body height. *PloS one*, *11*(10), e0163917.

ANEXOS

Anexo 1: Consentimiento informado.



Facultad de
Ciencias de la Salud
y del Deporte - Huesca
Universidad Zaragoza



HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Comparación del Rendimiento Deportivo tras una activación muscular Tradicional, una activación muscular con Electroestimulación Global Corporal y con Electroestimulación Analítica (Tecnología EMS)

La investigación en la que se requiere su colaboración será realizada por Adrián Cacho Martínez; alumno de 4º curso del Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte en la Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte de la Universidad de Zaragoza con el motivo de Trabajo Fin de Grado tutorizado por el profesor Germán Vicente Rodríguez, en las instalaciones de StudioZentro-Rendimiento y Salud SLP, con CIF B2241556, quién proporcionará los equipos y medios necesarios para tal actuación investigadora, y la tutorización de parte de la empresa de Luis Manzano Benito y José Manuel Pinilla Vela, como especialistas en entrenamiento personal con sistemas de electroestimulación analítica y global.

Información y contraindicaciones para el uso de la EMS

La electroestimulación neuromuscular se basa en impulsos eléctricos similares a los emitidos por el cerebro, capaces de reproducir la fisiología natural de la contracción muscular en el momento en que por vía percutánea llegan a estimular el nervio motor. Estos impulsos son enviados por un generador de corriente constante capaz de compensar la inconstante impedancia de nuestro cuerpo (bioimpedancia eléctrica). Dicho impulso eléctrico llega a la motoneurona, situada normalmente en el vientre muscular, desencadenando una acción muscular, y dependiendo de los parámetros de control (nº de impulsos por segundo, duración de la contracción, duración de la fase de descanso, duración total del programa...) con los que haya sido programada la corriente, producirá diferentes efectos, tales como relajación, aumento la vascularización, desarrollo de la fuerza, hipertrofia...

Durante el programa de ejercicio, se tomarán medidas para garantizar su seguridad. No obstante, como con cualquier programa de ejercicio, un mal uso de estos instrumentos, así como su utilización bajo alguna de las contraindicaciones que se presentan a continuación, pueden producir ciertos riesgos para su salud. Por tanto, debe conocer las siguientes contraindicaciones absolutas y relativas que la tecnología EMS tiene:

CONTRAINDICACIONES ABSOLUTAS	CONTRAINDICACIONES RELATIVAS
<ul style="list-style-type: none">* Enfermedades y procesos inflamatorios agudos<ul style="list-style-type: none">* Marcapasos* Trombosis y/o varices profundas* Trastornos circulatorios arteriales<ul style="list-style-type: none">* Tuberculosis* Heridas no cicatrizadas tras operación quirúrgica<ul style="list-style-type: none">* Embarazo* Osteoporosis avanzada* Artrosis avanzada* Placas, tornillería o agujas de sujeción ósea<ul style="list-style-type: none">* Prótesis osteoarticulares<ul style="list-style-type: none">* EPOC* DIU* Prótesis mamarias* Procesos oncológicos o alteraciones hormonales severas<ul style="list-style-type: none">* Enfermedades neurológicas complejas<ul style="list-style-type: none">* Epilepsia* Cualquier infección viral o bacteriana<ul style="list-style-type: none">* Hernia inguinal o abdominal* Hemofilia o hemorragia* Enfermedad muscular reconocida	<ul style="list-style-type: none">* Artrosis y artritis en proceso intermedio<ul style="list-style-type: none">* Migraña severa* Hernia discal, protusión discal, listesis discal, discopatía general, espondilólisis, espondilolistesis....<ul style="list-style-type: none">* Enfermedad cardiovascular* Cálculo biliar o renal* Prótesis dentales* Condropatía rotuliana o problemas articulares de rodilla

La participación como sujeto en esta investigación supone:

- Realizar una activación muscular con ejercicios tradicionales y añadir a esos ejercicios tanto la tecnología EMS global como la analítica.
- Realizar unos test iniciales que implican dinamometría manual y pliometría (será necesario ser grabado en vídeo); así como después de cada uno de los calentamientos.

