

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
LICENCIATURA EN TERAPIA FÍSICA  
DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN PROFESIONAL



## **TÍTULO**

**EFFECTIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE CORRIENTES VMS COLOCADAS EN PUNTOS ELECTROMIOGRAFICOS DEL TIBIAL ANTERIOR EN EL PERSONAL QUE LABORA EN EL CENTRO DE REHABILITACIÓN INFANTIL DE LA SEDENA DEL 1º AL 30 DE MAYO DEL 2012.**

TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**LICENCIADO EN TERAPIA FÍSICA.**

PRESENTA  
**P.L.T.F. ARIEL MARIANO GARCÍA**

DIRECTOR:  
**MTRO. En S.H.O. HÉCTOR URBANO LÓPEZ DÍAZ**

## **REVISORES**

**M. EN ED. MIGUEL FERNÁNDEZ LÓPEZ**  
**DRA. EN C. ED. MARGARITA MARINA HERNÁNDEZ GONZÁLEZ**  
**PH. D. FRANCISCO BERNARDO PLIEGO RIVERO**  
**L.T.F. MARISOL LÓPEZ ALVAREZ**

TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, 2013

**EFFECTIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE CORRIENTES VMS COLOCADAS EN  
PUNTOS ELECTROMIOGRÁFICOS DEL TIBIAL ANTERIOR EN EL PERSONAL  
QUE LABORA EN EL CENTRO DE REHABILITACIÓN INFANTIL DE LA  
SEDENA DEL 1º AL 30 DE MAYO DEL 2012.**

## AGRADECIMIENTOS

**“Aléjate de la gente que trata de empequeñecer tus ambiciones. La gente pequeña siempre hace eso, pero la gente realmente grande, te hace sentir que tú también puedes ser grande.” MARK TWAIN**

Quiero dedicar este espacio a las personas que me han inspirado a terminar otro capítulo en mi vida que cuando sentía que ya no podía siempre estaban a mi lado para darme esa mano que tanto necesitaba.

Gracias a dios por darme una familia hermosa que siempre estuvo a mi lado dándome aliento y exigiéndome ser el mejor para ser ejemplo para ellos.

Gracias Surely que siempre estuviste a mi lado, eres mi inspiración, te Amo.

Gracias Brandon por enseñarme que el tiempo pasa rápido y las oportunidades pasan una sola vez y no regresan, que con esfuerzo se puede lograr todos los propósitos y a pesar de que eres un niño comprendiste y apoyaste no estar contigo lo que duraron los estudios, te Amo hijo.

Y aunque llegaste al final te esperamos con amor Gracias Pepe Toño.

Un inmenso agradecimiento a una persona visionaria que creyó en mí, que me apoyo contra corriente y que sin ella nada de esto hubiera pasado, gracias mi Tte. Cor. M.C. Nazarea Herrera Maldonado.

Este espacio me es insuficiente para agradecer a todas las personas que me apoyaron y me dieron fuerzas, gracias a mis compañeros del grupo que llegaron hacer como mis hermanos los cuales pasamos momentos buenos y malos pero siempre estuvieron allí “todos somos T.F.”

A mis profesores que me exigieron muchos porque sabían que podía con eso y más.

Gracia por creer en mí.

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| <b>RESUMEN</b>                                      | 4  |
| <b>I. MARCO TEÓRICO</b>                             | 6  |
| I.1 Concepto  | 6  |
| I.2 Historia y generalidades                        | 6  |
| I.2.1 El fenómeno de la corriente eléctrica         | 8  |
| I.3 Efectos generales de la corriente eléctrica     | 8  |
| I.3.1 Efectos específicos                           | 9  |
| I.3.2 A nivel del sistema nervioso periférico       | 9  |
| I.4 Clasificación de las corrientes eléctricas      | 10 |
| I.4.1 Corrientes VMS                                | 10 |
| I.5 Normas de seguridad                             | 12 |
| I.5.1 Indicaciones de la electroterapia             | 13 |
| I.5.2 Contraindicaciones de la electroterapia       | 13 |
| I.5.3 Precauciones adicionales                      | 14 |
| I.5.4 Efectos adversos de la electroterapia         | 14 |
| I.6 Tibial anterior                                 | 15 |
| I.6.1 Relaciones                                    | 16 |
| I.6.2 Inervación                                    | 16 |
| I.6.3 Acción  | 16 |
| I.6.4 Palpación                                     | 16 |
| I.6.5 Acción de palanca                             | 16 |
| I.7 Biomecánica del Tibial Anterior                 | 17 |
| I.8 Tratamiento de las lesiones del tibial anterior | 19 |
| I.8.1 Estimulación Neuromuscular Funcional          | 19 |
| I.8.2 Electroterapia                                | 20 |
| I.9 Colocación de electrodos                        | 21 |
| I.10 Goniometría                                    | 23 |
| I.10.1 Definición de goniometría                    | 23 |
| I.10.2 Objetivos de goniometría en medicina         | 23 |

|   |           |
|---|-----------|
| I.11 Goniometría del tobillo para valorar tibial anterior | 24        |
| I.11.1 Flexión  | 24        |
| I.11.2 Extensión  | 25        |
| <b>II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>                     | <b>26</b> |
| II.1 Argumentación  | 26        |
| II.2 Pregunta de investigación                            | 26        |
| <b>III. JUSTIFICACIONES</b>                               | <b>27</b> |
| III.1 Científica  | 27        |
| III.2 Académica   | 27        |
| III.3 Social  | 27        |
| III.4 Profesional   | 27        |
| <b>IV. HIPÓTESIS</b>                                      | <b>28</b> |
| IV.1 Unidad de observación                                | 28        |
| IV.2 Variables de estudio                                 | 28        |
| IV.2.1 Variable independiente                             | 28        |
| IV.2.2 Variable dependiente                               | 28        |
| IV.3 Relación lógica entre variables                      | 28        |
| IV.4 Dimensión espacial-temporal                          | 28        |
| <b>V. OBJETIVOS</b>                                       | <b>29</b> |
| V.1 Objetivo general                                      | 29        |
| V.2 Objetivo específico                                   | 29        |
| <b>VI. METODO</b>   | <b>30</b> |
| VI.1 Diseño de estudio                                    | 30        |
| VI.2 Operacionalización de las variables                  | 30        |
| VI.3 Universo de trabajo y muestra                        | 31        |
| VI.3.1 Criterio de inclusión                              | 31        |
| VI.3.2 Criterios de exclusión                             | 31        |
| VI.3.3 Criterios de eliminación                           | 31        |

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| VI.4. Instrumento de investigación | 32        |
| VI.4.1 Descripción                 | 32        |
| VI.4.2 Validación                  | 32        |
| VI.5 Desarrollo del proyecto       | 32        |
| VI.5.1 Material                    | 34        |
| VI.6 Límite de tiempo y espacio    | 34        |
| VI.7 Diseño de análisis            | 34        |
| VI.8 Implicaciones éticas          | 34        |
| <b>VII. ORGANIZACIÓN</b>           | <b>36</b> |
| <b>VIII. RESULTADOS</b>            | <b>37</b> |
| <b>IX. CUADROS Y GRAFICOS</b>      | <b>39</b> |
| <b>X. CONCLUSIONES</b>             | <b>48</b> |
| <b>XI. RECOMENDACIONES</b>         | <b>49</b> |
| <b>XII. BIBLIOGRAFÍA</b>           | <b>50</b> |
| <b>XIII. ANEXOS</b>                | <b>52</b> |
| <b>X.1. ANEXO 1</b>                | <b>52</b> |
| <b>X.2. ANEXO 2</b>                | <b>54</b> |

## RESUMEN

El objetivo principal de la presente investigación fue determinar la efectividad de las corrientes VMS aplicados en los puntos electromiograficos de tibial anterior en comparación con la efectividad de la técnica de aplicación de electrodos en origen e inserción del mismo músculo realizada en personal que labora en el Centro de Rehabilitación Infantil de la SEDENA, en el cual se llevó a cabo la aplicación de una técnica de colocación de electrodos en la salida de nervio ciático poplíteo externo y un electrodo en origen motor del músculo tibial anterior comparada con la técnica tradicional de colocación en origen e inserción de mencionado músculo, dejando 5 días de reposo entre ambas técnicas, realizando un video de cada sesión para después comparar la efectividad, realizándose así un estudio prospectivo, transversal y observacional.

El universo de trabajo lo constituyeron 25 terapeutas que laboran en el Centro de Rehabilitación Infantil de la SEDENA a los cuales se le realizaron ambos procedimientos grabándose en video para después recopilar la información, compararla, procesar y analizar los datos y escribir los resultados.

Los resultados con mayor valor describen la efectividad de ambas técnicas de aplicación de electrodos así como la intensidad de corriente que se aplicó en el presente estudio dando como resultado la validación de la pregunta de investigación ya que la aplicación en puntos electromiograficos es muy superior a la aplicada en origen e inserción del tibial anterior por lo que se sugiere se le de difusión a esta colocación de puntos electromiograficos porque al presentar mejor efectividad reduce los tiempos de las terapias mejorando la atención de los pacientes.

## **ABSTRACT**

The main objective of this research was to determine the effectiveness of VMS currents applied in the anterior tibialis electromyographic points compared to the effectiveness of the technique of applying electrodes to the same origin and insertion of the muscle held in staff working in the Centre Children's Rehabilitation of the Ministry of Defence, which was conducted applying a technique of placing electrodes on the output of ciatic peroneal nerve and an electrode in origin anterior tibial muscle motor compared to the traditional technique of home placement and insertion of said muscle, leaving five days of rest between the two techniques, making a video of each session and then comparing the effectiveness, also performed a prospective, observational cross.

The world of work is made up of 25 therapists who work in the Children's Rehabilitation Center of the Ministry of Defence to whom underwent both procedures being recorded on video and then gather information, compare, process and analyze the data and write the results.

Higher value results describe the effectiveness of both electrode application techniques and the current was applied in the present study resulting validation research question because application electromyography points much higher than the applied at origin and insertion of the tibialis anterior by what is suggested is broadcast to this point placement because better present EMG reduces time effectiveness of therapies improving patient care.

## **I MARCO TEÓRICO**

### **I.1.- Concepto**

El desarrollo científico-técnico, la creación de nuevas tecnologías, el perfeccionamiento de microprocesadores, están marcando un salto evolutivo en las posibilidades terapéuticas, que sin dudas seguirán teniendo un impacto positivo en la recuperación de nuestros pacientes y en la disminución de los gastos sanitarios.

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

La electroterapia ha contribuido a ampliar el campo de acción de nuestra especialidad, hacia otras especialidades como la traumatología, la medicina deportiva y la cirugía estética, entre otras.

### **I.2.- Historia y generalidades**

Se define la electroterapia como el estudio de las aplicaciones terapéuticas de la electricidad; en su diccionario, la Real Academia Española la define como el tratamiento de determinadas enfermedades mediante la electricidad.

Proviene del griego electro (electricidad) y terapia (cura). Es la rama de la medicina que utiliza el paso de la corriente eléctrica a través de parte o todo el organismo con fines curativos.

La electricidad es una forma de energía, su denominación proviene del griego electrón=ámbar, nace cuando Thales de Mileto descubre que al frotar un trozo de ámbar adquiere la propiedad de atraer pequeños objetos; durante siglos se pensó que la electricidad era un fluido.

