

CAPITULO 13 – PRINCIPIOS FISIOLÓGICOS Y APLICACION DE LA ELECTROESTIMULACION (por el Dr. Rubén Argemí)

Introducción

La electroestimulación es la técnica que utiliza la corriente eléctrica, para provocar una estimulación muscular que desencadene una contracción muscular. En las personas normalmente inervadas el impulso eléctrico del nervio motor estimula la fibra muscular, y sólo necesitará una cantidad muy pequeña de energía eléctrica para conseguir un estímulo eficaz.

Se tiene conocimiento desde épocas muy antiguas, de la existencia de corrientes naturales y de la electricidad, aunque no llegó a descubrirse y denominarse como tal hasta el año 1600 por el físico William Gilbert. Es en el siglo XVIII, cuando la electroestimulación comienza a utilizarse como método terapéutico, de forma previa a que los pacientes pudieran hacer ejercicios voluntarios, para el tratamiento de parálisis y para la prevención y/o restauración de las funciones musculares. Se considera que fue Luigi Galvani, en 1791, el primer autor que aplicó una corriente eléctrica con el fin de contraer la musculatura. Otras referencias consideran que fue Jallabert (1750) el primero en utilizar la electro estimulación, reeducando un músculo paralizado con la utilización de electricidad y escribiendo el primer libro de electroterapia.

Posteriormente, en 1833, Duchenne de Boulogne descubrió la manera de estimular eléctricamente un músculo sin incidir necesariamente en la piel, siendo el primer autor en utilizar la estimulación transcutánea mediante la aplicación de electrodos de superficie. Recién en 1970, Y.M. Kots utiliza por primera vez la electro estimulación como complemento de los métodos tradicionales de trabajo de la fuerza muscular en el entrenamiento del atleta olímpico Borzoy, posteriormente campeón olímpico en 1972 de 100 mts. en atletismo. Para la interpretación de la metodología y beneficios de la electroestimulación hay que hacer un breve repaso de las características de las ondas eléctricas y su relación con la neurofisiología muscular.

Corrientes eléctricas

Las corrientes eléctricas pueden ser de diferentes características y magnitud, pero para la adecuada aplicación al campo terapéutico y del entrenamiento se requiere de estructura que la transformen en efectivas sin producir efectos adversos.

Los electroestimuladores son generadores de corriente eléctrica que pasa a través de la piel y cuando llegan al nervio o músculo le generan un potencial eléctrico en su membrana (potencial de acción) que desencadenará la contracción. Al paso por la piel, produce cambios que se traducen en posible polarización (los iones extracelulares son atraídos por los polos opuestos) y cambios que producen aumento a la resistencia al paso de la corriente. Para evitar la polarización de la piel (quemadura) producida por las corrientes continuas los nuevos electroestimuladores presentan una onda eléctrica Rectangular, Bifásica, Simétrica, Compensada. Que significa que va variando el polo positivo y el negativo de un lado hacia el otro, continuamente, determinando que la intensidad sea siempre la misma, solo que cambia desde y hacia donde migra la corriente. Estos tipos de corriente son descendientes de las famosas corrientes rusas, por lo que representa una nueva generación que supera en sus efectos y limita sus efectos adversos a las anteriores. Las características de la corriente emitida modificaran totalmente sus efectos a nivel muscular.

Las características de la onda que hay que tener en cuenta son:

Tipo: Rectangular, Bifásica, Simétrica, Compensada.

Duración: cuantos milisegundos dura el estímulo. Es de fundamental importancia para evitar la estimulación de los receptores del dolor que habitualmente tiende un umbral de excitación mayor.

Frecuencia: la cantidad de estímulos que genera un aparato (o el cerebro) por segundos y que recibe el nombre de Hertz. La frecuencia de estimulación modifica el tipo de fibra muscular reclutado. (I, IIa, IIb).

Pausa: la relación entre duración del estímulo y duración de la pausa da el concepto de densidad. La densidad marca las características del objetivo de entrenamiento. Alta densidad (mucho tiempo y poca pausa) para trabajos de hipertrofia y/o resistencia muscular. Baja densidad para trabajos de fuerza máxima y explosiva. (Poco tiempo y mucha pausa).

Intensidad: la magnitud de la carga que se mide en miliAmperes y es habitualmente lo que debe manejar el operador. A mayor intensidad mayor número de unidades motoras reclutadas. El tiempo que tarda el emisor en llegar a su máxima intensidad se mide en microsegundos y es clave para que la estimulación sea de calidad y sin efectos estimulación dolorosa.

Debemos utilizar un aparato de baja frecuencia (de 1 a 120 impulsos por segundo -Hz-) que nos asegure una contracción muscular potente, visible y fisiológica, exenta de sensaciones eléctricas desagradables y que no produzca irritaciones o quemaduras en la piel como pueden llegar a hacer algunos aparatos. Los estimuladores musculares pueden tener de uno a cuatro canales (o vías de salida de la corriente). Cuantos más canales tenga nuestro aparato, mayor será el número de grupos musculares que podremos a tratar, sobre todo si el aparato es capaz de ejecutar dos programas distintos al mismo tiempo.