Si decide participar en esta investigación, acepta las siguientes condiciones:

Confidencialidad.

- La identidad de participante será protegida de forma que ninguna persona ajena a este estudio pueda acceder a la información proporcionada por éste.
- El destino de los datos; así como de los vídeos, es exclusivo para el Trabajo Fin de Grado en el cual se mantendrá el anonimato de cada sujeto.

Derechos.

- Si ha leído este documento y ha decidido participar, entienda que su participación es completamente voluntaria y que tiene derecho a abstenerse de participar o retirarse del estudio en cualquier momento.
- Posibilidad de contactar con el investigador en caso de aparición de efecto adverso imprevisto.
- Solicitar y recibir una copia firmada de este consentimiento informado.

Si tiene alguna pregunta o desea más información al respecto, por favor comuníquese con Adrián Cacho Martínez, al número 672543138 o a través de la siguiente dirección de correo electrónico: adriancachomartinez@gmail.com

YO..... (Nombre y apellidos del participante)

- HE LEÍDO LA HOJA DE INFORMACIÓN QUE SE ME HA ENTREGADO.
- HE PODIDO HACER PREGUNTAS SOBRE EL PRESENTE ESTUDIO Y HE RECIBIDO SUFICIENTE INFORMACIÓN SOBRE EL MISMO.
- NO PADEZCO NINGUNA CONTRAINDICACIÓN PARA REALIZAR EL PROGRAMA DE EJERCICIOS. EN CASO CONTRARIO, SOY CONSCIENTE DE LAS POSIBLES CONSECUENCIAS Y ME HAGO RESPONSABLE DE LAS MISMAS.
- ACEPTO SER GRABADO EN VÍDEO, ÚNICAMENTE CON MOTIVO DE ESTE TRABAJO.
- MI PARTICIPACIÓN ES VOLUNTARIA.
- HE RECIBIDO UNA COPIA FIRMADA DE ESTE CONSENTIMIENTO INFORMADO.

Firma del Participante

Firma del Investigador

Fecha: _____



Facultad de
Ciencias de la Salud
y del Deporte - Huesca
Universidad Zaragoza



Anexo 2: Explicación de los ejercicios de los protocolos de calentamiento.

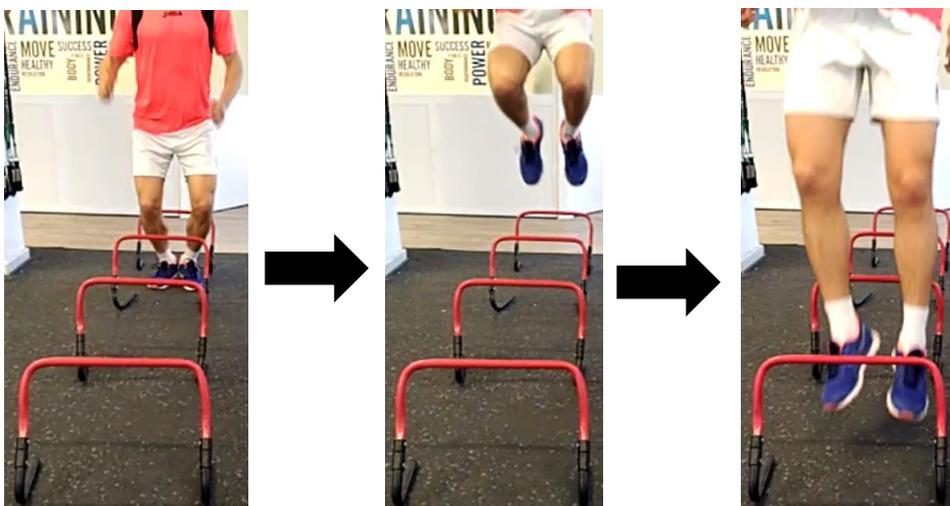
- **Protocolo 1 → Trabajo 45'', descanso 15''.**

- Sentadilla con salto con apoyo de un TRX.