Pero ¿Cómo se produce la corriente eléctrica? Lo entenderemos con un ejemplo. Si se coloca un cuerpo cargado positivamente en un lado junto a otro cuerpo cargado negativamente y entre ambos se coloca un conductor (material que permite el paso de los electrones) tendremos que entre uno y otro cuerpo existe una diferencia de potencial. Los electrones sobrantes en el lado cargado positivamente irán pasando, a través del conductor, al de carga negativa, hasta que se equilibren las dos cargas y, por tanto, deje de existir esa diferencia de potencial, con lo cual cesa la corriente. Al conjunto de ambos cuerpos y del conductor se le denomina circuito eléctrico.

La Historia de la electroterapia se remonta a los tiempos de los romanos, en los cuales utilizaban la anguila eléctrica aplicada en la zona afectada, a veces era decapitada para que la descarga fuera más intensa. En cuanto a investigadores de la electricidad con fines curativos destacamos:

- Luigi Galvani: En 1776 realizó una serie de investigaciones sobre los efectos de la corriente continua sobre el organismo humano y sobre el miembro en particular. La corriente continua se denomina galvánica en su honor.
- Alejandro Volta, contemporáneo de Galvani, creó la pila eléctrica productora de la corriente continua utilizada por Galvani para sus experimentos.
- Jacques-Arsène d'Arsonval: Realizó estudios sobre la excitabilidad y, lo más importante, las interrupciones de la corriente continua en un segundo, creando el concepto de los Hertzios.
- Claude Bernard: Descubridor de las corrientes que llevan su nombre, también denominadas diadinámicas.
- Rupert Trabert: Asimismo descubridor de unas corrientes de claro efecto analgésico.

Entre las generalidades de la corriente eléctrica, vamos a estudiar a continuación el fenómeno propio de la corriente eléctrica, las unidades y leyes fundamentales y los efectos generales de la misma.

### 1.2.1. El fenómeno de la corriente eléctrica

La corriente eléctrica es el conjunto de fenómenos que ocurren en un conductor (cuerpo que permite el paso de los electrones) cuando entre sus extremos se establece una diferencia de potencial (como ya vimos anteriormente).

Aunque la velocidad del desplazamiento de los electrones por el conductor es de 0,5 milímetros/segundo, el impulso y onda de choque, es decir, la corriente eléctrica, se transmite a la velocidad de la luz, es decir 300.000 kilómetros/segundo.

Los cuerpos cuyos electrones periféricos están rígidamente sujetos no permiten el paso de la corriente eléctrica y se conocen con el nombre de dieléctricos o aislantes, con esta división encontramos:

- Conductores: metales y soluciones salinas;
- Semiconductores: Papel, madera, carbón, agua y algunos metales como el selenio y el silicio y;
- Aislantes: aceite, porcelana, goma, cristal y ebonita.

### 1.3. Efectos generales de la corriente eléctrica

Tras la exposición de estos efectos generales, estaremos en condiciones de aventurar las principales indicaciones y contraindicaciones de la electroterapia.

Se consideran como efectos generales de la corriente eléctrica la producción de calor y los efectos eléctricos magnéticos y electroquímicos.

- **Producción de calor** a lo largo del circuito, que sigue la ley de Joule, según la cual, el calor producido es proporcional a la resistencia, al cuadrado de la intensidad y al tiempo.
- **Efecto electromagnético:** A través de diversos estudios se observó la facultad que tiene una corriente eléctrica de desviar una aguja magnética. La consecuencia de esta experiencia es que una corriente eléctrica crea un campo magnético; si se hace pasar una corriente por un solenoide (está

constituido por una serie de circuitos colocados paralelamente y se comporta como un imán) produce en otro una corriente por proximidad (solenoides inductor y solenoide inducido).

- **Efecto electroquímico:** Al pasar la corriente por soluciones electrolíticas produce unos efectos de polarización en los iones de la solución. Como consecuencia de estos efectos generales, cuando se aplica una corriente eléctrica al organismo humano se producen los siguientes efectos.

#### 1.3.1. Efectos específicos:

- Efectos primarios o físico-químicos: Son dos principalmente, el efecto térmico, determinado por la anteriormente vista Ley de Joule y;
- El efecto químico: se produce una liberación de iones que se desplazan dando lugar a alteraciones en la permeabilidad de la membrana, variando la composición química de la estructura íntima de los tejidos
- Efectos secundarios o fisiológicos: vasodilatación, analgesia y acción excitomotriz. (1)

#### 1.3.2. A nivel del sistema nervioso periférico:

Se van a producir dos efectos, dependiendo de si actuamos sobre los nervios motores o sensitivos. En el primer caso, el paso de la corriente galvánica va a producir bajo el electrodo un efecto de hiperexcitabilidad sobre la placa motora por disminución de la cronaxia, esto es, lo que se produce es la mejora de las condiciones de despolarización de la célula nerviosa; por esta razón es frecuente la aplicación de una sesión de electroestimulación. Respecto a la influencia sobre los nervios sensitivos, el efecto más llamativo es la analgesia producida por el aumento del umbral de estimulación, lo que suscita la inhibición de la transmisión de las sensaciones dolorosas. Esta estimulación de la excitación se produce, sobre todo, bajo el ánodo. (2)

#### I.4. Clasificación de las corrientes eléctricas.

Las corrientes eléctricas pueden clasificarse atendiendo a tres conceptos principalmente: según su forma, su polaridad y su frecuencia. Ver tabla 1.

##### I.4.1 Corrientes VMS<sup>TM</sup> (*visual motor stymulation*)

VMS<sup>TM</sup> es una forma de onda bifásica simétrica con un intervalo interfase de 100 microsegundos ( $\mu\text{seg}$ ). Debido al pulso relativamente corto, la forma de onda tiene una carga en la piel baja, haciéndola idónea para aplicaciones que requieren intensidades altas, como en protocolos de fortalecimiento muscular.

|  |  |
|--|--|
| Modo de salida. . . . .  | Electodos                                |
| Intensidad de salida. . . . .                                    | 0-255 mA                                 |
| Modo de canal. . . . .   | Sencillo, Recíproco, Co-Constracción     |
| Duración de fase . . . . .                                       | 20-1000 $\mu\text{seg}$                  |
| Selección del modo. . . . .                                      | CC o VC*                                 |
| Anti fatiga. . . . .   | Apagado o Encendido                      |
| Ajuste de intensidad. . .  | Ajuste de intensidad de canal individual |
| Tiempo del ciclo continuo, 5/5, 4/12, 10/10, 10/20, 10/30, 10/50 |  |
| Frecuencia. . . . .  | 1-200 pps                                |
| Rampa . . . . .  | 0.5, 1, 2, 5 seg                         |
| Tiempo de Tratamiento. . . . .                                   | 1-60 min. (4)                            |

| Según su polaridad |                   |
|--------------------|-------------------|
| Unidireccionales   | Polaridad alterna |

| Según la frecuencia                 |                             |                            |            |           |
|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------|-----------|
| Galvánica                           |                             |                            |            |           |
| Baja frecuencia (<1000 hz)          | Corrientes interrumpidas    | Corrientes ininterrumpidas |            |           |
| Media frecuencia (1000 a 10,000 Hz) | Corrientes interferenciales |                            |            |           |
| Alta frecuencia (>10,000 Hz)        | d'Arsonval                  | Diatermia                  | Onda Corta | Microonda |

| Según la forma               |                 |                        |              |
|------------------------------|-----------------|------------------------|--------------|
| Corriente galvánica continua |                 |                        |              |
| Corriente variable           | Interrumpidas   | Impulsos rectangulares | Trabert      |
|                              |                 |                        | Leduc        |
|                              |                 | Impulsos progresivos   | Lapicque     |
|                              |                 |                        | Legó         |
|                              |                 |                        | Homofarádica |
|                              |                 | Impulsos modulares     | Diadinámica  |
|                              | Aperiódica      |                        |              |
|                              | Ininterrumpidas | Ondulatoria            |              |
|                              |                 | Alterna                |              |
|                              | Combinadas      | Waterwille             |              |
| Interferenciales             |                 |                        |              |

**Tabla 1.** Clasificación de las corrientes eléctricas. (3)

### **I.5.- Normas de seguridad**

Para la obtención de los mejores resultados en la aplicación de la terapia y la prevención de accidentes eléctricos, el fisioterapeuta debe poseer los conocimientos propios de su currículo y seguir un método en la aplicación de aparatos eléctricos a un paciente. Podemos destacar

- La primera valoración que debe realizar el fisioterapeuta es la correcta indicación de la técnica, así como la certeza de que no existe una contraindicación para la terapia, ya sea una contraindicación absoluta o relativa.
- Debe comprobar antes de cada tratamiento el correcto funcionamiento del aparato y periódicamente de la red eléctrica a la que está conectado, y también las condiciones generales del local donde se va a administrar este tratamiento.
- Colocar al paciente en la posición correcta para recibir la terapia.
- Escoger correctamente los electrodos o medio de acoplamiento al paciente, dejando al descubierto la zona a tratar y comprobando el estado de la piel de esa zona, eliminando si fuese necesario sudor, grasa, etc.
- Escoger el tipo de corriente que se va a administrar, comprobando de nuevo los parámetros de tratamiento.
- Comprobar con el aparato y de forma suave y lenta, elevar la intensidad hasta llegar a la deseada.
- Si aparece algún tipo de problema, disminuir la intensidad o desconectar el aparato.
- Al término de la sesión, disminuir (si fuese necesario, en función del tipo de aparato) la intensidad de forma progresiva.
- Anotar todas las referencias o incidencias del tratamiento. Llevar el control del número de sesiones, parámetros aplicados en el tratamiento e incidencias. (5)

### **I.5.1 Indicaciones de la electroterapia**

- Relajación de espasmos musculares.
- Prevención o retraso de atrofia por desuso.
- Aumento de la circulación sanguínea local.
- Reeduación muscular.
- Mantenimiento o aumento del rango de movimiento.
- Alivio sintomático y tratamiento del dolor crónico, intratable.
- Dolor agudo postraumático.
- Dolor agudo posquirúrgico.

### **I.5.2 Contraindicaciones de la electroterapia**

- No se debe utilizar para alivio del dolor local sintomático a menos que esté establecida la etiología o a menos que se haya diagnosticado un síndrome del dolor.
- No se debe utilizar cuando haya lesiones cancerosas presentes en la zona de tratamiento.
- No se debe aplicar estimulación en zonas con edema, infectadas, inflamadas o en erupciones cutáneas, p. ej. flebitis, tromboflebitis, venas varicosas, etc.
- Otras contraindicaciones son aquellas en que se sospecha que los pacientes tienen enfermedades infecciosas graves y/o enfermedades en que se aconseja, para propósito médico general, suprimir el calor o las fiebres.
- Se debe evitar la colocación del electrodo que aplica corriente en la región del seno carótida (cuello anterior) o transcerebelarmente. No se ha establecido la seguridad para el uso de estimulación eléctrica terapéutica durante el embarazo.
- No se deben usar estimuladores musculares de energía en pacientes con marcapasos de demanda cardiaca.

### **I.5.3 Precauciones adicionales**

- Se debe tener cuidado con pacientes que se sospeche o se les haya diagnosticado problemas de corazón.
- Se debe tener cuidado con pacientes que se sospeche o se les haya diagnosticado epilepsia.

