

**TEMA 15: Electroestimulación Neuromuscular (NMES).
Parámetros, tipos de corriente y aplicación: estática,
dinámica y funcional. Metodología en la recuperación de
la fuerza y la función mediante NMES.**





Tema 15

Col·legi Oficial de Fisioterapeutes de la Comunitat Valenciana

Autores

Juan José Amer Cuenca y Pedro Rosado Calatayud

Revisado, actualizado y ampliado por: Jorge Alarcón Jiménez



Índice

1. ELECTROESTIMULACIÓN MUSCULAR.....	4
1.1. Principios generales de aplicación	5
1.2. Técnicas de las corrientes más utilizadas para el fortalecimiento muscular	8
1.3. Metodología	9
1.4. Contracciones relativas	10
BIBLIOGRAFÍA	11



1. ELECTROESTIMULACIÓN MUSCULAR

Por estimulación muscular o neuromuscular se entiende la provocación de una contracción de un músculo cuando aplicamos una corriente eléctrica al punto motor del músculo, o bien de un grupo de músculos cuando la corriente eléctrica se aplica al punto motor de un nervio.

En el campo de la electroterapia, la provocación artificial de contracciones musculares, se puede realizar a través de una corriente directa interrumpida o de una corriente alterna, según el tipo de contracción obtenida, podemos distinguir entre estimulación simple y múltiple. Una estimulación simple genera una contracción muscular simple; una estimulación múltiple genera una contracción tetánica del músculo. Las únicas formas de impulsos de interés para la estimulación muscular son el impulso rectangular y el triangular.

Los objetivos terapéuticos a conseguir, serán distintos en función de que pretendamos estimular músculos con inervación normal o bien músculos que presenten una denervación parcial a completa de las fibras musculares. Esta distinción entre musculatura normal y parcial o totalmente denervada, también va a ser importante a la hora de seleccionar los tipos de corrientes a utilizar.

Los objetivos fisioterapéuticos a conseguir a través de la electroterapia, pueden ser algunos de los enumerados a continuación:

- Tonificación de la musculatura.
- Elongación muscular con aumento del alcance de los movimientos.
- Mejora del riego sanguíneo.
- Relajación de la musculatura.
- Recuperación de la sensibilidad muscular en zonas corporales sometidas a la cirugía.
- Obtención de información de la excitabilidad eléctrica de las fibras nerviosas motoras y del tejido muscular.
- Prevención de la atrofia y prevención de la fibrosis del tejido muscular.

La curva I/t (Intensidad/tiempo).

El objetivo diagnóstico de la estimulación muscular es la obtención de información sobre la medida de excitabilidad del aparato neuromuscular, esta información nos puede indicar la normalidad o el grado de denervación del tejido muscular. Para realizar el electrodiagnóstico de estimulación, utilizamos un sistema de exploración neuromuscular denominado “**curvas intensidad/tiempo**”.

Las curvas intensidad/ tiempo, consisten en el registro en un sistema gráfico con abscisas que expresan tiempos en milisegundos y ordenadas que expresan los valores mínimos de las intensidades (mA) que cada impulso debe tener, según su duración de fase, para producir la contracción del sistema neuromuscular explorado. Estos estudios se pueden realizar utilizando impulsos rectangulares o triangulares, en resumen las curvas I/t es un método basado en el principio de la reciprocidad entre la intensidad (mA) y el tiempo de paso de la corriente (mseg).



El fortalecimiento muscular con fines terapéuticos constituye una forma de tratamiento usual en fisioterapia. Suele aplicarse con la finalidad de:

- Aumentar la fuerza muscular para mejorar la estabilidad (activa) de una articulación.
- Recuperar la fuerza muscular. La fuerza muscular es en principio normal pero hay casos en que ésta no puede usarse adecuadamente (lesiones musculares, fracturas).
- Incrementar la fuerza muscular con miras a lograr un mayor y mejor rendimiento físico, por ejemplo en los deportistas.

Se ha demostrado que la fuerza muscular puede incrementarse bajo los efectos de la excitación eléctrica. En personas sanas, el incremento no es superior a aquel logrado a través de ejercicios físicos, pero en el caso de personas de musculatura débil, la fuerza muscular aumenta más rápidamente que con el entrenamiento muscular convencional.