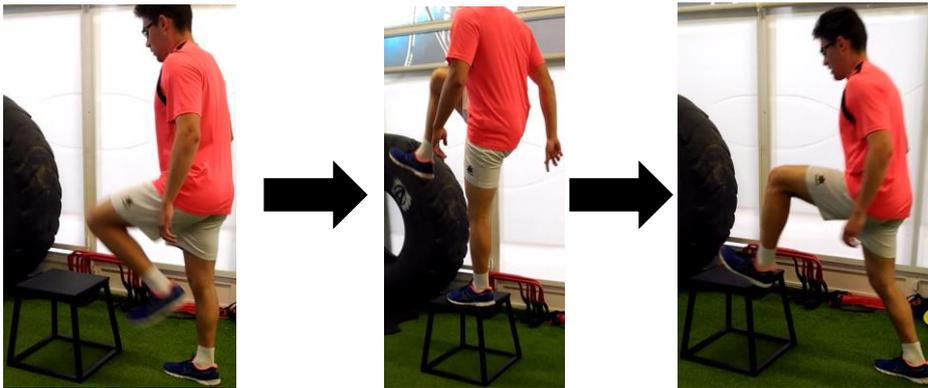
El participante ejecuta primero una media sentadilla, la mantiene 1-2 segundos y a continuación salta como se puede ver en la imagen para volver a caer y repetir el ejercicio.



- Paso de 4 vallas a pies juntos.



- Subida al cajón con rodillazo arriba (una con cada pierna).



- Salto al cajón en sentadilla con bajada sin salto.



- Protocolo 2 y 3 → (Trabajo 5'' → isometría en sentadilla; “pausa” activa 10'' → trabajo dinámico) x 4.

- Sentadilla con salto con apoyo de un TRX (x3 saltos).



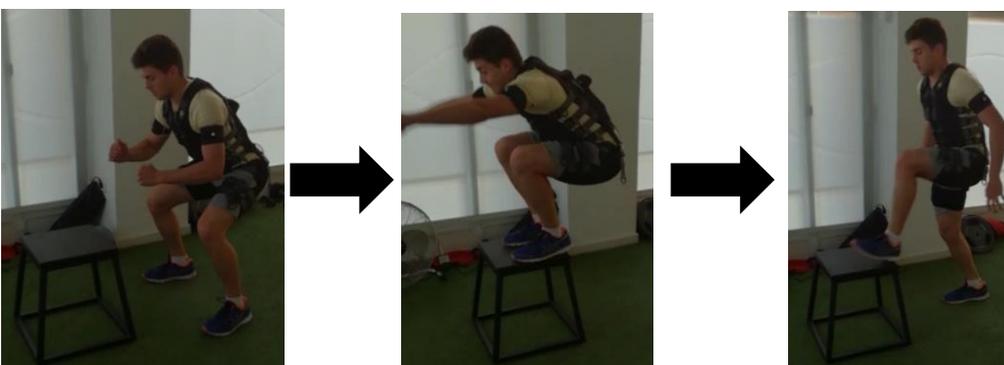
- Paso de 4 vallas a pies juntos.



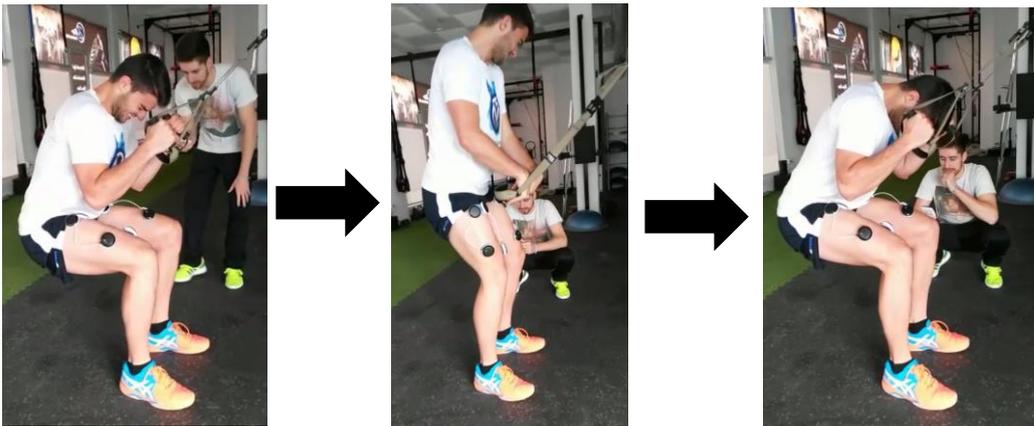
- Subida al cajón con rodillazo arriba (una con cada pierna).