Se debe tener cuidado en presencia de lo siguiente:

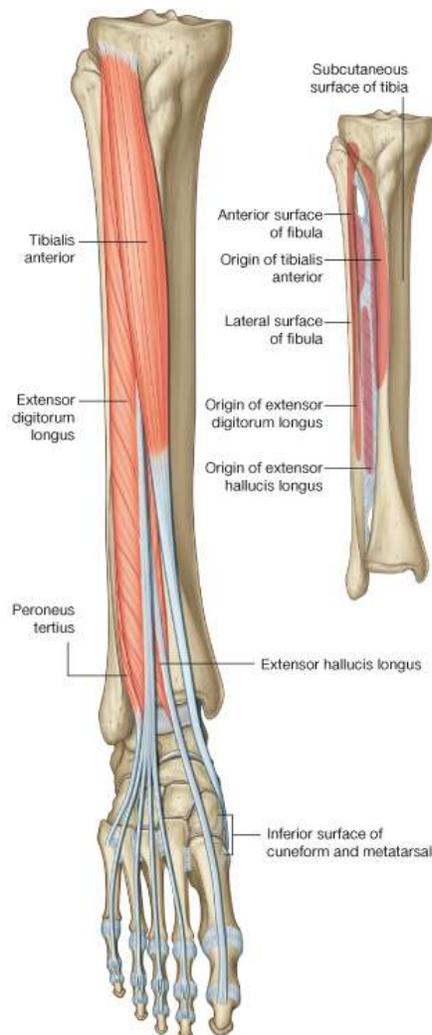
- Cuando haya una tendencia a hemorragia seguida de trauma o fractura graves.
- Después de procedimientos quirúrgicos graves cuando la contracción muscular pueda afectar al proceso de cicatrización.
- Sobre úteros menstruando o embarazados; sobre zonas de la piel con falta de sensibilidad normal.
- Algunos pacientes pueden experimentar irritación en la piel o hipersensibilidad debido a la estimulación eléctrica o al medio conductor de electricidad.

### **I.5.4 Efectos adversos de la electroterapia**

- Se ha informado de irritación cutánea y quemaduras debajo de los electrodos con el uso de estimuladores musculares por energía. (4)

## I.6 Tibial anterior

Este músculo, cuyo cuerpo tiene una forma de prisma triangular, se extiende de la extremidad superior de la tibia, de modo especial en el tubérculo del tibial anterior, y también en los dos tercios superiores de la cara externa de la tibia, en la aponeurosis que cubre al propio músculo en el ligamento interóseo y en el tabique fibroso que separa al tibial anterior del extensor de los dedos. Sus fibras descienden verticalmente y se prolongan por el tendón del tibial anterior que va a fijarse en el primer hueso cuneiforme y en la extremidad posterior del primer metatarsiano. Ver figura 1



© Elsevier Ltd. Drake et al: Gray's Anatomy for Students [www.studentconsult.com](http://www.studentconsult.com)

Figura 1. Tibial anterior. (6)

### **I.6.1 Relaciones.**

Su porción muscular está en relación por dentro con la cara externa de la tibia. Por fuera, con el extensor común de los dedos y el extensor propio del dedo medio, así como con el paquete neurovascular tibial anterior que pasa por su parte posteroexterna. Por detrás se relaciona con el ligamento interóseo. Finalmente, por delante está cubierto por la aponeurosis y por la piel. Su porción tendinosa se halla en relación por delante, con la aponeurosis y con el ligamento anular anterior del tarso. En el pie está también en relación en su cara superficial por la aponeurosis, en tanto que su cara profunda está con la articulación tibiotarsiana, el astrágalo el escafoides y el primer cuneiforme.

### **I.6.2 Inervación.**

Penetran en este músculo dos ramos nerviosos, uno de los cuales está destinado a su parte superior, mientras el otro penetra en la inferior ambos ramos derivan del ramo tibial anterior que procede a su vez del ciático poplíteo externo. Algunos filetes nerviosos, emanados directamente de este último nervio, se introducen también en el músculo.

### **I.6.3 Acción.**

Funciona como flexor y aductor del pie. Lo hace girar, además, hacia adentro. (7)

### **I.6.4 Palpación:**

Primer músculo que se localiza en el borde externo de la tibia. (8)

### **I.6.5 Acción de palanca:**

El punto de inserción del músculo refleja la potencia, el eje se encuentra en la articulación del tobillo o tibioastragalina y la resistencia la compone el tarso.

Por lo que es considerada como una palanca del 3er género en la flexión dorsal, las cuales aluden a la desventaja mecánica, ya que aquí el brazo de resistencia

supera al de la potencia por lo que es una palanca para ganar velocidad en la contracción no fuerza.

El eje transversal que pasa por los dos maléolos corresponde al eje de esta articulación, *grosso modo* está incluida en el plano frontal en donde permite los movimientos de flexión-extensión del pie que se realiza en el plano sagital.

Desde la posición de referencia, aquella en la que la planta del pie es perpendicular al eje de la pierna, la flexión del tobillo se define como el movimiento que aproxima el dorso del pie a la cara anterior de la pierna, y su amplitud es de 20 a 30°, menor que la extensión, ya que se encuentra limitada por factores óseos, capsulares, ligamentosos y musculares. (9)

Sabiendo esto, es imprescindible destacar que el tibial anterior actúa principalmente desde que contacta el talón en el suelo hasta que se apoya el pie plano, para controlar el abatimiento del pie. Por lo tanto la actividad muscular desarrollada durante el pedaleo hace aconsejable su uso en determinados programas de medicina física y rehabilitación, colaborando en la potenciación muscular. (10)

## **I.7 BIOMECÁNICA DEL TIBIAL ANTERIOR**

El tendón tibial anterior es un músculo que tiene su origen en la tuberosidad anterior de la tibia, 2/3 superiores de la cara anterolateral de la tibia, membrana interósea y en la fascia crural.

Su inserción primaria se localiza en la región medial y plantar de la primera cuña (C1) y también presenta una expansión a la base de primer metatarsiano (M1). Esta inervado por dos ramas del ciático poplíteo externo y más abajo por dos ramas del nervio tibial.

El paso de su tendón tiene un trayecto oblicuo desde lateral hacia medial y tiene una localización anterior en relación al eje de la articulación del tobillo, por lo que sobre esta articulación se comporta como flexor dorsal.

Con respecto al eje de rotación de la articulación subtalar, el tendón del tibial anterior tiene una localización medial realizando movimientos de supinación de esta articulación.

La articulación mediotarsiana, como sucede con la articulación subtalar, tiene un eje triplano cuya orientación espacial tiene una alta variabilidad entre los sujetos. En relación a este eje de rotación, el tendón del tibial anterior tendrá una localización medial, por lo que contribuirá a la realización de movimientos de supinación (rotación externa + aducción + plantarflexión) de dicha articulación. El tibial anterior se inserta medial y distal al eje rotacional del primer radio por lo tanto realiza una dorsiflexión del primer metatarsiano.

La acción del músculo tibial anterior durante el ciclo de la marcha puede dividirse en dos grandes bloques. Su acción durante la fase de contracción concéntrica y su acción durante la fase de contracción excéntrica.

La fase de contracción concéntrica se produce durante el periodo de oscilación del ciclo de la marcha y en esta fase la contracción del tibial anterior genera un momento de fuerza dorsiflexor sobre la articulación del tobillo que posiciona el pie en flexión dorsal, y un momento de fuerza supinador sobre las articulaciones de Chopart y subtalar que generalmente está contrarrestado por el momento de fuerza pronador que genera la contracción de los músculos extensor común de los dedos y propio del *hallux*, de forma que en esta fase el pie quede colocado en una posición de neutralidad. En esta fase la acción del tibial anterior sobre el primer radio genera un momento de fuerza dorsiflexor y rotador en externo.

La fase de contracción excéntrica se produce durante el periodo de contacto de talón y el periodo temprano y medio de la fase de apoyo completo del ciclo de la marcha. Durante el contacto de talón la acción del tibial anterior genera un momento de fuerza dorsiflexor sobre la articulación del tobillo, que ayuda a controlar el movimiento de plantarflexión que sufre esta articulación, para que se produzca de forma gradual y no brusca.

Tanto en este periodo del ciclo de la marcha como en el periodo temprano y medio del apoyo completo, la acción del tibial anterior sobre las articulaciones de Chopart y subtalar generarán un momento de fuerza supinador que ayuda a contrarrestar por un lado, los momentos de fuerza pronadores generados por la acción de las fuerzas de reacción del suelo (el momento de fuerza neto generado por estas fuerzas en este periodo es pronador al quedar el centro de presiones lateral al eje de rotación de la articulación subtalar) y por otro lado los momentos de fuerza pronadores que se generan sobre la articulación subtalar, fruto del movimiento de rotación interna que sufre la pierna en este periodo. (11)

## **I.8 Tratamiento de las lesiones del tibial anterior.**

### **I.8.1 Estimulación Neuromuscular funcional.**

Una de las aplicaciones más difundidas de la estimulación neuromuscular funcional es la corrección de la caída del antepié en personas con secuelas de hemiplejías. En los sistemas más difundidos, la dorsiflexión del pie se logra mediante la estimulación eléctrica del tibial anterior parético durante la fase de balanceo y es iniciada por micropulsadores colocados en plantillas. (12)

Un comando más fisiológico de estos sistemas podría lograrse a través de la detección del inicio de la contracción del tibial anterior que se produce durante la etapa de oscilación correspondiente al despegue del pie y avance de la pierna. Sin embargo el músculo tibial anterior se activa también durante otras fases a lo largo del ciclo de la marcha. (13)

Además, los patrones electromiograficos de activación del tibial anterior se ven alterados luego de lesiones neurológicas, en especial en aquellas que dañan el sistema nervioso central debido a las modificaciones sufridas en el control motor. (14)

Es necesario, entonces, que el sistema de estimulación neuromuscular funcional diferencie e identifique la actividad del tibial anterior parético correspondiente a la

fase de oscilación, para iniciar la estimulación eléctrica del músculo en el momento adecuado. (15)

Cuando hacemos una contracción de forma voluntaria, el cerebro emite una orden, que se llama potencial de acción. Ésta se propaga a gran velocidad a lo largo del nervio motor, invirtiendo la polaridad de las células que atraviesa. Al final del recorrido, gracias a un neurotransmisor (la acetilcolina), la información se encamina al interior de la célula muscular y desencadena una sacudida muscular. La electroestimulación es una técnica que consiste en producir potenciales de acción (PA) sobre las células excitables (nerviosas o musculares) a través de un impulso eléctrico haciendo lo mismo que hace el cerebro.

En una contracción voluntaria, el cerebro envía un impulso eléctrico que va hacia la médula espinal y de ahí hacia el nervio motor. Esto no se produce en la electroestimulación, ya que será el electroestimulador el que enviará el impulso eléctrico directamente al nervio motor, a través de los electrodos, que debemos colocar justo encima del punto motor.

Para resumir, diremos que en la estimulación voluntaria nos encontramos con el funcionamiento de dos vías, eferente y aferente, y en la electroestimulación, únicamente con una, la eferente.

En ambos casos, el resultado será una sacudida del músculo (la suma de estas sacudidas producirá la contracción muscular).

