



propue

**Universidad de Valladolid**

## **FACULTAD DE FISIOTERAPIA DE SORIA**

### **Grado en Fisioterapia**

#### **TRABAJO FIN DE GRADO**

Recuperación en deportistas: aplicación de la electroestimulación por el fisioterapeuta

**Autor: Enrique García Martín**

**Tutor: Diego Fernández Lázaro**

Soria, 11 de abril de 2019

## CONTENIDO

1.- Índice de tablas.....	1
2.- Índice de figuras.....	2
3.- Glosario de abreviaturas .....	3
4. Introducción a la recuperación deportiva .....	4
4.1.- Alimentación e hidratación .....	5
4.2.- Descanso.....	6
4.3.- Oxigenoterapia .....	7
4.4.- Masoterapia.....	7
4.5.- Balneoterapia e hidroterapia .....	8
4.6.- Termoterapia .....	8
4.7.- Crioterapia.....	9
4.8.- Presoterapia .....	9
5. Electroterapia .....	11
5.1.- Concepto de EENM .....	11
5.2.- Estimulación directa e indirecta .....	12
5.3.- Efectos de la electricidad en el músculo .....	12
5.4.- Parámetros relacionados con la EENM .....	13
5.5.- Tipos de estimuladores .....	13
5.6.- Modalidad de aplicación .....	14
5.7.- Frecuencia de la estimulación.....	15
5.8.- Beneficios e inconvenientes de la aplicación de EENM.....	17
5.9.- Adaptaciones que se producen el cuerpo al aplicar EENM .....	17
5.10.- Otras aplicaciones de la EENM.....	18
6.- Objetivos y justificación.....	19
6.1. Objetivo principal.....	19
6.2. Objetivos secundarios.....	19
7. Material y Métodos .....	19
8.- Resultados y Discusión .....	22
9. Conclusión de artículos .....	28
10. Bibliografía .....	30

## **1. ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 - Medios de recuperación más usados .....	10
Tabla 2 - Parámetros de EENM según el tipo de fibra muscular .....	15
Tabla 3.- Estudios sobre la aplicación de la ENMM en deportistas.....	22

## **2. ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1 - Forma de la onda .....	14
Figura 2 - Electroestimulación dinámica del cuádriceps en deportista .....	14
Figura 3 - Cronaxia y Reobase .....	16

### **3. GLOSARIO DE ABREVIATURAS**

AR - Recuperación Activa

ATP.- Adenosintrifosfato

C - Cortisol

CK – Creatina Kinasa

DOMS – Dolor Muscular de Inicio Retardado

EENM – Electroestimulación Neuromuscular

EMG - Electro Miografía

EPOC- Enfermedad Obstructiva Crónica

FES – Estimulación Eléctrica Funcional

GC – Grupo Control

HVPC - Frecuencia Pulsada de Alta Intensidad

LCA – Ligamento Cruzado Anterior

LDH – Lactato Deshidrogenasa

LFES - Electroestimulación de Baja Frecuencia

NS - Efecto no Significativo

P – Prendas de Compresión

PR - Recuperación Pasiva

RP – Grupo que recibió Técnicas de Recuperación

TENS - Transcutánea Electroestimulación

WI - Inmersión Agua Fría

+ Efecto Positivo de la Electroestimulación

#### **4.- INTRODUCCION A LA RECUPERACIÓN DEPORTIVA**

El atleta de alta competición requiere unos cuidados que hacen de la fisioterapia deportiva una herramienta fundamental que debe incorporar en su sistema de entrenamiento convencional. Los deportistas de élite buscan el máximo rendimiento en las pruebas mediante la superación y el esfuerzo en las sesiones diarias. Estas situaciones implican cuidar el más pequeño detalle durante la preparación, la competición y recuperación del deportista. Por tanto, la fisioterapia se ha convertido en un instrumento clave en los cuidados de todos los deportes, ya sea en especialidades individuales o colectivas, independientemente de la categoría o de las posibilidades económicas que tengan todos sus atletas.

La función del fisioterapeuta deportivo es variada, debiendo conocer todas las técnicas y/o procedimientos y además de ser capaz de desarrollar su aplicación práctica. De este modo se consigue prevenir y/o tratar las posibles lesiones de la forma más eficaz y rápida posible para que esté preparado para volver a la actividad con total normalidad (1).

Además, el fisioterapeuta deportivo debe conocer los fundamentos de la fisiología, las lesiones deportivas, la biomecánica articular y las teorías de entrenamiento. Una consideración, en la función del fisioterapeuta, es que el deportista posee unas características diferenciales con respecto a los otros pacientes, ya que poseen un gran estado de forma física, tienen escasas complicaciones médicas y están predispuestos genéticamente para realizar esfuerzos altos y recuperarse más rápido (1).

El fisioterapeuta deportivo trabaja con unos márgenes de tiempo muy ajustados, con el objetivo de que la vuelta a la competición se produzca lo más rápido posible (1). Motivado, generalmente por los objetivos, las marcas, el dinero, el orgullo, el miedo y la presión por parte del club y de su entorno. Estos son factores que rodean al atleta y que deben ser gestionados para que no interfieran en el proceso de la recuperación y evitar recaer en lesión (2).

En el deporte de élite es obligatorio un enfoque multidisciplinar donde es fundamental la coordinación de todo el equipo: médicos, preparadores físicos, entrenadores, fisioterapeutas y psicólogos. Por esa razón, el fisioterapeuta debe estar en continua comunicación con el equipo de preparadores, lo que supondrá un mejor cumplimiento de los objetivos de prevención de lesiones y la recuperación del deportista, de ese modo (3).

En el libro de “La fisiología deportiva” del profesor de esta facultad Alfredo Córdova (4) se explica que la dimensión de la fatiga es debida a factores extrínsecos (el resultado de la competición, la calidad del rival, la climatología y el terreno) e intrínsecos (el estado de forma, el género, la edad, la tipología, la fibra muscular y el estado anímico). Estos factores son hándicaps que dificultan la recuperación como consecuencia del daño muscular, el consumo de reservas de glucógeno, la deshidratación y la fatiga a nivel mental. Nuestras estrategias irán encaminadas a tratar estas dificultades. La intervención del fisioterapeuta en tareas de recuperación de la fatiga se clasifica en diferentes magnitudes en función del tiempo: aguda, si dura de 24 a 48 h tras la actividad; subaguda o sobrecarga, si persiste durante una semana y la crónica o sobreentrenamiento, que se prolongaría durante periodos superiores a los 30 días (3).

Como fisioterapeuta, tan importante es conocer la magnitud de la fatiga como las diferentes estrategias que se emplean para mitigarlas. Estos métodos de recuperación no se aplican individualmente, sino de forma conjunta para conseguir un efecto sinérgico que mejore el rendimiento deportivo (5). De este modo, describimos algunos de los procedimientos más extendidos de recuperación (Tabla1) algunos son de aplicación general (alimentación, hidratación, descanso y oxigenoterapia) y otros son cuidados específicos de la labor realizada por el fisioterapeuta (masoterapia, balneoterapia, hidroterapia, termoterapia, crioterapia y presoterapia).

#### **4.1. ALIMENTACIÓN E HIDRATACIÓN:**

Las indicaciones generales de hidratación demuestran que si se consumen bebidas con alta concentración de sodio (61 mmol/L) equivalentes al 150–200% de la pérdida de sudor, se consigue un estado de hiperhidratación, incluso después del final de la actividad (5). Además, se debe tener presente el aporte de carbohidratos, que debe ser de 1,2 g/por cada kg de peso del deportista/por cada hora de esfuerzo. Esta ingesta debe realizarse de forma intermitente, en intervalos de 15 a 60 minutos. Un aporte de proteínas resulta esencial para reparar el daño muscular debido a que la actividad física estimula la síntesis y la degradación de las mismas (6). Según Jentjens et al (6), la adecuada suplementación podría ser el uso de 20 gramos (g) de proteína de leche o 9 g de aminoácidos esenciales (leucina, isoleucina, valina, metionina, lisina, fenilalanina, triptófano, treonina, histidina, arginina) serán suficientes durante las 2 horas post-ejercicio.