- Salto al cajón en sentadilla con bajada sin salto (x2 saltos en sentadilla).



- Protocolo 4 → Trabajo 4' (isometría en sentadilla).



Anexo 3: Gráficas de las variables estudiadas en los test.

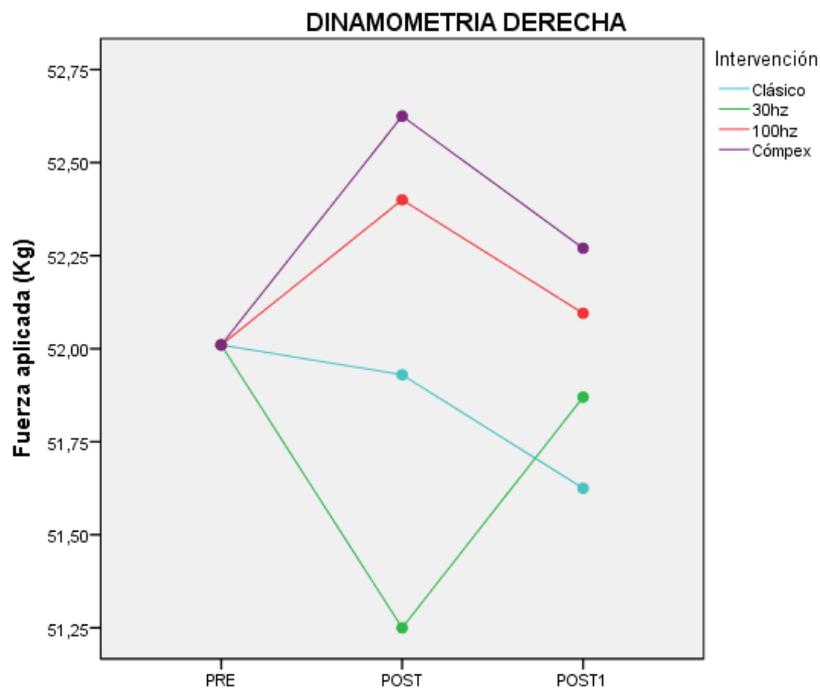


Figura 5. Comparación entre las medias de los momentos dentro de cada calentamiento y entre los calentamientos en cada momento en DD. Los valores están representados con la media (\bar{X}) y las diferencias significativas se establecieron en $p \leq 0,05$.