Neurofisiología muscular

El movimiento se inicia a partir de una orden nerviosa. Que es una corriente eléctrica que se transmite a alta velocidad a través de los tejidos nerviosos y musculares. (Potencial de acción) La corriente eléctrica se produce por la diferente concentración de iones (sobre todo Sodio y Potasio) a cada lado de la membrana muscular. Los músculos están formados por células llamadas fibras musculares que tienen en su interior proteínas especiales que ante determinados estímulos cambian su estructura molecular, modificando su relación en el espacio, lo que acorta la longitud del músculo. (Contracción muscular)

Una alfa motoneurona y las fibras por esta inervadas forman las unidades motoras. Que es la unidad neural de control de la contracción. Todas las fibras de una misma motoneurona presentan las mismas características biomecánicas y fisiológicas. Y trabajan bajo la ley del todo o nada. Se contraen todas o ninguna. Se definen tres tipos principales de fibras musculares esqueléticas.

Tipo I, lenta, roja u oxidativa,
Tipo IIa intermedia glicolítica oxidativa o resistente a la fatiga, y
IIb blanca, fatigable o glicolítica.

Existe un tipo IIc pero que no tiene gran importancia en el concepto de entrenamiento. Cada fibra es inervada por un axón simple, una motoneurona tiene cien o más axones. Una simple motoneurona con todas las fibras que inerva se denomina unidad motora. A medida que la señal del cerebro que produce la contracción aumenta, se reclutan más motoneuronas y aumenta la frecuencia de disparo de esas unidades motoras reclutadas. Aún durante la contracción máxima voluntaria, no se activan todas las unidades motoras de un músculo. Tanto las fibras nerviosas tienen un potencial de membrana en reposo, que al ser estimuladas genera un potencial de acción (estímulo). Como las células nerviosas tienen un potencial de reposo menor que las musculares al recibir estimulación externa (electroestimulación), las células nerviosas responden antes y a su vez desencadenan la respuesta muscular antes de que el músculo sea excitado por la fuente externa. Esto explica porque la electroestimulación muscular en realidad es una estimulación nerviosa y el músculo no puede diferenciar la estimulación producida por el cerebro de la producida en forma artificial. Nos da la ventaja que nos permite realizar un gran reclutamiento periférico sin tener el cerebro totalmente entrenado

para ello. Como desventaja tiene que el cerebro debe ser entrenado posterior al proceso de electroestimulación o en otra sesión. Por lo que la electroestimulación no se puede usar como único sistema de estimulación, sino como apoyo del proceso de entrenamiento o rehabilitación.

Reclutamiento de fibras musculares

Hay que tener algunos conocimientos en cuenta:

El tipo de fibra se estimula de acuerdo a la frecuencia de estímulo producido. (Hertz) La característica del esfuerzo se realiza de acuerdo a la densidad del estímulo (relación duración de la contracción/duración de la pausa). Alta densidad para ejercicios de resistencia a la fuerza o de hipertrofia; baja densidad para ejercicios de fuerza máxima o explosiva. La duración de la estimulación que debe estar de acuerdo a cada fibra (cronaxia) y nunca ser menor a 200 milisegundos.

La Potenciación

El fenómeno de potenciación de la fibra muscular consiste en un aumento de la capacidad de tensión muscular en respuesta a una excitación muscular previa. Las fibras de un músculo potenciado aumentan el grado de fuerza desarrollado, y es un proceso que dura alrededor de 10-15 minutos. Se produce más en fibras rápidas que lentas y se asocia a un aumento de la fuerza en contracciones tanto concéntricas como excéntricas.

Hay diferentes formas de producir potenciación:

Contracción tetánica voluntaria, contracción electroinducida tetánica o contracción repetida de baja frecuencia.

De estas tres condiciones cada una tiene ventajas y desventajas. La primera genera estimulación cerebral con su reclutamiento pero produciendo fatiga, a veces problemática pre competencia. La segunda genera fatiga periférica, mientras que la tercera no produce fatiga ni central ni periférica. La potenciación tiene un mecanismo bioquímico por el cual se produce un remanente de calcio intra citoplasmático post esfuerzo, que produce una fosforilación de la cadena liviana de miosina (fracción RLC) lo que hace que al recibir una siguiente estimulación eléctrica haya más puentes de actina-miosina activados con el consiguiente aumento de fuerza. Este fenómeno de potenciación es el que permite la transferencia periférica posterior. También hay una transferencia de la activación del sistema nervioso central, donde la electroestimulación no participa.

Beneficios de la electroestimulación en el deporte

Hay gran variabilidad de la influencia de diferentes programas de entrenamiento y rehabilitación con estimulación eléctrica neuromuscular en estudiantes de educación física, pacientes y deportistas.