Otro estudio señala que, tras el ejercicio, es necesario suplementar proteínas junto con carbohidratos, con el objetivo de que disminuyan los niveles de creatina quinasa (CK) y por tanto se reduzca el dolor muscular (8).

Otra estrategia a la hora de reducir la inflamación en el músculo esquelético recomienda el empleo de ácidos grasos como el Omega-3 (presente en el salmón, la caballa, las nueces y las sardinas), que tienen claros efectos en la reducción de la inflamación.

Se conocen los efectos nocivos del consumo de alcohol, que obstaculiza la reparación de cualquier tejido y retrasa la recuperación del déficit hídrico (8).

Por tanto, y de manera general, la mejor estrategia nutricional se debe realizar dentro de una ventana de 1 hora tras el ejercicio, restituyendo el déficit hídrico y de sales e ingiriendo carbohidratos y proteínas con alto Índice Glucémico. En la dieta habitual de un deportista deberá, además, aparecer un consumo moderado de ácidos grasos e intentar eliminar o reducir al máximo las bebidas alcohólicas. Las estrategias de alimentación/nutrición deben adaptarse a cada deportista, en función de sus características físicas, del tipo de deporte y de sus hábitos alimentarios (7).

#### **4.2. DESCANSO:**

Para un deportista de élite, el sueño reparador es fundamental para la recuperación, tanto física como mental. En las etapas de ondas lentas y de movimientos oculares rápidos (REM) se reduce la frecuencia cardíaca y se produce un aumento de la secreción de la hormona del crecimiento (GH), la cual es fundamental a la hora de reparar el daño muscular ocasionado por el ejercicio físico intenso. Por eso es importante que el deportista se acostumbre a un horario regular, en caso contrario se alterará su regulación homeostática y circadiana y el sueño será de menor cantidad y calidad (9).

El sueño tiene estrecha relación con el sistema inmune, se observó cómo deportistas que dormían menos de siete horas tenían un riesgo de enfermar tres veces mayor que aquellos que lo hacían ocho horas o más (10).

Es necesario conocer que el alcohol, la cafeína y la hiperhidratación son factores que disminuyen la calidad del descanso. La calidad del sueño también disminuye al despertarse varias veces para orinar (10). Estas situaciones anteriores que hemos descrito dificultan, en el alto rendimiento, conciliar el sueño debido al estrés generado. Sin embargo, hay estrategias que pueden ayudar: duchas o inmersiones de agua fría que descienden la temperatura

corporal, un ambiente oscuro y silencioso, escuchar música relajante y adoptar horarios regulares (9).

#### **4.3. OXIGENOTERAPIA:**

Consiste en el uso de oxígeno gaseoso, intra-sesión, para facilitar la recuperación de la deuda generada.

El oxígeno, al ser inhalado, se disuelve en el plasma sanguíneo y llega de esta forma a todos los tejidos que lo requieran, incluso a los capilares de un calibre tan pequeño que los glóbulos rojos tienen difícil acceso. Su aplicación también aporta ventajas como la disminución de la inflamación de los tejidos lesionados, el fomento de la proliferación de fibroblastos, el aumento de la capacidad de síntesis de ATP y de la capacidad aeróbica y la disminución de los metabolitos que causan la sensación de fatiga y de la frecuencia cardíaca (11).

Algunos métodos de recuperación son de aplicación directa (tabla 1) por parte del fisioterapeuta deportivo, estos procedimientos o técnicas favorecen el rendimiento y la salud.

#### **4.4. MASOTERAPIA:**

Probablemente sea una de las herramientas más utilizadas en fisioterapia. Puede definirse como las distintas maniobras que se aplican a los tejidos blandos con un fin terapéutico. En este sentido, el Consejo Superior de Cinesiterapia de la Escuela Francesa (12) lo describe como: “todas las maniobras manuales o mecánicas ejecutadas de forma metódica sobre una parte o toda la parte del cuerpo humano, para efectuar una movilización de los tejidos superficiales o los segmentos de los mismos”.

La utilización del masaje con fines de recuperación tras el ejercicio data de la antigua Grecia, y posteriormente se reutilizó con la escuela sueca creada por Per Hernik en Estocolmo. La combinación de estas técnicas junto con otras orientales ha dado lugar a las modernas como los masajes de calentamiento, de activación, post-ejercicio o de enfriamiento. Aunque carecen de evidencia científica suficiente (12).

El tipo de masaje que implica recuperación es el masaje post-ejercicio, que busca el efecto mecánico, por el cual creamos con nuestras manos una presión negativa a nivel venoso, que hará que aumente el flujo sanguíneo de retorno en la zona masajeadada, disminuyendo la concentración de metabolitos generados por el ejercicio. Este masaje consta de la combinación de

amasamientos superficiales con profundos, a veces se utiliza junto con hielo, movilizaciones pasivas, estiramientos o vibraciones segmentarias. Otro de los beneficios de este masaje es el ligero aumento de la temperatura originada por la fricción (12).

Con respecto al efecto sobre los glóbulos rojos y la liberación endorfinica que produciría la sensación de bienestar que manifiestan los deportistas tras el masaje, no existen demasiados resultados que lo avalen (12).

#### **4.5. BALNEOTERAPIA E HIDROTERAPIA:**

El empleo de sauna seca o húmeda se aplica tras entrenamientos de alta intensidad que consiguen que músculo tenga hipertono. Su efecto principal es el aumento de irrigación y de relajación, por lo que no están indicadas en días previos a la competición. Los tiempos de aplicación no deben superar nunca los 20 minutos y hay que tener en cuenta el déficit hídrico que produce (13).

Es conveniente la inmersión de los miembros en agua, cuya temperatura debe oscilar entre los 4° y los 18°, dependiendo de la tolerancia. Puede combinarse con baños de contrastes, en los cuales se duplica el tiempo de calor al de frío (13).

#### **4.6. TERMOTERAPIA:**

El empleo de esta técnica en fisioterapia se puede llevar a cabo por: (13)

4.6.1. Microondas: su baja longitud de onda es transmitida de forma continua. Su profundidad es de 4 cm aproximadamente y está indicado en esguinces, rigideces o distensiones musculares.

4.6.2. Infrarrojos: es la más superficial. Sus efectos principales son la sedación y la relajación, por lo que suele emplearse como técnica previa a otras.

4.6.3. Onda corta: tiene gran longitud de onda. Está indicada en bursitis y capsulitis.

4.6.4. Ultrasonidos: su efecto se basa en la vibración que produce en músculos y ligamentos, originando estímulos térmicos, mecánicos y antiinflamatorios. Está indicado en contracturas, procesos inflamatorios y calcificaciones.

#### **4.7.- CRIOTERAPIA:**

Los efectos que produce la aplicación de frío son el analgésico, debido a modificaciones en la conducción nerviosa (inhibición de los nociceptores), la reducción del espasmo muscular, la reducción de la actividad metabólica y enzimática y el efecto vasoconstrictor. Clásicamente se ha utilizado en el tratamiento de urgencia de los procesos traumáticos agudos, principalmente de tejidos blandos, para disminuir la inflamación y el dolor (14).

