

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

MÁSTER UNIVERSITARIO EN ENTRENAMIENTO Y RENDIMIENTO DEPORTIVO

Curso Académico 2016-2017

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL MANTENIMIENTO DE LA
CAPACIDAD DE RESISTENCIA CON ELECTROESTIMULACIÓN DE
CUERPO COMPLETO EN SUJETOS FISICAMENTE ACTIVOS

*Methodological Proposal for the Maintenance of the Resistance Capacity with Whole Body
electrostimulation in Physically Active Subjects*

Autor: Aday Díaz Gutiérrez

Tutor: Dr. Isidoro Martínez Martín

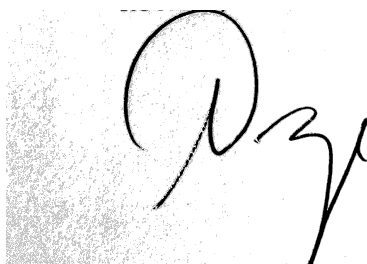
Cotutor: Diego Bartolomé De La Rosa

Fecha: 8 de Septiembre de 2017

Vº Bº TUTOR

Vº Bº COTUTOR

Vº Bº AUTOR



ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	3
ÍNDICE DE TABLAS	3
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	4
1.- RESUMEN	5
2.-ABSTRACT	5
3.- COMPETENCIAS RELACIONADAS CON EL MASTER	6
3.1.- Objetivos	6
4.- METODOLOGÍA Y RECOGIDA DE INFORMACIÓN	6
5.- INTRODUCCIÓN	9
6.- LA ELECTROESTIMULACIÓN	11
6.1.- Reseñas históricas	11
6.2.- ¿Qué es la electroestimulación?	11
6.3.- Parámetros de electroestimulación, tipos de contracción y colocación del electrodo	14
7.- ELECTROESTIMULACIÓN Y CAPACIDAD DE RESISTENCIA	18
8.- ELECTROESTIMULACIÓN Y CAPACIDAD DE FUERZA	24
9.- BENEFICIOS E INCONVENIENTES DE LA ELECTROESTIMULACIÓN	26
9.1.- Beneficios	26
9.2.- Inconvenientes	28
9.3.- Electroestimulación y rabiomiólisis	30
10.-PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CAPACIDAD DE RESISTENCIA CON WB-EMS EN SUJETOS FÍSICAMENTE ACTIVOS	32
11.- CONCLUSIÓN	38
12.- VALORACIÓN PERSONAL	38
13.- BIBLIOGRAFÍA	40

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LA ELECTROESTIMULACIÓN SIGUE EN CAÍDA LIBRE.....	10
FIGURA 2. BIOTRAJE DE ELECTROESTIMULACIÓN DE CUERPO COMPLETO Y DISPOSITIVO.....	13
FIGURA 3. LOS TRES MOMENTOS DE UNA FASE DE CONTRACCIÓN CON ELECTROESTIMULADOR.....	16
FIGURA 4. DIFERENCIA ENTRE LA ESTIMULACIÓN VOLUNTARIA Y LA EMS MEDIANTE UN ELECTROESTIMULADOR.....	29

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.- NIVELES Y FUERZAS DE RECOMENDACIÓN SEGÚN EL GRADO DE VALIDEZ DE LOS ARTÍCULOS	8
TABLA 2.- FRECUENCIAS DE ESTIMULACIÓN REFERIDAS A LAS FIBRAS TIPO I, IIA Y IIB, SUS RESPECTIVOS TIEMPO DE CONTRACCIÓN Y ADEMÁS EL TIEMPO DE REPOSO	5
TABLA 3.- ZONAS DE ENTRENAMIENTO SEGÚN FRECUENCIA CARDÍACA ...	20
TABLA 4.- PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA Y SU RELACIÓN CON LOS TIPOS DE ACTIVIDADES AERÓBICAS	22
TABLA 5.- VALORACIÓN DE LA CREATINQUINASA EN DOS GRUPOS DE ENTRENAMIENTO WB-EM Y MARATONIANOS	23
TABLA 6.- PARÁMETROS DE UN PROGRAMA DE FUERZA MÁXIMA	25
TABLA 7.- FRECUENCIAS DE ELECTROESTIMULACIÓN APLICADAS Y BENEFICIOS	27
TABLA 8. USO DE LA FRECUENCIA CARDÍACA PARA ESTIMAR LAS INTENSIDADES DE EJERCICIO QUE COINCIDEN CON PORCENTAJE DE VO2MAX	35
TABLA 9.- EJEMPLO DE PROPUESTA METODOLÓGICA	37

INDICE DE ABREVIATURAS

Vo2 máx.	Consumo máximo de oxígeno
CVM	Contracción voluntaria máxima
CPK	Creatinina fosfoquinasa
WB-EMS	Electroestimulación de cuerpo completo
EMS	Electroestimulación muscular
TENS	Estimulación Nerviosa Transcutánea
FCB	Frecuencia Cardíaca Basal
FCR	Frecuencia Cardíaca de reposo
FCres	Frecuencia Cardíaca de Reserva
FCM	Frecuencia Cardíaca Máxima
Hz	Frecuencia de EMS
GC	Grupo Control
GE	Grupo Experimental
Us	Microsegundos
MIN	Minutos
SEG	Segundos
VAM	Velocidad Aeróbica Máxima

1. RESUMEN

La exigencia deportiva y la necesidad de buscar la excelencia en el rendimiento, está provocando que evolucionen los métodos de entrenamiento y emerjan nuevas tecnologías aplicadas a estos; siendo la electroestimulación una de ellas.

La electroestimulación muscular (EMS) consiste en la aplicación de una corriente eléctrica al músculo o al nervio periférico con el fin de lograr una contracción muscular involuntaria. Esta forma de entrenamiento, viene siendo aplicada desde hace varias décadas; sin embargo, hoy día no existe consenso en su forma de uso consecuencia de la gran heterogeneidad de parámetros utilizados (Benito, 2013).

En el presente trabajo se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura existente en relación con la electroestimulación de cuerpo completo (WB-EMS) como nuevo método de entrenamiento para la mejora del rendimiento deportivo, y en especial su relación con la capacidad de resistencia en sujetos físicamente activos; después de valorarse los beneficios e inconvenientes de la aplicación de la EMS.

La propuesta consistió en un plan de entrenamiento, sugerida de un estudio piloto previo, dos veces por semana durante seis semanas, con el objetivo de valorar las posibles respuestas agudas y adaptaciones.

Palabras clave: EMS (Electroestimulación), WB-EMS (electroestimulación de cuerpo completo), VAM (velocidad aeróbica máxima), FCRes (frecuencia cardiaca reserva).

2. ABSTRACT

The demand for sport and the need to seek excellence in performance is causing training methods to evolve and new technologies applied to them; The electrostimulation being one of them.

Muscle electrostimulation (EMS) involves the application of an electric current to the muscle or peripheral nerve in order to achieve involuntary muscle contraction. This form of training has been applied for several decades; However, there is no consensus in its use today due to the great heterogeneity of parameters used (Benito, 2013).

In the present work a systematic review of the existing literature was conducted in relation to full body electrostimulation (WB-EMS) as a new method of training for the improvement of sports performance, especially its relation with the endurance capacity In physically active subjects; After assessing the benefits and drawbacks of implementing the EMS.

The proposal consisted of a training plan, suggested from a previous pilot study, twice a week for six weeks, in order to assess the possible acute responses and adaptations.

Key words: EMS (electrostimulation), WB-EMS (full body electrostimulation), VAM (maximum aerobic velocity), Vo2 max. (Maximum oxygen consumption).

3. COMPETENCIAS RELACIONADAS CON EL MASTER Y OBJETIVOS

- Manejar las nuevas tecnologías y herramientas específicas para el registro y cuantificación de las cargas de preparación del deportista.
- Aplicar los nuevos métodos y últimas tendencias en el entrenamiento deportivo en diferentes disciplinas y niveles de rendimiento.
- Manejar diversos recursos e innovaciones tecnológicas de uso específico en el entrenamiento actual, reconociendo sus utilidades y posibilidades de aplicación.
- Intervenir en el ámbito profesional del entrenamiento y el rendimiento deportivo, desarrollando actividades prácticas que preparen al alumno para su integración futura en el mercado laboral.
- Interpretar los resultados de los test, así como de los informes resultantes de la valoración de la condición física, para su utilización en la programación del entrenamiento deportivo.

3.1. Objetivos

- Conocer los beneficios e inconvenientes de la EMS.
- Conocer los parámetros de corriente y variables en la programación de la carga para el entrenamiento con EMS y transferencia a la WB-EMS.
- Desarrollar una propuesta para el mantenimiento de la capacidad de resistencia con WB-EMS.

4. METODOLOGÍA DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN

Se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica en diferentes bases de datos, seleccionando los artículos según los criterios de inclusión/exclusión que se exponen a continuación.

Bases de datos:

1. **PubMed:** es un motor de búsqueda libre con acceso a MEDLINE, una de las mayores bases de datos de bibliografía médica mundiales. Contiene una elevada

cantidad de publicaciones de revistas científicas, así como libros *on-line* que la hacen de gran calidad y utilidad. Además, al ser en inglés, permite la recopilación de datos provenientes de gran variedad de países, lo cual le confiere de alto prestigio.

2. **Cochrane:** al igual que la anterior, dispone de gran variedad de publicaciones científicas siendo considerada una fuente fiable de búsqueda bibliográfica.
3. **Faro:** es un motor de búsqueda de La Universidad De Las Palmas de Gran Canaria, la cual tiene acceso a muchos artículos relacionados con temáticas diferentes.
4. **Dialnet:** es un portal de difusión de la producción científica hispana especializado en ciencias humanas y sociales. Su base de datos, de acceso libre, fue creada por la Universidad de La Rioja (España) y constituye una hemeroteca virtual que contiene los índices de las revistas científicas y humanísticas de España, Portugal y Latinoamérica, incluyendo también libros (monografías), tesis doctorales, homenajes y otro tipo de documentos. El texto completo de muchos de los documentos está disponible en línea.
5. **Science-direct:** es un sitio web que permite el acceso a una gran base de datos de investigación científica y médica. Normalmente requiere la suscripción o la compra de los artículos. Entrar con una cuenta universitaria permite disponer de gran variedad de recurso electrónico.

Tras hacer el mayor número de combinaciones posibles que tuvieran relación con el tema elegido, y con el fin de poder encontrar las mejores referencias, se seleccionaron los artículos que se consideraron más adecuados según los criterios de inclusión/exclusión establecidos:

- Artículos cuyo idioma sea el inglés o el castellano principalmente.
- Una fecha de publicación no superior a 10 años, con la excepción de los artículos publicados previamente debido a su relevancia.
- Artículos de revisión para un mayor rigor científico. Además, se han encontrado estudios de cohorte y casos y controles, que hemos usado para aportar resultados extraídos de la información recogida; y algunos ensayos clínicos.

Los filtros empleados como motor de búsqueda para poder localizar el mayor número de artículos válidos, fueron los siguientes:

1. Electrostimulation, Electroestimulación (FARO, Pubmed y Science Direct).
2. Electromyostimulation and sport (FARO, Pubmed y Science Direct, Dialnet, Cochrane).
3. Electrostimulation benefits and inconvenients (FARO, Pubmed y Science Direct).
4. Electrostimulation and Fitness (FARO, Pubmed y Science Direct, Cochrane).

5. Electrostimulation and Aerobic Training (FARO, Pubmed y Science Direct, Cochrane).

Las búsquedas en castellano se hicieron desde la plataforma Dialnet y Faro. Algunos de los artículos encontrados no tenían la validez suficiente como para incluirlos en la revisión que nos ocupa, por lo que los descartamos para evitar, de ésta manera, posibles sesgos. Otro criterio tenido en cuenta a la hora de seleccionar los textos fue el nivel de evidencias según Sackett y Wennberg (1997), el cual jerarquiza la evidencia en niveles (1 - 5, siendo el nivel 1 la “mayor evidencia” y el nivel 5 “menor evidencia”).

