

# PROCEDIMIENTOS GENERALES DE FISIOTERAPIA-1

BLOQUE DE ELECTROTERAPIA







# **PROCEDIMIENTOS GENERALES DE FISIOTERAPIA-1 BLOQUE DE ELECTROTERAPIA**





# PROCEDIMIENTOS GENERALES DE FISIOTERAPIA-1 BLOQUE DE ELECTROTERAPIA

## **Autores**

Carolina Jiménez Sánchez

Paula Córdova Alegre

Daniel Sanjuan Sánchez

Beatriz Carpallo Porcar

Alejandro Almenar Arasanz

María Ortiz Lucas

Pablo Gargallo Aguaron

Laura Esteban Repiso

Raquel Lafuente Ureta

Fani Alfaro

María Pilar López Royo

Verónica Millán Luna

DOI: 10.54391/123456789/984





## **INTRODUCCIÓN**

Esta obra presenta los conocimientos teóricos y prácticos de la electroterapia basada en la evidencia científica y clínica. Permite al estudiantado y a los profesionales de la fisioterapia comprender los conocimientos teóricos con una fundamentación científica abordando su aplicación clínica a través de los procedimientos de las distintas modalidades de electroterapia.

## ÍNDICE GENERAL:

<b>BIBLIOGRAFÍA GENERAL</b> .....	9
TEMA 1. INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS .....	10
TEMA 2. CORRIENTE DIRECTA .....	54
TEMA 3. ANALGESIA CON CORRIENTES DE BAJA Y MEDIA FRECUENCIA	85
TEMA 3.1. ANALGESIA CON CORRIENTES DE BAJA FRECUENCIA .....	86
TEMA 3.2. ANALGESIA CON CORRIENTES DE MEDIA FRECUENCIA.....	138
TEMA 4. ELECTROESTIMULACIÓN NEUROMUSCULAR CON CORRIENTES DE BAJA Y MEDIA FRECUENCIA.....	160
TEMA 5. ELECTROESTIMULACIÓN MUSCULAR.....	198
TEMA 6. ULTRASONIDOS .....	234
TEMA 7. TERAPIA COMBINADA Y ONDAS DE CHOQUE.....	268
TEMA 8. ALTA FRECUENCIA .....	283
TEMA 9. MAGNETOTERAPIA .....	322
TEMA 10. FOTOTERAPIA: LÁSER E INFRARROJOS .....	340



## BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- Albornoz Cabello M, Maya Martín J, Toledo Marhuenda JV. Electroterapia práctica: Avances en investigación clínica. Elsevier. 2016.
- Bélanguer Alain-Yvan. Therapeutic electrophysical agents. Evidence Behind Practice. Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins. 2010.
- Bjordal JM. Clinical electrotherapy. Your guide to optimal treatment. Hoyskoleforlaget. 2001.
- Cameron MH. Agentes físicos en rehabilitación. De la investigación a la práctica. 3ª Edición. Barcelona. Elsevier. 2009.
- Maya Martín J, Albornoz Cabello M. Estimulación eléctrica transcutánea y neuromuscular. Barcelona. Elsevier. 2010.
- Maya Martín J. <http://ocwus.us.es/fisioterapia/electroterapia/temario/>.
- Plaja J. Analgesia por medios físicos. McGraw-Hill Interamericana. 2003.
- Robinson AJ, Snyder-Mackler L. Clinical electrophysiology. Electrotherapy and electrophysiologic testing. 3<sup>th</sup> edition. Lippincott Williams & Wilkins. 2001.
- Rodríguez Martín JM. Electroterapia en fisioterapia. 2ª edición. Madrid. Editorial Médica Panamericana. 2005.
- Watson T. Electroterapia. Práctica basada en la evidencia. 12ª edición. Barcelona. Elsevier. 2009.
- Watson T. <http://www.electrotherapy.org>

# **TEMA 1. INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS**

## TEMA 1. INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS

### ÍNDICE

COMPETENCIAS .....	12
CONCEPTOS.....	13
EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO.....	18
TIPOS DE CORRIENTES .....	21
MATERIAL EMPLEADO EN ELECTROTERAPIA .....	32
ELECTROCIDAD EN EL CUERPO HUMANO .....	38
TRATAMIENTO CON ELECTROTERAPIA.....	45
CONTRAINDICACIONES, PRECAUCIONES, EFECTOS ADVERSOS .....	45
NORMAS DE ACTUACIÓN .....	48
PRACTICA .....	49
EJERCICIOS .....	50
SOLUCIONES.....	51

## COMPETENCIAS

- Conocer los conceptos básicos de electroterapia y la forma de aplicarlos en electroterapia.
- Conocer el concepto de radiación electromagnética y diferenciar los distintos tipos que existen y cuáles se emplean en fisioterapia.
- Conocer los distintos tipos de corrientes eléctricas que se emplean en electroterapia y sus características.
- Conocer los distintos componentes que se emplean al realizar un tratamiento con electroterapia y el protocolo de aplicación.
- Conocer el comportamiento de los distintos tejidos del cuerpo humano frente a la corriente eléctrica.
- Comprender la respuesta fisiológica de las fibras nerviosas al realizar una estimulación eléctrica.
- Conocer el orden de activación de las fibras nerviosas al realizar una estimulación eléctrica en situación fisiológica normal y en situación patológica.
- Diferenciar entre las distintas respuestas fisiológicas (sensación, contracción muscular, dolor) que se producen frente a la activación de las distintas fibras nerviosas al realizar una estimulación eléctrica.
- Diferenciar entre los distintos tipos de contracciones musculares (aisladas / tetánicas) que se producen cuando se produce una activación de fibras motoras al realizar una estimulación eléctrica.
- Conocer qué son los efectos polares y cómo minimizar su aparición.
- Tener un criterio general de aplicación de las técnicas de electroterapia según la situación patológica del paciente.
- Conocer las contraindicaciones, precauciones y reacciones adversas generales de los tratamientos con electroterapia.

## CONCEPTOS

La **electroterapia** es el estudio de la aplicación de la electricidad como agente terapéutico. Como veremos más adelante, toda corriente eléctrica va asociada a un campo magnético y, además, cuando la corriente atraviesa el cuerpo se produce energía térmica. Es por ello por lo que los efectos de la electroterapia en el cuerpo humano se deben a tres factores:

- Corriente eléctrica que se produce.
- Campo magnético asociado a esa corriente eléctrica.
- Energía térmica (calor) producida como consecuencia de este paso de corriente a través del cuerpo.

### IDEAS CLAVE

Cada vez que se explique un tipo de corriente que se emplea en electroterapia indicaremos sus efectos basándonos en estos tres factores. Cuando hablemos de corrientes de baja frecuencia o de media frecuencia indicaremos que sus efectos nos interesan por la corriente eléctrica que se produce. Asimismo, cuando hablemos de corrientes de alta frecuencia indicaremos que los efectos que nos interesan serán la producción de campo magnético y/o de energía térmica que este tipo de corrientes generan.

Teniendo en cuenta la definición de electroterapia que acabamos de hacer, únicamente estudiaríamos aquellos aparatos que son capaces de generar algún tipo de campo electromagnético y con aplicaciones terapéuticas. Sin embargo, vamos a considerar el término "electroterapia" de forma más amplia y también estudiaremos el efecto terapéutico de otros aparatos que **no** generan electricidad. Un ejemplo serían los ultrasonidos, cuyo efecto se basa en la aplicación de ondas sonoras en el cuerpo.

La **corriente eléctrica** son las partículas cargadas que fluyen a lo largo de un conductor. Estas partículas serán:

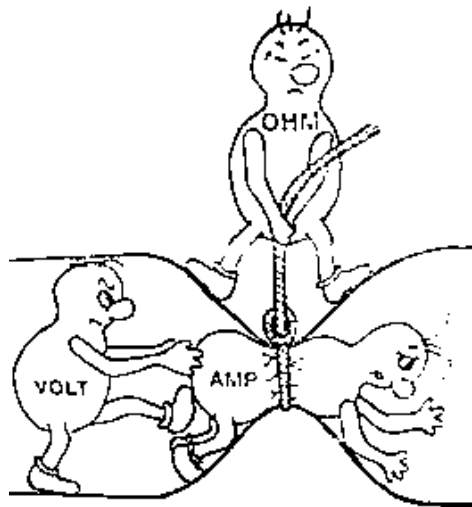
- Electrones si el conductor es un medio sólido.
- Iones si el conductor es un medio líquido.
- Electrones e iones si el conductor es un medio gaseoso.

IDEAS CLAVE

Quando coloquemos los electrodos sobre el paciente y apliquemos la corriente eléctrica, ésta se producirá en los electrodos mediante el movimiento de electrones (el agente conductor es el cobre y por tanto un agente sólido). Sin embargo, al generarse corriente en el cuerpo humano ésta viajará mediante el desplazamiento de iones (el agente conductor es el medio líquido de nuestro organismo).

La materia tiende a ser eléctricamente neutra, es por ello por lo que el movimiento de electrones será de las zonas donde hay exceso a las zonas donde escasean. Asimismo, los cationes se dirigirán a las zonas con exceso de carga negativa (electrodo negativo) y los aniones a las zonas con exceso de carga positiva (electrodo positivo).

Hay diferentes **unidades de medida** que nos van a permitir definir los distintos componentes de la corriente eléctrica. La figura que se muestra a continuación ayuda a entender estos conceptos:



- **Voltaje** (también denominado **diferencia de potencial** o **tensión eléctrica**). Su unidad es el voltio (V). Es la fuerza que provoca que las partículas cargadas se desplacen para compensar los desequilibrios de cargas y conseguir un medio eléctricamente neutro.

Cuanto mayor es el desequilibrio de cargas, mayor será el voltaje.

- **Intensidad**. Su unidad es el Amperio (A). Es la cantidad de electrones que pasan por unidad de tiempo en un punto determinado.

En electroterapia será el parámetro que regularemos cuando utilicemos corrientes de baja y media frecuencia ya que se suele trabajar a intensidad constante como ya veremos más adelante.

- **Resistencia.** Su unidad es el Ohmio ( $\Omega$ ). La resistencia es la fuerza de freno que pone la materia al paso de los electrones. La resistencia es una característica de cada tipo de material, no de la corriente en sí misma.

En electroterapia el "material" es siempre el mismo, los tejidos corporales. Pero la resistencia que pondrá el cuerpo al paso de corriente dependerá del tipo de corriente: cuanto mayor sea la frecuencia de la corriente, menor resistencia al paso de la misma ofrecerá el cuerpo. Esto es importante porque aquellas corrientes donde la resistencia que ofrezca el cuerpo sea mayor, serán más "lesivas" para la piel:

- Corriente directa: 150.000-250.000  $\Omega$ .
- Corriente a una frecuencia de 50 Hz: 2/3 de esa resistencia.
- Corriente a una frecuencia de 100 Hz: 1/2 de esa resistencia.
- Corriente a una frecuencia de 10.000 Hz: 3-4  $\Omega$ .

#### IDEA CLAVE

Cuando tratemos a un paciente con corrientes eléctricas monofásicas deberemos valorar la frecuencia de la corriente. Cuanto menor sea esta frecuencia, será potencialmente más lesiva.

- **Trabajo.** Su unidad es el Julio (J) –Unidad utilizada para medir energía, trabajo y calor–. Trabajo es la energía necesaria para desplazar un cuerpo. En este caso: para mover una carga eléctrica de un culombio a través de una tensión (diferencia de potencial) de un voltio.
- **Potencia.** Su unidad es el Vatio (W). Cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado. Para entender el concepto de potencia podemos fijarnos en dos coches. Ambos podrán ir a 120 Km/h pero aquel con mayor potencia podrá realizarlo antes.  
Emplearemos la potencia cuando estudiemos las técnicas de alta frecuencia y de ultrasonidos. La potencia es directamente proporcional al calor, cuando aplicamos una técnica de alta frecuencia y el paciente indica que tiene dolor por el exceso de calor quiere decir que estamos aplicando demasiada potencia de tratamiento.
- **Dosis.** Energía que recibe cada pequeña porción de piel del paciente (superficie) o, mejor dicho, la energía que pretendamos reciba cada superficie corporal antes de aplicar la sesión.

### 1.1. Ley de Ohm

$$V = I \cdot R$$

La Ley de Ohm establece las relaciones entre los distintos parámetros de la corriente eléctrica. Se cumple cuando se aplican corrientes directas (más adelante veremos cuáles son). Para otro tipo de corrientes habría que emplear variantes de esta fórmula, pero en todo caso el voltaje será proporcional a la intensidad y a la resistencia.



La relación que establece la Ley de Ohm nos permite trabajar en dos modos diferentes en electroterapia:

1. Intensidad constante (CC = Constant Current). Empleamos este modo cuando dejamos los electrodos fijos en el cuerpo del paciente. Lo que haremos será subir la intensidad hasta un nivel determinado y dejar la misma intensidad durante todo el tratamiento (por eso se llama intensidad constante). De esta forma como los electrodos están fijos la resistencia al paso de la corriente del cuerpo será siempre la misma y por tanto el voltaje también lo será.
2. Voltaje constante (CV = Constant Voltage). Emplearemos este modo cuando movamos al menos uno de los electrodos durante el tratamiento. En este caso, como hay movimiento de electrodos la resistencia al paso de la corriente del cuerpo variará (el cuerpo no ofrece la misma resistencia al paso de la corriente en una zona ósea que en una zona muscular). Si la intensidad fuera constante, al aumentar la resistencia aumentaría el voltaje y podríamos quemar al paciente. Es por ello que se regula el voltaje de forma que sea constante y cuando pasemos por zonas donde la resistencia sea mayor la intensidad bajará para compensar ese aumento de resistencia y viceversa.

$$V = I \times R \longrightarrow \text{Si } V = \text{Cte.} \begin{cases} V \text{ cte.} = \downarrow R \times \uparrow I \\ V \text{ cte.} = \uparrow R \times \downarrow I \end{cases}$$



**IDEA CLAVE**

Cuando trabajemos con electrodos fijos seleccionaremos el modo CC del aparato de electroterapia, si trabajamos con al menos un electrodo móvil seleccionaremos el modo CV.

**1.2. Ley de Joule**

$$C = k \cdot R \cdot I^2 \cdot t$$

C = calor

k = constante = 0,24

R = resistencia

I = intensidad

t = tiempo

La Ley de Joule establece que el paso de la corriente eléctrica va a generar calor en el cuerpo que la conduce. Es por ello que hablaremos de que la corriente eléctrica va a tener un efecto térmico sobre el organismo debido al movimiento de las cargas.

**Cuestiones**

1. Completa las siguientes definiciones:

- a) La fuerza que hace que se produzca el desplazamiento de cargas en una corriente eléctrica se denomina\_\_\_\_\_.
- b) La cantidad de electrones que pasan por unidad de tiempo en un punto determinado se denomina\_\_\_\_\_.
- c) La energía necesaria para mover una carga eléctrica mediante una diferencia de potencial se denomina\_\_\_\_\_.
- d) Cuando aplicamos una corriente eléctrica en el organismo se va a producir calor como consecuencia de la Ley\_\_\_\_\_.
- e) Si queremos tratar a un paciente con electrodos fijos seleccionaremos el modo \_\_\_\_\_ en el aparato de electroterapia.

- f) Si queremos tratar a un paciente con electrodos móviles nos fijaremos que el parámetro que se mantenga constante sea siempre \_\_\_\_\_ para evitar quemar al paciente.
2. Indica los tres factores de los que depende los efectos de la electroterapia en el cuerpo humano.

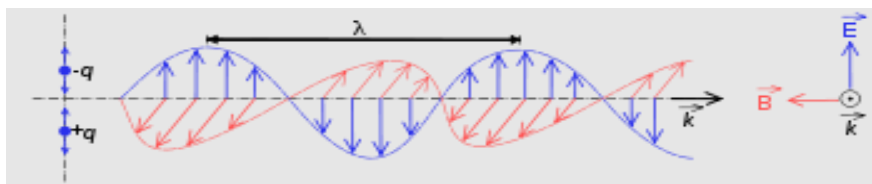
## EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

Cuando hablamos de la luz, de las ondas de radio, del microondas o de los rayos X nos estamos refiriendo a conceptos que parecen muy distintos pero que tienen una cosa en común: todos estos fenómenos son **radiaciones electromagnéticas**.



Cada vez que se genera una corriente eléctrica aparece asociada a esta corriente una corriente magnética que va perpendicular a ella. Esto es lo que se conoce como **radiaciones electromagnéticas**. Estas radiaciones tienen dos características principales:

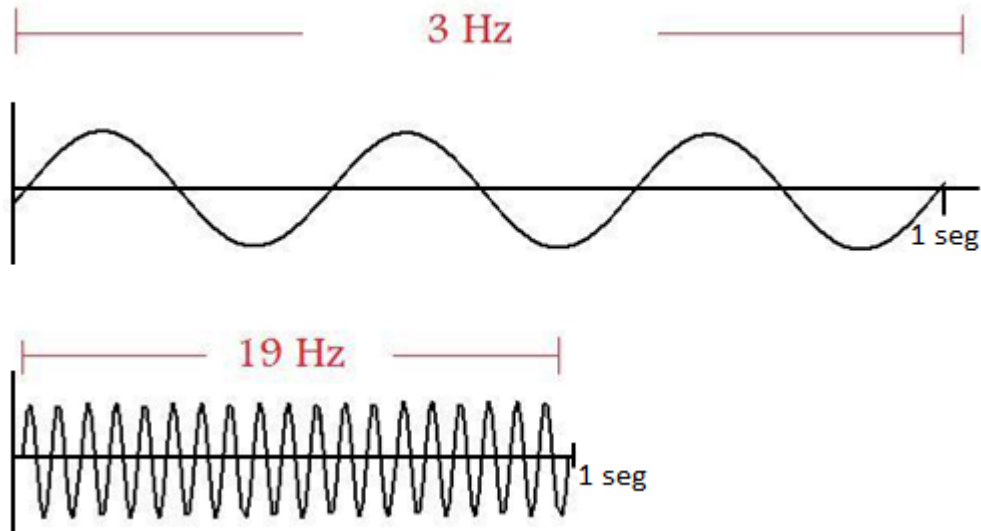
- Se propagan en forma de ondas.
- NO necesitan un medio para su propagación (pueden propagarse en el vacío).



Entonces, si tanto la luz, como las ondas de radio, como el microondas o los rayos X son radiaciones electromagnéticas, ¿qué los diferencia?

La diferencia entre estos fenómenos y otras fuentes de radiación electromagnética radica en la frecuencia de las ondas. Como ya hemos dicho, la radiación electromagnética se propaga en forma de ondas y la **frecuencia** es una característica de las ondas. Aunque definiremos el concepto de frecuencia en otro apartado de este tema de forma más específica, por ahora diremos que la frecuencia nos indica el número de veces que se repite el patrón de la onda por segundo.

Por ejemplo, en la siguiente figura se muestra una onda de una frecuencia de 3 Hz (se repiten 3 ondas por segundo) y otra onda de 19 Hz. La onda es la misma pero lo que varía es el número de veces que se repite la misma, es decir, su frecuencia. Esto es lo que diferencia a las distintas radiaciones electromagnéticas.



El **espectro electromagnético** muestra la ordenación de las radiaciones electromagnéticas de acuerdo con su frecuencia. Es una representación gráfica donde las radiaciones con menos frecuencia se sitúan a la izquierda del espectro y las de mayor frecuencia a la derecha del mismo (ver figura a continuación).

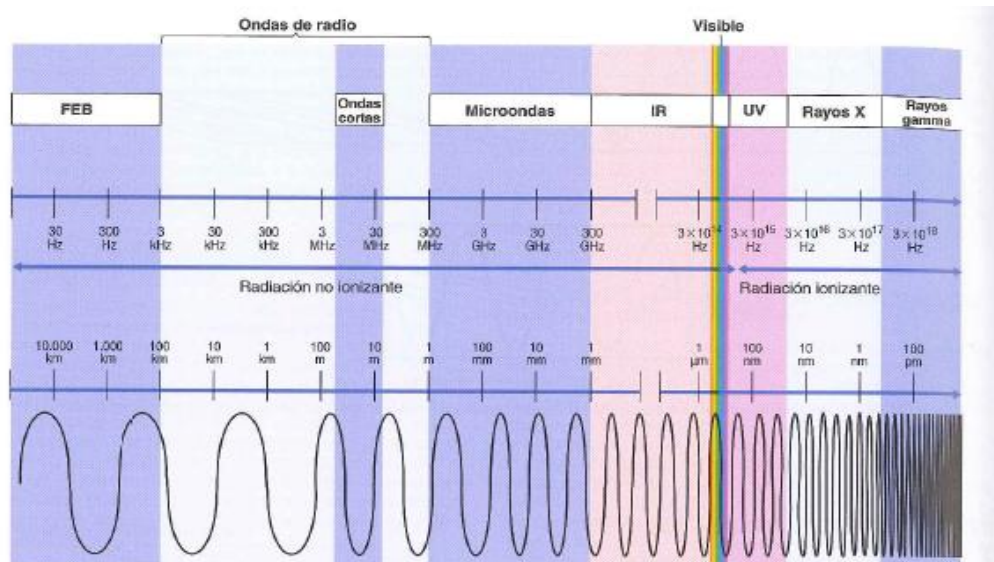


FIGURA 12-6 El espectro electromagnético va desde las bajas frecuencias en el rango hertziano a más de 1,023 Hz, con longitudes de onda desde más de 10.000 km a menos de 1 pm.

Si nos fijamos en esta figura, veremos que las ondas de radio son radiaciones electromagnéticas que se repiten en una frecuencia entre 3 y 300 MHz, las microondas son radiaciones electromagnéticas que se repiten en una frecuencia entre 300 MHz y 300 GHz y así consecutivamente con el resto de las radiaciones electromagnéticas.

Las **radiaciones ionizantes** son aquellas que alteran la estructura elemental de la materia orgánica produciendo mutaciones en sus códigos genéticos o moléculas más elementales. Se consideran radiaciones (electromagnéticas) ionizantes aquellas con frecuencias iguales o superiores a las de los ultravioletas tipo C.

Teniendo en cuenta esto, las radiaciones electromagnéticas de los microondas serían radiaciones NO ionizantes mientras que las radiaciones de los rayos X serían radiaciones ionizantes.

En fisioterapia siempre trabajaremos con radiaciones NO ionizantes.

### Cuestiones

1. Ordena de menor a mayor frecuencia las distintas radiaciones electromagnéticas que se citan a continuación. Ayúdate para ello de la figura que representa el espectro electromagnético.

Espectro de la luz visible

Rayos gamma

Ondas de radio

Ultravioleta

Microondas

Infrarrojo

Rayos X

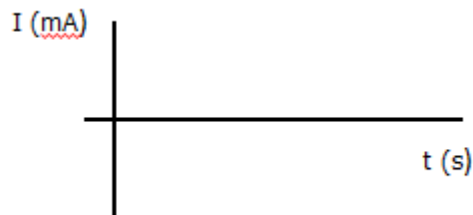
2. Indica cuáles de las siguientes radiaciones electromagnéticas que se citan a continuación sí que podemos emplear en fisioterapia. Ayúdate para ello de la figura que representa el espectro electromagnético. Justifica tu respuesta.

- a) Onda corta
- b) Corrientes de baja frecuencia
- c) Rayos X
- d) Láser infrarrojo
- e) Microondas

## TIPOS DE CORRIENTES

Para poder entender los distintos tipos de corrientes eléctricas que podemos aplicar en el organismo y la estrategia de aplicación que vamos a pautar **es imprescindible conocer las características de las ondas** que vamos a ver a continuación.

Siempre que representamos una corriente eléctrica vamos a representar la intensidad de la curva en el eje de las Y y el tiempo de aplicación en el eje de las X.



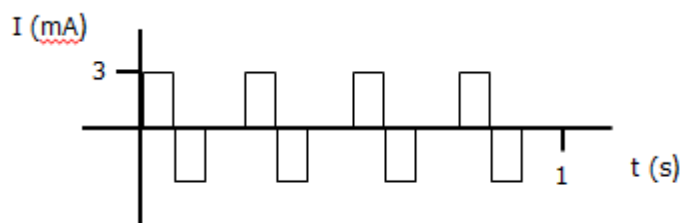
Cada vez que queramos clasificar una corriente eléctrica deberemos seguir los siguientes pasos. (NOTA: aunque hablemos de corriente eléctrica nos estaremos refiriendo a las radiaciones electromagnéticas).

### PASO 1. Determinar la frecuencia de la onda

La **frecuencia** es el número de veces que se repite un ciclo en un segundo. Su unidad es el hercio (Hz).

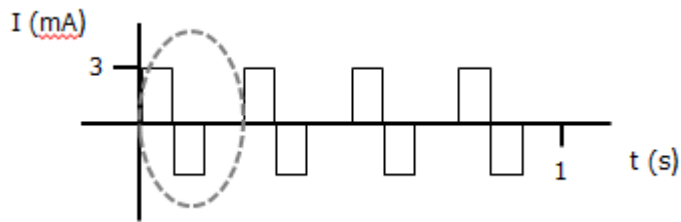
Un ciclo es la cadencia completa de una onda, con pausas o sin ellas, desde el momento que se inicia hasta que comienza la siguiente (únicamente se considera la forma o apreciación visual). Coloquialmente podríamos decir que es el número de veces que se repite el patrón de una onda por unidad de tiempo.

Por ejemplo, la siguiente onda tiene una frecuencia de 4 Hz.



Nota: fíjate que la intensidad de esta onda es de 3 mA.

La frecuencia es de 4 Hz porque el ciclo (marcado en un círculo en la siguiente figura) se repite 4 veces en 1 segundo.



Las corrientes eléctricas pueden ser de tres **tipos según su frecuencia**:

1. Baja frecuencia. Aquellas cuya frecuencia está comprendida entre 0 y 1.000 Hz. En fisioterapia se trabaja hasta los 120-150 Hz de frecuencia.
2. Media frecuencia. Aquellas cuya frecuencia está comprendida entre 1.000 y 500.000 Hz. En fisioterapia se trabaja con corrientes de media frecuencia a 2.000, 2.500, 4.000 y 6.000 Hz.
3. Alta frecuencia. Aquellas cuya frecuencia es superior a 500.000 Hz. Cada aparato de alta frecuencia de fisioterapia funciona a una frecuencia fija. Por ejemplo, las ondas cortas emiten a 27,12 MHz.

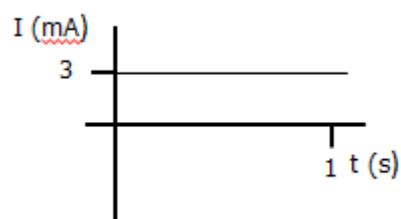
### **PASO 2. Determinar si la onda es continua o pulsada**

Una onda continua es aquella cuya radiación se emite sin ninguna pausa desde su inicio a su finalización.

Una onda pulsada es aquella cuya radiación se emite con pausas.

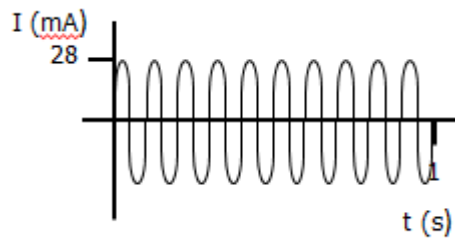
Únicamente existen dos tipos de ondas continuas:

1. Corriente directa. Corriente donde la polaridad de los electrodos y la intensidad se mantienen constantes durante todo el tiempo de emisión.  
En fisioterapia utilizaremos la corriente directa de dos formas (en el tema 2 estudiaremos estas dos formas):
  - 1.1. Galvanismo.
  - 1.2. Iontoforesis.

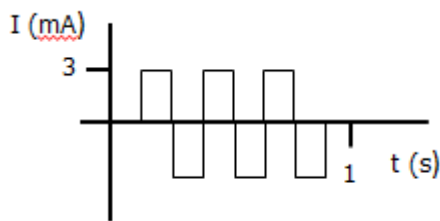


2. Corriente alterna. Corriente donde la polaridad de los electrodos varía de forma periódica y con forma sinusoidal.

En fisioterapia NO se emplea la corriente alterna de baja frecuencia con fines terapéuticos (la de media frecuencia sí).



**NO existe ningún otro tipo de corriente continua**, el resto serán corrientes pulsadas. Por ejemplo, aunque podríamos pensar que la corriente que se representa a continuación es continua, no lo es porque todas las corrientes con forma diferente a una senoide requieren programar tiempos de descansos aunque estos no sean visibles en la representación gráfica.



### PASO 3. Determinar si existe o no alternancia de la polaridad

Cuando NO hay alternancia de polaridad, la polaridad de los electrodos se mantiene constante durante todo el tiempo, el electrodo positivo siempre será positivo y el negativo siempre será negativo. Recuerda, en este caso la corriente presentará efectos polares. La presencia de alternancia de polaridad hace que la polaridad de los electrodos varíe periódicamente a lo largo del tratamiento.

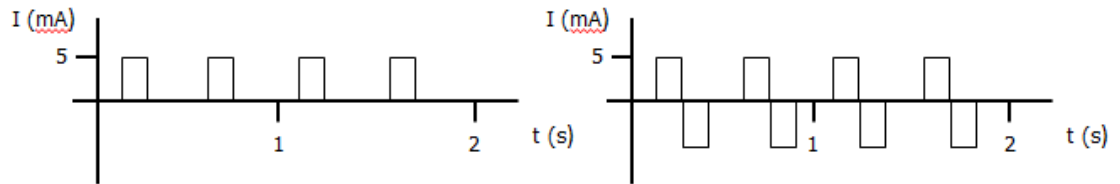
Como ya hemos dicho tenemos dos tipos de corrientes continuas:

1. **Corriente directa.** Donde no hay cambio de polaridad de los electrodos.
2. **Corriente alterna.** Sí que hay cambio de polaridad de los electrodos.

Respecto a las corrientes pulsadas, diferenciaremos dos tipos según la alternancia o no de polaridad:

1. **Corrientes monofásicas.** No hay cambio de polaridad de los electrodos.
2. **Corrientes bifásicas.** Sí que hay cambio de polaridad de los electrodos.

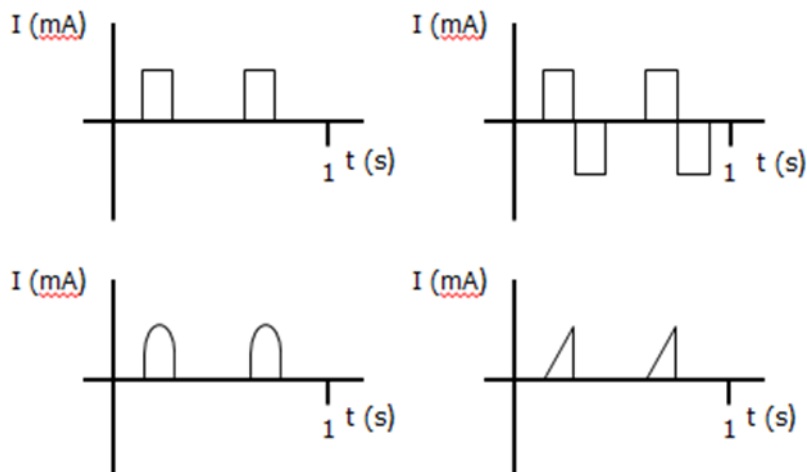
La siguiente figura muestra una corriente monofásica (ver parte izquierda del dibujo) y una corriente bifásica (ver parte derecha del dibujo).



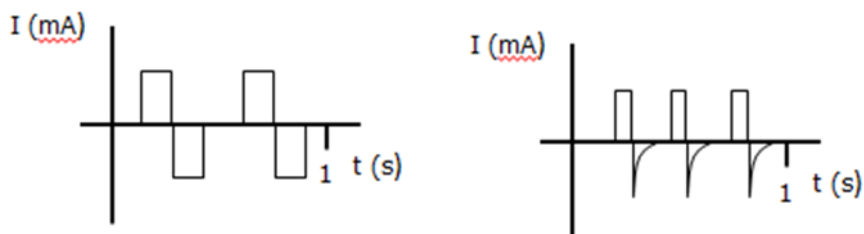
#### PASO 4. Determinar la forma de la onda

La onda puede ser:

- Rectangular.
- Sinusoidal.
- Triangular.
- Otras formas. Estas formas especiales las veremos cuando estudiemos su aplicación. Por ejemplo, cuando estudiemos el TENS veremos que la forma de su onda es rectangular asimétrica.



En el caso de corrientes bifásicas, además, deberemos indicar si son simétricas (ver dibujo de la izquierda) o asimétricas (ver dibujo de la derecha):

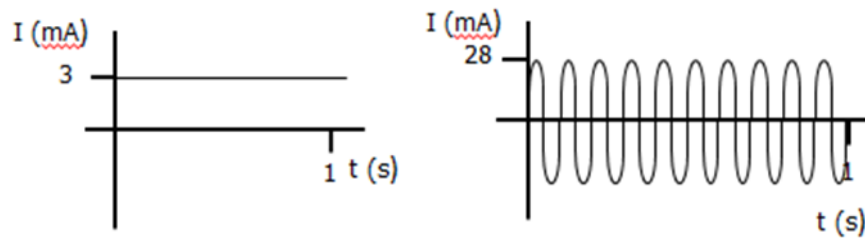


#### PASO 5. Determinar el patrón de comportamiento de la onda

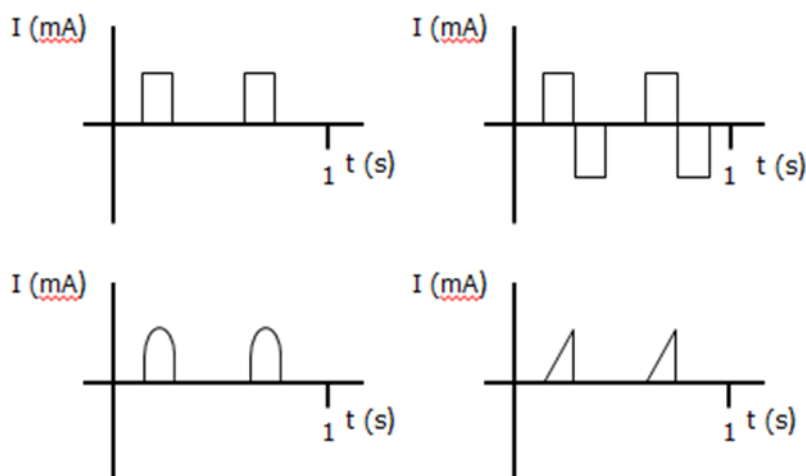
Podemos encontrarnos varias opciones:



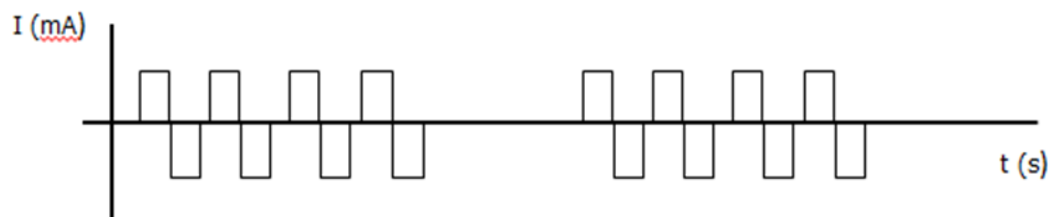
1. Ondas de aplicación mantenida o frecuencia fija. Son las correspondientes a las corrientes continuas (corriente continua y corriente alterna) que ya hemos estudiado.



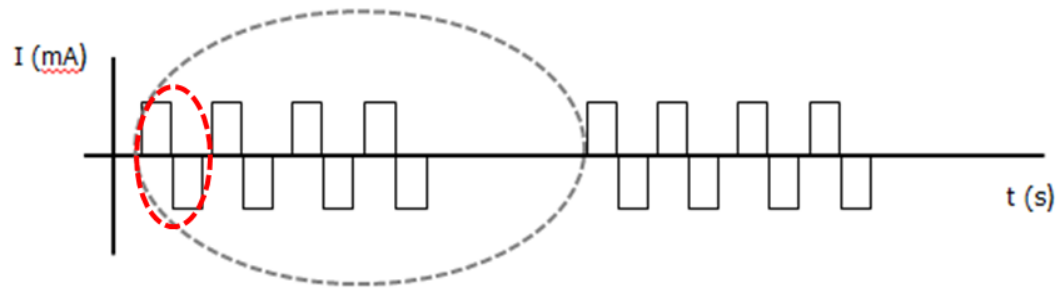
2. Ondas por impulsos aislados. El ciclo de la onda se repite periódicamente durante todo el tiempo de aplicación.



3. Ondas por trenes de impulso o por ráfagas. El ciclo de la onda se repite periódicamente, pero entre un conjunto de ciclos y el siguiente hay un tiempo de descanso.



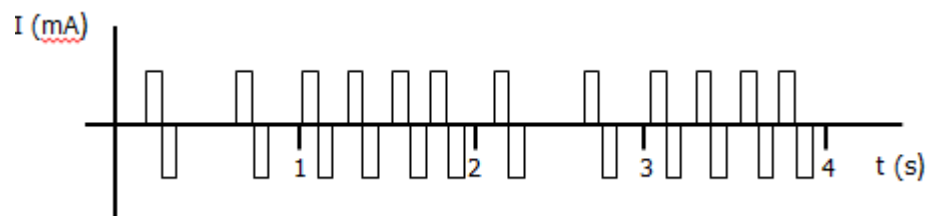
**IMPORTANTE:** En este tipo de ondas hay que tener en cuenta que vamos a tener dos patrones que se van a repetir: 1) se repetirá el patrón de la onda individual (señalado en rojo en la figura que aparece a continuación); 2) se repetirá el patrón del tren de impulsos (señalado en azul en la figura). Es por ello por lo que cuando describamos la frecuencia de estas ondas indicaremos: 1) frecuencia de la onda; 2) frecuencia del tren de impulsos.



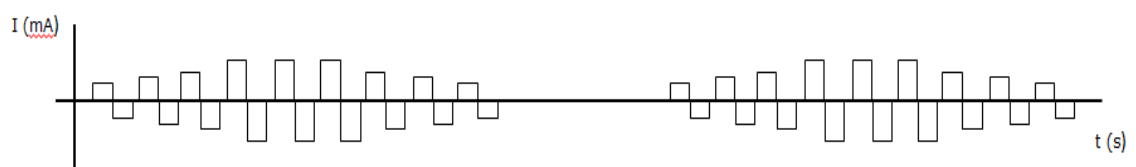
4. Corrientes moduladas. En estas corrientes hay algún parámetro que varía de forma cíclica.

- a. Corrientes moduladas en frecuencia. Se emplean para ir alternando la frecuencia de las ondas consecutivamente a lo largo de la aplicación. Se emplean principalmente para evitar la acomodación del organismo a un tipo de corriente. Cuando tenemos este tipo de corrientes hay que especificar las dos frecuencias con las que se va a trabajar y el patrón de cadencia de estas frecuencias. En el tema 3.2. ampliaremos esta información.

En la siguiente figura aparece una corriente pulsada, bifásica, rectangular modulada en frecuencia. La frecuencia se alterna cada segundo. El primer segundo es de 2 Hz, el siguiente de 4 Hz y así consecutivamente.



- b. Corrientes moduladas en intensidad. Se emplean para aumentar y disminuir la intensidad de la corriente de forma progresiva y periódica. Se utilizan cuando se realiza fortalecimiento muscular con corrientes eléctricas.

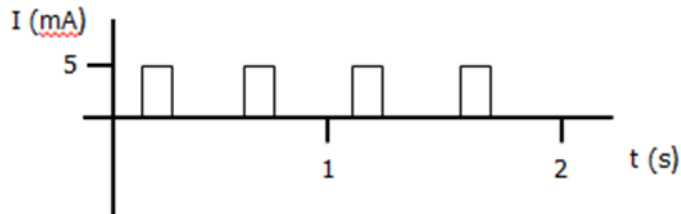


**PASO 6. Determinar las características de las ondas**

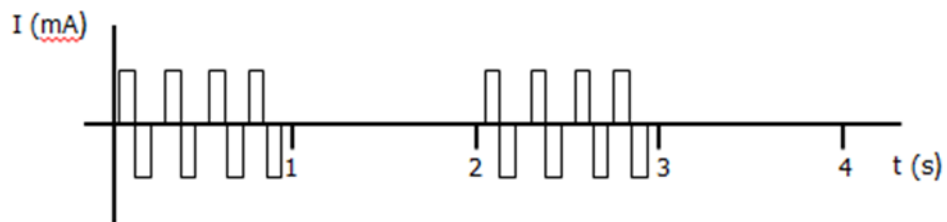
Para ello debemos indicar:

1. La frecuencia de la onda. Si la corriente es una corriente por trenes de impulso deberemos indicar también la frecuencia del tren de impulso.

Por ejemplo, la siguiente corriente tiene una frecuencia de 2 Hz:

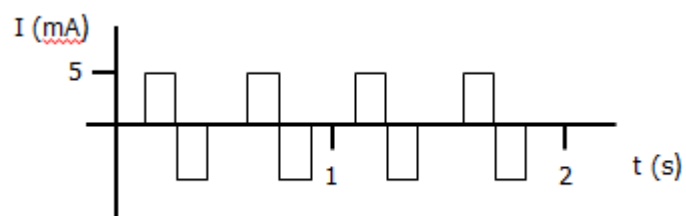


Sin embargo, la siguiente corriente es una corriente por trenes de impulso. La frecuencia de la onda es de 4 Hz, pero la frecuencia del tren de impulsos es de 0,5 Hz.

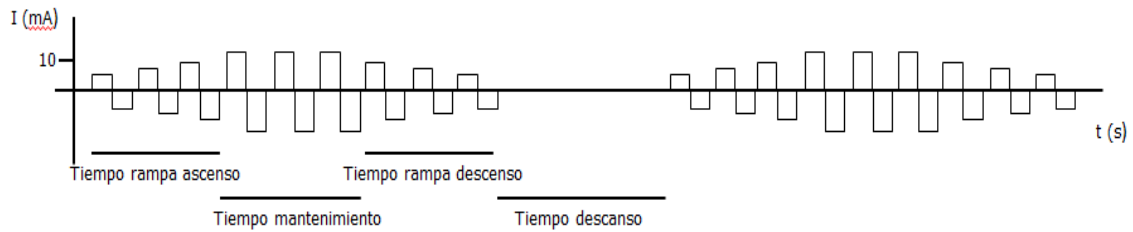


2. La intensidad de la onda. Si la corriente está modulada en intensidad deberemos indicar también el tiempo de rampa de ascenso, el tiempo de mantenimiento, el tiempo de rampa de descenso y el tiempo de descanso.

Por ejemplo, la intensidad de la siguiente corriente es de 5 mA.

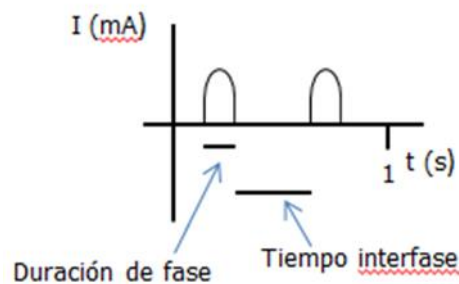


Sin embargo, la siguiente corriente es una corriente modulada en intensidad. La intensidad máxima a la que llega es de 10 mA, pero también tendremos que indicar los tiempos que se señalan en la figura:

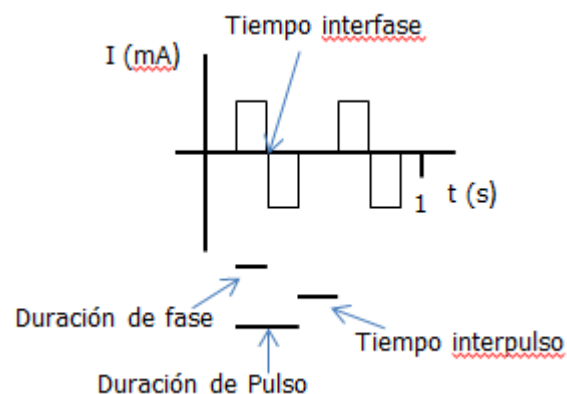


3. Además:

3.1. En el caso de corrientes monofásicas habrá que indicar: duración de la fase y tiempo interfase.



3.2. En el caso de corrientes bifásicas se indicará: duración del pulso (= impulso), duración de fase, tiempo interpulso y tiempo interfase.



La **fase** es el periodo en el que la corriente empieza a fluir en una dirección hasta que se produce una alternancia de la polaridad o hasta que deja de pasar corriente. La **duración de la fase** es el tiempo que dura esa fase. El **tiempo interfase** es el tiempo que pasa desde que finaliza una fase hasta que se inicia una nueva fase.

El **pulso o impulso** es el periodo en el que la corriente fluye en cualquier dirección hasta que deja de pasar corriente. La **duración del pulso** es el tiempo que dura este impulso. El **tiempo interpulso** es el tiempo que pasa desde que finaliza un impulso hasta que comienza un nuevo impulso.

#### IDEAS CLAVE

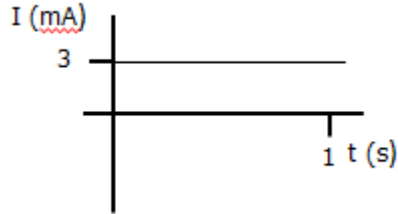
Cuando queramos describir los tipos de corrientes eléctricas determinaremos:

1. Si la corriente es de baja, media o alta frecuencia.
2. Si la corriente es continua o pulsada.
3. Si NO hay alternancia de polaridad (corriente directa y corrientes monofásicas) o si SI que hay alternancia (corriente alterna y corrientes bifásicas).
4. Determinar la forma de la onda. En el caso de las corrientes bifásicas además determinar si son simétricas o asimétricas.
5. Determinar el patrón de la onda: continua, impulsos aislados, trenes de impulsos, modulación de la frecuencia o de la intensidad.
6. Determinar las características de las ondas. Es decir, según corresponda: frecuencia, frecuencia del tren de impulsos, intensidad, tiempo de rampa de ascenso, tiempo de mantenimiento, tiempo de rampa de descenso, tiempo de descanso, duración de fase, tiempo interfase, duración del pulso (= impulso), tiempo interpulso.

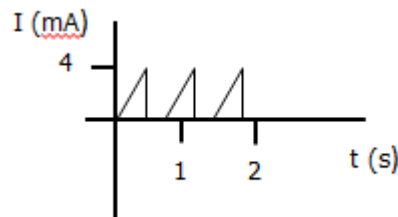
**Cuestiones**

1. Clasifica las siguientes corrientes y señala sus características siguiendo los pasos que acabamos de explicar.

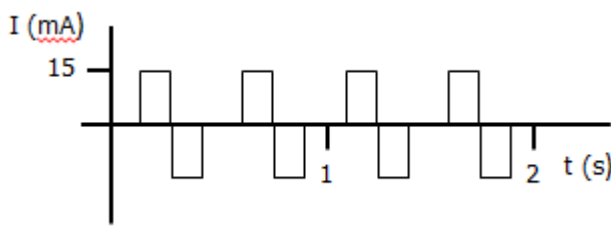
a)



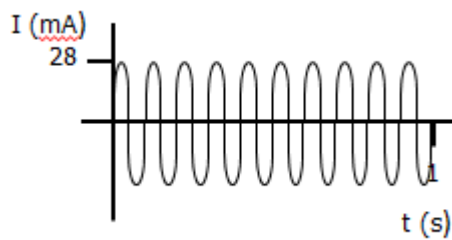
b)



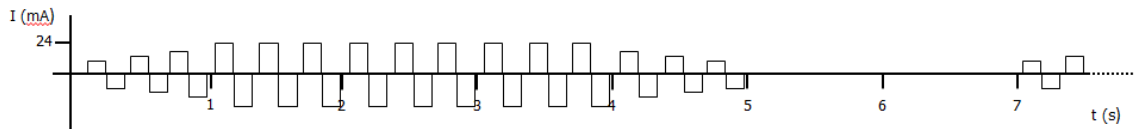
c)



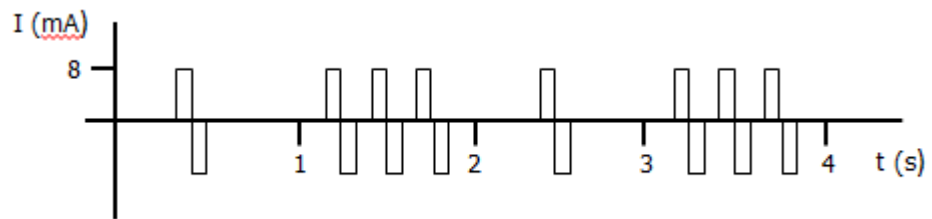
d)



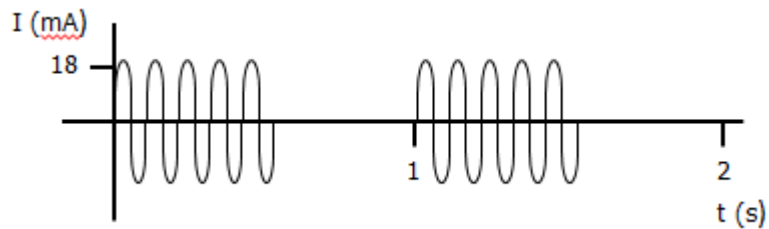
e)



f)



g)



2. Dibuja las siguientes corrientes en un gráfico intensidad versus tiempo:
  - a) Corriente directa con una intensidad de 3 mA.
  - b) Corriente pulsada monofásica triangular con una frecuencia de 3 Hz y una intensidad de 4 mA.
  - c) Corriente pulsada bifásica rectangular con una duración de fase de 0,1 ms, un tiempo interfase de 0 segundos, un tiempo interpulso de 0,3 segundos y una intensidad de 3 mA.
  - d) Corriente pulsada bifásica rectangular por trenes de impulso con una frecuencia del tren de 2 Hz y una frecuencia de la onda de 10 Hz.
  - e) Corriente alterna con una intensidad de 28 mA.
  - f) Corriente pulsada bifásica rectangular modulada en amplitud con un tiempo de ascenso de 2 segundos, un tiempo de mantenimiento de 4 segundos, un tiempo de descenso de 2 segundos y un tiempo de descanso de 6 segundos. La intensidad máxima será de 15 mA.
  - g) Corriente alterna sinusoidal modulada en frecuencia. Con una alternancia cada segundo. La frecuencia variará de 2 Hz a 5 Hz cada segundo. La intensidad será de 14 mA.

## MATERIAL EMPLEADO EN ELECTROTERAPIA

### 1.3. Material

Cuando apliquemos una corriente de electroterapia necesitamos los siguientes elementos:

1. Aparato de electroterapia con sus accesorios.

El aparato de electroterapia nos permitirá seleccionar el tipo de corriente que queremos emplear y sus características.

Además, tendrá unos cables de conexión a los electrodos que tendrán dos salidas:

- Una roja que marcará el electrodo positivo para aquellos casos donde NO haya cambio de polaridad durante el tratamiento (en la corriente directa y en las corrientes monofásicas).
- Una negra que marcará el electrodo negativo para aquellos casos donde NO haya cambio de polaridad durante el tratamiento (en la corriente directa y en las corrientes monofásicas).



Regla mnemotécnica: **Negro** → **Negativo**

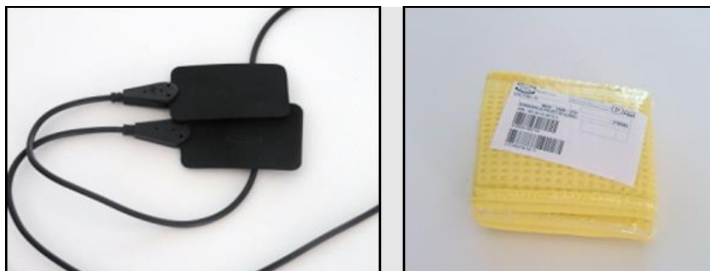
2. Electroodos.

Los electrodos son el medio que pone en contacto el aparato de electroterapia con el paciente. Es el medio de transmisión de la corriente eléctrica.

En fisioterapia emplearemos electrodos de superficie (de aplicación cutánea) salvo cuando realicemos aplicaciones específicas como tratamiento con agujas de punción (percutaneous electric nerve stimulation, PENS) o de electrolisis percutánea (EP). Existen otros electrodos de implantación quirúrgica pero que se emplean con prescripción médica.

Se diferencian distintos **tipos de electrodos**:

1. De caucho. Se emplean siempre colocando una almohadilla humedecida que evite su contacto directo con la piel. Las esponjas deben humedecerse con agua a temperatura corporal. Además, el agua que se emplea para humedecerlas debe ser la justa ya que si es demasiada puede escurrir por la piel del paciente y crear trayectorias de corriente no deseadas. Sin embargo, si no están lo suficientemente humedecidas se puede quemar la piel del paciente.





2. Adhesivos. Son desechables. Se pueden reutilizar durante varias sesiones pero siempre por el mismo paciente.



3. De ventosa. Se emplean cuando se quieren realizar tratamientos con bomba de vacío.



4. De lápiz. Permiten ser muy selectivos en la zona de aplicación de la corriente.



5. Vaginales y anales. Se emplean para tratamientos específicos de fisioterapia del suelo pélvico.



6. Agujas de punción seca y agujas de acupuntura. Se emplean para tratamientos percutáneos.



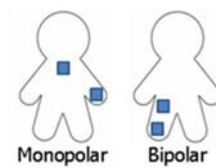
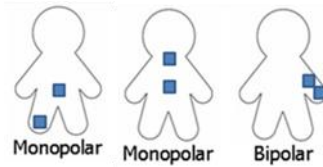
Para poder **utilizar los electrodos** con los que trabajar se deberán tener en cuenta varias cosas:

1. Colocación de los electrodos.

1.1. Según la zona donde se coloca puede tener una colocación:

1.1.1. Monopolar. Al menos uno de los electrodos se sitúa en la columna vertebral.

1.1.2. Bipolar. Los dos electrodos se sitúan en una extremidad.



1.1.3. Tetrapolar. Se colocan 4 electrodos (conectados a dos canales de corriente).

1.2. Según la forma de colocación:

1.2.1. Longitudinal a lo largo de la zona a tratar. Por ejemplo en el origen e inserción de un músculo.



1.2.2. Transversal a la zona de tratamiento. Por ejemplo a un lado y otro de una articulación.



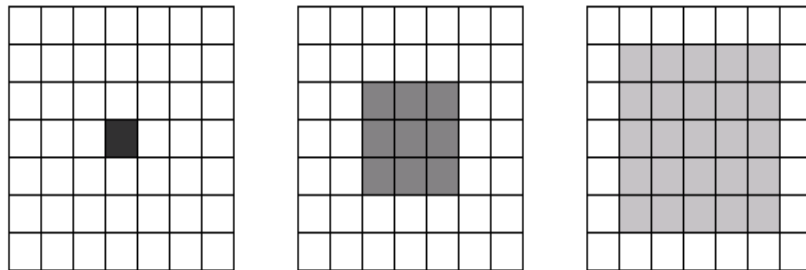
2. Tamaño de los electrodos.

2.1. Se determinará el tamaño de los electrodos teniendo en cuenta el área a tratar.

- 2.2. Además, se podrán utilizar electrodos de diferente tamaño. En este caso el objetivo será conseguir que la corriente tenga un efecto mayor en el electrodo de menor tamaño ya que será donde la densidad de corriente es mayor.

Si nos fijamos en la siguiente figura, para la misma corriente la densidad de corriente (cantidad de corriente por superficie) será distinta según el electrodo a aplicar. Si se emplea un electrodo pequeño (cuadro de la izquierda) toda la corriente irá a un área pequeña de tratamiento. Sin embargo cuando se emplea un electrodo grande (cuadro de la derecha) la misma corriente deberá repartirse sobre un área mayor con lo que su efecto será menor.

Es por ello que en el caso de que empleemos dos electrodos colocaremos el pequeño sobre la zona donde queremos tener el efecto terapéutico mientras que el otro actuará de electrodo de retorno.



3. Distancia de los electrodos. Si los electrodos se colocan muy próximos entre si la corriente viaja de forma más superficial, si se colocan alejados viajará de forma más profunda.

4. Determinar si interesa que aparezca o no el efecto punta del electrodo.

La corriente eléctrica tiende a acumularse en las esquinas de los electrodos (**efecto borde**). Es por ello por lo que los electrodos siempre tendrán los bordes redondeados. Pero además si la aplicación de los electrodos no es homogénea, la zona que esté en mayor contacto con la piel será donde se acumulará más la corriente (**efecto punta**). Esto puede interesar en ciertas aplicaciones como cuando hagamos un masaje eléctrico, pero normalmente queremos que los electrodos estén colocados lo más homogéneo posible para que la corriente pase de forma homogénea por toda la zona de tratamiento. Es muy importante considerar esto porque si colocamos los electrodos de forma irregular podríamos quemar las zonas de la piel donde se produce este efecto punta por la sobredosificación del paciente.

Resumiendo:

- 4.1. Necesitamos colocar los electrodos de forma homogénea para que la dosis sea correcta y la corriente se distribuya bien por toda la superficie. En caso

contrario podríamos provocar una sobredosificación en la zona donde se concentra toda la corriente y lesionar al paciente.

4.2. Podemos aprovechar el efecto punta para concentrar la energía en un punto, por ejemplo, para hacer un masaje eléctrico, o utilizar un electrodo más pequeño que el otro para que el efecto sea mayor en la zona de tratamiento donde se coloca el electrodo más pequeño.

Los errores más frecuentes son:

- Emplear electrodos de pequeñas dimensiones.
- Contacto irregular de los electrodos sobre la superficie de aplicación.
- Esponjas insuficientemente humedecidas, deterioradas o muy usadas.
- Electrodos o cables deteriorados. Nunca emplearlos ya que podrían quemar la piel del paciente.
- Modificaciones locales de la resistencia de la piel.

### 3. Paciente.

Habrà que tener en cuenta los siguientes aspectos en relación con el paciente:

- Cada persona y su patología es única.
- A todos los pacientes tenemos que explicarles claramente lo que van a experimentar, avisándoles de que en caso de sentir molestias lo comuniquen. Esto es especialmente importante sobre todo si es la primera vez que reciben un tratamiento con electroterapia o si se va a aplicar un tipo de corriente que nunca han recibido.
- NO tienen que sentirse molestias, pero la dosis debe ser suficiente para conseguir el efecto deseado u objetivo propuesto.
- En ocasiones es necesario sacrificar en parte el objetivo que se desea conseguir para que el paciente se vaya acostumbrando, sobre todo durante las primeras sesiones.
- Se limpiará la piel con jabón antiséptico y secado con una gasa. NO se empleará alcohol para limpiar la piel ya que la reseca y aumenta su resistencia al paso de corriente.
- En las zonas sensibles que sea necesario se protegerá la piel con vaselina.

#### **1.4. Protocolo de aplicación**

Cuando vamos a aplicar una técnica de electroterapia en el paciente siempre seguiremos el siguiente protocolo:

1. Explicación y preparación del paciente:
  - a. Explicar el procedimiento al paciente y las sensaciones que va a tener.

- b. Colocar al paciente en la posición adecuada y limpiar la piel. NO se debe afeitar el pelo ya que esto puede producir cortes o abrasiones. Si aparecen zonas con heridas o lunares prominentes, aplicar vaselina sobre estas zonas.
- c. Colocar los electrodos en la zona que se va a tratar.
2. Conectar los cables a los electrodos y a la unidad de estimulación.
3. Programar el aparato de electroterapia.
4. Tratamiento:
  - a. Iniciar el tratamiento de forma gradual y observar la reacción del paciente a la estimulación durante los primeros minutos del tratamiento. Puede ser necesario ajustar los parámetros o mover ligeramente los electrodos si no se consigue el resultado deseado.
  - b. Cuando se completa el tratamiento, retirar los electrodos e inspeccionar la piel del paciente por si hay algún signo de reacción adversa al tratamiento.
  - c. Documentar el tratamiento, incluyendo todos los parámetros del tratamiento y la respuesta del paciente al mismo.
  - d. En la siguiente sesión, antes de comenzar el tratamiento, inspeccionar la zona donde se colocaron los electrodos.

### Cuestiones

1. Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F).
  - a) El electrodo rojo indica el polo positivo y el electrodo negro el polo negativo. \_\_\_\_
  - b) Los electrodos de caucho se pueden emplear con almohadillas o sin ellas. \_\_\_\_
  - c) Las almohadillas deben humedecerse con abundante agua, aunque goteen un poco. \_\_\_\_
  - d) Si no se humedecen las almohadillas correctamente podrían quemar la piel del paciente. \_\_\_\_
  - e) Los electrodos adhesivos son de un único uso. \_\_\_\_
  - f) Si colocamos un electrodo en la columna vertebral y otro en una extremidad diremos que estamos haciendo una aplicación monopolar. \_\_\_\_
  - g) Cuando se emplean dos electrodos de diferente tamaño para un tratamiento, el efecto será mayor en el electrodo de mayor tamaño. \_\_\_\_
  - h) El efecto borde determina que la corriente eléctrica tiende a ser menor en las esquinas de los electrodos. \_\_\_\_
2. Señala la afirmación correcta:
  - a. Cuando realizamos un tratamiento con electroterapia primero colocaremos los electrodos al paciente, luego conectaremos los cables a los electrodos y al aparato de electroterapia y finalmente programaremos el aparato e iniciaremos el tratamiento.

- b. Cuando realizamos un tratamiento con electroterapia primero programaremos el aparato de electroterapia, luego conectaremos los cables a los electrodos y al aparato de electroterapia, después colocaremos los electrodos al paciente y finalmente programaremos el aparato e iniciaremos el tratamiento.
- c. Es indiferente el protocolo de aplicación en un tratamiento con electroterapia.

## ELECTRICIDAD EN EL CUERPO HUMANO

### 1.5. Conductividad de los diferentes tejidos del cuerpo humano

Cuando aplicamos una corriente eléctrica en el organismo, la energía eléctrica se desplaza por el organismo mediante el movimiento de iones que se moverán por el voltaje aplicado a través de los electrodos.

La capacidad de conducir la corriente eléctrica de cada uno de los tejidos del cuerpo humano depende de su contenido en agua. A mayor proporción de agua, mayor será la conductividad debido a los iones que contiene el agua.

De esta forma se diferencian:

- Tejidos poco conductores: hueso, grasa, piel callosa y gruesa, pelo, uñas.
- Tejidos medianamente conductores: piel, tendones, fascias gruesas y cartílagos.
- Tejidos relativamente buenos conductores: tejido conjuntivo, sangre, linfa, líquidos intra y extracelulares, vísceras, hormonas, líquidos y jugos orgánicos.
- Tejidos generadores de electricidad: tejido muscular, tejido nervioso.

#### IDEAS CLAVE

Cuando trabajemos con corrientes de baja y media frecuencia nuestro objetivo será producir un potencial de acción en los tejidos generadores de electricidad, neuronas o músculo esquelético, según el objetivo de tratamiento.

### 1.6. Efectos de la corriente eléctrica sobre los tejidos generadores de electricidad

**NOTA:** es muy importante para la comprensión de la materia entender esta sección

#### RECUERDA...

Se diferencian dos tipos de neuronas según su capacidad de transmitir la información entre el sistema nervioso central (SNC) y el sistema nervioso periférico (SNP):

1. Fibras sensitivas o aferentes. Transmiten la información desde el SNP al SNC. Hay varios tipos de fibras sensitivas, pero para el estudio de la electroterapia nos interesa destacar tres:
  - a. Fibras tipo A $\beta$  (mecánicas). Son fibras que se activan cuando se produce un estímulo mecánico. Por ejemplo, cuando alguien nos da unos golpecitos en la espalda para llamarnos.
  - b. Fibras tipo A $\delta$  (nociceptivas). Son fibras que transmiten la información nociceptiva rápida. Por ejemplo, cuando vamos andando por la calle y nos cortamos al pisar un cristal.
  - c. Fibras tipo C (nociceptivas). Son fibras que transmiten la información nociceptiva lenta. Su activación se relaciona más con la transmisión de un estímulo nociceptivo en dolores de tipo crónico.
2. Fibras motoras o eferentes. Transmiten la información desde el SNC al SNP. Hay varios tipos de fibras motoras, pero para el estudio de la electroterapia nos interesa destacar unas:
  - a. Fibras tipo A $\alpha$ . Estas motoneuronas cuando se activan provocan la contracción del músculo esquelético que inervan.

IDEA IMPORTANTE: Cuando aplicamos una corriente eléctrica de baja o media frecuencia nuestro objetivo será una de estas opciones:

1. Activar las fibras tipo A $\beta$ . En este caso generalmente nuestro objetivo será provocar la inhibición del dolor mediante el sistema de inhibición de la puerta de entrada (o Gate Control por sus siglas en inglés).
2. Activar las fibras tipo A $\alpha$ . En este caso la activación de las fibras musculares se empleará para realizar programas de entrenamiento muscular, bombeos musculares o provocar la inhibición del dolor estimulando la liberación de endorfinas y encefalinas.
3. Activar las fibras tipo A $\delta$ . Nuestro objetivo será aliviar el dolor provocando un "cortocircuito" por saturación de información en las fibras nociceptivas, fenómeno que se conoce como activación antidrómica.
4. Activar directamente las fibras motoras. Esto lo realizaremos cuando no podamos activar a las motoneuronas A $\alpha$  para conseguir provocar una contracción muscular. Esto ocurre cuando hay una denervación.

*¿Cómo conseguimos esto?*

La generación de una corriente eléctrica de baja o media frecuencia permitirá que el axón de la neurona se despolarice produciendo un potencial de acción que viajará a lo largo del axón. La neurona se activará y liberará los neurotransmisores en el botón sináptico para comunicarse con las neuronas adyacentes. Recuerda que para que se produzca un

potencial de acción en una neurona es necesario que haya un cambio de cargas eléctricas (diferencia de potencial) en su axón.

*¿Qué ocurre cuando aplicamos la corriente eléctrica? Orden de reclutamiento de las fibras nerviosas y musculares.*

Cuando colocamos los electrodos en el paciente y vamos subiendo poco a poco la intensidad, el paciente referirá lo siguiente:

1. Inicialmente indicará que nota una especie de hormigueo. Esto lo que nos está indicando es que estamos consiguiendo generar un potencial de acción en las fibras mecánicas (tipo A $\beta$ ).
2. Según subamos la intensidad podremos observar cómo se produce la contracción de la musculatura en la zona que se han colocado los electrodos. Esto lo que nos está indicando es que estamos consiguiendo generar un potencial de acción en las fibras motoras (tipo A $\alpha$ ).
3. Si seguimos subiendo la intensidad el paciente nos indicaría que empieza a sentir dolor. Esto lo que nos está indicando es que estamos consiguiendo generar un potencial de acción en las fibras nociceptivas rápidas (tipo A $\delta$ ).
4. Si siguiéramos subiendo aún más la intensidad podríamos activar las fibras tipo C o directamente provocar un potencial de acción en el músculo, pero no siempre es así, dependería de la duración de fase de la onda (ver figura que aparece a continuación).

La siguiente figura nos permite entender el fenómeno que se acaba de explicar. En ella se representa la intensidad en el eje de las Y y la duración de fase de la corriente en el eje de las X (¡¡¡fijaros que no es una representación I/t como las que hemos visto en las secciones anteriores!!!).

#### CASO 1

Si programáramos una corriente eléctrica cuya duración de fase fuera de 100 ms (parte derecha de la figura) observaríamos que según aumentamos la intensidad (ver línea vertical negra punteada) se activarán:

1. Fibras nerviosas mecánicas (tipo A $\beta$ ). Ver línea roja en la figura.
2. Fibras nerviosas motoras (tipo A $\alpha$ ). Ver línea morada en la figura.
3. Fibras nerviosas nociceptivas rápidas (tipo A $\delta$ ). Ver línea verde en la figura.
4. Fibras nerviosas nociceptivas lentas (tipo C). Ver línea naranja en la figura.
5. Fibras musculares. Ver línea azul en la figura.



CASO 2

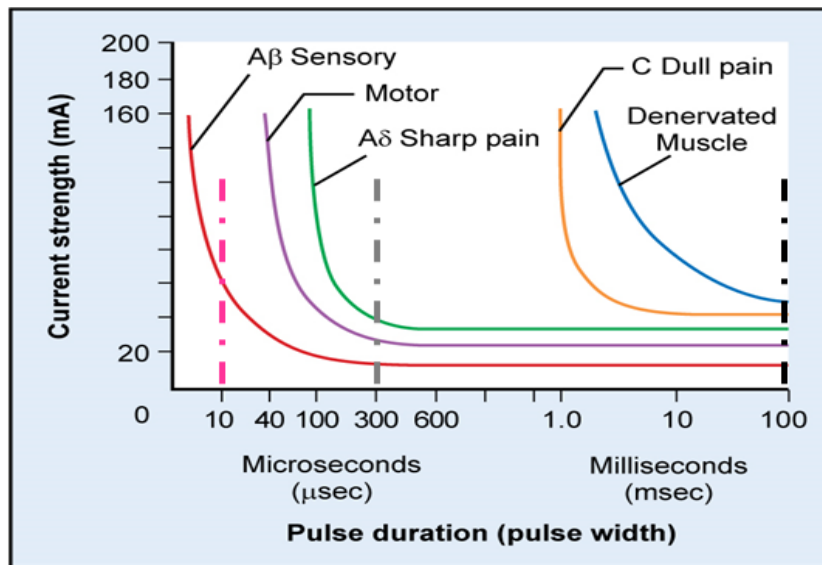
Si programáramos una corriente eléctrica cuya duración de fase fuera de 300  $\mu\text{s}$  (parte media-izquierda de la figura) observaríamos que según aumentamos la intensidad (ver línea vertical gris punteada) se activarán:

1. Fibras nerviosas mecánicas (tipo  $A\beta$ ). Ver línea roja en la figura.
2. Fibras nerviosas motoras (tipo  $A\alpha$ ). Ver línea morada en la figura.
3. Fibras nerviosas nociceptivas rápidas (tipo  $A\delta$ ). Ver línea verde en la figura.

Sin embargo, con una duración de fase de 300  $\mu\text{s}$  nunca lograríamos activar las fibras tipo C ni las fibras musculares ya que por mucho que subamos la intensidad no podríamos generar un potencial de acción por la forma de la curva que tienen.

CASO 3

¿Qué ocurriría si programáramos una corriente con una duración de fase de 10  $\mu\text{s}$  (parte izquierda de la figura)? En este caso al subir la intensidad activaríamos (ver línea vertical rosa punteada) las fibras nerviosas mecánicas (tipo  $A\beta$ ) pero por mucho que aumentemos la intensidad no lograríamos activar ninguna otra fibra ya que las otras fibras se activan con duraciones de fase mayores.



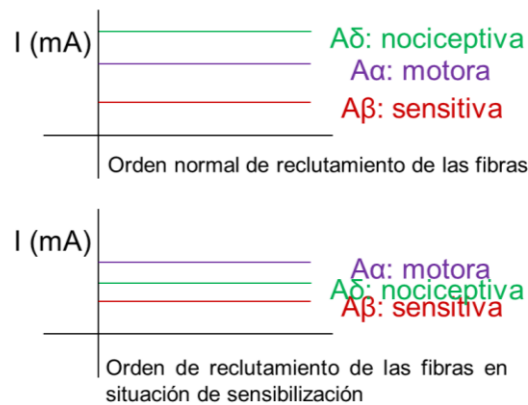
Sin embargo, el orden de reclutamiento de las fibras nerviosas y musculares puede variar. En situaciones de patología, principalmente cuando se produce dolor agudo, las fibras nerviosas nociceptivas rápidas (tipo  $A\delta$ ) disminuyen su umbral de activación, con lo que el orden de activación será:

1. Fibras nerviosas mecánicas (tipo  $A\beta$ ).
2. Fibras nerviosas nociceptivas rápidas (tipo  $A\delta$ ).
3. Fibras nerviosas motoras (tipo  $A\alpha$ ).

4. Fibras nerviosas nociceptivas lentas (tipo C).
5. Fibras musculares.

Cuando estudiemos el tema 3 (analgesia con corrientes de baja y media frecuencia) hablaremos un poco más de qué implicación tiene esto.

La siguiente figura ayuda a entender de forma gráfica este fenómeno:



#### IDEAS CLAVE

Cuando subimos la intensidad el paciente inicialmente referirá sensación de hormigueo (activación de fibras nerviosas mecánicas (tipo Aβ)), a continuación, se podrá observar la contracción muscular (activación de fibras nerviosas motoras (tipo Aα)) y si subimos mucho la intensidad el paciente referirá dolor por la activación de las fibras nerviosas nociceptivas rápidas (tipo Aδ). Sin embargo, en situaciones de sensibilización (dolor agudo, por ejemplo) este orden variará y se activarán las fibras nociceptivas rápidas antes de poder observar la contracción muscular. Esto se produce debido a que estas fibras nociceptivas disminuyen su umbral de activación.

#### 1.7. Efectos iónicos: efectos polares

Cuando nosotros colocamos los electrodos en el paciente y hacemos pasar una corriente por su cuerpo tenemos dos opciones:

1. Que NO haya un cambio de polaridad de los electrodos. En este caso el electrodo positivo siempre será positivo y el negativo siempre negativo.

En este caso estas corrientes se dice que tienen **efectos polares** sobre el organismo. Al encender la corriente las moléculas del organismo se disocian en cationes (+) y aniones (-) y se producirá un desplazamiento de estos iones. Los cationes irán al electrodo negativo y los aniones hacia el electrodo positivo. Esto provoca que haya una acumulación de cargas de signo contrario bajo los electrodos:

- En el polo negativo se producirá una reacción básica y una quemadura de tipo alcalina en la piel.

- En el polo positivo se producirá una reacción ácida y una quemadura de tipo ácido en la piel.

Esto se traduce en la presencia de un enrojecimiento en la piel del paciente tras la aplicación del tratamiento. Si la aplicación de la corriente es excesiva, este enrojecimiento podría llegar a ser una quemadura que lesione la piel del paciente. En el tema 2 veremos las reacciones químicas que se producen bajo los electrodos.

La reacción normal cuando se aplican este tipo de corrientes tendría tres fases:

- 1ª fase: vasoconstricción de corta duración seguida de una vasodilatación importante y duradera. Aparece un eritema en la zona.
- 2ª fase: el eritema galvánico desaparece casi por completo.
- 3ª fase: zona con gran sensibilidad: si se estimula la zona mecánica o térmicamente aparecerá de nuevo una hiperemia de color rosado.

Cuando el paciente viene a la siguiente sesión, no debería tener eritema, si aparece, consideraremos que la intensidad aplicada previamente fue excesiva.

Para evitar quemar la piel del paciente habrá que tener en cuenta una serie de precauciones:

- Siempre aplicar el tratamiento considerando la dosis indicada según el tipo de corriente. Por ejemplo, cuando tratemos al paciente con corriente directa nunca podremos sobrepasar la dosis de 0,25 mA/cm<sup>2</sup>.
- Siempre emplear electrodos de caucho con almohadillas o electrodos tampón especiales. Nunca se emplearán electrodos adhesivos. Existen electrodos especiales para aplicaciones específicas que se nombrarán cuando correspondan en los temas siguientes.
- Hay que asegurar que las almohadillas están bien húmedas durante toda la duración del tratamiento. Si a mitad de tratamiento es necesario humedecerlas se hará. Esto puede hacerse cogiendo agua con una jeringuilla y echándola a los electrodos. En las prácticas veremos cómo puede hacerse.
- Revisar la piel del paciente periódicamente y también al finalizar el tratamiento. Esto es especialmente importante las primeras sesiones para conocer cómo reacciona la piel del paciente al estímulo.
- Si el tratamiento se repite durante varias sesiones consecutivas y aplicamos los electrodos en el mismo lugar que en sesiones anteriores, esa zona estará sensible por lo que es más fácil que aparezca eritema en la zona. Se recomienda variar la colocación de los electrodos en cada sesión.
- Sin embargo, en los casos donde la duración del tratamiento es muy largo (podría llegar a ser de meses), muchas veces es inevitable la aparición de daño en la piel. Para tratarlo, existen cremas de aplicación tópica. En todo

caso NO se justifica que se pueda llegar a quemar la piel del paciente en grados avanzados.

Resumiendo, si queremos definir qué son los **efectos polares** diríamos que es el enrojecimiento que aparece en la piel bajo los electrodos tras la aplicación de una corriente donde la polaridad de los electrodos se mantiene fija durante todo el tratamiento y que se produce a consecuencia de la acumulación de los iones en esa zona.

2. La segunda opción al colocar los electrodos es que se produzca una alternancia de polaridad de forma que se vaya cambiando la polaridad de cada electrodo de positivo a negativo consecutivamente en uno de los electrodos y de negativo a positivo en el otro. En este caso NO se produce un cúmulo de iones bajo los electrodos y por tanto no aparecerá el enrojecimiento bajo los electrodos tras el tratamiento del paciente.

### Cuestiones

1. Completa las siguientes frases:
  - a) La corriente eléctrica produce la activación de las neuronas mediante la generación de un \_\_\_\_\_ en el axón de las neuronas.
  - b) Si queremos producir la inhibición del dolor con electroterapia mediante la activación del mecanismo de Gate control, nuestro objetivo será activar las fibras \_\_\_\_\_.
  - c) Si queremos conseguir obtener una contracción muscular con electroterapia podremos hacerlo si activamos las fibras \_\_\_\_\_.
  - d) Si queremos producir la inhibición del dolor con electroterapia mediante la técnica de activación antidrómica nuestro objetivo será activar las fibras \_\_\_\_\_.
2. Si aplicas una corriente de electroterapia y según subes la intensidad el paciente refiere que nota sensación de corriente y a continuación refiere dolor, ¿en qué situación se encuentra este paciente? Justifica tu respuesta.
3. Indica si las siguientes afirmaciones sobre los efectos polares son verdaderas (V) o falsas (F):
  - a) Los efectos polares aparecen en las corrientes donde se produce un cambio de polaridad de los electrodos a lo largo del tratamiento. \_\_\_\_
  - b) Los efectos polares son debidos al acúmulo de iones de signo contrario al electrodo en su zona de aplicación. \_\_\_\_

- c) Las reacciones que ocurren en el polo negativo hacen que se pueda llegar a producir una quemadura de tipo ácido en la piel. \_\_\_\_
- d) Siempre se lesiona la piel cuando se aplican corrientes de electroterapia que tienen efectos polares. \_\_\_\_
- e) El enrojecimiento de la piel tras la aplicación de un tratamiento con corrientes eléctricas que tienen efectos polares es un fenómeno que consideraremos normal. \_\_\_\_
- f) En el tratamiento con corrientes eléctricas que tienen efectos polares podremos emplear electrodos de caucho o electrodos adhesivos. \_\_\_\_
- g) Las almohadillas deben estar siempre húmedas durante el tratamiento con corrientes eléctricas que tienen efectos polares. \_\_\_\_
- h) Siempre deberemos revisar la piel del paciente durante el tratamiento y al finalizar el mismo, especialmente durante las primeras sesiones de tratamiento con corrientes eléctricas que tienen efectos polares. \_\_\_\_

### **TRATAMIENTO CON ELECTROTERAPIA**

De manera general, seguiremos los siguientes criterios para aplicar un tratamiento con electroterapia:

- Afecciones agudas: se emplearán dosis pequeñas y sesiones diarias. Se emplean tiempos relativamente cortos y podrán ser necesarias dos aplicaciones al día para conseguir un efecto terapéutico que dure 24 horas. Este tipo de afecciones requieren resultados favorables a corto plazo, si no se observa una mejoría hay que cambiar el tratamiento.
- Afecciones crónicas: se emplearán dosis elevadas y sesiones diarias o en días alternos. Los efectos terapéuticos serán de aparición más lenta y tardía, aparecen entre la 10ª - 12ª sesión.

Un fracaso en el tratamiento puede ser por aplicar el tratamiento con intervalos de tiempo demasiado espaciados: por ejemplo, dos sesiones semanales en afecciones crónicas.

### **CONTRAINDICACIONES, PRECAUCIONES, EFECTOS ADVERSOS**

#### **1.8. Contraindicaciones**

- Marcapasos a demanda o arritmias inestables: la corriente eléctrica puede interferir con el funcionamiento del marcapasos o puede agravar una arritmia inestable que no esté tratada con marcapasos.
- Zonas donde existe trombosis venosa, arterial o tromboflebitis: puede aumentar la circulación, lo que aumenta el riesgo de que se liberen émbolos.
- Embarazo. Completamente contraindicadas las técnicas de electroterapia durante los tres primeros meses de embarazo y en las zonas en las que el recorrido de la corriente podría atravesar el útero: zonas pélvicas, abdominal, cadera, del tronco y porción

inferior de la espalda. No se conocen bien los efectos de la estimulación eléctrica sobre el feto en desarrollo ni sobre el útero grávido, a partir del tercer mes de embarazo valorar cada caso en particular según la zona de tratamiento y la técnica de elección.

- Epilepsia. Podría desencadenarse un brote.
- Zonas donde NO se ponen electrodos:
  - o Sobre el seno carotídeo: la estimulación de esta zona puede inducir un descenso rápido de la tensión arterial y la frecuencia cardiaca que provoque el desmayo del paciente.
  - o Sobre la zona precordial.
  - o Sobre la región temporal.

### **1.9. Precauciones**

- En presencia de patología cardiaca habrá que controlar frecuencia cardiaca y la frecuencia respiratoria antes de iniciar el tratamiento y controlar los cambios de estos valores durante y después de aplicar la estimulación eléctrica.
- Pacientes con nivel de conciencia alterada debido a que la comunicación con el paciente no será adecuada.
- Zonas con sensibilidad alterada donde el paciente no pueda advertir si el tratamiento es molesto. En este caso deberemos revisar de forma más frecuente la piel del paciente.
- En el caso de tumores malignos no se recomienda por la posibilidad de que puedan estimular el crecimiento de tejidos. En situaciones terminales podría emplearse como método de control del dolor en pacientes con procesos malignos conocidos.
- En zonas de irritación de la piel o heridas abiertas la resistencia al paso de la corriente es menor y la sensibilidad está alterada. Hay que proteger la zona con vaselina o valorar la situación individual de cada paciente.

### **1.10. Efectos adversos**

Hay muy pocos efectos adversos potenciales de la aplicación clínica de las corrientes eléctricas. Para reducir al mínimo la probabilidad de efectos adversos habrá que hacer:

- o Una evaluación cuidadosa del paciente.
- o La revisión de la historia clínica y del estado médico actual del paciente.
- o El paciente deberá estar controlado durante la aplicación del tratamiento inicial con estimulación eléctrica por si aparecen efectos adversos debidos a la estimulación.

- Si se proporciona al paciente un equipo para la estimulación eléctrica en su domicilio, hay que instruirle detenidamente en el uso y en la identificación precoz de los posibles efectos adversos.

Podremos encontrarnos los siguientes efectos adversos:

- Quemaduras en la piel debidas a los efectos polares o al empleo de electrodos en mal estado.
- Irritación o inflamación de la piel en pacientes alérgicos.
- Algunos pacientes encuentran la estimulación eléctrica dolorosa, para evitarlo habrá que realizar un aumento de la intensidad lentamente. En pacientes que encuentren dolorosas todas las formas de estimulación eléctrica se deben utilizar otros tipos de tratamiento.

### **Cuestiones**

1. Indica en cuáles de las siguientes situaciones clínicas la aplicación de las técnicas de electroterapia es una contraindicación absoluta o una precaución a tener en cuenta.
  - a) Patología cardiaca
  - b) Marcapasos
  - c) Zona precordial
  - d) Trombosis
  - e) Embarazo de 6 semanas de gestación
  - f) Embarazo de 20 semanas de gestación
  - g) Tumor maligno en fase terminal
  - h) Zona con la sensibilidad alterada
  - i) Zona con una herida

### **NORMAS DE ACTUACIÓN EN LA SALA DE ELECTROTERAPIA**

- Las prácticas se realizarán en grupos de 2-3 personas y excepcionalmente en grupos de más personas.
- Cada grupo tendrá asignada una camilla y un aparato de electroterapia con el material necesario para realizar la práctica.
- El material de uso común se colocará en una mesa aparte.
- Antes de finalizar la práctica, cada grupo deberá recoger todo el material y dejarlo **exactamente en las mismas condiciones** que cuando empezó la práctica. **El incumplimiento de esta norma conllevará tener una calificación de 0 en la práctica.**
- Para la realización **de todas las prácticas** del "Bloque I. Electroterapia", cada alumno tendrá 2 electrodos adhesivos rectangulares y 2 electrodos adhesivos cuadrangulares. **Es responsabilidad del alumno hacerse responsable de ellos y llevarlos a cada clase práctica.**
- Para realizar las prácticas se facilitará un guion de prácticas y los vídeos de las prácticas a realizar. El alumno será responsable de prepararse la práctica antes de la clase. Ante cualquier duda, habrá que consultar a la profesora de prácticas antes de comenzar a hacer la práctica.
- Aquellos alumnos que presenten alguna patología o cuadro clínico que pudiera contraindicar la aplicación de electroterapia deberán comunicárselo a la profesora de prácticas que les indicará cómo proceder.
- El uso de los aparatos de electroterapia deberá ser el adecuado. El empleo de los aparatos para otros fines conllevará la amonestación correspondiente a la normativa de la universidad.

## **NO EMPEZAR A HACER NINGUNA TÉCNICA HASTA QUE EL PROFESOR LO AUTORICE**





## PRÁCTICA

### Material necesario:

- Aparato de electroterapia.
- Cable conector.
- 2 Electroodos adhesivos.

1. Experimenta las distintas sensaciones que ocurren según se aumenta la intensidad de la corriente.

#### Protocolo:

Colocación del paciente:	sedestación.
Tipo de electrodos:	electrodos adhesivos cuadrados.
Colocación de los electrodos:	bipolar sobre los músculos epitrocleares.
Forma de la onda:	rectangular bifásica simétrica.
Frecuencia:	8 Hz.
Duración de fase:	150 $\mu$ s.
Intensidad:	aumentar de forma progresiva.
Tiempo:	el suficiente para poder realizar la práctica.

- 1.1. Describe el orden por el que se van activando las distintas fibras nerviosas en tu compañero.

- 1<sup>o</sup>
- 2<sup>o</sup>
- 3<sup>o</sup>

2. Produce en tu compañero una contracción aislada y una contracción tetánica.

#### Contracción aislada:

Colocación del paciente:	sedestación.
Tipo de electrodos:	electrodos adhesivos cuadrados.
Colocación de los electrodos:	bipolar sobre los músculos epitrocleares.
Forma de la onda:	rectangular bifásica simétrica.
Frecuencia:	8 Hz.
Duración de fase:	150 $\mu$ s.
Intensidad:	aumentar de forma progresiva.
Tiempo:	el suficiente para poder realizar la práctica.

Contracción tetánica:

Colocación del paciente:	sedestación.
Tipo de electrodos:	electrodos adhesivos cuadrados.
Colocación de los electrodos:	bipolar sobre los músculos epitrocleares.
Forma de la onda:	rectangular bifásica simétrica.
Frecuencia:	30 Hz.
Duración de fase:	150 $\mu$ s.
Intensidad:	aumentar de forma progresiva.
Tiempo:	el suficiente para poder realizar la práctica.

## EJERCICIOS

### Ejercicio 1

Se ha tratado a dos pacientes con electroterapia, Juan y Silvia. Uno de ellos ha sido tratado con una corriente monofásica rectangular y el otro con una corriente bifásica rectangular simétrica. En ambos casos se ha tratado la misma zona durante el mismo tiempo de tratamiento y se han empleado electrodos del mismo tipo y tamaño, la duración de fase ha sido de 0,2 ms, el tiempo interpulso de 0,6 ms y la intensidad ha sido de 5 mA.

- Haz una gráfica para cada una de estas corrientes en un gráfico intensidad versus tiempo (incluye los parámetros de duración de fase, duración de pulso, tiempo interfase, tiempo interpulso e intensidad según corresponda).
- Indica qué corriente se le ha aplicado a Juan y cuál a Silvia si al finalizar el tratamiento observas que Juan presenta enrojecimiento en la zona de aplicación de los electrodos y Silvia no. Justifica tu respuesta.

### Ejercicio 2

Ordena las siguientes corrientes eléctricas según el grado de daño potencial que puedan hacer el paciente. Justifica tu respuesta. AYUDA: piensa en la resistencia al paso de corriente y en la presencia o no de efectos polares.

- Corriente 1. Corriente rectangular bifásica simétrica.
- Corriente 2. Corriente directa.
- Corriente 3. Corriente sinusoidal monofásica.

### Ejercicio 3

Indica qué corriente será potencialmente más lesiva, una corriente rectangular monofásica de 2 Hz o una corriente rectangular monofásica de 100 Hz. Justifica tu respuesta.

#### **Ejercicio 4**

¿A qué frecuencias trabajarás si quieres conseguir una contracción aislada? ¿y si quieres conseguir una contracción tetánica?

Contracción aislada:

Contracción tetánica:

#### **SOLUCIONES**

##### **Cuestiones**

##### **P. 17-18**

1. a) voltaje; b) intensidad; c) trabajo; d) de Joule; e) CC (constant current, intensidad constante); f) el voltaje.
2. 1) Corriente eléctrica que se produce; 2) Campo magnético asociado a esa corriente eléctrica; 3) Energía térmica (calor) producida como consecuencia de este paso de corriente a través del cuerpo.

##### **P. 20**

1. ondas de radio < microondas < infrarrojo < espectro de la luz visible < ultravioleta < rayos X < rayos gamma.
2. a) Si, radiación no ionizante; b) Si, radiación no ionizante; c) No, radiación ionizante; d) Si, radiación no ionizante; e) Si, radiación no ionizante.