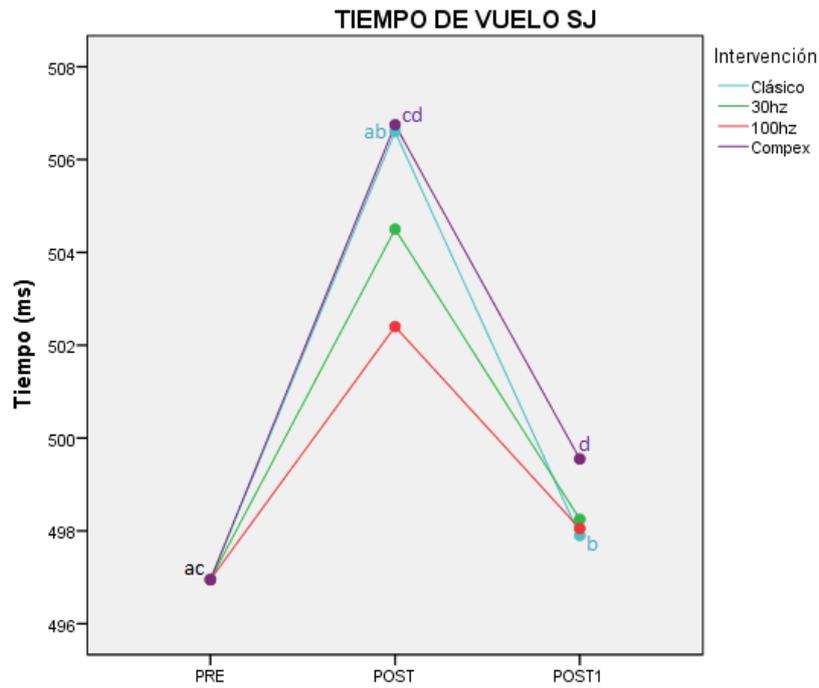


Figura 6. Comparación entre las medias de los momentos dentro de cada calentamiento y entre los calentamientos en cada momento en el tiempo de vuelo del SJ. Los valores están representados con la media (\bar{X}) y las diferencias significativas se establecieron en $p \leq 0,05$.

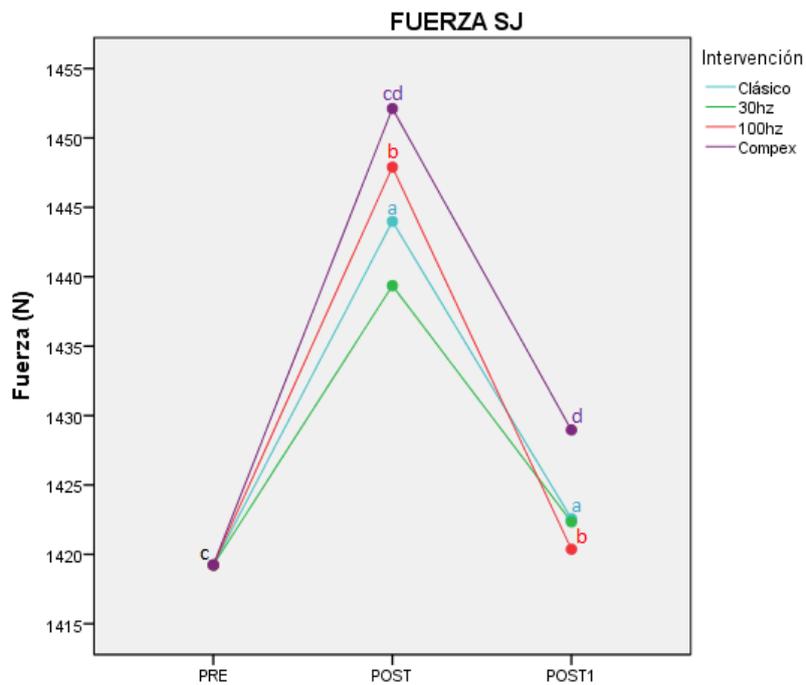


Figura 7. Comparación entre las medias de los momentos dentro de cada calentamiento y entre los calentamientos en cada momento en la fuerza del SJ. Los valores están representados con la media (\bar{X}) y las diferencias significativas se establecieron en $p \leq 0,05$.

