

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y  
ARTES DE CHIAPAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS ODONTOLÓGICAS Y SALUD  
PÚBLICA**

**SUBSEDE VENUSTIANO CARRANZA**

**TESIS**

**EFICACIA DE LA ELECTROTERAPIA  
TENS Y ESTIRAMIENTOS DEL TIBIAL  
ANTERIOR PARA LA REDUCCIÓN DE  
DOLOR EN PACIENTES DE 21 A 35 AÑOS  
CON PERIOSTITIS TIBIAL EN EL DIF DE  
TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN FISIOTERAPIA**

**PRESENTA**

Venustiano Carranza, Chiapas

Diciembre 2024



# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA GENERAL

DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES

DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Venustiano Carranza, Chiapas

15 de noviembre del 2024

Azucena Hernández Martínez

Aspirante del Programa Educativo de: Licenciatura en fisioterapia

Después de haber realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

"Eficacia de electroterapia TENS y estiramientos del tibial anterior para reducción de dolor en

pacientes de 21 a 35 años con periostitis tibial en el DIF de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas"

Realizado en la modalidad de: TESIS PROFESIONAL

Por lo tanto, permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permite sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

### Revisores

Jesús Arturo Urbina Torres

Edilberto Morales Hernández

Rosa María Gómez López

### Firmas:

[Firma]  
[Firma]  
[Firma]

Expediente





# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA GENERAL

DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES

DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Venustiano Carranza, Chiapas

15 de noviembre del 2024

María Mercedes Ocaña Guillen

sante del Programa Educativo de: Licenciatura en fisioterapia

realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Eficacia de electroterapia TENS y estiramientos del tibial anterior para reducción de dolor en

pacientes de 21 a 35 años con periostitis tibial en el DIF de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas"

la modalidad de: TESIS PROFESIONAL

permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

### Revisores

. Jesús Arturo Urbina Torres

. Edilberto Morales Hernández

. Rosa María Gómez López

### Firmas:

[Handwritten signatures of the three reviewers]

Expediente





# ÍNDICE

1. <u>RESUMEN</u>	6
<u>ABSTRACT</u>	7
2. <u>INTRODUCCIÓN</u>	8
3. <u>ANTECEDENTES</u>	9
4. <u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u>	11
5. <u>JUSTIFICACIÓN</u>	14
<u>6.1 Síndrome De Estrés Tibial Medial</u>	15
<u>6.1.1 Recuerdo anatómico</u>	15
<u>6.1.2 Características clínicas del SETM</u>	17
<u>6.1.3 Cambios fisiopatológicos</u>	17
<u>6.1.4 Etiopatogenia y factores de riesgo</u>	18
<u>6.1.5 Abordaje terapéutico conservador</u>	19
<u>6.2 Estimulación Eléctrica Transcutánea (TENS)</u>	20
<u>6.2.1 Generalidades</u>	20
<u>6.2.2 Características de TENS</u>	23
<u>6.2.3 Electrodo y colocación</u>	23
<u>6.2.4 Forma del impulso</u>	25
<u>6.2.5 Duración del impulso</u>	26

<u>6.2.6 Frecuencia</u>	27
<u>6.2.7 Amplitud del estímulo</u>	27
<u>6.2.8 Modos de estimulación</u>	28
<u>6.2.8.1 Mecanismos fisiológicos periféricos</u>	29
<u>6.2.8.2 Mecanismos fisiológicos espinales</u>	31
<u>6.2.8.3 Mecanismos fisiológicos supraespinales</u>	35
<u>6.2.8.4 Mecanismos fisiológicos periféricos no analgésicos</u>	36
<u>6.3 Factores que influyen en el mecanismo de acción del TENS</u>	37
<u>6.3.1 Tiempo de los efectos analgésicos</u>	37
<u>6.3.2 Acomodación</u>	38
<u>6.3.3 Tolerancia</u>	39
<u>7. OBJETIVOS</u>	41
<u>8. HIPÓTESIS</u>	42
<u>9. METODOLOGÍA</u>	43
<u>9.1 Tipo de estudio</u>	43
<u>9.2 Población</u>	43
<u>9.3 Muestra</u>	43
<u>9.4 Criterios de inclusión</u>	44
<u>9.5 Criterios de exclusión</u>	44
<u>9.6 Recolección de datos</u>	44

<u>9.8 Variables</u>	46
<u>10. ANÁLISIS Y RESULTADOS</u>	53
<u>11. CONCLUSIONES</u>	67
<u>13. ANEXOS</u>	69
<u>CITAS BIBLIOGRAFICAS</u>	70

## 1. RESUMEN

La periostitis tibial es una lesión de pierna que afecta de forma más habitual a corredores y deportistas, en especial a aquellos que recorren grandes distancias como corredores de fondo. También suele ser común en personas que están muchas horas de pie a causa del trabajo laboral o ya sea por su estilo de vida ocasionando irritación e inflamación del periostio.

Existen diferentes tratamientos médicos para curar la periostitis tibial, por ello, esta investigación tiene como objeto de estudio comprobar la eficacia de la electroterapia “TENS” para aliviar el dolor en deportistas dentro de un rango de edad de los 21 a 35 años, en el DIF de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Durante el periodo de investigación se enfocó en un estudio longitudinal, clínico y prospectivo; implicando la recolección de datos en varios cortes de tiempo comprendido entre Junio a Septiembre de 2024, en un grupo integrado por 32 pacientes como muestra total, de los cuales se obtuvieron datos como la edad, el sexo, el deporte practicado, fuerza muscular y el nivel de dolor presentado en los deportistas a su ingreso, durante y al finalizar el tratamiento, a fin de comprobar la afectación que genero el tratamiento en los pacientes a través de los valores obtenidos.

Al finalizar el estudio, se demostró la eficacia de las TENS y los estiramientos del tibial anterior en pacientes con síndrome de estrés tibial en su recuperación, reduciendo el dolor característico causado por esta lesión. Además de constatar que los atletas de alto rendimiento son los que principalmente sufrieron este tipo de lesiones debido al nivel de sobrecarga en sus músculos que demanda su deporte.

## ABSTRACT

Tibial periostitis is a leg injury that most commonly affects runners and athletes, especially those who run long distances as long distance runners. It is also common in people who are on their feet for long hours due to work or lifestyle, causing irritation and inflammation of the periosteum.

There are different medical treatments to cure tibial periostitis, therefore, the purpose of this research is to check the effectiveness of electrotherapy “TENS” to relieve pain in athletes within an age range of 21 to 35 years, in the DIF of Tuxtla Gutierrez, Chiapas. During the research period it was focused on a longitudinal, clinical and prospective study; involving the collection of data in several time periods from June to September 2024, in a group composed of 32 patients as a total sample, from which data were obtained as age, sex, sport practiced, muscle strength and the level of pain presented in athletes at admission, during and at the end of treatment, in order to check the affectation generated by the treatment in patients through the values obtained.

At the end of the study, the efficacy of TENS and tibialis anterior stretching was demonstrated in patients with tibial stress syndrome in their recovery, reducing the characteristic pain caused by this injury. In addition to confirming that high performance athletes are the ones who mainly suffered this type of injury due to the level of overload in their muscles demanded by their sport.

## 2. INTRODUCCIÓN

El síndrome por estrés medial de la tibia se describe como dolor e inflamación de la región anteromedial del hueso tibial situado en la extremidad inferior. También se conoce como periostitis tibial caracterizada por la edematización de la capa superficial (periostio) del hueso tibial (1).

La electroterapia es una técnica que se engloba dentro de la medicina física, que consiste en la aplicación de la electricidad como agente terapéutico, y basado en las reacciones biológicas y fisiológicas provocadas en el organismo (Rodríguez, M., 2008).

El tipo de terapia eléctrica más convencional y aceptada es conocida como TENS (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation), que consiste en la aplicación de una corriente eléctrica para el control del dolor en cualquiera de sus modalidades, sea de origen agudo, crónico, visceral, cutáneo, irradiado o localizado (Maya, J., 2011; Pastor, J., 2000). La corriente de tipo TENS es una corriente de baja frecuencia caracterizada por ser una onda cuadrada, bifásica simétrica o asimétrica y equilibrada. (Thom, H., 2005).

### 3. ANTECEDENTES

En 1966, la Asociación Médica Americana (AMA) publicó una definición oficial relacionando el actual SETM con un dolor o molestia en el borde posteromedial de la pierna por una actividad de carrera repetitiva en superficies duras o el uso excesivo de los flexores del pie, limitando el diagnóstico a la inflamación musculotendinosa, excluyendo fracturas por estrés o problemas de tipo isquémico (2) . Años después, el autor Clement DB añadió su teoría de que el dolor de la tibia descrito anteriormente era una inflamación del periostio producido como resultado de una sobre sollicitación muscular, lo que produciría estrés en el hueso, y así, en 1974, denominó a esta patología como síndrome de estrés tibial (2) (3).

En un estudio prospectivo en el que se utilizaron 35 militares, Moen et al, hallaron que la rotación interna de cadera aumentada, la flexión plantar pronunciada y una caída del navicular (navicular drop) positivo estaban asociadas a la periostitis tibial. Además, un índice de masa corporal elevado se vincula a una mayor duración hasta la recuperación total (4).

Johnell et al. Fueron los primeros en demostrar que los síntomas de la periostitis tibial están correlacionados con las reacciones de estrés del hueso después de realizar biopsias y hallar porosidad ósea. Mediante una absorciometría dual de rayos X Magnuson et al también descubrieron que la densidad ósea se hallaba disminuida en atletas con periostitis tibial (5) (6).

Hahm y Koo et al afirman que es muy escaso el número de investigaciones desarrolladas con relación a la efectividad de las corrientes TENS en la disminución del dolor. En los estudios hallados, como por ejemplo el realizado por Jensen et al, de 1986 en el ámbito de lesiones deportivas traumáticas agudas, se aplicaron las corrientes, pero no se muestran o especifican los parámetros (7).

En otra investigación que tuvo como objetivo comparar el efecto de 2 programas de ejercicios combinados con electroterapia sobre la intensidad del dolor y las dimensiones de los músculos estabilizadores lumbares en pacientes con dolor lumbar crónico inespecífico. Se realizó un ensayo clínico controlado aleatorizado con 41 pacientes con dolor lumbar crónico. Los participantes fueron asignados al azar en 2 grupos: un grupo experimental recibió ejercicios de estabilización más electroterapia y un grupo de control recibió ejercicios de rutina más electroterapia. La intensidad del dolor, usando una escala análoga visual, y las dimensiones musculares del transverso abdominal derecho e izquierdo y los músculos multifidos lumbares, usando ultrasonografía de rehabilitación, se evaluaron antes e inmediatamente después de 4 semanas de intervención. Los resultados arrojaron una mejora significativa después de las intervenciones sobre la intensidad del dolor y las mediciones del tamaño muscular en ambos grupos. La única excepción fue el área transversal del multifido lumbar del lado derecho del grupo de control, que no fue estadísticamente significativa. No se encontraron diferencias significativas entre los 2 grupos de ejercicio en la intensidad del dolor y las dimensiones musculares (8).

## 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La periostitis tibial, también denominada Medial tibial stress syndrome (MTSS) o shin splints, es una lesión por sobreuso o una lesión de estrés por repetición de la zona tibial. La periostitis tibial contribuye del 13% al 17% del total de las lesiones causadas por correr y hasta el 35% de todos los dolores relacionados con el ejercicio en la pierna.

Actualmente, el SETM tiene una incidencia de entre 4% y 35% en la población deportista. También, supone el 6-16% de todas las lesiones producidas en sujetos corredores (9).

Además, es una lesión muy frecuente en corredores y atletas, la tasa de incidencia en de la periostitis tibial es de entre el 4-35%. Esta afección, esta caracterizada por causar dolor a lo largo de la cara posteromedial de dos tercios distales de la tibia, y ocurre durante o después de realizar actividad física, sobre todo en acciones como correr y saltar. Al cesar la actividad el dolor remite (5) (10) (11).

La definición más extendida y aceptada es la dada por Yates y White: “dolor provocado por el ejercicio en la región posteromedial de la tibia” además de “dolor a la palpación de la tibia por su borde posteromedial en al menos 5 centímetros” (4) (12).

Los factores de riesgo que pueden llevar a desarrollar una periostitis tibial son variados, pero alguno de ellos ha sido identificado: hiperpronación, en índice de masa corporal, sexo femenino, rotaciones de cadera interna/externa y una excesiva flexión plantar. Según Newman et al., la experiencia como corredor y el haber padecido la patología previamente son otros de los factores de riesgo de importancia (13) (14).

La electroterapia es una técnica que se engloba dentro de la medicina física, que consiste en la aplicación de la electricidad como agente terapéutico, y basado en las reacciones biológicas y fisiológicas provocadas en el organismo (15).

El tipo de terapia eléctrica más convencional y aceptada es conocida como TENS (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation), que consiste en la aplicación de una corriente eléctrica para el control del dolor en cualquiera de sus modalidades, sea de origen agudo, crónico, visceral, cutáneo, irradiado o localizado (16) (17) . La corriente de tipo TENS es una corriente de baja frecuencia caracterizada por ser una onda cuadrada, bifásica simétrica o asimétrica y equilibrada.

Sus efectos analgésicos se basan en que la aplicación de un estímulo de manera continuada, repetida y con capacidad para sobresaturar la transmisión de impulsos en las aferencias de tipo A $\beta$ , fibras periféricas mielinizadas de gran diámetro, por lo que se reduce e incluso anula la transmisión de la información nociceptiva hacia los centros superiores, donde el dolor se hace consciente (18).

A pesar de que existe gran variedad de artículos sobre la prevención (19), incidencia (20) e incluso biomecánica (21), hoy en día no hay un consenso claro sobre cuál es el mejor tratamiento para esta patología.

A partir 2010 la investigación al respecto ha ido en aumento, pero hasta entonces ha sido escasa, de una evidencia mínima y no actual, anterior al año 2000 en general (22) . Debido a que ninguno de los estudios menos recientes es de una calidad metodológica adecuada, sigue sin aclararse el tratamiento óptimo para esta patología.

## PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el deporte con más incidencia de periostitis tibial?

¿Cuáles son las afecciones más frecuentes asociadas en la periostitis tibial?

¿Las corrientes TENS y los estiramientos del tibial anterior tienen algún beneficio en la aplicación del paciente con síndrome de estrés tibial medial?

## 5. JUSTIFICACIÓN

En la ciudad de Tuxtla Gutiérrez los deportes de alto impacto son practicados constantemente y cada vez son más personas las que se involucran en este tipo de actividades físicas.

Sin embargo, en ocasiones el desconocimiento en cuestión de la cuantificación del ejercicio que es de suma importancia en los atletas para la mejora del rendimiento, pero aún más importante la prevención de las lesiones deportivas conlleva a la formación de estas mismas a raíz de movimientos repetitivos aunado en ocasiones al uso del calzado inadecuado.

En el DIF de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas son muy recurrentes las consultas diarias a pacientes deportistas de alto impacto los cuales con frecuencia suelen ser el atletismo, fútbol, basquetbol, tenis entre otros más.

