



Universidad
Inca Garcilaso de la Vega
Nuevos Tiempos. Nuevas Ideas

FACULTAD DE TECNOLOGÍA MÉDICA

Uso de la terapia combinada en terapia física

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Licenciado en Tecnología Médica en la Carrera
Profesional de Terapia Física y Rehabilitación

AUTOR

Huaraz Medina, Christian Hernan

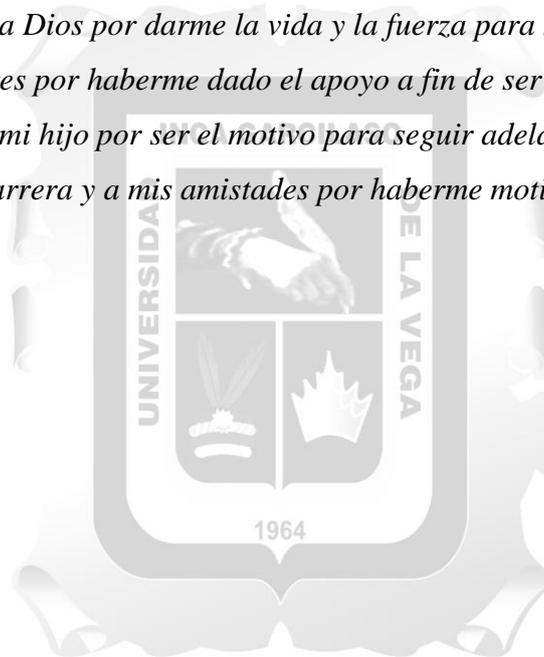
ASESOR

Lic. Morales Martínez, Marx Engels

Jesús María, Octubre - 2019

DEDICATORIA

Dedico el trabajo a Dios por darme la vida y la fuerza para seguir adelante con mis estudios, a mis padres por haberme dado el apoyo a fin de ser mejor cada día y poder ser profesional, a mi hijo por ser el motivo para seguir adelante y la razón de haber estudiado esta carrera y a mis amistades por haberme motivado a seguir adelante.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la vida para culminar la carrera.

A mis padres y familiares por su apoyo cada día.

A los profesores que me enseñaron y guiaron para poder culminar la carrera y ser un buen profesional.



Resumen y palabras clave

Resumen: La terapia combinada en la fisioterapia es el uso del ultrasonido conjuntamente con el de la corriente de baja y mediana frecuencia. La funcionalidad de la terapia combinada se basa en la aplicación del ultrasonido conjuntamente con el de la corriente de baja y mediana frecuencia para el tratamiento musculoesquelético. Asimismo, la aplicación se realiza en forma simultánea, ya que el cabezal de ultrasonido va a servir para derivar la onda ultrasónica y simultáneamente será útil como un electrodo para derivar corrientes analgésicas, para conocer el manejo de la terapia combinada es fundamental saber la acción fisiológica del ultrasonido y la electroterapia de baja y mediana frecuencia en referencia al dolor musculoesquelético. Cabe resaltar que entre las terapias combinadas más utilizadas tenemos el uso del ultrasonido con la corriente interferencial y el ultrasonido con corriente de alto voltaje. Donde el ultrasonido utiliza una frecuencia de 1 MHz y 3 MHz, pero la frecuencia estándar es de 1 MHz, la electroterapia de baja y mediana frecuencia va de 1 a 10 000 MHz al combinar las dos modalidades terapéuticas de tratamiento no se pierden ninguno de los efectos individuales de los tratamientos, pero el beneficio es que se pueden utilizar intensidades de tratamiento más bajas para lograr los mismos resultados habiendo un aprovechamiento adicionales en términos de diagnóstico y tiempos de tratamiento. Por otra parte, el uso de la terapia combinada es muy efectivo para el tratamiento del dolor musculoesquelético, además como diagnóstico primordial para detectar puntos gatillos mediante una actividad eléctrica.

Palabras clave: Terapia combinada, ultrasonido, Electroterapia, Fisioterapia, musculoesquelético

Use of combined therapy in physical therapy

Abstract and keywords

The combined therapy in physical therapy is the use of ultrasound in conjunction with low and medium frequency current. The functionality of combined therapy is based on the application of ultrasound in conjunction with low and medium frequency current for musculoskeletal treatment. Also, the application is done simultaneously, as the ultrasound head will serve to derive the ultrasonic wave and simultaneously will be useful as an electrode to derive analgesic currents, to know the management of combined therapy is essential to know the physiological action of ultrasound and electrotherapy of low and medium frequency in reference to musculoskeletal pain. It is worth mentioning that among the most used combined therapies we have the use of ultrasound with interferential current and ultrasound with high voltage current. Where ultrasound uses a frequency of 1 MHz and 3 MHz, but the standard frequency is 1 MHz, low and medium frequency electrotherapy goes from 1 to 10 000 MHz when combining the two therapeutic modalities of treatment none of the individual effects of the treatments are lost, but the benefit is that lower treatment intensities can be used to achieve the same results having an additional advantage in terms of diagnosis and treatment times. On the other hand, the use of combined therapy is very effective for the treatment of musculoskeletal pain, as well as a primary diagnosis for detecting trigger points by electrical activity.

Keywords: Combined therapy, ultrasound, Electrotherapy, Physiotherapy, musculoskeletal

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	9
1. CAPÍTULO I: TERAPIA COMBINADA	10
1.1..... VENTAJAS DE LA TERAPIA COMBINADA:	10
1.2.....DENTRO DE LAS TERAPIAS COMBINADAS MÁS UTILIZADAS TENEMOS:	10
1.3 BASES DE LA TERAPIA COMBINADA:	10
1.3.1 LA CORRIENTE ELÉCTRICA Y LA LEY DE OHM.....	11
1.3.2 CORRIENTE CONSTANTE [CC] Y VOLTAJE CONSTANTE [VC].....	12
2. CAPÍTULO 2: ULTRASONIDO EN LA TERAPIA COMBINADO.....	14
2.1. ASPECTOS FÍSICOS DE EMISIÓN Y LA APLICACIÓN.....	14
2.1.1 FRECUENCIA DE EMISIÓN	14
2.1.2 TRANSDUCTOR O CABEZAL (SOUND HEAD).....	14
2.1.3 MECANISMO.....	15
2.1.4 CARACTERÍSTICAS DEL HAZ ULTRASÓNICO	15
2.2. EFECTOS BIOLÓGICOS DEL ULTRASONIDO TERAPÉUTICO	15
2.2.1. EFECTO MECÁNICO O EFECTO NO TÉRMICO DEL ULTRASONIDO. 16	
2.4. EFECTO TÉRMICO DEL ULTRASONIDO.....	17
2.5. INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES PARA APLICACIÓN DEL ULTRASONIDO TERAPÉUTICO	19
2.5.1 INDICACIONES, CONTRAINDICACIONES Y PRECAUCIONES.....	19
3. CAPÍTULO 3: ELECTROTERAPIA DE BAJA Y MEDIANA FRECUENCIA EN LA TERAPIA COMBINADA	21
3.1. ELECTROTERAPIA DE BAJA FRECUENCIA.....	21
3.1.1 CORRIENTE DE TRÄBERT	21
3.1.2 CORRIENTE TENS.....	25
3.1.3 CORRIENTES DIADINÁMICAS.....	28
3.1.4 CORRIENTE DE ALTO VOLTAJE	29
3.2. ELECTROTERAPIA DE MEDIANA FRECUENCIA.....	30
3.2.1 DEFINICIÓN DE ELECTROTERAPIA DE MEDIA FRECUENCIA	30
4. CAPITULO 4: APLICACIÓN DE LA TERAPIA COMBINADA	34
4.1 LAS CORRIENTES ANALGESICAS MÁS UTILIZADAS EN COMBINACIÓN CON EL ULTRASONIDO.....	35
4.1.1 TÉCNICA DE APLICACIÓN DE LA TERAPIA COMBINADA:	35
CONCLUSIONES.....	38

RECOMENDACIONES	39
ANEXOS	45
Anexo 1: Terapia combinada.....	45
Anexo 2: Diferencia del potencial eléctrico	46
Anexo 3: Flujo de corriente	47
Anexo 5: La Corriente Constante y El Voltaje Constante.....	49
Anexo 6: Transductor o cabezal	50
Anexo 7: Características del haz ultrasónico.....	51
Anexo 8: Grafica de la corriente Träbert.....	52
Anexo 9: Metodo de aplicacion cervical	53
Anexo 10: Metodo de aplicacion dorsal.....	54
Anexo 11: Metodo de aplicación dorsolumbar.....	55
Anexo 12: Metodo de aplicación lumbosacra	56
Anexo 13: Grafica la corriente tens.....	57
Anexo 14: Equipo tens	58
Anexo 15: Aplicación de la corriente tens en antebrazo	59
Anexo 16: Grafica de corrientes diadinámicas.....	60
Anexo 17: Grafica de corrientes diadinámicas.....	61
Anexo 18: Grafica de corrientes diadinámicas.....	62
Anexo 19: Grafica de corrientes diadinámicas.....	63
Anexo 20: Grafica de corrientes diadinámicas.....	64
Anexo 21: Grafica de corriente de alto voltaje.....	65
Anexo 22: Grafica de corriente interferencial	66
Anexo 23: Aplicación de la Terapia Combinada	67



INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se dará a conocer como la terapia combinada en la terapia física viene hacer el uso simultáneo del ultrasonido con cualquier corriente de mediana y baja frecuencia, siendo utilizada como técnica de diagnóstico para detectar puntos gatillos, localizar lesiones crónicas y potenciar los efectos fisiológicos y terapéuticos en un tratamiento fisioterapéutico.

En el primer capítulo se conocerá las ventajas de la terapia combinada con la finalidad que se logre una sensación placentera en el paciente, asimismo, se menciona las bases de la terapia combinada como tipos de la corriente eléctrica que vienen a ser la corriente continua y corriente alterna en la que se habla de la ley de Ohm, la corriente constante y el voltaje constante.

Por otra parte, en el segundo capítulo se mencionará los aspectos físicos de emisión cómo la frecuencia, el transductor o cabezal, el mecanismo y el haz ultrasónico, además de los efectos biológicos, mecánicos y térmicos y como ayudan en el uso correcto del ultrasonido en la terapia combinada.

Asimismo, en el tercer capítulo se hará referencia de cómo las corrientes de baja y mediana frecuencia es útil para la terapia combinada. Dónde corrientes bajas como trabert, tens, diadinámicas y de alto voltaje mientras que en la de mediana frecuencia tenemos a la corriente interferencial.

Finalmente, en el cuarto capítulo se mencionará el uso de la terapia combinada y de las corrientes más utilizadas y lo que se debe conocer de la terapia combinada por ser muy buena para el dolor agudo o crónico en diferentes tipos de dolor musculoesquelético y que también permitirá detectar puntos gatillos.

1. CAPÍTULO I: TERAPIA COMBINADA

La terapia combinada es el uso del ultrasonido conjuntamente con el de la corriente de baja y mediana frecuencia para el tratamiento musculoesquelético. La aplicación se realiza en forma simultánea, puesto que el cabezal de ultrasonido va a servir para derivar la onda ultrasónica y simultáneamente será útil como un electrodo como derivación analgésica (corriente de bajo y mediana frecuencia). (1) (Anexo 1)

Asimismo, este tipo de combinación realiza un efecto diferente a los estímulos separados; se produce un proceso de sinergia en la terapia, que tiene resultados superiores en el tratamiento. Es una metodología adecuada tanto para tratamiento como el diagnóstico, de mucho valor en la ubicación de puntos gatillos de dolor. La presencia del ultrasonido evita o reduce el efecto de adaptación a la corriente y es necesaria y/o suficiente a una intensidad de corriente baja para localizar los puntos a tratar. (1)

1.1. VENTAJAS DE LA TERAPIA COMBINADA:

- No se presenta excitación agresiva.
- Como el ultrasonido tiene un efecto sensibilizador, se logran localizar punto dolorosos y puntos “gatillos”, con intensidades mínimas de corriente; luego se pueden tratar de manera individual hasta la recuperación.
- Se eliminan los efectos galvánicos.
- Mayor acción en profundidad.
- No hay sensación desagradable con la apertura del circuito.

1.2. DENTRO DE LAS TERAPIAS COMBINADAS MÁS UTILIZADAS TENEMOS:

- Ultrasonido con corriente interferencial pre-modulada (mediana frecuencia)
- Ultrasonido con corriente de alto voltaje (baja frecuencia)

Además, se describe la combinación de ultrasonido con T.E.N.S., ultrasonido con corriente diadinámicas, y ultrasonido con corriente trabert. (1)

1.3 BASES DE LA TERAPIA COMBINADA:

Para comprender la aplicación de la terapia combinada tenemos que saber los aspectos fundamentales:

1.3.1 LA CORRIENTE ELÉCTRICA Y LA LEY DE OHM

La corriente eléctrica se compara de manera similar a una corriente de agua, por lo tanto, la corriente se forma de un área de mayor presión y otra de menor presión:

La carga eléctrica tiene como unidad de medida al coulombio, así como el agua tiene su unidad de medida que es el litro. Un coulombio equivale a millones de millones de partículas cargadas eléctricamente, así como un litro equivale a millones de millones de moléculas de agua. (1)

La diferencia del potencial eléctrico es la diferencia entre la zona de mayor presión y la de menor presión, y la unidad de medida es el voltio. (Anexo 2) (1)

Para hacer formar una corriente se tiene que hacer una conexión entre la zona de mayor presión y la de menor presión. Si hablamos de agua, la conexión es una tubería, pero si hablamos de electricidad, la conexión es un cable eléctrico. El flujo va ir desde la zona de mayor presión hacia la zona de menor presión. (Anexo 3) (1)

El agua fluye de la zona de mayor presión hacia la zona de menor presión, así como las cargas eléctricas fluyen de la zona de más carga acumulada hacia la zona de menos carga acumulada. Se forma entonces una corriente eléctrica. (1)

La corriente eléctrica se mide de manera similar a la corriente de agua. El flujo de agua se mide en cantidad de litros por cada segundo. El flujo de partículas cargadas eléctricamente se mide en coulombio por cada segundo. A diferencia de la unidad de medida litros/seg, a la unidad de medida C/seg se le ha dado un nombre propio: amperio. El amperio es entonces la unidad de medida de la corriente eléctrica. (Anexo 4) (1)

Más amperios o amperaje significan que hay un mayor flujo de corriente eléctrica, y viceversa. Por ello se le relaciona con la intensidad de la corriente eléctrica. Si hay más flujo, y si hay menos flujo, la corriente es menos intensa. (1)

Ahora bien. La conexión entre el área de mayor presión hacia el área de menor presión generalmente presenta una resistencia al paso de la corriente. Por ejemplo, una tubería angosta y oxidada va a dar lugar a una mayor resistencia al paso de la corriente de agua, en cambio, una tubería ancha y lisa va a dar lugar a una menor resistencia al paso de la corriente de agua. (1)

Igualmente, un cable de cobre u otro metal va a dar lugar a una menor resistencia al paso de las partículas cargadas eléctricamente como si fuera una tubería ancha y lisa, en tanto que un cable de plástico (sin metal) o de fibra de vidrio ve a presentar una gran resistencia al paso de las partículas cargadas eléctricamente como si fuera una tubería angosta y oxidada. (1)

Esta resistencia al paso de la corriente eléctrica se llama resistencia eléctrica o impedancia, se mide en ohmios, como se podrá deducir, existe una relación entre el voltaje (diferencia de potencial eléctrica), el amperaje (intensidad de corriente eléctrica), y los ohmios (resistencia al paso de la corriente eléctrica o impedancia). Jorg Simón ohm estableció esta relación en 1821 en su obra die galvanisabe kette, matbematisch bearneitet (trabajos matemáticos sobre los circuitos eléctricos), basándose en evidencia empíricas, formulando una ley que se conocería posteriormente en su honor como la ley de ohm. (1)

I= intensidad de amperios

V= voltaje (diferencia del potencial eléctrico) en voltios.