Los conceptos de nivel de evidencia y grado de recomendación forman el eje central de la definición de la Guía de Práctica Clínica basada en la evidencia, ya que son instrumentos que intentan estandarizar y proporcionar a los clínicos reglas sólidas para valorar las publicaciones, determinar su validez y resumir su actualidad en la práctica clínica (Castillejo & Zulaica, 2007).

Cada uno de esos niveles está dentro de las diferentes fuerzas de recomendación según el grado de validez de los artículos y clasificándose de la siguiente manera (Tabla 1).

Tabla 1.- Niveles y fuerzas de recomendación según el grado de validez de los artículos (Manterola y Zavando, 2009).

RECOMENDACIÓN	NIVEL DE EVIDENCIA	TIPO DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS
Recomendación A	niveles 1a y 1b	Revisiones Sistemáticas y Análisis de Ensayos Clínicos
Recomendación B	Niveles 2a	Estudios de cohortes
	niveles 2b	Estudios de cohorte individual y de baja calidad
	Nivel 3a	Estudios de casos y controles
	Nivel 3b	Estudios de casos y controles individuales
Recomendación “C”	nivel 4	Estudios de cohortes, casos y controles de mala calidad
Recomendación “D”	nivel 5	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita o investigación teórica

5. INTRODUCCIÓN

La necesidad de obtener éxitos deportivos, ha llevado a los entrenadores y preparadores, a buscar la excelencia mediante la búsqueda de nuevos métodos y metodologías de entrenamiento. Uno de estos (empleado ya en los años setenta), es la EMS.

La EMS se basa en generar 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 variable impedancia del cuerpo humano. Dicho impulso eléctrico llega a la motoneurona, situada usualmente en el vientre muscular, desencadenando una acción muscular y, dependiendo de los parámetros (número 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 de vascularización, hipertrofia, desarrollo de fuerza... etc (Peris y Chulvi 2015).

Además, la EMS se ha utilizado siempre para complementar o sustituir la activación muscular voluntaria en los entornos de rehabilitación, por ejemplo, para la reeducación de la acción muscular, la facilitación de la contracción muscular, el fortalecimiento muscular y el mantenimiento de la masa muscular (Kayvan, Seyri y Maffiuletti, 2011).

En el ámbito del entrenamiento, “Kots en la década de los setenta utilizó la EMS en atletas de élite, con el fin de aumentar la fuerza muscular, empleando este método como complemento al entrenamiento convencional” (Lake, 1992).

Es por esta evolución que, en los inicios se usaba la estimulación local en músculos específicos, surgiendo actualmente, los biotrajés de electroestimulación de cuerpo completo, con electrodos distribuidos en el torso anterior y posterior, así como en las extremidades superiores e inferiores. Los biotrajés, conectados a una consola, permiten generar diferentes programas de entrenamiento, con los que lograr alcanzar en profundidad las fibras musculares de manera selectiva, transformando los paradigma de contracción muscular convencionales.

Las empresas que comercializan esta tecnología, defienden que con la WB-EMS se pueden lograr mayores beneficios en menor tiempo y con mayor eficacia que con el entrenamiento convencional, como es el caso de MihaBodytec, X-Body y Efit Spain; pero se

plantean numerosas cuestiones ante el escaso número de artículos científicos que apoyan el uso de esta como método efectivo y seguro de entrenamiento.

Debido a las dudas existentes de si es una metodología de entrenamiento realmente útil o no, muchas de las empresas que ofertan este tipo de entrenamiento en España en la actualidad han experimentado un declive, tal y como se observa en la (Figura 1).

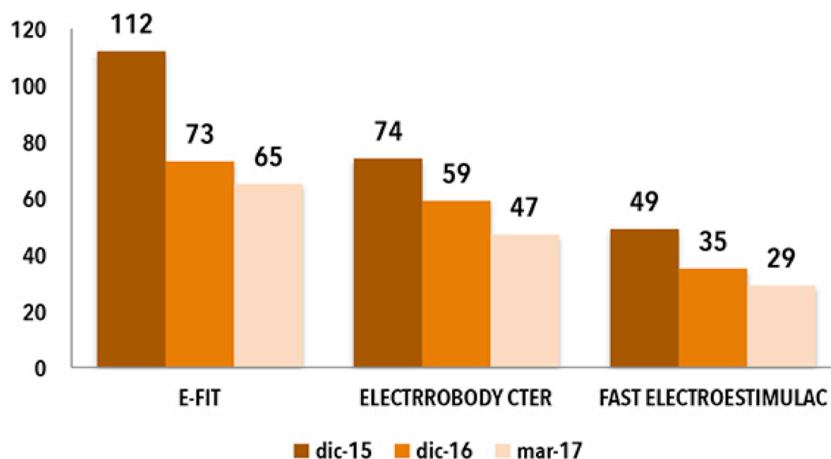


Figura 1. La electroestimulación sigue en caída libre (extraído de CMD Sport 06/04/2017).

Numerosas de las empresas que ofertan la EMS, están dirigidas por personal no cualificado para la realización de este tipo de entrenamiento, por lo que pueden aparecer múltiples complicaciones, entre las que destacar como más severa, la rabdomiólisis. Como expone Bagley (2007), después de un entrenamiento excesivo con EMS “se puede llegar a tener un fallo renal agudo”. Además, son varios los casos de personas que asisten a los hospitales después de una sesión de EMS con sintomatología propia de rabdomiólisis, como orina de color oscuro o hinchazón muscular, expuesto por Lee en 2014.

“Es por esto que en un país como Israel, el Ministerio de Salud emitió el 11 de enero de 2016 una advertencia oficial de seguridad, y recomendó que los dispositivos de EMS no se utilizaran en gimnasios y sin supervisión médica” (Malnick, Band, Alin, y Maffiuletti, 2016). Esta es, uno de los principales motivos por las que surge este trabajo de fin de master.

6. LA ELECTROESTIMULACIÓN

6.1. Reseñas históricas

Las grandes exigencias del deporte de élite, motivadas por el incansable espíritu de superación, han desembocado en la búsqueda de nuevas técnicas y métodos que eleven las marcas de los atletas a cifras inimaginables. En 1970 aparece por primera vez la EMS como método de entrenamiento (Benito, Sánchez y Martínez, 2010).

Kots, en la década de los setenta, utilizó este tipo de terapia en atletas de élite, con el fin de aumentar la fuerza muscular, empleando este método como complemento al entrenamiento convencional. Sus resultados fueron testados en los Juegos Olímpicos de Montreal (1967), donde el equipo ruso obtuvo un aumento de fuerza de hasta un 40% (Lake, 1992).

En 1980, Portman utiliza las corrientes de Kotz modificadas, en el entrenamiento de atletas, y observa un incremento de la capacidad de fuerza del 28%. En 1996 Capanna, Sassi, y Tibaudi estimulan en quince sesiones a un grupo de futbolistas con frecuencias de 65 Hz durante 20 seg y de 85 Hz durante otros 20 seg; y registran una clara mejora de las prestaciones de resistencia a la velocidad. Cometti consigue en 1998 incrementos óptimos de las capacidades de fuerza explosiva después de la realización de entrenamientos con electroestimulación (Boschetti, 2002).

En el año 1996, aparece el primer electroestimulador pensado para el deportista, con programas ideados para sus necesidades (Compex Sport 1, Compex S.A, Ecublens. Suiza). Lógicamente fue el deportista de competición el primero en utilizarlo y actualmente existen aparatos para toda personas con programas adaptados desde el deportista de competición, al deportista de ocio o a quien quiera estar en buena condición física con el único objetivo de encontrarse mejor (Pombo, Rodríguez, Brunet y Requena, 2004).

6.2. ¿Qué es la Electroestimulación?

Heidland et al., (2013) definen la EMS como la “estimulación eléctrica de baja intensidad de grupos musculares esqueléticos con electrodos colocados sobre la piel. Estos impulsos estimulan a los nervios a enviar señales a un músculo específicamente dirigido, que reacciona por contracción, como lo haría con la actividad muscular normal”; Maya y Albornoz (2010) comentan que “el objetivo de la EMS aplicada al deporte es la estimulación del nervio motor sano a través de su placa motora con el fin de conseguir una contracción fisiológica del músculo”.

Electroestimular una fibra es aumentar el potencial de reposo en un punto de la membrana, por medio de una corriente eléctrica aplicada sobre la piel. La corriente debe ser capaz de aumentar el potencial de reposo hasta el valor umbral, pero siempre dentro de la seguridad. Es decir, los parámetros eléctricos de esta corriente tienen que ser suficientes para lograr que la célula muscular se contraiga, pero han de ser soportables, puesto que las primeras pruebas de electroestimulación en humanos llegaban a provocar quemaduras de gravedad (Pombo et al., 2004).

Siff (1990) hace referencia a una serie de adaptaciones en la EMS local que, desde el punto de vista fisiológico, se pueden conseguir mediante la EMS, como “facilitar la recuperación post ejercicio, incrementar la velocidad de contracción, mejorar los niveles de fuerza-resistencia, modificar los tipos de fibra, disminuir la tensión residual del músculo, así como proporcionar efectos propios del masaje”.

Posteriormente, la electroestimulación fue evolucionando, hasta llegar a la creación de biotrajés de WB-EMS, capaces de aplicar la electroestimulación de manera integral en todo el cuerpo. Stengel, Bebenek, Engelke, Kemmler (citado en Herrero et al., 2015) hacen referencia al WB-EMS y explican que la EMS puede aplicarse de forma no local, mediante la utilización de trajes o chalecos, lo que se conoce como electroestimulación de cuerpo completo. Este tipo de entrenamiento permite estimular simultáneamente hasta catorce-dieciocho regiones corporales (ambos muslos, ambos brazos, nalgas, abdomen, pecho, zonas baja de la espalda, zona alta de la espalda, dorsal ancho y dos opciones libres) con un área total de electrodos de 2800 cm².

Otros autores como Kemmler, Von Stengel, Schawarz y Mayhew (2012); Kemmler y Von Stengel (2013) (citado en De La cámara y Pardos, 2015) apoyan lo nombrado anteriormente, comentando que WB-EMS es un sistema de EMS aplicada de forma general en diferentes grupos musculares. El equipamiento con el que se realiza WB-EMS consiste en un chaleco y unas cinchas o bandas que rodean brazos y muslos. Todo ello queda unido mediante cables entre estas piezas y la consola o dispositivo que emite la corriente. Además, añaden como los autores anteriores, que este equipamiento permite la activación simultánea de entre catorce y dieciocho regiones u ocho a doce grupos musculares como se puede observar en la Figura 2.

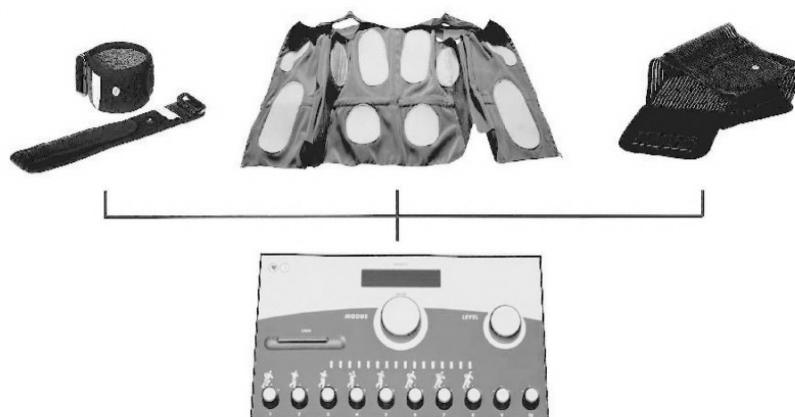


Figura 2. Biotraje de electroestimulación de cuerpo completo y dispositivo (extraído de Kemmler, Teschler y von Stengel, 2015).