La mayoría de los pacientes dejan pasar poco más de una semana sin dejar de practicar el deporte con la sintomatología dolorosa pensando que es un dolor normal post ejercicio que se pasara, pero termina siendo todo lo contrario, puesto que con el tiempo al seguir haciendo la actividad física suele intensificarse más.

La primera medida de salud es acudir al médico general que en ocasiones suele recetar medios analgésicos y desinflamatorios por medio farmacológico sin existir mejora considerable.

Asimismo, la reinserción al deporte se prolonga por el estado doloroso e inflamatorio.

Por estas causas es oportuna la presente investigación debido a que actualmente no se han encontrado estudios con relación a esta patología con la aplicación de este tratamiento en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

6.

# MARCO TEÓRICO

## 6.1 Síndrome De Estrés Tibial Medial

El síndrome de estrés medial de la tibia (SETM) es una lesión por estrés repetitivo debilitante de la tibia muy común en personas que realizan actividades que tienen un impacto constante en su ejecución.

El periostio es una membrana fibrosa vascular que rodea al hueso de la tibia. Su función principal es sustentar a los vasos sanguíneos y nervios del hueso.

Consta de dos capas:

- Más externa: es la zona de mayor hipersensibilidad del hueso, existen abundantes plexos nerviosos y estructuras sanguíneas.
- Contigua y más interna: con fibras de colágeno y osteoblastos, encargados de la reparación ósea en casos de lesión.

### 6.1.1 Recuerdo anatómico

La tibia es un hueso con geometría prismática triangular ubicado en la región medial y distal de las piernas. Manifiesta la particularidad de osificar rotado sobre sí mismo, es decir, la zona más proximal y cercana a la rodilla presenta una curvatura cóncava externa y en su parte más distal

configura una curva convexa e interna. Como cualquier otro hueso largo, la tibia proporciona resistencia, estructura y movilidad a la pierna, alojando los demás componentes musculotendinosos, es decir, fija los músculos para ejercer su función tensora de contracción y relajación de las fibras.

La tibia es el segundo hueso más largo en el cuerpo y es el responsable del 90% de la carga transmitida a la pierna durante las actividades de carga. Ésta se divide en cuatro compartimentos, concretamente el compartimento situado a nivel posterior, el cual está inervado por el nervio tibial, está subdividido a su vez en una zona superficial y en otra más profunda y es el más pertinente a tener en cuenta en relación al SETM (23).

Los músculos que se encuentran la parte superficial de este compartimento posterior son los gastrocnemios, el sóleo y el músculo plantar delgado, mientras que la parte profunda consta del tibial posterior, flexor largo del dedo gordo y el flexor largo de los dedos. Estos tres últimos músculos son especialmente importantes puesto que controlan la pronación excesiva de las articulaciones subastragalina (ASA) y mediotarsiana (MT) en su paso por las mismas en sentido posterior y medial.

Es importante considerar los puntos de inserción de estos músculos a lo largo de la tibia, ya que la localización del dolor en sujetos con SETM puede ocurrir en cualquiera de los mismos, no obstante, la localización más frecuente se corresponde con el tercio distal (23).

### 6.1.2 Características clínicas del SETM

La mayoría de los deportistas que sufren esta lesión presentan dolor difuso en el borde medial del hueso de la tibia, normalmente en el tercio medio o distal, asociado a esfuerzo (24). Inicialmente el dolor es muy intenso al comienzo de la actividad y disminuye de forma gradual durante la misma. No obstante, a medida que el cuadro se vuelve más severo, la sintomatología aparece durante cualquier esfuerzo mínimo y llega incluso a permanecer en situación de reposo (25).

Esta sintomatología supone en el deportista una alteración de su rendimiento y ocasiona el abandono de la práctica deportiva durante largos períodos de tiempo, además en ocasiones puede incluso limitar su carrera profesional.

### 6.1.3 Cambios fisiopatológicos

A pesar de que los signos y síntomas del MTSS están bien establecidos, la fisiopatología que subyace a este trastorno no ha sido claramente determinada. Se han propuesto varias teorías fisiopatológicas incluyendo la periostalgia, la periostitis, la reacción de estrés ósea y la baja densidad ósea. La evidencia actual sugiere que el SETM en fase aguda (duración inferior a 10 meses) se deba a una reacción de estrés en la tibia. Sin embargo, la fisiopatología del SETM en fase crónica sigue siendo desconocida (26).

Algunos expertos creen que el dolor aparece cuando se interrumpen las fibras de Sharpey, que conectan la fascia muscular a través del periostio de la tibia con el hueso (24). Otros en

cambio sugieren que el SETM es una consecuencia del estrés repetitivo impuesto por las fuerzas de impacto que fatigan a la musculatura pertinente, lo que crea una tracción repetida de la tibia y a su vez una sobrecarga de las capacidades de remodelación ósea de la tibia (27).

Este fenómeno de tracción en el periostio si bien es llevado a cabo por la fascia crural profunda, también incluye diferentes grupos musculares que se adhieren a lo largo del borde medial de la tibia (28) (29). Tradicionalmente, el músculo tibial posterior (TP) solía considerarse la fuente de esta tracción; sin embargo, otros estudios han implicado a músculos como el sóleo y el flexor largo de los dedos (FLD) (30).

#### 6.1.4 Etiopatogenia y factores de riesgo

Se conoce que la etiología del SETM viene dada por una sobrecarga ósea, de esta forma, durante las actividades repetitivas en las que se carga peso se produce una curvatura en la tibia, lo que provoca tensión y consecuentemente, una leve deformación de esta. Normalmente, la tracción causa microfracturas óseas, lo que conduce a procesos de adaptación y fortalecimiento del hueso para resistir la flexión tibial (31).

Se han propuesto una serie de factores de riesgo que aumentan la probabilidad de padecer SETM;

- El nivel de competencia en la actividad física
- Un calzado inadecuado

- La existencia de errores en el planteamiento del entrenamiento: incremento en la actividad (en relación con la intensidad y/o duración) de una forma demasiado brusca.
- Una excesiva pronación del pie
- La sobrecarga muscular constante de la parte posterior de la pierna
- O un problema disfuncional de los músculos de la pierna (incluyendo la falta de resistencia y/o falta de fuerza, o el desequilibrio entre agonistas y antagonistas) (26).

El diagnóstico se basa en:

- Anamnesis (indagando en las actividades profesionales y deportivas que practica),
- Exploración física (valorando balance articular general de la extremidad, palpación local para detectar inflamación, dolor, hipersensibilidad local, crepitación),
- Diagnóstico diferencial (con fracturas, fisuras, rotura de fibras musculares, hematoma, síndrome compartimental),
- Pruebas complementarias necesarias según cada caso (32).

### 6.1.5 Abordaje terapéutico conservador

Existen diferentes tratamientos a nivel de la fisioterapia que pretenden abordar esta patología, en primer lugar, el uso de terapias manuales y ejercicio terapéutico que incluye ejercicios de fortalecimiento y estiramientos parece ser una buena opción de tratamiento, no obstante, cada vez

se emplean otras modalidades como el uso de punción seca, la ultrasonoterapia, la electroterapia de alta frecuencia o las ondas de choque, entre otros.

Al observar la gran variabilidad de terapias enfocadas al tratamiento del SETM y la poca concreción en la obtención de resultados, parece no haber un consenso claro en qué medida/s resulta más eficaz en estas situaciones.

Ante una alteración biomecánica funcional o anatómica en un síndrome de estrés medial tibial se debe:

- Estudiar la biomecánica de la dinámica y la pisada para ofrecer un tratamiento personalizado. Valorar la prescripción de una ortesis plantar.
- Asesorar respecto al calzado y la superficie de uso (tratamiento clave desde el punto de vista podológico).

## 6.2 Estimulación Eléctrica Transcutánea (TENS)

### 6.2.1 Generalidades

La estimulación nerviosa eléctrica transcutánea (TENS), acrónimo inglés Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, utiliza la corriente eléctrica pulsada a través de electrodos de superficie con finalidad generalmente analgésica, y que utiliza como medio la piel para su aplicación.

En el caso en el que se busque contracción muscular a través de la corriente eléctrica, bajo el mismo procedimiento, pasaría a denominarse NMES (Neuromuscular Electrical Stimulation) (33). Una definición amplia de TENS no tendría en cuenta las características eléctricas de las corrientes (es decir, las características de salida o las especificaciones técnicas del dispositivo). Sin embargo, en el cuidado de la salud, el término TENS se usa comúnmente para describir corrientes entregadas por un "dispositivo TENS estándar". En la antigüedad ya se utilizaba la electricidad para aliviar el dolor.

Los egipcios empleaban peces electrogénicos para tratar enfermedades en el 2500 a. de C. aunque el médico romano Scribonius Largus fue el primero en dar constancia por escrito en el año 46 d.C (34). El desarrollo de generadores electrostáticos en el siglo XVIII incrementó el uso de la corriente eléctrica como elemento terapéutico, aunque decayó su popularidad en el siglo XIX y principios del XX a razón de la variabilidad en los resultados clínicos y, sobre todo, al desarrollo de tratamientos farmacológicos (35).

El interés del uso de la electricidad con fines analgésicos volvió a resurgir con la teoría formulada por Melzack y Wall en 1965, la cual explica los efectos analgésicos de la electroterapia. Según esta teoría, denominada Gate Control (teoría de la puerta de entrada), argumenta que la transmisión de información nociceptiva se puede inhibir por medio de la actividad de aferencias periféricas de gran diámetro o a través de las vías descendentes inhibitorias del dolor, originadas en el cerebro (36). Wall y Sweet (1967) emplearon la estimulación eléctrica transcutánea de alta frecuencia para activar de manera no natural las aferencias periféricas de gran diámetro, de manera que lograron descubrir que llegaban a aliviar el dolor de carácter crónico de los pacientes. Además, se logró demostrar que se llegaba a obtener

alivio en el dolor al emplear corrientes eléctricas al estimular directamente sobre una parte de las vías descendentes del dolor: la sustancia gris periacueductal (37).

Por otro lado, Shealy et al. (1967), demostraron que se generaba una disminución del dolor cuando de manera eléctrica estimulaban las columnas dorsales de la médula espinal, que forman parte de las vías transmisoras de las aferencias periféricas de gran diámetro (38).

A su vez permitió el inicio de numerosos estudios de investigación en los años 70 (39) (40) (41). Uno de ellos consistió en la aplicación para predecir el éxito de los implantes estimuladores de la columna dorsal, hasta que se descubrió su capacidad como herramienta terapéutica independiente. A pesar de ello, con el inicio ensayos clínicos controlados durante los años 80, comenzaron a aparecer disparidad de criterios a la hora de exponer los resultados: por un lado, se afirmaba que tenía un carácter analgésico efectivo (42) (43) (44) y otros que no generaban el efecto esperado (45) (46) (47).

Sin embargo, si hacemos un análisis exhaustivo de los artículos publicados, se fundamenta la hipótesis de existir discrepancias con la metodología empleada durante los ensayos (48).

Durante los años 90, se continuaron realizando numerosas revisiones sistemáticas que mantenían la discrepancia presente sobre la posible efectividad clínica de la aplicación de la técnica TENS (49) (50) (51). Pese a esta evidente controversia acerca de la fiabilidad terapéutica del uso de TENS, gracias a revisiones como las de Bjordal, et al. 2003, se demostró que existían sesgos considerables con los trabajos analizado (52).

Como ya se había evidenciado en revisiones anteriores, la calidad metodológica generó la fluctuación de resultados, principalmente teniendo en cuenta la ausencia, en algunos casos, de

grupos control, descripción del tipo de parámetros que se utilizó, la presencia o no de grupos placebo, cómo se llevó a cabo el cegado del procedimiento, la determinación del tamaño de la muestra y si ésta pasó por un proceso de aleatorización y cómo se hizo, todo ello contribuyó de manera no favorable al reconocimiento de la técnica TENS (53).

### 6.2.2 Características de TENS

La intensidad fisiológica cuando aplicamos TENS para el alivio del dolor, consistirá en la activación de diferentes grupos de fibras nerviosas, con el fin de iniciar los mecanismos analgésicos y su consecuente alivio clínicamente significativo.

La técnica TENS es una intervención terapéutica basada en la propia intervención. Por ello, el resultado dependerá en cómo lo apliquemos a través de la combinación de los diferentes parámetros (54). Será necesario seleccionar la zona adecuada a estimular, el tipo y número de electrodos, la característica eléctrica de la corriente (amplitud de pulso, la frecuencia, duración) y, su vez, cómo se dosificarán dichos parámetros (55) (56) (57).

### 6.2.3 Electrodo y colocación

Los electrodos autoadhesivos son los que actualmente se suelen utilizar, frente al uso de electrodos de goma de carbono o de gel. El tamaño, forma y la posición de estos serán

importantes en cualquier tipo de aplicación. Dado que se trata del elemento que hará de intermediario entre la piel y la corriente eléctrica, hay que tener en consideración el concepto de densidad de corriente: cantidad de corriente por unidad de superficie. Ésta es inversamente proporcional al tamaño del área de contacto del electrodo, de manera que habrá mayor densidad de corriente bajo un electrodo de menor tamaño y, a su vez, la sensación percibida por el paciente (58) (59) (60).

Nolan (1991) (59), evaluó si existía relación directa según la elección del tipo de electrodos, a su vez que otros autores lo han evaluado a razón de la impedancia del circuito (resistencia que ofrece al paso de la corriente eléctrica). En la práctica clínica diaria, se recomienda que la piel, además de esté sana, bien inervada y buen estado sensitivo, este limpia con el fin de disminuir el nivel de impedancia de este medio. Sin embargo, no influye en la efectividad de la técnica TENS (61).

La colocación de los electrodos es sumamente importante para conseguir un tratamiento eficaz de las molestias dolorosas. Antes de iniciar el tratamiento es necesario localizar los puntos de estimulación más apropiados, esto implica que será necesario conseguir la sensación cutánea adecuada en el campo de aplicación (62). Se ha llegado a evaluar si la ubicación incorrecta de los electrodos es determinante, pero no sin hallazgos significativos (63) (64), de manera que el protocolo a seguir en la actualidad se basa en la propia experiencia clínica del terapeuta (33) (48) (65). Hoy en día, sólo se ha hallado un estudio con pacientes que fundamenta el hecho de que la estimulación de la miotomas y esclerotomas relacionados a la zona de dolor y aplicados a nivel paravertebral, generaron una mejor respuesta al tratamiento (60).

De manera consensuada, fundamentados en la medicina basada en la evidencia, la mayor eficacia de TENS se ha demostrado con la aplicación de los electrodos sobre misma sección

neurocutánea que la ubicación del dolor (33) (48) (65). Sin embargo, cabe reseñar otras múltiples opciones de uso y con contrastada evidencia, como puede ser sobre las raíces nerviosas a nivel medular, paravertebralmente (51), contralateral a la zona sintomática (66), sobre el esclerotoma que corresponde a la zona donde refiere el dolor (33), sobre el miotoma asociado a la zona afectada (58), sobre puntos de acupuntura relacionados con la lesión (67) (68) (69) y, en algún caso, transcranealmente (48).