Este fenómeno se explica por el hecho de que todas las unidades motrices pueden, en principio, ser activadas por excitación eléctrica, lo cual constituye a la vez uno de los factores de riesgo a ser tenidas en cuenta.

En el ámbito de la fisioterapia, es común hablar de musculatura tónica y fásica. En este contexto sería preferible hablar de unidades motrices tónicas y fásicas.

UNIDADES MOTORAS	
UNIDADES MOTRICES TÓNICAS	UNIDADES MOTRICES FÁSICAS
Fibras musculares rojas	Fibras musculares blancas
Filogenéticamente más viejas	Filogenéticamente más jóvenes
Capilaridad óptima	Capilaridad no tan buena
Inervación por neuronas A \surd 2	Inervación por neuronas A \surd 1
Frecuencia tetánica baja 20 - 30 Hz	Frecuencia tetánica alta 50 - 150 Hz
Se fatigan despacio	Se fatigan con rapidez
Fibras estáticas	Fibras dinámicas

1.1. Principios generales de aplicación

Tanto para realizar una curva I/t de diagnóstico, como para el caso terapéutico, los principios que rigen esta técnica son:

- Para conseguir un resultado óptimo se debe intentar una contracción tetánica máxima del músculo, sin que haya aparición de dolor.
- La aparición de dolor tras la sesión implica que ha habido algún daño tisular, por lo que la dosis se debe disminuir.



- La aparición temprana de fatiga impedirá que el músculo presente una respuesta óptima a la estimulación, y no se producirá el efecto deseado, por ello la contracción no debe ser demasiado prolongada y las pausas deben ser largas para permitir la recuperación del músculo.
- Nos debemos guiar por la sensación del paciente para proporcionarle la intensidad necesaria.
- A la terapia excitomotora debemos añadir terapias físicas ordinarias para conseguir un fortalecimiento completo de la musculatura afectada.

Forma del impulso. Pulsos bifásicos compensados ya que presentan una tolerancia y eficacia muy superior a la de los pulsos monofásicos de baja frecuencia. No producen efectos polares. La forma del impulso utilizada es rectangular (ascenso brusco) ya que es la más indicada al evitar el fenómeno de la acomodación (elevación del umbral de excitación muscular directamente proporcional a lo progresiva de la instauración del estímulo). Estos estímulos provocan contracciones enérgicas pero con escasa molestia incluso en músculos grandes como el cuádriceps. (Coarasa A, Moros T, Marco C et al. 2001).

Duración del impulso. Se utilizan impulsos de muy corta duración (μs) ya que minimizan la electroforesis y son más agradables. La duración del impulso está relacionada con el diámetro de la terminación nerviosa que va a ser estimulada. Las motoneuronas A- α (responsables de la contracción muscular) tienen un diámetro de 12-20 μm . La duración de impulso más adecuada para conseguir una óptima contracción muscular al estimular estas fibras ha sido determinada entre 200-500 μs .

Frecuencia. Es el parámetro más importante, ya que determina la naturaleza y el ritmo de respuesta muscular que se obtiene con la estimulación eléctrica. Con la estimulación eléctrica se puede influir selectivamente para contraer un tipo u otro de fibras, adaptando las frecuencias de estimulación a las frecuencias fisiológicas de contracción de cada tipo de fibras. Por tanto se puede modificar el comportamiento muscular para ganar resistencia, incrementando la capacidad oxidativa del músculo, o bien la fuerza: incrementando el volumen de las proteínas contráctiles que componen las fibras.

Con la estimulación a frecuencias bajas se aumenta la capilaridad que prepara al músculo para un trabajo aeróbico, con lo que eleva su resistencia (enrojecimiento de las fibras musculares). A frecuencias altas se aumenta la capacidad anaeróbica, y la efectividad al trabajo en potencia y en velocidad (emblanquecimiento de las fibras). Los pulsos muy separados (\approx 1-5 Hz) producen contracciones bruscas y aisladas. Entre 5-10 Hz: las contracciones llegan a superponerse parcialmente, es la llamada vibración muscular. A frecuencias mayores: se fusionan las contracciones obteniéndose una contracción prolongada y estable de todas las unidades motoras en el fenómeno conocido como tetanización (sobre 50 Hz). Por tanto en la estimulación eléctrica cuanto más alta es la frecuencia a la que estimulamos un músculo, mayor es la fuerza desarrollada, la cantidad de trabajo, la velocidad de contracción, la potencia máxima, pero también la fatiga muscular. Por todo ello y teniendo en cuenta la posibilidad de modificación de las unidades motoras y la capacidad de activar secuencialmente los diversos tipos de unidad motora mediante estimulación eléctrica se ha determinado que las frecuencias entre 33 y 40 Hz son las que consiguen activar de forma general todos los tipos de fibras al unísono. A su vez al no producir la máxima tetanización, que se produciría a partir de los 50 Hz, se evita la fatiga y la sobrecarga de los músculos atroficos.