Existen controversias en la literatura científica acerca de la aplicación directa de hielo o de bolsas y paquetes con hielo picado sobre la piel. En general se aconseja aplicar aceites sobre ella para disminuir la conducción térmica o colocar paños o toallas entre la piel y el agente crioterápico. Los tejidos no se congelan hasta -3,9°C. Si la temperatura del hielo del agua corriente es de 0°, no parece probable que se produzcan quemaduras, pudiendo aplicarse durante 30-60 minutos sin riesgo (14).

#### **4.8. PRESOTERAPIA:**

A través de manguitos de presión alrededor de los grupos musculares trabajados, el fundamento de esta técnica es que la presión expulsa la sangre de dicha zona haciendo que entre un flujo nuevo, aumentando la limpieza de metabolitos. No está indicada esta técnica en deportes anaeróbicos intensos, en los cuales se ha producido una deuda de oxígeno, ya que aumentaríamos la deuda generada (16).

**Tabla 1.- Medios de recuperación más usados**

Medios	Fundamento fisiológico	Efectividad	Estudios
Alimentación	Importancia recuperar el déficit de hidratos así como bebidas isotónicas para el déficit hídrico y de iones. Aporte proteico para ayudar a la regeneración de estructuras dañadas	++	Jentjens et al (6)
Descanso	Fundamenta en todas las actividades deportivas	+++	Akerstedt er al (9)
Oxigenoterapia	Usado para deportes anaeróbicos para mitigar la deuda de oxígeno	+	Hammarlund et al (11)
Masoterapia	Aplicación manual de presión en la musculatura haciendo que aumente la temperatura y la circulación	++	Cafarelli et al (12)
Balneoterapia e hidroterapia	Buscamos una vasoconstricción o vasodilatación según el efecto que queramos producir	+	Cernych M et al (13)
Termoterapia	Generamos una vasodilatación y una relajación muscular	++	Cernych M et al (13)
Presoterapia	Producimos un estímulo en la circulación, originando el drenaje de los tejidos	+	Basas A. et al (16)
Electroterapia	Según el tipo de corriente utilizada buscaremos relajar el musculo o activarlo para evitar la atrofia	++	Boschetti et al (18).

Leyenda:

+ Escaso

++ Medio

+++ Alto

## **5. ELECTROTERAPIA:**

La aplicación de la corriente eléctrica en el cuerpo se estudia desde varios campos científicos para la aplicación de muchas disciplinas deportivas.

La Electroestimulación Neuromuscular (EENM) se emplea desde el siglo XVIII para tratar las parálisis faciales y la recuperación de la fuerza muscular después de haber sufrido una lesión. La, primera vez que se usó esta técnica en el deporte fue en Rusia, en 1970, por Kotz. La mayoría de sus principios se siguen utilizando en la actualidad, tanto en el ámbito deportivo como en los campos de la medicina y de la estética (15). Actualmente un estudio (17) muestra el uso de la EENM tanto en personas sanas como en deportistas de élite, sin embargo no se ve con claridad si su uso es un complemento y/o sustituye a un entrenamiento. En el mismo estudio se expone una gran variedad de parámetros y procedimientos, pero en ellos apenas hay consonancia, lo que hace difícil comparar los resultados, por eso los investigadores deberían ponerse de acuerdo igualando los criterios, los resultados y los parámetros para crear un protocolo de aplicación uniforme y universal.

### **5.1.- CONCEPTO DE EENM:**

Según Basas, A. et al. (17), la corriente genera un impulso que activa la función muscular, recreando así una contracción natural que permite ayudar al músculo en procesos de recuperación, evitando que la pérdida de volumen sea mayor durante la inmovilización.

En este sentido, para Boschetti, G. (18), la EENM consiste en enviar la corriente al nervio motor, que es el encargado de generar la contracción, siendo de esta manera el sistema nervioso el ejecutor.

Los postulados (17) sobre los que se funda la EENM se desarrollan mediante fórmulas matemáticas, que establecieron los parámetros necesarios para estimular la placa motora. La contracción muscular comienza con un orden en el cerebro, éste envía la información a través de un impulso por el sistema nervioso hasta llegar al nervio motor, que es el que ordena a los músculos que se contraigan. La EENM genera la corriente directamente en el nervio motor.

Cuando Kotz et al aplicaba corrientes a los deportistas rusos, estos referían bastante dolor, pero aun así logró con estas técnicas aumentar de forma significativa la fuerza muscular del bíceps y el tríceps sural. Con la llegada de los estudios de Lapique y Weis se disminuyó el dolor al aplicarlas y aumentó su efectividad. Una investigación realizada en Alemania demuestra

que la combinación de estrategias clásicas de fortalecimiento, junto con la EENM, aumenta la fuerza de forma significativa (18).

En otro estudio realizado a varios alumnos de educación física se comprobó cómo la EENM producía un aumento tanto de la fuerza máxima como de la resistencia y una ligera hipertrofia muscular. Sin embargo, no se apreciaron resultados en la fuerza explosiva ni en el aumento de la velocidad en la carrera (19). Este autor también expone que los escritos de EENM, para ser válidos, deben incluir de forma detallada todos los parámetros: el tipo y la forma de la onda, la frecuencia, el tiempo de contracción, de los descansos y el total, la intensidad, el material, las características y la zona de aplicación de los electrodos, el tipo de músculo tratado, el número de sesiones totales y la frecuencia de las mismas.

## **5.2.- ESTIMULACIÓN DIRECTA E INDIRECTA**

Nos referimos a estimulación directa cuando la corriente se aplica en las fibras musculares y hablamos de indirecta cuando la estimulación se realiza a través del sistema nervioso, produciendo una contracción más eficaz con menor intensidad de corriente. Por ello es la más utilizada tanto a nivel de recuperación como en potenciación (19).

## **5.3.- EFECTOS DE LA ELECTRICIDAD EN EL MÚSCULO**

Lo más evidente en la práctica clínica es el aumento de la fuerza muscular en aquellos casos en que el paciente no puede fortalecer la musculatura con ejercicios isométricos o isotónicos. Otro efecto es la concienciación de la contracción de un músculo o grupo muscular en casos de inactividad funcional.

También mejora el trofismo y la relajación muscular, además de regular el tono y ayudar a bombear y reabsorber líquidos. Asimismo se producen modificaciones en la composición de la fibra muscular tanto por la estimulación directa del músculo como por la estimulación de nervio; en función de la frecuencia de estimulación que se utilice, los cambios irán dirigidos a un enrojecimiento de las fibras musculares por aumento de la capilaridad, en el caso de emplear frecuencias bajas (1-20 Hz), o a un emblanquecimiento de las fibras con aumento de su capacidad anaeróbica, en el caso de emplear frecuencias altas (40-150 Hz). (18)

#### **5.4.- PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA EENM:**

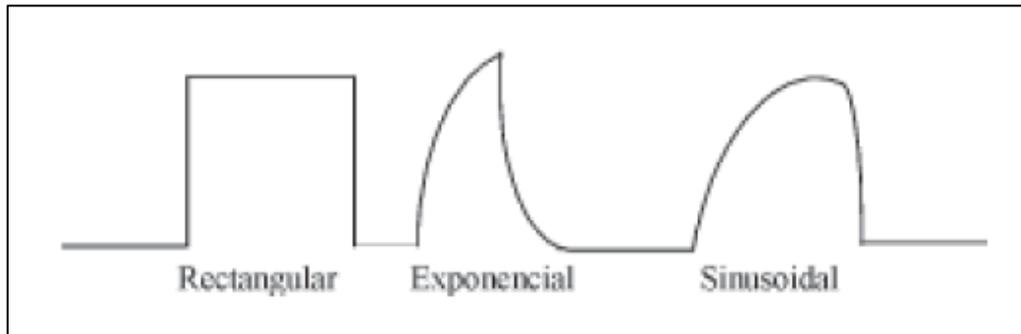
Los tipos de corriente eléctrica relacionados con la EENM son: (17)

- 5.4.1. Diadinámicas: son corrientes de baja frecuencia aplicadas para la rehabilitación de la musculatura.
- 5.4.2. TENS (neuroestimulación eléctrica transcutánea): son corrientes de baja frecuencia. Se aplican a través de la piel con los objetivos de producir analgesia al estimular las fibras nerviosas de tipo A-beta y bloquear las de tipo C, que son las que transmiten la sensación de dolor. También producen la liberación de opioides endógenos.
- 5.4.3. Interferenciales: (también conocidas como Nemectrodínicas): son de media frecuencia. Se producen al cruzar dos ondas con forma sinusoidal ocasionando un efecto “barrido”.
- 5.4.4 Galvánica: son corrientes de baja frecuencia. Generan efectos interpolares que permiten aplicar un medicamento para que supere la barrera dérmica.