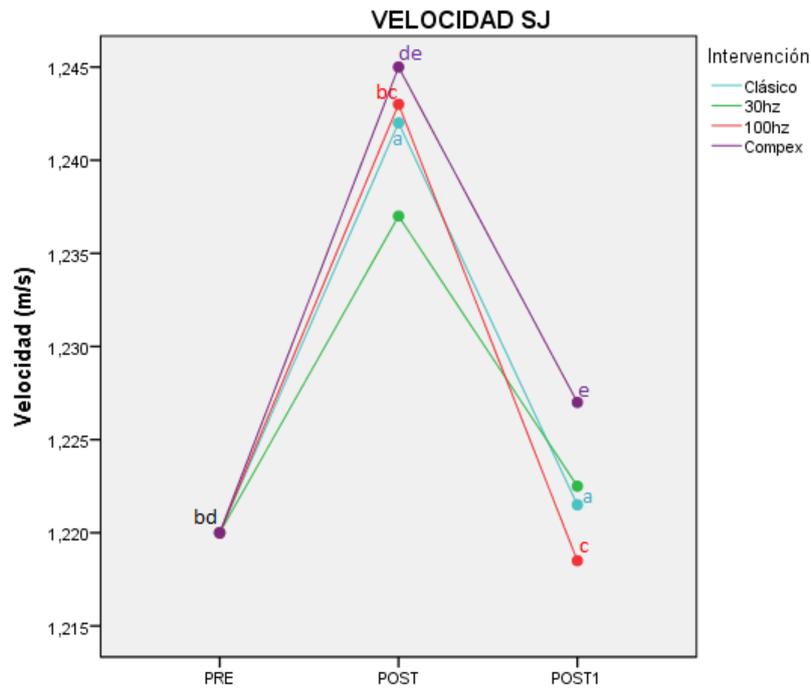


Figura 8. Comparación entre las medias de los momentos dentro de cada calentamiento y entre los calentamientos en cada momento en la velocidad del SJ. Los valores están representados con la media (\bar{X}) y las diferencias significativas se establecieron en $p \leq 0,05$.

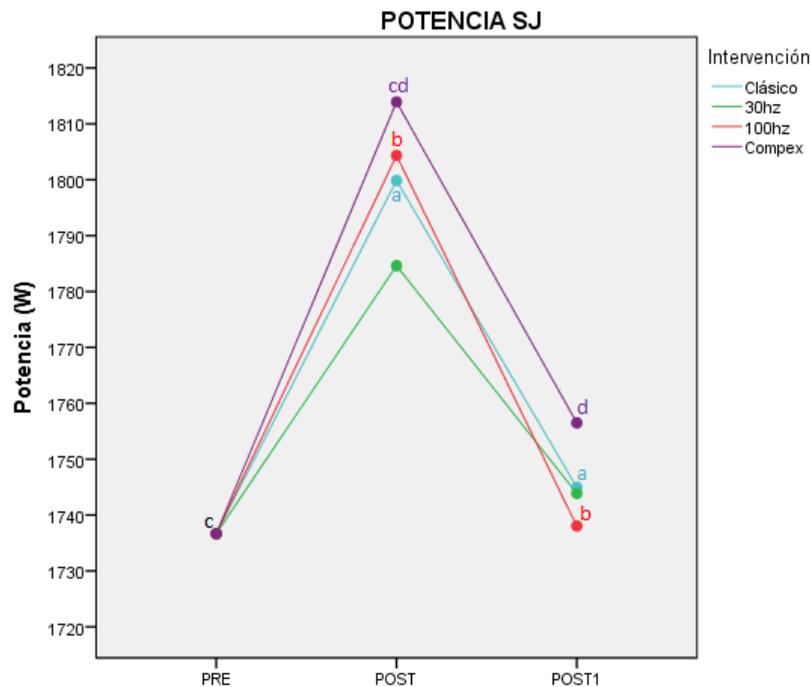


Figura 9. Comparación entre las medias de los momentos dentro de cada calentamiento y entre los calentamientos en cada momento en la potencia del SJ. Los valores están representados con la media (\bar{X}) y las diferencias significativas se establecieron en $p \leq 0,05$.