### **I.8.2 Electroterapia.**

Los parámetros que se deben conocer para determinar la naturaleza de las corrientes que se van a utilizar son

- Frecuencia de impulso: número de veces que se repite el impulso en un segundo.
- Tiempo de contracción: se relaciona con la frecuencia del impulso cuanto más alta sea la frecuencia del impulso, menor será la duración de la

contracción, ya que las fibras más trabajadas (las rápidas) se fatigan más rápido,

- Tiempo de reposo: entre más prolongados sean los tiempos de contracción serán menores los tiempos de reposo.
- Repeticiones: entre más bajas sean las frecuencias más alto será el número de repeticiones. (16) Ver tabla 2.

| Programas            | Frecuencias | Tiempos de Contracción | Tiempos de Reposo | Repeticiones | Objetivo   |
|----------------------|-------------|------------------------|-------------------|--------------|--|
| Relajación           | 1 a 10 Hz   | -                      | -                 | -            | Descontracturar, relajar, aumentar flujo sanguíneo, etc. |
| Resistencia aeróbica | 10 a 20 Hz  | 8 s                    | 2 s               | 220          | Mejora de la capacidad oxidativa muscular.               |
| Fuerza, resistencia  | 40 a 79 Hz  | 8 s                    | 4 s               | 70           | Mejora del metabolismo anaeróbico láctico                |
| Fuerza máxima        | 70 a 120 Hz | 4 s                    | 30 S              | 40           | Mejora de la fuerza máxima                               |
| Fuerza explosiva     | 90 a 150 Hz | 3 s                    | 30 s              | 30           | Mejora de las manifestaciones rápidas de la fuerza       |

Tabla 2. Niveles que presenta un programa de fortalecimiento.

### **I.9 Colocación de electrodos**

A la hora de aplicar los electrodos, se decidirá si hacerlo de forma monopolar, bipolar o contralateral.

Si es monopolar, el electrodo activo será bastante más pequeño que el electrodo masa y se colocará sobre el mejor punto motor muscular o nervioso (coincidiendo con la placa motora o una zona de acercamiento a la superficie en los nervios respectivamente). Además, el electrodo activo será normalmente el negativo y se

colocará distalmente para conseguir los mejores resultados excitomotores o excitosensitivos

En la aplicación bipolar (sendos electrodos en el origen y final de la masa muscular) normalmente los electrodos son semejantes en tamaño, aunque el electrodo activo puede ser más pequeño que el neutro (el neutro en este caso pierde su importancia como masa y se puede comportar también como activo). La respuesta será más efectiva al colocar el activo como distal, si es negativo y si es más pequeño.

Es conveniente intentar un cambio de polaridad, por si los resultados son mejores debido a que, cuando el electrodo proximal es negativo, las contracciones pueden resultar más selectivas o quizá pueda implicarse una rama nerviosa que consiga mayor eficacia motora.

La aplicación contralateral se usará más para el galvanismo, iontoforesis o efectos sensitivos, pero en determinadas ocasiones es factible emplearla para respuesta motora.

Resumiendo estos párrafos y ante la aplicación de respuesta sensitiva y motora se establecen tres pautas.

- A electrodos del mismo tamaño, tiene mejor respuesta el negativo.
- A electrodos de distinto tamaño, manifiesta respuesta más selectiva el más pequeño.
- En aplicación longitudinal, se consigue mejor respuesta si el distal es negativo y el proximal es positivo. A no ser que la despolarización de la raíz nerviosa provoque mejor contracción que la directa sobre el músculo.

El punto del femoral se utiliza cada vez más, por provocar éste la contracción completa y homogénea del cuádriceps, en lugar de hacerlo con varias aplicaciones bipolares simultáneas o sobre parte del músculo, el desarrollo de técnicas para este punto han conducido a corrientes con bajo efecto de molestia sensitiva y buena respuesta motora.

Cuando el cuádriceps no se encuentre bajo efectos de denervación la mejor forma de conseguir su contracción y más homogénea es la de colocar el electrodo activo sobre el punto del nervio femoral, mientras el electrodo masa se sitúa sobre la zona lumbar o abdomen.

Otra parte corporal a la que se le aplica con frecuencia electroestimulación es la cara anterior y lateral de la pierna debido a las frecuentes parálisis o denervaciones del nervio ciático (habitualmente el ciático poplíteo externo), viéndonos obligados a explorar y tratar los distintos músculos afectos.

Resulta importante tener presente el punto nervioso del ciático poplíteo externo para estimular el conjunto de músculos inervados por él o usarlo como punto de referencia o de masa.

Llama la atención el punto motor del tibial anterior por hallarse bastante cerca de su origen. (17)

## **I.10 Goniometría**

### **I.10.1 Definición de goniometría.**

Goniometría es la técnica de medición de los ángulos creados por la intersección de los ejes longitudinales de los huesos a nivel de las articulaciones.

### **I.10.2 Objetivos de la goniometría en medicina**

La goniometría en Medicina tiene dos objetivos principales:

1. Evaluar la posición de una articulación en el espacio. En este caso, se trata de un procedimiento estático que se utiliza para medir y cuantificar la ausencia de movilidad de una articulación.
2. Evaluar el arco de movimiento de una articulación en cada uno de los tres planos del espacio. En este caso, se trata de un procedimiento dinámico que se utiliza para objetivizar y cuantificar la movilidad de una articulación.

## I.11 Goniometría del tobillo para valorar tibial anterior.

### I.11.1 Flexión (flexión plantar)

Posición:

- Paciente en decúbito dorsal con la rodilla en 0° y el tobillo en 90°; miembro inferior estabilizado sobre la camilla. (Fig. 2).

Alineación del goniómetro:

- Goniómetro universal en 90°.Eje: colocado sobre el maléolo externo.
- Brazo fijo: se alinea con la línea media longitudinal de la pierna tomando como reparo óseo la cabeza del peroné.
- Brazo móvil: se alinea con la línea media longitudinal del quinto metatarsiano.

Movimiento:

- Se realiza la flexión del tobillo con la rodilla en extensión. El brazo móvil del goniómetro acompaña el movimiento.

Registro:

- Se registra el ángulo formado entre la posición 0 y la posición final de flexión.

**Valores normales:**

Flexión 0-50°

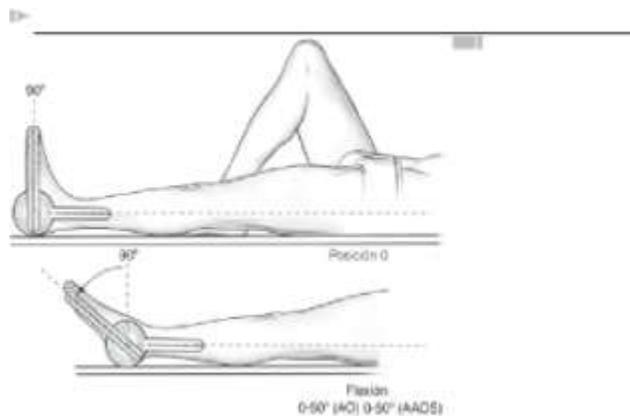


Fig. 2 Medición de la flexión plantar.

### I.11.2 Extensión (flexión dorsal)

#### Posición:

- Paciente en decúbito ventral con la rodilla en 90° de flexión. (Fig. 3)

#### Alineación del goniómetro:

- Goniómetro universal en 90°. Eje: colocado sobre el maléolo externo.
- Brazo fijo: se alinea con la línea media longitudinal de la pierna se toma como punto de referencia ósea la cabeza del peroné.
- Brazo móvil: se alinea con la línea media longitudinal del quinto metatarsiano.

#### Movimiento:

- Se realiza la extensión del tobillo con la rodilla en flexión de 90° para relajar el tríceps sural. El brazo móvil del goniómetro acompaña el movimiento.

#### Registro:

- Se registra el ángulo formado entre la posición 0 y la posición final de extensión.

#### Valores normales:

- Extensión: 0-30°. (18)

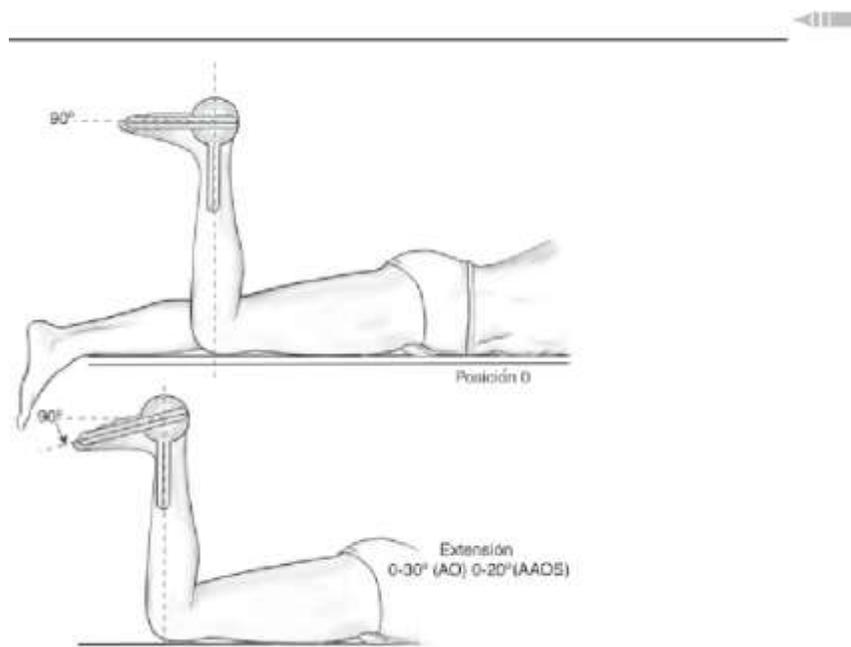


Fig. 3. Medición de la dorsiflexión del pie

## **II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **II.1 Argumentación**

La presente investigación ha surgido por la inquietud de buscar nuevas formas de aplicar las corrientes eléctricas de forma terapéutica a fin de lograr mejores resultados en la estimulación motora con corrientes VMS en el tibial anterior, existen diferentes tipos de técnicas de colocación de electrodos en el tibial anterior siendo la más común la colocación del electrodo negativo en el origen del punto motor del tibial anterior y el electrodo positivo en la inserción de citado músculo.

En la práctica clínica se observo que si se colocan los electrodos no en puntos musculares de origen e inserción sino en puntos electromiograficos de tibial anterior la respuesta motora mejoraba, dando con esto una recuperación en menos sesiones de tratamiento, mejorando las condiciones de los pacientes.

Si bien la aplicación de corrientes eléctricas aplicadas en tibial anterior depende del objetivo por alcanzar, por lo que se pueden usar diferentes modalidades de corrientes, se observo que la aplicación de corrientes VMS aplicadas en puntos electromiograficos son bien toleradas por los pacientes y se obtiene una mejor respuesta motora.

### **II.2 Pregunta de investigación**

Con lo antes expuesto surgió la siguiente interrogante:

¿Es mayor La efectividad de aplicación de corrientes VMS en puntos electromiograficos de tibial anterior que su aplicación en puntos de origen e inserción del citado músculo en el personal que labora en el Centro de Rehabilitación Infantil de la SEDENA?

### **III JUSTIFICACIONES**

#### **III.1 Científica**

El presente proyecto de investigación se justifica por que promueve la aplicación del método científico y el desarrollo del tesista fomentando el hábito de la investigación. Se escogió el músculo tibial anterior por que este se puede estimular de manera aislada sin involucrar OTROS grupos musculares, lo que lo hace idóneo para este estudio.

#### **III.2 Académica**

Para obtener el título de Licenciado en Terapia Física, con base en lo señalado en el Título 3º de los Estudios de Licenciatura, en su Capítulo V de la Evaluación profesional, Artículo 53 y 55 del Reglamento Interno de la Facultad de Medicina, de la Universidad Autónoma del Estado de México.