R=resistencia de ohmios

La ley de ohm se traduce en la ecuación de proporción. Nos indica que la intensidad de corriente (medido en amperios) es directamente proporcional a la diferencia del potencial eléctrico (medido en voltios), e inversamente proporcional a la resistencia al paso de la corriente (medido en ohmios). (1)

Directamente proporcional quiere decir cuando uno sube su valor, el otro también debe subir para mantener la propiocepción. Cuando baje el valor, el otro también baja. (1)

1.3.2 CORRIENTE CONSTANTE [CC] Y VOLTAJE CONSTANTE [VC]

Los conceptos de corriente constante [CC] o el de voltaje constante [VC], son nociones que se debe tener muy claras para evitar quemaduras en los pacientes.

Los estimuladores de baja y media frecuencia de nivel profesional disponen de la opción para elegir entre el trabajo en modo CC o en modo VC. (3)

Decidirse por una u otra opción no puede depender de la memoria, tiene que elegirse de acuerdo a las nociones claras sobre sus efectos sobre el paciente. (3) El comportamiento bioeléctrico del paciente cambia durante la sesión, cambia de forma dura y no controlable, bajando el nivel de resistencia corporal. (3)

De acuerdo a la Ley de Ohm, la energía aplicada al paciente posee dos parámetros medibles: (3) (Anexo 5)

- La intensidad y
- El voltaje

Estos dos parámetros pueden ser directamente proporcionales o inversamente proporcionales entre sí, condicionados por el valor de la resistencia. (3)

El sistema de trabajo en corriente constante (CC) significa que el estimulador funciona en la manera que se regula la intensidad, el valor ajustado no se modificará durante la sesión porque se mantendrá como parámetro constante y de acuerdo a la regulación ajustada, aunque la resistencia disminuya (según transcurre el tiempo). (3)

$$\leftrightarrow I \cdot R \downarrow = V \downarrow$$

$$V \cdot I = W \downarrow$$

La modalidad de trabajo en voltaje constante [VC], aunque se regule la intensidad, el voltaje alcanzado será un valor inalterable, pero al disminuir la resistencia (según transcurre el tiempo) la intensidad se verá obligada a cambiar también. (3)

$$\leftrightarrow V / R \downarrow = I \uparrow$$

$$V \cdot I = W \uparrow$$

Debido que la resistencia siempre tiende a disminuir y el producto del voltaje por la intensidad es la potencia [W]. En este caso, cuando las corrientes son constantes, la potencia disminuye; por otro lado, la potencia va aumentando cada vez más. (3)

Es importante reforzar este concepto con seguridad para evitar errores, porque aparecerán posibles quemaduras en los pacientes. (3)

En las corrientes con efecto de polaridad, la quemadura es de tipo electroquímica y con consecuencias más severas que la quemadura por corrientes alternas sin polaridad, que únicamente por exceso de energía es de tipo eléctrico. (3)

Asimismo, en corrientes con polaridad siempre debe ajustarse el modo de CC. Sin embargo, en corrientes bifásicas como el TENS o el EMS, es mejor ajustar el modo VC para evitar efectos de acomodación evitando los sucesivos arreglos de intensidad en subida. (3)

En el caso de omitir el funcionamiento de la Ley de Ohm, que depende de la memoria, a modo de regla nemotécnica se suele indicar a los alumnos que ante la duda, siempre utilizar la primera en su orden alfabético, entre CC y VC. (3)

2. CAPÍTULO 2: ULTRASONIDO EN LA TERAPIA COMBINADO

Se denomina ultrasonido a una vibración mecánica, de alta frecuencia que no pueda ser percibida por el oído humano, si bien puede excitar el de ciertos animales. Se trata de oscilaciones y ondas mecánicas, cuyas frecuencias superan los 20 kHz. (4)

Las frecuencias más utilizadas están entre 0,7 y 3 MHz; pero se pueden encontrar equipos diseñados especialmente para la terapia con objetivos estéticos y que utilizan frecuencias superiores. (4)

2.1. ASPECTOS FÍSICOS DE EMISIÓN Y LA APLICACIÓN

2.1.1 FRECUENCIA DE EMISIÓN

La frecuencia estándar es 1 MHz, pero muchos aparatos tienen también 3 MHz. Cuya profundidad de penetración está en relación opuesta con la frecuencia. Con 1 MHz se pueden alcanzar algo más de 7 cm, y con 3 MHz la penetración efectiva es de unos 3 cm, adecuada para tratamientos superficiales. (5).

Para poder trabajar con varias frecuencias se requiere cabezales distintos donde es necesario cambiar y que sobrevaloran el aparato. Algunos equipos que son de multifrecuencia tienen un solo cabezal que permiten todas las frecuencias, pero la emisión es menos estable, el área efectiva de emisión sea menor y haz menos uniforme (5)

No siempre es indispensable disponer de varias frecuencias. La de 1 MHz tiene mayor penetración a la máxima intensidad, pero con menor intensidad se pueden tratar también tejidos más superficiales y se utiliza para la mayoría de los tratamientos. Sin embargo, es mejor disponer de unidades de 1 y 3 MHz

2.1.2 TRANSDUCTOR O CABEZAL (SOUND HEAD)

Parte del equipo de ultrasonido que contiene el cristal o material piezoeléctrico, que convierte la energía eléctrica en sonido. (6) (Anexo 6)

El transductor que emite el ultrasonido es siempre más pequeño en relación del cabezal que lo contiene. El área efectiva de emisión o ERA (effective radiating área) se expresa

en unidad de superficie, por ejemplo 5 cm², aunque se mencione de un cabezal de 5 cm. El tamaño más utilizado es de 5–6 cm² ERA para tratamientos muy localizados.

2.1.3 MECANISMO

La intensidad de emisión no es uniforme en toda la superficie del transductor y hay puntos calientes junto a otros de débil sonido. Por problemas físicos es inevitable que se produzca un haz central y una corona de heces alrededor, y por eso es indispensable mover el cabezal durante el tratamiento para igualar el efecto y evitar los puntos calientes que se producen en una emisión estática. (5)

La emisión del ultrasonido se basa en el llamado efecto piezoeléctrico inverso. Descubierta por los hermanos Curié (1880), el efecto piezoeléctrico consiste en la característica que tienen algunos cristales (dieléctricos cristalinos) de cargarse eléctricamente, cuando son sometidos a atracciones mecánicas perpendiculares a su eje principal de simetría. Dentro de estos cristales se encuentran, el cuarzo, el titanato de plomocirconato (PZT), titanato de bario, entre otros.

2.1.4 CARACTERÍSTICAS DEL HAZ ULTRASÓNICO

El haz ultrasónico tiene como característica a la salida del cabezal emisor, una forma cónica ligeramente convergente, hasta una distancia luego de la cual se convierte entonces en un haz cónico ligeramente divergente.

Esta primera región convergente se le denomina campo cercano o zona de Fresnel. En esta zona se producen fenómenos de interferencia derivados de la reflexión, sobre todo en los límites de cambio de un tipo de tejido a otro. Por este motivo, puede elevarse la intensidad en estas áreas de interferencia; en esta zona de campo cercano se comprueban el mayor efecto biológico del ultrasonido. Para un cabezal de 5 cm² de ERA, el campo cercano es de 10 cm, y para un cabezal de 0,8 cm² de ERA el campo cercano es de 2 cm.

Además, la otra región del haz se le ha denominado campo distante o zona de Fraunhofer, donde se presenta un haz mucho más idéntico con ausencia de interferencia y donde disminuye significativamente la intensidad. (Anexo 7)

2.2. EFECTOS BIOLÓGICOS DEL ULTRASONIDO TERAPÉUTICO

La mayor parte de la influencia terapéutica del ultrasonido se deriva de dos efectos físicos mecánico y térmico. Siendo complejo identificar el límite entre los cambios fisiológicos que se producen a consecuencia del calor, o los que se producen por el choque de la onda

ultrasonica; aunque el efecto mecánico es el primero en producirse, en la práctica diaria no es posible realizar un tratamiento establecido absolutamente en uno de los dos efectos.

2.2.1. EFECTO MECÁNICO O EFECTO NO TÉRMICO DEL ULTRASONIDO

Al aplicar el ultrasonido terapéutico se produce el primer efecto que es el efecto mecánico. Genera compresión y expansión del tejido en la misma frecuencia del ultrasonido, este fenómeno se puede interpretar como un tipo de micromasaje. El ultrasonido tiene una acción desgasificante, por juntar burbujas microscópicas, situación que se da lugar a los fenómenos de cavitación. (7) (8)

El término cavitación fue usado primero por el señor John Thornycroft a principios del siglo XX quien define como la formación de burbuja diminuta de gas en los tejidos, como resultado de la vibración del ultrasonido.

La estasis de células sanguíneas debido al efecto mecánico del ultrasonido, descrito en estudios in vitro, es uno de los fenómenos físicos muy improbable de que ocurra en la práctica clínica con los pacientes. (9)

Su mecanismo de acción se vincula al efecto que las presiones mecánicas que generan en la membrana celular, que se traduce en el aumento de la permeabilidad de ésta a los iones de sodio y calcio por lo que se considera que acelera los procesos de curación de los tejidos. (10)

Dentro de los fenómenos descritos que se derivan del efecto no térmico del ultrasonido terapéutico, están la variación de intensidad en los límites hísticos, puesto que produce una onda estacionaria derivada de la interferencia. Es decir, que las ondas sonoras chocan en la interfase entre distintos tejidos; la onda que rebota colisiona a su vez con la onda que llega y en la unión se produce interferencia y picos de intensidad que se debe tener en cuenta en la aplicación. Este fenómeno disminuye si se mueve continuamente el cabezal.

Se producen cambios de volumen celular que llegan a ser del 0,02 %, ya que estimula el transporte de membrana. Ocurre la liberación de mediadores por efecto de la vibración, lo cual influye activamente en el curso del proceso inflamatorio. Así mismo, estimula la

fibra gruesa aferente con inhibición pos-excitatoria de la actividad ortosimpática con la reducción del tono y relajación muscular. (11)

Posee efectos sobre los nervios periféricos a nivel de la membrana neuronal, lo que ayuda a comprender el efecto analgésico; disminuye la velocidad de conducción de los nervios periféricos, por lo que se pueden producir bloqueos temporales. (12) Se conoce que el tejido nervioso tiene una capacidad selectiva de absorción del ultrasonido, además, las fibras tipo B y C son más sensibles que las de tipo A, de modo que se explica el efecto analgésico, con elevación del umbral de excitación de las aferencias nociceptivas.

Cabe resaltar, un número significativo de informes han demostrado que el ultrasonido afecta células que desempeñan un papel central en la respuesta inmunitaria. Modula el proceso de vasoconstricción, las propiedades del endotelio para la adhesión de linfocitos, la degranulación de mastocitos, la fagocitosis por parte de los macrófagos, la producción de factor de crecimiento por los macrófagos y el fluido de calcio en los fibroblastos. También regula la angiogénesis, la proliferación de fibroblastos, de células T, de osteoblastos y modula un número de proteínas asociadas con el proceso de inflamación y reparación histórica. (13)

2.4. EFECTO TÉRMICO DEL ULTRASONIDO

El ultrasonido es el agente físico más efectivo para elevar la temperatura de una manera localizada y profunda, es la única fuente que puede calentar el interior de las articulaciones. (14) (15)

Es prácticamente inevitable este efecto; con mayor o menor intensidad siempre se produce algún aumento de la temperatura de la zona irradiada. De manera que, si al hacer la prescripción terapéutica se tuvieran elementos para evitar absolutamente el calor, entonces es probable que el ultrasonido no sea la mejor indicación para este paciente, en este momento.

Se ha logrado realizar la medición in vivo de la temperatura del tejido durante el tratamiento del ultrasonido. Draper (16) (17), Ashton (18) y Chan (19) han insertado termo-emisores a diferentes profundidades (menor que 5 cm) y medido el aumento en la temperatura del músculo, durante un tratamiento de 10 min con frecuencia de emisión de 1 y 3 MHz.

Se produce un aumento de temperatura que depende del tiempo y de la dosis cuando la muestra refiere que el tratamiento es de 1 o 3 MHz. Si se compara con otros métodos, es posible señalar que a 3 cm de profundidad y en 10 min de aplicación, una compresa caliente aumenta la temperatura en 0,8 °C, mientras el ultrasonido a esa misma distancia y tiempo, con 1 MHz, eleva la temperatura local 4 °C.

El efecto térmico se produce debido a la fricción y está en correspondencia con la intensidad, la duración del tratamiento, así como el tipo de emisión. (20) (21)

La ventaja principal frente a métodos térmicos no acústicos es que los tejidos con colágeno abundante, se calientan selectivamente mucho más rápido que la piel o el tejido graso. Dentro de estos tejidos ricos en colágeno se encuentran tendones, músculos, ligamentos, cápsulas articulares, meniscos, fascias musculares, raíces nerviosas, periostio y hueso cortical. (22)

Este efecto tiene mayor expresión en los límites hísticos, según la impedancia específica y la generación de calor resultante no es uniforme. Como la frecuencia de 3 MHz se expone a una absorción 3 veces mayor que la de 1 MHz, entonces, con 3 MHz, la temperatura del tejido se eleva 3 veces más rápido. Esto se puede compensar con el movimiento semiestacionario del cabezal. (23)

Algunos trabajos informan que elevaciones térmicas de 1 °C, sobre la temperatura base, estimulan el metabolismo y la reparación hística. Los incrementos de 2 a 3 °C alivian el dolor y el espasmo muscular, y los aumentos de 4 °C favorecen la extensibilidad del tejido colágeno y disminuyen la rigidez a nivel articular.

La elevación de la temperatura, a la vez que incrementa la elasticidad y calidad del colágeno sintetizado, permite una mejor movilidad de la cicatriz o tejido reparado. El incremento hasta 43 y 45 °C en tejidos profundos, induce cambios muy significativos desde el punto de vista circulatorio. Por encima de 3 °C de incremento, se elimina el espasmo muscular, se inhibe la función del uso muscular y se abren los canales linfáticos. (24)

Dentro de los fenómenos que se pueden describir, como derivados del efecto térmico del ultrasonido terapéutico, están:

- HIPEREMIA. Se produce un aumento de circulación sanguínea en la zona tratada, debido al efecto térmico y por la liberación de sustancias vasodilatadoras.
- ACTIVACIÓN DEL METABOLISMO LOCAL. Como consecuencia del calor y de la agitación, se favorece la activación del metabolismo. Se produce un aumento

de la permeabilidad de las membranas celulares. Lo anterior, junto al estímulo circulatorio, favorece los intercambios celulares y la reabsorción de líquidos y desechos metabólicos. Como consecuencia se obtiene un efecto antiinflamatorio y de reabsorción de edemas. Produce el estímulo de la fagocitosis, la de granulación de mastocitos, la activación de fibroblastos, y promueve la liberación de factor de crecimiento endógeno entre otras citoquinas.

Por ello, el ultrasonido no parece tener un efecto antiinflamatorio como tal, sino todo lo contrario lo que hace es activar el proceso inflamatorio y acelerar el curso de sus fases fisiológicas, que logra la recuperación más rápida del tejido lesionado. Los parámetros más útiles para activar este proceso se pueden denominar como tratamiento proinflamatorio. Se trata de ultrasonido pulsado al 20 %, a dosis de 0,5 W/cm² por 5 min, o ultrasonido continuo a dosis de 0,1 W/cm². Para el edema, es mejor utilizar la frecuencia de 3 MHz, a dosis de 1 a 1,5 W/cm².

- MODIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS COLOIDALES. Se produce una despolimerización o fragmentación de las moléculas grandes, de modo que disminuye la viscosidad del medio; esto es útil en afecciones que cursan con tejidos “empastados” y rígidos, con diferentes grados de microadherencias. Se presenta rotura de los tabiques de fibrosis responsables de la formación de los nódulos celulíticos. Este efecto, junto al anteriormente descrito (fluidificación del medio) son de particular interés en el tratamiento de los procesos fibróticos. (25)
- DISMINUYE LA EXCITABILIDAD NEUROMUSCULAR. El efecto de la temperatura logra la relajación del espasmo muscular y de la contractura refleja. Sobre los tejidos superficiales, los ultrasonidos aumentan la permeabilidad y de elasticidad, lo que favorece la penetración de sustancias farmacológicamente activas.