##### **P. 30-31**

1.
  - a) Corriente de baja frecuencia, continua, directa, frecuencia fija, intensidad 3 mA.
  - b) Corriente de baja frecuencia, pulsada, monofásica, triangular, impulsos aislados, frecuencia 1,5 Hz, intensidad 4 mA.
  - c) Corriente de baja frecuencia, pulsada, bifásica, rectangular, simétrica, impulsos aislados, frecuencia 2 Hz, intensidad 15 mA.
  - d) Corriente de baja frecuencia, continua, alterna, sinusoidal, frecuencia 10 Hz, intensidad 28 mA
  - e) Corriente de baja frecuencia, pulsada, bifásica, rectangular, simétrica, por trenes de impulsos, modulada en intensidad, frecuencia de la onda 3 Hz, frecuencia del tren de impulsos 0,14 Hz, rampa de ascenso 1s, tiempo de mantenimiento 4s, rampa de descenso 1s, tiempo de descanso 2s, intensidad 24 mA.
  - f) Corriente de baja frecuencia, pulsada, bifásica, rectangular, simétrica, modulada en frecuencia, la frecuencia se alterna cada segundo de 1 a 3Hz, intensidad 8mA.

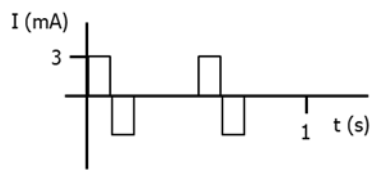
g) Corriente de baja frecuencia, continua (aunque se interrumpe para hacer los trenes de impulso), alterna, sinusoidal, por trenes de impulso, frecuencia de la onda 10Hz, frecuencia del tren 1Hz, intensidad 18mA.

2.

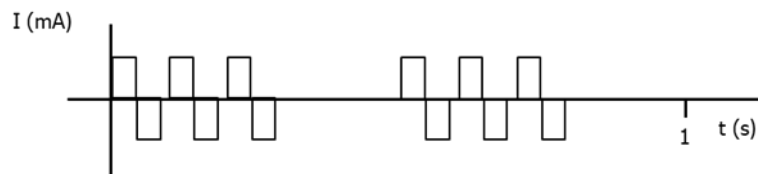
a)



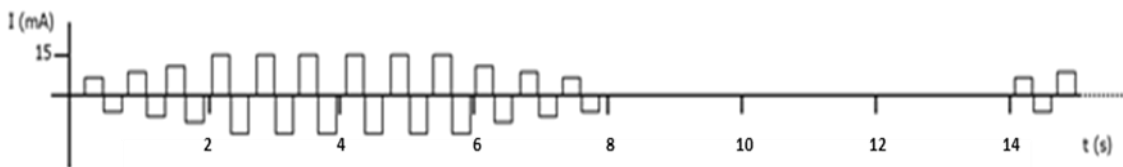
b)



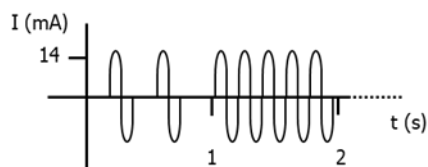
c) NOTA: podría haber 1, 2, 3 o 4 ondas en cada tren de impulsos.



d)



e)



**P. 37-38**

1. a) V; b) F; c) F; d) V; e) F; f) V; g) F; h) F.

2. a.

**P. 44-45**

1. a) potencial de acción; b) A $\beta$  (mecánicas); c) A $\alpha$  (motoras, motoneuronas); d) A $\delta$  (nociceptivas rápidas).

2. En una situación de sensibilización debido a que las fibras A $\delta$  nociceptivas han disminuido su umbral de activación. Esto se produce por ejemplo en una situación de dolor agudo.
3. a) F; b) V; c) F; d) F; e) V; f) F; g) V; h) V.

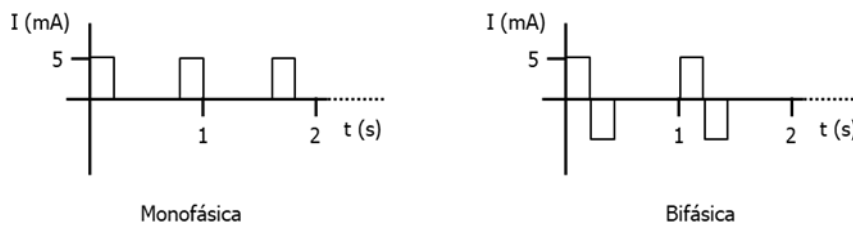
**P. 47**

1. a) precaución; b) contraindicación; c) contraindicación; d) contraindicación; e) contraindicación; f) precaución; g) precaución; h) precaución; i) precaución.

**Ejercicios**

1.

a)



b) Juan monofásica y Silvia bifásica. La monofásica tiene efectos polares que son los que presenta Juan por el enrojecimiento de la piel tras la aplicación de la corriente. La bifásica no presenta esos efectos porque se produce una alternancia en la polaridad de los electrodos durante todo el tratamiento.

2.

1º Corriente directa: no hay cambio de polaridad por lo que presenta efectos polares. Además, es continua, lo que hace que el cuerpo ofrezca la máxima resistencia al paso de corriente.

2º Corriente sinusoidal monofásica: no hay cambio de polaridad por lo que presenta efectos polares. Como es monofásica, hay momentos de interrupción en el paso de la corriente y por tanto la resistencia que ofrece el cuerpo a su paso será menor que en el caso anterior.

3º Corriente rectangular bifásica simétrica: hay cambio de polaridad por lo que no presenta efectos polares.

3. Ambas corrientes son iguales, lo único que las diferencia es la frecuencia de la onda. Son corrientes monofásicas por lo que ambas presentan efectos polares. La corriente de 2Hz será potencialmente más lesiva porque cuanto menor es la frecuencia, mayor es la resistencia que ofrece el tejido al paso de la corriente y por tanto el posible daño es mayor

4. Contracción aislada: < 10Hz; Contracción tetánica: > 20-30Hz.

## **TEMA 2. CORRIENTE DIRECTA**

## TEMA 2. CORRIENTE DIRECTA

### ÍNDICE

COMPETENCIAS .....	56
TEORÍA.....	57
TECNICAS DE APLICACIÓN .....	62
GALVANISMO .....	62
IONTOFORESIS .....	70
PRÁCTICA .....	78
EJERCICIOS .....	82
SOLUCIONES.....	83

### **COMPETENCIAS**

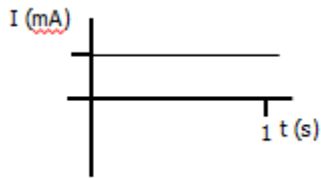
- Conocer el fundamento y las bases teóricas de las corrientes directas.
- Identificar los efectos fisiológicos de la corriente directa sobre el sistema nervioso.
- Diferenciar los dos tipos de aplicaciones terapéuticas de la corriente directa: galvanismo e iontoforesis.
- Examinar las características y parámetros de aplicación del galvanismo.
- Examinar las características y parámetros de aplicación de la iontoforesis.
- Identificar qué son los efectos polares y cómo se comprueba la posible aparición de estos efectos polares en los pacientes durante una sesión de electroterapia y durante posteriores sesiones de electroterapia.
- Diferenciar qué corrientes de electroterapia generan o no efectos polares en el organismo.
- Ser capaz de aplicar una corriente directa en un paciente según los objetivos de tratamiento que se persigan.
- Nombrar las contraindicaciones, precauciones y reacciones adversas de la corriente directa.



## TEORÍA

### 1. Definición

La corriente directa es una corriente continua de flujo constante con polaridad de los electrodos fija e intensidad constante.



Sin embargo, como veremos durante las prácticas, en la actualidad existen aplicaciones de galvanización e iontoforesis donde en lugar de una corriente directa, se emplean corrientes interrumpidas de impulsos monofásicos rectangulares. Son de corta duración con una frecuencia alta por lo que simulan el efecto de la corriente directa, pero provocan una menor carga sensitiva sobre el paciente. Esto permite subir la intensidad logrando mayor efecto terapéutico, pero con menores efectos polares.

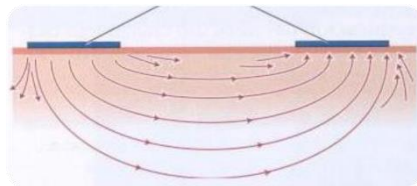


### 2. Efectos de la corriente directa

#### 2.1. Efectos a consecuencia de la colocación de los electrodos

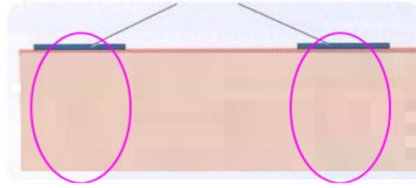
Cuando colocamos los electrodos sobre la piel del paciente y programamos una corriente directa van a aparecer los siguientes efectos:

- **Efectos interpolares (entre los electrodos)** se va a producir:

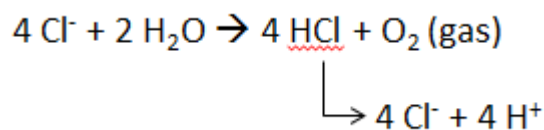


- Un movimiento iónico de cargas. Los iones negativos de la zona del cuerpo de influencia de los electrodos se desplazarán al electrodo y los iones positivos al electrodo negativo. A este proceso se le denomina **electroforesis**.
- Producción de calor (efecto electrotermal) debido a la Ley de Joule (que se explicó en el tema 1).

- **Efectos polares (debajo de los electrodos)** se va a producir:

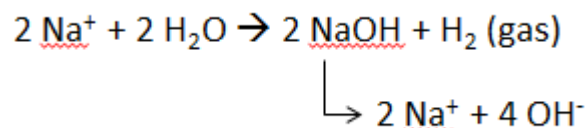


- En el electrodo **positivo** una reacción ácida (efecto electroquímico). Los iones negativos se acumulan bajo el electrodo positivo produciéndose una reacción ácida que hace que aparezca un exceso de protones en esa zona. Este exceso de protones sería el responsable de que se produzca una quemadura ácida en esa zona de la piel.



Cuando el ion cloro reacciona con el agua se forma oxígeno y ácido clorhídrico. El ácido clorhídrico es una sustancia que disuelta en agua se descompone en sus iones,  $\text{Cl}^-$  y  $\text{H}^+$ . Es por ello por lo que bajo el electrodo positivo se acumulan protones ( $\text{H}^+$ ) que como ya sabéis son los responsables de que el pH se acidifique.

- En el electrodo **negativo** una reacción básica (efecto electroquímico). Los iones positivos se acumulan bajo el electrodo negativo produciéndose una reacción básica que hace que aparezca un exceso de hidróxidos en esa zona. Este exceso de hidróxidos sería el responsable de que se produzca una quemadura básica en esa zona de la piel.



Cuando el ion sodio reacciona con el agua se forma hidrógeno e hidróxido de sodio. El hidróxido de sodio es una sustancia que disuelta en agua se descompone en sus iones,  $\text{Na}^+$  y  $\text{OH}^-$ . Es por ello que bajo el electrodo negativo se acumulan hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ) que como ya sabéis son los responsables de que el pH se vuelva básico.

## 2.2. Efectos fisiológicos sobre el sistema nervioso

Vamos a diferenciar los efectos de la corriente directa sobre el sistema nervioso según los distintos tipos funcionales de sistema nervioso que existen:

1. Sistema nervioso periférico:
  - a. Efectos sobre el SN vegetativo:

- i. Efectos vasomotores. Se producen los efectos polares descritos en el tema 1 (recuerda las tres fases descritas en ese tema). Esto implica que hay que tener precaución cuando tratamos a un paciente con corriente directa ya que podemos producirle una quemadura en la piel. Para evitarlo será muy importante conocer bien los parámetros de aplicación de esta corriente que explicaremos más adelante.
- ii. Efectos metabólicos.
  1. Mejora del trofismo.

El trofismo hace referencia a la forma de desarrollar, nutrir y mantener con vida un tejido. Generalmente cuando mejoramos el trofismo de un tejido se debe a que a ese tejido le va a llegar más sangre (y por tanto nutrientes y oxígeno) y a la vez va mejorar su capacidad de eliminar sustancias de desecho y dióxido de carbono (a través del torrente circulatorio o linfático).

En este caso el trofismo se mejora debido a que la corriente directa produce una activación del torrente sanguíneo y además porque se produce una modificación de cargas en la membrana celular (se cambia su potencial de membrana en reposo) debido al movimiento iónico intracelular.
  2. Reabsorción de hematomas y edemas. Este efecto viene dado por el aumento de la microcirculación en la zona de aplicación.
  3. Acción antiinflamatoria. Este efecto viene dado por el aumento de la microcirculación en la zona de aplicación, por favorecer la migración de líquidos osmóticos (debido al aumento de la permeabilidad de las membranas celulares) y por la repulsión de metabolitos de la zona de inflamación.
  4. Acción bactericida. Esta acción se aprovecha cuando se utiliza la corriente directa para la cicatrización de heridas crónicas infectadas. Ante una herida infectada o inflamada se coloca el electrodo negativo localmente y las células de defensa, neutrófilos, linfocitos, plaquetas y fibroblastos entre otros son atraídos).
- b. Efectos sobre el SN somático sensitivo:
  - i. Efectos analgésicos.

1. Polo positivo en la zona de dolor. Se emplea para tratar dolores más agudos.
2. Polo negativo en la zona de dolor. Se emplea para tratar dolores donde se produce el acúmulo de sustancias químicas de procesos crónicos. Estas sustancias químicas suelen tener carga negativa y al pasar la corriente directa son repelidas por el electrodo negativo.

El empleo de la corriente directa con objetivo analgésico está en desuso al ser la corriente que presenta mayores efectos polares y a que existen otras alternativas con otro tipo de corrientes.

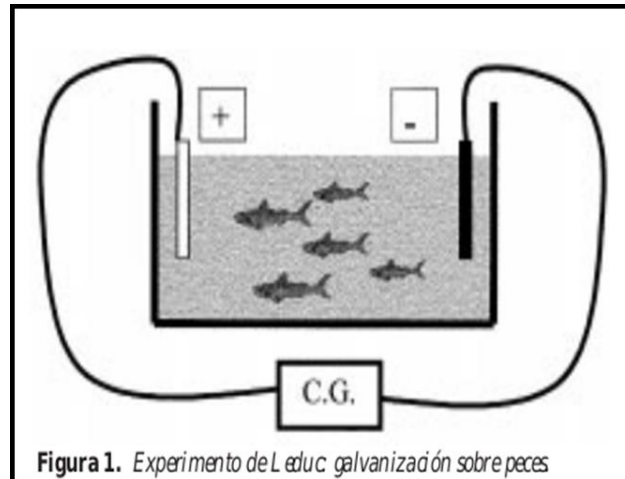
- c. Efectos sobre el SN somático motor: para conseguir contracciones musculares con este tipo de corrientes se coloca el electrodo negativo sobre la placa motora del músculo a estimular y el electrodo positivo en una zona adyacente. El empleo de la corriente directa con objetivo motor está en desuso por los motivos que acabamos de citar.

2. Sistema nervioso central:

- a. Corriente descendente (se coloca el electrodo positivo craneal y el negativo caudal). Se produce sedación y narcosis. Esta forma de aplicación se emplea para tratamientos antiestrés. Se puede aplicar colocando un electrodo en la zona cervical y el otro en la zona de la cola de caballo (se emplean para ello electrodos grandes) pero es más recomendable realizar la técnica de forma indirecta en una bañera. También puede emplearse para reducir de forma transitoria la espasticidad (es un tratamiento que debería repetirse de forma periódica).
- b. Corriente ascendente (se coloca el electrodo negativo craneal y el positivo caudal). Se produce excitación y tensión. Esta aplicación está en desuso.

Conocer el experimento de Leduc a principios del siglo XX ayuda a entender los efectos de la corriente directa sobre el sistema nervioso central. Leduc colocó en una pecera con peces un electrodo positivo a un lado y uno negativo en el otro extremo. A continuación, programó una corriente directa y subió la intensidad. Al principio los peces se movían agitados de un lado a otro, pero al cabo de un rato se quedaban tranquilos y todos con la cabeza mirando hacia el polo positivo y la cola hacia el polo negativo (efecto sedante de la corriente descendente). Al hacer un cambio de polaridad en los electrodos los peces volvían a agitarse hasta que nuevamente se colocaban con la cabeza mirando hacia el electrodo positivo y la cola hacia el negativo.

NOTA: Leduc llamó a la corriente donde el polo positivo es el craneal y polo negativo el caudal corriente descendente. Hoy en día sabemos que la corriente va del polo negativo al polo positivo, por lo que lo correcto sería indicar que es una corriente ascendente, pero seguimos utilizando la nomenclatura de Leduc para determinar si la corriente tiene un efecto sedante o uno estimulante.



### Cuestiones

1. Selecciona la opción correcta para completar las siguientes frases.
  - a) La corriente directa es una corriente \_\_\_\_\_ (continua / pulsada) de flujo \_\_\_\_\_ (constante/variable) donde la polaridad de los electrodos \_\_\_\_\_ (se mantiene fija / se alterna) y cuya intensidad es \_\_\_\_\_ (constante / variable).
  - b) Cuando aplicamos una corriente directa vamos a producir entre los electrodos un efecto \_\_\_\_\_ (térmico / químico) debido a la Ley de Joule. Además, se va a producir un movimiento de \_\_\_\_\_ (iones / átomos). Los cationes (carga positiva) se desplazarán hacia el electrodo \_\_\_\_\_ (positivo / negativo) y los aniones (carga negativa) se desplazarán hacia el electrodo \_\_\_\_\_ (positivo / negativo).
  - c) Bajo el electrodo positivo se producirá una reacción \_\_\_\_\_ (ácida / básica) y bajo el electrodo negativo se producirá una reacción \_\_\_\_\_ (ácida / básica).
  - d) La acción antiinflamatoria de la corriente directa se debe a que se repelen metabolitos que tienen \_\_\_\_\_ (la misma carga / carga de signo contrario) al electrodo que se coloque sobre la zona a tratar.

- e) Para el tratamiento de dolores agudos con corriente directa se colocará el electrodo \_\_\_\_\_ (positivo / negativo) sobre la zona a tratar.
- f) Para hacer un tratamiento antiestrés a un paciente con corriente directa se colocará el polo \_\_\_\_\_ (positivo / negativo) craneal y el polo \_\_\_\_\_ (positivo / negativo) caudal.

## TÉCNICAS DE APLICACIÓN

La corriente directa se puede aplicar de dos formas:

- **Galvanismo.** Hablamos de galvanismo cuando empleamos la corriente directa como tratamiento único.
- **Iontoforesis.** Hablamos de iontoforesis cuando se emplea la corriente directa como medio para introducir un fármaco en el organismo.

## GALVANISMO

### 2.3. Modos clásicos de aplicación

Hay dos formas clásicas de aplicar las corrientes galvánicas:

- Aplicación directa:

En la aplicación directa se emplean los electrodos para hacer pasar la corriente directa sobre el organismo. Se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipos de electrodos: de caucho o electrodos especiales para corriente directa (existen unos electrodos tampón que evitan que el pH de la piel varíe y por tanto evitan la quemadura bajo los electrodos).
- Tamaño de los electrodos: adaptado a la zona a tratar; iguales. Generalmente se utilizarán pequeños y en todo caso medianos.  
Pequeños: 4 x 6 cm  
Medianos: 6 x 8 cm  
Grandes: 8 x 12 cm
- Polaridad de los electrodos: depende del objetivo terapéutico (consultar el apartado de "efectos fisiológicos sobre el sistema nervioso" para ver qué polaridad aplicar).
- Densidad de corriente. Se recomienda emplear una densidad de 0,1 mA/cm<sup>2</sup>, pero en ocasiones es necesario trabajar a intensidades mayores. En ese caso se podrá emplear como máximo una dosis de 0,25 mA/cm<sup>2</sup>. A la primera dosis se le denomina dosis recomendada y a la segunda dosis máxima.

▪ Aplicación indirecta:

En la aplicación indirecta se emplea el agua como medio de transmisión de la corriente eléctrica. Se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Forma de aplicación:
  - Baño total.
  - Baño parcial.
- Temperatura del agua: temperatura corporal (32-36°C).
- Se añade sal para incrementar la conductividad eléctrica.
- Intensidad: se eleva hasta que el paciente refiere que tiene sensación de paso de corriente.
- Dosis: máximo 360 mA·min (según la intensidad a la que el paciente refiere el paso de corriente se calcula el tiempo de tratamiento).



## 2.4. Usos

A pesar de que hay técnicas novedosas que usan la corriente directa, en la actualidad el galvanismo está en desuso debido a que hay otros tipos de corrientes que pueden provocar los mismos efectos en el organismo (analgésicos, motores...) y que no son lesivas. Las aplicaciones de galvanismo que se aplican en la actualidad se reducen a protocolos específicos que aparecen descritos en la parte práctica de este tema:

- Cicatrización de heridas.
- Tratamiento de la hiperhidrosis.
- Tratamiento antiestrés.
- Relajación de la musculatura en situaciones clínicas como la espasticidad.
- Electrólisis percutánea (EP).
- Estimulación transcraneal con corriente directa (TDCS).
- Otros: depilación eléctrica, electrocoagulación.

## 2.5. Otras formas de aplicación. Electrólisis Percutánea (EP)

### 2.5.1. Bases y fundamento

La **electrólisis percutánea (EP)** es una técnica de fisioterapia invasiva guiada por ecografía. Consiste en la aplicación de una corriente directa a través de una aguja de punción seca para provocar una reacción orgánica que produce una inflamación localizada



exclusivamente en la zona de tratamiento y que permite la rápida regeneración del tejido blando lesionado.

Hasta hace unos años muchas patologías del tendón se denominaban **tendinitis** debido a que se pensaba que el paciente cursaba con un proceso inflamatorio en la zona tendinosa. Sin embargo, este concepto está siendo sustituido por términos como **tendinopatía** o **tendinosis** ya que los estudios de investigación han demostrado que este fenómeno se debe a que se produce un proceso degenerativo del tendón que en última instancia lleva al cuadro de dolor que refieren los pacientes. Hasta que aparece el cuadro de dolor, previamente el paciente ha podido sufrir algún proceso inflamatorio temporal debido a las microlesiones que se producen en el tendón y posteriormente es frecuente la neoangiogénesis y proliferación nerviosa en esa zona.

Por otro lado, cuando se produce una **lesión muscular**, es frecuente que ésta derive en la aparición de un proceso fibrótico que en última instancia puede llegar a producir una calcificación.

Cuando se produce una lesión de tejido blando, necesitamos potenciar la **regeneración** de ese tejido antes que su **reparación**. La reparación del tejido hace referencia a que ese tejido se restaura sin conservar su arquitectura original ni su función, por lo que sus propiedades físicas serán menores. Es lo que ocurre cuando el tejido cicatriza, se fibrosa, se calcifica... En la regeneración del tejido el tejido se restaura y al final del proceso de curación es indistinguible al tejido original.

El **objetivo** de la técnica EP es producir una ablación electroquímica no termal en la zona de lesión que conduzca a producir una respuesta inflamatoria local seguida de una proliferación celular, para finalmente producir la regeneración tisular.

**Fundamento:** Cuando se aplica esta técnica, se hace pasar una corriente directa a través de los electrodos buscando conseguir una reacción básica en la zona de tratamiento. La corriente directa actúa produciendo la electroforesis de los componentes iónicos hacia los distintos electrodos (los cationes se desplazan hacia el electrodo negativo y los aniones hacia el electrodo positivo). Como el objetivo es conseguir una reacción básica, se colocará el electrodo negativo sobre la zona a tratar y el positivo distal (más adelante se explica el procedimiento). De esta forma el pH de la zona a tratar aumentará (mira el apartado "efectos de la corriente directa" para ver la reacción química que ocurre) y producirá una quemadura básica de origen eléctrico que destruye los tejidos fibróticos y necrosados y promoverá una correcta regeneración tisular (se produce una respuesta inflamatoria inicial seguida de una fase de proliferación tisular y finalmente la fase de remodelación tisular).

De forma complementaria a la técnica EP se pautan ejercicios excéntricos que permitan, entre otras cosas, la correcta alineación de los tejidos que se produce en la fase de remodelación tisular.

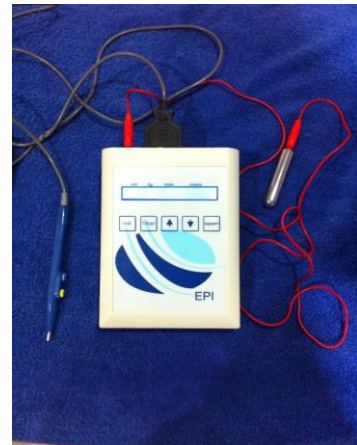


NOTA: El electrodo negativo es de menor tamaño que el positivo ya que de esta forma habrá mayor densidad de corriente en la zona a tratar.

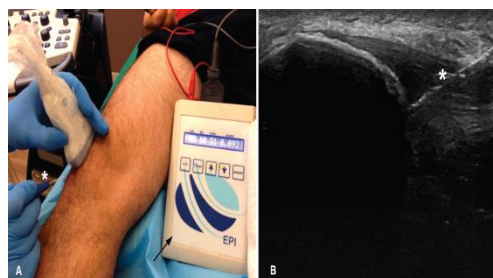
En este manual vamos a describir el método de aplicación de la EP con corriente directa, pero en los últimos años han aparecido aparatos de diferentes casas comerciales que emplean otras corrientes monofásicas con el mismo objetivo.

### 2.5.2. Metodología de aplicación

El aparato de EP consta de un equipo que genera una corriente directa con una salida para el electrodo positivo (ver cable rojo de la figura) y una salida para el electrodo negativo (ver conector negro y cable gris de la figura). El electrodo positivo finaliza en un electrodo metálico y el electrodo negativo finaliza en un electrodo especial que tiene una pinza que permite conectarlo a la aguja de punción seca.



Para aplicar la técnica EP se seguirán los siguientes **pasos**:



Paso 1. Localización de la lesión. Se identifica la zona a tratar y la estructura afectada mediante ecógrafo y palpación.

Paso 2. Introducción de la aguja de punción seca en la zona a tratar. La imagen ecográfica permitirá confirmar que la aguja se sitúa en la zona que queremos tratar.

Paso 3. Selección de parámetros para la lesión específica de cada paciente.

Paso 4. Conexión de los electrodos. El paciente cogerá con su mano el electrodo positivo y se conectará el electrodo negativo a la aguja de acupuntura.

Paso 5. Aplicación de la técnica. Paso de corriente a la zona que se quiere tratar. En la imagen ecográfica se verán burbujas de gas (hidrógeno) que se forma a consecuencia de la reacción básica que se produce en la zona de tratamiento.

### 2.5.3. Parámetros de tratamiento:

- Corriente continua.
- Electrodo:
  - Negativo: aguja de punción seca.
  - Positivo: metal.
- Intensidad: se emplean intensidades bajas.
  - Procesos tendinosos: de 3 a 6 mA. La dosis estándar es de 3 mA, aunque es necesario establecer la dosis para cada sujeto en función de la respuesta algógena y del tejido.
  - Tejido fibrótico: más de 4 mA.
- Duración: 3-5 segundos.
- Número de repeticiones: 1-8.
- Periodicidad: la técnica se aplica cada 7-10 días para respetar el tiempo de fagocitosis que se produce cuando se lesiona un tejido, pero sería igualmente válido aplicar la técnica cada 14-15 días que es lo que dura una respuesta inflamatoria.

### 2.5.4. Indicaciones

- Tendinopatías.
- Lesiones musculares: roturas, contusiones, lesiones miotendinosas, fibrosis, calcificaciones, puntos gatillo miofasciales.
- Lesiones ligamentarias o de tejido conjuntivo: esguinces, periostitis.

### 2.5.5. Contraindicaciones

Absolutas:

- Endoprótesis y material de osteosíntesis.
- Marcapasos.
- Cardiopatías.
- Embarazo.
- Procesos oncológicos.
- Tromboflebitis.
- Glándulas endocrinas.
- Afecciones cutáneas.
- Afectaciones neurosensitivas.

Relativas:

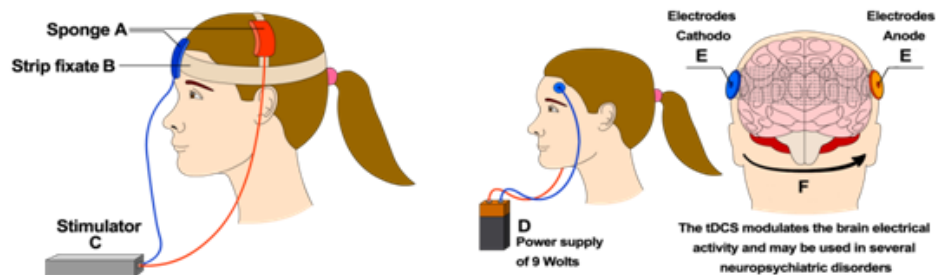
- Corticoides.
- Esteroides.

La ingesta de estas sustancias interfiere con el proceso de regeneración tisular y anularía parcialmente los efectos de la técnica de EP.

## 2.6. Otras formas de aplicación. Estimulación transcraneal con corriente directa (TDCS)

### 2.6.1. Bases y fundamento

Es una tecnología de **estimulación cerebral** que aplica una cantidad pequeña de corriente eléctrica directa en un área específica del cerebro a través de electrodos colocados sobre el cráneo. Produce cambios en la **excitabilidad cortical** y sus efectos dependen de la orientación y colocación de los electrodos y de la polaridad de la estimulación, pudiendo inducir la disminución (electrodo negativo) o el aumento (electrodo positivo) de la excitabilidad de la corteza cerebral.



### 2.6.2. Parámetros y metodología de aplicación

La **densidad de corriente** oscila entre 0,2 y 0,8 mA /cm<sup>2</sup> aunque en la mayoría de investigaciones se emplea una **intensidad** entre 1 y 2 mA.

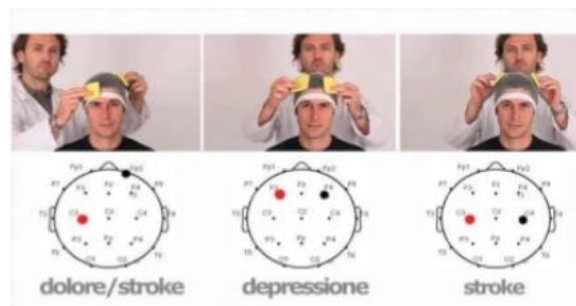
El **tiempo de tratamiento** varía entre 10 y 20 minutos diarios, pudiendo llegar en algunos casos hasta 30 minutos.

El **número de sesiones** oscila entre 20 y 30.

La **frecuencia** recomendada es entre 2 y 3 sesiones semanales.

### 2.6.3. Indicaciones

Está indicada en procesos como migraña, estadios depresivos, epilepsia, trastornos del movimiento, tinnitus, trastornos de la memoria, Parkinson, procesos dolorosos, fibromialgia, etc.



### 2.6.4. Efectos adversos

- Sensación de picor, cosquilleo o pinchazo en la zona de los electrodos (durante la aplicación).

- Sensaciones visuales (al inicio o al final de la sesión).
- Enrojecimiento cutáneo en la zona de los electrodos.
- Sensación dolorosa en la zona de aplicación.
- Fatiga leve.
- Cefaleas, mareos leves o desorientación.
- Alteraciones del sueño.

## 2.7. Estado de la evidencia

Hoy en día, a nivel clínico con evidencia científica actual que avale su empleo, el uso del galvanismo se limita principalmente a las técnicas de TDCS y EP.

La **TDCS**, tradicionalmente se limitaba al uso de trastornos psiquiátricos con resultados favorables (1). No obstante, son numerosos los estudios que avalan el uso de la TDCS en la neurorrehabilitación por su facilidad a la hora de aplicación y sus bajos efectos secundarios en la enfermedad de Parkinson (2), post-ictus (3,4) y esclerosis múltiple (5,6), entre otras. El efecto de neuroplasticidad neuronal de la TDCS se ve demostrado en numerosos estudios, consolidándose como una herramienta no invasiva importante a combinar con otras herramientas de neurorrehabilitación motora (7).

No obstante, se ha utilizado también con buenos resultados en otro tipo de patologías como la fibromialgia (8) y en dolor crónico (9).

En relación con la **EP**, son muchos los estudios que avalan su uso en diversas patologías. En el caso de tendinopatías, se justifica su empleo junto a la realización de ejercicios excéntricos (10, 11). En fascitis plantar, se encuentran también resultados satisfactorios en dolor y discapacidad al igual que en la infiltración de corticoesteroides (12) y en calidad de vida frente al uso de punción seca (13). Existen otros estudios en dolor miofascial y en síndrome subacromial, pero con resultados no tan relevantes (14,15).

1. Tortella G, Casati R, Aparicio LVM, et al. Transcranial direct current stimulation in psychiatric disorders. *World J Psychiatry*. 2015;5(1):88.
2. Benninger DH, Lomarev M, Lopez G, et al. Transcranial direct current stimulation for the treatment of Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2010;81(10):1105–11.
3. Schjetnan AGP, Faraji J, Metz GA, Tatsuno M, Luczak A. Transcranial direct current stimulation in stroke rehabilitation: a review of recent advancements. *Stroke Res Treat*. 2013;2013:1–14.
4. Agata FD, Peila E, Cicerale A, et al. Cognitive and neurophysiological effects of non-invasive brain stimulation in stroke patients after motor rehabilitation. *Front Behav Neurosci*. 2016;10:1–11.
5. Mori F, Nicoletti CG, Kusayanagi H, et al. Transcranial direct current stimulation ameliorates tactile sensory deficit in multiple sclerosis. *Brain Stimul*. 2013;6(4):654–9. doi:10.1016/j.brs.2012.10.003.
6. Mori F, Codecà C, Kusayanagi H, et al. Effects of anodal transcranial direct current stimulation on chronic neuropathic pain in patients with multiple sclerosis. *J Pain*. 2010;11(5):436–42.
7. Sánchez-Kuhn A, Pérez-Fernández C, Cánovas R, Flores P, Sánchez-Santed F. Transcranial direct current stimulation as a motor neurorehabilitation tool: an empirical review. *Biomed Eng Online*. 2017;16(Suppl 1):76.

8. Mendonca ME, Simis M, Grecco LC, Battistella LR, Baptista AF, Fregni F. Transcranial direct current stimulation combined with aerobic exercise to optimize analgesic responses in fibromyalgia: a randomized placebo-controlled clinical trial. *Front Hum Neurosci.* 2016;10:68.
9. Pinto CB, Teixeira Costa B, Duarte D, Fregni F. Transcranial Direct Current Stimulation as a Therapeutic Tool for Chronic Pain. *J ECT.* 2018;34(3):e36-e50.
10. Abat F, Diesel WJ, Gelber PE, Polidori F, Monllau JC, Sanchez-Ibañez JM. Effectiveness of the Intratissue Percutaneous Electrolysis (EPI®) technique and isoinertial eccentric exercise in the treatment of patellar tendinopathy at two years follow-up. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2014;4(2):188-193.
11. Rodríguez-Huguet M, Góngora-Rodríguez J, Rodríguez-Huguet P, et al. Effectiveness of Percutaneous Electrolysis in Supraspinatus Tendinopathy: A Single-Blinded Randomized Controlled Trial. *J Clin Med.* 2020;9(6):1837.
12. Iborra-Marcos Á, Ramos-Álvarez JJ, Rodríguez-Fabián G, et al. Intratissue Percutaneous Electrolysis vs Corticosteroid Infiltration for the Treatment of Plantar Fasciosis. *Foot Ankle Int.* 2018;39(6):704-711.
13. Al-Boloushi Z, Gómez-Trullén EM, Arian M, Fernández D, Herrero P, Bellostá-López P. Comparing two dry needling interventions for plantar heel pain: a randomised controlled trial. *BMJ Open.* 2020;10(8):e038033.
14. Lopez-Martos R, Gonzalez-Perez LM, Ruiz-Canela-Mendez P, Urresti-Lopez FJ, Gutierrez-Perez JL, Infante-Cossio P. Randomized, double-blind study comparing percutaneous electrolysis and dry needling for the management of temporomandibular myofascial pain. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2018;23(4):e454-e462.
15. Alcaide R, Salom-Moreno J, Atín-Arratibel MA, Fernández-de-Las-Peñas C. Ultrasound-Guided Percutaneous Electrolysis and Eccentric Exercises for Subacromial Pain Syndrome: A Randomized Clinical Trial. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2015;2015:315219.

### Cuestiones

1. Es frecuente la aplicación de un protocolo de galvanismo para el tratamiento de la hiperhidrosis palmar. Para ello el paciente introduce las manos sobre dos electrodos que se encuentran dentro de sendas cubetas con agua. Si quieres tratar a un paciente con hiperhidrosis con esta técnica:
  - a. Indica el tipo de electrodos que emplearías. Justifica tu respuesta.
  - b. Indica el tamaño de electrodos que emplearías.
  - c. ¿A qué intensidad trabajarías? (se solicita un valor numérico). Justifica tu respuesta.
  - d. ¿Qué tiempo de tratamiento programarías? Justifica tu respuesta.
  
2. Selecciona la opción correcta para completar las siguientes frases:

En la aplicación del galvanismo empleando el agua como medio de transmisión de la corriente eléctrica la temperatura del agua debe ser \_\_\_\_\_ (fría / mesotermal indiferente / caliente). Además \_\_\_\_\_ (si / no) debe añadirse sal para aumentar la conductividad eléctrica. Además, la intensidad se elevará hasta \_\_\_\_\_ (nivel sensitivo / 5 mA como máximo).

## **IONTOFORESIS**

### **2.8. Definición**

Empleo de corriente directa de baja intensidad con el objetivo de producir la **absorción transdérmica** de fármacos.

El método se basa en la introducción de fármacos con carga iónica de forma que los fármacos se introduzcan en el organismo por la repulsión que se produce al tener la misma carga que el electrodo. Esto quiere decir que si tenemos un fármaco con carga positiva lo colocaremos en la zona a tratar y encima colocaremos el electrodo positivo. Cuando comience el paso de corriente el electrodo repelerá al fármaco (cargas del mismo signo se repelen) y el fármaco se introducirá en el organismo.

Se ha visto que la penetración del fármaco se debe principalmente al fenómeno de difusión y que no depende solo de la intensidad de la corriente aplicada. Es por ello que cuando se realiza un tratamiento con iontoforesis se tienen en cuenta tanto la **intensidad** que se emplea como el **tiempo de aplicación**.

Al aplicar esta técnica buscamos un efecto local en la zona a tratar, no queremos que el fármaco pase a sangre y tener un efecto sistémico.

### **2.9. Efectividad del fármaco**

La efectividad del fármaco depende de los siguientes factores:

- **Número total de iones transferidos.** La efectividad será mayor cuanto mayor sea la cantidad de iones transferidos. La cantidad de iones transferidos será mayor cuanto mayor sea la:
  - Densidad de corriente del electrodo activo.
  - Duración del flujo de corriente.
  - Concentración de iones en la solución.
- **Profundidad de penetración** del fármaco. La profundidad de penetración es de unos 3-20 mm (5 mm según la mayoría de autores).
- **Combinación química** del fármaco con otras sustancias corporales. Si se produce este fenómeno disminuye la efectividad del fármaco ya que al reaccionar con otras moléculas pierde su efecto terapéutico.
- **Absorción** por el sistema capilar de la sangre. Si el fármaco es absorbido por el sistema capilar pasará al torrente sanguíneo y tendrá un efecto sistémico y no local como el que se busca con esta técnica. Esto ocurre por ejemplo con la histamina que produce dolor de cabeza aplicada mediante iontoforesis.

## **2.10. Consideraciones**

- No se recomienda aplicar dos fármacos de forma simultánea en la misma sesión de tratamiento. Si se quiere hacer un tratamiento con dos fármacos un día se aplicará uno y al día siguiente al otro. Esto es debido a que los dos fármacos compiten entre sí para su introducción en el organismo e incluso puede haber alteraciones en sus iones.
- No se recomienda calentar previamente la zona a tratar ya que se aumenta la vasodilatación de la zona y esto podría favorecer que el fármaco llegara al tejido capilar y de ahí al torrente circulatorio, obteniendo de esta forma un efecto sistémico (dispersión) y no local que es el que buscamos.
- Cuanto más tiempo se aplica una corriente, mayor será el número de iones transferidos. Sin embargo, a medida que aumenta la duración del tratamiento, disminuye la impedancia de la piel y aumenta la probabilidad de una quemadura eléctrica.

## **2.11. Ventajas y desventajas**

### **2.11.1. Ventajas**

- Efecto local.
- No es invasiva.
- Es incruenta.
- Evita el paso del fármaco por el tracto gastrointestinal y por el hígado.
- Se aprovechan otros efectos de la corriente directa. Por ejemplo, si se coloca el electrodo positivo proximal y el negativo distal se puede obtener sedación.

### **2.11.2. Desventajas**

- Únicamente pueden emplearse algunos fármacos: aquellos cargados eléctricamente, solubles en agua o gel y que no reaccionen con sustancias del organismo.
- Se desconoce la dosis exacta de fármaco que penetra en el organismo.
- No se pueden emplear fármacos con efectos generales potentes.
- La corriente genera efectos polares sobre la piel del paciente.
- El efecto está limitado a las capas más superficiales de los tejidos.

### 2.12. Vademécum de prescripción


La iontoforesis, al emplear fármacos en el tratamiento del paciente, es una técnica que debe ser prescrita por el médico.

Existen vademécums de prescripción de iontoforesis. A continuación, describimos los fármacos más utilizados en fisioterapia:

- Dexametasona. Es un fármaco de polaridad negativa. Se emplea en el tratamiento de procesos inflamatorios: artritis, bursitis y tendinitis.
- Procaína. Es un fármaco de polaridad positiva. Se utiliza como anestésico.
- Ácido acético. Es un fármaco de polaridad negativa. Se emplea en procesos que cursan con una calcificación.
- Calcitonina. Es un fármaco de polaridad positiva. Se emplea para la aceleración de la consolidación de fracturas.
- Yoduro potásico. Es un compuesto de polaridad negativa. Se emplea para el tratamiento de cicatrices y adherencias.
- Hialuronidasa. Es un fármaco de polaridad positiva. Se emplea en el tratamiento de edemas, linfedemas y celulitis.
- Cloruro cálcico dihidratado. Es un compuesto de polaridad positiva. Se emplea en el tratamiento del síndrome de dolor regional complejo.

### 2.13. Formas de aplicación

Existen dos formas de aplicación de la electroterapia, la técnica tradicional y una técnica de aplicación con dispositivo portátil:

- **Aplicación tradicional.** En la aplicación tradicional se coloca el fármaco en la zona a tratar y por encima se sitúa el electrodo que tiene la misma polaridad que el fármaco. El otro electrodo se coloca en una zona cercana y se hace pasar la corriente. Esta aplicación se caracteriza por ser de mayor intensidad y de menor duración: se aplica durante unos minutos a intensidades entre 2 y 5 mA.
- **Aplicación con dispositivo portátil.** En esta forma de aplicación se emplea un parche que contiene el electrodo positivo y  negativo. Este parche tiene una pila que es la que va a generar la corriente directa. El fármaco se coloca en el electrodo de igual polaridad, se pega el parche en la piel del paciente y se hace pasar la corriente. Esta aplicación se caracteriza por ser de menor intensidad y de mayor duración. Se aplica durante horas a intensidades que oscilan entre 0,1 y 0,3 mA.



Para elegir una u otra técnica hay que tener en cuenta varias consideraciones. En primer lugar, la posibilidad de aplicar ambas en el sitio de trabajo. Por ejemplo, si no disponemos de un aparato de electroterapia podremos emplear la aplicación con dispositivo portátil, pero si en nuestro sitio de trabajo hay aparato de electroterapia, pero no cuentan con los dispositivos portátiles únicamente podremos utilizar la aplicación tradicional.

A parte de esto:

- El fármaco debe superar la barrera de la piel para penetrar. La forma de evitar esta resistencia de la piel es subiendo la intensidad. Es por ello por lo que, si únicamente consideráramos este factor, emplearíamos el método tradicional en los tratamientos con iontoforesis.
- La corriente directa que se emplea hace que aparezcan efectos polares. Si empleamos intensidades bajas minimizamos estos efectos, de ahí que, si únicamente consideráramos este factor, emplearíamos el método con dispositivo portátil en los tratamientos con iontoforesis.
- La corriente directa que se emplea hace que aparezca un aumento del flujo sanguíneo en la zona, con lo que el fármaco podría pasar más fácilmente al torrente sanguíneo. Si empleamos intensidades bajas se evita esto, de ahí que, si únicamente consideráramos este factor, emplearíamos el método con dispositivo portátil en los tratamientos con iontoforesis.

Se están diseñando modelos híbridos que permitan combinar ambas técnicas y obtener sus beneficios minimizando sus desventajas.

## 2.14. Metodología de aplicación

### 2.14.1. Electroodos

#### 2.14.1.1. Tipos

- Aplicación tradicional:
  - Se emplearán electrodos de caucho con almohadillas cuando se trabajen a dosis de hasta 40 mA·min (normalmente 4x6).
  - Si trabajamos a dosis mayores de 40 mA·min (80 mA·min) se emplearán electrodos especiales con disoluciones tampón.
- Aplicación con dispositivo portátil. Se emplean parches portátiles inalámbricos.



#### 2.14.1.2. Colocación y tamaño

- Electrodo activo: se coloca en la zona de tratamiento por encima del fármaco. Puede ser más pequeño que el electrodo indiferente para concentrar más efecto sobre la zona a tratar.
- Electrodo de retorno: se coloca en una zona cercana.

#### 2.14.1.3. Polaridad

- El fármaco y el electrodo activo deben tener la misma polaridad.

### 2.14.2. Dosis

#### 2.14.2.1. Fármaco

- Se emplea al 2-5 % si es una disolución acuosa.
- Se emplea al 1-5% si es una pomada.

NOTA: el fármaco se colocará en una gasa y la gasa sobre la zona a tratar. El electrodo se colocará sobre la gasa asegurándonos de que no queda gasa por fuera del electrodo.

#### 2.14.2.2. Densidad de corriente

- Dosis recomendada: 0,1 mA/cm<sup>2</sup>.
- Dosis máxima: 0,25 mA/cm<sup>2</sup>.

#### 2.14.2.3. Intensidad

- Se calcula según la intensidad por minuto a la que se quiera trabajar.
- Se subirá la intensidad hasta que el paciente note sensación de corriente intentando llegar como mínimo a **intensidades** calculadas según la **dosis recomendada** (0,1 mA/cm<sup>2</sup>). Por ejemplo, en electrodos pequeños de 4x6 cm la superficie será 24 cm<sup>2</sup> y por tanto la intensidad mínima recomendada será de 2,4 mA. La intensidad **no podrá ser superior a 5 mA**, si el paciente refiere que no siente sensación de corriente a 5 mA se mantendrá esa intensidad durante el tratamiento (se recomienda revisar la humedad adecuada de los electrodos). En base a esto se calculará el tiempo de tratamiento posteriormente que se explica a continuación.
- En aplicaciones en **agua** se permite **mayor intensidad** ya que la densidad de corriente será menor.

#### 2.14.2.4. Tiempo

Para calcular el tiempo de tratamiento se tendrán en cuenta dos factores:

- Por un lado, la **intensidad** a la que se va a programar la corriente (explicado en el punto anterior).
- Por otro lado, la **dosis** (intensidad por minuto) a la que se trabaje:
  - Si la aplicación se realiza con electrodos será de 40 a 80 mA·min.
  - Si se emplean aplicaciones utilizando el agua como medio para el paso de corriente será de 300 a 500 mA·min.

Una vez conozcamos la intensidad a trabajar y decidamos la dosis a la que queremos trabajar podremos calcular el tiempo de tratamiento. Por ejemplo, si el paciente refiere que tiene sensación de corriente a los 4 mA y queremos trabajar a 40 mA·min tendremos que programar un tiempo de 10 min:

tiempo de tratamiento = dosis / intensidad

tiempo de tratamiento = 40 mA·min / 4 mA = 10 minutos

### 2.14.3. Frecuencia

- Patología aguda: tratamiento diario.
- Patología crónica: 2-3 veces por semana.

### 2.14.4. Consideraciones

- Finalizar el tratamiento cuando se consiguen los objetivos de tratamiento.
- Finalizar el tratamiento en caso de intolerancia o quemadura.
- Tener precaución con los efectos polares, revisar periódicamente la humedad de las almohadillas y la piel del paciente.

### 2.15. Precauciones

- La aplicación de esta técnica produce efectos polares sobre la piel.
- Al aplicar la técnica no se deben considerar únicamente las sensaciones del paciente. Puede aparecer una quemadura (especialmente las quemaduras de origen básico, en el electrodo negativo) y que el paciente no refiera dolor en la zona hasta pasado un tiempo después de la aplicación.
- Comprobar la polaridad correcta de los electrodos al realizar la técnica.
- Evitar efectos opuestos entre el fármaco y la corriente directa. Por ejemplo, si nuestro objetivo es analgésico y tratamos al paciente con un fármaco de carga positiva nos interesará colocar el electrodo activo (en este caso el positivo) en la zona a tratar y el electrodo de retorno (el negativo) distal. De esta forma tenemos los efectos analgésicos del

fármaco y los efectos sedantes de la corriente descendente descrita por Leduc.

### 2.16. Contraindicaciones

- No aplicar los electrodos sobre la piel alterada, con heridas o ulcerada.
- Evitar que el campo eléctrico invada la zona cardiaca o importantes centros nerviosos.
- No aplicar sobre procesos tumorales.
- Alejarse de las glándulas secretoras de hormonas.
- No aplicar sobre osteosíntesis metálicas, endoprótesis metálicas o sus proximidades.
- No aplicar sobre tromboflebitis o varices floridas.
- No aplicar sobre procesos infecciosos locales.

### 2.17. Estado de la evidencia

El uso de la **iontoforesis** como terapia se remonta a varias décadas y es en torno a los años 80 y 90 cuando existen más artículos científicos. Su uso se extiende a la terapia farmacológica en el tratamiento del cáncer, patologías dermatológicas, trastornos hormonales y trastornos metabólicos, entre otros (1). En la actualidad, son pocas las publicaciones de fisioterapia donde se ha utilizado esta terapia. En un estudio en síndrome subacromial, se compararon tres técnicas: iontoforesis con dexketoprofeno, ultrasonidos y sonoforesis, encontrándose mejoras en todos los grupos en el dolor, la función del hombro y la discapacidad (2). En el tratamiento del túnel carpiano, también se demuestra que el uso de iontoforesis con corticoides es igual de efectiva que la sonoforesis (3). Asimismo, en el tratamiento de la epicondilitis, la iontoforesis parecer ser una técnica igual de efectiva que la sonoforesis para la administración de naproxeno localmente (4). También se encuentran resultados positivos cuando se combina iontoforesis con dexametasona con vendaje específico para la fascitis plantar (5). Para el dolor de talón crónico, se obtuvo una mejora en el 94% de los pacientes en relación con el dolor con la introducción de ácido acético mediante iontoforesis (6).

1. Sieg A, Wascotte V. Diagnostic and therapeutic applications of iontophoresis. *J Drug Target.* 2009;17(9):690-700.
2. Pérez-Merino L, Casajuana MC, Bernal G, et al. Evaluation of the effectiveness of three physiotherapeutic treatments for subacromial impingement syndrome: a randomised clinical trial. *Physiotherapy.* 2016;102(1):57-63.
3. Gurcay E, Unlu E, Gurcay AG, Tuncay R, Cakci A. Assessment of phonophoresis and iontophoresis in the treatment of carpal tunnel syndrome: a randomized controlled trial. *Rheumatol Int.* 2012;32(3):717-722.

4. Bas, kurt F, Ozcan A, Algun C. Comparison of effects of phonophoresis and iontophoresis of naproxen in the treatment of lateral epicondylitis. Clin Rehabil 2003;17:96-100.
5. Osborne HR, Allison GT. Treatment of plantar fasciitis by LowDye taping and iontophoresis: short term results of a double blinded, randomised, placebo controlled clinical trial of dexamethasone and acetic acid. Br J Sports Med. 2006;40(6):545-549.
6. Japour CJ, Vohra R, Vohra PK, Garfunkel L, Chin N. Management of heel pain syndrome with acetic acid iontophoresis. J Am Podiatr Med Assoc. 1999;89(5):251-257.

### Cuestiones

1. Completa las siguientes frases:
  - a) En la iontoforesis se emplea una corriente \_\_\_\_\_ con el fin de producir la absorción a través de la piel de un \_\_\_\_\_.
  - b) La penetración de los fármacos con iontoforesis depende de dos factores: \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
  - c) La efectividad del fármaco depende, entre otros factores, del número total de iones transferidos. Y será mayor cuanto \_\_\_\_\_ sea la cantidad de iones transferidos.
  
2. Indica si las siguientes afirmaciones sobre la iontoforesis son verdaderas (V) o falsas (F):
  - a) La profundidad de penetración del fármaco es de unos 5 cm. \_\_\_\_
  - b) Nos interesa producir calor local en la zona antes de realizar un tratamiento con iontoforesis porque de esta forma se produce una vasodilatación y el fármaco penetrará mejor en el tejido. \_\_\_\_
  - c) Si queremos aplicar dos fármacos, aplicaremos cada uno un día, alternándolos consecutivamente día a día. \_\_\_\_
  - d) Al aplicar iontoforesis evitamos que el fármaco pase por el tracto gastrointestinal y por el hígado. \_\_\_\_
  - e) Se puede emplear cualquier fármaco para el tratamiento con iontoforesis. \_\_\_\_
  - f) El tratamiento con el método tradicional dura unos minutos y se emplean intensidades de hasta 5 mA. \_\_\_\_
  - g) El tratamiento con dispositivo portátil dura horas y se emplean intensidades de 0,1 – 0,3 mA. \_\_\_\_
  
3. Selecciona la opción correcta para completar las siguientes frases:
  - a) El efecto de la iontoforesis es \_\_\_\_\_ (local / global).
  - b) Si tratamos una calcificación del tendón de aquiles con ácido acético (carga negativa) colocaremos el electrodo \_\_\_\_\_ (positivo / negativo) sobre la zona a tratar.
  - c) En la aplicación tradicional de la iontoforesis, la intensidad es \_\_\_\_\_ (mayor / menor) que en la aplicación con dispositivo portátil. Y la duración del

tratamiento es \_\_\_\_\_ (mayor / menor). Con el método tradicional el fármaco supera \_\_\_\_\_ (mejor / peor) la barrera de la piel, y los efectos polares y el aumento de flujo sanguíneo serán \_\_\_\_\_ (mayores / menores).

## PRÁCTICA

### Material necesario:

- Aparato de electroterapia.
- Cable conector.
- 2 cubetas de plástico.
- 25 g/l de Cloruro de calcio dihidratado ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 147,02 M
- Fortecortín 4 mg/1mL.
- Procaína 100 mg/5mL.
- 2 electrodos de caucho de 4x6 cm.
- 2 electrodos de caucho de 6x8 cm.
- 2 electrodos de caucho de 8x12 cm.
- 2 almohadillas para electrodos de 4x6 cm.
- 2 almohadillas para electrodos de 6x8 cm.
- 2 almohadillas para electrodos de 8x12 cm.
- 1 cable bifurcador.
- 1 gasa.
- 2 cinchas de velcro.

1. Aplica una técnica de iontoforesis para el tratamiento de una epicondilitis con objetivo analgésico y antiinflamatorio.

Colocación del paciente: sedestación.

Tipo de electrodos: electrodos de caucho con almohadillas pequeños (4x6). Posibilidad de electrodo activo más pequeño (4x6) que el indiferente (6x8). NO electrodos autoadhesivos.

Colocación de los electrodos: uno sobre el epicóndilo y el otro distal a 3 cm sobre la masa muscular.

Fármaco: en una sesión se aplicará un fármaco y en la sesión siguiente el otro. El fortecortín (antiinflamatorio, carga negativa) se colocará sobre una gasa en el electrodo negativo y la procaína (analgésico, carga positiva) se colocará sobre una gasa en el electrodo positivo. La gasa queda sobre la piel del paciente y encima el electrodo. Se realiza el resto del procedimiento igual

	que si se aplicara una corriente directa asegurándonos que la gasa no sobresale de los electrodos.
Forma de la onda:	corriente directa.
Tiempo de tratamiento:	dosis de 40 a 80 mA·min (con electrodos de caucho 40 mA·min).
Intensidad:	nivel sensitivo del paciente (alcanzando como mínimo la dosis recomendada de 0,1 mA/cm <sup>2</sup> ), y si no se llega como máximo 5 mA.
Precaución:	comprobar la piel del paciente al acabar el tratamiento para ver si aparece irritación.
Consideraciones	Se puede utilizar CD continua o CD interrumpida, pero se recomienda ésta última especialmente en pacientes con hipersensibilidad o con aparición de importantes efectos polares

### Otras prácticas

2. Aplica una corriente directa con el objetivo de sedar a nivel general el organismo haciendo una aplicación a nivel central.

Colocación del paciente:	decúbito prono.
Tipo de electrodos:	electrodos de caucho con almohadillas grandes, de 8x12 (para potenciar la acción sobre el mayor número de raíces nerviosas), NO electrodos autoadhesivos.
Colocación de los electrodos:	corriente descendente: positivo craneal y negativo caudal. Aplicación bipolar. Altura: C7-D1 y L5-S1.
Forma de la onda:	corriente directa.
Tiempo de tratamiento:	no más de 60 minutos, siempre que la piel del paciente lo tolere y que NO se duerma (ver precauciones).
Intensidad:	máximo 0,25 mA/cm <sup>2</sup> . La superficie de aplicación será 8x12=96 cm <sup>2</sup> , con lo que la intensidad máxima serán 24 mA (recomendable 9,6 mA).
Precauciones:	comprobar la piel del paciente cada 5 – 10 minutos para ver si aparece irritación.  Es importante que el paciente NO se duerma durante la sesión. Al aplicar la corriente el tono muscular bajará. Se le indicará al paciente que NO debe dormirse y cada 5-10 minutos se comprobará que el tono muscular no ha bajado mucho (para ello se le pedirá que eleve la pierna, si la puede mantener elevada se continua con el tratamiento, si no el tratamiento finalizará).

### 3. Tratamiento de la espasticidad con corriente directa.

Colocación del paciente:	sedestación.
Tipo de electrodos:	electrodos de caucho con almohadillas 6x8. NO electrodos autoadhesivos.
Colocación de los electrodos:	corriente descendente: positivo en zona cervical y negativo en ambos brazos.
Forma de la onda:	corriente directa.
Tiempo tratamiento:	20 minutos.
Intensidad:	máximo 0,25 mA/cm <sup>2</sup> . La superficie de aplicación será 6x8=48 cm <sup>2</sup> , con lo que la intensidad máxima serán 12 mA (recomendable 4,8 mA).
Duración:	8 sesiones, diarias.
Precaución:	comprobar la piel del paciente cada 5 – 10 minutos para ver si aparece irritación. Cuidado con los efectos polares: ver la respuesta al tratamiento con las sesiones.
Consideraciones:	además realizar un tratamiento con magnetoterapia 30 minutos durante 30 días. El tratamiento se repite cada 6 meses aproximadamente, pero hay que guiarse por la evolución del paciente.

### 4. Tratamiento de la hiperhidrosis con corriente directa.

Colocación del paciente:	sedestación delante de una mesa sobre las que se sitúan dos cubetas de plástico. NOTA: es más aconsejable emplear dos cubetas a colocar las manos/pies en la misma cubeta ya que el efecto es de mayor duración.
Tipo de electrodos:	electrodos de caucho grandes (8x12 cm).
Colocación de los electrodos:	en el fondo de las cubetas, las almohadillas se sitúan por encima de los electrodos. NO electrodos autoadhesivos.
Colocación manos:	El paciente coloca sus manos/pies con los dedos juntos y con agua hasta que toda la palma de la mano/pie esté en contacto con agua. NO poner agua por el dorso de la mano ya que pueden aparecer ampollas.
Forma de la onda:	corriente directa.
Tiempo tratamiento:	calcular el tiempo según la intensidad hasta una dosis de 360 mA·min.



Intensidad:	subir la intensidad hasta sensación de corriente teniendo en cuenta que lo máximo serán $0,25 \text{ mA/cm}^2$ ( $8 \times 12 = 96 \text{ cm}^2 \rightarrow$ Máximo: $24 \text{ mA}$ ) aunque lo recomendable serán valores próximos a $9,6 \text{ mA}$ ( $0,1 \text{ mA/cm}^2$ ). Subir la intensidad de forma progresiva durante los dos primeros minutos y al finalizar bajarla también progresivamente durante los dos últimos minutos.
Duración:	15 – 20 sesiones, diarias. Las últimas sesiones pueden ser en días alternos.
Precaución:	comprobar la piel del paciente cada 5 – 10 minutos para ver si aparece irritación. Cuidado con los efectos polares: ver la respuesta al tratamiento con las sesiones.
Consideraciones:	el efecto del tratamiento dura unos 7 – 8 meses aproximadamente, pero hay que guiarse por la evolución del paciente.

5. En los pacientes con síndrome doloroso regional complejo (=algodistrofia simpático refleja, = sudeck), es frecuente el tratamiento de los síntomas con cloruro cálcico mediante iontoforesis.

Colocación del paciente:	sedestación con la muñeca sumergida en el interior de la cubeta hasta un tercio aproximadamente del antebrazo.
Tipo de electrodos:	electrodos de caucho con almohadillas pequeños ( $4 \times 6$ ). Posibilidad de electrodo activo más pequeño ( $4 \times 6$ ) que el indiferente ( $6 \times 8$ ). NO electrodos autoadhesivos.
Colocación de los electrodos:	polo positivo en la cubeta y negativo a la altura del epicóndilo. Aplicación bipolar.
Fármaco:	Cloruro cálcico: echar 25 g por litro de cloruro de calcio dihidratado en la cubeta.
Forma de la onda:	corriente directa.
Tiempo de tratamiento:	la dosis será de 300 a 500 $\text{mA} \cdot \text{min}$ al ser una aplicación en agua.
Intensidad:	nivel sensitivo del paciente.
Precaución:	comprobar la piel del paciente cada 5 – 10 minutos para ver si aparece irritación. El paciente puede referir picor.

6. Experimenta las distintas sensaciones al aplicar la misma intensidad con una corriente directa de forma continua y con una corriente directa de forma interrumpida.

Colocación del paciente:	sedestación.
Tipo de electrodos:	electrodos de caucho con almohadillas 4x6. NO electrodos autoadhesivos.
Colocación de los electrodos:	corriente descendente: positivo en epicóndilo y negativo en tercio distal de antebrazo de forma bilateral.
Forma de la onda:	corriente directa (continua versus interrumpida).
Tiempo tratamiento:	2 minutos.
Intensidad:	Seleccionar misma intensidad en ambas corrientes (entre 2,4 y 5 mA).
Precaución:	comprobar la piel del paciente posteriormente para valorar posibles efectos polares.
Consideraciones:	el empleo de CD interrumpida se utiliza en pacientes con hipersensibilidad o con aparición de importantes efectos polares.

## EJERCICIOS

### Ejercicio 1

Quieres tratar a un paciente que presenta una tendinitis rotuliana en su rodilla derecha con iontoforesis a una dosis de 80 mA·min y empleando como fármaco la dexametasona (antiinflamatorio, carga negativa). El paciente refiere que a 3,2 mA nota sensación de corriente.

- ¿Qué tipo de electrodos emplearías? Justifica tu respuesta.
- Indica el tamaño de electrodos que emplearías.
- ¿Dónde colocarías el electrodo negativo y dónde el electrodo positivo? Justifica tu respuesta.
- ¿A qué intensidad trabajarías? (se solicita un valor numérico). Justifica tu respuesta.
- ¿Qué tiempo de aplicación programarías? (se solicita un valor numérico). Justifica tu respuesta.

### Ejercicio 2

Juan es fisioterapeuta y está tratando a un paciente con iontoforesis por un esguince de ligamento lateral interno de rodilla que cursa con dolor e inflamación. Para ello emplea dexametasona (carga negativa) y coloca el electrodo negativo sobre la zona de lesión y el positivo distal a él. Juan te comenta que la inflamación va mejor pero que el paciente no refiere mejoría en el tratamiento del dolor. Le aconsejas que cambie el electrodo positivo y lo coloque proximal. Unos días más tarde te indica que ha mejorado mucho y te pide que le expliques a qué se debe ese cambio. Contesta a Juan justificando tu respuesta.

## SOLUCIONES

### Cuestiones

#### P. 61,62

1. 8) continua / constante / se mantiene fija / constante; b) térmico / iones / negativo / positivo; c) ácida / básica; d) carga de signo contrario; e) positivo; f) positivo / negativo.

#### P. 69

1.a) Electrodo de caucho, puesto que hay efectos polares. NOTA: además la técnica se realiza dentro de unas cubetas con agua.

b) Electrodo grande, de 8x12 cm ya que tienen que cubrir la palma de la mano.

c) En este tratamiento se emplea la corriente directa de forma indirecta sobre el organismo, pero con la particularidad de que las manos están en contacto directo con los electrodos. Vamos a contestar a esta pregunta paso a paso:

1. La dosis recomendada de aplicación de la corriente directa es de 0,1 mA/cm<sup>2</sup>, y la máxima de 0,25 mA/cm<sup>2</sup>.

2. Los electrodos que vamos a emplear son los grandes, de 8x12 cm (96 cm<sup>2</sup>), por lo que la intensidad recomendada de aplicación es:  $I = 0,1 \text{ mA/cm}^2 \cdot 96 \text{ cm}^2 = 9,6 \text{ mA}$ ; y la intensidad máxima de aplicación es:  $I = 0,25 \text{ mA/cm}^2 \cdot 96 \text{ cm}^2 = 24 \text{ mA}$ . Por lo tanto, el rango de aplicación de la corriente será el comprendido entre 9,6 y 24 mA. NOTA: Tendremos en cuenta la sensación de corriente que refiere el paciente. Si el paciente nota el paso de corriente antes de los 9,6 mA, los primeros días podemos trabajar a intensidades menores a 9,6 mA para ver cómo responde el paciente al tratamiento para en los días posteriores ir subiendo la intensidad. Si por el contrario el paciente nota la intensidad de la corriente en valores cercanos a 24 mA, será preferible los primeros días trabajar con intensidades menores (12-15 mA) para ver cómo responde al tratamiento y posteriormente, si es pertinente, subir la intensidad hasta el valor de sensación de corriente referido por el paciente siempre y cuando NO supere la intensidad máxima. Los estudios de investigación han demostrado el efecto de esta técnica a intensidades de 12-15 mA.

d) Considerando que la dosis máxima a la que vamos a trabajar es de 360 mA·min (y considerando de forma arbitraria que la intensidad que vamos a programar es de 10 mA): tiempo = dosis / intensidad = 360 mA·min / 10 mA = 36 minutos de tratamiento. NOTA: A mitad de tratamiento se cambia la polaridad de los electrodos, luego el paciente recibirá 18 minutos de tratamiento con una polaridad y 18 minutos con la otra.

3. mesotermal indiferente / si / nivel sensitivo.

**P. 77**

1. a) directa / fármaco; b) intensidad / tiempo de aplicación; c) mayor.
2. a) F; b) F; c) V; d) V; e) F; f) V; g) V.
3. a) local; b) negativo; c) mayor / menor / mejor / mayores.

**Ejercicios**

1.

a) Necesitaríamos electrodos tampón especiales por la dosis es mayor a 40 mA·min. NOTA: Si la dosis fuera de 40 mA·min podríamos emplear electrodos de caucho con almohadillas. Nunca se emplearían electrodos adhesivos por los efectos polares de la corriente.

b) Pequeños, ya que la zona a tratar es pequeña.

c) Se colocará el negativo en la zona a tratar, el tendón rotuliano, porque el fármaco es de carga negativa y al pasar la corriente penetrará en la piel por la repulsión de cargas que se produce. El electrodo positivo se colocará en una zona adyacente, por ejemplo, sobre el tercio proximal del tibial anterior. Si queremos aprovecharnos de los efectos sedantes sobre el sistema nervioso central de la corriente directa (demostrados por Leduc mediante el experimento de los peces) colocaríamos el electrodo positivo proximal, en el tercio distal del recto anterior o en el vasto interno.

d) A 3,2 mA porque es la intensidad a la cual el paciente refiere sensación de corriente y no se superan los 5 mA de intensidad máxima de aplicación de este tipo de corrientes.

e) Tiempo = dosis / intensidad = 80 mA·min / 3,2 mA = 25 minutos.

2. NOTA PREVIA: este ejercicio busca la reflexión sobre factores a tener en cuenta cuando un tratamiento no funciona, no muestra un caso habitual dentro de la práctica clínica.

Al cambiar la posición del electrodo positivo se está produciendo una corriente descendente, que tiene un efecto sedante sobre el sistema nervioso central. Esto podría explicar el caso descrito.

# **TEMA 3. ANALGESIA CON CORRIENTES DE BAJA Y MEDIA FRECUENCIA**

## TEMA 3.1. ANALGESIA CON CORRIENTES DE BAJA FRECUENCIA

### ÍNDICE

COMPETENCIAS .....	87
TEORÍA.....	88
CORRIENTES DIADINAMICAS.....	89
CORRIENTES DE TRÄBERT.....	96
ESTIMULACIÓN NERVIOSA ELECTRICA TRANSCUTANEA(TENS).....	103
NEUROMODULACIÓN.....	111
PRÁCTICA .....	129
EJERCICIOS .....	134
SOLUCIONES.....	135

### **COMPETENCIAS**

- Conocer el fundamento y las bases teóricas de la analgesia con técnicas de electroterapia de baja frecuencia.
- Conocer el mecanismo de actuación de las corrientes de baja frecuencia para producir analgesia.
- Diferenciar entre las corrientes diadinámicas, corrientes de Träbert y Estimulación Nerviosa Eléctrica Transcutánea (TENS).
- Conocer qué es la neuromodulación y su aplicabilidad en fisioterapia.
- Saber realizar un protocolo de electroterapia de baja frecuencia para producir analgesia.
- Tener criterio para poder diseñar un plan de tratamiento de analgesia con corrientes de baja frecuencia para un paciente en las distintas fases de evolución de su patología y según su casuística particular.

## TEORÍA

Para producir analgesia con corrientes de baja frecuencia se emplean principalmente 3 tipos de corrientes:

- Corrientes diadinámicas o de Bernard.
- Corrientes de Träbert.
- TENS (estimulación nerviosa eléctrica transcutánea).

Existen dos tipos de mecanismos para producir analgesia: periféricos y centrales.

### 1. Mecanismos periféricos:

Actúan sobre el sistema nervioso periférico inhibiendo las señales de dolor que se envían al sistema nervioso central. En electroterapia podemos actuar a distintos niveles según las fibras nerviosas que queremos estimular.

- a. Provocando la activación de las fibras sensitivas mecánicas A $\beta$ . Al activar estas fibras conseguiremos desencadenar la modulación del dolor mediante la puesta en marcha del mecanismo de **Gate-Control** del organismo.
- b. Provocando la **activación antidrómica** de las fibras sensitivas nociceptivas rápidas A $\delta$ . En un proceso doloroso estas fibras estarán activas y enviando potenciales de acción a lo largo de su axón para activar a las neuronas de la médula espinal. Los impulsos inducidos por la corriente eléctrica interferirán con los impulsos dolorosos conducidos por estas fibras produciéndose como consecuencia la disminución de la velocidad de conducción del potencial de acción de estas fibras.
- c. Provocando la **fatiga muscular** mediante la activación de las fibras motoras A $\alpha$ . Este bombeo de la musculatura puede provocar un **drenaje** de la zona lesionada que ayude a reabsorber sustancias algógenas y proinflamatorias responsables de la hiperalgesia en la zona.

### 2. Mecanismos centrales:

Se produce la liberación de opioides endógenos a nivel del sistema nervioso central con el fin de desencadenar las vías descendentes de inhibición del dolor. En electroterapia actuaremos principalmente provocando la activación de las fibras motoras A $\alpha$  que se ha demostrado que estimulan la **liberación de** estos **opioides endógenos**.



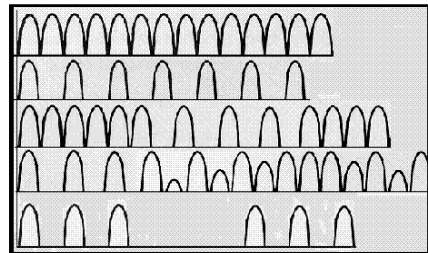
NOTA: En el tema 2, cuando hablábamos de intensidad siempre dábamos un valor numérico. Por ejemplo, para el tratamiento con iontoforesis decíamos que como máximo se programa una intensidad de 5 mA. A partir de ahora, cuando hagamos referencia a la intensidad que se va a emplear en los tratamientos NO daremos ningún valor numérico porque varía de un sujeto a otro. Indicaremos que trabajaremos a nivel sensitivo si queremos activar fibras sensitivas  $A\beta$ , a nivel motor si queremos activar fibras motoras  $A\alpha$ , o a nivel sensitivo actuando sobre las fibras nociceptivas  $A\delta$ .

## 1. Corrientes diadinámicas

### 1.1. Concepto

Las corrientes diadinámicas también se denominan corrientes de Bernard en referencia a la persona que las diseñó.

Son corrientes de baja frecuencia, pulsadas, monofásicas y sinusoidales.



Son corrientes que se emplean debido a su efecto analgésico y además están diseñadas para evitar la acomodación en el paciente. Se postula que su mecanismo de acción se debe a la acción de los efectos polares de la corriente monofásica por la activación de las fibras nerviosas gruesas (fibras tipo A:  $A\alpha$ ,  $A\beta$ ,  $A\delta$ ).

Recordad que tendremos que vigilar siempre la piel del paciente ya que al ser corrientes monofásicas tienen efectos polares.

### 1.2. Tipos de corrientes

Existen 5 tipos de corrientes de Bernard, cada una de las cuales tiene sus características y su forma de aplicación. Los cinco tipos son:

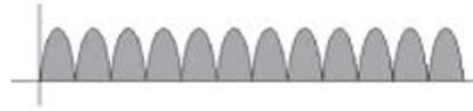
- Difásica fija (DF)
- Largo periodo (LP)
- Corto periodo (CP)
- Ritmo sincopado (RS)
- Monofásica fija (MF)

Estas corrientes se ordenan de la menos fuerte (la más suave) a la más fuerte de la siguiente forma:

DF > LP > CP > RS > MF

De esta forma se ve que la DF es la más suave de todas y la MF es la más fuerte de todas. Como veremos a continuación, el resto de los tipos (LP, CP y RS) son una combinación entre la corriente DF y la MF.

La **corriente DF** es una corriente donde una fase es consecutiva a la siguiente. Las ondas se repiten



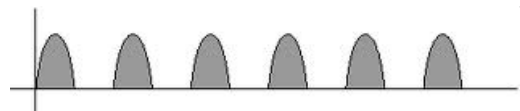
con una frecuencia de 100 Hz (duración de fase = 10 ms y tiempo interfase = 0). Cuando empleamos esta corriente se subirá la intensidad a **nivel sensitivo alto** (se eleva la intensidad hasta el máximo de tolerancia del paciente, pero SIN llegar a producir contracciones)

Se empleará para:

- Elevar el umbral de activación de las fibras nerviosas en las fases iniciales de tratamiento en una patología aguda. En esta situación clínica la única corriente diadinámica que está indicada es esta ya que el paciente no tolerará que se aplique otra. Y el objetivo es conseguir que la fibra nerviosa normalice su umbral de activación.
- Tratamiento del síndrome de dolor regional complejo en sus fases iniciales debido a la acción sedante que tiene sobre el sistema nervioso simpático.

Es una corriente que tiene un efecto elevado, pero de corta duración, por lo que se recomienda realizar varias sesiones al día.

En el otro extremo se sitúa la **corriente MF**. En esta corriente entre una fase y la siguiente hay

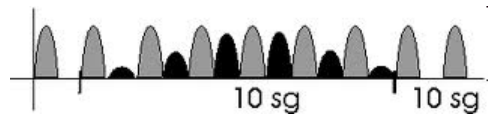


un tiempo de descanso. Las ondas se repiten con una frecuencia de 50 Hz (duración de fase = 10 ms y tiempo interfase = 10 ms). Cuando empleamos esta corriente se subirá la intensidad a **nivel motor**.

Se empleará para:

- El tratamiento en las últimas fases de tratamiento en patologías de curso clínico habitual o el tratamiento de patologías de origen crónico.
- El tratamiento de puntos gatillo miofasciales.
- La localización de lesiones en canal medular según una técnica específica que existe para ello.

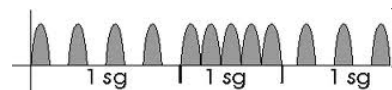
La **corriente LP** es una combinación entre la corriente DF y la MF donde la corriente MF se va *transformando*



*progresivamente* en una corriente DF y de ahí se vuelve a transformar progresivamente en una corriente MF y así consecutivamente a lo largo del tiempo. Una cadencia completa de la onda puede durar 6 o 10 segundos. Como es una combinación entre las corrientes DF y MF, se subirá la intensidad hasta alcanzar un **nivel sensitivo que progresivamente se va transformando en un nivel motor**. Debido a que es una onda que va modificando sus propiedades de forma progresiva se emplea con objetivo:

- Sedante.
- En el tratamiento de nervios: neuralgias.

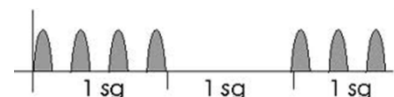
La **corriente CP** es una combinación entre la corriente DF y la MF donde se produce una *alternancia* entre ambas corrientes cada



segundo. Como es una alternancia entre las corrientes DF y MF, se subirá la intensidad hasta alcanzar un **nivel sensitivo que alternará con un nivel motor consecutivamente** cada segundo. Esto hace que haya un efecto de bombeo y que esta corriente se emplee:

- Por su efecto antiedematoso.
- Para estimular la circulación.
- En el tratamiento de lesiones de tejidos blandos: lesiones insercionales, musculares, tendinosas y ligamentarias.

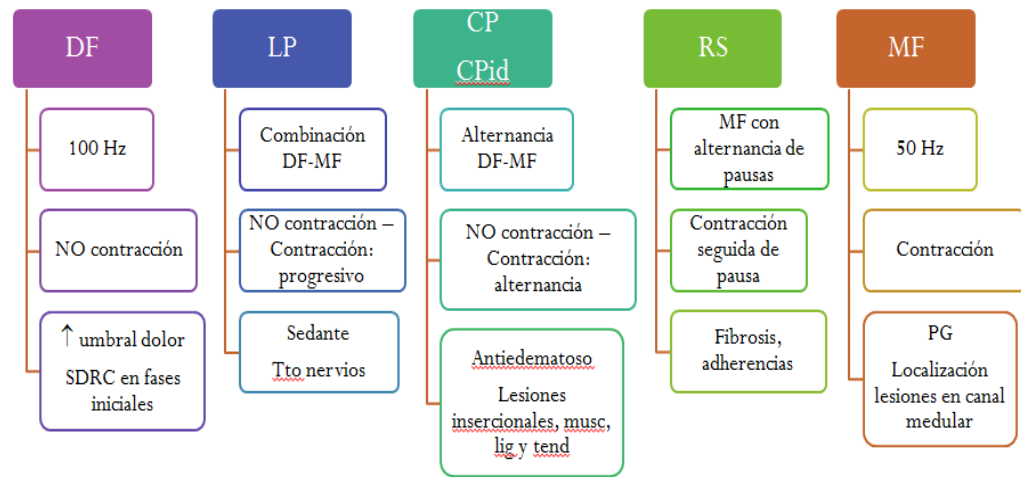
La **corriente RS** es una corriente igual a la corriente MF pero donde por cada segundo de paso de corriente hay un segundo de pausa.



En este caso entonces se subirá la intensidad hasta alcanzar un **nivel motor que alternará con un descanso donde no se siente corriente consecutivamente** cada segundo. Se emplea para:

- El tratamiento de fibrosis y adherencias.

En la siguiente figura se resumen de forma esquemática las características que acabamos de describir de las distintas corrientes diadinámicas:



### 1.3. Protocolo general de aplicación

Conociendo ahora las características de los distintos tipos de corrientes diadinámicas vamos a ver la pauta general de aplicación según distintas situaciones clínicas:

- Patología de curso clínico normal que empieza a tratarse en fase aguda.
  - DF: Durante las primeras sesiones únicamente se empleará la corriente DF con el objetivo de elevar el umbral de dolor y que la zona no presente tanta sensibilización.
  - DF + LP: las siguientes sesiones (en cuanto el paciente lo tolere). Se programará la corriente DF y a continuación la corriente LP. El objetivo será producir esa elevación del umbral de dolor y posteriormente una sedación de la zona.
  - DF +
    - LP: si estamos tratando una patología a nivel nervioso (neuralgia).
    - CP: si estamos tratando lesiones de tejidos blandos: lesiones insercionales, musculares, tendinosas y ligamentarias.
  - CP + RS o CP + MF: en las últimas sesiones se emplearán corrientes con mayor intensidad produciendo un efecto analgésico.

En la siguiente figura se resumen de forma esquemática el protocolo que acabamos de describir:

**Patología de curso clínico normal  
que empieza a tratarse en fase aguda:**

- DF: aumentar umbral del dolor
- DF + LP
- DF +
  - LP: tto a nivel nervioso
  - CP: lesión insercional, muscular, ligamentaria, tendinosa
- CP + RS o CP + MF

**Inicial**

1- 2 sesiones

2-6 sesiones

6-12 sesiones

Últimas sesiones

**Final**

La evolución la  
marca la tolerancia  
del paciente

2. Dolor de origen crónico.

- CP + LP: se emplea inicialmente una corriente CP por sus efectos analgésicos y a continuación la corriente LP por su efecto sedante. En este caso no es necesario emplear inicialmente la corriente DF porque no hay sensibilización de la zona.

3. Protocolo analgésico de aplicación muy empleado.

DF (4 min) + CP (3 min) + LP (2 min): se emplea inicialmente una corriente DF para elevar el umbral de activación de las fibras nerviosas, a continuación, la corriente CP por sus efectos analgésicos y finalmente la corriente LP por su efecto sedante. Se emplea más en fases subagudas.

**1.3.1 Número de corrientes diferentes a utilizar en un tratamiento**

Generalmente se recomienda emplear uno o dos tipos de corrientes diadinámicas en la misma sesión. Sin embargo, en la bibliografía se describen protocolos con tres o cuatro tipos de corrientes diferentes durante la misma sesión de tratamiento. Sí que existe consenso de que el tiempo total de tratamiento no debe exceder los 10 minutos de tratamiento debido a los efectos polares que tienen estas corrientes.

### 1.3.2 Electrodo

- Tipos: de caucho con almohadillas debido a los efectos polares que presenta la corriente.
- Tamaño: determinado por el área a tratar.
  - Tratamiento de nervios: electrodos pequeños.
  - Tratamiento de partes blandas: adaptado según la patología y su evolución (según disminuye el área de mayor sensibilización se disminuye el tamaño de los electrodos). Se pueden emplear electrodos del mismo tamaño o uno más pequeño que el otro (recordar, el electrodo pequeño será el que se coloque sobre la zona a tratar porque ahí es donde se focalizará el efecto del tratamiento).
- Colocación: es importante que el paciente note la sensación de corriente en la zona donde refiere dolor.
  - Tratamiento de nervios: se hacen varios posicionamientos a lo largo del recorrido del nervio. La separación entre los electrodos debe ser de unos centímetros. Es por ello que se irá tratando todo el recorrido del nervio en aplicaciones consecutivas si la zona a tratar es muy amplia. Existen electrodos circulares que se aplican con un yugo para estos tratamientos.
  - Tratamiento de partes blandas: en la zona de dolor.
- Polaridad:
  - Tratamiento de nervios: se colocará el electrodo positivo proximal y el negativo distal.
  - Tratamiento de partes blandas: se colocará el electrodo negativo en la zona de dolor y el positivo en una zona cercana. Si aparece un dolor difuso se hará una inversión de la polaridad para tratar toda la zona.

### 1.3.3 Intensidad

La intensidad, como ya hemos comentado previamente, depende del tipo de corriente que se emplee:

- Difásica fija (DF): nivel sensitivo alto.
- Largo periodo (LP): progresión de nivel sensitivo a nivel motor consecutivamente.
- Corto periodo (CP): alternancia cada segundo de nivel sensitivo a nivel motor.
- Ritmo sincopado (RS): alternancia cada segundo de nivel motor a ausencia de corriente.
- Monofásica fija (MF): nivel motor.

### 1.3.4 Tiempo de tratamiento

Para programar **cada tipo de corriente** deberemos tener en cuenta que se empleará como máximo un tiempo de 5 minutos. No se recomienda aumentar más el tiempo de tratamiento porque la mayoría de los resultados se obtienen a los dos minutos de tratamiento.

El fisioterapeuta programará la corriente un total de 5 minutos y sube la intensidad hasta el nivel deseado. Cuando el paciente refiere un cambio en la sensación de paso de corriente finaliza el tratamiento porque ya se ha alcanzado el efecto terapéutico deseado.

Como ya se ha comentado previamente el **tiempo total de aplicación** del conjunto de estas corrientes no debe exceder los 10 minutos debido a los efectos polares que presentan

### 1.4. Estado de la evidencia

Existe poca evidencia de gran calidad disponible sobre **corrientes diadinámicas**. Algunos ensayos clínicos concluyen que no son eficaces en el tratamiento del dolor, principalmente lumbar crónico (1,2), o que no aportan un beneficio mayor combinadas con tratamientos manuales (3). Sin embargo, hay otros estudios en los que se obtienen buenos resultados de las corrientes diadinámicas en el tratamiento del dolor lumbar crónico (4,5) y un efecto superior combinada con terapia manual que la terapia manual por si sola en el tratamiento de impingement de hombro (6). También en combinación con otros tratamientos podrían ser beneficiosas para los pacientes con claudicación intermitente (7). En resumen, la evidencia disponible de la efectividad de las corrientes diadinámicas es escasa y controvertida.

Demidas y Zarzycky estudiaron en 2019 el efecto analgésico producido por las corrientes diadinámicas y el TENS, encontrando un buen efecto similar en ambas (8).

1. Ebadi S, Ansari NN, Ahadi T, Fallah E, Forogh B. No immediate analgesic effect of diadynamic current in patients with nonspecific low back pain in comparison to TENS. *J Bodyw Mov Ther.* 2018;22(3):693-9.
2. Rajfur J, Pasternok M, Rajfur K, Walewicz K, Frasz B, Bolach B, et al. Efficacy of Selected Electrical Therapies on Chronic Low Back Pain: A Comparative Clinical Pilot Study. *Med Sci Monit Int Med J Exp Clin Res.* 2017;23:85-100.
3. Dibai-Filho AV, de Oliveira AK, Girasol CE, Dias FRC, Guirro RR de J. Additional Effect of Static Ultrasound and Diadynamic Currents on Myofascial Trigger Points in a Manual Therapy Program for Patients With Chronic Neck Pain: A Randomized Clinical Trial. *Am J Phys Med Rehabil.* 2017;96(4):243-52.
4. Sayilir S, Yildizgoren MT. The medium-term effects of diadynamic currents in chronic low back pain; TENS versus diadynamic currents: A randomised, follow-up study. *Complement Ther Clin Pract.* 2017;29:16-9.

5. Ratajczak B, Hawrylak A, Demidaś A, Kuciel-Lewandowska J, Boerner E. Effectiveness of diadynamic currents and transcutaneous electrical nerve stimulation in disc disease lumbar part of spine. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2011;24(3):155-9.
6. Gomes CAF de P, Dibai-Filho AV, Politti F, Gonzalez T de O, Biasotto-Gonzalez DA. Combined Use of Diadynamic Currents and Manual Therapy on Myofascial Trigger Points in Patients With Shoulder Impingement Syndrome: A Randomized Controlled Trial. *J Manipulative Physiol Ther.* 2018;41(6):475-82.
7. Marković MD, Marković DM, Dragaš MV, Končar IB, Banzić IL, Ille ME, et al. The role of kinesitherapy and electrotherapeutic procedures in non-operative management of patients with intermittent claudications. *Vascular.* 2016;24(3):246-53.
8. Demidaś A, Zarzycki M. Touch and Pain Sensations in Diadynamic Current (DD) and Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS): A Randomized Study. *BioMed Res Int.* 2019;2019:1-7.

### Cuestiones

1. Ordena los distintos tipos de corrientes diadinámicas de menor a mayor intensidad.
2. Indica el protocolo más adecuado para tratar una neuralgia del trigémino con corrientes diadinámicas. Indica qué harías durante las primeras sesiones y la progresión que seguirías según se produce la evolución del paciente.
3. Relaciona cada tipo de corriente diadinámica con su efecto.
  - a. Tratamiento de adherencias.
  - b. Tratamiento de patología de nervios.
  - c. Como diagnóstico de puntos de dolor.
  - d. Preparación previa para otros protocolos.
  - e. Tratamiento de lesión insercional, muscular, ligamentaria o tendinosa.

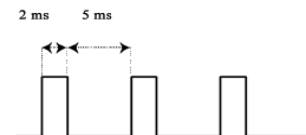
a	b	c	d	e

## 2. Corrientes de Träbert

### 3.1. Concepto y fundamentos

Las corrientes de Träbert son corrientes de baja frecuencia, pulsadas, monofásicas y rectangulares. También se las conoce como corrientes Ultra-Reiz o farádicas ultraexcitantes.