#### **5.5.- TIPOS DE ESTIMULADORES: Existen dos tipos de corrientes: (19)**

- 5.5.1.- De corriente continua: el impulso eléctrico circula en un único sentido. En función de su onda y su dirección, las clasificamos en: invertida e interrumpida, de rampa y de rampa invertida.
- 5.5.2.- De corriente pulsada: según su forma pueden ser exponenciales, sinusoidales y rectangulares (son las más apropiadas para aumentar la fuerza muscular).

**Figura 1 – Forma de la onda**



Fuente: Plaja et al.(20), p.12.

### **5.6.- MODALIDAD DE APLICACIÓN:**

5.6.1.- Dinámica: al mismo tiempo que aplicamos la corriente eléctrica añadimos movimiento de una o varias articulaciones de forma voluntaria

5.6.2.- Estática: cuando no se produce ningún movimiento articular.

Según cual sea nuestro objetivo y/o nuestra patología a recuperar aplicaremos una modalidad u otra (18).

**Figura 2 – Electroestimulación dinámica del cuádriceps en deportista**



Fuente: Seyri, M. et al. (17)

## 5.7.- FRECUENCIA DE LA ESTIMULACIÓN:

Podemos expresar la frecuencia como un número de ciclos por segundo (C.P.S), donde la unidad en la que se mide la frecuencia en el sistema internacional es el Hertzio (Hz). Debemos elegir el tipo de frecuencia en función del tipo de deporte que realiza nuestro atleta (21). Cuanta más frecuencia apliquemos, mayor será la velocidad a la que se contraiga el músculo, y, sin embargo, cuanto mayor potencia y fuerza generemos, mayor será la fatiga (22).

**Tabla 2: Parámetros de EENM según el tipo de fibra muscular**

Tipo de fibra	Nombre	Frecuencia	Tiempo del estímulo	Efectos
I	Lentas	0 a 20 Hz	Unos 8 segundos	Relajación, analgesia y mejora aeróbica al aumentar la circulación (de 0 a 10 Hz)
Ila	Intermedias	De 20 a 70 Hz	4-8 segundos	Mejora definición y tono muscular (20 a 50 Hz)
Ilb	Veloces	70 a 120 Hz	3-4 segundos	Aumenta la fuerza máxima explosiva.

La ley de Lapicque demuestra que, para que se pueda apreciar una contracción, el tiempo mínimo tiene que ser el mismo que la cronaxia (tiempo de impulso igual al doble de la reobase, siendo la reobase la intensidad mínima necesaria para originar una contracción con un impulso cuadrangular de un segundo de duración). A medida que cronaxia se eleva, la velocidad de contracción se va reduciendo (21).

Figura 3 – Cronaxia y Reobase



Fuente: Plaja et al. (20)

Procedemos a analizar distintos términos importantes para entender la EENM: (21, 23, 24)

5.7.1.- Umbral farádico: corresponde a la intensidad mínima necesaria para producir una contracción utilizando un tiempo de impulso cuadrangular de 1 ms, que es el empleado en las corrientes farádicas.

5.7.2.- Tiempo de contracción: lo medimos en segundos. Corresponde al tiempo en el que se emiten los impulsos a una determinada frecuencia. Cuanto más grande sea la frecuencia, menor deberá ser el tiempo de contracción, ya que de lo contrario podemos producir daño muscular.

5.7.3.- Tiempo de descanso: es el tiempo en el cual no se aplica corriente. Es importante elegir bien este parámetro, ya que si es demasiado corto produciremos fatiga.

En las corrientes de Kotz el protocolo de aplicación sería de 10 segundos de estímulo y 50 de reposo durante 10 minutos

Pombo, M. (2004) nos muestra los tiempos de reposo en función del tipo de entrenamiento a realizar: para la explosiva, de 15 a 35 segundos, para la fuerza resistencia, de 4 a 8 y para el trabajo aeróbico, de 2 a 5.

5.7.4.- Intensidad de corriente: es la altura que alcanza la onda. Se mide en milivoltios (mV) o miliamperios (mA). Viene determinada por la resistencia que ofrecen los tejidos al paso de la corriente.

La intensidad debe ir aumentándose de forma progresiva superando los 4 umbrales: sensitivo, motor, dolor y máximo dolor)

5.7.5.- Localización de los electrodos: los estudios afirman que debemos colocar un electrodo lo más cerca posible del nervio motor y el otro en el punto motor y de forma longitudinal a las fibras musculares, lo que supone un aumento de fuerza de un 63% más que colocándolos transversalmente.

5.7.6.- Precauciones a tener en cuenta con los electrodos: deberán estar recubiertos con una esponja o con una almohadilla de gel.

La dosis en función del tamaño del electrodo es de 0,06 mA por Cm. Si la dosis es mayor de 0,1 por Cm<sup>2</sup> hay riesgo elevado de producir abrasiones.

## **5.8.- BENEFICIOS E INCONVENIENTES DE LA APLICACIÓN DE EENM:**

Entre los muchos beneficios podemos destacar la reducción de los tiempos de recuperación a nivel muscular, ya que la aplicación de 30 minutos equivale a una 1 hora de entreno normal, reduciendo así el riesgo de daño articular y aumentando la capacidad contráctil. También nos posibilita un trabajo analítico de los distintos grupos musculares, reduciendo el estrés a nivel cardiovascular y aumentando el flujo sanguíneo local. Realiza un trabajo importante de tonificación e hipertrofia muscular, al igual que aumenta la capacidad oxidativa y el tiempo de contracción. Consigue una mayor definición del músculo y evita la fatiga inhibiendo los centros del Sistema Nervioso, lo que permite realizar un mayor número de repeticiones. Nos encontramos también con inconvenientes como la eliminación del mecanismo de protección de los propioceptores. Además podemos ocasionar lesiones al inhibir los centros que informan de la fatiga. No se trabaja adecuadamente la coordinación de forma y solo se estimulan las fibras musculares más superficiales. (24).

## **5.9.- ADAPTACIONES QUE SE PRODUCEN EL CUERPO AL APLICAR EENM:**

El uso de EENM a nivel periférico produce un aumento de la actividad del sistema nervioso, así como adaptaciones neuronales. Para generar una contracción es necesario que el voltaje supere el umbral, ya que si el estímulo no es lo suficientemente alto no se producirá contracción. En el organismo, independientemente del tipo de corriente y del protocolo de aplicación que

utilicemos, se producen efectos fisiológicos indirectos, como a nivel tisular, sistémico, segmentario y directo sobre las células (23).