2.5. INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES PARA APLICACIÓN DEL ULTRASONIDO TERAPÉUTICO

2.5.1 INDICACIONES, CONTRAINDICACIONES Y PRECAUCIONES

INDICACIONES

- Musculatura contracturada
- Control del dolor
- Tenosinivitis

- Procesos de fibrosis capsulares y ligamentosas
- Cicatrices fibrosadas y adheridas
- Calcificaciones en tejidos blandos
- Fracturas oseas

CONTRAINDICACIONES

- En los tumores malignos
- En el embarazo (microcefalia, agenesis sacral, retardo en el crecimiento)
- En las prótesis totales o parciales con cemento, por ser un material que rápidamente se calienta.
- En presencia de marcapasos, por posibilidad de que se produzca un daño mecánico en el circuito.
- En tromboflebitis y trombosis venosa, en el primero porque el ultrasonido puede despegar o causar parcial ruptura de un trombo y en el segundo por la vasodilatación.
- En los ojos, porque se produce cavitación.
- Gónadas, porque el ultrasonido usado para rehabilitación puede afectar el desarrollo de los gametos.

PRECAUCIONES:

- Inflamación aguda, porque el calor puede exacerbar la inflamación aguda, causando incremento del dolor y edema.
- Placas epifisiarias, es controversial, algunos estudios refieren que el ultrasonido > de $3W/cm^2$ puede dañar las placas epifisiarias
- Fracturas, a bajas dosis acelera la reparación y formación del callo óseo, la aplicación de alta intensidad sobre la fractura generalmente causa dolor y puede afectar la formación de callo óseo.
- Implantes de mama, porque el calor puede incrementar la presión dentro del implante y causa ruptura.

3. CAPÍTULO 3: ELECTROTERAPIA DE BAJA Y MEDIANA FRECUENCIA EN LA TERAPIA COMBINADA

3.1. ELECTROTERAPIA DE BAJA FRECUENCIA

La electroterapia que tienen como característica principal tener frecuencias por debajo de 1 000 Hz. Estas modalidades terapéuticas son muy utilizadas en la práctica diaria. Aunque se pueden emplear como tratamiento único, generalmente se aplican en la terapia combinada.

Entre las corrientes que se utiliza en la terapia combinada tenemos: corriente tråbert, T.E.N.S y corriente diadinámicas

3.1.1 CORRIENTE DE TRÅBERT

La corriente de Tråbert (ultraexcitante o farádica ultraexcitante) es una forma especializada de estimulación eléctrica que está diseñada para reducir el dolor, que se utilizan para producir contracciones musculares o para introducir productos químicos en el interior del organismo. Este tipo de corriente fue descubierta por Tråbert, el cual se basó en una corriente galvánica, siendo interrumpida cada 5 ms con un estímulo rectangular de 2 ms y una frecuencia resultante de 142 Hz, adecuada para estimular fibras de contracción rápida. (26)

Dadas sus características físicas, el elemento galvánico de esta corriente es del 28,5 %, bastante importante como para generar cambios electroquímicos bajo los electrodos. Esto significa que pudiera tener valor para aplicar iontoforesis y, por ende, también se encuentra dentro de las modalidades de cuidado ante la posibilidad de quemaduras. En ambos casos depende de la correcta metodología de la aplicación. (Anexo 8)

3.1.1.1 EFECTOS Y TÉCNICAS DE APLICACIÓN DE CORRIENTE DE TRÅBERT

A) LOS EFECTOS DE LA CORRIENTE DE TRÅBERT SON:

– Contracciones musculares fugaces. Por esto también les llaman dinamogénicas o ultraexcitantes.

– El polo (–) favorece el trofismo y alcaliniza el medio; es muy adecuado para los procesos con bajo nivel inflamatorio y cantidad de catabolitos. El polo (+) reduce la actividad metabólica, coagula y reduce la hiperexcitabilidad de las terminaciones nerviosas generadoras de dolor.

– Estimulación de circulación sanguínea. Se produce estimulación directa y efecto Joule sobre la piel, mejora la circulación como consecuencia de la relajación muscular y por último a nivel segmentario se produce una influencia ortosimpática. Este proceso es más evidente en polo negativo (–).

– Reducción del dolor. Se plantea que es capaz de aumentar el umbral doloroso entre dos y cuatro veces, por estimulación de fibras nerviosas aferentes gruesas y bloqueo de la sensación dolorosa a nivel de la médula, a través del mecanismo de la “puerta de entrada”. (27) (28) Actúa, además, como un estímulo analgésico de contrairritación y vasodilatación regional, que estimula solo al componente sensitivo y no al componente motor.

A través de la aplicación se consigue relajación de músculos, alivio de tensiones de las inserciones tendinosas, aumenta la elasticidad del tejido conjuntivo de la zona y la fluidez del ambiente intersticial por calor o movilidad, etc. Los mejores resultados se alcanzan con la aplicación sucesiva de varios efectos terapéuticos, como vibraciones musculares o trenes de faradización. Esto se consigue al acoplar los beneficios de este tipo de corriente con alguna otra corriente o algún otro agente físico.

3.1.1.2 TÉCNICA DE APLICACIÓN.

Se utilizan varias técnicas para este tipo de corriente. De estas, las más empleadas en la práctica son las paravertebrales y las de abordaje de troncos nerviosos:

A) Técnica paravertebral. Para la corriente, según Träbert, se describieron cuatro métodos de colocación de los electrodos en la columna vertebral. Se debe emplear el método correspondiente antes de cualquier aplicación en los segmentos corporales:

- ✓ Método I (aplicación cervical). Se coloca el electrodo (–) proximal (C1-C2) y el electrodo (+) caudal (C6-D1). Se emplea en los tratamientos de la columna cervical. En caso de aplicar un tratamiento en los miembros superiores, se aplica primero la corriente en la columna cervical (segmento medular correspondiente al plexo braquial). (Anexo 9)

- ✓ Método II (aplicación dorsal). Se coloca el electrodo (+) proximal (parte alta de columna dorsal) y el electrodo (-) distal (parte media inferior de la columna dorsal) (Anexo 10)
- ✓ Método III (aplicación dorsolumbar). Se coloca el electrodo (+) proximal (parte inferior de la dorsal) y el electrodo (-) distal a nivel lumbar (Anexo 11)
- ✓ Método IV (aplicación lumbosacra). Se coloca el electrodo (+) en la región lumbar y el electrodo (-) en la región sacra. En caso de realizar un tratamiento a los dos miembros inferiores, una variante será colocar el electrodo (+) en la lumbar y utilizar dos electrodos negativos, uno encima de cada glúteo (Anexo 12)

B) Técnica longitudinal. Se aplica fundamentalmente en los miembros. El electrodo (+) ubicado de manera proximal y el electrodo (-) ubicado de manera distal. Siempre dentro del mismo segmento.

C) Técnica para abordajes de troncos nerviosos. Es similar a la anterior, pero en este caso el electrodo (+) ubicado a nivel de la emergencia de la raíz del nervio en cuestión y el electrodo (-) ubicado en algún lugar distal del recorrido del mismo nervio.

D) Técnica transregional. Diseñada específicamente para el trabajo en articulaciones. Ambos electrodos quedan contrapuestos, abarcando la articulación. Según la experiencia, no se aplica mucho este tipo de corriente con esta técnica por considerar otras modalidades físicas más efectivas.

E) Técnica sobre puntos dolorosos. En la práctica diaria, se comporta como la técnica para abordaje de nervios. Incluso, en el caso de un punto doloroso “gatillo” (trigger point) o de los que suelen tratarse en Medicina Tradicional China, lo que está establecido es colocar allí el electrodo (-), y el electrodo (+) quedaría en posición proximal.

3.1.1.3 TIPOS DE ELECTRODOS.

Generalmente se utilizan electrodos de 6 x 8 cm u 8 x 12 cm de intensidad. Es muy importante, para el éxito con esta corriente llegar a una intensidad elevada, hasta el nivel máximo de tolerancia y luego considerar que puede existir un fenómeno de acomodación, ante el cual se debe elevar discretamente la intensidad. La sensación que produce en el paciente debe ser de presión o aplastamiento. La sensación de compresión en la zona de aplicación ofrece un nivel de seguridad, de que la transmisión del impulso se lleva a cabo por fibras nerviosas gruesas.

En el caso de paciente con dolor agudo, el tratamiento de intensidades relativamente bajas (cosquilleo no desagradable) produce un mayor estímulo del mecanismo medular de analgesia a través del mecanismo de la puerta de entrada. Esto se debe a que esta corriente al tener una frecuencia mayor que 100 Hz, estimula directamente las fibras nerviosas gruesas mielinizadas, encargadas normalmente de la transmisión de sensación táctil y bloquea la transmisión de las fibras aferentes finas (responsables de la transmisión de la señal de dolor).

Duración de la sesión. Entre 15 y 20 min. Si se va a utilizar inversión de polaridad, hacerlo en la mitad de la sesión. No debe ser necesario aplicar más de cinco sesiones sin obtener resultados, generalmente se obtienen hacia la tercera sesión; en caso contrario hay que revisar una vez más el diagnóstico o utilizar otra estrategia de analgesia.

3.1.1.4 PRECAUCIONES.

Se observan las siguientes:

- Explicar al paciente la sensación de fatiga que puede provocar este tipo de corriente.
- Emplear esponjas gruesas y bien húmedas, debido a la presencia del componente galvánico de la corriente.
- Trabajar de manera muy cuidadosa al aumentar progresivamente la intensidad de la corriente, para no causar sensaciones desagradables al paciente.
- Evitar alcanzar el umbral doloroso.
- Tener en cuenta el resto de las precauciones descritas para la electroterapia.

3.1.1.5 INDICACIONES PARA APLICACIÓN DE CORRIENTE DE TRÄBERT

La indicación fundamental para la aplicación de la corriente de Träbert es el tratamiento del dolor, ya sea de tipo muscular, paravertebral o articular, el dolor derivado de contracturas o el dolor postraumático. Tiene especial efectividad en el tratamiento del dolor de tipo crónico, cuando se siguen de manera minuciosa los pasos en la técnica de aplicación, cuando la estructura lesionada es superficial o cuando se puede influir a través del dermatoma, en procesos radiculares crónicos o en troncos nerviosos específicos.

3.1.2 CORRIENTE TENS

La corriente TENS (transcutaneous electrical nerve stimulation) constituye una forma especializada de estimulación eléctrica, diseñada para reducir o tratar el dolor, a partir de una amplia gama de aplicaciones clínicas. El método de neuromodulación que respalda este tipo de aplicación se basa en la teoría de puerta-control (gate-control theory) de percepción del dolor, descrita por Melzack y Wall. (29)

Los impulsos dolorosos se transmiten a la médula espinal mediante fibras subcutáneas (delta), pequeñas o finas, desmielinizadas. Los TENS logran una hiperestimulación de fibras sensitivas gruesas. Se estimulan células T del cuerno posterior del asta dorsal de la médula espinal, a nivel de las láminas I y II; por esta estimulación se activa la sustancia gelatinosa, cuya actividad bloquea la transmisión sináptica de las fibras de pequeño diámetro a nivel medular. Como resultado queda la inhibición presináptica a nivel del propio segmento de la médula espinal o a nivel más alto.

Además, se produce una estimulación de las fibras C a nivel de los puntos “gatillos”, por cortos períodos. Esto causa estimulación de las neuronas descendentes y afecta la transmisión de información de dolor que viene de la periferia. Esta estimulación provoca la liberación de neurotransmisores en el tronco cerebral. Tiene más utilidad en el tratamiento del dolor agudo y sobre todo cuando está bien focalizado. (30) (31)

De esta manera, los dispositivos de TENS fueron diseñados para ser utilizados como estimulantes de las aferencias nerviosas, que proporcionan un alivio adecuado sin que se empleen procedimientos invasivos. Diversos estudios han mostrado que los estímulos TENS (Anexo 13) pueden provocar un efecto analgésico, al estimular la secreción de opiáceos endógenos. (32) (33)

Las corrientes TENS se presentan dentro del arsenal terapéutico de todos los equipos profesionales para electroestimulación y además por las características de su tecnología se han logrado llevar a equipos muy pequeños y portátiles (Anexo 14). Estos últimos son accionados por baterías y poseen dos o más canales. En algunos países, son actualmente las corrientes de terapia más distribuidas y de amplia aplicación en el domicilio. (34) (35)

3.1.2.1 METODOLOGÍA DE TRATAMIENTO CON LAS CORRIENTES TENS

Los pulsos eléctricos de la corriente TENS pueden ser de forma cuadrada, rectangular o espiculada, bipolares simétricos o asimétricos, con las fases balanceadas, de forma que

no exista un componente galvánico y evitar los efectos polares (cambios electroquímicos que se producen bajo los electrodos).

Para la utilización de las TENS, se emplean electrodos de superficie, colocados sobre la piel, se aplican estímulos de alta frecuencia y baja intensidad, que deben ser suficientes para producir parestesias, pero no sensación dolorosa o contracciones musculares.

3.1.2.2 TIPOS DE CORRIENTE TENS

A. CONVENCIONAL O HIGH RATE:

- ✓ Estimulación continua bifásica (rectangular, asimétrica, con pequeño componente espicular negativo. Predomina componente polar) (Anexo 15).
- ✓ Objetivos: estimulación de mecanorreceptores cutáneos, zona álgida (fibras gruesas).
- ✓ Frecuencia: 50 a 150 Hz.
- ✓ Duración de los impulsos: 0,04 a 0,02 ms.
- ✓ Intensidad: agradable, no contracción muscular.
- ✓ Electrodo: ánodo cátodo por arriba del nivel de la lesión o cátodo único proximal.

B. ACUPUNTURAL O LOW RATE:

- ✓ Dos modalidades: ambas favorables al tratamiento de procesos crónicos.
- ✓ Frecuencia: 1 a 4 Hz.
- ✓ Duración de los impulsos: 0,15 a 0,25 ms (no impulsos aislados, sino trenes cortos de 5 a 7 ms).
- ✓ Intensidad: alta contracción muscular rítmica con fondo parestésico.

C. BURTS (SALVAS O RÁFAGAS):

- ✓ Objetivos: válida en programas de estimulación.
- ✓ Frecuencia: 1 a 2 Hz.
- ✓ Duración de los impulsos: 0,1 a 0,2 ms (no impulsos aislados, sino trenes cortos de 5 a 7 ms).
- ✓ Intensidad: hasta la contracción muscular rítmica con fondo parestésico.

La acomodación que se puede producir durante la sesión hace que el tratamiento sea menos eficaz, de modo que se modulan todos los parámetros para evitar este fenómeno.

De los tipos de TENS el más aplicado en la práctica de la fisioterapia es TENS convencional, dentro del que se tienen dos tipos de corriente. Una de ellas denominada TENS bifásica simétrica que es la más frecuente y la TENS bifásica asimétrica. Ambas con gran utilidad en el campo del tratamiento del dolor. La estimulación del músculo se lleva a cabo a menudo, con corriente en forma de onda pulsada bifásica simétrica. Esta forma de onda tiene la característica de estar totalmente equilibrada (no hay componentes residuales de corriente directa), además de que la duración de fase especificada se aplica a ambas fases de pulso, lo cual dobla la cantidad de energía disponible en relación con la forma de onda de corriente pulsada asimétrica.

Para la estimulación convencional y modulada, al principio el tratamiento suele ser más prolongado, normalmente entre 30 y 60 min, aunque puede prolongarse hasta las 8 e incluso 24 h en casos de dolor sostenido. El tiempo de aplicación es menor (20 a 30 min) en las formas de estimulación motora para las que la tolerancia es menor. Las aplicaciones más breves (15 a 30 s) se realizan en los casos de hiperestimulación.

La primera sesión es orientadora y nunca indica el éxito o el fracaso de la estimulación, tras la cual ha de hacerse una valoración de los resultados obtenidos. En la mayoría de los protocolos, se recomiendan dos aplicaciones diarias, si son de corta duración o una sesión larga al día. Cuando la intensidad es mínima, aparece una sensación de hormigueo y pulsos pequeños de poca amplitud (conveniente para tratamientos de mediana o larga duración); si la intensidad es máxima, aparece una sensación de contracciones fibrilares, con pulsos de mayor amplitud y percepción de pequeñas contracciones musculares.

3.1.2.3 EN LA APLICACIÓN DE ESTAS CORRIENTES, LOS ELECTRODOS PUEDEN UBICARSE:

- ✓ Por debajo, encima o alrededor de la zona dolorosa.
- ✓ En el dermatoma correspondiente a la zona dolorosa.
- ✓ En los puntos “gatillos” de dolor.
- ✓ En puntos de acupuntura.
- ✓ En puntos motores.