Coarasa, Moros, Marco, Comín, (2001a) y Coarasa, Moros, Marco, Comín (2001b) (tomado de Linares, Escalante y La Touche, 2004) exponen que la EMS para fortalecimiento muscular es utilizada con frecuencia en el ámbito deportivo con el propósito de incrementar el rendimiento muscular, utilizándose tanto en músculos sanos como en patológicos, siempre que sean capaces de llegar a producir contracciones voluntarias que generen mínimo entre un 20 % y un 35 % de la contracción voluntaria máxima para poder mantener un nivel de fuerza óptimo. Sin embargo, para lograr mejorar el rendimiento muscular se debe llegar a producir fuerzas superiores al 35 % de la CVM, nivel conocido como el margen de la ventana terapéutica para la ejercitación eficaz.

Coarasa, Moros, Marco y Comín, (2001a) (mencionado en Linares, Escalante y La Touche , 2004) afirmaron que está demostrado que la estimulación eléctrica sigue un orden de secuencia que es el de estimulación sensorial primero, seguido por la estimulación motora y después la estimulación dolorosa. En este sentido, podemos llegar a afirmar que las corrientes bifásicas son las más eficaces para fortalecimiento, puesto que en niveles máximos de estimulación motora alcanza efectos de fortalecimiento e hipertrofia muscular sin dolor.

Lake (1992) también llegó a la conclusión de 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”.

Delitto, Strube, Shulman, y Minor, 1992 (citado en Linares, Escalante y La Touche, 2004) definieron la corriente bifásica, diciendo que es un tipo de corriente útil tanto para el fortalecimiento del músculo sano como del patológico, ya que incluye mecanismos similares

a los del entrenamiento físico, sirve para reeducar y permite el reclutamiento selectivo de las fibras tipo II, lo cual ofrece mayores posibilidades de ganancias en fuerza.

6.3. Parámetros de la Electroestimulación, tipos de contracción y colocación del electrodo

Cualquier estudio que utilice un determinado protocolo de EMS en el ámbito del entrenamiento, debe especificar en su metodología los parámetros de corriente empleados – tipo de corriente, tipo y ancho de impulso, frecuencia, tiempo de contracción, tiempo de reposo, intensidad, ángulo de trabajo de la articulación implicada, localización de los electrodos, así como las características de los mismos y músculos estimulados. En función de cómo se programen y modifiquen estos, se podrá orientar el tipo de entrenamiento hacia un determinado objetivo (Herrero, Abadía, Morante y García, 2006).

Cometti (2004) añade que la elección del tipo de corriente que se utilizará en la estimulación está limitada a dos únicas posibilidades: “la corriente TENS” (Estimulación Nerviosa Transcutánea) y la “corriente excitomotora”. La “corriente TENS” permite organizar un programa con finalidades antiálgicas, mientras que la “corriente excitomotora” se utiliza cuando se quiere organizar un programa de musculación buscando la contracción de la musculatura estriada.

En cuanto al tipo de impulso, Siff (1990) (citado en Herrero et al., 2006) explica que es la forma que tiene la onda eléctrica. Algunos autores como Lake (1992); Delitto et al., (1992) apoyaron el uso de la onda bifásica.

Por otra parte, Herrero et al., (2006) comentan que “el ancho del impulso es la duración de cada pulso de corriente expresado en microsegundos (us)”. Enoka (1988) (referido en Herrero et al., 2006) dice que “se ha sugerido que los anchos de impulso óptimos para la estimulación percutánea están entre los 500 y los 1000 μ s”. Holcomb (1997) y Lake (1992) citado en este mismo artículo, comentan que “las mayores contracciones se logran con anchos de 300-400 μ s”.

Benito (1974) (citado en Benito, 2013) explica que otro parámetro importante es la frecuencia de EMS. Es el número de veces que se repite la onda eléctrica en un segundo. Su unidad de medida es el Hz”. Herrero et al., (2006) comentan que en el cuerpo humano las frecuencias de descarga de las unidades motrices lentas (predominantes en músculos tónicos) oscilan entre 5 y 15 Hz, mientras que las frecuencias de descarga de las unidades motrices rápidas (predominantes en músculos fásicos) oscilan entre 30 y 60 Hz.

Herrero, Alvear y González (2006b) reseñan que las corrientes de baja frecuencia son todas aquellas en las que la frecuencia sea menor a 40 Hz, y tendrán como objetivo la recuperación, capilarización u oxigenación del músculo; las superiores a 40 Hz serán las altas frecuencias empleadas cuando nuestro fin sea la fuerza muscular.

En la tabla 2, podemos observar las frecuencias de estimulación y su relación con el tipo de fibra y el tiempo de estimulación y de reposo.

Tabla 2.- Frecuencias de estimulación referidas a las fibras tipo I, IIa y IIb, sus respectivos tiempo de contracción y además el tiempo de reposo (extraído de Cometti, 2004).

Frecuencia	Tipo de fibra	Características	Tiempo de estimulación	Tiempo de reposo
35 Hz	I	Lentas	8 seg	6 seg
55 Hz	IIa	Intermedias	6-8 seg	7 seg
85 Hz	IIa/IIb	Intermedias/veloces	4 seg	25 seg
100 Hz	IIb	Veloces	3-4 seg.	30 seg

Otro de los parámetros a tener en cuenta en la EMS, es el tiempo de contracción, definido como “el tiempo durante el cual se mantienen los impulsos eléctricos a una determinada frecuencia y se expresa en segundos” (Herrero et al., 2006).

Herrero, García y García (2003) (tomado de Herrero et al., 2006) indican que durante el tiempo de contracción, se han de contemplar 3 fases: un tiempo de subida de la intensidad eléctrica, un tiempo durante el cual se mantiene la intensidad y un tiempo de bajada, como se puede observar en la (Figura 3). Esta circunstancia hace que los tiempos de contracción sea inespecíficos para mejorar la fuerza muscular en determinadas disciplinas deportivas donde las acciones de fuerza tienen una duración menor.

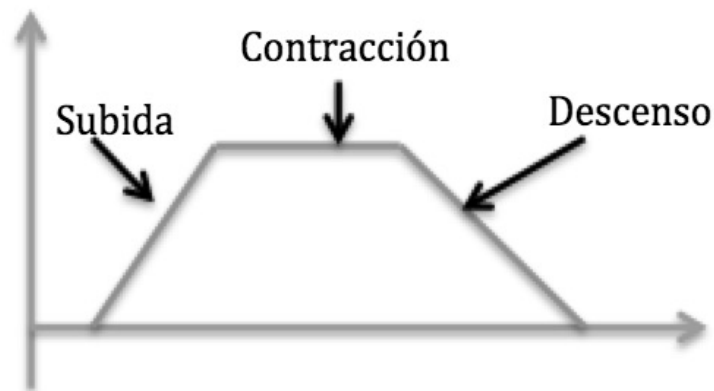


Figura 3.- Los tres momentos de una fase de contracción con electroestimulador (extraído de Cometti, 2004).

Cometti (2004) añade a lo que comentan los autores anteriores que el tiempo de subida representa el tiempo que la intensidad de estimulación emplea durante la fase de trabajo para pasar del valor “0” al que se haya programado; representa el tiempo que el músculo tarda en alcanzar la máxima tensión programada. La duración del tiempo de subida tiene una notable influencia en el confort de la estimulación.

- Los tiempos de subida muy breve, resultan difíciles de regular ya que no aparece un tiempo para advertir el momento de inicio de la contracción para prepararse antes de que la tensión muscular alcance valores elevados y molestos.
- Un tiempo de subida excesivamente largo actúa en detrimento de la eficacia de la sesión, ya que el músculo empieza a cansarse antes de que comience la verdadera fase de contracción.

Cometti (2004), además afirma que el tiempo de contracción representa el tiempo durante el cual el músculo mantiene la máxima tensión alcanzada, por lo tanto es la fase en la que las fibras musculares desarrollan la acción de contracción. En cuanto al tiempo de contracción hay que tener cuidado ya que si se supera la capacidad máxima de resistencia de las fibras musculares implicadas en la contracción, se puede provocar calambres y contracturas, incluso de notable gravedad. Por otro lado también hay que tener en cuenta que si el tiempo de descenso es demasiado breve el atleta no dispondrá del tiempo necesario para asimilar el descenso de la tensión muscular inducida por la estimulación; si es demasiado largo puede influir negativamente en la resistencia muscular ya que anticipa la aparición de la sensación de cansancio localizado.

Respecto al tiempo de reposo; Herrero et al., (2006) dicen que es el tiempo que transcurre entre cada dos contracciones consecutivas y se expresa en seg. Kots y Xvilon valoraron la aplicación de estímulos de corriente de 15 seg de duración, obteniendo que a partir del 12,5 seg, la fuerza conseguida comenzaba a bajar, cambiando por ello el tiempo de estimulación para estudios posteriores a 10 seg con EMS.

Herrero et al., (2006) comentan que en cuanto a la intensidad, en algunos electroestimuladores marcan esta intensidad en milivoltios, si bien lo más normal es que esté indicada en miliamperios. En el cuerpo humano la relación entre ambos conceptos es la impedancia o resistencia que ofrecen los diferentes tejidos al paso de la corriente eléctrica.

Alon y Smith (2005) (citado en Benito, 2013) defendieron en 2005 cuatro umbrales de intensidad de corriente: sensitivo (cuando el sujeto comenzaba a sentir la corriente), motor (cuando se apreciaba visualmente contracción muscular), dolor (cuando la sensación que provocaba la corriente es desagradable) y máximo dolor (la máxima intensidad que el sujeto era capaz de tolerar). Este autor observó en sus estudios que los hombres tardaban mas en alcanzar los umbrales que las mujeres; pero esta diferencia no se debe al sexo, si no a la cantidad de masa muscular que tienen.

Rich (1992) (expuesto en Herrero et al., 2006) comenta que actualmente la manera más utilizada de trabajar con EMS es de forma isométrica, debido a que existe una menor posibilidad de lesión y un mayor control de la carga de entrenamiento; por esto, un aspecto esencial en el entrenamiento con EMS es el ángulo en el que deben de permanecer las articulaciones durante cada sesión de trabajo, influyendo éste en la cantidad de intensidad que el músculo puede tolerar.

Además Herrero et al., (2006) exponen que “el ángulo de entrenamiento puede ser la razón por la cual no se produzca ningún beneficio en el entrenamiento con EMS”.

Siff (1990); Alon, Kantor y Ho (1994); Rich (1992) y Lake (1992) (comentado en Herrero et al., 2006) explican que otro aspecto importante es la colocación de los electrodos. El tipo, tamaño, número y colocación, así como el gel utilizado, condicionan la cantidad de energía transmitida a los músculos, la fuerza resultante de la contracción y el grado de confort del paciente. Así, cuanto menos gel tengan los electrodos más incómoda será la corriente y más dolor producirá. Según Rich(1992) y Lake (1992) “cuanto más fuerte se sujeten los electrodos contra la piel mayor será el dolor que perciba el sujeto. Lo más normal es utilizar electrodos bipolares (polo positivo y negativo) colocando uno de ellos sobre el punto motor del músculo a estimular”.

Brooks, Smith y Currier (1990) (señalado en Herrero et al., 2006) reseñan que la

colocación de los electrodos sobre la piel deberá ser de forma longitudinal con respecto a las fibras musculares, dado que esta colocación supone alcanzar un 64% más de fuerza con respecto a una colocación transversal respecto de las fibras musculares.