De lo mencionado con anterioridad, presenta una mayor evidencia el tratamiento de los esclerotomas asociados a la zona que refiere los síntomas el paciente entre todas las posibilidades referidas, la que aporta mayor evidencia es la estimulación de los esclerotomas correspondientes a la zona sintomática de los pacientes (70) (71) (72).

#### 6.2.4 Forma del impulso

La forma de impulso de una corriente hace referencia a la correlación existente entre la amplitud de corriente respecto al tiempo. En el caso de la terapia TENS, le corresponde una onda tipo bifásica (la corriente fluye en ambas direcciones). Por lo tanto, consta de dos componentes, uno positivo y otro negativo, que representan el cambio de flujo de corriente o fase. A su vez, la forma de onda puede ser simétrica (el flujo de corriente tiene la misma magnitud y duración en ambas direcciones) o asimétrica (dos fases con diferente forma).

Otro factor para tener en cuenta es, que la onda bifásica puede estar o no compensada, lo cual determina si ambos electrodos actúan como cátodo o solamente lo hace uno. Dado que la

despolarización se genera bajo el cátodo, desde el punto de vista terapéutico será fundamental la ubicación de este.

En el caso de estar compensada, implica que hay un flujo similar de corriente en ambas direcciones. Clínicamente se traducirá en el paciente no sólo en el resultado que queramos obtener según la elección de los parámetros mencionados, sino que también influirán en la sensación percibida (73) (74) (75). Por ejemplo, una onda bifásica asimétrica no compensada significará que el flujo de corriente es diferente en ambas direcciones, lo cual representa una sola fase de onda que actuaría como si se tratase de una de tipo monofásica (en el sentido de que sólo tendremos un electrodo activo).

Además, en este caso, en referencia a las manifestaciones clínicas, se han llegado a describir irritación e incluso quemaduras de la piel debajo del electrodo (33).

Ante estas circunstancias, la elección terapéutica que evidencia mayor seguridad y confort hace referencia al uso de una onda con forma bifásica, simétrica, compensada (76).

### 6.2.5 Duración del impulso

La duración o anchura de los pulsos, es una característica dependiente del tiempo, expresándose su unidad en milisegundos (ms) o microsegundos ( $\mu$ s). Duraciones de pulso entre 50 y 500  $\mu$ s permiten al paciente analizar la amplitud del pulso con mayor precisión. Al aumentar la duración del pulso por encima de 500 $\mu$ s se produce una activación de las fibras de pequeño diámetro a menores amplitudes de pulso, lo que conlleva una mayor inhibición de la actividad neuronal de la

asta posterior de la médula, de manera que clínicamente se expresaría con un efecto analgésico mayor (72) (77) (78).

### 6.2.6 Frecuencia

La frecuencia se mide en hercios (HZ) y hace referencia al número de pulsos administrados por segundo, en el caso de una corriente pulsada, o el número de ciclos por segundo para una corriente alterna. En el caso de TENS, puede ir de un rango de 1 y 250Hz (33) (48) (79).

De manera general, se consideran dos tipos de frecuencia que presentan efectos fisiológicos y terapéuticos distintos: baja frecuencia (menor de 10Hz) y alta frecuencia (mayor de 50Hz).

Los resultados de los estudios publicados señalan la mayor efectividad clínica de los tratamientos TENS con frecuencias altas respecto a las frecuencias más bajas (72) (80) (81) (82). Sin embargo, algunos estudios recientes son contradictorios (83) (84).

### 6.2.7 Amplitud del estímulo

La amplitud del estímulo, con frecuencia denominada intensidad de una unidad de corriente, se mide en miliamperios (mA), mientras que la amplitud de una unidad de voltaje constante se mide en voltios.

La corriente es el flujo de carga eléctrica, y el voltaje es la fuerza impulsora necesaria para desplazar dicha carga. Al aplicar la corriente eléctrica en la piel, será necesaria una fuerza impulsora proveniente de la batería al encontrar impedancia en el circuito electrodo-paciente.

Su dosificación es técnico dependiente y, a su vez, nos guiaremos por la sensación percibida por el paciente, modificándola a lo largo de la sesión para mantener su nivel de percepción (76).

Referente a la dosificación, se han aplicado tanto a nivel de intensidad alta como baja (48) (51) (79) (85) (86). No se presenta un consenso claro para establecer el nivel de intensidad y su mayor o menor capacidad analgésica (55) (87) (88). Si se ha comprobado que, a intensidades altas, existe una mayor excitabilidad de las terminaciones nerviosas de los tejidos profundos (89) y, a correlación de ello, presentan una capacidad más rápida de activación y poder analgésico (55) (62) (84)- (86).

## 6.2.8 Modos de estimulación

Las diferentes modalidades en el uso del TENS han evolucionado a partir del conocimiento sobre la capacidad de varias fibras nerviosas para activar diferentes mecanismos analgésicos en el cuerpo. La evidencia de los estudios de estimulación axonal in vitro sugiere que la excitabilidad varía según las características de una corriente eléctrica aplicada externamente. Los diferentes tipos de TENS intentan describir las características más eficaces de la corriente para activar los mecanismos analgésicos endógenos y han sido ampliamente aceptados en la profesión sanitaria.

Según los parámetros que se seleccionen para el acto terapéutico, irá relacionado a una modalidad de TENS diferente (33) (48) (65).

### 6.2.8.1 Mecanismos fisiológicos periféricos

Tradicionalmente, respecto al tipo de aferencias que son estimuladas por una aplicación de TENS, la interpretación más extendida apuntaba a que el TENS produciría su efecto analgésico por la activación de las fibras nerviosas aferentes cutáneas superficiales en el emplazamiento de la aplicación.

Sin embargo, en un estudio de 2005 empleando anestésicos locales para bloquear selectivamente diferentes fibras aferentes, se comprobó el papel fundamental de las aferencias de los tejidos profundos en la analgesia producida por el TENS (88). Otro aspecto ampliamente difundido sobre los mecanismos fisiológicos del TENS apuntaba a que existe una especificidad en cuanto a la activación de distintos tipos de fibras aferentes según la modalidad TENS empleada. De este modo, el TENS de alta frecuencia activaría selectivamente las fibras aferentes de mayor diámetro Ab, mientras que el TENS de baja frecuencia, aplicado a intensidades por encima del umbral motor, activaría selectivamente las fibras A1.

No obstante, mediante la evaluación de potenciales de acción en la médula espinal se ha demostrado que solo las fibras aferentes primarias de gran diámetro Ab, situadas en los tejidos profundos, se activan al aplicar TENS, tanto de alta como de baja frecuencia, con las intensidades empleadas en la práctica clínica (91).

A nivel periférico, en un principio se sugirió que el TENS, particularmente el de alta frecuencia, podría producir su efecto analgésico al fatigar o incluso interrumpir la conducción nerviosa de las fibras aferentes A1 procedentes de la zona del dolor (92). Recientemente, en un estudio con sujetos sanos a los que se les aplicó TENS sobre el dorso del antebrazo, se constató

una disminución de la amplitud de los potenciales evocados, así como de los umbrales de percepción provocados por la excitación de la gran mayoría de las fibras Ab del nervio radial.

Los autores afirman que esta disminución es debida a la colisión antidrómica de los potenciales de acción producidos por el TENS en las fibras Ab, que bloquean las aferencias procedentes del dorso de la mano (93). No obstante, con la aplicación de TENS se consigue una duración del efecto analgésico posterior a su aplicación estimado entre 8 y 24 h, señalando hacia mecanismos de acción distintos al simple bloqueo sensorial periférico (91).

En un estudio de 2005, King et al comprobaron en ratas que tanto el TENS de alta frecuencia, como el de baja frecuencia, veían disminuido su efecto analgésico en aquellos animales manipulados genéticamente a los que les faltaba el receptor adrenérgico  $\alpha_2A$ . Además, en los ratones control, la administración de un antagonista del receptor adrenérgico  $\alpha_2A$  revertía el efecto analgésico del TENS si era administrado periféricamente interarticularmente, no produciéndose este efecto al ser administrado de forma intratecal o supraespinal (94).

Los receptores opioides periféricos desempeñan un papel importante en la analgesia producida por el TENS de baja frecuencia. Sabino et al demostraron, en un estudio en ratas, que los receptores opioides situados periféricamente en el lugar de la aplicación, mediaban en el efecto analgésico producido por el TENS de baja frecuencia, no siendo así en el de alta frecuencia (95).

Por otro lado, se cree que la adenosina puede estar implicada en el mecanismo de acción del TENS, ya que en un estudio en humanos se demostró que la administración de cafeína (que bloquea a los receptores de adenosina) en una cantidad de 200 mg, previamente a la aplicación del TENS, reducía significativamente la analgesia, al compararse con un placebo (96). Sin

embargo, con una dosis más reducida de cafeína (100 mg, cantidad equivalente a una taza de café) no se producen diferencias significativas detectables sobre los efectos del TENS al compararse con el café descafeinado (97).

En cuanto a la proporción entre los mecanismos fisiológicos centrales y los periféricos en el efecto del TENS, esta no ha quedado determinada, y debe ser objeto de futuras investigaciones (93).

#### 6.2.8.2 Mecanismos fisiológicos espinales

A nivel medular se ha constatado que los efectos del TENS están asociados a la activación de receptores, al menos, de cuatro tipos: opioides, serotoninérgicos, colinérgicos y GABAérgicos (98) (99) (100).

La activación de distintos receptores opioides está asociada a la aplicación de TENS a distintas frecuencias. De este modo, según la estimulación se produzca mediante TENS de alta o de baja frecuencia, se activarán receptores opioides distintos. En un estudio de 1991, Han et al analizaron el fluido cerebroespinal de la zona lumbar en pacientes tras un tratamiento tanto con TENS de alta frecuencia, como de baja frecuencia (101). Concretamente, al aplicar TENS de baja frecuencia se produjo un aumento en la concentración de metionina-enkefalina, un agonista de los receptores opioides  $\mu$ ; mientras que en el caso del TENS de alta frecuencia, se encontró aumentada la concentración de dinorfina A, agonista de los receptores  $\kappa$ .

Posteriormente, en 1999 Sluka et al, investigaron el papel de los distintos receptores opioides,  $\mu$ ,  $\delta$  y  $\kappa$  en el mecanismo de analgesia del TENS de alta y baja frecuencia (98). Usando

un modelo de inflamación en animales, mediante la inyección de caolín y carragenina en la cápsula articular de la rodilla en ratas, se midió el tiempo de respuesta de retirada del miembro ante un estímulo térmico. Mediante microdiálisis se les administró en la médula espinal antagonistas para cada tipo de receptor opioide: naloxona (m), naltrindol (l) o norbinaltorfimina (k).

Dosis bajas de naloxona, específicas de los receptores m, bloqueaban el efecto del TENS de baja frecuencia. Mientras que el bloqueo de los receptores opioides l previno el efecto del TENS de alta frecuencia. Por contra, el bloqueo de los receptores opioides k no produjo ningún efecto sobre la analgesia ni del TENS de alta, ni de baja frecuencia (98). Así, se pudo constatar que a nivel de la médula espinal el TENS de baja frecuencia produce su efecto mediado por los receptores opioides m, mientras que los receptores opioides l median en el efecto fisiológico del en un estudio en 2005 de Sluka et al, se examinó si existía liberación de glutamato y aspartato en el asta posterior de la médula como respuesta a dos tipos de estímulos TENS, baja frecuencia y alta frecuencia, aplicados en animales a los que se les provocó una inflamación articular y a otros animales sanos (102). Esta demostró que como consecuencia de una inflamación articular, hay un aumento fisiológico en los niveles de glutamato y aspartato. Al mismo tiempo, es sabido que los opioides disminuyen la secreción de glutamato y aspartato. El TENS de alta frecuencia, pero no el de baja frecuencia, redujo significativamente la liberación de glutamato y aspartato en los animales con inflamación articular, comparado con aquellos sin inflamación articular. La disminución de glutamato y aspartato por el TENS de alta frecuencia no se produjo si previamente se había suministrado naltrindol, antagonista del receptor opioide. De todo esto, se confirma que el TENS tiene en los receptores opioides uno de sus sustratos fisiológicos de actuación. En 2006 se llevó a cabo un estudio con el modelo de inflamación articular en ratas

para determinar si la serotonina y la noradrenalina intervenían en el mecanismo de actuación del TENS (103). En este estudio se comprobó que los niveles de serotonina en la asta posterior de la médula espinal aumentaban durante, e inmediatamente después, de una aplicación de TENS de baja frecuencia aplicado sobre la rodilla inflamada, no habiendo cambios si la aplicación era de alta frecuencia (103). Concordando con estos resultados, previamente se había comprobado que el bloqueo de los receptores serotoninérgicos 5-HT<sub>2</sub> y 5-HT<sub>3</sub> evitaba el efecto analgésico del TENS de baja frecuencia, pero no el de alta frecuencia (99). En el caso de los niveles de noradrenalina, no se han encontrado cambios en la asta posterior de la médula espinal asociados ni a la aplicación de TENS de alta frecuencia, ni a la de baja frecuencia (103); en este sentido también se ha comprobado que los receptores noradrenérgicos no ejercen ningún papel en el mecanismo de acción del TENS (104). Otro de los tipos de receptores a nivel medular que están implicados en el mecanismo de acción del TENS son los colinérgicos. Estos receptores se localizan en la asta posterior de la médula y pueden ser de dos tipos: muscarínicos y nicotínicos. En un estudio de 2003, Radhakrishnan et al, empleando el modelo de inflamación articular en ratas, comprobaron que el efecto producido tanto por el TENS de alta como el de baja frecuencia estaba relacionado en gran medida con los receptores colinérgicos muscarínicos, ya que al administrarse intratecalmente un antagonista de este tipo de receptores (atropina) se producía una disminución en los efectos de ambas modalidades del TENS; no siendo así en los receptores nicotínicos (99).

Recientemente, se ha comprobado la implicación del ácido gamma-aminobutírico (GABA) en la acción del TENS a nivel espinal. El GABA es el principal neurotransmisor inhibitorio cerebral, segregándose a nivel de la médula espinal por las células gabaérgicas; asimismo, hay neuronas gabaérgicas en regiones supraespinales. Otro neurotransmisor situado en

las interneuronas de la médula espinal es la glicina, que tiene una acción similar al GABA (105). Pues bien, Maeda et al, demostraron en un estudio con animales que el TENS de alta frecuencia incrementa las concentraciones de GABA en la médula espinal en ratas con y sin inflamación articular.

El aumento de GABA no se produjo si la aplicación era de TENS de baja frecuencia. Sin embargo, si se bloqueaban en la médula los receptores GABAA con un antagonista, la bicuculina, se producía una disminución del efecto tanto del TENS de baja como de alta frecuencia (106).