3.1.3 CORRIENTES DIADINÁMICAS

Las corrientes diadinámicas o de Bernard son semi-sinusoidales de baja frecuencia a partir de la rectificación simple (50 Hz) o doble (100 Hz) de una corriente sinusoidal, aplicada en distintas modulaciones o combinaciones entre ambas frecuencias. (36) (37)

La posibilidad de contar con diferentes formas de corriente, combinadas entre sí, permite el abordaje efectivo del paciente con dolor, en estadios muy agudos, además de influir en el fenómeno inflamatorio y en los trastornos de tipo circulatorio. Por eso, son bastante utilizadas en los servicios de rehabilitación. Al igual que en los casos anteriormente señalados en este las corrientes diadinámicas tienen un dominio superficial que no penetra significativamente dentro del organismo.

3.1.3.1 TIPOS DE CORRIENTES DIADINÁMICAS

A. CORRIENTE DIADINÁMICA MODALIDAD MONOFÁSICA (MF).

Tiene parámetros fijos está compuesta de impulsos semi-sinusoidales con eliminación de la fase negativa. La frecuencia es de 50 Hz, el impulso puede ser, según el fabricante, de 6; 8, ó 10 ms (Anexo 16).

La corriente MF tiene una acción dinamogénica prolongada (sobre la sensibilidad, la motricidad, y el trofismo) produciendo efectos comparables al masaje del tejido conjuntivo. Se emplea fundamentalmente en combinación con otras modalidades de las diadinámicas.

Su principal indicación es el tratamiento del dolor, sobre todo en el dolor subagudo o crónico cuando el paciente es capaz de tolerar las discretas contracciones musculares que provoca en su aplicación.

B. CORRIENTE DIADINÁMICA MODALIDAD DIFÁSICA (DF) O LLAMADA BIFÁSICA RECTIFICADA.

Tiene una frecuencia de 100 Hz, y está compuesta de impulsos semi-sinusoidales de entre 6 y 10 ms, sin pausas (0 ms), con frecuencia de 100 Hz (Anexo 17).

Tiene una enérgica acción analgésica y relajante en las contracturas musculares reflejas, aunque su efecto es poco duradero. Produce una acción dinamogénica poco durable y una

inhibición precoz entre el primer y el segundo minutos. Activa los procesos de intercambio y estimula la circulación sanguínea. Planteada para el tratamiento de neuralgias, dolores crónicos, y para realizar bloqueos simpáticos.

C. CORRIENTE DIADINÁMICA MODULADA EN CORTOS PERÍODOS (CP).

Constituye una sucesión de las corrientes MF y DF, con duración de 1s cada una. Por este motivo, la frecuencia cambia entre 50 y 100 Hz (Anexo 18). Su componente galvánico es del 50 %, aunque se le puede agregar una base galvánica del 5 %.

D. CORRIENTE DIADINÁMICA MODULADA EN LARGOS PERÍODOS (LP).

Al igual que el caso anterior, la corriente diadinámica de largos períodos (LP), constituye una sucesión de las corrientes MF y DF. En este caso se combinan 5 s de corriente MF y 10 s de la corriente DF. (Anexo 19) Su componente galvánico es más difícil de determinar, aunque se le puede agregar una base galvánica del 5 %.

E. CORRIENTE DIADINÁMICA DE TIPO SOFT.

Se trata de un paso gradual entre 6 s de MF a DF y viceversa (Anexo 19).

Fuera de estos tipos descritos, se pueden incrementar los tipos de combinaciones en dependencia de los objetivos que se tengan. Dentro de la nomenclatura se puede encontrar el llamado ritmo sincopado, que vincula trenes de estimulación de 50 y 100 Hz, con un componente galvánico de solo el 16 %. Se encuentra también con una combinación de MF y pausa de 1s cada una; es el esquema recomendado si hay que realizar estimulación muscular con corrientes diadinámicas.

3.1.4 CORRIENTE DE ALTO VOLTAJE

Es una modalidad cuya experiencia práctica es relativamente nueva. Se ha incorporado gracias a la introducción de modernos equipos dentro de la red de salud.

Se caracteriza por la ocurrencia de una pareja de pulsos triangulares de muy breve duración, entre 0,2 y 7 μ s, con interfase de hasta 65 μ s, en trenes de 0,1 a 0,4 ms seguidos

de un largo intervalo de reposo, con frecuencias de 2 a 200 Hz casi siempre de 197 Hz (Anexo 21).

Se denomina de alto voltaje, porque el estímulo tiene una intensidad de más de 500 V entre 2 y 2,5 A. Sin embargo, la disminución que producen el resto de los parámetros físicos de la corriente, hace que el promedio de intensidad en la aplicación sea de 1,2 a 1,5 mA. Estas características físicas hacen la aplicación muy confortable y con ningún efecto térmico o químico agresivo en el tejido tratado.

La corriente galvánica pulsada de alto voltaje tiene gran variedad de aplicaciones fisiológicas. En los últimos 10 años, ha tenido éxito para el tratamiento de procesos dolorosos agudos y crónicos, así como en el caso de úlceras de larga evolución. (38)

3.2. ELECTROTERAPIA DE MEDIANA FRECUENCIA

3.2.1 DEFINICIÓN DE ELECTROTERAPIA DE MEDIA FRECUENCIA

Las corrientes de media frecuencia que habitualmente se utilizan en fisioterapia son denominadas corrientes interferenciales, o corrientes interferenciales de Nemec, (39) en memoria de su creador, el científico austriaco Ho Nemec. Se trata de corrientes alternas sinusoidales de media frecuencia (entre 1 000 y 10 000 Hz). Los equipos convencionales ofrecen corriente con frecuencias entre 2000 y 10 000, en dos circuitos eléctricos que se cruzan, se mezclan o interfieren entre sí, con la característica básica de que, entre ambos circuitos, tiene que haber una diferencia de frecuencias de ± 100 Hz.

Se generan dos corrientes sinusoidales a 4 000 Hz de frecuencia. Uno de los circuitos tiene frecuencia fija de 4 000 Hz, y otro circuito con frecuencia de 4 200 Hz, que al aplicarlos con dos electrodos ubicados en forma perpendicular y cuatro electrodos ubicados en forma cruzada, se produce una variación de la frecuencia entre 4 000 y 4 200 Hz (Anexo 22).

Dentro de las corrientes de mediana frecuencia que se utiliza en la aplicación de la terapia combinada tenemos a las corrientes interferenciales.

3.2.1.1 EFECTOS BIOFÍSICOS DE CORRIENTE DE MEDIA FRECUENCIA

Por sus propiedades físicas, las corrientes de media frecuencia brindan un grupo de ventajas frente a otras corrientes terapéuticas. (40) (41)

Para las corrientes de media frecuencia, la piel ofrece poca o ninguna resistencia a su paso por los tejidos. Casi sin percibir, la corriente alcanza niveles significativos en profundidad, y provoca una sensación muy confortable para el paciente.

Por otra parte, se trata de una corriente alterna sinusoidal, o sea bifásica, simétrica y, por tanto, apolar. Debido a esto, es nulo el riesgo de quemaduras, porque no se producen las reacciones descritas bajo los electrodos. Se convierte en una aplicación muy segura para el paciente.

Sin embargo, las corrientes de media frecuencia no tienen los efectos biológicos que se describieron en las corrientes de baja frecuencia, o sea, esa influencia analgésica, antiinflamatoria, reguladora de la circulación, relajante o tonificante muscular, y además estimulante del trofismo.

Es exactamente esto lo que se hace con el equipo de corrientes interferenciales: se combinan dos corrientes de más de 1 kHz y de la interacción, queda una diferencia de frecuencia equivalente a una baja frecuencia que luego produce los efectos biológicos que se necesitan.

Por todo esto, las corrientes interferenciales se han convertido en grandes aliadas para el fisioterapeuta. Es probable que sean las corrientes más aplicadas en un departamento de fisioterapia, por seguridad y el poco riesgo de provocar quemaduras y por su buena tolerancia para las edades límites de la vida.

3.2.1.2 EFECTOS BIOLÓGICOS DE CORRIENTE DE MEDIA FRECUENCIA

A.- DISMINUCIÓN DEL DOLOR

Cuando se aplica corriente interferencial, disminuye el dolor. Esta analgesia es una de las más efectivas dentro de la fisioterapia. Para esto se describen varios mecanismos que se consideran como directos, como son: (42) (43)

La estimulación directa de las fibras mielínicas aferentes de diámetro grueso. Se activa el mecanismo descrito según la teoría de la puerta de entrada de Melzack y Wall; donde la información sensitiva que viaja por fibras de calibre grueso que son fundamentalmente el tacto compite a nivel de la médula espinal, con la llegada de la sensación de dolor, que

viaja por fibras de pequeño calibre. La resultante es una disminución de la recepción de estímulos dolorosos. (44)

Por otra parte, en el momento en que se ubican los electrodos dentro del mismo segmento, se estimula el nervio periférico en la totalidad de sus componentes. La llegada del estímulo eléctrico al nervio produce un flujo de corriente en ambos sentidos; una parte de la corriente se desplaza hacia la médula espinal favoreciendo el mecanismo antes señalado de la puerta de entrada, pero otra parte del estímulo eléctrico, se desplaza hacia la periferia. Para el caso concreto de las fibras finas aferentes desmielinizadas, que transportan la información de dolor hacia la médula, la corriente que se desplaza hacia la periferia, en sentido antidrómico, genera una “interferencia” o un bloqueo directo del estímulo doloroso, se genera una frecuencia de batido, y la resultante es siempre una disminución de la intensidad del estímulo doloroso que llega a la médula.

Además, de los mecanismos anteriores, cuando se estimula el nervio, se normaliza el balance neurovegetativo del segmento, mediante descargas ortosimpáticas procedentes de la estimulación de las fibras mielínicas aferentes, en este caso ya no del nervio, sino propias del músculo o de la piel, lo que provoca aumento de la microcirculación y la relajación.

Estos tres mecanismos fundamentan la analgesia, cuando se trabaja con barridos de frecuencia por encima de los 100 Hz, en los que hay seguridad de estar influenciando solo el sector del sistema nervioso. Son muy útiles para tratamientos de pacientes en estado muy agudo.

B.- ACCIÓN ANTIINFLAMATORIA

La acción antiinflamatoria de las corrientes interferenciales se debe, fundamentalmente, a los cambios circulatorios que puede inducir. (45) (46)

En barridos de frecuencia entre 30 y 80 Hz, aparece un efecto de activación de la “bomba muscular”, que relaja zonas de espasmos y contracturas, lo que favorece la entrada de circulación y la salida de metabolitos de desecho, acumulados en los planos musculares y perimusculares. (47)

En barridos de frecuencia por debajo de 30 Hz, incluso muy bajas, se suman otros mecanismos de influencia directa sobre las fibras de la musculatura lisa vascular y

linfática. Además, activa o estimula tejido conectivo en el sentido de lograr un efecto de drenaje muy efectivo en derrames y edema intersticial. (48)

En el tratamiento fisioterapéutico de la enfermedad articular, Prentice, propone dirigir los esfuerzos con la electroterapia a eliminar los puntos “gatillo” que actúan como fuentes de dolor primarias o secundarias a una disfunción de la articulación. En segundo lugar, a impedir la transmisión de la sensación dolorosa al Sistema Nervioso Central por dos mecanismos, separadamente, o de forma combinada:

1. Bloqueo de los impulsos nociceptivos.
2. Liberación de opiáceos endógenos, encefalinas y β -endorfinas. (49)

Para conseguir estos efectos, se pueden emplear diferentes formas de electroterapia, pero generalmente, las más eficaces, son las TENS y las corrientes interferenciales.

C.- INFLUENCIA SOBRE EL MÚSCULO ESTRIADO

Las corrientes interferenciales sirven tanto para la relajación muscular como también son efectivas dentro de esquemas de reeducación y potenciación muscular. El efecto está relacionado con el barrido de frecuencias que se aplique.

En relación con la relajación muscular, el efecto de bombeo favorece la circulación y disminuye estados de espasmos y contracturas musculares. Específicamente con frecuencias bajas, se obtiene una sensación de vibración y se favorece mucho la relajación del músculo.

En la potenciación muscular, se plantea que la estimulación interferencial puede producir una contracción muscular más fuerte y significativamente más tolerable, que el estímulo de las corrientes de baja frecuencia. (50)

D.- FENÓMENO DE ACOMODACIÓN

Este es un efecto que se produce con mucha facilidad en este tipo de corriente, pero que hay que evitarlo, por lo que se modulan los parámetros de corriente. (51) (52)

De esta manera, es frecuente que se necesite subir gradualmente la intensidad para mantener el umbral de intensidad inicial de la sesión. En la práctica diaria, cada 2 min ya un paciente bien motivado le solicita subir la intensidad.

4. CAPITULO 4: APLICACIÓN DE LA TERAPIA COMBINADA

En la terapia combinada el cabezal del ultrasonido además de derivar las ondas ultrasónicas va actuar como un electrodo móvil para realizar esta acción se utiliza el equipo en CV (voltaje constante). En los equipos modernos, la terapia combinada solo permite CV bloqueando el modo CC. No está indicado el modo CC en la terapia combinada porque como es una aplicación dinámica, por momentos el área de contacto del cabezal de ultrasonido con la piel va a disminuir, lo que provocaría un aumento del voltaje y una sensación de choque eléctrico desagradable, cosa que se evita con el modo CV. Por otro lado, el modo CV va a permitir la búsqueda de las áreas hipersensibles. (1)

El paciente va a sentir un aumento de la intensidad de la corriente eléctrica (a pesar de que nosotros no aumentamos el voltaje ni el amperaje), debido a la menor resistencia cutánea encontrada. (1)

Una vez localizada el área hipersensible aprovechamos para aplicar el ultrasonido en el área tratada. De este modo logramos detectar las áreas con el nervio o la raíz lesionada (con neuropatía) y las vamos a estimular con corrientes y ultrasonido para provocar la regeneración del mismo sin dejar de lado efectos que tienen ambos tratamientos por separado (los efectos analgésicos de las corrientes de baja y mediana frecuencia, más los efectos térmicos y de micromasaje del ultrasonido). (1)

Se dice que la combinación de estímulos de ultrasonido y corrientes de baja o mediana frecuencia, va a dar un efecto mayor que el de los mismos estímulos por separado. (1)

Parece ser que el ultrasonido tiene un efecto sensibilizador sobre las fibras nerviosas. Cuando uno aplica terapia combinada, y se apaga solo el ultrasonido, disminuye la sensación de la corriente. Esto suele ocurrir en forma inmediata o tras un intervalo corto, debido a la adaptación de las fibras nerviosas. Por ello, es más útil la ubicación de las áreas hipersensibles de las fibras nerviosas, por ello es más útil la ubicación de las áreas hipersensibles o los puntos gatillo con terapia combinada, que con el método dinámico solo con electrodos (sin ultrasonido). (1)

4.1 LAS CORRIENTES ANALGESICAS MÁS UTILIZADAS EN COMBINACIÓN CON EL ULTRASONIDO

Puede utilizarse cualquiera de las corrientes analgésicas de baja y mediana frecuencia. Sin embargo, actualmente se sugieren dos de ellas: el alto voltaje y la corriente interferencial premodulada. (1)

Tanto el alto voltaje como la corriente interferencial no son desagradables y la interferencial no es muy desagradable porque es una corriente alterna sinusoidal ambos pueden ser toleradas cuando se ubican los puntos o áreas hipersensibles. Por otro lado, estas mismas características hacen que no tengan efectos tipo galvánico en el paciente. (1)

No se prefiere las corrientes diadinamicas y trabert porque son corrientes de pulsos más anchos, siendo mucho más desagradables para el paciente sobre todo a la hora de encontrar las aéreas de menos resistencia eléctrica. Además, tienen mayores efectos galvánicos, pudiendo tener efectos secundarios indeseables. (1)

No se prefiere el t.e.n.s porque se está buscando una mayor profundidad de acción que no lo da este tipo de corriente. (1)