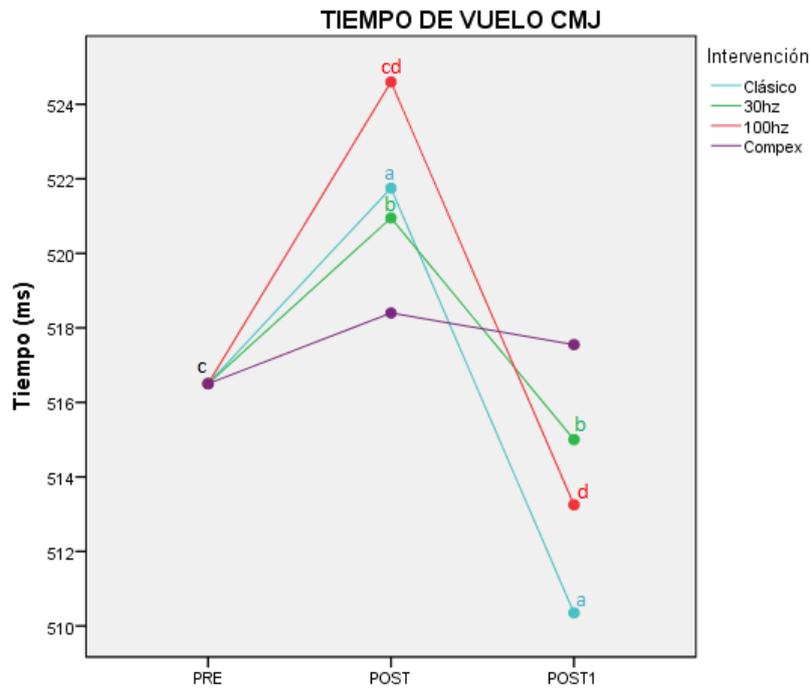


Figura 10. Comparación entre las medias de los momentos dentro de cada calentamiento y entre los calentamientos en cada momento en el tiempo de vuelo del CMJ. Los valores están representados con la media (\bar{X}) y las diferencias significativas se establecieron en $p \leq 0,05$.

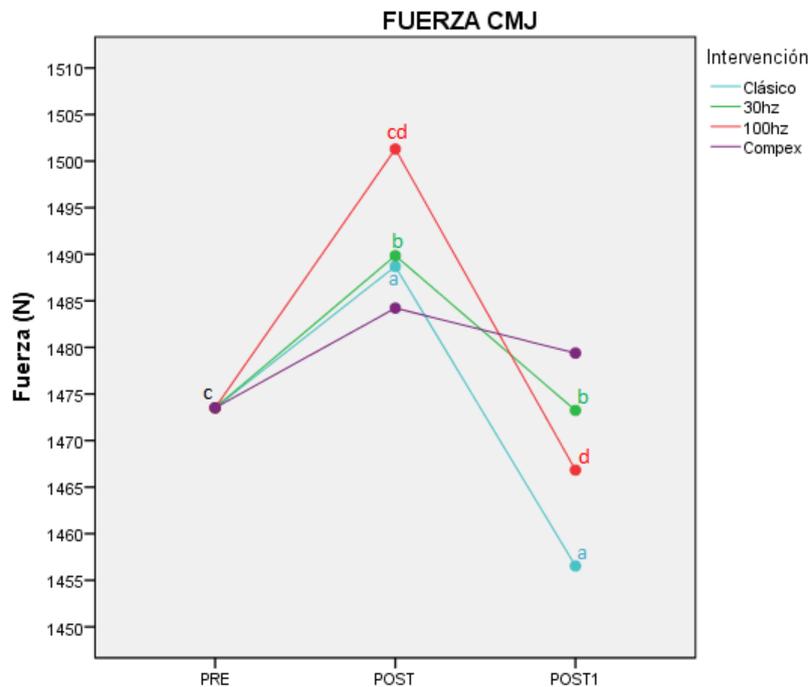


Figura 11. Comparación entre las medias de los momentos dentro de cada calentamiento y entre los calentamientos en cada momento en la fuerza del CMJ. Los valores están representados con la media (\bar{X}) y las diferencias significativas se establecieron en $p \leq 0,05$.

