

**EFFECTO DEL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO COMBINADO CON
ELECTOESTIMULACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO EN EL SALTO VERTICAL
EN JUGADORES DE VOLEIBOL**

**EFFECT OF PLYOMETRIC TRAINING COMBINED WITH ELECTROSTIMULATION
ON VERTICAL JUMP PERFORMANCE IN VOLLEYBALL PLAYERS**



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

Autor: Celso Martín García

Titulación: Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Convocatoria: Mayo 2021

Director: Manuel Antonio Rodríguez Pérez

Índice

Resumen	1
Palabras clave.....	1
Introducción	3
Métodos.....	6
Diseño.....	6
Aspectos éticos	6
Participantes.....	6
Protocolo.....	7
Evaluaciones.....	8
Intervención.....	8
Análisis estadístico	15
Plan de trabajo.....	15
Discusión.....	16
Referencias	17

Resumen

Introducción: La altura de salto vertical (VJ) es una de las variables condicionales más importantes en el rendimiento del voleibol. La literatura recoge diversas intervenciones en las que se usa la electroestimulación (EMS) para la mejora del VJ, pero parece no haber un consenso sobre los parámetros a utilizar, además existe un hueco sobre el efecto en esta población.

Hipótesis: La hipótesis es que el entrenamiento de EMS de alta frecuencia combinado simultáneamente con el entrenamiento pliométrico (PT) puede conducir a mayores mejoras en VJ en comparación con otras combinaciones de EMS y PT.

Objetivo: El objetivo de este estudio es analizar los efectos de un programa de entrenamiento combinado de PT y EMS sobre el rendimiento en VJ de jugadores de voleibol según el momento de aplicación.

Método: Se realizará un ensayo controlado aleatorizado en el que 80 jugadores de élite de voleibol realizarán el entrenamiento estipulado durante 8 semanas con una frecuencia de 2 días por semana. Para ello, se dividirán en 4 grupos: un grupo control, un grupo que realice la EMS antes de la PT, un grupo que realice la EMS después de la PT y un último grupo que realice la EMS a la misma vez que la PT. Todos los grupos realizarán los mismos ejercicios de PT, y los tres grupos de EMS usarán los mismos parámetros (frecuencia de 150 HZ, ancho de impulso de 300 Hz, tiempo de contracción-reposo de 3:12, posología de 2 días/semana).

Palabras clave: Salto vertical, electroestimulación, pliometría, voleibol

Summary

Introduction: Vertical jump height (VJ) is one of the most important conditional variables in volleyball performance. The literature reports several interventions in which electrostimulation (EMS) is used to improve VJ, but there seems to be no consensus on the parameters to be used, and there is a gap on the effect in this population.

Hypothesis: The hypothesis is that high frequency EMS training combined simultaneously with plyometric training (PT) can lead to greater improvements in VJ compared to other combinations of EMS and PT.

Aim: The aim of this study is to analyse the effects of a combined PT and EMS training programme on the VJ performance of volleyball players according to the time of application.

Methods: A randomised controlled trial will be conducted in which 80 elite volleyball players will perform the stipulated training for 8 weeks at a frequency of 2 days per week. For this, they will be divided into 4 groups: a control group, a group performing EMS before PT, a group performing EMS after PT and a last group performing EMS at the same time as PT. All groups will perform the same PT exercises, and all three EMS groups will use the same parameters (frequency of 150 HZ, pulse width of 300 Hz, contraction-rep time of 3:12, dosage of 2 days/week).

Keywords: Vertical jump, electrostimulation, plyometrics, volleyball.

Introducción

La estimulación muscular eléctrica (EMS) es una técnica que consiste en la contracción involuntaria del músculo o nervio periférico mediante la aplicación de una corriente eléctrica (Lake, 1992). Desde su aparición (Osborne, 1951; Eriksson et al., 1981) su uso se destinó principalmente a pacientes lesionados incapaces de realizar una contracción voluntaria. Sin embargo, en la década de los 70 Kots & Hvilon, (1971) empezaron a usar esta técnica de manera complementaria al entrenamiento convencional en atletas de élite sanos, con la finalidad de mejorar sus niveles de fuerza muscular, consiguiendo ganancias de fuerza de hasta el 40% (Benito-Martínez et al., 2011).

Posteriormente, se ha demostrado que la EMS produce un aumento de la fuerza isométrica (Babault et al., 2007; Brocherie et al., 2005; Maffiuletti et al., 2002; Porcari et al., 2005), además de mejoras neuromusculares (Bax et al., 2005; Colson et al., 2000; Gondin et al., 2005; Maffiuletti et al., 2002, 2009; Malatesta et al., 2003; Porcari et al., 2005). Sin embargo, el uso de esta técnica de manera aislada puede producir la inhibición del órgano tendinoso de Golgi y del reflejo miotático, lo cual conlleva un mayor riesgo de lesión (Jubeau et al., 2006; Requena Sánchez et al., 2005), y las dificultades para mejorar la coordinación con la musculatura antagonista (Holcomb, 2005; Paillard, 2008).