4.1.1 TÉCNICA DE APLICACIÓN DE LA TERAPIA COMBINADA:

- Se requiere un equipo específico para terapia combinada, el cual incluye las posibilidades de electroterapia y, además, las posibilidades de ultrasonido. (4)
- Se programa el equipo en el modo de terapia combinada. (4)
- Se programan los parámetros de tratamiento de la corriente que se pretende combinar. (4)
- Generalmente, se utiliza la corriente interferencial o una corriente analgésica de baja frecuencia de tipo bifásica (TENS). Se programan los parámetros del ultrasonido. (4)
- El electrodo activo de carga (–) o cátodo queda ubicado en la cabeza de tratamiento del ultrasonido y se aplica en la zona objeto de tratamiento. El cabezal se desplaza por el área de dolor realizando rotación a la vez que desplazamiento. En esta técnica, el movimiento constante del cabezal es importante para no producir concentraciones de corriente; solo está indicado el tratamiento estático cuando se está sobre un punto gatillo y se quiere influir sobre este. (4)

- El electrodo indiferente de carga (+) se establece en la parte (+) del cable del canal 2 del equipo correspondiente, mientras el segmento (–) del cable queda anulado durante el tratamiento. La ubicación de este electrodo indiferente será en un sitio cercano a la zona de lesión que se tratará. Si se utiliza una corriente apolar, la ubicación puede ser proximal o distal al sitio de lesión. Siempre se debe procurar mantenerse dentro de un mismo dermatoma, para lograr el efecto analgésico más efectivo (Anexo 23). (4)
- Se aplica un poco más de medio de contacto que de costumbre, teniendo en cuenta que se tiene un área de exploración más grande, al menos en las primeras sesiones. (4)
- Para localizar puntos superficiales, el electrodo indiferente se ubica en el mismo plano que el activo, en el dermatoma correspondiente. Para localizar puntos más profundos, el electrodo indiferente se ubica en posición opuesta al activo. (4)
- Tanto la intensidad de la corriente como la del ultrasonido al comienzo de la sesión, debe ser bien baja, para ganar la confianza del paciente, así como para que permita una exploración sin sorpresas desagradables. El ultrasonido se desplazará por la zona del dolor. Se ubica un límite bajo de intensidad de la corriente y se hace una exploración por el área, en busca de sitios de hiperalgesia, vinculados directa e indirectamente a la lesión. (4)
- Lo habitual es que rápidamente se encuentren uno o más lugares de hipersensibilidad, que se relacionan con la molestia expresada por el paciente, o en áreas en las que se detectaron problemas durante el examen físico. (4)
- La intensidad de la corriente debe ser ajustada en un área hiperestésica que sirva como referencia, se le pide al paciente tolerar la máxima intensidad posible, sin que llegue a ser molesta o dolorosa. A este nivel, cuando se pasa el cabezal desde un área de hipersensibilidad hacia un área de silencio la sensación que percibe el paciente es de disminución de la intensidad y viceversa. (4)
- Se puede disminuir o elevar la intensidad durante el tratamiento y generalmente se tolerará cada vez, mayor intensidad. (4)
- El nivel de intensidad del ultrasonido, el modo de emisión y la frecuencia de tratamiento, se manejan de manera similar a como se ha explicado anteriormente. Los parámetros hay que cambiarlos de manera dinámica, a medida que evoluciona el paciente. Si se desatiende esta área y durante 10 sesiones se mantienen los

- parámetros ultrasónicos gentiles de un inicio, se perderá una gran oportunidad de influir positivamente en la evolución del paciente. (4)
- Durante el tratamiento hay que atender cuidadosamente cada reacción del paciente; hay que tener en cuenta las reacciones individuales, aprender a descartar un gesto, una expresión que manifiesta dolor. En cada caso se consulta si se necesita variar la intensidad, si se tolera más, o si se tiene que bajar. (4)
 - Es muy frecuente que el punto o los puntos iniciales de hiperestesia se anulen poco a poco en el curso de los días. En la misma medida que se aumente el nivel de intensidad de corriente y se harán más fuertes los parámetros de ultrasonido, hay que mantener el esquema inicial de exploración del área. Generalmente se trata de puntos “gatillos” o contracturas localizadas más alejadas de la zona primaria de lesión, que corresponden a fenómenos de compensación del organismo, a veces ni el mismo paciente se ha percatado de esto. (4)
 - La aplicación de terapia combinada produce hiperemia, pseudoanestesia y relajación muscular. Es importante tener cuidado con las corrientes con componente galvánico, y se debe poner el equipo siempre en el modo de voltaje constante (VC). (4)
 - Además, es necesario mantener suficiente espacio entre el electrodo indiferente y el cabezal de ultrasonido. Si hubiera poco espacio, el equipo podría generar un aviso de error. (4)
 - Para conseguir una buena conductividad de la terapia de estimulación y la terapia de ultrasonidos, se debe usar un gel adecuado para la buena conducción ultrasónica y eléctrica. (4)
 - Si el cabezal de ultrasonidos se levanta de la piel durante el tratamiento, la corriente estimulante, automáticamente será reducida a 0 mA; así se asegura que ambos modos de terapia de ultrasonidos y corrientes siempre se apliquen de manera simultánea. Tan pronto como el cabezal de ultrasonido entra en contacto adecuado y suficiente, las corrientes estimulantes también se elevarán automáticamente en su intensidad. (4)
 - Las indicaciones de la terapia combinada corresponden a las indicaciones de las corrientes de baja y media frecuencia. Las contraindicaciones son las mismas que las de las corrientes de baja y media frecuencia, además de las expuestas para los ultrasonidos. (4)

CONCLUSIONES

1. Se puede concluir que todo manejo de la terapia combinada debe ser relacionado con el constante voltaje y corriente, asimismo decidir por una u otra opción no se puede depender de la memoria, tiene que elegirse de acuerdo a las nociones claras sobre sus efectos sobre el paciente y así se relaciona con la ley de Ohm en referencia al dolor musculoesquelético.
2. Por lo tanto, para saber el manejo de la terapia combinada es fundamental saber el uso del ultrasonido, así como los efectos mecánicos, térmicos y biológicos, por ende, el uso de la terapia combinada es muy efectivo para el tratamiento del dolor musculoesquelético, también como diagnóstico primordial en detectar puntos gatillos en el dolor musculoesquelético.
3. Por ende, para saber el manejo de la terapia combinada se debe conocer los efectos fisiológicos y la metodología de cada corriente en los tipos de corrientes de baja y mediana frecuencia, Además, se debe dominar los efectos biofísicos y biológicos para un uso apropiado de la terapia combinada para poder tratar a un paciente con una lesión.
4. Para finalizar, el conocimiento de la anatomía y fisiología del cuerpo humano es esencial para la aplicación de la terapia combinada debido que la combinación de estímulos de ultrasonido y corrientes de baja o mediana frecuencia, va atribuir un efecto mayor que el de los mismos estímulos por separado con la finalidad de poder tratar el dolor musculoesquelético y puntos gatillos.

RECOMENDACIONES

1. Para un correcto manejo de la terapia combinada se debe conocer que la corriente y voltaje constante varían según el lugar donde vamos aplicar por el comportamiento bioeléctrico del paciente cuando cambia durante la sesión y así podemos evitar quemaduras por ende es recomendable dominar la Ley de Ohm la cual está relaciona la intensidad y el voltaje.
2. En la terapia combinada se debe comprender que el ultrasonido tiene el efecto mecánico, siendo el primer efecto que se produce al aplicar el ultrasonido terapéutico y el efecto térmico eleva la temperatura de una manera localizada por eso en la terapia combinada se modifica los parámetros con el propósito de una pronta recuperación.
3. En la terapia combinada las corrientes de baja y mediana frecuencia siempre se modifican según los efectos y acciones para poder llegar a tener una pronta recuperación del paciente según cada lesión musculoesquelético que se presenta, ya sea para un tratamiento de dolor agudo o dolor crónico en diferentes pacientes.
4. Para un correcto manejo de la terapia combinada se debe saber que la anatomía y la fisiología del cuerpo es fundamental para que la combinación de estímulos de ultrasonido y corrientes de baja o mediana frecuencia va a dar un resultado mayor que el de los mismos estímulos por separado para así poder encontrar un adecuado tratamiento para una lesión musculoesquelético.

BIBLIOGRAFÍA

1. Nakazato Nakamine T. Terapia Combinada: Ultrasonido Con Corrientes De Baja O Mediana Frecuencia. En: Nakazato Nakamine T, Alarcon Salvador R, Editores. Manual De Tratamiento Del Dolor Musculoesquelético Con Electroterapia De Corriente De Alta Frecuencia. 1 Ed. Lima: Cedomuh; 2005. P. 101-17
2. Corriente Eléctrica [Internet]. [cited 2019 Oct 25]. Available from: <https://www.fiscalab.com/apartado/movimiento-de-cargas#contenidos>
3. Corriente constante y voltaje constante [Internet]. [cited 2019 Oct 25]. Available from: <http://www.electroterapia.com/cc-vc.php>
4. Martin Cordero J. Ultrasonido Terapéutico. En: Marín Cordero J. Agentes Físicos Terapéuticos. 1ed. La Habana: Ciencias Médicas; 2008. P. 208-36
5. Plaja J. Analgesia Por Medios Físicos. 1 Ed. Madrid: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA; 2003
6. Artica Aguirre K. Ultrasonido. En: Nakazato Nakamine T, Alarcon Salvador R, Editores. Manual De Tratamiento Del Dolor Musculoesquelético Con Electroterapia De Corriente De Alta Frecuencia. 1 Ed. Lima: Cedomuh; 2005. P. 69-85
7. Hoogland R. Efectos biofísicos del US. Manual de terapia ultrasónica. Holland: Enraf Nonius Delt; 1986. p. 14-7.
8. Johns LD. Nonthermal Effects of Therapeutic Ultrasound: The Frequency Resonance Hypothesis. J Athl Train. 2002; 37(3):293-9.
9. Baker KG, Robertson VJ, Duck FA. A review of therapeutic ultrasound: biophysical effects. Phys Ther. 2001; 81:1351-8
10. Draper D, Prentice W. Therapeutic ultrasound. En: Prentice W, editor. Therapeutic Modalities for Physical therapists. New York: McGraw-Hill, 2001; p. 288.
11. Rioja Toro J, González Rebollo A, Romo Monje M, Cantalapiedra Puentes E. Tratamiento combinado de la fascitis plantar crónica en el adulto de edad superior a los 50 años. Rehabilitación (Madr). 1 de enero de 2001; 35(2):90-4.

12. Plaja J. El Médico Rehabilitador ante el paciente con dolor crónico. En: Salvador S, et al., eds. Dolor Neurógeno en Rehabilitación. Madrid: Entheos; 2002. P.213-21.
13. Doan N, Reher P, Meghji S, Harris M. In vitro effects of therapeutic ultrasound on cell proliferation, protein synthesis, and cytokine production by human fibroblasts, osteoblasts, and monocytes. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 1 de abril de 1999; 57(4):409-19.
14. Gnats Steve M. Dolor agudo. En: Susan J. Garrison, Manual de Medicina Física y Rehabilitación, 2nd ed. McGRAW-HILL. Interamericana, 2005; Cap. 2, Pp. 10-23.
15. Michlovitz S. Termal Agents in Rehabilitation. 3ª ed. Philadelphia: F.A. Davis; 1996.
16. Draper DO, Schulthies S, Sorvisto P, Hautala A-M. Temperature Changes in Deep Muscles of Humans During Ice and Ultrasound Therapies: An In Vivo Study. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1 de marzo de 1995; 21(3):153-7.
17. Draper DO, Castel JC, Castel D. Rate of Temperature Increase in Human Muscle During 1 MHz and 3 MHz Continuous Ultrasound. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1 de octubre de 1995; 22(4):142-50.
18. Ashton DF, Draper DO, Myrer JW. Temperature Rise in Human Muscle During Ultrasound Treatments Using Flex-All as a Coupling Agent. *J Athl Train*. 1998; 33(2):136-40.
19. Chan AK, Myrer JW, Measom GJ, Draper DO. Temperature Changes in Human Patellar Tendon in Response to Therapeutic Ultrasound. *J Athl Train*. 1998; 33(2):130-5.
20. Bishop S, Draper DO, Knight KL, Brent Feland J, Eggett D. Human Tissue-Temperature Rise During Ultrasound Treatments With the Aquaflex Gel Pad. *J Athl Train*. 2004; 39(2):126-31.
21. Merrick MA, Mihalyov MR, Roethemeier JL, Cordova ML, Ingersoll CD. A Comparison of Intramuscular Temperatures During Ultrasound Treatments With Coupling Gel or Gel Pads. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1 de mayo de 2002; 32(5):216-20.
22. Draper DO, Sunderland S. Examination Of The Law Of Grotthus-Draper: Does Ultrasound Penetrate Subcutaneous Fat In Humans? *J Athl Train*. 1993; 28(3):246-50.

23. Draper DO, Kahanov L, Prentice WE. Therapeutic Ultrasound. En: Prentice WE. Therapeutic Modalities in Rehabilitation, 3ª ed. McGraw-Hill, 2005; Cap 12, Pp. 361-406.
24. Fernández Cervantes R, Patiño Núñez S, Martínez Rodríguez A, Viñas Diz S, Paseiro Ares G, Barcia Seoane M. Analgesia por medios físicos en la patología de la ATM. Fisioterapia. enero de 2003; 25(5):293-305.
25. Crumley M, Nowak P, and Merrick M. Do ultrasound, active warm-up and passive motion differ on their ability to cause temperature and range of motion changes? J Athl Train.2001;36(4):92-95
26. Rodríguez Martín JM. Terapia Analgésica por Corrientes Variables. Técnica de Estimulación Nerviosa Transcutánea Sensitiva y Motora, En su: Electroterapia en Fisioterapia. 2 ed. Editorial Médica Panamericana, 2000. p. 245-95.
27. Capote Cabrera, A. López, Yal. Bravo Acosta, T.: Unidad temática VI. Electroterapia de baja y media frecuencia, en su: Agentes Físicos. Terapia Física y Rehabilitación, 1ra edición. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2006. p. 155-220
28. Ghoname ES, Craig WF, White PF, Ahmed HE, Hamza MA, Gajraj NM, et al. The effect of stimulus frequency on the analgesic response to percutaneous electrical nerve stimulation in patients with chronic low back pain. Anesth Analg. Abril de 1999; 88(4):841-6.
29. Melzack R, Wall PD. Pain Mechanisms: A New Theory. Science. 19 de noviembre de 1965; 150(3699):971-9.
30. Spaich EG, Tabernig CB. Estimulación eléctrica y espasticidad: una revisión. Rehabilitación. enero de 2002; 36(3):162-6.
31. Khan J. Principios y práctica de electroterapia. Barcelona: Editorial JIMS; 1991.
32. Andersson SA, Hansson G, Holmgren E, Renberg O. Evaluation of the Pain Suppressive Effect of Different Frequencies of Peripheral Electrical Stimulation in Chronic Pain Conditions. Acta Orthopaedica Scandinavica. 1 de enero de 1976; 47(2):149-57.
33. Mayer DJ, Price DD. In: Snyder-Mackper L, Robinson A, editor(s). Clinical Electrophysiology, Electrotherapy and Electrophysiologic Testing. 1st Edition. Baltimore, MD: Williams & Wilkins; 1989