Más recientemente, Somers et al realizaron un estudio para determinar el efecto de tres modalidades de TENS (alta frecuencia, baja frecuencia y una combinación de ambas) en un modelo de dolor neuropático en fase crónica en ratas tras una constricción del nervio ciático. El tratamiento de TENS se aplicó contra lateralmente al nervio afectado y se valoró la concentración de neurotransmisores en la asta posterior de la médula.

El TENS de alta frecuencia produjo un aumento significativo de GABA bilateral en la asta posterior; la combinación de alta y baja frecuencia produjo un aumento de la concentración de aspartato, glutamato y glicina bilateralmente, no incrementándose la concentración de GABA; confirma la existencia de neurotransmisores diferentes involucrados en el efecto fisiológico de la aplicación de TENS a distintas frecuencias (107).

Finalmente, se ha constatado la relación del TENS con cambios en la concentración de sustancia P en la asta posterior de la médula espinal. La sustancia P endógena funciona como un neurotransmisor en las aferencias sensoriales primarias de la médula espinal. La sustancia P está relacionada con los mecanismos dolorosos, y se ha comprobado que si se inyectan antagonistas de la sustancia P en la médula espinal sobreviene una acción analgésica<sup>58</sup>. Así, en un estudio

de 2002 se comprobó, empleando un modelo de inflamación en animales, cómo el TENS de alta frecuencia reducía la sustancia P en los ganglios de las raíces dorsales y en la asta posterior medular (108).

### 6.2.8.3 Mecanismos fisiológicos supraespinales

Los primeros estudios señalando el posible efecto de la aplicación del TENS sobre estructuras supraespinales se remontan a los años ochenta, comprobándose un aumento de la concentración de b-endorfinas en el torrente sanguíneo y en el líquido cefalorraquídeo (109) (110). Posteriormente, se estudió el efecto del TENS sobre las vías inhibitorias descendentes, que incluyen el núcleo rafe magno, situado en la médula rostral ventral, y la sustancia gris periacueductal en el mesencéfalo. La sustancia gris periacueductal envía proyecciones a la médula rostral ventral que, a su vez, envía proyecciones a la médula espinal (111).

La estimulación de la sustancia gris periacueductal o de la médula rostral ventral produce inhibición de las neuronas de la asta posterior medular, estando comúnmente aceptado que los efectos inhibidores de los opioides se producen por la activación de estas dos zonas (111). Es por ello que se ha estudiado el efecto del TENS en los mecanismos fisiológicos de estas dos zonas. Así, Desantana y Sluka han demostrado, en un estudio en el que se bloqueó mediante clorhidrato de cobalto la sustancia gris periacueductal, que está también contribuye al mecanismo fisiológico del TENS (91).

Por otro lado, en un estudio sobre un modelo de inflamación articular en animales de 2001 en el que se emplearon microinyecciones en la médula rostral ventral de diversos

antagonistas de receptores opioides, se constató que los receptores opioides situados en la medula rostral ventral mediaban en el efecto del TENS; concretamente los receptores opioides  $\mu$  sobre el TENS de baja frecuencia, y los receptores opioides  $\delta$  sobre el TENS de alta frecuencia (100). Estos datos sugieren que a nivel supraespinal, al igual que sucede a nivel medular, diferentes receptores opioides son activados específicamente por frecuencias distintas de TENS (72).

#### 6.2.8.4 Mecanismos fisiológicos periféricos no analgésicos

Según algunos autores, el TENS potencialmente podría tener un efecto local sobre el riego sanguíneo y la resistencia vascular periférica (112) (113) (114). No obstante, parece claro que los efectos del TENS sobre la circulación estarían asociados a una intensidad suficiente para conseguir contracciones musculares importantes, y no a un efecto sobre los nervios simpáticos postganglionares o sobre el sistema vascular a nivel general (113) (115). Otra hipótesis respecto a los efectos del TENS sería que su aplicación pudiera inducir alteraciones en la conducción nerviosa (78) (116) (117). No obstante, los resultados no son consistentes ya que otros estudios no encontraron cambios significativos ni en las latencias ni en las amplitudes de las aferencias nerviosas (118) (119).

Respecto al efecto sobre la actividad muscular el TENS, también puede ser usado para estimulación neuromuscular con el objetivo de producir eléctricamente contracciones musculares, conociéndose con el acrónimo NMES (neuromuscular electrical stimulation) (120).

No obstante, de los estudios sobre el TENS también parece deducirse que la aplicación a intensidades que no superan el umbral motor, es decir solo estímulos sensitivos, podría condicionar la respuesta motora.

Los efectos de la estimulación somatosensorial aplicada de diversas formas sobre la excitabilidad neuromuscular y, por tanto, sobre la respuesta muscular, han sido objeto de estudio tanto en animales (121) como en humanos. Midiendo la actividad electromiográfica (EMG) y la fuerza mediante dinamometría antes y después de la aplicación de TENS se ha constado un efecto facilitador de la actividad muscular, concluyéndose que esta técnica puede influir positivamente en la actividad muscular de pacientes con déficits motores en accidentes cerebrovasculares y otros desórdenes neurológicos (119) (122) (123).

## 6.3 Factores que influyen en el mecanismo de acción del TENS

### 6.3.1 Tiempo de los efectos analgésicos

En cuanto a los tiempos de aplicación, no existe un consenso común en los estudios, quizás condicionado por la propia metodología de cada ensayo. Si se habla de una duración mayor del efecto en aplicaciones con frecuencias altas (85) pero, en cuanto a los tiempos, existen indicaciones de efectos analgésicos a partir de los 20 minutos (124) y otros a partir de los treinta minutos de la aplicación (125).

Tras la aplicación del dispositivo, algunos autores afirman que la analgesia se mantiene dieciocho horas (126), dos horas (127), mientras que otros estiman un tiempo entre ocho y veinticuatro horas (54). Se llega a hablar de una variabilidad dependiente de los síntomas y las expectativas de los pacientes.

### 6.3.2 Acomodación

Éste fenómeno ocurre en situaciones en las que se produce una disminución de la percepción del estímulo por parte del paciente, derivado de haber mantenido una intensidad constante a lo largo de tiempo durante la aplicación del TENS. Hay autores que hablan de un tiempo aproximado a los diez minutos, en el cual comienza a manifestarse (59).

Este proceso en el que se deja de percibir el estímulo que ofrece el dispositivo, puede ser originado por la adaptación fisiológica que se genera en el sistema nervioso secundario a un estímulo constante e invariable a nivel de los receptores cutáneos (62). A raíz de este razonamiento, los autores estiman que debe existir variabilidad en el estímulo que se aplica (en este caso la intensidad) para no facilitar la aparición del fenómeno de acomodación (85) (128) (129), y que a su vez ha sido la causa por la que algunos ensayos no tuvieron resultados favorecedores al no tener en cuenta este factor (84) (85) (130).

Por ello, es una de las razones por la que algunos autores recomiendan la variación de la intensidad tomando como referencia la percepción subjetiva del paciente (85). Otra solución es la de aplicar una frecuencia modulada (cambios de la frecuencia del estímulo eléctrico entre dos parámetros preestablecidos y un intervalo de tiempo determinado), o de tipo alternante (se

alternan dos frecuencias entre ellas, alternando el estímulo a una frecuencia y posteriormente a otra 138,180

### 6.3.3 Tolerancia

Dado el uso habitual del TENS en patologías que llevan asociado dolor crónico y, como hemos mencionado con anterioridad, la acción analgésica derivada del TENS presenta una relación directa con la generación de opioides (56) (63) (88) (99) (130) se ha estudiado si genera tolerancia el uso repetido y mantenido del TENS, en relación con los propios opioides, los cuales pierden eficacia. Además, también relacionado con la aparición de una tolerancia cruzada (la tolerancia de uno disminuye la eficacia de otro que se administre de manera combinada), combinándose la administración de opioides y TENS (131).

En el caso de la administración de TENS de manera independiente, y muy para tener en cuenta en la práctica clínica diaria, se demostró que aparecía el fenómeno de la tolerancia en aplicaciones con similares parámetros a partir del cuarto día de terapia (132).

Respecto a posibles diferencias en los efectos de TENS entre sexos, aunque existen diferencias en cuanto a los umbrales y la tolerancia al dolor entre hombres y mujeres, no se han encontrado diferencias en cuanto al grado de respuesta a la aplicación de TENS (133). En una revisión sistemática con meta-análisis realizado hace 4 años, se objetivó que dependía más de la masculinidad del individuo que en el sexo en sí, demostrando una mayor tolerancia y un mayor umbral al dolor cuando se declaraban más masculinos (134).

En cuanto a la edad de los pacientes, se han descrito tratamientos con TENS a partir de los cuatro años (135), no encontrándose en la edad adulta diferencias en el grado de efectividad de TENS entre los distintos grupos de edades (58).

Finalmente, en un estudio sobre TENS en dolor experimental en sujetos sanos, se compararon los umbrales y el nivel de dolor entre dos grupos étnicos, un grupo de asiáticos y un grupo de caucásicos. Al encontrarse diferencias significativas entre los dos grupos los autores concluyeron que los factores etnoculturales podrían influir en la respuesta a la terapia TENS, y que por tanto deberían ser tenidos en cuenta a la hora de la distribución de sujetos entre los distintos grupos en los ensayos clínicos sobre TENS (136).

En cuanto a edad, no se han encontrado diferencias en cuanto al grado de respuesta a la aplicación de TENS (58), aunque sí entre grupos étnicos diferentes, aunque esto puede deberse a factores etnoculturales que podrían influir en la respuesta a la terapia TENS y que deberían de tenerse en cuenta (136).

## 7. OBJETIVOS

### General

Comprobar la eficacia de las corrientes TENS y los estiramientos del tibial anterior a pacientes deportistas con periostitis tibial para el alivio del dolor.

### Específicos

- Determinar la prevalencia de pacientes con periostitis tibial de acuerdo con el deporte practicado.
- Conocer la influencia de los años de practica en el deporte con la lesión
- Determinar el rango de edad más específico pacientes con periostitis tibial.
- Determinar el sexo mas prevalente en deportistas con periostitis tibial.
- Conocer si las TENS y los estiramientos del tibial anterior reducen o eliminan las sintomatologías secundarias de la periostitis tibial.

## 8. HIPÓTESIS

Hi: Hay evidencias de que la aplicación de estimulación eléctrica transcutánea y los estiramientos del tibial anterior como tratamiento fisioterapéutico aporta una disminución significativa del dolor en deportistas de alto impacto con periostitis tibial.

Ho: No hay evidencias de que la aplicación de estimulación eléctrica transcutánea y los estiramientos del tibial anterior como tratamiento fisioterapéutico aporte una disminución significativa del dolor en deportistas de alto impacto con periostitis tibial.

## 9. METODOLOGÍA

### 9.1 Tipo de estudio

Se trata de un estudio longitudinal, clínico y prospectivo.

#### Longitudinal

Implican la recolección de datos en varios cortes de tiempo comprendido entre Junio – Septiembre de 2024.

#### Clínico

Se realiza una intervención a determinada patología y se observan los resultados de los efectos de la intervención.

### 9.2 Población

La población comprendida en el lapso entre el mes de Junio a Septiembre de 2024, fue de 55 pacientes en el DIF de Tuxtla Gutiérrez Chiapas.

### 9.3 Muestra

En este estudio de investigación se tomó un total de 32 pacientes con Periostitis tibial.

## 9.4 Criterios de inclusión

Pacientes con Periostitis tibial por médicos especialistas sin importar el sexo.

Pacientes en un rango de edad de 21 a 35 años.

## 9.5 Criterios de exclusión

Pacientes que no acuden con regularidad a terapia física.

Pacientes sin el diagnóstico previo del médico especialista comprobado con estudio de gabinete.

Pacientes que no sean exclusivamente con Periostitis tibial.

## 9.6 Recolección de datos

Técnica:

Se identificarán y segmentaran a los pacientes con diagnóstico de Periostitis Tibial que acudieron al servicio del DIF en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; en el periodo de tiempo ya establecido. En el expediente clínico de los deportistas se obtendrá información clínica y se captará en una hoja de recolección de datos para posterior realización e interpretación estadística correspondiente de las variables de estudio implementadas.

Procedimiento:

Se realizará un análisis del historial documentado en el expediente clínico de los pacientes deportistas que fueron diagnosticados con periostitis tibial, cumpliendo los requisitos de

inclusión/exclusión establecidos. A través de la hoja de datos, se priorizará la obtención de la edad, el sexo, el deporte practicado, y el nivel de dolor presentado en los deportistas en su ingreso.

Para evaluar el progreso del tratamiento por medio de corrientes TENS en los pacientes, será a través de:

- Escala Visual Análoga (EVA), siendo la variable principal para la valoración global del dolor percibido por los deportistas que mejor definan la sensación de dolor periódicamente, durante el tratamiento, permitiendo evaluar y analizar el progreso en la minoración del dolor por el tratamiento fisioterapéutico implementado.
- Realización de cuestionarios (Si/No) para conocer el estado de la extremidad afectada al término de cada bloque conformado por una serie de sesiones, esto ayudara a saber si padecen de cansancio, entumecimiento e inestabilidad en sus articulaciones adyacentes durante el tratamiento.

Tratamiento de los pacientes:

- se realizará una serie de ejercicios durante las 16 sesiones programadas durante Junio - Septiembre, mediante el uso de TENS y estiramientos del tibial anterior.

## 9.7 Dosificación de TENS

-Tratamiento en pacientes con TENS burst 70hz, 50 us por 20 minutos.

## 9.8 Variables

Variable dependiente: Periostitis tibial

Definición conceptual: La definición más extendida y aceptada es la dada por Yates y White: “dolor provocado por el ejercicio en la región posteromedial de la tibia” además de “dolor a la palpación de la tibia por su borde posteromedial en al menos 5 centímetros” (4) (12).

Definición operacional. Se obtendrá información a través del trabajo de campo en una hoja de recolección de datos.

Variable independiente: Corrientes TENS

Definición conceptual; Consiste en la aplicación de una corriente eléctrica para el control del dolor en cualquiera de sus modalidades, sea de origen agudo, crónico, visceral, cutáneo, irradiado o localizado

Definición operacional. Se obtendrá información a través del trabajo de campo en una hoja de recolección de datos.

## Descripción de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición textual	Tipo de variable
Corrientes TENS	Consiste en la aplicación de una corriente eléctrica para el control del dolor en cualquiera de sus modalidades, sea de origen agudo, crónico, visceral, cutáneo, irradiado o localizado	Se obtendrá información a través del trabajo de campo en una hoja de recolección de datos	Independiente Cualitativo nominal
Periostitis tibial	La definición más extendida y aceptada es la dada por Yates y White: “dolor provocado por el ejercicio en la región posteromedial de la tibia” además de	La variable será analizada mediante la obtención de datos a través de la hoja de evolución del expediente clínico del paciente.	Cualitativo ordinal.