Durante los últimos años, las investigaciones de EMS se han dirigido hacia el desarrollo de la potencia de las extremidades inferiores, relacionándola de manera positiva con el rendimiento deportivo en varias disciplinas. Por ejemplo, Benito-Martínez et al. (2011) obtuvieron un aumento del 11,2% en el drop jump (DJ) en velocistas, después de dos meses de entrenamiento combinado de EMS (85Hz)+ pliometría (PT), Maffiuletti et al. (2009) concluyeron una mejora de un 3,3% en el tiempo de un sprint de 10m y un aumento del 6,4% en la altura de salto con contramovimiento (CMJ) en tenistas tras un entrenamiento de EMS, Billot et al. (2010) consiguieron un incremento del 6,7%, 2,27% y 1,71% en diferentes tipos de saltos como squat jump (SJ), CMJ y salto Abalakov (ABK) respectivamente, en futbolistas, tras un entrenamiento de 5 semanas. Por último, Martínez-López et al. (2012) han observado una mejora del 10% y 6,6% para SJ y DJ respectivamente en rugby y un aumento del 6,5% y del 5,4% para el SJ y el CMJ respectivamente en voleibol, después del entrenamiento EMS (100Hz).

Se ha reportado que las adaptaciones fisiológicas producidas por EMS usada de manera aislada son ligeramente más bajas que combinándola con la práctica deportiva (Brocherie et al., 2005; Deley et al., 2011; Holcomb, 2006), con el entrenamiento con pesas (Delitto et al., 1989;

Willoughby & Simpson, 1989) o con la pliometría. La combinación de EMS y PT ha demostrado mejoras en las habilidades específicas del fútbol como son la velocidad del balón (Billot et al., 2010), los sprints (Dauty et al., 2002; Herrero et al., 2006) y la potencia anaeróbica (Herrero et al., 2010b, 2010a), en la capacidad de salto vertical (VJ) (Dervisevic et al., 2002; Maffiuletti et al., 2009; Malatesta et al., 2003), tanto en atletas aficionados (Holcomb, 2005; Jubeau et al., 2006) como en atletas profesionales (Martínez-López et al., 2012; Pichon et al., 1995). (Martínez-López et al., 2012)

Los VJ son acciones muy frecuentes en los jugadores de voleibol, usadas tanto en acciones defensivas (bloqueos), como ofensivas (ataques, colocaciones y saque). En estas acciones los jugadores deben saltar verticalmente tan alto como sean capaces. En un análisis de Sheppard et al. (2007) en el que se estudió el tiempo-movimiento en partidos internacionales de voleibol masculino, se observó que en una jugada de 12 segundos de promedio, los colocadores y atacantes realizaban un mínimo de un salto; mientras que los centrales realizaron hasta cuatro saltos de bloqueo y tres saltos de remate. Centrándose en los saltos de cada set se obtuvo que los colocadores realizaban entre 11 y 21 saltos por set, los centrales realizaban de 2 a 15 saltos de remate y de 3 a 19 de bloqueo y los atacantes exteriores (puntas) realizaban de 1 a 15 saltos de remate y de 1 a 13 saltos de bloqueo. Por lo tanto, para lograr un alto nivel en el voleibol, se requiere que los jugadores, además de dominar las técnicas y tácticas específicas, muestren una muy buena capacidad de salto para obtener así una ventaja sobre los jugadores del equipo contrario.

La cuestión de si el rendimiento de VJ difiere entre jugadores profesionales y no profesionales es importante (Ziv & Lidor, 2010). Smith et al. (1992) demostraron que los jugadores masculinos nacionales obtuvieron un 7% y 11% más de altura en saltos de remate y bloqueo respectivamente que los jugadores universitarios. También, Forthomme et al. (2005) indicaron una diferencia del 10% en la altura del salto entre los jugadores de primera y segunda división de Bélgica. Esto demuestra que los jugadores profesionales tienen una mejor capacidad de salto que los amateurs. Esta capacidad mejorada puede ser consecuencia de varios factores, como la genética, la selección y el entrenamiento.

Para saltar más alto, es necesario generar la mayor aceleración vertical posible antes de abandonar el suelo, lo cual generará a su vez la mayor velocidad vertical inicial posible. Cuanto mayor sea esta velocidad inicial, el centro de masas que se alcanzará será mayor (Kots & Hvilon, 1971). Para lograr esta aceleración vertical máxima, es imprescindible que el jugador genere la mayor fuerza en el menor tiempo posible. Para ello será necesario incrementar la masa

muscular y entrenar los mecanismos neuronales (por ejemplo, el huso muscular reflejo) para reaccionar más rápido. De tal modo, el rendimiento del VJ se ve afectado tanto por aspectos musculares como neuronales.

Actualmente son muchos los autores que relacionan la EMS con mejoras de fuerza, sin embargo, existe cierta controversia en cuanto a los parámetros de corriente a utilizados en los protocolos, debido a que hay mucha heterogeneidad en los investigadores. Respecto al tipo de corriente empleada, Lake (1992) concluyó que la corriente bifásica era la más efectiva para provocar el mayor porcentaje de fuerza isométrica, y que la bifásica simétrica conseguía mejores resultados que la asimétrica; por otro lado, Benito-Martínez (2008) concluyó que las corrientes de media frecuencia, como las corrientes rusas o corrientes de Koats y las corrientes Farádicas obtuvieron resultados significativos en la mejora de fuerza.