Trenes de impulso. La aplicación de estímulos eléctricos con el fin de provocar contracciones musculares a frecuencia tetanizante debe ser interrumpida intermitentemente para permitir el descanso de la musculatura. El objetivo es obtener un trabajo muscular lo más fisiológico posible. El tren de impulso consta de:

- *Tiempo de trabajo:* aquel en el que la estimulación eléctrica producirá la contracción muscular. Este tiempo es de duración variable según el tipo de trabajo que queramos que realice la musculatura.
- *Rampa de subida o de instauración:* la intensidad se modula ascendiendo progresivamente hasta el nivel escogido (mA), de forma que la contracción es más fisiológica al no instaurarse bruscamente. Se relaciona con la duración del tiempo de trabajo soliendo durar entre un 10-20% del mismo.
- *Rampa de bajada:* en ella, progresivamente, la intensidad desciende hasta 0. Puede ser un tiempo más corto (acorde a la fisiología de la contracción) que el de subida.
- *Tiempo de Reposo:* tiempo en el que la musculatura descansará entre dos contracciones.

Estará también en función del tipo de trabajo que queramos desarrollar. Al tratarse de un programa para aumentar el tono en músculos débiles este tiempo ha de ser como mínimo de la misma duración que el tiempo de trabajo.

Colocación de los electrodos:

- Longitudinal, no transversal, con respecto a la dirección de las fibras del vientre muscular, un electrodo proximal cerca del origen del músculo y el otro distal cerca de la inserción, generalmente es indiferente colocar el negativo proximal y positivo distal porque se suelen utilizar corrientes compensadas. Pero se puede determinar colocar el negativo proximal más cercano al punto motor elegido y positivo distal.
- Electrodo negativo (más pequeño que el positivo), lo situamos sobre el punto de estimulación motor y el positivo a lo largo del músculo. Esta técnica es aconsejable para músculos pequeños.

Por tanto modificando los apartados anteriormente expuestos podemos diseñar un protocolo de electroestimulación muscular específicos según objetivos:

Objetivo	Anchura impulso	Frecuencia	Tiempo de contracción	Tiempo de reposo	Tiempo de tratamiento
Calentamiento	200-400 μ s	1-10 Hz	----	----	5'
Resistencia aeróbica	200-400 μ s	10-20 Hz	7-10"	2-5"	30-45'
Fuerza resistencia	200-350 μ s	40-70 Hz	5-8"	4-8"	15-25'
Fuerza máxima	200-300 μ s	70-120 Hz	2-6"	10-35"	8-15'
Fuerza explosiva	150-300 μ s	90-150 Hz	1-5"	10-35"	8-15'



1.2. Técnicas de las corrientes más utilizadas para el fortalecimiento muscular

Elección de corrientes alternas moduladas y no moduladas.

El criterio de selección de la corriente depende de los objetivos que se pretende alcanzar en el tratamiento de fortalecimiento muscular por medio de la electricidad.

- Fortalecimiento sin alterar la composición de la fibra muscular.
Debe utilizarse la corriente alterna no modulada con una frecuencia entre los 2 y los 3 kHz o corrientes tipo TENS con pulso bifásico simétrico con duración de fase de 0,2 a 0,3 mseg.
- Estimulación Rusa o Corriente de Kots.
 - Corriente alterna interrumpida.
 - Frecuencia de la onda portadora 2500 Hz.
 - Frecuencia de ráfaga 50 Hz.
 - Duración total tren de impulsos 20 mseg.
 - Relación ráfaga/intervalo de pausa 1:1.
- Corriente de frecuencia baja tipo TENS.
 - Impulso rectangular, bifásico simétrico con un valor medio igual a cero.
 - Duración del impulso de 0,2 a 0,3 mseg.
 - Frecuencia del impulso de 50 Hz.
- Corriente Interferencial.
 - Corriente alterna de frecuencia media.
 - Frecuencia portadora de 2.000 a 3.000 Hz.
 - Amplitud máxima de frecuencia AMF=0 Hz.
 - Terapia interferencial bipolar.
- Fortalecimiento para modificar la composición de la fibra muscular.