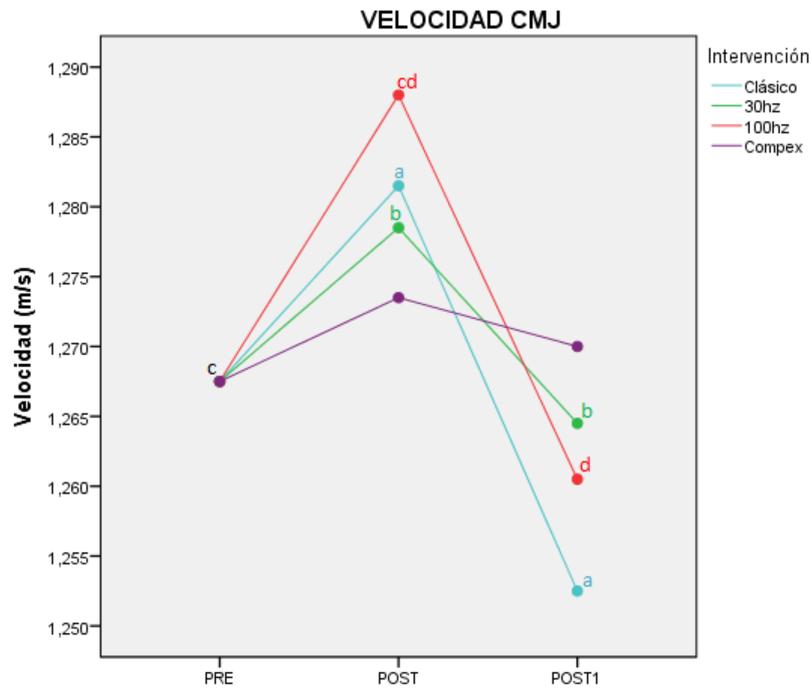


Figura 12. Comparación entre las medias de los momentos dentro de cada calentamiento y entre los calentamientos en cada momento en la velocidad del CMJ. Los valores están representados con la media (\bar{X}) y las diferencias significativas se establecieron en $p \leq 0,05$.

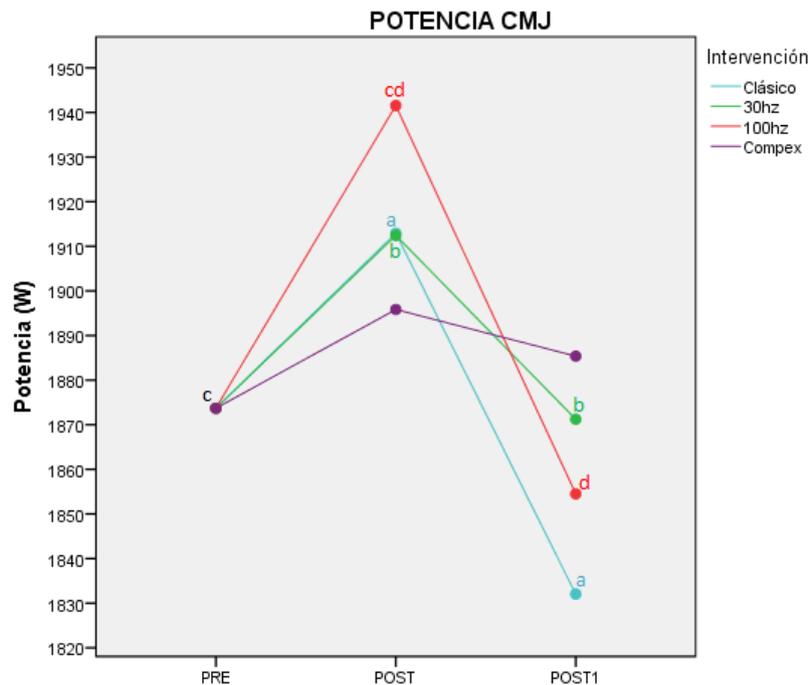


Figura 13. Comparación entre las medias de los momentos dentro de cada calentamiento y entre los calentamientos en cada momento en la potencia del CMJ. Los valores están representados con la media (\bar{X}) y las diferencias significativas se establecieron en $p \leq 0,05$.