En toda preparación deportiva es necesario un acondicionamiento previo a un trabajo específico, en la EENM procedemos de la misma manera. En las primeras 24-48 horas después de una sesión de entrenamiento se produce el dolor muscular de aparición tardía, conocido coloquialmente como “agujetas”. Para evitarlo no se aconseja aplicar EENM más de 5-10 minutos por grupo muscular en las primeras fases de la recuperación, debido a que los ejercicios en los que se realizan contracciones excéntricas son los que mayor daño muscular, más agujetas y lesiones ocasionan. Por todo ello, el protocolo más seguro y efectivo es aquel en el que se aplica EENM con ejercicio concéntrico. A mayor intensidad y frecuencia, los tiempos de contracción deberán ser más cortos. También se aconseja combinar la EENM con entrenamientos clásicos convencionales, como la pliometría o el trabajo concéntrico, debido a que, de esta forma, obtendremos mejores resultados aumentando la fuerza explosiva.

Para cuantificar se utilizaron dos parámetros: los valores electromiográficos en una contracción isométrica voluntaria máxima y la biopsia del gastrocnemio. De esta forma, tras aplicar un entrenamiento con EENM se vio como aumentaba el tamaño de la fibra, el volumen nuclear y la fracción mitocondrial en las fibras de tipo II (22).

#### **5.10.- OTRAS APLICACIONES DE LA EENM**

En afecciones del sistema musculo-esquelético, como son las posibles desviaciones en la columna vertebral, podemos aplicar EENM en diferentes puntos con el objetivo de corregir casos de escoliosis leves. También se usa en otros campos de rehabilitación, como en traumatología (tratamientos de artroplastia del LCA), en rehabilitación cardíaca y respiratoria (pacientes con EPOC), en parálisis faciales, en lesión de medula espinal, en fibromialgias y en medicina geriátrica. Aparte de los beneficios a nivel músculo-esquelético, el tratamiento con electroterapia produce una vasodilatación refleja, generando un transporte mejor de nutrientes y facilitando la eliminación de sustancias de desecho. Todo ello es de gran utilidad en afecciones circulatorias como las insuficiencias. Esta conclusión se ve reflejada en el aumento de la circulación de la arteria femoral al aplicar frecuencias cercanas a los 8 Hz (26)

## **6. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN**

Los atletas de élite incorporan distintos medios de recuperación para diferenciarse de sus competidores, en ese ámbito, la EENM aplicada al deporte es una herramienta fundamental para la recuperación y la mejora de los resultados.

De este modo se plantean los siguientes objetivos para el desarrollo de este estudio bibliográfico.

### **6.1. OBJETIVO PRINCIPAL**

Revisar la bibliografía sobre la aplicación de electroterapia en la fisioterapia deportiva.

### **6.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS**

Determinar las técnicas de la electroterapia deportiva.

Determinar intensidades, tiempo de aplicación, frecuencia y colocación de los electrodos.

Establecer la validez de los parámetros analizados por los artículos

Estudiar cuál es la metodología de aplicación de la corriente más adecuada según el deporte y la lesión del atleta.

Discutir sobre los resultados alcanzados.

Determinar los beneficios que aporta cada corriente.

Establecer una posible pauta de aplicación de estas técnicas de electroterapia en deportistas.

## **7.- MATERIAL Y MÉTODOS**

Para la elaboración de este trabajo se ha realizado una revisión bibliográfica entre los meses de octubre de 2018 y marzo de 2019, con el objetivo de analizar y contrastar la eficacia de la aplicación de la electroterapia en la recuperación de los deportistas.

### **Estrategia de búsqueda:**

Se han realizado varias búsquedas en las bases de datos electrónicas: PUBMED, PeDro y Cochrane Library Plus (libros u otros).

Se utilizaron varios términos y el operador booleano “AND” como nexo de búsqueda. Las palabras se seleccionaron teniendo en cuenta los objetivos que se pretenden conseguir con la realización de este trabajo.

Como palabras clave se utilizaron términos PubMed con diferentes combinaciones: *Muscle Damage* (daño muscular), *Creatine Kinase* (*Creatin Kinasa*), *Recovery* (recuperación), *Fatigue* (fatiga), *Physiotherapy* (Fisioterapia), *Electrostimulation* (electroestimulación), *Electrotherapy* (electroterapia), *Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation* (TENS) y *Sport* (deporte).

Con el objetivo de disminuir el número de artículos se aplicaron los siguientes filtros:

1. Realizados en humanos
2. Estudios publicados en los últimos 5 años para los artículos científicos
3. *Review*
4. *Most Recent*

Tras realizar la búsqueda en las diferentes bases de datos con las palabras clave seleccionadas, se obtuvieron un total de 236 artículos. Después de leer el título de cada artículo se procedió a aplicar los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

#### Criterios de inclusión:

1. Documentos relacionados con la electroterapia y electroestimulación.
2. Publicaciones en todos los idiomas.
3. Publicaciones cuyos sujetos de estudio fueran humanos sin importar el sexo.
4. Guías, libros o artículos publicados en cualquier país.
5. Humanos deportistas.
6. Técnicas de electroestimulación: EENM, TENS Y LFES.
7. Parámetros objetivables a modo de cuantificación analítica, biofísica o física.

#### Criterios de exclusión:

1. Publicaciones no relacionadas con la fisioterapia.
2. Documentos duplicados.
3. Estudios sobre animales.
4. Estudios personas sedentarias.

A continuación se leyó el *abstract* con el fin de reducir más la búsqueda y seleccionar los artículos válidos, siendo estos al final un total de 56.

Los artículos fueron analizados y examinados, realizando una lectura crítica para establecer su relación o no con el tema que nos ocupa, y no siendo únicamente los nombrados en este apartado los que se utilizaron para la elaboración final del trabajo.

<b>Nº de búsqueda</b>	<b>Base de datos</b>	<b>Término de búsqueda</b>
1	PubMed	electrotherapy AND stimulation
2	PubMed	electrotherapy AND sport
3	PubMed	electrotherapy AND recovery
4	PubMed	electrostimulation AND recovery
5	PubMed	electrostimulation AND sport
6	Cochrane library plus	Recovery AND SPORT
7	Cochrane library plus	Recovery And fatigue
8	Cochrane library plus	Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation AND sport
9	PeDro	Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation
10	PeDro	Electrostimulation AND recovery

## 8.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Tabla 3A. Estudios sobre la aplicación de la ENMM en deportistas

AUTOR/ES	MUESTRA	TIPO DE ESTUDIO	DOSIS-TIEMPO DE APLICACIÓN	PARÁMETROS ANALIZADOS	RESULTADOS	CONCLUSION
Matthew F. et al. 2013 (24)	10 futbolistas varones amateurs	Doble ciego	30 min de TENS	Interleucina-6 (IL-6) Proteína C reactiva (CK)	IL-6 NS CK +	Los tiempos de sprint son mejores
Tessitore et al. 2008 (25)	10 jugadores varones amateurs de fútbol sala	Doble ciego	LFES (20 min) versus PR and AR	Salto vertical Hormonas Frecuencia Cardiaca	Salto vertical NS Hormonas NS FC NS	Beneficios en habilidades específicas de fútbol como velocidad de la pelota.
Billot M et al. 2010 (26)	20 futbolistas varones profesionales	Diseño cruzado. Con grupo control	EENM aplicada en los músculos del cuádriceps durante 5 semanas	Altura de salto vertical Carrera de velocidad de 10 m Velocidad de la bola en el disparo	Altura de salto vertical + Carrera de velocidad de 10 m + Velocidad de la bola en el disparo +	Mejora el rendimiento sobre el terreno de juego
Filipovic A et al. 2016 (27)	22 futbolistas varones de élite	Diseño cruzado	EENM durante 14 semanas	Fuerza máxima en pierna de disparo Sprint lineal Sprint con cambios de dirección Salto vertical Velocidad de disparo Rendimiento en partido	Fuerza máxima en pierna de disparo + Sprint lineal + Sprint con cambios de dirección Salto vertical + Velocidad de disparo + Rendimiento en partido NS	Mejora las habilidades específicas de un futbolista
C. Martyn Beaven et al. 2013 (28)	25 jugadores varones profesionales de rugby	Diseño cruzado con grupo control	Combinación compresión + TENS de 27 mA con 7 anchos de pulso ajustados por el deportista, con frecuencia de repetición de 1 Hz	Testosterona salival, cortisol, creatina quinasa plasmática	Testosterona salival NS, cortisol + creatina quinasa plasmática +	Los resultados son positivos en los parámetros bioquímicos analizados