Otro parámetro controvertido en la aplicación de la EMS ha sido la frecuencia (Hz) a emplear, aunque finalmente las frecuencias entre 70 y 120 Hz son las más empleadas para aumentar la fuerza explosiva y las comprendidas entre 120 y 150 Hz las utilizadas para mejorar la fuerza explosiva-elástica.

Con respecto a la frecuencia semanal para aumentar la fuerza muscular explosiva, Meañes et al. (2002) recomiendan una frecuencia semanal de 2 días/semana y un tiempo de recuperación entre sesiones de mínimo 72 horas, pues son necesarias entre 48 y 72 horas para reponer los depósitos energéticos (Gilles Cometti, 1998). Sin embargo, Parker et al (2003) afirman en su estudio que una posología semanal de 3 días/semana obtiene mejores resultados que 2 días/semana; aunque estos resultados no fueron significativos.

En relación con el tiempo total de aplicación dentro de cada sesión se establecen tiempos de entre 10 y 15 minutos en la mayoría de los autores.

Existen tres parámetros para los que sí hay un mayor consenso. El ancho de impulso más usado en los protocolos es el próximo a los 300 ms. En segundo lugar, en cuanto a la intensidad se refiere, recomiendan un 60% de la contracción isométrica voluntaria máxima, aunque con el paso de los días de entrenamiento se consigue una mayor tolerancia a la intensidad de corriente y esta debe adaptarse tanto al momento de la temporada, como al microciclo, como a las características del sujeto. Con respecto a la relación entre el tiempo de paso de corriente y el de reposo durante la sesión, se considera que para el entrenamiento de la fuerza explosiva se debe disponer de tiempos elevados de reposo. Así, la mayoría de los autores recomiendan una relación entre 1:5 y 1:3.

Finalmente, en cuanto al tipo de ejercicio a combinar con la EMS se demostró que la pliometría es un método muy eficaz para la mejora de la fuerza, ya que favorece tanto la fuerza reactiva, como la explosiva (Benito Martínez et al., 2010).

Con esta investigación se busca aportar una solución a la controversia en relación a la frecuencia y el momento óptimo de aplicación de EMS para mejorar el rendimiento en salto.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio es analizar los efectos de un programa de entrenamiento combinado de pliometría (PT) y electroestimulación (EMS) sobre el rendimiento en salto vertical de jugadores de voleibol según la frecuencia de estimulación y el momento de aplicación.

Métodos

Diseño

Para determinar si existen diferencias en la altura del salto vertical en jugadores de voleibol entre el entrenamiento combinado de PT y EMS según el momento de aplicación, realizaremos un estudio experimental (ensayo controlado aleatorizado). Para ello, dispondremos de un grupo control, un grupo que realice la EMS antes de la PT, un grupo que realice la EMS después de la PT y un último grupo que realice la EMS a la misma vez que la PT.

Aspectos éticos

Antes de la toma de datos se realizará una evaluación del proyecto por parte del comité de ética de la Universidad de Almería. A continuación, desde el grupo de investigación se procederá a informar acerca de los objetivos y procedimientos del estudio a todos los participantes interesados, así como los posibles efectos, riesgos y beneficios que pudiera ocasionar. Por último, y antes de comenzar el estudio, se entregará un documento, que deberá ser firmado, con un consentimiento informado a todos los participantes. A través de este se les garantiza la confidencialidad de los datos personales obtenidos durante el estudio, así como el derecho a permanecer en el anonimato. Tras la firma del consentimiento, se le informará al participante que puede retirarse del estudio en cualquier momento, además se le ofrecerá la oportunidad de preguntar cualquier tipo de duda o curiosidad que le surja.

Participantes

Los participantes serán 80 jugadores masculinos profesionales procedentes de la primera y segunda división española de voleibol, superliga (SVM) y superliga 2 (SM-2) masculina de voleibol respectivamente. Se ofertará a los equipos de estas ligas la posibilidad de participar en

el estudio, realizando una breve explicación del objetivo de este, así como de los beneficios que pueden obtener. Se dará la oportunidad a los jugadores de participar de manera voluntaria. Los criterios de inclusión son los siguientes: estar compitiendo en SVM o SM-2 en el momento del estudio. Asimismo, los criterios de exclusión son: padecer alguna enfermedad y/o lesión que influya en el rendimiento del participante, tener experiencia previa en el entrenamiento de EMS.

Protocolo

La intervención durará 8 semanas y tendrá una frecuencia de dos veces a la semana, en horario de tarde y coincidiendo con el periodo de pretemporada de los equipos, en los respectivos lugares de entrenamiento de estos. El resto de los días de la semana, los participantes realizan sus programas de entrenamiento de manera habitual. Ninguno de los participantes asistirá a ninguna competición a lo largo de la intervención, con el fin de evitar que esto interfiera en su rendimiento. Además, se les pedirá que mantengan su ingesta habitual de alimentos, 2,5 litros de ingesta de agua diaria y 8 horas de sueño, para así evitar que estas causas condicionen los resultados.