Los impulsos se repiten a una frecuencia de 143 Hz, con una duración de fase de 2 ms y un tiempo interfase de 5 ms.





El **objetivo** con las corrientes de Träbert es conseguir analgesia mediante la provocación de fatiga muscular. Para ello se buscará siempre obtener una contracción muscular fuerte.

Los efectos que esperaremos encontrar serán:

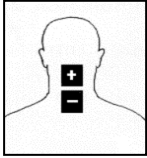
- Reducción de dolor.
- Estimulación de la circulación sanguínea.

Recordad que tendremos que vigilar siempre la piel del paciente ya que al ser corrientes monofásicas tienen efectos polares.

### 3.2. Posiciones de Träbert

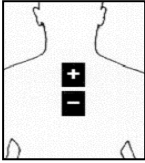
Träbert describió varios posicionamientos con sus respectivos protocolos según las zonas a tratar. Además de estos protocolos, vamos a estudiar otros nuevos descritos por el profesor Julián Maya de la Universidad de Sevilla.

#### 3.2.1. Posición I

- Dolor en la zona posterior del cuello sin irradiación
  - Electrodo medianos (o adaptados al tamaño de la zona a tratar).
  - Electrodo posicionados de forma longitudinal.
  - Colocación longitudinal, como muestra la figura: ambos en la zona cervical.
  - Electrodo positivo proximal y negativo distal.
- Lesión del miembro superior
  - Electrodo medianos.
  - Electrodo posicionados de forma longitudinal.
  - Colocación.
    - Tratamiento segmentario: aplicación monopolar longitudinal: un electrodo en zona cervical y el otro en la zona del miembro superior a tratar.
    - Tratamiento local: aplicación bipolar
      - Aplicación articular: electrodos colocados transversalmente.
      - Aplicación muscular: electrodos colocados longitudinalmente.
    - Electrodo positivo proximal y negativo distal.
- Cervicobraquialgia (variante del prof. Maya)

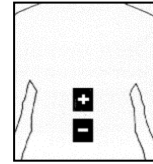
- Electrodo medianos.
- Electrodo posicionados de forma longitudinal.
- Colocación longitudinal: uno en la zona cervical y el otro en el tercio distal de la cara anterior del brazo.
- Electrodo negativo proximal y positivo distal.
- El paciente deberá fijar bien el brazo para que no se vaya hacia la abducción al subir la intensidad.
- Sobrecarga de trapecios (variante del prof. Maya)
  - Electrodo medianos.
  - Electrodo del cuello posicionado de forma longitudinal, electrodo de los trapecios posicionados de forma transversal.
  - Colocación longitudinal: uno en la zona cervical y dos en la zona del trapecio superior (en las fibras situadas por encima del músculo supraespinoso). Será necesario emplear un cable bifurcador para conectar los electrodos situados en el trapecio.
  - Electrodo negativo proximal y positivo distal.
  - Se deberá hacer un estiramiento de trapecios descendiendo los hombros hacia caudal según se vaya aumentando la intensidad.

### 3.2.2. Posición II

- Dorsalgia alta
  - Electrodo medianos (o adaptados al tamaño de la zona a tratar). En aplicaciones paravertebrales, grandes (o adaptados al tamaño de la zona a tratar). 
  - Electrodo posicionados de forma longitudinal.
  - Colocación longitudinal: ambos en la zona dorsal alta, como muestra la figura. También pueden colocarse de forma paralela a ambos lados de la columna, en la zona paravertebral. En este caso se cambiará la polaridad de la corriente a mitad del tratamiento.
  - Electrodo positivo proximal y negativo distal.

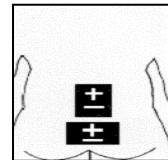
### 3.2.3. Posición III

- Dorsalgia baja
  - Electrodo medianos (o adaptados al tamaño de la zona a tratar). En aplicaciones paravertebrales, grandes (o adaptados al tamaño de la zona a tratar).
- Electrodo posicionados de forma longitudinal.
- Colocación longitudinal: ambos en la zona dorsal baja, como muestra la figura. También pueden colocarse de forma paralela a ambos lados de la columna, en la zona paravertebral. En este caso se cambiará la polaridad de la corriente a mitad del tratamiento.
- Electrodo positivo proximal y negativo distal.



### 3.2.4. Posición IV

- Lumbalgia
  - Electrodo grandes.
  - Electrodo de la zona lumbar posicionado de forma longitudinal, electrodo de la zona sacra posicionado de forma transversal para abarcar la zona de la cola de caballo.
- Colocación longitudinal: ambos en la zona lumbo-sacra, como muestra la figura.
- Lumbalgia
  - Alta: Electrodo negativo proximal y positivo distal.
  - Baja: Electrodo positivo proximal y negativo distal.
- Lesión del miembro inferior
  - Electrodo grandes.
  - Electrodo posicionados de forma longitudinal.
  - Colocación.
    - Tratamiento segmentario: aplicación monopolar longitudinal: un electrodo en zona lumbar y el otro en la zona del miembro inferior a tratar.



- Tratamiento local: aplicación bipolar
  - Aplicación articular: electrodos colocados transversalmente.
  - Aplicación muscular: electrodos colocados longitudinalmente.
- Electrodo positivo proximal y negativo distal.
- Lumbociatalgia (variante del prof. Maya)
  - Electrodos grandes.
  - Electrodo de la zona lumbar posicionado de forma longitudinal, electrodo de la zona sacra posicionado de forma transversal para abarcar la zona de la cola de caballo.
  - Colocación longitudinal: uno en la zona sacra y el otro en el tercio proximal de los gemelos.
  - Electrodo negativo proximal y positivo distal.
  - Deberemos fijar bien el pie del paciente apoyándolo contra una pared para evitar la flexión plantar e inversión del mismo.

### **3.3. Metodología de aplicación**

#### **3.3.1. Electrodos**

- Tipo: de caucho con almohadillas debido a los efectos polares que presenta la corriente.
- Tamaño: determinado por la posición y por el tamaño de la zona a tratar. Ambos serán del mismo tamaño y en general:
  - Posición I, II y III: electrodos medianos.
  - Posiciones IV: electrodos grandes.
- Colocación: determinado por la posición y el tipo de tratamiento.
  - En general: los dos electrodos se posicionarán de forma longitudinal.
  - Excepciones: cuando coloquemos el electrodo en la zona sacra se posicionará transversal para coger las salidas nerviosas de la cola de caballo. Y en el tratamiento de la sobrecarga de trapecios los electrodos que se colocan en los trapecios se posicionarán también de forma transversal.

- Polaridad:
  - Posiciones clásicas de Träbert: positivo proximal y negativo distal. Excepción: en la lumbalgia alta el negativo proximal y el positivo distal.
  - Variantes del profesor Julián Maya: negativo proximal y positivo distal.
  - En aplicaciones transversales: negativo sobre zona de dolor o alternancia de polaridad si dolor en ambas zonas.

### 3.3.2. Intensidad

Como ya hemos dicho nos interesará subir la intensidad hasta alcanzar un nivel motor fuerte que permita producir fatiga muscular (justo por debajo del umbral de dolor). Es por ello por lo que al finalizar el tratamiento el paciente referirá sensación de fatiga.

Para ello regularemos la intensidad en dos fases:

- Durante la primera fase el objetivo es llegar al límite máximo de intensidad. Para ello se trabajará de forma progresiva subiendo la intensidad hasta la intensidad máxima tolerada por el paciente, esperando a que se acomode y repitiendo este ciclo de subir intensidad-acomodación varias veces. El ciclo finalizará cuando observemos que llega un momento que casi no podemos subir la intensidad porque el paciente no lo tolera (orientativamente esto se produce cuando solo podemos subir entre 0,1 y 0,5 mA). A continuación, se realizará la segunda fase.
- Esta segunda fase depende del paciente. Si no tolera la intensidad máxima se bajará la intensidad 2-3 mA y se mantendrá a esa intensidad hasta que finalice el tiempo de aplicación. Si el paciente tolera la intensidad alcanzada durante la primera fase no será necesario hacer esta segunda fase.

Como orientación general, debido a que es una corriente monofásica y tiene efectos polares, se programará una intensidad máxima de 20 mA si empleamos electrodos medianos y de 40 mA si los electrodos son grandes.

### 3.3.3. Tiempo

Los tiempos de aplicación serán largos, por lo que es importante asegurarse de que las almohadillas están húmedas durante todo el tratamiento.

Las aplicaciones tendrán una duración de 20 a 30 minutos.

### 3.4. Estado de la evidencia

Si bien las **corrientes de Träbert** llevan usándose desde los años 70 en la fisioterapia clínica, hoy en día están cada vez más en desuso y la investigación sobre ellas es prácticamente nula. Podrían tener un buen resultado a corto plazo en la disminución del dolor lumbar, si bien menor que el láser (1) y que el masaje (2). Pantoja-Fornés et al, en 2015, encontraron resultados similarmente positivos con dos modalidades de corrientes Träbert en pacientes con epicondilitis lateral (3).

1. Charłusz M, Gasztych J, Irzmański R, Kujawa J. Comparative analysis of analgesic efficacy of selected physiotherapy methods in low back pain patients. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2010;12(3):225-36.
2. Medical University of Bialystok. The Effectiveness of Short-term Massage Versus Trabert Current Therapy in Patients With Low Back Pain [Internet]. *clinicaltrials.gov*; 2018 [citado 6 de agosto de 2020]. Report No.: NCT03772093. Disponible en: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03772093>
3. Pantoja Fornés I, Pérez Tauriaux O, Quintana Mayet E, Calunga Calderón M, Jay Suárez M. Eficacia del tratamiento segmentario con corriente Trabert en pacientes con epicondilitis humeral externa. *MEDISAN.* 2015;19(6):747-55.

### Cuestiones

1. Completa las siguientes frases.
  - a) Las corrientes de Träbert buscan producir analgesia mediante la \_\_\_\_\_ (relajación / fatiga) muscular.
  - b) La intensidad en las corrientes de Träbert se subirá hasta conseguir un nivel de intensidad \_\_\_\_\_ (sensitivo / motor) \_\_\_\_\_ (suave / fuerte).
  - c) Si queremos tratar una dorsalgia alta con corrientes de Träbert emplearemos electrodos \_\_\_\_\_ (de caucho / adhesivos) de tamaño \_\_\_\_\_ (pequeño / mediano / grande). Colocaremos el electrodo craneal de forma \_\_\_\_\_ (longitudinal / transversal) y el electrodo caudal de forma \_\_\_\_\_ (longitudinal / transversal). El electrodo craneal será el de polaridad \_\_\_\_\_ (positiva / negativa) y el caudal tendrá una polaridad \_\_\_\_\_ (positiva / negativa).
  - d) Si hacemos una aplicación transversal sobre la zona dorsal el electrodo \_\_\_\_\_ (positivo / negativo) se colocará sobre la zona de dolor.

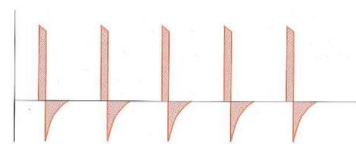
2. ¿Podrás emplear corrientes tipo Träbert para tratar un dolor de origen agudo? Justifica tu respuesta.

### 3. Estimulación nerviosa eléctrica transcutánea (TENS)

#### 3.5. Definición

La estimulación nerviosa eléctrica transcutánea (TENS por sus siglas en inglés) es un tipo de estimulación eléctrica que emplea corrientes pulsadas, bifásicas, rectangulares asimétricas y compensadas. Su principal finalidad terapéutica es la analgésica.

La onda es rectangular asimétrica porque la fase negativa tiene una forma rectangular y la fase positiva una forma asimétrica. Además, se dice que es compensada porque la carga total que se desplaza hacia cada electrodo es la misma en cada alternancia de polaridad.



La fase negativa –la rectangular– es la responsable del efecto analgésico del TENS mientras que la fase positiva –la asimétrica– es la responsable de la compensación de cargas (de esta forma se evitan los efectos polares de las corrientes monofásicas). Es por ello que el electrodo “activo” será el electrodo negativo y es por ello por lo que la primera opción será colocar el electrodo activo sobre la zona de dolor.

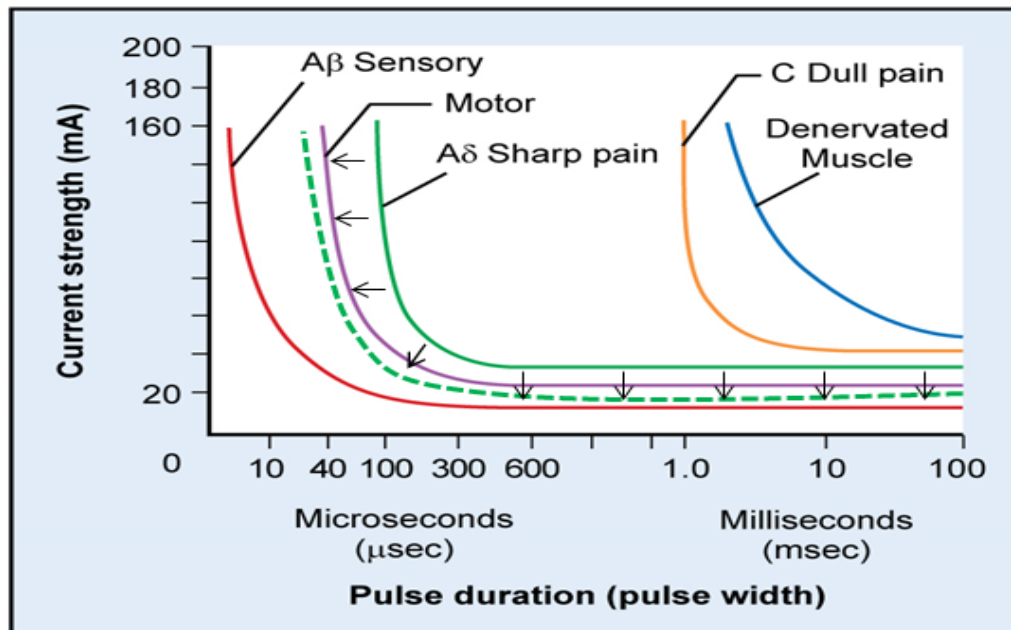
#### 3.6. Bases y fundamentos

El TENS busca desencadenar analgesia empleando para ello uno de los siguientes mecanismos:

- Activación de las fibras sensitivas mecánicas  $A\beta$  desencadenando la puesta en marcha del mecanismo de **Gate Control** del organismo.
- **Activación antidrómica** por modulación de las fibras sensitivas nociceptivas rápidas  $A\delta$ .
- Activación de las fibras motoras  $A\alpha$  que estimulen la **liberación de los opioides endógenos y general relajación muscular y analgésica**.

Al fijarnos en la figura que aparece a continuación podemos ver la zona óptima de estimulación de cada una de estas fibras. Esta figura nos permitirá **entender** los parámetros de tratamiento que explicaremos a continuación. Para ello es

importante tener en cuenta que cuando aparece sensibilización en la zona a tratar el umbral de activación de las fibras nociceptivas  $A\delta$  disminuirá (ver línea punteada en verde). Es por ello que los parámetros óptimos de activación de estas fibras se encuentran diseñados para esta situación de sensibilización. Como se puede comprobar a continuación, el criterio para seleccionar los parámetros de tratamiento es buscar activar las fibras seleccionadas: 1) con la menor intensidad posible; 2) con la menor duración de fase posible.



### 3.7. Tipos de TENS

Se diferencian dos tipos de TENS principalmente:

- TENS convencional o de alta frecuencia.
- TENS por trenes de impulso. Se considera que es una mezcla de los dos anteriores: alta frecuencia de la onda y baja frecuencia del tren de impulsos.

#### 3.7.1. Fibra nerviosa diana

TENS convencional:	Fibras $A\beta$
	Fibras $A\delta$
TENS por trenes de impulso:	Fibras $A\alpha$

Esto nos da pistas sobre los parámetros, indicaciones y mecanismos de actuación. Por ejemplo, al utilizar el TENS por trenes de impulso queremos activar las fibras



tipo  $A\alpha$ , con lo que cuando elevemos la intensidad siempre buscaremos alcanzar el nivel motor, no nos podremos quedar en el nivel sensitivo.

### 3.7.2. Mecanismo de modulación del dolor

TENS convencional: Periférico para ambos tipos de fibras

TENS por trenes de impulso: Periférico y Central

### 3.7.3. Indicación

TENS convencional: Dolor agudo

TENS por trenes de impulso: Dolor crónico

Esto es en general así, pero se podría intentar cambiar de un tipo de TENS a otro si no funcionara el tratamiento.

### 3.7.4. Duración de fase

TENS convencional: Fibras  $A\beta$ : 50 – 80  $\mu$ s

Fibras  $A\delta$ : 150  $\mu$ s

TENS por trenes de impulso: 200  $\mu$ s

No se recomienda sobrepasar los 200  $\mu$ s al programar un TENS ya que si no se podrían estimular las fibras nociceptivas al sensibilizar la zona (=descender el umbral de activación de las fibras nociceptivas) debido a los largos tiempos de aplicación del TENS.

### 3.7.5. Frecuencia

TENS convencional: Fibras  $A\beta$ : 110 – 120 Hz

Fibras  $A\delta$ : 80 Hz

Si el dolor es agudo se puede subir a 90-100 Hz.

Si el dolor está en fase subaguda / crónica se puede bajar de 80 Hz.

TENS por trenes de impulso: Frecuencia de la onda: 100 Hz.

Frecuencia del tren: 2 Hz o 1, 3 – 5 Hz si no hay resultados a 2 Hz.

En el TENS convencional se puede programar un espectro de frecuencias tipo 1/30/1/30 donde se varíe la frecuencia de 80 Hz a 100 Hz. Esto quiere decir que la corriente va a estar 1 segundo subiendo de 80 a 100 Hz, 30 segundos a 100

Hz, 1 segundo bajando de 100 a 80 Hz y 30 segundos a 80 Hz consecutivamente. De esta forma se aumenta el rango terapéutico y se evita la acomodación.

NOTA: En el tema 3.2. se explicará el concepto de espectro de frecuencia y los tipos que existen.

### **3.7.6. Nivel de intensidad**

TENS convencional:                      Fibras A $\beta$ : sensitivo bajo\*

TENS por trenes de impulso:      Motor

\* En el TENS convencional habrá que subir la intensidad cuando se produzca acomodación durante el tratamiento o pautar un espectro de frecuencia.

### **3.7.7. Tiempo de tratamiento**

TENS convencional:                      mínimo 20-30 minutos, se puede programar más de 60 minutos\*

TENS por trenes de impulso:      60 minutos\*\*

\* En el TENS convencional se recomienda que la aplicación dure como mínimo 20 minutos, siendo deseable que por lo menos se alcancen los 30 minutos de tratamiento.

\*\* En el caso del TENS por trenes, la aplicación finalizará cuando se consiga la liberación de los opioides endógenos. Si a los 60 minutos no se ha conseguido se finalizará el tratamiento ya que más tiempo de aplicación puede fatigar a las fibras musculares.

### **3.7.8. Tiempo que tarda en aparecer el efecto**

TENS convencional:                      Inmediato

TENS por trenes de impulso:      Retardado

Esto quiere decir que cuando aplicamos un TENS convencional el paciente nos tendrá que indicar que nota un alivio del dolor a los 3-5 minutos, mientras que cuando aplicamos un TENS por trenes de impulso el paciente no notará los efectos analgésicos hasta pasados unos 20-40 minutos de aplicación (los efectos analgésicos aparecerán cuando se liberen los opioides endógenos).

### **3.7.9. Duración del efecto**

TENS convencional:                      Menor. Se recomienda hacer varias aplicaciones al día.

TENS por trenes de impulso: Mayor.

El efecto es mayor en los dos últimos TENS ya que se estimula un mecanismo central de inhibición del dolor.

### 3.7.10. Tamaño de los electrodos

TENS convencional: Pequeños para evitar la difuminación que si no el efecto del TENS se difumina mucho.

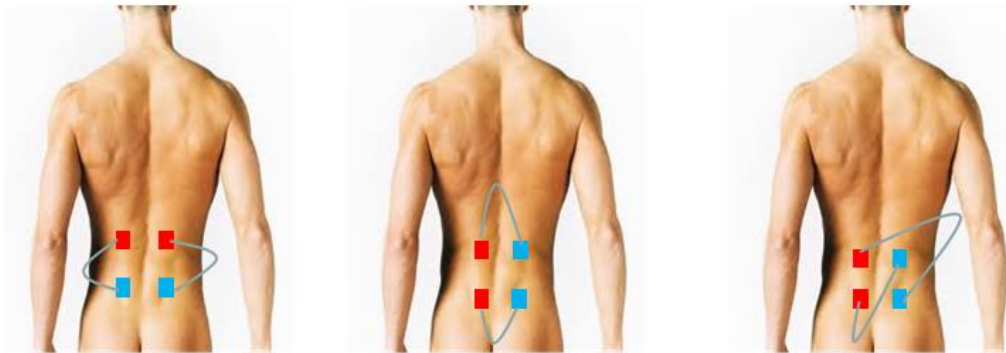
TENS por trenes de impulso: El necesario para producir la contracción muscular.

### 3.7.11. Colocación de los electrodos

TENS convencional: en este tipo de TENS habrá que probar múltiples posiciones antes de desechar su uso. Como primera opción se colocará el electrodo negativo en la zona de dolor y el otro adyacente a él. Si no funciona o si resultara dolorosa la aplicación (por ejemplo, por una rotura de fibras musculares) se colocará sobre una zona adyacente.

En las siguientes figuras se describen las distintas formas en las que podemos colocar los electrodos cuando aplicamos un TENS convencional.

- **En el punto de dolor:**
  - Electrodo positivo: zona cercana del dermatoma
  - Electrodo negativo: punto de dolor
- **En el recorrido de un nervio:**
  - Electrodo positivo: proximal
  - Electrodo negativo: distal
- **En el recorrido de vasos sanguíneos:**
  - Electrodo positivo: proximal
  - Electrodo negativo: distal
- **Aplicación segmental:**
  - Electrodo positivo: médula espinal
  - Electrodo negativo: distal en la ME o en el miembro
- **Aplicación transregional:**
  - Aplicación en EE: longitudinal en el mismo dermatoma o miotoma
  - Aplicación en CV: transversal a ambos lados de la CV con el electrodo negativo sobre el punto más doloroso
- **Aplicación miogénica:**
  - Sobre el músculo: electrodo negativo sobre el punto más doloroso



Problema muscular

Hernia  
Cicatriz

Patología articular

TENS por trenes de impulso:

Sobre el nervio periférico.

Sobre los puntos motores (en el tema 4 se verá el concepto de punto motor).

### 3.7.12. Otras consideraciones

Se ha descrito que aparece un efecto acumulativo si se aplica el TENS a largo plazo (aplicaciones mantenidas durante al menos 6 meses) debido a que se produce una disminución de la sensibilización central y una activación de las vías descendentes de inhibición del dolor. Este efecto permite al paciente aumentar su nivel de actividad física y disminuir el consumo de fármacos, así como la asistencia a los servicios médicos. No obstante, podría producirse un fenómeno de tolerancia debido al uso repetido del TENS, especialmente si se emplea con los mismos parámetros de forma continuada. Aumentar día tras día un 10% la intensidad del tratamiento retrasa la aparición de este fenómeno de tolerancia al tratamiento. También variar la frecuencia de tratamiento alternándola cada día podría retrasar la aparición de este fenómeno. Se recomienda en patologías crónicas hacer aplicaciones durante 4-5 meses seguidas por tiempos de descanso de 3-4 meses. Se comenzará con aplicaciones de larga duración que se irán reduciendo a partir de las 3 semanas según la progresión del paciente (si al disminuir el tiempo de aplicación se mantienen los efectos se disminuirá, si no se volverá a aumentar el tiempo de aplicación). Cuando se programen los tiempos de descanso será necesario disminuir los tiempos de aplicación progresivamente para evitar que aparezca un efecto rebote.

NO se considera al TENS un tratamiento curativo ya que si se deja de aplicar se puede volver a desencadenar la sensación de dolor en los pacientes de origen crónico. Dentro del desarrollo normal de una patología que cursa con una

resolución completa del cuadro clínico el TENS ayudará a inhibir el dolor durante el tiempo que tarde la zona lesionada en repararse o regenerarse.

Lo ideal sería prestar al paciente un aparato de electroterapia para que empleara el TENS de forma ambulatoria y que se administrara junto con un programa global de tratamiento de su condición: fisioterapia, psicoterapia, medicación, etc.

Además, parece ser que el TENS es más eficaz en situaciones de dolor evocado: hiperalgesia o dolor al realizar un movimiento, que en situaciones de dolor en reposo.

### 3.8. Estado de la evidencia

La evidencia científica disponible sobre la acción analgésica de las **corrientes TENS** es limitada y de baja calidad metodológica. Por otra parte, existen multitud de estudios y revisiones en las que se pueden observar aplicaciones interesantes. Se ha observado su eficacia en el tratamiento del dolor crónico en general (1), en dolor cervical y lumbar (2,3), en artrosis de rodilla (4) en pacientes diagnosticadas de fibromialgia (5) e incluso en dolores de parto (6,7).

Parece ser bastante eficaz en el tratamiento del dolor neuropático, siendo superior al TENS placebo, aunque con menos eficacia que las corrientes IF y la PEMS (8). Podría tener un efecto similar a la terapia espejo en dolor neuropático (8) pero no se ha estudiado en dolor del miembro fantasma (9).

En pacientes con atrapamiento del nervio supraescapular, en el que su tratamiento Gold Standard es la artroscopia, se están estudiando técnicas no invasivas en las que el TENS puede tener un papel interesante (10).

En otra reciente revisión, se han observado los efectos del TENS entre otras técnicas no farmacológicas para el manejo del dolor torácico y las fracturas de costilla. La combinación de estas técnicas tiene implicaciones interesantes a nivel clínico permitiendo mejorar la función respiratoria y minimizando complicaciones respiratorias (11).

En pacientes con cáncer (una población en la que alrededor de un 70% experimenta dolor) también se ha estudiado el uso del TENS. A pesar de no poder recomendarse a nivel general, sí que existe la posibilidad de implementar su uso por ser una técnica con pocos efectos secundarios que puede ayudar al alivio del dolor en estos pacientes (12).

Si se compara el PENS con el TENS, parecen existir mayores beneficios en el PENS. No obstante, estos efectos parecen no ser clínicamente significativos (13). También se están estudiando otras vías para el uso del TENS, como es la regeneración de nervios periféricos. A pesar de existir información heterogénea

y aún en animales, podría ser una vía de tratamiento interesante en el futuro (14).

Para terminar, decir que el TENS parece ser una herramienta con una evidencia moderada para la reducción de la intensidad del dolor durante el tratamiento e inmediatamente después de su aplicación comparada con placebo y sin efectos adversos (15). Sin embargo, el hecho de que exista tanta literatura contamina el conjunto de la evidencia, apareciendo de esta manera revisiones sistemáticas con información insuficiente. Es por ello por lo que en futuras investigaciones se necesitan ensayos clínicos mejorando la calidad metodológica, así como la consecución de un metaanálisis que agrupe todos los datos de ECA disponibles (16).

1. Gibson W, Wand BM, Meads C, Catley MJ, O'Connell NE. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic pain - an overview of Cochrane Reviews. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2019;(4). Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/es/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD011890.pub3/full?highlightAbstract=tens%7Cten>
2. Martimbianco ALC, Porfirio GJ, Pacheco RL, Torloni MR, Riera R. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic neck pain. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2019;(12). Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/es/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD011927.pub2/full?highlightAbstract=tens%7Cten>
3. Resende L, Merriwether E, Rampazo ÉP, Dailey D, Embree J, Deberg J, et al. Meta-analysis of transcutaneous electrical nerve stimulation for relief of spinal pain. *Eur J Pain Lond Engl*. 2018;22(4):663-78.
4. Wu Y, Zhu F, Chen W, Zhang M. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in people with knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. 2022. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34971318/>
5. Johnson MI, Claydon LS, Herbison GP, Jones G, Paley CA. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for fibromyalgia in adults. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2017;(10). Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/es/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD012172.pub2/full?highlightAbstract=tens%7Cten>
6. Dowswell T, Bedwell C, Lavender T, Neilson JP. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for pain management in labour. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2009;(2). Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/es/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD007214.pub2/full?highlightAbstract=tens%7Cten>
7. Silveira Dos Reis CC, da Cunha Dias L, Carvalho LB, Bispo Alves Junior L, Mizusaki Imoto A. Transcutaneous Nerve Electrostimulation (TENS) in Pain Relief During Labor: A Scope Review. *Rev Bras Ginecol Obstet*. 2022. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35213917/>
8. Gibson W, Wand BM, O'Connell NE. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for neuropathic pain in adults. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2017;(9). Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/es/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD011976.pub2/full?highlightAbstract=tens%7Cten>
9. Johnson MI, Mulvey MR, Bagnall A-M. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for phantom pain and stump pain following amputation in adults. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2015;(8). Disponible en:

<https://www.cochranelibrary.com/es/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD007264.pub3/full?highlightAbstract=tens%7Cten>

10. Vij N, Fabian I, Hansen C et al. Outcomes after minimally invasive and surgical management of suprascapular nerve entrapment: A systematic review. *Orthop Rev (Pavia)*. 2022 . Disponible en: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9353691/pdf/orthopedicreviews\\_2022\\_14\\_3\\_37157.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9353691/pdf/orthopedicreviews_2022_14_3_37157.pdf)
11. Weinberg BJ, Roos R, van Aswegen H. Effectiveness of nonpharmacological therapeutic interventions on pain and physical function in adults with rib fractures during acute care: A systematic review and meta-analysis. *S Afr J Physiother*. 2022. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35814044/>
12. Püsküllüoğlu M, Tomaszewski KA, Grela-Wojewoda A, Pacholczak-Madej R, Ebner F. Effects of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Pain and Chemotherapy-Induced Peripheral Neuropathy in Cancer Patients: A Systematic Review. *Medicina (Kaunas)*. 2022. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35208610/>
13. Beltran-Alacreu H, Serrano-Muñoz D, Martín-Caro Álvarez D, Fernández-Pérez JJ, Gómez-SorianoJ, Avendaño-Coy J. ercutaneous Versus Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation for the Treatment of Musculoskeletal Pain. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pain Med*. 2022. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35167691/>
14. Alarcón JB, Chuhuaicura PB, Sluka KA et al. Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation in Nerve Regeneration: A Systematic Review of In Vivo Animal Model Studies. *Neuromodulation*. 2022. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35088718/>
15. Johnson MI, Paley CA, Jones G, Mulvey MR 4, Wittkopf PG. Efficacy and safety of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for acute and chronic pain in adults: a systematic review and meta-analysis of 381 studies (the meta-TENS study). *BMJ Open*. 2022. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35144946/>
16. Paley CA, Wittkopf PG, Jones G, Johnson MI. Does TENS Reduce the Intensity of Acute and Chronic Pain? A Comprehensive Appraisal of the Characteristics and Outcomes of 169 Reviews and 49 Meta-Analyses. *Medicina (Kaunas)*. 2021. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8539683/>

## 4. Neuromodulación

### 3.9. Definición

Es el proceso de inhibición, estimulación, modificación, regulación o alteración terapéutica de la actividad sensorial, sensitiva o motora del sistema nerviosos, permitiendo al individuo la "neurorrestauración" correspondiente. Esto es posible gracias a la neuroplasticidad, que es la capacidad del sistema nervioso de adaptarse a los cambios en función de los estímulos recibidos.

A nivel clínico se define como la forma de terapia en la que se activan señales neurofisiológicas con la finalidad de conseguir un efecto terapéutico mediante la modificación de la actividad del sistema nerviosos central, periférico o autonómico, mediante la aplicación de estímulos eléctricos, magnéticos, mecánicos o farmacológicos.

### 3.10. Bases y fundamento

El objetivo de la neuromodulación es normalizar o modular la función del sistema nervioso. Dentro de las tecnologías utilizadas se incluyen dispositivos implantables y no implantables que suministran agentes eléctricos, químicos u otros para modificar de forma reversible la actividad de las células nerviosas y del cerebro.

Como vemos, el término neuromodulación es un término muy amplio que engloba gran cantidad de técnicas y objetivos terapéuticos. Sin, embargo, dentro de la fisioterapia suele usarse el término neuromodulación para referirse al tratamiento de "normalización" de un nervio o conjunto neuronal mediante electroterapia, siendo las más usadas las corrientes de baja y media frecuencia y se utiliza principalmente para el tratamiento de condiciones comunes como son el dolor crónico, dolor inflamatorio, dolor neuropático, espasticidad, motilidad intestinal, alteraciones de la vejiga o lesiones del sistema nervioso, entre otras.

### 3.11. Tipos de neuromodulación

- a) En general, los procedimientos de neuromodulación en función de su **mecanismo de acción** se clasifican en:
- Cerebrales como la estimulación magnética transcraneal TMS (se verá en el tema de magnetoterapia).
  - Espinales realizados por personal médico.
  - Periféricos principales abordajes desde la fisioterapia.
- b) Dependiendo de su **aplicación**, podemos dividirlos en:
- Trascraneal (TMS).
  - Transcutánea (TENS).
  - Percutánea (PENS, NMP, EA).
  - Quirúrgica (NMQ), Spinal Cord Stimulation (SCS), Deep Brain Stimulations (DBS) (aplicación exclusiva médicos).
- c) En función de su tipo de estimulación eléctrica: lo más habitual es el tratamiento mediante corrientes de electroterapia, pero también encontramos la estimulación magnética y la electromagnética.
- Corrientes galvánicas.
  - Corrientes de baja frecuencia.
  - Corrientes de media frecuencia.
  - Corrientes de alta frecuencia.



- Corriente magnética (tras atravesar el cráneo se transforma en eléctrica).

### **3.12. Neuromodulación en fisioterapia**

Aunque de forma estricta, neuromodulación es toda actividad que modifica la actividad nerviosa, en este bloque nos centramos en **la neuromodulación eléctrica con corrientes de baja frecuencia**, que busca estimular la actividad de las células nerviosas que pueden influir en la liberación de neurotransmisores (GABA, NMDA, serotonina, etc.) u otros mensajeros químicos.

En relación con los objetivos terapéuticos, los principales son a nivel analgésico y a nivel neurofisiológico.

#### **3.12.1. Neuromodulación periférica percutánea (NMP)**

La Neuromodulación Periférica Percutánea o NMP se define como la estimulación de nervios periféricos a través de corrientes eléctricas utilizando una punción guiada mediante ultrasonido.

Su objetivo principal es obtener una respuesta motora y/o sensitiva mediante la estimulación del nervio periférico, además de una respuesta motora estimulando el punto motor.

Entre sus puntos favorable de esta técnica es que no requiere de dispositivos implantables, ya que los electrodos en forma de aguja se retiran al final de la sesión. Asimismo, no requiere sobre estimular las fibras de forma superficial como ocurre en el caso del TENS. Es considerada como una técnica mínimamente invasiva y se realiza generalmente guiada con ecografía lo cual mejora su precisión. Tiene pocos riesgos, es barata y sus contraindicaciones son menores en comparación con otras técnicas de electroterapia.

Por el contrario, al ser una técnica novedosa, genera controversia entre los autores sobre los parámetros precisos necesarios para alcanzar la estimulación más adecuada del nervio periférico y del punto motor. Las ondas que suelen emplearse son corrientes tipo TENS o corrientes rectangulares simétricas, muy similares al tipo TENS.

RECORDATORIO: Estas técnicas frecuentemente se utiliza para el dolor crónico, causando cambios en los inputs de información, procesos y respuestas del sistema nervioso central, por eso son conocidas como "Neuromodulación". Modalidades como son la estimulación eléctrica transcraneal, estimulación cerebral profunda (Deep Brain Stimulation), estimulación de la corteza motora (Motor Cortex Stimulation), entre otras buscan estos cambios.

Su uso en el dolor se aplica a dolor crónico, neuropático, nociceptivo o condiciones mixtas. Su explicación fisiológica con relación a los mecanismos de inhibición del dolor se ha explicado mediante la teoría del "Gate Control". Recientemente existen otras hipótesis que explican estos mecanismos. Una de ellas relata que existen cambios en marcadores proinflamatorios (reducción de sustancia P y CGRP -Calcitonin gen-related peptide-) inducidos por la NMP. También esta reducción del dolor puede ser debido a que estas estimulaciones (de menos de 10 Hz) activen receptores de opioides como GABA, neurotransmisores de serotonina entre otros que ayuden a activar mecanismos de inhibición descendente. También existen hipótesis en las que mecanismos con ondas de alta frecuencia pueden aparecer relacionados con otro tipo de receptores de opioides o con el ganglio de la raíz dorsal.

Otra de sus aplicaciones se ha observado en la flexibilidad, aumento de la fuerza, funcionalidad... Pero faltan investigaciones para poder confirmar estos hallazgos.

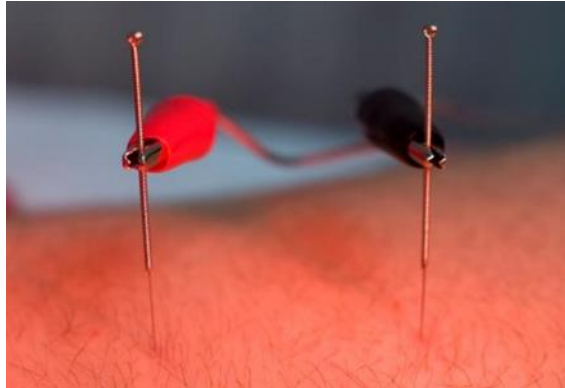
Además de la NMP, destaca la estimulación eléctrica percutánea (PENS por sus siglas en inglés) o la estimulación eléctrica intramuscular es una variante de aplicación de las corrientes tipo TENS donde todos los parámetros e indicaciones se postula que son iguales a estas corrientes tipo TENS variando únicamente:

- El tipo de electrodos que se emplean. Las agujas de punción seca actuarán como electrodos y se conectarán al aparato de electroterapia mediante unas pinzas tipo cocodrilo.
- La intensidad de trabajo es menor.

Esta modalidad suele emplearse con fines analgésicos o fisiológicos.

Su uso de corriente analgésica de baja frecuencia se emplea principalmente para el tratamiento de **puntos gatillo miofasciales** (PGM). La colocación de los electrodos será: 1) sobre el punto gatillo (el electrodo negativo) y en la banda tensa en una zona próxima al punto gatillo (el electrodo positivo); 2) convergentes en el PGM; 3) uno a cada lado del PGM, pero sobre la banda tensa adyacente al punto.

Con **finalidad fisiológica** suele emplearse en fisioterapia en patologías viscerales de suelo pélvico y/o digestivas. En este caso se puede o bien emplear mediante técnica transcutánea (con electrodos adhesivos) o percutánea (con un electrodo adhesivo y una aguja, o bien con dos agujas).



#### **3.12.1.1. NMP y Suelo pélvico**

Uno de los principales usos de la NMP es para trastornos del suelo pélvico, incontinencias y vejiga hiperactiva.

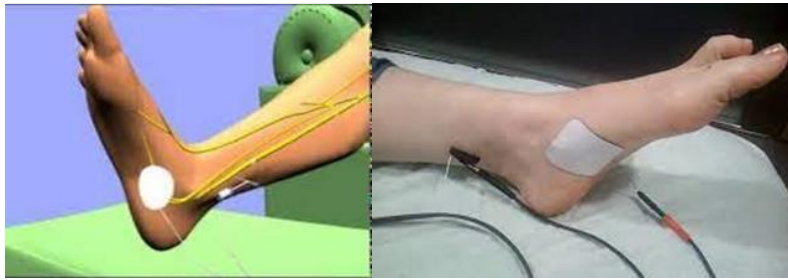
Esta neuromodulación consiste en la estimulación de las raíces sacras para normalizar el sistema nervioso autónomo implicado en la micción.

Principalmente existen dos tipos de intervenciones; anterógrada (directamente en zona sacra) y retrógrada (a través del nervio tibial posterior).

El tratamiento de neuromodulación en raíces sacras parece tener eficacia en la disminución de la urgencia miccional y también en alteraciones del suelo pélvico en general. Del mismo modo la intervención mediante estimulación del tibial posterior parece ser eficaz en la mejora de la vejiga hiperactiva.

El protocolo es emplear corriente TENS con aguja en el N. Tibial posterior con una frecuencia de 20Hz, una duración de fase de 200 microsegundos, 20 sesiones de 25-30 minutos. Se busca llegar hasta un estímulo motor con flexión del primer dedo del pie.

Un electrodo (-) se coloca 5cm craneal al maléolo interno tibial y 1 cm dorsal (aguja o parche). El otro electrodo se coloca siguiendo el recorrido del N. Tibial bajo el tobillo o el talón (parche habitualmente).



### 3.12.1.2. Estado de la Evidencia

La NMP es una técnica altamente utilizada en la actualidad. Su uso se puede realizar con o sin ultrasonidos y parece ser beneficiosa en la mejora del dolor en múltiples patologías relacionadas con tejido muscular, tendinoso, nervioso y del rango de movimiento (patología de nervio ciático, flexibilidad de la musculatura posterior del muslo). Esto puede ser explicado debido a las múltiples teorías que existen sobre sus mecanismos neurofisiológicos. Sin embargo, se necesitan más investigaciones que demuestren estos efectos y exista un consenso en la utilización de parámetros.

1. Romero-Morales C et al. Current advances and novel research on minimal invasive techniques for musculoskeletal disorders. *Disease-a-Month* [Internet]. 2021;67(10):101210.
2. De la Cruz-Torres, B., Barrera-García-Martín, I., & Albornoz-Cabello, M. (2019). Immediate effects of ultrasound-guided percutaneous neuromodulation versus physical exercise on performance of the flexor hallucis longus muscle in professional dancers: a randomised clinical trial. *Acupuncture in Medicine, 37*(2), 91–97.
3. San-Emeterio-Iglesias R et al. Correct Sciatic Nerve Management to Apply Ultrasound-Guided Percutaneous Neuromodulation in Patients With Chronic Low Back Pain: A Pilot Study. *Neuromodulation Technol Neural Interface* [Internet]. 2021;24(6):1067-74.
4. De-la-Cruz-Torres B et al. Ultrasound-Guided Percutaneous Neuromodulation in Patients with Chronic Lateral Epicondylalgia: A Pilot Randomized Clinical Trial. *Int J Environ Res Public Health* [Internet 2021;18(9):4877.
5. De-la-Cruz-Torres B et al. Crossover effects of ultrasound-guided percutaneous neuromodulation on contralateral hamstring flexibility. *Acupunct Med* [Internet]. 2021;39(5):512-21.
6. Garrido FV, Muñoz FM. *Advanced techniques in musculoskeletal medicine & physiotherapy-e-book: using minimally invasive therapies in practice*. Elsevier Health Sciences; 2015.
7. Gilmore C, Ilfeld B, Rosenow J, Li S, Desai M, Hunter C, et al. Percutaneous peripheral nerve stimulation for the treatment of chronic neuropathic postamputation pain: a multicenter, randomized, placebo-controlled trial. *Reg Anesth Pain Med*. 2019;44(6):637–645.
8. Deer TR et al. The Appropriate Use of Neurostimulation of the Spinal Cord and Peripheral Nervous System for the Treatment of Chronic Pain and Ischemic Diseases: The Neuromodulation Appropriateness Consensus Committee. *Neuromodulation Technol Neural Interface* [Internet]. 2014;17(6):515-50.

#### 4.4.2. Electro Acupuntura

Como ya se ha comentado, la neuromodulación es una técnica que se emplea para aumentar o disminuir la excitabilidad eléctrica de un grupo de neuronas mediante la aplicación de estímulos eléctricos o fármacos. Estos mecanismos pueden producir cambios neuroplásticos a corto o largo plazo en el sistema nervioso central principalmente. La electro-acupuntura es un tipo de neuromodulación similar a la NMP o PENS variando el método de intervención y los puntos de localización de las agujas, que en este caso es sobre los puntos de la acupuntura clásica.

Se ha encontrado utilidad clínica de la electro-acupuntura en dolor miofascial, dolor inflamatorio, isquémico, neuropático y dolor crónico espinal o miogénico. Una gran parte de los puntos empleados en la electro-acupuntura corresponden a puntos muy cercanos a los nervios periféricos o a placas motoras musculares. Se ha encontrado relación entre los puntos gatillo y los puntos de acupuntura, entre los patrones de dolor referido de los primeros y los meridianos de acupuntura. Según el estudio de Dorsher y Fleckenstein, de los 255 PGM comunes, 238 coinciden anatómicamente con los puntos de acupuntura clásica. Otra zona de coincidencia de los puntos de acupuntura es con los vasos perforantes cutáneos en un 89% según un estudio de Alvarez-Prats.

#### ***Concordancia entre puntos de acupuntura y nervios periféricos superficiales.***

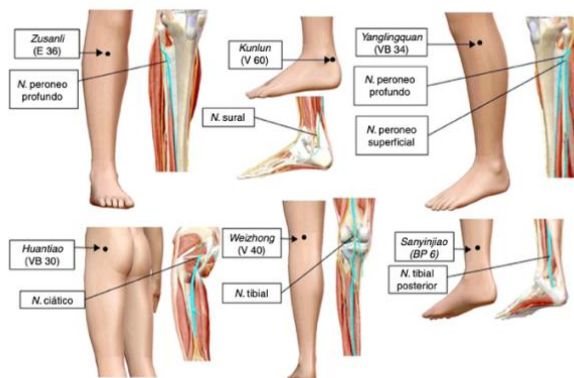
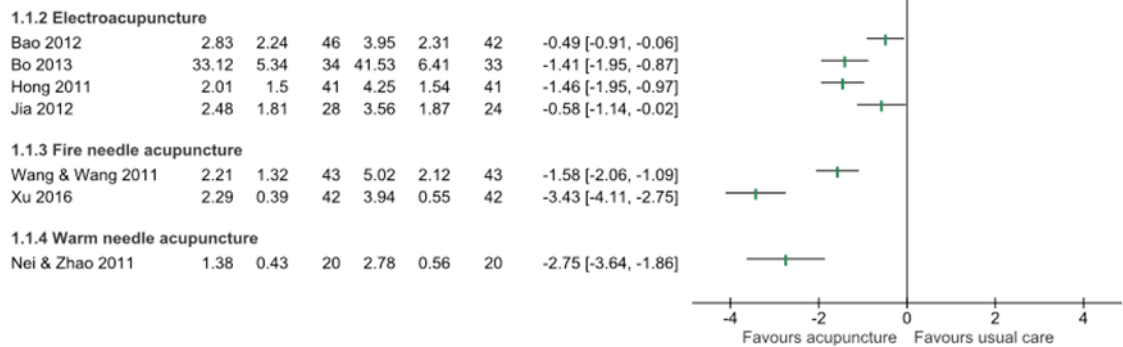


Figura 2 – Trayectos nerviosos y puntos de acupuntura en el humano utilizados para evaluar los efectos neuromoduladores de la electroacupuntura (EA) sobre las neuronas del asta dorsal de la médula espinal, en modelos animales de dolor neuropático, E: Estómago; N.: nervio; V: Vejiga; VB: Vesícula Biliar; BP: Bazo Páncreas.

**Diferencia en dolor en el hombro en pacientes post-infartados**

**Dyer et al. (2013)**

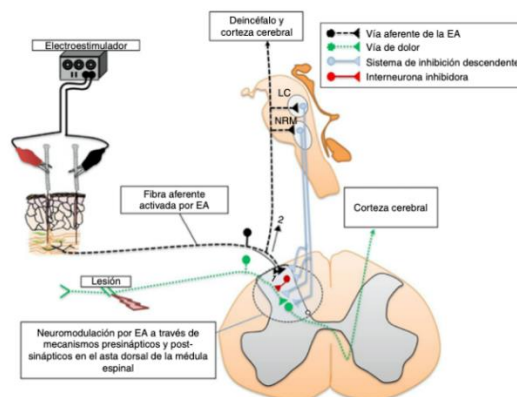


**Figure 2** Forest plot of acupuncture trial effects on shoulder pain.  
**Note:** Data from Chau et al 2018.<sup>30</sup>

**4.4.2.1.- Mecanismos de analgesia**

La electro-acupuntura (EA) es una forma de neuromodulación eléctrica aplicada en los puntos de acupuntura clásica, que actúa sobre el sistema nervioso simpático produciendo efectos principalmente analgésicos. Estudios como los de Quiroz-González muestran la eficacia analgésica de este tipo de intervención:

- Efecto local: bajo la aguja se genera un efecto de vasodilatación con respuesta histamínica. La estimulación de la aguja actúa sobre las fibras sensitivas modificando sus aferencias.
- Efecto segmentario/medular: la electro-acupuntura genera un input nociceptivo sobre el asta dorsal a través de las fibras C y Aδ, lo que en sujetos sanos desencadena el mecanismo del Gate Control.
- Efecto central: es el principal mecanismo de la electro-acupuntura. mediante el estímulo eléctrico en determinados puntos se desencadenan mecanismos inhibitorios descendentes del dolor.



**Figura 6 - Mecanismos involucrados en la neuromodulación de la eficacia sináptica en el asta dorsal de la médula espinal:**  
1) despolarización de aferentes primarios; 2) activación de las vías de inhibición descendente. EA: electroacupuntura.

#### 4.4.2.2. Efectos de la EA

##### 1. La EA tiene efectos sobre la liberación de hormonas

Como la norepinefrina y la serotonina, actuando de manera analgésica y antiinflamatoria, pero no se sabe si actúa a nivel central o espinal. Parece que estímulos a 2-10Hz tienen más efecto sobre este mecanismo y por más tiempo que los tratamientos a 100Hz.

También actúa liberando hormonas péptidas dependiendo de la frecuencia de la corriente eléctrica.

Péptidos	Lugar	EA freq (Hz)
β-endorfinas	Mesencéfalo	Baja (2-4)
Enkefalinas	Asta posterior ME	Baja (2-4)
Dinorfinas	Tronco encéfalo & ME	Alta (50-100)
Orfaninas	Ampliamente	Baja (2-4)

→ Más implicado en SNC

*Introduction of Western Medical Acupuncture. A White, M Cummings J Filshie. 2008*

##### 2. Efecto antiinflamatorio

Recientes estudios hablan del efecto antiinflamatorio de la EA y por tanto analgésico. La aplicación de la EA disminuye los niveles de citoquinas proinflamatorias como la TNF-alfa, o la interleucina IL-1beta o IL-6. Además, actúa inhibiendo la ciclooxigenasa (COX2). Para este efecto suelen alternarse 2 y 100Hz. La disminución de la IL-1beta, disminuye el dolor en pacientes oncológicos.

Por otra parte, la neuromodulación con EA sobre el nervio ciático regula la inflamación a través de una activación del nervio vago por la liberación de dopamina. Las investigaciones llevadas a cabo en ratones confirman ese efecto analgésico de la EA mediante un efecto antiinflamatorio.

##### 3.- Efecto vegetativo

Otra de las aplicaciones de la EA es mediante la neuromodulación del nervio vago en su punto auricular (VNS). Este procedimiento parece aliviar el dolor en distintas condiciones:

***Tao et al. 2020.***

**Table 2** Auricular vagus nerve stimulation reduces pain in multiple clinical conditions

Pain condition	Effects	References
Fibromyalgia	Decrease widespread pain and tenderness	[117]
Pelvic pain	Decrease evoked pain intensity, temporal summation of pain and anxiety	[118]
Chronic migraine	Most patients reported pain relief (≥ 50% reduction in visual analog scale)	[119]
Acute migraine	47% patients reported pain relief and 21% patients reported pain free	[120]
Acute migraine	38% patients had pain relief and 23% patients had pain free	[121]
Acute migraine	41% patients had pain relief and 30% patients had pain free	[122]
Episodic cluster headache	Noninvasive VNS (48%) is superior to sham (6%)	[119]
In healthy volunteers	Increase mechanical and pressure pain threshold, decrease temporal summation of noxious tonic heat	[123]

La EA aplicada sobre el nervio vago genera una activación del núcleo del tracto solitario generando una respuesta vagal antiinflamatoria y antiálgica. Estudios recientes sugieren que el nervio vago controla la inflamación a través de la producción de SPMs.

#### 4.4.2.3. Corriente eléctrica en electro-acupuntura

La electro-acupuntura emplea corrientes de baja frecuencia, bifásica rectangular asimétrica (TENS) o simétrica.

Independientemente de cuál se use, la aplicación mediante aguja hace que la parte positiva se deforme dentro del organismo y por tanto el electrodo negativo será siempre el que tenga el efecto sobre el paciente.

- Polaridad: electrodo activo el negativo, al usar el *pointer* se usa como cátodo.
- Frecuencia: baja frecuencia, entre 2 y 100 Hz, ya que tiene un efecto depresor del sistema nervioso simpático. Normalmente se va a trabajar en rangos entre 2 y 20Hz.
- Duración de fase: 200  $\mu$ s como protocolo estándar. A medida que se baja la frecuencia del pulso se sube la duración de fase.
- Intensidad: alta para dolor crónico buscando estímulo motor, media/baja para dolor agudo o subagudo hasta nivel sensitivo. Si pinchamos sobre nervio sensitivo la intensidad será baja ya que no se conseguirá contracción motora y sí dolor en el paciente.
- Tiempo: entre 5 y 30 minutos. 10 minutos como tiempo estándar. Con el *pointer* se harán estimulaciones cortas de 10" seguidas de pequeños descansos (3-5"), según tolerancia del paciente.
- Modos: TENS continuo, por trenes, o modulado en amplitud para evitar acomodación y generar un mayor efecto analgésico.
- En el TENS por trenes o burst, la frecuencia portadora es de 100 Hz; la Frecuencia del tren entre 0,5 y 7 Hz y la anchura de pulso entre 50 y 400  $\mu$ s. Es el más usado, ya que puede parametrizarse con efecto sensitivo o motor.
  - Otras corrientes: en electro-acupuntura también pueden usarse microcorrientes o corrientes triangulares de alto voltaje, pero se usan mucho menos.

#### - Protocolo motor:

- Estimulación de las fibras A $\alpha$ , A $\delta$  o C.
- Frecuencias bajas: <16 HZ (2-4 Hz).
- Intensidad motora alta.
- Tiempo 10-15 minutos.



- Duración de fase 200-400  $\mu$ s.
- Aplicación: en puntos motores nervios motores.

**- Protocolo sensitivo:**

- Estimulación de las fibras A  $\beta$ .
- Frecuencias altas: < 16 Hz (16-20 Hz).
- Intensidad baja, a nivel sensitivo.
- Tiempo 5-10 minutos.
- Duración de fase 200  $\mu$ s.
- Aplicación: en nervios sensitivos o puntos dolorosos (puntos Ahsi).

*\* Estos protocolos son una referencia de base sobre la que trabajar. Dependiendo de la patología, nervio o zona a estimular estos parámetros pueden variar.*

**Imagen de: Antonio García Godino, @fisiopuntura.**

*ElectroAcupuntura funcional #EAf*



El estímulo de fibras gruesas y fibras finas a la vez conducen a un estado de depresión postexcitatoria del SN Autónomo

*" No sobre-estimar Fibras tipo C "*

**4.4.2.4. Aparatología**

a) *Pointer*



**P. PLUS**

**P. EXCELL 2**

Los pointers son aparatos empleados para la búsqueda del punto exacto de tratamiento. Se programan desde las dos roscas, una para la frecuencia y otra para la intensidad. La corriente pasa sólo cuando el fisioterapeuta activa el botón, con lo que es difícil realizar un tratamiento de forma manual. Cuando se busca un estímulo motor, el paso de la corriente con el pointer debe generar el movimiento esperado por ese músculo o nervio

estimulado, si no se encuentra la contracción, se deberá colocar la aguja en otra zona cercana, buscando el efecto deseado. Si se quiere trabajar en patrón sensitivo, se buscará una sensación de hormigueo en la zona inervada por ese nervio, **nunca dolor**.

Los pointers tienen una cabeza que es el electrodo negativo. El circuito lo cierra el fisioterapeuta tocando la chapa metálica que llevan. Esto puede ser incómodo y algunos pointers tienen una barra metálica para que el paciente la sujete con la mano u otra parte del cuerpo y cierre el circuito.

- Pointer Plus: tiene un botón de encendido y apagado y otro de intensidad, ya que viene con los parámetros de base: 10 Hz y 260 microsegundos. La intensidad puede regularse desde el 0 hasta 22 mA.
- Pointer Excell 2: Tiene un botón de encendido en la parte superior y las dos ruletas son para la frecuencia y para la intensidad. La frecuencia va desde 1 a 23Hz y la duración de fase es la misma que para el pointer plus: 260 microsegundos.

#### *b) Estimulador ITO*

Existen ITOs de 3 y 6 canales. Funcionan sólo con agujas a las que se unen con pinzas de cocodrilo.

Todos tienen una ruleta para las frecuencias entre (1 y 500 Hz) y otra para la intensidad. En este caso pueden tener hasta 30 mA. La duración de pulso en estos aparatos es fija de 200  $\mu$ s .



#### *c) Otros aparatos.*

La electro-acupuntura puede realizarse con cualquier aparato que emita Tens o bifásica simétrica y tenga pinzas de cocodrilo para finarlas a las agujas.

Uno muy usado es el Sonopuls de Enraf Nonius. Estos aparatos permiten modificar el ancho de pulso, la intensidad y la frecuencia deseada. La desventaja es que no son aparatos portátiles.



#### 4.4.2.5. Puntos de electro-acupuntura.

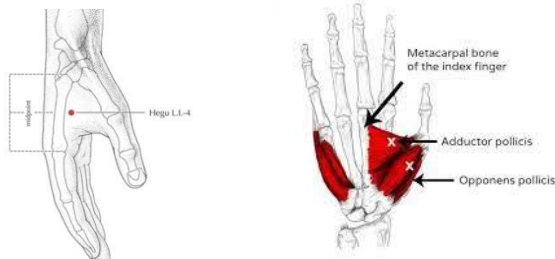
##### a) Puntos Ashi

Los puntos Ashi son puntos dolorosos del paciente o puntos gatillo activos. En esas zonas se suele hacer acupuntura o punción superficial con la técnica del enrollamiento, y electro-acupuntura con parámetros sensitivos.

##### b) Las 4 puertas

Se llama así, a dos puntos situados entre el primer y segundo metatarso (H3) y entre el primer y segundo metacarpo (IG4). Según la acupuntura china estos puntos tienen efectos beneficiosos sobre todo el organismo.

Como vemos en la imagen IG4 coincide con el punto gatillo del aductor del pulgar, punto clave en punción seca para mejorar la espasticidad de la mano y miembro superior por sus efectos moduladores.



##### c) Puntos motores en meridianos

Los puntos motores son puntos de acupuntura clásica situados en los meridianos que tienen relación nerviosa con la zona de dolor y cuya estimulación genera contracción muscular. Son puntos que coinciden con placas motoras o bien zonas cercanas al nervio diana cuya estimulación genera contracción de toda la musculatura que inerva.

##### d) Puntos sensitivos en meridianos

Son también puntos de acupuntura cerca de nervios sensitivos, estimulados para "normalizar" sus aferencias.

#### **4.4.4.6. Ejemplo:** epicondilitis.

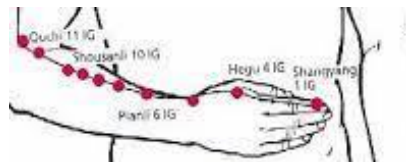
Inervación:

A nivel muscular la musculatura extensora del antebrazo está inervada por la rama motora del nervio radial. Por tanto, tenemos que hacer una estimulación motora del N. Radial, de la musculatura inervada por este nervio, estimulación sensitiva del N. Radial mediante sus ramas sensitivas para modular todo el nervio.

Los meridianos que coinciden con este trayecto son *Pulmón e Intestino Grueso*.

El primer punto IG11 se relaciona con el extensor radial largo, punto motor, por lo que se realizará una estimulación de baja frecuencia y alta intensidad hasta conseguir contracción muscular.

A partir de ese punto se estimularía el resto de los puntos del meridiano, IG10 (punto motor del extensor radial corto), IG9 (segundo radial) e IG8 (extensor común de los dedos). Como toda esta musculatura está inervada por la misma rama del N. Radial conseguimos efectos sobre éste.



Una vez estimulada la parte motora, iríamos a la parte sensitiva del N. Radial mediante el meridiano Pulmón.

### **3.13. Estado de la evidencia**

Las revisiones sistemáticas analizadas hasta la fecha parecen indicar que hay eficacia en la inhibición del dolor de la EA en dolor inflamatorio, neuropático y crónico comparado con grupo control sin tratamiento y con un placebo. También parece tener efectos hormonales según la literatura científica. La calidad de los estudios es moderada o baja por lo que hace falta seguir investigando.

1. Chavez LM, Huang SS, MacDonald I, Lin JG, Lee YC, Chen YH. Mechanisms of Acupuncture Therapy in Ischemic Stroke Rehabilitation: A Literature Review of Basic Studies. *Int J Mol Sci.* 2017 Oct 28;18(11):2270. doi: 10.3390/ijms18112270. PMID: 29143805; PMCID: PMC5713240.

2. Dyer S, Mordaunt DA, Adey-Wakeling Z. Interventions for Post-Stroke Shoulder Pain: An Overview of Systematic Reviews. *Int J Gen Med.* 2020 Dec 7;13:1411-1426. doi: 10.2147/IJGM.S200929. PMID: 33324087; PMCID: PMC7732168.
3. Horta D, Lira A, Sanchez-Lloansi M, Villoria A, Teggiachi M, García-Rojo D, García-Molina S, Figuerola A, Esteve M, Calvet X. A Prospective Pilot Randomized Study: Electroacupuncture vs. Sham Procedure for the Treatment of Fatigue in Patients With Quiescent Inflammatory Bowel Disease. *Inflamm Bowel Dis.* 2020 Feb 11;26(3):484-492. doi: 10.1093/ibd/izz091. PMID: 31091322.
4. Álvarez-Prats D, Carvajal-Fernández O, Valera Garrido F, Pecos-Martín D, García-Godino A, Santafe MM, Medina-Mirapeix F. Acupuncture Points and Perforating Cutaneous Vessels Identified Using Infrared Thermography: A Cross-Sectional Pilot Study. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2019 Mar 21;2019:7126439. doi: 10.1155/2019/7126439. PMID: 31015854; PMCID: PMC6448333.
5. Tao X, Lee MS, Donnelly CR, Ji RR. Neuromodulation, Specialized Proresolving Mediators, and Resolution of Pain. *Neurotherapeutics.* 2020 Jul;17(3):886-899. doi: 10.1007/s13311-020-00892-9. PMID: 32696274; PMCID: PMC7609770.
6. Bonnet MP, Beloeil H, Benhamou D, Mazoit JX, Asehnoune K. The mu opioid receptor mediates morphine-induced tumor necrosis factor and interleukin-6 inhibition in toll-like receptor 2- stimulated monocytes. *Anesth Analg.* 2008; 106:1142-9. [PubMed: 18349186]
7. Chao CC, Molitor TW, Close K, Hu S, Peterson PK. Morphine inhibits the release of tumor necrosis factor in human peripheral blood mononuclear cell cultures. *Int J Immunopharmacol.* 1993; 15:447-53. [PubMed: 8389331]
8. Ozaktay AC, Kallakuri S, Takebayashi T, Cavanaugh JM, Asik I, DeLeo JA, Weinstein JN. Effects of interleukin-1 beta, interleukin-6, and tumor necrosis factor on sensitivity of dorsal root ganglion and peripheral receptive fields in rats. *Eur Spine J.* 2006; 15:1529-37. [PubMed: 16474945]
9. Woo HL, Ji HR, Pak YK, Lee H, Heo SJ, Lee JM, Park KS. The efficacy and safety of acupuncture in women with primary dysmenorrhea: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2018 Jun;97(23):e11007. doi: 10.1097/MD.00000000000011007. PMID: 29879061; PMCID: PMC5999465.
10. He K, Ni F, Huang Y, Zheng M, Yu H, Han D, Ma R. Efficacy and Safety of Electroacupuncture for Pain Control in Herpes Zoster: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2022 Jul 4;2022:4478444. doi: 10.1155/2022/4478444. PMID: 35832527; PMCID: PMC9273388.
11. Farrell D, Artom M, Czuber-Dochan W, Jelsness-Jørgensen LP, Norton C, Savage E. Interventions for fatigue in inflammatory bowel disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2020 Apr 16;4(4):CD012005. doi: 10.1002/14651858.CD012005.pub2. PMID: 32297974; PMCID: PMC7161727.
12. Park S, Lyu YR, Park SJ, Oh MS, Jung IC, Lee EJ. Electroacupuncture for post-thoracotomy pain: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2021 Jul 7;16(7):e0254093. doi: 10.1371/journal.pone.0254093. PMID: 34234358; PMCID: PMC8263274.
13. Ulloa L, Quiroz-Gonzalez S, Torres-Rosas R. Nerve Stimulation: Immunomodulation and Control of Inflammation. *Trends Mol Med.* 2017 Dec;23(12):1103-1120. doi: 10.1016/j.molmed.2017.10.006. Epub 2017 Nov 20. PMID: 29162418; PMCID: PMC5724790.
14. Zhang R, Lao L, Ren K, Berman BM. Mechanisms of acupuncture-electroacupuncture on persistent pain. *Anesthesiology.* 2014 Feb;120(2):482-503. doi: 10.1097/ALN.000000000000101. PMID: 24322588; PMCID: PMC3947586.
15. Wei TH, Hsieh CL. Effect of Acupuncture on the p38 Signaling Pathway in Several Nervous System Diseases: A Systematic Review. *Int J Mol Sci.* 2020 Jun 30;21(13):4693. doi: 10.3390/ijms21134693. PMID: 32630156; PMCID: PMC7370084.
16. Su TF, Zhao YQ, Zhang LH, Peng M, Wu CH, Pei L, Tian B, Zhang J, Shi J, Pan HL, Li M. Electroacupuncture reduces the expression of proinflammatory cytokines in inflamed skin tissues through activation of cannabinoid CB2 receptors. *Eur J Pain.* 2012; 16:624-35. [PubMed: 22337285]

### Cuestiones

1. Completa las siguientes frases:
  - a) En el TENS, el electrodo activo es el electrodo \_\_\_\_\_.
  - b) Si queremos provocar analgesia mediante la activación del mecanismo del Gate Control deberemos programar el aparato de electroterapia para activar las fibras tipo \_\_\_\_\_.
  - c) Para el tratamiento del dolor de origen agudo está indicado el empleo del TENS \_\_\_\_\_.
  - d) El empleo de un espectro de frecuencias en el TENS convencional permite aumentar \_\_\_\_\_ y evitar la \_\_\_\_\_.
  - e) Si aparece acomodación durante el tratamiento con un TENS convencional habrá que \_\_\_\_\_.
  - f) Para evitar el fenómeno de tolerancia podemos aumentar un 10% la \_\_\_\_\_ cada sesión o alternar la \_\_\_\_\_ un día sin otro.
  - g) Cuando empleamos una corriente tipo rectangular bifásica asimétrica y la hacemos pasar por agujas de punción seca situadas a nivel muscular estamos haciendo una \_\_\_\_\_.
  
2. Indica si las siguientes afirmaciones sobre el TENS son verdaderas (V) o falsas (F):
  - a) El TENS es un tipo de corriente con una forma de la onda simétrica. \_\_\_\_
  - b) El TENS es un tipo de corriente con una forma de la onda compensada. \_\_\_\_
  - c) La activación de las fibras motoras  $A\alpha$  produce la liberación de opioides endógenos. \_\_\_\_
  - d) El TENS convencional no se puede aplicar más de 60 minutos ya que puede aparecer fatiga muscular. \_\_\_\_
  - e) Al aplicar un TENS convencional tendremos que emplear electrodos pequeños para evitar que el efecto se difumine mucho. \_\_\_\_
  - f) En el TENS por trenes de impulso los electrodos se podrán colocar en múltiples posicionamientos. \_\_\_\_
  - g) La aplicación de un TENS a largo plazo hace que haya un efecto acumulativo que se traduce en una disminución de la sensibilización central y una activación de las vías descendentes de inhibición del dolor. \_\_\_\_
  - h) El TENS se aplicará como tratamiento único en el caso de patologías de origen crónico. \_\_\_\_
  - i) En el PENS la intensidad de la corriente que se programa es mayor que en el TENS. \_\_\_\_
  
3. Selecciona la opción correcta para completar las siguientes frases:

- a) La corriente tipo TENS \_\_\_\_\_ (si / no) presenta efectos polares.
  - b) Si activamos las fibras tipo  $A\delta$  estaremos desencadenando la inhibición del dolor mediante mecanismos \_\_\_\_\_ (centrales / periféricos) por un fenómeno de \_\_\_\_\_ (activación del Gate Control / activación antidrómica / liberación de opioides endógenos).
  - c) Si quiero producir analgesia mediante la liberación de opioides endógenos programaré un TENS \_\_\_\_\_ (convencional / por trenes de impulsos).
  - d) La duración de fase en un TENS debe ser \_\_\_\_\_ (menor / mayor) a 200  $\mu$ s para evitar que la zona se sensibilice al aplicar este tipo de corrientes.
  - e) Para retrasar la aparición del fenómeno de tolerancia en un paciente es recomendable \_\_\_\_\_ (mantener fijos / variar) los parámetros de aplicación de la corriente a lo largo del tiempo.
  - f) Cuando se realiza un tratamiento a largo plazo se recomienda programar épocas de descanso. En ese caso \_\_\_\_\_ (si / no) será necesario hacer una disminución progresiva de la duración del tratamiento unas sesiones antes de comenzar la época de descanso.
  - g) El TENS es más eficaz en situaciones de \_\_\_\_\_ (dolor en reposo / dolor evocado).
4. La electroacupuntura (EA) normalmente se emplea para tratar dolor ..... y es una técnica de neuromodulación que emplea corrientes de (media/baja/alta/ frecuencia) mediante corrientes (Tens/Interferenciales/bifásicas simétricas/rusas/Trabert). Además, tiene efectos (antiespasmódicos/antiedematosos/antiinflamatorios).
5. La diferencia entre las corrientes TENS y las técnicas PENS, NMP y EA es
- a) El tipo de corriente
  - b) El modo de aplicación de los electrodos
  - c) La polaridad
  - d) El mecanismo de acción
6. Con la neuromodulación se trata de modificar la actividad eléctrica de un..... y principalmente existen dos tipo de intervenciones según la localización de los electrodos una intervención ..... directamente en la zona que queremos estimular y una ..... a distancia en un nervio distal que comparte raíces nerviosas con el nervio diana.
7. En EA normalmente vamos a trabajar a frecuencias entre:
- a) 2-200 Hz
  - b) 2-200 MHz

- c) 1-100 MHz
  - d) 2-100 Hz
8. En EA habitualmente emplearemos frecuencias (bajas /altas) junto a intensidades (altas/bajas) y duración de fase (grandes/pequeñas).
9. En acupuntura los puntos específicos con hiperalgesia a la presión se denominan puntos.....
10. Señala si es verdadero o falso
- a) La Neuromodulación Periférica Percutánea o NMP se define como la estimulación de nervios periféricos a través de corrientes eléctricas utilizando una punción guiada mediante ultrasonido. Verdadero / Falso
  - b) El objetivo principal de la NMP es obtener una respuesta motora y/o sensitiva mediante la estimulación del nervio central. Verdadero / Falso
  - c) La NMP es considerada como una técnica mínimamente invasiva y se realiza siempre guiada con ecografía lo cual mejora su precisión. Verdadero / Falso



## PRÁCTICA

### Material necesario:

- Aparato de electroterapia.
- Cable conector.
- Cable bifurcador
- 2 electrodos adhesivos cuadrados.
- 2 electrodos de caucho de 8x12 cm.
- 2 almohadillas para electrodos de 8x12 cm.
- 3 electrodos de caucho de 6x8 cm.
- 3 almohadillas para electrodos de 6x8 cm.
- 2 electrodos de caucho de 4x6 cm.
- 2 almohadillas para electrodos de 4x6 cm.

1. Tratamiento de una epicondilitis con TENS convencional y con TENS por trenes de impulso.....

### TENS CONVENCIONAL:

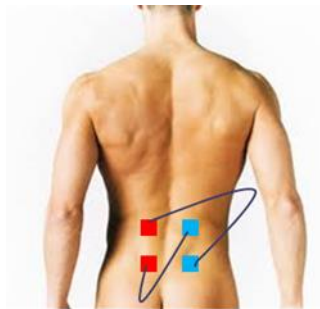
Colocación del paciente:	sedestación.
Tipo de electrodos:	electrodos adhesivos 5 x 5 cm.
Colocación de los electrodos:	bipolar: electrodo negativo en el epicóndilo y positivo en el tercio medio de la cara dorsal del antebrazo.
Forma de la onda:	rectangular bifásica asimétrica compensada.
Frecuencia:	100 Hz.
Duración de fase:	150 $\mu$ s.
Intensidad:	fase aguda: nivel de sensibilidad bajo-medio, fase crónica: sensación fuerte por debajo del umbral doloroso. Si aparece acomodación se aumenta la intensidad.
Tiempo de tratamiento:	Mínimo 20-30 minutos. Se pueden superar los 60 minutos de aplicación.
Periodicidad:	fase aguda: una sesión diaria, fase crónica: días alternos.
Número de sesiones:	15 – 20 sesiones.

**TENS POR TRENES DE IMPULSO:**

Colocación del paciente:	sedestación.
Tipo de electrodos:	electrodos adhesivos 5 x 5 cm.
Colocación de los electrodos:	bipolar: electrodo negativo en el epicóndilo y positivo en el tercio medio de la cara dorsal del antebrazo.
Forma de la onda:	rectangular bifásica asimétrica compensada.
Frecuencia:	100 Hz.
Duración de fase:	200 $\mu$ s.
Frecuencia del tren:	2 Hz.
Duración del tren:	100 ms.
Tiempo entre trenes:	400 ms.
Intensidad:	fase crónica: sensación fuerte por debajo del umbral doloroso.
Tiempo de tratamiento:	el necesario para estimular la liberación de opiodes endógenos, máximo 60 minutos.
Periodicidad:	días alternos.
Número de sesiones:	15 – 20 sesiones.

**2. Tratamiento de una artrosis lumbar con TENS convencional.**

Colocación del paciente:	decúbito prono.
Tipo de electrodos:	electrodos adhesivos 5 x 5 cm.
Colocación electrodos:	tetrapolar: electrodos cruzados (ver imagen).
Forma de la onda:	rectangular bifásica asimétrica compensada.
Frecuencia:	100 Hz.
Duración de fase:	80 $\mu$ s.
Intensidad:	nivel sensitivo.
Tiempo de tratamiento:	30 minutos pero podrían superarse los 60 minutos.



Patología articular

3. Tratamiento de un PGM con un PENS.

Colocación del paciente:	decúbito prono o lateral, según el punto a tratar.
Tipo de electrodos:	agujas de punción conectadas al aparato mediante pinzas (cocodrilos) que se fijan en la parte de la aguja que queda fuera de la piel.
Colocación electrodos:	el electrodo negativo se suele colocar en el PGM y el positivo en la banda tensa, pero fuera del PGM. También existen otras posibilidades, como colocar los dos electrodos de aguja convergentes en el PGM, o uno a cada lado de éste, atravesando la banda tensa pero no el PGM.
Forma de la onda:	rectangular bifásica asimétrica compensada.
Frecuencia:	1 – 10 Hz.
Duración de fase:	40 $\mu$ s.
Intensidad:	umbral de tolerancia.
Tiempo de tratamiento:	alrededor de 20 minutos.

4. Protocolo de corrientes diadinámicas para tratar el dolor y la inflamación en un esguince de ligamento lateral externo de tobillo.

Colocación del paciente:	sedestación.
Tipo de electrodos:	electrodos de caucho pequeños de 4x6 cm con almohadillas.
Colocación de los electrodos:	bipolar: negativo sobre el punto de dolor, positivo en una zona adyacente sobre el ligamento.
Forma de la onda:	DF, CP, LP.
Tiempo:	4, 3, 2 min.
Intensidad:	adecuada a cada tipo de corriente

5. Tratamiento de cervicobraquialgia con corrientes de Träbert.

Colocación del paciente:	sedestación. Brazo y antebrazo pegado al cuerpo. El paciente se cogerá el brazo afectado con el brazo contralateral, fijándolo durante todo el tratamiento.
Tipo de electrodos:	electrodos de caucho medianos de 6x8 cm con almohadillas.
Colocación de los electrodos:	monopolar: electrodo negativo en el cuello y positivo en el tercio distal del brazo.
Forma de la onda:	corriente pulsada monofásica rectangular.
Frecuencia:	143 Hz.
Duración de fase:	2 ms.
Tiempo de descanso:	5 ms.

Intensidad: contracción fuerte: justo por debajo del umbral del dolor (unos 20 mA para electrodos de 6x8). Se aumenta la intensidad progresivamente según se va adaptando el paciente. Posteriormente se baja la I 2-3 mA y se deja hasta finalizar el tratamiento (esta segunda fase no es necesaria si el paciente tolera bien la intensidad).

Tiempo de tratamiento: 20 – 25 minutos.

#### 6. Tratamiento de lumbociatalgia con corrientes de Träbert.

Colocación del paciente: decúbito prono. Durante el tratamiento habrá que evitar la supinación del pie fijándolo contra el muslo del fisioterapeuta o contra la pared.

Tipo de electrodos: electrodos de caucho grandes de 8x12 cm con almohadillas (el electrodo distal puede ser mediano, de 6x8 cm).

Colocación de los electrodos: monopolar: electrodo negativo en la zona lumbar y positivo en el tercio medio del gemelo.

Forma de la onda: corriente pulsada monofásica rectangular.

Frecuencia: 143 Hz.

Duración de fase: 2 ms.

Tiempo de descanso: 5 ms.

Intensidad: contracción fuerte: justo por debajo del umbral del dolor (unos 400 mA para electrodos de 8x12). Se aumenta la intensidad progresivamente según se va adaptando el paciente. Posteriormente se baja la I 2-3 mA y se deja hasta finalizar el tratamiento (esta segunda fase no es necesaria si el paciente tolera bien la intensidad).

Tiempo de tratamiento: 20 – 25 minutos.

#### 7. Tratamiento de trapecios cargados con corrientes de Träbert.

Colocación del paciente: sedestación. Durante el tratamiento habrá que evitar la elevación de los hombros haciendo un empuje hacia caudal de estos.

Tipo de electrodos: electrodos de caucho medianos de 6x8 cm con almohadillas.

Colocación de los electrodos: electrodo negativo en el cuello y dos electrodos positivos en ambos trapecios.

Forma de la onda: corriente pulsada monofásica rectangular.

Frecuencia: 143 Hz.

Duración de fase:	2 ms.
Tiempo de descanso:	5 ms.
Intensidad:	contracción fuerte: justo por debajo del umbral del dolor (unos 20 mA para electrodos de 6x8). Se aumenta la intensidad progresivamente según se va adaptando el paciente. Posteriormente se baja la I 2-3 mA y se deja hasta finalizar el tratamiento (esta segunda fase no es necesaria si el paciente tolera bien la intensidad).
Tiempo de tratamiento:	20 – 25 minutos.
Consideraciones:	se puede trabajar uno de los dos trapecios si se considera necesario.

8. Tratamiento de dorsalgia alta con la posición II de las corrientes de Träbert.

Colocación del paciente:	decúbito prono.
Tipo de electrodos:	electrodos de caucho medianos de 6x8 cm con almohadillas.
Colocación de los electrodos:	positivo proximal (D1-D3), negativo distal (D6-D8). En aplicaciones en paravertebrales si se quiere se pueden poner los dos electrodos a ambos lados de la columna, con el negativo sobre la zona de dolor. En este caso se recomiendan electrodos de 8x12 y si el dolor es bilateral se programará una alternancia de polaridad en la mitad de la sesión. El paciente puede referir que siente como si una losa le presionara.
Forma de la onda:	corriente pulsada monofásica rectangular.
Frecuencia:	143 Hz.
Duración de fase:	2 ms.
Tiempo de descanso:	5 ms.
Intensidad:	contracción fuerte: justo por debajo del umbral del dolor (unos 20 mA para electrodos de 6x8 y unos 40 mA para electrodos de 8x12). Se aumenta la intensidad progresivamente según se va adaptando el paciente. Posteriormente se baja la I 2-3 mA y se deja hasta finalizar el tratamiento (esta segunda fase no es necesaria si el paciente tolera bien la intensidad).
Tiempo de tratamiento:	20 – 25 minutos.

## **EJERCICIOS**

### **Ejercicio 1**

Quieres tratar a un paciente con dolor lumbar crónico asociado a dolor musculoesquelético paravertebral en el lado derecho a la altura de L1-L2 con corrientes diadinámicas. Indica y

**JUSTIFICA** para cada pregunta:

- a. Tipo de electrodos que emplearías.
- b. Tamaño de los electrodos.
- c. Colocación de los electrodos.
- d. Polaridad de los electrodos.
- e. Protocolo (tipo de corrientes) de aplicación.
- f. Intensidad.
- g. Tiempo de tratamiento.

### **Ejercicio 2**

Si quieres tratar al paciente del ejercicio 1 con corrientes de Träbert. Indica y **JUSTIFICA** para cada pregunta:

- a. Tipo de electrodos que emplearías.
- b. Tamaño de los electrodos.
- c. Posicionamiento de los electrodos.
- d. Colocación de los electrodos.
- e. Polaridad de los electrodos.
- f. Intensidad.
- g. Tiempo de tratamiento.

### **Ejercicio 3**

Si quieres tratar al paciente del ejercicio 1 con un TENS. Indica y **JUSTIFICA** para cada pregunta:

- a. Tipo de TENS que emplearías.
- b. Tipo de electrodos que emplearías.
- c. Tamaño de los electrodos.
- d. Colocación de los electrodos.
- e. Polaridad de los electrodos.
- f. Duración de fase.
- g. Frecuencia.
- h. Intensidad.
- i. Tiempo de tratamiento.
- j. Tiempo que tardan en aparecer los efectos.
- k. Duración de los efectos.

## SOLUCIONES

### Cuestiones

#### P. 96

1. DF < LP < CP < RS < MF
2. Durante las primeras sesiones (una o dos sesiones) emplearía la corriente DF para elevar el umbral de dolor y que la zona no presente tanta sensibilización. A continuación, progresaría programando la corriente DF y a continuación de corriente LP. La corriente DF me permitiría elevar el umbral de dolor y la corriente LP obtener una sedación a continuación de la zona. Este protocolo duraría 6-12 sesiones aproximadamente. Finalmente, en las últimas sesiones, progresaría programando un protocolo de corriente CP seguida de RS o de corriente CP seguida de MF con el fin de obtener un efecto analgésico.
- 3.

a	b	c	d	e
RS	LP	MF	DF	CP

#### P. 102,103

1. a) fatiga; b) motor / fuerte; c) de caucho / mediano / longitudinal / longitudinal / positiva / negativa; d) negativo.
2. Cuando el paciente presenta un dolor agudo las fibras nociceptivas rápidas A $\delta$  disminuyen su umbral de activación y el orden de activación de las fibras nerviosas al subir la intensidad de la corriente eléctrica cambia: inicialmente se activan las fibras mecánicas A $\beta$ , luego las nociceptivas A $\delta$  y finalmente conseguiríamos activar las fibras motoras A $\alpha$ .  
Con las corrientes de Träbert perseguimos la activación de las fibras motoras con lo que para conseguirlo en este paciente previamente activaríamos las fibras nociceptivas rápidas y produciríamos dolor en el paciente. Es por ello que no podría emplear este tipo de corrientes para el tratamiento de un dolor de origen agudo.

#### P. 126-127-128

1. a) negativo; b) A $\beta$ , mecánicas; c) convencional; d) rango terapéutico / acomodación; e) subir la intensidad; f) intensidad / frecuencia; g) estimulación eléctrica percutánea (PENS) o estimulación eléctrica intramuscular.
2. a) F; b) V; c) V; d) F; e) V; f) F; g) V; h) F; i) F.
3. a) no; b) periféricos / activación antidrómica; c) por trenes de impulsos; d) menor; e) variar; f) si; g) dolor evocado.
4. crónico, neuropático o inflamatorio; de baja frecuencia; Tens o bifásicas simétricas; antiinflamatorios.

5. b).
6. nervio, o grupo de neuronas o sistema nervioso; anterógrada; retrógrada.
- 7) d).
- 8) Frecuencias bajas con intensidades altas y duración de fase altas (contracción muscular); Frecuencias altas, intensidad baja y duración de fase baja (nivel sensitivo).
- 9) Ashi.
- 10) Verdadero; Falso; Falso.

### **Ejercicios**

1.
  - a) De caucho, debido que la corriente presenta efectos polares porque es una corriente monofásica.
  - b) Adaptado a la zona a tratar, medianos (6x8) en este caso.
  - c) Uno en el paravertebral derecho a la altura de L1-L2 (punto de dolor) y el otro en el paravertebral izquierdo a la misma altura (colocado en una zona cercana).
  - d) Negativo sobre la zona de dolor y el positivo en la zona adyacente.
  - e) Como es un dolor de origen crónico se programará una corriente CP seguida de una corriente LP. Se buscan los efectos analgésicos de la corriente CP y el efecto sedante final de la corriente LP.
  - f) Corriente CP alternancia de nivel sensitivo a motor, corriente LP progresión de nivel sensitivo a motor.
  - g) Cada tipo de corriente se programa 5 min, cuando el paciente nota un cambio de sensación se apaga ese tipo de corriente y se programa de la misma manera la siguiente. Como el protocolo de tratamiento incluye dos tipos de corrientes diadinámicas nos aseguramos de que no vamos a exceder los 10 minutos de tratamiento global tal y como se pauta en la aplicación de las corrientes diadinámicas.
2.
  - a) De caucho, debido que la corriente presenta efectos polares porque es una corriente monofásica.
  - b) Grandes, de 8x12 cm porque estamos trabajando con la posición IV de Träbert.
  - c) Electrodo proximal en zona lumbar de forma longitudinal y asegurándonos estar a la altura de L1-L2, electrodo distal en zona sacra de forma transversal para abarcar la zona de la cola de caballo.
  - d) Longitudinal, como se ha indicado en la pregunta anterior, el electrodo craneal se coloca longitudinalmente y el caudal transversalmente.
  - e) Negativo proximal, positivo distal. El protocolo descrito por Träbert sitúa el electrodo positivo proximal y el negativo distal, pero al tratarse de una lumbalgia alta la polaridad es la que se ha descrito.



- f) Nivel motor fuerte, justo bajo el umbral de dolor, que permita producir fatiga muscular.
- g) 20-30 minutos.

3.

- a) TENS por trenes de impulso, puesto que vamos a tratar un dolor de origen crónico.
- b) Adhesivos o de caucho, es indiferente porque no hay efectos polares.
- c) Pequeños, de 5x5, adaptados a la zona a estimular.
- d) Sobre el paravertebral derecho, a la altura de L1-L2 y longitudinalmente al músculo de forma que se pueda provocar la contracción muscular al activar los puntos motores.
- e) Indiferente ya que buscamos la contracción muscular. Se podría colocar el negativo sobre la zona de dolor.
- f) 200µs ya que a esa duración de fase obtenemos la activación de las fibras Aα con la menor intensidad posible y con la menor duración de fase posible. NOTA se puede consultar la página 102 y la figura de la página 103 para entender esta explicación.
- g) Frecuencia de la onda 100Hz, frecuencia del tren 2Hz (1, 3-5 si no hay resultados a 2Hz).
- h) Nivel motor, contracciones aisladas visibles.
- i) La aplicación finalizará cuando se consiga la liberación de los opioides endógenos, normalmente entre 20 y 40 minutos. Si a los 60 minutos no se ha conseguido esta liberación, se finalizará el tratamiento, ya que más tiempo de aplicación puede fatigar a las fibras musculares.
- j) El efecto será retardado, los efectos aparecerán cuando se produzca la liberación de los opioides endógenos.
- k) Más prolongados que con el TENS convencional.

## **TEMA 3.2. ANALGESIA CON CORRIENTES DE MEDIA FRECUENCIA**

### **ÍNDICE**

COMPETENCIAS .....	139
TEORÍA .....	140
PRÁCTICA .....	155
EJERCICIOS .....	156
SOLUCIONES .....	157

### **COMPETENCIAS**

- Conocer el fundamento y las bases teóricas de la analgesia con técnicas de electroterapia de media frecuencia.
- Conocer el mecanismo de actuación de las corrientes de media frecuencia para producir analgesia.
- Conocer las ventajas y diferencias para producir analgesia con corrientes de baja y de media frecuencia.
- Saber realizar un protocolo de electroterapia de media frecuencia para producir analgesia.
- Tener criterio para poder diseñar un plan de tratamiento de analgesia con corrientes de media frecuencia para un paciente en las distintas fases de evolución de su patología y según su casuística particular.

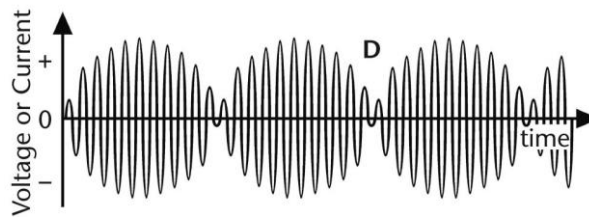
## TEORÍA

### 1. Introducción y conceptos

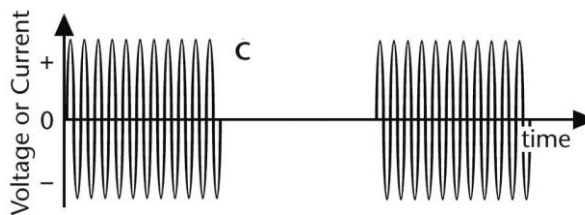
Como ya comentamos en el tema 1, las corrientes de media frecuencia son aquellas cuya frecuencia oscila entre 1.000 y 500.000 Hz. A pesar de abarcar un rango tan amplio de frecuencias, en electroterapia habitualmente se emplean corrientes de 1.000 a 10.000 Hz.