Miller y Thépaut (1993) y Martin, Cometti, Pousson, y Morlon (1994) (comentado en Herrero et al., 2006) exponen que la musculatura activa, a la hora de trabajar un grupo muscular en concreto, se debe tener en cuenta la posible activación de la musculatura antagonista. Así, cuando se trabaja con niveles de intensidad máximos se puede producir una activación inconsciente de esta musculatura, reduciendo la fuerza total generada por la musculatura agonista.

“Esta activación de la musculatura antagonista es inevitable cuando la EMS se aplica de forma isométrica sin fijar los segmentos corporales implicados en la contracción” Herrero et al., 2006). Westing, Seger y Thorstensson (1990) (citado en Herrero et al., 2006) defienden que “esta pequeña activación de la musculatura antagonista explicaría porqué las contracciones concéntricas con EMS superpuesta producen menores niveles de fuerza que la propia contracción voluntaria”

Lo expuesto hasta el momento, atiende a la EMS local, transfiriéndose su aplicación a la WB-EMS como pautas de entrenamiento, asumiendo una falta de consenso en su uso, a unísono con la excasa literatura existente.

7. ELECTROESTIMULACIÓN Y CAPACIDAD DE RESISTENCIA

“La capacidad de resistencia es la capacidad del sistema circulatorio y respiratorio para suministrar oxígeno a los músculos durante la actividad física sostenida (U.S. Department of Health and Human Services, 2008).

La capacidad de resistencia según Langlade (1984) es la capacidad de mantener un esfuerzo prolongado sin merma apreciable del rendimiento, por lo cual la resistencia se manifiesta de forma muy variada y en cada caso concreto depende de las transformaciones químicas durante las cuales se forma la energía utilizada para la ejecución de un trabajo.

López Chicharro y Fernández Vaquero (2006) hablan sobre el consumo máximo de oxígeno (Vo_2 máx.) en su libro, y comentan que utilizamos el término Vo_2 máx. para expresar un parámetro fisiológico que indica la cantidad de oxígeno que se consume o utiliza en el organismo por unidad de tiempo. La medición directa o la estimación indirecta de este parámetro permite la cuantificación del metabolismo energético, ya que el oxígeno

se utiliza como comburente en todas las combustiones que tienen lugar en las células que permiten la transformación de la energía química en energía mecánica (contracción muscular) y trabajo celular. El vo_2 máx. que un sujeto puede llegar a utilizar dependerá de todos aquellos factores que intervienen en el recorrido que han de seguir las moléculas de oxígeno procedentes del aire atmosférico hasta llegar al interior de las mitocondrias, donde se reducen y se unen a los átomos de hidrógeno para formar agua al final de una serie de complejas reacciones liberando una gran cantidad de energía. El Vo_2 máx. se convierte en un parámetro indicador de la capacidad funcional de los individuos y potencia aeróbica. La variabilidad existente entre los diferentes sujetos es amplia y dependerá de diversos factores:

- **Edad:** El Vo_2 máx. aumenta gradualmente desde el nacimiento, paralelo a la ganancia de peso corporal. El máximo se alcanza entre los 18 y 25 años, disminuyéndose gradualmente a partir de esa edad.
- **Composición corporal:** Depende especialmente del peso magro o libre de grasa, de manera que a mayor masa muscular, mayor será.
- **Sexo:** El Vo_2 máx. es más elevado en los varones que en las mujeres. Las diferencias son por composición corporal, factores de función cardiovascular, factores hormonales e incluso la menor concentración de hemoglobina que presentan las mujeres después de la pubertad.
- **Grado de entrenamiento:** El entrenamiento físico puede inducir a aumentos sustanciales en el valor de Vo_2 máx. Los sujetos entrenados tienen una mejora relativa menor.

Debido a la importancia que tiene la capacidad de resistencia sobre la salud, el American College of Sport Medicine (2011) recomiendan al menos 30 minutos (min) de actividad física de intensidad moderada (trabajando lo suficientemente duro para romper el sudor, pero aún capaces de mantener una conversación) cinco días a la semana o 20 min de actividad física vigorosa. Se pueden realizar combinaciones de intensidad moderada y vigorosa para cumplir con esta recomendación.

Además es importante tener en cuenta las zonas de trabajo según el objetivo a conseguir, como se puede observar en la tabla 3.

Tabla 3.- Zonas de entrenamiento según frecuencia cardiaca (extraído de López, J. y López, L. 2008).

Zonas	INTENSIDAD	DENOMINACIÓN	RECOMENDADO
Zona 5	90-100% FCM	Zona de Alta intensidad	Deportista Controlado
Zona 4	89-90% FCM	Zona de Umbral Anaeróbico	Deportista Alto nivel
Zona 3	70-80% FCM	Zona de mejora de capacidad aeróbica	Buena condición física
Zona 2	60-70% FCM	Zona de manejo de peso	Población general
Zona 1	50-60 % FCM	Zona de recuperación	Muy desentrenado

Pombo et al., (2004) hacen referencia al entrenamiento de la capacidad de resistencia y comentan que se necesita aumentar el VO₂ máx. Éste depende de dos factores: de la cantidad de oxígeno que puede ser aportada a los músculos (función del flujo cardíaco y de la concentración de oxígeno en sangre arterial) y de la capacidad de las fibras para consumir ese oxígeno. El entrenamiento voluntario en resistencia desarrolla estos dos aspectos: a la vez el flujo cardíaco y las enzimas oxidativas del músculo. Así pues, podemos pensar que en un deportista de resistencia aeróbica, la limitación del VO₂ máx. está más relacionada con el poder oxidativo de las fibras que con su flujo cardíaco.

Este mismo autor, hace referencia a lo comentado anteriormente y dice que “la EMS puede actuar sobre la capacidad de consumo de oxígeno de las fibras musculares”. Además Salmons y Vrbova (1969), Pette, Smith, Staudte y Vrbová (1973) han demostrado que la EMS “puede transformar fibras rápidas en fibras lentas siempre y cuando se aplique un tiempo suficientemente largo que la frecuencia de los impulsos eléctricos corresponda a la descarga del potencial de acción de las motoneuronas que inervan las fibras lentas”.

Pombo et al., (2004) además afirman que con la EMS, así como con el entrenamiento voluntario de resistencia aeróbica, aumenta el contenido de las enzimas oxidativas en las fibras musculares. De esta forma los deportistas de resistencia aeróbica bien entrenados (ciclistas, maratonianos, etc.) tienen una concentración de enzimas oxidativas tres veces superior a la de los sedentarios. Además la EMS produce solo un pequeño estrés cardiovascular, débil aumento de la frecuencia cardíaca y de la presión arterial sistólica (Rigaux y Zicot, 1995); en consecuencia indican que no tiene efecto sobre la mejora del flujo

cardíaco. Para la concentración de oxígeno en sangre arterial, la EMS tampoco tiene efecto porque hace falta aumentar el contenido de hemoglobina en sangre, un resultado que solo puede obtenerse con estancias en altitud elevada u otros métodos.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que una sesión de EMS se aplica de un modo muy específico de manera local y no sobre el conjunto de los músculos que intervienen en un esfuerzo deportivo. La mejora de la capacidad oxidativa será obtenida de una manera localizada y específica sobre los músculos que hayamos elegido estimular. La especificidad del Vo_2 máx. está ligada en parte al papel dominante de los músculos implícitos en el gesto deportivo. Por lo tanto, son los músculos principales que determinan el resultado del Vo_2 máx., y serán estos “músculos principales” los que habrá que estimular de forma específica con los programas de resistencia aeróbica. La mayoría de los deportistas que practican estas actividades de larga duración, sobre todos los atletas, debido al impacto contra el suelo, suelen tener afecciones por sobre exigencia de las diferentes estructuras. Así pues, cabe utilizar la EMS como un método para conseguir los mismos objetivos musculares sin tener las mismas sobrecargas (Pombo et al., 2004).

En relación con las sobrecargas y lesiones que pueden producir grandes volúmenes de entrenamiento, Scheer y Murray (2011), realizaron un estudio en el cual valoraron cuales eran las lesiones mas comunes en los deportistas que realizaban estos entrenamientos y observaron que las lesiones de rodilla fueron las más frecuentes, afectando al 7.2% que sufrían de condromalacia rotuliana, y que ha sido descrita como la lesión músculo-esquelética más frecuente en los maratonianos, oscilando entre el 14% y el 31,3%. Otras lesiones en los miembros inferiores incluyeron tendinopatía del tendón de Aquiles (2.9%), tendinopatía de los dorsiflexores del tobillo (1.4%), lesión de la inversión del tobillo (1.4%), bursitis trocantérica (1.4%) y dolores musculares (1.4%).

Por otro lado, en la Tabla 4 podemos observar las diferentes actividades aeróbicas y los parámetros adecuados teniendo en cuenta lo comentado anteriormente de cómo se debe realizar un entrenamiento de resistencia con EMS.

Tabla 4.- Programa de entrenamiento de resistencia y su relación con los tipos de actividades aeróbicas (extraído de Pombo et al., 2004).

PROGRAMAS DE RESISTENCIA AERÓBICA	FRECUENCIA DE TRABAJO	DURACIÓN DE LA CONTRACCIÓN	DURACIÓN DEL REPOSO	REPETICIONES
Resistencia aeróbica	10-20	7-10 seg	2-4 seg	200-300
Aeróbico				
Jogging				
Endurance				

Por lo tanto, los objetivos de los entrenamientos de la resistencia aeróbica son según Pombo et al., (2004):

- Mejorar el consumo de oxígeno.
- Mejora la resistencia aeróbica muscular.
- Aumento de los intercambios intramusculares.
- Mejora de la microcirculación.
- Aumento de las enzimas oxidativas.

Los deportistas a los que van dirigidos son triatletas, maratonianos, esquiadores de fondo). La mejora de la resistencia aeróbica podemos mediante:

- Manteniendo el mismo ritmo durante un tiempo mas prolongado.
- Aumentando la intensidad media del esfuerzo (velocidad de carrera sobre la distancia de la prueba).

Con respecto a la mejora de la capacidad de resistencia con EMS, en el estudio de Watanabe, Taniguchi, y Moritani (2014) podemos ver las respuestas metabólicas y cardiovasculares de la EMS aplicada a varios sujetos voluntarios que estuvieron pedaleando en bicicleta, y mejoraron el VO₂, frecuencia cardíaca y aumento la concentración de lactato en sangre, debido a un mayor reclutamiento de fibras rápidas, por lo que la EMS parece simular los efectos de los entrenamientos de alta intensidad.

Kemmler, Steschel, Bebenek y Von Stengel (2015) hicieron un estudio en el que valoraron en dos grupos la evolución de la Creatina fosfoquinasa (CPK) después de la aplicación inicial de WB-EMS en un grupo de deportistas sanos sin experiencia en la EMS y

el entrenamiento sin EMS en maratonianos. Se observó que de partida los valores previos son ligeramente superiores en el grupo de deportistas sanos sin experiencia previa en WB-EMS, después de la sesión de carga con el biotraje y una maratón, los valores de CPK son similares, incluso se mantienen ajustados hasta las 24 horas después. Pero la diferencia a partir de las 48 horas son muy evidentes en el grupo de WB-EMS (hasta llegar a valores pico a las 72-96 horas); en cambio en el grupo de maratón, los valores de CPK comenzaron a descender a partir de las 48 horas, hasta llegar a normalizarse pasadas las 96 horas. Los valores estabilizados en CPK en torno a 500-900 CPK se obtuvieron a partir de la décima sesión de entrenamiento (1 sesión semanal) (Tabla 5).

Tabla 5.- Valoración de la creatinquinasa en dos grupos de entrenamiento WB-EM y maratonianos (extraído de Kemmler et al., 2015).

