

Universidad Inca Garcilaso De La Vega

Facultad de Tecnología Médica

Carrera de Terapia Física y Rehabilitación



ELECTROTERAPIA EN FORTALECIMIENTO MUSCULAR

Trabajo de Suficiencia Profesional

Para optar por el Título Profesional

ADVINCULA CRUZ, Luz

Asesor:

Lic. MORALES MARTÍNEZ, Marx Engels

Lima – Perú

junio - 2018



**ELECTROTERAPIA PARA EL
FORTALECIMIENTO MUSCULAR**



DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mi amado esposo por ser el apoyo incondicional todo este proceso, por su comprensión y su amor.

A mi hijo Joseluis por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y ser un ejemplo para él.

A mis hermanas, hermanos, amigos y docentes presentes, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas y todas aquellas personas que durante estos años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

AGRADECIMIENTO

Primero que nada, agradezco a Dios que siempre está presente conmigo, a mis padres, a mi esposo, mi hijo, por el apoyo y comprensión que me brindaron durante el recorrido que me llevó a realizar el presente trabajo.

También agradezco a mi casa de estudios la universidad Inca Garcilaso de la Vega y sus autoridades respectivas y a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado, en especial a mi asesor Lic. Marx Morales Martínez por guiarme en el presente proyecto.



RESUMEN

La electroestimulación muscular es la utilización de la corriente eléctrica con fines terapéuticos. Se denominan corrientes electro-estimulantes a aquellas que provocan contracciones en el sistema músculo esquelético, por estimulación directa de las fibras eferentes motoras, en un tronco nervioso o en un punto motor del músculo. En esta revisión bibliográfica sobre la eficacia de la electroestimulación neuromuscular (EENM) en diferentes pacientes se redacta un marco teórico donde se expone el funcionamiento, los diferentes métodos de empleo y el efecto en el organismo de la utilización de la electroestimulación. También se añade un análisis de la eficacia en la utilización de EENM a partir del estudio de diferentes artículos encontrados en los motores de búsqueda SCIELO, PUBMED, GOOGLE ACADÉMICO y ELSEVIER. Con los resultados obtenidos se demuestra que el uso de la EENM tiene significación estadística. Para lograr el objetivo de una electroestimulación para fortalecimiento muscular es muy importante, primeramente, seleccionar bien los parámetros de la corriente; en segundo lugar, el método o técnica a utilizar, por último, no menos importante, adaptar estos parámetros a las características anatómicas fisiológicas del músculo a estimular. Sin embargo, en la discusión se propone para futuras investigaciones un estudio más exhaustivo, donde se argumente mejor la frecuencia utilizada y una mención más completa de los parámetros eléctricos.

Palabras claves: Electroterapia, fortalecimiento, electroestimulación, contracción muscular, Terapia física.

ABSTRACT

Muscular electrostimulation is the use of electric current for therapeutic purposes. Electro-stimulant currents are called those that cause contractions in the skeletal muscle system, by direct stimulation of the efferent motor fibers, in a nerve trunk or in a muscle motor point. In this bibliographical review on the effectiveness of neuromuscular electrostimulation (NMES) in different patients, a theoretical framework is written where the functioning, the different methods of use and the effect on the organism of the use of electrostimulation are exposed. An analysis of the effectiveness in the use of NMES is also added from the study of different articles found in the search engines SCIELO, PUBMED, GOOGLE ACADÉMICO and ELSEVIER. The results show that the use of NMES has statistical. To achieve the goal of electrostimulation for muscle strengthening it is very important, first of all, to select the parameters of the current well; Secondly, the method or technique to be used, finally, no less important, adapt these parameters to the anatomico-physiological characteristics of the muscle to be stimulated. However, in the discussion a more exhaustive study is proposed for future research, where the frequency used and a more complete mention of the electrical parameters are better argued.

Keywords: Electrotherapy, strengthening, electrostimulation, muscle contraction, physical therapy.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	¡E
rror! Marcador no definido.	
CAPÍTULO I: ELECTROTERAPIA.....	3
1.1. Historia	3
1.2. Definición	4
1.3. Términos importantes sobre la electricidad.....	5
1.3.1. Electricidad.....	5
1.3.2. Diferencia del potencial.....	5
1.3.3. Voltaje.....	5
1.3.4. Amperio.....	5
1.3.5. Intensidad.....	6
1.3.6. Resistencia eléctrica.....	6
1.3.7. Trabajo.....	6
1.3.8. Potencia.....	6
1.3.9. Impedancia.....	6
1.3.10. Densidad de energía.....	7
1.3.11. Densidad de potencia.....	7
1.3.12. Ciclo de periodo.....	7
1.3.13. Frecuencia.....	7
1.4. Clasificación la electroterapia según su frecuencia y su relación con el efecto biológico.....	8
1.4.1. Cambios químicos.....	8
1.4.2. Influencia sensitiva.....	8
1.4.3. Influencia motora.....	8

1.4.4. Relajación muscular.....	8
1.4.5. Influencia en la regulación hística.....	9
1.4.6. Efectos térmicos.....	9
CAPÍTULO II: ELECTROESTIMULACIÓN MUSCULAR.....	10
2.1. Definición	10
2.2. Tipos de corriente estimulante.....	11
<u>2.2.1. Corriente farádica</u>	<u>11</u>
2.2.2. Interrumpidas galvánicas.....	11
2.2.3. Corriente exponencial.....	12
2.2.4. Corriente alterna.....	13
2.3. Tecnicas de aplicación.....	14
2.3.1. Estimulación unipolar.....	14
2.3.2. Estimulación bipolar.....	14
2.3.3. Estimulación de grupos musculares.....	15
2.4. Aplicación según el músculo inervado y denervado.....	15
2.4.1. Músculo inervado.....	15
2.4.2. Músculo denervado.....	16
2.5. Reacciones cutáneas de la piel, en la región bajo los electrodos.....	18
2.6. Objetivos.....	19
2.7. Efectos biofísicos de estimulación muscular.....	19
2.8. Frecuencia de estimulación.....	22
2.8.1. Efectos de la frecuencia sobre la fibra muscular.....	22
2.9. Fisiología de la electroestimulación.....	26
2.9.1. Potencia de membrana en reposo.....	26
2.9.2. Fenómeno de despolarización.....	26

2.9.3. Potencial de acción.....	26
2.9.4. Fenómeno de despolarización.....	26
2.9.5. Periodo de refractario absoluto.....	26
2.9.6. Periodo de refractario relativo.....	27
2.9.7. Propagación del potencial de acción.....	27
2.9.8. Sinapsis.....	27
2.9.9. Unidad motora.....	27
2.9.10. Unión neuromotora.....	27
2.9.11. Contracción muscular.....	27
2.9.12. Efecto exitomotor.....	28
2.10. Posibles ventajas y desventajas del uso de la electroestimulación muscular..	28
2.11. Algunos parámetros relacionados con la electroestimulación.....	30
2.11.1. Estimulador de corriente directa.....	30
2.11.2. Estimulador de corriente pulsátil.....	30
2.12. Adaptaciones producidas en el organismo con la electroestimulación muscular.....	30
CAPÍTULO III: FISIOLÓGÍA DE CONTRACCIÓN.....	33
3.1. Definición	33
3.2. La fibra muscular.....	34
3.3. Composición y estructura de la fibra muscular.....	34
3.3.1. El sarcómero.....	34
3.3.2. Sarcolema.....	35
3.3.3. La miofibrilla.....	35
3.3.4. El sarcoplasma.....	36
3.3.5. Túbulos T transversales.....	36

3.3.6. Retículo sarcoplasmático.....	36
3.3.7. Los filamentos de actina y miosina.....	37
3.4. El sistema nervioso y la contracción muscular.....	37
CAPITULO IV: APLICACIONES CLÍNICAS DE LA ELECTROESTIMULACIÓN EN LA CONTRACCIÓN MUSCULAR.....	39
4.1. Cuadros ortopédicos.....	39
4.2. Trastornos neurológicos.....	41
4.2.1. Ictus.....	43
4.2.2. Otros cuadros neurológicos.....	44
4.3. Medicina deportiva y rendimiento.....	45
4.4. Otros cuadros clínicos.....	46
DISCUSIONES.....	49
CONCLUSIONES.....	50
RECOMENDACIONES Y PROYECCIONES.....	51
BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEXOS.....	56
ANEXO 1: TÉRMINOS IMPORTANTES DE ELECTROTERAPIA.....	57
ANEXO 2: TIPOS DE CORRIENTE ESTIMULANTE.....	58
ANEXO 3: COLOCACIÓN DE ELECTRODOS.....	60
ANEXO 4: ELECTROESTIMULACIÓN MUSCULAR GRAFICO.....	63
ANEXO 5: ANATOMÍA, FISIOLÓGÍA, CONTRACCIÓN MUSCULAR.....	64

INTRODUCCIÓN

La electroestimulación muscular es una técnica que consiste en la aplicación de impulsos eléctricos, mediante el uso de corriente eléctrica controlada, para la provocación de una contracción muscular. La finalidad de inducir estas contracciones tiene propósitos terapéuticos, de rehabilitación, estéticos, de entrenamiento y mejora de rendimiento físico. El dispositivo utilizado para lograr lo mencionado anteriormente es llamado electro-estimulador muscular, el cual debe tener la capacidad de estimular las señales eléctricas emitidas naturalmente desde el cerebro para el movimiento de las fibras musculares. (1)

La electroestimulación ha sido utilizada con fines terapéuticos desde hace muchos años. Con el avance de la ciencia y la tecnología, la aplicación de estímulos eléctricos con fines terapéuticos se ha hecho más sencilla, incluso su uso ha pasado a tomar parte no sólo en el ámbito de la salud, sino también al deportivo. Así mismo, comercialmente se manejan una gran serie de aparatos eléctricos que argumentan que su uso es para fortalecer los músculos del cuerpo. Más recientemente, la electroestimulación ha seguido utilizándose para mejorar la condición física y el rendimiento deportivo, obteniendo ganancias de la fuerza que van desde el 5 al 10% y en algunos casos todavía más. También se registra aumento del perímetro muscular. (2)

La EEM no pretende sustituir el entrenamiento voluntario o el gozo por la actividad física y el deporte. Podría ser un aliado para la mejora del rendimiento deportivo, la recuperación funcional, el ámbito de la estética y la mejora de la calidad de vida. (5)

El objetivo de este trabajo es dar a conocer, hay estudios que respalda el efecto de la electroestimulación sobre la atrofia muscular, aún hay restricciones en estudios más específicos en sus parámetros.

Teniendo en cuenta lo relatado, se realiza el presente trabajo con el propósito de indagar y conocer los conceptos acerca de la electroestimulación, así como de su uso fisioterapéutico, específicamente del corriente estimulante como medida de tratamiento en diferentes patologías, de tal manera que se pueda optar y sugerir aquella medida de mayor beneficio para mantener la atrofia muscular.



CAPÍTULO I

ELECTROTERAPIA

1.1. HISTORIA

A finales del siglo XVIII e inicios del siglo XIX, con los estudios de los físicos italianos, Luigi Galvani y Alessandro Volta se presentan los primeros indicios del uso de la corriente eléctrica para la contracción muscular. Durante los años posteriores se han introducido al campo una serie de nombres, tales como Faraday (Inglaterra), Helmholtz (Alemania), Lapicque y Weiss (Francia), quienes sentaron las primeras leyes y bases de la electroestimulación actual. Otro personaje relevante en este tema es Duchenne de Boulogne, médico e investigador francés, quien logró por primera vez la estimulación transcutánea por medio de electrodos, lo que significa que el estímulo ocurre desde la superficie de la piel penetrando los tejidos sin la necesidad de realizar incisiones. Además, añadir la aportación del científico ruso, Yakov Kots, quien introduce la electroestimulación en el deporte probando que puede brindar grandes beneficios. (1)

Luigi Galvani Sobre los hombros de estos gigantes se elevan otros no menos geniales entre ellos destaca con luz propia Michael Faraday quien dedico sus esfuerzos como físico y químico al estudio del electromagnetismo, pasado el tiempo es fácil que olvidemos que sin él y su descubrimiento de la inducción electromagnética no tendríamos de los modernos motores eléctricos y de los generadores que utilizan las presas y que facilitan el que tengamos luz en nuestras casas, a finales del siglo XIX y principios del siglo XX comienzan a producirse toda una serie de avances que van a facilitar la utilización de la electroestimulación como elemento terapéutico disponible como tratamiento eficaz en múltiples patologías, y especialmente en el tratamiento del dolor.(2)

Los diversos avances confluyen y poco a poco emerge la posibilidad de utilizar la electroterapia como una terapia física realmente útil, producto de la investigación aparecen nuevas modalidades de corrientes: Interferenciales, Diadinámicas, Iontoforesis, el conocimiento de la neurofisiología avanza a pasos agigantados, se

descubre el modo en que los músculos reaccionan de forma más eficaz a los impulsos eléctricos, se descubre la importancia de las frecuencias en la estimulación de las fibras musculares rápidas y lentas, la informática avanza y el control y ajuste de los equipos es cada vez mejor, cuando antes hacía falta un electroestimulador de veinte kilogramos para tratamiento en la actualidad para obtener los mismos o mejores resultados nos encontramos con equipos portátiles ultraligeros que caben en la palma de una mano. Ha llegado la era dorada de la aplicación de la electroestimulación. (2)

1.2. DEFINICIÓN

Es el arte y la ciencia del tratamiento de lesiones y enfermedades por medio de la aplicación de corrientes eléctricas. Un componente importante de la electroterapia es la terapia de corrientes estimuladores. Dichas corrientes se transmiten mediante electrodos (ya sean de placas, de vacío o electrodos autoadhesivos) sobre el tejido que se va a tratar. (3)

Existen muchos tipos de clasificaciones de electroterapia, según su forma (constantes y variables), según su polaridad (alternante o bifásicas, constante o unidireccional), etc. según su frecuencia, es decir, según el número de ondas que hay en cada segundo incluyendo la pausa en corrientes interrumpidas. Su unidad es el HERZIO (Hz).

Hay corrientes de Baja Frecuencia (0-1000Hz) entre las que se incluyen las corrientes galvánicas, diadinámicas de Bernard, Trabert, Leduc, Microcorrientes, corrientes de Alto Voltaje, y por supuesto las más conocidas las corrientes tipo TENS, todas ellas con efectos excitomotores, sensitivos y analgésicos; en cuanto a corrientes de Media Frecuencia (1000-10000Hz) como son las corrientes Interferenciales, corrientes Rusas o de Kotz, y corrientes Mega principalmente, con la ventaja que tiene menos efectos polares y el organismo presenta menos resistencia o impedancia a su paso, por lo que sus efectos analgésicos, antiinflamatorios y excitomotores son mayores que las anteriores; y por último las corrientes de Alta de Frecuencia (+100000Hz) como son la onda corta o microonda, en la que predominan los efectos térmicos y los electrodos se colocan a distancia de la piel, conocidas también como diatermia de alta frecuencia. (2)

En esta Era Moderna, se pone de manifiesto la integración entre todas las áreas del conocimiento científico (física, química, fisiología y patología), que tiene como resultado, la posibilidad de tratamientos cada vez más específicos y más personalizados. Este proceso se enriquece cada día más con la bioingeniería y la electrofisiología. (3)

1.3. TÉRMINOS IMPORTANTES SOBRE ELECTRICIDAD

1.3.1. ELECTRICIDAD.

Es la manifestación de la liberación y circulación de la energía de los electrones. La corriente eléctrica se refiere al flujo de electrones. Los electrones son partículas cargadas negativamente con una masa muy pequeña. (4)

1.3.2. DIFERENCIA DE POTENCIAL.

Refleja la fuerza de desplazamiento de electrones desde una zona de exceso a una de déficit. Unidad: volt (V).

1.3.3. VOLTAJE.

Los electrones se desplazan de la zona de exceso ubicada en el cátodo (-) a la zona de déficit ubicada en el ánodo (+), con tendencia al equilibrio. Esto es importante para conocer que, en las aplicaciones de electroterapia, los electrones siempre parten desde el electrodo negativo (-), lo cual define el sentido de la corriente cuando se aplica una técnica electródica con una corriente de carácter polar.

1.3.4. AMPERIO (A).

Se refiere al movimiento de un coulomb (C), o lo que es lo mismo $6,25 \times 10^{18}$ electrones/s. El amperaje define el rango de fluido de electrones, mientras que el coulomb indica el número de electrones. En fisioterapia, generalmente se trabaja en el orden de los miliamperes (mA). El amperaje la unidad de medida de la corriente.

1.3.5. INTENSIDAD (I).

Cantidad de electrones que pasa por un punto en un tiempo determinado (s). Unidad.

1.3.6. RESISTENCIA ELÉCTRICA (R).

Freno que opone la materia al movimiento de electrones, al circular por esta (propiedad de la materia, no parámetro de electricidad). Unidad: ohmio (ohm, W). amperio (A).