En electroterapia se emplean **dos tipos de corrientes de media frecuencia:**

1. Corrientes de media frecuencia, alternas, por trenes de impulsos, sinusoidales, moduladas en amplitud (también llamadas corrientes interferenciales).



2. Corrientes de media frecuencia, alternas, por trenes de impulsos, sinusoidales (también llamadas corrientes rusas).



Únicamente se emplearán las corrientes interferenciales para obtener un efecto analgésico, es por ello que en este tema vamos a estudiar los fundamentos y características de este tipo de corrientes de media frecuencia. En el tema 4 estudiaremos los fundamentos y características de las corrientes rusas.

### Cuestiones

1. Si queremos producir analgesia en un paciente con corrientes de media frecuencia deberemos emplear corrientes:
  - a. Interferenciales.
  - b. Rusas.
  - c. Todas las opciones son correctas.

## 2. Bases y principios físicos

### 2.1. Fundamento

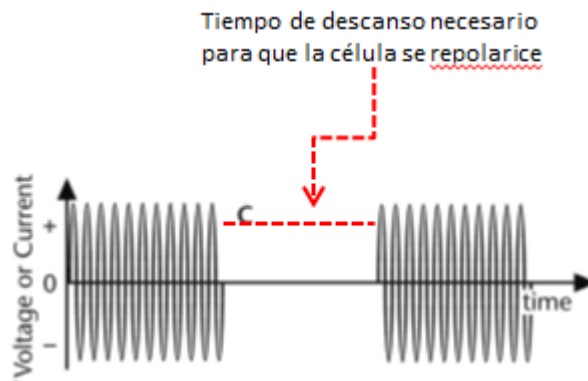
Como ya sabéis, nuestro objetivo al hacer tratamientos con corrientes de baja y de media frecuencia será desencadenar un potencial de acción en una fibra nerviosa (o muscular en alguna situación particular). Con las corrientes de baja frecuencia esto es posible programando cualquier tipo de corriente de las que hemos estudiado. Sin embargo, con las corrientes de media frecuencia no sería posible. Los ciclos en las corrientes de media frecuencia se repiten más veces por segundo (tenemos una onda que se repetirá como mínimo 1000 veces en un segundo). Los estímulos son tan repetidos que están enviando continuamente una señal a la neurona para desencadenar un potencial de acción. Inicialmente la neurona responde provocando un potencial de acción, pero al poco tiempo no tiene capacidad de generar más potenciales de acción ya que no le damos tiempo a que se repolarice (recordad, cuando se repolariza la célula recupera de nuevo su potencial de membrana en reposo –estado basal de la célula–).

Es por ello por lo que cuando empleamos corrientes de media frecuencia hay que interrumpir la corriente después de cada despolarización del axón. Esto puede conseguirse de dos formas:

1. Modulando la amplitud. Es lo que hacen las corrientes de media frecuencia, alternas, por trenes de impulsos, sinusoidales, moduladas en amplitud (o corrientes interferenciales).



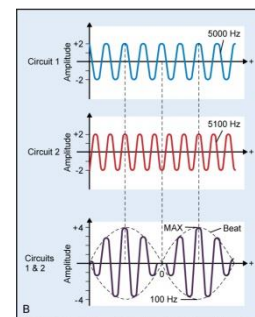
2. Dejando un tiempo de descanso entre estímulo y estímulo. Es lo que hacen las corrientes de media frecuencia, alternas, por trenes de impulsos, sinusoidales (o corrientes Rusas).



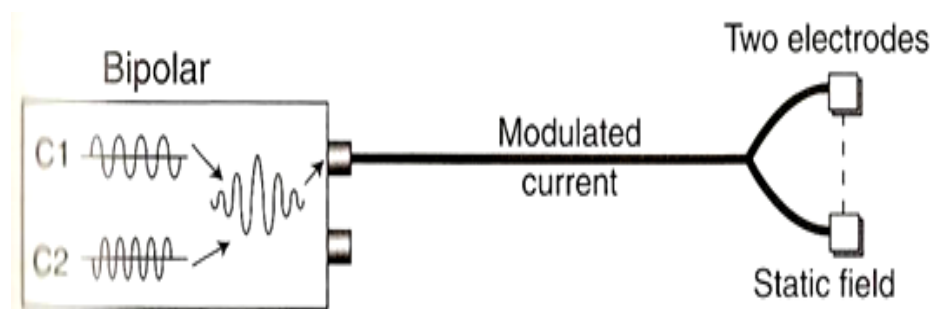
## 2.2. Tipos de corrientes interferenciales

Para poder obtener una corriente de media frecuencia, alterna, por trenes de impulsos, sinusoidal, modulada en amplitud, necesitamos como mínimo dos corrientes de media frecuencia, alternas, sinusoidales, que se sumen entre sí. La interacción entre ambas corrientes generará la corriente interferencial deseada.

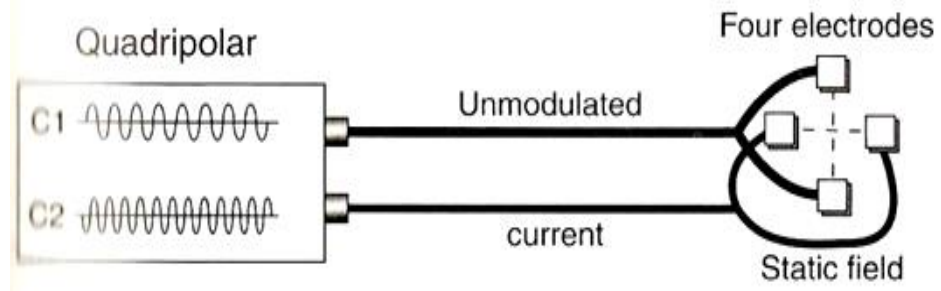
Teniendo en cuenta esto podemos diferenciar tres tipos de corrientes interferenciales:



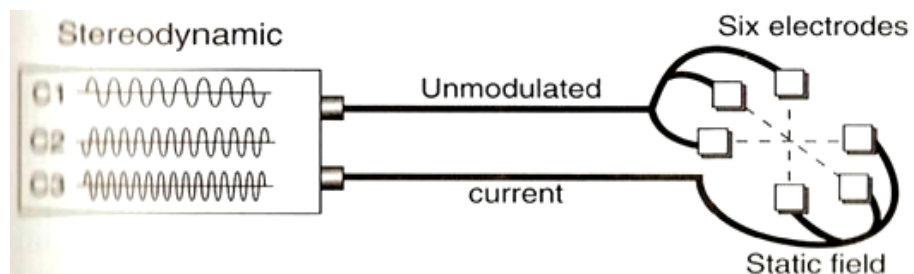
1. **Corrientes interferenciales premoduladas** o método de dos polos. En este caso se emplean dos corrientes sinusoidales que se superponen entre sí **dentro** del aparato de electroterapia con lo que del aparato sale ya una corriente modulada. Se requiere el empleo de un canal (dos electrodos) para su aplicación.



2. **Corrientes interferenciales verdaderas** o método de cuatro polos. En este caso se emplean dos corrientes sinusoidales que se superponen entre sí **fuera** del aparato de electroterapia, en el tejido a tratar. Se requiere para ello el empleo de dos canales (cuatro electrodos) para su aplicación. Los canales se colocarán cruzados entre sí, para que una corriente se genere entre los electrodos del primer canal y la otra corriente se genere entre los electrodos del segundo canal formando una X entre ambas corrientes y permitiendo de esta forma que las corrientes se superpongan en el tejido.



3. **Corrientes interferenciales estereodinámicas** o método de 6 polos. En este caso se emplean tres corrientes sinusoidales que se superponen entre sí **fuera** del aparato de electroterapia, en el tejido a tratar. Se requiere para ello el empleo de tres canales (seis electrodos) para su aplicación. El objetivo en este caso es conseguir un área de estimulación tridimensional. Para ello se emplean aparatos especiales de electroterapia.



### 2.3. Parámetros que definen las corrientes interferenciales

Como ya hemos dicho previamente, para poder obtener una corriente interferencial necesitamos como mínimo dos corrientes de media frecuencia, alternas, sinusoidales, que se sumen entre sí. Estas dos corrientes deben estar ligeramente desfasadas (entre 1 y 250 Hz).

La corriente resultante vendrá definida por los siguientes parámetros:

1. **Frecuencia portadora.** La frecuencia portadora es la media de la frecuencia de las dos corrientes de media frecuencia iniciales. Por ejemplo:

Frecuencia de la corriente 1 = 4000 Hz

Frecuencia de la corriente 2 = 4250 Hz

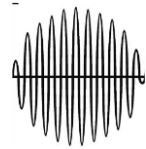
$$\text{Frecuencia portadora} = (4000 + 4250) / 2 = 4125 \text{ Hz}$$

Gráficamente, la frecuencia portadora indica el número de veces que se repite una senoide por segundo (independientemente de su amplitud).

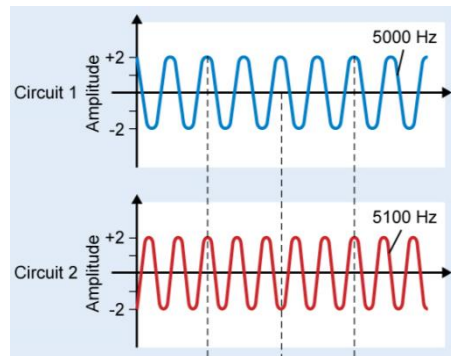
2. **Frecuencia modulada en amplitud (AMF)** por sus siglas en inglés). Es la diferencia de la frecuencia de las dos corrientes de media frecuencia iniciales. Siguiendo con el ejemplo anterior:

$$\text{AMF} = 4250 - 4000 = 250 \text{ Hz}$$

Gráficamente, la AMF indica el número de veces que se repite un tren de impulsos por segundo. Su valor estará comprendido entre 1 y 250 Hz (¡¡¡IMPORTANTE!!! de esta forma el tren de impulsos está simulando ser una corriente de baja frecuencia).

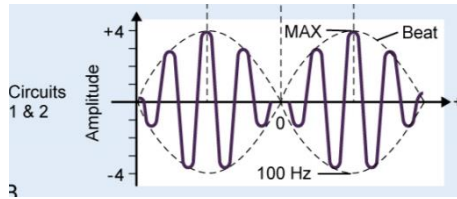


3. **Profundidad de la modulación.** Es el porcentaje de solapamiento que existe entre las dos corrientes alternas de media frecuencia iniciales. A pesar de que hemos dicho que vamos a producir dos corrientes de media frecuencia:



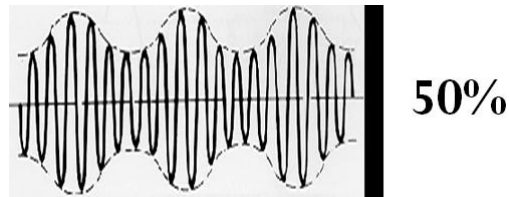
Que se van a sumar para obtener la corriente resultante final:



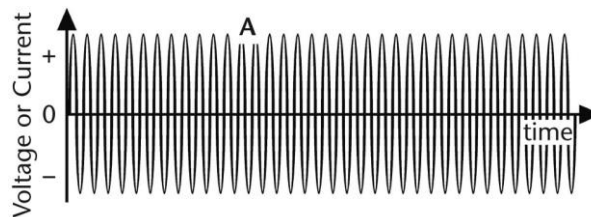


No siempre lograremos que la superposición de las corrientes sea del 100% (= 100% de profundidad de modulación). La profundidad de modulación oscilará entre 0 y 100%.

Por ejemplo en la siguiente figura la profundidad de modulación es del 50%:

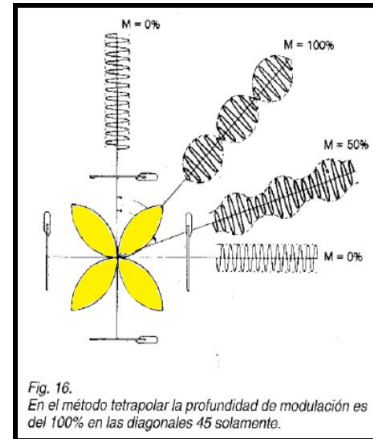


Y en la siguiente figura la profundidad de modulación es de 0% (no hay solapamiento entre las corrientes):



Es necesario alcanzar una profundidad de la modulación del 100%, para poder interrumpir la corriente y producir con ello una corriente de media frecuencia, que consiga producir potenciales de acción en la neurona (que permita la repolarización de la neurona tras cada estímulo). Esto quiere decir que únicamente las corrientes con una profundidad de modulación del 100% serán efectivas para el tratamiento.

En las corrientes interferenciales premoduladas (método de 2 polos) la profundidad de modulación será siempre del 100%. Sin embargo, en las corrientes interferenciales verdaderas (método de 4 polos) y en las interferenciales estereodinámicas (método de 6 polos) la profundidad de modulación variará de 0 a 100% según la zona del cuerpo. En las corrientes interferenciales verdaderas, si la



intensidad de las dos corrientes iniciales es la misma, en la zona en la que las corrientes forman un ángulo de 45°, la profundidad de modulación será del 100%. Para ángulos superiores e inferiores a 45° (y hasta los 90° y 0°), la profundidad irá disminuyendo hasta ser de 0 a los 90° y 0°. De esta forma, **teóricamente**, el área de estimulación efectiva será aquella en forma de X que se encuentra situada en esos 45° (ver zona coloreada en amarillo en la figura). Sin embargo, como decimos, esto es en teoría, ya que hay que tener en cuenta otros factores como la impedancia de los tejidos y la orientación de las fibras nerviosas. En la práctica buscaremos la zona donde el paciente note el paso de corriente.

#### IDEAS CLAVE DE LA PROFUNDIDAD DE MODULACIÓN

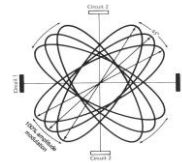
- Es el porcentaje de solapamiento entre las corrientes de media frecuencia iniciales.
- Varía del 0 al 100%.
- Es necesario una profundidad de modulación del 100% para conseguir producir potenciales de acción efectivos en las neuronas a estimular.
- Este parámetro no podemos regularlo. Será del 100% en las corrientes interferenciales premoduladas y oscilará entre el 0-100% en las corrientes interferenciales verdaderas y en las interferenciales estereodinámicas.
- En las corrientes interferenciales verdaderas teóricamente el área eficaz de aplicación será aquella donde se forme un ángulo de 45° entre las corrientes iniciales.

4. **Vector.** Con las corrientes interferenciales verdaderas podemos emplear el vector. El vector es un método donde se varía la amplitud (intensidad) de las corrientes iniciales de forma que se pueda variar el área eficaz de aplicación

de la corriente (se cambia la zona donde la profundidad de modulación es del 100%).

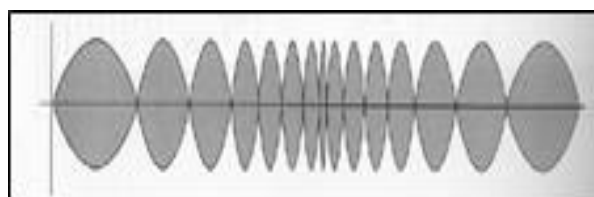
De esta forma se pueden emplear las corrientes interferenciales de 3 formas distintas:

- **Sin vector.**
- Con **vector manual.** Permite hacer coincidir la zona de mayor eficacia de aplicación de la corriente (100% de profundidad de modulación) con la zona a tratar. Se emplea cuando queremos tratar un punto concreto de dolor.
- Con **vector automático.** Aumenta el área de estimulación efectiva ya que se produce una variación automática de la amplitud de las corrientes iniciales de forma que la profundidad de modulación sea del 100% en las distintas zonas de forma cíclica. Permite realizar tratamientos más globales. Se recomienda que el tiempo de barrido sea 1 segundo como máximo y aumentar los tiempos de tratamiento respecto al tratamiento sin vector.



5. **Espectro de frecuencia.** Es habitual que en las corrientes de media frecuencia se produzca acomodación rápidamente. Para evitar la acomodación podemos emplear principalmente dos métodos:

- Subir la intensidad cada vez que el paciente se acomoda. Esto lo hacemos siempre, también en las corrientes de baja frecuencia.
- Programar un espectro de frecuencia. Recordad que en el TENS convencional (tema 3.1.) ya dijimos que podíamos programar un espectro de frecuencia. Un espectro de frecuencia produce la modulación de la frecuencia de la onda (podéis recordar el concepto de modulación de la frecuencia en el tema 1). La frecuencia cambia de forma periódica siguiendo un patrón definido por el tipo del espectro (concepto que veremos en esta sección). Es por ello que para programar un espectro de frecuencias siempre definiremos dos valores de frecuencia que irá alternando según el tipo de espectro que hayamos programado.



Con el TENS convencional se programa un espectro de frecuencia variando la frecuencia de la onda bifásica rectangular. Sin embargo, en las corrientes interferenciales, como ya hemos dicho, tenemos dos tipos de frecuencia:

- Frecuencia portadora.
- AMF.

La frecuencia que vamos a modular en las frecuencias interferenciales es la AMF.

**IMPORTANTE**

En el aparato nosotros indicaremos:

**Frecuencia 1:** será la frecuencia más baja que queramos programar.

**Espectro:** será la **diferencia** entre la frecuencia 2 y la frecuencia 1 →

**Frecuencia 2** = Frecuencia 1 + Espectro

En general:

- Si los valores de AMF son pequeños (menos de 10 Hz) la acomodación será menor.
- Si empleamos espectros de frecuencias amplios (mayores de 50 Hz) la acomodación será menor.

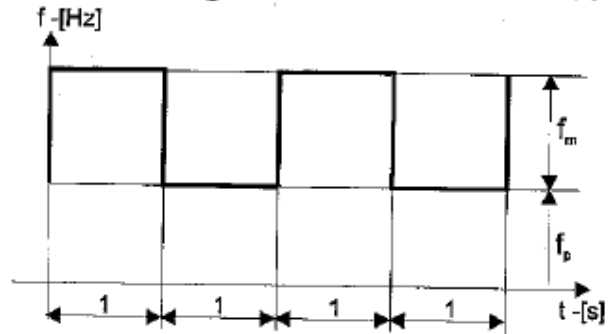
Ya sabemos entonces que en media frecuencia es el valor de AMF el que irá variando a lo largo del tiempo (AMF1 o AMF2). Lo siguiente que falta por decidir es cómo se va a producir el cambio en la frecuencia a lo largo del tiempo. Esto quiere decir que tenemos que definir el patrón de variación de la frecuencia según los distintos **tipos de espectros de frecuencia** que existen:

NOTA: Generalmente en las gráficas representamos I/t. En las gráficas que aparecen a continuación (salvo que se indique lo contrario) lo que estamos representando es la frecuencia versus el tiempo.

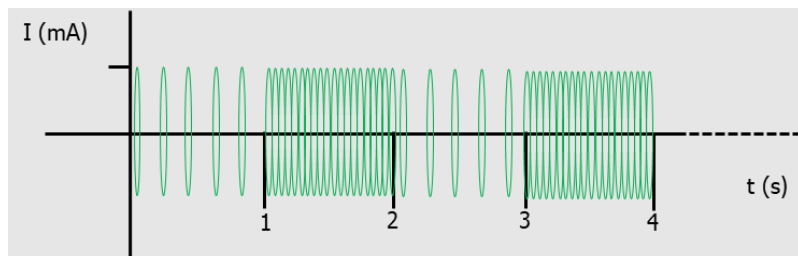
- **Espectro 1/1:**

En este espectro la AMF varía de un valor al siguiente cada segundo. El cambio de una AMF al siguiente es repentino. Por ejemplo, si AMF1=5 Hz y espectro=15 Hz, la corriente pasará durante 1 segundo con una AMF=5 Hz y durante el siguiente segundo con una AMF=20 Hz. Esto se repetirá durante todo el tratamiento.

### 12.11.1 Programa de modulación 1/1



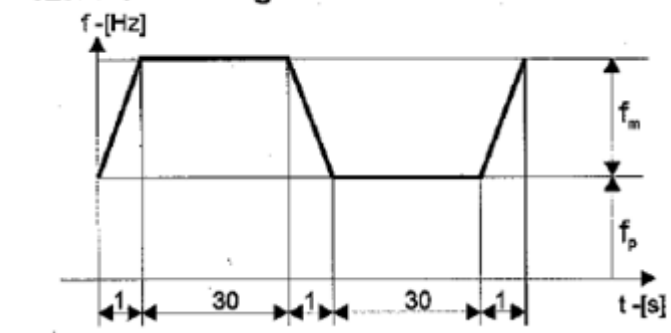
Si quisiéramos representar gráficamente este ejemplo en una gráfica I/t tendríamos la siguiente figura (el ejemplo está hecho para una corriente bifásica sinusoidal):



- **Espectro 1/30/1/30:**

En este espectro la AMF varía de un valor al siguiente cada 30 segundos. El cambio de una AMF al siguiente es gradual, durante 1 segundo. Por ejemplo, si  $AMF_1 = 20$  Hz y  $espectro = 5$  Hz, la corriente pasará durante 30 segundos con una  $AMF = 20$  Hz, a continuación, durante 1 segundo la AMF variará progresivamente de 20 a 25 Hz, posteriormente estará durante 30 segundos con una  $AMF = 25$  Hz, y finalmente variará progresivamente de 25 a 20 Hz durante 1 segundo. Esto se repetirá durante todo el tratamiento.

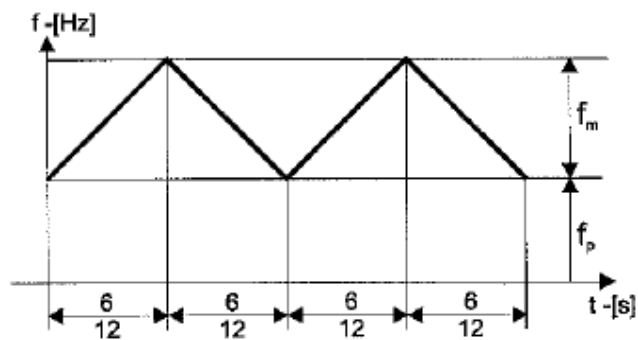
### 12.11.3 Programa de modulación 1/30



▪ **Espectro 6/6 o 12/12:**

En este espectro la AMF varía de un valor al siguiente de forma gradual cada 6 (o 12) segundos. Por ejemplo, si  $AMF_1=20$  Hz y espectro=5 Hz, la AMF variará progresivamente de 20 a 25 Hz durante 6 (o 12) segundos y a continuación variará progresivamente de 25 a 20 Hz durante 6 (o 12) segundos. Esto se repetirá durante todo el tratamiento.

**12.11.2 Programa de modulación 6/6 o 12/12**



**RESUMIENDO**

Frecuencia portadora =  $(F_1 + F_2) / 2$  → gráficamente: senoide

AMF =  $F_2 - F_1$  → gráficamente: tren de impulsos

Los métodos principales de aplicación de esta corriente son:

- Corriente interferencial premodulada (dos polos):
  - Se emplean 2 polos (1 canal).
  - Las dos corrientes de media frecuencia se superponen dentro del aparato. La señal que sale dentro del aparato está modulada.
  - La profundidad de la modulación es siempre del 100%.
  - Los electrodos se colocan enfrentados.
  
- Corriente interferencial verdadera (cuatro polos):
  - Se emplean 4 polos (2 canales).
  - Se generan 2 corrientes de media frecuencia alternas no moduladas en circuitos separados. Las corrientes se superponen en el tejido.
  - La profundidad de la modulación depende de la dirección de las corrientes: 0 – 100%.

- Si el ángulo entre ambas corrientes es de  $90^\circ$  y la intensidad de ambas corrientes es igual, la profundidad de la modulación es máxima (100%) a los  $45^\circ$  teóricamente.
- Se puede emplear con vector manual o automático.
- Los electrodos se colocan cruzados dos a dos.

En ambos casos pueden programarse espectros de frecuencia (se modula la AMF) para retrasar que aparezca el fenómeno de acomodación.

#### 2.4. Relación con las corrientes de baja frecuencia

Las corrientes de media frecuencia moduladas en amplitud:

- Mantienen los efectos de la baja frecuencia.
- No tienen efectos polares.
- La piel presenta menor resistencia al paso de corriente: a más frecuencia, menor resistencia con lo que:
  - Son menos molestas.
  - Se toleran intensidades mayores durante el tratamiento.
- Sus efectos son más profundos que los de las corrientes de baja frecuencia.

#### Cuestiones

1. Indica si las siguientes afirmaciones sobre las corrientes de media frecuencia son verdaderas (V) o falsas (F):
  - a) En las corrientes de media frecuencia es necesario programar tiempos de descanso entre estímulos para poder generar potenciales de acción efectivos en las fibras nerviosas. \_\_\_\_
  - b) En las corrientes premoduladas las dos corrientes se superponen entre sí fuera del aparato. \_\_\_\_
  - c) En las corrientes interferenciales los canales deben colocarse cruzados. \_\_\_\_
  - d) En las corrientes estereodinámicas se busca una estimulación tridimensional. \_\_\_\_
  - e) Para poder producir una corriente de media frecuencia modulada en amplitud es necesario que las dos corrientes iniciales estén en fase. \_\_\_\_
  - f) La profundidad de modulación será siempre del 100% en las corrientes premoduladas. \_\_\_\_
  - g) Cuando la profundidad de modulación de la corriente interferencial es del 50% la efectividad de la onda será también del 50%. \_\_\_\_
  - h) Con el vector manual aumentamos el área de tratamiento. \_\_\_\_
  - i) Con el vector automático podemos localizar la zona específica a tratar. \_\_\_\_
  - j) El barrido no debe tener una duración superior a 1 segundo. \_\_\_\_

- k) Cuando aplicamos un vector automático los tiempos de tratamiento serán mayores que si no aplicamos un vector. \_\_\_\_
- l) Para retrasar la acomodación podemos variar la frecuencia de forma cíclica durante el tratamiento. \_\_\_\_
- m) La acomodación será menor si empleamos espectros de frecuencias amplios. \_\_\_\_
- n) Las corrientes de media frecuencia no tienen efectos polares. \_\_\_\_
- o) Las corrientes de media frecuencia son más molestas que las corrientes de baja frecuencia. \_\_\_\_
- p) Los efectos de las corrientes de media frecuencia son más profundos que los de las corrientes de baja frecuencia. \_\_\_\_
2. Indica los valores que se piden a continuación si se combinan dos ondas de media frecuencia de 2450 y 2550 Hz.  
Frecuencia portadora:  
AMF:
3. Indica el valor de AMF1 y AMF2 si programamos en el aparato de electroterapia los siguientes parámetros:  
Frecuencia portadora: 4000 Hz  
AMF: 100 Hz  
Espectro: 40 Hz
4. Para la siguiente corriente de media frecuencia modulada en amplitud:  
AMF: 2 Hz  
Espectro: 3 Hz  
Tipo de espectro: 1/1  
Intensidad: 18 mA  
Dibuja:  
a. Una gráfica intensidad versus tiempo.  
b. Una gráfica frecuencia versus tiempo.
5. Para la siguiente corriente de baja frecuencia rectangular bifásica simétrica:  
Frecuencia: 2 Hz  
Espectro: 3 Hz  
Tipo de espectro: 1/1  
Intensidad: 18 mA  
Dibuja:



- a. Una gráfica intensidad versus tiempo.
  - b. Una gráfica frecuencia versus tiempo.
6. Haz una representación gráfica de frecuencia / tiempo, de los protocolos: 1/30/1/30 y 12/12, si queremos que la frecuencia varíe de 50 Hz a 60 Hz.

### 3. Metodología de aplicación

En la siguiente tabla se muestra de forma general los parámetros a programar según el estadio en el que se encuentre la patología:

Parámetro	Agudo	Subagudo	Crónico
Frecuencia portadora	4000 Hz	4000 Hz	4000 Hz
AMF	Valores altos 100 – 160 Hz	Valores medios 80 – 100 Hz	Valores bajos 50 – 60 Hz
Espectro	Valores altos 50 – 60 Hz	Valores medios 20 – 50 Hz	Valores bajos 10 – 20 Hz
Tipo de espectro	1/30/1/30, 6/6, 12/12	1/30/1/30	1/1
Intensidad	Nivel sensitivo bajo	Nivel sensitivo medio	Nivel sensitivo alto
Duración del tratamiento	Corta: 5 – 15 minutos	Media: 15 – 20 minutos	Larga: 20 – 30 minutos
Tipo de electrodos	Adhesivos o de caucho	Adhesivos o de caucho	Adhesivos o de caucho
Polaridad electrodos	Indiferente	Indiferente	Indiferente

*Frecuencia portadora:* se emplean valores altos de frecuencia portadora ya que cuanto mayor es la frecuencia menor será la resistencia al paso de corriente y el paciente tolerará mejor la corriente. Si la corriente resultara molesta se subiría la frecuencia a 6000 Hz por este motivo.

*Tipo de espectro:* en patologías agudas se emplean espectros donde el cambio de frecuencia es gradual para que no resulte molesto al paciente. En patologías crónicas sin embargo interesan espectros donde el cambio se produzca de forma repentina para estimular la zona.

*Intensidad:* según evoluciona la patología el paciente tolerará mejor subir los niveles de intensidad.

*Duración del tratamiento:* si se emplea un barrido habrá que aumentar el tiempo de tratamiento 10 minutos.

*Electrodos:* como no hay efectos polares se pueden emplear todo tipo de electrodos y la polaridad será indiferente. Sí que es importante colocar los canales cruzados si la corriente es interferencial verdadera.

Además:

- Si se quiere estimular de forma específica a las fibras mecánicas  $A\beta$  para activar el mecanismo del Gate Control se programarán valores de AMF comprendidos entre 90 y 130 Hz y se trabajará a nivel sensitivo.
- Si se quiere estimular la liberación de opioides endógenos se programarán valores de AMF comprendidos entre 2 y 5 Hz y se trabajará a nivel motor.
- También se pueden hacer baños de contraste igual que si se hicieran en agua siguiendo el siguiente protocolo: AMF = 1 Hz, Espectro = 99 Hz, Intensidad: nivel sensitivo alto tolerado por el paciente, Forma del espectro = 1/30/1/30 y tiempo de tratamiento = 10 – 15 minutos.
- Es frecuente hacer tratamientos de media frecuencia con ventosas. Para ello se programarán los siguientes parámetros:
  - o Presión de vacío: 20-30 (en personas delgadas más).
  - o Rango de vacío: 5-10 (normalmente 5).
  - o Tiempo de mantenimiento: 1-1,5 s.

#### 4. Estado de la evidencia

En términos generales, la evidencia disponible apoya el uso de las **corrientes interferenciales** en el manejo del dolor, si bien la calidad metodológica de los estudios es baja. Tanto las IF como el TENS mejoran el dolor crónico y mejoran la función (1,2). Podrían ser especialmente beneficiosas en pacientes de fibromialgia, aunque es necesaria más investigación (3), en síndrome del túnel del carpo son más eficaces que el reposo (4) y en artrosis de rodilla parece ser la intervención en electroterapia con más eficacia (5,6), aunque no esta afirmación no está exenta de controversia (7). Las corrientes IF son más eficaces en combinación con otros tratamientos como ejercicio o terapia manual que por sí solas (6,8).

1. Samuel SR, Maiya GA. Application of low frequency and medium frequency currents in the management of acute and chronic pain-A narrative review. Indian J Palliat Care. 2015;21(1):116.
2. Almeida CC de, Silva VZM da, Júnior GC, Liebano RE, Durigan JLQ. Transcutaneous electrical nerve stimulation and interferential current demonstrate similar effects in relieving acute and chronic pain: a systematic review with meta-analysis. Braz J Phys Ther. 2018;22(5):347-54.
3. Silva MT da, Araújo FM, Araújo MF, DeSantana JM, Silva MT da, Araújo FM, et al. Effect of interferential current in patients with fibromyalgia: a systematic review. Fisioter E Pesqui. 2018;25(1):107-14.

4. Huisstede BM, Hoogvliet P, Franke TP, Randsdorp MS, Koes BW. Carpal Tunnel Syndrome: Effectiveness of Physical Therapy and Electrophysical Modalities. An Updated Systematic Review of Randomized Controlled Trials. Arch Phys Med Rehabil. 2018;99(8):1623-1634.e23.
5. Zeng C, Li H, Yang T, Deng Z -h, Yang Y, Zhang Y, et al. Electrical stimulation for pain relief in knee osteoarthritis: systematic review and network meta-analysis. Osteoarthritis Cartilage. 2015;23(2):189-202.
6. Ferreira RM, Torres RT, Duarte JA, Gonçalves RS. Non-pharmacological and non-surgical interventions for knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. Acta Reumatol Port. 2019; 44:173-217.
7. Davis AM, MacKay C. Osteoarthritis year in review: outcome of rehabilitation. Osteoarthritis Cartilage. 2013;21(10):1414-24.
8. Fuentes JP, Armijo Olivo S, Magee DJ, Gross DP. Effectiveness of Interferential Current Therapy in the Management of Musculoskeletal Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. Phys Ther. 2010;90(9):1219-38.

## **PRÁCTICA:**

### **Material necesario:**

- Aparato de electroterapia.
- 2 cables conectores.
- 4 electrodos adhesivos rectangulares.
- 4 electrodos de ventosa.
- 4 almohadillas para electrodos de ventosa.

1. Tratamiento de una lumbalgia de origen crónico con corrientes interferenciales.

El tratamiento se realiza en dos fases, en la primera fase se estimulan las fibras sensitivas y en la segunda las fibras motoras. Siempre se realiza primero la estimulación sensitiva y después la estimulación motora.

NOTA: Este protocolo podría realizarse también en la zona dorsal y en la zona cervical.

### *Estimulación sensitiva:*

Colocación del paciente:	decúbito prono.
Tipo de electrodos:	electrodos adhesivos rectangulares.
Método de aplicación:	cuatro polos con barrido automático.
Colocación de los electrodos:	cruzados, a ambos lados de las espinosas en la zona lumbar.
Forma de la onda:	interferencial.
Frecuencia portadora:	4000 Hz.
AMF:	50 Hz.
Espectro de frecuencia:	10 Hz.
Forma del espectro:	1/1.
Intensidad:	nivel sensitivo.
Tiempo de tratamiento:	25 minutos.

### *Estimulación motora:*

Colocación del paciente:	decúbito prono.
Tipo de electrodos:	electrodos adhesivos.
Método de aplicación:	cuatro polos con barrido automático.
Colocación de los electrodos:	cruzados, a ambos lados de las espinosas en la zona lumbar.
Forma de la onda:	interferencial.
Frecuencia portadora:	4000 Hz.
AMF:	5 Hz.
Espectro de frecuencia:	15 Hz.
Forma del espectro:	1/1.
Intensidad:	nivel motor.
Tiempo de tratamiento:	10 minutos.

## **EJERCICIOS**

**Ejercicio 1.** Planifica un tratamiento con corrientes de media frecuencia para tratar un dolor crónico de hombro a la altura de la corredera bicipital. Justifica la elección de los parámetros de tratamiento.

Colocación del paciente:  
Tipo de electrodos:  
Método de aplicación:  
Colocación de los electrodos:  
Forma de la onda:  
Frecuencia portadora:  
AMF:  
Espectro de frecuencia:  
Tipo de espectro:  
Intensidad:  
Tiempo de tratamiento:

**SOLUCIONES**

**Cuestiones**

**P. 140**

1. a.

**P. 151,152,153**

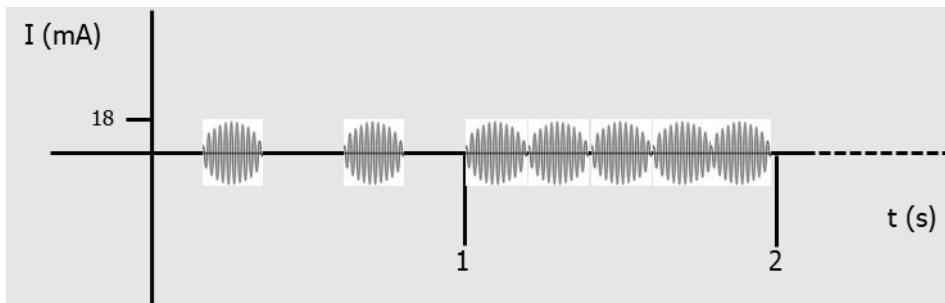
1. a) V; b) F; c) V; d) V; e) F; f) V; g) F; h) F; i) F; j) V; k) V; l) V; m) V; n) V; o) F; p) V.

2. Frecuencia portadora =  $(2450+2550) / 2 = 2500$  Hz; AMF =  $2550 - 2450 = 100$  Hz.

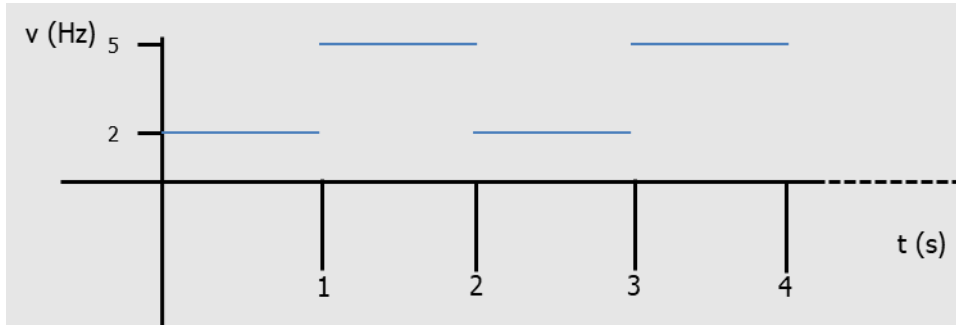
3. AMF1 = 100 Hz; AMF2 = 140 Hz.

4.

a)

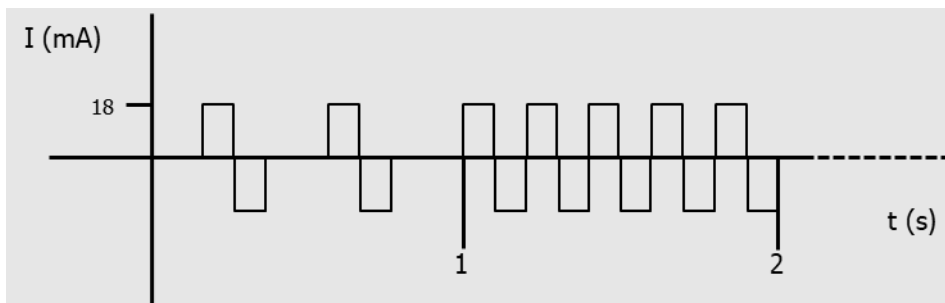


b)

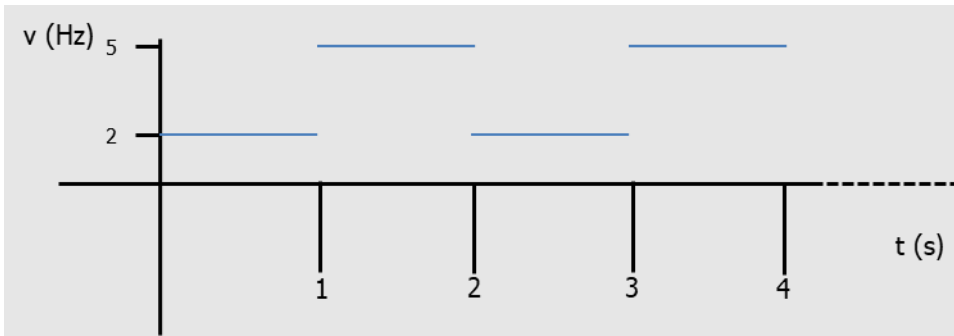


5.

a)

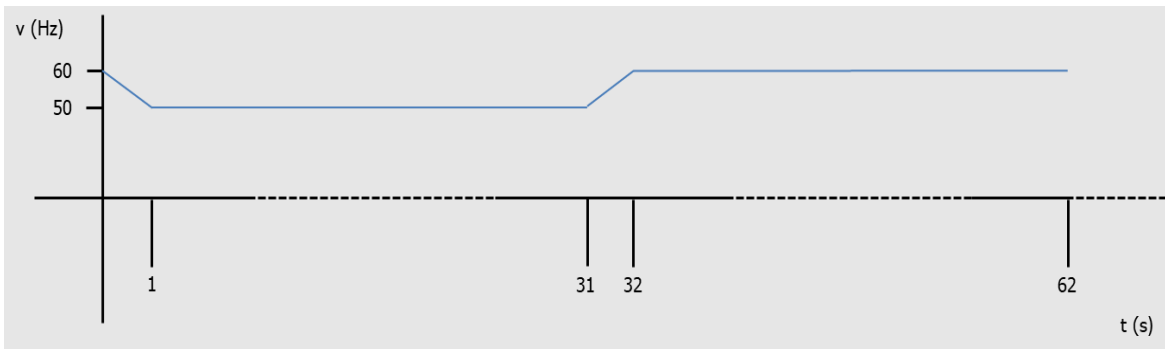


b)

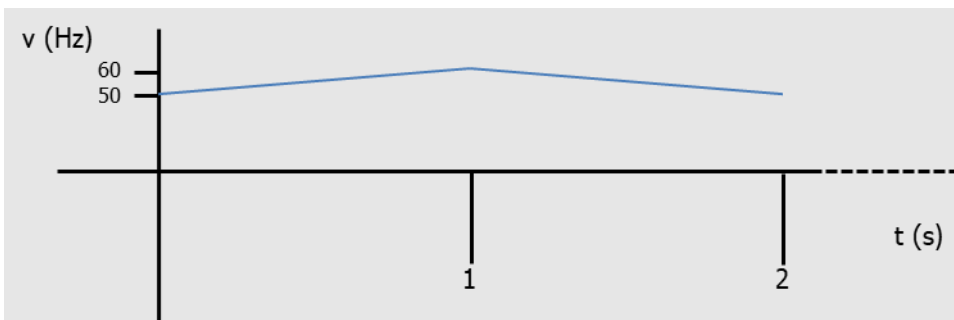


6.

1/30/1/30



12/12



### Ejercicios

1.

Colocación del paciente: sedestación con el brazo relajado y en ligera rotación externa de hombro. Esta colocación permite acceder a la zona de la corredera bicipital.

Tipo de electrodos: adhesivos cuadrados. Es indiferente si se emplean adhesivos o de caucho porque la corriente no tiene efectos polares. Se emplean los cuadrados porque sus dimensiones (5x5 cm) permiten abarcar bien la zona de tratamiento.

Método de aplicación: interferencial verdadera o método de 4 polos. Podría emplearse también la interferencial premodulada o método de 2 polos.

Colocación de los electrodos: 4 electrodos paralelos dos a dos a ambos lados de la corredera bicipital, los canales irían cruzados entre sí. 1) Se colocan dos canales porque la corriente es interferencial verdadera, cada canal generará una corriente de media frecuencia que se

cruzará en el cuerpo del paciente donde se producirá la corriente interferencial resultante; 2) Los canales se colocan cruzados para que las dos corrientes puedan solaparse entre sí en el cuerpo del paciente; 3) Se colocan a ambos lados de la corredera bicipital porque de esta forma el ángulo de 45° donde teóricamente la corriente tiene una profundidad de modulación del 100° (y por tanto la corriente es efectiva) coincide con la zona de la corredera bicipital. Si la aplicación fuera con el método premodulado los electrodos se colocarían sobre la corredera bicipital de forma longitudinal. Como la corriente sale del aparato ya modulada en intensidad, el efecto es directo sobre los tejidos situados entre ambos electrodos, en este caso el tendón. La polaridad de los electrodos sería indiferente ya que la corriente es alterna (hay cambio de polaridad de los electrodos periódicamente y de forma compensada).

Forma de la onda: alterna, por trenes de impulsos, sinusoidal, modulada en amplitud. Estas son las características de las corrientes interferenciales.

Frecuencia portadora: 4000 Hz porque es la frecuencia que se emplea cuando se persigue la analgesia. Si la corriente le resultara molesta al paciente se podría subir la frecuencia a 6000 Hz.

AMF: 50 Hz. Para valores crónicos está descrita la programación de valores bajos de AMF, entre 50 y 60 Hz. De forma alternativa se podrían programar valores de AMF comprendidos entre 2 y 5 Hz (y nivel motor de intensidad) con el fin de estimular la liberación de opioides endógenos.

Espectro de frecuencia: 10 Hz. Lo programaríamos para retrasar la aparición de acomodación en el paciente. Para dolores de origen crónico está descrita la programación de espectros pequeños, entre 10 y 20 Hz.

Tipo de espectro: 1/1. Los espectros tipo 1/1 saltan de frecuencia de forma "brusca", no gradual como es el caso del resto tipos de espectros. Cuando tratamos una sensación dolorosa de origen crónico buscamos algo que "estimule" al tejido como ocurre con este tipo de espectro, no algo que lo relaje.

Intensidad: Nivel sensitivo alto. Perseguimos un estímulo fuerte por el mismo motivo que cuando programamos el tipo de espectro.

Tiempo de tratamiento: 30 minutos. Para patologías de origen crónico se programan tiempos de estimulación mayores.

NOTA: Podríamos emplear el vector manual para localizar un punto de dolor más focalizado o programar un barrido automático si el dolor fuera difuso. En este último caso el tratamiento tendría que tener una duración mayor, se recomienda 10 minutos más.

# **TEMA 4. ELECTROESTIMULACIÓN NEUROMUSCULAR CON CORRIENTES DE BAJA Y MEDIA FRECUENCIA**



## **TEMA 4. ELECTROESTIMULACIÓN NEUROMUSCULAR CON CORRIENTES DE BAJA Y MEDIA FRECUENCIA**

### **ÍNDICE**

COMPETENCIAS .....	162
TEORÍA.....	163
• Fundamentos .....	163
• Electroestimulación neuromuscular vs contracción voluntaria de la musculatura .....	164
• Generalidades .....	168
PARAMETROS DE TRATAMIENTO TRAS INMOVILIZACIÓN .....	177
ELONGACIÓN ELECTRICA NEUROMUSCULAR .....	184
TRATAMIENTO DEL EDEMA CON CORRIENTES ELECTRICAS.....	187
PRÁCTICA .....	192
EJERCICIOS .....	195
SOLUCIONES.....	196

## COMPETENCIAS

- Conocer el fundamento y las bases teóricas de la estimulación eléctrica neuromuscular (EENM).
- Diferenciar entre una aplicación de EENM y la técnica combinada (EENM junto con la contracción voluntaria del paciente).
- Conocer las fases de tratamiento en una sesión de EENM.
- Conocer las fases de tratamiento en la evolución de un tratamiento de electroterapia para el fortalecimiento muscular.
- Tener criterio para poder diseñar un plan de tratamiento de fortalecimiento muscular con corrientes de baja y media frecuencia para un paciente en las distintas fases de evolución de su patología y según su casuística particular.
- Conocer las precauciones que hay que tener al aplicar electroterapia en el fortalecimiento muscular.
- Aplicar un protocolo de electroterapia con el fin de realizar el estiramiento analítico de la musculatura.
- Tener criterio para poder diseñar un plan de tratamiento de un edema diferenciando su origen con corrientes de baja y media frecuencia para un paciente en las distintas fases de evolución de su patología y según su casuística particular.

## TEORÍA

### 1. Fundamentos

En la EENM el objetivo que buscamos es conseguir una contracción muscular. Para ello se va a producir un estímulo eléctrico que va a generar un potencial de acción en la motoneurona Aα que inerva al músculo que queremos contraer.

Las **indicaciones** de esta aplicación de la electroterapia entonces son aquellas donde nos interesará producir una contracción muscular:

- *Prevención de atrofia por inmovilidad.* En las situaciones donde se produce la inmovilización de un grupo muscular aparece atrofia a nivel neuromuscular. Recordad que para activar a un músculo es necesario que se active una primera motoneurona que va desde el encéfalo a médula espinal. Esta motoneurona activará a una segunda motoneurona que finalizará en el músculo. Si hay una inmovilización toda esa vía neuromuscular se verá afectada. Además, la falta de riego sanguíneo en la zona participará también en la atrofia de las estructuras. Con la EENM conseguimos evitar la atrofia a varios niveles:
  - Por un lado, a nivel muscular evitamos o retrasamos al máximo la aparición de atrofia y la pérdida de fuerza.
  - A nivel neural actuamos manteniendo en las mejores condiciones posibles la vía neural que activa la segunda motoneurona con el grupo muscular (vías neurales periféricas). Con electroterapia no vamos a actuar activando la vía neural que conecta la primera motoneurona con la segunda motoneurona, pero sí que podremos complementar el tratamiento indicando al paciente que imagine que contrae el grupo muscular en cuestión o incluso que haga una pequeña contracción muscular respetando el umbral de dolor. También podemos pedirle que haga el ejercicio con el lado contralateral porque de esta forma también se mantienen parcialmente activas las vías neurales que van a quedar con menor actividad a causa de la lesión.
  - Además, las contracciones musculares permitirán mantener el trofismo del tejido lesionado: permitirá que lleguen el oxígeno y los nutrientes al tejido y eliminar el dióxido de carbono y las sustancias de desecho.
- *Ganancia de hipertrofia muscular.* Con la EENM vamos a conseguir un aumento de masa muscular en situaciones donde se ha visto disminuida a causa de una lesión. También se emplea en el entrenamiento deportivo.
- *Reeducación funcional.* La reeducación funcional produce la estimulación de la musculatura de forma paralela a la realización de una actividad. El objetivo en este caso es restablecer una función perdida o deteriorada. Se emplea principalmente en

pacientes neurológicos pero lo ideal es que cualquier entrenamiento con electroterapia se realice también de forma funcional.

- *Reducción del edema por inmovilización.* Las contracciones musculares generadas con electroterapia permitirán producir un efecto de bombeo que facilite la movilización de los fluidos retenidos facilitando el flujo sanguíneo.
- *Relajación muscular.* El bombeo muscular permitirá la relajación de la zona por el efecto mecánico de la estimulación y por la mejora del trofismo en la zona.
- *Estiramiento muscular.* Con EENM también podremos provocar el estiramiento analítico de la musculatura.

### Cuestiones

1. Justifica, para las siguientes situaciones clínicas por qué estaría indicado emplear la EENM:
  - a. Paciente con atrofia del cuádriceps por lesión del ligamento cruzado anterior de rodilla.
  - b. Paciente con hemiplejía cuyo objetivo de tratamiento es reeducar la marcha.
  - c. Paciente operada de cadera que presenta edema en el tobillo de la pierna homolateral.
  - d. Paciente con fibromialgia.

### 2. Electroestimulación neuromuscular versus contracción voluntaria de la musculatura

Para poder entender las diferencias y similitudes al activar las fibras musculares de forma voluntaria (Contracción voluntaria = CV) o mediante EENM primero deberemos recordar los distintos tipos de fibras musculares que existen. Se describen 3 tipos de fibras musculares:

- Fibras tipo I, tónicas u oxidativas. Estas fibras se caracterizan porque su forma principal de obtención de ATP es mediante la respiración celular aeróbica. Esto hace que sean capaces de contraerse durante tiempos prolongados a baja carga.
- Fibras tipo IIa, intermedias u oxidativas-glicolíticas. Estas fibras se caracterizan por tener un sistema de obtención de ATP mixto mediante la respiración celular aeróbica y la anaeróbica. Poseen características intermedias entre las fibras tipo I y las fibras tipo IIb.
- Fibras tipo IIb, fásicas o glicolíticas. Estas fibras se caracterizan porque su forma principal de obtención de ATP es mediante la respiración celular anaeróbica. Esto hace que sean capaces de contraerse durante cortos periodos de tiempo a alta carga.

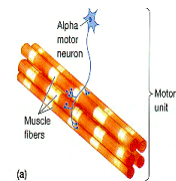
A continuación, se describen las distintas **similitudes y diferencias** entre la CV y la EENM:

- En ambos casos el objetivo es producir la contracción muscular mediante la activación de la motoneurona que inerva a la fibra muscular.

- En la CV, cuando se activa un músculo, las primeras fibras que se activan son las fibras tipo I. Si la contracción se mantiene en el tiempo se activarán posteriormente las fibras tipo IIa y las fibras tipo IIb. Si el movimiento es rápido (por ejemplo, si estamos subidos a un árbol y nos vamos a caer, contraeremos la musculatura rápidamente para agarrarnos a una rama), el orden de activación cambia y primero se activan las fibras tipo IIb que son las que tienen una mayor capacidad de contraerse rápidamente. Sin embargo, en la EENM las fibras que primero van a activarse serán aquellas que se encuentren bajo los electrodos, y esas fibras suelen ser las fibras musculares tipo II porque son las que se encuentran más superficialmente. Aun así, la selectividad de la EENM dependerá de la duración de los pulsos, localización topográfica de los electrodos y sobre todo de la frecuencia e intensidad. A este fenómeno se le conoce como **principio de especificidad**.



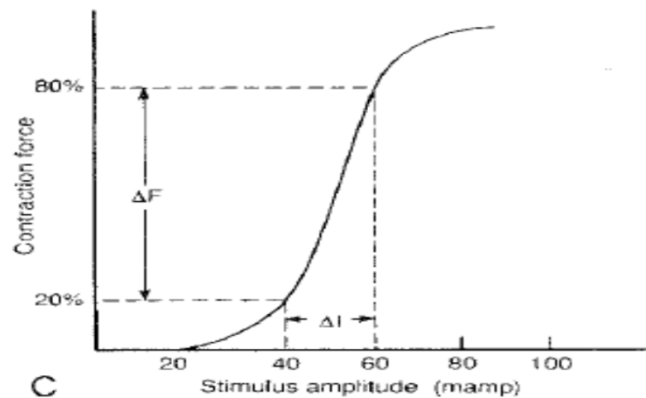
- Una unidad motora está formada por un conjunto de fibras musculares que son inervadas por una misma motoneurona. Cuando el SNC envía una señal de activación a una unidad motora, se activarán todas las fibras musculares de esa unidad motora. Cuando se produce una CV el reclutamiento de las unidades motoras es asincrónico, de esta forma el músculo va contrayendo su musculatura permitiendo que unas unidades motoras estén contraídas mientras otras se encuentran en reposo. De esta forma, al realizar una contracción muscular máxima, podremos llegar a activar un 70-90% de unidades motoras (los deportistas serán los que tendrán mayor capacidad de reclutar un mayor porcentaje de unidades motoras). Esto es una forma de retrasar la fatiga de la musculatura y conseguir, por tanto, contracciones musculares prolongadas en caso de ser necesario. La ganancia de fuerza será gradual. Sin embargo, cuando se realiza una EENM el reclutamiento de unidades motoras es sincrónico, se estimulan todas las unidades motoras (100%) que se sitúan bajo el electrodo y por tanto las contracciones no podrán ser tan mantenidas en el tiempo y la fatiga aparecerá antes. La ganancia de fuerza será brusca y no se obtendrán contracciones prolongadas en el tiempo. Es por esto que en el caso de hacer un entrenamiento con CV los tiempos de descanso que se programan son menores que al hacer un entrenamiento con EENM.



- Si queremos producir una sobrecarga al hacer un entrenamiento con CV únicamente podremos hacerlo mediante el empleo de pesas. Sin embargo, con EENM podremos

producir sobrecarga mediante el empleo de pesas y aumentando la intensidad de la corriente eléctrica.

No obstante, si queremos producir sobrecarga aumentando la intensidad debemos tener en cuenta que inicialmente cuando subimos la intensidad la ganancia en sobrecarga es muy pequeña, pero que cuando llegamos a un valor umbral (40 mA en la figura que se muestra a continuación) pequeños incrementos de intensidad



van a provocar grandes incrementos de fuerza. Esto será así hasta llegar a un valor límite (60 mA en la figura), donde por mucho que aumentemos la intensidad la ganancia de fuerza no será significativa (y además podremos lesionar al paciente por el exceso de estímulo). A este fenómeno se le conoce como **principio de sobrecarga**.

Con relación a la metodología (entrenamiento en gimnasio y/o con EENM) que **seleccionemos** para reeducar la musculatura tenemos que tener en cuenta los siguientes factores:

- Al realizar un entrenamiento muscular el resultado final respecto a la ganancia de fuerza va a ser igual si se emplea un método de CV o de EENM.
- Sin embargo, si se emplea la EENM se acelera en el tiempo la recuperación muscular:
  - La EENM puede aplicarse en fase de inmovilización para mantener el trofismo del tejido, activar las vías neurales periféricas y evitar o retrasar la atrofia muscular. Para activar las vías neurales centrales se recomienda en esta fase acompañar el ejercicio con CV dentro del nivel de tolerancia si es posible, o si no indicando al paciente que se imagine el ejercicio o que lo haga con el miembro contralateral.
  - La EENM va a permitir iniciar de forma precoz el reentrenamiento muscular cuando el paciente no puede hacer una CV efectiva. De esta forma conseguiremos mantener el trofismo muscular, activar las vías neurales periféricas y ganar hipertrofia y fuerza muscular.
  - En cuanto el paciente pueda se planificará el entrenamiento con EENM acompañado SIEMPRE de la CV de la musculatura. De esta forma conseguiremos una técnica global que permita integrar las adaptaciones neurales centrales dentro de la rutina de entrenamiento.

**Cuestiones**

1. Completa la siguiente tabla donde se comparan las características de la CV versus la EENM:

	<b>CV</b>	<b>EENM</b>
Orden de reclutamiento de las fibras musculares		
Reclutamiento de las unidades motoras		
Porcentaje máximo de activación de unidades motoras		
Ganancia de fuerza		
Aparición de fatiga		
Tiempos de descanso		
Forma de producir sobrecarga		

2. Selecciona la opción correcta para completar las siguientes frases:
- Al realizar un entrenamiento muscular los resultados respecto a la ganancia de fuerza serán \_\_\_\_\_ (mayores / iguales / menores) si hacemos una EENM que con un entrenamiento con CV.
  - Si realizamos un entrenamiento con EENM el tiempo de recuperación de la lesión será \_\_\_\_\_ (mayor / igual / menor) que si hacemos un entrenamiento con CV.
  - Únicamente podremos mantener activas las vías neurales centrales si realizamos un entrenamiento con \_\_\_\_\_ (CV / EENM).
  - Para evitar (o minimizar los efectos de) la atrofia por inmovilización deberemos aplicar técnicas de \_\_\_\_\_ (CV / EENM).
  - \_\_\_\_\_ (Si / No) es necesario planificar el entrenamiento con EENM junto con la CV del paciente siempre y cuando el paciente lo tolere.

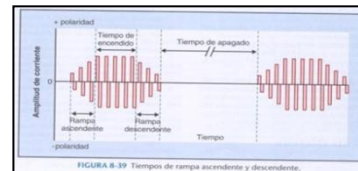
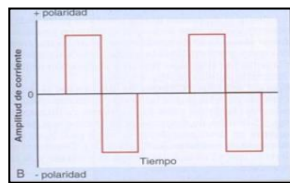
### 3. Generalidades de las corrientes empleadas en la electroestimulación neuromuscular

Cada vez que realicemos un protocolo de tratamiento con EENM deberemos tener en cuenta una serie de factores.

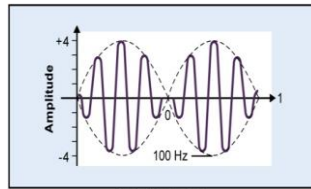
#### 3.1. Tipo de corriente y forma de la onda

Se pueden emplear tres tipos de corrientes para la realización de un tratamiento con EENM:

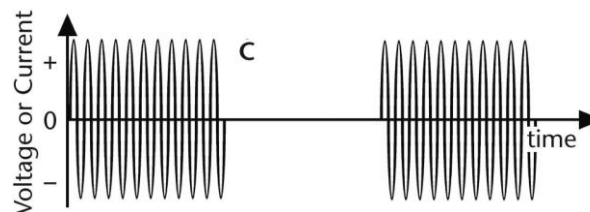
- Corrientes de baja frecuencia, pulsadas, bifásicas, rectangulares simétricas. Estas corrientes pueden presentar o no modulación de la intensidad.



- Corrientes de media frecuencia interferenciales. Estas corrientes pueden presentar o no modulación de la AMF. En el tema anterior ya estudiamos las características de las corrientes interferenciales.



- Corrientes de media frecuencia rusas. Estas corrientes pueden presentar o no modulación de la intensidad. Las corrientes rusas son corrientes de media frecuencia, alternas, sinusoidales, por trenes de impulsos. La frecuencia de la onda es de 2500 Hz y la frecuencia del tren de impulsos dependerá del objetivo de tratamiento, pero oscilará entre 1 y 250 Hz para simular las aplicaciones de una corriente de baja frecuencia.





### 3.2. Electrodo: tipos, colocación

Ninguna de las corrientes mencionadas en el apartado anterior tiene efectos polares, por lo que se puede emplear electrodos de caucho o electrodos adhesivos para realizar un protocolo de EENM.

La orientación de cada electrodo será transversal a la musculatura a estimular ya que de esta forma se abarca un mayor número de placas motoras. Los electrodos se colocarán en general de forma longitudinal (uno proximal y el otro distal) al vientre muscular a tratar. El electrodo proximal se colocará sobre el punto motor del músculo y el electrodo distal adyacente a él. La distancia entre los electrodos no puede ser muy pequeña ya que si no el músculo no se contraerá de forma efectiva.

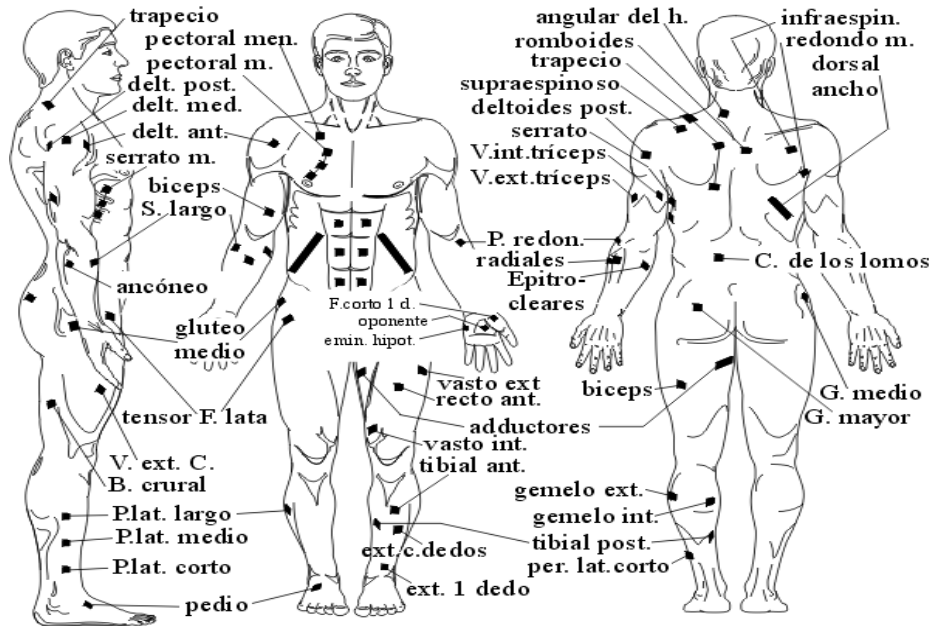
El **punto motor** es aquella zona del músculo donde se produce la mayor contracción muscular con la menor intensidad de corriente. Podemos diferenciar dos puntos motores:

- Muscular: lugar del músculo donde se sitúan la mayor parte de las placas motoras del mismo. La mayoría se encuentran en el tercio proximal o en la mitad proximal del vientre muscular.
- Nervioso: zona de la piel donde el nervio motor penetra en el músculo.

Existen mapas de localización de puntos motores musculares y nerviosos, pero si se quiere trabajar de forma más específica también se puede buscar el punto motor para un músculo concreto en un paciente determinado.

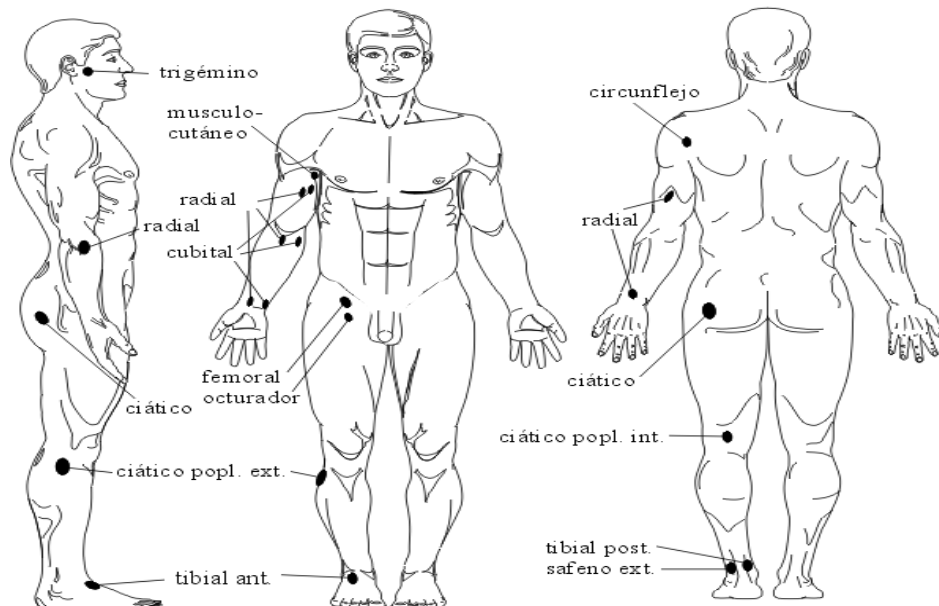
## PUNTOS MOTORES MUSCULARES

José M<sup>a</sup> Rodríguez Martín



## PUNTOS MOTORES NERVIOSOS

José M<sup>a</sup> Rodríguez Martín



### 3.3. Tipo de contracción: **contracción aislada – contracción tetánica**

Una **contracción aislada** es aquella en la cual NO se mantiene constante la fuerza durante la contracción, sino que tras cada contracción hay un pequeño tiempo de relajación. En este caso la fuerza total que puede alcanzar el músculo será pequeña, con lo que el objetivo de tratamiento no será realizar un fortalecimiento muscular. En EENM programaremos contracciones aisladas para realizar un bombeo suave del músculo, en situaciones como por ejemplo la fase de calentamiento o de enfriamiento cuando programamos una sesión de fortalecimiento muscular.

Cuando se programa un tratamiento con contracciones aisladas:

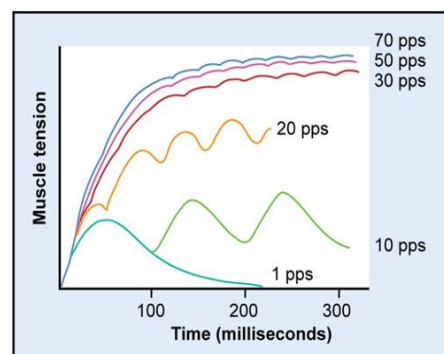
- La frecuencia de la onda (en corrientes de baja frecuencia), la AMF (en corrientes interferenciales) o la frecuencia del tren de impulsos (en corrientes rusas) debe ser igual o menor a 10 Hz.
- No se planificarán tiempos donde haya paso de corriente y tiempos de descanso ya que no se produce fatiga muscular. Más adelante se explicará este concepto.

Una **contracción tetánica** es aquella donde la fuerza se mantiene constante durante la estimulación eléctrica. En este caso la fuerza total que puede alcanzar el músculo es grande y el objetivo de tratamiento será realizar un fortalecimiento muscular.

Cuando se programa un tratamiento con contracciones tetánicas:

- La frecuencia de la onda (en corrientes de baja frecuencia), la AMF (en corrientes interferenciales) o la frecuencia del tren de impulsos (en corrientes rusas) debe ser mayor o igual a 30 Hz (hay autores que indican frecuencias de 20 Hz).
- Será necesario programar tiempos donde haya paso de corriente y tiempos de descanso, ya que este tipo de contracciones produce fatiga muscular. Más adelante se explicará este concepto.

En la siguiente figura se muestra el comportamiento de la fuerza muscular (eje Y) a lo largo del tiempo según se va aumentando la frecuencia de la estimulación (tened en cuenta que en esta figura la frecuencia se mide como pulsos por segundo = Hz):



- Cuando se programa una frecuencia baja, igual o menor de 10 Hz aproximadamente, cada impulso producirá una contracción muscular aislada.
- Según aumenta la frecuencia, las contracciones se producirán cada vez más juntas, sumándose finalmente para producir una contracción tetánica suave.
- Es necesaria al menos una frecuencia de 30 Hz para producir una contracción mantenida.
- Cuanto mayor es la frecuencia mayor será el porcentaje total de fuerza muscular.
- Una cuestión para plantearse sería ver si se puede subir la frecuencia de forma indefinida, sin embargo, al producir más fortalecimiento muscular el músculo también se fatiga más rápidamente. Es por ello por lo que la frecuencia máxima de entrenamiento será de 80 Hz o de 90 Hz en el caso de deportistas.

Además, se programarán distintas frecuencias según queramos activar de forma selectiva un tipo de fibras musculares u otros:

- Activación de fibras tipo I: 20-30 Hz.
- Activación de fibras tipo IIa: 50-60 Hz.
- Activación de fibras tipo IIb: 80-90 Hz.

### 3.4. Tiempos de contracción – relajación

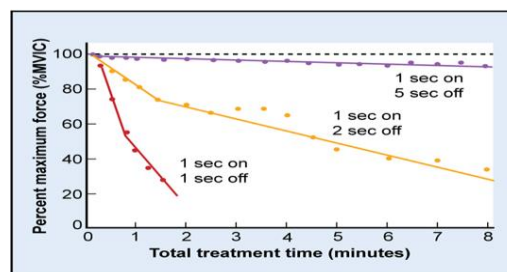
Como hemos indicado en el apartado anterior, cuando trabajemos con contracciones aisladas, la corriente pasará durante todo el tiempo que dure el tratamiento de forma constante ya que no aparece fatiga muscular. Sin embargo, cuando realizamos un programa de EENM con contracciones tetánicas no podremos mantener el músculo en contracción mantenida durante toda la duración del tratamiento porque el músculo se fatigaría. Es por ello que al programar este tipo de tratamientos deberemos indicar el **tiempo de encendido**: tiempo durante el cual pasará la corriente, y el **tiempo de apagado**: tiempo durante el cual dejará de pasar la corriente y el músculo descansará. De esta forma el músculo repite ciclos de contracción-relajación de forma repetida durante todo el tratamiento y se limita la aparición de fatiga.

La aparición o no de **fatiga muscular** dependerá de dos factores:

- Por un lado, de la intensidad. Como ya vimos anteriormente, según el principio de sobrecarga una vez que alcanzamos un valor umbral, subidas pequeñas de intensidad hacen que se produzca un aumento elevado en la capacidad de alcanzar mayores porcentajes totales de

fuerza máxima. Luego la fatiga muscular aparecerá antes, cuanto mayor sea la intensidad a la que trabajemos.

- Relación entre tiempo de encendido y tiempo de apagado. Cuanto menor sea la ratio entre el tiempo de encendido y el tiempo de apagado, antes aparecerá la fatiga muscular. En la siguiente figura se describe de forma gráfica este fenómeno. En ella aparece el porcentaje de fuerza máximo que puede alcanzar el músculo en el eje de las Y, y el tiempo de tratamiento en el eje de las X. La línea marcada en rojo muestra los resultados para un tratamiento donde la ratio de encendido/apagado es 1:1, en la línea amarilla la ratio es 1:2 y en la línea morada la ratio es 1:5, todo ello expresado en segundos (en los tres casos la intensidad del tratamiento es la misma). En este caso se observa que cuando se programan ratios 1:1 la fatiga muscular aparece a los dos minutos de tratamiento (el paciente al finalizar los dos minutos de tratamiento únicamente puede hacer una contracción produciendo el 20% de la fuerza máxima). Cuando se programan ratios 1:2 este fenómeno de fatiga se retrasa, pero el paciente no puede mantener un nivel constante de porcentaje de fuerza máxima durante todo el tratamiento. Finalmente, cuando se programan ratios 1:5 el paciente es capaz de mantener el nivel de contracción máxima durante toda la sesión de tratamiento. Esta situación sería la ideal.



Teniendo en cuenta estos dos factores, cuando vayamos a programar un programa de fortalecimiento muscular deberemos:

1. Determinar el porcentaje de fuerza máxima al que queremos trabajar. Variará del 0% al 100% para fuerzas máximas.
2. Elevar la intensidad hasta conseguir ese nivel de contracción muscular.
3. Establecer ratios de encendido/apagado que permitan mantener ese porcentaje de fuerza máxima durante toda la sesión de entrenamiento.

Todo esto se realizará para cada sesión de entrenamiento, ya que según se avance en el tratamiento podremos trabajar a niveles superiores de intensidad y con ratios de encendido/apagado menores.

### 3.5. Rampas: modulación

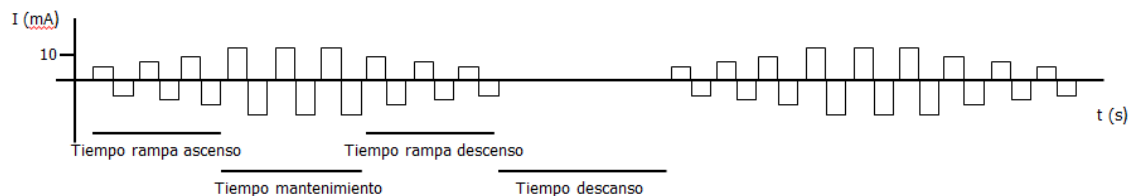
Cuando hagamos un fortalecimiento muscular no podremos pasar de un tiempo de apagado donde el nivel de intensidad es igual a 0 a un tiempo de encendido donde el nivel de intensidad es motor fuerte. Esto provocaría un cambio muy brusco que hace que el entrenamiento no sea confortable (el paciente estaría más pendiente de que esos cambios no fueran desagradables que en el propio entrenamiento en sí mismo). Para evitar esto se programarán lo que se denominan las rampas. Las **rampas** permiten pasar de un nivel de intensidad nulo al nivel de intensidad máximo de tratamiento de forma gradual (rampa de ascenso) y de un nivel de intensidad máximo a un nivel de intensidad nulo de forma gradual (rampa de descenso). Su duración es de 1-2 segundos.

De esta forma cuando programemos un programa de fortalecimiento con contracciones tetánicas habrá que programar:

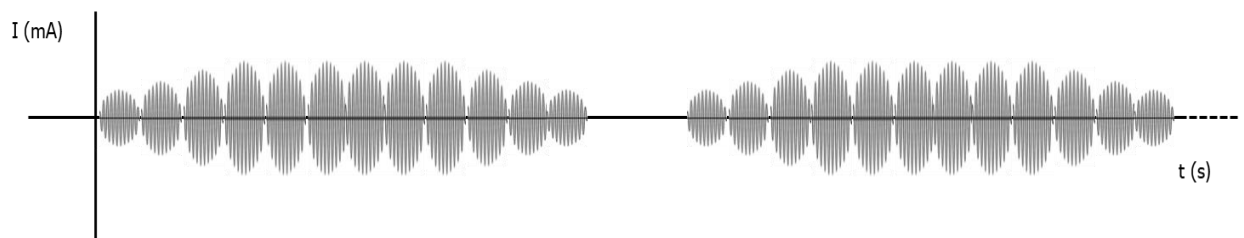
- El tiempo de rampa de ascenso.
- El tiempo de mantenimiento (intensidad máxima).
- El tiempo de rampa de descenso.
- El tiempo de descanso (ausencia de intensidad).

Gráficamente, las rampas se programan haciendo una modulación de la intensidad:

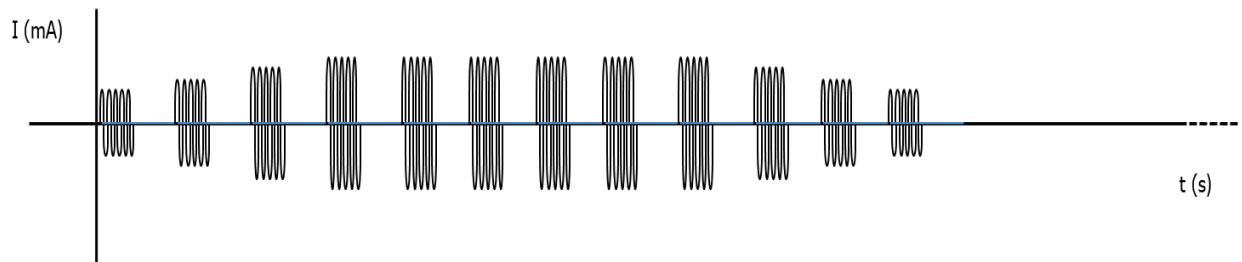
- En el caso de las corrientes de baja frecuencia se modula la intensidad de la onda rectangular bifásica simétrica.



- En el caso de las corrientes interferenciales se modula la intensidad de la AMF.



- En el caso de las corrientes rusas lo que se modula es la intensidad del tren de impulsos.



### 3.6. Parámetros de la onda

Los parámetros de la onda que se programen dependerán del tipo de corriente que se emplee para el tratamiento con EENM:

- Corrientes de baja frecuencia rectangulares simétricas:
  - Duración de fase:
    - Músculos pequeños: 150 – 200  $\mu$ s.
    - Músculos grandes: 200 – 350  $\mu$ s.

En niños y mayores programaremos duraciones de fase menores.
  - Frecuencia:
    - Contracciones aisladas:  $\leq$  10 Hz.
    - Contracciones tetánicas:
      - Fibras tipo I: 20-30 Hz.
      - Fibras tipo IIa: 50-60 Hz.
      - Fibras tipo IIb: 80-90 Hz.
- Corrientes interferenciales:
  - Frecuencia portadora: 2000 – 2500 Hz.
  - AMF:
    - Contracciones aisladas:  $\leq$  10 Hz.
    - Contracciones tetánicas:
      - Fibras tipo I: 20-30 Hz.
      - Fibras tipo IIa: 50-60 Hz.
      - Fibras tipo IIb: 80-90 Hz.
- Corrientes Rusas:
  - Frecuencia: 2500 Hz.
  - Frecuencia del tren: 50 Hz. En este caso la frecuencia es siempre la misma porque las corrientes rusas se emplean de forma

específica en las últimas fases de tratamiento para producir hipertrofia muscular.

### 3.7. Intensidad

Cuando trabajemos con EENM deberemos alcanzar un nivel de intensidad motor. Como ya hemos comentado anteriormente, para poder programar la intensidad deberemos:

1. Determinar el porcentaje de fuerza máxima al que queremos trabajar. Variará del 0% al 100% para fuerzas máximas.
2. Elevar la intensidad hasta conseguir ese nivel de contracción muscular.

El porcentaje de fuerza máxima al que queramos trabajar dependerá del objetivo de tratamiento. Por ejemplo, si nuestro objetivo es evitar la atrofia durante la fase de inmovilización el porcentaje de fuerza máxima al que trabajaremos será pequeño mientras que si queremos ganar hipertrofia trabajaremos a porcentajes de fuerza máxima mayores.

### 3.8. Tiempo de tratamiento

El tiempo de tratamiento dependerá del objetivo de tratamiento. Por ejemplo, en una sesión de fortalecimiento muscular la fase de calentamiento y enfriamiento durará unos 3-5 minutos y la fase de entrenamiento unos 10-20 minutos. Siempre tendremos que considerar que si aparece fatiga muscular habrá que cesar el tratamiento.

### Cuestiones

1. Completa la siguiente tabla indicando si se puede o no emplear la corriente que se indica para realizar un tratamiento de EENM.

Tipo de corriente	Si	NO
Baja frecuencia monofásica triangular		
Baja frecuencia monofásica sinusoidal		
Baja frecuencia rectangular bifásica simétrica		
TENS		
Media frecuencia interferencial premodulada		
Media frecuencia interferencial verdadera		
Media frecuencia corriente rusa		



2. Selecciona la opción correcta para completar las siguientes frases:
- a) El punto motor del músculo es aquel donde se consigue obtener la \_\_\_\_\_ (máxima / mínima) contracción muscular con la \_\_\_\_\_ (máxima / mínima) intensidad de corriente.
  - b) Con electroterapia podemos producir contracciones tetánicas si empleamos frecuencias \_\_\_\_\_ (menores / mayores) de 30 Hz.
  - c) Si hacemos un programa de NMES programando un protocolo para producir contracciones aisladas \_\_\_\_\_ (si / no) será necesario programar tiempos de descanso.
  - d) Si queremos activar fibras musculares tipo IIb tendremos que programar una frecuencia de \_\_\_\_\_ (30 / 60 / 80) Hz.
  - e) La aparición de fatiga muscular va a depender de dos factores \_\_\_\_\_ (ratio de encendido:apagado / rampas) y de la \_\_\_\_\_ (intensidad / tipo de corriente) que se emplee.
  - f) Cuando programemos la intensidad a la que queremos trabajar deberemos tener en cuenta el objetivo de tratamiento. Si nuestro objetivo es ganar fuerza muscular trabajaremos a intensidades \_\_\_\_\_ (elevadas / medias / bajas) mientras que si nuestro objetivo es evitar la atrofia durante una inmovilización trabajaremos a intensidades \_\_\_\_\_ (elevadas / medias / bajas).

#### **4. Parámetros de tratamiento para realizar protocolo cuando se produce una lesión con inmovilización posterior en su tratamiento.**

En este apartado vamos a estudiar el protocolo a realizar cuando queramos reentrenar la musculatura tras una atrofia por inmovilización. Explicaremos de forma detallada todos los parámetros de tratamiento y su significado.

El objetivo final del tratamiento será restablecer la funcionalidad del paciente. Si bien en las primeras fases de tratamiento el entrenamiento puede realizarse de forma analítica, la evolución del paciente hará que el entrenamiento se vaya modificando para finalmente imitar las condiciones fisiológicas realizando una readaptación progresiva al ejercicio.

Cuando se produce una lesión donde el tratamiento a realizar va a ser la inmovilización del paciente podemos actuar en tres momentos diferentes:

- Prevención o retraso de la atrofia del tejido neuromuscular afectado durante la fase de inmovilización.
- Activar las conexiones neuromusculares y mejorar el trofismo de la zona una vez que se quita el dispositivo que inmoviliza la zona lesionada.
- Ganar hipertrofia y fuerza muscular para restablecer la funcionalidad de la zona lesionada.

#### 4.1. Prevención o retraso de la atrofia del tejido neuromuscular afectado durante la fase de inmovilización

Durante una fase de inmovilización el músculo perderá masa y fuerza muscular. Para minimizar esto podemos emplear protocolos de EENM. En la siguiente tabla se indican los protocolos que pueden programarse con este fin. En general se preferirá hacer el tratamiento con corrientes de baja frecuencia rectangulares bifásicas simétricas ya que los aparatos portátiles pequeños permiten programar este tipo de corrientes y no las corrientes de media frecuencia, pero es posible hacer el tratamiento con corrientes de media frecuencia también.

Siempre que se hace un tratamiento con contracciones tetánicas hay que incluir una fase de calentamiento y una de enfriamiento al principio y fin de la sesión.

<b>Fase de calentamiento / Fase de enfriamiento</b>		
<b>Tipo de corriente</b>	<b>Baja frecuencia</b>	<b>Media frecuencia</b>
<b>Forma de la onda</b>	Rectangular bifásica simétrica	Interferencial
<b>Duración de fase / Frecuencia portadora</b>	DF: Ms peq: 150–200 $\mu$ s Ms gr: 200–350 $\mu$ s	Frecuencia portadora: 2000 o 2500 Hz
<b>Frecuencia / AMF</b>	Frecuencia: < 10 Hz	AMF: < 10 Hz
<b>Intensidad</b>	Nivel motor visible bajo. Se busca conseguir contracciones aisladas suaves y tolerables.	
<b>Tiempo de tratamiento</b>	3-5 minutos.	

<b>Fase de entrenamiento</b>		
<b>Tipo de corriente</b>	<b>Baja frecuencia</b>	<b>Media frecuencia</b>
<b>Forma de la onda</b>	Rectangular bifásica simétrica	Interferencial
<b>Duración de fase / Frecuencia portadora</b>	DF: Ms peq: 150–200 $\mu$ s Ms gr: 200–350 $\mu$ s	Frecuencia portadora: 2000 o 2500 Hz
<b>Frecuencia / AMF</b>	Frecuencia (1): Fibras tipo I: 20-30 Hz Fibras tipo IIa: 50-60 Hz Fibras tipo IIb: 80-90 Hz	AMF (1): Fibras tipo I: 20-30 Hz Fibras tipo IIa: 50-60 Hz Fibras tipo IIb: 80-90 Hz

<b>Tiempo rampa ascenso</b>	1-2 segundos
<b>Tiempo mantenimiento</b>	6-15 segundos
<b>Tiempo rampa descenso</b>	1-2 segundos
<b>Tiempo descanso</b>	30-60 segundos
<b>Intensidad</b>	Nivel motor visible bajo: la contracción debe poder mover la extremidad en contra de la gravedad o alcanzar un 25% de la fuerza isométrica máxima. Se busca conseguir una contracción tetánica suave y tolerable.
<b>Contracción voluntaria</b>	Contracciones isométricas en caso de ser posible.
<b>Tiempo de tratamiento</b>	15-20 minutos. Como mínimo 10 contracciones. Se han observado resultados positivos programando 3 series de 10 contracciones.
<b>Nº Sesiones</b>	1-2 sesiones diarias.

(1) Se programarán frecuencias donde se obtenga la tetanización del músculo. Para decidir la frecuencia que se programará deberemos tener en cuenta el tipo de músculo que es (si tiene un mayor porcentaje de fibras tipo I o tipo II). Las fibras musculares que se atrofian en primer lugar son las fibras tipo I, es por ello que se podría programar una frecuencia de 20-30 Hz. Además, a 50 Hz de frecuencia es como más hipertrofia se consigue.

#### **4.2. Activación de las conexiones neuromusculares y mejora del trofismo de la zona una vez que se quita el dispositivo que inmoviliza la zona lesionada**

En este caso debemos tener en cuenta que si se ha realizado el protocolo anterior podríamos pasar directamente a hacer un fortalecimiento muscular o saltarnos alguna de las fases que vamos a comentar a continuación.

Cuando el paciente deja de estar inmovilizado, antes de comenzar con la hipertrofia y el fortalecimiento, tendremos varios objetivos:

- Mejorar la vascularización de los tejidos.
- Activar las conexiones neuromusculares.

Para ello el protocolo que se va a exponer a continuación (que consta de tres fases) se ha diseñado de la siguiente manera:

- Hay una progresión respecto al tipo de contracciones. Durante la primera fase se trabaja con contracciones aisladas, en la segunda fase con una

alternancia entre contracciones aisladas y contracciones tetánicas y en la tercera fase se trabaja con contracciones tetánicas.

- En las tres fases se programa un espectro de frecuencias de tipo 1/30/1/30. Puedes mirar el tema 3.2. para entender qué significa esto.

<b>Fase 1</b>		
<b>Tipo de corriente</b>	<b>Baja frecuencia</b>	<b>Media frecuencia</b>
<b>Forma de la onda</b>	Rectangular bifásica simétrica	Interferencial
<b>Duración de fase / Frecuencia portadora</b>	DF: Ms peq: 150–200 $\mu$ s Ms gr: 200–350 $\mu$ s	Frecuencia portadora (1): 4000 Hz
<b>Frecuencia / AMF</b>	Frecuencia: 2 Hz	AMF: 2 Hz
<b>Espectro</b>	5 Hz	5 Hz
<b>Tipo espectro</b>	1 / 30 / 1 / 30	
<b>Intensidad</b>	Nivel motor visible bajo. Se busca conseguir contracciones aisladas suaves y tolerables.	
<b>Tiempo de tratamiento</b>	10-20 minutos.	

(1) Se programa una frecuencia portadora de 4000 Hz porque se tolera mejor que frecuencias de 2000 o 2500 Hz (recuerda que a mayor frecuencia menor resistencia al paso de corriente ofrecen los tejidos).

<b>Fase 2</b>		
<b>Tipo de corriente</b>	<b>Baja frecuencia</b>	<b>Media frecuencia</b>
<b>Forma de la onda</b>	Rectangular bifásica simétrica	Interferencial
<b>Duración de fase / Frecuencia portadora</b>	DF: Ms peq: 150–200 $\mu$ s Ms gr: 200–350 $\mu$ s	Frecuencia portadora (1): 4000 Hz
<b>Frecuencia / AMF</b>	Frecuencia: 10 Hz	AMF: 10 Hz
<b>Espectro</b>	15 Hz	15 Hz
<b>Tipo espectro</b>	1 / 30 / 1 / 30	
<b>Intensidad</b>	Nivel motor visible bajo. A 10 Hz se busca conseguir contracciones aisladas suaves y tolerables. A 25 Hz se busca conseguir contracciones tetánicas suaves y tolerables.	

<b>Tiempo de tratamiento</b>	10-20 minutos.
------------------------------	----------------

(1) Se programa una frecuencia portadora de 4000 Hz porque se tolera mejor que frecuencias de 2000 o 2500 Hz (recuerda que a mayor frecuencia menor resistencia al paso de corriente ofrecen los tejidos).