	“dolor a la palpación de la tibia por su borde posteromedial en al menos 5 centímetros”		
Sexo	Condición orgánica que define a la persona en hombre o mujer	Hombre Mujer	Cualitativa ordinal
Edad	Tiempo transcurrido en años desde su nacimiento. Pacientes de 30 a 80 años.	La que refiere el paciente se expresa en números enteros.	Cuantitativa discreta.
Ocupación	La ocupación de una persona hace referencia a lo que ella se dedica; a su trabajo, empleo, actividad o profesión.	Indistinta	Cualitativa ordinal
Dolor	Escala Visual	Se pide al paciente	Cuantitativo

	<p>Analógica (EVA)</p> <p>Permite medir la intensidad del dolor que describe el paciente con la máxima reproducibilidad entre los observadores.</p> <p>Consiste en una línea horizontal de 10 centímetros, en cuyos extremos se encuentran las expresiones extremas de un síntoma.</p>	<p>que marque en la línea el punto que indique la intensidad y se mide con una regla milimétrica. La intensidad se expresa en centímetros o milímetros.</p> <p>La valoración será:</p> <p>1 Dolor leve si el paciente puntúa el dolor como menor de 3.</p> <p>2 Dolor moderado si la valoración se sitúa entre 4 y 7.</p> <p>3 Dolor severo si la valoración es igual o superior a 8.</p>	<p>ordinal.</p>
<p>Parestesias</p>	<p>Sensación o conjunto de sensaciones anormales, y especialmente hormigueo, adormecimiento o ardor que</p>	<p>Test de propiocepción estática, el paciente realiza una bipedestación monopodal y se le indica que realice pequeños saltos</p>	<p>Cuantitativa discreta</p>

experimentan en la piel ciertos enfermos del sistema nervioso o circulatorio. sobre su propio eje. Test de propiocepción activa, el paciente realiza una bipedestación monopodal, realiza saltos longitudinales en un cuadro de 3 por 3 sin salir del margen; de acuerdo con ello se califican los resultados dando signos de inestabilidad propioceptiva.

**Inflamación**

La inflamación es una respuesta de los organismos a diferentes agresiones endógenas o exógenas. Tanto la respuesta inmune innata como la adquirida intervienen en este proceso que tiene numerosos efectos locales y sistémicos. Se mide mediante el uso de cinta métrica alrededor de cada articulación y comparar con la articulación contralateral. Cuantitativa discreta

	<p>Según el tiempo de evolución puede ser aguda o crónica, aunque a veces los patrones convencionales no pueden detectar un suceso previo.</p> <p>Se caracteriza por cinco signos clínicos: rubor, calor, dolor, tumor e impotencia funcional. Estas manifestaciones cardinales son causadas por la</p>		
	<p>acumulación de leucocitos, proteínas plasmáticas y derivados de la sangre hacia sitios de los tejidos extravasculares donde existe una infección o lesión, provocada o no por agentes patógenos.</p> <p>(56)</p>		

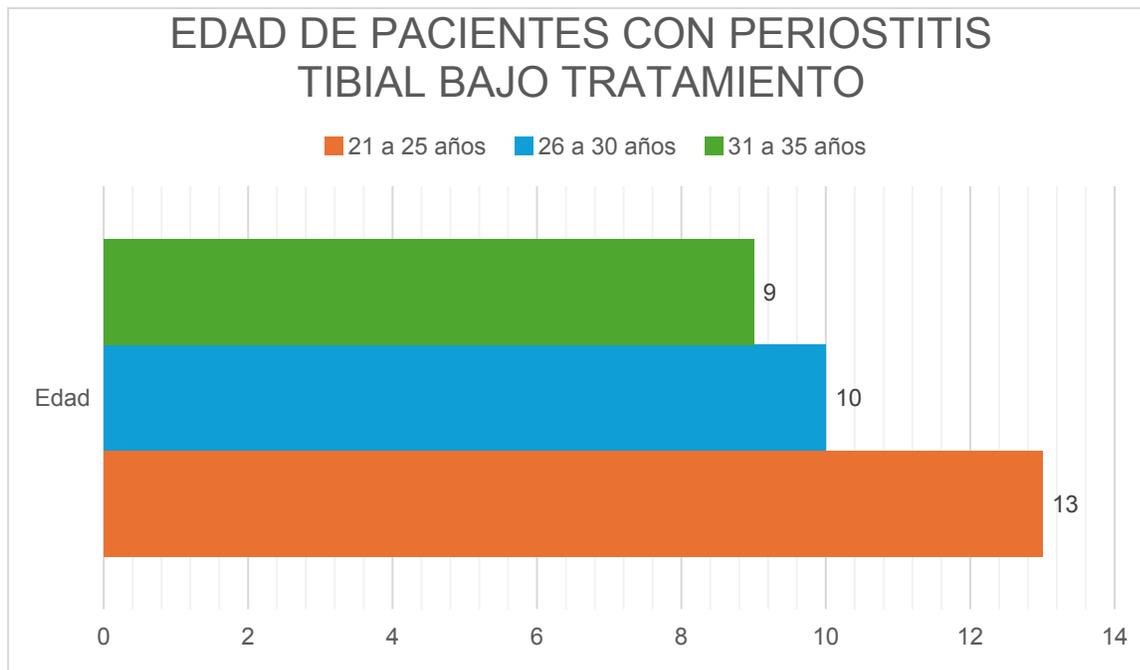
<p>Propiocepción dinámica y estática</p>	<p>Es la fuente sensorial que mejor proporciona la información necesaria para optimizar el control motor y neuromuscular y mejorar la estabilidad articular funcional (57).</p>	<p>Test de propiocepción estática, el paciente realiza una bipedestación monopodal y se le indica que realice pequeños saltos sobre su propio eje.</p> <p>Test de propiocepción activa, el paciente realiza una bipedestación monopodal, realiza saltos longitudinales en un cuadro de 3 por 3 sin salir del margen; de acuerdo con ello se califican los resultados dando signos de inestabilidad propioceptiva</p>	<p>Cuantitativa discreta</p>

## 10. ANÁLISIS Y RESULTADOS

**Tabla 1.** Edad prevalente en deportistas con periostitis tibial

No. Paciente	Edad	No. Paciente	Edad	No. Paciente	Edad
1	26 años	13	30 años	25	33 años
2	23 años	14	24 años	26	26 años
3	25 años	15	27 años	27	31 años
4	31 años	16	24 años	28	23 años
5	28 años	17	35 años	29	29 años
6	23 años	18	32 años	30	34 años
7	29 años	19	22 años	31	27 años
8	20 años	20	25 años	32	22 años
9	25 años	21	32 años		
10	27 años	22	34 años		
11	21 años	23	21 años		
12	34 años	24	26 años		

Nota. Datos tomados en el DIF de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (2024)

**Gráfico 1. Prevalencia de periostitis tibial en deportistas de acuerdo con sus edades**

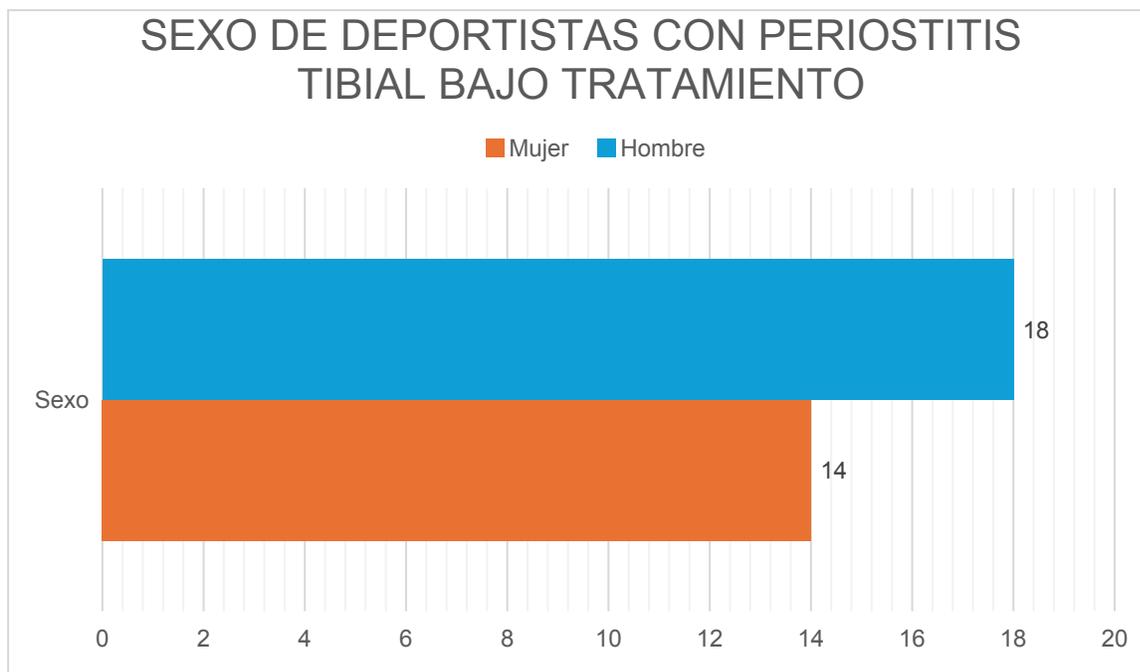
Entre los 55 deportistas diagnosticados con periostitis tibial, solo 32 estuvieron recibiendo tratamiento, los cuales se encontraban dentro de un rango general de edad de 21 a 35 años. Entre los cuales, en su mayoría, el 40% de los deportistas se encuentran en un rango de edad de 21 a 25 años; el 31% de deportistas se encuentran dentro de un rango medio de 26 a 30 años; además, el 28% de deportistas se encuentran entre los 27 a 30 años de edad; siendo los deportistas de entre 23 a 27 años (de acuerdo con los datos de la tabla. 1), durante este estudio, los que fueron más propensos en sufrir periostitis tibial inducido por el ejercicio físico de alto impacto.

**Tabla 2.** Sexo prevalente en deportistas con periostitis tibial

No. Paciente	Sexo	No. Paciente	Sexo	No. Paciente	Sexo
1	M	13	H	25	H
2	M	14	H	26	M
3	H	15	H	27	M
4	M	16	M	28	H
5	H	17	H	29	H
6	M	18	M	30	H
7	M	19	H	31	H
8	M	20	M	32	H
9	H	21	M		
10	M	22	H		
11	H	23	M		
12	H	24	H		

Nota. Datos tomados en el DIF de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (2024)

**Gráfico 2. Prevalencia de periostitis tibial en deportistas de acuerdo con su edad**



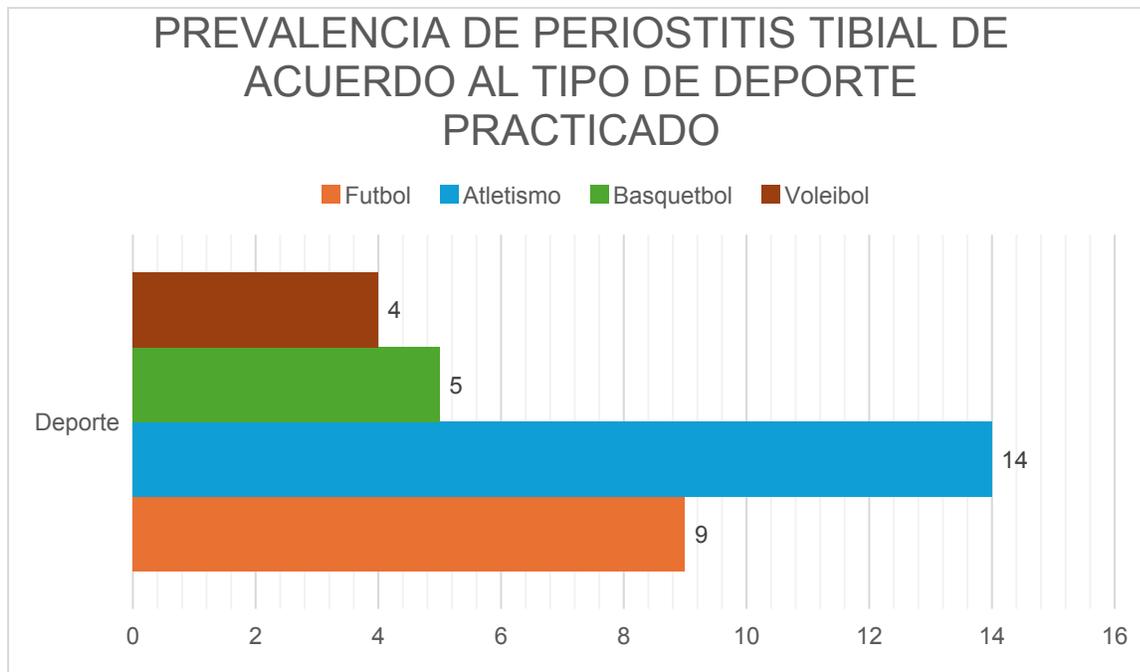
Entre los deportistas de alto impacto en el DIF de Tuxtla, Gutiérrez; donde se recolectó una muestra de 32 deportistas, de acuerdo con los datos obtenidos, el 56% de los deportistas diagnosticados con periostitis tibial corresponden al sexo masculino, mientras que el 44% restante de los deportistas corresponde al sexo femenino, siendo más propenso la presencia de periostitis tibial en hombres que en las mujeres que practican deportes con frecuencia.

**Tabla 3.** Deporte practicado por los pacientes con periostitis tibial

Deporte	Futbol	Atletismo	Basquetbol	Voleibol
No. De Deportistas	9	14	5	4

Nota. Elaboración propia. Datos tomados en el DIF de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (2024).

**Gráfico 3.** Deporte practicado por deportistas de alto impacto



Dentro de la investigación, se analizó durante el periodo Junio – Septiembre de 2024, el nivel de prevalencia en el deporte más propenso a generar la presencia de periostitis tibial en deportistas de alto impacto, donde los datos obtenidos arrojaron que los deportistas que fueron más propensos en padecer de periostitis tibial fueron aquellos que practican atletismo con un 44% por ciento de la muestra, seguido de un 28% de deportistas que practican futbol, 15% que son basquetbolistas, y un 13% con el voleibol.