1.3.7. TRABAJO.

Mide el trabajo conseguido y sus parámetros de obtención. Cálculo del producto potencia (W) por el tiempo de acción (s). Unidad: julio (J). Polaridad. Explica el desplazamiento de electrones. Como se podrá apreciar a la hora de estudiar la clasificación, en la práctica profesional se tienen corrientes terapéuticas que pueden tener polaridad o no.

1.3.8. POTENCIA.

Capacidad o potencial “acumulado” para realizar un trabajo. Expresa la velocidad con que se realiza un trabajo (velocidad de transformar una energía en otra). Unidad: watt (W). Establece la rapidez con que se suministra energía a un paciente.

1.3.9. IMPEDANCIA.

Se refiere a la resistencia específica dentro del organismo y que se comporta diferente para cada tejido. Se tiene resistencia óhmica capacitiva y resistencia inductiva. En este caso, la relación entre el voltaje y la intensidad desfasada hace que el rendimiento sea mayor que 50 % o igual que la energía.

1.3.10. DENSIDAD DE ENERGÍA.

Energía (E) suministrada en una superficie (S) determinada. En esta fórmula influye el tiempo de exposición, de manera directamente proporcional a la densidad de energía. A su vez, energía (E) es igual a potencia (P) multiplicada por el tiempo (t).

1.3.11. DENSIDAD DE POTENCIA.

Potencia (P) suministrada en una superficie (S) determinada. No se le brinda especial importancia al tiempo de exposición y se le da el mayor peso, al impacto de una potencia o intensidad determinada de la radiación sobre una superficie.

1.3.12. CICLO O PERÍODO.

Determina todo el recorrido que realiza la corriente, de acuerdo con la relación entre la intensidad y el tiempo. La corriente puede pasar por una fase positiva, o ambas (positiva y negativa), hasta que vuelve a estar en el punto cero en que se repite nuevamente el ciclo. Desde el punto de vista práctico el ciclo determina, para un tipo de estímulo, el tiempo real en que el estímulo está actuando, sus características, así como el tiempo de reposo disponible. Mientras los músculos, en su estado normal, responden bien a impulsos cortos, los músculos denervado responden mejor a impulsos de larga duración. (4), (5)

1.3.14. FRECUENCIA.

Se refiere a la cantidad de ciclos que ocurren en un segundo. La frecuencia marca pautas en cuanto a la clasificación de las corrientes. Algunos tejidos responden mejor a determinadas frecuencias; así, por ejemplo, con frecuencias mayores que 100 Hz, se logra una estimulación. (4), (5)

1.4. CLASIFICACIÓN DE LA ELECTROTERAPIA SEGÚN SU FRECUENCIA Y SU RELACIÓN CON EL EFECTO BIOLÓGICO

1.4.1. CAMBIOS QUÍMICOS.

Actúa sobre disoluciones orgánicas, influye en el metabolismo hístico y celular. Cualquier corriente de tipo polar ejercer cambios químicos debajo de los electrodos, sobre todo la corriente galvánica.

1.4.2. INFLUENCIA SENSITIVA.

En receptores nerviosos sensitivos, buscando concienciación y analgesia, a través de diferentes mecanismos que pueden ser cambios bioquímicos en la vecindad de los receptores, o a través del mecanismo de interferencia sobre el envío del impulso doloroso hacia la médula, o través del mecanismo de la “puerta de entrada” (ver corrientes de baja frecuencia). Incluso, la influencia sobre los ganglios basales a nivel cerebral. Los efectos analgésicos se trabajan más con corrientes de baja frecuencia (menos de 1000 Hz). (6)

1.4.3. INFLUENCIA MOTORA.

Se puede buscar una influencia motora tanto en fibras musculares o nerviosa, siempre con frecuencias menores que 50 Hz. Cuando se estimulan en fibras nerviosas, se estimulan a su vez, las unidades motoras relacionadas (estimulación neuromuscular), mientras, se pueden estimular, específicamente, diferentes tipos de fibras musculares. (6)

1.4.4. RELAJACIÓN MUSCULAR.

Con parámetros de estimulación o dosis específicas se consigue una relajación muscular efectiva, que incluye una apertura circulatoria con una mejoría del metabolismo muscular y, a su vez, se pone en acción la bomba circulatoria muscular. (6)

1.4.5. INFLUENCIA EN LA REGENERACIÓN HÍSTICA.

Además del estímulo circulatorio con llegada de nutrientes y oxígeno para la reparación del tejido, se produce una influencia biofísica que estimula el metabolismo celular hacia la multiplicación y coadyuva en el reordenamiento y reestructuración de la matriz del tejido. El proceso de regeneración hística puede estar favorecido por un retardo o inhibición del crecimiento bacteriano. (6)

1.4.6. EFECTOS TÉRMICOS.

Se generando calor al circular energía electromagnética en los tejidos (Ley de Joule). Este efecto es mucho más evidente cuando se emplea corrientes de alta frecuencia (más de 500 000 Hz). Las corrientes de baja y media frecuencia producen fundamentalmente los efectos 1; 2; 3; 4 y 5. Las corrientes de alta frecuencia producen los efectos 1 y 5 cuando son aplicadas en bajas dosis (dosis atérmicas), en dosis mayores pueden producir el efecto 4, pero fundamentalmente producen el efecto 6.



CAPÍTULO II

ELECTROESTIMULACIÓN MUSCULAR

2.1. DEFINICIÓN

La electroestimulación es la utilización de la corriente estimulante con fines terapéuticos. Se denominan corrientes electroestimulantes a aquellas que provocan contracciones en el sistema músculo esquelético, por estimulación directa de las fibras eferentes motoras, en un tronco nervioso o en un punto motor del músculo. El efecto visible o palpable de la estimulación eléctrica es la contracción muscular. El músculo inervado responde con una contracción al estímulo eléctrico, que le llega a su placa motriz a través del nervio correspondiente. Esta respuesta sigue la ley del “todo o nada”, es decir, cuando la intensidad, el tipo y duración del estímulo, así como la frecuencia, son las adecuadas, se produce el efecto contráctil. La repetición del estímulo precisa de un tiempo de recuperación de la fibra muscular, de forma que sea compatible con su fisiología. (7)

En un músculo sano normalmente inervado la estimulación eléctrica provoca su contracción, ya sea por excitación del nervio motor o por una estimulación muscular directa. Esto es posible, porque las fibras nerviosas son capaces de excitarse con estímulos de corta duración, mientras que la respuesta muscular directa se obtiene con estímulos más prolongados. Se pueden diferenciar dos términos:

– **Estimulación eléctrica neuromuscular(EENM)**. Es la estimulación eléctrica del músculo inervado, que se realiza a través de las fibras nerviosas motoras que lo inervan.

– **Estimulación eléctrica muscular (EEM)**. Es la estimulación que se aplica directamente en el músculo parcialmente denervado, y cuyo objetivo primordial es mantener su trofismo.

Con el fin de obtener una contracción parecida a la fisiológica normal, se aplican impulsos a frecuencia tetanizante, moduladas en forma de trenes o salvas de ascenso y descenso progresivo. (7)

2.2. TIPOS DE CORRIENTE ESTIMULANTE

- Farádica
- Galvánica interrumpida
- Exponencial, triangular
- Alternas

2.2.1. CORRIENTE FARÁDICA

Es una corriente asimétrica, alterna, interrumpida, de bajo voltaje, baja frecuencia y pequeña intensidad. Contrae la musculatura normalmente inervada, se aplica directamente sobre el musculo o indirectamente sobre el punto motor del nervio. ANEXO:2 gráfico de la corriente farádica.

- La respuesta muscular será diferente dependiendo el estímulo si es una onda o una sucesión de ondas.
- Proporcionan contracciones musculares sostenidas, es muy semejante a la contracción voluntaria.
- Indicadas en atrofias por inmovilización, desuso, o para aumentar la potencia y el trofismo muscular.
- Contraindicadas en las parálisis espásticas. (8)

2.2.2. INTERRUMPIDAS GALVÁNICAS

Basadas en pulsos, que se caracterizan por tener polaridad e introducir reposos entre los pulsos, los pulsos pueden ser de diversas formas, pero las esenciales son: cuadrangulares (de subida y bajas bruscas). También tenemos los sinusoidales para diadinámicas. Exponenciales como viejas formas tendentes a desaparecer y otras diversas formas que generalmente

obedecen a defectos en su generación, más que un diseño específico. (8)
ANEXO: gráfico de corriente interrumpida galvánica.

2.2.3. CORRIENTE EXPONENCIAL

- La variación de la pendiente es exponencial
- Tratamiento selectivo de las parálisis periféricas.
- Interesa el músculo paralizado (selectivo).
- Seleccionar electrodos de tamaño adecuado y en los intrínsecos de la mano se utiliza el modo monopolar.
- Deben ser tolerados por el paciente.
- Estimulo intenso para contrarrestar la atrofia.
- Determinar la duración del impulso y del intervalo.
- Hallar el umbral galvano tétano, la mínima intensidad que provoca que provoca contracción umbral con estímulos de 1 s duración.
- Luego determinar el pulso necesario para lograr el umbral de contracción con el mínimo de intensidad.
- La pausa debe ser 3- 4 veces el pulso. (8)

TÉCNICA DE TRATAMIENTO:

- Galvanización previa para la vascularización y disminuir el umbral de excitación con intensidades menores para contraer el músculo por 10 minutos.
- Con la corriente exponencial actuamos 5 - 8 minutos.
- Método monopolar o bipolar.
- Monopolar: el (+) en zona indiferente y el (-) en el punto motor.

- Bipolar: ánodo proximal y cátodo distal al músculo.
- Evitar quemaduras.

2.2.4. CORRIENTE ALTERNA

Es una corriente con una frecuencia de 2500Hz, una frecuencia modulada es 50Hz, duración de la fase de 10i s, con pausa 10i s y cada fase constante de 25 impulsos de duración de 0,4 i s por impulso.

Ejemplo: 10 segundos de contracción máxima seguido de 30 – 50 segundos de reposo, para evitar la fatiga

Hoogland utiliza: subir el estímulo durante 10 segundos, mantenerla durante 20 segundos y luego pausa de 30 segundos. Cada sesión de 15- 20 contracciones. Tratamiento diario. Frecuencias utilizadas de 20 Hz sobre las fibras tónicas, 100 para las fibras fásicas y 50 Hz para actuar indiferentemente. La despolarización de la membrana muscular o nerviosa origina un potencial de acción que produce contracción muscular influenciada por:

- Intensidad
- Duración del impulso
- Pendiente del impulso
- Polaridad del impulso
- Frecuencia del impulso. (8)

EFFECTOS FISIOLÓGICOS: Despolarización de la membrana muscular o nerviosa origina un potencial de acción que produce contracción muscular influenciada por:

INTENSIDAD: determinada por el estímulo umbral, el estímulo supramáximo y la reobase.

DURACIÓN DEL IMPULSO: determinada por la cronaxia y la curva intensidad tiempo, a menor duración mayor intensidad.

PENDIENTE DEL IMPULSO: es la rapidez con que la corriente alcanza su máxima intensidad, determina la acomodación.

POLARIDAD DEL IMPULSO: tener en cuenta de las leyes de la polaridad: “la excitación nace en catodo durante el cierre del circuito y en el ánodo durante la apertura.” Para provocar la contracción se utiliza el polo negativo durante el cierre del circuito.

FRECUENCIA DEL IMPULSO: evitar la fatiga y lograr contracciones espaciales con descansos y frecuencias bajos. (9)

2.3. TÉCNICAS DE APLICACIÓN

Existen tres métodos de aplicación para realizar la electroestimulación, que son: el monopolar, bipolar y estimulación grupos musculares.

2.3.1. ESTIMULACIÓN UNIPOLAR:

Aplicación de corriente con dos electrodos de tamaño distinto, el electrodo activo es pequeño se coloca sobre el punto motor en contacto con la piel después de humedecer con el agua, el electrodo dispersivo o indiferente debe ser lo suficientemente grande como para que no produzca una estimulación alguna y se coloca en una región con poca masa muscular, ejemplo, línea media de la espalda, sacro, codo, etc. Se puede utilizar electrodos puntiformes o de puntero mientras que como electrodo indiferente se suele utilizar electrodos de gran tamaño. (8) ANEXO: 2 estimulación monopolar.

2.3.2. ESTIMULACIÓN BIPOLAR

Los electrodos empleados deben ser del mismo tamaño, por lo que ambos serán activos, se aplican en los extremos del vientre muscular logrando una estimulación muscular longitudinal con el fin de acoplar muchas fibras

musculares, este método es útil en tratamiento de músculos débiles, cuando la estimulación unipolar requiera de una potencia fuerte, lo que puede producir una dispersión del estímulo a otros músculos vecinos y enmascara la respuesta del musculo tratado. Con este método se localiza el estímulo, evitando la contracción de músculos vecinos.8 ANEXO: estimulación bipolar.

2.3.3. ESTIMULACIÓN DE GRUPOS MUSCULARES

Es la estimulación de grupo muscular, colocando un electrodo plano y grande sobre los puntos motores y el otro sobre el tronco nervioso que inerva los músculos, están indicando en músculos de inervación normal.

PUNTO MOTOR: zona para la óptima estimulación, músculos esqueléticos donde el nervio motor penetra en el epinicio. Tenemos puntos motores corporales y faciales.

Para realizar la electroestimulación se debe de tener en cuenta que El ánodo (+) es el electrodo que produce un menor estímulo y que el cátodo (-) es el electrodo que produce un mayor estímulo, por lo que tiene efectos excitadores más agresivos, en el método monopolar se emplean dos electrodos de diferente tamaño, el electrodo menor se lo llama activo y al electrodo mayor se le llama electrodo indiferente, además es necesario conocer si los músculos que vamos a estimular están inervados o no. (9)
Anexo:

2.4. APLICACIÓN SEGÚN EL MÚSCULO INERVADO Y DENERVADO

2.4.1. MÚSCULO INERVADO:

Para estimular un músculo inervado se utiliza corrientes farádicas y corriente de media frecuencia, se pueden emplear los tres métodos de aplicación monopolar, bipolar o estimulación de grupos musculares, en dependencia del área a tratar, teniendo en cuenta su localización y tamaño.

Por ejemplo, si se va a emplear el método monopolar, existe un punto motor al cual se le aplicará el electrodo activo y el electrodo indiferente se ubicará distante, electrodo activo en músculo del miembro superior y el electrodo indiferente en la columna cervical.

Los objetivos que se persiguen al estimular un músculo inervado son:

- Prevenir atrofia por inmovilidad.
- Relajar el músculo en espasmo postraumático
- Disminuir la espasticidad
- Reducción muscular
- Estimulación previa al postoperatorio. (9)

2.4.2. MÚSCULO DENERVADO:

Para estimular un músculo denervado se usan corrientes rectangulares, triangulares o exponenciales, se puede emplear el método bipolar y el monopolar, es importante tener en cuenta que estos poseen un punto motor nervioso que permita estimular al nervio, este está dañado y disfuncional, por lo que si se va emplear el método monopolar que es el más usado, electrodo activo o del menor tamaño se ubicara en el punto de mayor respuesta a nivel del músculo que se quiere estimular o sea a nivel del punto motor muscular. (9)

Los objetivos que se persiguen al estimular el músculo desnervado son:

- Retardar la progresión de la atrofia.
- Disminuir la aglutinación interfascicular y esclerosis del tejido muscular.
- Mejorar la circulación la nutrición muscular.

INDICACIONES:

- Evitar la atrofia por desuso.
- Ayudar la reeducación muscular.
- Tratamiento del paciente espástico.
- Potenciación muscular.
- Potenciar el efecto de bomba muscular para mejorar la circulación de retorno y evitar la trombosis.
- Tratamiento de la incontinencia urinaria. (9), (10)

PRECAUCIONES:

- Los equipos deben cumplir las normas internacionales de seguridad electrónica.
- Evitar cualquier elemento metálico en las cercanías del equipo y del paciente.
- No utilizar en áreas húmedas.
- Colocar los electrodos con el equipo desconectado.
- Realizar los cuidados de la piel necesario después de estimulaciones prolongadas.
- No modificar los parámetros de estimulación mientras el estímulo se está aplicándose al paciente. (10)

CONTRAINDICACIONES:

- Tórax y región precordial.
- Proximidades de nervios.
- Sobre el seno carotideo.
- HTA o hipotensión arterial.