<b>Fase 3</b>		
<b>Tipo de corriente</b>	<b>Baja frecuencia</b>	<b>Media frecuencia</b>
<b>Forma de la onda</b>	Rectangular simétrica bifásica	Interferencial
<b>Duración de fase / Frecuencia portadora</b>	DF: Ms peq: 150–200 $\mu$ s Ms gr: 200–350 $\mu$ s	Frecuencia portadora (1): 4000 Hz
<b>Frecuencia / AMF</b>	Frecuencia: 20 Hz	AMF: 20 Hz
<b>Espectro</b>	30 Hz	30 Hz
<b>Tipo espectro</b>	1 / 30 / 1 / 30	
<b>Intensidad</b>	Nivel motor visible bajo. Se busca conseguir contracciones tetánicas suaves y tolerables.	
<b>Tiempo de tratamiento</b>	10-20 minutos.	

(1) Se programa una frecuencia portadora de 4000 Hz porque se tolera mejor que frecuencias de 2000 o 2500 Hz (recuerda que a mayor frecuencia menor resistencia al paso de corriente ofrecen los tejidos).

#### **4.3. Hipertrofia y fuerza muscular para restablecer la funcionalidad de la zona lesionada**

Cuando vamos a planificar un entrenamiento muscular después de una inmovilización debemos tener en cuenta que vamos a tener dos objetivos:

- Ganar fuerza muscular.
- Hipertrofia muscular.

Durante las primeras 6-8-10 semanas la ganancia de fuerza se debe principalmente a las adaptaciones neuromusculares que se producen. A partir de entonces es cuando comienza a producirse de forma principal la hipertrofia del músculo.

En el tratamiento deberemos tener en cuenta que:

- Siempre que se hace un tratamiento con contracciones tetánicas hay que incluir una fase de calentamiento y una de enfriamiento al principio y fin de la sesión.
- Iremos evolucionando en el tipo de fibras musculares que queramos activar: fibras tipo I  $\rightarrow$  tipo IIa  $\rightarrow$  tipo IIb.

- Cuando queramos producir hipertrofia muscular emplearemos un protocolo con corrientes rusas.

<b>Fase de calentamiento / Fase de enfriamiento</b>		
<b>Tipo de corriente</b>	<b>Baja frecuencia</b>	<b>Media frecuencia</b>
<b>Forma de la onda</b>	Rectangular bifásica simétrica	Interferencial
<b>Duración de fase / Frecuencia portadora</b>	DF: Ms peq: 150–200 $\mu$ s Ms gr: 200–350 $\mu$ s	Frecuencia portadora: 2000 o 2500 Hz
<b>Frecuencia / AMF</b>	Frecuencia: < 10 Hz	AMF: < 10 Hz
<b>Intensidad</b>	Nivel motor visible bajo. Se busca conseguir contracciones aisladas suaves y tolerables.	
<b>Tiempo de tratamiento</b>	3-5 minutos.	

<b>Fase de entrenamiento – activación selectiva de fibras musculares</b>		
<b>Tipo de corriente</b>	<b>Baja frecuencia</b>	<b>Media frecuencia</b>
<b>Forma de la onda</b>	Rectangular bifásica simétrica	Interferencial
<b>Duración de fase / Frecuencia portadora</b>	DF: Ms peq: 150–200 $\mu$ s Ms gr: 200–350 $\mu$ s	Frecuencia portadora: 2000 o 2500 Hz
<b>Frecuencia / AMF</b>	Frecuencia: Fibras tipo I: 20-30 Hz Fibras tipo IIa: 50-60 Hz Fibras tipo IIb: 80-90 Hz	AMF: Fibras tipo I: 20-30 Hz Fibras tipo IIa: 50-60 Hz Fibras tipo IIb: 80-90 Hz
<b>Tiempo rampa ascenso</b>	1-2 segundos	
<b>Tiempo mantenimiento</b>	Fibras tipo I: 10 s Fibras tipo IIa: 6 s Fibras tipo IIb: 3 s	
<b>Tiempo rampa descenso</b>	1-2 segundos	
<b>Tiempo descanso</b>	Fibras tipo I: 16 s Fibras tipo IIa: 8 s Fibras tipo IIb: 3 s	

<b>Intensidad</b>	Nivel motor visible medio-alto: la contracción debe poder alcanzar un 60% de la fuerza isométrica máxima (1) (2). Se busca conseguir una contracción tetánica fuerte pero tolerable.
<b>Contracción voluntaria</b>	Presente (3).
<b>Tiempo de tratamiento</b>	15-20 minutos. 10-20 contracciones.
<b>Nº Sesiones</b>	Como mínimo 3 veces por semana.

(1) Recordad lo que ya se comentó anteriormente en el tema. Cuando vayamos a programar un programa de fortalecimiento muscular deberemos:

1. Determinar el porcentaje de fuerza máxima al que queremos trabajar.
2. Elevar la intensidad hasta conseguir ese nivel de contracción muscular.
3. Establecer ratios de encendido/apagado que permitan mantener ese porcentaje de fuerza máxima durante toda la sesión de entrenamiento.

Todo esto se realizará para cada sesión de entrenamiento ya que según se avance en el tratamiento podremos trabajar a niveles superiores de intensidad y con ratios de encendido/apagado menores.

(2) Durante las primeras sesiones se trabajará con porcentajes de fuerza máxima menores que se irán incrementando según la evolución y tolerancia del paciente.

(3) El paciente realizará el fortalecimiento empleando la EENM y las contracciones musculares SIEMPRE de forma simultánea. Además, inicialmente se trabajará de forma analítica, pero según se progrese en el tratamiento se incluirán entrenamientos funcionales imitando el gesto que se quiera reeducar.

<b>Fase de entrenamiento – hipertrofia</b>	
<b>Tipo de corriente</b>	<b>Media frecuencia</b>
<b>Forma de la onda</b>	Corrientes rusas
<b>Frecuencia</b>	2500 Hz
<b>Frecuencia del tren</b>	50 Hz
<b>Ratio</b>	1:1
<b>Tiempo rampa ascenso</b>	1-2 segundos
<b>Tiempo mantenimiento</b>	10 segundos
<b>Tiempo rampa descenso</b>	1-2 segundos
<b>Tiempo descanso</b>	50 segundos

<b>Intensidad</b>	Nivel motor visible alto. Se busca conseguir una contracción tetánica máxima.
<b>Contracción voluntaria</b>	Presente (1).
<b>Tiempo de tratamiento</b>	15-20 minutos. 10-20 contracciones.
<b>Nº Sesiones</b>	Como mínimo 3 veces por semana.

(1) Se realizarán entrenamientos funcionales.

### Cuestiones

1. Indica qué ventajas aporta la EENM en las siguientes situaciones:
  - a) Paciente inmovilizado.
  - b) Paciente con atrofia después de una inmovilización.
2. ¿Qué corriente será más adecuado utilizar en el caso de que queramos producir hipertrofia en el paciente?

## 5. Elongación eléctrica neuromuscular.

### 5.1. Fundamento

El límite de extensión de un músculo viene dado por:

- El componente neuro-muscular.
- El tejido conjuntivo que lo conforma.

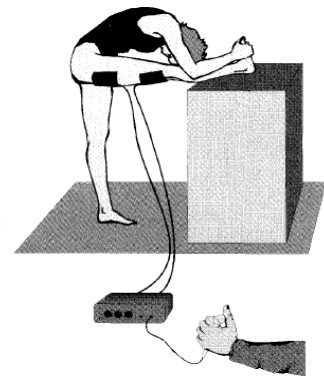
Cuando un músculo está acortado tendrá limitación en su rango de movimiento debido a dos factores:

- Por contractura o acortamiento de las estructuras contráctiles activas del músculo.
- Por acortamiento de sus elementos estructurales no contráctiles: fascias, aponeurosis y tejido conjuntivo sintetizado tras una lesión.

El incremento de la actividad refleja del sistema nervioso central produce hipertonía y rigidez en el componente contráctil y a largo plazo esto se transforma en una adaptación estructural del tejido conjuntivo (= parte no contráctil).

Es por ello por lo que tendremos un doble objetivo al realizar un estiramiento muscular:

- Disminuir la hipertonía y rigidez del componente contráctil.
- Mejorar la capacidad de elongación del tejido conjuntivo.





## 5.2. Ventajas de la elongación eléctrica neuromuscular

- La elongación es mayor que en el estiramiento fisiológico.
- El efecto producido sobre las capas más profundas del tejido conjuntivo muscular es mayor: tensión en todas las direcciones y en la totalidad del tejido conjuntivo muscular.
- Se restringe la transmisión nociceptiva (probablemente en la médula espinal): la elongación se produce de manera muy suave y no se aumenta el tono del músculo por reacción defensiva al dolor. **Esto también es un factor para tener en cuenta cuando se realizan estiramientos con electroterapia ya que hay que tener mucho cuidado ya que el paciente no ofrecerá la resistencia habitual que opone al realizar un estiramiento fisiológico.**



## 5.3. Parámetros y metodología de aplicación

El estiramiento muscular puede realizarse de dos formas:

- Pasiva: el fisioterapeuta es el que realiza el estiramiento.
- Activa: el paciente es el que realiza el estiramiento siguiendo las instrucciones del fisioterapeuta.

Procedimiento general:

- Antes de comenzar a aplicar la corriente, con el aparato apagado, se procede a estirar el músculo de forma que el paciente se familiarice con la técnica de estiramiento y además se le indica al paciente lo que es la "sensación de estiramiento".
- Después se aplica la corriente unos instantes y se le enseña al paciente qué es la "sensación de corriente".
- A continuación, se le explica el procedimiento (tened en cuenta que esto es una descripción general que se adaptará según el músculo a estirar): "vamos a hacer un estiramiento del músculo ..... ayudándonos para ello de las corrientes eléctricas. Vamos a fijar su cuerpo y realizando las tomas correspondientes para poder ir aumentando el grado de estiramiento del músculo. A continuación, empezaremos aplicando una corriente eléctrica y usted tendrá que indicarme cuando nota "sensación de corriente". A partir de ese momento es cuando se procederá a comenzar el estiramiento moviendo su cuerpo hasta que usted me indique que nota "sensación de estiramiento". En ese momento se volverá a subir la cantidad de corriente eléctrica hasta que vuelva a notar

la "sensación de corriente". Iremos repitiendo este ciclo donde subiremos la cantidad de corriente eléctrica o aumentando el estiramiento y en todo momento se le irá preguntando según se progresa en el estiramiento si tiene "sensación de estiramiento" o "sensación de corriente" y se le indicará lo que tiene que realizar.

- Se comienza el estiramiento:
  - Con la intensidad = 0 se elonga el músculo de forma pasiva hasta que aparece una sensación de tope elástico. El paciente refiere "sensación de estiramiento".
  - Se aumenta la intensidad de la corriente eléctrica hasta que el paciente refiera "sensación de corriente".
  - Entonces se le pide al paciente una contracción isométrica suave durante 1-2 segundos y cuando finaliza se aumenta el estiramiento del músculo hasta que el paciente refiera "sensación de estiramiento".
  - Cuando aparece esta sensación se mantiene la postura en la posición en la que se encuentra y se aumenta la intensidad de la corriente hasta que el paciente refiere "sensación de corriente".
  - Este procedimiento se repite cuantas veces sea necesario hasta llegar al límite máximo de estiramiento.
- Únicamente podrá realizarse un estiramiento al día. Si hay que repetir se esperará 1 día para poder volver a realizarlo. NOTA: si hay que volver a hacer el estiramiento porque el procedimiento no ha sido del todo correcto también se esperará un día para repetirlo.

Los parámetros que se emplearán para el tratamiento se indican en la tabla que aparece a continuación:

<b>Tipo de corriente</b>	<b>Baja frecuencia</b>	<b>Media frecuencia</b>	<b>Media frecuencia</b>
<b>Forma de la onda</b>	<b>Rectangular bifásica simétrica</b>	<b>Interferencial premodulada</b>	<b>Corrientes Rusas</b>
<b>Tipo de electrodos</b>	De caucho / adhesivos		
<b>Polaridad electrodos</b>	Indiferente		
<b>DF / F portadora / F</b>	Duración de fase: consultar bibliografía (1)	Frecuencia portadora: 4000 Hz	Frecuencia: 2000 Hz

<b>F / AMF / F Tren</b>	Frecuencia: consultar bibliografía (1)	AMF: 100 Hz	Frecuencia: 50 Hz Ratio 1:1
<b>Intensidad</b>	Se va regulando según lo indicado en el procedimiento descrito anteriormente.		
<b>Tiempo</b>	El necesario para poder realizar el estiramiento muscular.		
<b>Excepción</b>	Cuando se quiera realizar un estiramiento de aductores se realizará con corrientes de Träbert empleando electrodos de caucho. Se colocará el electrodo positivo grande en la zona lumbar y el negativo de tamaño mediano en el aductor.		

(1) Maya Martín J, Albornoz Cabello M. Estimulación eléctrica transcutánea y neuromuscular. Barcelona. Elsevier. 2010.

## 6. Tratamiento del edema con corrientes eléctricas

NOTA ACLARATORIA: en esta sección vamos a ver el tratamiento del edema con corrientes eléctricas. De los dos tipos de edema que vamos a ver, únicamente el edema por inmovilidad se trata con EENM, que es el objeto de estudio de este tema 4. El edema inflamatorio se trata con corrientes pulsadas de alto voltaje o con microcorrientes, pero se incluyen en este tema porque consideramos que es más adecuado incluirlas en esta parte del temario. No obstante, las corrientes pulsadas de alto voltaje y las microcorrientes NO son tratamientos de EENM y su fundamento y los efectos fisiológicos sobre el organismo son diferentes.

### 6.1. Fundamento

Cuando tenemos un paciente que presenta edema lo primero que tendremos que considerar es el origen del edema ya que si se trata por ejemplo de un edema por problemas cardiacos podremos sobrecargar al corazón al realizar el tratamiento. Ante la duda es mejor hacer una consulta al médico que será el que descarte la presencia de otra patología de base.

Se diferencian dos tipos de edemas:

- Edema inflamatorio. Este edema se producirá debido a una lesión. En este caso el objetivo de tratamiento será disminuir el edema y evitar su cronificación.
- Edema por inmovilidad. En este caso la falta de activación muscular provocará que aparezca el edema. El objetivo de tratamiento será disminuir el edema mediante la EENM.

El tratamiento estará contraindicado en:

- Trombosis.
- Tromboflebitis.
- Insuficiencia venosa.

### 6.2. Parámetros de tratamiento en el edema inflamatorio

Tipo de corriente	Corriente pulsada de alto voltaje	Microcorrientes
Forma de la onda	Onda monofásica de doble pico con una duración fija	Corriente directa, impulsos rectangulares monofásicos o impulsos rectangulares monofásicos alternantes
Tipo de electrodos	Electrodos de caucho	
Polaridad electrodos	Negativo sobre la zona a tratar	
Duración de impulso	Hasta 200 ms	Hasta 500 ms
Frecuencia	100-120 Hz	10 Hz
Voltaje / Intensidad	Voltaje: 250-500 V	Intensidad: subsensorial, < 1 mA
Tiempo de tratamiento	30 minutos	

### 6.3. Edema por inmovilidad

Tratamiento antiedema		
Tipo de corriente	Baja frecuencia	Media frecuencia
Forma de la onda	Rectangular bifásica simétrica	Interferencial
Duración de fase / Frecuencia portadora	DF: Ms peq: 150–200 $\mu$ s Ms gr: 200–350 $\mu$ s	Frecuencia portadora: 2000 o 2500 Hz
Frecuencia / AMF	Frecuencia: 30-80 Hz	AMF: 30-80 Hz
Cociente encendido-apagado 1:1	Encendido: 2-5 segundos Apagado: 2-5 segundos	
Intensidad	Nivel motor visible medio-alto. Se busca conseguir una contracción tetánica fuerte pero tolerable.	
Tiempo de tratamiento	30 minutos. 2 veces al día.	

## 7. Estado de la evidencia:

En la literatura científica existen multitud de estudios sobre neuroestimulación muscular y sus diferentes aplicaciones clínicas:

Su uso en **rehabilitación traumatológica** es el más frecuente y los últimos estudios indican que su uso es beneficioso para una óptima recuperación. En cuanto a su uso para aumentar la fuerza del cuádriceps tras cirugía del ligamento cruzado anterior, la literatura indica que el ejercicio excéntrico es más beneficioso que el uso solo de NMES, para que el uso de corrientes sea efectivo y produzca un cambio en la fuerza y funcionalidad del cuádriceps; se necesita potencias muy altas, lo cual a veces no se consigue debido al dolor del paciente. Por tanto; recomiendan la realización de ejercicio excéntrico al menos dos veces por semanas durante 6 semanas y si se puede, combinarlo con NMES, descartando el uso único de electroestimulación sin ejercicio (1).

Otro de sus usos frecuentes es tras la artroplastia total de rodilla, según una revisión sistemática que evalúa la eficacia de NMES concluye que la rehabilitación ayudada de NMES es muy efectiva y mejora mucho la capacidad funcional de los pacientes, sobre todo el primer mes post cirugía y su uso va perdiendo eficacia conforme pasa el tiempo (7).

En cuanto a su uso en la artroplastia total de rodilla, otra revisión sistemática concluye que el uso de neuroestimulación mejora tanto la fuerza como la función del cuádriceps. Los mayores beneficios se consiguieron cuando fue utilizada una o dos veces al día, todos los días durante 4- 6 semanas a intensidad de 100-120 mA y frecuencia de 30-100 Hz y un electrodo lo suficientemente amplio para evitar incomfort (100-200 cm<sup>2</sup>) (10).

Sin embargo, en la práctica clínica se encuentran muchas situaciones en las que se utiliza la NMES para aumentar fuerza sin que exista patología previa. En este caso lo que nos dice la literatura es que no lo más efectivo para conseguir cambios en la morfología y fuerza en el musculo sería la combinación de ejercicio excéntrico con una NMES a 80Hz (3).

En cuanto a su uso para activación de los músculos profundos estabilizadores abdominales, se ha visto que la NMES produce un cambio en el grosor del músculo, siendo el uso de 50Hz la frecuencia optima en la que se produce una mejor activación (11).

En cualquier caso, se muestra la importancia de encontrar el punto motor antes de colocar los electrodos al paciente. Es importante incluir el rastreo del punto motor al comienzo del protocolo de NMES ya que esto mejoraría la eficacia del procedimiento, disminuye la sensación de incomfort del paciente, se necesita menos intensidad y se consigue un mayor reclutamiento de las fibras musculares (8).

Uso de NMES para **reducir el edema**; una revisión sistemática actual muestra resultados efectivos de esta terapia para reducir el líquido intersticial tanto de miembros inferiores como de miembros superiores. Sin embargo, el nivel de evidencia es bajo, así como los parámetros y protocolos usados en los estudios son muy variados. Por tanto, sería necesario más estudios para llegar a una conclusión (5).

Su uso en el campo de la **neurología** es también muy extendido, con el objetivo de aumentar la fuerza tras problemas medulares; encontramos una revisión sistemática que valora si el uso de NMES es efectivo para aumentar la contracción voluntaria en pacientes con parálisis parcial por daño medular. Los resultados de esta, mostraron que el uso de NMES podría incrementar algo la contracción voluntaria, sin embargo, no hay una evidencia fuerte que afirme una clara superioridad del NMES frente a otras terapias, siendo el estudio que mejores resultados obtuvo, la combinación de NMES y cicloergómetro (2). Otro uso frecuente en neurología es el caso de la parálisis facial, aunque hay poca evidencia, un estudio valora la fuerza de los músculos faciales como en la mejora de la disfagia en pacientes con parálisis facial tras haber sufrido un ictus. En él, se consiguió un aumento del reclutamiento de unidades motoras, lo que se traduce en un aumento de la fuerza. Este aumento de la fuerza de los músculos orales se tradujo en una mejoría en la fase oral al tragar, mejorando la disfagia de los participantes. El protocolo utilizado muestra una colocación de los electrodos en la parte baja de la cara, en la salida de la rama bucal del nervio facial y de la rama mandibular del trigémino. 80 Hz y 700  $\mu$ s, 30 min, 5 días a la semana durante 4 semanas. La intensidad varió por participantes de 9 a 13 mA (según tolerancia) (4).

Por último, se encuentran muchos beneficios en el uso de NMES para la **rehabilitación cardíaca**, obteniéndose beneficios en fase hospitalaria de un aumento del 75% en el 6MWT, para ello se utilizó sesiones de 60 min a frecuencia 20Hz y 20  $\mu$ s. durante todos los días, además del ejercicio correspondiente (6). Otra revisión sistemática que evalúa la efectividad del NMES en la mejora de fuerza y calidad de vida en pacientes con enfermedades avanzadas respiratorias, cardíacas o cáncer de pulmón. Concluye que la utilización de NMES puede ser un tratamiento beneficioso para la debilidad muscular y se puede incluir dentro del programa de ejercicios de rehabilitación ya que se ha visto que mejora significativamente la fuerza, el 6MWT, mejorando así la calidad de vida de los pacientes (9).

1. Lepley LK, Wojtys EM, Palmieri-Smith RM. Combination of eccentric exercise and neuromuscular electrical stimulation to improve quadriceps function post-ACL reconstruction. *The Knee*. junio de 2015;22(3):270-7.
2. de Freitas GR, Szpoganicz C, Ilha J. Does Neuromuscular Electrical Stimulation Therapy Increase Voluntary Muscle Strength After Spinal Cord Injury? A Systematic Review. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2018;24(1):6-17.

3. Gomes da Silva CF, Lima E Silva FX de, Vianna KB, Oliveira GDS, Vaz MA, Baroni BM. Eccentric training combined to neuromuscular electrical stimulation is not superior to eccentric training alone for quadriceps strengthening in healthy subjects: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther.* diciembre de 2018;22(6):502-11.
4. Choi J-B. Effect of neuromuscular electrical stimulation on facial muscle strength and oral function in stroke patients with facial palsy. *J Phys Ther Sci.* septiembre de 2016;28(9):2541-3.
5. Burgess LC, Immins T, Swain I, Wainwright TW. Effectiveness of neuromuscular electrical stimulation for reducing oedema: A systematic review. *J Rehabil Med.* 1 de abril de 2019;51(4):237-43.
6. de Araújo CJS, Gonçalves FS, Bittencourt HS, dos Santos NG, Mecca Junior SV, Neves JLB, et al. Effects of neuromuscular electrostimulation in patients with heart failure admitted to ward. *J Cardiothorac Surg.* 15 de noviembre de 2012;7:124.
7. Bistolfi A, Zanovello J, Ferracini R, Allisiardi F, Lioce E, Magistroni E, et al. Evaluation of the Effectiveness of Neuromuscular Electrical Stimulation After Total Knee Arthroplasty: A Meta-Analysis. *Am J Phys Med Rehabil.* 2018;97(2):123-30.
8. Gobbo M, Maffiuletti NA, Orizio C, Minetto MA. Muscle motor point identification is essential for optimizing neuromuscular electrical stimulation use. *J Neuroengineering Rehabil.* 25 de febrero de 2014;11:17.
9. Jones S, Man WD-C, Gao W, Higginson IJ, Wilcock A, Maddocks M. Neuromuscular electrical stimulation for muscle weakness in adults with advanced disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 17 de octubre de 2016;10:CD009419.
10. Yue C, Zhang X, Zhu Y, Jia Y, Wang H, Liu Y. Systematic Review of Three Electrical Stimulation Techniques for Rehabilitation After Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2018;33(7):2330-7.
11. Cho HK, Jung GS, Kim EH, Cho YW, Kim SW, Ahn SH. The effects of neuromuscular electrical stimulation at different frequencies on the activations of deep abdominal stabilizing muscles. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2016;29(1):183-9.

## PRÁCTICA

### Material necesario:

- Aparato de electroterapia.
- Cable conector.
- 2 electrodos adhesivos rectangulares.

1. Realiza un protocolo de entrenamiento con EENM teniendo en cuenta que tu objetivo es ganar fuerza muscular.

<b>Fase de calentamiento / Fase de enfriamiento</b>		
<b>Tipo de corriente</b>	<b>Baja frecuencia</b>	<b>Media frecuencia</b>
<b>Forma de la onda</b>	Rectangular bifásica simétrica	Interferencial
<b>Duración de fase / Frecuencia portadora</b>	DF: Ms peq: 150–200 $\mu$ s Ms gr: 200–350 $\mu$ s	Frecuencia portadora: 2000 o 2500 Hz
<b>Frecuencia / AMF</b>	Frecuencia: < 10 Hz	AMF: < 10 Hz
<b>Intensidad</b>	Nivel motor visible bajo. Se busca conseguir contracciones aisladas suaves y tolerables.	
<b>Tiempo de tratamiento</b>	3-5 minutos.	

<b>Fase de entrenamiento – activación selectiva de fibras musculares</b>		
<b>Tipo de corriente</b>	<b>Baja frecuencia</b>	<b>Media frecuencia</b>
<b>Forma de la onda</b>	Rectangular bifásica simétrica	Interferencial
<b>Duración de fase / Frecuencia portadora</b>	DF: Ms peq: 150–200 $\mu$ s Ms gr: 200–350 $\mu$ s	Frecuencia portadora: 2000 o 2500 Hz
<b>Frecuencia / AMF</b>	Frecuencia: Fibras tipo I: 20-30 Hz Fibras tipo IIa: 50-60 Hz Fibras tipo IIb: 80-90 Hz	AMF: Fibras tipo I: 20-30 Hz Fibras tipo IIa: 50-60 Hz Fibras tipo IIb: 80-90 Hz
<b>Tiempo rampa ascenso</b>	1-2 segundos	
<b>Tiempo mantenimiento</b>	Fibras tipo I: 10 s Fibras tipo IIa: 6 s Fibras tipo IIb: 3 s	



<b>Tiempo rampa descenso</b>	1-2 segundos
<b>Tiempo descanso</b>	Fibras tipo I: 16 s Fibras tipo IIa: 8 s Fibras tipo IIb: 3 s
<b>Intensidad</b>	Nivel motor visible medio-alto: la contracción debe poder alcanzar un 60% de la fuerza isométrica máxima (1) (2). Se busca conseguir una contracción tetánica fuerte pero tolerable.
<b>Contracción voluntaria</b>	Presente (3).
<b>Tiempo de tratamiento</b>	15-20 minutos. 10-20 contracciones.
<b>Nº Sesiones</b>	Como mínimo 3 veces por semana.

(1) Recuerda lo que ya se comentó anteriormente en el tema. Cuando vayamos a programar un programa de fortalecimiento muscular deberemos:

1. Determinar el porcentaje de fuerza máxima al que queremos trabajar.
2. Elevar la intensidad hasta conseguir ese nivel de contracción muscular.
3. Establecer ratios de encendido/apagado que permitan mantener ese porcentaje de fuerza máxima durante toda la sesión de entrenamiento.

Todo esto se realizará para cada sesión de entrenamiento ya que según se avance en el tratamiento podremos trabajar a niveles superiores de intensidad y con ratios de encendido/apagado menores.

(2) Durante las primeras sesiones se trabajará con porcentajes de fuerza máxima menores que se irán incrementando según la evolución y tolerancia del paciente.

(3) El paciente realizará el fortalecimiento empleando la EENM y las contracciones musculares SIEMPRE de forma simultánea. Además, inicialmente se trabajará de forma analítica, pero según se progrese en el tratamiento se incluirán entrenamientos funcionales imitando el gesto que se quiera reeducar.

<b>Fase de entrenamiento – hipertrofia</b>	
<b>Tipo de corriente</b>	<b>Media frecuencia</b>
<b>Forma de la onda</b>	Corrientes rusas
<b>Frecuencia</b>	2500 Hz
<b>Frecuencia del tren</b>	50 Hz
<b>Ratio</b>	1:1
<b>Tiempo rampa ascenso</b>	1-2 segundos
<b>Tiempo mantenimiento</b>	10 segundos
<b>Tiempo rampa descenso</b>	1-2 segundos
<b>Tiempo descanso</b>	50 segundos
<b>Intensidad</b>	Nivel motor visible alto. Se busca conseguir una contracción tetánica máxima.
<b>Contracción voluntaria</b>	Presente (1).
<b>Tiempo de tratamiento</b>	15-20 minutos. 10-20 contracciones.
<b>Nº Sesiones</b>	Como mínimo 3 veces por semana.

(1) Se realizarán entrenamientos funcionales

## 2. Técnica del minuto en un deportista.

Colocación del paciente:	Se le aplica una resistencia para realizar una contracción resistida.
Tipo de electrodos:	electrodos adhesivos.
Método de aplicación:	dos polos.
Colocación de los electrodos:	bipolar sobre el punto motor.
Forma de la onda:	interferencial.
Frecuencia portadora:	2500 Hz.
AMF:	50 Hz.
Rampa de ascenso:	10 s.
Tiempo mantenimiento:	20 s.
Rampa de descenso:	5 s.
Tiempo de descanso:	25 s.
Intensidad:	nivel de contracción visible elevada sin provocar dolor (contracción resistida).
Tiempo de tratamiento:	la primera sesión 1-2 minutos, con el entrenamiento se llega progresivamente hasta 15 – 20 minutos.

Consideraciones: si durante la realización del entrenamiento el músculo se fatiga mucho habrá que bajar la intensidad de la corriente. Hay que diferenciar entre la fatiga física y la psíquica.

### 3. Trabajo sincrónico alternante.

Se programan los parámetros para la musculatura que se quiera trabajar, baja o media frecuencia.

Se colocan los electrodos en los músculos agonistas y antagonistas.

Se programa el trabajo sincrónico alternante.

## **EJERCICIOS**

### **Ejercicio 1**

Rellena la siguiente ficha de tratamiento que se realizaría en un paciente para el fortalecimiento del tríceps braquial con corrientes de baja frecuencia. Consulta para ello la bibliografía.

*Fase de entrenamiento:*

Colocación del paciente:

Tipo de electrodos:

Colocación de los electrodos:

Forma de la onda:

Frecuencia:

Duración de fase:

Rampa de ascenso:

Tiempo de mantenimiento:

Rampa de descenso:

Tiempo de descanso:

Intensidad:

Tiempo de tratamiento:

Periodicidad:

## SOLUCIONES

### Cuestiones

#### P. 164

1.

a) Se emplearía con el objetivo de ganar hipertrofia muscular. A nivel muscular vamos a conseguir un aumento de masa muscular, a nivel neural actuamos activando la vía neural que activa la segunda motoneurona con el grupo muscular (las primeras 4-8 semanas la ganancia de fuerza se debe al aumento de las conexiones neuromusculares, a partir de entonces a la hipertrofia del tejido).

b) El objetivo sería la reeducación funcional estimulando la musculatura de forma paralela a la realización de una actividad, en este caso la marcha con el fin de poder restablecerla.

c) El objetivo sería la reducción del edema, en este caso por inmovilidad de la zona. Las contracciones musculares generadas con EENM permitirán producir un efecto de bombeo que facilita la movilización de los fluidos retenidos facilitando el flujo sanguíneo.

d) El objetivo sería la relajación muscular. El bombeo muscular permitirá la relajación de la zona por el efecto mecánico de la estimulación y por la mejora del trofismo en la zona.

#### P. 167

1.

	<b>CV</b>	<b>EENM</b>
Orden de reclutamiento de las fibras musculares	1º fibras tipo I 2º fibras tipo IIA 3º fibras tipo IIB	1º fibras debajo de los electrodos (generalmente fibras tipo IIB)
Reclutamiento de las unidades motoras	Asincrónico	Sincrónico
Porcentaje máximo de activación de unidades motoras	70-90%	100%
Ganancia de fuerza	Gradual	Brusca
Aparición de fatiga	La fatiga se retrasa	La fatiga aparece antes
Tiempos de descanso	Menores	Mayores
Forma de producir sobrecarga	Empleando pesas	Empleando pesas y/o aumentando la intensidad de la corriente

2. a) iguales; b) menor; c) CV; d) EENM; e) Si.

**P. 176-177**

1.

Tipo de corriente	Si	NO
Baja frecuencia monofásica triangular		X
Baja frecuencia monofásica sinusoidal		X
Baja frecuencia rectangular bifásica simétrica	X	
TENS		X
Media frecuencia interferencial premodulada	X	
Media frecuencia interferencial verdadera	X	
Media frecuencia corriente rusa	X	

2. a) máxima / mínima; b) mayores; c) no; d) 80; e) ratio de encendido:apagado / intensidad; f) elevadas / bajas.

**P. 184**

1. a) Prevención o retraso de la atrofia del tejido neuromuscular afectado; b) Activación de las conexiones neuromusculares y mejora del trofismo.

2. Las corrientes rusas.

**Ejercicios**

1.

Para resolver este ejercicio debéis consultar el libro (PÁGINA 117): Maya Martín J, Albornoz Cabello M. Estimulación eléctrica transcutánea y neuromuscular. Barcelona. Elsevier. 2010.

Este libro se encuentra en la biblioteca y en la sala de prácticas.

La forma de la onda que se emplea en este caso es de baja frecuencia, pulsada, bifásica y rectangular.

La intensidad de trabajo se adaptará al nivel de intensidad que quiera programarse con el ejercicio.

# **TEMA 5. ELECTROESTIMULACIÓN MUSCULAR**

## TEMA 5. ELECTROESTIMULACIÓN MUSCULAR

### ÍNDICE

COMPETENCIAS .....	200
TEORÍA.....	201
VALORACIÓN .....	204
TRATAMIENTO .....	217
PRÁCTICA .....	224
EJERCICIOS .....	228
SOLUCIONES.....	228

### **COMPETENCIAS**

- Entender el fundamento y las bases teóricas de la estimulación eléctrica muscular (EEM).
- Realizar un protocolo de electroterapia para la valoración de la situación fisiológica de la unidad neuromuscular.
  
- Interpretar los resultados de la valoración de la situación fisiológica de la unidad neuromuscular.
- Planificar un protocolo de electroterapia para el tratamiento de una denervación.
- Explicar las precauciones que hay que tener al aplicar electroterapia en el tratamiento de un músculo denervado.



## TEORÍA

### 1. Fundamentos

#### 1.1. Definición EEM

La **Electroestimulación Muscular (EEM)** es una técnica de aplicación de estimulación eléctrica cuyo objetivo es la **evaluación**, el pronóstico y el **tratamiento** de lesiones de **denervación** producidas por una lesión nerviosa o enfermedad neurológica.

La EEM, además de ser una técnica de tratamiento, permite conocer el grado de afectación de la parálisis y qué músculos han perdido de forma definitiva su función gracias a la respuesta provocada por estímulos eléctricos, lo que se conoce como **electrodiagnóstico**.

#### 1.2. Lesión nerviosa/Denervación

Se puede definir como la interrupción de una vía nerviosa, quedando reducida la transmisión de impulsos nerviosos por esa vía.

##### 1.2.1. Clasificación de lesión nerviosa

Existen varias clasificaciones de lesión nerviosa para valorar la repercusión de la lesión y su evolución. Una de las primeras clasificaciones que aparecieron para describir este cuadro es la clasificación de **Seddon**:

- **Neuroapraxia**: Interrupción transitoria de la conducción nerviosa producida por una contusión, compresión o edema. Puede existir alteración de la vaina de mielina, pero normalmente es una lesión funcional sin afectación anatómica. La recuperación es espontánea, en días o semanas.
- **Axotnometesis**: Sección de axones con preservación del armazón conectivo y posibilidad de regeneración Walleriana. La gravedad de la lesión está relacionada con el número de axones seccionados. La recuperación es espontánea con buena actividad funcional (1-1,5 mm por día).
- **Neurotmesis**: Lesión más grave con sección completa del nervio. La función nerviosa degenera de forma secuencial tras la lesión (motora, propioceptiva, tacto, temperatura, dolor y componente simpático) y la recuperación nerviosa se refleja en sentido inverso.

No obstante, existen otras clasificaciones más útiles a nivel clínico como es la clasificación de **Sunderland**.

CLASIFICACIÓN DE LESIÓN NERVIOSA DE SUNDERLAND		
Grado de lesión	Características anatomopatológicas	Recuperación funcional
Tipo I	Equivalente a la neuropraxia.	Recuperación funcional completa al cabo de días o semanas.
Tipo II	El perineuro y el endoneuro están intactos, pero los axones están interrumpidos.	El tiempo de recuperación depende del nivel de lesión, generalmente meses.
Tipo III	El endoneuro está interrumpido, pero el perineuro está íntegro.	La recuperación funcional es incompleta, por fibrosis, degeneración de la neurona y cambios degenerativos del órgano diana.
Tipo IV	La integridad del nervio se debe al tejido cicatricial de sustitución.	La recuperación es mínima.
Tipo V	Equivalente a la neurotmesis.	La recuperación funcional espontánea no existe.

Figura 1. Clasificación de lesión nerviosa de Sunderland

Tabla 1. Clasificación de las lesiones nerviosas periféricas

Sunderland		Seddon				
		Mielina	Axón	«Endo»	«Peri»	«Epi»
I	Neuroplaxia	+				
II	Axonotmesis	+	+			
III		+	+	+		
IV		+	+	+	+	
V	Neurotmesis	+	+	+	+	+

El signo + significa afectación.

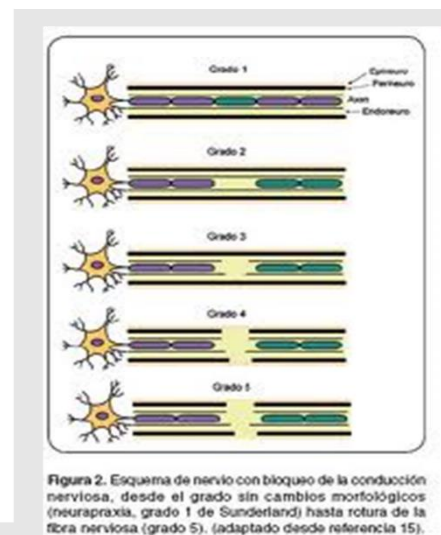


Figura 2. Esquema de nervio con bloqueo de la conducción nerviosa, desde el grado sin cambios morfológicos (neurapraxia, grado 1 de Sunderland) hasta rotura de la fibra nerviosa (grado 5). (adaptado desde referencia 15).

Figuras 2 y 3. Comparativa de las clasificaciones de Sedon y Sunderland

### 1.2.2. Consideraciones

Cuando un nervio se lesiona ocurre una lesión a nivel del axón. La parte distal del axón se degenerará por un proceso conocido como **degeneración walleriana**. La parte proximal del axón (conectada al soma de la neurona) se regenerará por un proceso conocido como **regeneración walleriana** (proceso que progresa de 1 a 2 mm al día). Tras la lesión se perderá el control motor del músculo y o la sensibilidad de la zona inervada por ese nervio y como consecuencia aparecerá atrofia y degeneración progresiva muscular según el tipo de lesión y su evolución. Por tanto:

- Existirá imposibilidad de contracción voluntaria por debajo del nivel de lesión (la musculatura afectada no se puede contraer fisiológicamente).

- Comenzará la aparición de atrofia: todo el músculo y las fibras musculares de forma individual reducen su tamaño.
- Comenzará la aparición de fibrosis muscular: se forma tejido fibroso entre las fibras musculares.
- Si la lesión nerviosa es temporal:
  - o El nervio reinervará al músculo para que éste reinicie progresivamente su tendencia o retorno a la normalidad.
  - o Cuando llega el nervio, si el músculo ha degenerado en tejido conectivo (fibrosis) las placas motoras tampoco pueden retomar su función y no servirá de nada que se haya establecido la conducción nerviosa.
- Respecto al tratamiento con electroterapia:
  - o No se puede provocar una contracción con el estímulo eléctrico que se utiliza normalmente para la EENM.
  - o Se buscará estimular las fibras motoras (generar un potencial de acción en las fibras tipo A $\alpha$ ) o directamente en el propio músculo (generar un potencial de acción en las fibras musculares directamente).

### 1.3. Objetivos de la EEM

- Analizar de forma no invasiva, fácil y bastante fiable, el estado y evolución de un músculo con denervación periférica. Según el tipo de lesión nerviosa existirá un mejor o peor pronóstico en cuanto a la evolución y recuperación del proceso de denervación.
- Determinar qué tipo de impulso eléctrico y sus correspondientes parámetros son los más adecuados para estimular un músculo denervado.
  - o A nivel muscular: la aplicación de EEM en musculatura denervada puede evitar, retrasar o revertir procesos de atrofia y fibrosis muscular.
  - o A nivel nervioso: la aplicación de EEM favorece el proceso de regeneración nerviosa (aunque hay resultados contradictorios sobre su efecto en procesos de regeneración nerviosa).

#### IDEA CLAVE

En la EEM vamos a:

1. Valorar la situación fisiológica del nervio inicialmente tras la lesión. Pero también se revisará periódicamente para valorar los resultados del tratamiento y adaptar el tratamiento a la situación fisiológica actual del nervio en cada momento.
2. Tratar al paciente con los parámetros obtenidos tras cada valoración (NO se programan los mismos parámetros de tratamiento durante toda la evolución de la patología, cada vez que se haga una valoración del nervio se emplearán los parámetros de tratamiento adaptándolos a dicha valoración).

## Cuestiones

1. A Alejandro le cayó una chapa metálica de gran tamaño en la pierna produciéndole fracturas múltiples en fémur y rótula y una sección parcial del nervio ciático poplíteo externo (CPE) a la altura de la cabeza del peroné. El paciente es hospitalizado, siendo diagnosticado mediante EMG a las tres semanas de un proceso de denervación parcial del nervio CPE.

A los dos meses después de producirse la lesión acude a recibir tratamiento fisioterápico en el gimnasio del hospital. Se le procede a realizar una valoración fisioterapéutica:

- Al pedirle la función activa de la musculatura que inerva el nervio CPE encontramos imposibilidad de realizar ni flexión dorsal activa ni eversión del pie.
- Además, el paciente presenta atrofia muscular en la musculatura de cara anteroexterna de pierna.
- Presenta hiperalgesia en la pierna describiendo cualquier roce como muy doloroso.

Razonamiento clínico

- a) ¿Qué ocurre cuando se produce una lesión nerviosa? ¿Qué estructuras se afectan?
- b) ¿Qué tipos de lesiones nerviosas existen? ¿Cuál crees que presenta tu paciente?
- c) ¿Cómo se produce el fenómeno de regeneración nerviosa? ¿Qué perspectiva de curación prevés que exista?
- d) En el caso de tu paciente, ¿qué musculatura es la que está afectada? ¿Cuáles serán tus objetivos de tratamiento?

## 2. Valoración de la situación fisiológica nerviosa

### 2.1. Electromiografía y electroneurografía

La electromiografía (EMG) y electroneurografía (ENG) son los estudios destinados a conocer el funcionamiento del sistema nervioso periférico:

- La EMG se utiliza para estudiar enfermedades y trastornos que afectan a los músculos y para evaluar el estado de los nervios que controlan la musculatura.
- La ENG consiste en el estudio de la conducción de las fibras nerviosas, motoras y sensitivas, evaluándose básicamente la integridad y la función de los nervios periféricos del organismo.

### 2.2. Electrodiagnóstico por estimulación eléctrica

Es el conjunto de procedimientos de **exploración eléctrica** que ofrece información sobre la excitabilidad neuromuscular y aporta información sobre el grado de afectación del sistema nervio-músculo, el estado de la lesión y su evolución.

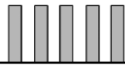

Es el método que vamos a emplear en fisioterapia como valoración antes del tratamiento y durante la evolución del proceso de regeneración.

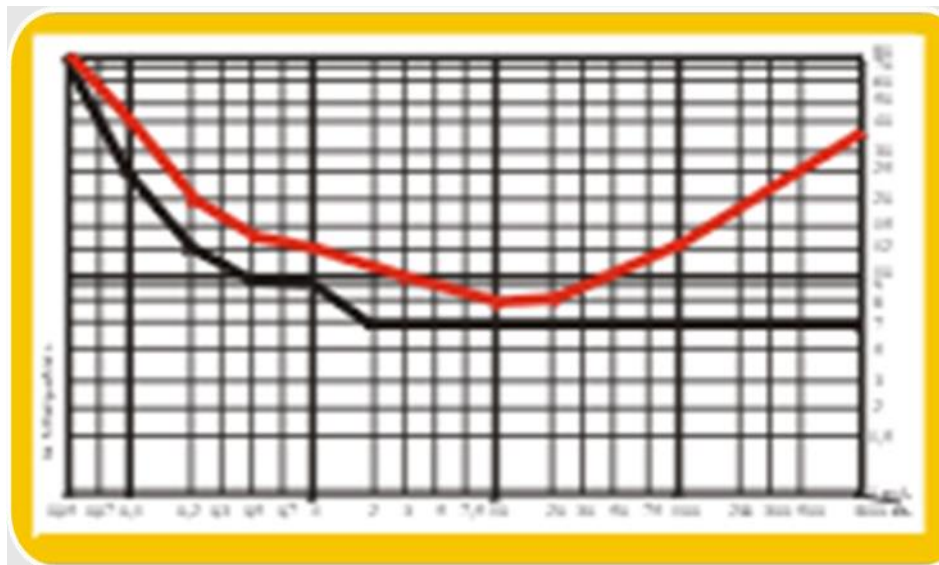
### 2.2.1. Tipos de curvas e impulsos

Para hacer el electrodiagnóstico por estimulación eléctrica se hace una gráfica donde se representan dos curvas.

El fundamento para realización de ambas curvas es el mismo, se representa el resultado de buscar la intensidad mínima a la que se observa una respuesta muscular a diferentes duraciones de fase. Luego lo que se está haciendo es representar **curvas intensidad/duración de fase (curvas I/DF)** (NOTA: en la bibliografía nos podemos encontrar que se hace referencia a curvas I/t, considerando t no como tiempo sino como duración de fase).

La diferencia entre las dos curvas es la forma del impulso que se va a emplear al realizar estas curvas:

- **Curva de impulsos rectangulares (CIR):** impulsos monofásicos rectangulares (línea negra). 
- **Curva de impulsos triangulares (CIT):** impulsos monofásicos triangulares (línea roja). 



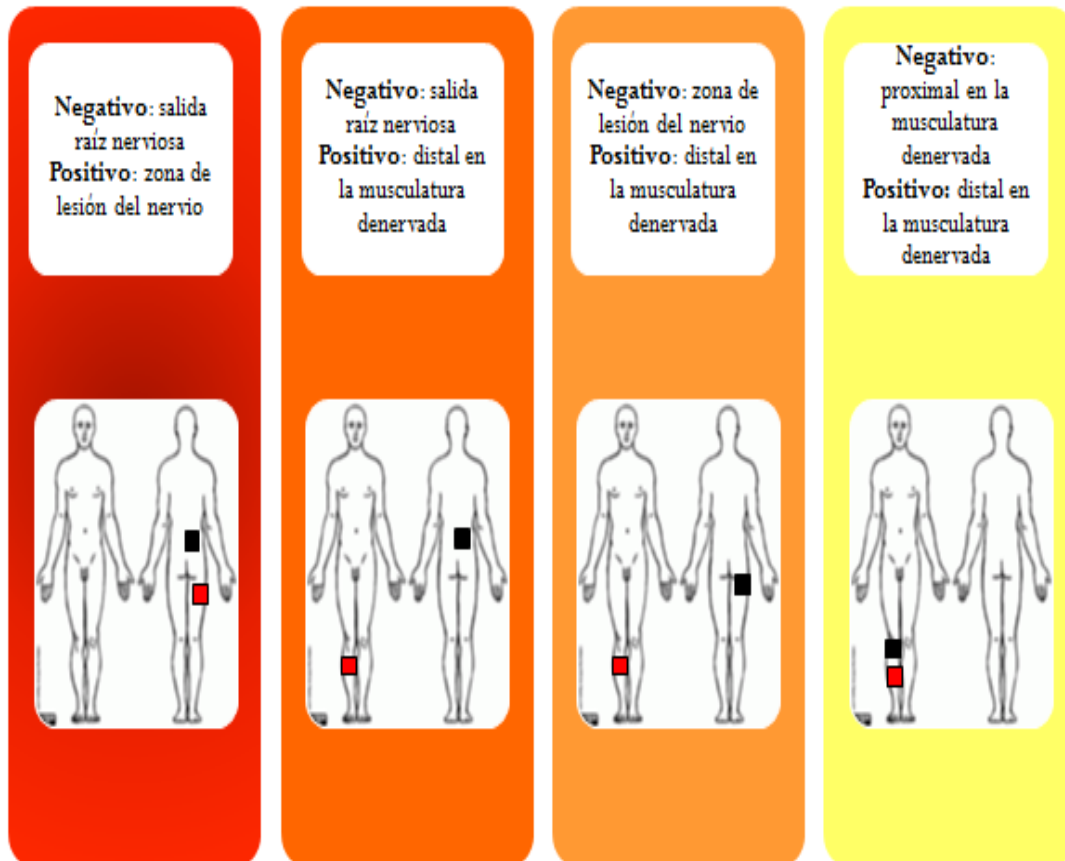
Eje X: duración de fase (tiempo): de 1000 ms a 0,05 ms (se hace de derecha a izquierda).

Eje Y: intensidad (mA): de 0 a 80 mA. Se registra la intensidad mínima a la que el músculo se contrae (NOTA: de determinará considerando la mínima contracción visible, durante 3 impulsos consecutivos, y a esa intensidad).

### 2.2.2. Consideraciones previas para la realización de las curvas I/DF

- Tipo de electrodos:
  - o De caucho con almohadillas.
  - o De lápiz con almohadilla.
- Tipo de método:
  - o Método bipolar: se emplea el mismo tamaño de electrodos siendo utilizado para exploraciones amplias.
  - o Método monopolar: se emplea un tamaño diferente de electrodos siendo utilizado para exploraciones restringidas. Es habitual cuando la zona de afectación es pequeña. El electrodo pequeño servirá para hacer la valoración en la zona de afectación (recordad que por el efecto punta cuando dos electrodos son de diferente tamaño la carga se acumulará en el de menor tamaño –mayor densidad de corriente–).
- Polaridad de electrodos:
  - o Negativo: colocado en la parte proximal.
  - o Positivo: colocado en la parte distal.
- Colocación de electrodos. Existen 4 posibilidades:
  - o Negativo: salida raíz nerviosa.  
Positivo: zona de lesión del nervio.
  - o Negativo: salida raíz nerviosa.  
Positivo: distal en la musculatura denervada.
  - o Negativo: zona de lesión del nervio.  
Positivo: distal en la musculatura denervada.
  - o Negativo: proximal en la musculatura denervada.  
Positivo: distal en la musculatura denervada.

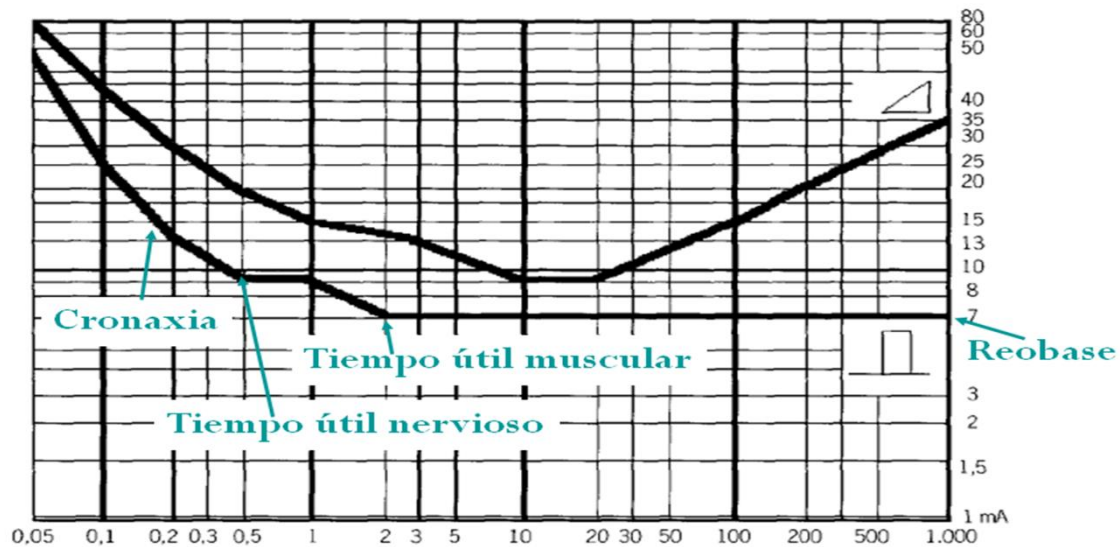
No existe una regla fija para decidir qué colocación elegir, pero si se quiere trabajar el nervio motor al menos un electrodo tendrá que estar colocado sobre el nervio, y si se quiere centrar el tratamiento más en la musculatura al menos un electrodo deberá colocarse sobre la musculatura denervada.



### 2.2.3. Curva de impulsos rectangulares (CIR)

Es la curva obtenida con la exploración a partir de **impulsos monofásicos rectangulares** de subida rápida y bajada rápida. En esta curva se produce la estimulación **todo o nada** del músculo (contracción si-no del mismo). Si nos fijamos en el tipo de impulso, debido a su forma rectangular, cuando pasa la corriente llega en 0 segundos al valor de intensidad programado, está durante el tiempo que dura la duración de fase al valor de intensidad programado y alcanza el valor 0 de intensidad también en 0 segundos (es un tipo de estímulo brusco, no progresivo). Esta forma de impulso es la responsable de esa respuesta todo o nada del músculo (cuando a continuación veáis la curva de impulsos triangulares podréis entender la diferencia con los estímulos de impulsos triangulares).

**IMPORTANTE:** Cuando un músculo está denervado su capacidad de respuesta todo-nada se encuentra disminuida. Es por ello que a la misma duración de fase se necesitan valores **mayores** de intensidad para contraer ese músculo.



- Los parámetros que vamos a buscar en dicha curva son:
  - **Reobase** (mA): es la intensidad mínima necesaria para producir una contracción muscular con un impulso rectangular monofásico a una duración de impulso de 1000 ms.
  - **Tiempo útil muscular** (ms): es la duración del impulso más pequeña a la que se observa una contracción del músculo con una intensidad igual a la de la reobase. Es la duración de impulso óptimo para emplear como tratamiento directamente cuando se hace el tratamiento con impulsos rectangulares sobre la fibra muscular.
  - **Tiempo útil nervioso** (ms): es el tiempo de impulso óptimo para emplear como tratamiento directamente sobre la fibra nerviosa (difícil de hallar en muchas ocasiones siendo menos utilizado que el tiempo útil muscular).
  - **Cronaxia** (ms): valor de tiempo que viene dado por el doble del valor de la reobase (este punto se calcula multiplicando la reobase por 2 y extrapolando en la curva ese valor de intensidad en valor de duración de fase. MUY IMPORTANTE: NO es el valor de la reobase x 2 sino la duración de fase a la cual el valor de la intensidad es dos veces el de la reobase). Da información sobre la capacidad de respuesta del músculo. Conforme aumenta la cronaxia la capacidad de respuesta muscular será menor (puedes consultar el valor normal del músculo en la tabla 1 o podrías hacer la comparación con el lado sano del paciente):
    - Débilmente afectado: valor normal x 3.
    - Moderadamente afectado: valor normal x 6.
    - Muy afectado: valor normal x 30.
    - Totalmente afectado: valor normal x 30 o más.



Tabla 1. Valores medios de cronaxia en fibra normal

Músculo	Cronaxias en $\mu$ s
Trapezio Pectoral Dorsal ancho Deltoides Bíceps Supinador largo	100 - 150
Tríceps Radiales Flexores muñeca y dedos Hipotenares	200 - 250
Extensores muñeca y dedos Tenares	300 - 400
Glúteos Tensor facial lata Cuádriceps Abductores cadera	100 - 150
Tibial anterior	
Peroneos Extensores dedos	250 - 300
Bíceps sural Gemelos	400 - 500
Abdominales	100 - 150

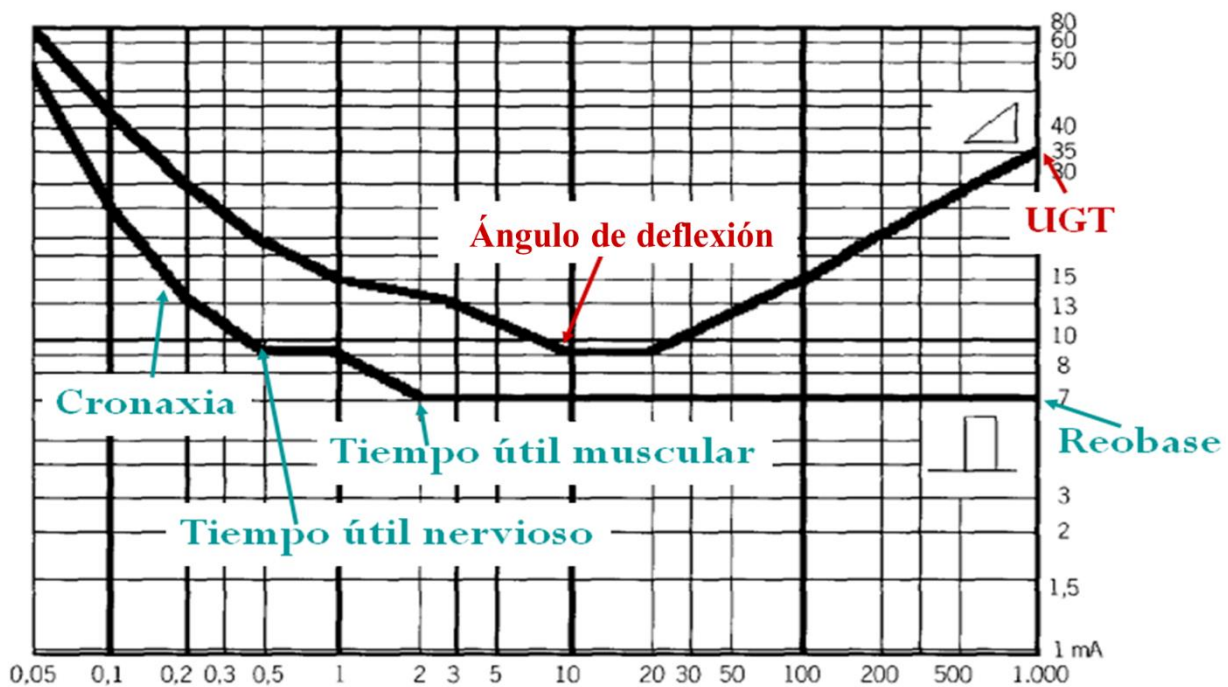
#### 2.2.4. Curva de impulsos triangulares (CIT)

Es la curva obtenida con la exploración a partir de **impulsos monofásicos triangulares** de subida progresiva y bajada rápida. Con estos impulsos se valora la acomodación del nervio. Si nos fijamos en el tipo de impulso, debido a su forma triangular, la corriente llega al valor de intensidad programado cuando ha transcurrido un tiempo igual al de la duración de fase del impulso y entonces vuelve al valor 0 de intensidad en un tiempo de 0 segundos (subida progresiva y bajada brusca). Esta forma del impulso permite valorar la capacidad de acomodación del músculo ya que como ya sabéis cuando un estímulo es progresivo el umbral de activación se eleva (se requiere un estímulo de mayor intensidad para provocar la respuesta del músculo).

**IMPORTANTE:** Cuando un músculo está denervado su capacidad de acomodación se encuentra disminuida. Es por ello que a la misma duración de fase se necesitan valores **menores** de intensidad para contraer ese músculo (al no haber acomodación o estar disminuida el músculo se contrae antes, con estímulos menores).

Asimismo, la despolarización será diferente si es un impulso de duración de fase grande o pequeña. Si nos fijamos en la forma fisiológica normal de una curva CIT, tiene forma de valle con tres partes diferenciadas: 1) En un impulso triangular de gran duración (por ejemplo 1000 ms, parte derecha de la curva, curva descendente) la pendiente es menor y la despolarización de las fibras denervadas no se produce mientras sube la intensidad

progresivamente sino cuando cesa bruscamente por una diferencia de potencial. Es por ello que se requieren intensidades mayores para generar la mínima contracción visible; 2) En el caso de impulsos triangulares de duración de fase medios (parte central de la curva, corresponde al "valle" de la curva), la pendiente va aumentando y la despolarización sí se produce durante la subida de la intensidad requiriéndose menor intensidad para ello. Es por ello que se requieren valores de intensidad menores para provocar la respuesta muscular; 3) Cuando la duración de fase es de muy corta duración (parte de la izquierda de la curva, curva ascendente), la pendiente del triángulo aumenta aún más y el estímulo tiene una forma muy similar a un estímulo rectangular. Es por ello que la curva va prácticamente paralela a la curva CIR en esa zona y la estimulación es prácticamente todo-nada, necesitando intensidades cada vez mayores para conseguir la despolarización.



Los parámetros que vamos a buscar en dicha curva son:

- **Umbral Galvano Tétano (UGT)** (mA): es la intensidad mínima necesaria para producir una contracción muscular con un impulso triangular monofásico a una duración de impulso de 1000 ms.
- **Ángulo de deflexión** (ms): valor de tiempo correspondiente al punto donde la curva termina de descender para comenzar de nuevo el ascenso (ATENCIÓN: NO corresponde con el mínimo de la curva sino que entre los valores mínimos de intensidad se selecciona aquel que tiene menor duración de fase). Es la duración de fase óptima para emplear como tratamiento cuando se hace el tratamiento con impulsos triangulares. Por tanto, el ángulo de deflexión refleja el punto donde coinciden dos efectos:

- Mínima intensidad con mejor respuesta.
- Mínima reacción de acomodación.

### 2.2.5. Coeficiente de acomodación:

El coeficiente de acomodación es el cálculo entre el **cociente** de los parámetros de **umbral galvano tétano** (UGT) y **reobase**. En función de los valores obtenidos se puede hablar de varios estados:

- Normalidad: entre 2,5 – 6 (algunos autores entre 3-6)
- Denervación parcial: 2,4 – 1,2
- Denervación completa: < 1,2
- Hiperexcitabilidad: > 6

### 2.2.6. Realización de las curvas I/DF

Se comienza por el trazado de la **curva de impulsos rectangulares** de forma que seleccionamos inicialmente en el aparato impulsos rectangulares con 1.000 ms de duración de impulso y un espacio entre ellos de 1 a 3 s (suficiente como para considerarlos aislados entre sí). Se aumenta la intensidad lenta y progresivamente hasta detectar unas leves pero claras contracciones musculares (mínima contracción visible), momento en el que tomaremos nota de la intensidad marcada por el miliamperímetro para trasladarla a la gráfica, mediante un punto en la coordenada donde se cruzan la vertical a la duración de fase elegida en ms y la horizontal a la intensidad en mA.

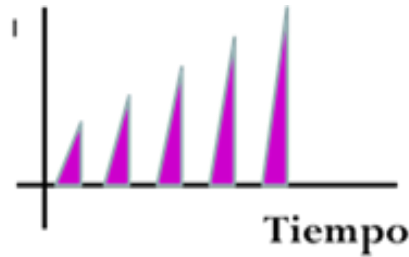
Sucesivamente, se repite lo mismo con otra duración de fase inmediatamente inferior hasta completar los señalados en la gráfica con sus puntos correspondientes, los cuales se unirán con una serie de rectas sucesivas.

Hacemos lo mismo para obtener la **curva de impulsos triangulares** hasta completarla, a la que llamaremos de acomodación o de subida progresiva. Se dibujará en la misma gráfica.

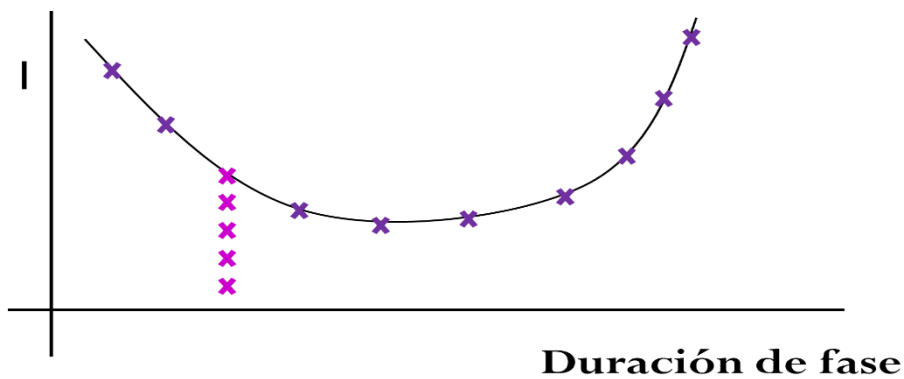
Independientemente de que se esté realizando la CIR o la CIT (lo único que cambia en cada curva es la forma del impulso, la dinámica de realización es la misma), para calcular cada punto habrá que:

1º Programar la duración de impulso que se quiere valorar (se comienza por 1000 ms y se va disminuyendo progresivamente a 700 ms, 500 ms...).

2º Subir la intensidad de forma progresiva. Fijaros que para una misma duración de fase cada vez que se suba la intensidad lo que estamos haciendo es que el impulso vaya aumentando en altura. Representado en una curva I/t para cada duración de fase sería:



En el momento en que se observe la mínima contracción (es una contracción apenas visible) esperaremos a que pasen en total tres impulsos que nos permitan observar tres veces esa contracción (esto permitirá confirmar que la contracción es real y no una contracción parásita). Cuando aparezca tres veces esa mínima contracción visible determinaremos que ese es el valor de la intensidad para la duración de fase a la que hemos programado el aparato y pondremos ese valor en la curva intensidad versus duración de fase (las cruces de color rosa señalan los impulsos representados en la figura de arriba):



3º Una vez determinado el punto pasaremos a repetir el mismo proceso a una duración de impulso menor.

4º Se comienza haciendo la valoración de la CIR y a continuación de la CIT.

**IDEA CLAVE**

La curva CIR valora la respuesta del todo o nada y la curva CIT valora la capacidad de acomodación. En ambas curvas se obtienen valores necesarios para valorar la situación de denervación y su evolución, así como los parámetros más adecuados para el tratamiento.

**Ejemplo (Parte 1):**

Carlos sufre un golpe en la rodilla derecha a la altura del cuello de peroné. Acude al Servicio de Urgencias y tras valoración médica y mediante pruebas diagnósticas (EMG) se le diagnostica de una paresia del nervio ciático poplíteo externo que cursa con discreta denervación de la musculatura distal y pérdida de unidades motoras funcionantes (neuropatía axono-desmielinizante). También se valora la fuerza muscular de la musculatura implicada: **Tibial anterior 0/5 y Peroneos 3/5.**

Al paciente se le realiza una valoración fisioterapéutica realizando primero la curva de impulsos rectangulares (CIR) y a continuación la curva de impulsos triangulares (CIT). Realizar la valoración de la CIT resulta complicado porque el paciente casi no tolera ese tipo de estímulos.

Estos son los resultados:

Tiempo (ms)	CIR	CIT
1000	18	26,2
700	18	25,8
500	18	23,3
300	18	21,0
200	18	17,3
100	18	21,6
70	18	22,8
50	24,3	29,5
30	25,7	34,3
20	28,5	46,1
10	37,5	52,7
5	41,8	65,3
2	43,2	70,9
1	47,7	76,7
0,5	51,1	-
0,2	55,1	-
0,1	70,5	-
0,05	-	-

Reobase: 18 mA  
 Tiempo útil: 70 ms  
 Cronaxia: 10 ms  
 (entre 10-20 ms cualquier valor es válido)  
 UGT: 26,2 mA  
 Ángulo de deflexión: 200 ms  
 Coeficiente de acomodación: =  
 $26,2 / 18 = 1,45$  Denervación  
 parcial (2,4 – 1,2)

Tipo de electrodos: de caucho 4x6 con almohadillas.

Tipo de método: método bipolar: mismo tamaño de electrodos.

Colocación y polaridad de electrodos: se podría usar cualquiera de las 4 posibilidades, pero la más usada es directamente los dos electrodos sobre la musculatura denervada, en este caso sobre el músculo más afectado: tibial anterior. NOTA: considerad que en este caso no se estaría trabajando el resto de la musculatura afecta, habría que valorar si hacer una colocación donde al menos un electrodo se sitúe dentro del recorrido del nervio para activar todo el conjunto neuromuscular.

Polaridad de electrodos: negativo: parte proximal tibial anterior; positivo: parte distal tibial anterior.

### 2.2.7. Interpretación de los resultados

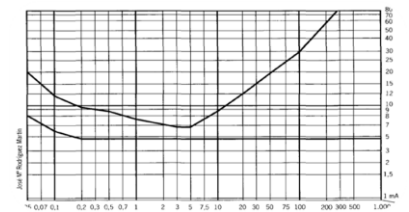
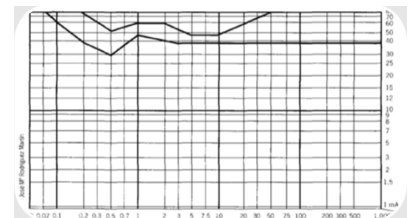
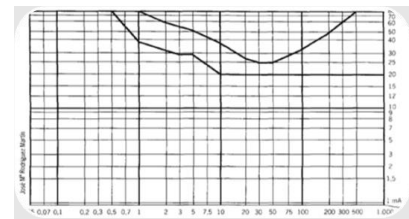
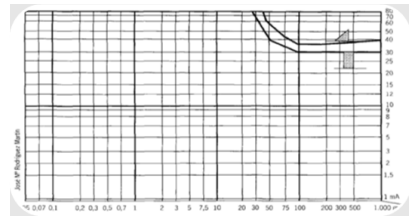
Las curvas I/DF de un músculo normal son distintas de las curvas de otro músculo afectado por alguna patología y dentro de ellas podremos valorar:

- Tipo y grado de lesión.
- Tipo de estímulo más adecuado para tratamiento y parámetros.
- Evolución de la situación de denervación.

En músculos denervados las curvas I/DF se desplazan hacia arriba y a la derecha. A mayor denervación, mayor desplazamiento a la derecha.

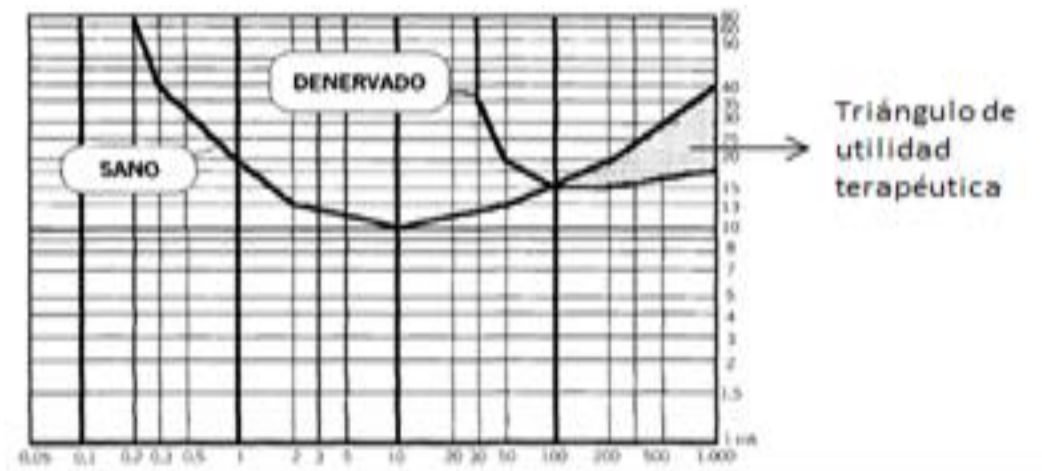
A continuación, se muestran gráficos de diferentes situaciones patológicas:

- **Denervación severa:** denervación total: ambas curvas transcurren prácticamente juntas presentándose arriba y a la derecha del gráfico: pérdida de capacidad de acomodación.
- **Denervación parcial:** las curvas están desplazadas ligeramente arriba y a la derecha.
- **Fibrosis muscular:** curvas en la parte alta de la gráfica con existencia de escalones. La reobase es alta, aunque parece que hay buena acomodación y los valores de cronaxia son normales.
- **Hiperexcitabilidad:** a consecuencia de lesiones de SNC o lesión de primera motoneurona: la cronaxia se sitúa fuera de la gráfica y la curva se desplaza hacia la izquierda.



Otra posibilidad a nivel diagnóstico es la obtención **del triángulo de utilidad terapéutica**. Este triángulo se obtiene tras la realización de dos curvas de impulsos triangulares, una correspondiente a la musculatura denervada y otra correspondiente a la musculatura sana. Estas curvas se cruzan de tal forma que aparece una zona delimitada por el trazado de la curva de la musculatura sana y el trazado de la musculatura afecta.

Los parámetros de los impulsos que estén dentro de dicho triángulo se pueden emplear para el tratamiento de la musculatura patológica ya que solo ésta responderá al estímulo (la musculatura sana no responde dado que no se ha superado su umbral de respuesta).



#### IDEA CLAVE

Tras la realización de la prueba de electrodiagnóstico, la representación de las curvas CIR y CIT ofrece una relevante información del estado de excitabilidad del sistema neuromuscular. De esta forma, se puede llegar a establecer conclusiones sobre el estado de la lesión y de su evolución viendo la forma de esas curvas en el gráfico.

Además de ello, deberemos obtener para una correcta evaluación valores claves como son el coeficiente de acomodación y la cronaxia.

#### Cuestiones

1. En la historia clínica de Alejandro queda reflejado que se le ha realizado una EMG donde se le diagnostica una lesión parcial del nervio CPE. Esta prueba médica permite confirmar la presencia de la lesión nerviosa. Sin embargo, para poder hacer un tratamiento con electroterapia deberemos antes hacer una valoración fisioterapéutica.

Al paciente se le realiza una valoración fisioterapéutica realizando primero la curva de impulsos rectangulares (CIR) y continuación la curva de impulsos triangulares (CIT). Realizar la valoración de la CIT resulta complicado porque el paciente casi no tolera ese tipo de estímulos.

Valoración fisioterapéutica mediante electrodiagnóstico:

- a) Indica, para este paciente el tipo de electrodos que emplearías, lugar de colocación de los electrodos y polaridad de estos.

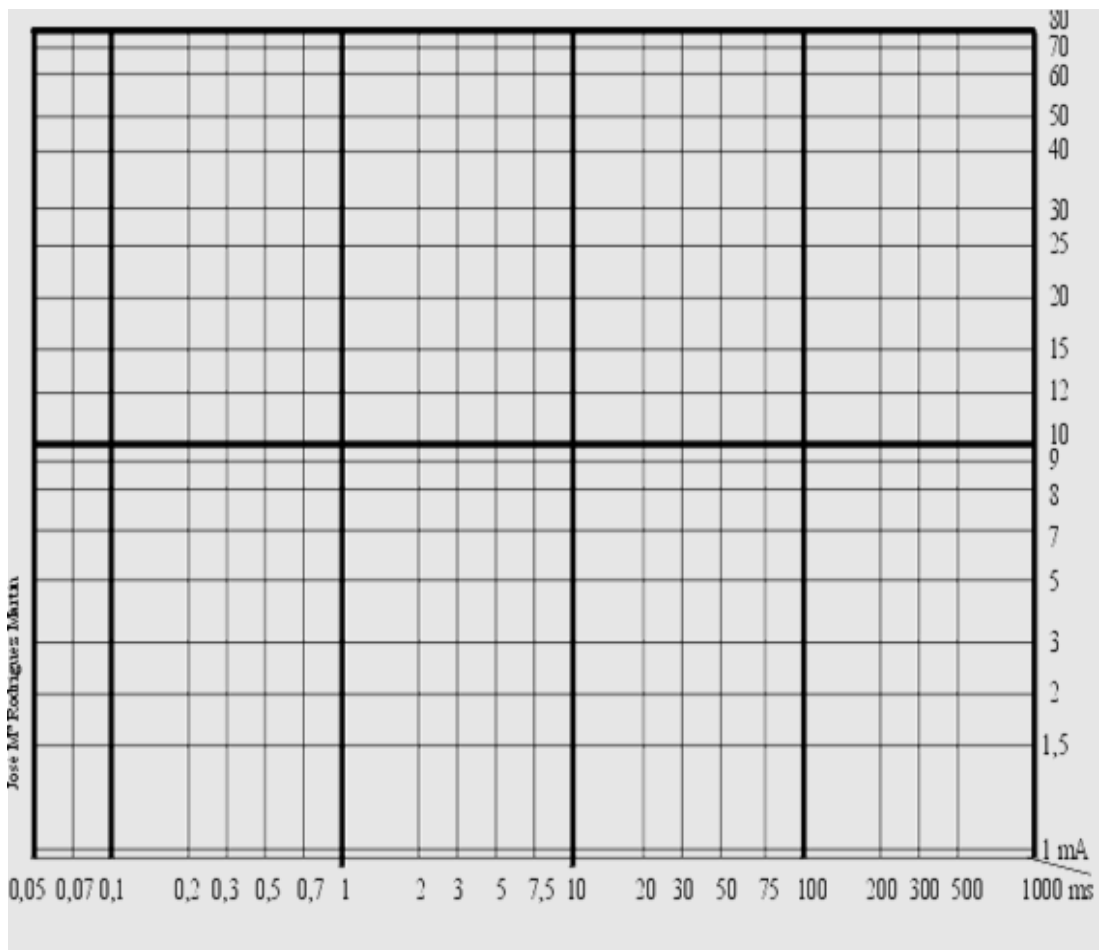
Tipo de electrodos:

Colocación de electrodos:

Polaridad de electrodos:

- b) Haz una representación gráfica de ambas curvas teniendo en cuenta los siguientes resultados que se han obtenido tras la realización de las curvas CIR y CIT.

Tiempo (ms)	CIR	CIT
1000	34,7	42,5
700	34,7	41
500	34,7	39,8
300	34,7	37,3
200	34,7	38,6
100	39,4	49,3
70	45,2	57
50	56,8	68,5
30	64,5	76,8
20	77,6	
10		
5		
2		
1		
0,5		
0,2		
0,1		
0,05		





- c) Indica para tu paciente los valores de:
- Reobase =
  - UGT =
  - Tiempo útil =
  - Ángulo de deflexión =
  - Cronaxia =
  - Coefficiente acomodación =
- d) Teniendo en cuenta la gráfica y los valores hallados, ¿cuál es la situación fisiológica del nervio? ¿Coinciden estos resultados con el déficit funcional del paciente y con su afectación sensitiva?
- e) La prueba de la EMG, ¿coincide con la valoración fisioterapéutica?

### 3. Tratamiento mediante EEM

En el tratamiento con EEM se emplean impulsos monofásicos aislados. La razón de emplear **impulsos monofásicos aislados** se debe a que la fibra denervada además de perder la posibilidad de acomodación también pierde velocidad en todas sus reacciones electroquímicas de membrana (respuesta de acomodación, falta de repolarización, etc.). Y por ello se requiere tiempos de descanso de entre 1 y 5 segundos para que pueda producirse la repolarización de la membrana.

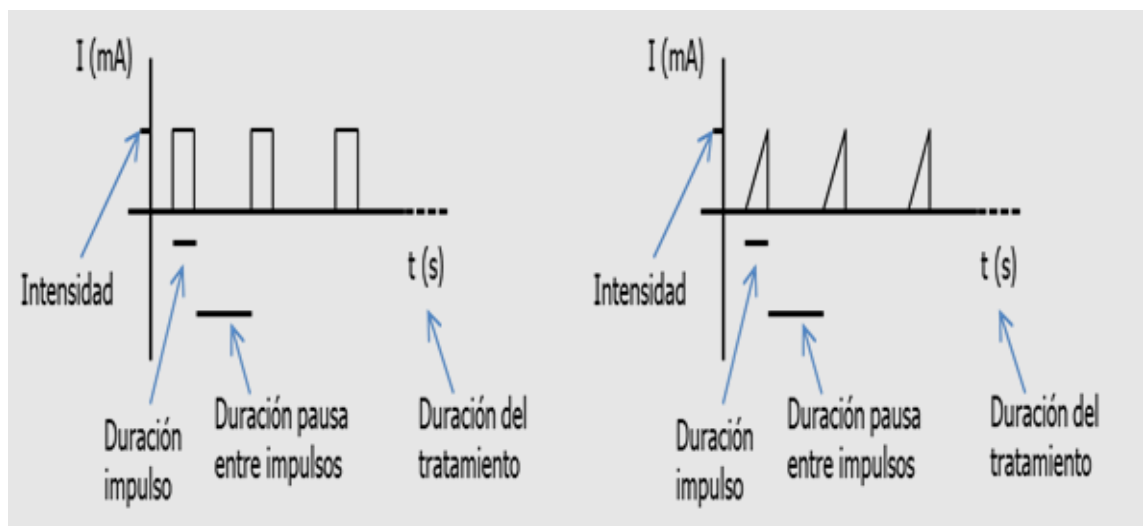
Existen estudios que también emplean impulsos bifásicos con resultados favorables, pero con este tipo de impulsos no se pueden realizar las curvas de diagnóstico I/DF.

En este apartado vamos a mostrar qué decisión en cuanto a tipo de impulsos y parámetros tomaremos tras la realización del electrodiagnóstico para el tratamiento con corrientes de impulsos monofásicos. La siguiente tabla muestra la diferencia entre las fibras normales y las fibras denervadas, importante para entender el comportamiento de la fibra en situación de denervación:

Fibra normal	Fibra denervada
Responden a impulsos cortos y de baja intensidad	Requieren impulsos largos de elevada intensidad
Tardan poco en repolarizarse (10 a 30 ms)	La membrana tarda mucho en repolarizarse (se retrasa hasta 2, 3 ó 4 segundos)
Se acomoda fácilmente	Pierde la capacidad de acomodarse
Responde mejor a la forma cuadrangular que a la triangular	Responde prácticamente igual a pulsos cuadrangulares que a triangulares
Podemos conseguir contracciones mantenidas durante unos segundos con trenes o ráfagas de pulsos	Nos veremos obligados a trabajar la musculatura con pulsos aislados, dado que no permiten la contracción mantenida de la fibra

### 3.1. Elección de tipo de impulso y parámetros de tratamiento

A la hora de elegir entre impulsos monofásicos rectangulares o triangulares tendremos que valorar la forma de la onda con la que queremos trabajar según las ventajas y limitaciones que aporta cada una de ellas, así como programar los diferentes parámetros de tratamiento ajustados a dicha onda según los resultados obtenidos en la valoración previa del paciente.



- **Impulsos monofásicos rectangulares:** no son selectivos ya que estimulan tanto a las fibras sanas como a las denervadas, pero son más confortables.
  - o Duración del impulso: se toma el valor más favorable obtenido tras la realización de la curva CIR. Este será siempre igual tiempo útil:
    - Muscular: se emplea para el tratamiento de la fibra muscular. Es el que se emplea habitualmente ya que es más fácil de hallar tras la realización del electrodiagnóstico y normalmente se estimula directamente la musculatura denervada.
    - Nervioso: se emplea para el tratamiento de la fibra nerviosa.
  - o Duración de la pausa entre impulsos: teóricamente como mínimo se debe programar 100 veces la cronaxia pero no se utiliza este criterio ya que suele ser insuficiente. En la práctica se programan tiempos 1 y 5 s que se adaptan según el coeficiente de acomodación: los valores son cercanos a 1,2 se programan pausas mayores, de 5 s, y según mejora la situación de denervación se va disminuyendo este tiempo (ver tabla 2).

Tabla 2. Relación coeficiente de acomodación- duración de pausa

Coeficiente de acomodación	Duración de la pausa
1-1,2	5 s
1,3-1,6	4 s
1,6-1,9	3 s
2,0-2,2	2 s
2,3-2,4	1 s

- o Intensidad: estará comprendida entre el umbral de estimulación motora y el umbral de tolerancia del paciente. La contracción terapéutica suficiente es la equivalente a programar el doble de la intensidad necesaria para provocar una contracción mínima. En el caso de impulsos rectangulares como máximo se programará el doble de la reobase (se sube la intensidad hasta el nivel motor máximo justo antes del umbral de tolerancia). Se debe acompañar de una contracción voluntaria si la denervación es parcial, o imaginaria si es total.
- o Duración del tratamiento: dependerá del grado de agotamiento del músculo o grupo muscular lesionado. Finalizará cuando la calidad de la

contracción disminuya. En cualquier caso, el tratamiento no debe superar los 10 minutos.

- Tipo de electrodos, polaridad y colocación de los electrodos: igual que lo utilizado para la realización de las curvas I/DF.
- **Impulsos monofásicos triangulares:** estos impulsos son específicos y selectivos ya que sólo actúan sobre las fibras denervadas ya que las fibras inervadas se acomodan a ellos, sin embargo, en ocasiones no son tolerados por el paciente.
  - Duración del impulso: se toma el valor más favorable obtenido tras la realización de la curva CIT. Este será siempre igual al tiempo de paso de la corriente más corto que corresponde con el ángulo de deflexión.
  - Duración de la pausa entre impulsos: teóricamente como mínimo se debe programar 100 veces la cronaxia pero no se utiliza este criterio ya que suele ser insuficiente. En la práctica se programan tiempos 1 y 5 s que se adaptan según el coeficiente de acomodación: los valores son cercanos a 1,2 se programan pausas mayores, de 5 s, y según mejora la situación de denervación se va disminuyendo este tiempo (ver tabla 2).
  - Intensidad: estará comprendida entre el umbral de estimulación motora y el umbral de tolerancia. La contracción terapéutica suficiente es la equivalente a programar el doble de la intensidad necesaria para provocar una contracción mínima. En el caso de impulsos triangulares como máximo se programará el doble de la intensidad correspondiente al ángulo de deflexión (se sube la intensidad hasta el nivel motor máximo justo antes del umbral de tolerancia). Se debe acompañar de una contracción voluntaria si la denervación es parcial, o imaginaria si es total.
  - Duración del tratamiento: dependerá del grado de agotamiento del músculo o grupo muscular lesionado. Finalizará cuando la calidad de la contracción disminuya. En cualquier caso, el tratamiento no debe superar los 10 minutos.
  - Tipo de electrodos, polaridad y colocación de los electrodos: igual que lo utilizado para la realización de las curvas I/DF.

### 3.2. Pautas de tratamiento

- Tras la realización de las curvas I/DF se debe iniciar el tratamiento de forma precoz.
- Durante los 6 primeros meses se realizan sesiones de tratamiento de lunes a viernes.

- A continuación, se pautan sesiones alternando 15 días de tratamiento y 15 días de descanso. De esta forma se busca que el sistema nervioso del paciente pueda trabajar sin la estimulación externa de forma autónoma. Con el tiempo se van aumentando progresivamente los tiempos de descanso hasta 1 mes de tratamiento - 1 mes de descanso.

El aumento del tiempo de descanso se valora con el diagnóstico: si la curva sigue mejorando se aumenta el tiempo de descanso.

#### IDEA CLAVE

A la hora de elegir tipo de impulsos y parámetros para el tratamiento habrá que tener en cuenta el estado del sistema neuromuscular y la tolerancia del paciente.

Los impulsos monofásicos rectangulares no son selectivos y estimulan tanto fibras inervadas como denervadas, siendo más confortables.

Los impulsos monofásicos triangulares son selectivos ya que sólo estimulan las fibras denervadas (se produce la acomodación de las inervadas), pero son menos tolerables.

#### **Ejemplo (Parte 2):**

**Queremos tratar a Carlos (continuación del ejemplo) tras la realización de las curvas I/DF. A continuación, se muestra el tipo de impulso y los parámetros elegidos junto a su justificación.**

Colocación del paciente: decúbito supino.

Tipo de método: método bipolar: mismo tamaño de electrodos.

Tipo de electrodos: de caucho 4x6 con almohadillas porque la corriente presenta efectos polares.

Colocación y polaridad de los electrodos: se podría usar cualquiera de las 4 posibilidades. Una muy usada es colocar directamente los dos electrodos sobre la musculatura denervada, en este caso sobre el músculo más afectado, el tibial anterior (flexor de tobillo). Colocaremos un electrodo proximal (-) y otro distal (+) ambos sobre el vientre muscular del musculo tibial anterior. En todo caso la colocación será la misma que la empleada durante la valoración.

Forma de la onda: impulsos monofásicos rectangulares: son menos selectivos, pero más confortables y el paciente casi no toleraba la valoración con impulsos triangulares.

Duración de fase: 70 ms (tiempo útil muscular).

Tiempo de descanso: Siguiendo el criterio de la tabla de relación del coeficiente y pausa de descanso, el tiempo será de 4 s ya que el coeficiente de acomodación del paciente es de 1,45.

Intensidad: entre 18 y 36 mA ya que debe ser un valor comprendido entre la reobase y el doble de la reobase. Se programará la máxima intensidad que se pueda según la tolerancia del paciente. Se debe acompañar de una contracción voluntaria ya que hay una denervación parcial.

Tiempo de tratamiento: dependerá del grado de agotamiento del músculo o grupo muscular lesionado, finalizará cuando la calidad de la contracción disminuya. En cualquier caso, el tratamiento no debe superar los 10 minutos.

Pauta de sesiones: los 6 primeros meses se realizará un tratamiento de lunes a viernes. A continuación, se pautarán 15 días de tratamiento y 15 días de descanso. Con el tiempo se irán aumentando progresivamente los tiempos de descanso hasta 1 mes de tratamiento - 1 mes de descanso. Para determinar si se aumenta el tiempo se realizará periódicamente el diagnóstico de nueva: si la curva sigue mejorando se aumenta el tiempo de descanso.

#### 4. Consideraciones

- Dados los efectos polares de los impulsos monofásicos habrá que:
  - o Comprobar la integridad de la piel.
  - o Mantener una correcta hidratación de la esponja para favorecer la conductividad eléctrica para minimizar la aparición de efectos polares.
  - o Asegurar una presión uniforme y constante entre los electrodos y la superficie del paciente.
  - o Le podemos indicar cremas al paciente que puede utilizar para minimizar los efectos sobre la piel.
- Es necesario revalorar haciendo de nuevo una curva CIR y una CIT cada mes o mes y medio. Esto nos permitirá evaluar la evolución de la situación de denervación para:
  - o Ver si hay mejoría o no en la evolución del paciente. Si no hay mejoría tras dos evaluaciones habrá que abandonar el tratamiento ya que no está dado resultados.
  - o Adaptar los parámetros de tratamiento a la situación fisiológica actual del paciente.
  - o Determinar si se amplían los periodos de descanso entre tandas de sesiones.
- Tras la finalización del proceso de reinervación habrá que valorar realizar EENM tal como hemos estudiado en el tema 4 para una reeducación activa.