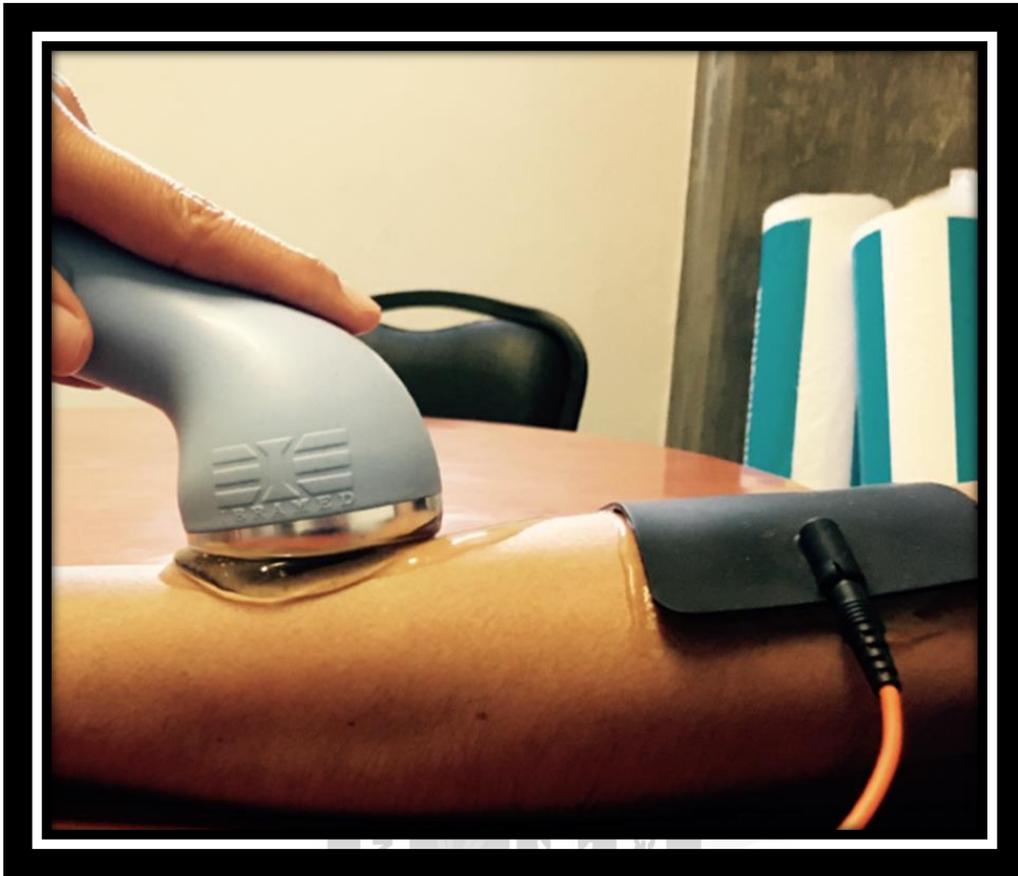
34. Béseler, M.R., et al. Empleo de TENS en el Ambito Domiciliario. *Rehabilitación* (Madrid) 1999; 33(4):243-8.
35. McLachlan. JC. Transcutaneous electrical nerve stimulation. *Lancet.*, 1991. p. 337-42.
36. Kloth LC, et al. *Wound Healing. Alternatives in Management.* FA Davis Co, Philadelphia PA, 1990. p. 2-45.
37. Rodríguez Martín JM. Diadinámicas o Moduladas de Bernard, En su: *Electroterapia en Fisioterapia.* 2ª ed. Editorial Médica Panamericana, 2004. p. 299-315.
38. Whelton A, Hamilton CW. Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drugs: Effects on Kidney Function. *The Journal of Clinical Pharmacology.* 1991; 31(7):588-98.
39. Haarer Becker R y Schoer D. Electroterapia. En su: *Manual de Técnicas de Fisioterapia. Aplicación en Traumatología y Ortopedia,* Editorial Paidotribo, 2001, p. 112-4.
40. Eriksen BC. Painful bladder disease in women: effect of maximal electric pelvic floor stimulation. *Neurol. Urodyn.* 1989;(8):362-3
41. De Domenico G. Pain Relief with interferential therapy. *The Australian Journal of Physiotherapy* 1982; 28(3):14-8
42. Schmitz R. The effects of interferential current on perceived pain and serum cortisol in delayed onset muscle soreness model. *Journal of Athletic Training.* 1994;29(2):171
43. Van Poppel H. Interferential therapy for detrusor hyperreflexia in multiple sclerosis. *Urology* 1985;25(6):607-12
44. Malezic M, Hesse S. Restoration of gait by functional electrical stimulation in paraplegic patient: A modified programme of treatment, *paraplegia* 1995; 33(3):126-31
45. Nussbaum E. The effects of interferential therapy on peripheral blood flor. *Physiotherapy* 1990; 76(12):803-7.
46. Ganne J. Stimulation of bone healing with interferential therapy. *The Australian Journal of Physiotherapy* 1988;34(1):9-20
47. Shamus E, Wilson SH. The physiologic effects of the therapeutic modalities intervention on the body systems. En: *Prentice WE, Therapeutic Modalities in Rehabilitation,* 3ª ed. McGraw-Hill, 2005; Cap 19, p. 551-68.

48. Cook H, et al. Effect of electrical stimulation on lymphatic flow and limb volume in the rat, *Phys. Ther.* 1994; 74:1040-6
49. Hooker DN. Electrical stimulating currents, En: Prentice WE, *Therapeutic Modalities in Rehabilitation*, 3ª ed. McGraw-Hill, 2005; Cap 6, pp. 104-47
50. Rioja J et al. Corrientes alternas de media frecuencia, en su: *Electroterapia y electrodiagnóstico*. Ed. Universidad de Valladolid, 1993, Capítulo VIII. p. 101-12
51. Bower WF, Moore KH, Adams RD, Shepherd R. A urodynamic study of surface neuromodulation versus sham in detrusor instability and sensory urgency. *J Urol* 1998 Dec; 160(6 Pt 1):2133-6.
52. Palmer ST, Martin DJ, Steedman WM, Ravey J. Alteration of interferential current and transcutaneous electrical nerve stimulation frequency: Effects on nerve excitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. Septiembre de 1999; 80(9):1065-71.



ANEXOS

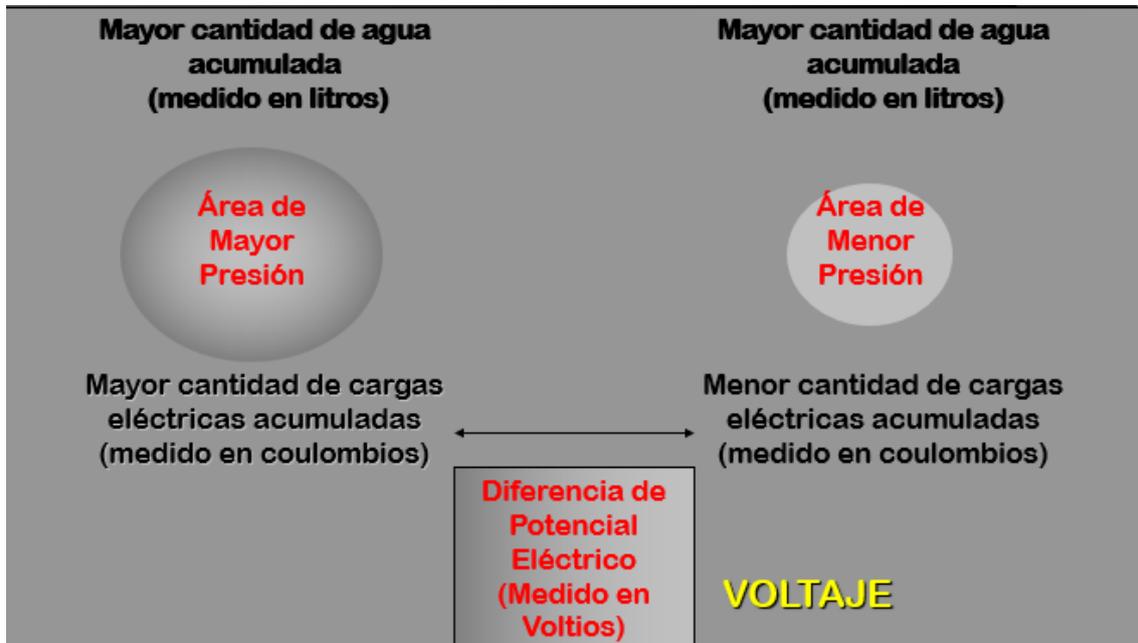
Anexo 1: Terapia combinada



Terapia Combinada como medio diagnóstico y tratamiento.

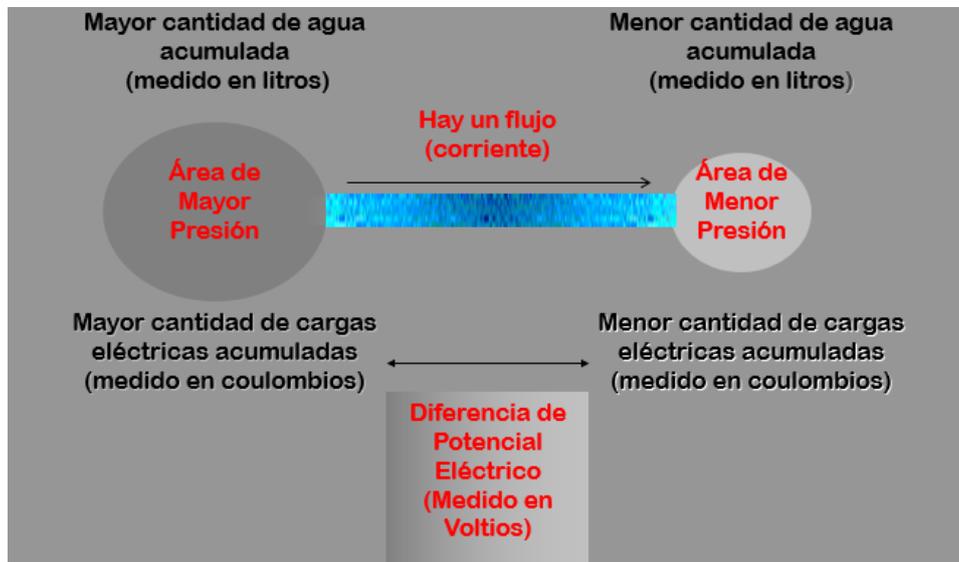
Referencia: <https://kinnov.com.mx/blog/terapia-combinada>

Anexo 2: Diferencia del potencial eléctrico



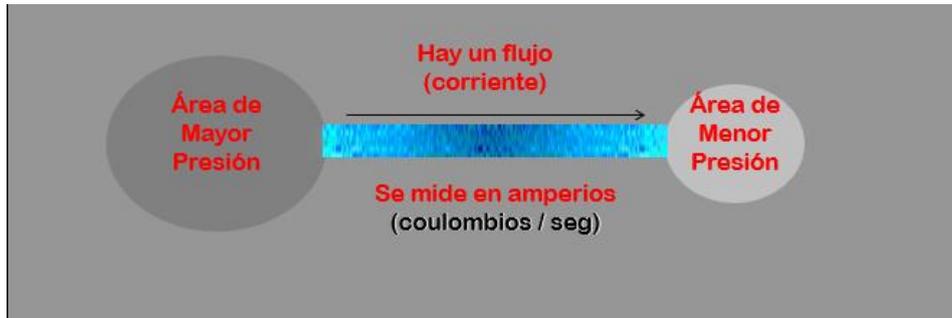
Referencia: Nakazato Nakamine T. Terapia Combinada: Ultrasonido Con Corrientes De Baja O Mediana Frecuencia. En: Nakazato Nakamine T, Alarcon Salvador R, Editores. Manual De Tratamiento Del Dolor Musculoesquelético Con Electroterapia De Corriente De Alta Frecuencia. 1 Ed. Lima: Cedomuh; 2005. P. 101-17

Anexo 3: Flujo de corriente

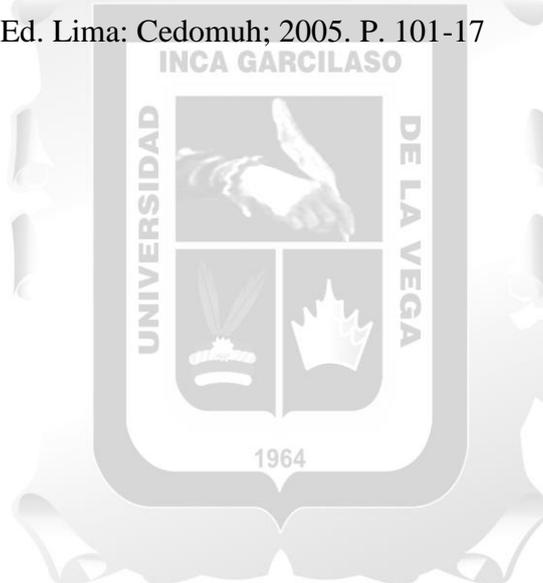


Referencia: Nakazato Nakamine T. Terapia Combinada: Ultrasonido Con Corrientes De Baja O Mediana Frecuencia. En: Nakazato Nakamine T, Alarcon Salvador R, Editores. Manual De Tratamiento Del Dolor Musculoesquelético Con Electroterapia De Corriente De Alta Frecuencia. 1 Ed. Lima: Cedomuh; 2005. P. 101-17

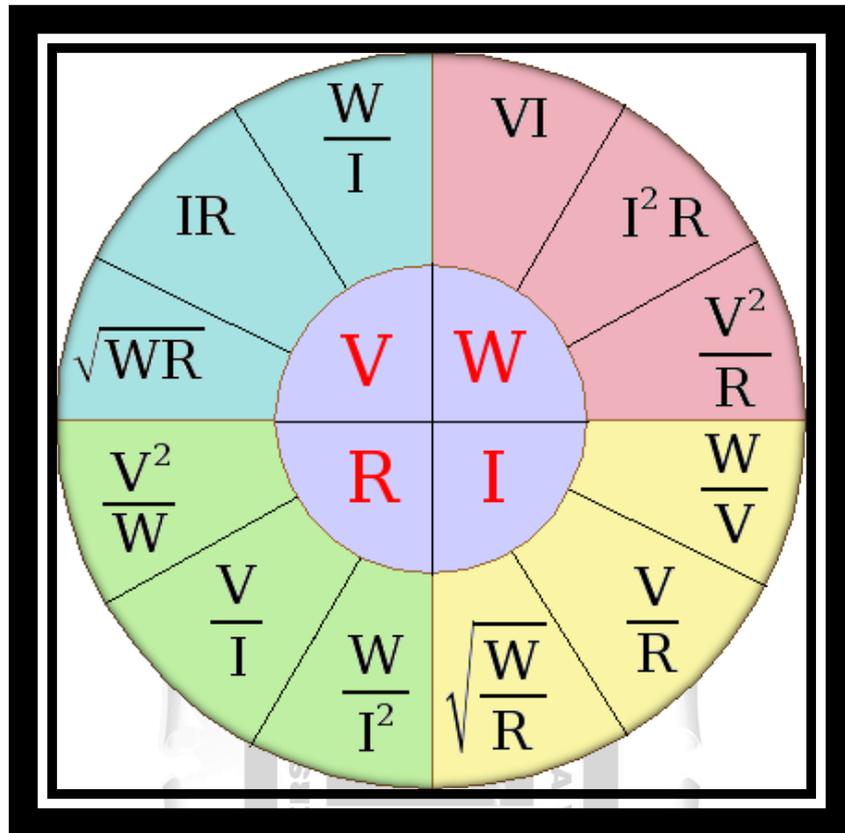
Anexo 4: Unidad de medida de la corriente eléctrica



Referencia: Nakazato Nakamine T. Terapia Combinada: Ultrasonido Con Corrientes De Baja O Mediana Frecuencia. En: Nakazato Nakamine T, Alarcon Salvador R, Editores. Manual De Tratamiento Del Dolor Musculoesquelético Con Electroterapia De Corriente De Alta Frecuencia. 1 Ed. Lima: Cedomuh; 2005. P. 101-17