- Trastornos vasculares.
- Neoplasias.
- Infecciones.
- Embrazo.
- Cercano a equipos de diatermia.
- Obesidad.
- Anomalías neurológicas cerebrales.
- Niños pequeños, ancianos.
- Enfermos mentales. (10)

2.5. REACCIONES CUTÁNEAS DE LA PIEL, EN LA REGIÓN BAJO LOS ELECTRODOS:

- Químicas
- Eléctricas
- Mecánicas

Precauciones con los electrodos:

Al utilizarlos los electrodos, estos deben estar protegidos con una esponja o almohadilla impregnada de agua o gel apto para electroterapia, la dosis habitual se encuentra alrededor de 0.05 a 0.06 mA por Cm² es importante tener en cuenta estos para metros ya que a 0.1 mA por Cm² hay riesgo de quemadura. (11)

2.6. OBJETIVOS

1. Valorar electroestimulación muscular en el marco de la electroterapia.
2. Comprender los fundamentos biofísicos.
3. Describir los efectos biológicos de la electroterapia en la electroestimulación muscular.
4. Interpretar la metodología del tratamiento.
5. Analizar las indicaciones de la electroterapia en electroestimulación muscular.
6. Identificar las precauciones de la electroterapia, electroestimulación muscular.

2.7. EFECTOS BIOFÍSICOS DE ESTIMULACIÓN MUSCULAR

La magnitud de una contracción muscular depende del tipo de unidad motora, del número de unidades motoras reclutadas, de su frecuencia de descarga y de la velocidad de contracción de sus fibras musculares.

Para entender los fundamentos de la electroestimulación neuromuscular, es necesario dominar algunos elementos de tipo morfofuncionales de las estructuras involucradas. Además de conocer las características de las fibras nerviosas, es importante conocer las características de las fibras musculares.

La electroestimulación puede producir potenciales de acción en una unidad motora, que son indistinguibles de los generados por la acción del sistema nervioso. Se estimulan tanto fibras motoras como sensitivas y neurovegetativas.

(9)

Los potenciales de acción, generados por cualquier tipo de electroestimulación del nervio periférico, se transmiten en ambas direcciones a partir del sitio de estimulación. O sea, hay propagación del estímulo en ambas direcciones. Cuando en una fibra determinada, el desplazamiento de la electricidad es en el mismo sentido que la dirección del impulso nervioso se denomina estimulación ortodrómica, cuando la dirección del flujo eléctrico es contraria a la dirección de

una fibra nerviosa determinada, entonces se denomina estimulación antidrómica.
(11)

La estimulación eléctrica tiene selectividad de reclutamiento de las unidades motoras de contracción rápida; o sea, las fibras musculares tipo II y las fibras superficiales que están inmediatamente bajo los electrodos, son más fácilmente activadas por la estimulación. Estas están compuestas predominantemente por fibras tipo II. De esta manera, las contracciones voluntarias no producen cansancio, al inicio del ejercicio, como lo hacen las contracciones eléctricas inducidas. Las fibras de menor diámetro, localizadas a mayor profundidad, que inervan fibras musculares lentas y resistentes, son estimuladas conforme la intensidad del estímulo aumenta lo suficiente. No obstante, este patrón de inversión de reclutamiento no siempre es estable, ya que, si los axones que inervan las fibras musculares lentas se encuentran muy cerca de los electrodos, estas unidades pueden ser reclutadas antes que las unidades más rápidas y de menor resistencia. La aparición precoz de fenómenos de fatiga muscular, con electroestimulación es, en parte, debida tanto a la inversión en el patrón de reclutamiento, como a su descarga sincrónica. También ha de considerarse, como otro factor añadido, la falta de un entrenamiento muscular previo. El reclutamiento muscular es determinado por la intensidad, duración (carga de fase o de pulso) y frecuencia del estímulo. Después de superado el umbral de estimulación motora, aumentos pequeños de la intensidad producen incrementos relativamente grandes de la tensión muscular y el reclutamiento de unidades aumenta rápidamente. Por esto, los aumentos en la intensidad han de efectuarse con cuidado, para evitar contracciones demasiado intensas e indeseables, que pueden resultar peligrosas. La tetanización de la fibra muscular, producida por estimulación eléctrica, es función estricta de la frecuencia; no depende de la intensidad aplicada. Los músculos estriados están compuestos por fibras musculares que no son homogéneas, según la clasificación de Dubowitz y Brooke; las características de las fibras musculares son responsables del comportamiento del músculo en cuestión. De este modo, se pueden encontrar músculos caracterizados por ser tónicos o lentos y músculos caracterizados por ser fásicos o rápidos. (13) Tabla .1

Tabla. 1 comparación entre las características de los tipos de fibra muscular estriada.

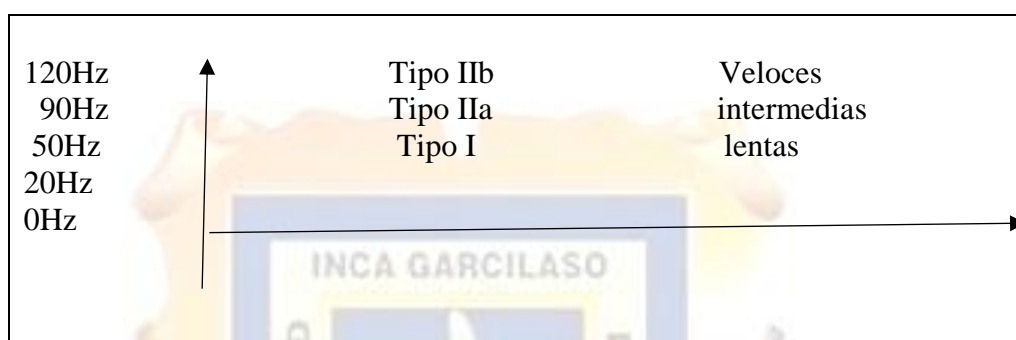
Parámetros	Fibra tipo I	Fibra tipo IIa	Fibra tipo IIb
Diámetro miofibrillas	Pequeño	Mediano	Grande
Irrigación capilar	Abundante	Abundante	Rápida
Velocidad de contracción	Lenta	Rápida	Pobre
Tipo de contracción	Larga (20-100)	Intermedia	Corta (10-15ms)
Duración de impulso	1-5	Intermedio	Menor que 1ms
Frecuencia	8-30	Intermedia	80-100 Hz
Umbral	Bajo	Intermedio	Alto
Tipo de trabajo	Aerobio	Anaeróbico	Anaeróbico
Lugar en la secuencia de contracción	Se contraen antes	Intermedio	Se contraen después
ATPasa miofibrilar	Escasa	Elevada	Elevada
Actividad oxidativa	Elevada	Intermedia	Baja
Contenido mitocondrial	Alto	Alto	Bajo
Actividad glucolítica	Bajo	Elevada	Elevada
Contenido de glucógeno	Bajo	Elevado	Elevado
Contenido de mioglobina	Elevado	Elevado	Bajo
Tipo de kinesiología recomendada	Ejercicios lentos elevados y mantenidos.	intermedio	Ejercicios rápidos y con gran esfuerzo (método de D"lorme).

2.8. LA FRECUENCIA DE ESTIMULACIÓN

La frecuencia de los impulsos se expresa en Hertzios (Hz) aunque, también se habla de ciclos por segundo (C.P.S) y Cuando se habla de frecuencias menores a

1Hz, se expresa en decimales. Es decir, 0.2Hz es igual a un impulso cada 5 segundos ($1/0.2=5$); de acuerdo con lo que plantea Pombo, a mayor frecuencia mayor será la fuerza desarrollada, velocidad de contracción, cantidad de trabajo, potencia máxima, la fatiga muscular y tetanización. En el ámbito del entrenamiento deportivo, la frecuencia de electroestimulación es aplicable al tipo de fibra que se desea estimular. (11)

TABLA: 2 Frecuencia de estimulación de acuerdo con el tipo de fibra muscular



Estudios citados por Herrero, J et al. demuestran que cuanto mayor es la frecuencia de estimulación, mayor es la fuerza producida por la corriente; de manera general, para lograr un desarrollo de fuerza máxima, lo ideal para este autor es emplear frecuencias entre 50 y 120 Hz o 60 y 100 Hz.

2.8.1. EFECTOS DE LA FRECUENCIA SOBRE LA FIBRA MUSCULAR.

La estimulación óptima para los distintos tipos de fibras musculares, coinciden en afirmar que hay unos efectos a determinadas frecuencias de estimulación y que estas frecuencias de estímulo son medida en hertzios (Hz) como ya se había mencionado anteriormente y para complementar esa información Pombo, M. et al (2004) resume algunos de los efectos que se generan a determinadas frecuencias sobre las fibras musculares. (11)

TABLA: 3. Efectos de la frecuencia sobre la fibra muscular

FRECUENCIA	EFEECTO
1Hz 10Hz	Relajación muscular/anestésico y favorece la circulación Mejora resistencia aeróbica.

10Hz 20Hz	Mejora resistencia aeróbica muscular y la capacidad oxidativa muscular.
20 Hz 50 Hz	Mejora tono, la definición y da firmeza muscular.
40 Hz 70Hz	Mejora capacidad láctica del músculo e incrementa el volumen muscular, fuerza y resistencia.
70 Hz 120Hz	Mejora fuerza máxima.
90 Hz 150Hz	Mejora fuerza explosiva, elástica y reactiva.

Para que se pueda producir una contracción apreciable según la ley de Lapicque el tiempo debe ser por lo menos igual a la cronaxia nerviosa; Con el ejercicio la cronaxia muscular y nerviosa se elevan en un 37,5% y 62% respectivamente, lo que supone que la velocidad de contracción muscular disminuye conforme se incrementa el tamaño de la carga, es por ello que aparece otro termino recibe el nombre de ancho del impulso.

ANCHO DEL IMPULSO. Es la duración de cada pulso de corriente, normalmente expresada en microsegundos (μ s); se recomienda emplear como ancho de impulso valores superiores a las cronaxias, o emplear corrientes de Impulso en aumento progresivamente durante el entrenamiento.

TIEMPO DE CONTRACCIÓN. Es el tiempo durante el cual se mantiene los impulsos eléctricos a una determinada frecuencia y se expresa en segundos, cuanto mayor sea la frecuencia de impulso, menor será la duración de la contracción, en este aspecto es muy importante y delicado la programación de la sesión, ya que si se supera la capacidad de resistencia máxima de las fibras musculares, esto conllevaría a calambres y contracturas, por ello es ideal contar con cuadros como la que se presenta a continuación que sirven como referencia para determinar la frecuencia a emplear en la estimulación de las fibras musculares. (11)

TABLA: 4. Tiempo de estimulación de las fibras musculares.

FIBRAS	TIEMPO ESTIMULACIÓN
Lentas	8 segundos
Intermedias	4-8 segundos
Rápidas	3-4 segundos

TIEMPO DE REPOSO.

Según el entrenamiento convencional, el músculo produce sustancias residuales (catabolitos), las cuales deben ser eliminadas. Estudios citados por Herrero, mencionan uno, en el cual se compararon dos protocolos: protocolo A (10 s de contracción y 10 s de reposo); y protocolo B (10 s de contracción y 50s de reposo). Aleatoriamente los sujetos recibían el protocolo A o el B, y una hora después el otro protocolo. Con espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN) se midió el pH intramuscular (pH), el fósforo inorgánico (Pi) y la fosfocreatina (PCr). A lo largo de las 12 contracciones, ambos protocolos disminuyeron la fuerza y el pH y aumentaron la relación Pi/ PCr, siendo estas modificaciones significativamente más acentuadas en el protocolo A. Se concluyó que el tiempo de reposo más corto produjo más fatiga durante el periodo de estimulación, posiblemente, como resultado de una mayor acidosis intracelular y por la poca capacidad de re sintetizar los fosfatos de alta energía.

Los autores comentan que cuando el objetivo del entrenamiento sea producir una elevada fatiga intramuscular (hipertrofia), el protocolo a utilizar sería el A, mientras que si la producción de fuerza es el factor importante a tener en cuenta en el entrenamiento (como es el caso de la rehabilitación o del entrenamiento), el protocolo adecuado sería el B.

El reposo debe tener relación con la frecuencia que se ha empleado y los tiempos de contracción para proporcionar a las fibras musculares un descanso que garantice las condiciones óptimas para la siguiente contracción.

En relación con las corrientes rusas para el fortalecimiento, su mayor aplicación se basa en un régimen de tratamiento específico “10/50/10” que significa, 10 segundos de estímulo, 50 de reposo durante 10 minutos. En el siguiente cuadro se puede observar los tiempos según el entrenamiento que se realice. (11), (12)

TABLA:5 tiempo de reposo estimado.

Tipos de entrenamiento	Tiempos de reposo(s)
15 a 35	Fuerza y fuerza explosiva
4 a 8	Fuerza resistencia
2 a 5	Resistencia aeróbica

INTENSIDAD DEL IMPULSO. Se puede describir como la altura que tiene o alcanza la onda, se puede marcar en milivoltios (mV) o miliamperios (mA) su relación radica en la resistencia que presentan los tejidos al paso de la corriente eléctrica. La corriente debe superar 4 umbrales a medida que se va incrementado la intensidad de esta. Sensitivo, motor, dolor, máximo dolor.

ÁNGULO DE ENTRENAMIENTO. Hace referencia al Angulo de que se debe mantener la articulación durante cada sesión de trabajo, a esto se le puede atribuir el resultado de investigaciones que no han tenido el efecto esperado , ya que Herrero, J.(2006a) aclara que en estado máximo de acortamiento muscular la intensidad tolerada por la persona está bastante limitada, lo que deriva que se produzcan niveles medios y no máximos de fuerza en este aspecto González, J et al (2002) añade que cuando se trata de ejercicio de competición, dadas las características dinámicas y cinemáticas del deporte, este es el parámetro clave de los requerimientos de fuerza en cada escenario o circunstancia. Es por ello por lo que por cualquier modificación por insignificante que sea de la posición o el ángulo de una articulación esto puede dar lugar a cambios importantes en la aplicación de la fuerza, lo que puede ser la distinción entre ganar o perder en el campo deportivo.

Tener en cuenta estos porcentajes es importante cuando lo que se busca es una optimización del trabajo de la fuerza a nivel competitivo” es este aspecto no se han hallado investigaciones que fundamenten estas afirmaciones, ni en el campo del entrenamiento convencional ni con electroestimulación. (11), (12)

2.9. FISIOLÓGÍA DE LA ELECTROESTIMULACIÓN

2.9.1. POTENCIAL DE MEMBRANA EN REPOSO

Es el equilibrio de cargas eléctricas existente entre el espacio intracelular y extracelular que está conformado por soluciones de electrolitos que contienen de 150 a 160 meq/L de aniones (-) intracelular y la misma cantidad de cationes (+), extracelular (su valor es de -70 a -90mv en las grandes fibras nerviosas y musculares.

2.9.2. FENÓMENO DE DESPOLARIZACIÓN

Al estimular la membrana, esta aumenta su permeabilidad al Na 500 veces más de lo normal, lo que facilita el paso de iones de Na al interior de la membrana; esto invierte la diferencia de carga dentro de la fibra afectando su valor normal de negativo a positivo. Este potencial positivo que se desarrolló momentáneamente en el interior de la membrana se conoce con el nombre de potencial de inversión.

2.9.3. POTENCIAL DE ACCIÓN

Son cambios rápidos en el potencial de membrana. Cada potencial de acción comienza con un cambio brusco del potencial negativo normal de reposo a un potencial positivo y termina con una vuelta, casi igualmente rápida, al potencial negativo.

2.9.4. FENÓMENO DE REPOLARIZACIÓN

Casi inmediatamente después que se lleva a cabo la despolarización, los poros de la membrana se hacen nuevamente casi impermeables a los iones de Na, pero al mismo tiempo mucho más permeables de lo normal a los de potasio. Por tanto, no ya no pasan los iones de Na al interior de la fibra y, en lugar de ello son bombeados hacia el exterior; entran los de potasio (+),

restableciéndose una alta concentración en el interior. Esto conlleva que el exceso de carga positiva sea nuevamente transferido al exterior de la fibra, recuperando el potencial de reposo de la membrana negativo normal.

2.9.5. PERÍODO REFRACTARIO ABSOLUTO

En una fibra excitable no puede producirse una segunda corriente de acción mientras la membrana se halla despolarizada a consecuencia del potencial de acción precedente. Si un estímulo eléctrico así sea de intensidad máxima es aplicado a la fibra nerviosa, no producirá un nuevo potencial en espiga hasta que este no haya concluido.

2.9.6. PERIODO REFRACTARIO RELATIVO

Después de un período refractario absoluto hay un período relativo que dura aproximadamente la cuarta parte o más. Durante este período se necesitan estímulos mayores que el normal para excitar la fibra.

2.9.7. PROPAGACIÓN DEL POTENCIAL DE ACCIÓN

Está comprobado que una membrana excitable no tiene dirección única de propagación; el impulso puede transmitirse en todas direcciones alejándose del punto estimulado, incluso a todas las ramas de una fibra nerviosa, hasta que toda la membrana se ha despolarizado.

2.9.8. SINAPSIS

Es el área de contacto funcional entre dos células especializadas. Para la transmisión de impulsos nerviosos. Estas células pueden ser neuronas u otros tipos de células excitables.