Tiempo (CPK IE/l)	WB-EMS (n=26)	Maratón (n=6)	Diferencia (95% KI)	P	Tamaño del efecto
Antes de la carga	246 ±174	130 ± 48	115 (34 bis195)	.006	.91
Después de la carga	281±183	361±103	81 (-39 bis 201)	.171	.54
24 h post	3551± 4731	2630 ± 2058	922 (-1698 bis 3541)	.471	.25
48 h post	12991±17480	1612±1509	11.379 (4226-18.532)	.003	.92
72 h post	27410±33770	1179 ±1586	26232 (12539 -39925)	.001	1.10
96 h post	26549 ± 29960	746 ±1081	25803 (13409 - 38196)	.001	1,22
Valor Pico CK	28545 ± 33611	2795 ± 883	25750 (12075 - 39424)	.001	1,08

Otro estudio realizado por de la O, Amaro, Roero y Gutiérrez (2015), cuyo objetivo era conocer la influencia de 3 tipos diferentes de entrenamiento de resistencia (WB-EMS, High Intensity Interval Training y aeróbico convencional) sobre el metabolismo basal post esfuerzo, concluye que el entrenamiento de alta intensidad (WB-EMS y High Intensity Interval Training) generan un consumo calórico más elevado, incrementando así la tasa metabólica durante varios días tras el esfuerzo, mientras que el trabajo aerobio convencional genera un gasto menor, y tan solo durante el ejercicio, pero no a posteriori.

En un estudio realizado por Filipovic, Kleinöder, Plück., Hollmann, Bloch, y Grau (2015) obtuvieron que el WB-EMS en combinación con el entrenamiento de fútbol mejora el

suministro de oxígeno a los músculos que también podrían mejorar la resistencia máxima y los parámetros de resistencia específicos del fútbol, como la capacidad repetida de sprint.

Por otro lado, los programas de entrenamiento de la resistencia aeróbica con EMS se pueden aplicar a personas las cuales el factor psicológico pueda influir negativamente en el rendimiento deportivo, debido a los grandes volúmenes de entrenamiento que realizan. Autores como Maslach y Jackson (1981) (citado en García, González y Garcés, 2016) lo definen como “*burnout*” (cansancio emocional que puede llevar a una pérdida de motivación y que suele progresar hacia sentimientos de inadecuación y fracaso). Lo entienden como un síndrome tridimensional caracterizado por agotamiento emocional, despersonalización y baja realización personal.

Un tema preocupante en el estudio del *burnout* ha sido la relación existente entre el padecimiento del síndrome y el abandono de la práctica deportiva, puesto de manifiesto desde la perspectiva motivacional. Se entiende que se trata de un problema psicológico realmente importante cuando el deportista se plantea abandonar la práctica de la que tanto disfruta (García, González y Garcés, 2016).

8. ELECTROESTIMULACIÓN Y CAPACIDAD DE FUERZA.

Algunos autores como (Jubeau, Zory, Gondin, Martín, y Maffiuletti, 2006); Delitto, Brown, Strube, Rose y Lechman (1989); y Ruther, Golden, Harris, y Dudley (1995) (citado en Benito, 2013) como hemos observado en el apartado anterior, dicen que “la EMS tiene como principal beneficio el aumento de fuerza máxima más que el entrenamiento voluntario”.

Cometti (2004) explica cómo se debe realizar una sesión de electroestimulación aplicada a la fuerza y comenta si se prevé que va a requerir un esfuerzo significativo, se tienen que activar tanto el sistema cardiocirculatorio como el respiratorio, así como los propios músculos, con el objeto de prepararlos del mejor modo posible para un entrenamiento especialmente intenso y que requerirá un elevado esfuerzo por parte de las fibras. Para incrementar la actividad cardiocirculatoria se tienen que utilizar las máquinas de fitness cardíaco, como bicicleta, elíptica o tapiz rodante, y es necesario que la ejecución de esta actividad se prolongue al menos durante 8-10 min. Además, posteriormente, es necesario un calentamiento específico destinado concretamente a la musculatura que se quiere entrenar. Tras situar los electrodos, se debe utilizar un programa de calentamiento destinado al musculo que se quiere estimular. Estos programas de calentamiento permiten

contraer la musculatura sin llegar a un reclutamiento óptimo, como sucede cuando se utilizan cualquier otro programa de entrenamiento. Por lo que se establece que:

- El calentamiento con EMS se lleva a cabo durante 5 min, tanto si se está preparando la musculatura para una sesión de recuperación funcional como para una de entrenamiento o con finalidades estéticas.
- La fase de entrenamiento puede incluso durar tan solo 10 ó 5 min si se estimula a una persona no habituada al uso de esta metodología de entrenamiento y con una musculatura hipotónica e hipertrófica. Al contrario si son individuos preparados para esta metodología de trabajo pueden durara hasta 40 ó 50 min, utilizando programas adecuados a las necesidades individuales y al tipo de sesión que se quiere desarrollar.
- La recuperación activa es útil si se realiza al menos durante 5 min, pero puede durar mas tiempo en función del grado de cansancio de la persona estimulada.

Una vez realizado el calentamiento, Pombo et al., (2004) establecen los parámetros que tiene que tener un programa de fuerza máxima que se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6-. Parámetros de un programa de fuerza máxima (extraído de Pombo et al., 2004).

PROGRAMAS DE FUERZA MÁXIMA	FRECUENCIA DE TRABAJO	DURACIÓN DE LA CONTRACCIÓN	DURACIÓN DEL REPOSO	REPETICIONES
Fuerza	70-100	3-4 seg	20-40 seg	20-40
Concéntrico				
Fortalecimiento				
Fuerza máxima				

En cuanto al trabajo de la fuerza, según Henneman, (1957), establece el principio de Henneman (ley del tamaño) en una contracción muscular creciente se reclutan primero las unidades motoras lentas y luego de acuerdo al aumento de la fuerza se le suman las unidades motoras rápidas, pero con la EMS, el reclutamiento de las fibras se hace desde la superficie hacia la profundidad y no en función de la naturaleza de las fibras. Así, cuando se efectúa una contracción en EMS a un 50% del máximo, cierto número de fibras rápidas van a trabajar mientras que ése no sería el caso en la estimulación voluntaria. Además hace trabajar durante más tiempo las fibras rápidas que una contracción voluntaria de la misma intensidad. Por lo que de esta manera evitamos que todo el que quiera progresar en el

entrenamiento de la fuerza se vea obligado a utilizar unas cargas muy pesadas que puedan imponer un estrés muy importante a las articulaciones y al sistema cardiovascular, y con ello evitar la exposición a accidentes musculares u osteoarticulares (Pombo et al., 2004).

Herrero, Abadía, Morante y García (2006) apoyan el entrenamiento de fuerza exponiendo que “en personas lesionadas la EMS es más eficiente que el entrenamiento voluntario para evitar la pérdida de la masa muscular”.

Miller y Thépaut (1993) (mencionado en Herrero et al., 2007) al igual que los autores anteriores, apoya el entrenamiento de fuerza con EMS y dice que “está ampliamente aceptado que la EMS mejora la fuerza máxima isométrica, siempre y cuando la fuerza producida por la corriente sea superior al 33% de la fuerza máxima isométrica”.

En el estudio de Herrero et al., (2007) concluyeron que al parecer las mejoras obtenidas en la fuerza en programas de entrenamiento voluntario son superiores a las logradas con entrenamientos con EMS de características similares, habiendo pocos estudios que hayan comparado ambos métodos de entrenamiento. No obstante, la EMS se muestra como un método eficiente en el aumento de la fuerza máxima isométrica y dinámica, sin que se haya descrito qué tipo de entrenamiento con EMS (isométrico, dinámico, combinado con otros métodos) puede resultar más efectivo en la mejora de estas cualidades. En periodos de entrenamiento de menos de cuatro semanas de duración, las mejoras en la fuerza muscular se deben a adaptaciones producidas a nivel neural.

9. BENEFICIOS E INCONVENIENTES DE LA ELECTROESTIMULACIÓN

9.1. Beneficios

Pombo et al., (2004) comentan los beneficios en los deportes de resistencia aeróbica con EMS:

- Reforzar los músculos sin tener efectos hipertróficos nefastos sobre la pared cardíaca.
 - La musculación propicia la fatiga general y la tendencia a producir una hipertrofia de la pared cardíaca, como en los halterófilos, que disminuye el volumen de expulsión y en consecuencia el flujo cardíaco.
- Menos lesiones, menos fatiga y mayor trabajo técnico.
 - Algunos deportistas para trabajar algunos tipos de fuerza, están obligados en

el entrenamiento de musculación clásico a utilizar cargas enormes, y en consecuencia, corren un elevado riesgo de lesión a corto y sobre todo a medio y largo plazo, ya que los desgastes sufridos pueden acortar la vida deportiva.

- Menor fatiga general (psíquica y física).
 - Al realizar las sesiones de musculación voluntaria, aumenta considerablemente la fatiga general, tanto psíquica como física. Esta fatiga nos va a limitar el tiempo de entrenamiento total y, por lo tanto, el tiempo de entrenamiento técnico.

Los beneficios de la EMS según Meañes (2002) (citado en Benito, 2013) dependen de la intensidad que se aplique al deportista como podemos ver en la tabla 7:

Tabla 7.- Frecuencias de electroestimulación aplicadas y beneficios según Meañes, 2002.

INTENSIDAD	BENEFICIOS
De 1 a 3 Hz	Efectos relajantes y descontracturantes. Es útil utilizarlo para facilitar al músculo la recuperación entre contracciones
De 4 a 10 Hz	Efecto antiálgico debido a la liberación de endorfinas y encefalinas que produce. Es ideal para eliminar edemas y metabolitos acumulados por el ejercicio
A partir de los 10-20 Hz	La contracción muscular pudiendo ser selectiva la activación de unas u otras fibras musculares a través de la frecuencia de corriente empleada
10 a 33 Hz	Reclutamiento de fibras lentas o fibras tipo I. Se aumenta la resistencia de las mismas y puede provocarse una transformación de fibras tipo I en fibras tipo IIa
33 a 50 Hz	Se estimulan las fibras intermedias tipo IIa incrementándose la resistencia a la fatiga.
50 a 75 Hz	Reclutamiento de fibras intermedias tipo IIb aumentando la fuerza y la resistencia muscular localizadas. Se consigue una hipertrofia muscular máxima entre los 70 y 75 Hz
75 a 150 Hz	Supertetanización de las fibras IIb. Se mejoran las manifestaciones reactivas de la fuerza. Permite realizar contracciones musculares máximas a gran velocidad sin dañar para ello el cartílago articular al no tener que soportar grandes pesos

Otros autores como De La cámara y Pardos (2015) hablan sobre el entrenamiento de WB-EMS, y dicen que usualmente tiene una duración de 20 min y una recomendación de frecuencia de máximo dos veces por semana. Se realiza de forma simultánea concomitante

a la activación muscular generada por la EMS, con ejercicios estáticos o dinámicos, incluso combinada con dispositivos de entrenamiento cardiovascular como la elíptica, simulador de esquí de fondo, bicicleta estática o cicloergómetro

Los beneficios teóricos que suscitan los centros de WB-EMS según De La cámara y Pardos (2015) son:

- 20 min de EMS integral equivalen a más de 3 horas de ejercicio convencional.
- Aumento de la resistencia muscular.
- Aumento de la tonificación e hipertrofia muscular.
- Reduce la grasa corporal general y localizada.
- Aumento del consumo de calorías posterior a la EMS integral.
- Previene la osteoporosis.
- Mayor reclutamiento muscular y profundidad de activación.
- Mejora la circulación sanguínea.
- Reduce la celulitis.
- Reduce el dolor de espalda y recupera la musculatura.
- Ayuda a la recuperación posparto y aumenta el tono del suelo pélvico.

Además, Según MihaBodytec, X-Body y Efit Spain (señalado en Herrero et al., 2015) con este medio entrenamiento se consigue activar musculatura profunda, 10 min equivalen a 4 horas de pesas, adelgaza, quema grasas hasta 72 horas después de un entrenamiento, mejora la fuerza, el salto vertical, la resistencia y tonifica, es el primer sistema que mejora la velocidad en atletas de élite y comprobado científicamente.