Antes de comenzar el estudio, todos los sujetos participarán en dos sesiones de familiarización con el programa de intervención, en la cual se mostrará la ejecución de la técnica de los ejercicios de manera visual y se repetirá para lograr el rendimiento correcto del ejercicio.

Todos los participantes serán evaluados al inicio y al final del estudio mediante una batería de saltos (Cometti et al., 2001), pidiéndoles que no realicen actividad previa en las 48 horas anteriores. Cada participante, tras una familiarización con los saltos de la batería y tras un calentamiento estipulado, tendrá tres oportunidades en cada salto, registrando la mejor marca.

Los participantes se dividirán mediante un muestro aleatorio simple en 4 grupos, siendo la distribución y tratamiento de los grupos la siguiente:

Grupo 1 (control): Estos atletas realizarán el entrenamiento de saltos pliométricos marcado dos veces por semana. Además, para que en ningún momento los participantes sepan a qué grupo pertenecen, se les aplicará un placebo en forma de corriente analgésica de tipo TENS con el mismo aparato de electroterapia que a los otros grupos. De esta manera, aunque unos grupos recibirán una corriente EMS con la finalidad de mejorar la fuerza y otros una de tipo TENS meramente analgésica, todos los participantes recibirán una corriente y se evitará así los posibles errores derivados del hecho de conocer los jugadores el tipo de corriente recibida.

Grupo 2 (EMS + Pliometría): Este grupo, compuesto por 20 jugadores, recibirá primero el entrenamiento de EMS y a continuación realizará el protocolo de saltos pliométricos establecido.

Grupo 3 (Pliometría + EMS): En este caso, el grupo compuesto por 20 participantes realizará primero el protocolo de saltos pliométricos y posteriormente el entrenamiento de EMS.

Grupo 4 (EMS y Pliometría de manera simultánea): Este grupo, formado por 20 participantes, realizará el entrenamiento de manera simultánea, que consistirá en realizar el mismo protocolo de saltos pliométricos que los grupos anteriores, pero a la vez que reciben la EMS. Es decir, realizará los saltos cuando sienta la corriente eléctrica y descansará en el reposo de la misma.

Evaluaciones

Las evaluaciones se realizarán en 2 momentos del estudio: al inicio (pre-test) y al final (post-test), para observar la variación de la altura del salto en los jugadores.

Los jugadores realizarán una batería compuesta por los saltos CMJ y SJ el primer y último día del estudio en un sistema Optojump (Optojump, Microgate, Bolzano, Italia), teniendo ambas pruebas una fiabilidad de 0.93 y 0.96 respectivamente (Markovic et al., 2004); además de considerarse pruebas válidas para evaluar tanto la fuerza explosiva como la fuerza explosiva-elástica (Cometti et al., 2001).

Con el fin de reducir los sesgos producidos por una posible mala técnica de los ejercicios propuestos en la batería de saltos, todos los atletas realizarán dos jornadas de familiarización antes del inicio del estudio. Estas jornadas serán introducidas dentro de las dos sesiones de familiarización a la intervención propuestas anteriormente y se desarrollarán la semana previa al inicio del estudio.

Tras un calentamiento estandarizado dirigido por los responsables de cada equipo, con experiencia y formados previamente en los ejercicios a ejecutar en la intervención, consistente en 10 minutos protocolo de liberación miofascial, 10 minutos de fase orgánica (carrera continua), 10 minutos de movilidad articular y 5 minutos de activación, los participantes realizarán en primer lugar el test de salto SJ y posteriormente el de CMJ.

Intervención

Protocolo de pliométricos

Todos los participantes realizarán dos sesiones de familiarización a los ejercicios a realizar dos semanas previas al inicio de la intervención en la que se les explicará de manera visual y técnica

la correcta ejecución de los saltos pliométricos a desarrollar hasta asegurarse que todos lo realizan correctamente. Todas las sesiones serán supervisadas por un técnico de cada club, previamente instruido por los investigadores.

Todos los participantes realizarán el protocolo de entrenamiento durante 8 semanas, realizando dos sesiones por semana, con un tiempo de recuperación mínimo entre sesiones de 48h. Todos realizarán el mismo número de series y repeticiones con intervalos de descanso entre series de 2 minutos. El material necesario para llevar a cabo la intervención será un cajón de 20cm.

Los participantes realizarán el protocolo de manera complementaria a su entrenamiento habitual, tanto técnico como físico. El número total de saltos (volumen) de la intervención será de 116 las primeras 4 semanas y de 138 saltos las últimas 4 semanas, volumen recomendado por la guía de Baechle et al. (2008).

El protocolo de intervención de saltos pliométricos consistirá en 4 ejercicios distintos:

Ejercicio 1: Drop jump unilateral. El primer ejercicio consistirá en 4 series de 8 repeticiones. Partiendo desde lo alto de un cajón de 20cm, el participante se dejará caer con ambos pies, para posteriormente realizar un salto máximo de manera unilateral. Realizará las repeticiones de manera alterna, es decir, una repetición con cada pierna.