2.9.9. UNIDAD MOTORA

Es el conjunto de fibras musculares inervadas por una sola fibra nerviosa. Aproximadamente 180 fibras musculares por una fibra nerviosa. Pero hay músculos que requieren reacciones rápidas y precisas (2 a 3 por fibra nerviosa). Otros músculos grandes que no necesitan de un control extraordinariamente fino como el gastrocnemio pueden tener 1000 fibras por una fibra nerviosa.

2.9.10. UNIÓN NEUROMOTORA

Es la unión que establecen las terminaciones nerviosas con la fibra muscular, aproximadamente en la mitad de cada fibra muscular.

2.9.11. CONTRACCIÓN MUSCULAR

Se inicia con la llegada desde las alfas motoneuronas espinales de un estímulo eléctrico que es transmitido a través de sus axones alcanzando la fibra muscular a nivel de la placa motora. A este nivel la fibra nerviosa se ramifica y la membrana muscular se repliega estableciéndose entre ellas un contacto funcional denominada sinapsis neuromuscular.

La terminación nerviosa presenta gran cantidad de vesículas conteniendo un neurotransmisor (acetilcolina), el cual es liberado en la hendidura sináptica, esta se difunde hasta la membrana muscular (postsináptica) y se une a receptores específicos, produciéndose un cambio de potencial eléctrico, que se propaga al interior de la fibra muscular por la vía de los túbulos transversos; a continuación provoca una activación de las proteínas que constituyen los canales de Ca^{++} , el cual se difunde de forma masiva y rápida hacia las miofibrillas, desencadenándose el proceso de contracción, es decir un desplazamiento o interpenetración de los filamentos de actina entre los de miosina. (12)

2.9.12. EFECTO EXCITOMOTOR:

Es uno de los fenómenos o efectos que produce la aplicación de corrientes eléctricas sobre el organismo está basado en conseguir que los músculos se contraigan.

Si un nervio o músculo se encuentran afectados por un proceso patológico, estos van a perder en mayor o menor grado su capacidad de trabajo. Si la patología consiste en la denervación, el músculo dejará de contraerse. Lo mismo se puede decir de procesos metabólicos graves y prolongados, contracturas mantenidas largo tiempo, edemas severos, inmovilizaciones articulares prolongadas, etc. (12)

2.10. POSIBLES VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE LA EENM

La corriente eléctrica posee efectos beneficiosos si es aplicada de manera adecuada, así como también puede tener efectos nocivos de no ser bien controlada.

TABLA.6. Puntos de vista acerca del uso de la EENM

Ventajas	Desventajas
Mayor tensión muscular, por lo tanto, mayor definición muscular.	Sistemas reguladores y de coordinación quedan en segundo plano.
Prolonga el tiempo de la contracción muscular forjando un estímulo de crecimiento muscular más intenso. Incremento de la capacidad. Oxidativa musculamiento muscular más intenso.	No ayuda a mejorar la coordinación neuromuscular por el reclutamiento al inverso de las fibras musculares contrario a lo que sucede en la contracción voluntaria.
Se puede desplegar mayor número de repeticiones evitando la inhibición por fatiga del NSC.	La electroestimulación vuelve ineficaz la función protectora y reguladora de los propioceptores.
Permite trabajar de manera aislada y selectiva los grupos musculares. No hay presencia de estrés cardiovascular. Hay un incremento en el flujo sanguíneo de manera local. Se puede hipertrofiar y tonificar el músculo.	Las fibras musculares más profundas no participan dentro de la contracción muscular cuando la EENM se realiza de manera directa ya que esta solo estimula las fibras de la periferia.
Un entrenamiento de 30 min. Es igual a 1 o 2 horas de entrenamiento convencional reduciendo el riesgo de lesiones articulares incremento de la capacidad contráctil del tejido muscular generado por la PPA, de donde se da un aumento de la fuerza isométrica máxima y una disminución del tiempo para alcanzarla.	Se pueden desarrollar daños a nivel muscular al paralizar la activación los mecanismos protectores fisiológicos y psicológicos que informan de la fatiga.

La electroestimulación de alta frecuencia tiene efectos predominantemente sobre las fibras tipo II y Con el entrenamiento empleando electroestimulación a corto plazo se pueden observar incrementos en la activación neuronal, cuando se usa este método resulta fácil inervar este tipo de fibras musculares ya que se encuentran cerca a la parte más superficial donde los electrodos pueden estimularlas con más rapidez lo que no se consigue con la misma facilidad empleando entrenamiento voluntario por poseer axones de gran tamaño y un nivel de umbral muy bajo, en este caso esto se podría tomar como una ventaja y no como una desventaja Desde este punto de vista se hace necesario conocer los efectos que puede tener el uso de la EENM a nivel biológico. (12)

2.11. ALGUNOS PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA ELECTROESTIMULACIÓN

En el campo de la medicina física y la rehabilitación se aplican principalmente dos tipos de electro estimuladores.

2.11.1. ESTIMULADORES DE CORRIENTE DIRECTA.

Este mismo autor la define como el tipo de corriente que fluye en un segundo o más en una dirección y en dependencia de esta dirección se nombran como: invertida, interrumpida, en rampa, en rampa invertida e interrumpida

2.11.2. ESTIMULADORES DE CORRIENTE PULSÁTIL.

Se clasifican de acuerdo con el tipo de onda que tienen. Existen principalmente 3 tipos (monofásica, bifásica y polifásica).

La onda bifásica posee dos tipos y estos fueron analizados en el desarrollo de la fuerza. Entre la onda bifásica rectangular y bifásica senoide se concluyó que la onda rectangular es la más efectiva para el desarrollo de fuerza muscular. La forma clásica del pulso rectangular tiene un acenso con terminación brusca, un acenso progresivo exponencial o rectangular y una forma senoidal como se puede observar. (12) ANEXO:3

2.12. ADAPTACIONES PRODUCIDAS EN EL ORGANISMO CON LA ELECTROESTIMULACIÓN MUSCULAR

La aplicación de electroestimulación muscular periférica según Maffiuletti, N. basado en más de 20 estudios puede promover una actividad generalizada en el sistema nervioso central siendo capaz de mediar en una serie de ajustes y adaptaciones neurales. (13)

Para que se genere una contracción muscular, es necesario que se reproduzca cierto voltaje en la membrana muscular, si este está por debajo del su umbral, no habrá contracción por lo que un estímulo debe ser lo suficientemente alto. Mediante la electroestimulación (con los parámetros adecuados), el voltaje que se genera es lo suficientemente alto para reclutar el músculo. En dependencia de esos parámetros, en la contracción muscular predominarán un tipo de fibras. (12)

El paso de la corriente eléctrica genera unos efectos fisiológicos que han sido determinados en 4 niveles: celular, tisular, segmentario y sistémico por ello independientemente del tipo de corriente que se emplee esta va a influir en el organismo de manera directa o indirecta de igual forma este autor agrega que generalmente, los efectos directos se presentan a nivel celular y Los efectos indirectos abarcan los cuatro niveles mencionados anteriormente. (13)

Como todo proceso organizado en el entrenamiento se debe generar una adaptación del organismo antes de iniciar con un trabajo específico, con la electroestimulación no es diferente, puesto que se conoce que ante un esfuerzo luego de 24 -48 horas aparece algo conocido con el nombre de agujetas que no son más que dolor muscular post ejercicio, en la mayoría de los casos estas agujetas conocidas como (mialgia diferida) es también el nombre coloquial de un dolor muscular llamado "Dolor muscular de aparición tardía, es por ello que el tiempo debe ser controlado, no es conveniente usar más de 5 a 10 minutos de electroestimulación intensa por grupo muscular para evitar una posible presencia de necrosis tisular y una sensibilidad dolorosa prolongada. (12)

El protocolo más efectivo con relación a la EENM es aquel que tiene una mayor frecuencia e intensidad de corriente, y con tiempos de contracción más cortos. Se

dice que Las contracciones de tipo excéntrico a diferencia de las de tipo concéntrico son las que más generan lesiones y agujetas. Al igual que las excéntricas producen más agujetas que las concéntricas, de este modo con la electroestimulación se debe tener en cuenta la intensidad de las contracciones ya que la potencia de la contracción y la importancia de la agujeta radica de la frecuencia de la estimulación empleada. (13)

Es posible influir en el comportamiento de la fibra muscular controlando el tiempo de estimulación con estimulaciones próximas a 3 segundos favoreciendo el desarrollo de fuerza explosiva; sobre 6 Segundos puede tener beneficios sobre la fuerza y sobre los 10 segundos incremento de masa muscular. Se recomienda emplear el entrenamiento con electroestimulación acompañado de algún método tradicional, lo ideal es la pliometría o el trabajo concéntrico, como se explicaba anteriormente el trabajo excéntrico no es muy recomendable o se debe realizar con mucha precaución por poseer efectos muy fuertes para la fibra muscular comparables a la electroestimulación por lo que no es conveniente emplear los dos al mismo tiempo. (13)



CAPÍTULO III

FISIOLOGÍA DE LA CONTRACCIÓN MUSCULAR

3.1. DEFINICIÓN

Cuando se habla de fisiología de la contracción muscular, este término hace referencia al proceso que desarrolla el músculo para realizar una acción o movimiento para resistir u oponerse a una carga. Este proceso lo realizan las fibras musculares y al interior de éstas, como se podrá observar a continuación se encuentran otras estructuras vivas que convierten la energía en forma de ATP en movimiento. (14)

El músculo es una combinación de diferentes tejidos que, en conjunto, le permiten ejercer su función principal: la contracción activa (capacidad para disminuir su longitud bajo el influjo de un estímulo nervioso, produciendo el desplazamiento de los huesos en las articulaciones). En la contracción muscular se disipa una gran cantidad de calor, la cual tiene una decisiva importancia para el mantenimiento de la temperatura corporal. Actúa en la locomoción, en actividades físicas variadas, en las diferentes funciones corporales (respiración, digestión, circulación, ...) y garantizando el bombeo cardíaco. La masa muscular viene a representar de un 35 a un 50% del peso corporal y, en general, las mujeres tienen menor masa muscular que los hombres. El 75% del músculo esquelético es agua, el 20% proteína y el 5% restante está compuesto por sales inorgánicas y otras sustancias que incluyen fosfatos de alta energía, ácido láctico, enzimas, minerales (calcio, fósforo, magnesio), iones de sodio, potasio, aminoácidos, grasas y carbohidratos. (15)

Tenemos músculos de diferentes formas, tamaños, con diferente número de inserciones y atravesando una o varias articulaciones, todo ello dependerá de la función que deban cumplir, de la forma de los huesos en los que se insertan, de la fuerza que deban ejercer y de la amplitud del movimiento a efectuar. (16)

3.2. LA FIBRA MUSCULAR

La fibra muscular es considerada como la unidad biológica del músculo es la célula más pequeña de la musculatura esquelética, bastante alargada con cuantiosos núcleos. Su forma está relacionada a su tarea, debido a que la actina y miosina son proteínas contráctiles que sólo pueden cumplir óptimamente su función si están situadas en función de la contracción deseada. (17)

La molécula de miosina está compuesta por una parte alargada (cola) y otra redonda (cabeza); en el proceso de desarrollo de la fuerza, es preciso contar con una distribución adecuada de fibras musculares, ya que como el músculo precisa de 2 tipos de fibras (las fibras rojas o de contracción lenta y fibras blancas o de contracción rápida) la proporción de éstas en el organismo está designada genéticamente por lo que no es posible adquirir un número de fibras musculares especialmente para un deporte en específico, con el entrenamiento lo que sí es posible lograr es incrementar la participación porcentual en la superficie del músculo de éstas y cuanto mayor sea su participación o reclusión en el movimiento, mayor será la fuerza muscular y la velocidad que se imponga a este. Según Kolt, G, Snyder, L, el grado de fuerza que puede ejercer una fibra muscular en una contracción máxima está en dependencia del número de puentes que tenga establecidos la actina y la miosina y también la fibra muscular en relación con su capacidad que permite un mejor desempeño en el campo deportivo. (18)

3.3. COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA FIBRA MUSCULAR

Para conocer cómo es posible que la fibra muscular pueda tener una relación directa con el desempeño deportivo y la producción de fuerza, primero se debe conocer los elementos que componen cada fibra muscular.

3.3.1. EL SARCÓMERO.

Es la unidad contráctil más pequeña dentro de la fibra muscular esquelética. La conexión entre varios sarcómeros configura una miofibrilla cuya longitud determina a su vez la longitud de la fibra muscular esquelética. La conexión paralela de muchas miofibrillas hace incrementar

la fuerza de contracción de la musculatura, que depende directamente del número de enlaces transversales entre actina y miosina. La organización de las proteínas contráctiles o bien de sus filamentos en sarcómeros es especialmente eficaz en cuanto a la funcionalidad de la musculatura esquelética, no solo es decisivo que se garantice así una contracción en la misma dirección, sino que esto también incide en la rápida realización de la misma. Esta contracción de las fibras musculares se realiza a través de estímulos nerviosos. (19)

La optimización de la longitud; así como el número de sarcómeros es importante porque de esto depende aparentemente la velocidad de contracción y la fuerza generada por el músculo. Dentro de la optimización del sarcómero también se considera el número de sarcómeros generados en serie ya que ellos son los encargados de determinar la distancia a la que el músculo puede acortarse, así como la longitud del sarcómero sobre la cual este puede producir su máxima potencia. Tanto la regulación en el número de sarcómeros como la optimización de la longitud son esenciales para la mejora de la fuerza y la potencia del músculo. El desarrollo de la fuerza depende del número de puentes de actina miosina más que de la duración y frecuencia del estímulo. (15)

3.3.2. EL SARCOLEMA.

Es una membrana de plasma que bordea la fibra muscular. Se une al tendón por los extremos donde se inserta al hueso.

3.3.3. LA MIOFIBRILLA.

Filamentos que se extiende a lo largo de la fibra. Como se explicó anteriormente Es el elemento contráctil del músculo, la mayor cantidad de puentes actina miosina le confiere a la fibra mayor desarrollo de fuerza. Con relación a las lentas están suspendidas al interior de la fibra muscular en el sarcoplasma.

3.3.4. EL SARCOPLASMA.

Es el citoplasma de la célula muscular. Sustancia gelatinosa que llena los espacios entre las miofibrillas. Contiene proteínas, minerales, glucógeno, grasas y mioglobina.

3.3.5. TÚBULOS TRANSVERSALES (TÚBULOS T).

Son extensiones del sarcolema. Transmiten impulsos nerviosos del sarcolema a las miofibrillas y son el punto de contacto con el exterior de la célula para la entrada y salida de líquidos.

3.3.6. RETÍCULO SARCOPLASMÁTICO.

Forman una Red de túbulos que envuelven cada miofibrilla y guarda los depósitos de calcio en su interior para emplearlos en la contracción muscular, Aunque, generalmente, se mencionan dos tipos de fibras en la musculatura esquelética, hay autores que consideran existen otros tipos y de igual forma, las clasifican como puede observar en el Cuadro 2.19

Tabla 2: Clasificación de las fibras musculares

Clasificación	
De acuerdo con características morfológicas metabólicas funcionales.	I fibras rojas con contracción lenta, metabolismo oxidativo y muy resistentes a la fatiga.
	IIA fibras de contracción rápida metabolismo oxidativo y glucolítico.
	IIIB Fibras de color blanco con una contracción rápida, glucolíticas y tienen poca resistencia a la fatiga.
Tres tipos	Fibras lentas. Fibras intermedias.