Anexo 5: La Corriente Constante y El Voltaje Constante

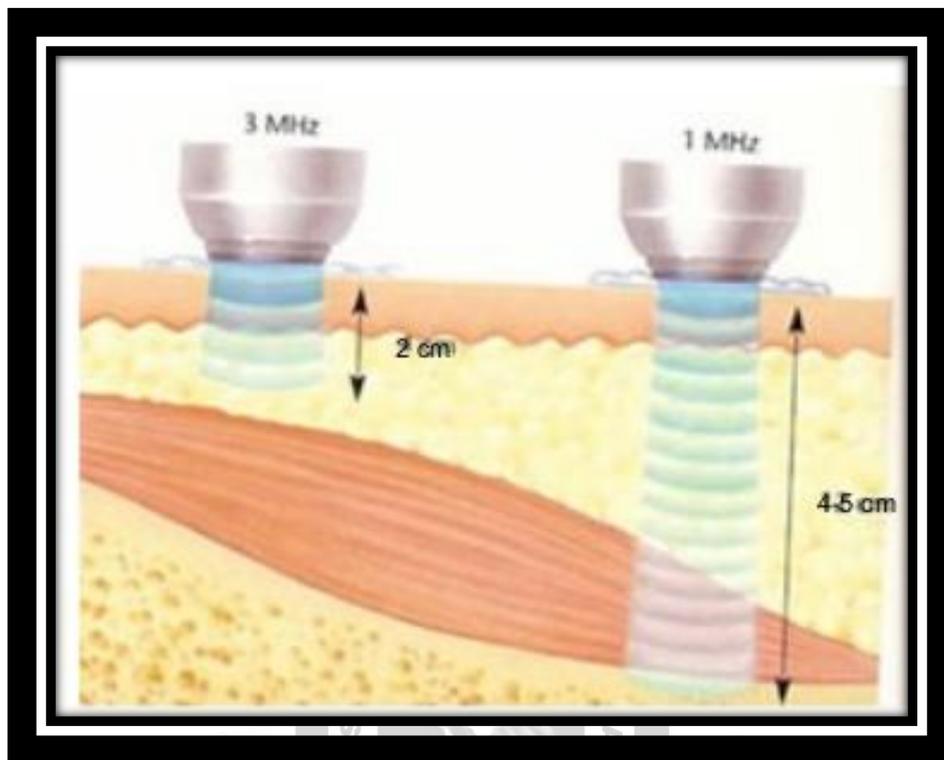


Leyes de Ohm y de Joule

Referencia: Leyes de la electrónica – Electrónica Práctica Aplicada [Internet]. [Citado 26 de octubre de 2019]. Disponible en:

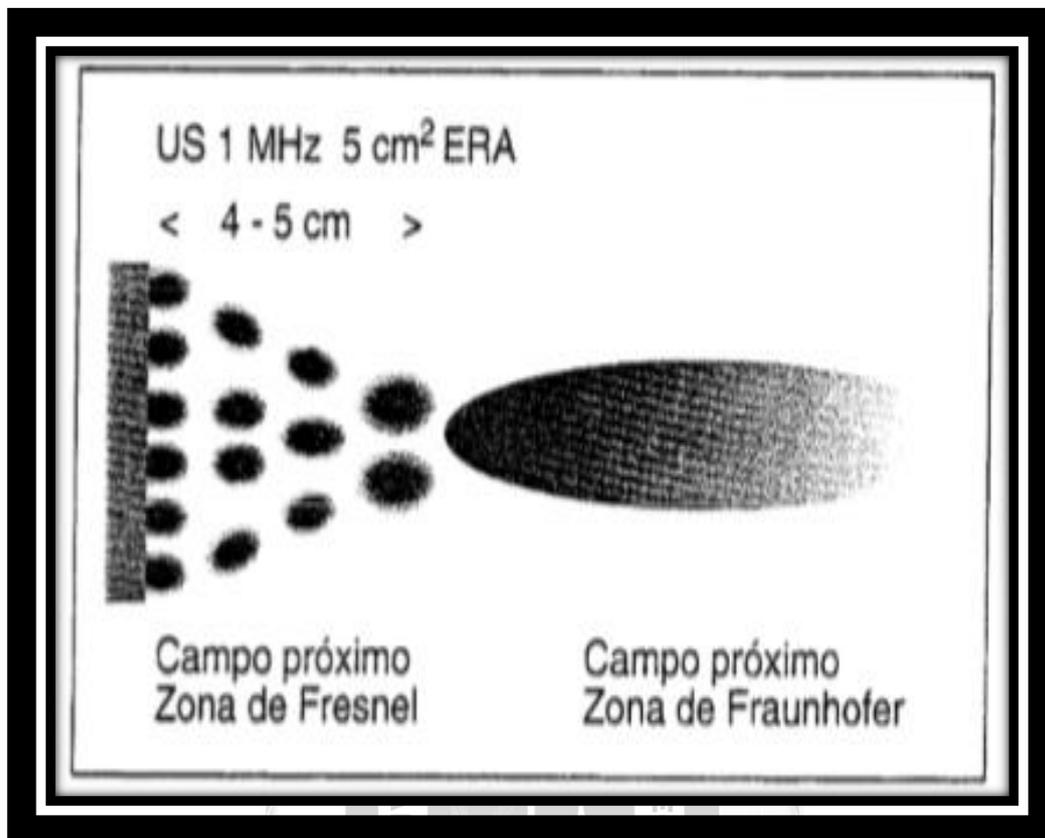
<https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/leyes-de-la-electronica>

Anexo 6: Transductor o cabezal



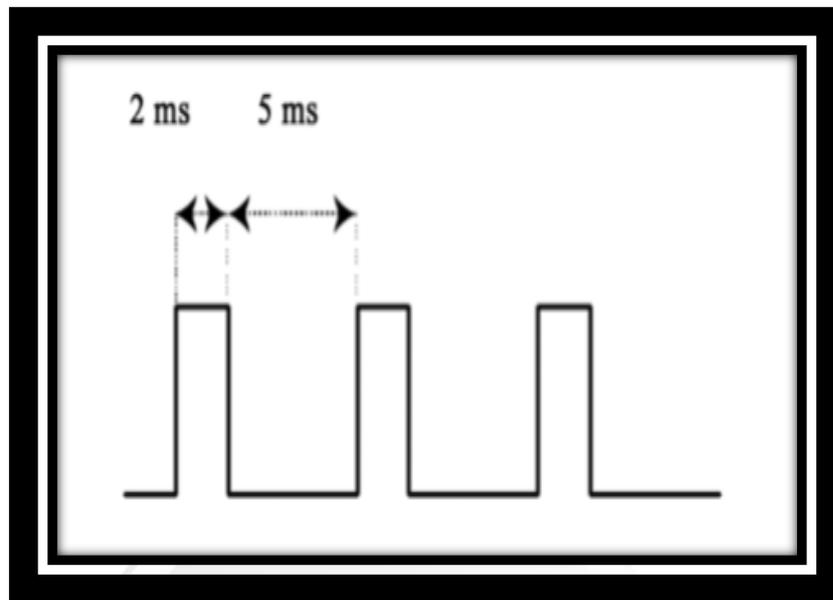
Referencia: Ultrasonido 3 Mhz Celulitis Adiposidad Cavitador Cert. Anmat [Internet]. mebuscar. [Citado 26 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://ar.mebuscar.com/produto/cavitador-por-ultrasonido-de-3-mhz-dermatologia-ccert-anmat-en-saavedra> MLA616291510

Anexo 7: Características del haz ultrasónico



Referencia: Isabel Carrión. Ultrasonido [Internet]. Saúde e medicina presentada en; 06:09:39 UTC [citado 26 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://pt.slideshare.net/viconepg/ultrasonido-12190781/2>

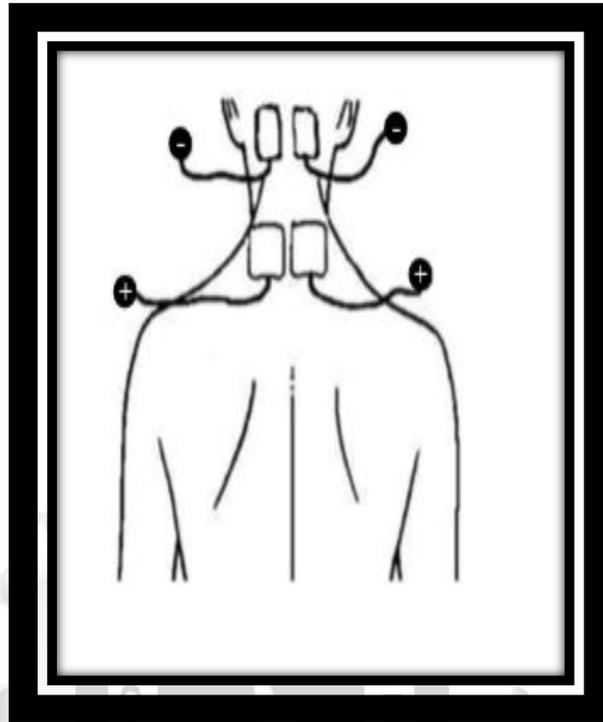
Anexo 8: Grafica de la corriente Träbert



Esquema de la corriente de Träbert. Se trata de una corriente monofásica con impulso cuadrangular.

Referencia: Martín J. Electroterapia De Baja Frecuencia. En: Agentes Físicos Terapéuticos. La Habana, Ciencias Médicas; 2008. Pp. 300-22

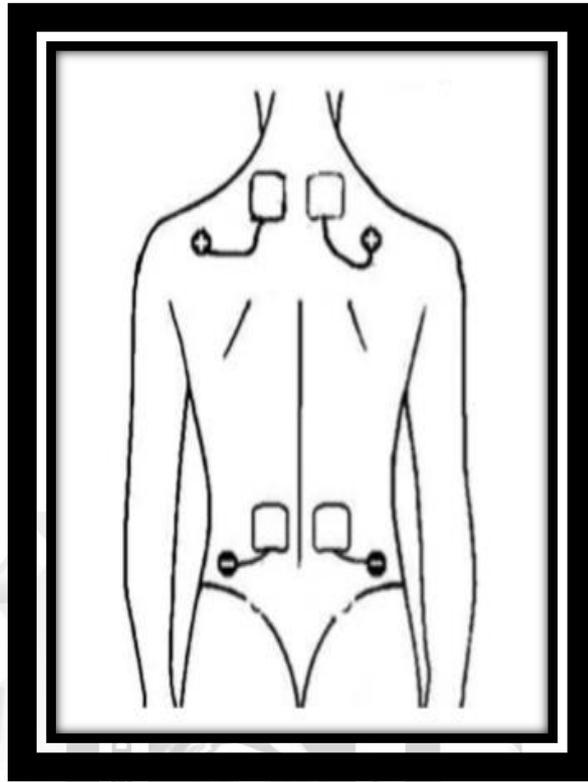
Anexo 9: Metodo de aplicacion cervical



Corriente Träbert

Referencia: Martín J. Electroterapia De Baja Frecuencia. En: Agentes Físicos Terapéuticos. La Habana, Ciencias Médicas; 2008. Pp. 300-22

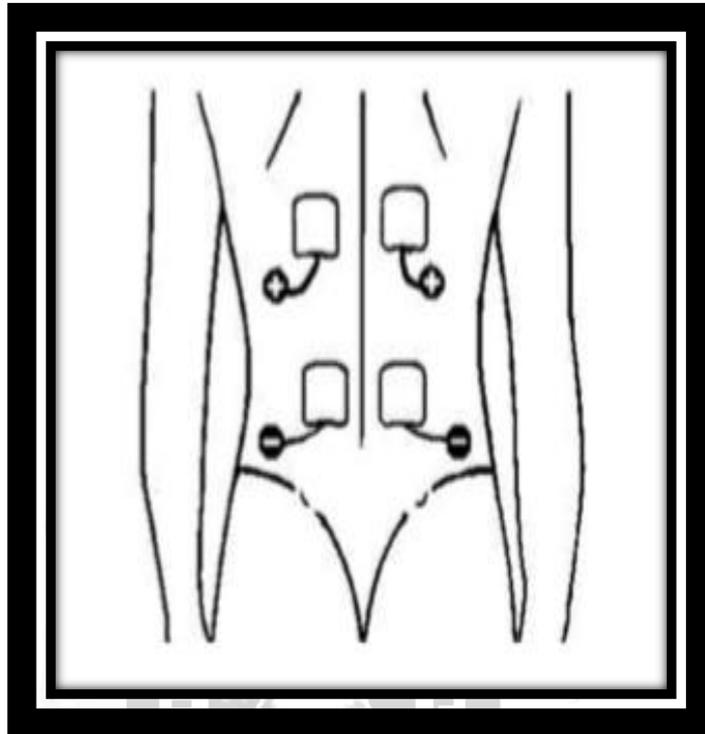
Anexo 10: Metodo de aplicacion dorsal



Corriente Träbert

Referencia: Martin J. Electroterapia De Baja Frecuencia. En: Agentes Físicos Terapéuticos. La Habana, Ciencias Médicas; 2008. Pp. 300-2.

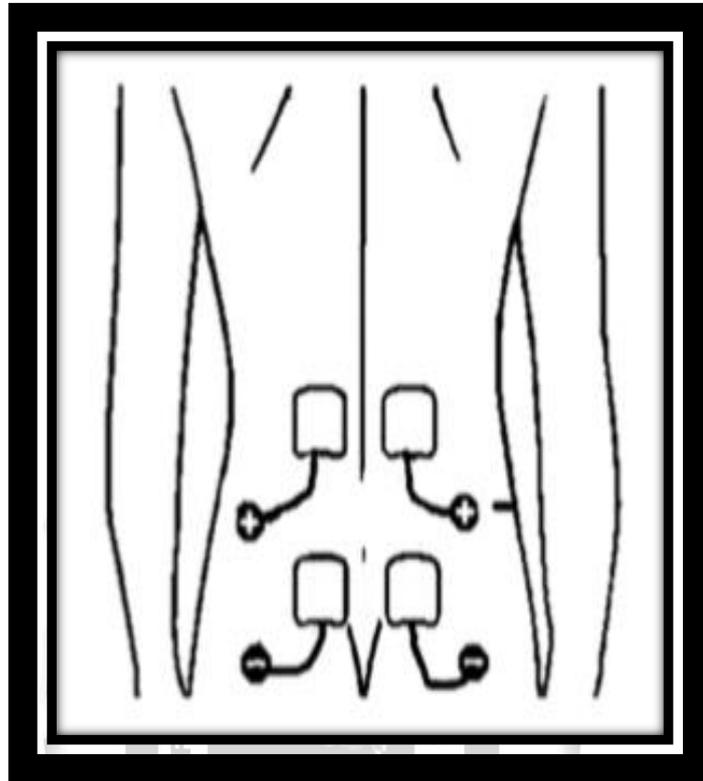
Anexo 11: Metodo de aplicación dorsolumbar



Corriente Träbert.

Referencia: Martin J. Electroterapia De Baja Frecuencia. En: Agentes Físicos Terapéuticos. La Habana, Ciencias Médicas; 2008. Pp. 300-22

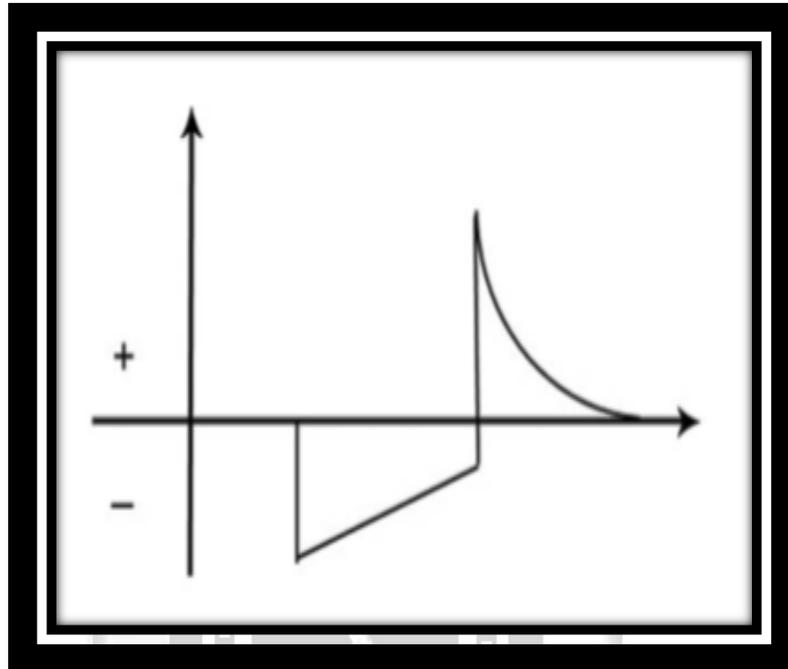
Anexo 12: Metodo de aplicación lumbosacra



Corriente Träbert

Referencia: Martín J. Electroterapia De Baja Frecuencia. En: Agentes Físicos Terapéuticos. La Habana, Ciencias Médicas; 2008. Pp. 300-22

Anexo 13: Grafica la corriente tens



Esquema que representa inicialmente, la corriente TENS.

Referencia: Martin J. Electroterapia De Baja Frecuencia. En: Agentes Físicos Terapéuticos. La Habana, Ciencias Médicas; 2008. Pp. 300-22

Anexo 14: Equipo tens



Equipo portátil de corriente TENS. En este caso, con salida por dos canales y que cuenta con un grupo de programas predeterminados para la resolutivez de diversas patologías dolorosas.