**Tabla 4. Periodo que llevan practicando los deportistas de alto impacto**

	Muy poco	Poco	Mucho	Bastante
Duración	3 - 6 meses	7 meses - 1 año	2 a 6 años	7 años a 10 años
No, de deportistas	9	7	5	11

Fuente: Elaboración propia. Datos tomados en el DIF de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (2024)

**Gráfico 4. Periodo de practica en los deportistas de alto impacto**



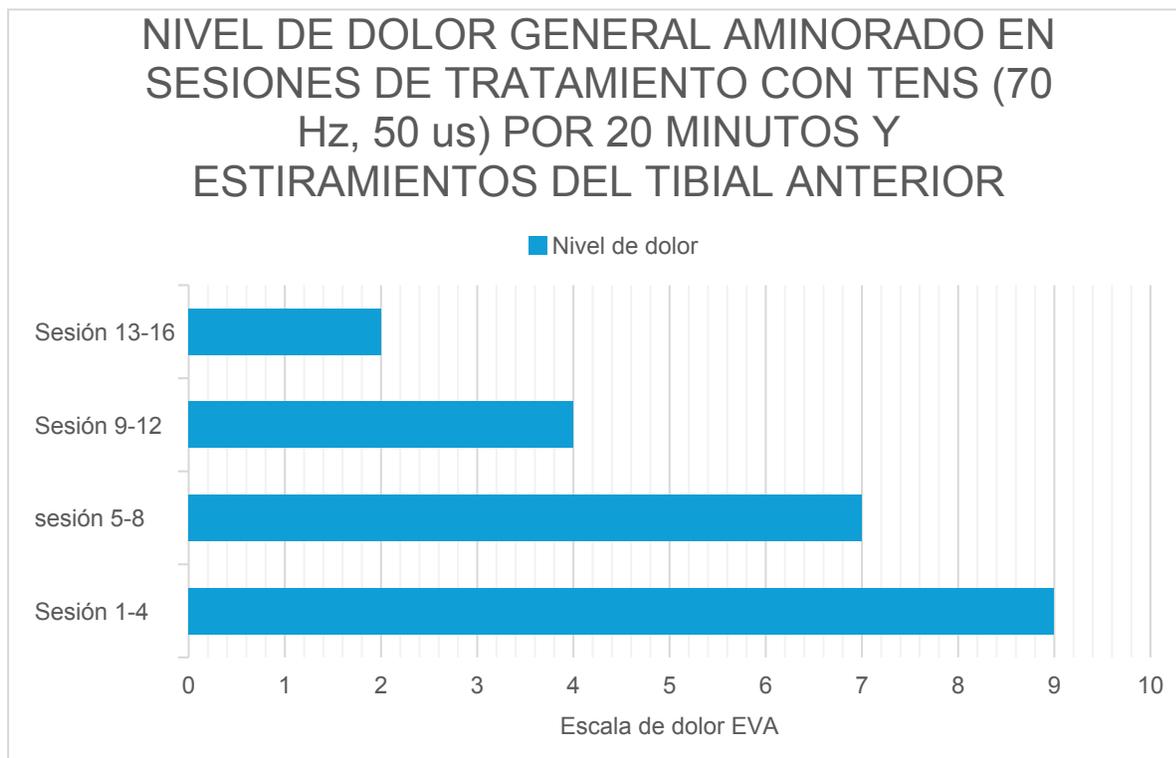
Los deportistas de alto impacto tratados en el DIF de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; que presentaron periostitis tibial tenían entre 3 a 10 años en adelante practicando su respectivo deporte. La prevalencia de presentar periostitis tibial durante 3 a 6 meses de practica equivale a un 28% de

probabilidad de acuerdo con la muestra. Un 22% de probabilidad que se presente durante los 7 a un año de practica; 16% en un periodo de 2 a 6 años y, un 34% que se presente de 7 a más de 10 años de practica con deportistas de alto impacto. Los deportistas con poca práctica tienden a presentar periostitis debido a la falta de experiencia en técnica durante el entrenamiento, siendo uno de los generadores de la periostitis tibial, pero si exceptuar a los de mayor experiencia debido a la sobre carga de la tibia.

**Tabla 5.** Nivel de dolor en los pacientes bajo tratamiento con periostitis tibial

No. Semanas	Sesión 1-4	Sesión 5-8	Sesión 9-12	Sesión 13-16
Aminoración de dolor (Escala EVA)	9	7	4	2-1

Fuente: Elaboración propia. Datos tomados en el DIF de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (2024)

**Gráfico 5. Progreso en deportistas con periostitis tibial de acuerdo con su nivel de dolor**

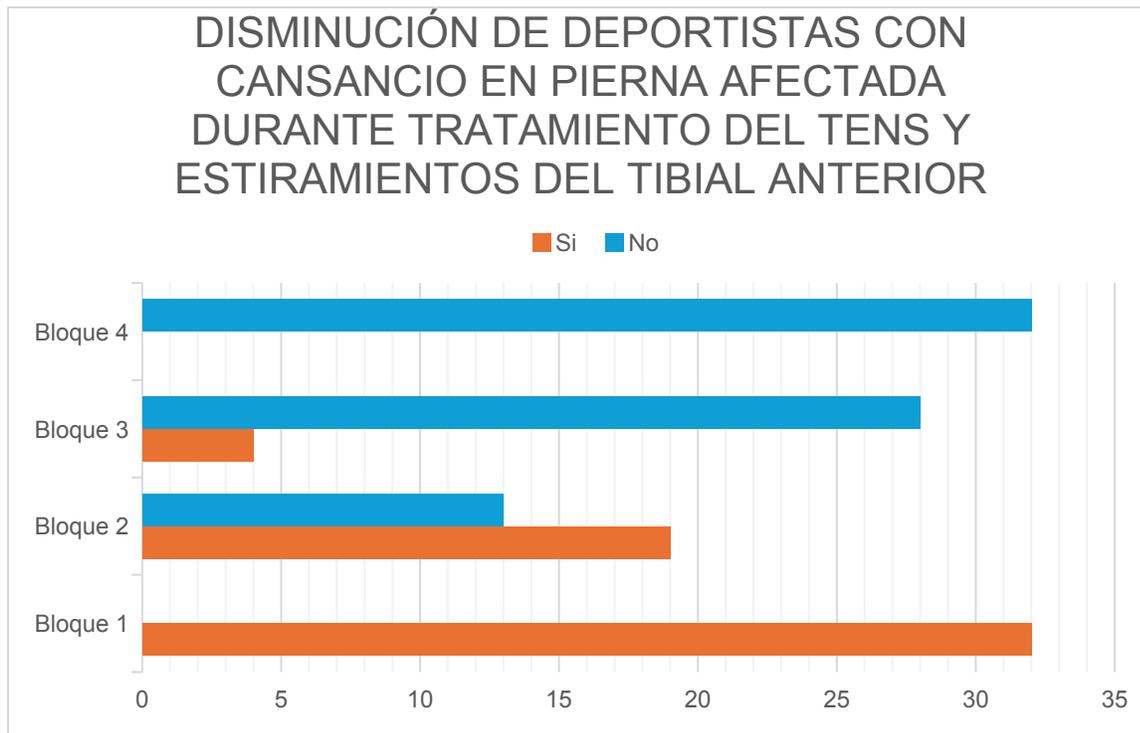
Durante el proceso de tratamiento con TENS y estiramientos del tibial anterior, se analizó la disminución de dolor en la pierna, durante el periodo Junio - Septiembre, con 16 sesiones. En la primer sesión los deportistas presentaron dolor y molestia severa con un dolor de 9, impidiendo la realización de actividades sencillas; durante las sesiones cinco a ocho se presentó un avance poco tolerable con un nivel de dolor de 7 a 6 en el 41% (13 pacientes) y un nivel de 5 en el 59% (19 pacientes), aunque siendo difícil de soportar; para mediados del tratamiento, durante la sesión nueve a doce el dolor se volvió menos intenso generando una reducción de dolor a 4, siendo más tolerante el dolor presentado durante los ejercicios de rehabilitación en el 75% (24 pacientes) y de 3 en el 25% (8 pacientes), mientras que en la última sesión el dolor promedio fue de 1, en el 88% (28 pacientes) sin percepción de dolor, listos para integrarse con normalidad a sus actividades deportivas en el fútbol; y 12% (4) con dolor apenas perceptible en pocas ocasiones.

Tabla 6. Resultados de cansancio presente en la pierna afectada durante el tratamiento con TENS convencional y los estiramientos del tibial anterior

No. paciente	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
	Sesión 1 -4	Sesión 5-8	Sesión 9-12	Sesión 13-16
1	Si	Si	No	No
2	Si	No	No	No
3	Si	Si	No	No
4	Si	No	Si	No
5	Si	No	No	No
6	Si	Si	No	No
7	Si	Si	No	No
8	Si	Si	No	No
9	Si	No	No	No
10	Si	Si	No	No
11	Si	No	No	No
12	Si	No	No	No
13	Si	No	No	No
14	Si	No	No	No
15	Si	Si	No	No
16	Si	Si	No	No
17	Si	No	Si	No
18	Si	No	No	No
19	Si	Si	No	No
20	Si	No	Si	No
21	Si	Si	No	No
22	Si	Si	No	No
23	Si	Si	No	No
24	Si	Si	No	No
25	Si	No	No	No
26	Si	Si	Si	No
27	Si	Si	No	No
28	Si	Si	No	No
29	Si	No	No	No
30	Si	Si	No	No
31	Si	Si	No	No
32	Si		No	No

Fuente: Elaboración propia. Datos tomados en el DIF de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (2024)

**Gráfico 6. Cansancio presente en la pierna afectada**

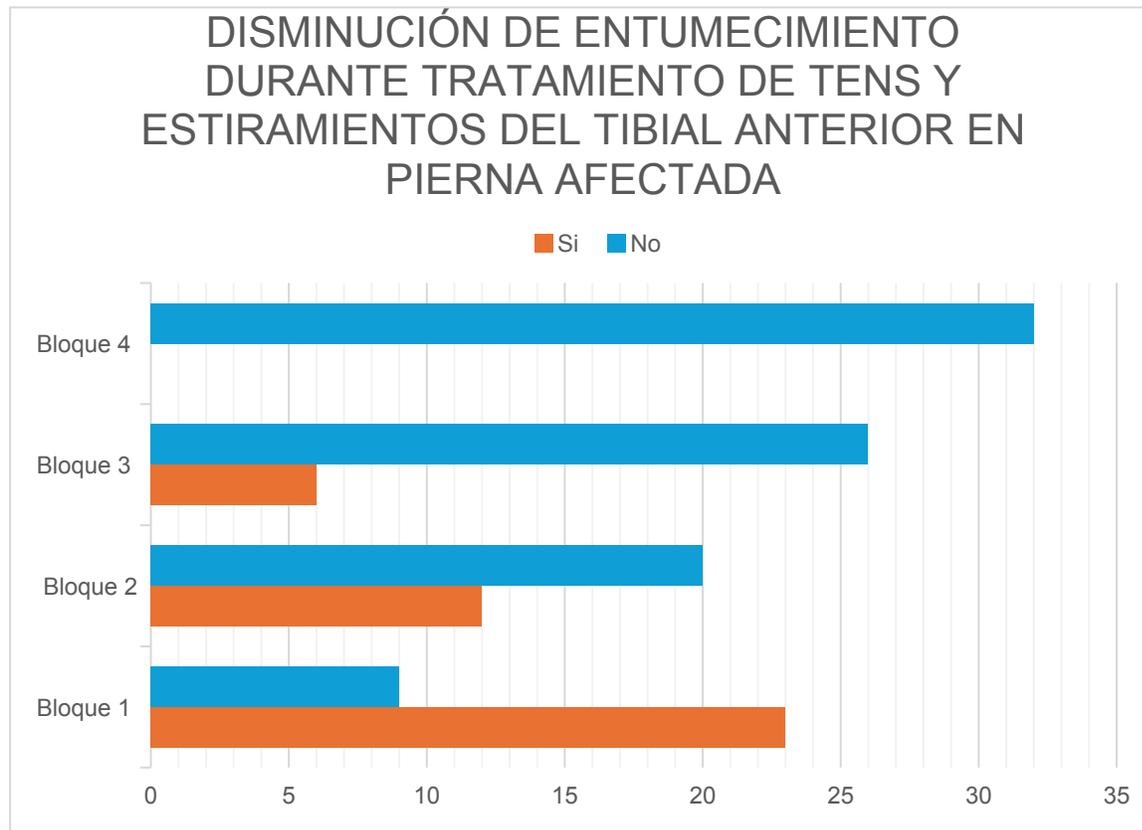


Al termino cada sesión se le pregunto a cada uno de los pacientes si después de efectuar los ejercicios padecían de cansancio en la pierna afectada por la periostitis tibial. Por ello, durante las primeras sesiones del primer bloque, los 32 pacientes presentaron cansancio al término del tratamiento, Para el segundo bloque, los deportistas que presentaban cansancio disminuyeron a un 59% (19 pacientes) y los que dejaron de sentir cansancio en la pierna afectada aumento a un 41% (13 pacientes). Después del tercer bloque, el porcentaje en pacientes que ya no padecían de cansancio era del 87.5% (28 pacientes) y un 12.5% (4 pacientes) si padecían; al finalizar el tratamiento con el tratamiento con TENS burst 70 hz., 50 us por 20 minutos (blque 6) completo ninguno de los pacientes afirmo sentir cansancio.

Tabla 7. Entumecimiento en articulaciones móviles de la pierna afectada

No. paciente	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
	Sesión 1 -4	Sesión 5-8	Sesión 9-12	Sesión 13-16
1	No	No	No	No
2	Si	No	No	No
3	No	No	No	No
4	Si	No	No	No
5	Si	Si	No	No
6	Si	Si	Si	No
7	Si	No	No	No
8	No	No	No	No
9	Si	Si	Si	No
10	Si	Si	Si	No
11	No	No	No	No
12	Si	No	No	No
13	Si	No	No	No
14	Si	Si	No	No
15	Si	Si	No	No
16	No	No	No	No
17	No	No	No	No
18	Si	No	No	No
19	Si	No	No	No
20	Si	Si	No	No
21	Si	Si	No	No
22	Si	No	No	No
23	Si	Si	Si	No
24	Si	Si	Si	No
25	Si	Si	Si	No
26	Si	Si	Si	No
27	No	No	No	No
28	Si	No	No	No
29	Si	No	No	No
30	Si	Si	Si	No
31	Si	Si	No	No
32	Si	No	No	No

Fuente: Elaboración propia. Datos tomados en el DIF de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (2024)

**Gráfico 7. Entumecimiento presente en articulaciones de la pierna afectada**

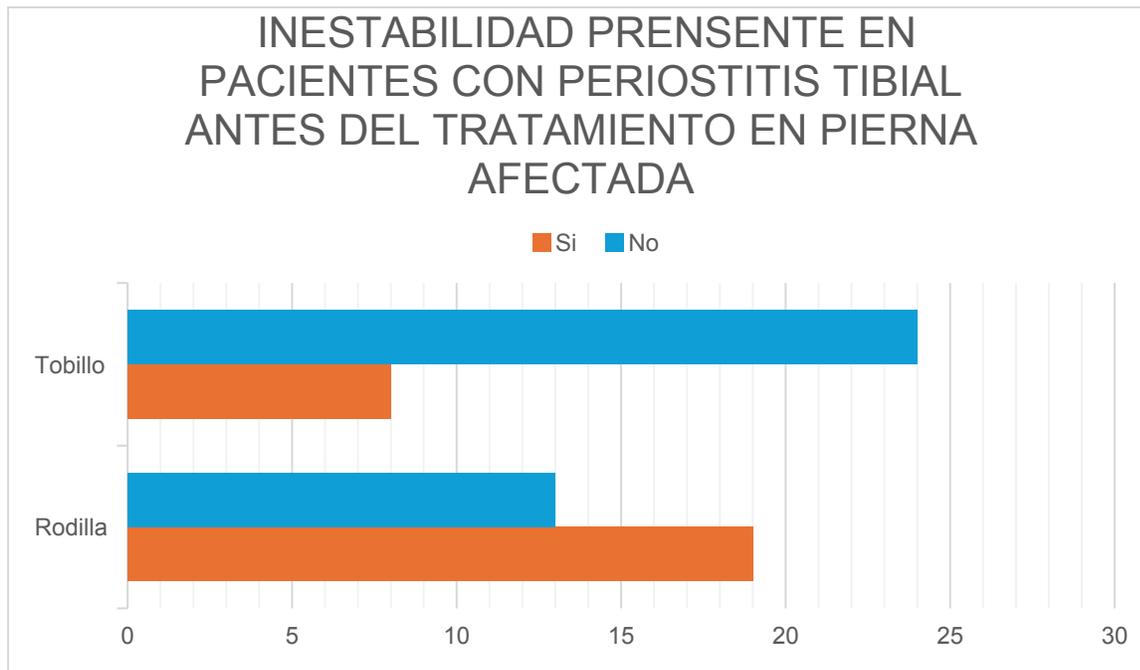
En el caso de los pacientes que presentaron entumecimiento en las articulaciones de la pierna afectada, al término del primer bloque el 72% (23pacientes) afirmo sentir entumecimiento en sus articulaciones, mientras que el %28 (9 pacientes) no lo padecen. Para el segundo bloque, los deportistas que presentaban entumecimiento disminuyeron a un 37.5% (12 pacientes) y los que dejaron de sentir entumecimiento en la pierna afectada aumento a un 62.5% (20 pacientes). Después del tercer bloque, el porcentaje en pacientes que ya no padecían de cansancio era del 87.5% (6 pacientes) y un 12.5% (2 pacientes) a un persistía; al finalizar el tratamiento completo ninguno de los pacientes afirmo sentir entumecimiento en sus articulaciones.