	Fibras rápidas
Existen dos tipos de familias de fibras clasificadas de acuerdo con su morfología como en su funcionamiento con relación a sus componentes.	<p>Fibras de contracción lenta.</p> <p>Fibras de contracción rápidas.</p>

3.3.7. LOS FILAMENTOS DE ACTINA Y MIOSINA.

Estos dos filamentos son como una cadena de perlas donde la actina como se decía anteriormente es una molécula de forma redondeada que al unirse a la molécula de miosina forman dos hileras constituyendo lo que se conoce como el filamento fino. Esta organización de las moléculas de proteína en forma de filamentos crea las mejores condiciones para una contracción en la misma dirección, cada uno de los filamentos de miosina está envuelto por seis filamentos de actina, de forma que cada cabeza de miosina de los filamentos gruesos puede tomar contacto con una molécula de actina. Y La contracción se produce por la interacción entre estas dos moléculas. ANEXO: 5

3.4. EL SISTEMA NERVIOSO Y LA CONTRACCIÓN MUSCULAR

para generar movimiento las fibras del músculo deben recibir una activación de los nervios motores y sensoriales para que como tal se produzca el acoplamiento entre la actina y la miosina. Los nervios motores son los encargados de enviar los impulsos nerviosos desde el SNC hasta cada una de las terminaciones de las fibras musculares. “Las neuronas del cerebro y la medula espinal envían y reciben impulsos nerviosos cada vez que realizan un movimiento. Si cesa totalmente la conducción de impulsos, termina la vida. Sólo las neuronas pueden realizar la comunicación rápida entre las células, necesaria para mantener la vida”. (Thibodeau, G., Patton, K., 2008). (14)

En conjunto el nervio motor y las fibras del músculo conforman la unidad motora. El nervio se encarga de despolarizar la membrana externa del músculo y de este modo como la información ingresa al interior de la fibra muscular hasta los túbulos transversos (túbulos T) estos sirven de paso para la transmisión nerviosa hacia las miofibrillas y permiten que la onda de despolarización pase con rapidez a la fibra o célula muscular, de manera que se logren activar las miofibrillas que están más profundas. Además, los túbulos T representan el camino para el transporte de líquidos extracelulares (glucosa, oxígeno e iones). El impulso nervioso motor finaliza en la sinapsis en donde son liberados los transmisores químicos (acetilcolina) que generan la despolarización de la membrana muscular pasando el estímulo a lo largo del sistema T llegando al retículo sarcoplasmático, donde los iones de calcio activan el sistema transportador, este calcio se dispersa dentro de la célula muscular en grandes cantidades estimulando la producción de la contracción muscular, generando la unión de la tropomiosina con la troponina que son componentes proteicos de la actina formando un complejo troponina-tropomiosina, esto genera cambios que contribuyen para que los puentes cruzados de los filamentos de actina y miosina interactúen. Todo nervio motor que entra en un músculo puede inervar una o varios miles de fibras musculares activadas por un nervio. El nervio motor y las fibras musculares que activa conforman lo que se llama unidad motora se contraen y se relajan al unisonó. Las fibras musculares se contraen completamente o no se contraen, esto se ha denominado principio de todo o nada, este principio se relaciona con el estímulo del nervio motor; el impulso que emite este se envía a las fibras musculares de la unidad motora y este a su vez se debe extender completamente o no. Esta ley o principio no se aplica al músculo en conjunto ya que no todas las unidades motoras implicadas en la contracción dependen de la carga. (19) ANEXO:5

CAPITULO: IV

APLICACIONES CLÍNICAS DE LA ELECTROESTIMULACIÓN EN LA CONTRACCIÓN MUSCULAR

Las contracciones musculares estimuladas eléctricamente han demostrado su eficacia en una amplia gama de cuadros clínicos, en el área de rehabilitación fisioterapéutico, como el fortalecimiento en el contexto de cuadros ortopédicos, como la reparación del ligamento cruzado anterior (LCA) de la rodilla o en la artrosis de rodilla, el fortalecimiento y la mejoría del control motor en pacientes con trastornos neurológicos, la mejoría del rendimiento deportivo. (20)

4. 1. CUADROS ORTOPÉDICOS

Basándose en los principios de sobrecarga y especificidad, la estimulación eléctrica puede acelerar la recuperación tras la cirugía ortopédica, donde la inmovilización y el reposo inducen atrofia de las fibras de tipo II. Tras una cirugía articular, el rendimiento funcional depende en gran medida de la fuerza de los músculos que soportan la articulación, y la estimulación eléctrica puede favorecer su fortalecimiento. (21)

Tras la cirugía de reconstrucción del LCA, si se restablece la fuerza del cuádriceps hasta más del 90% del valor de la pierna contralateral, la cinemática de la rodilla es la misma que en una pierna no lesionada. Sin embargo, si la fuerza del cuádriceps es menor del 80% del valor de la pierna contralateral, la cinemática de la rodilla es similar a la de una rodilla con un LCA deficiente. En los primeros estudios se vio que la estimulación eléctrica puede retrasar el declive inicial de la fuerza isométrica del cuádriceps asociado a la inmovilización después de una reconstrucción del LCA, aunque a las 9-12 semanas después de la cirugía, la fuerza en los pacientes estimulados y la fuerza en aquéllos no sometidos a

estimulación no es diferente, lo que sugiere que una aplicación precoz de estimulación eléctrica tras la cirugía de rodilla probablemente acelera la recuperación pero no altera el resultado final. (22)

En revisiones recientes de la literatura se ha observado que muchos estudios, aunque no todos, refieren ganancias de fuerza mayores y estadísticamente significativas en pacientes que recibieron EENM combinada con ejercicio que aquellos que solamente recibieron ejercicio tras la reconstrucción del LCA, aunque el impacto de la EENM sobre el resultado funcional no es consistente.

Cada año, aproximadamente 545.000 personas se someten a una artroplastia total de rodilla (ATR), convirtiéndola en una de las cirugías ortopédicas más frecuentes en Estados Unidos. La debilidad del cuádriceps tras la ATR es frecuente, con valores de fuerza postoperatorios que se sitúan normalmente entre el 40% y el 62% de los valores preoperatorios. Además, el envejecimiento contribuye a la disminución del tamaño de las fibras de tipo II y del número de fibras de tipo I y de tipo II en muchas personas que se someten a una ATR. La mejoría de la fuerza del cuádriceps en los pacientes que se someten a una ATR es un objetivo de la rehabilitación importante, ya que la debilidad postoperatoria puede disminuir la funcionalidad y aumentar la discapacidad y el riesgo de caídas. En varios estudios se ha comprobado que la combinación de EENM con ejercicio voluntario mejora la fuerza del cuádriceps, aunque en uno de los estudios no puede demostrarse tal diferencia.

En un estudio en el que se evaluaba el efecto de la EENM antes de la cirugía se observó que esta intervención se asociaba a mayor fuerza postoperatoria y a una mejoría funcional más rápida. Sin embargo, la mayoría de estos estudios tiene la limitación del escaso número de sujetos y de la falta de controles adecuados. En una revisión reciente se llegaba a la conclusión de que, aunque los pacientes que iban a someterse a una ATR y que usaron EENM combinada con ejercicio presentaban una activación del cuádriceps mejor que los que únicamente realizaron ejercicio, las pruebas siguen siendo insuficientes como para plantear recomendaciones definitivas sobre el uso de la EENM en pacientes que van a someterse a una ATR. (22)

También se ha comprobado que la estimulación eléctrica constituye un complemento valioso para el tratamiento neuroquirúrgico de pacientes con diversos cuadros que afectan a la rodilla. La EENM era tan eficaz como el ejercicio para disminuir el dolor, para aumentar la fuerza del cuádriceps y para mejorar el rendimiento funcional (andar y subir escaleras) en pacientes con artrosis de rodilla. En pacientes con artritis reumatoide, la estimulación eléctrica puede revertir la debilidad y la atrofia cuando el paciente es incapaz de tolerar contracciones voluntarias. Las contracciones estimuladas eléctricamente pueden ser particularmente eficaces en dichas situaciones, ya que los cuadros inflamatorios crónicos parecen provocar una atrofia desproporcionada de fibras musculares de tipo II.

En pacientes con síndrome femorrotuliano (SFR), que a menudo presentan debilidad del vasto medial oblicuo (VMO), se ha demostrado que la EENM de dicho músculo aumenta la generación de fuerza del VMO.

Aunque la mayor parte de la investigación sobre la EENM en cuadros ortopédicos ha estudiado los efectos de la estimulación del cuádriceps, desde un punto de vista clínico, la EENM probablemente tenga la misma eficacia para fortalecer otros músculos afectados por cuadros ortopédicos. Por ejemplo, la combinación de EENM del bíceps con un ejercicio de flexión del codo contra resistencia tras una inmovilización del miembro superior después de una fractura humeral probablemente acelere y potencie la fuerza y la recuperación funcional. (22), (23)

4.2. TRASTORNOS NEUROLÓGICOS

La estimulación eléctrica se ha usado tradicionalmente para aumentar la fuerza y la funcionalidad en pacientes con cuadros ortopédicos y un sistema nervioso central (SNC) y periféricos intactos, pero la estimulación eléctrica también puede incrementar la fuerza y mejorar el control motor en pacientes con trastornos del SNC, como los que se ven en las lesiones medulares (LM), el ictus y otros cuadros, siempre y cuando los nervios motores periféricos estén intactos. Estos efectos pueden ser consecuencia directa del fortalecimiento muscular, pero también pueden estar influenciados por el aumento de la excitabilidad general del grupo de motoneuronas producido por la estimulación eléctrica a nivel motor que favorece el control descendente del reclutamiento muscular. (24)

Lesión medular Las personas con LM pierden la función de la extremidad inferior, y en ocasiones de la superior, así como la competencia aeróbica global, debido a la pérdida de control de la función muscular por parte del SNC. Aunque la estimulación eléctrica no revierte el daño medular, numerosas aplicaciones han disminuido una serie de complicaciones frecuentes y han mejorado la calidad de vida de las personas que viven con una LM.

La EENM se ha usado para contrarrestar la atrofia muscular por desuso y para mejorar la circulación, y la EEF se ha usado para contraer músculos con la finalidad de facilitar la locomoción y para ayudar a otras funciones corporales, como el agarre de la mano, la respiración, la función aeróbica y cardiovascular, así como en los procesos de defecación y micción en personas con LM. Para que la EEF sea eficaz debe producir una contracción de una fuerza suficiente para llevar a cabo la actividad deseada; no debe resultar dolorosa y debe poder controlarse y repetirse. Además, la motoneurona inferior, la unión neuromuscular y el músculo deben estar intactos y el método de aplicación debe ser aceptado por el usuario.

Otra aplicación de la EENM en personas con LM consiste en producir movimientos para ejercicios, como la bicicleta estática ergo métrica, las manivelas de los brazos o el remo. La realización de dichas actividades con la ayuda de estimulación eléctrica puede aumentar la fuerza y la resistencia muscular, disminuir la atrofia del músculo e incrementar el gasto energético, el flujo sanguíneo, la captación de oxígeno, el volumen sistólico, el consumo máximo de oxígeno y la frecuencia respiratoria. Además, la EENM de los músculos glúteos puede aumentar la oxigenación tisular y redistribuir la presión de superficie en individuos con debilidad glútea secundaria a LM, lo cual puede disminuir el riesgo de formación de úlceras de presión asociada a la inmovilización y la pérdida de sensibilidad⁵³. En algunos estudios se ha visto que el pedaleo estimulado eléctricamente aumentaba la densidad mineral ósea (DMO) entre un 10% y un 30% disminuyendo potencialmente de este modo los riesgos de osteoporosis y de fracturas asociadas en adultos con LM. Sin embargo, en un estudio de pedaleo de EEF en niños con LM y en una serie de estudios en adultos se ha comprobado que dicha intervención aumentaba significativamente la DMO. Es probable que los estudios en los que no se pudieron demostrar beneficios no alcanzasen una carga

adecuada, ya que se necesita al menos una carga de 1,4 veces el peso corporal para conseguir incrementos significativos de la DMO. (37)

El ejercicio estimulado eléctricamente también puede disminuir la incidencia de depresión en las personas con LM. La estimulación del nervio frénico puede desencadenar la contracción del diafragma para facilitar la inspiración, y la estimulación sobre los músculos de la pared abdominal y torácica puede mejorar la tos y la eliminación de secreciones, disminuyendo de este modo las complicaciones pulmonares. Los sistemas implantables que estimulan los nervios sacros pueden facilitar la defecación y la micción, con lo cual disminuyen las complicaciones urinarias. Los sistemas computarizados complejos con varios canales que estimulan secuencialmente los músculos de las extremidades han intentado recrear el movimiento dinámico coordinado. (21)

4.2.1. ICTUS

La EENM reporta varios beneficios en los pacientes con ictus. La estimulación de los músculos agonistas en la extremidad inferior debilitada en pacientes con hemiplejía secundaria a ictus puede mejorar el reclutamiento voluntario de unidades motoras, mejorar la marcha, incrementar el par de torsión de flexión dorsal del tobillo, disminuir la contracción agonista, antagonista y aumentar la probabilidad de vuelta al hogar, comparado con el tratamiento tradicional sin estimulación eléctrica o con placebo.

Las contracciones musculares estimuladas eléctricamente pueden apoyar o ayudar a la posición o al movimiento articular, actuando de modo parecido a una ortesis en las personas con ictus. Por ejemplo, Baker y cols. Mencionaban que un programa intensivo de contracción estimulada eléctricamente de los músculos que rodean al hombro durante 6 semanas disminuía más eficazmente la subluxación del hombro que los programas de facilitación, los cabestrillos o el soporte en sedestación en los pacientes con hemiplejía secundaria a ictus.

En un estudio a menor escala en pacientes con hemiplejía secundaria a ictus se comprobó que los sujetos que recibían EENM en el hombro presentaban una subluxación del hombro menor, mientras que la separación glenohumeral

aumentaba en el grupo control, incluso aunque el brazo afectado estuviera apoyado en todo momento.

En un estudio reciente se comprobó también que un programa de estimulación eléctrica a nivel sensitivo y motor domiciliario mejoraba la función del brazo, el movimiento voluntario y el tono muscular en los pacientes tras un ictus. (24)

Aparte de los beneficios de las contracciones musculares generadas por la EENM en las personas con ictus, en varios estudios se ha comprobado que la estimulación eléctrica a nivel sensitivo puede disminuir la espasticidad, aumentar la fuerza e incrementar la función en personas con ictus. Se ha propuesto que las aferencias sensitivas potencian la plasticidad cerebral, promoviendo de este modo la eferencia motora cortical. (24)

4.2.2. OTROS CUADROS NEUROLÓGICOS

Las contracciones musculares estimuladas eléctricamente pueden usarse en cualquier paciente con disfunción del SNC con un sistema nervioso periférico intacto, como aquéllos con lesiones cerebrales traumáticas (LCT), esclerosis múltiple (EM) o parálisis cerebral (PC). En varios estudios se ha mencionado una mejoría de la marcha en niños con PC cuando se incluía la EENM de las extremidades inferiores en su régimen terapéutico, así como una mejoría de la función de la extremidad superior cuando se incluía la EENM de las extremidades superiores. También se ha demostrado que la combinación de EENM y ortesis dinámica en niños con PC disminuye la espasticidad, incrementa la función y la fuerza de agarre y mejora la postura.

En los pacientes con EM, la lesión de las vainas de mielina que rodean a los axones del SNC puede provocar espasmos, debilidad y pérdida del equilibrio y la coordinación. En esta población, la estimulación eléctrica del nervio peroneo durante la fase de balanceo de la marcha mejoraba la velocidad de la marcha y disminuía el gasto energético que suponía andar; el pedaleo estimulado mediante EEF aumentaba la potencia y la suavidad del movimiento y disminuía la espasticidad inmediatamente después del ejercicio. (24)

4.3. MEDICINA DEPORTIVA Y RENDIMIENTO

Además de aumentar la fuerza y la función en personas con patología, la EENM puede incrementar la fuerza individuos sanos, y al añadir EENM al entrenamiento de fuerza pueden mejorarse las ganancias de fuerza. Sin embargo, no en todos los estudios se ha observado que estas ganancias de fuerza se traduzcan en beneficios sobre el rendimiento funcional. (25)

En una revisión de estudios en la que se evaluaban los efectos de la EENM sobre la altura de salto vertical se llegaba a la conclusión de que en la mayoría de los trabajos se mencionaba una mejoría mayor cuando se añadía EENM al entrenamiento estándar que únicamente con dicho entrenamiento. Estos beneficios podían mantenerse hasta 5 semanas tras el entrenamiento. Sin embargo, en poblaciones de deportistas diferentes, como jugadores de rugby, tenistas, jugadores de hockey, futbolistas, gimnastas jóvenes, jugadores de baloncesto, jugadores de vóleybol y estudiantes de educación física, aunque por lo general la EENM mejoraba la fuerza, su impacto sobre el rendimiento funcional no era consistente, como la altura de salto desde la posición de cuclillas, el salto de contraataque, el salto vertical o la velocidad de carrera rápida. Es probable que para mejorar los movimientos dinámicos y complejos necesarios para el rendimiento deportivo se necesite más que la simple fuerza. (26), (27)

La mayoría de los deportes requieren agilidad, coordinación de grupos musculares agonistas y antagonistas, flexibilidad, propiocepción y control y equilibrio motor, los cuales no mejoran con la EENM. Al añadir EENM al programa de entrenamiento probablemente ayude a aquellos participantes de deportes que se basan principalmente en la fuerza, pero lo más probable es que la mejoría en el rendimiento global en otros deportes sea limitada. La EENM no sustituye al entrenamiento específico de cada deporte y no puede vencer defectos de coordinación, equilibrio y control motor. Lo mismo puede decirse para las personas que no son deportistas. La incorporación de EENM al programa de rehabilitación probablemente pueda mejorar la fuerza, pero no es un sustituto de un programa integral de ejercicios que desafían a varios sistemas simultáneamente de una forma funcional. (26), (28), (35)

4.4. OTROS CUADROS CLÍNICOS

La estimulación eléctrica puede usarse para fortalecer y mejorar la función de cualquier músculo del cuerpo. Aunque de manera tradicional se aplicaba fundamentalmente para fortalecer los músculos de las extremidades inferiores, también se puede usar para tratar a pacientes con dificultades de deglución (disfagia), y en particular a aquéllos con disfagia secundaria a ictus. Dicha intervención supone la aplicación de los electrodos en el cuello y la estimulación de contracciones en los músculos responsables de la deglución. En varios estudios se ha observado que dicha intervención es más eficaz que otros enfoques empleados para tratar la disfagia de otras etiologías. (29), (36)

- Rehabilitación de músculos orofaríngeos con ejercicios y electroterapia para el síndrome de apnea-hipo apnea obstructiva del sueño. El síndrome de apnea obstructiva del sueño (SAOS) tiene repercusiones importantes en la morbimortalidad de los pacientes. Los tratamientos alternos a la presión positiva continua en la vía aérea (CPAP) han resultado poco eficaces, poco seguros o de alta complejidad. un programa ambulatorio de reeducación de la musculatura orofacial y extra laríngea y aplicación de electroestimulación (TENS) aplicado a pacientes con SAOS en un hospital universitario de nivel III.