9.2. Inconvenientes

Los inconvenientes de la EMS según algunos autores como, Jubeau et al., (2006), Delitto et al., (1989), y Ruther et al., (1995) (citado en Benito, 2013) dicen que “el principal inconveniente de la EMS es la inhibición del reflejo miotático y del órgano tendinoso de Golgi por lo que incrementa así el riesgo de lesiones, además hay que tener en cuenta que la coordinación agonista-antagonista, no se consigue solamente con la aplicación únicamente de EMS” (Holcomb, 2005).

Pombo et al., (2004) señalan que en una acción voluntaria, el cerebro envía un impulso eléctrico que va hacia la médula espinal y de ahí hacia el nervio motor. Esto no se produce en la electroestimulación, ya que será el electroestimulador el que enviará el impulso eléctrico directamente al nervio motor, a través de los electrodos, que deberemos colocar justo encima del punto motor. Para resumir diremos que en la estimulación voluntaria nos

encontramos el funcionamiento de dos vías, eferente y aferente, y en la electroestimulación, únicamente con una, la aferente. Como podemos observar en la figura 4.

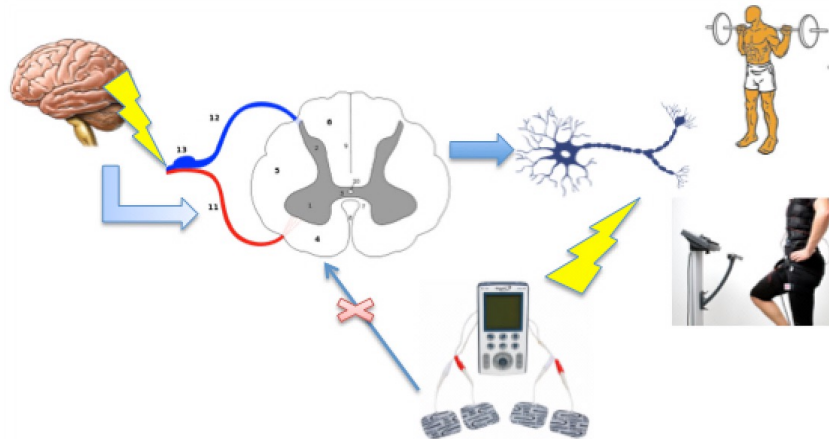


Figura 4. Diferencia entre la estimulación voluntaria y la EMS mediante un electroestimulador (extraído de Pombo et al., 2004).

Cometti (2004) incide en el argumento que el entrenamiento se produce gracias a la contracción de las fibras musculares por vía inducida e indirecta; todo esto provoca una intervención extremadamente limitada del sistema nervioso central y de todas las estructuras del aparato locomotor, que en un segundo momento deberán sacar provecho autónomamente de los beneficios del entrenamiento. Este argumento sirve para comprender mejor el hecho de que esta metodología, por si sola no puede sustituir totalmente a un entrenamiento y, mucho menos, a una sesión de recuperación funcional. Por lo tanto, resulta muy importante planificar también, dentro de la sesión de entrenamiento, una parte de trabajos en los que se pueda utilizar metodologías clásicas de potenciación muscular, ya sea con sobrecargas o con cargas naturales.

En cuanto a los biotrajés de WB-EMS, algunos inconvenientes es que están diseñados de manera que contemplan los polos positivo y negativo de un mismo canal en el mismo hemicuerpo. Esto implica que la corriente viaja de la zona pectoral, abdominal, dorsal y lumbar derecha, a la respectiva zona izquierda. Por ello cuando la corriente se propaga por los tejidos que menos resistencia ofrecen y, teniendo en cuenta que se pueden estar estimulando la zona del pectoral y del dorsal simultáneamente, se crea un campo eléctrico alrededor de la caja torácica que podría interferir con la función normal de órganos vitales como el corazón (Herrero et al., 2015).

Herrero et al., (2015) critica los beneficios que afirman algunos sitios webs

(MihaBodytec, X-Body y Efit Spain) argumentando que no citan ningún artículo científico serio que respalde los beneficios que dicen aportar, sacando las siguientes conclusiones:

- Es un medio de entrenamiento sobre el que se han realizado muy pocas investigaciones. Estas parecen indicar que es un medio poco eficaz para la mejora de la fuerza máxima. El entrenamiento tradicional como primera opción, o la EMS local como segunda opción, son más eficaces para este propósito.
- No hay evidencias suficientemente rigurosas que indiquen que disminuya la grasa corporal.
- Se trata de un medio de entrenamiento muy reciente cuyos efectos colaterales sobre la salud se desconocen.
- La relación entre riesgo asumido y beneficio aportado hace que sean más recomendables otros medios de entrenamiento para la mejora de la fuerza muscular y para la modificación de la composición corporal.

Otras limitaciones que aportan Herrero et al., (2015) de la WB-EMS son la imposibilidad de controlar la intensidad de la EMS; no se puede evaluar la fuerza ejercida por la musculatura ni sería adecuado hablar de umbral del máximo dolor, pues la tolerancia depende del grado de elongación de la musculatura y puesto que se entrena de forma dinámica, habría que estandarizar la posición de estimulación inicial; y por otro lado, es un medio de entrenamiento que puede resultar doloroso, pues la estimulación de nervios periféricos mediante corriente implica dolor, por lo que el cliente debería estar dispuesto a tolerarlo para entrenar.

9.3. ELECTROESTIMULACIÓN Y RABDOMIÓLISIS

La rabdomiólisis inducida por el ejercicio, o la rabdomiólisis por esfuerzo, es una entidad clínica típicamente considerada cuando alguien presenta rigidez muscular, hinchazón y dolor fuera de proporción respecto a la fatiga esperada después del ejercicio. El diagnóstico es confirmado por mioglobinuria (color oscuro de la orina) y un nivel elevado de CPK, normalmente diez veces el rango normal (Lee, 2014).

Algunos autores como (Khan, 2009; Bagley, Yang y Shah, 2007; Dekeyser, Schwagten, Beaucourt, 2009; Gagliano et al., 2009; Chatzizisis, Misirli, Hatzitolios y Giannoglou, 2008) (citado en Torres, Coca, Domínguez y Chamizo, 2016) también hacen referencia a la rabdomiólisis, y comentan que es un síndrome caracterizado por la destrucción del músculo esquelético con la consecuente liberación del contenido intracelular al torrente circulatorio.

Las sustancias liberadas principalmente son enzimas como CPK, glutamato-oxalacetato transaminasa, lactato deshidrogenasa y aldolasa; los pigmentos hemo y mioglobina; electrolitos como potasio, fósforo y purinas.

Dekeyser et al., (2009) y Gagliano et al., (2009) (citado en Henares, 2012) comentan que “la rabdomiólisis inducida por el ejercicio físico sobre todo ha sido notificada en personas que realizan un esfuerzo físico importante como corredores de maratón, culturistas, y militares”. (Khan, 2009 y Chatzizisis et al., 2008) dicen que “también tenemos casos de rabdomiólisis tras practicar ejercicios de baja intensidad, aunque son raros y su mecanismo es desconocido”. Henares (2012) también cita en el artículo a Dekeyser et al., (2009) quien indica que “los factores de riesgo para desarrollar este cuadro son practicar ejercicio en condiciones de humedad o temperatura extrema, sudoración excesiva que origina pérdida de potasio y realización de ejercicio sin estar entrenado o acostumbrado a realizarlo”.

Dekeyser et al., (2009) y Gagliano et al., (2009) (expuesto en Henares, 2012) explican que “los síntomas más comunes son el dolor muscular, la debilidad y la orina de color té”. En este mismo artículo, Henares hace referencia a dos autores Khan (2009) y Bagley (2007) que dicen que “también puede aparecer inflamación muscular, rigidez, calambres, impotencia funcional y síntomas sistémicos como malestar general, fiebre, dolor abdominal, náuseas y vómitos. El diagnóstico definitivo viene definido por la elevación de los valores de creatinquinasa”.

Dekeyser et al., (2009), Khan (2009) y Bagley (2007) (citado en Henares, 2012) señalan que “aunque no hay un punto de corte exacto para definir la rabdomiólisis, la mayoría de los autores acepta una elevación cinco veces por encima del límite superior de la normalidad (mayor de 1.000 U/l)”. La concentración de CPK comienza a elevarse aproximadamente a las 2 - 12 horas de comenzar el daño muscular y llega al máximo a las 24 - 72 horas, tras lo cual comienza a descender.

Bagley (2007) (comentado en Henares, 2012) comenta sobre las mayores complicaciones que puede haber en la rabdomiólisis y dice que “la complicación más frecuente es la insuficiencia renal aguda”.

Herrero et al., (2015) comentan porque la WB-EMS podría producir rabdomiólisis e indican que:

- La WB-EMS genera tal daño muscular que puede estar relacionada con la

aplicación de intensidades de corriente elevadas (umbral del máximo dolor) a músculos que se están elongando, lo que podría causar daños mecánicos en los tejidos.

- Otra razón podría ser la relación con la combinación del patrón de reclutamiento de las unidades motrices (especialmente constante y temporalmente sincrónico) y la elevada superficie de los electrodos (2.800 cm²).
- La WB-EMS también podría generar daño muscular en el caso de que la corriente presentase componente galvánico; es decir, que la onda de corriente no sea perfectamente bifásica y compensada, aunque en teoría en los aparatos de WB-EMS lo es.
- La última razón podría estar relacionada con la aplicación de corrientes sin tiempo de reposo. En este sentido, el sobreesfuerzo y los nuevos estímulos de ejercicio son causas predisponentes a la rabdomiólisis.

10. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CAPACIDAD DE RESISTENCIA CON WB-EMS EN SUJETOS FÍSICAMENTE ACTIVOS

OBJETIVO GENERAL: Evaluar el estrés metabólico y adaptaciones cardiorrespiratorias tras la realización de seis semanas de entrenamiento específico con WB-EMS.

Según líneas de investigaciones que se están llevando a cabo y la revisión bibliográfica realizada, se establece la siguiente propuesta metodológica para el mantenimiento de la capacidad de resistencia.

Primeramente, la propuesta de entrenamiento está relacionada con un estudio piloto pendiente de publicación, el cual tiene como objetivo valorar el estrés metabólico producido por la aplicación de WB-EMS a velocidades del 50% de la velocidad aeróbica máxima (VAM) e intensidades inducidas comprendidas entre 65% y 75% de la frecuencia cardíaca de reserva (FCRes) en relación con el porcentaje de Vo₂ máx.

El protocolo experimental del estudio piloto consiste en siete sujetos físicamente activos (sexo: H, edad: 24 ± 3 años) que participan de forma voluntaria en un estudio crossover distribuido en 2 grupos: grupo experimental (GE) viste un traje de WB-EMS con corriente continua de baja frecuencia a 20 Hz (WB-EMS, n=7), y grupo control (GC) viste un traje de WB-EMS no activo (CG, n=7).

Sesión 1: Los sujetos realizan una sesión previa en la que realizan un protocolo

incremental hasta el agotamiento en tapiz rodante para determinar la VAM, la frecuencia cardíaca máxima (FCM), la frecuencia cardíaca de reposo (FCR), la frecuencia cardíaca basal (FCB) y la FCRes, datos de referencia para la correcta programación de las cargas de entrenamiento (intensidad) de resistencia.

Previamente a las **sesiones 2 y 3** los sujetos llevan a cabo un diario de registro de actividad con el fin de observar que tipo de actividad realizan antes de las sesiones, evitando toda actividad extenuante 48 horas antes y después de las sesiones para no alterar los datos recogidos. Además, 24 horas previas de la sesión de entrenamiento y 48 horas después, se realiza un análisis de sangre y de orina para valorar marcadores bioquímicos afectados por el entrenamiento que se haya realizado.