#### 5. Estado de la evidencia

La **estimulación eléctrica muscular** (EEM) de la musculatura denervada se ha utilizado para **minimizar la atrofia y la fibrosis muscular** y aumentar la fuerza muscular tanto en modelos animales como en modelos humanos con buenos resultados. Sin embargo, actualmente, la estimulación eléctrica durante y después de la **reparación del nervio es controvertida** (1).

La EEM aplicada a los músculos denervados en ratas indujo a la fibrosis y atrofia muscular, así como a la pérdida de rendimiento durante la marcha por lo que se concluye en estos estudios que la EEM no es eficaz para la regeneración nerviosa (2,3). No obstante, sí que existen estudios que respaldan el uso de la EEM en procesos de regeneración y reinervación a nivel del túnel carpiano (4) y a nivel del sistema nervioso central (5). En una reparación del nervio tibial en modelo animal, se realizó EEM en los gastrocnemius durante 1 mes, 5 días a la semana durante 1 hora, obteniéndose resultados satisfactorios a corto plazo en la reducción de la atrofia muscular sin afectar a la reinervación motora (1).

En relación con el **tipo de onda utilizada y sus parámetros**, en la gran mayoría de los estudios utiliza impulsos monofásicos, resaltándose principalmente el uso de corrientes monofásicas triangulares por su selectividad (6). No obstante, existen estudios donde se utilizan impulsos bifásicos con parámetros muy diversos, pero con buenos resultados. En uno de los estudios se utilizó una frecuencia de 100 Hz y una duración de fase de 200  $\mu$ s por fase (1) y en otro una frecuencia baja de 2 Hz y una duración de fase de 120 ms en las primeras fases para realizar posteriormente EENM (7). Pero en todos los estudios, se reitera que el tiempo de tratamiento no sea excesivamente largo porque la musculatura denervada requiere mayor tiempo de recuperación produciéndose mayor fatiga (1,4, 6, 7)

1. Willand MP, Holmes M, Bain JR, Fahnstock M, De Bruin H. Electrical muscle stimulation after immediate nerve repair reduces muscle atrophy without affecting reinnervation. *Muscle Nerve*. 2013;48(2):219-225.
2. Pinheiro-Dardis CM, Russo TL. Electrical Stimulation Based on Chronaxie Increases Fibrosis and Modulates TWEAK/Fn14, TGF- $\beta$ /Myostatin, and MMP Pathways in Denervated Muscles. *Am J Phys Med Rehabil*. 2017;96(4):260-267.
3. Pinheiro-Dardis CM, Erbereli BT, Gigo-Benato D, Castro PATS, Russo TL. Electrical stimulation delays reinnervation in denervated rat muscle. *Muscle Nerve*. 2017;56(6):E108-E118.
4. Gordon T, Amirjani N, Edwards DC, Chan KM. Brief post-surgical electrical stimulation accelerates axon regeneration and muscle reinnervation without affecting the functional measures in carpal tunnel. *Experimental Neurology* 2010, 223: 192-201.
5. Gordon T, Udina E, Verge VM, de Chaves EI. Brief electrical stimulation accelerates axon regeneration in the peripheral nervous system and promotes sensory axon regeneration in the central nervous system. *Motor Control*. 2009;13(4):412-441.
6. Pieber K, Hecceg M, Paternostro-Sluga T, Schuhfried O. Optimizing stimulation parameters in functional electrical stimulation of denervated muscles: a cross-sectional study. *J Neuroeng Rehabil*. 2015;12:51.
7. Kern H, Salmons S, Mayr W, Rossini K, Carraro U. Recovery of long-term denervated human muscles induced by electrical stimulation. *Muscle Nerve*. 2005;31(1):98-101

### Cuestiones

1. Tras la realización del electrodiagnóstico a Alejandro (continuación del caso de la página 191) procederemos a aplicar el tratamiento teniendo en cuenta todos los resultados obtenidos con las curvas I/DF y que el paciente presenta imposibilidad de realizar eversión del pie.

Indica, para tu paciente, qué tratamiento vas a llevar a cabo. Justifica tu respuesta para cada uno de los siguientes ítems.

Colocación del paciente:  
Tipo de electrodos:  
Colocación de los electrodos:  
Polaridad electrodos:  
Forma de la onda:  
Duración de fase:  
Tiempo de descanso:  
Intensidad:  
Tiempo de tratamiento:  
Pauta de sesiones:  
Consideraciones a tener en cuenta:

## PRÁCTICA

### Material necesario:

- Aparato de electroterapia.
- Cable conector.
- 2 electrodos de caucho de 4x6 cm.
- 2 almohadillas para electrodos de 4x6 cm.
- 1 electrodo de punta.

1. Caso clínico: posible afectación del nervio cubital.

1.1. Haz la valoración de la situación fisiológica del nervio: dibuja las curvas CIR y CIT.

### CURVA CIR

Colocación del paciente: sedestación, con el codo flexionado y antebrazo en supinación apoyado sobre la mesa.

Tipo de electrodos: electrodos pequeños de caucho con almohadillas.

Colocación de los electrodos: bipolar: tercio distal del brazo a la altura del nervio cubital y tercio distal del antebrazo. Electrodo positivo distal, electrodo negativo proximal.

Forma de la onda: curva CIR: rectangular monofásica.

Duración de fase: variable: de 1000 ms a 0,05 ms.

Intensidad: de 0 a 80 mA. Contracción apenas perceptible: cuando aparecen 3 contracciones.

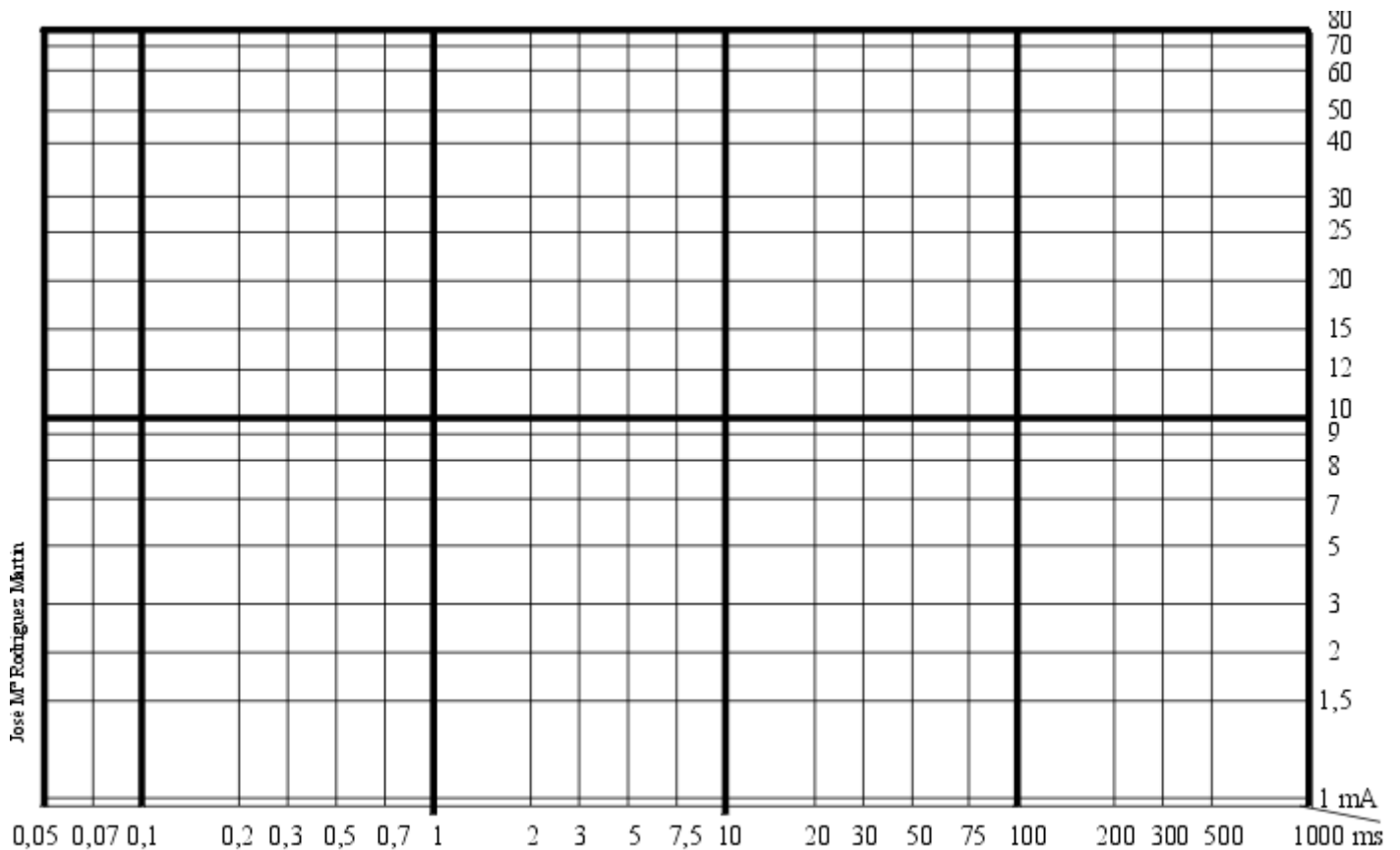
Tiempo de tratamiento: el necesario para hacer la valoración.

### CURVA CIT



- Colocación del paciente: sedestación, con el codo flexionado y antebrazo en supinación apoyado sobre la mesa.
- Tipo de electrodos: electrodos pequeños de caucho con almohadillas.
- Colocación de los electrodos: bipolar: tercio distal del brazo a la altura del nervio cubital y tercio distal del antebrazo. Electrodo positivo distal, electrodo negativo proximal.
- Forma de la onda: curva CIT: triangular monofásica.
- Duración de fase: variable: de 1000 ms a 0,05 ms.
- Intensidad: de 0 a 80 mA. Contracción apenas perceptible: cuando aparecen 3 contracciones.
- Tiempo de tratamiento: el necesario para hacer la valoración.

Tiempo (ms)	CIR	CIT
1000		
700		
500		
300		
200		
100		
70		
50		
30		
20		
10		
5		
2		
1		
0,5		
0,2		
0,1		
0,05		



Reobase =

Ángulo de deflexión =

Cronaxia =

UGT =

Duración de fase =

Coefficiente de acomodación =

Interpretación de los resultados:

1.2. Diseña un tratamiento para ese paciente.

*Tratamiento del paciente:*

Colocación del paciente: sedestación, con el codo flexionado y antebrazo en supinación apoyado sobre la mesa.

Tipo de electrodos: electrodos pequeños de caucho con almohadillas.

Colocación de los electrodos: bipolar: tercio distal del brazo a la altura del nervio cubital y tercio distal del antebrazo.

Forma de la onda: triangular monofásica o rectangular monofásica.

Duración de fase: si triangular monofásica: ángulo de deflexión.

	si rectangular monofásica: tiempo útil muscular.
Tiempo de descanso:	de 1 a 5 segundos según el coeficiente de acomodación.
Intensidad:	se programa el máximo que tolera el paciente dentro de un rango que comprende: Si triangular monofásica: el valor comprendido entre la intensidad del ángulo de deflexión y el doble de este valor. Si rectangular monofásica: el valor comprendido entre la reobase y el doble de este valor.
Tiempo de tratamiento:	máximo 10 minutos. Si a los 3 minutos ya no se contrae se finaliza el tratamiento.
Pautas de tratamiento:	6 primeros meses: tratamiento de lunes a viernes. Progresivamente: 15 días de tratamiento y 15 días de descanso. Progresión hasta 1 mes de tratamiento y 1 mes de descanso.

2. Caso clínico: tratamiento de una parálisis del nervio facial. Haz fotografías de cómo realizarías el tratamiento de una parálisis del nervio facial.

Colocación del paciente:	bipedestación.
Tipo de electrodos:	electrodo de caucho con almohadilla pequeño de 4x6 cm y electrodo de punta.
Colocación de los electrodos:	monopolar: electrodo fijo a la altura de la salida del nervio facial en la zona más superior del cuello.
Forma de la onda:	triangular monofásica o rectangular monofásica.
Duración de fase:	si triangular monofásica: ángulo de deflexión. si rectangular monofásica: tiempo útil.
Tiempo de descanso:	de 1 a 5 segundos según el coeficiente de acomodación.
Intensidad:	se programa el máximo que tolera el paciente dentro de un rango que comprende: Si triangular monofásica: el valor comprendido entre la intensidad del ángulo de deflexión y el doble de este valor. Si rectangular monofásica: el valor comprendido entre la reobase y el doble de este valor.
Tiempo de tratamiento:	máximo 10 minutos. Si a los 3 minutos ya no se contrae se finaliza el tratamiento.
Pautas de tratamiento:	6 primeros meses: tratamiento de lunes a viernes. Progresivamente: 15 días de tratamiento y 15 días de descanso. Progresión hasta 1 mes de tratamiento y 1 mes de descanso.

## EJERCICIOS

**Ejercicio 1.** ¿Por qué es necesario hacer una curva CIR y una curva CIT cuando se valora la situación fisiológica del nervio?

**Ejercicio 2.** ¿Por qué cuando el músculo está denervado los valores de la reobase y del UGT se aproximan? ¿Cómo serán estos valores si los comparamos con una situación fisiológica normal del nervio?

**Ejercicio 3.** ¿Cuándo aplicarías impulsos rectangulares y cuando impulsos triangulares para tratar un músculo denervado? ¿Qué ventaja aporta cada uno de estos tratamientos?

**Ejercicio 4.** ¿Dónde colocarías los electrodos si quieres tratar una denervación del nervio ciático poplíteo externo? ¿Y para una lesión del nervio circunflejo? ¿Y para una lesión del nervio radial? Haz una fotografía o dibujo con la colocación de los electrodos.

## SOLUCIONES

### Cuestiones

#### P. 204

1.

a) Cuando un nervio se lesiona hay una lesión a nivel del axón. La parte distal del axón se degenerará por un proceso conocido como degeneración walleriana y la parte proximal se regenerará por el proceso de regeneración walleriana. Las estructuras que se afectan son: 1) el axón del nervio, lo que impide la correcta transmisión nerviosa; 2) puede afectarse el tejido conjuntivo del nervio, si se produce por ejemplo la sección del nervio será complicada la regeneración adecuada del nervio; 3) musculatura inervada por el nervio, que puede atrofiarse y en última instancia presentar fibrosis.

b) Según Seddon, existen tres tipos de lesiones: 1) Neuroapraxia: Interrupción transitoria de la conducción nerviosa producida por una contusión, compresión o edema. Puede existir alteración de la vaina de mielina, pero normalmente es una lesión funcional sin afectación anatómica. La recuperación es espontánea, en días o semanas; 2) Axotnometesis: Sección de axones con preservación del armazón conectivo y posibilidad de regeneración Walleriana. La gravedad de la lesión está relacionada con el número de axones seccionados. La recuperación es espontánea con buena actividad funcional (1-1,5 mm por día); 3) Neurotmesis: Lesión más grave con sección completa del nervio. La función nerviosa degenera de forma secuencial tras la lesión (motora, propioceptiva, tacto, temperatura, dolor y componente simpático) y la recuperación nerviosa se refleja en sentido inverso. Según Sunderland hay cinco grados de lesión: 1) Tipo I: equivalente a la neuroapraxia; 2) Tipo II: el perineuro y el endoneuro están intactos, pero los axones están interrumpidos; 3) Tipo III: el endoneuro está interrumpido, pero el perineuro está íntegro; 4)

Tipo IV: La integridad del nervio se debe al tejido cicatricial de sustitución; 5) Tipo V: Equivalente a la neurotmesis.

En base a esto, podríamos decir que nuestro paciente presenta una axonotmesis o un grado tipo II o III.

c) Al seccionarse un axón, la parte que queda unida al soma de la neurona es la que se va a ir regenerando a razón de 1-1,5 mm / día. Cuando el axón alcanza el músculo se conecta a él a través de la placa motora. Si la musculatura no se ha fibrosado, se podría producir el fenómeno de reinervación y tener una recuperación completa o prácticamente completa.

d) La lesión afecta a los nervios sensitivos sural lateral y cutáneo lateral de la pantorrilla, al nervio peroneo profundo (que inerva el tibial anterior, extensor largo del dedo gordo, extensor largo de los dedos, extensor corto de los dedos, extensor largo del primer dedo y a la piel del primer espacio interdigital) y al nervio peroneo superficial (que inerva los músculos peroneos largo y corto y la piel de la región lateral distal de la pierna, dorso del pie y los dedos (salvo el primer espacio interdigital)).

Los objetivos de tratamiento serán restablecer la sensibilidad y la función motora de la musculatura. Para ello se trabajará a nivel nervioso favoreciendo la regeneración del nervio y a nivel muscular minimizando al máximo la atrofia muscular y evitando la aparición de fibrosis. Finalmente, una vez que la reinervación sea completa, el objetivo será la hipertrofia del músculo y la ganancia de fuerza muscular.

### **P.215,216,217**

1.

a)

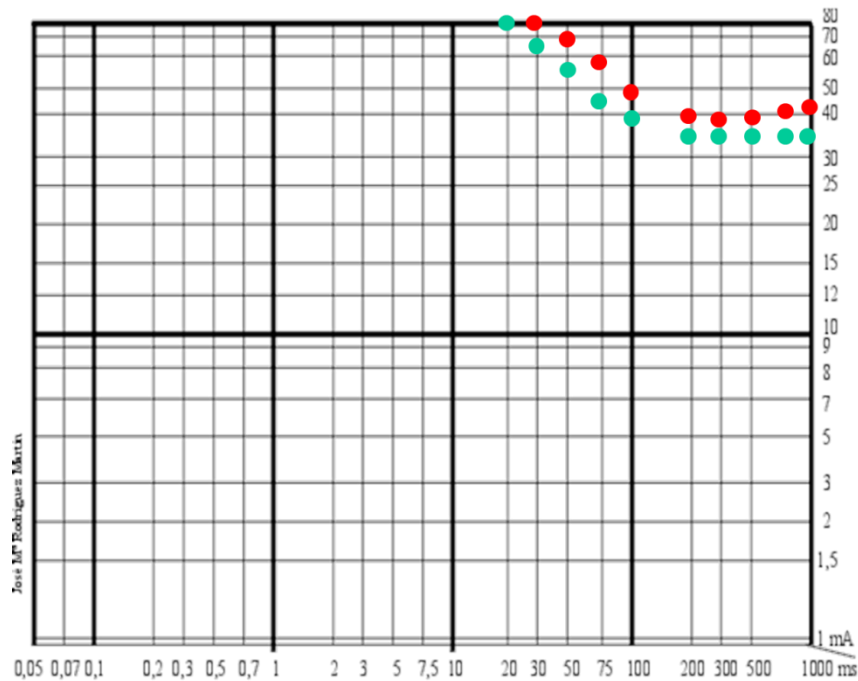
Tipo de electrodos: de caucho, por los efectos polares que tienen las corrientes que se emplean ya que ambas son monofásicas.

Colocación de electrodos: proximal en cabeza del peroné y distal en peroneos y tibial anterior.

Otros posicionamientos también son posibles.

Polaridad de electrodos: negativo proximal, positivo distal.

b)



c) NOTA: Siempre que se soliciten estos valores se tendrán que indicar las unidades de medida.

Reobase = 34,7 mA

UGT = 42,5 mA

Tiempo útil = 200 ms

Ángulo de deflexión = 300 ms

Cronaxia= 30 ms (un valor comprendido entre 20 y 30 ms)

Coefficiente acomodación=  $42,5 / 34,7 = 1,22$

d) La denervación parcial se considera para valores del coeficiente de acomodación comprendidos entre 1,2 y 2,4. La denervación completa cuando los valores son menores a 1,2. En este caso como el valor obtenido es de 1,22 diríamos que la denervación es parcial pero como está tan cerca de 1,2 el paciente se encontraría en prácticamente una denervación completa. Además, si nos fijamos en las curvas, ambas curvas transcurren prácticamente juntas presentándose arriba y a la derecha del gráfico, lo que indica también una denervación severa con pérdida de capacidad de acomodación.

Los resultados hallados tras la valoración fisioterapéutica van paralelos con los hallazgos clínicos en un contexto donde el paciente no puede activar la musculatura inervada por el nervio lesionada y presenta además atrofia muscular. La hiperalgesia no se valora mediante este procedimiento.

e) En ambos casos el resultado es de denervación parcial. Si bien con la valoración realizada mediante electroterapia hemos determinado que es prácticamente total.

## **P.223,224**

1.

Colocación del paciente: Sedestación.

Tipo de electrodos: Los mismos que los empleados para la valoración. NOTA: habría que especificar, aquí no damos la solución porque ya se ha dado previamente y queremos que seáis conscientes de que el procedimiento es igual que en la valoración.

Colocación de los electrodos: La misma colocación que la empleada para la valoración. NOTA: habría que especificar, aquí no damos la solución porque ya se ha dado previamente y queremos que seáis conscientes de que el procedimiento es igual que en la valoración.

Polaridad electrodos: La misma que la empleada para la valoración. NOTA: habría que especificar, aquí no damos la solución porque ya se ha dado previamente y queremos que seáis conscientes de que el procedimiento es igual que en la valoración.

Forma de la onda: rectangular. Al hacer la valoración del paciente (página 204) se indica que "Realizar la valoración de la CIT resulta complicado porque el paciente casi no tolera ese tipo de estímulos". Si no tolera los impulsos triangulares difícilmente podría tolerarlos durante el tratamiento. Es por ello que al menos al principio programaremos impulsos rectangulares, menos selectivos, pero más confortables para el paciente.

Duración de fase: 200 ms, ya que se programa el tiempo útil muscular hallado en la curva CIR.

Tiempo de descanso: Siguiendo el criterio de la tabla 2 de la página 208 el tiempo será de 5 s ya que el coeficiente de acomodación del paciente es de 1,22.

Intensidad: entre 34,7 y 69,4 mA ya que debe ser un valor comprendido entre la reobase y el doble de la reobase. Se programará la máxima intensidad que se pueda según la tolerancia del paciente. Se debe acompañar de una contracción imaginaria ya que, aunque estrictamente hay una denervación parcial es prácticamente total, en cuanto pueda se le solicitará la contracción voluntaria de la musculatura afecta.

Tiempo de tratamiento: Dependerá del grado de agotamiento del músculo o grupo muscular lesionado, finalizará cuando la calidad de la contracción disminuya. En cualquier caso, el tratamiento no debe superar los 10 minutos.

Pauta de sesiones: Los 6 primeros meses se realizará un tratamiento de lunes a viernes. A continuación, se pautarán 15 días de tratamiento y 15 días de descanso. Con el tiempo se irán aumentando progresivamente los tiempos de descanso hasta 1 mes de tratamiento - 1 mes de descanso. Para determinar si se aumenta el tiempo se realizará periódicamente el diagnóstico de nueva: si la curva sigue mejorando se aumenta el tiempo de descanso.

Consideraciones a tener en cuenta: la corriente presentará efectos polares por lo que habrá que poner las medidas oportunas para minimizar los daños sobre la piel. Es necesario revalorar haciendo de nuevo una curva CIR y una CIT cada mes o mes y medio para adaptar los parámetros y pautas de tratamiento a la situación fisiológica actual del paciente y para confirmar que el tratamiento está teniendo efecto. Una vez que se consiga la reinervación de la musculatura habrá

que plantear un reacondicionamiento y reentrenamiento de dicha musculatura mediante técnicas de EENM por ejemplo.

### Ejercicios

1. Porque la curva CIR nos permite determinar la respuesta todo-nada de la unidad neuromuscular. En caso de denervación necesitaremos intensidades mayores a las fisiológicas para conseguir esta respuesta. Y la curva CIT nos permite valorar la capacidad de acomodación de la unidad neuromuscular. En caso de denervación se pierde la capacidad de acomodación y por tanto necesitaremos intensidades menores a las fisiológicas para conseguir la activación.

2. Tres factores permiten contestar a estas preguntas: 1) Los valores de la reobase siempre son menores que los del UGT ya que en el primero se emplean impulsos rectangulares "bruscos" donde se valora la respuesta todo-nada del conjunto neuromuscular, y en el segundo impulsos triangulares "graduales" donde se valora la capacidad de acomodación de este conjunto neuromuscular; 2) En una denervación necesitamos intensidades mayores para estimular al conjunto neuromuscular con impulsos rectangulares, con lo que el valor de la reobase será mayor que en una situación fisiológica normal; 3) En esta situación de denervación el conjunto neuromuscular pierde la capacidad de acomodación, se necesitan intensidades menores para realizar la estimulación con impulsos triangulares, con lo que el valor del UGT será menor que en una situación fisiológica normal.

La unión de estos tres factores explica el hecho de que reobase y UGT se aproximen en una situación de denervación. Todo esto se traduce en que cuanto menor es el coeficiente de acomodación ( $CA = UGT/reobase$ ), mayor es el grado de denervación.

3. Los impulsos monofásicos triangulares son específicos y selectivos ya que sólo actúan sobre las fibras denervadas debido a que las fibras inervadas se acomodan a ellos. Sin embargo, en ocasiones no son tolerados por el paciente. Se emplearán estos impulsos siempre que sean tolerados por el paciente. Los impulsos monofásicos rectangulares no son selectivos, ya que estimulan tanto las fibras sanas como las denervadas, pero son más confortables. Se emplearían cuando el paciente no tolera los triangulares.

4. Para responder a esta pregunta hemos tomado como referencia el artículo:

Morral Fernández A. Electrodiagnóstico y electroestimulación de músculos denervados. Fisioterapia 2001;23(S2):1-47.

NOTA: estas fotos se han realizado empleando electrodos adhesivos. En la práctica real NUNCA realizaríamos la EEM con este tipo de electrodos.



Nervio ciático poplíteo externo:



Estimulación muscular en la lesión del nervio ciático poplíteo externo. En la fotografía de la izquierda, colocación de electrodos en el tibial anterior. En la central, colocación de electrodos sobre el vientre muscular de los peroneos, y en la fotografía de la derecha, sobre el músculo pedio.

Nervio circunflejo:



Estimulación muscular en lesiones del nervio circunflejo. Estimulación de los fascículos anterior, medio y posterior del músculo deltoides.

Nervio radial:



Estimulación muscular en lesiones del nervio radial. Estimulación de los músculos epicondíleos.

## **TEMA 6. ULTRASONIDOS**

## TEMA 6. ULTRASONIDOS

### ÍNDICE

COMPETENCIAS .....	236
TEORÍA.....	236
METODOLOGÍA DE TRATAMIENTO .....	247
CONTRAINDICACIONES, PRECAUCIONES, EFECTOS ADVERSOS .....	257
PRACTICA .....	260
EJERCICIOS .....	264
SOLUCIONES.....	265

## COMPETENCIAS

- Conocer el fundamento y las bases teóricas del ultrasonido (US).
- Diferenciar entre los efectos térmicos y los efectos NO térmicos de los US.
- Conocer los efectos mecánicos de los US.
- Saber realizar un protocolo de tratamiento con US.
- Tener criterio para poder diseñar un plan de tratamiento con US para un paciente en las distintas fases de evolución de su patología y según su casuística particular.
- Conocer las precauciones que hay que tener al aplicar US.

## TEORÍA

### 1. Conceptos y bases teóricas

El **sonido** son vibraciones mecánicas que se propagan con un movimiento ondulatorio y una velocidad que depende del medio de transmisión.

El rango de 16 a 20.000 Hz es el que los humanos consideramos como sonido, ya que es el que podemos oír. Por debajo de 16 Hz se encuentran las **frecuencias subsónicas** o **infrasonido** y por encima de 20.000 los **ultrasonidos**.

El tratamiento con ultrasonidos se considera entonces aquel tratamiento terapéutico mediante vibraciones mecánicas superiores a 20 KHz. En la práctica se trata con frecuencias de 1 y 3 MHz.

La **ultrasonoforesis** es la aplicación transdérmica de un fármaco mediante la aplicación de un tratamiento de ultrasonidos. Presenta como ventajas frente a la iontoforesis que no se producen efectos polares (las sustancias a introducir no tienen carga eléctrica) y que se alcanza una mayor profundidad de penetración. Los medicamentos que se emplean se presentan en forma de geles hidrosolubles y la capacidad de penetración depende del coeficiente de difusión del fármaco y del tamaño molecular del principio activo.

Cuando hablamos de ultrasonidos ya NO estamos hablando de ondas electromagnéticas como es el caso del empleo de corrientes de baja, media o alta frecuencia, sino de ondas sonoras mecánicas. Las diferencias con las ondas electromagnéticas son:

- Tienen efectos mecánicos.
- Necesitan un soporte material para su propagación (NO se propagan por el vacío).
- Tienen menor velocidad de propagación.
- Son longitudinales.
- Se comportan a la inversa respecto a la frecuencia y capacidad de penetración: a menor frecuencia, mayor penetración en los tejidos.

El fundamento de los ultrasonidos se basa en las propiedades piezoeléctricas de los materiales.

Según el **efecto piezoeléctrico**, determinados cristales (denominados *cristales piezoeléctricos*), adquieren una carga eléctrica al ser sometidos a fuerzas mecánicas.

De forma inversa, si se somete a los cristales piezoeléctricos a una corriente eléctrica alterna, estos se deforman mecánicamente. Este fenómeno se conoce como **efecto piezoeléctrico invertido**.

Ambos efectos son reversibles, cuando finaliza la fuerza mecánica o la corriente eléctrica el cristal piezoeléctrico recupera su forma.

En un aparato de ultrasonidos se va a hacer pasar una corriente eléctrica alterna por un material piezoeléctrico (transductor) que es el que va a generar un haz de ultrasonidos por el efecto piezoeléctrico invertido.

En el cuerpo humano, los tejidos ricos en proteínas presentan estas propiedades de piezoelectricidad. Si se aplica un estímulo mecánico (haz de ultrasonidos) en uno de estos tejidos, por ejemplo, el hueso, se producirá una deformidad en ese tejido que presentará:

- Una concavidad que irá acompañada de una electronegatividad (tendencia de las moléculas a atraer hacia sí electrones).
- Una convexidad que irá acompañada de una electropositividad (tendencia de una molécula de un elemento a ceder electrones).

Esto quiere decir que a través de un estímulo mecánico en el tejido se va a producir una carga en dicho tejido (efecto piezoeléctrico). Como ya sabéis, el organismo es un cuerpo eléctricamente neutro pero que se comporta como un dipolo (todas las células de nuestro organismo presentan una diferencia de potencial con el medio extracelular). Al producir una diferencia de cargas sobre un tejido mediante la aplicación de un estímulo mecánico (ultrasonidos), se está produciendo un efecto sobre la diferencia de potencial de las células diana del tejido lesionado. Es posible que estos fenómenos piezoeléctricos intervengan en los efectos biológicos del ultrasonido.

Debido a que los tejidos con mayor contenido en proteínas son los que presentan estos efectos piezoeléctricos, éstos serán los tejidos diana cuando hacemos un tratamiento con ultrasonidos.

**IDEA CLAVE**

El efecto piezoeléctrico invertido se emplea para generar el haz de ultrasonidos. En el organismo las ondas sonoras producen una diferencia de cargas en el tejido diana por el efecto piezoeléctrico que va a ser el responsable, al menos en parte, de los efectos fisiológicos sobre dicho tejido.

## Cuestiones

1. Completa las siguientes frases:
  - a) La aplicación transdérmica de un fármaco mediante un ultrasonido se denomina \_\_\_\_\_.
  - b) Un aplicador de ultrasonidos se basa en el efecto \_\_\_\_\_, la aplicación de una corriente eléctrica sobre un material piezoeléctrico genera una \_\_\_\_\_.
  - c) El colágeno, que es rico en proteínas, se comporta como un material piezoeléctrico y cuando la onda mecánica del US llega al colágeno se produce una \_\_\_\_\_ de cargas eléctricas en dicho tejido.
2. Indica si las siguientes afirmaciones sobre el US son verdaderas (V) o falsas (F):
  - a) Cuando aplicamos un tratamiento con US la frecuencia del ultrasonido es menor a la del sonido. \_\_\_\_
  - b) El ultrasonido de 1 MHz va a tener mayor capacidad de penetración que el ultrasonido de 3 MHz. \_\_\_\_
  - c) Los efectos terapéuticos del US en el organismo se deben al efecto piezoeléctrico invertido. \_\_\_\_

## 2. Propiedades del haz de ultrasonidos

Las ondas de ultrasonidos se transmiten en los tejidos como ondas de expansión y contracción. El medio de transmisión se comprime y expande con la misma frecuencia que el ultrasonido.

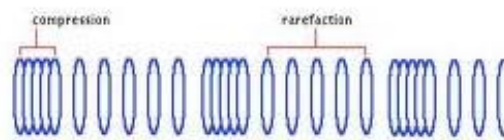


Figure 1: Longitudinal Wave

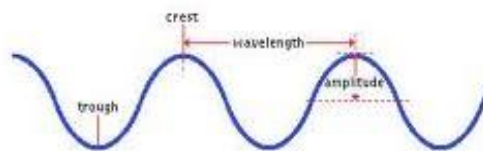
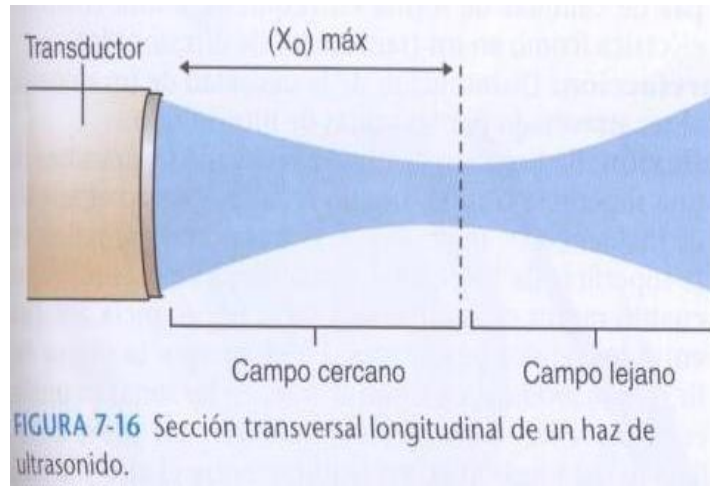


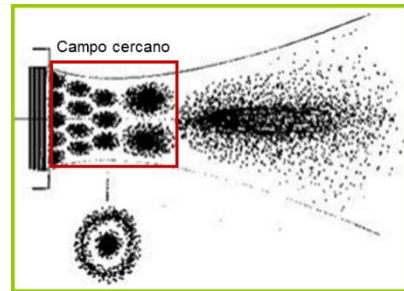
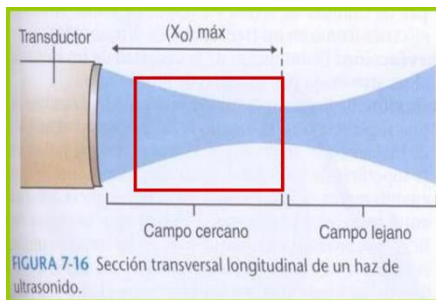
Figure 2: Transverse Wave

Una vez el haz de ultrasonido sale del transductor se distinguen dos áreas:

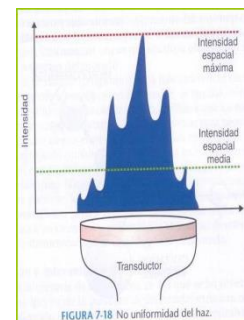


1. Campo cercano o zona de Fresnel. El haz de ultrasonido converge ligeramente hacia un punto.
2. Campo lejano o zona de Fraunhofer. El haz de ultrasonido diverge.

### 2.1. Campo cercano



El campo cercano se caracteriza porque tiene una **distribución muy irregular**. Aparecen picos o puntos calientes de gran intensidad del haz junto a otras zonas casi mudas. Si tomamos un plano perpendicular (ver corte en la figura superior-derecha), los puntos calientes se disponen en círculos concéntricos alrededor del eje central. Esto hace que se puedan provocar picos de intensidad mucho mayores al valor de potencia seleccionado previamente (habrá zonas donde la intensidad sea la seleccionada en el aparato de ultrasonidos y otras zonas donde podrá llegar a multiplicarse hasta por 10 ese valor de intensidad). Es por ello que es importante conocer el **coeficiente de no uniformidad del haz** (Beam Non Uniformity Ratio o BNR por sus siglas en inglés) del aparato de ultrasonidos que estemos empleando.



Este coeficiente muestra la relación entre la intensidad espacial máxima y la intensidad espacial media del haz (ver figura insertada en el texto). Se emplea para indicar el grado de irregularidad que presenta el haz de ultrasonido, cuanto menor es el coeficiente más

homogéneo será el haz de ultrasonidos. En la práctica se recomienda que no supere valores de 5-6 (puntos calientes cuya intensidad es 5-6 veces superior a la de la dosis fijada). Por ejemplo: si tenemos un aparato de ultrasonido con una BNR de 5 y fijamos la intensidad de trabajo a  $1 \text{ W/Cm}^2$ , la intensidad máxima que se puede ejercer sobre el sujeto a tratar será de  $5 \text{ W/Cm}^2$ .

Cuando aplicamos un tratamiento con ultrasonidos, el efecto terapéutico se va a buscar en este campo cercano. Es por ello que tenemos que tener en cuenta esta falta de homogeneidad del haz y SIEMPRE QUE APLIQUEMOS UN TRATAMIENTO CON ULTRASONIDOS EL CABEZAL DEL ULTRASONIDOS TIENE QUE ESTAR EN MOVIMIENTO, lo que asegurará que la intensidad se reparta en todas las zonas por igual y que no estemos sobredosificando unas zonas e infradosificando otras.

Por otro lado, el campo cercano se caracteriza porque NO presenta divergencia (si una ligera convergencia). Esto es importante porque quiere decir que va a presentar la misma energía sónica por unidad de superficie ( $\text{Cm}^2$ ).

La longitud del campo cercano depende de:

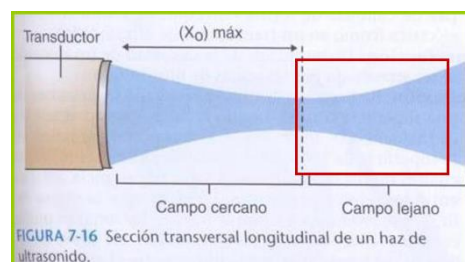
- Frecuencia del ultrasonido: a mayor frecuencia menor campo cercano. Esto es lo mismo que decir que la capacidad de penetración es menor, como ya hemos estudiado en el apartado anterior.
- Área del cabezal: a mayor tamaño del cabezal, mayor longitud del campo cercano. Esto es un factor que no se suele tener en cuenta generalmente pero que sirve para poder afinar muy bien en un tratamiento.

Resumiendo, el campo cercano:

- Es irregular. Es necesario conocer el BNR del aparato que empleemos y mover SIEMPRE el cabezal de ultrasonidos ante cualquier tratamiento con ultrasonidos.
- No presenta divergencia (si una ligera convergencia).
- Su longitud depende indirectamente de la frecuencia de la onda de ultrasonidos y directamente del tamaño del cabezal empleado.
- Es la zona donde el ultrasonido va a tener su efecto terapéutico.

## 2.2. Campo lejano

El campo lejano se caracteriza por ser uniforme. Sin embargo, la intensidad del haz en esa zona disminuye gradualmente al aumentar la distancia ya que es divergente. Es por ello que no buscamos un efecto terapéutico en dicha zona.



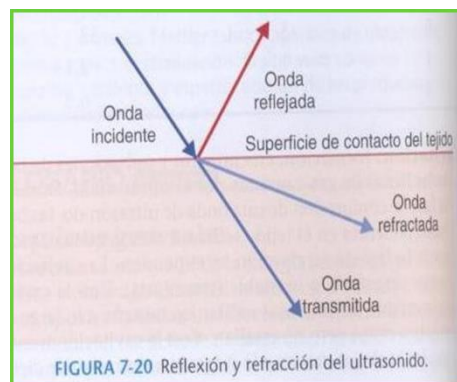


### Cuestiones

1. Indica si las siguientes afirmaciones sobre el US son verdaderas (V) o falsas (F):
  - a) El ultrasonido de 1 MHz va a tener mayor capacidad de penetración que el ultrasonido de 3 MHz. \_\_\_\_
  - b) Cuando aplicamos un tratamiento con US deberemos mover siempre el cabezal del US porque así la capacidad de penetración del haz será mayor. \_\_\_\_
  - c) Cuanto mayor es el coeficiente de no uniformidad del haz (BNR), mayor será la irregularidad de dicho haz. \_\_\_\_
  - d) El campo cercano es ligeramente convergente. \_\_\_\_
  - e) El campo lejano es homogéneo y es por ello que es recomendable trabajar con este campo al aplicar un tratamiento con US. \_\_\_\_
  
2. Selecciona la opción correcta para completar las siguientes frases:
  - a) El campo cercano es \_\_\_\_\_ (regular / irregular).
  - b) La longitud del campo cercano es \_\_\_\_\_ (mayor / menor) cuanto mayor es el tamaño del cabezal del US.

### 3. Factores que influyen en el organismo al aplicar un tratamiento con ultrasonidos

Cuando se hace pasar un haz de ultrasonido a través del organismo hay que tener en cuenta los factores que se van a exponer a continuación. Para ello es necesario entender que cuando una onda atraviesa un medio, una parte de dicha onda se va a transmitir en la misma dirección, otra se va a refractar en una dirección diferente y otra va a reflejarse y no entrará en contacto con el nuevo medio:



Los tejidos van a presentar una impedancia al paso de las ondas sonoras. Cuanto mayor es la diferencia de impedancia entre las fases, mayor será la **reflexión** que se produce y se transferirá menos energía. Cuando el cabezal del ultrasonido se pone en contacto con la piel, queda aire entre el aplicador y la piel. El *aire* refleja prácticamente el 100% del haz de ultrasonidos por lo que no habrá una transmisión eficaz. Para solucionar este problema es necesario SIEMPRE emplear un medio de transmisión eficaz. Estos medios de acoplamiento podrán ser agua, gel de ultrasonido, disco de gel sólido, o una bolsa de látex con agua.

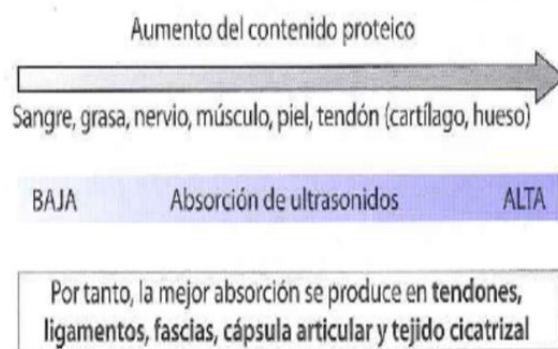
Las características que deben cumplir estos medios de acoplamiento son:

- Fluido para rellenar los espacios.
- Viscoso para que permanezca en la (en el caso del agua se hace una aplicación subacuática).
- Tener una impedancia adecuada.
- Presentar efectos mínimos de atenuación o distorsión.



Al *tejido óseo* le pasa lo mismo que al aire, la reflexión del haz de ultrasonido es prácticamente del 100%.

Una vez que el haz penetra en el organismo una parte se va a transmitir al siguiente tejido (**transmisión**) y otra será absorbida por el tejido (**absorción**). Cuanta más capacidad tenga un tejido de absorber el ultrasonido, mayores serán los efectos terapéuticos en dicho tejido. Los tejidos con un mayor contenido proteico son los que absorben los ultrasonidos en mayor medida. Teniendo en cuenta además que el hueso tiene una elevada reflexión, los tejidos que mejor absorberán el haz de ultrasonido serán aquellos con un mayor contenido en colágeno: ligamentos, tendones, fascias, cápsula articular, tejido cicatricial (el hueso tiene alto contenido proteico pero la reflexión de la onda es prácticamente del 100% al entrar en contacto con el hueso y es por ello que no se encuentra en este listado. El periostio sin embargo sí que tiene una elevada capacidad de absorción del haz de ultrasonido).



Otro factor para considerar es la **refracción**. Si hacemos una aplicación de 90° entre el cabezal del ultrasonido y la piel, no existirá refracción. Sin embargo, cuando el ángulo de aplicación es diferente a 90° parte de la onda se refractará desviándose de su trayectoria rectilínea (mirad lo que ocurre cuando introducís un lápiz en un vaso de agua formando un ángulo diferente de 90°). Luego como norma general haremos aplicaciones a 90° (cuando queremos hacer aplicaciones en



profundidad) pero cuando queramos hacer aplicaciones superficiales, como en una periostitis, el ángulo de aplicación será de 15-35°.

Los implantes quirúrgicos de metal constituyen una interfase artificial con una impedancia acústica diferente a la de los tejidos biológicos. Presenta una elevada reflexión. Esto no contraindica su aplicación, sino que es un factor a tener en cuenta a la hora de prescribir la dosis terapéutica ya que el haz de ultrasonido se quedará retenido en los tejidos que se encuentren entre el ultrasonido y el implante.

### **Cuestiones**

1. Indica si las siguientes afirmaciones sobre el US son verdaderas (V) o falsas (F):
  - a) El gel de US permite que la transmisión del haz de ultrasonido sea prácticamente del 100%. \_\_\_\_
  - b) La reflexión del haz de US en los tejidos ricos en colágeno es muy elevada, por eso el haz de US tiene mayor efecto terapéutico en estos tejidos. \_\_\_\_
  - c) El ángulo de aplicación del haz de US NO influye en la transmisión de la onda sonora. \_\_\_\_
  - d) NO se puede aplicar US en una zona donde haya un implante metálico. \_\_\_\_

## **4. Efectos fisiológicos**

Se van a distinguir tres efectos al aplicar un haz de ultrasonidos sobre el organismo.

### **4.1. Efecto térmico**

Las compresiones y descompresiones que genera el haz de ultrasonido en el tejido van a producir un aumento de la temperatura. Con el ultrasonido continuo se consigue aumentar la temperatura 6°C en la piel y 3,7°C en las capas profundas.

El efecto térmico está directamente relacionado con:

- Intensidad del tratamiento: a mayor intensidad mayores efectos térmicos.
- Duración del tratamiento: a mayor duración mayores efectos térmicos.
- Tipo de emisión. No es lo mismo una aplicación continua del ultrasonido, donde la onda de ultrasonidos está pasando durante todo el tratamiento, que una aplicación pulsátil. En esta última hay una alternancia entre tiempos donde se produce el paso de onda y tiempos de descanso. Luego, en igualdad de condiciones, en las aplicaciones continuas los efectos térmicos serán mayores que con la emisión pulsátil. De forma paralela, cuando se programa un modo de emisión pulsátil, los efectos térmicos serán mayores cuanto mayor sea el porcentaje de paso de onda sonora (por ejemplo, un ciclo de trabajo del 80% tendrá más efecto térmico que un ciclo de trabajo del 50% ya que en el primer caso la onda

pasa un 80% del tiempo y deja de pasar un 20%, mientras que en el segundo la onda pasa un 50% del tiempo y deja de pasar el otro 50% del tiempo).

- Frecuencia de aplicación. Al principio del tema hemos comentado que las frecuencias con la que se trabaja con los ultrasonidos son 1 y 3 MHz. Como la frecuencia del ultrasonido de 3 Hz es 3 veces mayor a la del ultrasonido de 1 MHz, sus efectos térmicos son mayores.
- Además, el incremento de la temperatura será mayor en las zonas adyacentes a un reflector (hueso o prótesis metálica).

Como consecuencia del aumento de la temperatura tisular se producirá un aumento del metabolismo celular. Si el aumento de la temperatura tisular es moderado se producirá una aceleración de las reacciones metabólicas, pero si el aumento de la temperatura tisular es excesivo se podrán provocar la destrucción de estructuras como la modificación estructural en las proteínas. Hay que tener en cuenta que los termorreceptores los tenemos situados a nivel de la piel. A nivel profundo, en los músculos, no hay información sobre temperatura de las estructuras y ante un exceso de calor la señal es en forma de nocicepción. Esto quiere decir que, si aparece dolor al aplicar el ultrasonido, el aumento de temperatura en el tejido ha sido excesivo y potencialmente estamos dañando al paciente.

NOTA: se producen efectos térmicos en capas profundas de los tejidos que es lo que se conoce como calor en profundidad. Otras técnicas de electroterapia como el infrarrojo van a conseguir calentar los tejidos, pero a nivel superficial únicamente.

#### **4.2. Efecto mecánico**

El principal efecto NO térmico del ultrasonido es el efecto mecánico que tiene. Las ondas de expansión y compresión que se generan son las responsables de dicho efecto.

De forma análoga a lo explicado para los efectos térmicos, en la emisión continua del ultrasonido el paso de la onda sonora es continua por lo que sus efectos mecánicos serán mayores que con la emisión pulsátil del ultrasonido. De forma paralela, cuando se programa un modo de emisión pulsátil, los efectos mecánicos serán mayores cuanto mayor sea el porcentaje de paso de onda sonora (por ejemplo, un ciclo de trabajo del 80% tendrá más efecto térmico que un ciclo de trabajo del 50% ya que en el primer caso la onda pasa un 80% del tiempo y deja de pasar un 20%, mientras que en el segundo la onda pasa un 50% del tiempo y deja de pasar el otro 50% del tiempo). Al igual que con los efectos térmicos, el

efecto mecánico es mayor a 3 MHz que a 1 MHz ya que se genera un mayor gradiente de presión.

Dentro de este efecto mecánico hay que considerar, además, tres aspectos fundamentalmente:

1. Cavitación estable.

Al generar las ondas de expansión y compresión se está produciendo la formación de microburbujas en fluidos que contienen gases disueltos. Este fenómeno se denomina **cavitación no inercial o estable**, e interviene en los efectos fisiológicos del ultrasonido. En este fenómeno las burbujas oscilan de tamaño pero no estallan. Sin embargo, cuando las burbujas sufren una implosión, se produce la formación de radicales libres y un aumento de la presión y de la temperatura, efecto no deseado sobre el organismo. Esto se denomina **cavitación inercial o transitoria**. Con las dosis a las que se trabaja con el ultrasonido terapéutico no se produce este tipo de cavitación.

2. Corrientes acústicas.

Cuando se genera una onda sonora, se va a producir un movimiento en las estructuras por las que pasa dicha onda. Si miramos a nivel celular, se va a generar un efecto sobre la membrana celular que va a modificar su permeabilidad. La modificación en la permeabilidad de la membrana influirá sobre la modificación del metabolismo celular, traduciéndose en el aumento de la síntesis proteica y en la proliferación celular de células del sistema inmune y de células que intervienen en la reparación tisular.

Es decir, se produce un efecto en el interior de las células a través de fuerzas físicas extracelulares. **Tomado esto de forma global, se va a conseguir un incremento en la proliferación celular y es por ello que los ultrasonidos son de especial interés para conseguir la reparación temprana de tejidos.**

3. Ondas estacionarias.

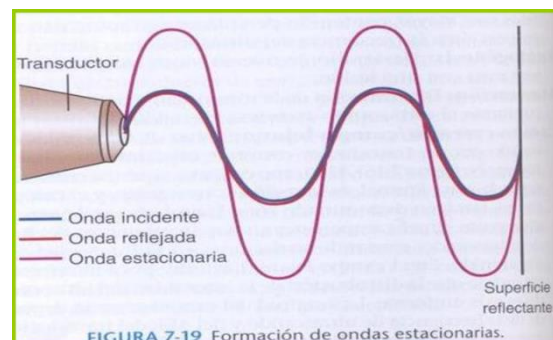


FIGURA 7-19 Formación de ondas estacionarias.

Como ya hemos explicado previamente, cuando una onda de ultrasonido incide sobre una interfase, parte de dicha onda se refleja. Esta onda que se refleja se superpone con la onda incidente que llega hasta dicha interfase. Si se produce la superposición exacta de ambas ondas, la resultante forma una onda estacionaria que tendrá una intensidad igual a la suma de la onda incidente y de la onda que se refleja. Esto quiere decir que la formación de ondas estacionarias puede conducir a una sobredosificación en el tejido afecto, lo que podría conducir a tener efectos lesivos en las células. Es por ello que es un fenómeno a evitar al aplicar un ultrasonido. Para ello es necesario mover el cabezal de ultrasonido durante el tratamiento.

#### **4.3. Efecto químico**

Los efectos químicos del ultrasonido son consecuencia de los efectos térmicos y mecánicos de este, que favorecen el contacto íntimo de los componentes del medio actuando como catalizadores de numerosas reacciones químicas.

#### **Cuestiones**

1. Indica si las siguientes afirmaciones sobre el US son verdaderas (V) o falsas (F):
  - a) El US de 3 MHz tiene más efectos térmicos que el de 1 MHz. \_\_\_\_
  - b) El US de 1 MHz tiene más efectos mecánicos que el de 3 MHz. \_\_\_\_
  - c) El US continuo tiene más efectos térmicos que el pulsátil. \_\_\_\_
  - d) El US continuo tiene más efectos mecánicos que el pulsátil. \_\_\_\_
  - e) Cuanto mayor es el porcentaje de paso de onda sonora en un ultrasonido pulsátil, mayor será el efecto mecánico y el efecto térmico de dicha onda. \_\_\_\_
  - f) La cavitación estable es un efecto deseado del ultrasonido. \_\_\_\_
  - g) La formación de ondas estacionarias permite aumentar la dosis de tratamiento en los tejidos y es un efecto deseable del ultrasonido. \_\_\_\_

#### **5. Efectos terapéuticos**

Si tenemos en cuenta los efectos fisiológicos del ultrasonido, podemos resumir la aplicación terapéutica de los ultrasonidos teniendo en cuenta dos enfoques:

1. Si queremos obtener efectos térmicos emplearemos un ultrasonido continuo (los efectos térmicos son mayores y también los efectos mecánicos). Esto lo emplearemos cuando busquemos:
  - Alivio del dolor en estados cronicados.
  - Disminución de la rigidez de tejidos blandos: cápsulas, fibrosis, cicatrices retráctiles... En este caso, tras la aplicación del ultrasonido habrá que realizar movilizaciones y/o estiramientos. Por ejemplo, si queremos aumentar el rango de movimiento de una articulación la estrategia a

seguir sería aplicar un ultrasonido continuo y a continuación una técnica de tracción o deslizamiento grado III.

- Aumento del flujo sanguíneo local, por ejemplo, en el tratamiento de un edema crónico.
2. Si queremos obtener efectos NO térmicos emplearemos un ultrasonido pulsátil (los efectos mecánicos son menores, pero de esta forma se evitan los efectos térmicos). Esto lo emplearemos cuando busquemos:
- Alivio del dolor en estados agudos.
  - Reparación de los tejidos lesionados en las tres fases: inflamación, proliferación y remodelación. Recordad que los tejidos donde el efecto terapéutico del ultrasonido es mayor es en aquellos ricos en colágeno por lo que principalmente se empleará para lesiones tendinosas y ligamentosas (aunque también está indicado su uso a nivel muscular). A nivel de consolidación de fracturas también está muy recomendado su uso por el efecto piezoeléctrico que tiene sobre el hueso. Sí que es importante considerar que desde que se produce la lesión es necesario esperar de 48 a 72 horas para empezar el tratamiento, ya que debido al efecto mecánico que tiene si se emplea antes podría lesionar el tejido que se está reparando.
  - Disminución de un edema inflamatorio.
  - Relajación muscular.

### **Cuestiones**

1. Indica qué procedimiento realizarías si quieres tratar una enfermedad de Dupuytren con ultrasonidos. Justifica tu respuesta.
  - a) Modo de emisión del ultrasonido (continuo/pulsátil).
  - b) Terapia manual tras la aplicación del ultrasonido.

## **6. Metodología de tratamiento**

### **6.1. Equipos**

Podemos trabajar con tres tipos de aparatos de ultrasonido:

- Ultrasonido convencional. Es el más habitual. Se utiliza para patología osteoarticular y de tejidos blandos.
- Ultrasonido Lipus. Se emplea para la reparación del callo de fractura.
- Ultrasonido Mist. Se emplea para la cicatrización de heridas.

### **6.2. Metodología de aplicación**

El ultrasonido puede aplicarse empleando varias formas de aplicación:

1. Contacto directo

En este método el cabezal de ultrasonido entra en contacto directo con la piel del paciente y se pone un gel de ultrasonido como medio transmisor de la onda. Es el método que se emplea también en la sonoforesis.

2. Método subacuático

En el método subacuático se introduce la zona a tratar en agua y se coloca el cabezal de ultrasonido adyacente a la zona a tratar.

El agua es un agente que transmite muy bien el sonido y por ello es un buen método de aplicar el ultrasonido.



Procedimiento:

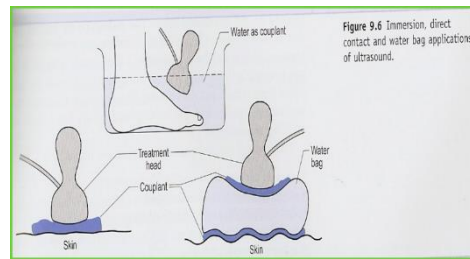
- La cubeta tiene que ser lo menos reflectante posible, de plástico, NO de metal ni de metacrilato. Si fuera reflectante los rayos de ultrasonido se irían acumulando en el agua y sobredosificaríamos al paciente.
- La temperatura del agua tiene que ser similar a la temperatura corporal, unos 36°C para no producir vasodilatación ni vasoconstricción.
- Si el agua tiene tendencia a formar burbujas, habrá que hervir previamente el agua para evitar que las burbujas se acumulen en el cabezal (recordad que en el aire las ondas se reflejan y no penetran en el cuerpo).
- El cabezal se colocará a una distancia de 2-3 cm a la zona a tratar (queremos trabajar en la zona del campo cercano).
- Las dosis son las mismas que para el método de contacto directo.
- NO se recomienda que el fisioterapeuta meta su mano directamente. En caso de ser necesario siempre con guantes, cuanto mayor sea el grosor del guante, mayor será la amortiguación.
- Al igual que en los otros métodos de tratamiento, siempre habrá que mover el cabezal durante el tratamiento.

Este método se emplea en zonas irregulares o cuando la zona a tratar está muy sensible.

3. Bolsa de látex con agua.

En este método la bolsa de látex con agua se sitúa sobre la zona a tratar y el cabezal de ultrasonido sobre dicha bolsa.

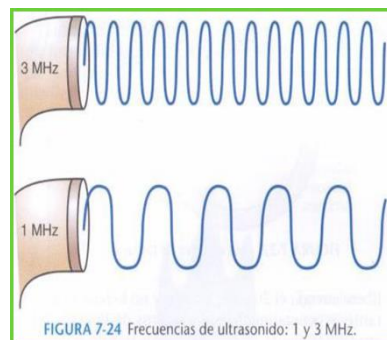




### 6.3. Frecuencia

Podemos programar el ultrasonido a dos frecuencias diferentes:

- 1 MHz. Se emplea en el tratamiento de estructuras más profundas. Alcanza 10,6 cm de profundidad, pero entre 1,5 y 3,5 cm es donde se produce el 92% de la absorción. Como ya hemos dicho previamente, sus efectos térmicos y mecánicos son menores que los del ultrasonido a 3 MHz.
- 3 MHz. Se emplea en el tratamiento de estructuras más superficiales. Alcanza 5,4 cm de profundidad, pero entre 0 y 1,5 cm es donde se produce el 94% de la absorción. Como ya hemos dicho previamente, sus efectos térmicos y mecánicos son mayores que los del ultrasonido a 1 MHz.



### 6.4. Modo de emisión / ciclo de trabajo

El ciclo de trabajo de un ultrasonido es el que va a determinar el modo de emisión del ultrasonido. Se expresa como porcentaje: un ciclo de trabajo del 20% quiere decir que el 20% del tiempo libera energía y el 80% no; o como cociente: un cociente 1:5 quiere decir que, de 5 tiempos de tratamiento, 1 libera energía y los 4 restantes no (es decir, lo equivalente al 20%).

El ciclo de trabajo es la proporción del tiempo total de tratamiento en el que el ultrasonido libera energía. Si el ultrasonido libera energía durante el 100% del tiempo total del tratamiento estaremos hablando de un **ultrasonido continuo**. Cuando libera energía durante menos del 100% del tiempo total del tratamiento,

estaremos hablando de un **ultrasonido pulsátil**. Según cómo sea el ciclo de trabajo podremos diferenciar las características del ultrasonido:

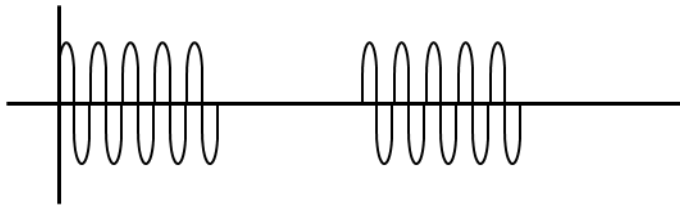
- Ciclo de trabajo = 100%
  - Ultrasonido continuo.
  - Más efectos térmicos.
  - Más efectos mecánicos.
  - Se emplea cuando queremos obtener principalmente efectos térmicos (podéis consultar el apartado de efectos terapéuticos para más información).
  
- Ciclo de trabajo < 100%
  - Ultrasonido pulsátil.
  - Los efectos térmicos son mayores cuanto mayor sea el ciclo de trabajo.
  - Los efectos mecánicos son mayores cuanto mayor sea el ciclo de trabajo.
  - Se emplea cuando queremos obtener efectos mecánicos sin producir un calentamiento de las estructuras a tratar (podéis consultar el apartado de efectos terapéuticos para más información).

En la tabla que aparece a continuación se puede ver que según el efecto que busquemos las aplicaciones terapéuticas serán unas u otras:

**Tabla 16.1.** Valores de la intensidad térmica según *Draper y Prentice*

Efecto	Incremento de temperatura	Aplicaciones
No térmico	No perceptible Basal 37,5 °C Temperatura corporal	Trauma agudo Edema Regeneración hística
Térmico ligero	Incremento de 1 °C 38,5 °C	Estadio subagudo Hematoma
Térmico - moderado	Incremento de 2 °C 39,5 °C	Dolor inflamatorio crónico Puntos "gatillos"
Térmico vigoroso	Incremento de 4 °C 41 °C	Fibrinolítico Estiramiento del colágeno

Cuando se programa un ultrasonido pulsátil, el patrón de la onda sería como el que aparece en la siguiente figura:



Si hacemos un símil con las ondas electromagnéticas de baja y media frecuencia, lo que estaríamos haciendo sería programar un "tren de impulsos". De forma paralela a las ondas electromagnéticas, cuando programamos un ultrasonido pulsátil, además de programar la frecuencia de la onda del ultrasonido tenemos que programar la frecuencia del "tren de impulsos" del ultrasonido.

Por ejemplo, programaremos:

- Frecuencia: 1 MHz
- Ciclo de trabajo: 20%
- Frecuencia del tren: 100 Hz

En la tabla que aparece a continuación se puede ver las características de la onda según el ciclo de trabajo y la frecuencia del tren de impulsos:

Relación: Impulso-Pausa	1:1	1:5	1:10	1:20
<b>Frecuencia tren 100 Hz</b>				
duración impulsos: (ms)	5	2	1	0,5
pausa: (ms)	5	8	9	9,5
Ciclo de trabajo: %	50%	20%	10%	5%
<b>Frecuencia tren 50 Hz</b>				
duración impulsos: (ms)	10	4	2	1
pausa: (ms)	10	16	18	19
Ciclo de trabajo: %	50%	20%	10%	5%
<b>Frecuencia tren 48 Hz</b>				
duración impulsos: (ms)		4	2	1
pausa: (ms)		16,8	18,8	19,8
Ciclo de trabajo: %	-	19%	10%	5%
<b>Frecuencia tren 16 Hz</b>				
duración impulsos: (ms)		12	8	4
pausa: (ms)		50,5	54,5	58,5
Ciclo de trabajo: %	-	19%	13%	6%

En todas las frecuencias del tren de impulsos que podemos elegir se encuentran todos los efectos del ultrasonido, pero predominan más unos efectos que otros:

- 100 Hz: efecto analgésico predominante.
- 50 Hz: efecto antiinflamatorio predominante.
- 16 Hz, 48 Hz y todos los múltiplos de 16: efecto sobre el metabolismo del calcio predominante. A 48 Hz hay también un efecto antiinflamatorio predominante.

Es por ello que si el objetivo principal es la analgesia se programarán 100 Hz, si se busca la reparación del callo de fractura y/o efectos antiinflamatorios se programarán 48 Hz.

### 6.5. Intensidad

La intensidad dependerá del modo de emisión:

- Continuo: la intensidad máxima de tratamiento será de 2 W/cm<sup>2</sup> distribuidos en las siguientes dosis:
  - Baja: < 0,5 W/cm<sup>2</sup>
  - Media: 0,5-1 W/cm<sup>2</sup>
  - Alta: 1-1,5 W/cm<sup>2</sup>
  - Muy alta: 1,5-2 W/cm<sup>2</sup>
- Pulsátil: la intensidad máxima de tratamiento será de 3 W/cm<sup>2</sup> distribuidos en las siguientes dosis:
  - Baja: 0-0,75 W/cm<sup>2</sup>
  - Media: 0,75-1,5 W/cm<sup>2</sup>
  - Alta: 1,5-2,25 W/cm<sup>2</sup>
  - Muy alta: 2,25-3 W/cm<sup>2</sup>

En general nunca trabajaremos a intensidades muy altas en ninguno de los dos modos de emisión salvo que la profundidad de la lesión pueda justificarlo. En fases agudas emplearemos dosis bajas (a partir de 0,3-0,4 W/cm<sup>2</sup>), en fases subagudas en dosis medias y en fases crónicas a dosis altas (siempre teniendo en cuenta que en general en fases agudas/subagudas emplearemos el ultrasonido pulsátil y en fases crónicas el continuo).

Para programar el ultrasonido pulsátil se pueden utilizar como referencia las siguientes tablas donde se indica en la columna de la izquierda la intensidad a la que se desea llegar en el tejido a tratar y en las columnas de la derecha la intensidad que se deberá programar el ultrasonido según la profundidad de dicho tejido.

3MHz Ultrasound		Depth of Lesion (cm)				
Intensity required at the lesion (W/cm <sup>2</sup> )		0.5	1	2	3	4
1		1.20	1.40	1.80	2.20	2.60
0.9		1.08	1.26	1.62	1.98	2.34
0.8		0.96	1.12	1.44	1.76	2.08
0.7		0.84	0.98	1.26	1.54	1.82
0.6		0.72	0.84	1.08	1.32	1.56
0.5		0.60	0.70	0.90	1.10	1.30
0.4		0.48	0.56	0.72	0.88	1.04
0.3		0.36	0.42	0.54	0.66	0.78
0.2		0.24	0.28	0.36	0.44	0.52
0.1		0.12	0.14	0.18	0.22	0.26

1MHz Ultrasound		Depth of Lesion (cm)						
Intensity required at the lesion (W/cm <sup>2</sup> )		0.5	1	2	3	4	5	6
1		1.13	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50
0.9		1.01	1.13	1.35	1.58	1.80	2.03	2.25
0.8		0.90	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00
0.7		0.79	0.88	1.05	1.23	1.40	1.58	1.75
0.6		0.68	0.75	0.90	1.05	1.20	1.35	1.50
0.5		0.56	0.63	0.75	0.88	1.00	1.13	1.25
0.4		0.45	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
0.3		0.34	0.38	0.45	0.53	0.60	0.68	0.75
0.2		0.23	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
0.1		0.11	0.13	0.15	0.18	0.20	0.23	0.25

Para extrapolar estos datos al ultrasonido continuo se tendría que hacer con una regla de tres. Por ejemplo: 0,2 W/cm<sup>2</sup> de ultrasonido continuo es igual a 1 W/cm<sup>2</sup> de ultrasonido pulsátil al 20% del ciclo de trabajo.

En el caso del tratamiento de un nervio lesionado ES MUY IMPORTANTE tener en cuenta que:

- Dosis de 0,5 W/cm<sup>2</sup> ayudan a regenerar el nervio.
- Dosis de 1 W/cm<sup>2</sup> lesionan el nervio.

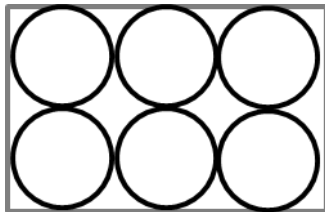
## 6.6. Tiempo de tratamiento

El tiempo de tratamiento va a venir determinado por:

1. Extensión de la lesión: lo primero que haremos será contar el número de cabezales que caben en la zona de lesión. Por ejemplo, si la zona a tratar es la de la siguiente figura:



Vemos que el número total de cabezales que caben en esa área son 6:



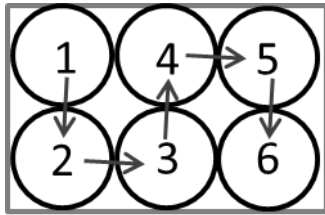
2. Fase de la patología. Según la fase en la que se encuentre la patología programaremos un tiempo u otro:
  - Fase aguda: multiplicamos el número de cabezas por un minuto (en el ejemplo:  $6 \times 1 \rightarrow 6$  minutos).
  - Fase subaguda: multiplicamos el número de cabezas por un minuto y medio (en el ejemplo:  $6 \times 1,5 \rightarrow 9$  minutos).
  - Fase crónica: multiplicamos el número de cabezas por dos minutos (en el ejemplo:  $6 \times 2 \rightarrow 12$  minutos).

Además, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones respecto al tiempo de aplicación:

- Si la zona a tratar coincide con el tamaño de la cabeza se programarán de 2 a 4 minutos, según la fase en la que se encuentre la patología.
- El tiempo máximo de tratamiento de una zona será de 15 minutos, a más tiempo pueden aparecer efectos adversos por sobredosis.
- NO superar los 20 minutos de tratamiento en total si se aplica en más de una zona.

Una vez que hemos programado el tiempo de tratamiento, debemos hacer el tratamiento de forma consecutiva en cada zona. Si seguimos con el ejemplo anterior en fase aguda, primero trataremos durante un minuto en la primera zona, luego

durante un minuto en la segunda zona y así consecutivamente hasta que hagamos las 6 zonas, NO vamos a estar durante 6 minutos cambiando de zonas porque tenemos que dar tiempo a la onda a penetrar en la zona a tratar.



### 6.7. Tipo de cabezal

Vamos a distinguir dos tipos de cabezal:

#### 1. Grande

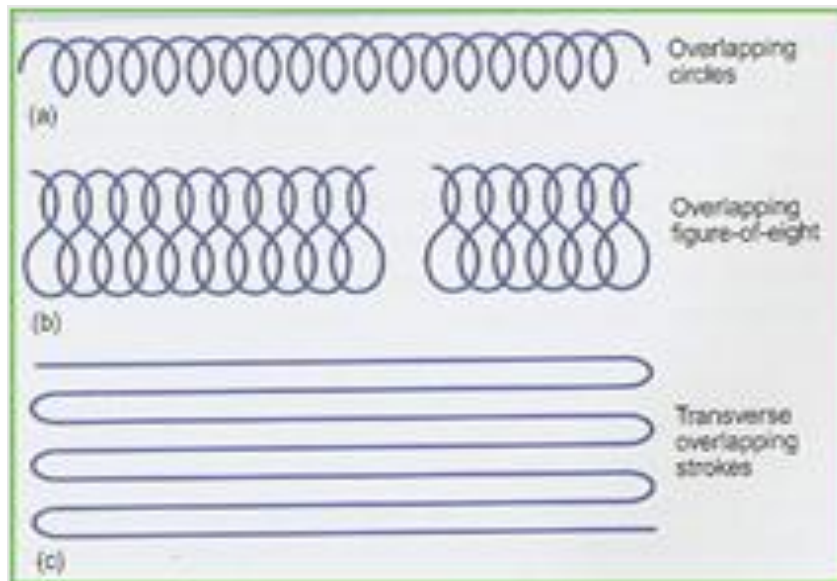
- Su área de radiación efectiva (ERA) es de 5 cm<sup>2</sup>.
- Tiene el campo cercano más largo por lo que tiene mayor capacidad de penetración.
- Se emplea en el tratamiento de superficies grandes.

#### 2. Pequeño

- Su área de radiación efectiva (ERA) es de 0,5-0,8 cm<sup>2</sup>.
- Tiene el campo cercano más corto por lo que tiene menor capacidad de penetración.
- Se emplea en el tratamiento de superficies pequeñas y para el tratamiento de zonas irregulares.

### 6.8. Movimiento del cabezal

Como ya hemos dicho previamente, durante el tratamiento el movimiento del cabezal tiene que ser constante. Pero además de eso es necesario que sea muy lento para que el ultrasonido pueda absorberse bien por el tejido. Es indiferente el patrón de aplicación del ultrasonido, bien longitudinal, circular o con la forma que se desee ya que el efecto terapéutico es el mismo.



NOTA: el cabezal del ultrasonido tiene una luz que indica cuándo el contacto con la zona a tratar es óptimo y hay paso de haz de ultrasonido, o cuando por el contrario no ocurre esto. Según la casa comercial la forma de indicar el paso de ultrasonido efectivo es diferente. En algunas marcas el cabezal encendido indica el paso de onda y el cabezal apagado que no hay paso de onda, en otras es lo contrario y, por último, otras tienen la luz de un color cuando el contacto es óptimo y hay paso de onda y la luz de otro color cuando no hay paso de onda.

### 6.9. Puntos de aplicación

Podemos distinguir entre:

1. Aplicación directa en la zona a tratar. El ultrasonido se aplica en la zona lesionada.
2. Aplicación indirecta para el tratamiento segmentario o metamérico. En este caso el ultrasonido se aplica sobre las raíces nerviosas o sobre los ganglios que inervan la zona a tratar.
  - Si hacemos un tratamiento de las raíces nerviosas se obtendrá principalmente un efecto analgésico.
  - Si hacemos un tratamiento ganglionar se obtendrá principalmente un efecto vasodilatador.

### Cuestiones

1. Indica si las siguientes afirmaciones sobre el US son verdaderas (V) o falsas (F):
  - a) En el método subacuático la cubeta tiene que ser reflectante para que las ondas que se pierden vuelvan al tejido. \_\_\_\_
  - b) En el método subacuático la temperatura del agua tiene que ser caliente. \_\_\_\_



- c) El método subacuático se emplea cuando la zona a tratar es muy grande. \_\_\_\_
- d) Si quiero un efecto predominantemente analgésico con un ultrasonido pulsátil habrá que programar una frecuencia de 48 Hz. \_\_\_\_
- e) Si queremos tratar un edema en fase aguda programaremos un ultrasonido pulsátil con un ciclo de trabajo pequeño. \_\_\_\_
- f) Para favorecer la regeneración de un nervio lesionado programaremos dosis de 1 W/cm<sup>2</sup>. \_\_\_\_
- g) El tiempo máximo de aplicación de un ultrasonido es de 30 minutos. \_\_\_\_
2. Selecciona la opción correcta para completar las siguientes frases sobre el tratamiento con ultrasonido:
- a) El método subacuático tiene efectos \_\_\_\_\_ (menores / iguales / mayores) que el método por contacto directo.
- b) En el método subacuático las dosis de aplicación del ultrasonido serán \_\_\_\_\_ (menores / iguales / mayores) que en el método por contacto directo.
- c) En un ultrasonido tendremos mayores efectos térmicos con \_\_\_\_\_ (1 MHz / 3 MHz) de frecuencia y si empleamos un modo de emisión \_\_\_\_\_ (continuo / pulsátil).
- d) En un ultrasonido podremos alcanzar mayor profundidad de penetración con \_\_\_\_\_ (1 MHz / 3 MHz) de frecuencia y si empleamos un cabezal \_\_\_\_\_ (grande / pequeño).
- e) Si caben 3 cabezales en la zona a tratar, el tiempo de tratamiento que programaré en una patología en fase subaguda será de \_\_\_\_\_ (2 / 3 / 4,5 / 6 / 7,5) minutos.
- f) Si cabe un cabezal en la zona a tratar, el tiempo de tratamiento que programaré en una patología en fase subaguda será de \_\_\_\_\_ (1 / 2 / 3 / 4) minutos.
- g) El movimiento del cabezal de ultrasonido debe ser \_\_\_\_\_ (muy lento / lento / medio / rápido / muy rápido).

## 7. Contraindicaciones, precauciones y reacciones adversas

### 7.1. Contraindicaciones

- Tumor maligno.
- Embarazo.
- Tratamiento del sistema nervioso central.
- Prótesis de cemento o plástico.
- Marcapasos (sí que se puede aplicar en otras áreas distales).
- Tromboflebitis (hay riesgo de desplazamiento de un trombo).
- Ojos.
- Órganos reproductores.

## 7.2. Precauciones

- Inflamaciones.
- Placas epifisarias en niños por el riesgo de consolidación.
- Fracturas si aparece dolor.
- Implantes de mama.

## 7.3. Efectos adversos

- Quemaduras por un efecto térmico elevado.
- Daño de tejidos por las ondas estacionarias.
- Contaminación cruzada al emplear el cabezal en un paciente que "contamina" al siguiente paciente.

## 8. Estado de la evidencia

Son muchos los usos atribuidos al **ultrasonido**, la disminución del dolor, tratamiento de lesiones de tejidos blandos, osteoartrosis, bursitis, tenosinovitis, edema, tratamiento cicatrices, tratamiento de lesiones deportivas... Los dos mecanismos principales por los cuales se consigue serían los efectos térmicos y los efectos no térmicos. Para los térmicos; se usa el ultrasonido en modo continuo y es el aumento de temperatura lo que disminuye el dolor, aumenta el aporte sanguíneo, reduce el espasmo muscular, disminuye la rigidez articular, y aumenta el colágeno. Para los efectos no térmicos; se usa el ultrasonido en modo pulsátil, a intensidades bajas, influyendo en la difusión celular, permeabilidad de membrana, conducción nerviosa y aceleración de la síntesis de colágeno. Normalmente se usa para estimular la reparación del tejido, disminución de edema y tratamiento del dolor de puntos gatillo (1,2,3).

Existe mucha literatura científica acerca de esta terapia, sus diferentes usos y comparativas con terapias similares. Sin embargo, las últimas publicaciones y revisiones sistemáticas sobre el tema, no muestran una gran efectividad de esta terapia.

En el caso del codo de tenista (epicondilitis lateral) se ha visto que el uso de ultrasonidos no mejora significativamente el dolor ni produce cambios en la funcionalidad del paciente, siendo mejores los resultados obtenidos con terapia de ondas de choque (4).

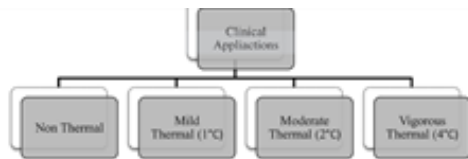
Esta misma comparativa la encontramos en la fascitis plantar, mejorando más la funcionalidad en este caso, los pacientes tratados con ultrasonidos en comparación con las ondas de choque, en cualquier caso, se consiguió una mejora del dolor poco significativa en ambos (5).

Otro estudio que mide la eficacia del ultrasonido para el hombro congelado concluye que el añadir el uso del ultrasonido a la terapia convencional de movilización con terapia manual y ejercicio terapéutico, no añade ningún beneficio extra (6).

Por último, no se ha encontrado evidencia que justifique el uso del US en dolor crónico de espalda, otra de las patologías en las que su uso suele ser frecuente. Tras revisar la literatura se ha visto que disminuye algo el dolor y la funcionalidad, pero a corto plazo sin ser sus resultados relevantes para el uso clínico (7).

Por toda esta controversia entre la literatura científica y su uso en la práctica clínica, es interesante el artículo de Draper DO, en el cual, se realiza una revisión acerca de cuáles son los errores más comunes en la utilización del ultrasonido y que, por tanto, lleva al fracaso terapéutico:

1. Tratar el área correcta: El ultrasonido puede generar calor profundo, pero fue diseñado para tratar áreas pequeñas. Tras el estudio la temperatura optima se obtiene tratando como mucho el doble del tamaño del cabezal. Pudiendo subir a 3cm de profundidad hasta 4 ° C en 10 min.
2. Usar el tiempo de tratamiento oportuno: Estudios marcan que debe ser entre 1-2 min por cabezal multiplicado por el área a tratar, esto no da más de 4 min de tratamiento, Según este estudio no se alcanza un aumento suficiente de temperatura en ese tiempo.
3. El tiempo lo deberá estimar el profesional según los efectos deseados.



Effect	Temperature Increase	Application
Non Thermal	None Baseline (37.5 °C)	Acute Injury Edema, Healing
Mild Thermal	1 °C (38.5 °C)	Sub-Acute Injury Hematoma
Moderate Thermal	2 °C (39.5 °C)	Chronic Inflammation Pain Trigger Points
Vigorous	4 °C (41.5 °C)	Stretch Collagen

A 1Mhz calienta 0,2º C x min x W/cm<sup>2</sup>

A 3Mhz calienta 0,6º C x min x W/cm<sup>2</sup>

4. Evitar intensidades preseleccionadas. Debemos subir intensidad hasta conseguir los efectos térmicos deseados. Podemos seguir el cuadro descrito. Siempre y cuando teniendo en cuenta la tolerancia del paciente.

Intensity (W/cm <sup>2</sup> )	1 MHz	3 MHz
0.5	0.04 °C	0.04 °C
1.0	0.2 °C	0.6 °C
1.5	0.3 °C	0.9 °C
2.0	0.4 °C	1.4 °C

\*Treatment Area = 2 to 3 times the effective radiating area

5. Usar la frecuencia correcta. A veces es necesario usar dos frecuencias en un mismo tratamiento. Ej. Tendón rotuliano.

6. No tratar todos los tejidos de la misma forma: Tejidos que están más vascularizados tardan más en calentarse. Por ejemplo, el musculo y el tendón. A mismos parámetros el tendón alcanza temperaturas más altas.
7. Velocidad correcta de aplicación: 4cm/s o menos. Todo lo despacio que te lo permita el individuo.
8. Estar atento a la "ventana de estiramiento": Si se utiliza el ultrasonido con el objetivo de calentar el tejido antes de ser estirado, hay que realizar el estiramiento nada más acabar el tratamiento o incluso mejor aún en los últimos minutos del ultrasonido. De este modo garantizas que el tejido está en esa ventana de estiramiento.

1. Draper DO, Castel JC, Castel D. Rateo f temperatura increase in human muscle during 1 MHz and 3 Mhz continuos ultrasound. J Orthop Sport Phys Ther 1995;22:142-50
2. Dyson M, Pond JB. The effect of pulsed ultrasound on tissue regeneration. Physiotherapy 1970; 64:105-8
3. Kramer JF. Ultrasound:Evaluation of its mechanical and termal effects. Arch Phys Med Rehabil 1984;65:223-7
4. Yan C, Xiong Y, Chen L, Endo Y, Hu L, Liu M, et al. A comparative study of the efficacy of ultrasonics and extracorporeal shock wave in the treatment of tennis elbow: a meta-analysis of randomized controlled trials. J Orthop Surg. 6 de agosto de 2019;14(1):248.
5. Akinoglu B, Köse N, Kirdi N, Yakut Y. Comparison of the Acute Effect of Radial Shock Wave Therapy and Ultrasound Therapy in the Treatment of Plantar Fasciitis: A Randomized Controlled Study. Pain Med Malden Mass. 1 de diciembre de 2017;18(12):2443-52.
6. Ebadi S, Forogh B, Fallah E, Babaei Ghazani A. Does ultrasound therapy add to the effects of exercise and mobilization in frozen shoulder? A pilot randomized double-blind clinical trial. J Bodyw Mov Ther. octubre de 2017;21(4):781-7.
7. Ebadi S, Henschke N, Nakhostin Ansari N, Fallah E, van Tulder MW. Therapeutic ultrasound for chronic low-back pain. Cochrane Database Syst Rev. 14 de marzo de 2014;(3):CD009169.
8. Draper DO. Facts and misfits in ultrasound therapy: steps to improve your treatment outcomes. Eur J Phys Rehabil Med. 2014;50(2):209-216.

## PRÁCTICA

### Material necesario:

- Aparato de electroterapia con módulo de US.
- Cabezal de tratamiento de US grande.
- Cabezal de tratamiento de US pequeño.

1. Programación del ultrasonido en modo continuo y en modo pulsátil. Diferenciación de sus efectos térmicos.

Tipo de US:	continuo.
Frecuencia:	1 o 3 MHz.
Ciclo de trabajo (duty cycle):	100%.
Frecuencia:	No aplica.

Intensidad: 0 – 2 W/cm<sup>2</sup>.  
Cabezal: grande o pequeño.  
Tiempo de tratamiento: depende del área de tratamiento y de la fase de la patología.

Tipo de US: pulsátil.  
Frecuencia: 1 o 3 MHz.  
Ciclo de trabajo (duty cycle): <100%.  
Frecuencia: 16, 48, 100 Hz.  
Intensidad: 0 – 3 W/cm<sup>2</sup>.  
Cabezal: grande o pequeño.  
Tiempo de tratamiento: depende del área de tratamiento y de la fase de la patología.

## 2. Consolidación de fracturas.

Tipo de US: pulsátil.  
Frecuencia: 1 o 3 MHz.  
Ciclo de trabajo (duty cycle): 20%.  
Frecuencia: 48 Hz.  
Intensidad: 0,4 – 0,75 W/cm<sup>2</sup>.  
Cabezal: grande o pequeño.  
Tiempo de tratamiento: depende del área de tratamiento (primeros días: nº de cabezas x 1 min, posteriormente: nº de cabezas x 1,5 min).

## 3. Rigidez post-inmovilización.

Tipo de US: continuo.  
Frecuencia: 1 o 3 MHz.  
Ciclo de trabajo (duty cycle): No aplica.  
Frecuencia: No aplica.  
Intensidad: 1 W/cm<sup>2</sup>.  
Cabezal: grande o pequeño.  
Tiempo de tratamiento: nº de cabezas x 1,5-2 min (según la fase de la patología).  
Consideraciones adicionales: Al finalizar el tratamiento realizar movilizaciones pasivas y estiramientos.

#### 4. Contractura de Dupuytren.

##### *Aplicación segmentaria: raíces de C7-D1*

Tipo de US:	pulsátil.
Frecuencia:	1 MHz.
Ciclo de trabajo (duty cycle):	20%.
Frecuencia:	100 Hz.
Intensidad:	0,5 W/cm <sup>2</sup> como máximo.
Cabezal:	pequeño.
Tiempo de tratamiento:	2 – 4 minutos.
Consideraciones:	Se aplica en la raíz entre C7-D1. Se puede emplear antes del tratamiento sobre los tendones.

##### *Fases iniciales*

Tipo de US:	pulsátil.
Frecuencia:	1 MHz.
Ciclo de trabajo (duty cycle):	20%.
Frecuencia:	48 Hz.
Intensidad:	0,5 – 1 W/cm <sup>2</sup> .
Cabezal:	pequeño.
Tiempo de tratamiento:	3 – 6 minutos.
Consideraciones adicionales:	Al finalizar el tratamiento realizar un estiramiento de los tendones.

##### *Fases avanzadas*

Tipo de US:	continuo.
Frecuencia:	3 MHz.
Ciclo de trabajo (duty cycle):	No aplica.
Frecuencia:	No aplica.
Intensidad:	0,5 - 1 W/cm <sup>2</sup> .
Cabezal:	pequeño.
Tiempo de tratamiento:	3 – 6 minutos.
Consideraciones adicionales:	Al finalizar el tratamiento realizar un estiramiento de los tendones.

#### 5. Procesos inflamatorios agudos que afectan a tendones, vainas, fascias y bolsas serosas.

Tipo de US:	pulsátil.
-------------	-----------

Frecuencia:	1 o 3 MHz.
Ciclo de trabajo (duty cycle):	20%.
Frecuencia:	48 Hz.
Intensidad:	0,2 – 0,3 W/cm <sup>2</sup> (aumentar dosis si lo requiere la profundidad de la lesión).
Cabezal:	pequeño.
Tiempo de tratamiento:	nº de cabezas x 1 min.
Número de sesiones:	1 sesión diaria.
Consideraciones adicionales:	Si la bursitis es crónica subir a 0,5 – 1 W/cm <sup>2</sup> en sesiones en días alternos.

#### 6. Tratamiento de una calcificación del deltoides.

Una calcificación es una fibrosis llevada a su máxima expresión. El tratamiento con US se abordaría desde distintos puntos de vista de forma simultánea. Previamente a la aplicación del US se puede hacer una técnica de iontoforesis con ácido acético sobre la zona de calcificación.

##### *Aplicación del US sobre la zona de la calcificación*

Objetivo:	destruir la calcificación.
Tipo de US:	continuo.
Frecuencia:	3 MHz.
Ciclo de trabajo (duty cycle):	No aplica.
Frecuencia:	No aplica.
Intensidad:	1 W/cm <sup>2</sup> .
Cabezal:	pequeño.
Tiempo de tratamiento:	2 – 4 minutos.
Consideraciones:	Se aplica en la zona de la calcificación.