Diecisiete pacientes con SAOS leve, moderado o severo que asistieron a 24 sesiones (3 semanales) de 30 minutos, de ejercicios orofaríngeos y electroestimulación. Los pacientes fueron evaluados al inicio y al final de la intervención mediante antropometría, polisomnografía, escala de somnolencia de Epworth, SAQLI y tolerancia al CPAP. La tolerancia al CPAP fue evaluada por una escala visual calificada de 1 a 10 (10 correspondía a tolerancia máxima). Las variables cualitativas se describieron en frecuencias y las variables cuantitativas en promedios o medianas dependiendo del tipo de distribución. El índice de apnea-hipopnea mejoró de 22 a 13 por hora, el SAQLI mejoró de 4,65 a 5,33 y Epworth pasó de 7 a 5 después de la intervención. La tolerancia al CPAP mejoró de 3 a 9. Las sesiones fueron bien toleradas, no se presentaron eventos adversos importantes. Cuatro pacientes presentaron dolor muscular facial. Los ejercicios de reeducación con

electroterapia son fáciles, reproducibles, seguros y potencialmente beneficiosos para el SAOS, con mínimos efectos secundarios. (36), (40)

- El efecto de la estimulación eléctrica neuromuscular sobre la fuerza muscular, la capacidad funcional y la composición corporal en pacientes en hemodiálisis.

Los pacientes en hemodiálisis (HD) se caracterizan por una pérdida muscular significativa. Recientemente, la estimulación eléctrica neuromuscular (NMES) se ha convertido en una nueva alternativa terapéutica para mejorar el estado físico de estos pacientes. Hasta la fecha, no se han publicado estudios sobre los efectos de NMES en la composición corporal en pacientes con HD.

Un estudio prospectivo de 12 semanas, de un solo centro. Los pacientes fueron asignados a un grupo de estimulación eléctrica (ES) o control (CO). El grupo ES fue sometido a estimulación eléctrica intradialítica del cuádriceps (Compex® Theta 500i), mientras que el grupo CO recibió atención estándar HD. (30)

De 20 pacientes, el 55% eran hombres. Edad media 67.7 años, 30.3 meses en HD. Etiología principal: DM (35%). En el grupo de EE fueron 13 pacientes y 7 en el grupo de CO. Al final del estudio, solo se observó una mejoría en el grupo ES (* P <.05): MES * (11.7 ± 7.1 vs. 13.4 ± 7.4 kg), STS10 (39.3 ± 15.5 vs. 35.8 ± 13.7 s) y 6MWT * (9.9% , 293.2 vs. 325.2 m). Además, se observó un aumento en el área del cuádriceps muscular (QMA *: 128.6 ± 30.2 vs. 144.6 ± 22.4 cm²) y un área reducida de grasa en el cuádriceps (QFA *: 76.5 ± 26.9 vs. 62.1 ± 20.1 cm²). No se encontraron cambios relevantes en la composición corporal, los parámetros nutricionales y la adecuación de la diálisis. (30)

1) NMES mejoró la fuerza muscular, la capacidad funcional y la composición del músculo cuádriceps en nuestros pacientes. 2) En base a los resultados obtenidos, NMES podría ser una nueva alternativa terapéutica para prevenir la atrofia muscular y el deterioro físico progresivo. 3) Sin embargo, los estudios futuros son necesarios para establecer los posibles efectos beneficiosos de NMES en pacientes con HD. (33)

- Otra aplicación de las contracciones musculares estimuladas eléctricamente es el tratamiento de la incontinencia urinaria asociada a la disfunción del suelo

pélvico. La estimulación eléctrica para dichas situaciones se ha aplicado por vía transcutánea, percutánea o mediante sondas intravaginales.

La mayoría de los artículos se han centrado en la incontinencia urinaria en mujeres, aunque en algunos se han revisado protocolos para los varones. En su norma más reciente sobre la incontinencia urinaria, la Agency for Health Care Policy and Research (AHCPR) afirmaba que la estimulación eléctrica del suelo pélvico disminuye la incontinencia en mujeres con incontinencia urinaria de estrés y puede ser útil para la incontinencia de urgencia y mixta. (31)

- Efecto de 8 semanas de corriente TENS modificada y la corriente rusa, sobre la fuerza muscular y la composición corporal fortalecimiento muscular en cuádriceps para mejorar la fuerza rápida (2016)

Objetivo: Comparar el efecto de 2 métodos de electroestimulación en las siguientes variables: fuerza y antropometría.

Método: Se realizó una investigación experimental, aleatoria y simple ciego. Se evaluó a 18 sujetos, distribuidos en: Grupo Corriente TENS Modificada (CTM: n = 6), Grupo Corriente Rusa (CR: n = 6) y Grupo Control (TC: n = 6, sometido a corriente TENS Convencional, considerada en la presente investigación como placebo). Resultados: Al cabo de 8 semanas, solo CTM incrementó la fuerza máxima ($p < 0.035$) y redujo el grosor del pliegue subcutáneo de la pierna derecha ($p < 0.03$).

Conclusiones: La técnica de electroestimulación con corriente TENS Modificada es efectiva para el entrenamiento muscular. (41)

DISCUSIONES

La revisión bibliográfica realizada a partir de las investigaciones encontradas en diferentes bases de datos, mencionadas anteriormente, demuestra que el uso de EENM aporta beneficios en los pacientes a los que se le han realizado el estudio. Se ha observado en todos los estudios que se reafirma la utilización de la electroestimulación como algo beneficioso para los pacientes en los que se aplicó las diferentes técnicas y tiene significación estadística en casi todas las variables medibles. Así mismo se constata el uso de EENM para recuperar, potenciar la musculatura y mejorar la funcionabilidad tanto de deportistas, como personas de a pie e incluso pacientes con problemas cardíaco respiratorio o lesiones traumatológicas.

Sin embargo, una de las deficiencias encontradas en estas investigaciones es el hecho de que en ninguna se realiza una justificación adecuada de por qué se realizaron las pruebas con un parámetro de corriente en concreto. En ninguno de los artículos revisados se ha mencionado, en el apartado de parámetros eléctricos, más datos a parte de la frecuencia de la electroestimulación. La información sobre las duraciones de los impulsos, formas de la onda o tipo de corriente es relevante para poder reproducir la investigación, y observar si los resultados reproducidos se asemejan o son similares. También es importante mencionar estos datos debido a que de esta forma la investigación obtiene una mayor evidencia, y se puede utilizar como un estudio de referencia.

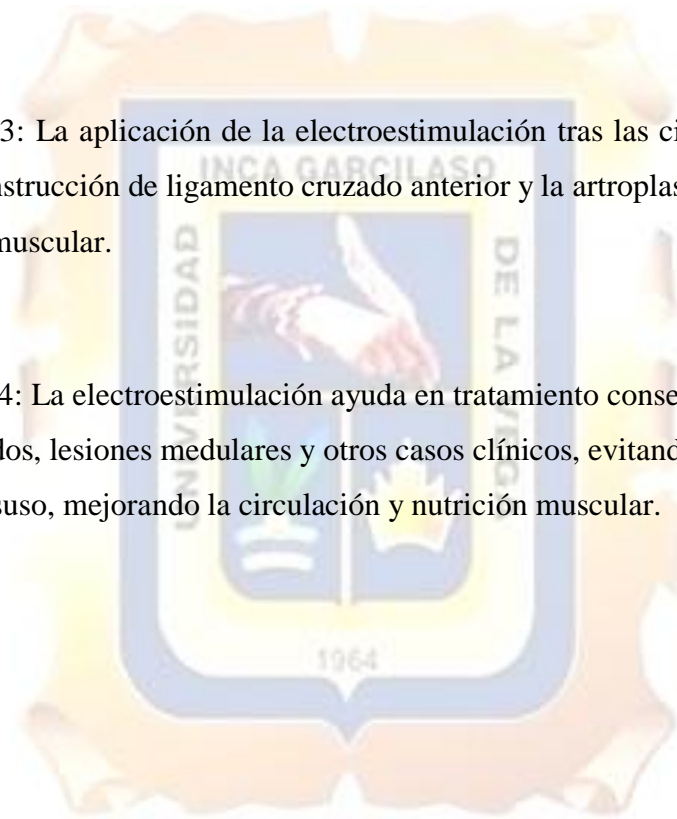
CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN 1: La mayoría de los estudios analizados demuestran la eficacia del corriente estimulante, siendo en algunos casos igual o superior al entrenamiento físico, para la ganancia de trofismo muscular.

CONCLUSIÓN 2: El uso de electroestimulación terapéutico ayuda la reducción de la espasticidad del paciente neurológico.

CONCLUSIÓN 3: La aplicación de la electroestimulación tras las cirugías ortopédicas como en la reconstrucción de ligamento cruzado anterior y la artroplastia de rodilla, para evitar la atrofia muscular.

CONCLUSIÓN 4: La electroestimulación ayuda en tratamiento conservatorio en pacientes postrados, lesiones medulares y otros casos clínicos, evitando la atrofia muscular por desuso, mejorando la circulación y nutrición muscular.

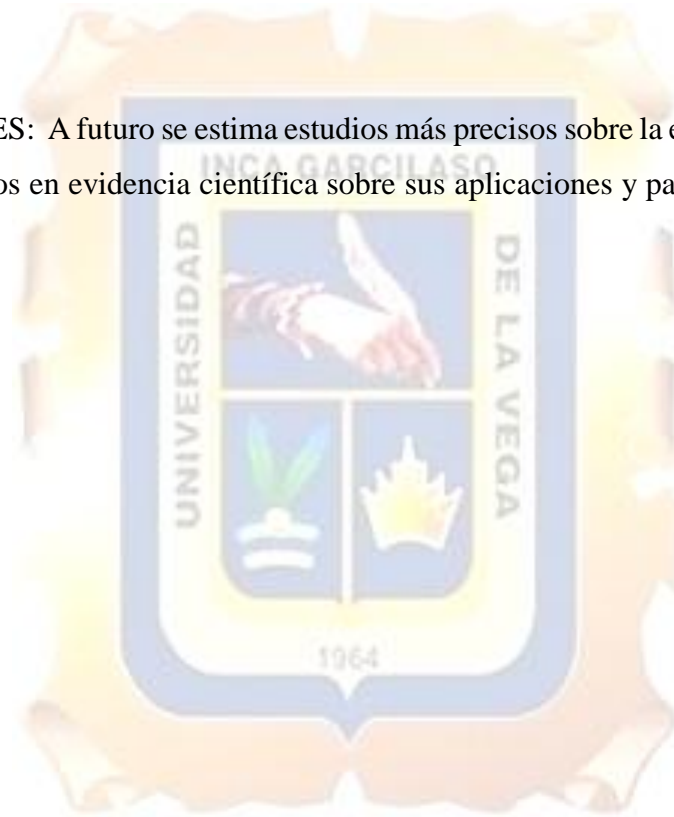


RECOMENDACIONES Y PROYECCIONES

RECOMENDACIÓN 1: El uso de electroestimulación muscular en diferentes áreas como en tratamientos ortopédicos, neurológicos, potenciación muscular en los deportistas y otros. Debe ser indicado y utilizado por profesionales capacitados en la electroterapia.

RECOMENDACIÓN 2: Se recomienda el uso de electroestimulación muscular juntamente con los ejercicios terapéuticos para obtener mejores resultados.

PROYECCIONES: A futuro se estima estudios más precisos sobre la electroestimulación muscular, basados en evidencia científica sobre sus aplicaciones y parámetros dentro de la rehabilitación.



BIBLIOGRAFÍA

1. Rodríguez C. Revisión Bibliográfica sobre la eficacia de la electroestimulación en la funcionalidad muscular. España: Universidad La Laguna; 2014/2015.
2. Cordero M., Jorge E. Agentes Físicos Terapéuticos. La Habana: ECIMED Ciencia Médica; 2008.
3. Fernando. Electroterapia [online]: 2013. Disponible en:
<https://rehabilitacionpremiummadrid.com/blog/fernando/electroterapia/>.
4. Apestegui A. Dispositivo de electroestimulación muscular. [online]: 2010. Disponible en:
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5407/apestegui_aar_on_dispositivo_electroestimulacion_muscular_fibras_musculares.pdf
5. Capote C., López P., Bravo A. Unidad Temática VI Electroterapia de baja y media frecuencia, Agentes Físicos. Terapia Física y Rehabilitación. p.199-220. 1ra ed. La Habana: Ciencias Médicas; 2006.
6. Capote C., López., Tania B. Agentes físicos. La Habana: Ciencias Médicas; 2009.
7. Michelle H., Cameron. Agentes físicos en rehabilitación De la investigación a la práctica. 4ta ed. MD, PT, OCS; 2013.
8. Bismarck M. Corrientes Exitomotrices. [online]: 2010. disponible en:
<https://drive.google.com/file/d/0B1K171s6sIYpU0hsSDVyZDIKTDA/view2010>.
9. Electro estimulador Neuromuscular. [online]: 2013; disponible en:
<http://3parcial659.blogspot.pe/2013/03/electroestimulador-muscular.html>.
10. Ramos M. Electroterapia. [online]: 2012. Disponible en:
<http://www.kinesiologiaramosmejia.com/que-es-la-electroestimulacion-o-electroterapia-ondas-rusas-tens-fes/>.
11. Peti P. Guía imprescindible de electroestimulación. Booksmedicos.org. 2007
12. Tiendas eFisioterapia. electroestimulación muscular. [online]: 2010. Disponible en:
www.efisioterapia.net/articulos/electroestimulacion-muscular-tipos-frecuencia-y-efectos.
13. Pombo M., Rodríguez J., Brunet X. Electroestimulación, entrenamiento y periodización. 1ª ed. Barcelona: Paidotribo; 2004.

14. Viñals. Sistema locomotor: músculos, huesos, articulaciones. Tipos de contracción. Tipos de trabajo muscular. [online]; 2008. Disponible en: <https://elmussol.files.wordpress.com/2008/09/sistema.locomotor.pdf>.
15. Tortora G., Derrickson B. Principios de anatomía y fisiología. Madrid: Médica Panamericana; 2010.
16. Guillermo B. Sistema muscular, Fisiología del musculo esquelético [online]; 2013. disponible en: <https://es.slideshare.net/BFGuillermo/sistema-muscular-fisiologa-del-msculo-esqueltico>.
17. Howley. Edward T., Powers., Scott K. Fisiología Del Ejercicio. Teoría Y Aplicación A La Forma Física Y Al Rendimiento. Paidrotibo; 2014.
18. Gonzales I. Introducción al fortalecimiento muscular [online]: 2015. Disponible en: <https://isabelgonzalez10.wordpress.com/2015/03/12/fortalecimiento-muscular-2/>.
19. Thibodeau G. Anatomía y fisiología. Barcelona: Elsevier; 2013.
20. García P. Electroestimulación más ejercicio voluntario. [online]: 2014; disponible en: <https://www.electroestimulaciondeportiva.com/electroestimulacion-mas-ejercicio-voluntario-para-entrenar-o-para-recuperar-parte-1/>.
21. Vitonica. Electroestimulación y su uso en la recuperación de lesiones. [online]: 2016. Disponible en: <https://www.vitonica.com/fisioterapia/electroestimulacion-y-su-uso-en-la-recuperacion-de-lesiones>.
22. Santamaria D., Pacheco. Fortalecimiento muscular en cuádriceps para mejorar la fuerza rápida. Efisioterapia. [online]: 2010. Disponible en: <https://www.efisioterapia.net/articulos/fortalecimiento-muscular-cuadriceps-mejorar-la-fuerza-rapida>.
23. Herrero A., García., Fernández D., Martin H. Comparación de las adaptaciones producidas por el entrenamiento con electroestimulación concéntrica y el entrenamiento voluntario. Apunts. 2008. Disponible en: <https://www.google.adaptaciones+producidas+en+el+organismo+con+la+electroestimulacion+muscular>.
24. Fernández E., Serrano M., Avendaño J., Gómez S. Estimulación eléctrica nerviosa transcutánea como tratamiento de la espasticidad. [online] 2016. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213485316301116>.
25. Martínez B. Electroestimulación neuromuscular en el deporte, programa de entrenamiento: Wanceulen editorial deportiva; 2013.