Figura 1. Ejercicio 1: Drop jump unilateral

Ejercicio 2: 3 saltos submáximos + salto máximo. El segundo ejercicio consistirá en 2 series de 8 repeticiones. Cada repetición se iniciará desde la posición de sentadilla (flexión de rodillas y caderas, manteniendo un ángulo de alrededor 100°), desde donde se realizarán tres pequeños saltos previos a un cuarto salto máximo donde se ayudarán de los brazos para alcanzar la

máxima altura posible. La recepción del salto máximo de cada una de las 8 repeticiones por serie será la amortiguación del primer pequeño salto de la repetición siguiente, de manera que no habrá parada entre una repetición y la siguiente. En el grupo 4 (grupo “simultáneo”), el salto máximo se realizará cuando se sienta el paso de corriente producida por la unidad portátil de electroestimulación.



Figura 2. Ejercicio 2: salto máximo con ambas piernas posterior a tres pequeños saltos

Ejercicio 3: Drop jump. El tercer ejercicio consistirá en 3 series de 8 repeticiones. Los sujetos se dejarán caer desde un cajón de 20cm de altura, y una vez que sus pies realicen contacto con el suelo, saltarán con ambas piernas y con la ayuda de las extremidades superiores tan alto como les sea posible.



Figura 3. Ejercicio 3: Drop jump.

Ejercicio 4: Saltos “wall touches”. Los participantes se colocarán frente a una pared, y se les indicará que salten lo máximo posible, simulando la acción de bloqueo desde parado. No se permitirán pequeños rebotes en la recepción del salto, siendo la fase de amortiguación de un salto, la fase concéntrica del siguiente. En el caso del grupo 4 (grupo “simultáneo”) este ejercicio se realizará de manera aislada, sin superponer la corriente eléctrica generada por la unidad de electroestimulación, ya que sería imposible cumplir los tiempos de recuperación del impulso eléctrico entre cada salto (Chimera et al., 2004).



Figura 4. Ejercicio 4: Wall touches

Tabla 1. Programación del protocolo de entrenamiento

Tipo de ejercicio	Semana			
	1-4		5-8	
	Reps (series)	Nº saltos	Reps (series)	Nº saltos
Caída desde cajón + Squat isométrico + Salto unilateral	8 (4)	32	10 (4)	40
3 saltos submáximos + salto máximo	8 (3)	24	10 (3)	30
Drop jump	8 (3)	24	7 (4)	28
Saltos “wall touches”	12 (3)	36	10 (4)	40
Número total de saltos (volumen)	140		160	

Protocolo de electroestimulación

Todos los grupos, a excepción del grupo control, recibirán un programa de entrenamiento de EMS durante 8 semanas, con una frecuencia de 2 veces por semana. Para la aplicación del protocolo de EMS, se usará una unidad de electroestimulación Megasonic 313-P4 Sport, Medicarim (Francia).

Una adecuada colocación de los electrodos será fundamental para obtener la respuesta muscular adecuada. Existen dos tipos de electrodos, activos y pasivos, cuya diferencia es que el electrodo activo tiene un efecto despolarizante y actúa en el punto muscular que queremos excitar. En el caso del uso de la corriente bifásica —corriente que cambia de polaridad constantemente— será similar el uso de uno u otro electrodo, aunque el más activo de los dos será el que inicie el potencial por una fase negativa (Meaños et al., 2002).

Basándonos en la metodología propuesta por Basas García (2001), aplicaremos la EMS mediante dos canales distintos, pero con un electrodo proximal en común que formará ambos canales. El primer canal estará formado por los electrodos distales del vaso central y externo del cuádriceps y el segundo canal estará compuesto por el electrodo distal del punto motor del vasto interno, siendo el punto motor la zona muscular donde los electrodos optimizan su rendimiento, es decir, consiguen una contracción más eficaz que en otro punto muscular con la misma corriente (Lake, 1992).

El responsable de cada equipo, previamente instruido por los investigadores en el uso del electroestimulador, colocarán tres electrodos autoadhesivos positivos (5x5 cm²) y uno negativo sobre cada uno de los dos cuádriceps de cada participante. Estos electrodos se colocarán en dos canales distintos, el canal 1 para el vasto lateral y el canal 2 para el vasto interno y recto femoral. El electrodo proximal dispondrá de dos salidas, una conectada al electrodo colocado en el vasto interno, formando el canal 1; y la otra salida se unirá a los electrodos distales del vasto interno y del recto anterior mediante un cable bifurcado, formando el canal 2. Al tener el vasto interno y el vasto externo diferentes excitabilidades, será necesario el uso de dos canales de electroestimulación, ya que el uso de un solo canal podría generar desequilibrios musculares de ahí el uso del procedimiento anterior (Lirón de Robles et al., 2000).