##### *Aplicación del US segmentario radicular: raíces de C4-C5 y C5-C6*

Objetivo:	analgesia por vía refleja y aumento de la circulación.
Tipo de US:	pulsátil.
Frecuencia:	1 MHz.
Ciclo de trabajo (duty cycle):	20%.
Frecuencia:	100 Hz.
Intensidad:	0,5 W/cm <sup>2</sup> como máximo.
Cabezal:	pequeño.
Tiempo de tratamiento:	2 – 4 minutos.
Consideraciones:	Se aplica en las raíces entre C4-C5 y C5-C6.

*Aplicación del US en las inserciones musculares*

Objetivo:	quitar tensión sobre el músculo.
Tipo de US:	pulsátil.
Frecuencia:	1 MHz.
Ciclo de trabajo (duty cycle):	20%.
Frecuencia:	100 Hz.
Intensidad:	0,2 – 0,5 W/cm <sup>2</sup> .
Cabezal:	pequeño.
Tiempo de tratamiento:	1 – 2 minutos por cada inserción.
Consideraciones:	Se aplica en las inserciones.

7. Axonotmesis postraumática.

Objetivo:	acelerar la regeneración del trayecto nervioso.
Tipo de US:	pulsátil.
Frecuencia:	1 o 3 MHz.
Ciclo de trabajo (duty cycle):	20%.
Frecuencia:	100 o 48 Hz.
Intensidad:	0,5 W/cm <sup>2</sup> .
Cabezal:	pequeño.
Consideraciones:	Se aplica sobre el trayecto del nervio en regeneración a nivel de donde avanza el signo de Tinel.
Precauciones:	NUNCA dosis mayores de 1 W/cm <sup>2</sup> : provocan la degeneración del nervio. NO tratar sobre el punto de sutura o sobre una zona con injerto.

**EJERCICIOS**

**Ejercicio 1.** ¿Por qué duele el periostio al aplicar el US continuo manteniendo el cabezal fijo? (para contestar a esta pregunta tened en cuenta las características del campo cercano, los factores que influyen en el organismo al aplicar un tratamiento con ultrasonidos y los efectos fisiológicos).

**Ejercicio 2.** ¿Qué harías si al aplicar el ultrasonido continuo el paciente refiere dolor?

**Ejercicio 3.** Completa la siguiente tabla describiendo las diferencias entre el ultrasonido a 1 MHz y a 3 MHz.



	<b>1 MHz</b>	<b>3 MHz</b>
<b>Profundidad</b>		
<b>Efectos mecánicos (presión)</b>		
<b>Efectos térmicos</b>		

**Ejercicio 4.** Plantea una sesión de tratamiento en un paciente viene a tu consulta con una capsulitis retráctil en el hombro desde hace 3 meses por haber llevado una inmovilización durante 4 semanas a consecuencia de una fractura de cúbito y radio.

**Ejercicio 5.** Plantea una sesión de tratamiento de un paciente con un esguince agudo del ligamento lateral interno de la rodilla.

## SOLUCIONES

### Cuestiones

#### P. 238

1. a) ultrasonoforesis; b) piezoeléctrico invertido / deformación mecánica; c) diferencia.
2. a) F; b) V; c) F.

#### P. 241

1. a) V; b) F; c) V; d) V; e) F.
2. a) irregular; b) mayor.

#### P. 243

1. a) V; b) F; c) F; d) F.

#### P. 246

1. a) V; b) F; c) V; d) V; e) V; f) V; g) F.

#### P. 247

1. a) Se aplicaría el modo continuo con el fin de relajar los tejidos. Se busca obtener los efectos térmicos en profundidad que tienen los ultrasonidos (NOTA: en las fases iniciales de la patología se emplean ultrasonidos pulsátiles. Esto está descrito en los protocolos que tenéis en el apartado de prácticas); b) Se haría un estiramiento de los tendones para disminuir su acortamiento.

#### P. 256,257

1. a) F; b) F; c) F; d) F; e) V; f) F; g) F.
2. a) iguales; b) iguales; c) 3 Mz / continuo; d) 1 MHz / grande; e) 4,5; f) 3; g) muy lento.

## Ejercicios

1. El campo cercano es la zona donde vamos a buscar los efectos terapéuticos del ultrasonido. Tiene un inconveniente, que es irregular, por lo que al aplicarlo hay unas zonas del cabezal que transmiten mucha dosis y otras donde no pasa el ultrasonido. Es por ello, que para asegurar la homogeneidad en la intensidad del tratamiento, siempre que se quiera aplicar un ultrasonido habrá que realizarlo moviendo el cabezal. Si aplicamos el ultrasonido con el cabezal fijo estaremos entonces sobredosificando unas zonas que es donde llegará más el ultrasonido.

Además, debemos tener en cuenta los diferentes tejidos del organismo y lo que ocurre con la onda de ultrasonido cuando atraviesa los tejidos. El hueso es un tejido donde el ultrasonido se refleja prácticamente al 100%, por lo que el ultrasonido no llegará nunca a penetrar en el hueso. Por otro lado, los tejidos que más absorben la onda de ultrasonidos (y donde por tanto el efecto terapéutico será mayor), son aquellos ricos en colágeno, como es el caso del periostio que rodea a los huesos. Si tenemos en cuenta estos dos factores en conjunto, cuando la onda llega al periostio se absorbe en mucha cantidad, lo que no se absorbe llega hasta el hueso donde se refleja y retorna nuevamente al periostio, que volverá a absorber gran parte de la onda reflejada. Esto provoca la sobredosificación del tejido, que si la dosis es excesiva (como cuando dejamos quieto el cabezal) se calentará en exceso y resultará doloroso ya que se activarán los nociceptores del periostio (no hay termorreceptores en el periostio que avisen del calentamiento de este tejido).

2. Si el paciente refiere dolor al aplicarle ultrasonidos deberemos optar por bajar la intensidad del tratamiento y/o mover un poco más rápido el cabezal. Se podría valorar también cambiar al modo pulsátil.

3.

	<b>1 MHz</b>	<b>3 MHz</b>
<b>Profundidad</b>	Mayor	Menor
<b>Efectos mecánicos (presión)</b>	Menores	Mayores
<b>Efectos térmicos</b>	Menores	Mayores

4. Teniendo en cuenta que la capsulitis retráctil está presente desde hace 3 meses, se considera un proceso crónico, no agudo.

Fundamento: vamos a aplicar un ultrasonido continuo porque nos interesa obtener efectos térmicos sobre la cápsula. Una vez que la cápsula haya aumentado su temperatura se realizarán técnicas de tracción o de deslizamiento grado III (según corresponda) para ganar rango de movimiento en la cápsula. Aplicar calor mediante ultrasonido antes de hacer la movilización

permitirá ganar mejor el rango de movimiento en la articulación al aumentar la elasticidad de la cápsula.

Trabajaremos con un equipo de ultrasonidos convencional y mediante el método de aplicación por contacto directo. La frecuencia de trabajo se programará a 3 MHz porque podemos acceder a la cápsula con esa frecuencia (su capacidad de profundidad mayor es de 0 a 1,5 cm) y tiene mayores efectos térmicos y mecánicos que 1 MHz. Como queremos trabajar en modo continuo, el ciclo de trabajo se programará al 100%. La intensidad por programar estará comprendida entre 0,5 y 1 w/cm<sup>2</sup> las primeras sesiones y según cómo responda al tratamiento se subirá como máximo hasta 1,5 w/cm<sup>2</sup>. El cabezal de ultrasonido que emplearemos será el grande y vamos a considerar que el área a tratar ocupa el espacio de 5 cabezales, por lo que el tiempo de tratamiento será de 10 minutos (2 minutos por número de cabezales que caben en la zona a tratar). Antes de iniciar el tratamiento se echará gel de ultrasonidos sobre la zona de la cápsula de la articulación glenohumeral. El tratamiento se aplicará moviendo lentamente el cabezal sobre la zona a tratar, de forma consecutiva durante 2 minutos por cada una de las zonas en las que queda dividido el área de tratamiento, y con el fin de que el ultrasonido se absorba correctamente por el tejido.

5.

Fundamento: vamos a aplicar un ultrasonido pulsátil porque nos interesa obtener los beneficios mecánicos del ultrasonido, pero sin que se acumule mucho calor sobre la zona a tratar. Tendremos que tener en cuenta que no podremos tratar al paciente hasta que no hayan pasado 72 horas de la lesión ya que los efectos mecánicos del ultrasonido pueden aumentar la lesión en el ligamento.

Trabajaremos con un equipo de ultrasonidos convencional y mediante el método de aplicación por contacto directo. La frecuencia de trabajo se programará a 3 MHz porque la estructura es muy superficial (su capacidad de profundidad mayor es de 0 a 1,5 cm). Como queremos trabajar en modo pulsátil, el ciclo de trabajo se programará en valores menores al 100%, en este caso al 20% porque la lesión es muy reciente. La intensidad por programar estará comprendida entre 0,4 y 0,75 w/cm<sup>2</sup> por el mismo motivo, la lesión está en fase aguda. El cabezal de ultrasonido que emplearemos será el pequeño y vamos a considerar que el área a tratar ocupa el espacio de 3 cabezales, por lo que el tiempo de tratamiento será de 3 minutos (1 minuto por número de cabezales que caben en la zona a tratar). Antes de iniciar el tratamiento se echará gel de ultrasonidos sobre la zona del ligamento. El tratamiento se aplicará moviendo lentamente el cabezal sobre la zona a tratar, de forma consecutiva durante 1 minutos por cada una de las zonas en las que queda dividido el área de tratamiento, y con el fin de que el ultrasonido se absorba correctamente por el tejido.

# **TEMA 7. TERAPIA COMBINADA Y ONDAS DE CHOQUE**

## TEMA 7. TERAPIA COMBINADA Y ONDAS DE CHOQUE

### ÍNDICE

COMPETENCIAS .....	270
TERAPIA COMBINADA.....	270
ONDAS DE CHOQUE .....	272
PRÁCTICA .....	279
EJERCICIOS .....	282
SOLUCIONES.....	282

## COMPETENCIAS

- Conocer el fundamento y las bases teóricas de la terapia combinada.
- Saber realizar un protocolo de tratamiento con terapia combinada.
- Conocer las distintas corrientes que pueden emplearse para el tratamiento con terapia combinada.
- Conocer las precauciones que hay que tener al aplicar la terapia combinada.
- Conocer el fundamento y las bases teóricas de las ondas de choque.
- Saber realizar un protocolo de tratamiento con ondas de choque.
- Conocer las precauciones que hay que tener al aplicar las ondas de choque.

## TEORÍA

### 1. Terapia combinada

#### 1.1. Concepto y bases fisiológicas

La **terapia combinada** es una metodología de tratamiento que aplica de forma simultánea un tratamiento con ultrasonido y corrientes de baja o media frecuencia. Combinando ambas técnicas se alcanzan los beneficios de ambas, pero son necesarias intensidades de tratamiento menores. Se postula que el ultrasonido aumentaría la permeabilidad del sodio y del calcio, lo que conduciría a una disminución del umbral de activación de las neuronas donde se desencadenaría el potencial de acción por el efecto de la corriente eléctrica.

Este tratamiento se emplea para la localización de zonas lesionadas y para su tratamiento.

#### 1.2. Metodología de aplicación

Como ya se ha explicado previamente, se pueden emplear corrientes de baja o media frecuencia en el tratamiento con terapia combinada. Nosotros vamos a ver el procedimiento de aplicación con corrientes interferenciales de media frecuencia. Además, de forma clásica, se ha empleado el ultrasonido continuo para localizar puntos de dolor y el pulsátil para tratarlos. Nosotros vamos a estudiar el protocolo propuesto por el Profesor Julián Maya donde se emplea siempre el ultrasonido pulsátil.

### *Parámetros de aplicación*

- **Electrodos:** El electrodo positivo será de caucho o adhesivo (si empleáramos corrientes con efectos polares siempre será de caucho). El cabezal de ultrasonido será el electrodo negativo. Es importante que el electrodo positivo SIEMPRE sea de tamaño mayor que el cabezal de ultrasonido para que la corriente se concentre en el electrodo de menor tamaño (permite una mejor localización de los puntos a tratar).
- **Corriente eléctrica:** corrientes interferenciales con una frecuencia portadora de 4000 Hz y una AMF de 100 Hz. Se trabajará a un nivel sensitivo fuerte justo por debajo del umbral motor, siempre y cuando el paciente lo tolere. A nivel sensitivo, cuanto mayor es la intensidad que empleemos, más puntos de tratamiento localizaremos y mayor será el efecto terapéutico.
- **Ultrasonido:** ultrasonido pulsátil con un ciclo de trabajo del 20% y una frecuencia del tren de 100 Hz. Además, se programará:
  - 1 MHz y 0,8 W/cm<sup>2</sup>: en aplicaciones transversales. Se obtienen efectos más profundos.
  - 3 MHz y 0,5-0,6 W/cm<sup>2</sup>: en aplicaciones longitudinales. Se obtienen efectos más superficiales.
- **Modo salida:** CV. Recordad que de esta forma la intensidad NO es constante y que este modo de salida se emplea cuando al menos uno de los electrodos se mueve durante el tratamiento (consultad el tema 1 para ampliar esta información).

### *Procedimiento*

1. Se coloca gel de terapia combinada (es un gel de ultrasonido que permite el paso de la corriente eléctrica), teniendo en cuenta que si se hace la terapia combinada con corrientes con efectos polares habrá que poner mucho gel para minimizar los efectos polares.
2. Se sube la intensidad del ultrasonido. A partir de este momento el cabezal tiene que estar en constante movimiento.
3. Se sube la intensidad de la corriente eléctrica hasta el nivel previamente explicado. **A partir de este momento NO se puede separar nunca el cabezal de la zona a tratar porque si no podemos provocar dolor al paciente.**
4. Comienza el tratamiento. Para ello se coloca el cabezal en una de las esquinas de la zona a tratar.
5. Se recorre con un movimiento longitudinal la zona a tratar hasta que el paciente refiere dolor o un cambio en la sensación de corriente.

6. En ese momento se aplican movimientos circulares concéntricos en la zona a tratar hasta que el paciente refiere que la sensación ha cesado. Esto puede tardar unos 30-180 segundos. Es **IMPORTANTE** que los movimientos sean milimétricos, apenas perceptibles para que el punto no se pierda.
7. Se continúa repitiendo los puntos 5 y 6 hasta que se ha evaluado toda la zona a tratar.
8. Para finalizar el tratamiento bajaremos la intensidad de la corriente eléctrica y del ultrasonido y entonces ya podremos quitar el contacto entre el cabezal y la zona a tratar.

### **Cuestiones**

1. Indica si las siguientes afirmaciones sobre la terapia combinada son verdaderas (V) o falsas (F):
  - a) La terapia combinada únicamente puede realizarse con corrientes de media frecuencia. \_\_\_\_
  - b) El electrodo positivo debe ser de mayor tamaño que el negativo. \_\_\_\_
  - c) Si quiero efectos más profundos, la aplicación será longitudinal. \_\_\_\_
  - d) La terapia combinada se emplea para localizar puntos de lesión. El tratamiento se realiza posteriormente colocando los electrodos de forma fija en la zona a tratar. \_\_\_\_

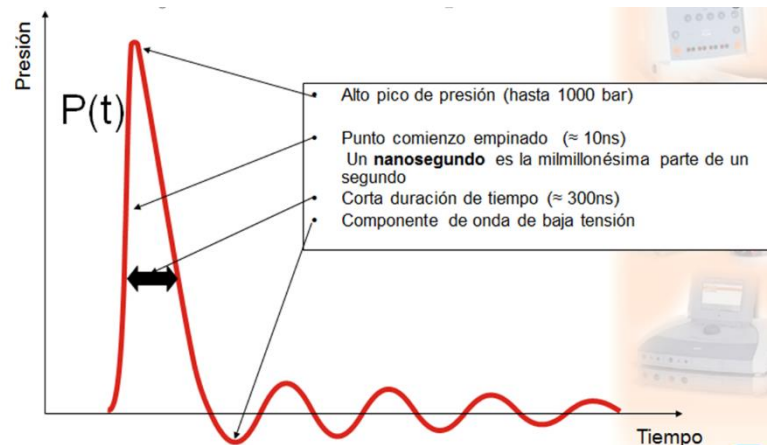
## **2. Ondas de choque (Albornoz Cabello M, Maya Martín J, Toledo Marhuenda JV. Electroterapia práctica: Avances en investigación clínica. Elsevier. 2016)**

### **2.1. Concepto**

Las **ondas de choque** se encuentran enmarcadas dentro de la terapia conocida como extracorporeal shock wave therapy (ESWT). Son ondas de presión acústica que se originan en cualquier medio elástico (aire, agua, algún tipo de sustancia sólida) y que se caracterizan por un aumento muy elevado de la presión en un espacio muy corto de tiempo propagándose rápidamente en las tres dimensiones del espacio.

Alcanzan un pico de presión que puede llegar hasta los 100 MPa (1 MPa equivale a 10 veces la presión atmosférica) en un periodo de tiempo menor de 10 ns. Este pico de presión es seguido por un descenso brusco de la misma y llega a tener valores negativos, por debajo de -10 MPa.





La presión positiva y la corta subida de tiempo son responsables del efecto directo de la onda de choque. La fase negativa de la onda crea un efecto de tracción denominado cavitación que produce el efecto indirecto.

Si comparamos esta terapia con los ultrasonidos:

- Los ultrasonidos son bifásicos y producen vibraciones periódicas con una amplitud reducida y una energía menor (0,5 bar de pico máximo de presión).
- Ambas necesitan un medio material para propagarse.
- En ambos casos se producen los fenómenos de reflexión, refracción y dispersión.

Inicialmente las ondas de choque se emplearon en urología para realizar el procedimiento de litotricia donde se destruyen los cálculos renales sin necesidad de hacer una intervención quirúrgica. No obstante, hay diferencias entre los aparatos de ESWT que se emplean con este objetivo y los que se emplean para el tratamiento de patología de origen musculoesquelético. Estos últimos:

- Trabajan a dosis menores de energía.
- Menor distancia focal.








## 2.2. Tipos de ondas de choque

Se distinguen dos tipos de ondas de choque:

### 1. Radiales (Radial Shock Wave Therapy, RSWT)

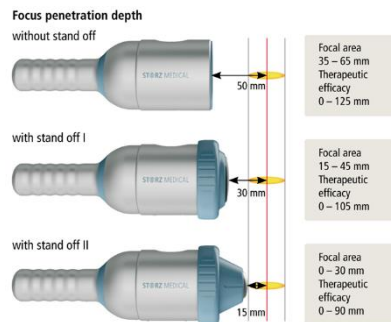
- Son generadas por vía balística acelerando un proyectil por medio de aire comprimido a través de un tubo al final del cual se coloca una placa de rebote llamada boquilla. El proyectil golpea la boquilla y esta transmite la onda de presión generada a los tejidos. Llevan asociado un compresor de aire para generar la fuerza del impacto del proyectil.

- Tienen una amplia gama de boquillas que se diferencian entre sí por la profundidad de penetración, densidad de energía máxima y grado de dispersión (se puede ver en la imagen diferentes ejemplos de boquillas).
- Alcanzan su máxima energía en el punto de aplicación, es decir, en la piel y se caracterizan por una dispersión radial o divergente. Esto quiere decir que pierden energía y que la onda diverge según penetran en los tejidos.
- No pueden focalizarse sobre un punto concreto del organismo.
- Su efecto es más superficial.
- Tienen menor coste económico.

transmitter	Data	indications	Geometry of waves/ Penetration depth	Energy density at max. pressure
	A6, Ø 6 mm, Akulix transmitter, radial pressure waves	Pressure wave acupuncture	Radial 0 - 40 mm	0.32 mJ/cm <sup>2</sup>
	C15, Ø 15 mm, CERAmix™, ESWT transmitter, elastic pressure waves	Gel free, elastic pressure wave therapy for all tendinopathies	Radial 0 - 40 mm	0.45 mJ/cm <sup>2</sup>
	R15, Ø 15 mm, ESWT transmitter, radial pressure waves	Radial pressure wave therapy, all tendinopathies	Radial 0 - 40 mm	0.38 mJ/cm <sup>2</sup>
	D15, Ø 15 mm, Deep Impact® transmitter, energy focus beam	Deep-seated diseases, trigger, chronical diseases, high energy requirements, ideal combination with D20-S/D35-S transmitter for muscular problems	0 - 60 mm	0.63 mJ/cm <sup>2</sup>
	F15, Ø 15 mm, eFocus™ transmitter, energy focus area	Close to surface pain areas, facial muscles, neck, head, individual triggers	0 - 20 mm	0.16 mJ/cm <sup>2</sup>
	D20-S, Ø 20 mm, D-ACTOR® transmitter, radial pressure waves and vibration pulses, max. pressure up to 5 bar	Myofascial trigger therapy, muscle- and connective tissue, dissolution of fibrosis (e. g. carpal tunnel syndrome), treatment of deep-seated muscles (e. g. piriformis muscle, gluteus minimus muscle)	Cylindric 0 - 50 mm	0.48 mJ/cm <sup>2</sup>
	D35-S, Ø 35 mm, D-ACTOR® transmitter, radial pressure waves and vibration pulses, max. pressure up to 5 bar	Myofascial trigger therapy, muscle- and connective tissue back muscles, skin-elasticity, trigger diagnosis, dissolution of fibrosis (e. g. carpal tunnel syndrome), treatment of deep- seated muscles (e. g. piriformis muscle, gluteus minimus muscle)	Cylindric 0 - 50 mm	0.46 mJ/cm <sup>2</sup>

## 2. Focales (Focal Shock Wave Therapy, FSWT)

- Se generan por uno de los siguientes tres mecanismos: electrohidráulico, piezoeléctrico o electromagnético.
- La presión generada converge en un punto denominado "foco". Permite una concentración de la energía en superficies mucho más reducidas.
- La energía se libera en el interior del cuerpo a la profundidad que deseemos programar según las características del equipo.
- Hay diferentes aplicadores que se diferencian entre sí por el área del foco y la profundidad de penetración máxima.
- Su efecto es más profundo.
- Tienen mayor coste económico.



### 2.3. Efectos terapéuticos e indicaciones

Las ondas de choque se emplean por su capacidad de:

- Aceleración de la cicatrización y osteogénesis.
- Resolución de las calcificaciones.
- Analgesia.
- Producir la neovascularización de los tejidos.
- Relajación muscular.

Sus indicaciones terapéuticas son muy específicas:

- Tendinopatías y fascitis.
- Fibrosis y calcificaciones (espolón del calcáneo).
- Hipertonía muscular y puntos gatillo.

### 2.4. Metodología de aplicación

- **Número de sesiones.** Se recomiendan 3 sesiones pudiendo llegar hasta 4 o 5. El intervalo entre sesiones será de una a dos semanas que es lo que tarda el tejido en regenerarse.
- **Dosis.** La dosis se relaciona con la intención de recambio biológico que se desea. Cuanto mayor es la dosis, mayor recambio biológico existirá.
  - Baja:  $< 0,28 \text{ mJ/cm}^2$ . Se busca un efecto analgésico y de neovascularización. Se emplea en tendinopatías sin afectación histológica.
  - Media:  $0,28 - 0,6 \text{ mJ/cm}^2$ . Se busca una estimulación de las reacciones metabólicas. Se emplea en procesos degenerativos tendinosos, como puede ser en una calcificación.
  - Alta:  $0,28 - 0,6 \text{ mJ/cm}^2$ . Sus efectos derivan de la formación de burbujas de cavitación. Se emplea en fracturas de estrés, pseudoartrosis y retrasos en la consolidación de fracturas.
- La **duración de la sesión** dependerá de la intensidad de la sesión:
  - Alta intensidad: segundos.
  - Baja intensidad: 20-30 minutos.

- **Número de impulsos:**
  - Inicialmente se empieza por 300-500.
  - En las sesiones posteriores se puede subir hasta 2000.
- **Frecuencia** de 4 a 50 Hz:
  - Frecuencias altas: más tolerables.
  - Frecuencias bajas: detectan más puntos de tratamiento.
- **Presión:** de 1 a 5 bares.

En general se recomienda una aplicación combinada:

- Aplicar RSWT de forma dinámica sobre procesos superficiales y amplios, con una dosis de energía baja y una frecuencia de disparo alta, con el fin de reducir la tensión en las estructuras relacionadas con el área lesionada.
- Aplicar FRST de forma estática, con dosis de energía media-alta y una frecuencia de disparo baja sobre los puntos de lesión, específicamente si son profundos y de área reducida.

## 2.5. Efectos secundarios y contraindicaciones

Efectos secundarios:

- Dolor en la zona de aplicación.
- Hematomas subcutáneos por la rotura de pequeños vasos.
- Enrojecimiento de la piel.
- Inflamación local.
- Petequias.
- Síndrome vagal.
- Parestesias e hipostesias asociadas en los territorios de los nervios afectados.
- Pérdida de vello en la zona de aplicación.

Contraindicaciones:

- Zonas próximas a estructuras que contengan gas: pulmones, intestino, vísceras huecas. Las ondas de choque producen escasos efectos secundarios en tejidos como el músculo, la grasa o el hueso. Sin embargo, lesionan las estructuras que contienen aire, ya que los efectos dinámicos se producen en las interfaces y provocan un salto en la resistencia acústica.
- Grandes vasos y nervios.
- Mujeres embarazadas.

- Zonas cercanas a los núcleos de crecimiento en niños.
- Tratamiento con anticoagulantes.
- Tejidos recientemente infiltrados o tratados con otras técnicas regenerativas como la electrolisis percutánea.
- Epilepsia.
- Artritis reumatoide.
- Osteomielitis.
- Enfermedad tumoral.
- Infecciones agudas de tejidos blandos.
- Alteraciones vasculares y de coagulación.
- Otras contraindicaciones generales de la electroterapia y de la fisioterapia.

### 3. Estado de la evidencia

El uso de **ondas de choque** como tratamiento de las tendinopatías es el uso más frecuente de las ondas de choque, aunque no se sabe bien su mecanismo de acción se ha demostrado que disminuye el dolor y estimula la curación del tejido. Estudios en animales muestran que el mecanismo de acción puede ser a través de las citoquinas (1).

En la actualidad, es mucha la evidencia sobre esta terapia, tras hacer una revisión de las patologías en las que es más frecuente su uso encontramos:

Existe controversia en su uso para la tendinopatía lateral de codo sobre cuál es la mejor dosis para utilizar en esta patología, siendo los estudios no concluyentes y obteniendo resultados de todo tipo. A pesar de ser en una de las patologías que más se utiliza este tratamiento, se ha encontrado que no es del todo efectiva, en una revisión sistemática de ensayos clínicos con grupo placebo en el que se examinaban más de 1000 pacientes, se concluye que el uso de ondas de choque tiene poco o nada efecto beneficioso en términos de dolor y funcionalidad. En cuanto a la dosis a utilizar parece que la literatura muestra que el uso de bajas dosis de energía mejora más los síntomas. Sin embargo, es necesario más estudios en este campo con los mismos protocolos para poder ser comparables los resultados (2,3,4).

En las tendinopatías calcificante de hombro, se ha visto que, las ondas de choque para este tipo de patologías son muy beneficiosas, y se ha comprobado que en este caso es muy importante la dosis. Consiguiéndose los mejores resultados con alta energía, con impulsos de 0,28 mJ /mm<sup>2</sup>, obteniéndose una reabsorción de la calcificación en aproximadamente el 70% de los casos. El efecto beneficioso que se le atribuye tiene que ver con un aumento del aporte vascular y su consecuente mejora en la regeneración del tejido (5,6).

Hay numerosos estudios que comparan el uso de ondas de choque, con grupos placebo o con otro tipo de terapias, como, por ejemplo, el uso de anestésico o de corticoides para la fascitis plantar. En ellos se ha demostrado que el uso de SWT, a bajas dosis de energía, aplicada en el punto doloroso (en la zona media del calcáneo a nivel del tubérculo); mejora mucho la sintomatología, tanto el dolor producido a primera hora de la mañana, como el dolor durante la actividad, mejora más significativamente que con otras terapias (7,8,9).

En el caso de la tendinopatía del tendón de Aquiles, una revisión reciente, muestra que es una buena alternativa de tratamiento, siendo muy efectiva a la vez que segura y bien tolerada por el paciente. Sin embargo, hace falta más estudios de calidad para llevar a un consenso sobre la dosis óptima y el protocolo de actuación (10).

A pesar de que su uso común es en tendinopatías, se han encontrado beneficios en su uso para trastornos del hueso, como, por ejemplo, fracturas que no consolidan, en la necrosis avascular o en el caso de fracturas por estrés (1).

1. Ioppolo F, Rompe JD, Furia JP, Cacchio A. Clinical application of shock wave therapy (SWT) in musculoskeletal disorders. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2014;50(2):217-230.
2. Kubot A, Grzegorzewski A, Synder M, Szymczak W, Kozłowski P. Radial Extracorporeal Shockwave Therapy and Ultrasound Therapy in the Treatment of Tennis Elbow Syndrome. *Ortop Traumatol Rehabil.* 31 de octubre de 2017;19(5):415-26.
3. Tang H-Y, Yu T, Wei W, Zhao Y. Effect of extracorporeal shock wave for tennis elbow: A protocol for systematic review of randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore).* febrero de 2019;98(7):e14517.
4. Yan C, Xiong Y, Chen L, Endo Y, Hu L, Liu M, et al. A comparative study of the efficacy of ultrasonics and extracorporeal shock wave in the treatment of tennis elbow: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Orthop Surg.* 6 de agosto de 2019;14(1):248.
5. Frassanito P, Cavalieri C, Maestri R, Felicetti G. Effectiveness of Extracorporeal Shock Wave Therapy and kinesio taping in calcific tendinopathy of the shoulder: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med.* junio de 2018;54(3):333-40.
6. Carlisi E, Lisi C, Dall'angelo A, Monteleone S, Nola V, Tinelli C, et al. Focused extracorporeal shock wave therapy combined with supervised eccentric training for supraspinatus calcific tendinopathy. *Eur J Phys Rehabil Med.* febrero de 2018;54(1):41-7.
7. Akinoglu B, Köse N, Kırdi N, Yakut Y. Comparison of the Acute Effect of Radial Shock Wave Therapy and Ultrasound Therapy in the Treatment of Plantar Fasciitis: A Randomized Controlled Study. *Pain Med Malden Mass.* 1 de diciembre de 2017;18(12):2443-52.
8. Li H, Xiong Y, Zhou W, Liu Y, Liu J, Xue H, et al. Shock-wave therapy improved outcome with plantar fasciitis: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Arch Orthop Trauma Surg.* diciembre de 2019;139(12):1763-70.
9. Grecco MV, Brech GC, Greve JMD. One-year treatment follow-up of plantar fasciitis: radial shockwaves vs. conventional physiotherapy. *Clin Sao Paulo Braz.* 2013;68(8):1089-95.
10. Stania M, Juras G, Chmielewska D, Polak A, Kucio C, Król P. Extracorporeal Shock Wave Therapy for Achilles Tendinopathy. *BioMed Res Int.* 2019;2019:3086910.

### Cuestiones

1. Indica si las siguientes afirmaciones sobre las ondas de choque son verdaderas (V) o falsas (F):
  - a) En las ondas de choque, cada vez que se produce un disparo se producen varios picos de alta presión que se propagan por el tejido a tratar. \_\_\_\_
  - b) La energía liberada por las ondas de choque es mayor que la del ultrasonido terapéutico. \_\_\_\_
  - c) Las ondas de choque radiales tienen mayor capacidad de penetración que las focales. \_\_\_\_
  - d) Las ondas de choque radiales se dispersan más que las focales. \_\_\_\_
  - e) Según empleemos un aplicador u otro, las ondas radiales tendrán diferente profundidad de penetración, densidad de energía máxima y grado de dispersión. \_\_\_\_
  - f) Según empleemos un aplicador u otro, las ondas focales tendrán diferente área de foco y profundidad de penetración. \_\_\_\_
  - g) En general se recomienda una aplicación regional con RWST sobre los tejidos adyacentes a la zona lesionada y con el objetivo de reducir la tensión en dichas estructuras, combinada con una aplicación local con FWST sobre los puntos de lesión. \_\_\_\_
  - h) NUNCA se debe aplicar ondas de choque sobre zonas próximas a estructuras que contengan gas como los pulmones. \_\_\_\_

### PRÁCTICA

#### Material necesario

- Aparato de electroterapia con módulo de US.
- Cabezal de tratamiento de US grande.
- Cabezal de tratamiento de US pequeño.
- 1 electrodo de caucho de 8x12 cm.
- 1 almohadilla para electrodos de 8x12 cm.

1. Tratamiento del dolor lumbar con terapia combinada.

Colocación del paciente:           decúbito prono.

Tipos de electrodos:               positivo: electrodo de caucho 8x12, negativo: cabezal del US.

Colocación de los electrodos:   electrodo de 8x12 en la zona abdominal, cabezal sobre la zona a explorar.

Programación:                       US: 1 MHz, 20%, 100 Hz, 0,8 W/Cm<sup>2</sup>.

Interferenciales: método bipolar, frecuencia portadora: 4000 Hz, AMF: 100 Hz, CV.

**Intensidad:** se trabaja a intensidad alta pero justo bajo el umbral de dolor y sin que haya contracción muscular.

**Procedimiento:** se coloca gel sobre la zona lumbar a tratar. Se va pasando el US (aplicación con movimientos traslatorios) hasta que el paciente indica que nota una zona de dolor. Entonces se mantiene el US sobre la zona de dolor mediante la técnica semiestacionaria: combinación rotación-traslación. Se le pregunta al paciente qué tipo de dolor siente para diferenciar si es un dermatoma, un miotoma, un punto de provocación o un punto gatillo. Cuando cede el punto de dolor se prosigue con la técnica de tratamiento.

## 2. Tratamiento del dolor cervical con terapia combinada.

**Colocación del paciente:** decúbito prono o sedestación.

**Tipos de electrodos:** positivo: electrodo de caucho 8x12 o adhesivo grande, negativo: cabezal del US.

**Colocación de los electrodos:** electrodo caudal a la escápula en el lado homolateral al que vamos a tratar, cabezal sobre la zona a explorar.

**Programación:** US: 3 MHz, 20%, 100 Hz, 0,6 (0,7 si lleva mucho tiempo de evolución) W/Cm<sup>2</sup>.  
Interferenciales: método bipolar, frecuencia portadora: 4000 Hz, AMF: 100 Hz, CV.

**Intensidad:** se trabaja a intensidad alta pero justo bajo el umbral de dolor y sin que haya contracción muscular.

**Procedimiento:** se coloca gel sobre la zona dorsal-cervical a tratar. Se va pasando el US (aplicación con movimientos traslatorios) hasta que el paciente indica que nota una zona de dolor. Entonces se mantiene el US sobre la zona de dolor mediante la técnica semiestacionaria: combinación rotación-traslación. Se le pregunta al paciente qué tipo de dolor siente para diferenciar si es un dermatoma, un miotoma, un punto de provocación o un punto gatillo. Cuando cede el punto de dolor se prosigue con la técnica de tratamiento.

**Precaución:** cuando se llega a la zona del trapecio superior habrá que bajar la intensidad ya que el trapecio se contrae rápidamente. Esto implica que al bajar la intensidad ya no se detectarán puntos dolorosos (salvo alguno aislado).



3. Tratamiento de estreñimiento, diarrea o gases con terapia combinada.

En este tratamiento se realizan dos fases:

- 1ª fase: tratamiento con terapia combinada. Objetivo: relajar la musculatura.
- 2ª fase: tratamiento con corrientes interferenciales. Objetivo: estimular el peristaltismo intestinal (tonificar la musculatura).

*Terapia combinada (primera fase):*

Colocación del paciente:	decúbito supino.
Tipos de electrodos:	positivo: electrodo de caucho 8x12, negativo: cabezal del US.
Colocación de los electrodos:	electrodo de 8x12 en la zona lumbar, cabezal sobre la zona a explorar.
Programación:	US: 1 MHz, 20%, 100 Hz, 0,8 W/Cm <sup>2</sup> , intensidad: 20-25 mA. Interferenciales: método bipolar, frecuencia portadora: 4000 Hz, AMF: 100 Hz, CV.
Intensidad:	se trabaja a intensidad alta pero justo bajo el umbral de dolor y sin que haya contracción muscular.
Procedimiento:	se coloca gel sobre la zona abdominal a tratar. Se va pasando el US (aplicación con movimientos traslatorios) hasta que el paciente indica que nota una zona de dolor. Entonces se mantiene el US sobre la zona de dolor mediante la técnica semiestacionaria: combinación rotación-traslación. Se le pregunta al paciente qué tipo de dolor siente para diferenciar si es un dermatoma, un miotoma, un punto de provocación o un punto gatillo. Cuando cede el punto de dolor se prosigue con la técnica de tratamiento.
Precaución:	cuando se llega a la zona del diafragma habrá que bajar la intensidad ya que si no puede referir la aparición de agujetas al día siguiente.

*Interferenciales premoduladas (segunda fase):*

Colocación del paciente:	decúbito supino.
Tipo de electrodos:	electrodos adhesivos.
Método de aplicación:	dos polos.
Colocación de los electrodos:	abdominal: a ambos lados del ombligo.
Forma de la onda:	interferencial.
Frecuencia portadora:	4000 Hz.
AMF:	2 Hz.
Espectro de frecuencia:	3 Hz.

Forma del espectro:	1/30/1/30
Tiempo de tratamiento:	10 minutos.
Observaciones:	si no se llega bien a alcanzar vibración, se emplea el método tetrapolar con los mismos parámetros pero colocando los electrodos cruzados (dos electrodos se situarán en la espalda a ambos lados de la columna vertebral y los otros dos a ambos lados del ombligo).

## EJERCICIOS

**Ejercicio 1.** Diseña un tratamiento de una fascitis plantar con ondas de choque.

## SOLUCIONES

### Cuestiones

#### P. 272

1. a) F; b) V; c) F; d) F.

#### P. 279

1. a) F; b) V; c) F; d) V; e) V; f) V; g) V; h) V.

### Ejercicios

Aplicaríamos una dosis baja ( $< 0,28 \text{ mJ/cm}^2$ ) ya que buscamos un efecto analgésico. Durante la primera sesión aplicaríamos 300-500 impulsos y las siguientes llegaríamos a 2000 si el paciente lo tolera. La frecuencia de trabajo será alta al inicio del tratamiento teniendo como objetivo conseguir llegar a 10 Hz o menos en la primera sesión o en las siguientes. La presión será de 2 bares aproximadamente. Se podrían emplear ondas de choque focales para la zona de máximo dolor, y radiales para el resto de la fascia, pero en todo caso con las radiales sería suficiente.

En la siguiente referencia podéis consultar un protocolo de tratamiento y sus resultados:

Gerdesmeyer L, Frey C, Vester J, Maier M, Weil L Jr, Weil L Sr, et al. Radial extracorporeal shock wave therapy is safe and effective in the treatment of chronic recalcitrant plantar fasciitis: results of a confirmatory randomized placebo-controlled multicenter study. *Am J Sports Med* 2008;36(11):2100-9.

## **TEMA 8. ALTA FRECUENCIA**

## TEMA 8. ALTA FRECUENCIA

### ÍNDICE

COMPETENCIAS .....	285
TEORÍA.....	286
ONDA CORTA Y MICROONDAS .....	298
RADIOFRECUENCIA-DIATERMIA.....	304
PRÁCTICA .....	314
EJERCICIOS .....	315
SOLUCIONES.....	317

### **COMPETENCIAS**

- Conocer el fundamento y las bases teóricas de la alta frecuencia.
- Diferenciar entre los efectos térmicos y los efectos NO térmicos de la alta frecuencia.
- Conocer los efectos magnéticos de la alta frecuencia.
- Saber realizar un protocolo de tratamiento con alta frecuencia.
- Tener criterio para poder diseñar un plan de tratamiento con alta frecuencia para un paciente en las distintas fases de evolución de su patología y según su casuística particular.
- Conocer las precauciones que hay que tener al aplicar corrientes de alta frecuencia.

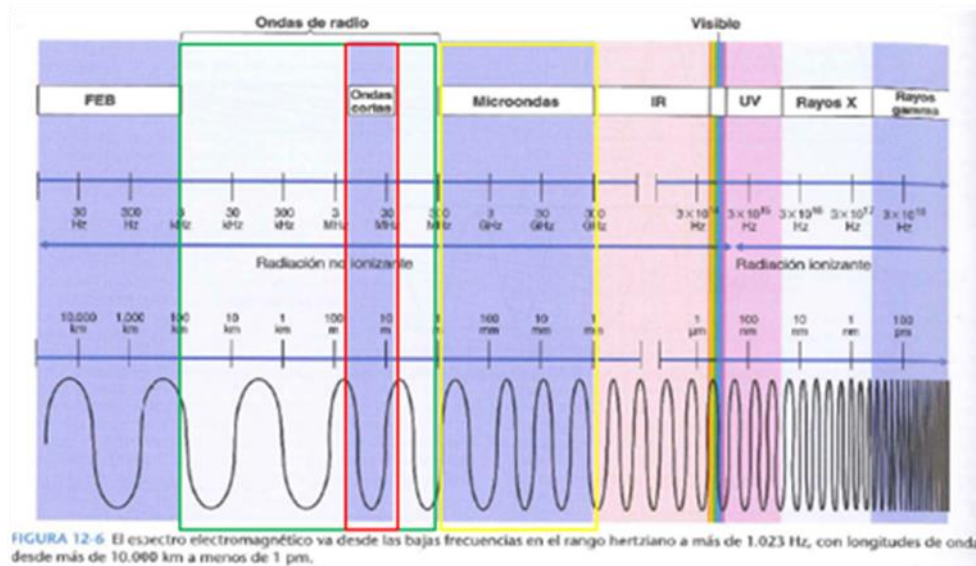
## TEORÍA

### 1. Concepto y características

Como ya se habló en el tema 1, las corrientes electromagnéticas pueden clasificarse según la frecuencia de su onda. En los temas 1 a 5 hemos visto cómo se trabaja con corrientes de baja y media frecuencia donde lo que buscamos es generar un potencial de acción sobre un nervio o directamente sobre el músculo según el objetivo que queramos conseguir. Las corrientes de alta frecuencia, sin embargo, nos interesan por su elevada capacidad de penetración en los tejidos biológicos.

Las corrientes de **alta frecuencia** son aquellas corrientes electromagnéticas cuya frecuencia es mayor a 300.000 Hz (en el tema 1 hablábamos de frecuencias superiores a 500.000 Hz pero esa definición se queda obsoleta si incluimos la radiofrecuencia). Si nos fijamos en el espectro electromagnético representado en la siguiente figura se identifica que la terapia por radiofrecuencia sería la de menor frecuencia de aplicación, la onda corta se situaría en el extremo de mayor frecuencia de la radiofrecuencia y que las microondas son las que emiten a una frecuencia mayor. También, al observar esta figura podemos ver que son frecuencias que emiten a las mismas frecuencias que las ondas de radio y el microondas emite a frecuencias similares a las de la televisión (no puede verse en la figura). Es por ello por lo que se llegó a un acuerdo en el año 1947 en Atlantic City donde se determinó la frecuencia de aplicación de estos aparatos de alta frecuencia y podemos decir que se emplean las siguientes frecuencias:

- Radiofrecuencia: de 3 KHz a 300 MHz.
  - Indiba: 448 KHz; Human Tecar: 485 KHz; T-Care: 420-500-720-1000 khz; DCD-Biotronic: 800-850 KHz.
- Onda corta (método capacitativo y método inductivo): 13,56 MHz; 27,12 MHz y 40,68 MHz, siendo 27,12 MHz la frecuencia más habitual.
- UHF: 434 MHz.
- Microondas: 2450 MHz.



Como ya se indicó en el tema 1 la radiación electromagnética está compuesta por un **campo eléctrico** y un **campo magnético** que son proporcionales y perpendiculares entre sí. En el caso de la alta frecuencia, como ya hemos dicho nos interesa la capacidad de dicha corriente electromagnética de penetrar en los tejidos biológicos y los efectos en dichos tejidos dependerán del campo:

- Campo eléctrico: responsable de los efectos térmicos.
- Campo magnético: responsable de los efectos NO térmicos, que en este caso son efectos derivados del campo magnético.

NOTA: Inicialmente las aplicaciones de alta frecuencia se emplearon buscando los efectos térmicos de dichas corrientes y es por ello por lo que a este tipo de aplicación también se le denomina **diatermia**. Posteriormente se ha visto que aplicaciones donde el efecto térmico no es predominante tienen también un efecto biológico reparador y se atribuye al campo magnético ese efecto no térmico.

### Cuestiones

1. Indica si las siguientes afirmaciones sobre la alta frecuencia son verdaderas (V) o falsas (F):

Los efectos térmicos de la alta frecuencia se deben al campo magnético de la onda electromagnética. \_\_\_\_

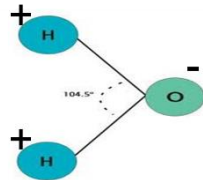
El campo eléctrico es el responsable de la generación de un potencial de acción en las ondas de alta frecuencia. \_\_\_\_

Diatermia y terapia por alta frecuencia son términos sinónimos. \_\_\_\_

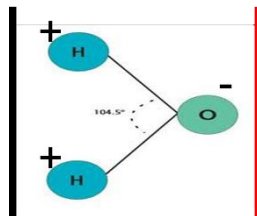
## 2. Mecanismos de actuación

### 2.1. Efecto térmico

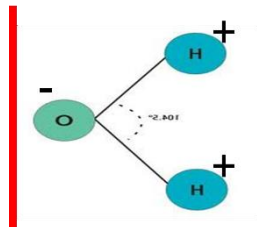
Para poder entender los efectos térmicos generados por el campo eléctrico, tenemos que pensar que los tejidos están formados por electrones, iones y moléculas que cuando son sometidos a un campo eléctrico donde se produce un cambio de polaridad constantemente empiezan a moverse girando hacia un lado o hacia el otro consecutivamente buscando el equilibrio de cargas. Esto provoca un movimiento de fricción entre las partículas que genera el calor que deriva en la aparición de los efectos térmicos. Por ejemplo, si nos fijamos en una molécula de agua, debido a la disposición de los electrones en la última capa de sus átomos (no se amplía información sobre este tema de química básica. Si se desea puede consultarse en los libros de química), presenta una polarización de la molécula donde el oxígeno tenderá a tener un predominio de carga negativa y los hidrógenos por el contrario un predominio de carga positiva.



Si hacemos pasar una corriente eléctrica por el agua la corriente se situará de forma que los hidrógenos buscarán el electrodo negativo y el oxígeno el positivo:



Si cambiamos la polaridad de los electrodos la molécula girará para buscar el equilibrio eléctrico de nuevo:



Si hacemos esto muchas veces (como ocurre en la alta frecuencia) se produce el movimiento constante de esas moléculas generándose el roce entre moléculas adyacentes y produciendo el efecto térmico en el tejido afecto.

Pero además de esto, para entender dónde se producen los efectos térmicos tenemos que saber en qué tejido biológico se produce este fenómeno y esto depende de cómo



atraviesa la corriente eléctrica los distintos tejidos. El paso de la corriente eléctrica puede producirse:

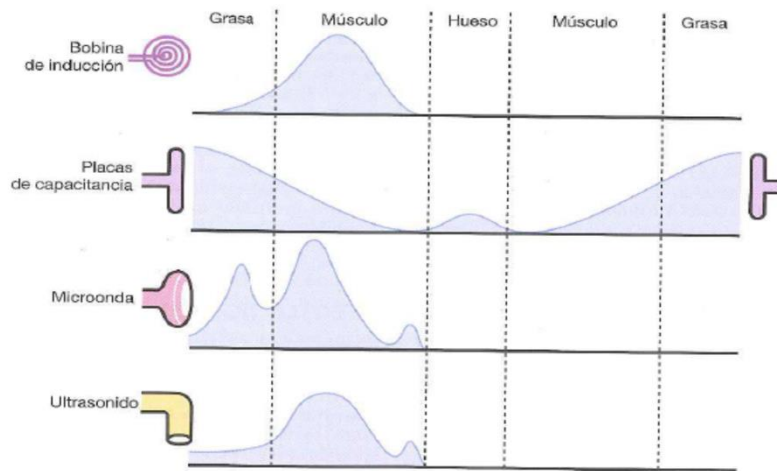
1. Como corriente de conducción. Es el modo de transmisión de la corriente eléctrica en cuerpos conductores. El paso de la corriente va desde el tejido más superficial al más profundo, por lo que el calentamiento de las estructuras iría de superficial a profundo. Además, el paso de la corriente generaría un calentamiento adicional de los tejidos por los que pasa debido a la Ley de Joule que vimos en el tema 1. (como las vitrocerámicas)
2. Como corriente de desplazamiento. Es el modo de transmisión de la corriente eléctrica en cuerpos aislantes. Se produce un desplazamiento de energía eléctrica por polarización del tejido.
3. Como corriente de inducción. La corriente de alta frecuencia induce una corriente de la misma frecuencia dentro del tejido. En este caso el calentamiento de las estructuras se producirá directamente en el tejido profundo y el efecto térmico superficial que puede observarse es por la difusión del calor de capas más profundas a las capas más superficiales. (como las placas de inducción de cocinar)

Teniendo en cuenta lo dicho previamente y que el organismo está compuesto principalmente por moléculas de agua, los tejidos ricos en agua e iones (músculo, nervios, zonas con edema, hematomas, derrames) son sobre los que la alta frecuencia tendrá un mayor efecto térmico mientras que los efectos en tejidos como piel y grasa este efecto térmico será menor (NOTA: hay que tener en cuenta que en ocasiones esto no es así ya que si la corriente se transmite mediante conducción de superficial a profundo se va a calentar antes la grasa que el músculo. Esto es importante considerarlo en personas que presentan mucha grasa).

Si hacemos un RESUMEN teniendo en cuenta todos estos factores y una comparativa con el ULTRASONIDO:

1. La alta frecuencia y el ultrasonido son procedimientos que generan calor en profundidad en los tejidos.
2. El mecanismo de producción de calor es diferente en ambas técnicas: en el ultrasonido se genera calor por el efecto mecánico de la onda mientras que en la alta frecuencia se genera calor por la fricción entre las partículas (si hacemos un símil macroscópico sería como calentarse las manos aplaudiendo –efecto mecánico– o frotando ambas manos –fricción–).
3. El calentamiento se produciría de superficial a profundo en el ultrasonido y en aquellas técnicas de alta frecuencia donde se empleen corrientes de conducción mientras que el calentamiento del tejido se produciría directamente en profundidad en aquellas técnicas donde se empleen corrientes de inducción. La siguiente figura

ilustra esto (la primera línea muestra los diferentes tejidos de más superficial a más profundo y de nuevo a más superficial y la columna de la izquierda distintos métodos de generación de calor profundo):



- Sin embargo, además de considerar lo dicho en el punto anterior, hay que considerar sobre qué tejido actúa preferentemente cada técnica. El ultrasonido se absorbe mejor en tejidos ricos en proteínas (por eso prácticamente no calienta la grasa) mientras que la alta frecuencia tiene efectos predominantes sobre los tejidos ricos en agua e iones.
- La superficie de aplicación es mucho mayor con la alta frecuencia que con el ultrasonido.

## 2.2. Efecto magnético

Los efectos atribuidos al campo magnético se explicarán en el tema de magnetoterapia. La aplicación de los efectos derivados del campo magnético en la alta frecuencia se diferencia de la magnetoterapia en que se emplean aplicadores diferentes y en la frecuencia de la corriente generadora.

### Cuestiones

- Selecciona la opción correcta para completar las siguientes frases:  
 Los efectos térmicos de la alta frecuencia se producen preferentemente sobre \_\_\_\_\_ (tejidos ricos en proteínas / tejidos ricos en agua / tejidos excitables).  
 Los ultrasonidos producen un efecto térmico por \_\_\_\_\_ (efecto mecánico / fricción) mientras que en la alta frecuencia se produce por \_\_\_\_\_ (efecto mecánico / fricción).  
 Si empleamos una corriente de conducción el calentamiento de los tejidos va a producirse \_\_\_\_\_ (de superficial a profundo / directamente en profundidad) mientras que si empleamos una corriente de inducción se producirá \_\_\_\_\_

(de superficial a profundo / directamente en profundidad). Con el ultrasonido el calentamiento de las estructuras se produce \_\_\_\_\_ (de superficial a profundo / directamente en profundidad).

Si la superficie a tratar es grande emplearemos preferentemente \_\_\_\_\_ (un ultrasonido / una técnica de diatermia).

### 3. Efectos fisiológicos

Se atribuyen numerosos efectos terapéuticos a las corrientes de alta frecuencia. Vamos a resumir algunos de ellos diferenciando entre efectos térmicos y efectos no térmicos (o derivados del campo magnético) y aquellos que debemos tener en cuenta como precaución a la hora de aplicar terapia de alta frecuencia.

#### 3.1. Efectos térmicos

Cuando se produce el calentamiento de los tejidos el organismo va a reaccionar para *compensar este desequilibrio* de forma:

- General: produciendo vasodilatación, sudor y reducción en la producción de calor.
- Local: produciendo la aceleración del metabolismo celular y el aumento del transporte a través de las membranas celulares.

Como estamos hablando de termoterapia profunda, es importante conocer que los **termorreceptores** se encuentran situados a nivel superficial del organismo, NO a nivel profundo. Esto quiere decir que la piel va a detectar cambios en la sensación térmica (donde el umbral de tolerancia se describe para unos 42°C) pero tejidos profundos como el músculo no (NOTA: a pesar de no tener termorreceptores en tejidos profundos sí que existen nociceptores que detectan cambios elevados de temperatura (a temperaturas alrededor de 48°C)).

Es por ello que cuando aplicamos técnicas de alta frecuencia deberemos conocer perfectamente si estamos haciendo un calentamiento:

- De superficial a profundo. Los termorreceptores se saturan antes.
- Directamente en profundidad. La sensación de calor referida por el paciente va a venir dada por el calentamiento de las estructuras más profundas. El efecto térmico va a ser mayor pero también hay mayor riesgo de sobredosificación.

Se describe que **cuanto mayor es el efecto térmico mayor será el efecto fisiológico**, pero esto será cierto **hasta un límite**. En ese momento se producirán una serie de reacciones en el organismo que hay que conocer:

- Desnaturalización de las proteínas: cuando los ribosomas sintetizan las proteínas salen con una configuración primaria que va plegándose hasta formar su configuración tridimensional. La desnaturalización hace que se pierda su configuración tridimensional.
- Expresión de proteínas de choque térmico y de factores de crecimiento. Estas proteínas se unen a las proteínas desnaturalizadas para evitar su agregación y para determinar su posterior degradación o para que puedan volver a su conformación inicial.

Como veremos a continuación, según el tejido diana y nuestro objetivo de tratamiento nos podrá interesar llegar a esto o por el contrario será un efecto no deseado.

Efectos térmicos:

1. **Vasodilatación.** Cuanto mayor es la temperatura mayor será el incremento de circulación (en un rango entre 41 y 45°C). Se describe una reacción de vasoconstricción seguida de la vasodilatación. Sin embargo, si el estímulo es demasiado intenso el efecto es el opuesto produciendo el enlentecimiento del flujo sanguíneo pudiendo llegar a producir estasis. La vasodilatación produce:
  - Un aumento del trofismo.
  - Reabsorción linfática.
  - Disminución del dolor.
2. **Aumento del metabolismo.** Aumento de la tasa metabólica un 13% por cada grado centígrado hasta alcanzar el 100% al producirse una elevación de unos 10°C sobre la temperatura basal. A partir de unos **45°C** es cuando se empieza a producir la desnaturalización de proteínas y la expresión de proteínas de choque térmico y de factores de crecimiento.
3. **Disminución de la viscosidad.** Importante considerarlo no solo a nivel vascular sino también en otras zonas como zonas edematizadas o líquido sinovial.
4. Aumento de la extensibilidad de los tejidos. Efecto principalmente sobre las fibras de **colágeno.**
5. **Destrucción de tejidos para la neoformación de tejidos.** En tejido conjuntivo, se ha descrito que la síntesis de proteínas de choque térmico a temperaturas por encima de 45°C se asocian a un aumento en el espesor del tejido y a una mejora en su organización y firmeza. A temperaturas de entre 60 y 65°C se describe el daño tisular de este tejido para estimular la neoformación de dicho tejido. Este efecto es análogo al que se busca al aplicar las técnicas de ondas de choque o la electrolisis percutánea.

### 3.2. Efectos no térmicos derivados del campo magnético

- Aumento del trofismo. Se describe una leucopenia seguida de una leucocitosis (aumento del número de leucocitos) que viene acompañada de una mayor efectividad de dichos leucocitos sobre el tejido diana al producir la activación de los procesos metabólicos.
- Disminución del dolor por la relajación muscular.
- Normalización de la función de la membrana celular y de la actividad celular. Este efecto es similar a los efectos mecánicos descritos para el ultrasonido.

### 3.3. Otros efectos a considerar

Los siguientes efectos fisiológicos deberán conocerse para tenerlos en cuenta a la hora de aplicar tratamientos con corrientes de alta frecuencia. Las corrientes de alta frecuencia provocan:

- Disminución del tiempo de coagulación. Estaría contraindicado el uso en pacientes con anticoagulantes, en hemorragias y sería un factor a considerar cuando se aplica la corriente a mujeres en fase menstrual (se puede producir un aumento del flujo menstrual).
- Vasodilatación o vasoconstricción por efecto rebote. Precaución en pacientes con defectos arteriales.
- Aumento de la glucemia. Precaución en pacientes diabéticos o sujetos con niveles elevados de azúcar.
- Aumento de la actividad de la hipófisis. Está contraindicado su empleo en la parte posterior del cuello (principalmente en aplicaciones de electrodos fijos como la onda corta y las microondas).
- Efecto acumulativo en dosis pequeñas. Esta precaución corresponde al fisioterapeuta que puede presentar ansiedad, cansancio, depresión, cefaleas e insomnio si está sometido a dichos campos de forma repetida. Los aparatos actuales producen menos efectos de radiación indeseables, pero sería un factor a considerar.

### Cuestiones

1. Indica si las siguientes afirmaciones sobre los efectos fisiológicos de la alta frecuencia son verdaderas (V) o falsas (F):

Se recomienda emplear técnicas de alta frecuencia que produzcan calentamiento de superficial a profundo con el fin de que los termorreceptores se saturen antes. \_\_\_\_

La termoterapia profunda en dosis óptimas produce una vasodilatación que a su vez permite que haya una mejoría del trofismo en la zona a tratar. \_\_\_\_

Con la alta frecuencia podemos promover la destrucción de tejido lesionado para que a continuación se produzca una regeneración tisular que permita obtener tejido sano en aplicaciones sobre el tendón. \_\_\_\_

2. Selecciona la opción correcta para completar las siguientes frases:

Las corrientes de alta frecuencia \_\_\_\_\_ (si / no) pueden emplearse en pacientes que están recibiendo tratamiento con anticoagulantes.

Las corrientes de alta frecuencia producen un \_\_\_\_\_ (aumento / disminución) de la glucemia por lo que será un factor que considerar cuando se tratan pacientes diabéticos.

#### 4. Efectos terapéuticos

Si tenemos en cuenta los efectos fisiológicos de la alta frecuencia, podemos resumir la aplicación terapéutica de las técnicas de alta frecuencia teniendo en cuenta dos enfoques:

1. Si queremos obtener efectos térmicos emplearemos técnicas de alta frecuencia que tengan predominantemente un efecto térmico (en la siguiente sección se indican cuáles de estas técnicas lo producen según el aparato). Esto lo emplearemos cuando busquemos:

- Analgesia en procesos cronificados.
- Reabsorción de un edema crónico.
- Activación de los procesos metabólicos en fases subagudas-crónicas.
- Aumento de la elasticidad de partes blandas: cápsulas, fibrosis, cicatrices retráctiles... En este caso, tras la aplicación de la técnica de alta frecuencia habrá que realizar movilizaciones y/o estiramientos. Por ejemplo, si queremos aumentar el rango de movimiento de una articulación la estrategia a seguir sería aplicar un ultrasonido continuo y a continuación una técnica de tracción o deslizamiento grado III.

2. Si queremos obtener efectos NO térmicos (derivados del campo magnético) emplearemos técnicas de alta frecuencia que tengan predominantemente un efecto derivado del campo magnético (en la siguiente sección se indican cuáles de estas técnicas lo producen según el aparato). Esto lo emplearemos cuando busquemos:

- Analgesia en procesos agudos-subagudos.
- Reabsorción de un edema de origen inflamatorio.
- Activación de los procesos metabólicos en fases agudas-subagudas.
- Reparación de los tejidos lesionados en las tres fases: inflamación, proliferación y remodelación. Recordad que los tejidos donde el efecto terapéutico de la alta frecuencia es mayor es en aquellos ricos en agua por lo que principalmente se empleará para lesiones musculares, derrames intraarticulares, edemas inflamatorios, etc.

- Se postula su posible efecto positivo en la cicatrización del nervio y en la consolidación de fracturas.

NOTA MUY IMPORTANTE PARA EL RAZONAMIENTO DE LOS CASOS CLÍNICOS: como podéis observar en estos listados, los efectos terapéuticos en el ultrasonido y en las técnicas de alta frecuencia son muy similares. La diferencia principal entonces radica en el tejido diana al que va principalmente dirigido el tratamiento (tejidos ricos en proteínas en el caso del ultrasonido y tejidos ricos en agua en el caso de la alta frecuencia) y en la superficie de aplicación (la alta frecuencia abarca superficies de tratamiento mayores). Cuando estudiemos el láser veremos que los efectos terapéuticos serán similares también. En el caso del láser es una técnica que es capaz de depositar una zona muy elevada de energía en un punto muy concreto por lo que es muy efectiva. El problema es que la capacidad de penetración es muy pequeña por lo que se empleará en zonas superficiales, por poner algún ejemplo en el tratamiento de musculatura superficial, de cicatrices o de zonas edematizadas.

### Cuestiones

1. Indica qué procedimiento realizarías si quieres tratar una capsulitis retráctil con técnicas de alta frecuencia:
  - Efecto fisiológico buscado (térmico/no térmico):
  - Terapia manual tras la aplicación de la técnica de alta frecuencia:
2. Completa la siguiente tabla indicando qué efecto fisiológico buscarías y qué técnica emplearías preferentemente para las siguientes situaciones clínicas:

Situación clínica	Efecto fisiológico deseado		Técnica de elección preferente		
	Térmico	NO térmico	Ultrasonido	Alta frecuencia	Láser
Dolor agudo de esguince de tobillo					
Derrame de rodilla					
Tendinopatía rotuliana crónica					
Cicatriz del tendón de Aquiles					
Bursitis trocantérea					
Punto gatillo miofascial en masetero					
Edema de tobillo cronicado					

## 5. Consideraciones generales de los aparatos de alta frecuencia

Para poder decidir qué efecto fisiológico vamos a programar según el aparato de alta frecuencia que empleemos vamos a considerar varios factores:

### 1. Frecuencia de emisión

Como ya hemos indicado previamente, cada aparato de alta frecuencia va a emitir a una determinada frecuencia de onda. De menor a mayor, estas frecuencias son:

- Radiofrecuencia: de 3 KHz a 300 MHz.
  - Indiba: 448 KHz; Human Tecar: 485 KHz; T-Care: 420-500-720-1000 khz; DCD-Biotronic: 800-850 KHz.
- Onda corta (método capacitativo y método inductivo): 13,56 MHz; 27,12 MHz y 40,68 MHz, siendo 27,12 MHz la frecuencia más habitual.
- UHF: 434 MHz.
- Microondas: 2450 MHz.

En relación con la frecuencia, es importante conocer que las microondas se reflejan en las interfaces tisulares, lugar donde se va a absorber más la radiación. Por eso se pueden generar puntos calientes en piel y grasa.

Además, si tenemos en cuenta la frecuencia, veremos que hay una casa comercial de radiofrecuencia, Biotronic, que emite empleando una modulación de la frecuencia. Esto quiere decir que la frecuencia no es fija, sino que va variando siguiendo un patrón determinado. El espectro de frecuencias que emplea y el patrón de ese espectro vienen determinados por la patología y por el tejido diana al que se quiere dirigir la corriente, lo que hace que el efecto sea más selectivo.

### 2. Número de electrodos

Lo primero que tendremos que diferenciar es que **número de electrodos no quiere decir lo mismo que número de aplicadores.**

El número de electrodos viene determinado cómo se va a producir el paso de corriente por los tejidos:

2.1. Si se emplean dos electrodos el paso de la corriente por los tejidos va a ser como corriente de conducción y el efecto en los tejidos será de superficial a profundo. Es el caso de las siguientes técnicas:

- Radiofrecuencia:
  - Indiba, Human Tecar/T-Care.
- Onda corta: método capacitativo.
- UHF.
- Microondas.



2.2. Si se emplea un electrodo el paso de la corriente por los tejidos va a ser como corriente de inducción y el efecto en los tejidos será directamente en profundidad. Es el caso de las siguientes técnicas

- Radiofrecuencia:
  - Diatermia capacitiva digita (DCD)-Biotronic.
- Onda corta: método inductivo.

Si tenemos en cuenta el número de aplicadores podemos utilizar:

- Un aplicador. Diferenciaremos entre:
  - Aplicador monopolar donde se puede:
    - Emplear un único electrodo. El efecto se produce directamente en profundidad.
    - Emplear dos electrodos situados en el mismo aplicador. El efecto en los tejidos será de superficial a profundo, pero se conseguirá alcanzar mayor profundidad que con las aplicaciones bipolares.
  - Aplicador tetrapolar. El efecto en los tejidos será de superficial a profundo. Los tres electrodos están en el mismo aplicador. Hay un electrodo activo y dos electrodos de retorno. La polaridad de los tres electrodos puede variarse.
- Dos aplicadores donde se emplea:
  - Aplicador bipolar. El efecto en los tejidos será de superficial a profundo. El electrodo activo se coloca sobre el tejido diana y el de retorno a una distancia del primero.

3. Método de emisión. La onda puede emitirse en modo:

- Continuo: hay un paso de corriente durante el 100% del tiempo de emisión.
- Pulsátil: el paso de corriente viene interrumpido con tiempos de descanso. Es el mismo concepto que se emplea para diferenciar el ultrasonido continuo del pulsátil. Al igual que en el ultrasonido, cuanto mayor sea el porcentaje de paso de la corriente, mayor será el efecto térmico y el efecto no térmico. La interrupción de la corriente permite a los tejidos disipar la energía y minimizar de esta forma los efectos térmicos de la corriente.

#### 4. Tipo de aplicación

Podemos diferenciar entre dos tipos de aplicación según los electrodos que se empleen:

- Estática. Los electrodos se dejan fijos en la zona a tratar.
- Dinámica. Los electrodos se mueven durante el tratamiento.

#### Cuestiones

1. Completa la siguiente tabla resumen de las características de los aparatos de alta frecuencia:

Aparato	Frecuencia	Nº Electrodos	Nº aplicadores	Efecto	Método de aplicación
Radiofrec: Indiba					
Radiofrec: Human Tecar/T-Care					
Radiofrec: DCD-Biotronic					
Onda corta capacitativa					
Onda corta inductiva					
UHF					
Microondas					

## 6. Metodología de aplicación onda corta y microondas

### 6.1. Onda corta capacitativa

Este método de tratamiento se emplea preferentemente cuando se desean obtener efectos térmicos, si bien el calentamiento se va a producir de las capas más superficiales a las más profundas. Es por ello que se emplea preferentemente en el tratamiento de estructuras muy superficiales como costillas, columna vertebral, manos o pies.

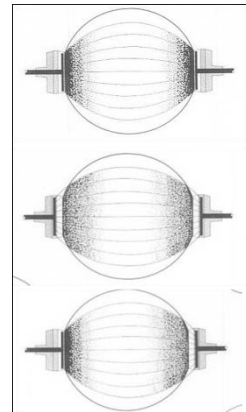
En relación con los electrodos:

- Siempre se emplearán dos electrodos y dos aplicadores.
- Habrá dos tipos de electrodos:

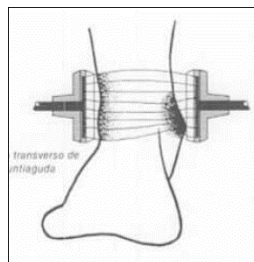
- De placas. NO se aplican en contacto directo con la piel. Tienen una carcasa que es la que se colocará en contacto con la zona a tratar y el electrodo se podrá mover dentro de esa carcasa para acercarlo o alejarlo más según el efecto deseado.
- De caucho. Se emplea una almohadilla como espaciador en su aplicación.



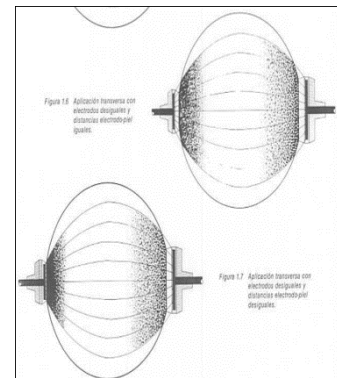
- La distancia electrodo-piel será de 2 a 4 cm. A mayor distancia mayor profundidad de penetración. En la figura se ve que cuando la distancia es más pequeña el efecto es más superficial y cuando es grande es más profundo. Se puede colocar también un electrodo a una distancia menor y el otro a una distancia mayor para tener un efecto más superficial y profundo respectivamente.



- Si la zona a tratar tiene zonas prominentes, como puede ser el caso del maléolo lateral, la corriente se focalizará en dicha zona:



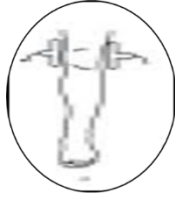
- Tamaño de los electrodos. Si se emplean electrodos de diferente tamaño la corriente, y por tanto el efecto, se concentrará en el electrodo de menor tamaño. En la figura de arriba se observa esto para electrodos de diferente tamaño con la misma distancia de aplicación. La figura de abajo muestra el efecto en electrodos de diferente tamaño y



con menor distancia de aplicación en el electrodo pequeño.

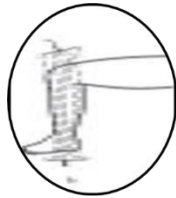
- Colocación. Los electrodos pueden colocarse en aplicación:

- Transversal:



- Los electrodos se colocan enfrentados entre sí a ambos lados del área tratada.
- Se produce un efecto en serie: las ondas pasan de un tejido a otro reflejándose, refractándose y absorbiéndose por lo que se atenúan y pierden energía. Cuando llegan a las zonas más profundas lo hacen con pérdidas de potencia.
- El aumento de temperatura será mayor en los tejidos más superficiales.

- Longitudinal:



- Los electrodos se colocan en cada extremo de un miembro, paralelos a la alineación de los tejidos.
- La corriente seguirá la vía de menor resistencia, es decir, a través de músculos y tejidos ricos en agua e iones.
- Se produce un efecto en paralelo: cuando las ondas transcurren por varios medios de forma que unos se encuentran al lado de otros (paralelos), las ondas tienden a circular y concentrarse en el tejido de menor resistencia, generando mayor efecto en los tejidos ricos en agua e iones.
- Se genera más efecto en los tejidos profundos.

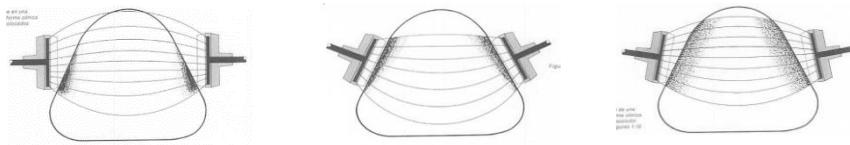
- Coplanar



- Los electrodos se sitúan en el mismo plano de tratamiento.
- Cuanto mayor sea la distancia entre ambos electrodos, mayor será la capacidad de penetración, sin embargo es un método de tratamiento superficial.

- Habrá que tener en cuenta el ángulo de incidencia. En general se colocarán los electrodos paralelos entre sí y paralelos a la superficie a tratar. Sin embargo, si la zona a tratar no es regular podemos encontrarnos que si colocamos los electrodos paralelos entre sí (primer dibujo) el efecto se va a concentrar más donde la distancia electrodo-piel sea menor. Si por el contrario colocamos los electrodos paralelos a la zona a tratar (segundo dibujo) el efecto se acumulará donde la

distancia electrodo-electrodo sea menor. Es por ello que habrá que buscar una solución intermedia de colocación (tercer dibujo) para tener un efecto más homogéneo.

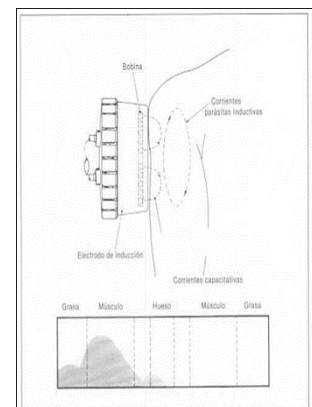


## 6.2. Onda corta inductiva

Los efectos de la onda corta inductiva se producen directamente en el tejido a tratar. Esto es debido a que la corriente eléctrica de alta frecuencia genera un campo magnético que a su vez generará una corriente eléctrica inducida de las mismas características que la corriente eléctrica original. Es importante tener en cuenta que en este caso el paciente referirá menor sensación de calor, pero no quiere decir que el efecto sea menor, sino que al actuar directamente sobre el tejido diana los termorreceptores de la piel tardarán más en saturarse tal y como se ha explicado previamente.

Con relación a los electrodos se diferencian dos tipos de electrodos:

- Electrodo de bobina. Este electrodo es fácil de colocar, pero poco adaptable al contorno de la piel. Existe un electrodo denominado **circuplode** que tiene una pantalla que detiene el campo eléctrico generado por la corriente de alta frecuencia pero que permite que el campo magnético que posteriormente generará la corriente eléctrica inducida pase. Esto hace que el campo eléctrico generado por la corriente de alta frecuencia no pueda atravesar el tejido como corriente de conducción y que no se calienten los tejidos más superficiales. En la figura puede observarse el efecto de las corrientes capacitivas junto con las corrientes de inducción cuando NO hay circuplode. Ante la presencia de circuplode no se generan las corrientes capacitivas.
- Electrodo de cable. Es un cable que se coloca enrollado sobre la superficie a tratar. Está en desuso.



Los electrodos se colocan en contacto directo con la zona a tratar y en este caso no será necesario colocar un tejido de algodón en medio porque no se espera efecto térmico superficial.

### 6.3. Microondas

Este método de tratamiento se emplea preferentemente cuando se desean obtener efectos térmicos, si bien el calentamiento se va a producir de las capas más superficiales a las más profundas. Además, como ya hemos indicado previamente, las microondas se reflejan en las interfaces tisulares, lugar donde se va a absorber más la radiación. Por eso se pueden generar puntos calientes en piel y grasa. Teniendo en cuenta ambos factores, las microondas se emplean preferentemente en el tratamiento de estructuras muy superficiales y en áreas pequeñas.

La producción de las microondas se hace en un dispositivo denominado **magnetron**.

Se pueden diferenciar dos tipos de aplicación:

- A distancia:
  - Irradiador de campo redondo (R)
    - Se coloca a unos 10 cm de distancia.
    - Se emplea para zonas más pequeñas.
  - Irradiador de campo largo (L)
    - Se coloca a unos 5 cm de distancia.
    - Se emplea para zonas corporales alargadas.
  - Irradiador circular (T)
    - Se coloca a unos 5 cm de distancia.
    - Se emplea en pediatría, otorrinolaringología, oftalmología y odontología.
  - Irradiador de campo grande (M)
    - Se coloca en contacto directo con el paciente.
    - Se emplea para zonas corporales grandes.
- Por contacto. Los irradiadores se aplican directamente sobre la zona a tratar y las dosis máximas no sobrepasan los 10 W, por lo que están indicados para el tratamiento de zonas muy pequeñas.

Campo local (R)



Campo largo (L)



Campo grande (M)



### Cuestiones

1. Indica si las siguientes afirmaciones sobre la alta frecuencia son verdaderas (V) o falsas (F):

En la onda corta capacitativa los electrodos se colocarán en contacto con la zona a tratar. \_\_\_\_

Si hacemos una aplicación de onda corta capacitativa sobre una zona prominente el efecto será menor en esa zona que en las zonas adyacentes. \_\_\_\_

Si hacemos una aplicación de onda corta capacitativa y empleamos electrodos de diferente tamaño el efecto será mayor en la zona más cercana al electrodo de mayor tamaño. \_\_\_\_

Es preferible hacer una aplicación de onda corta capacitativa longitudinal que transversal porque de esa manera la corriente pasa por el efecto en paralelo preferentemente por los tejidos ricos en agua e iones. \_\_\_\_

El circuplode permite que se genere una corriente inducida en el tejido evitando que se produzca el calentamiento superficial de los tejidos por la corriente de alta frecuencia inicial. \_\_\_\_

### 7. Dosis de aplicación onda corta y microondas

La forma de regular la dosis va a venir dada por si el modo de emisión es continuo o pulsátil. En aquellos casos donde queramos un **efecto térmico, modo continuo** (y pulsado de la onda corta capacitativa y microondas) la dosimetría se calculará de la siguiente manera:

$$\text{Dosis} = \text{PP} \cdot t$$

PP: pico de potencia

t: tiempo de tratamiento

El *pico de potencia* se ajustará de forma cualitativa:

- Dosis I. Falta de percepción térmica. Apenas por debajo del umbral. NO se emplea, es una dosis muy baja para obtener efectos.
- Dosis II. Leve calentamiento apenas perceptible. Percepción térmica apenas notable.
- Dosis III. Calor agradable y perfectamente tolerable.
- Dosis IV. Sensación de calor apenas tolerable, casi quemante. NO se emplea.

Cuanto mayor sea el pico de potencia, mayor será el efecto térmico. Se trabaja a dosis II y III.

El *tiempo de tratamiento* estará comprendido entre 10 y 20 minutos.

En aquellos casos donde queramos un **efecto no térmico, modo pulsátil** (onda corta inductiva) la dosimetría se calculará de la siguiente manera:

$$\text{Dosis} = \text{PM} \cdot t$$

PM: potencia media

t: tiempo de tratamiento

La *potencia media* se calculará a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{PM} = \text{PP} \cdot \text{DF} \cdot \text{FP}$$

PP: pico de potencia

DF: duración de fase

FP: frecuencia de pulso

- Pico de potencia: se programa el máximo que permite el electrodo (cada tipo de electrodo permite un pico de potencia máximo).
- Duración de fase: lo máximo que puede programarse son 0,4 ms. Dependerá del tiempo desde la lesión: cuanto más tiempo ha pasado desde la lesión más duración de fase se programará.
- Frecuencia de pulso:
  - < 82 Hz. En patología aguda.
  - > 82 Hz. Conforme evoluciona la patología.

El *tiempo de tratamiento* estará comprendido entre 18 y 24 minutos, pero se pueden prolongar hasta 30-60 minutos. Sin embargo, si el objetivo es favorecer la circulación no se programarán más de 10 minutos porque no se obtienen mayores efectos a partir de ese tiempo.

### Cuestiones

1. Quieres tratar una capsulitis retráctil de hombro con una onda corta capacitativa. Indica la dosis que programarías especificando cada parámetro de tratamiento.
2. Quieres tratar una microrrotura muscular con una onda corta inductiva. Indica la dosis que programarías especificando cada parámetro de tratamiento.

## 8. Metodología de aplicación de diatermia radiofrecuencia.

### 8.1. Radiofrecuencia bipolar capacitiva/ resistiva:

La diatermia radiofrecuencia bipolar oscilara entre los 3 KHz a 300 MHz como hemos comentado anteriormente, esto nos permite actuar con energía muy alta y localizada en la parte del cuerpo que seleccionemos con el fin de provocar efectos metabólicos.

Se suele nombrar la terapia como diatermia, ya que el paso de corriente de alta intensidad a través del cuerpo va a generar efectos térmicos por conversión (se transforma el campo electromagnético en calor profundo). Esta propiedad de penetración en el tejido a niveles profundos es la principal ventaja de esta técnica, ya que nos permite general cambios metabólicos, trabajando a intensidades elevadas para



producir calor profundo, sin que se produzca reacción motora o dolor insoportable como se produciría con otro tipo de técnicas.

- **Tipos de diatermia bipolar:**

- Diatermia capacitiva: Se trabaja el tejido entre una placa pasiva y un electrodo activo aislado, de esta forma la placa pasiva se carga positivamente y el electrodo activo negativamente, cada placa cambiará de polaridad centenares de veces por segundo, produciéndose un campo electromagnético entre ambos electrodos que repelerá las cargas del mismo signo y atrayendo las del signo contrario. De esta forma se genera una fuerza electromotriz responsable del calentamiento profundo.
- Diatermia resistiva: Con la diatermia resistiva se produce un calentamiento de los tejidos por los que pasa la corriente gracias a la ley de Joule. El efecto Joule supone un proceso irreversible, cuando una corriente directa circula por un conductor, parte de esa energía cinética se transformará en un aumento de temperatura, produciéndose calor por rozamiento con el conductor por donde transitan las cargas. En el caso de la corriente resistiva, como ninguno de los electrodos está aislado, se producirá un paso real de corriente eléctrica entre el electrodo activo y la placa pasiva.

- **Acciones y efectos fisiológicos de la diatermia bipolar:**

1. **Acción térmica:** El aumento de temperatura de los tejidos atravesados por la corriente dependerá de: la intensidad de la corriente, del estado de hidratación de los tejidos y de la resistencia particular que ofrece cada tejido a la misma. En la capacitiva se genera más calor en tejidos más hidratados, en la resistiva en tejidos que ofrecen mayor resistencia al paso de corriente.
2. **Acción sobre el sistema circulatorio:** Aumento de la circulación generando mejora en el aporte de oxígeno y nutriente y una disminución del anhídrido carbónico y de las sustancias de desecho.
3. **Efecto analgésico:** Al elevar la temperatura y regular el potencial de membrana, se eleva el umbral del dolor de las fibras nerviosas sensitivas, produciendo un efecto analgésico de modo inmediato.  
Además del efecto térmico, el efecto electromagnético, tendrá efecto antiálgico, produciendo además sedación general, regulación del sueño y disminución del estrés.
4. **Efecto antiinflamatorio:** Gracias al aumento de flujo sanguíneo en el tejido dañado, acelerando los procesos de curación gracias a una disminución del edema que acompaña la lesión y una disminución de la hipoxia de los tejidos.

5. **Efecto regenerador del tejido:** Gracias al aporte de oxígeno, nutrientes y a la elevación del número de células macrófagas que ayudará a limpiar el tejido lesional, así como el incremento de fibroblastos que ayuda en la generación de colágeno, se conseguirá ayudar de forma positiva a detener los procesos degenerativos y a recuperar de forma más eficaz los tejidos dañados.

- **Tipos de electrodos:**

Los electrodos básicos son dos, el pasivo y el activo. Dentro del activo encontramos dos tipos uno que es metálico y tiene una capa aislante recubriendo la superficie de este es el electrodo capacitivo y el otro también metálico, pero sin aislante es el resistivo.

Como ya hemos hablado, el uso de uno u otro electrodo activo, lo convierte en dos técnicas muy diferentes; por tanto, utilizaremos la técnica capacitiva cuando queramos incidir sobre tejidos con gran contenido acuoso como el musculo, bolsas serosas, edemas... mientras que el electrodo resistivo lo utilizaremos cuando queramos trabajar sobre tejidos con menos contenido en agua como son el hueso, tendón, ligamento. A pesar de esto, lo normal es utilizar una combinación de ambas para alcanzar mejores resultados.

El paso de corriente se concentrará al igual que en las corrientes galvánicas, en el de menor tamaño, por tanto, aplicaremos el activo de menor tamaño lo más cercano posible al tejido a tratar.



- **Aplicación local de la diatermia:**

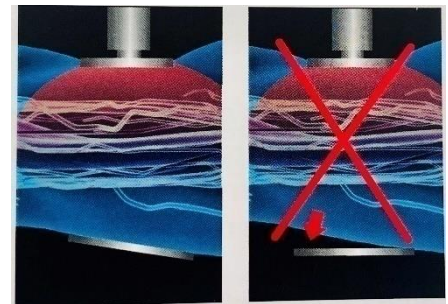
Una buena colocación de los electrodos resulta esencial para la obtención de los resultados esperados. Hay que considerar que la corriente alcance el tejido afectado fundamentalmente y que la percepción de la temperatura por parte del paciente permanezca siempre a los niveles deseados.

Cualquier sensación de temperatura muy elevada o de quemadura será indicación de que hemos utilizado la técnica de un modo incorrecto.

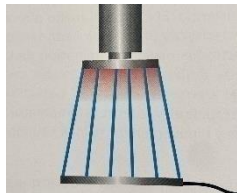
Los electrodos deberán tener el mayor contacto posible con la piel del paciente, para evitar sobrecargas en puntos clave en los que haya un mal contacto (efecto punta).

La placa o electrodo pasivo, se colocará preferentemente sobre zonas donde no se encuentren protuberancias óseas, ya que el hueso tiende a sobrecalentarse con mayor facilidad que los tejidos adyacentes.

Si el paciente tiene mucho pelo, deberemos colocar más gel conductor ya que el pelo es aislante y dificultará el paso de corriente.



- **Tipos de colocación de los electrodos:**



- **Técnica transversal:** La densidad de corriente es más elevada bajo el electrodo de menor tamaño y el paciente percibirá un aumento de la temperatura precisamente bajo el mismo y la densidad de corriente cercana al mismo es mayor.



- **Técnica coplanar:** Este tipo de técnica lo utilizaremos cuando queramos trabajar a nivel superficial, ya que tendrá un mayor efecto sobre la piel y en los tejidos próximos a la superficie, siendo la densidad de corriente mayor en la zona que separa el electrodo activo del pasivo.

## 8.2. Radiofrecuencia monopolar

Hoy en día se han desarrollado sistemas nuevos de aplicación de radiofrecuencia, como es la **diatermia dieléctrica monopolar o diatermia capacitiva digital (DCD)** que ha desarrollado la empresa Biotronic, que permite alcanzar mayor profundidad y evitar los riesgos del sobrecalentamiento de los tejidos, mediante el tratamiento digital de la señal electromagnética. Se caracteriza porque al aplicador sólo llega un conductor y no

necesitamos electrodo de "masa o tierra". La gran ventaja es que se produce una aplicación focalizada y podemos controlar digitalmente tanto la profundidad como la energía depositada. La descarga se produce desde toda la superficie del paciente al plano de tierra, con lo que no se producen líneas de conducción rectilíneas que podrían atravesar órganos internos.

- **Acciones y efectos fisiológicos de la diatermia monopolar:**

La diatermia dieléctrica genera tres efectos diferenciados: efecto térmico, efecto mecánico y efecto piezoeléctrico, con multitud de aplicaciones sobre los tejidos biológicos.



Ejerce una acción antiflogítica, antiedematosa y analgésica, estimulando los procesos de regeneración celular, armonizando los intercambios energéticos interestructurales y reestableciendo la homeostasis del organismo.

- **Principales indicaciones:**

- Síndromes dolorosos neurológicos. En neuralgias, especialmente ciáticas, neuralgias del trigémino y secuelas post-herpéticas. También en neuritis.
- Tratamientos del dolor y rehabilitación (rigidez muscular y articular, dolores residuales, dolores crónicos, cicatrices dolorosas, procesos crónicos con predominio de fibrosis o inelasticidad, movilización, flexibilización y potenciación).
- Artropatías reumáticas. Especialmente indicada en artritis, artrosis, periartrosis de hombro y caderas, y en fibromialgias.
- Síndromes traumáticos: Esguinces, distensiones ligamentosas en fase subaguda o crónica, fracturas de fatiga, luxaciones y secuelas de fracturas postquirúrgicas.
- Hipertonías musculares, espasticidad, secuelas de contusiones y roturas musculares.

- Retracciones y procesos fibróticos.
- Procesos inflamatorios crónicos del aparato genitourinario (prostatitis, anexitis, procesos inflamatorios pélvicos, adherencias postquirúrgicas, etc.)
- Problemas dermatológicos: procesos de cicatrización, úlceras, lesiones dermatológicas benignas, etc.
- Tratamientos drenantes: edemas localizados, alteraciones asociadas al retorno venoso, problemas de microcirculación, etc.

- **Aplicación local de la diatermia monopolar:**

Al acceder al equipo de DCD, nos encontramos con diferentes opciones de selección de programas. Hay que decir que, por seguridad, la empresa Biotronic ha fijado programas con una programación adecuada para cada tipo de patología donde nos encontramos diferentes fases que irán cambiando de una a otra con unas frecuencias, potencias y duraciones determinadas.



No obstante, también hay opciones de programación manual.

Al aplicar, lo primero a tener en cuenta es que toda la superficie del aplicador debe mantenerse siempre en contacto con la piel. El contacto no debe ser parcial, por esta razón, es conveniente seleccionar el aplicador adecuado según el área a tratar (existen varios tamaños y uno específico para tratamiento intracavitario). No se debe mantener el aplicador fijo en un punto para evitar así una posible

elevación excesiva de la temperatura en él. Se debe utilizar un producto de naturaleza oleosa.

Existe un equipo de DCD con un sistema de vacuum con un único cabezal que permite depositar energía de forma localizada en el tejido diana de forma controlada a la vez que utiliza un sistema de vacío. Este tipo de sistema es útil en patologías como fibrosis, adherencias, hipertonía muscular, entre otras.