26. Esteve V., Carneiro J., Moreno F., Fulquet M. Efecto de la electroestimulación neuromuscular sobre la fuerza muscular, capacidad funcional y composición corporal en los pacientes en hemodiálisis. [online]. 2017. Disponible en: <https://www.revistanefrologia.com/es-efecto-electroestimulacion-neuromuscular-sobre-fuerza-muscular-capacidad-funcional-composicion-corporal-articulo>.
27. Herrero A., Martín J., Benito I., Gonzalo M. Posicionamiento de la National Strength and Conditioning Association-Spain. Entrenamiento con electroestimulación de cuerpo completo. Rev. Andal. Med Deporte vol.8 no.4 Sevilla: scielo; 2015.
28. Artículos en Fisiocampus. [online]:2015. Disponible en: <https://www.fisiocampus.com/articulos/electroestimulacion-en-el-tratamiento-de-deportistas-parametros-y-tecnicas-mas-relevantes>.
29. eFisioterapia. electroestimulación muscular. [online]: 2010. Disponible en: www.efisioterapia.net/articulos/electroestimulacion-muscular-tipos-frecuencia-y-efectos.
30. Gustavo C. Elsevier. [online]: 2011 disponible: <http://www.elsevier.es/es-revista-dialisis-trasplante-275-articulo-la-electroestimulacion-el-entrenamiento-muscular>.
31. Ashwell K., Dimo T. Manual de anatomía del ejercicio. Barcelona: Paidotribo; 2014.
32. Alegría R. La electroestimulación neuromuscular y su aplicación en el desarrollo de la fuerza en el deporte [online]: 2011. disponible en: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/3874/4/0450258.pdf>.
33. Ledesma B., García P., Contino T. La aplicación de un programa de electroestimulación en judocas de la preselección nacional masculina cubana. [online]. 2008 disponible en: [www.http.m.pe/search?q=forma+de+aplicaci% c3% 93n+de+la+electroestimulacion](http://www.http.m.pe/search?q=forma+de+aplicaci%c3%93n+de+la+electroestimulacion).
34. Centro de rehabilitación orofacial. [online]. 2014. Disponible en: <https://aula.centrolescer.org/producto/neurorrehabilitacion-orofacial-y-aplicacion-de-electroestimulacion/>.
35. Efisioterapia. [online]: 2010. Disponible en: <https://www.efisioterapia.net/articulos/fortalecimiento-muscular-cuadriceps-mejorar-la-fuerza-rapida>.

36. León M., Rengifo V., Gálvez M., Sarmiento L., Giraldo C. Rehabilitación de músculos orofaríngeos con ejercicios y electroterapia para el síndrome de apnea-hipopnea obstructiva del sueño. [online] 2014. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rh.2014>.
37. Campos J., Martínez C., Salazar V., Carrasco R., Arcaya M., Ramírez M., Mariscal D. Efecto de 8 semanas de corriente TENS modificada y la corriente rusa, sobre la fuerza muscular y la composición corporal. Rev Andal Med Deporte [online]. 2016, vol.9, n.1, pp.3-6. disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1888.

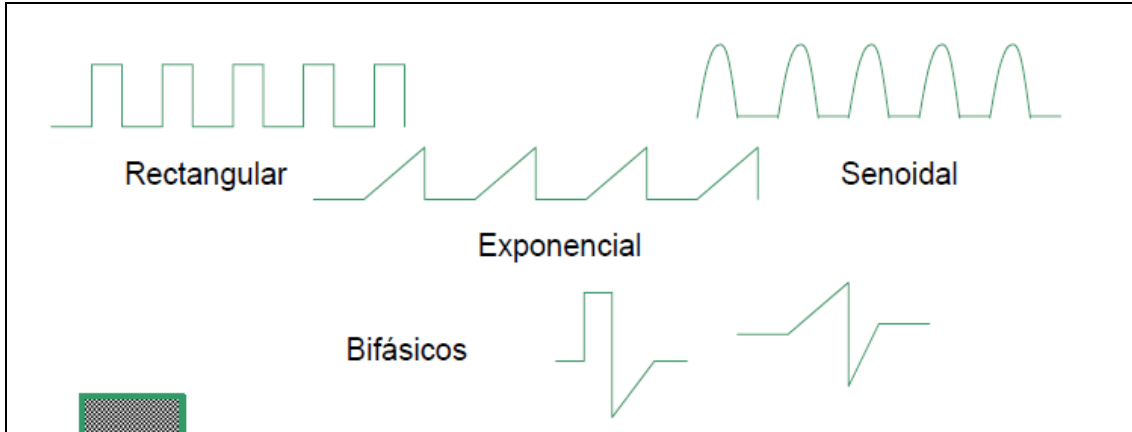




ANEXOS

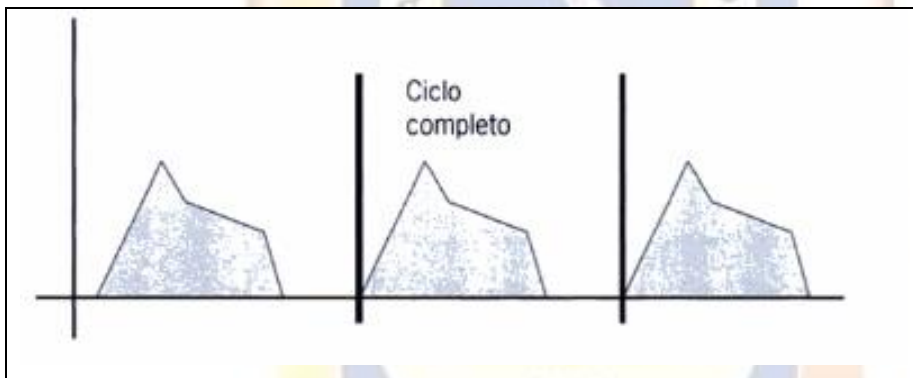
ANEXO 1: TÉRMINOS IMPORTANTES DE LA ELECTROTERAPIA

Figura 1. Formas de pulso.



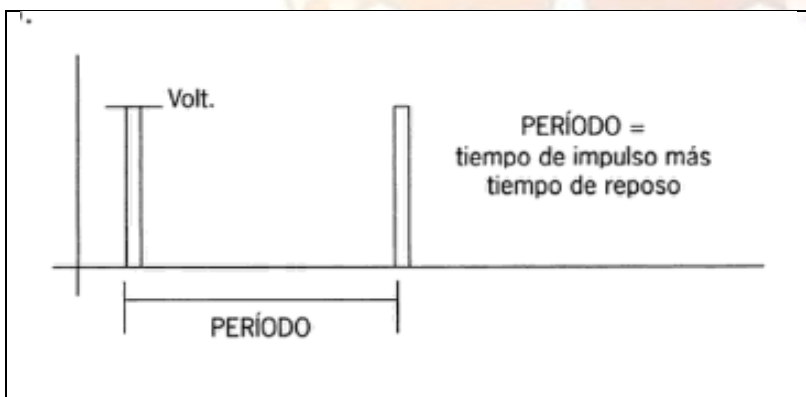
Referencia: Dr. Ariel Capote Cabrera. Ciencias médicas; 2009.

Figura 2. Ciclo de periodo.



Referencia: Rodríguez Martín. 2da. Ed. 2004.

Figura 3. Frecuencia.



Referencia: Dr. Ariel Capote Cabrera. Ciencias médicas; 2009.

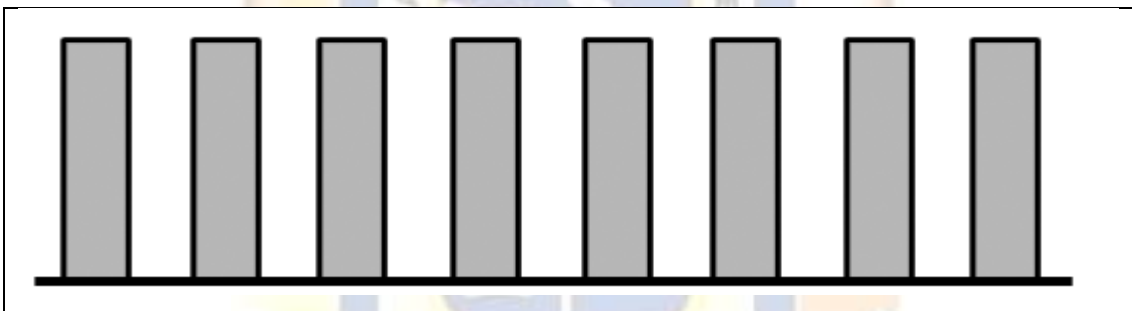
ANEXO 2: TIPOS DE CORRIENTE ESTIMULANTE

Figura 2.1. Esquema de una corriente galvánica. La intensidad de la corriente sube de manera progresiva cuando se abre el circuito, y se mantiene por todo el tiempo, hasta que se cierra el circuito.



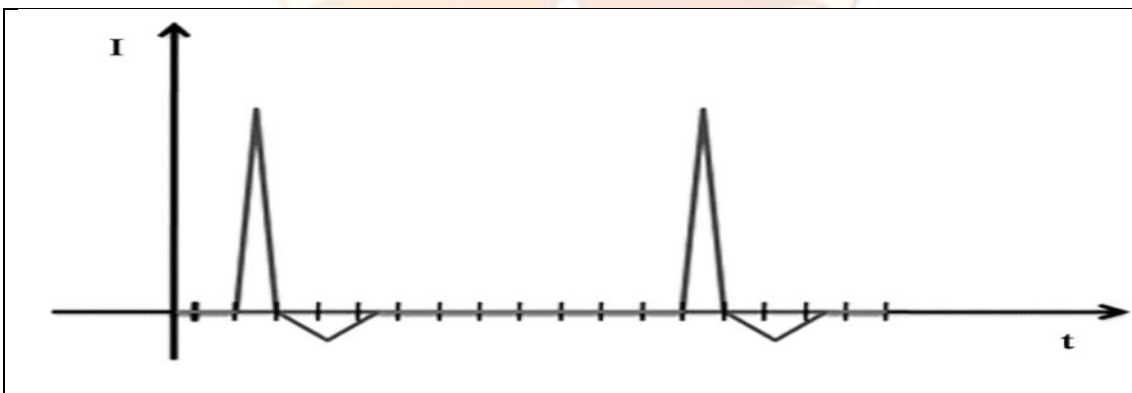
Referencia: Dr. Jorge E Martin Cordero. Ciencia Médica.2008.

Figura 2.2. Esquema de una corriente monofásica de impulsos rectangulares



Referencia: Dr. Jorge E Martin Cordero. Ciencia Médica.2008.

Figura 2.3. Esquema de una corriente farádica.



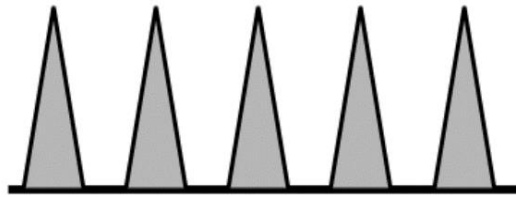
Referencia: Dr. Jorge E Martin Cordero. Ciencia Médica.2008.

Figura 2.3. Corrientes monofásicas triangulares.

(a) Triangular típica con ascenso y descenso progresivo.

(b) Triangular con ascenso progresivo, pero con una rampa de descenso rápido, por lo que es denominada triangular en “diente de sierra”.

a)



b)



Referencia: Dr. Jorge E Martin Cordero. Ciencia Médica.2008.

ANEXO 3: COLOCACIÓN DE ELECTRODOS

Figura 3.1. Colocación de electrodos músculos denervados.

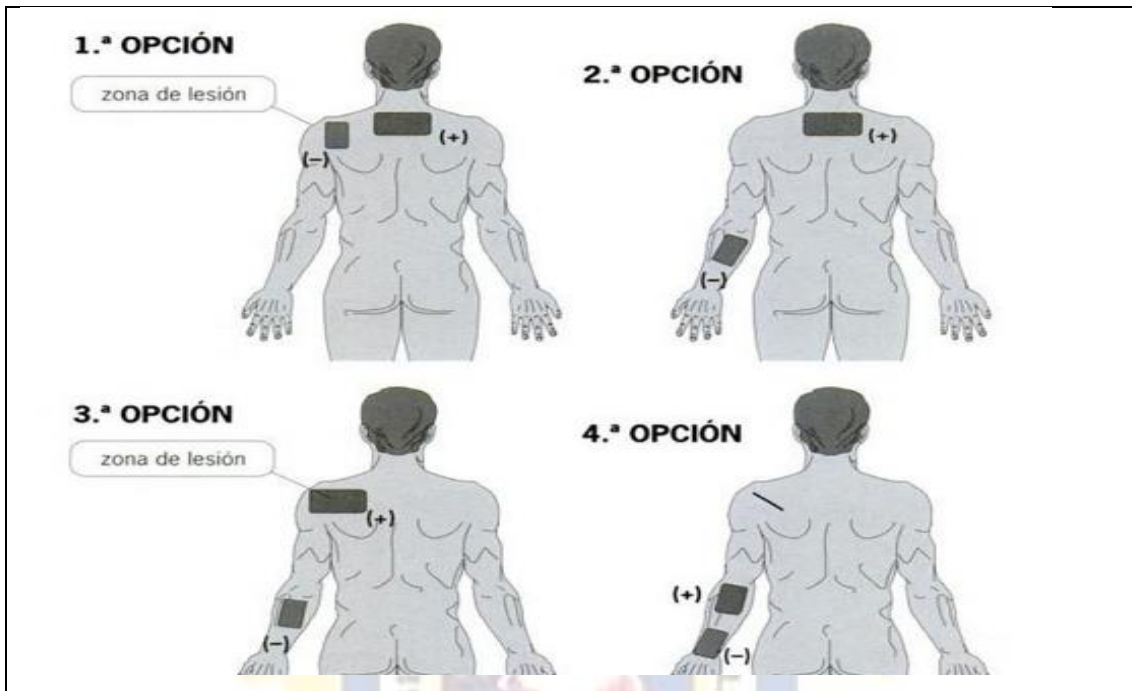
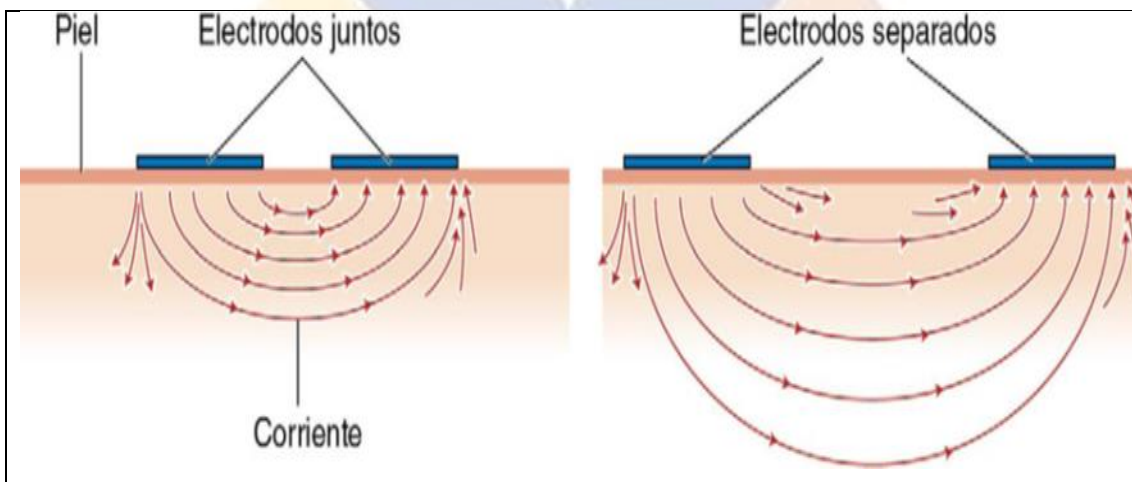


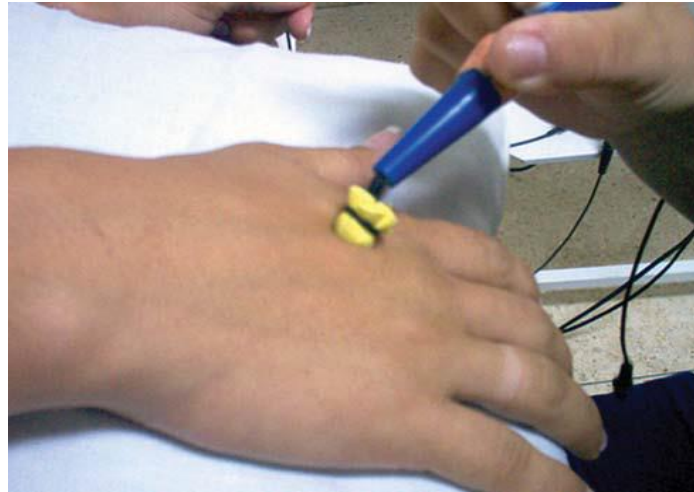
Figura 3.2.