Los parámetros que se usarán a lo largo del protocolo serán los siguientes: frecuencia 150Hz, debido a que es la usada en la clasificación de Meaños et al (2002) para la mejora de la fuerza explosiva-elástica-reactiva y que han usado la mayoría de investigadores en sus protocolos. Ancho de impulso de 300Hz, el cual obtuvo mejoras significativas en el estudio de Bowman &

Baker (1985) con respecto al ancho de 50Hz, y que más tarde ha sido adoptado como el referencial. Tiempo de contracción reposo de 3-12s y tiempo total de aplicación de 12 minutos, que fue el propuesto por Meañes et al (2002) para entrenamientos para la mejora del componente explosivo-elástico de la fuerza. Posología de 2 días/semana propuesta por Meañes et al (2002), pues se necesitan entre 48 y 72h para recuperar los depósitos energéticos (Cometti, 1998) y el entrenamiento de EMS se parece a este. La intensidad de corriente aplicada será la máxima tolerada por cada individuo, propuesta por Alon & V Smith (2005)

Protocolo de saltos

La batería de saltos compuesta por los tests CMJ y SJ será la empleada para evaluar el efecto de la intervención. Esta batería se aplicará tanto al inicio como al final de la intervención.

La altura de salto será medida mediante el sistema Optojump (Optojump, Microgate, Bolzano, Italia), una herramienta que estima la altura del salto mediante células fotoeléctricas con una gran fiabilidad y validez (Glatthorn et al., 2011). Este sistema consta de dos barras paralelas, una actúa de receptora y la otra de emisora, separadas 1 metro entre sí, que miden el tiempo de vuelo. El sistema Optojump se conecta al ordenador y mediante una ecuación integrada en un software específico nos devuelve la estimación de la altura del salto.

Los participantes, tras un calentamiento reglado consistente en 10 minutos de liberación miofascial, 5 minutos de fase orgánica, 10 minutos de movilidad articular y 5 minutos de activación, realizarán la evaluación de ambos saltos, teniendo 3 oportunidades en cada uno de ellos.

Para el test de CMJ (figura 5) los participantes se situarán en medio de las barras del sistema Optojump y partirán desde una posición erguida, con las manos en las caderas y mirada al frente, y tras un rápido contramovimiento hacia abajo, en el que flexionarán las rodillas hasta los 90° y sin la ayuda de las manos, realizarán un salto vertical máximo. Se les pedirá que durante la acción de contramovimiento mantengan el tronco lo más erguido posible, para evitar así que esto pueda afectar al rendimiento de los miembros inferiores.



Figura 5. Test CMJ

Para el test de SJ (figura 6), los participantes, de igual manera que en el test CMJ, se colocarán en el Optojump. Partirán desde una posición de sentadilla, con una flexión de rodillas de 90°, con las manos en las caderas y, sin realizar contramovimiento, realizarán un salto vertical máximo.

En ambos casos se les indicará una serie de pautas para estandarizar el protocolo. En primer lugar, se les indicará que durante la fase de vuelo deben mantener tanto los miembros inferiores como el tronco en completa extensión. Además, para la fase de aterrizaje se les señalará que deberán realizarla en flexión plantar y extensión de rodilla y cadera y, una vez habiendo contactado con el suelo, generar flexión articular y amortiguar el aterrizaje.



Figura 6. Test SJ

Análisis estadístico

Puesto que nos encontramos con variables que siguen una distribución normal, usaremos la media y la desviación estándar como estadísticos descriptivos para el análisis de los resultados de nuestro estudio. Compararemos los resultados obtenidos en CMJ y SJ tanto en el pretest como en el postest. Usaremos el análisis de la covarianza (ANCOVA) para evaluar el efecto del programa de entrenamiento sobre las variables resultado (CMJ y SJ). Los análisis se realizarán por separado para cada una de las dos variables, siendo la variable dependiente el CMJ o SJ en cada uno de los dos análisis, y la variable independiente el momento de aplicación de la EMS en ambos casos. Los datos serán tratados con el software Statistical Package for Social Science (SPSS, v. 26.0 para Windows; SPSS Inc., Chicago, IL) y se establecerá el nivel de significación en $P < 0.05$ para ambos casos.

Plan de trabajo

<i>Tareas</i>	<i>Semanas</i>												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Dirección general del trabajo	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Reunión inicio del proyecto	■												
Planificación de protocolos de actuación, toma de datos y diseño de la base de datos	■												
Reclutamiento de participantes	■												
Toma de datos de los participantes		■											
Asignación aleatoria de los participantes		■											
Familiarización de la técnica de los ejercicios		■											
Intervención			■	■	■	■	■	■	■	■			
Evaluaciones de los participantes			■							■			

Referencias

- Alon, G., & V Smith, G. (2005). Tolerance and conditioning to neuro-muscular electrical stimulation within and between sessions and gender. *Journal of sports science & medicine*, 4(4), 395-405.
- 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 and conditioning research*, 21(2), 431. <https://doi.org/10.1519/R-19365.1>
- Baechle, T. R., Earle, R. W., & National Strength & Conditioning Association (U.S.). (2008). *Essentials of strength training and conditioning*. Human Kinetics.
- Basas García., A. (2001). Metodología de la electroestimulación en el deporte. *Fisioterapia*, 23, 36-47. [https://doi.org/10.1016/S0211-5638\(01\)72971-9](https://doi.org/10.1016/S0211-5638(01)72971-9)
- Bax, L., Staes, F., & Verhagen, A. (2005). Does Neuromuscular Electrical Stimulation Strengthen the Quadriceps Femoris? *Sports Medicine*, 35(3), 191-212. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535030-00002>
- Benito-Martínez, E. (2008). Electroestimulación. Aumento de la fuerza muscular medida por el test de Bosco. *Fisioterapia y calidad de vida*, 11(1), 27-33.
- Benito-Martínez, E., Lara-Sánchez, A. J., Berdejo-del-Fresno, D., & Martínez-López, E. J. (2011). Effects of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump and speed tests. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(4), 603-615. <https://doi.org/10.4100/jhse.2011.64.04>
- Benito Martínez, E., Sánchez Amador, L., & Martínez López, E. J. (2010). Efecto del entrenamiento combinado de pliometría y electroestimulación en salto vertical. *International Journal of Sport Science*, 21(6), 322-334. <https://doi.org/10.5332/ricyde2010.02106>
- 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. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1407-1413. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d43790>
- Bowman, B. R., & Baker, L. L. (1985). Effects of waveform parameters on comfort during transcutaneous neuromuscular electrical stimulation. *Annals of Biomedical Engineering*,