**Tabla 3B. Estudios sobre la aplicación de la ENMM en deportistas**

AUTOR/ES	MUESTRA	TIPO DE ESTUDIO	DOSIS-TIEMPO DE APLICACIÓN	PARÁMETROS ANALIZADOS	RESULTADOS	CONCLUSION
Babault N et al. 2007 (29)	25 jugadores varones de rugby profesionales	Diseño cruzado	EENM durante 12 semanas en extensor de rodilla, flexor plantar y músculos glúteos.	Fuerza muscular Sprint Scrum o melé	Fuerza muscular + Sprint NS Scrum o melé NS	Solo se ve mejora significativa en la fuerza muscular.
Malatesta D et al. 2003 (30)	12 jugadores aficionados varones de voleibol	Diseño experimental Con grupo control	EENM en extensores de rodilla y flexores plantares, 20 estímulos, 3 veces por semana 4 semanas (12 minutos)	Altura de salto	+ altura de salto +	Mejora la fuerza de los extensores, lo que aumenta la altura del salto.
Maffiuletti N et al. 2002 (31)	10 jugadoras mujeres de voleibol aficionadas	Diseño experimental	4 semanas combina 48 contracciones de extensores de rodilla 30 de flexores plantares y 50 saltos pliométricos	Altura salto Fuerza contracción extensores Fuerza contracción flexores plantares	Altura salto + Fuerza contracción extensores + Fuerza contracción flexores plantares +	Buenos resultados en habilidades específicas del voleibol
Neric et al. 2009 (32)	30 nadadores profesionales (19 hombres y 11 mujeres)	Diseño cruzado. Con grupo control	LFES (20 min) con PR y AR	Lactato	Lactato en sangre +	Es útil a la hora de disminuir la concentración de lactato.

**Tabla 3C. Estudios sobre la aplicación de la ENMM en deportistas**

AUTOR/ES	MUESTRA	TIPO DE ESTUDIO	DOSIS-TIEMPO DE APLICACIÓN	PARÁMETROS ANALIZADOS	RESULTADOS	CONCLUSION
Pichon F et al. 1995 (33)	14 varones nadadores competitivos	Diseño cruzado	EENM sobre el dorsal ancho	Tiempo en estilo libre 50 metros	Tiempo en estilo libre 50 m +	Mejora los tiempos de estilo libre.
Denegar y Perrin 1992 (34)	40 mujeres atletas amateurs	Aleatorizado, doble ciego con placebo	TENS 20 min y crioterapia	Fuerza de contracción excéntrica de los flexores del hombro	Fuerza de contracción +	Combina TENS con crioterapia y origina un descenso de la sensación de dolor y con ello un aumento de la fuerza
Emilio J et al. 2012 (35)	98 atletas adolescentes (51 varones y 47 hembras)	Diseño experimental Con grupo control	Entrenamiento de pliometría combinado con EENM 85 Hz durante 8 semanas	Salto de sentadilla salto de movimiento de contador Salto de caída	Test de saltos +	Mejora el rendimiento de los atletas
Brocherie F et al. 2005 (36)	17 jugadores varones amateur de jockey hielo	Diseño cruzado	EENM en cuádriceps 30 contracciones (4-s de duración, 85 Hz) 3 veces por semana durante 3 semanas.	Fuerza extensores de la rodilla Altura del salto Sprint sobre patines	Fuerza extensores rodilla + Altura del salto NS Sprint sobre patines NS	Solo aumenta la fuerza de los extensores, no se ve una mejora en habilidades específicas

**Tabla 3D. Estudios sobre la aplicación de la ENMM en deportistas**

AUTOR/ES	MUESTRA	TIPO DE ESTUDIO	DOSIS-TIEMPO DE APLICACIÓN	PARÁMETROS ANALIZADOS	RESULTADOS	CONCLUSION
Deley G et al. 2011 (37)	16 mujeres de edad $12.4 \pm 1.2$ años	Diseño cruzado	Entrenamiento de gimnasia con electroestimulación de 6 semanas	Fuerza extensor de la rodilla Rendimiento no específico Saltos específicos	Fuerza extensor de la rodilla + Rendimiento no específico + Saltos específicos +	Mejora significativa en las pruebas realizadas
Maffiuletti N et al. 2009 (38)	12 jugadores varones profesionales de tenis	Aleatorizado, doble ciego	EENM de cuádriceps durante 16 minutos a 85 Hz durante 3 semanas	Altura de salto Fuerza máxima del cuádriceps Tiempo de aceleración	Altura de salto + Fuerza máxima del cuádriceps + Tiempo de aceleración +	Aumenta las habilidades específicas del tenis
Maffiuletti N et al. 2000 (39)	10 jugadores ocasionales varones de baloncesto	Doble ciego Grupo control	EENM cuádriceps 3 veces a la semana 4 semanas (48 contracciones/sesión)	Salto de sentadilla Salto de movimiento	Salto de sentadilla + Salto de movimiento NS	Solo se ve una mejora en el aumento del salto desde la posición de sentadilla.
Heyman et al. 2009 (40)	13 mujeres escaladoras bien entrenadas	Experimental controlado doble ciego Con grupo control	LFES (20 min) con inmersión en agua fría	Test de escalada Lactato en sangre Parámetros subjetivos de fatiga	Test de escalada NS Lactato en sangre +	Mejora del aclaramiento de lactato

AR recuperación activa, CK proteína kinasa, HVPC frecuencia pulsada de alta intensidad, LFES electroestimulación de baja frecuencia, PR recuperación pasiva, TENS electroestimulación transcutánea, WI inmersión en agua fría, NS efecto no significativo, + efecto positivo de la electroestimulación

En la revisión narrativa se han analizado estudios que emplean la EENM (26, 27, 29, 30, 33, 35, 36, 38, 39), el TENS (24, 28, 34) y LFES (25, 31, 32, 37, 40) con fines funcionales y de recuperación de lesiones.

En la mayoría de los estudios, la muestra está formada en su totalidad por varones (24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 36, 38 Y 39), otros emplean mujeres (31, 34, 35, 40) y también hay investigaciones en que la muestra está formada por ambos sexos (32,37). Además, varios de estos estudios están realizados en deportistas profesionales (26, 27, 28, 29, 32, 38) y los restantes en deportistas aficionados o que practican el deporte de forma regular ( 24, 25, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40).

En la bibliografía revisada, una de las limitaciones es la ausencia de un grupo control en la mayoría de los artículos,(24, 25, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 36, 37, 38, 40). La ventaja de incluir un grupo control proporcionaría una base para ver si existe una relación causa-efecto entre la aplicación de electroestimulación con los parámetros analizados en los estudios (26, 28, 32, 35, 39).