1. Efecto de la separación de los electrodos. Cuando los electrodos están muy juntos la corriente viaja más superficialmente.
2. Cuando los electrodos están más separados la corriente viaja a mayor profundidad.



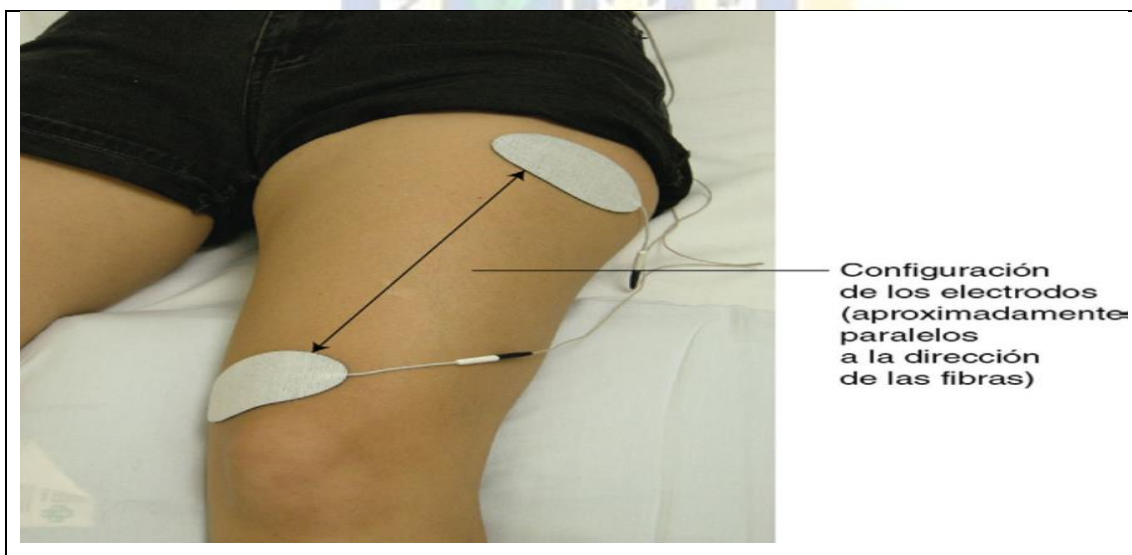
Referencia: Dr. Jorge E Martin Cordero. Ciencia Médica.2008.

Figura 3.3. En la figura se observa el trabajo con un electrodo de lápiz, en este caso se constituye el electrodo (-) mientras el electrodo + se ubica en posición proximal. Para los músculos intrínsecos se convierten en una aplicación monopolar.



Referencia: Dr. Jorge E Martin Cordero. Ciencia Médica.2008.

Figura: 3.4. Electrodo colocados sobre los extremos proximal y distal de los músculos cuádriceps para lograr la eficacia máxima.



Referencia: Cuarta edición Michelle H. Cameron, MD, PT, OCS 2013.

Figura 3.5. Posicionamiento de electrodos en cuádriceps.

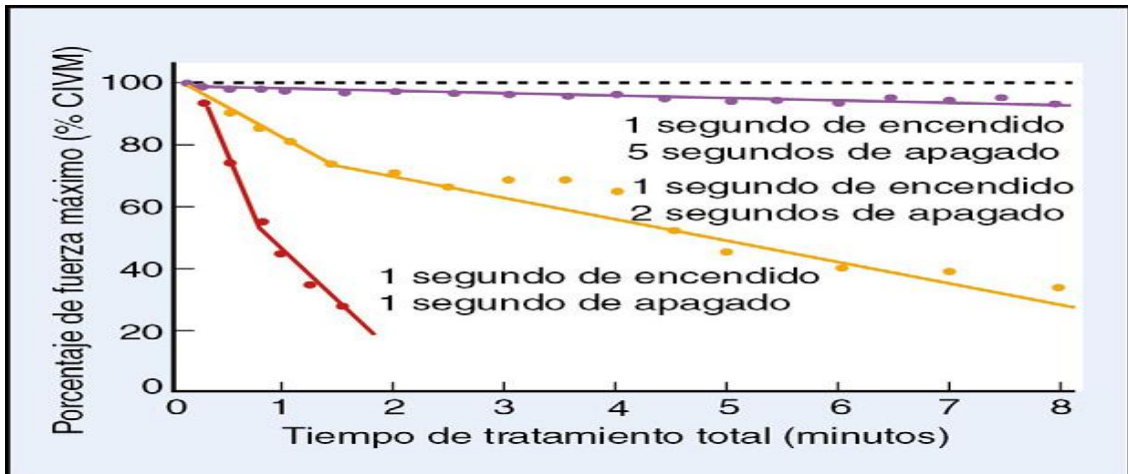


Referencia: Elaboración propia. Aarón Marcial Apéstegui Arriola 2013.



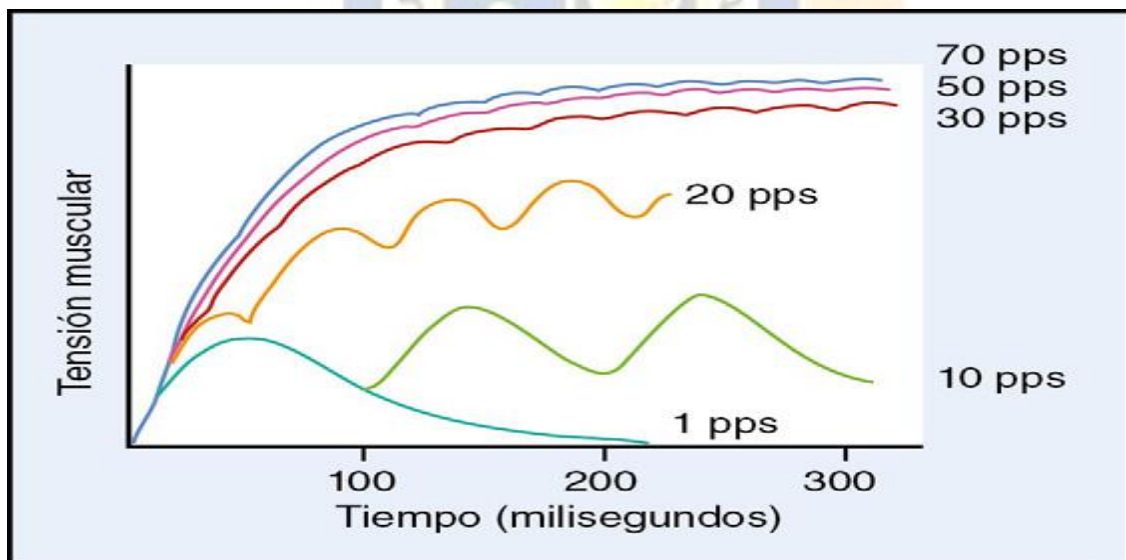
ANEXO 4: ELECTROESTIMULACIÓN MUSCULAR

Figura 4.1. Efecto del cambio del cociente de encendido/apagado sobre la fuerza de la contracción producida. Obsérvese que las contracciones más fuertes se producen cuando se usan tiempos de apagado más largos.



Referencia: Adaptada de Benton LA, Baker LL, Bowman BR y cols.

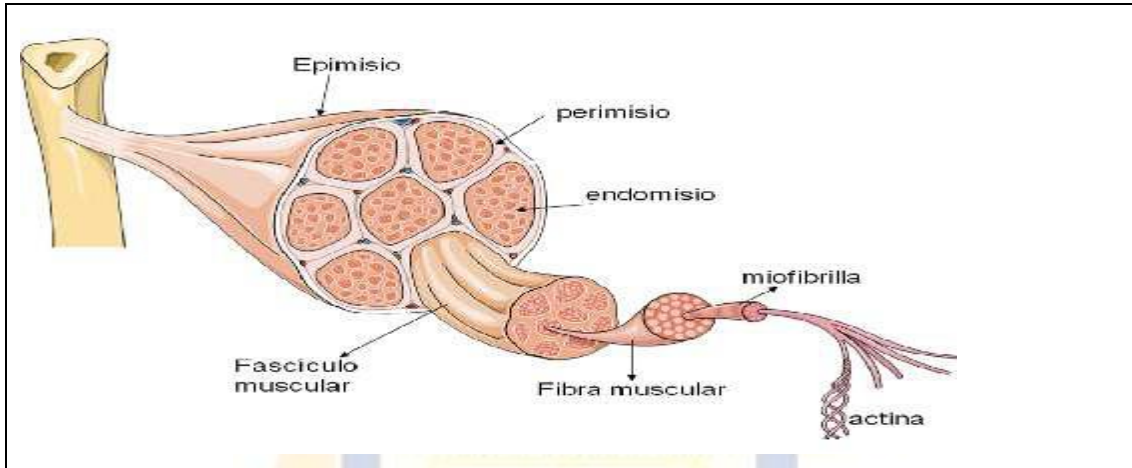
Figura 3.6. Efecto del cambio del cociente de encendido/apagado sobre la fuerza de la contracción producida. Obsérvese que las contracciones más fuertes se producen cuando se usan tiempos de apagado más largos.



Referencia: Adaptada de Benton LA, Baker LL, Bowman BR y cols.

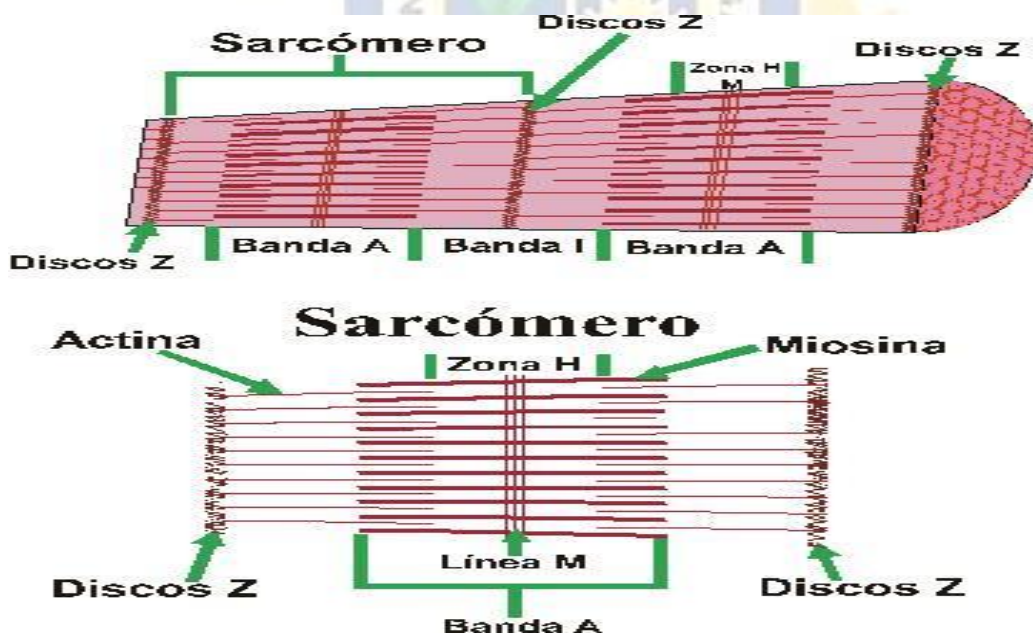
ANEXO 5: CONTRACCIÓN MUSCULAR

Figura 3.1 Estas membranas. Separan, protegen y facilitan el deslizamiento entre estructuras, fascículos y fibras musculares.



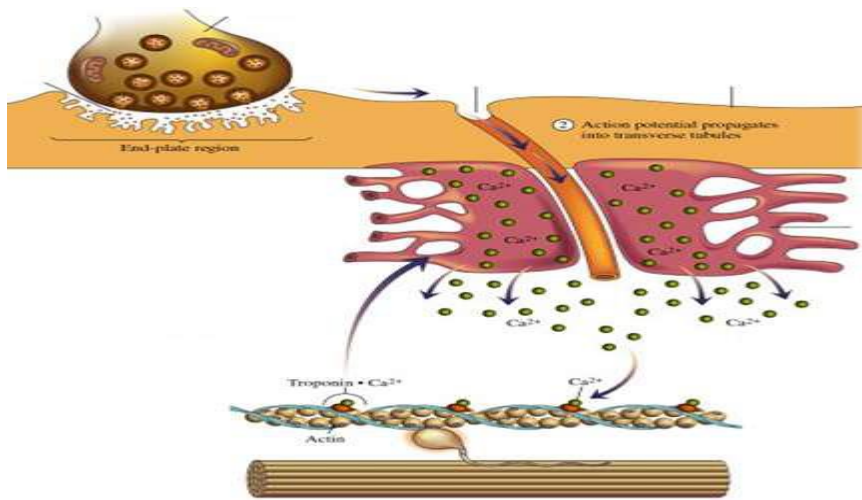
Referencia: [www.http://fisiologiajmv-hilda.blogspot.com/2011/02/unidad-iii-fisiologia-muscular.html](http://fisiologiajmv-hilda.blogspot.com/2011/02/unidad-iii-fisiologia-muscular.html)

Figura: 3.2. En la fibra muscular observamos:



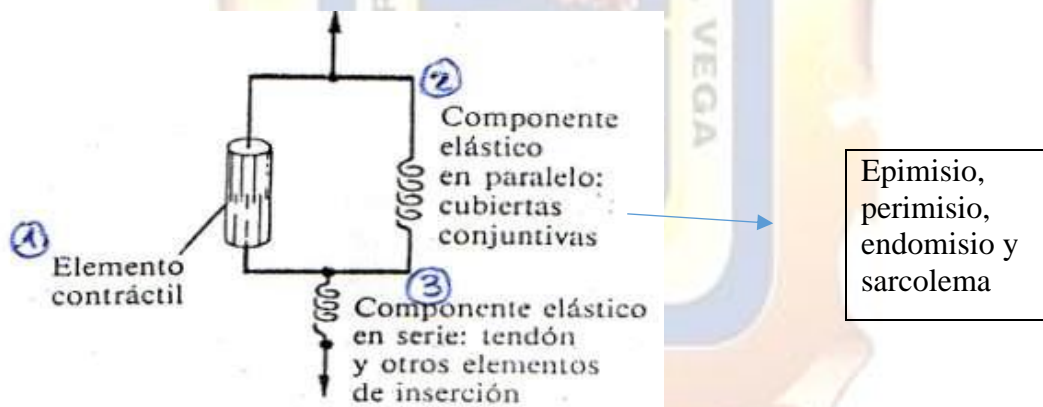
Referencia: <http://fisiologiajmv-hilda.blogspot.com/2011/02/unidad-iii-fisiologia-muscular.html>

Figura 3.3. Contracción muscular

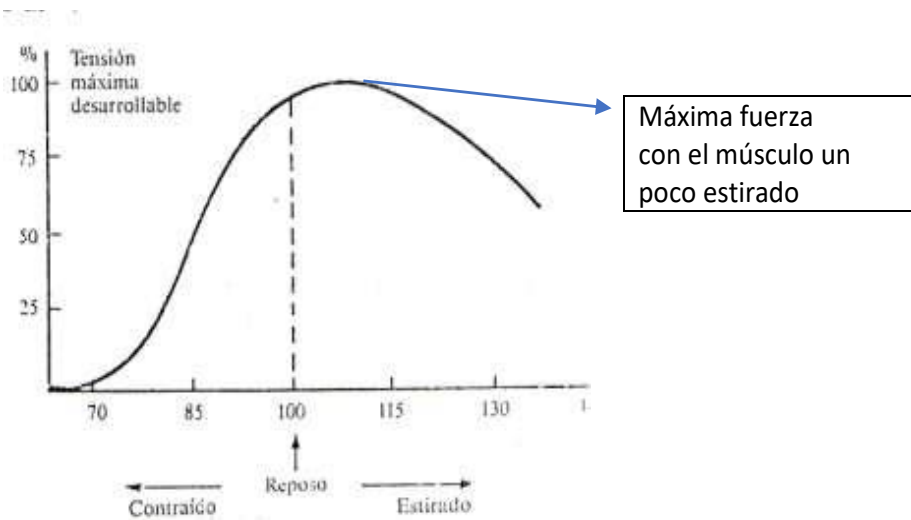


Referencia: <http://fisiologiajmv-hilda.blogspot.com/2011/02/unidad-iii-fisiologia-muscular.html>

Figura 3.4. Capacidad de contracción muscular.



Epimisio,
perimisio,
endomisio y
sarcolema



Referencia: [www.http://fisiologiajmv-hilda.blogspot.com/2011/02/unidad-iii-fisiologia-muscular.html](http://fisiologiajmv-hilda.blogspot.com/2011/02/unidad-iii-fisiologia-muscular.html)