Deben utilizarse corrientes alternas moduladas de la misma frecuencia o más elevada, alrededor de los 4000 Hz, como por ejemplo la corriente interferencial y el uso de la AMF.

Por lo tanto, para transformar las fibras musculares en fibras de contracción lenta deberá usarse una frecuencia de aproximadamente 20 Hz (AMF= 20 Hz); para transformarlas en fibras de contracción rápida se utilizará una frecuencia de aproximadamente 150 Hz (AMF= 150 Hz).

- Corriente Interferencial.
 - Corriente alterna modulada.
 - Frecuencia portadora de 2.000 a 4.000 Hz.
 - AMF de 20 Hz entrenamiento selectivo de las unidades motoras tónicas.
 - AMF de 80 a 150 Hz entrenamiento selectivo de las unidades motoras fásicas.



- Corriente de frecuencia baja tipo TENS.
 - Impulso rectangular, bifásico simétrico con un valor medio igual a cero.
 - Duración del impulso de 0,2 a 0,3 mseg.
 - Entrenamiento de tejidos musculares con predominio tónico 5 Hz + 20 a 30 Hz.
 - Entrenamiento de tejidos musculares con predominio fásico 10 Hz + 80 a 100 Hz.

1.3. Metodología

Podremos trabajar con los siguientes métodos:

- Ciclos de un minuto.

Trabajamos con ciclos de un minuto, los cuales están divididos de la siguiente manera:

- Durante los primeros 10 segundos la amplitud de la corriente eléctrica se aumenta considerablemente, provocando una fuerte contracción que produce una tensión a duras penas soportable, pero que no llega a causar dolor.
- Durante los próximos 20 segundos, se mantiene esta contracción. En caso de que la tensión en el músculo disminuya durante este lapso de tiempo (adaptación) deberá aumentarse la amplitud de la corriente.
- Durante los últimos 30 segundos, se concede reposo al paciente.

Cada sesión constará de unas 15 a 20 contracciones, es decir que su duración será de unos 15 a 20 minutos. El tratamiento puede llevarse a cabo diariamente y como mínimo tres veces por semana.

- Máxima contracción resistida.
- Ordenamos al paciente previo entrenamiento de la técnica, que realice la máxima contracción del músculo a la cual nosotros oponemos máxima resistencia. Al llegar a la máxima contracción posible, se mantiene esta y hacemos pasar la corriente eléctrica durante 10 segundos por el vientre del músculo, lo cual va a producir un aumento del volumen del músculo así como de su dureza.
- Pasado los 10 segundos, bajamos la amplitud a 0 mA y permitimos un descanso de cincuenta segundos.
- Este ciclo lo repetimos diez veces, obteniéndose de esta forma diez contracciones máximas al paso de la corriente, una vez realizadas estas suspendemos el tratamiento.
- A medida que aumente la capacidad del músculo, aumentaremos el número de contracciones, suspendiéndose el tratamiento por sesión al llegar como máximo a las veinte contracciones.



1.4. Contracciones relativas

- Lesiones musculares, tendomiosis, tendinitis.
- Desórdenes articulares agudos, como artritis y bursitis, en combinación con calor y afectación funcional.
- Tejidos no consolidados, tales como fracturas, y roturas de músculos y de ligamentos.
- Ciertas formas de espasticidad.
- Ciertas formas de miopatías.



BIBLIOGRAFÍA

Albornoz, M. Meroño, J. Procedimientos generales en fisioterapia. Elsevier, Barcelona, 2012.

Albornoz, M. Maya, J. Toledo, JV. Electroterapia Práctica. Elsevier, Barcelona, 2016.

Rioja, J.: Electroterapia y electrodiagnóstico. Universidad de Valladolid. Valladolid, 1993.

Rodríguez, J.M. Electroterapia en fisioterapia. Editorial Médica Panamericana. Madrid 2004.

Plaja, J. Guía Práctica de Electroterapia. Electromedicarín, Barcelona. 1999.

Watson T. López Collado E. Electroterapia: práctica basada en la evidencia. 1ª ed. Amsterdam. Elsevier. 2009.