Analizaremos las distintas formas de aplicación de la estimulación eléctrica, como son la frecuencia, los tiempos de trabajo, la intensidad o amplitud y la colocación y el tamaño de los electrodos así como el tiempo de aplicación de la corriente. Con respecto a las frecuencias, hay que diferenciar en qué fase se encuentran los deportistas. Si están en fase aguda y lo que queremos es que se recupere y que disminuya su fatiga y la sensación de dolor, aplicaremos TENS con frecuencias que no superen los 15 Hz (28). Por el contrario, cuando se encuentran en una fase de rehabilitación tras haber sufrido cualquier lesión y han tenido que estar tiempo inmovilizados, necesitaremos potenciar la musculatura atrofiada, incrementar el rango de movimiento y/o aumentar la velocidad del gesto deportivo, para lo cual tendremos que aplicar una frecuencia de EENM de más de 20 Hz sin sobrepasar los 50, debido al riesgo alto de producir daño muscular y/o fatiga (33, 38, 39). En cuanto a los tiempos de trabajo, y en la utilización de los TENS, al ser un tipo de corriente continua, no se interrumpe y se aplican de 20 a 30 minutos (24, 28).

Sin embargo, cuando queremos recuperar fuerza utilizaremos EEMS, ya que hay estudios (26, 36) que demuestran que, al realizar periodos de descanso, el tejido muscular se recuperaba con mayor rapidez y podía contraerse más que con una EENM continua (39). Estas investigaciones concluyen que hay una relación de 1:2 o 1:3 siendo 10 segundos de estímulo y 20 de descanso en los cuales no hay estímulo; sin embargo esta relación se adaptará a la fase de rehabilitación en la que se encuentre el deportista (26, 36).

En cuanto a la intensidad, si nos encontramos frente a una lesión del sistema nervioso, lo ideal serán intensidades bajas, pero si por el contrario buscamos aumentar la fuerza muscular y generar contracciones más potentes, utilizaremos mayores intensidades. Para mitigar la situación de la fatiga, no hay investigaciones concluyentes (37).

Si hablamos de la colocación y tamaño de los electrodos, su dimensión influye en la cantidad de energía concentrada, cuanto más grandes sean los electrodos más dispersión habrá y cuanto más pequeños más concentración. Los electrodos que más se utilizan son los adhesivos que llevan una lámina de gel conductor, debido a su comodidad, seguridad y efectividad. La colocación es un tema que sigue estando en debate, la mayoría de artículos en los que se aborda una rehabilitación eligen colocar el electrodo directamente en el vientre muscular, sin embargo otros autores afirman que es mejor aplicarlos sobre el punto motor. Los fabricantes incluyen con la compra de sus dispositivos guías o tablas donde indican cual creen que es el lugar idóneo para la colocación del electrodo según el músculo a tratar (32).

Si analizamos el tiempo de aplicación, la mayoría de los estudios concluyen que lo más adecuado es aplicar alrededor de 30 minutos los TENS (28) y unos 20 minutos la EEMS (30), ya que el aumento de este tiempo origina fatiga a la hora de potenciar la fuerza muscular. Se ha demostrado que los programas cortos, de no más de 2,5 horas por semana, consiguen los resultados esperados, sin embargo, el aumento de esta exposición no ha demostrado que tenga resultados más positivos (25, 30, 36, 38, 39).

Los estudios que analizan los parámetros fisiológicos y/o bioquímicos obtenidos mediante analíticas son: Interleucina-6, Proteína C reactiva, testosterona, cortisol y creatina quinasa (24, 25, 28, 32). Otros fundamentan sus investigaciones en la descripción de biomarcadores físicos (26, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40). A pesar de la diversidad de análisis creemos que los estudios deben analizar los dos parámetros para poder cuantificar de forma objetiva la eficacia de la electroestimulación en deportistas.

El efecto de las técnicas empleadas de EENM produce tetania y contracción muscular, con lo que se consigue mejorar la fuerza, aumentar el rango de movimiento, curar el tejido dañado y disminuir la atrofia. Con respecto a los TENS, esta corriente circula a través de las fibras sensoriales más pequeñas logrando anular los impulsos dolorosos; de esta forma producimos analgesia y no ocasionamos ninguna contracción muscular (24, 28, 34). La aplicación de LFES en estos estudios debe realizarse al mismo tiempo que se realiza el gesto deportivo. Esta estimulación se pauta en las

últimas fases de la rehabilitación, antes de que el deportista pueda volver a realizar su actividad (31, 35).

En la revisión existen los estudios que muestran resultados positivos (24, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39) o no concluyentes (25, 29, 36, 40), pero nunca negativos, esto, unido a la no presencia de contraindicaciones ni reacciones adversas en ninguno de ellos, hace de la EENM una técnica fundamental para el fisioterapeuta deportivo. Debemos tener en cuenta que, si se aplica demasiada intensidad en tiempos muy prolongados y/o poco tiempo de descanso, se produce fatiga y puede producir daño muscular (29, 31).

Con la lectura, revisión e interpretación de los artículos que conforman este trabajo se establece que no existe uniformidad a la hora de generar un protocolo de intervención para la recuperación de los deportistas, lo que está claro es que en fases agudas debemos aplicar TENS. Y para devolver al deportista en las mejores condiciones a la competición deberemos utilizar EENM combinándola con su gesto deportivo. En esta fase de la rehabilitación será importante la comunicación con un licenciado de la actividad física y el deporte. Sin embargo, ante una posible pauta de aplicación de la electroterapia en deportistas, inicialmente se debe valor el objetivo a conseguir, el tipo de deporte y la clase de fibra que queremos estimular. En fases agudas, tras la realización de un esfuerzo físico, si lo que queremos es que el atleta prosiga sus entrenamientos de la mejor manera, aplicaremos TENS durante 20 minutos. En la fase de recuperación, si ha tenido una lesión y ha estado en un periodo de reposo o se encuentra inactivo con imposibilidad de cargar peso o realizar movimiento articular, aplicaremos EENM días alternos, comenzando con 5 minutos hasta llegar a los 20 minutos y de forma progresiva iremos subiendo la intensidad. En la fase de readaptación, cuando el atleta esté próximo a reincorporarse, aplicaremos LFES durante unos 25 minutos mientras realiza los gestos deportivos que sean necesarios en su disciplina.

## **9.- CONCLUSIÓN DE ARTÍCULOS**

1. Los resultados sugieren que la aplicación de TENS es una técnica de utilidad para tratar la debilidad muscular asociada con Dolor Muscular de Inicio Retardado (DOMS) y algia muscular.
2. La aplicación de LFES muestra cómo es la técnica más efectiva en las últimas fases de la recuperación y readaptación que permite la incorporación del deportista a su actividad habitual. Otra indicación es que logra mejorar el

rendimiento de atletas que no tengan lesiones y también muestra en fases agudas la disminución de la concentración de lactato en el músculo esquelético.

3. El entrenamiento con EENM, como estímulo nervioso, puede complementar o modificar la estructura del entrenamiento común y, por lo tanto, puede hacer que el deportista se reincorpore antes a su actividad y/o mejorar su rendimiento deportivo, incluso en atletas de alto nivel.
4. Podrían ser necesarias más investigaciones en deportistas desglosando la actividad y el tipo de fibra muscular a estimular, que permitan ampliar el conocimiento sobre la aplicación de electroterapia en la fisioterapia deportiva. Tal vez la Electromiografía (EMG) es una herramienta que permita valorar de manera objetiva y cuantificable los resultados obtenidos en electroterapia.