## 9. Generalidades de aplicación

- El aparato debe estar en una sala individual donde no haya otros equipos electrónicos y preferiblemente lo más alejado de zonas de estancia de personal.
- La camilla, silla, biombos o paredes del box no deben tener ningún elemento metálico susceptible de ser tocado por el paciente durante el tratamiento y no puede haber ningún material que puede amplificar la señal a 2 metros, por lo que el mobiliario tiene que ser de madera.
- Posicionar al paciente desprovisto de cualquier elemento metálico que porte como joyas, cinturones, adornos, etc., así como de todos los tejidos sintéticos que cubran la zona a tratar.
- El Fisioterapeuta debe permanecer alejado del paciente al menos 2 metros durante el tratamiento (y 5 metros en caso de mujeres embarazadas).
- La zona de aplicación tiene que estar desnuda.
- En aplicaciones estáticas se colocará una toalla de algodón fina entre la piel y el electrodo (o el sujeto puede llevar una ropa de algodón sobre la que se colocará el electrodo). NUNCA puede realizarse una aplicación sobre un tejido de material sintético ya que se producirán "chispazos" debido a la carga eléctrica de dichos tejidos. Es imprescindible colocar este tejido cuando se busca un efecto térmico y el método de calentamiento es de superficial a profundo ya que si no el sudor que se produce durante la aplicación puede calentarse por el efecto térmico de la corriente y quemar la piel del paciente.
- Los electrodos se colocarán en un ángulo preferentemente de 90° para evitar la reflexión de la corriente.

## 10. Contraindicaciones y precauciones

### 10.1. Contraindicaciones

Generales:

- Estimuladores nerviosos implantados o transcutáneos: marcapasos. Pueden producir interferencia con el aparato y quemaduras en el tejido.
- Tuberculosis.
- Embarazo.
- Inmadurez esquelética.

- Epífisis en crecimiento.
- Fiebre
- Trastornos de la sensibilidad.

Cuando se buscan efectos térmicos:

- Implantes metálicos. Producen quemaduras en el tejido.
- Cáncer: a no ser que el tratamiento esté dirigido al propio tumor.
- Ojos.
- Testículos. Podrían producir infertilidad.
- Epífisis en crecimiento.

Cuando se buscan efectos no térmicos:

- Tejidos profundos (órganos internos).
- 

#### 10.2. Precauciones

- NO debe haber material eléctrico o electromagnético cercano, mínimo una distancia de separación de 2 metros.
- En sujetos obesos puede producirse un calentamiento excesivo de la grasa y no obtener el efecto deseado en el tejido profundo.
- No aplicar si la paciente lleva DIUs de cobre o en paciente con audífonos.
- Precauciones para el fisioterapeuta: situarse a 2-5 metros de distancia del aparato y vigilar la aparición de cansancio generalizado.

#### 11. Estado de la evidencia:

Los últimos años el uso de la **alta frecuencia** en fisioterapia se ha ido extendiendo y son muchos los efectos beneficiosos que se le otorgan. Los últimos estudios sobre onda corta y microondas realmente muestran beneficios de estas terapias y estos, principalmente, son atribuidos al efecto térmico.

Un estudio que se centró en la evaluación de los efectos térmicos que se le atribuyen a estas terapias. Para ello se midió la temperatura corporal con termografía y el riego sanguíneo a través de eco Doppler. Al finalizar el estudio se vio como las mujeres que habían recibido terapia con onda corta aumentó su perfusión sanguínea y la temperatura del área de aplicación mientras que en el grupo que se le aplicó microondas, tan solo hubo un aumento de la temperatura superficial (1).

Una revisión sistemática que se centra en la utilización de los efectos térmicos de las terapias con microondas muestra como en varios estudios se consigue un calentamiento del tejido a 41-45º, lo que podría estimular la reparación de tejidos, disminución del dolor, ayudar en la elasticidad del tendón y mejorar la rigidez. Tras la revisión de muchos estudios, se ha visto

que la utilización de microondas a una frecuencia de entre 434 y 915 MHz puede ser efectiva en el corto plazo para el tratamiento de lesiones musculo esqueléticas. Siendo la frecuencia óptima para este tipo de lesiones la de 434 MHz (3).

Por otro lado, un estudio muestra como la onda corta pulsada aumenta la temperatura a 3 cm de profundidad, llegando a los 39,5 °C tras la aplicación de la terapia (4).

En cuanto a la utilización de estas terapias para la regeneración neural, tras analizar los estudios, se concluye que la diatermia inducida por onda corta y microondas puede mejorar los parámetros electrofisiológicos, la mielinización neural y el diámetro axonal en lesiones nerviosas. Los tratamientos encontrados usaban onda corta (27.12 – 40.68 MHz) y microondas a 915 MHz (5).

Otra de las terapias en auge dentro de la alta frecuencia sería la radiofrecuencia, su uso clínico ha mostrado numerosos beneficios, a nivel fisiológico, esta terapia también consigue un aumento de la temperatura profunda y por ello consigue ciertos beneficios. Un estudio demuestra como el modo continuo de la diatermia aumenta la perfusión sanguínea a niveles profundos en comparación de la pulsada que no obtenía cambios. Esto nos lleva a la conclusión que se pueden obtener beneficios terapéuticos derivados de este aumento de perfusión (6).

En cuanto a la reducción del dolor, un estudio evalúa que es más efectivo en atletas con tendinopatías, laser con CO<sub>2</sub>, crio ultrasonidos y diatermia capacitiva resistiva. En los tres casos se vio una disminución en la VAS de más de 6 puntos, siendo la más efectiva la terapia de crioultrasonido, seguido de la diatermia y la menos efectiva el láser (2).

Para el tratamiento del dolor de cuello, consulta estrella dentro de la fisioterapia, un estudio valora la efectividad de la diatermia capacitiva y resistiva. Tras analizar los resultados se concluye una mejora tanto en el dolor, en el ROM y en el Neck Disability Index (7). En cuanto al dolor de espalda en general, Se encontraron mejores resultados en cuanto al dolor y la funcionalidad tras el tratamiento con diatermia en comparación con el láser. Además, no solo mejoraron más los pacientes si no que los beneficios de la diatermia se observaron en el momento después del tratamiento, de forma inmediata (8).

Otra patología crónica para lo cual se han visto efectos beneficiosos de la diatermia, ha sido la artrosis. Se encuentran diversos estudios sobre su uso en artrosis de rodilla encontrando algo de diferencia en sus resultados. En un estudio que realizó 8 sesiones durante 4 semanas, se observó como los pacientes mejoraban tanto el dolor como la funcionalidad a corto plazo. Es decir, al acabar las 4 semanas del tratamiento, sin embargo, esta mejoría no se mantuvo a las 16 semanas post tratamiento. En cuanto al ROM no se observa diferencias en ningún momento (9). Sin embargo, en otro estudio se realiza dos semanas de diatermia día sí, día no, es decir 6 sesiones en total. En este caso se ve observa un beneficio también a largo plazo (10). Esto lleva a la siguiente pregunta ¿Podríamos ver diferencias si aumentamos la periodicidad y del número de sesiones? Para ello sería necesario seguir investigando y así contar con más estudios de calidad.



En hombro, también se encuentran beneficios; mejora el dolor, la movilidad y las actividades de la vida diaria en pacientes con patología fibrótica de hombro y en patología de pinzamiento subacromial (11).

Por último, la radiofrecuencia no solo se utiliza en rehabilitación, si no que tiene un campo muy extendido dentro de la estética, por ejemplo, es muy conocido su uso para el tratamiento de la celulitis. Un estudio muestra una reducción significativa tanto de perímetro como de la grasa localizada y una mejora en el aspecto de la celulitis (12).

1. Sousa NTAD, Guirro ECDO, Calió JG, Queluz MCD, Guirro RRDJ. Application of shortwave diathermy to lower limb increases arterial blood flow velocity and skin temperature in women: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther.* abril de 2017;21(2):127-37.
2. Costantino C, Pogliacomì F, Vaienti E. Cryoultrasound therapy and tendonitis in athletes: a comparative evaluation versus laser CO2 and t.e.ca.r. therapy. *Acta Bio-Medica Atenei Parm.* abril de 2005;76(1):37-41.
3. Giombini A, Giovannini V, Di Cesare A, Pacetti P, Ichinoseki-Sekine N, Shiraishi M, et al. Hyperthermia induced by microwave diathermy in the management of muscle and tendon injuries. *Br Med Bull.* 2007;83:379-96.
4. Draper DO, Hawkes AR, Johnson AW, Diede MT, Rigby JH. Muscle heating with Megapulse II shortwave diathermy and ReBounce diathermy. *J Athl Train.* agosto de 2013;48(4):477-82.
5. Fu T, Lineaweaver WC, Zhang F, Zhang J. Role of shortwave and microwave diathermy in peripheral neuropathy. *J Int Med Res.* agosto de 2019;47(8):3569-79.
6. Kumaran B, Watson T. Skin thermophysiological effects of 448 kHz capacitive resistive monopolar radiofrequency in healthy adults: A randomised crossover study and comparison with pulsed shortwave therapy. *Electromagn Biol Med.* 2018;37(1):1-12.
7. Diego IMA, Fernández-Carnero J, Val SL, et al. Analgesic effects of a capacitive-resistive monopolar radiofrequency in patients with myofascial chronic neck pain: a pilot randomized controlled trial [published correction appears in *Rev Assoc Med Bras* (1992). 2019 Jul 22;65(6):931]. *Rev Assoc Med Bras* (1992). 2019;65(2):156-164.
8. Notarnicola A, Maccagnano G, Gallone MF, Covelli I, Tafuri S, Moretti B. Short term efficacy of capacitive-resistive diathermy therapy in patients with low back pain: a prospective randomized controlled trial. *J Biol Regul Homeost Agents.* 2017;31(2):509-515.
9. Kumaran B, Watson T. Treatment using 448kHz capacitive resistive monopolar radiofrequency improves pain and function in patients with osteoarthritis of the knee joint: a randomised controlled trial. *Physiotherapy.* 2019;105(1):98-107.
10. Coccetta CA, Sale P, Ferrara PE, et al. Effects of capacitive and resistive electric transfer therapy in patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Int J Rehabil Res.* 2019;42(2):106-111.
11. Paolucci T, Pezzi L, Centra MA, et al. Effects of capacitive and resistive electric transfer therapy in patients with painful shoulder impingement syndrome: a comparative study [published online ahead of print, 2019 Nov 4]. *J Int Med Res.* 2019.
12. Manuel Albornoz-Cabello, Dr. Alfonso Javier Ibáñez Vera & Dr. Blanca De la Cruz-Torres (2017): Efficacy of Monopolar Dielectric transmission Radiofrequency in panniculus adiposus and cellulite reduction, *Journal of Cosmetic and Laser Therapy.*

## PRÁCTICA

### Material necesario:

- Onda corta capacitativa.
  - Onda corta inductiva.
  - Microondas.
  - Equipos de radiofrecuencia.
1. Experimentar los efectos térmicos y los efectos no térmicos de cada aparato de microondas y onda corta.
  
  2. Tratamiento de lumbalgia crónica con diatermia capacitiva resistiva T- Care.  
Colocaremos al paciente en decubito prono, con la placa pasiva en el abdomen del paciente.  
Programaremos una frecuencia de 500 Hz, modo de emision continuo.  
Fase 1: 5 minutos con el electrodo activo CAPACITIVO a una intensidad del 25-35% (media-alta según percepción del paciente)  
Fase 2: 10 minutos con el electrodo activo RESISTIVO a una intensidad 25-35% ( media – alta según percepción del paciente)  
Fase 3: 5 minutos con el electrodo activo CAPACITIVO a una intensidad del 15% ( media-baja según percepción del paciente.
  
  3. Tratamiento de tendinopatía de la cabeza larga del bíceps en estado agudo con diatermia capacitiva resistiva T-Care.  
Podremos colocar al paciente en posición sentado con el antebrazo apoyado o tumbado en decúbito supino con el brazo apoyado sobre la camilla.  
Colocaremos la placa pasiva en la parte dorsal del paciente.  
Programaremos una frecuencia de 720-1000 Kzh. Modo de emisión continua.  
Fase 1: 10 minutos con el electrodo activo CAPACITIVO con una intensidad del 10% ( baja según percepción del paciente)  
Fase 2: 5 minutos con el electrodo activo RESISTIVO con una intensidad del 10% (baja según percepción del paciente)  
Fase 3: 5 minutos con el electrodo activo CAPACITIVO con una intensidad del 10% (baja según percepción del paciente).

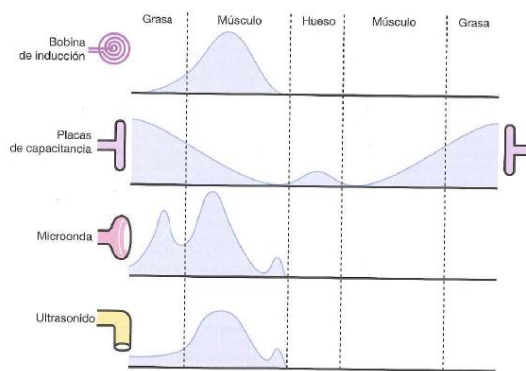
4. Experimenta con los distintos programas del equipo de DCD de Biotronic.

Anotaciones personales:

## EJERCICIOS

**Ejercicio 1.** ¿Qué tejidos absorben mejor la energía de las corrientes de alta frecuencia? Justifica tu respuesta.

**Ejercicio 2.** Explica la siguiente figura.



**Ejercicio 3.** Explica cómo colocarías los electrodos de la onda corta capacitativa en el paciente si la superficie a tratar fuera irregular.

**Ejercicio 4.** Explica cada uno de los parámetros de la siguiente fórmula y cómo los programarías para tratar a un paciente con onda corta pulsátil. Puedes ayudarte de la figura para explicarlos.

$$\text{Potencia Media} = \text{Pico de Potencia} \cdot \text{Duración del Pulso} \cdot \text{Frecuencia del Pulso}$$

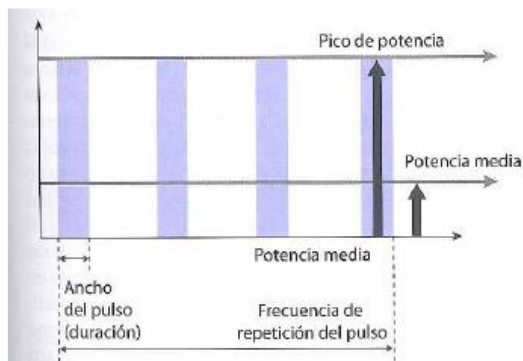


Figura 10.2 Relación esencial entre frecuencia de repetición del pulso, duración del pulso, pico de potencia y potencia media.

**Ejercicio 5.** Indica cuáles de las siguientes afirmaciones sobre el empleo de las corrientes de alta frecuencia son CORRECTAS. Justifica cada una de las respuestas.

- Los electrodos SIEMPRE tienen que estar en contacto con el paciente.
  
- El ángulo de aplicación de los electrodos SIEMPRE será de 90°.
  
- La piel estará desnuda y se pondrá un tejido de algodón entre el electrodo y la piel.
  
- Tiene que haber una distancia de separación de al menos 2 metros entre el aparato y el fisioterapeuta.
  
- Todo el mobiliario tiene que ser de madera, no se colocará ningún material que pueda amplificar la señal (aparatos electrónicos, elementos metálicos) a una distancia menor de 2 metros.
  
- NO se podrá aplicar NINGUNA técnica de alta frecuencia si el paciente tiene implantes metálicos.

**Ejercicio 6.** ¿Qué técnica de alta frecuencia emplearías para favorecer la reabsorción de un edema en fase aguda? Justifica tu respuesta e indica la dosis que emplearías.

**Ejercicio 7.** ¿Qué técnica de alta frecuencia emplearías para favorecer la reabsorción de un edema crónico? Justifica tu respuesta e indica la dosis que emplearías.

## SOLUCIONES

### Cuestiones

#### P. 287

1. a) F; b) F; c) V.

#### P. 290,291

1. a) tejidos ricos en agua; b) efecto mecánico / fricción; c) de superficial a profundo / directamente en profundidad / de superficial a profundo; d) una técnica de diatermia.

#### P. 293,294

1. a) F; b) V; c) V.

2. a) no; b) aumento.

#### P. 295

1. a) térmico; b) tracción grado III.

2.

Situación clínica	Efecto fisiológico deseado		Técnica de elección preferente		
	Térmico	NO térmico	Ultrasonido	Alta frecuencia	Láser
Dolor agudo de esguince de tobillo		X			X
Derrame de rodilla		X		X	
Tendinopatía rotuliana crónica	X		X		
Cicatriz del tendón de Aquiles	X				X
Bursitis trocantérea		X		X	
Punto gatillo miofascial en masetero	X				X
Edema de tobillo cronificado	X			X	

NOTA: no siempre se elegirá la técnica propuesta en esta tabla. Por ejemplo, en un esguince de tobillo agudo podemos considerar emplear el ultrasonido si el aparato láser del que disponemos tiene un cabezal pequeño. Si al tratar la cicatriz del tendón de Aquiles la profundidad es alta utilizaremos preferentemente el ultrasonido.

**P. 298**

1.

<b>Aparato</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Nº Electroodos</b>	<b>Nº aplicadores</b>	<b>Efecto</b>	<b>Método de aplicación</b>
Radiofrec: Indiba	448 KHz	2	2	Superficial - > Profundo	En movimiento
Radiofrec: Human Tear/T-Care	485 KHz	2	2	Superficial -> Profundo	En movimiento
Radiofrec: Biotronic	800-850 KHz	1	1	En profundidad	En movimiento
Onda corta capacitativa	13,56 MHz	2	2	Superficial -> Profundo	Electrodos fijos
Onda corta inductiva	27,12 MHz	1	1	En profundidad	Electrodo fijo
UHF	434 MHz	2	1	Superficial - > Profundo	Electrodo fijo
Microondas	2450 MHz	2	1	Superficial → Profundo	Electrodos fijos

**P. 303**

1. a) F; b) F; c) F; d) V; e) V.

**P. 304**

1. En esta situación nos interesa obtener los efectos térmicos en profundidad de la alta frecuencia para aumentar la extensibilidad de los tejidos de la cápsula.

La dosis la calcularemos según la fórmula:  $Dosis = PP \cdot t$ , donde PP es el pico de potencia y t el tiempo de tratamiento.

Deberemos ajustar entonces la dosis determinando el pico de potencia y el tiempo de tratamiento. Para ello trabajaremos a dosis III de pico de potencia (calor agradable y perfectamente tolerable) y un tiempo de 10 a 20 minutos. En este caso con 10 minutos podría ser suficiente. Tras la aplicación de la diatermia se realizará la tracción grado III de la articulación.

2. En este caso buscamos obtener los efectos no térmicos de la alta frecuencia buscando su efecto reparador en el tejido.

La dosis la calcularemos según la fórmula:  $Dosis = PM \cdot t$ , donde PM es la potencia media y t el tiempo de tratamiento.

La potencia media se determinará según la fórmula:  $PM = PP \cdot DF \cdot FP$ , siendo:

- PP el pico de potencia. Programaremos el máximo que permita el electrodo.
- DF la duración de fase. Como la lesión es reciente programaremos una duración de fase de 0,2 ms.
- FP la frecuencia de pulso. En este caso como estamos en fase aguda será menor a 82 Hz.

El *tiempo de tratamiento* estará comprendido entre 18 y 24 minutos, comenzando el primer día por 18 minutos.

### **Ejercicios**

1. Los tejidos ricos en agua e iones. El mecanismo de acción de la alta frecuencia se explica por el movimiento continuo de las moléculas e iones al pasar una corriente con una alternancia de polaridad periódica durante la duración del tratamiento. Esto provoca la fricción entre las sustancias como consecuencia la generación de calor. En los tejidos ricos en agua e iones este movimiento de sustancias es mayor y por ello también son mayores los efectos en dichos tejidos.

2. En la primera línea se muestra los diferentes tejidos de más superficial a más profundo y de nuevo a más superficial. La columna de la izquierda muestra distintos métodos de generación de calor profundo.

Por lo tanto:

Con la bobina de inducción se calienta músculo y muy poco la grasa, sin llegar a hueso. Se puede calentar directamente en profundidad (método de inducción).

Las placas de capacitancia calientan principalmente grasa a nivel superficial, llegando posteriormente a músculo y muy poca cantidad a hueso. La forma de transmisión del calor es por tanto de superficial a profundo (método de conducción).

Las microondas transmiten también el calor de superficial a profundo: grasa y luego músculo, sin llegar a calentar hueso (método de conducción).

El efecto del ultrasonido también es de superficial a profundo. Calienta el tejido adiposo antes de llegar al músculo. Aunque en esta técnica el efecto de calentamiento sobre el tejido adiposo es menor que con las placas de capacitancia o con las microondas.

3. En general se colocan los electrodos paralelos entre sí y paralelos a la superficie a tratar. Pero como la zona es irregular podemos encontrarnos que si los colocamos paralelos entre sí el efecto se va a concentrar más donde la distancia electrodo-piel sea menor. Si por el contrario colocamos los electrodos paralelos a la zona a tratar, el efecto se acumulará donde la distancia electrodo-electrodo sea menor. Por lo tanto, tendremos que buscar una posición intermedia entre las dos anteriores para tener un efecto más homogéneo (podéis consultar la figura situada al inicio de la página 293).

4. Cuando empleamos una onda corta pulsátil la dosis se calcula teniendo en cuenta la siguiente fórmula:  $Dosis = Potencia\ Meda \cdot tiempo\ de\ tratamiento$ .

La potencia media se calculará a partir de fórmula que aparece en el enunciado de este ejercicio:

$Potencia\ Media = Pico\ de\ Potencia \cdot Duración\ del\ Pulso \cdot Frecuencia\ del\ Pulso$

Para programar el pico de potencia se programa el máximo que permite el electrodo (cada tipo de electrodo permite un pico de potencia máximo).

La duración de fase máxima que puede programarse son 0,4 ms. Según la duración de la lesión se determinará la duración de fase: cuanto más tiempo ha pasado desde la lesión más duración de fase se programará.

En patología aguda se emplearán frecuencias de pulso menores a 82 Hz y mayores a 82 Hz conforme evolucione la patología (cuanto mayor es la frecuencia, mayor será el efecto térmico).

5.

a) FALSO: la carcasa de la onda corta capacitativa se coloca en contacto con el paciente pero el electrodo que se encuentra por dentro no. El microondas con irradiador de campo redondo se coloca a unos 10 cm de distancia; el de campo largo y el circular a 5 cm de distancia.

b) FALSO: sería lo ideal, pero con la onda corta capacitativa, en zonas irregulares, hay que buscar una posición intermedia para evitar calentar más una zona que otra.

c) VERDADERO: en aplicaciones estáticas se colocará una toalla de algodón fina entre la piel y el electrodo. Es imprescindible colocar este tejido cuando se busca un efecto térmico y el método de calentamiento es de superficial a profundo ya que si no el sudor que se produce durante la aplicación puede calentarse por el efecto térmico de la corriente y quemar la piel del paciente. No será necesario en aplicaciones con electrodos en movimiento o donde el efecto térmico es directamente en profundidad.

d) VERDADERO: es importante evitar el efecto acumulativo que pudiera haber por recibir de forma indirecta estas radiaciones. Habría que vigilar también la aparición de cansancio generalizado.

e) VERDADERO: esto impide que las ondas se difundan por el medio.

f) FALSO: sí que se podrá aplicar la onda corta inductiva ya que no tiene efectos térmicos.

6. Como estamos en fase aguda, no nos interesa efecto térmico, por lo que elegiremos onda corta inductiva en modo pulsátil.

$Dosis = PM \cdot t$

$PM = PP \cdot DF \cdot FP$

PP: el máximo que permita el electrodo.

DF: lo máximo que se puede programar es 0,4 ms. Al estar en fase aguda programaremos un poco menos, 0,2 ms.

FP: < 82 Hz porque estamos en fase aguda.



Tiempo: 10 min porque el objetivo es favorecer la circulación y no se obtienen mayores efectos a partir de ese tiempo.

7. Como estamos en fase crónica, elegiremos onda corta capacitativa o microondas ya que buscamos un efecto térmico (cualquier otra técnica de diatermia que tenga efectos térmicos también se podrá emplear).

Dosis =  $PP \cdot t$

PP: se ajusta de forma cualitativa. En este caso buscaremos conseguir una dosis III, calor agradable y perfectamente tolerable.

Tiempo: 10-20 minutos.

## **TEMA 9. MAGNETOTERAPIA**

## TEMA 9. MAGNETOTERAPIA

### ÍNDICE

COMPETENCIAS .....	324
TEORÍA.....	325
TERAPIA INDUCTIVA DE ALTAENERGÍA.....	332
ESTIMULACIÓN ELECTRICA TRANSCRANEAL .....	334
PRÁCTICA .....	336
EJERCICIOS .....	336
SOLUCIONES.....	338

### **COMPETENCIAS**

- Conocer el fundamento y las bases teóricas de la magnetoterapia.
- Conocer los efectos magnetoterapia.
- Saber realizar un protocolo de tratamiento con magnetoterapia.
- Tener criterio para poder diseñar un plan de tratamiento con magnetoterapia para un paciente en las distintas fases de evolución de su patología y según su casuística particular.
- Conocer las precauciones que hay que tener al aplicar magnetoterapia.
- Conocer otros equipos que generan campos magnéticos como la terapia inductiva de alta energía o la estimulación magnética transcraneal.

## TEORÍA

### 1. Concepto y características magnetoterapia

La **magnetoterapia** puede definirse como la aplicación del campo magnético con fines terapéuticos.

Los campos magnéticos que se emplean en Fisioterapia pueden ser:

- Estáticos o permanentes. Se aplican mediante imanes y la técnica es conocida como **imanterapia**.
- Pulsátiles. Dentro de los campos magnéticos pulsátiles diferenciaremos sus aplicaciones por la frecuencia de la onda:
  - Aplicaciones de alta frecuencia: son los campos magnéticos que se han explicado en el tema de alta frecuencia.
  - Aplicaciones de baja frecuencia: es lo que denominamos magnetoterapia.

Así pues, en este tema vamos a hablar de la aplicación terapéutica de campos magnéticos pulsátiles de baja frecuencia.

### 2. Fundamento

El paso de una corriente eléctrica genera un campo magnético perpendicular a él. Este campo magnético va a ser el responsable de los efectos terapéuticos. Se distinguen por tanto dos componentes:

#### 1. Campo eléctrico.

Al aplicar magnetoterapia no nos interesa el componente eléctrico, por lo que se minimiza al máximo. No obstante, se deja cierto componente eléctrico porque va a ser el responsable de la regeneración del callo de fractura, una de las patologías estrella a tratar con esta terapia.

Como ya hemos indicado previamente, el tipo de onda eléctrica que se emplea para generar el campo magnético es pulsátil debido a que la onda continua genera calor por el efecto Joule y el campo magnético que se genera es poco uniforme. Sin embargo, empleando ondas pulsátiles el campo magnético generado es uniforme.

#### 2. Campo magnético.

Es importante conocer que el campo magnético atraviesa TODO. Esto quiere decir que todo lo que esté bajo la influencia del campo magnético generado se verá afectado por dicho campo. Esto supone una ventaja terapéutica porque el efecto del campo magnético alcanza a todo el organismo, sin embargo, habrá que tener en consideración su campo de acción si hay alguna zona del organismo donde esté contraindicado su uso.

Sin embargo, el campo magnético no es detectable, por lo que no es posible saber si se está recibiendo o no un tratamiento correcto. Para poder determinarlo se empleará un imán como se explica más abajo.

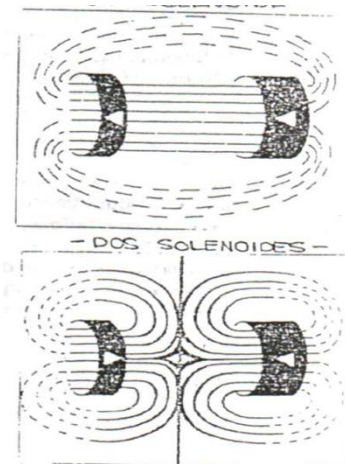
A nivel terapéutico, el polo norte es sedante y el polo sur estimulante. Y las ondas del campo magnético se desplazan del polo sur al polo norte.

### 3. Equipo

El equipo de magnetoterapia está formado por:

1. Consola central. Lugar donde se programan los parámetros de tratamiento.
2. Aplicadores. Se distinguen dos tipos de aplicadores:
  - o Solenoides. Aplicadores con forma de cilindro alrededor del cual se encuentra un cable enrollado y que es el responsable de generar el campo eléctrico. El campo magnético se genera perpendicular a dicha corriente y pasa principalmente por dentro del solenoide (el 90% del campo magnético pasa dentro del solenoide, el 10% restante por fuera).

- Hay de distintos tamaños: 15-20, 40-50 o 60 cm.
- Pueden colocarse dos solenoides con la misma orientación norte-sur abarcando todo el cuerpo del sujeto para tratamientos globales, o enfrentado orientaciones con el fin de focalizar el campo magnético en una zona concreta para tratamientos puntuales.



- o Placas cuadradas. Las placas son dos superficies que se sitúan a ambos lados de la zona a tratar.
3. Imán. Con el fin de poder detectar el campo magnético que genera el solenoide podemos coger un imán y dejarlo sobre la palma de la mano. Si colocamos la mano en las zonas donde corriente magnética, el imán vibrará. Es un buen método para determinar si el campo magnético que genera el aparato es homogéneo y cómo es la distribución de dicho campo.



#### 4. Efectos terapéuticos

Vamos a resumir los efectos terapéuticos de la magnetoterapia teniendo en cuenta los siguientes niveles:

1. Nivel óseo. La magnetoterapia está directamente implicada en la osteogénesis. Es por ello que, está indicada en el retardo en la consolidación de fracturas, pseudoartrosis, osteoporosis, etc.
2. Nivel muscular y tendinoso. La magnetoterapia produce la relajación de la musculatura esquelética y lisa. Es por ello que se indica en el tratamiento de: espasmos musculares, contusiones musculares, tenosinovitis, fibromialgia, etc.
3. Nivel cardiocirculatorio. La magnetoterapia produce el aumento de la concentración de oxígeno en sangre y mejora el trofismo. Es por ello por lo que se indica en el tratamiento de: edemas, linfedemas, hematomas postraumáticos y flebitis. Hay que tener como precaución que genera hipotensión (¡cuidado cuando se vayan a levantar los pacientes tras recibir un tratamiento con magnetoterapia!).
4. Nivel respiratorio. La magnetoterapia produce la relajación de la musculatura lisa y la activación del sistema inmune. Es por ello que, se indica en el tratamiento de: insuficiencia respiratoria crónica, bronquitis crónica, asma bronquial, hiperreactividad bronquial, sinusitis, etc.
5. Nivel celular. La magnetoterapia produce la normalización del potencial de membrana y activación mitocondrial. Este es otro de los motivos por los que puede producir hipotensión. Por este motivo podría indicarse en miastenias y migrañas.
6. Nivel del sistema nervioso. La magnetoterapia produce la normalización del sistema nervioso central y la liberación de endorfinas. Es por ello que, se indica en el tratamiento de:
  - SNC: cefaleas, estrés, insomnio, ansiedad, depresión.
  - SNP: síndrome de dolor regional complejo, neuralgias, parálisis.

## 5. Parámetros de aplicación

Se van a considerar los siguientes parámetros de aplicación:

- Frecuencia. La frecuencia de aplicación varía de 1 a 100 Hz.
  - 50 Hz → Es la frecuencia habitual. Eficaz en el tratamiento de problemas óseos.
  - 100 Hz → Se emplea como terapia de ataque.
  - 60 Hz → Puede emplearse en el tratamiento de problemas óseos.
  - 10-20 Hz → Se emplean en el tratamiento de patologías del sistema nervioso central, patologías renales y patologías respiratorias crónicas.
- Intensidad. La intensidad se va a medir en Gauss (G) y va a oscilar entre 5 y 100 G.
  - Intensidades bajas-medias: 10-50 G
    - Analgesia
    - Estimulación del flujo sanguíneo
    - Relajación muscular
    - \* En cabeza, niños y tercera edad SIEMPRE dosis Baja-Media
  - Intensidades medias-altas: 50-90 G
    - Estimulación de la reparación tisular
    - Efecto antiedematoso
    - Tratamiento de úlceras
- Colocación:
  - Colocar la zona a tratar en el centro del solenoide.
  - Si el campo magnético es irregular (se comprueba con el imán), colocar en la zona de mayor cantidad de campo.
- Duración de las sesiones:
  - Si vamos a tratar una zona:
    - Mínimo 20 minutos. Menos tiempo no va a haber efecto terapéutico.
    - Lo habitual son 30 minutos.
    - Máximo 45 minutos.
  - Si se tratan varias zonas:
    - NO sobrepasar 60 minutos ya que se podría llegar a alcanzar saturación del campo magnético (más adelante se explica este concepto).
- Número de sesiones
  - Continuas de lunes a viernes.
  - Mínimo 20 sesiones.
  - Máximo 30 sesiones.



- Ciclos de tratamiento
  - Máximo 3 al año. Más ciclos podrían producir saturación del campo magnético (más adelante se explica este concepto).
- Descanso entre ciclos
  - Mínimo 10 días.
  - Máximo 30 días.

## 6. Consideraciones generales

Al aplicar la magnetoterapia pueden aparecer dos fenómenos que hay que saber diferenciar correctamente:

### 1. Picos de dolor

Los picos de dolor se manifiestan generalmente entre la 5ª y la 10ª sesión y duran entre 24 y 48 horas. Es un fenómeno relativamente frecuente que hay que explicar al paciente que puede aparecer. Se le explica en la primera sesión con el fin de que entienda que es un proceso normal. No hay que hacer nada, tal como aparecen desaparecen. En algunas ocasiones pueden aparecer varios episodios.

Es importante distinguirlos de la saturación del campo magnético y lo que los distingue es la duración, en 24-48 horas se han resuelto.

### 2. Saturación del campo magnético

La saturación del campo magnético es un fenómeno que aparece como consecuencia de un exceso de:

- Intensidad.
- Duración de la sesión.
- Número de sesiones.
- Número de ciclos de tratamiento.

En este caso se distingue de los picos de dolor en que el dolor que aparece es persistente. Si aparece habrá que valorar las causas y si es debido a la intensidad bajar la intensidad del campo magnético y tras varios días de tratamiento volver a la dosis inicial.

Además, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La aparición de los efectos en la magnetoterapia es retardada, exceptuando el efecto antiedematoso que es a corto plazo. Se empezarán a ver efectos a partir de la 15ª sesión y excepcionalmente en algunos casos a partir de la 10ª sesión. Si posterior a la 15ª sesión el paciente no manifiesta ningún tipo de mejoría habrá que suspender el tratamiento ya que el paciente no es receptivo a la terapia.

- Cuando existen varios puntos dolorosos, al mejorar uno de ellos, el otro u otros puntos se pueden resentir. Es importante avisar al paciente al principio del tratamiento para que sepa que esto puede ocurrir. Si aparece, habrá que aplicar el tratamiento en las dos zonas a partir de ese momento.
- El campo magnético atraviesa todas las estructuras y en la zona sometida al solenoide se recibe la energía de todos los puntos. Sin embargo si hay contraindicación por la aplicación en otra estructura NO se podrá tratar a ese paciente con magnetoterapia.
- En el tratamiento en cabeza o proximidades hay que disminuir intensidad, pero no el tiempo de tratamiento.
- En enfermedades estacionarias hay que hacer un tratamiento cíclico y preventivo.
- El campo magnético pulsátil produce vasodilatación superficial, lo que favorece la absorción de productos extendidos sobre la piel, como fluidos, ungüentos, geles, etc.
- NO dejar que el paciente se duerma durante las sesiones, si se duerme habrá que bajar la dosis.
- Los metales distorsionan el campo magnético, la presencia de metales no es una contraindicación en el uso de la magnetoterapia, pero si hacen que el campo magnético se desvíe.
- La distancia de separación entre equipos debe ser como mínimo de 2 metros.

## **7. Contraindicaciones, precauciones y reacciones adversas**

### **7.1. Contraindicaciones**

- Embarazo.
- Marcapasos por las interferencias que puede provocar.
- Audífonos e implantes cocleares.
- Enfermedades virales.
- Focos hemorrágicos: medicación antiagregante.
- Procesos cancerígenos.
- Micosis.
- Tuberculosis.
- Cardiopatía.
- Hipertiroidismo.

### **7.2. Precauciones**

- Menstruación. Puede aumentar el flujo menstrual.
- Precaución al finalizar el tratamiento sobre todo en sujetos hipotensos porque produce una bajada de la tensión arterial y se pueden producir mareos.
- La presencia de material de osteosíntesis no constituye una contraindicación, pero el metal distorsiona el campo magnético.

### 7.3. Reacciones adversas

- Somnolencia.
- Cefaleas.
- Picos de dolor.
- Desplazamiento del dolor.
- Sabor metálico en la boca. Es un indicador de que la intensidad del campo es alta, habrá que bajar la dosis.
- Crecimiento de hueso alrededor de metal implantado. Para evitar esto habrá que llevar un control radiológico en estos pacientes.

### 8. Estado de la evidencia

La evidencia científica de la acción de la **magnetoterapia** es escasa y en ocasiones contradictoria.

Podría tener un efecto beneficioso en la densidad ósea de mujeres mayores (1), aunque la mayor parte de los estudios en este ámbito se han desarrollado en ratas, con resultados generalmente positivos (2,3). La escasez de estudios sobre efecto de la magnetoterapia sobre el tejido óseo es especialmente sorprendente si se tiene en cuenta su amplia aplicación clínica.

En depresión y ansiedad tampoco se ha estudiado muy profundamente, si bien podría ser más coste eficaz que la medicación (4) y especialmente eficaz en los casos más severos (5) en su aplicación transcraneal.

En dolores neuropáticos podría ser eficaz (6,7).

En dolor lumbar crónico su evidencia de mejoría es contradictoria (8,9).

En enfermedades reumáticas es en el campo en el que más estudios disponibles tenemos sobre la magnetoterapia, que podría ser eficaz en la disminución del dolor derivado de la fibromialgia (10), de la artrosis reumatoide (11), de la artrosis de rodilla (12) y sobre todo de la artrosis en la mano (13,14).

1. Elsisi HFEM, Mousa GSM, ELdesoky MTM. Electromagnetic field versus circuit weight training on bone mineral density in elderly women. *Clin Interv Aging*. 2015;10:539-47.
2. Celik MS, Gur A, Akdağ Z, Akpolat V, Guven K, Celik Y, et al. The effects of long-term exposure to extremely low-frequency magnetic fields on bone formation in ovariectomized rats. *Bioelectromagnetics*. 2012;33(7):543-9.
3. Akpolat V, Celik MS, Celik Y, Akdeniz N, Ozerdem MS. Treatment of osteoporosis by long-term magnetic field with extremely low frequency in rats. *Gynecol Endocrinol*. 2009;25(8):524-9.
4. Pohar R, Farrah K. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Patients with Depression: A Review of Clinical Effectiveness, Cost-Effectiveness and Guidelines – An Update [Internet]. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; 2019. (CADTH Rapid Response Reports). Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545105/>
5. Philip NS, Leuchter AF, Cook IA, Massaro J, Goethe JW, Carpenter LL. Predictors of response to synchronized transcranial magnetic stimulation for major depressive disorder. *Depress Anxiety*. 2019;36(3):278-85.
6. Bókkon I, Till A, Grass F, Erdöfi Szabó A. Phantom pain reduction by low-frequency and low-intensity electromagnetic fields. *Electromagn Biol Med*. 2011;30(3):115-27.
7. Leung A, Shukla S, Lee J, Metzger-Smith V, He Y, Chen J, et al. Effect of low frequency transcutaneous magnetic stimulation on sensory and motor transmission. *Bioelectromagnetics*. 2015;36(6):410-9.

8. Elshawi AM, Hamada HA, Mosaad D, Ragab IMA, Koura GM, Alrawaili SM. Effect of pulsed electromagnetic field on nonspecific low back pain patients: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther.* 2019;23(3):244-9.
9. Nayback-Beebe AM, Yoder LH, Goff BJ, Arzola S, Weidlich C. The effect of pulsed electromagnetic frequency therapy on health-related quality of life in military service members with chronic low back pain. *Nurs Outlook.* 2017;65(5S):S26-33.
10. Paolucci T, Piccinini G, Iosa M, Piermattei C, de Angelis S, Grasso MR, et al. Efficacy of extremely low-frequency magnetic field in fibromyalgia pain: A pilot study. *J Rehabil Res Dev.* 2016;53(6):1023-34.
11. Zwolińska J, Gašior M, Śniezek E, Kwolek A. The use of magnetic fields in treatment of patients with rheumatoid arthritis. Review of the literature. *Reumatologia.* 2016;54(4):201-6.
12. Pavlović AS, Djurasić LM. The effect of low frequency pulsing electromagnetic field in treatment of patients with knee joint osteoarthritis. *Acta Chir Jugosl.* 2012;59(3):81-3.
13. Kanat E, Alp A, Yurtkuran M. Magnetotherapy in hand osteoarthritis: a pilot trial. *Complement Ther Med.* 2013;21(6):603-8.
14. Beasley J, Ward L, Knipper-Fisher K, Hughes K, Lunsford D, Leiras C. Conservative therapeutic interventions for osteoarthritic finger joints: A systematic review. *J Hand Ther Off J Am Soc Hand Ther.* 2019;32(2):153-164.e2.

## 9. Terapia inductiva de alta energía

### 9.1. Concepto

La terapia inductiva de alta energía también conocida como terapia inductiva de alta intensidad, terapia super-inductiva o terapia inductiva de alta potencia (High Energy Inductive Therapy, en inglés) se ha convertido en una técnica novedosa dentro del ámbito de la magnetoterapia que induce campos magnéticos pulsados y hace estimulación periférica. Se considera una técnica dentro de las técnicas de neuromodulación no invasivas.

La empresa Zimmer ha creado este equipo, el emFieldPro, que es un sistema que genera estimulación magnética periférica y repetitiva o pulsada.



### 9.2. Parámetros y efectos terapéuticos

Es capaz de generar un campo magnético de 2,5 Teslas (1 T = 10.000 G) cuando se pone al 100% de su potencia. Eso será directamente proporcional a la profundidad e intensidad del efecto. Esto produce campos magnéticos más potentes que los equipos clásicos de magnetoterapia.

Se utilizan frecuencias entre 1 – 150 Hz, por tanto, emplea también una corriente de baja frecuencia.

La duración de pulso de este sistema es estable y se encuentra en 280 microsegundos.

El hecho de trabajar con frecuencias bajas y con una duración de pulso pequeña hace posible estimular fibras nerviosas, especialmente se va a producir la estimulación de las fibras A $\beta$  y A $\delta$ , muy útil para el tratamiento del dolor.

En general, como potencial terapéutico cabe destacar:

- Eliminación de impedancia.
- Profundidad del efecto.
- Neuromodulación no invasiva (se hace a distancia).
- Puede utilizarse con pacientes neurológicos.
- Tratamiento de dolor por otras vías (vía activación corteza M1/S1).
- Analgesia asociada a la recuperación funcional.

### **9.3. Metodología de aplicación**

Este equipo permite una aplicación combinada: estática en cada uno de los puntos gatillo y principales puntos de dolor, con un aplicador largo; y dinámica en otras zonas donde el paciente siente dolor, con un aplicador medio que no requiere contacto con la piel.

### **9.4. Estado de la evidencia**

Existen investigaciones que relacionan esta técnica con una mayor activación cortical, lo cual puede ser beneficioso tanto para la mejora del dolor (1) como la mejora de la funcionalidad (2). Incluso se puede utilizar como apoyo al fortalecimiento muscular (3,4) o en estética (5).

1. Sato A, Liu X, Torii T, Iwahashi M, Iramina K. Modulation of motor cortex excitability by peripheral magnetic stimulation of different stimulus sites and frequencies. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2016 Aug;2016:6413-6416. doi: 10.1109/EMBC.2016.7592196. PMID: 28325034.
2. Hwang NK, Park JS, Choi JB, Jung YJ. Effect of Peripheral Magnetic Stimulation for Dysphagia Rehabilitation: A Systematic Review. *Nutrients.* 2022 Aug 26;14(17):3514. doi: 10.3390/nu14173514. PMID: 36079772.
3. Samuels JB, Pezzella A, Berenholz J, Alinsod R. Safety and Efficacy of a Non-Invasive High-Intensity Focused Electromagnetic Field (HIFEM) Device for Treatment of Urinary Incontinence and Enhancement of Quality of Life. *Lasers Surg Med.* 2019 Nov;51(9):760-766. doi: 10.1002/lsm.23106. Epub 2019 Jun 7. PMID: 31172580; PMCID: PMC6851770
4. Duncan D, Dinev I. Noninvasive Induction of Muscle Fiber Hypertrophy and Hyperplasia: Effects of High-Intensity Focused Electromagnetic Field Evaluated in an In-Vivo Porcine Model: A Pilot Study. *Aesthet Surg J.* 2020 Apr 14;40(5):568-574. doi: 10.1093/asj/sjz244. PMID: 31665217; PMCID: PMC7154795.
5. Rambhia PH, Turner L, Ugonabo N, Chapas A. Muscle Stimulation for Aesthetic Body Shaping: A Comprehensive and Critical Review. *Dermatol Surg.* 2022 Aug 19. doi: 10.1097/DSS.0000000000003550. Epub ahead of print. PMID: 35985005

## 10. Estimulación magnética transcraneal

### 10.1. Concepto

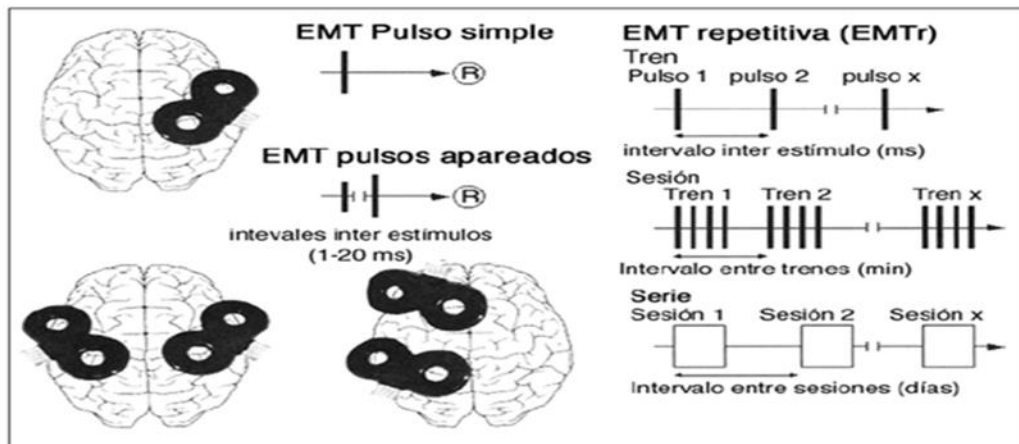
La estimulación magnética transcraneal (EMT) es un método neurofisiológico no invasivo y seguro para estimular eléctricamente el córtex cerebral.

Se emplea con fines terapéuticos ya que es capaz de inducir cambios deseables en la actividad cerebral y normalizar alteraciones. Al igual que la terapia de inducción de alta intensidad, se incluye en este tema 9 aunque se considera una técnica de neuromodulación no invasiva.

Base: inducción electromagnética: produce una corriente eléctrica inducida en el cerebro del paciente.

### 10.2. Parámetros

- Frecuencia de estimulación. El tipo de pulsos puede ser:
  - EMT simple: pulsos simples cada 3 o más segundos: frecuencia menor de 1 Hz.
  - EMT apareada: pulsos apareados.
  - EMT repetitiva (EMTr): trenes de impulso con frecuencia variable (hasta 50 Hz) durante varios segundos.
    - Frecuencias bajas: EMTr lenta.
    - Frecuencias altas: EMTr rápida.



- Intensidad del campo magnético: puede oscilar entre 1 y 4 Teslas.
- Forma y orientación de la bobina:
  - Dos tipos: con forma circular y con forma de ocho.
  - La orientación de la bobina estimuladora con respecto al cuero cabelludo influye en la activación del cortex.
- Lugar de estimulación: la EMT aplicada sobre un área determinada del córtex produce determinados efectos según la tasa de estimulación

- Duración de la sesión: 30-60 minutos.
- Periodicidad: 5 días a la semana de 2 a 4 semanas.

### 10.3. Estado de la evidencia

Se ha estudiado ampliamente su uso en trastornos psiquiátricos. Dentro de ellos, el tratamiento de la depresión es el efecto más ampliamente estudiado de la aplicación clínica de la EMTr (1).

Se han hecho estudios en pacientes con enfermedad de Parkinson dentro de los trastornos del movimiento en los que EMTr a altas frecuencias mejoraba la función de la mano contralateral (2). También en distonías, en las que se sugiere que existe una hiperexcitabilidad del córtex motor o un fallo de la inhibición intracortical (3).

La recuperación tras un accidente cerebrovascular puede verse influido favorablemente por la EMTr, suprimiendo la plasticidad cortical maladaptada y promoviendo una actividad cortical adecuada para promover la neurorrehabilitación (4,5).

Por último, existen investigaciones en el tratamiento del dolor como resultados positivos como en el caso de dolor de miembro fantasma, neuralgias y mialgias (6,7).

1. Baeken C, Brem AK, Arns M, Brunoni AR, Filipčić I, Ganho-Ávila A, Langguth B, Padberg F, Poulet E, Rachid F, Sack AT, Vanderhasselt MA, Bennabi D. Repetitive transcranial magnetic stimulation treatment for depressive disorders: current knowledge and future directions. *Curr Opin Psychiatry*. 2019 Sep;32(5):409-415. doi: 10.1097/YCO.0000000000000533. PMID: 31145145; PMCID: PMC6688778.
2. Randver R. Repetitive transcranial magnetic stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex to alleviate depression and cognitive impairment associated with Parkinson's disease: A review and clinical implications. *J Neurol Sci*. 2018 Oct 15;393:88-99. doi: 10.1016/j.jns.2018.08.014. Epub 2018 Aug 15. PMID: 30149227.
3. Hao W, Wei T, Yang W, Yang Y, Cheng T, Li X, Dong W, Jiang H, Qian N, Wang H, Wang M. Effects of High-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Upper Limb Dystonia in Patients With Wilson's Disease: A Randomized Controlled Trial. *Front Neurol*. 2021 Dec 14;12:783365. doi: 10.3389/fneur.2021.783365. PMID: 34970214; PMCID: PMC8712768.
4. Nardone R, Sebastianelli L, Versace V, Brigo F, Golaszewski S, Manganotti P, Saltuari L, Trinka E. Repetitive transcranial magnetic stimulation in traumatic brain injury: Evidence from animal and human studies. *Brain Res Bull*. 2020 Jun;159:44-52. doi: 10.1016/j.brainresbull.2020.03.016. Epub 2020 Apr 3. PMID: 32251693.
5. Kim WJ, Rosselin C, Amatya B, Hafezi P, Khan F. Repetitive transcranial magnetic stimulation for management of post-stroke impairments: An overview of systematic reviews. *J Rehabil Med*. 2020 Feb 7;52(2):jrm00015. doi: 10.2340/16501977-2637. PMID: 31922207.
6. Nardone R, Sebastianelli L, Versace V, Brigo F, Golaszewski S, Manganotti P, Saltuari L, Trinka E. Repetitive transcranial magnetic stimulation in traumatic brain injury: Evidence from animal and human studies. *Brain Res Bull*. 2020 Jun;159:44-52. doi: 10.1016/j.brainresbull.2020.03.016. Epub 2020 Apr 3. PMID: 32251693.
7. Gatzinsky K, Bergh C, Liljegren A, Silander H, Samuelsson J, Svanberg T, Samuelsson O. Repetitive transcranial magnetic stimulation of the primary motor cortex in management of chronic

neuropathic pain: a systematic review. Scand J Pain. 2020 Sep 7;21(1):8-21. doi: 10.1515/sjpain-2020-0054. PMID: 32892189.

## **PRÁCTICA**

### **Material necesario:**

- Aparato de magnetoterapia: consola.
  - Aplicadores: solenoides, placas cuadradas
  - Imán.
  - Terapia inductiva de alta energía.
1. Determinar con un imán la distribución del campo magnético en un aparato de magnetoterapia con diferentes frecuencias e intensidades.
  2. Determinar con un imán la distribución del campo magnético en un aparato de magnetoterapia.

## **EJERCICIOS**

**Ejercicio 1.** ¿Por qué podemos sugerirle a una persona que duerme mal que cambie el cabezal de su cama y lo oriente mirando al polo norte?

**Ejercicio 2.** Cuando tratamos con magnetoterapia, principalmente tenemos un campo magnético, pero siempre hay que dejar un pequeño porcentaje de campo eléctrico, ¿Por qué?

**Ejercicio 3.** ¿El campo magnético atraviesa todas las estructuras por las que pasa? ¿Si tenemos un aparato de magnetoterapia pegado a la pared y en la sala adyacente se encuentra una persona, recibirá ese campo magnético? Justifica tu respuesta.



**Ejercicio 4.** Explica las siguientes figuras:



**Ejercicio 5.** Indica las aplicaciones clínicas de la magnetoterapia. Cita una patología que podrías tratar para cada una de ellas.

**Ejercicio 6.** ¿Una persona con un implante metálico puede recibir tratamiento con magnetoterapia? Justifica tu respuesta.

**Ejercicio 7.** ¿En qué lugar colocarías la zona a tratar en el solenoide si quieres tratar a un paciente con magnetoterapia? Haz un dibujo.

**Ejercicio 8.** ¿Qué es la saturación del campo magnético? ¿Por qué puede producirse? ¿Qué tienes que hacer si aparece? ¿Qué diferencia hay entre picos de dolor y saturación cuando aplicas magnetoterapia?

**Ejercicio 9.** ¿Cuál es la duración de las sesiones con magnetoterapia?

**Ejercicio 10.** ¿Por qué es necesario realizar un mínimo de 20 sesiones con magnetoterapia? ¿Habría alguna excepción?

**Ejercicio 11.** ¿Qué puede ocurrir si hacen más de 3 ciclos de tratamiento al año?

**Ejercicio 12.** ¿Qué harías si cuando tratas a un paciente, el paciente te indica que le ha desaparecido su dolor pero que ha aparecido en otra zona?

## SOLUCIONES

### Ejercicios

1. A nivel terapéutico, el polo norte es sedante y el polo sur estimulante. Colocar la cama en esta posición podría ayudarle a conciliar el sueño siempre y cuando ese fuera el motivo de su dificultad para dormir.

2. Porque va a ser el responsable de la regeneración del callo de fractura, una de las patologías estrella a tratar con magnetoterapia.

3. Atraviesa todo, pero todo lo que esté bajo la influencia del campo magnético generado. Es poco probable que atravesara la pared, pero podría comprobarse con un imán si esto puede producirse.

4.- La primera imagen reproduce dos solenoides con la misma orientación norte sur. Esto hace que el campo magnético generado dentro de los solenoides fluya por todo el cuerpo del paciente por lo que está indicado en tratamientos más globales.

La segunda imagen reproduce dos solenoides con distinta orientación norte sur. Esto permite focalizar el mayor efecto del campo magnético en una zona concreta, por lo que está más indicado para tratamientos más localizados.

5. A nivel óseo favorece la osteogénesis. Se aplica en retardo en la consolidación de fracturas, pseudoartrosis, osteoporosis...

A nivel muscular y tendinoso produce relajación de la musculatura esquelética y lisa. Se aplica en espasmos musculares, contusiones musculares, tenosinovitis, fibromialgia...

A nivel cardiocirculatorio produce el aumento de la concentración de oxígeno en sangre y mejora el trofismo. Se aplica en edemas, linfedemas, hematomas postraumáticos, flebitis.

A nivel respiratorio produce la relajación de la musculatura lisa y la activación del sistema inmune. Se aplica en insuficiencia respiratoria crónica, bronquitis crónica, asma bronquial, sinusitis...

A nivel del sistema nervioso produce la normalización del sistema nervioso central y liberación de endorfinas. Se aplica a nivel de SNC (cefaleas, estrés, insomnio, ansiedad, depresión) y a nivel de SNP (síndrome de dolor regional complejo, neuralgias, parálisis).

A nivel celular, además de normalizar el potencial de membrana, estimula las mitocondrias, células responsables de aportar energía a la célula, por lo que se aplica en miastenias.

6. En la aplicación de magnetoterapia se recomienda que el paciente no lleve ningún objeto metálico, pero si lleva un implante no es una contraindicación absoluta ya que no es lesivo para el paciente, pero si que puede interferir en el campo magnético. Por otra parte, habría que vigilar al paciente por si apareciera osificación no deseada alrededor del implante.

7. La zona a tratar debe colocarse siempre dentro del solenoide y el paciente debe estar cómodo, normalmente en decúbito supino.

8. La saturación del campo magnético es un fenómeno que aparece como consecuencia de un exceso de intensidad, duración de la sesión, número de sesiones o número de ciclos de tratamiento. Se produce un dolor persistente que no desaparece a las 24-48 horas. En los picos de dolor sí que desaparece en este tiempo y es lo que los diferencia. Si aparece habrá que valorar la posible causa para decidir el procedimiento a seguir, por ejemplo, si es por exceso de número de sesiones se valorará finalizar el tratamiento hasta que comience el siguiente ciclo.

9. Las sesiones de magnetoterapia se darán como máximo en forma de tres ciclos al año. Cada ciclo se compondrá de un mínimo de 20 sesiones y máximo de 30 a razón de un día a la semana de lunes a viernes. Cada sesión tendrá una duración mínima de 20 minutos y 45 de máximo, pero lo habitual es hacer sesiones de 30 minutos. Si se tratan varias zonas se puede aumentar a 60 minutos, sin sobrepasar ese tiempo.

10. Debido a que los efectos de la magnetoterapia se producen a largo plazo. A partir de las 10-15 sesiones de tratamiento es cuando se verá si se obtiene el efecto deseado. La única excepción sería cuando el objetivo es reducir un edema, que en ese caso los efectos son inmediatos y no es necesario llegar a hacer tantas sesiones.

11. Se puede producir saturación del campo magnético.

12. En ese caso habría que tratar ambas zonas.

# **TEMA 10. FOTOTERAPIA: LÁSER E INFRARROJOS**

## TEMA 10. FOTOTERAPIA: LÁSER E INFRARROJOS

### ÍNDICE

COMPETENCIAS .....	342
TEORÍA.....	342
• Laser .....	342
• Infrarojos.....	351
PRÁCTICA .....	354
EJERCICIOS .....	355
SOLUCIONES.....	355

## COMPETENCIAS

- Conocer el fundamento y las bases teóricas de la luz láser.
- Conocer los efectos del láser.
- Saber realizar un protocolo de tratamiento con un láser.
- Tener criterio para poder diseñar un plan de tratamiento con un láser para un paciente en las distintas fases de evolución de su patología y según su casuística particular.
- Conocer las precauciones que hay que tener al aplicar un láser.

## TEORÍA

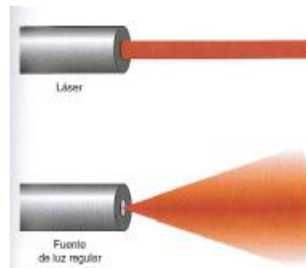
### 1. Láser

#### 1.1. Concepto y características de la luz láser

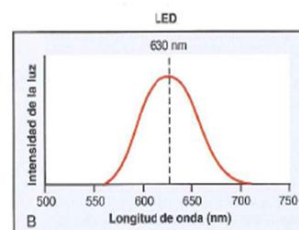
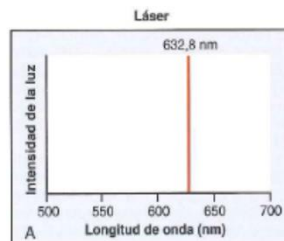
Láser es acrónimo en inglés de "amplificación de la luz mediante emisión estimulada de radiación" (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).

No vamos a explicar el fundamento de la luz láser pero sí que hay que saber que a pesar de que se define como un amplificador, no lo es, es un oscilador. Además, hay que conocer las características de dicha luz. El láser realiza una transducción de una energía externa (eléctrica, química) en energía luminosa que tiene las siguientes características:

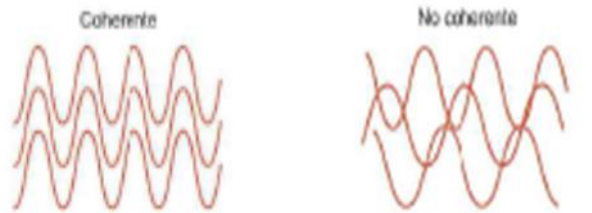
- Colimación: el haz no se dispersa, mantiene su direccionalidad, lo que quiere decir que los haces son paralelos y dirigidos a un punto.



- Monocromaticidad: es una luz que emite a una única longitud de onda (o frecuencia, ya que frecuencia y longitud de onda son inversamente proporcionales) y color.



- Coherencia: las ondas se emiten en la misma fase.



- Intensidad: es capaz de acumular mucha energía y depositarla sobre una superficie muy localizada. Es por ello que su efecto es tan potente.

En la siguiente figura se pueden ver las diferencias entre los sistemas de luz láser, LED y SLD.



Además, hay que tener en cuenta la fibra óptica que se emplea para conducir la luz láser:

- Debe ser de cuarzo o de fibra de vidrio.
- Si es de plástico se pierde mucha energía durante la transmisión (40-60%).

### 1.2. Tipos de luz láser que se emplean en fisioterapia

En fisioterapia se emplean láseres de la clase 3B (menos de 500 mW de potencia). Antes de ver los tipos de luz láser que se emplean en fisioterapia, hay que tener en cuenta los factores que ocurren cuando se aplica el láser sobre el organismo:

1. Dispersión. La luz incidente al atravesar las interfaces tisulares se dispersa por los fenómenos de reflexión y de refracción. La dispersión se traduce en:
  - Aumento de la zona irradiada. Como ya hemos dicho previamente la luz láser es capaz de concentrar mucha energía en una zona muy localizada. A mayor profundidad de penetración, mayor será esa zona debido a este fenómeno de dispersión.
  - Pérdida de coherencia.

2. Absorción de la luz láser por un cromóforo. Un cromóforo es una biomolécula capaz de absorber los fotones procedentes de un láser. Según sea el cromóforo diana elegiremos el tipo de láser a emplear.

En fisioterapia se emplean dos tipos de láseres:

1. Láser de arseniuro de galio (AsGa).
  - Emite a una longitud de onda (904 nm) que se encuentra dentro de la radiación infrarroja (ver espectro electromagnético). Como se encuentra en este rango de frecuencias es una luz que no se va a ver (sin embargo, como método de seguridad, cuando el aparato está encendido se ve una luz roja que sirve como indicador de que está en funcionamiento).
  - Tiene mayor capacidad de penetración que el de He-Ne.
  - Diverge más que el de He-Ne.
  - Penetra en los tejidos de 2 a 4 cm de profundidad.
  - Como se absorbe poco por la hemoglobina, la melanina, la grasa y el agua, penetra mejor en el resto de los tejidos (se absorbe sobre todo por el colágeno) y se emplea preferentemente en las afecciones del aparato locomotor.
2. Láser de helio-neón (HeNe)
  - Emite a una longitud de onda (633 nm) que se encuentra dentro de la radiación del color rojo (ver espectro electromagnético).
  - Tiene menor capacidad de penetración que el de AsGa.
  - Diverge menos que el de AsGa.
  - Penetra solo unos milímetros por debajo de la piel.
  - Sus cromóforos son la hemoglobina, la melanina y algo la grasa. Es por ello que se emplea para el tratamiento de heridas.

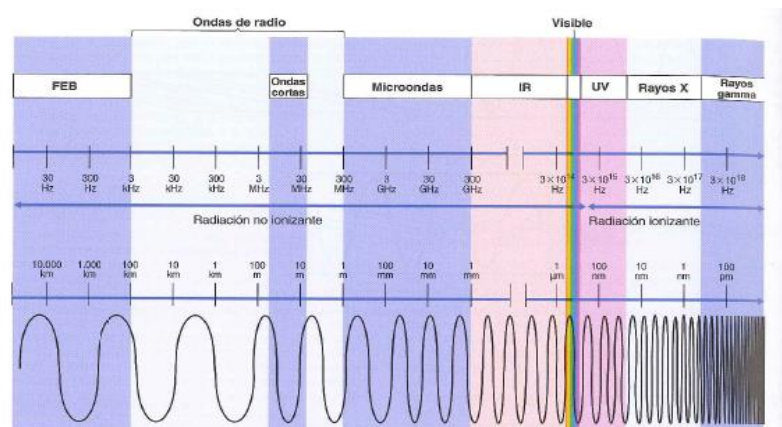


FIGURA 12-6 El espectro electromagnético va desde las bajas frecuencias en el rango hertziano a más de 1.023 Hz, con longitudes de onda desde más de 10.000 km a menos de 1 pm.



### 1.3. Efectos fisiológicos

A nivel fisiológico, se describen los siguientes efectos del láser:

1. Efecto térmico

El aumento de temperatura que produce el láser no va a superar 1°C, pero es lo suficiente como para poder estimular el metabolismo celular y tener un efecto trófico y una acción sedante sobre las terminaciones nerviosas sensitivas.

2. Efecto mecánico

Se describe un efecto mecánico de la luz láser que tendría un efecto sobre las células y los tejidos extracelulares.

3. Efectos celulares

Se describen multitud de efectos bioquímicos al aplicar la luz láser y se postula que existe una acción del láser sobre el potencial de la membrana.

### 1.4. Efectos terapéuticos

Como consecuencia de los efectos fisiológicos se describen los efectos terapéuticos que aparecen a continuación. No obstante, tenemos que considerar que, aunque el láser tiene un efecto térmico, dicho efecto es pequeño por lo que el láser se va a emplear cuando se buscan efectos "no térmicos" sobre el organismo.

- Analgesia.
- Efecto antiinflamatorio y antiedematoso.
- Reparación de los tejidos lesionados en las tres fases: inflamación, proliferación y remodelación debido a la estimulación de la microcirculación y a la mejora del trofismo celular que produce.

NOTA MUY IMPORTANTE PARA EL RAZONAMIENTO DE LOS CASOS CLÍNICOS: como ya se dijo en el tema 8, las aplicaciones clínicas en el caso del ultrasonido, la alta frecuencia y la luz láser son muy similares. Para poder determinar la técnica de elección preferente deberemos tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Disponibilidad del aparato.
2. Tamaño de la zona a tratar. Con el ultrasonido el área de la zona a tratar es más pequeña que con los aparatos de alta frecuencia. Con los aparatos de alta frecuencia de electrodos móviles podemos tratar zonas más pequeñas que con los de electrodos fijos. Si empleamos luz láser el aplicador puede ser de diferentes tamaños, según el tamaño del que dispongamos podremos acceder a zonas de diferentes tamaños.
3. Tejido diana preferente. El ultrasonido se absorbe muy bien por tejidos ricos en proteínas, la alta frecuencia tiene mayor efecto sobre tejidos ricos en agua y el

láser es muy efectivo según su cromóforo (la hemoglobina, la melanina y algo la grasa en el caso del láser de He-Ne y el resto de los tejidos en el caso del de AsGa) pero tiene poca capacidad de penetración, por eso se emplea en tejidos más superficiales.

4. Tipo de efecto que se busca. Cuando buscamos un efecto térmico, se emplearán técnicas de ultrasonido o de alta frecuencia programando los parámetros correspondientes a obtener dichos efectos. Cuando busquemos un efecto no térmico emplearemos técnicas de ultrasonido, alta frecuencia o láser teniendo como criterio lo dicho en el punto anterior.

### 1.5. Metodología de aplicación

Cuando se aplica un tratamiento con láser hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Local:
  - El láser debe aplicarse en una sala a parte por medidas de seguridad.
  - En dicha sala lo puede haber elementos reflectantes como espejos para evitar que la luz del láser pueda reflejarse en dichas superficies.
  - La sala debe estar bien iluminada para mantener la mayor constricción pupilar posible ya que el ojo es la zona más susceptible de ser dañada.
  - No puede haber en la sala sustancias inflamables.
- Gafas de protección:
  - Tanto el paciente como el fisioterapeuta deben llevar gafas de protección homologadas y con protección lateral.
  - Dichas gafas deben tener un registro sanitario.
  - Si el láser emite en el infrarrojo (AsGa) deben ser verdes, si emite en el rojo (He-Ne) deben ser violetas.
- Limpiar la piel del paciente antes del inicio del tratamiento.
- Hay que tener en cuenta varias consideraciones sobre la intensidad que pueden determinar la diferencia entre conseguir o no efectos terapéuticos.
  - La intensidad del láser es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Es por ello que se recomienda siempre que sea posible la aplicación de la luz láser por el método de contacto directo. En situaciones de sensibilización en la zona a tratar o en heridas no se emplea el contacto directo.

- La intensidad del láser depende del ángulo de aplicación, siendo máxima cuando el láser forma un ángulo de 90° con la superficie a tratar. En la técnica de barrido que se puede emplear al aplicar la luz láser el ángulo de aplicación varía constantemente con lo que se disminuye la potencia de la aplicación.
- Tipo de aplicación:
  - Puntiforme. Se aplica sobre una zona en concreto. Si se quieren tratar varios puntos la separación entre puntos será de unos 2.5 cm.
  - Barrido. El aplicador se va moviendo con el fin de abarcar una superficie mayor. Esta técnica tiene como desventaja que se pierde eficacia ya que no hay contacto directo, varía el ángulo de aplicación y no da tiempo a que se absorba el haz de luz láser por el tejido.
- Número de diodos. Según el aplicador, el láser puede tener:
  - Diodo único.
  - Múltiples diodos.
- Parámetros de aplicación:
  - Dosis baja:
    - Densidad de energía: 2-4 J/cm<sup>2</sup>.
    - Frecuencia: 500 Hz. Si es patología aguda se puede trabajar entre 200 y 500 Hz.
    - Indicación: procesos agudos.
  - Dosis media:
    - Densidad de energía: 4-6 J/cm<sup>2</sup>.
    - Frecuencia: 700 Hz. Si hay mucho edema se trabaja a 500 Hz.
    - Indicación: patologías subagudas, puntos gatillo y discopatía (raíces inflamadas).
  - Dosis alta:
    - Densidad de energía: 6-9 J/cm<sup>2</sup>.
    - Frecuencia: 1000-1500 Hz.
    - Indicación: proceso de desgaste articular, efectos tróficos a nivel de úlceras de presión.
- Número de sesiones: aunque pueden describirse efectos inmediatos de la aplicación del láser, se recomienda hacer un mínimo de 8-9 sesiones para confirmar el efecto sobre la patología a tratar.

## 1.6. Contraindicaciones, precauciones y reacciones adversas

### Contraindicaciones

- Irradiación directa o diferida sobre la retina. Imprescindible que tanto paciente como fisioterapeuta lleven gafas de protección homologadas a tal fin.
- Aplicación sobre folículos tiroideos y glándula paratiroides.
- Irradiación en el vértice craneal en pacientes epilépticos.
- Empleo de alta frecuencia sobre las mucosas y en zonas ricas en melanina. El tope máximo serían 500 Hz.
- Aplicaciones muy largas en mastopatías.

### Precauciones

- Región lumbar baja o abdomen en el embarazo.
- Placas epifisarias.
- Sensibilidad o estado mental alterado.
- Tejido infectado, puede producir la proliferación bacteriana.
- Contraindicado en la zona precordial en pacientes con marcapasos.
- Arritmias cardiacas y cardiopatías.
- Neoplasias

### Reacciones adversas

- Eritema.
- Hormigueo transitorio.
- Sensación urente.
- Aumento del dolor.
- Entumecimiento.
- Daño en la retina (es irreversible).

## 1.7. Estado de la evidencia

El láser ha demostrado disminución del dolor musculoesquelético siempre y cuando se aplique siguiendo las directrices de la World Association of Laser Therapy (WALT) (1). En fibromialgia podría tener efectos parciales beneficiosos en el dolor, disminuyendo el dolor puntual y mejorando la función (2). También podría ser un buen tratamiento del linfedema producida por el cáncer de mama (3,4).

No hay datos suficientes para recomendar su uso basado en la evidencia por la baja calidad de los estudios revisados, si bien podría funcionar en artrosis de rodilla (5), síndrome del túnel del carpo (6–8), dolor crónico de espalda (9–11), dolor neuropático (12) o epicondilitis (13). Dong et al (2015) no lo recomiendan en el tratamiento de impingement de hombro (14).

En tendinopatías de hombro ha demostrado ser superior al placebo (15) y tanto en tendinosis en general como en tendinosis del manguito de los rotadores o del tendón de Aquiles ha demostrado beneficios a corto plazo, con menor efectividad que el ejercicio físico, por lo que podría ser un tratamiento de segunda línea razonable (16–18).

Al tratarse de aparatos costosos, en estudios coste-efectividad la fototerapia con láser sale peor parada que alternativas como el TENS, con una evidencia similar (19).

Aunque el láser es potencialmente un buen tratamiento de las úlceras, las revisiones sistemáticas realizadas no pueden realizar conclusiones claras debido a la baja calidad de los estudios sobre el tema (20,21).

1. Clijisen R, Brunner A, Barbero M, Clarys P, Taeymans J. Effects of low-level laser therapy on pain in patients with musculoskeletal disorders: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Phys Rehabil Med.* agosto de 2017;53(4):603-10.
2. Honda Y, Sakamoto J, Hamaue Y, Kataoka H, Kondo Y, Sasabe R, et al. Effects of Physical-Agent Pain Relief Modalities for Fibromyalgia Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Pain Res Manag.* 2018;2018:2930632.
3. Smoot B, Chiavola-Larson L, Lee J, Manibusan H, Allen DD. Effect of low-level laser therapy on pain and swelling in women with breast cancer-related lymphedema: a systematic review and meta-analysis. *J Cancer Surviv.* 2015;9(2):287-304.
4. Baxter GD, Liu L, Petrich S, Gisselman AS, Chapple C, Anders JJ, et al. Low level laser therapy (Photobiomodulation therapy) for breast cancer-related lymphedema: a systematic review. *BMC Cancer.* 2017;17(1):833.
5. Rayegani SM, Raeissadat SA, Heidari S, Moradi-Joo M. Safety and Effectiveness of Low-Level Laser Therapy in Patients With Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Lasers Med Sci.* 2017;8(Suppl 1):S12-9.
6. Rayegani SM, Moradi-Joo M, Raeissadat SA, Bahrami MH, Seyed-Nezhad M, Heidari S. Effectiveness of Low-Level Laser Therapy compared to Ultrasound in Patients With Carpal Tunnel Syndrome: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Lasers Med Sci.* 2019;10(Suppl 1):S82-9.
7. Bekhet AH, Ragab B, Abushouk AI, Elgebaly A, Ali OI. Efficacy of low-level laser therapy in carpal tunnel syndrome management: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2017;32(6):1439-48.
8. Burger M, Kriel R, Damon A, Abel A, Bansda A, Wakens M, et al. The effectiveness of low-level laser therapy on pain, self-reported hand function, and grip strength compared to placebo or "sham" treatment for adults with carpal tunnel syndrome: A systematic review. *Physiother Theory Pract.* 2017;33(3):184-97.
9. Van Middelkoop M, Rubinstein SM, Kuijpers T, Verhagen AP, Ostelo R, Koes BW, et al. A systematic review on the effectiveness of physical and rehabilitation interventions for chronic non-specific low back pain. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* 2011;20(1):19-39.
10. Wylde V, Dennis J, Beswick AD, Bruce J, Eccleston C, Howells N, et al. Systematic review of management of chronic pain after surgery. *Br J Surg.* 2017;104(10):1293-306.
11. Alayat MSM, Alshehri MA, Shousha TM, Abdelgalil AA, Alhasan H, Khayyat OK, et al. The effectiveness of high intensity laser therapy in the management of spinal disorders: A systematic review and meta-analysis. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2019;32(6):869-84.

12. de Andrade ALM, Bossini PS, Parizotto NA. Use of low level laser therapy to control neuropathic pain: A systematic review. *J Photochem Photobiol B*. 2016;164:36-42.
13. Dingemans R, Randsdorp M, Koes BW, Huisstede BMA. Evidence for the effectiveness of electrophysical modalities for treatment of medial and lateral epicondylitis: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2014;48(12):957-65.
14. Dong W, Goost H, Lin X-B, Burger C, Paul C, Wang Z-L, et al. Treatments for shoulder impingement syndrome: a PRISMA systematic review and network meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2015;94(10):e510.
15. Haslerud S, Magnussen LH, Joensen J, Lopes-Martins RAB, Bjordal JM. The efficacy of low-level laser therapy for shoulder tendinopathy: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Physiother Res Int J Res Clin Phys Ther*. 2015;20(2):108-25.
16. Sussmilch-Leitch SP, Collins NJ, Bialocerkowski AE, Warden SJ, Crossley KM. Physical therapies for Achilles tendinopathy: systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Res*. 2012;5(1):15.
17. Childress MA, Beutler A. Management of chronic tendon injuries. *Am Fam Physician*. 2013;87(7):486-90.
18. Page MJ, Green S, Mrocki MA, Surace SJ, Deitch J, McBain B, et al. Electrotherapy modalities for rotator cuff disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;(6):CD012225.
19. Woods B, Manca A, Weatherly H, Saramago P, Sideris E, Giannopoulou C, et al. Cost-effectiveness of adjunct non-pharmacological interventions for osteoarthritis of the knee. *PloS One*. 2017;12(3):e0172749.
20. Chen C, Hou W-H, Chan ES, Yeh M-L, Lo H-LD. Phototherapy for treating pressure ulcers. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2014 ;(7). Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/es/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD009224.pub2/full?highlightAbstract=laser%7Culcer>
21. Li S, Wang C, Wang B, Liu L, Tang L, Liu D, et al. Efficacy of low-level light therapy for treatment of diabetic foot ulcer: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Diabetes Res Clin Pract*. 2018;143:215-24.

### Cuestiones

1. Indica si las siguientes afirmaciones sobre el láser son verdaderas (V) o falsas (F).
  - a) La luz láser es capaz de acumular mucha energía y depositarla sobre una zona amplia de tratamiento. \_\_\_\_
  - b) El láser de HeNe está indicado para el tratamiento de afecciones del aparato locomotor. \_\_\_\_
  - c) Si queremos tratar una zona superficial del aparato locomotor, la técnica de elección será preferentemente el láser frente al ultrasonido o a la alta frecuencia. \_\_\_\_
  - d) La sala donde se aplique el láser no debe tener un espejo porque el láser podría reflejarse en él. \_\_\_\_
  - e) Si se emplea un láser de AsGa las gafas de protección homologadas deben ser verdes. \_\_\_\_
  - f) Siempre que sea posible se aplicará el láser mediante el contacto directo. \_\_\_\_

- g) Siempre que sea posible se aplicará el láser mediante el método de barrido.  
\_\_\_\_\_
- h) Serán necesarias 8-9 sesiones como mínimo que permitan confirmar el éxito del tratamiento. \_\_\_\_\_

## 2. Infrarrojos

### 2.1. Concepto

El tratamiento con lámpara de infrarrojos emplea radiaciones que emiten dentro del infrarrojo (ver espectro electromagnético). A pesar de que habrá lámparas que al encenderse emitan una luz roja esto es debido a que la bombilla está pintada de rojo para diferenciar cuando se encuentra en uso.

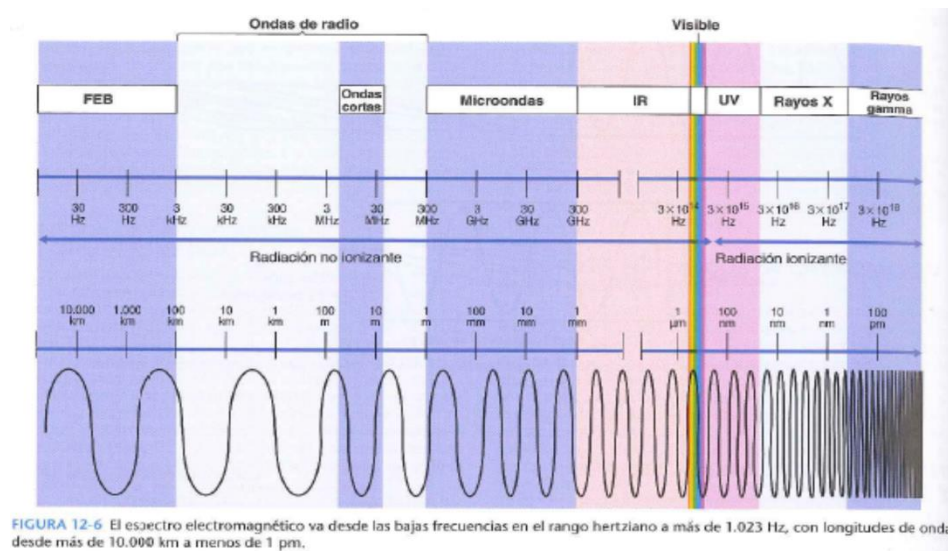


FIGURA 12-6 El espectro electromagnético va desde las bajas frecuencias en el rango hertziano a más de  $1.023 \text{ Hz}$ , con longitudes de onda desde más de  $10.000 \text{ km}$  a menos de  $1 \text{ pm}$ .

### 2.2. Efectos fisiológicos y terapéuticos

A pesar de que vamos a describir los efectos de la lámpara de infrarrojos, su empleo no tiene un fin terapéutico propiamente dicho, sino que se emplea antes o después de finalizar un tratamiento como método coadyuvante y con el fin de relajar la zona a tratar y producir analgesia.

Se describen los siguientes efectos:

- Efectos térmicos. A pesar de que se describen efectos térmicos, debemos saber que el tratamiento con infrarrojos es una aplicación de termoterapia superficial y NO produce el calentamiento de estructuras profundas.
- Analgesia por la sensibilización de las terminaciones nerviosas de la piel. Sin embargo, si la dosis es excesiva por un uso inadecuado de la lámpara se va a producir dolor.
- Vasodilatación local.

### 2.3. Metodología de aplicación

Se van a seguir los siguientes pasos al aplicar un tratamiento con la lámpara de infrarrojos:

- Desnudar y limpiar la piel del paciente y cubrir las zonas que no se quieran tratar.
- La distancia de aplicación será de 20-100 cm. Vendrá determinada por la dosis.
- El ángulo de aplicación será de 90°. Al igual que en el resto de las emisiones (ultrasonido, alta frecuencia y láser), si se varía el ángulo de aplicación se pierde efectividad en el tratamiento, pero en este caso no es un factor importante de pérdida de efectividad.
- La dosis vendrá determinada por la percepción térmica cualitativa del paciente. Es MUY IMPORTANTE volver a preguntar al paciente después de 1-3 minutos de comenzar el tratamiento sobre su percepción térmica ya que esta puede haber cambiado (el paciente inicialmente puede referir que el calor es tolerable, pero ser algo breve y que se torna en calor intolerable). Además, se deberá indicar al paciente que si en algún momento el calor es intolerable lo comunique para hacer los ajustes oportunos. Se distinguirán los siguientes niveles cualitativos de percepción térmica:
  - Calor apenas perceptible.
  - Calor suave y agradable. Buscaremos este nivel de percepción térmica.
  - Calor intenso y agradable. Presencia de sudoración.
  - Calor fuerte con sensación de quemazón. Dolor.
- El tiempo de aplicación será de 10 a 30 minutos. A modo de ejemplo:
  - Cara, cuello y cabeza: 10-15 minutos.
  - Zona lumbar: 20-30 minutos.
  - Dolor: 10-15 minutos.
- Se realizarán de 10 a 20 sesiones, pero el número de sesiones vendrá determinado por el resto de los tratamientos a aplicar.



### 2.4. Precauciones y contraindicaciones

#### Precauciones

- Evitar dar cremas antes del tratamiento ya que se favorece la reflexión de las ondas.



- La presencia de cabrillas indica que la dosis ha sido elevada.
- Hay que controlar que la temperatura general del organismo no aumente.
- Controlar la sudoración, no interesa que aparezca y es indicativo de una dosis elevada.
- Presencia de eritema en la zona.

### **Contraindicaciones**

- Fiebre.
- Cáncer.
- Lesiones en la piel: dermatitis, hongos...
- Problemas cardiacos o hepatorenales porque las vías de eliminación fisiológicas no funcionan correctamente.

## **2.5. Estado de la evidencia**

Hay pocos estudios que valoren concretamente la lámpara de calor a través de infrarrojos, si bien parece que se recomienda en la fase crónica de pacientes con artritis reumatoide (1) y que sus efectos sistémicos podrían tener interés en el tratamiento de enfermedades sistémicas como la insuficiencia cardíaca crónica o enfermedades arteriales periféricas (2,3).

El calor superficial apenas tiene evidencia para el alivio del dolor lumbar crónico, pero sí ha demostrado funcionar para el dolor agudo o subagudo, sobre todo si se acompaña de ejercicio (4,5).

1. Kavuncu V, Evcik D. Physiotherapy in Rheumatoid Arthritis. Medscape Gen Med [Internet]. 18 de mayo de 2004 ;6(2). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1395797/>
2. Kihara T, Miyata M, Fukudome T, Ikeda Y, Shinsato T, Kubozono T, et al. Waon therapy improves the prognosis of patients with chronic heart failure. J Cardiol. 2009;53(2):214-8.
3. Tei C, Shinsato T, Miyata M, Kihara T, Hamasaki S. Waon Therapy Improves Peripheral Arterial Disease. J Am Coll Cardiol. 2007;50(22):2169-71.
4. French SD, Cameron M, Walker BF, Reggars JW, Esterman AJ. Superficial heat or cold for low back pain. Cochrane Database Syst Rev [Internet]. 2006 ;(1). Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD004750.pub2/full?highlightAbstract=heat%7Csuperficial%7Csuperfici>
5. Chou R, Huffman LH, American Pain Society, American College of Physicians. Nonpharmacologic therapies for acute and chronic low back pain: a review of the evidence for an American Pain Society/American College of Physicians clinical practice guideline. Ann Intern Med. 2007;147(7):492-504.

## Cuestiones

1. Indica si las siguientes afirmaciones sobre el láser son verdaderas (V) o falsas (F).
  - a) La lámpara de infrarrojos se emplea como método de tratamiento de patologías superficiales. \_\_\_\_
  - b) El infrarrojo es una técnica de termoterapia profunda. \_\_\_\_
  - c) Es importante que durante la aplicación de la luz de infrarrojos la piel presente algo de sudoración. \_\_\_\_

## PRÁCTICA

### Material necesario:

- Aparato de láser de AsGa.
- Gafas de seguridad verdes.
- Lámpara de infrarrojos.

1. Programar un protocolo de tratamiento con láser y aplicarlo sobre el organismo. Se puede elegir un protocolo predeterminado por el aparato o uno de los siguientes protocolos:

#### *Rotura muscular*

- Se emplea láser desde el primer momento sobre la zona de la cicatriz.
- Al resto de la zona lesionada se trata con onda corta pulsátil (si hay edema).
- Si el láser es un multiodo (abarca más zona de tratamiento) se puede emplear solo sin necesidad de combinarlo con onda corta.
- Parámetros: 300-500 Hz (primeros días 200-300 Hz), 2-3 Julios/cm<sup>2</sup>, 2 veces al día.

#### *Fibrosis*

- 1200-1500 Hz, 12 J/cm<sup>2</sup>.

#### *Puntos gatillo*

- 700 Hz, 6 J/cm<sup>2</sup>.

#### *Úlceras*

- Láser: para cicatrizar
  - o 1200-1500 Hz, 6-9 J/cm<sup>2</sup>.
  - o Aplicación a distancia: sobre la herida.
  - o Aplicación puntiforme: alrededor de la herida.
- Magnetoterapia: si la úlcera va acompañada de isquemia, se emplea como vasodilatador, para favorecer la llegada de sangre.

*Parálisis facial a frígore*

- 500 – 700 Hz; 1,5 minutos por punto.
- Se coge las primeras 24 horas y se da en todas las ramas del nervio.

*Artritis de manos y pies*

- 500 Hz, 10 J/cm<sup>2</sup>.

2. Programar un tratamiento con infrarrojos sobre la espalda.

**EJERCICIOS**

**Ejercicio 1.** Completa la siguiente tabla sobre la dosis que emplearías con el láser para las siguientes aplicaciones clínicas.

Patologías	Frecuencia (Hz)	Densidad de Energía (J/cm <sup>2</sup> )
Procesos inflamatorios agudos		
Procesos inflamatorios subagudos		
Procesos inflamatorios crónicos		

**Ejercicio 2.** ¿Por qué pueden aparecer cabrillas al aplicar una lámpara de infrarrojos?

**Ejercicio 3.** ¿Cómo podemos determinar que la dosis de aplicación de una lámpara de infrarrojos es excesiva?

**SOLUCIONES**

**Cuestiones**

**P. 350**

1. a) F; b) F; c) V; d) V; e) V; f) V; g) F; h) V.

**P. 354**

1. a) F; b) F; c) F.

## Ejercicios

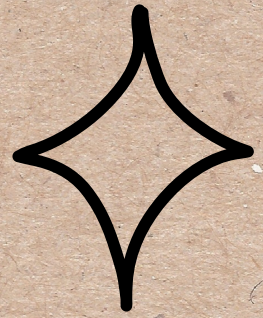
1.

Patologías	Frecuencia (Hz)	Densidad de Energía (J/cm <sup>2</sup> )
Procesos inflamatorios agudos	200-500 Hz	2-4 J/cm <sup>2</sup>
Procesos inflamatorios subagudos	700 Hz	4-6 J/cm <sup>2</sup>
Procesos inflamatorios crónicos	1000-1500 Hz	6-9 J/cm <sup>2</sup>

2. La presencia de cabrillas indica que la dosis ha sido elevada.

3. Si aparece sudoración, eritema en la zona o cabrillas tras la aplicación podemos pensar que la dosis es excesiva.





**PROCEDIMIENTOS GENERALES  
DE FISIOTERAPIA-1**



**BLOQUE DE ELECTROTERAPIA**