Tabla 8. Inestabilidad en articulaciones de la pierna afectada antes y después del tratamiento

Inestabilidad No, paciente	Rodilla				Tobillo			
	Antes		después		Antes		Después	
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1		X		X	X			X
2	X			X		X		X
3		X		X	X			X
4		X		X		X		X
5	X			X		X		X
6		X		X		X		X
7	X			X		X		X
8		X		X		X		X
9	X			X	X			X
10	X			X		X		X
11		X		X		X		X
12	X			X		X		X
13	X			X		X		X
14	X			X		X		X
15	X			X		X		X
16		X		X	X			X
17		X		X		X		X
18	X			X		X		X
19		X		X		X		X
20		X		X	X			X
21	X			X		X		X
22	X			X		X		X
23	X			X		X		X
24	X			X		X		X
25	X			X		X		X
26	X			X		X		X
27		X		X	X			X
28	X			X		X		X
29		X		X	X			X
30	X			X		X		X
31		X		X	X			X
32	X			X		X		X
Total	19	13		32	8	24		32

Fuente: Elaboración propia. Datos tomados en el DIF de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (2024)

Gráfico 8. Inestabilidad en articulaciones de la pierna afectada en deportistas con periostitis tibial



Antes de iniciar el tratamiento se evaluó a los deportistas con periostitis tibial para conocer la presencia de inestabilidad en las articulaciones de rodilla y tobillo, en el caso de la articulación en rodilla el 59% (19 pacientes) afirmó que presentaba inestabilidad, mientras que el 41% (13 pacientes) negó sentir inestabilidad; al término del tratamiento, durante el periodo Junio – Septiembre, los deportistas que padecían inestabilidad en rodilla negaron que persistiera dicho padecimiento. En el caso del tobillo, los deportistas que padecían entumecimiento en esta articulación del 25% (8 pacientes), mientras que el 75% (24 pacientes) no padecieron de inestabilidad; y al término del tratamiento en ninguno de los pacientes persistió. Siendo el 16% (5 pacientes) de los pacientes no presento inestabilidad en las articulaciones de la pierna afectada. Cabe destacar que al finalizar el tratamiento con TENS burst (70 hz, 50 us por 20 minutos) y estiramientos del tibial anterior en pierna afectada solo un paciente continuaba presentando inestabilidad como se presentaba en la tabla 8.

## 11. CONCLUSIONES

La información recolectada a través de la presente investigación muestra que al aplicar las corrientes TENS y estiramientos del tibial anterior a pacientes con síndrome de estrés tibial reducen el dolor característico de esta lesión.

En base al censo elaborado se puede notar que el atletismo es el deporte con mayor número de casos de síndrome de estrés tibial.

También podemos ver que los pacientes suelen tener sintomatologías asociadas a esta lesión tales como:

- Cansancio en toda la pierna afectada.
- Pesadez o entumecimiento no solo en la región sino en las articulaciones adyacentes.
- Inestabilidad en rodilla.
- Inestabilidad en tobillo.

La influencia del deporte practicado en los pacientes con mayor prevalencia fue del 44% en atletismo, seguido del futbol con un 28%. Al ser atletas de alto rendimiento con el pasar de los años y la constante repetición de ejercicios genero una sobrecarga en los músculos y tendones, específicamente en la parte media de la tibia, produciendo la periostitis tibial.

La edad prevalente entre los pacientes fue en los deportistas más jóvenes de 21 a 25 años con un porcentaje del 40%. Además de tener una práctica menor en un periodo de 3 a 6 meses presentando dificultad en técnica de entrenamiento. Aun así, la periostitis tibial puede presentarse teniendo una mayor experiencia como deportistas de alto impacto.

## 12. RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar futuras investigación para conocer de la eficacia de las corrientes TENS y los estiramientos para el tratamiento del síndrome de estrés tibial.

Dentro de ello cabe destacar que sería muy oportuno ampliar la dosificación del uso de la electroterapia, es decir, variar en los parámetros debido a que la evidencia científica mayormente indica que los pacientes suelen adaptarse a las corrientes en un uso prolongado por lo que puede ser un sesgo en la hora de los resultados recolectados a través del tiempo dichos parámetros modulables son los siguientes;

-Duración de impulso.

-Frecuencia del impulso.

-Frecuencia de ráfaga.

-Modulación de la frecuencia o espectro.

Asimismo, se puede decir que en los estiramientos pudieran también ser ampliados en los siguientes aspectos:

-Tipo de estiramiento.

-Duración del estiramiento.

-Repeticiones del estiramiento.

## 13. ANEXOS

Figura: En la imagen demuestra la representación de valores en la escala de EVA, para conocer e interpretar el grado de dolor que padecen los pacientes.



*Ilustración 1 Escala eva de dolor*

Obtenido de: <https://journey.app/blog/medicion-del-dolor/>

## CITAS BIBLIOGRAFICAS

1. Padrós Flores N VFCATRGJTSCATSMM. Periostitis tibial. Tratamiento físico. Rev Esp Podol. 2012; 23(2): p. 62-66.
2. Association AM. Standard Nomenclature of Athletic Injuries Presented by Subcommittee on Classification of Sports Injuries. Illinois: AMA C. 1996;: p. 112.
3. DB. C. Tibial stress syndrome in athletes.. J Sports Med.. 1974; 2(2).
4. Moen MH BTBEZWWATJBF. Risk factors and prognostic indicators for medial tibial stress syndrome. Scand J Med Sci Sports. 2012; 22(1): p. 34-9.
5. Michele Gaeta FMSVISLDDLBea. High-resolution CT grading of tibial stress reactions in distance runners. AJR Am J Roentgeno. 2006; 187(3): p. 789-793.
6. Moen MH HLBEBWCWATJBF. The treatment of medial tibial stress syndrome in athletes; a randomized clinical trial. Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol. 2012; 30(4).
7. TS. H. The effect of 2 Hz electrical stimulation of acupoint of ankle sprains in rats. J Korean med sci. 2007 abril.
8. Nabavi N MB. The Effect of 2 Different Exercise Programs on Pain Intensity and Muscle Dimensions in Patients With Chronic Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. J Manipulative Physiol Ther. 2017.

9. Moen MH TJWASMDWT. Medial tibial stress syndrome: a critical review.. Sports Med.. 2009; 7(39).
10. Griebert MC NAMJKT. Lower-leg Kinesio tape reduces rate of loading in participants with medial tibial stress syndrome. Phys Ther Sport. 2014; 853(14): p. 2-9.
11. Aweid O GRMDCTMNMPPN. Medial tibial pain pressure threshold algometry in runners. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2014; 22(7): p. 1549-1555.
12. Sharma J WMBASI. Gait retraining and incidence of medial tibial stress syndrome in army recruits. Med Sci Sports Exerc. 2014; 46(9): p. 1684-1692.
13. Brewer RB1 GA. Chronic lower leg pain in athletes: a guide for the differential diagnosis, evaluation, and treatment. Sports Health. 2012; 4(2): p. 121-127.
14. Newman P WJWGAR. Risk factors associated with medial tibial stress syndrome in runners: a systematic review and metaanalysis. Open Access J Sports Med. ; 13(4): p. 229-241.
15. Rodriguez M. Electroterapia en fisioterapia. Segunda ed.: Editorial Medica Panamericana; 2008.
16. J MM. Ensayo clínico aleatorizado de electroanalgesia en el dolor lumbar. universidad de Sevilla. 2011.
17. J PV. Manual de medicina física. Madrid Harcourt. 2000; 185-209.
18. DC H. Peripheral nerve excitability. Implications for transcutaneous electrical nerve stimulation. Physical therapy. 1978; 58(12): p. 1467-1473.

19. DI C. Medial tibial stress syndrome: evidence-based prevention. *J Athl Train.* 2008; 43(3): p. 316-318.
20. Yates B WS. The incidence and risk factors in the development of medial tibial stress syndrome among naval recruits. *Am J Sports Med.* 2004; 32(3): p. 772-780.
21. Raissi GR CAMKRM. The relationship between lower extremity alignment and Medial Tibial Stress Syndrome among nonprofessional athletes. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol.* 2009; 1(1).
22. Galbraith RM LM. Medial tibial stress syndrome: conservative treatment options. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2009; 2(3): p. 127-133.
23. Baheti ND JM. *Physical Therapy: Treatment of Common Orthopedic Conditions. Medial Tibial Stress Syndrome* JP Medical Ltd. 2016;: p. 355-361.
24. BR B. Tibial stress injuries. An aetiological review for the purposes of guiding management. *Sports Med.* 1998; 26(4): p. 265-279.
25. Kortebein PM KKBJSM. Medial tibial stress syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(3): p. 27-33.
26. Madeley LT MSBD. Endurance of the ankle joint plantar flexor muscles in athletes with medial tibial stress syndrome: a case-control study. *J Sci Med Sport.* 2007; 10(6): p. 356-362.
27. Couture CJ KK. Tibial stress injuries: decisive diagnosis and treatment of "shin splints". *Phys Sportsmed.* 2002; 30(6): p. 29-36.

28. Beck BR OL. Medial tibial stress syndrome. The location of muscles in the leg in relation to symptoms. *J Bone Joint Surg Am.* 1994; 76(7): p. 1057-1061.
29. Bouché RT JC. Medial tibial stress syndrome (tibial fasciitis): a proposed pathomechanical model involving fascial traction. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2007; 97(1): p. 31-36.
30. Michael RH HL. The soleus syndrome. A cause of medial tibial stress (shin splints). *Am J Sports Med.* 1985; 13(2): p. 87-94.
31. Franklyn M OBFBWPM. Section modulus is the optimum geometric predictor for stress fractures and medial tibial stress syndrome in both male and female athletes. *Am J Sports Med.* 2008; 36(6): p. 1179-1189.
32. Reshef N GD. Medial tibial stress syndrome.. *Clin Sports Med.* 2012; 31(2).
33. Bélanger AY. "Tanscutaneous Electrical Nerve Stimulation" in *Evidencebased guide to therapeutic physical agents* Lippincott Williams y Wilkins. MD. 2003;; p. 26-65.
34. Kane KyTA. A history of local electrical analgesia. *Pain.* 1975; 1(2): p. 125-138.
35. D S. A survery of the history of electrical stimulation for pain to 1900. *Med Instrument.* 1975;; p. 255-259.
36. Melzack RyWPD. Pain mechanisms: a new theory. *Science.* 1965; 150(699): p. 971-979.
37. DV R. Surgery in the rat during electric analgesia induced by focal brain stimulation. *Sciencie.* 1969; 164: p. 444-445.
38. Shealy CN MJRJ. Electrical inhibition of pain by stimulation of the dorsal columns:

- preliminary clinical report. *Anesth Analg*. 1967; 46: p. 489-491.
39. Appenzeller OyAR. Transcutaneous nerve stimulation for the treatment of migraine and other head pain. *Munchener Medizinische Wochenschrif*. 1975; 117(49): p. 1953-1954.
40. Augustinsson LE,BP,BP,CCA,FL,ea. Pain relief during delivery by transcutaneous electrical nerve stimulation. *Pain*. 1977; 4(1): p. 59-65.
41. Long DM. Electrical stimulation for the control of pain. *Archives of surgery*. 1977; 112(7): p. 884-888.
42. Abelson K,LGB,SH,VMYWRD. Transcutaneous electrical nerve stimulation in rheumatoid arthritis. *The New Zealand Medical Journal*. 1983; 96(727): p. 156-158.
43. Bundsen P,EK,PLEYTK. Pain relief in labor by transcutaneous electrical nerve stimulation. Testing of a modified stimulation technique and evaluation of the neurological and biochemical condition of the newborn infant. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*. 1982; 61(2): p. 129-136.
44. Warfield CA,SJMYFHA. The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on pain after thoracotomy. *The Annals of Thoracic Surgery*. 1985; 39(5): p. 462-465.
45. Taylor P,HMYFL. Treatment of osteoarthritis of the knee with transcutaneous electrical nerve stimulation. *Pain*. 1981; 11(2): p. 233-240.
46. Harrison RF,WT,SM,MGYUA. Pain relief in labour using transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). A TENS/TENS placebo controlled study in two parity groups. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology*. 1986; 93(7): p. 739- 746.