Algunos beneficios los que se obtuvieron se expresan a continuación:

- Facilitar la recuperación del músculo fatigado después de la competición, o de un entrenamiento intenso.
- Incrementar la fuerza, la fuerza explosiva, la fuerza-resistencia y la resistencia aeróbica, al efectuar una actuación selectiva de los distintos tipos de fibras musculares.
- Hacer un intenso trabajo muscular, exento de fatiga psiconeurológica y estrés general.
- Desarrollar una red de capilares alrededor de las fibras rápidas, con un aumento y una mejora sustancial de la microcirculación sanguínea del músculo.
- Un aumento de la masa mitocondrial.

- Reclutar de una cantidad de fibras musculares superior a las que se obtendrían con algún tipo concreto de contracción voluntaria.
- Producir transferencia de fibras musculares lentas a rápidas o evitar la transferencia a fibras musculares lentas durante procesos de lesión o inmovilización que no permiten realizar esfuerzos de alta intensidad.
- Aumentar el consumo de grasa.
- Producir aumento de la tensión sobre estructuras tendinosas dañadas que fortalezcan el tendón en tratamiento y prevención de tendinopatías.

Posibilidades de Uso

Utilización como método de recuperación muscular postesfuerzo. Preactivación y potenciación previa a esfuerzos máximos. Estimulación de músculos selectivos en la terapéutica de patologías o fortalecimiento de músculos limitantes de esfuerzos máximos. Trabajo en el momento de esfuerzo isométrico en el fortalecimiento de estructuras tendinosas. Máximo reclutamiento y ganancia de fuerza en grupos musculares principales. Tonificación, remodelamiento o hipertrofia de grupos musculares. Relajación de músculos hipertónicos por fatiga o contractura.

Metodología de la electroestimulación muscular

Se puede utilizar antes, durante o después del proceso de entrenamiento deportivo. Puede ser utilizado como único método de trabajo muscular. Puede ser utilizado como medio de potenciación y posterior transferencia al trabajo muscular clásico. Hay también métodos combinados. Puede combinarse con esfuerzos isométricos, contracciones concéntricas y excéntricas.

Utilización como único método: se puede utilizar como único método para la recuperación muscular post esfuerzo, para la relajación de un músculo contracturado, para el desarrollo de fuerza en un grupo muscular como proceso de entrenamiento y/o rehabilitación. Si bien hay muchas formas de hacerlo, en trabajos de fuerza explosiva o máxima se recomienda realizarlo con la articulación fija sin desplazamiento del miembro. Si bien el desplazamiento del miembro es posible esto suele ser más doloroso y presenta mayor riesgo de patología articular posterior.

Método previo a trabajos tradicionales: este suele utilizarse como método de potenciación para la transferencia posterior. En general se utiliza estimulación de fuerza máxima y/o explosiva. Entre 3 y 15 minutos después debe realizarse el entrenamiento dinámico para aprovechar la mayor capacidad tensional del músculo.

Método combinado: se utiliza junto a trabajo muscular concéntrico, isométrico o excéntrico.

Junto con trabajo isométrico: es la metodología que produce mayor aumento de fuerza de la musculatura estimulada. Se solicita que el atleta realice un trabajo muscular máximo antes de que comience la estimulación eléctrica. Este método genera gran nivel de fuerza y reclutamiento. Puede ser utilizado para estimulación de la estructura tendinosa tanto en forma preventiva o de tratamiento de tendinopatías.

Junto con trabajo concéntrico: se realiza la fuerza concéntrica inmediatamente antes de la electroestimulación. Permite generar mayores niveles de fuerza, y mayor nivel de reclutamiento aumentando la coordinación intramuscular. (Sincronización). Tanto en cadena cinemática cerrada como abierta.

Junto con trabajo excéntrico: se realiza electroestimulación en el momento del ejercicio excéntrico. Es un método recomendado para las últimas etapas de la rehabilitación sobre todo

de lesiones musculares. Creo que debe ser utilizado a alta intensidad solo con atletas de alto rendimiento.

Contraindicaciones:

Las corrientes de baja frecuencia, a diferencia de las de media y alta frecuencia, presentan un número de contraindicaciones no excesivamente alto, por lo que es una técnica muy recomendable, si se siguen las indicaciones provenientes de un médico, fisioterapeuta, preparador físico, o en su defecto después de haber leído detenidamente las instrucciones que todo sistema debe acompañar.

De todas formas no se recomienda utilizar en personas con:

- ***Marcapasos.***
- ***Tumores y metástasis***
- ***Trombosis, tromboflebitis y varices***
- ***Diabetes***
- ***Epilepsia***
- ***Alteraciones de la sensibilidad***

No utilizar:

- ***En el seno carotídeo (cuello).***
- ***En procesos hemorrágicos.***
- ***En estados febriles y/o infecciosos.***
- ***En el abdomen en mujeres embarazadas.***
- ***En personas hipersensibles o muy nerviosas.***
- ***En niños prepúberes.***

Conclusión

Como todo método de entrenamiento y/o rehabilitación solo será eficaz si la programación de las cargas es la adecuada para cada objetivo. La electroestimulación muscular debe utilizarse como un método accesorio del entrenamiento deportivo o de rehabilitación y no como único método. Solo la racional utilización, producirá los objetivos esperados.