#### **III.3 Social**

Los pacientes con problemas musculares en el tibial anterior presentan problemas de la marcha, adoptando marchas patológicas y posturas para disminuir el dolor, por lo que son vistos de forma discriminativa, por lo que este estudio ayudara en el mejor tratamiento de los pacientes.

#### **III.4 Profesional**

El desempeño profesional de un terapeuta físico y del personal que labora en el área de electroterapia mejorará al otorgar un servicio más eficaz, reduciendo el tiempo de aplicación, así como el número de sesiones en el paciente, siendo que la electricidad siempre es un factor traumante para el paciente.

## **IV HIPÓTESIS**

La aplicación de corrientes VMS en puntos electromiograficos en tibial anterior tiene una efectividad mayor que la aplicada en origen e inserción de dicho músculo.

### **IV.1 Unidad de observación**

Personal de terapeutas que laboran en el Centro de Rehabilitación infantil de la SEDENA a los cuales se les aplicó corrientes VMS en puntos electromiográficos en tibial anterior y origen e inserción del citado músculo.

### **IV.2 Variables de estudio**

#### **IV.2.1 Variable Independiente**

Aplicación de corrientes VMS en tibial anterior.

#### **IV.2.2 Variable dependiente**

Aplicación en puntos electromiográficos contra origen e inserción.

### **IV.3 Relación lógica entre variables**

La respuesta obtenida de aplicación de corrientes VMS en puntos electromiográficos Vs origen e inserción de tibial anterior.

### **IV.4 Dimensión espacial-temporal**

Servicio de electroterapia del Centro de Rehabilitación Infantil de la SEDENA del 1/o. al 30 de mayo del 2012.

## **V OBJETIVOS**

### **V.1 General**

Valorar la efectividad de la aplicación de corrientes VMS aplicadas en puntos electromiográficos comparados con los aplicados en origen e inserción del tibial anterior en el personal de terapeutas que no presentan alguna patología y que labora en el Centro de Rehabilitación Infantil de la SEDENA.

### **V.2 Específicos.**

1. Determinar la efectividad de la aplicación de corrientes VMS en el tibial anterior colocando los electrodos en puntos electromiográficos del músculo.
2. Determinar la efectividad de la aplicación de corrientes VMS en el tibial anterior colocando los electrodos en el origen e inserción del músculo.
3. Establecer si de acuerdo al punto de aplicación de las corrientes VMS, puntos electromiográficos vs. origen e inserción, existe alguna diferencia entre ambos sexos.
4. Estimar si de acuerdo al punto de aplicación de las corrientes VMS, puntos electromiográficos vs. origen e inserción, existe alguna diferencia en la respuesta motora en las diferentes edades.

## VI MÉTODO

### VI.1 Diseño de estudio

- Prospectivo
- Trasversal
- Observacional

### VI.2 Operacionalización de las variables

| VARIABLE    | DEFINICIÓN TEÓRICA   | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | NIVEL DE MEDICIÓN       | INDICADORES   |
|-------------|--|--|-------------------------|---|
| Efectividad | Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.                                  | Movimiento de dorsiflexión en pie por contracción del tibial anterior.           | Cuantitativo<br>Nominal | Bueno > 80 %<br>Moderado 50-80 %<br>Deficiente < 50 % |
| VMS         | VMS es una forma de onda bifásica simétrica con un intervalo interface de 100 $\mu$ seg. | Corriente eléctrica aplicada a tibial anterior para obtener una respuesta motora | Cuantitativo<br>Nominal | Miliamperios<br>< 15mA<br>Entre 15-20 mA.<br>> 20 mA. |
| Sexo        | Condición orgánica, masculina o femenina, de los animales y las plantas                  | Sexo de quien es sometido a la prueba  | Cualitativo<br>Discreto | Masculino<br>Femenino                                 |
| Respuesta   | Satisfacción a una pregunta, duda o dificultad.  | Movimiento motor de dorsiflexión del pie.  | Cualitativo<br>nominal  | Bueno<br>Moderado<br>Deficiente                       |
| Edad        | Tiempo que ha vivido una persona   | Diferentes edades de los participantes   | Cuantitativo<br>nominal | < 20<br>20-30<br>>30                                  |

### VI.3 Universo de trabajo y muestra

El universo de trabajo lo constituyó el personal de 25 terapeutas que labora en el Centro de Rehabilitación infantil de la SEDENA y que no presentó lesión en el músculo tibial anterior del 1 al 30 de mayo del 2012.

#### **VI.3.1 Criterio de inclusión**

##### **Grupo de estudio**

- Personal de ambos sexos que laboran en el Centro de Rehabilitación infantil de la SEDENA.
- Con adecuada atención, comprensión y seguimiento de indicaciones sencillas.
- Que no presentaron indicaciones médicas de aplicación de corrientes VMS en tibial anterior.
- Que desearon participar en el estudio.
- Que laboran en el Centro de Rehabilitación de la SEDENA del 1 al 30 de mayo del 2012.

#### **VI.3.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

##### **Grupo de estudio**

- Padecimientos que involucren tibial anterior
- Condiciones médicas que impidieran el uso de electroterapia.

#### **VI.3.3 Criterios de eliminación**

##### **Grupo de estudio**

- Que el paciente desee abandonar el estudio
- Que presente malestar físico o mental durante la evaluación

## **VI.4 Instrumento de Investigación**

Se contó con una hoja de valoración que cuenta con título de la prueba, fecha, hora de aplicación, frecuencia de las corrientes, intensidad de las corrientes, observaciones del movimiento, grados de movimiento, espacio para observaciones y comentarios de parte del participante en la investigación. (Anexo 1)

Asimismo se realizó un video durante la contracción del músculo tibial anterior.

### **VI.4.1 Validación**

No requiere

### **VI.4.2 Aplicación**

La aplicación se realizó únicamente para el área de electroterapia del Centro de Rehabilitación Infantil de la SEDENA

## **VI.5 Desarrollo del proyecto**

- Se realizó una entrevista con el personal participante que cumplió los criterios de inclusión al estudio.
- Se le realizó una valoración de fuerza del tibial anterior de acuerdo a la escala de Lovett.
- Se efectuó una medición goniométrica de la dorsiflexión del pie.
- El paciente se colocó en decúbito lateral en una mesa de exploración con una altura de 90 centímetros.
- Se colocó la cámara de video a una distancia de 50 centímetros y se grabó el video durante toda la fase del estudio.
- Una vez determinado el ángulo de dorsiflexión, se procedió a colocar los electrodos en origen e inserción del músculo con el tendón del tibial anterior.
- Los electrodos sólo fueron usados una vez con cada paciente para que no afectar la conducción de la corriente.

- Se programó el equipo de electroestimulación, estimulador Chattanooga modelo Stim Intellect Mobile para la aplicación de corrientes VMS.
- A continuación se aumentó la intensidad de las corrientes medidas en miliamperios de .1 hasta 5 mA. Hasta lograr la percepción de la corriente se continuó aumentando por 1 mA. que inició la contracción visible del tibial anterior la cual se registró en la hoja de valoración.
- Se continuó aumentando la intensidad de la corriente a tolerancia del paciente hasta que realizó la contracción máxima tolerada, quedando registrada la intensidad de la corriente en la hoja de valoración.
- Después se procedió a disminuir la intensidad de la corriente y una vez apagado el equipo de electroestimulación estimulador Chattanooga modelo Stim Intellect Mobile se retiraron los electrodos y se desecharon.
- Se dio un tiempo de 5 días para evitar la fatiga muscular y permitir la recuperación del músculo.
- Pasado los cinco días se procedió a la realización de la segunda fase del estudio que fue la colocación de un electrodo en la salida del nervio ciático poplíteo externo y el otro en el punto motor del tibial anterior en el origen del músculo con el tendón.
- Se aumentó la intensidad de las corrientes hasta alcanzar la registrada para el inicio de la contracción a tolerancia del paciente se aumentó la intensidad hasta alcanzar la contracción máxima.
- Cabe señalar que en las dos pruebas se aplicó las corrientes en el mismo músculo y con la misma intensidad.
- Durante la aplicación de las pruebas se realizó un video de la contracción muscular para después realizar la medición goniométrica exacta de la dorsiflexión del pie.
- Una vez obtenidos los datos se procedió a comparar los resultados para comprobar cuál de las dos técnicas de colocación de electrodos tiene mayor efectividad.

### VI.5.1 **Material**

Durante el desarrollo de este protocolo se utilizó el siguiente material:

- Material de papelería
- Electroodos de gel
- Equipo de electroestimulación
- Equipo de cómputo
- Equipo de videograbación

### VI.6 **Límite de tiempo y espacio.**

La investigación teórica se llevó a cabo en la biblioteca de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México, revisión bibliográfica de artículos electrónicos a partir del mes de febrero del 2012.

La aplicación experimental se realizó en el área de electroterapia del Centro de Rehabilitación infantil de la SEDENA en el tiempo comprendido del 1 al 30 de mayo del 2012 y se realizó el trabajo metodológico y presentación de resultados en abril del 2013.

### VI.7 **Diseño de análisis**

Una vez recolectada la información necesaria de cada uno de los pacientes, se elaboró una base de datos en el programa Excel para llevar a cabo el recuento de la información.

Se analizaron los datos a través de la estadística descriptiva, utilizando medidas de tendencia central, proporciones y representación de gráficas.

### VI.8 **Implicaciones éticas**

La investigación realizada conlleva implicaciones de tipo ético, por lo que se pidió a los participantes firmaran la hoja del consentimiento informado, con el compromiso de sujetarse a lo dispuesto por las organizaciones mundiales

responsables de la investigación en seres humanos, la declaración de Helsinki, el reglamento de la ley general de salud en materia de investigación de salud y las políticas del Centro de Rehabilitación Infantil de la SEDENA.

Para llevarlas a cabo se solicitó al personal que labora en el Centro de Rehabilitación Infantil su autorización por escrito a través de un consentimiento informado. (Anexo 2)

Se respetó la total privacidad del paciente, en caso de no aceptar la participación en la investigación se respetó su decisión y si durante el proceso de la investigación decidió no seguir toda la información recabada del estudio se eliminó.

## **VII ORGANIZACIÓN**

Director de tesis

M. en S.H.O. HECTOR URBANO LOPEZ DÍAZ

Tesista

P.L.T.F. ARIEL MARIANO GARCIA

## VIII RESULTADOS

La aplicación de corrientes VMS en puntos electromiograficos de tibial anterior en el personal que labora en el Centro de Rehabilitación Infantil de la SEDENA, tuvo una efectividad en un 84 % bueno, 16 % moderado y 0% deficiente, (cuadro No. 1, figura No. 1) en comparación a la aplicada en origen e inserción del mismo músculo donde presentó una efectividad de 96 % deficiente, 4 % moderado y 0% bueno, (cuadro No. 2, figura No. 2) aplicando corrientes VMS a una intensidad de 15-20 mA en un 72 %, < 15 mA en un 16 % y > de 20 mA. en un 12 % (cuadro 3, figura 3). Por lo que la hipótesis propuesta que a la letra dice “La aplicación de corrientes VMS en puntos electromiograficos en tibial anterior tiene una efectividad mayor que la aplicada en origen e inserción de dicho músculo” queda comprobada.

De los 25 participantes, con la técnica de colocación de electrodos en puntos electromiograficos de tibial anterior, 21 presentaron una efectividad buena, 4 una efectividad moderada y ninguno presentó una efectividad deficiente en comparación con la aplicación de origen e inserción del mismo músculo en donde 24 presentaron una efectividad deficiente, 1 una efectividad moderada y ninguno una efectividad buena.