## 10.- BIBLIOGRAFÍA

- (1) Fisioterapia en Actividad Física y Deporte [Internet]. Aefi.net. 2018. Disponible en: <http://www.aefi.net/Subgrupos/AEFDAF.aspx>.
- (2) Gill N. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. *British Journal of Sports Medicine*. 2006; 40:260-263.
- (3) Raymond C. H. et cols. Effects of transcutaneous electrical acupoint stimulation on fatigue recovery of the quadricpes.
- (4) Córdoba Martiñez A. *Fisiología deportiva*. Madrid: Síntesis; 2013.
- (5) Shirreffs SM, Taylor AJ, Leiper JB, et al. Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and drink sodium content. *Med Sci Sports Exerc*. 1996;28(10):1260-71.
- (6) Jentjens R, Jeukendrup A. Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Med*. 2003;33(2): 117-44.
- (7) Juan Mielgo-Ayuso, Beatriz Maroto Sánchez, Raquel Luzardo-Socorro, Gonzalo Palacios, Nieves Palacios, Marcela González-Gross. Valoración del estado nutricional y del gasto energético en deportistas. *Rev Esp Nutr Comunitaria* 2015;21(Supl. 1):225-234
- (8) Davis JM, Murphy EA, Carmichael MD, et al. Curcumin effects on inflammation and performance recovery following eccentric exercise-induced muscle damage. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2007;292(6):R2168-73.
- (9) Akerstedt T, Nilsson PM. Sleep as restitution: an introduction. *J Intern Med*. 2003;254(1):6-12.
- (10) Cohen S, Doyle WJ, Alper CM, et al. Sleep habits and susceptibility to the common cold. *Arch Intern Med*. 2009; 169(1): 62-7.
- (11) Hammarlund C, Sundberg T. Hyperbaric oxygen reduced size of chronic leg ulcers: a randomized double blind study. *Plast Reconstr Surg* 1994; 93: 829-34.
- (12) Cafarelli E, Flint F. The role of Massage in preparation for recovery from exercise. *Sports Medicine* 14 (1): 1-9, 1992.
- (13) Cernych M, Satas A, Brazaitis M. Post-sauna recovery enhances brain neural network relaxation and improves cognitive economy in oddball tasks. *Int J Hyperthermia*. 2018 Oct 9:1-8.
- (14) J.T. Costello, P.R.A. Baker, G.M. Minett, F. Bieuzen, I.B. Stewart, C. Bleakley, Whole-body cryotherapy (extreme cold air exposure) for preventing and treating muscle soreness after exercise in adults, *Cochrane Database Syst. Rev.* (9) (2015).

- (15) Schechter DC. Origins of electrotherapy. I. N Y State J Med. 1971, 71: 997-1007. PubMed.
- (16) Basas A., Fernández de las Peñas, C., Martín, J. (2003). Tratamiento fisioterápico de rodilla. España: McGraw-Hill.
- (17) Seyri, M., Maffiuletti, N (2011) Effect of Electromyostimulation Training on Muscle Strength and Sports Performance Strength & Conditioning Journal. 33, (1), 70-75.
- (18) Mester, J. Speicher, U., Nowak, S., Schmithüsen, J & Kleinöder, H. (2010). Kurz- und langfristige Trainingseffekte durch mechanische und elektrische Stimulation auf kraftdiagnostische Parameter. In: Fischer, J. (Hrsg.), BISP Jahrbuch 2008/09. (103-115). Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- (19) Herrero, J; Peleteiro, J.; García, D.; Cuadrado, G.; Villa, J.G.; García, J. (2003) Análisis del entrenamiento pliométrico como trabajo de transferencia de la EENM muscular. Biomecánica, 10(2): 85-93.
- (20) Plaja, J. (1999) Guía práctica de electroterapia. Barcelona: Carin Electromedicarin, SA.
- (21) Pombo, M., Rodríguez, j., Bruñe, X & Requena, B. (2004) La electroestimulación entrenamiento y periodización. Barcelona: Paidotribo.
- (22) Boschetti, G. (2004) ¿Qué es la electroestimulación? teoría practica y metodología del entrenamiento. Barcelona: Paidotribo.
- (23) Pombo, M., Rodríguez, j., Bruñe, X & Requena, B. (2004) La electroestimulación entrenamiento y periodización. Barcelona: Paidotribo.
- (24) Matthew Finberg, Rebecca Braham, Carmel Goodman, Peter Gregory, and Peter Peeling. Effects of Electrostimulation Therapy on Recovery From Acute Team-Sport Activity. IJSPP. 2013, 8, 293-298.
- (25) Tessitore A, Meeusen R, Pagano R, Benvenuti C, Tiberi M, Capranica L (2008) Effectiveness of active versus passive recovery strategies after futsal games. J Strength Cond Res 22:1402-1416.
- (26) Billot M., Martín A., Paizis C., Cometti G., Babault N. (2010) Effects of an electrostimulation training program on strength, jumping and kicking capacities in soccer players. Journal of Strength and Conditioning Research 23, 1407-1411.
- (27) Filipovic A, Grau M, Kleinöder H, Zimmer P, Hollmann W, Bloch W. Effects of a Whole-Body Electrostimulation Program on Strength, Sprinting, Jumping, and Kicking Capacity in Elite Soccer Players. J Sports Sci Med. 2016 Dec 1;15(4):639-648.

- (28) C. Martyn Beaven, Christian Cook, David Gray, Paul Downes, Ian Murphy, Scott Drawer et al. Electrostimulation's Enhancement of Recovery During a Rugby Preseason. *IJSPP*. 2013, 8, 92-98.
- (29) Babault N., Cometti G., Bernardin M., Pousson M., Chatard J. (2007) Effects of electromyostimulation training on muscle strength and power of elite rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21, 431-437.
- (30) Malatesta D., Cattaneo F., Dugnani S., Maffiuletti N.A. (2003) Effects of electromyostimulation training and volleyball practice on jumping ability. *Journal of Strength and Conditioning Research* 17, 573-579 [PubMed].
- (31) Maffiuletti N., Dugnani S., Folz M., Di Pierno E., Mauro F. (2002) Effects of combined electrostimulation and plyometric training of vertical jump height. *Medicine Science and Sports Exercise* 34, 1638-1644.
- (32) Neric FB, Beam WC, Brown LE, Wiersma LD (2009) Comparison of swim recovery and muscle stimulation on lactate removal after sprint swimming. *J Strength Cond Res* 23:2560–2568.
- (33) Pichon F., Chatard J.C., Martin A., Cometti G. (1995) Electrical stimulation and swimming performance. *Medicine and Sciences of Sports Exercise* 27, 1671-1676 [PubMed].
- (34) Denegar CR, Perrin DH (1992) Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation, cold, and a combination treatment on pain, decreased range of motion, and strength loss associated with delayed onset muscle.
- (35) Emilio J. Martínez-López, Elisa Benito-Martínez, Fidel Hita-Contreras, Amador Lara-Sánchez, Antonio Martínez-Amat. Effects of Electrostimulation and Plyometric Training Program Combination on Jump Height in Teenage Athletes. *J Sports Sci Med*. 2012 Dec; 11(4): 727–735.
- (36) 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 of Sports and Exercise* 37, 455-460.
- (37) Deley G., Cometti C., Fatnassi A., Paizis C., Babault N.(2011) Effects of combined electromyostimulation and gymnastic training in prepubertal girls. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25 (2) 520-526.
- (38) 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, 677.
- (39) Maffiuletti N.A., Cometti G., Amiridis G., Martin A., Pousson M., Chatard J.C. (2000). The effects of the training and basketball practice on muscle strength

and jumping ability. *International Journal of Sports Medicine* 221, 437-443 [PubMed].

- (40) Heyman E, De Geus B, Mertens I, Meeusen R (2009). Effects of four recovery methods on repeated maximal rock climbing performance. *Med Sci Sports Exerc* 41:1303-1314.