Sesión 2: El entrenamiento consiste en realizar una sesión en tapiz rodante un total de 25 min, distribuidos según el protocolo siguiente:

- 5 min de calentamiento distribuidos en 2 min a 5km/h y 3 min al 50% de la VAM, con el objetivo de estabilizar la frecuencia cardíaca y de preparación al entreno que se va a llevar a cabo.
- 20 min con electroestimulación de cuerpo completo al 50% VAM (establecida en la primera sesión) con intensidades inducidas entre 65% y 75% de la FCRes (zona aeróbica de entrenamiento) usando un protocolo de incremento de la carga en la que existe subida de intensidad cada 2 min hasta conseguir estabilizar la frecuencia cardíaca en la zona establecida.

Durante el desarrollo de la **sesión 2** se analiza:

- Registro de la FCB
- Impedancia bioeléctrica
- Registro de la frecuencia FCR
- Registro de la variabilidad de la FC
- Registro de la tensión arterial
- Registro de la percepción de esfuerzo
- Registro de la percepción de dolor
- Lactato
- Extracción de glucosa y cuerpos cetónicos
- Saturación de oxígeno
- Realización de un test de ejecución (Test de Stroop). Los tests de ejecución son

procedimientos técnicos específicos que permiten analizar y evaluar, en situación de laboratorio, las capacidades atencionales del deportista. Dos de los más utilizados en el ámbito de la actividad física y del deporte son el test de Stroop y la rejilla de concentración de Harris y Harris (Aguirre, Ayala y Ramos, 2015).

Entre la realización de la **sesión 2 y 3**, se establece un espacio temporal superior a 14 días.

Sesión 3: Se realiza en tapiz rodante un total de 25 minutos, distribuidos según el protocolo siguiente:

- 5 min de calentamiento en los cuales se distribuye 2 min a 5km/h y 3 min al 50% de la VAM.
- 20 min comprendidos entre el 65% y el 75% de la FCRes (determinada en la **sesión 1**) sin EMS

En la **sesión 3** al igual que en la anterior, se recogen los siguientes datos:

- Registro de la FCB
- Impedancia bioeléctrica
- Registro de la frecuencia FCR
- Registro de la variabilidad de la FC
- Registro de la tensión arterial
- Registro de la percepción de esfuerzo
- Registro de la percepción de dolor
- Lactato
- Extracción de glucosa y cuerpos cetónicos
- Saturación de oxígeno
- Test de ejecución (Test de Stroop)

Este estudio se ha basado en Pallarés y Morán (2012) quienes comentan que la intensidad del umbral aeróbico se localiza en la mayor parte de los sujetos entrenados entre el 65-75% del VO₂máx. Estos autores además afirman que hay una asociación entre el porcentaje de FCres y el porcentaje de Vo₂ máx. siendo el 65%-75% de FCres, el mismo valor que de Vo₂ max.

Por lo tanto, teniendo en cuenta el protocolo usado en el estudio para la realización de la propuesta metodológica, se aplicarán seis semanas de entrenamiento con una frecuencia

de dos veces/semana, con el biotraje WB-EMS de manera concomitante, en el que cada deportista experimentado en el entrenamiento de resistencia correrá al 50% de la VAM en tapiz rodante y con la intensidad de la EMS incrementada, provocando una subida entre el 65% y 75% de la FCres. Esta es la intensidad que se usará en el entrenamiento, ya que el esta corresponde como podemos observar en la tabla 8, con el mismo porcentaje del Vo2 máx., la zona aeróbica de entrenamiento según López, J. y López, L. (2008).

Tabla 8. Uso de la frecuencia cardíaca para estimar las intensidades de ejercicio que coinciden con porcentaje de VO2máx (extraído de Robergs y Landwehr, 2002).

% VO2 MÁX	% FCM	% FCres
40	63	40
50	69	50
60	76	60
70	82	70
80	89	80
90	95	90

El objetivo que se plantea con esta propuesta, es reducir el estrés mecánico ante los grandes volúmenes de entrenamiento, que como afirman Pombo et al., (2004) “la mayoría de los deportistas que practican estas actividades de larga duración, sobre todos los atletas, debido al impacto contra el suelo, suelen tener afecciones por sobreexigencias de las diferentes estructuras”. Por lo tanto se pretende reducir el volumen de impactos y con ello una menor incidencia de lesiones por estrés mecánico. Además, se puede aplicar al entrenamiento en cicloergómetro o remoergómetro.

Además, está ampliamente relacionada con todo deportista que se encuentra lesionado o acaba de salir de una lesión que le impida realizar su actividad de entrenamiento programada (traumatismos, luxaciones, distensiones...).

Por otro lado, los posibles estados de *burnout* que comentaba García, González y Garcés (2016) por excesivos volúmenes de rutinizados entrenamientos, influyen directamente sobre el estado psicoanímico del deportista, de ahí la importancia de buscar propuestas metodológicas alternativas.

A continuación se realiza un ejemplo de una propuesta de entrenamiento (tabla 9) de la capacidad de resistencia con WB-EMS, el cual se incluye dentro de un mesociclo de volumen de un corredor de 10 Km, realizando el entrenamiento dos veces en semana, con el fin de reducir el estrés muscular. Cada dos semanas se aumenta el porcentaje de FCRes pero siempre en el trabajo de zona aeróbica (65%- 75%) con el fin de generar más estrés metabólico a medida que avanza el mesociclo. Es importante tener en cuenta que el trabajo entre una sesión de WB-EMS.

Tabla 9.- Ejemplo de propuesta metodológica

SEM 1						
L	M	X	J	V	S	D
20' WB-EMS 50% VAM + 65%FCRes	5 km trote suave	Flex + abd	20' WB-EMS 50% VAM + 65%FCRes		Fartlek 6 km	Fuerza resistencia full body
SEM 2						
L	M	X	J	V	S	D
20' WB-EMS 50% VAM + 65%FCRes	Flex + abd		20' WB-EMS 50% VAM + 65%FCRes	5 km trote suave	Fuerza resistencia full-body	8km ritmo carrera
SEM 3						
L	M	X	J	V	S	D
	20' WB-EMS 50% VAM + 70%FCRes	6 km trote suave	Flex + abd	20' WB-EMS 50% VAM + 70% FCRes	5 km trote suave	6 km Fartlek
SEM 4						
L	M	X	J	V	S	D
20' WB-EMS 50% VAM + 70%FCRes	6 km trote suave		20' WB-EMS 50% VAM + 70%FCRes	Fuerza resistencia MMSS	8 km 75% FC	4 km trote suave
SEM 5						
L	M	X	J	V	S	D
20' WB-EMS 50% VAM + 75%FCRes	7 km trote suave	Flex + abd		20' WB-EMS 50% VAM + 75% FCRes	6 km trote suave	Fuerza resistencia MMII
SEM 6						
L	M	X	J	V	S	D
20' EMS 50% VAM + 75%FCRes	6 km trote suave		20'EMS 50% VAM + 75%FCRes	Fuerza MMSS	8 km ritmo de carrera	Flex + abd

11. CONCLUSIONES

- El WB-EMS actualmente está en crecimiento, y existe un escaso número de artículos que avalan el uso de este nuevo método de entrenamiento, lo que está provocando que un gran número de empresas que ofertan este servicio estén disminuyendo sus beneficios.
- La EMS debe ser utilizada de manera adecuada, teniendo en cuenta los parámetros que son los que determinan el tipo de entrenamiento según el objetivo a lograr por el deportista. Un mal uso puede hacer que aparezca consecuencias tales como rhabdomiólisis y complicaciones severas.
- La EMS para el entrenamiento de la fuerza parece tener beneficios para la mejora de la fuerza máxima y de la fuerza isométrica, pero es importante tener en cuenta algunos inconvenientes, por lo que se debe combinar con el entrenamiento convencional.
- En cuanto a la capacidad de resistencia y su relación con la EMS, hay pocas evidencias científicas que traten este tema por lo que este trabajo puede servir de enlace a futuras investigaciones que profundicen más en el tema.
- Un entrenamiento de resistencia aeróbica con WB-EMS (dos veces a la semana durante seis semanas) podría ser una propuesta adecuada para todos aquellos deportistas que realicen un gran volumen de entrenamiento semanal y así poder reducir el estrés mecánico que sufren las estructuras articulares, así como para el mantenimiento de la resistencia de aquellos deportistas que estén lesionados y así reducir el impacto producido por la carrera.

12. VALORACIÓN PERSONAL

En la actualidad muchos centros deportivos, han aprovechado el auge de la EMS como nuevo método de entrenamiento y lo ofertan como sustitutivo del entrenamiento convencional. Sin embargo, como consecuencia del desconocimiento existente entre los clientes, no tienen en cuenta que este tipo de actividad, por su complejidad y sus posibles complicaciones, debe ser llevada a cabo por un profesional de la actividad física con los conocimientos necesarios para poner en marcha un entrenamiento seguro y evitar al máximo las incidencias derivadas del mal uso de la electroestimulación.

Personalmente, el uso de la EMS me parece un método de entrenamiento útil y beneficioso. Sin embargo, es complicado ofertar y tener acceso a un biotraje WB-EMS de buena calidad debido a su alto coste en el mercado actual. Es por ello, que iniciaría el

proceso con deportistas aplicando un compex de EMS local, exclusivamente sobre el músculo o grupo muscular deseado. Una vez realizado, comprobaría su utilidad en un grupo de deportistas con los que trabaje, siendo éste el primer paso necesario para la introducción de dicha herramienta de trabajo.

Para poder desarrollar nuestro trabajo hemos llevado a cabo una revisión en diferentes bases de datos. Cabría mencionar que a la hora de hacer la búsqueda hemos encontrado una serie de dificultades, ya que no existe demasiada bibliografía en relación a la EMS y la capacidad de resistencia (la mayoría hacen estudios sobre la fuerza muscular). Finalmente, pudimos seleccionar los estudios de mayor calidad e incluirlos en nuestro trabajo como base para desarrollar nuestra propuesta metodológica.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-Loaiza, H., Ayala, C., y Ramos, S. (2015). La atención-concentración en el deporte de rendimiento. *Educación Física y Deporte*, 34 (2), Jul.-Dic.
<http://doi.org/10.17533/udea.efyd.v34n2a06>
- Alon G, Kantor G, y Ho HS (1994). Effects of electrode size on basic excitatory responses and on selected stimulus parameters. *J Orthop Phys Ther* 1994; 20(1): 29-35.
- Alon, G., y Smith, G. (2005). Tolerance and conditioning to neuromuscular electrical stimulation within and between sessions and gender. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4, 395-405.
- American College of Sports Medicine (2011). ACSM's Health/ Fitness Facility Standars and Guidelines. Fourth edition
- Bagley WH, Yang H y Shah KH. (2007). Rhabdomyolysis. *Inter Emerg Med*. 2007;2:210-8.
- Benito, E (2013). Combinación Simultánea de Electroestimulación Neuromuscular y Pliometría. Un Complemento al Entrenamiento de Velocidad y Salto. Universidad de Jaén, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación Departamento de la Expresión Musical, Plástica y Corporal.
- Benito, E., Sánchez, L., y Martínez-López, E. (2010). Effect of combined plyometric and electrostimulation training on vertical jump. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte-RICYDE*, 21, 322-334.
- Benito, I. (1974). Principios de electricidad. Salamanca: Academia Nacional
- Boschetti, G. (2002). ¿Qué es la electroestimulación? Teoría, práctica y metodología del entrenamiento. Barcelona: Paidotribo.
- Brooks, M.E, Smith, E.M, y Currier, D.P (1990) .Effect of longitudinal versus tranverse electrode placement on torque production by the quadriceps femoris muscle during neuromuscular electrical stimulation. *J Orthop Sports Phys Ther* 1990; 11: 530-534.
- Castillejo, M., y Zulaica, C. (2007). Calidad de la evidencia y grado de recomendación. *Guías Clínicas; 7 Supl* 1:6. 1-14.
- Chatzizisis YS, Misirli G, Hatzitolios AI, y Giannoglou GD. (2008). The syndrome of rhabdomyolysis: complications and treatment. *Eur J Intern Med*. 2008;19:568-74.
- Coarasa A, Moros T, Marco C, y Comín M. Fuerza muscular inducida y tolerancia en diferentes corrientes excitomotoras. *Rehabilitación* 2001;35(5):279-86.
- Coarasa A, Moros T, Marco C y Comín M. Variación de parámetros de

electroestimulación con corrientes bifásicas de baja frecuencia y fuerzas evocadas. *Rehabilitación* 2001;35(5): 287-94.