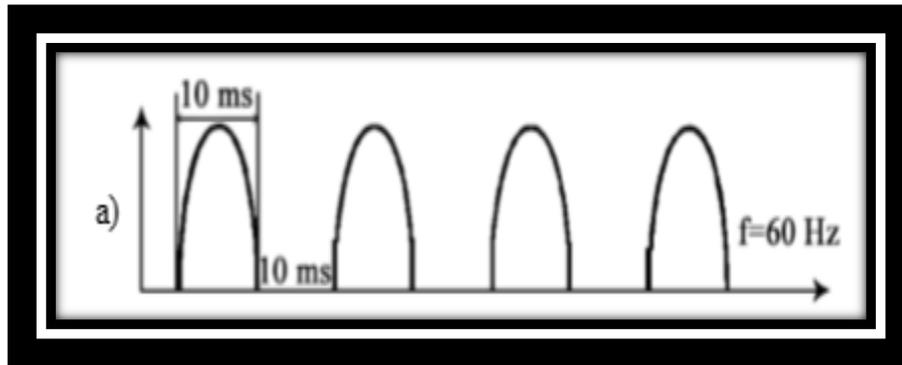
Referencia: Características TENS – Blog de Fisioterapia [Internet]. [Citado 27 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://www.blogdefisioterapia.com/caracteristicas-tens/>

Anexo 15: Aplicación de la corriente tens en antebrazo



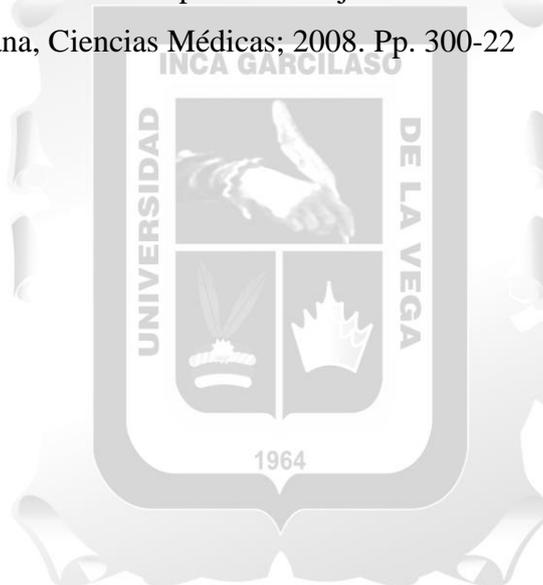
Referencia: Estimulación Nerviosa Eléctrica Transcutánea Imágenes De Stock & Estimulación Nerviosa Eléctrica Transcutánea Fotos De Stock - Alamy [Internet]. [Citado 31 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://www.alamy.es/imagenes/estimulaci%C3%B3n-nerviosa-el%C3%A9ctrica-transcut%C3%A1nea.html>

Anexo 16: Grafica de corrientes diadinámicas

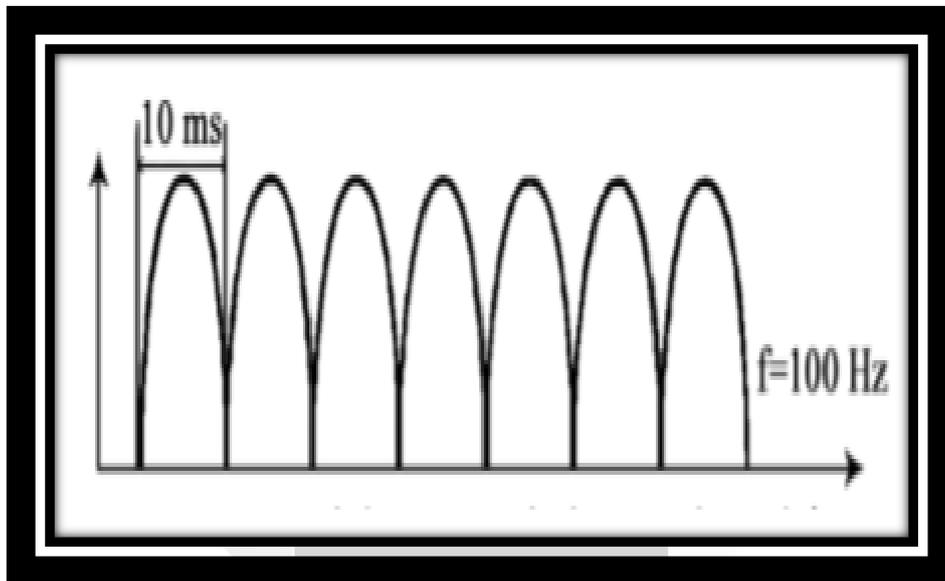


a) Esquema de la corriente diadinámica de tipo monofásica.

Referencia: Martín J. Electroterapia De Baja Frecuencia. En: Agentes Físicos Terapéuticos. La Habana, Ciencias Médicas; 2008. Pp. 300-22



Anexo 17: Grafica de corrientes diadinámicas



Esquema de la corriente diadinámica de tipo bifásica rectificada.

Referencia: Martín J. Electroterapia De Baja Frecuencia. En: Agentes Físicos Terapéuticos. La Habana, Ciencias Médicas; 2008. Pp. 300-22

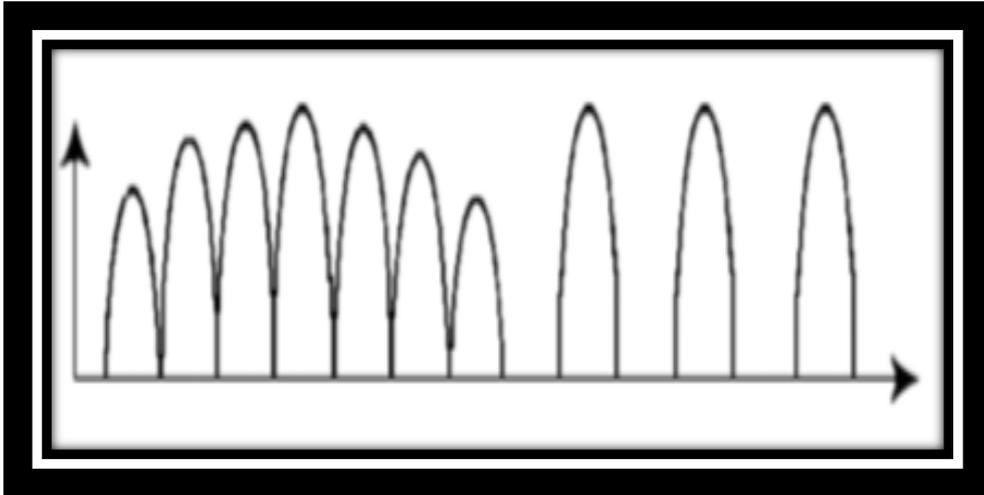
Anexo 18: Grafica de corrientes diadinámicas



Esquema de la corriente diadinámica modulada a cortos períodos. Después de un segundo con MF, le sigue otro segundo de corriente DF, y continúa así durante todo el tiempo de aplicación.

Referencia: Martín J. Electroterapia De Baja Frecuencia. En: Agentes Físicos Terapéuticos. La Habana, Ciencias Médicas; 2008. Pp. 300-22

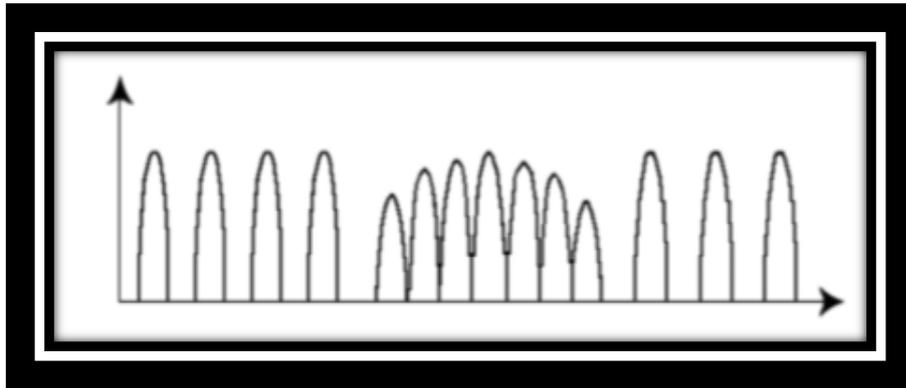
Anexo 19: Grafica de corrientes diadinámicas



Esquema de la corriente diadinámica modulada a largos períodos. Obsérvese cómo se modula la frecuencia y la amplitud, se eleva y disminuye la intensidad de manera progresiva, en un tiempo que varía entre un fabricante y otro.

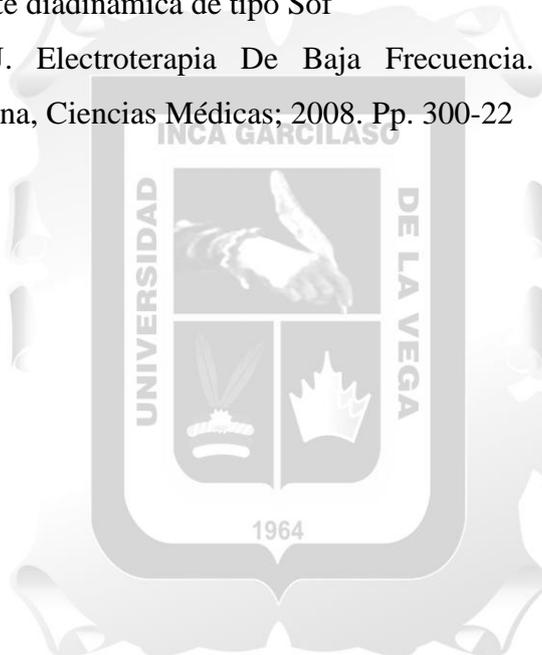
Referencia: Martín J. Electroterapia De Baja Frecuencia. En: Agentes Físicos Terapéuticos. La Habana, Ciencias Médicas; 2008. Pp. 300-22

Anexo 20: Grafica de corrientes diadinámicas

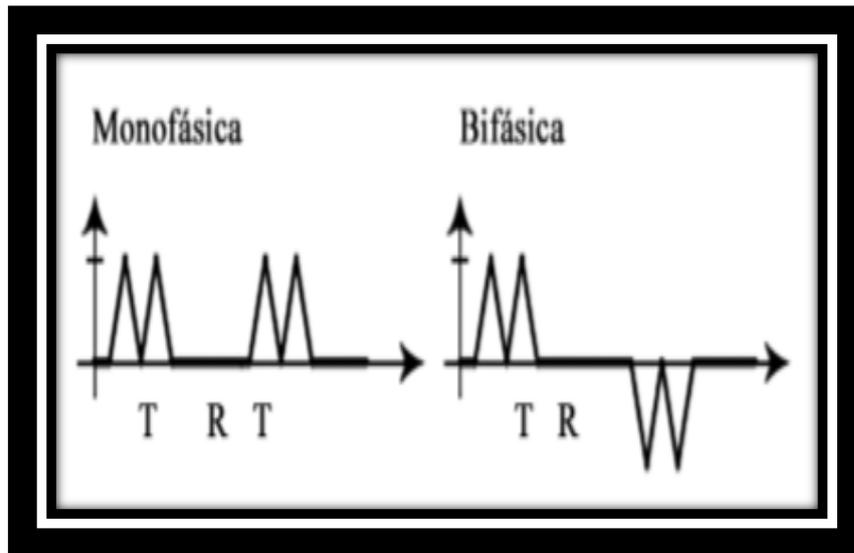


Esquema de la corriente diadinámica de tipo Sof

Referencia: Martín J. Electroterapia De Baja Frecuencia. En: Agentes Físicos Terapéuticos. La Habana, Ciencias Médicas; 2008. Pp. 300-22



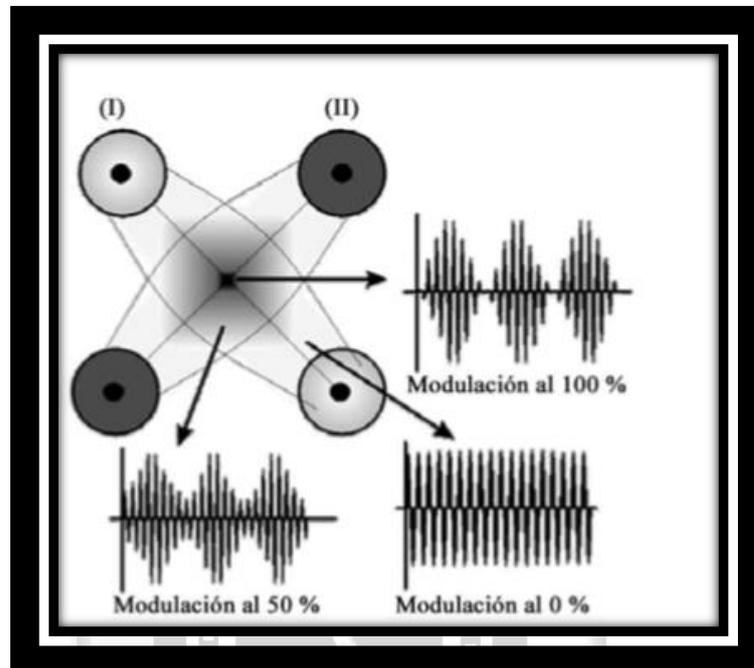
Anexo 21: Grafica de corriente de alto voltaje



Esquema de la corriente de alto voltaje en sus variantes monofásica y bifásica.

Referencia: Martín J. Electroterapia De Baja Frecuencia. En: Agentes Físicos Terapéuticos. La Habana, Ciencias Médicas; 2008. Pp. 300-22

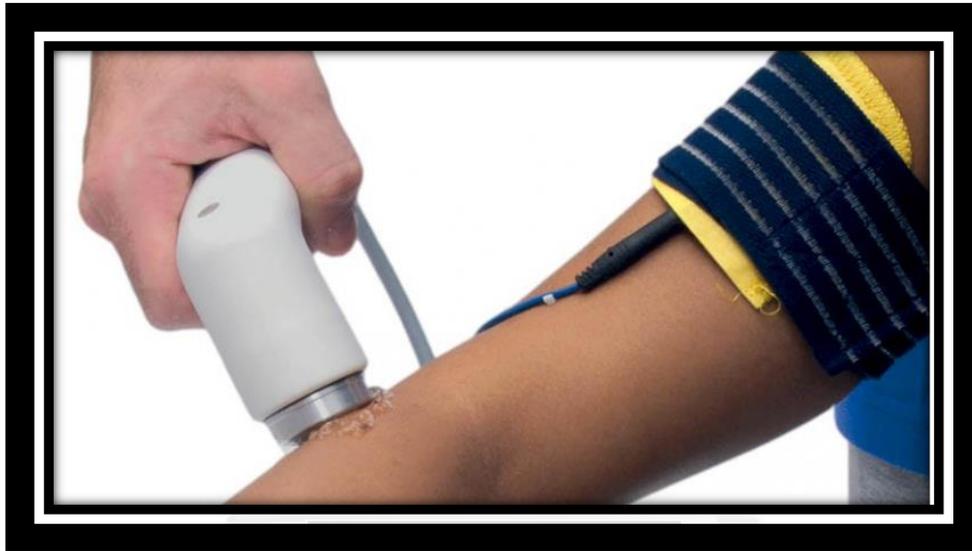
Anexo 22: Grafica de corriente interferencial



Corrientes de media frecuencia. En la zona donde se produce el cruce de los circuitos se obtiene una corriente modulada cuya frecuencia oscila entre 0 y 200 Hz, equivalente a la diferencia de las frecuencias de las dos corrientes iniciales; sus efectos excitomotores son semejantes a los producidos por las corrientes de baja frecuencia. Esta corriente se denominó corriente interferencial; su intensidad, al contrario de las corrientes individuales aplicadas, varía rítmicamente.

Referencia: Martín J. Electroterapia De Media Frecuencia. En: Agentes Físicos Terapéuticos. La Habana, Ciencias Médicas; 2008. Pp. 323-37.

Anexo 23: Aplicación de la Terapia Combinada



Referencia: <https://phymed.com.pe/post/eficacia-de-la-terapia-combinada-en-el-tratamiento-de-puntos-gatillo-51>