47. Conn IG,MAH,YSN,DJCyJM. Transcutaneous electrical nerve stimulation following appendicectomy: the placebo effect. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*. 1986; 68(4): p. 191-192.
48. Johnson M. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). *Electrotherapy: evidence-based practice*. 2001;: p. 259-286.
49. Carroll D,TM,MH,NByMA. Randomization is important in studies with pain outcomes: systematic review of transcutaneous electrical nerve stimulation in acute postoperative pain. *British Journal of Anaesthesia*. 1996; 77(6): p. 798-803.
50. Reeve J,MDyCP. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS): a technology assessment. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*. 1996; 2(2): p. 299-324.
51. Johnson MI. Does transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) work? *Clinical Effectiveness in Nursing*. 1998; 2(3): p. Clinical Effectiveness in Nursing.
52. Bjordal JM,JMIyLAE. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) can reduce postoperative analgesic consumption. A meta-analysis with assessment of optimal treatment parameters for postoperative pain. *European Journal of Pain*. 2003; 7(2): p. 181-188.
53. Amer Cuenca JJ GCGLAAPJPRRMSGa. Pain relief by applying transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) during unsedated colonoscopy: a randomized double-blind placebo-controlled trial. *Eur J Pain*. 2011; 15: p. 29-35.
54. DeSantana JM,SFVJ,GDR,SKA,GRQea. Hypoalgesic effect of the transcutaneous

- electrical nerve stimulation following inguinal herniorrhaphy: a randomized controlled trial. *The Journal Of Pain*. 2008; 9(7): p. 623-629.
55. Chesterton LS,FNE,WCC,BGDyBP. Effects of TENS frequency, intensity and stimulation site parameter manipulation on pressure pain thresholds in healthy human subjects. *Pain*. 2003; 106(1-2): p. 73-80.
56. Somers DLyCFR. Transcutaneous electrical nerve stimulation for the management of neuropathic pain: the effects of frequency and electrode position on prevention of allodynia in a rat model of complex regional pain syndrome type II. *Physical Therapy*. 2006; 86(5): p. 698-709.
57. Petrofsky J SECMGJKJAAea. Current distribution under electrodes in relation to stimulation current and skin blood flow: are modern electrodes really providing the current distribution during stimulation we believe they are? *Journal of Medical Engineering and Technology*. 2006; 30(6): p. 368-381.
58. Brown L,TG,BJMyJMI. An investigation into the effect of electrode placement of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on experimentally induced ischemic pain in healthy human participants. *The Clinical Journal of Pain*. 2007; 23(9): p. 735-743.
59. Nolan MF. Conductive differences in electrodes used with transcutaneous electrical nerve stimulation devices. *Physical Therapy*. 1991; 71(10): p. 746-751.
60. White PF,GEA,AHE,HMA,CWFea. The effect of montage on the analgesic response to percutaneous neuromodulation. *Anesthesia and Analgesia*. 2001; 92(2): p. 483-487.

61. Vance CG RBDDSK. Skin impedance is not a factor in transcutaneous electrical nerve stimulation effectiveness. *J Pain Res.* 2015; 19(8): p. 571-580.
62. Johnson MI,ACHyTJW. An in-depth study of long term users of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). Implications for clinical use of TENS. *Pain.* 1991; 44(3): p. 221-229.
63. Walsh DM. Transcutaneous electrical nerve stimulation and acupuncture points. *Complementary Therapies in Medicine.* 1996; 4(2): p. 133-137.
64. Koke AJ,SJS,LGMJ,LJS,WEM,ea. Pain reducing effect of three types of transcutaneous electrical nerve stimulation in patients with chronic pain: a randomized crossover trial. *Pain.* 2004; 108(1-2): p. 36-42.
65. Walsh D. TENS. Clinical applications and related theory. Churchill Livingstone. 1997.
66. Carabelli RAYKWC. Phantom limb pain: relief by application of TENS to contralateral extremity. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.* 1985; 66(7): p. 466-467.
67. Fanti L,GM,PS,GM,TPA,ea. Electroacupuncture analgesia for colonoscopy. A prospective, randomized placebo controlled study. *The American Journal of Gastroenterology.* 2003; 98(2): p. 312-316.
68. Gadsby JGyFMW. Transcutaneous electrical nerve stimulation and acupuncture -like transcutaneous electrical nerve stimulation for chronic low back pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 2000; 2(2): p. 210.
69. Chao AS,CA,WTH,CYC,PHH,ea. Pain relief by applying transcutaneous electrical nerve

- stimulation (TENS) on acupuncture points during the first stage of labor: a randomized double-blind placebo-controlled trial. *Pain*. 2007; 127(3): p. 214-220.
70. White PF,CWF,VAS,GE,AHEea. Percutaneous neuromodulation therapy: does the location of electrical stimulation effect the acute analgesic response? *Anesthesia and Analgesia*. 2000; 91(4): p. 949-954.
71. White PF,GEA,AHE,HMA,CWFea. The effect of montage on the analgesic response to percutaneous neuromodulation therapy. *Anesthesia and Analgesia*. 2001; 92(2): p. 483-487.
72. Sluka KAYWD. Transcutaneous electrical nerve stimulation: basic science mechanisms and clinical effectiveness. *The Journal of Pain: Official Journal of the American Pain Society*. 2003; 4(3): p. 109-121.
73. Hingne PMySKA. Differences in waveform characteristics have no effect on the anti-hyperalgesia produced by transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in rats with joint inflammation. *The Journal of Pain*. 2007; 8(3): p. 251-255.
74. Shimoji K,TN,NY,KMyAS. Pain relief by Transcutaneous Electric Nerve Stimulation with bidirectional modulated sine waves in patients with chronic back pain: a randomized, double-blind, sham controlled study. *Neuromodulation*. 2007; 10(1): p. 42-51.
75. Petrofsky JS SHGSPMyBJ. Interrelationships between body fat and skin blood flow and the current required for electrical stimulation of human muscle. *Medical Engineering and physics*. 2008; 30(7): p. 931-936.
76. Amer-Cuenca JJ. Programación y aplicación de la estimulación nerviosa eléctrica transcutánea (TENS): guía de práctica clínica basada en la evidencia. *Fisioterapia*. 2010;

32(6): p. 271-278.

77. Garrison DWyFRD. Decreased activity of spontaneous and noxiously evoked dorsal horn cells during transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). *Pain*. 1994; 58(3): p. 309-315.
78. Walsh DM LAMKWJBGea. Transcutaneous electrical nerve stimulation: effect on peripheral nerve conduction, mechanical pain threshold, and tactile threshold in humans. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1998; 79(9): p. 1051-1058.
79. Walsh DM FNBGAJ. Transcutaneous electrical nerve stimulation. relevance of stimulation parameters to neurophysiological and hypoalgesic effects. *Am J Phys Med Rehabil*. 1995; 74(3): p. 199-206.
80. Gopalkrishnan P SK. Effect of varying frequency, intensity, and pulse duration of transcutaneous electrical nerve stimulation on primary hyperalgesia in inflamed rats. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000; 81(7): p. 984-990.
81. Law PP CG. Optimal stimulation frequency of transcutaneous electrical nerve stimulation on people with knee osteoarthritis. *J Rehabil Med*. 2004; 36(5): p. 220-225.
82. Tong KC LSCG. Alternating frequencies of transcutaneous electric nerve stimulation: Does it produce greater analgesic effects on mechanical and thermal pain thresholds? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2007; 88(10): p. 1344-1349.
83. Lima LV CKATMCAMS VDJ. Associating high intensity and modulated frequency of TENS delays analgesic tolerance in rats. *Eur J Pain*. 2015; 19(3): p. 369-376.

84. Barlas P,TSL,CLS,JPWySJ. Effects of intensity of electroacupuncture upon experimental pain in healthy human volunteers: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Pain*. 2006; 122(1-2): p. 81-89.
85. Claydon LS,CLS,BPySJ. Effects of simultaneous dual-site TENS stimulation on experimental pain. *European Journal of Pain*. 2008; 12(6): p. 696-704.
86. Chesterton LS,BP,FNE,LT,WCCea. Sensory stimulation (TENS): effects of parameter manipulation on mechanical pain thresholds in healthy human subjects. *Pain*. 2002; 99(1-2): p. 253-262.
87. Bjordal JM,JMIyLAE. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) can reduce postoperative analgesic consumption. A meta-analysis with assessment of optimal treatment parameters for postoperative pain. *European Journal of Pain*. 2003; 7(2): p. 181-188.
88. Radhakrishnan RySKA. Deep tissue afferents, but not cutaneous afferents, mediate Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation–induced antihyperalgesia. *The Journal of Pain*. 2005; 6(10): p. 673-680.
89. Plaja J. Estimulación nerviosa eléctrica transcutánea. TENS. Primera ed. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana; 2003.
90. Radhakrishnan R SK. Deep tissue afferents, but not cutaneous afferents, mediate transcutaneous electrical nerve stimulation-induced antihyperalgesia. *J Pain*. 2005; 6: p. 673–680.
91. DeSantana JM WDVCRBSK. Effectiveness of transcutaneous electrical nerve stimulation

- for treatment of hyperalgesia and pain. *Curr Rheumatol Rep.* 2008; 10: p. 492–499.
92. Campbell JN TA. Local analgesia from percutaneous electrical stimulation. A peripheral mechanism. *Arch Neuro.* 1973; 28: p. 347–350.
93. Ristic D SPEJ. Analgesic and antinociceptive effects of peripheral nerve neurostimulation in an advanced human experimental model. *Eur J Pain.* 2008; 12(480–490).
94. King EW AKAGNHSKC. Transcutaneous electrical nerve stimulation activates peripherally located alpha-2A adrenergic receptors. *Pain.* 2005; 115: p. 364–373.
95. Sabino GS SCFJdRM. Release of endogenous opioids following transcutaneous electric nerve stimulation in an experimental model of acute inflammatory pain. *J pain.* 2008; 9: p. 157–63.
96. Marchand S LJ CJ. Effects of caffeine on analgesia from transcutaneous electrical nerve stimulation. *N Engl J Med.* 1995; 333: p. 325–326.
97. Dickie A TG TOMPJM. A preliminary investigation into the effect of coffee on hypoalgesia associated with transcutaneous electrical nerve stimulation. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2009; 29: p. 293–299.
98. Sluka KA DMSASSTA. Spinal blockade of opioid receptors prevents the analgesia produced by TENS in arthritic rats. *J Pharmacol Exp Ther.* 1999; 289: p. 840–846.
99. Radhakrishnan R SK. Spinal muscarinic receptors are activated during low or high frequency TENS-induced antihyperalgesia in rats. *Neuropharmacology.* 2003; 45: p. 1111–1119.

100. Kalra A UMSK. Blockade of opioid receptors in rostral ventral medulla prevents antihyperalgesia produced by transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). *J Pharmacol Exp Ther.* 2001; 298: p. 257–263.
101. Han JS CXSSXXYYSea. Effect of low- and high-frequency TENS on Met-enkephalin-Arg-Phe and dynorphin A immunoreactivity in human lumbar CSF. *Pain.* 1991; 47: p. 295–298.
102. Sluka KA VCLT. High-frequency, but not low frequency, transcutaneous electrical nerve stimulation reduces aspartate and glutamate release in the spinal cord dorsal horn. *J Neurochem.* 2005; 95: p. 1794–1801.
103. Sluka KA LTWK. Increased release of serotonin in the spinal cord during low, but not high, frequency transcutaneous electric nerve stimulation in rats with joint inflammation. *Arch Phys Med Rehabi.* 2006; 87: p. 1137–1140.
104. Radhakrishnan R KEDJHCJNSMea. Spinal 5-HT(2) and 5-HT(3) receptors mediate low, but not high, frequency TENS-induced antihyperalgesia in rats. *Pain.* 2003; 105: p. 205-213.
105. Doubell TP MRWC. The dorsal horn: Statedependent sensory processing, plasticity and the generation of pain. *Churcill Livingstone.* 2003;; p. 165-182.
106. Maeda Y LTVCSK. Release of GABA and activation of GABA(A) in the spinal cord mediates the effects of TENS in rats. *Brain Res.* 2007; 11(36): p. 43-50.
107. Somers DL CF. Contralateral high or a combination of high- and low-frequency

- transcutaneous electrical nerve stimulation reduces mechanical allodynia and alters dorsal horn neurotransmitter content in neuropathic rats. *J Pain*. 2009; 10: p. 221-229.
108. Rokugo T TTIH. A histochemical study of substance P in the rat spinal cord: Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation. *J Nippon Med Sch*. 2002; 69: p. 428-433.
109. Salar G JIMSBATM. Effect of transcutaneous electrotherapy on CSF beta-endorphin content in patients without pain problems. *Pain*. 1981; 10: p. 169-172.
110. Hughes Jr GS LPWDHC. Response of plasma beta-endorphins to transcutaneous electrical nerve stimulation in healthy subjects. *Phys Ther*. 1984; 64: p. 1062–1066.
111. Fields HL BA. Central nervous system mechanisms of pain modulation. Cuarta ed.: *Textbook of Pain*; 2003.
112. Sato A SYSR. The impact of somatosensory input on autonomic functions. *Rev Physiol Biochem Pharmacol*. 1997; 130(1): p. 328.
113. Sherry JE OKHKMB. Effect of burst mode transcutaneous electrical nerve stimulation on peripheral vascular resistance. *Phys Ther*. 2001; 81: p. 1183-1191.
114. Cramp FL MGLAWD. Transcutaneous electric nerve stimulation: the effect of intensity on local and distal cutaneous blood flow and skin temperature in healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002; 83: p. 5-9.
115. Anderson SI WPHOGPSMBM. Chronic transcutaneous electrical stimulation of calf muscles improves functional capacity without inducing systemic inflammation in claudicants. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2004; 27: p. 201-209.

116. Chang QY LJHC. Effect of manual acupuncture and transcutaneous electrical nerve stimulation on the H-reflex. *Acupunct Electrother Res.* 2001; 26: p. 239–251.
117. Simorgh L TGFS. Effects of tripolar TENS on slow and fast motoneurons: A preliminary study using H-reflex recovery curve method. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 2008; 48: p. 301-309.
118. Fernández Del Olmo M ASMKGFMMGSJea. How repeatable are the physiological effects of TENS? *Clin Neurophysiol.* 2008; 119: p. 1834-1839.
119. Tinazzi M ZSVMRSFSMGea. Long-lasting modulation of human motor cortex following prolonged transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) of forearm muscles: evidence of reciprocal inhibition and facilitation. *Exp Brain Res.* 2005; 161: p. 457-464.
120. AY B. Tanscutaneous electrical nerve stimulation. Evidence-based guide to therapeutic physical agents. ;: p. 26-65.
121. Luft AR MMBTN. Modulation of motor cortex excitability by sustained peripheral stimulation: the interaction between the motor cortex and the cerebellum. *Cerebellum.* 2005; 4: p. 90-96.
122. Dickstein R KM. Effects of antecedent TENS on EMG activity of the finger flexor muscles and on grip force. *Somatosens Mot Res.* 2008; 25: p. 139-146.
123. Wu CW SHCL. Influence of electric somatosensory stimulation on paretic-hand function in chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabi.* 2006; 87: p. 351-357.
124. Duggan AW FF. Bicuculline and spinal inhibition produced by dorsal column stimulation in

- the cat. Pain. 1985; 22: p. 249-259.
125. Tong KC LSCG. Alternating frequencies of transcutaneous electric nerve stimulation: Does it produce greater analgesic effects on mechanical and thermal pain thresholds? Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2007; 88(10): p. 1344-1349.
126. Augustinsson L CCPL. Transcutaneous electrical stimulation for pain and itch control. Acta Neurochir. 1976; 33(342).
127. Johnson MI ACTJ. An in-depth study of long-term users of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). Implications for clinical use of TENS. Pain. ; 44: p. 221-229.
128. Altman R AEBDBGBDBK ea. Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis. Classification of osteoarthritis of the knee. Diagnostic and Therapeutic Criteria Committee of the American Rheumatism Association. 1986; 29(8): p. 1039-1049.