13(1), 59-74. <https://doi.org/10.1007/BF02371250>

- 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. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000155396.51293.9F>
- Chimera, N. J., Swanik, K. A., Swanik, C. B., & Straub, S. J. (2004). Effects of Plyometric Training on Muscle-Activation Strategies and Performance in Female Athletes. *Journal of athletic training*, 39(1), 24-31. www.journalofathletictraining.org
- Colson, S., Martin, A., & Van Hoecke, J. (2000). Re-Examination of Training Effects by Electrostimulation in the Human Elbow Musculoskeletal System. *International Journal of Sports Medicine*, 21(4), 281-288. <https://doi.org/10.1055/s-2000-8882>
- Cometti, G., Maffiuletti, N. A., Pousson, M., Chatard, J. C., & Maffulli, N. (2001). Isokinetic Strength and Anaerobic Power of Elite, Subelite and Amateur French Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine*, 22(1), 45-51. <https://doi.org/10.1055/s-2001-11331>
- Cometti, Gilles. (1998). *Los métodos modernos de musculación*. Paidotribo.
- Dauty, M., Bryand, F., & Potiron-Josse, M. (2002). Relation entre la force isocinétique, le saut et le sprint chez le footballeur de haut niveau. *Science & Sports*, 17(3), 122-127. [https://doi.org/10.1016/S0765-1597\(02\)00137-5](https://doi.org/10.1016/S0765-1597(02)00137-5)
- Deley, G., Cometti, C., Fatnassi, A., Paizis, C., & Babault, N. (2011). Effects of Combined Electromyostimulation and Gymnastics Training in Prepubertal Girls. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 520-526. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bac451>
- Delitto, A., Brown, M., Strube, M., Rose, S., & Lehman, R. (1989). Electrical Stimulation of Quadriceps Femoris in an Elite Weight Lifter: A Single Subject Experiment. *International Journal of Sports Medicine*, 10(03), 187-191. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1024898>
- Dervisevic, E., Bilban, M., & Valencic, V. (2002). The influence of low-frequency electrostimulation and isokinetic training on the maximal strength of m. quadriceps femoris. *Isokinetics and Exercise Science*, 10(4), 203-209. <https://doi.org/10.3233/IES-2002-0105>

- Eriksson, E., Häggmark, T., Kiessling, K. H., & Karlsson, J. (1981). Effect of Electrical Stimulation on Human Skeletal Muscle. *International Journal of Sports Medicine*, 02(01), 18-22. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1034578>
- Forthomme, B., Croisier, J. L., Ciccarone, G., Crielaard, J. M., & Cloes, M. (2005). Factors Correlated with Volleyball Spike Velocity. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(10), 1513-1519. <https://doi.org/10.1177/0363546505274935>
- Glatthorn, J. F., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2011). Validity and Reliability of Optojump Photoelectric Cells for Estimating Vertical Jump Height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 556-560. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ccb18d>
- Gondin, J., Guette, M., Ballay, Y., & Martin, A. (2005). Electromyostimulation Training Effects on Neural Drive and Muscle Architecture. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(8), 1291-1299. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000175090.49048.41>
- Herrero, A. J., Martín, J., Martín, T., Abadía, O., Fernández, B., & García-López, D. (2010a). Short-Term Effect of Plyometrics and Strength Training With and Without Superimposed Electrical Stimulation on Muscle Strength and Anaerobic Performance: A Randomized Controlled Trial. Part II. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1616-1622. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d8e84b>
- Herrero, A. J., Martín, J., Martín, T., Abadía, O., Fernández, B., & García-López, D. (2010b). Short-Term Effect of Strength Training With and Without Superimposed Electrical Stimulation on Muscle Strength and Anaerobic Performance. A Randomized Controlled Trial. Part I. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1609-1615. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181dc427e>
- Herrero, J., Izquierdo, M., Maffiuletti, N., & García-López, J. (2006). Electromyostimulation and Plyometric Training Effects on Jumping and Sprint Time. *International Journal of Sports Medicine*, 27(7), 533-539. <https://doi.org/10.1055/s-2005-865845>
- Holcomb, W. (2006). Effect of training with neuromuscular electrical stimulation on elbow flexion strength. *Journal of sports science & medicine*, 5(2), 276-281. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24260000>
- Holcomb, W. R. (2005). Is Neuromuscular Electrical Stimulation an Effective Alternative to Resistance Training? *Strength and Conditioning Journal*, 27(3), 76-79.