En términos de la muestra, de los 25 participantes por sexo se tiene que el 52 % equivale a 13 participantes del sexo femenino y el 48 % a 12 participantes del sexo masculino (Cuadro No. 4, Figura No. 4).

De los cuales del sexo femenino en la aplicación de electrodos en puntos electromiograficos de tibial anterior, se obtuvo que el 69 % presentó una efectividad buena, el 31 % una efectividad moderada y ninguna presentó una efectividad deficiente.

En comparación con la técnica aplicada en origen e inserción del mismo músculo donde se obtuvo que el 92 % presentó una efectividad deficiente y el 8 % una efectividad moderada y ninguna participante obtuvo una efectividad buena. (Cuadro No. 5, Figuras Nos. 5 y 6).

En el sexo masculino en la aplicación de electrodos en puntos electromiograficos de tibial anterior se obtuvo que el 100 % presentó una efectividad buena en comparación con la aplicada en origen e inserción del mismo músculo donde se obtuvo que el 100 % presentó una efectividad deficiente. (Cuadro No.6, Figura 7 y 8)

Por lo que se puede sugerir que las participantes del sexo femenino que no alcanzaron una efectividad buena, es por la poca tolerancia que tienen por las corrientes eléctricas las cuales se observaron con aprensión.

La edad de los participantes evaluados, el 8% corresponde a 2 personas menores de 20 años, el 88 % a 22 personas entre 20 y 30 años y el 4 % a 1 persona de más de 30 años. (Cuadro No. 7, Figura No. 9)

Durante la aplicación de electrodos en puntos electromiograficos del origen motor del tibial anterior, se obtuvo en los dos participantes menores de 20 años, 50 % registro una efectividad buena y 50 % una efectividad moderada, en comparación con la aplicada en origen e inserción del mismo músculo donde se registro que el 100 % de los participantes obtuvo una efectividad deficiente.

En los participantes de 20 a 30 años en la aplicación de electrodos en puntos electromiograficos de tibial anterior el 86 % obtuvo una efectividad buena y el 14 % una efectividad moderada, en comparación con la aplicada tradicionalmente en origen e inserción del mismo músculo, donde el 95 % obtuvo una efectividad deficiente y el 5% una efectividad moderada.

En el participante de más de 30 años en la aplicación de electrodos en puntos electromiograficos de tibial anterior, el 100 % obtuvo una efectividad buena, en comparación con la aplicada en origen e inserción del mismo músculo donde se obtuvo que el 100 % obtuvo una efectividad deficiente, por lo que se puede concluir que la edad no altera los resultados. (Cuadro No. 8, Figura 10 y 11).

## IX CUADROS Y GRAFICAS

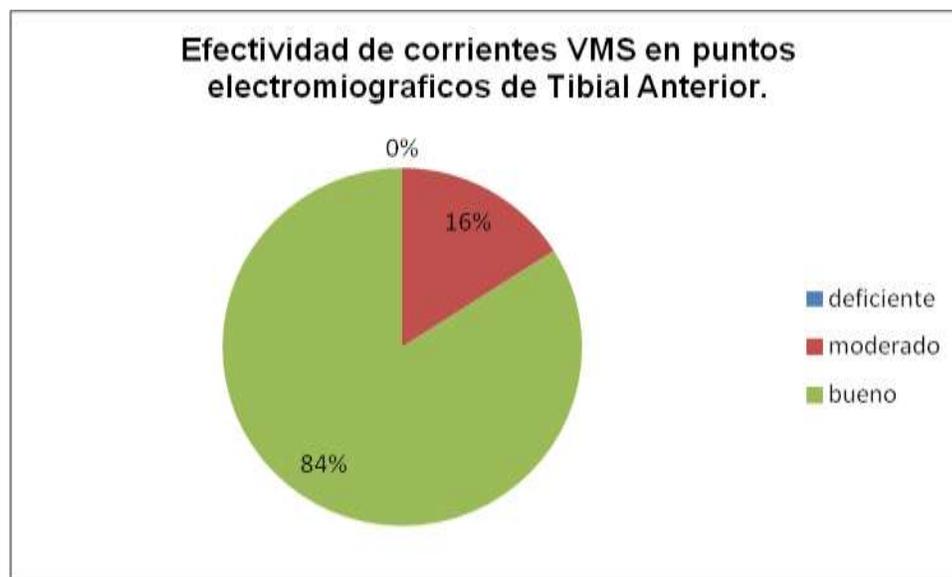
**Cuadro No. 1**

Efectividad de las corrientes VMS aplicadas en puntos electromiograficos de tibial anterior en el personal que labora en el Centro de Rehabilitación Infantil de la SEDENA.

| EFFECTIVIDAD | No. | PORCENTAJE | Miliamperios |     |
|--------------|-----|------------|--------------|-----|
| DEFICIENTE   | 0   | 0          | < 15         | 16% |
| MODERADO     | 4   | 16         | 15- 20       | 72% |
| BUENO        | 21  | 84         | >20          | 12% |

FUENTE: HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS  
No.= Número de participantes

**Grafica No. 1**



FUENTE: Cuadro No. 1

## Cuadro No. 2

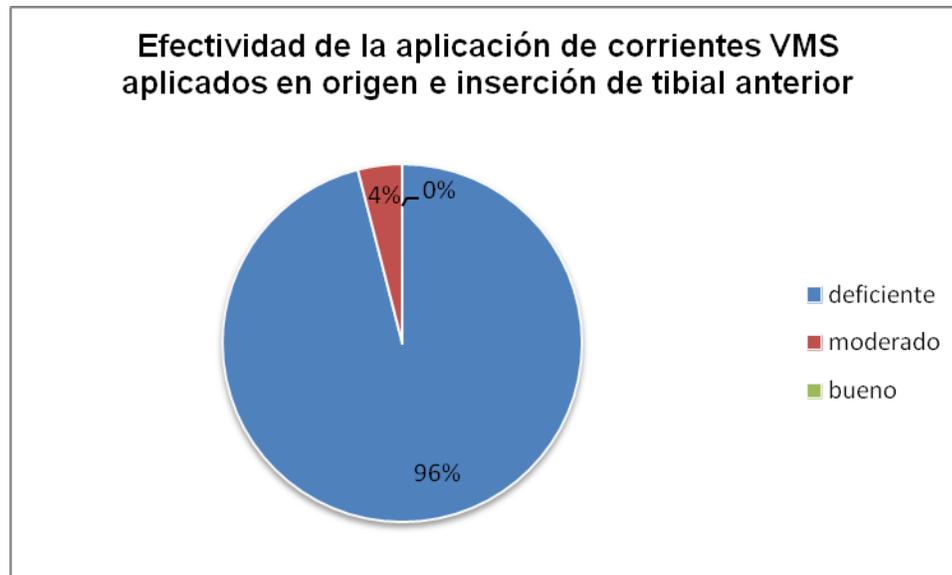
Efectividad de las corrientes VMS aplicadas en origen e inserción de tibial anterior en el personal que labora en el Centro de Rehabilitación Infantil de la SEDENA

| EFFECTIVIDAD | No. | PORCENTAJE | Miliamperios |     |
|--------------|-----|------------|--------------|-----|
| DEFICIENTE   | 24  | 96         | < 15         | 16% |
| MODERADO     | 1   | 4          | 15- 20       | 72% |
| BUENO        | 0   | 0          | >20          | 12% |

FUENTE: HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

No.= Número de participantes

Grafica No. 2



FUENTE: Cuadro No. 2

%= Porcentaje de participantes.

Cuadro No. 3

Intensidad de aplicación de corrientes VMS en ambas técnicas de colocación de electrodos.

| MILIAMPERS | No. | PORCENTAJE |
|------------|-----|------------|
| < 15 Ma.   | 4   | 16         |
| 15-20 Ma.  | 18  | 72         |
| > 20 Ma.   | 3   | 12         |

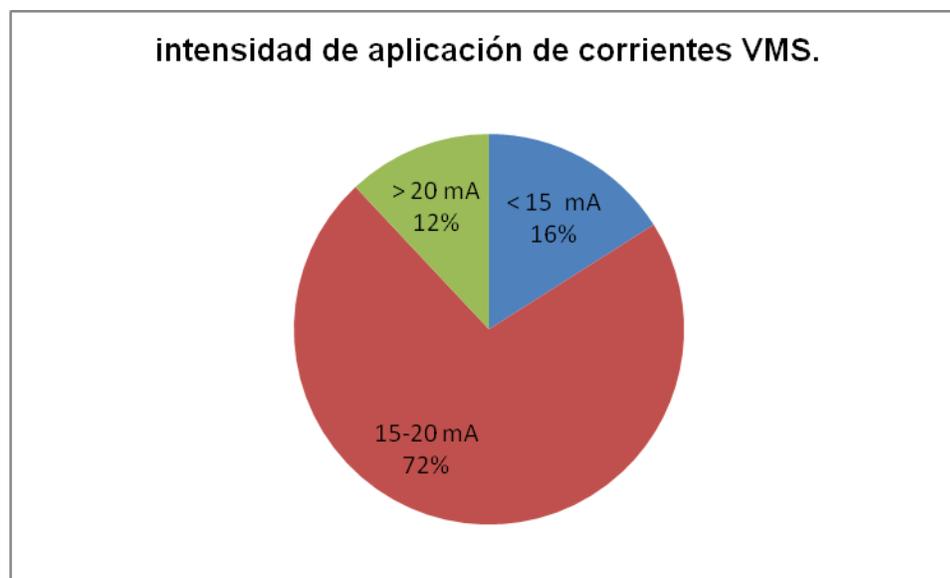
FUENTE: HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

No.= Número de participantes

< = Menor que.

> = Mayor que.

Grafica N. 3



FUENTE: Cuadro No. 3

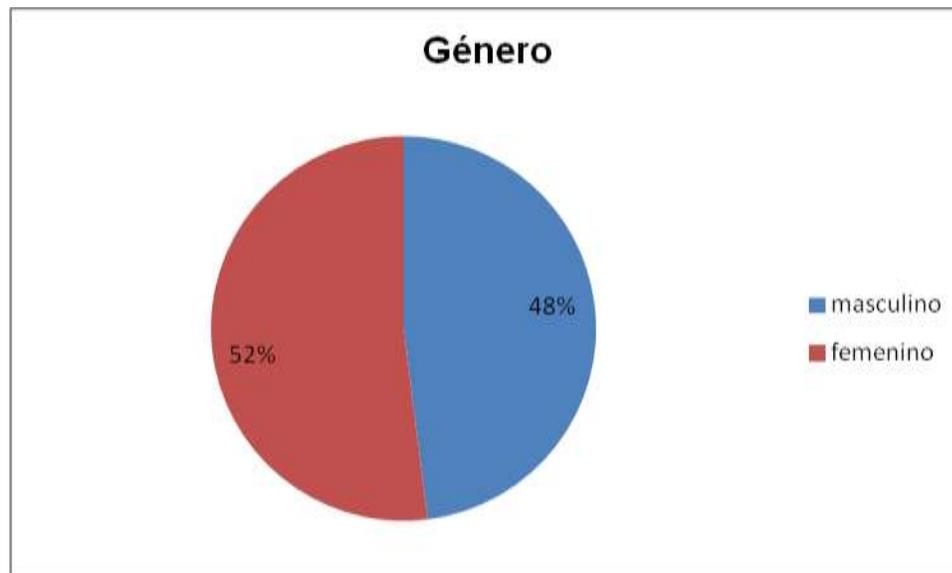
%= Porcentaje de intensidad

Cuadro No. 4  
Sexo de los participantes

| SEXO      | NO. PACIENTES | PORCENTAJE |
|-----------|---------------|------------|
| Masculino | 12            | 48         |
| Femenino  | 13            | 52         |
| Total     | 25            | 100        |

FUENTE: HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Grafica No. 4



FUENTE: Cuadro No. 4

%= Porcentaje de Genero.