- De La cámara, M.A y Pardos, A.I (2015). Review of the Physical Benefits of Whole-body Electromyostimulation. *Apunts. Educación Física y Deportes* 2016, n.o 123, 1.er trimestre (enero-marzo), pp. 28-33.. ISSN-1577-4015. DOI:[http://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2016/1\).123.03](http://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2016/1).123.03).
- De La O, A., Amaro, F., Roero, C y Gutiérrez, A (2015). Influencia de tres tipos diferentes de entrenamiento (Electroestimulación global, High Intensity Interval Training (HIIT) y Aerobio convencional) sobre el metabolismo basal post esfuerzo. *Rev Andal Med Deporte.* 2015;8(1):20–47 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2014.10.020>
- Dekeyser B, Schwagten V y Beaucourt L (2009). Severe rhabdomyolysis after recreational training. *Emerg Med J.* 2009;26:382-3.
- Delitto A, Strube M, Shulman A y Minor S.A (1992). Study of Discomfort with Electrical Stimulation. *Phys Ther* 1992;72(6):410-22.
- Delitto, A., Brown, M., Strube, S., Rose, y Lechman, R (1989). Electrical stimulation of quadriceps femoris in a elite weight lifter: A single subject experiment. *International Journal of Sports Medicine*, 10(3), 187-191.
- Efit Spain [sede Web] Disponible en: <http://www.efitpain.es>
- Enoka RM (1988). Muscle strength and its development. New perspectives. *Sports Med* 1988; 6(3): 146-168
- Estimulación eléctrica transcutánea y neuromuscular, Maya, J y Albornoz, M Barcelona: Elsevier; 2010.
- Filipovic, A., Kleinöder, H., Plück, D., Hollmann, W., Bloch, W., y Grau, M (2015). Influence of Whole-Body Electrostimulation on Human Red Blood Cell Deformability. *J Strength Cond Res.* 2015 Sep;29(9):2570-8. doi:10.1519/JSC.0000000000000916
- Gagliano M, Corona D, Giuffrida G, Giuquinta A, Tallarita T, Zerbo Z, et al., (2009) Low-intensity body building exercise induced rhabdomyolysis: a case report. *Cases J.* 2009;2:7.
- García, J., González, J y Garcés, E.J (2016). Estado actual del estudio del síndrome de burnout en el deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, vol. 16, 2, 21-28
- Heidland A, Fazeli G, Klassen A, Sebekova K, Hennemann H, Bahner U y Di Iorio, B (2013). Neuromuscular electrostimulation techniques: historical aspects and current possibilities in treatment of pain and muscle wasting. *Clin Nephrol* 79(Suppl 1):S12–S23

- Henares, G.P (2012). Rabdomiólisis secundaria a ejercicio físico en un gimnasio. *Semergen*. 2012;38(1):53-55
- Henneman, E (1957). Relation between size of neurons and their susceptibility to discharge. *Science*, 1957, 126: 1345-1346.
- Herrero et al., (2015). Posicionamiento de la National Strength and Conditioning Association-Spain. Entrenamiento con electroestimulación de cuerpo completo. *Rev Andal Med Deporte*. 2015;8(4):155–162
- Herrero J.A, García-López D & García-López J (2003). Influencia del entrenamiento con estimulación eléctrica neuromuscular en la fuerza y la velocidad: su aplicabilidad al ámbito del rendimiento deportivo. *Revista de Entrenamiento Deportivo (R?D)* 2003; 17(1): 13-22.
- Herrero, J.A, Alvear-Ordenes, I., y González-Gallego, J. (2006b). Early explosive force reduction associated with exercise-induced muscle damage. Relationship with soreness and serum creatine kinase. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 62(3), 163-170
- Herrero, J.A., Abadía, O., Morante, J.C y García, J (2006): Electromyostimulation training parameters and chronic effects on muscle function (I) Volumen XXIII - N.o 116 – 2006. Pags 455-462
- Herrero, J.A., Abadía, O., Morante, J.C., y García, J (2007): Electromyostimulation training parameters and chronic effects on muscle function (II). Volumen XXIV Número 117 2007 Pág. 43-53
- Holcomb WR (1997). A practical guide to electrical therapy. *J Sport Rehab* 1997; 6(3): 272-282.
- Holcomb, W.R (2005). Is neuromuscular electrical stimulation an effective alternative to resistance training? *Strength and Conditioning Journal*, 27(3), 76-79
- Jubeau, M., Zory, R., Gondin, J., Martín, A., y Maffiuletti, NA (2006). Late neuronal adaptations to electrical stimulation resistance training of the plantar flexor muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 98, 202-211.
- Kayvan, M., Seyri, M., y Maffiuletti, N (2011). Effect of Electromyostimulation Training on Muscle Strength and Sports Performance. *Strength and Conditioning Journal*, 2011 ;33,1, 70-75
- Kemmler ,W., Teschler, M y von Stengel, S (2015). Efecto de electroestimulación de todo el cuerpo - "Una serie de estudios". *Osteologie* 2015; 24: 20–29
- Kemmler, W., y Von Stengel, S (2013). Whole-body electromyostimulation as a means to impact muscle mass and abdominal body fat in lean, sedentary, older

female adults: subanalysis of the TEST-III trial. *Clinical Intervention in Age* (8), 1353-1364. doi:10.1007/s10354-015-0394-1 (Article in German).

- Kemmler, W., Teschler, M., Bebenek, M., y Von Stengel, S (2015). (Very) high Creatinkinase concentration after exertional whole-body electromyostimulation application: health risks and longitudinal adaptations. 015 Nov;165(21-22):427-35. doi:10.1007/s10354-015-0394-1.
- Kemmler, W., Von Stengel, S., Schawarz, J., y Mayhew, J. L (2012). Effect of whole-body electromyostimulation on energy expenditure during exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(1), 240-245. doi:10.1519/JSC.0b013e31821a3a11
- Khan FY (2009). Rhabdomyolysis: a review of the literature. *Neth J Med*. 2009;67:272-83.
- Lake D (1992). Neuromuscular Electrical Stimulation. *Sports med*. 1992; 13:320-336. doi:10.2165/00007256-199213050-00003
- Langlade, A (1984). Entrenamiento para alta competencia. Montevideo
- Lee G (2014). Exercise-induced rhabdomyolysis. *R I Med J* (2013). 2014;97:22–4.
- Linares K, Escalante R y La Touche (2004). Bibliographical review of the currents and parameters more effective in the electrostimulation of the cuádriceps. *Fisioterapia* 2004;26(4):235-44
- Lopez Chicharro, J. y Fernandez Vaquero, A (2006). *Fisiología del ejercicio*. 3rd ed. Panamericana: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.09.002>
- López, J. y López, L (2008). *Fisiología clínica del ejercicio*. Madrid: Médica Panamericana
- Malnick, S., Band, Y., Alin, P, y Maffiuletti, N (2016). It's time to regulate the use of whole body electrical stimulation. *BMJ* 2016;352:i1693 Doi:10.1136/bmj.i169
- Manterola, C., y Zavando, D (2009). Cómo interpretar los “Niveles de Evidencia” en los diferentes escenarios clínicos. *Revista Chilena de Cirugía*, 61(6), 582-595.
- Martin L, Cometti G, Pousson M, Morlon B (1994). The influence of electrostimulation on the mechanical and morphological characteristics of the triceps surae. *J Sports Sci* 1994; 12(4): 377-381.
- Maslach, C. Y Jackson, S.E (1981). M.B.I.: Maslach Burnout Inventory. Manual. Palo Alto: University of California, Consulting Psychologists Press.
- Meaños, E., Alonso, P., Sánchez, J. y Téllez, G (2002) *Electroestimulación aplicada*. 2nd edition, Barcelona. (In Spanish)
- MihaBodytec [sede Web]. Disponible en: [http:// mihabodytec.org/index.html](http://mihabodytec.org/index.html)

- Miller C y Thépaut-Mathieu C (1993) Strength training by electrostimulation conditions for efficacy. *Int J Sports Med* 14(1):20–28
- Pallarés, JG y Morán-Navarro, R (2012). Propuesta metodológica para el entrenamiento de la resistencia cardiorrespiratoria. *Journal of Sport and Health Research*. 4(2):119-136.
- Pette D, Smith ME, Staudte, H.W y Vrbová, G (1973). Effects of long-term electrical stimulation on some contractile and metabolic characteristics of fast rabbit muscles. *Pflügers Arch* 338, 257-72; 1973
- Pombo Fernández M, Rodríguez Barnada J, Brunet Pàmies X, y Requena Sánchez B, (2004). La electroestimulación, entrenamiento y periodización. Aplicación práctica al fútbol y 45 deportes, 2004;(2):15-39
- Rich NC (1992). Strength training via high frequency electrical stimulation. *J Sports Med Phys Fit* 1992; 32(1): 19-25.
- Rigaux, P y Zicot M (1995). Influence de la fréquence de stimulation neuromusculaire électrique de la jambe sur le débit artériel femoral. *J mal vascu* 20, 9-13; 1995
- Robergs, R y Landwehr, R, (2002). Prediction of Maximal Heart Rate. ISSN 1097-9751 An International Electronic Journal Volume 5 Number 2 May 2002
- Ruther, C.L., Golden, C.L., Harris, R.T y Dudley, G (1995). Hypertrophy, resistance training and the nature of skeletal muscle activation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9(3), 131-206.
- Sackett, D.L y Wennberg, J.E (1997). Choosing the best research design for each question. *British Medical Journal*, 315(7123).
- Salmons S y Vrbova G. The influence of activity on some contractile characteristics of mammalian fast and slow muscles. *J Physiol* 201, 535-47; 1969
- Scheer, B. V y Murray, A (2011). Al Andalus Ultra Trail: an observation of medical interventions during a 219-km, 5-day ultramarathon stage race. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 21(5), 444-446.
- Siffi M (1990) Applications of electrostimulation in physical conditioning: A review. *J Appl Sport Sci Res* 1990; 4(1): 20-26.
- Stengel, S, Bebenek, M, Engelke K y Kemmler W (2015). Whole-body electromyostimulation to fight osteopenia in elderly females: The randomized controlled Training and Electrostimulation Trial (TEST-III). *J Osteoporos*. 2015;2015:643520.
- Torres-Leóna, J.M., Coca-Benitoa, D, Domínguez-Alegría, A.R. y Chamizo-Alarcón,

M (2016). Rabdomiólisis tras la práctica de spinning: una asociación peculiar. *Rev Andal Med Deporte*, 9(2), 91–94.

- Watanabe, K., Taniguchi, Y y Moritani, T (2014). Metabolic and cardiovascular responses during voluntary pedaling exercise with electrical muscle stimulation. *Eur J Appl Physiol* (2014) 114:1801–1807 DOI 10.1007/s00421-014-2906-x
- Westing SH, Seger JY, y Thorstensson A (1990). Effects of electrical stimulation on eccentric and concentric torque velocity relationships during knee extension in man. *Acta Physiol Scand* 1990; 140(1): 17-22.
- X-Body [sede Web] [Disponible en: <http://www.xbodyworld.com/esp/>]