<https://doi.org/10.1519/00126548-200506000-00016>

- Jubeau, M., Zory, R., Gondin, J., Martin, A., & Maffiuletti, N. A. (2006). Late neural adaptations to electrostimulation resistance training of the plantar flexor muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 98(2), 202-211. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0264-z>
- Kots, Y. M., & Hvilon, V. A. (1971). *The training of muscular power by method of electrical stimulation* (1^a Edición). State Central Institute of Physical Culture.
- Lake, D. A. (1992). Neuromuscular Electrical Stimulation. *Sports Medicine*, 13(5), 320-336. <https://doi.org/10.2165/00007256-199213050-00003>
- Lirón de Robles, A. C., Moros García, T., Marco Sanz, C., & Mantilla Vergel, C. (2000). Beneficio potencial de la electroestimulación neuromuscular del cuádriceps femoral para el fortalecimiento. *Archivo de medicina del deporte*, 405-412.
- Maffiuletti, N. A., Dugnani, S., Folz, M., Di Pierno, E., & Mauro, F. (2002). Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(10), 1638-1644. <https://doi.org/10.1097/00005768-200210000-00016>
- Maffiuletti, N. A., Bramanti, J., Jubeau, M., Bizzini, M., Deley, G., & Cometti, G. (2009). Feasibility and Efficacy of Progressive Electrostimulation Strength Training for Competitive Tennis Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 677-682. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318196b784>
- Maffiuletti, N. A., Dugnani, S., Folz, M., Di Pierno, E., & Mauro, F. (2002). Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(10), 1638-1644. <https://doi.org/10.1097/00005768-200210000-00016>
- Malatesta, D., Cattaneo, F., Dugnani, S., & Maffiuletti, N. A. (2003). Effects of Electromyostimulation Training and Volleyball Practice on Jumping Ability. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(3), 573. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0573:EOETAV>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0573:EOETAV>2.0.CO;2)
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and Factorial Validity of Squat and Countermovement Jump Tests. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 551. <https://doi.org/10.1519/1533->

4287(2004)18<551:RAFVOS>2.0.CO;2

- Martínez-López, E. J., Benito-Martínez, E., Hita-Contreras, F., Lara-Sánchez, A., & Martínez-Amat, A. (2012). Effects of electrostimulation and plyometric training program combination on jump height in teenage athletes. *Journal of sports science & medicine*, *11*(4), 727-735. <http://www.jssm.org>
- Meaños, E., Alonso, P., Sánchez, J., & Téllez, G. (2002). *Electroestimulación aplicada*. Fundación para el desarrollo de la formación continuada.
- Osborne, S. L. (1951). The retardation of atrophy in man by electrical simulation of muscles. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *32*, 523-528.
- Paillard, T. (2008). Combined Application of Neuromuscular Electrical Stimulation and Voluntary Muscular Contractions. *Sports Medicine*, *38*(2), 161-177. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838020-00005>
- Parker, M. G., Bennett, M. J., Hieb, M. A., Hollar, A. C., & Roe, A. A. (2003). Strength Response in Human Quadriceps Femoris Muscle During 2 Neuromuscular Electrical Stimulation Programs. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *33*(12), 719-726. <https://doi.org/10.2519/jospt.2003.33.12.719>
- Pichon, F., Chatard, J. C., Martin, A., & Cometti, G. (1995). Electrical stimulation and swimming performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *27*(12), 1671-1676. <https://doi.org/10.1249/00005768-199512000-00014>
- Porcari, J. P., Miller, J., Cornwell, K., Foster, C., Gibson, M., McLean, K., & Kernozek, T. (2005). The effects of neuromuscular electrical stimulation training on abdominal strength, endurance, and selected anthropometric measures. *Journal of sports science & medicine*, *4*(1), 66-75. <http://www.jssm.org>
- Requena Sánchez, B., Padial Puche, P., & González-Badillo, J. J. (2005). Percutaneous Electrical Stimulation in Strength Training: An Update. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *19*(2), 438. <https://doi.org/10.1519/13173.1>
- Sheppard, J. M., Gabbett, T., Taylor, K. L., Dorman, J., Lebedew, A. J., & Borgeaud, R. (2007). Development of a Repeated-Effort Test for Elite Men's Volleyball. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *2*(3), 292-304. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2.3.292>
- Smith, D. J., Roberts, D., & Watson, B. (1992). Physical, physiological and performance

differences between canadian national team and universiade volleyball players. *Journal of Sports Sciences*, 10(2), 131-138. <https://doi.org/10.1080/02640419208729915>

Willoughby, D., & Simpson, S. (1989). Supplemental EMS and dynamic weight training: effects on knee extensor strength and vertical jump of female college track & field athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 112, 131-137. <https://lightning-fit.com/wp-content/uploads/2019/10/Increase-Vertical-Jump-PDF.pdf>

Ziv, G., & Lidor, R. (2010). Vertical jump in female and male volleyball players: a review of observational and experimental studies. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(4), 556-567. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01083.x>