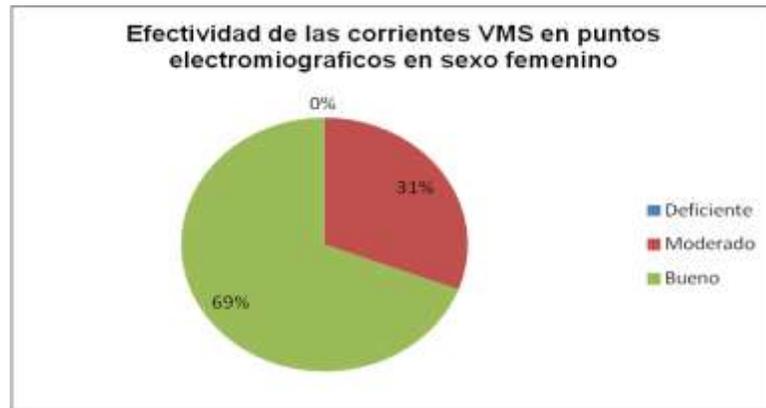
Cuadro No. 5

Efectividad de las corrientes VMS con ambas técnicas de colocación de electrodos en sexo femenino.

| Puntos Electromiograficos |     |            | Origen e Inserción |     |            |
|---------------------------|-----|------------|--------------------|-----|------------|
| EFFECTIVIDAD              | No. | PORCENTAJE | EFFECTIVIDAD       | No. | PORCENTAJE |
| Deficiente                | 0   | 0          | Deficiente         | 12  | 92         |
| Moderado                  | 4   | 31         | Moderado           | 1   | 8          |
| Bueno                     | 9   | 69         | Bueno              | 0   | 0          |
| Total                     | 13  | 100        | Total              | 13  | 100        |

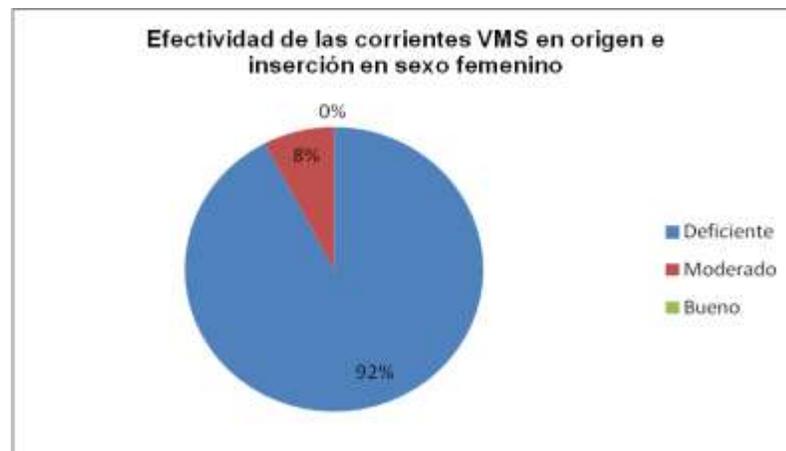
FUENTE: HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Grafica No. 5



FUENTE: Cuadro No. 5

Grafica No. 6



FUENTE: Cuadro No. 5

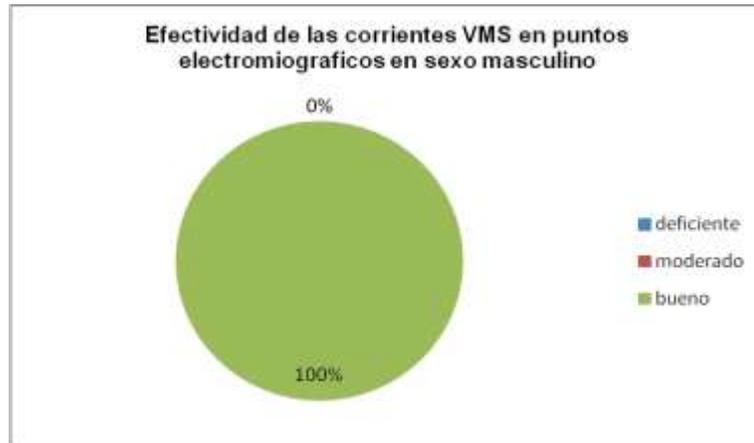
Cuadro No. 6

Efectividad de las corrientes VMS con ambas técnicas de colocación de electrodos en sexo masculino

| Puntos Electromiograficos |     |            | Origen e Inserción |     |            |
|---------------------------|-----|------------|--------------------|-----|------------|
| EFFECTIVIDAD              | No. | PORCENTAJE | EFFECTIVIDAD       | No. | PORCENTAJE |
| Deficiente                | 0   | 0          | Deficiente         | 12  | 100        |
| Moderado                  | 0   | 0          | Moderado           | 0   | 0          |
| Bueno                     | 12  | 100        | Bueno              | 0   | 0          |
| Total                     | 12  | 100        | Total              | 12  | 100        |

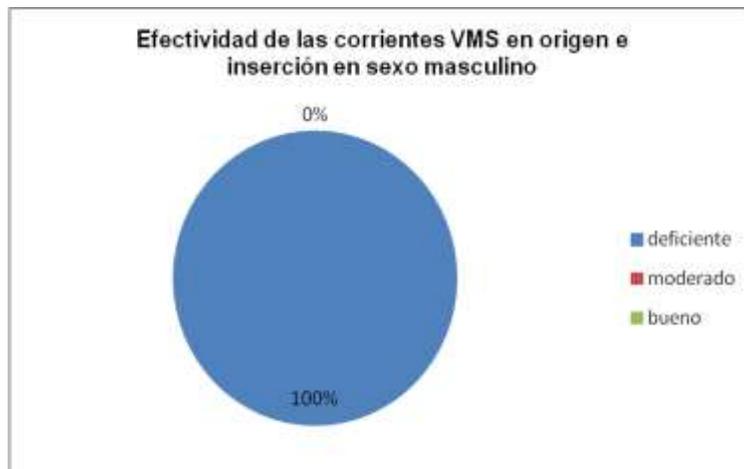
FUENTE: HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Grafica No. 7



FUENTE: Cuadro No. 6

Grafica No. 8



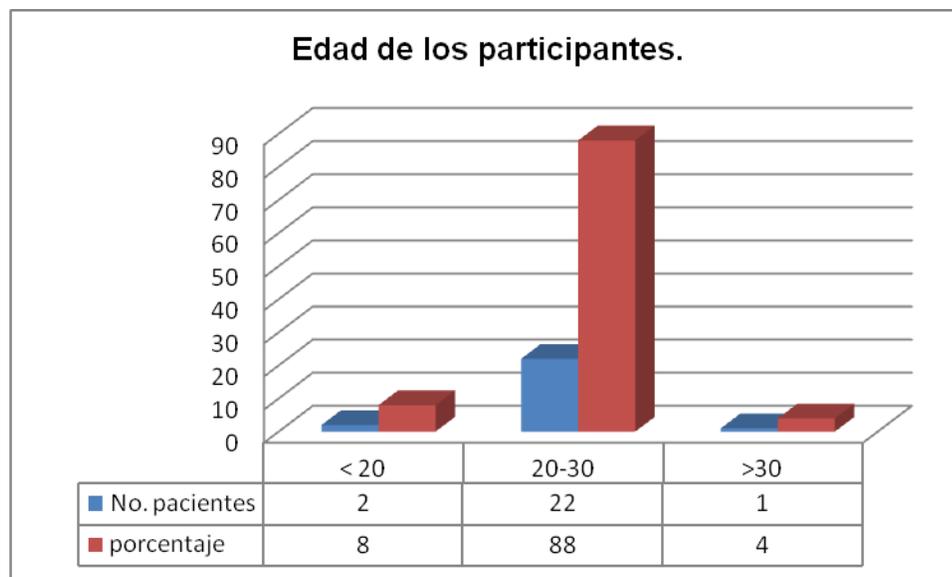
FUENTE: Cuadro No. 6

Cuadro No. 7  
Edad de los participantes.

| Edad  | Número de participantes | Porcentaje |
|-------|-------------------------|------------|
| < 20  | 2                       | 8          |
| 20-30 | 22                      | 88         |
| >30   | 1                       | 4          |
| Total | 25                      | 100        |

FUENTE: HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Grafica No. 9



FUENTE: Cuadro No. 7

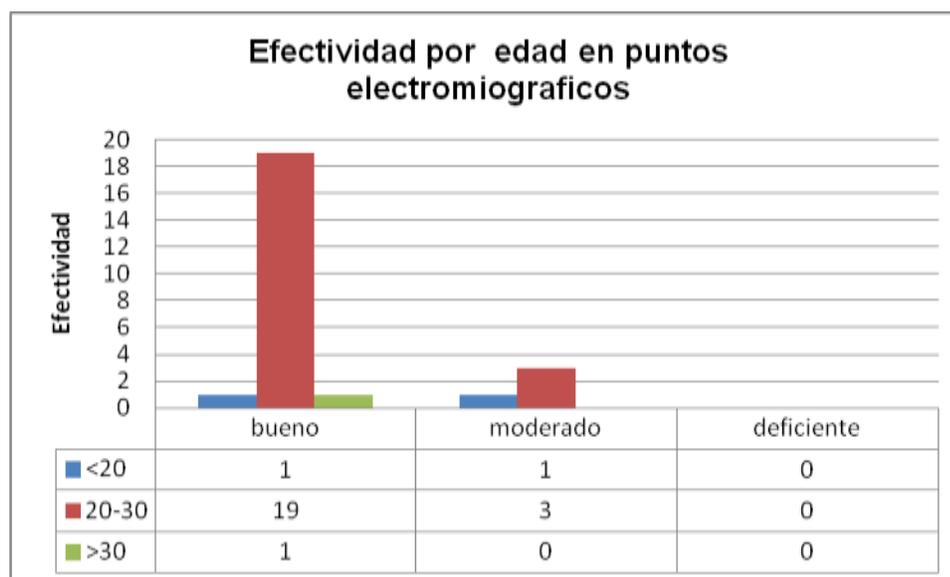
Cuadro No. 8

Efectividad de las corrientes VMS, aplicadas en puntos electromiograficos de tibial anterior por edad.

| Edad  | Bueno | Moderado | Deficiente | Total | Porcentaje |
|-------|-------|----------|------------|-------|------------|
| <20   | 1     | 1        | 0          | 2     | 8%         |
| 20-30 | 19    | 3        | 0          | 22    | 88%        |
| >30   | 1     | 0        | 0          | 1     | 4%         |

FUENTE: HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Grafica No. 10



FUENTE: Cuadro No. 8

Cuadro No. 9

Efectividad de las corrientes VMS, aplicadas en puntos de origen e inserción del tibial anterior por edad.

| Edad  | Bueno | Moderado | Deficiente | Total | Porcentaje |
|-------|-------|----------|------------|-------|------------|
| <20   | 0     | 0        | 2          | 2     | 8%         |
| 20-30 | 0     | 1        | 20         | 21    | 84%        |
| >30   | 0     | 0        | 2          | 2     | 8%         |

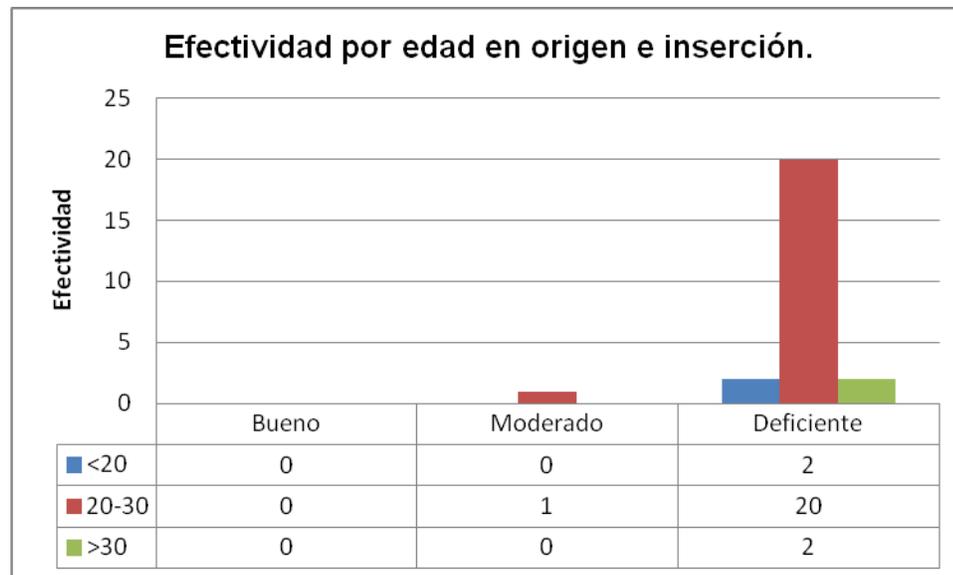
FUENTE: HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

No.= Número de participantes

< = Menor que.

> = Mayor que.

Grafico No. 11



FUENTE: Cuadro No. 9

## X **CONCLUSIONES**

La aplicación de corrientes eléctricas con fines terapéuticos son una modalidad de terapia física que nos ayuda a mejorar la fuerza de los músculos debilitados, por lo que constantemente surgen equipos nuevos que nos ayudan a realizar esas funciones, pero es muy importante conocer los efectos de las corrientes y encontrar nuevas formas de aplicación.

El presente estudio se realizó en el musculo tibial anterior en virtud que es un musculo que se puede valorar de forma adecuada, conforme se llevó a cabo el estudio de la colocación de corrientes en puntos electromiograficos de tibial anterior en comparación con la aplicada en origen e inserción del tibial anterior se comprobó que la primera técnica presentaba resultados muy buenos que nos reduce el tiempo de terapias.

Este estudio considera que la aplicación de corrientes VMS en pacientes con debilidad en algún musculo es una buena opción ya que el ser unas corrientes bifásicas asimétricas no produce sensación desagradable y permite tener una intensidad suficiente para alcanzar un grado de contracción bueno pudiendo controlar el tiempo de contracción y relajación así como la rampa de intensidad máxima.

Por otro lado al colocar los electrodos en sitios que involucran la salida de nervios que realizan la contracción de un musculo especifico permitió obtener resultados que pueden mejorar la debilidad de un músculo en menor tiempo con menos tiempo de aplicación.

## XI **RECOMENDACIONES**

Exponer los resultados en un congreso de Terapia Física, al que asistan médicos de rehabilitación, terapeutas físicos y todo el personal que utilice corrientes eléctricas con fines terapéuticos a fin de dar a conocer la técnica de aplicación aquí descrita para que realicen protocolos en pacientes para disminuir el número de terapias y aumentar los resultados.

Publicar los resultados en una revista de Terapia Física a fin de dar a conocer los resultados aquí obtenidos para que se pueda proporcionar información acertada y actualizada.

Exhortar y motivar al personal de terapeutas que laboran en el Centro de rehabilitación infantil de la SEDENA para que aprendan la técnica de colocación de electrodos en puntos electromiograficos de tibial anterior y se proporcione una terapia adecuada.

Exhortar a los alumnos de las nuevas generaciones para que continúen la investigación de la técnica descrita a fin que realicen estudios en pacientes que presenten debilidad en el músculo tibial anterior.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Bernal, L., 2012. Electroterapia en temas de fisioterapia, Madrid, España, disponible en <http://www.luisbernal.es/fisio/>
2. Arcas Patricio M.A., Gálvez Domínguez D.M., 2004. Manual de fisioterapia, España, Editorial MAD, S.L.
3. Martínez Morillo, M., Pastor Vega, J.M., 1998. Manual de medicina física, Madrid, España, Editorial Harcourt, , pag.144.
4. Chattanooga group, 2012. Intellect advance, Sistema de terapia, manual de usuario.
5. Bernal, L., 2012. Temas de fisioterapia, capítulo 22, pp. 5 Electroterapia, España, disponible en <http://www.luisbernal.es/fisio/>
6. Richard L.D., Adam W.M.M., A. Wayne V., 2010. Gray, anatomía para estudiantes, Madrid, Editorial Elsevier, segunda edición.
7. Quiroz Gutiérrez, F., 2007. Anatomía humana, México, Editorial Porrúa, 41 edición, tomo I, pp. 454-455.
8. Hislop H.J., Daniels L., 2002. Pruebas funcionales musculares, España, sexta edición, Editorial Marbán.
9. Kapanji, A.I., 2006. Fisiología articular, sexta edición, Madrid, Editorial Panamericana.
10. Villarroya A., 2001. Estudio comparado del pedaleo con la marcha, en relación a los programas de medicina física y rehabilitación. Revista Motricidad, vol. 7; pp. 58. Disponible en: [www.cienciadeporte.com/motricidad/7/art3.pdf](http://www.cienciadeporte.com/motricidad/7/art3.pdf)
11. Sáenz C., 2010. Tendinitis del tibial anterior en un pie con eje medializado, Revista REDUCA, Universidad complutense de Madrid, España, pp. 26-30. Disponible en: <http://www.revistareduca.es/index.php/reducaenfermeria/article/viewFile>

12. Lyons, G.M., Sinkjaer, T Burridge, J.H., Wilcox, D.J. 2002. A review of portable FES-based neural orthoses for correction of drop foot, IEEE Transactions on Neural System and Rehabilitation Engineering, vol. 10; número 4, pp. 260-279.
13. Prat, J., 1993. Biomecánica de la marcha normal y patológica, Instituto Biomecánica de Valencia disponible en:  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lep/hernandez\\_s\\_f/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/hernandez_s_f/capitulo3.pdf)
14. Burridge, J.H., Wood, D.E., Taylor, P.N., McLellan, D.L. Indices to describe different muscle activation patterns, identified during treadmill walking, in people with spastic drop-foot, Medical Engineering & Physics, vol. 23; pp. 427-434. Disponible en:  
<http://www.udel.edu/PT/rudolph/Burridge2001.pdf>
15. Bonell C.E., Cherniz A.S., Tabering C.B., 2007. Estudio de las características del electromiograma del músculo tibial anterior durante la marcha hemiparética, Revista Brasileira de Engenharia Biomédica, Vol. 2, numero 3, pp. 253-263. Disponible en:  
[http://rbeb.ceb.unicamp.br/artigos/rev23/n3/art-d\\_23\\_3.pdf](http://rbeb.ceb.unicamp.br/artigos/rev23/n3/art-d_23_3.pdf)
16. Pombo F.M., Rodríguez B.J., Brunet P.X., 2004. La Electroestimulación, entrenamiento y periodización, aplicación práctica al fútbol y 45 deportes, Barcelona, Editorial Paidotribo, pp. 33-39.
17. Rodríguez Martín J. M., 2005. Electroterapia en fisioterapia, Madrid, España, editorial Panamericana, 2ª. Edición, pp. 103-105.
18. Taboadela C. H., 2007. Goniometría, Una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales, Asociaart. 1/a. edición, Buenos Aires, disponible en:  
<http://es.scribd.com/doc/27427822/Goniometria>

XII **ANEXOS**

XIV.1. Anexo 1

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO.  
FACULTAD DE MEDICINA.  
INSTITUTO TELETÓN DE ESTUDIOS SUPERIORES EN REHABILITACIÓN.  
LICENCIATURA EN TERAPIA FÍSICA.

**HOJA DE VALORACIÓN DEL TIBIAL ANTERIOR**

Fecha: \_\_\_\_\_ Número de participante: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_

Realiza actividad física: SI NO Con qué frecuencia: \_\_\_\_\_

Conduce vehículo: SI NO Con qué frecuencia: \_\_\_\_\_

Valoración del tibial anterior:

Músculo tibial anterior a ser valorado: DERECHO IZQUIERDO

Grado de fuerza del tibial anterior: \_\_\_\_\_

Grado de dorsiflexión: \_\_\_\_\_

Grado de plantiflexión: \_\_\_\_\_

**Valoración del tibial anterior aplicando corrientes VMS colocando los electrodos en origen e inserción.**

Intensidad de corriente donde inicia la contracción: \_\_\_\_\_

Intensidad de corriente donde se mantiene la contracción: \_\_\_\_\_

Grado de dorsiflexión del pie por la contracción del T.A.: \_\_\_\_\_

**Valoración del tibial anterior aplicando corrientes VMS colocando los electrodos en puntos electromiográficos.**

Intensidad de corriente donde inicia la contracción: \_\_\_\_\_

Intensidad de corriente donde se mantiene la contracción: \_\_\_\_\_

Grado de dorsiflexión del pie por la contracción del T.A.: \_\_\_\_\_

Observaciones:

---

---

---

Comentarios del participante:

---

---

---

Información recolectada por el ELTF. ARIEL MARIANO GARCIA

FIRMA \_\_\_\_\_

XIV.2. Anexo 2

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
INSTITUTO TELETON DE ESTUDIOS SUPERIORES EN REHABILITACIÓN  
FACULTAD DE MEDICINA  
LICENCIATURA EN TERAPIA FÍSICA.

**HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.**

Confirmando que se me ha dado información oral y escrita con respecto a la realización de este protocolo de investigación denominado "EFECTIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE CORRIENTES VMS COLOCADOS EN PUNTOS ELECTROMIOGRAFICOS DEL TIBIAL ANTERIOR EN EL PERSONAL QUE LABORA EN EL CENTRO DE REHABILITACIÓN INFANTIL DE LA SEDENA DEL 1/o. AL 30 DE MAYO DEL 2012".

He tenido tiempo para considerar mi participación, de hacer preguntas y todas mis preguntas han sido contestadas satisfactoriamente. Acepto que datos obtenidos de esta investigación sean valorados por el personal que la realiza, asimismo sean publicadas en caso necesario.

Entiendo que mi participación es totalmente voluntaria y que puedo retirar mi consentimiento en cualquier momento y que el rechazo a participar no implicará penalización alguna o pérdida de beneficios para mí.

Doy pues mi consentimiento para participar en el protocolo de investigación:

Nombre del participante:

\_\_\_\_\_

**Firma:** \_\_\_\_\_

Fecha. \_\_\_\_\_

Cualquier duda o aclaración favor de comunicarse con el ELTF Ariel Mariano García, quien realiza este protocolo de investigación al teléfono (55) 3335 4261.