

# Aplicaciones del Electromagnetismo en la Medicina

WILKEN RODRÍGUEZ ESCOBAR<sup>1</sup>  
PEDRO ALFONSO NARANJO MEDINA<sup>2</sup>

## RESUMEN

**E**l Magnetismo es un fenómeno producido por algunas sustancias naturales y de igual manera por corrientes eléctricas. Se puede producir por una partícula cargada en movimiento, como también por una corriente eléctrica que está sometidas a fuerzas en presencia de campos magnéticos.

Este es el fundamento de la definición de la ley de Ampere del funcionamiento de un motor eléctrico y de un galvanómetro. El galvanómetro sólo mide corrientes pequeñas, pero puede adaptarse para medir corrientes y voltajes de cualquier valor.

Las fuerzas sobre partículas cargadas móviles en un campo magnético se utilizan también para el espectrómetro de masas para identificar y separar sustancias, en la sonda de Hall para medir intensidades de campos magnéticos y el bombeo electromagnético.

Cuando varía el flujo magnético que atraviesa un circuito, se induce en éste una Fem.(fuerza electromagnética) que obedece dos leyes.

<sup>1</sup> Lic. en Físico Universidad Distrital. Especialista en Administración Financiera, EAN. Especialista en Gerencia de Tecnología EAN, Diplomado en Docencia Universitaria UMNG. Catedrático de la Especialización en Informática Industrial, Docente TC Facultad de Ingeniería Mecatrónica UMNG, Catedrático Universidad Javeriana.

<sup>2</sup> Estudiante de 2 semestre de Ing. Mecatrónica Universidad Militar Nueva Granada. Egresado del Instituto Técnico Industrial Centro Don Bosco 1.999

Primero: La ley de Faraday que establece que el valor de la Fem. inducida a un circuito es igual al ritmo de variación del flujo magnético que lo atraviesa; y segunda: la ley de Lenz dice que el sentido de la Fem. inducida es tal que se opone a la causa que la produce. Mediante una bobina que gira en un campo magnético pueden generarse corrientes alternas o continuas. Una Fem. inducida produce efectos de amortiguamiento en el motor eléctrico y el galvanómetro

La inducción mutua y la autoinducción son magnitudes que determinan, respectivamente, los efectos inducidos entre dos bobinas y dentro de una bobina. Los efectos de la inductancia tienen numerosas aplicaciones. Las fuerzas electromagnéticas inducidas pueden utilizarse para medir ritmos de flujo, tales como el ritmo del flujo sanguíneo en las arterias.

Las aplicaciones del electromagnetismo en la vida práctica son innumerables. El propósito de este artículo es mencionar y describir algunas de ellas en el campo de la medicina.

## LA C.A\*. EN LOS HOSPITALES.

La corriente eléctrica en los hospitales entra en el edificio y es transportada por él mediante cables aislados que van dentro de tubos de acero o recubiertos de una envoltura completa de cobre (Cu) o aluminio (Al), conectada a tierra. Esto tiene por objeto asegurar que no puede producirse fuera del cable ningún efecto eléctrico que interfiera con equipos sensibles próximos.

La corriente que llega es alterna y normalmente uno de los conductores, llamado neutro, es conectado a tierra en el transformador por intermedio del cual llega el suministro eléctrico.

El otro conductor, llamado activo, junto con el neutro marchan paralelamente de modo que transportan la misma corriente, pero en sentido opuesto. Los campos alternos producidos por las dos corrientes tienden a anularse evitándose así en

gran parte los efectos de inducción. Obsérvese que si hay un cortocircuito accidental en cualquier punto hacia el tubo o la cubierta, la corriente que pasa a tierra a lo largo de ellos creará un campo magnético alterno que puede ser perturbador.

Muchos aparatos utilizados en un hospital producen señales eléctricas que oscilan con una frecuencia mucho mayor que la de la red normal de suministro de c.a., a menudo en el intervalo de las radiofrecuencias elevadas. Tales señales pueden transmitirse a través de la red eléctrica que alimenta al aparato hasta otro equipo sensible conectado a la red en un punto distante. En ocasiones, una ruptura en la conexión a tierra del condensador puede dar lugar a sacudidas eléctricas bruscas para un paciente, debido a que el condensador cargado y aislado se descargue a través de él.

El problema conjunto de respuestas de tierra accidentales de aparatos eléctricos a través de un paciente, tiene resultados desagradables, y a veces fatales. Los efectos con c.a. pueden llegar a ser probablemente más peligrosos, muchas partes del organismo actúan un poco como un condensador con fugas que dejan pasar corriente. Tal condensador puede considerarse, como se ve en esta Figura.

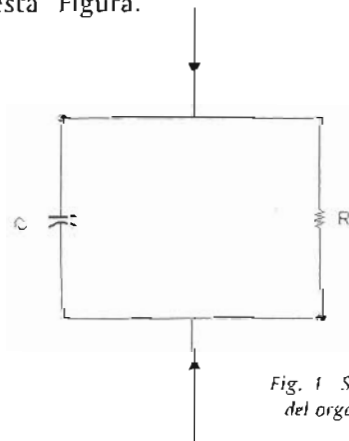


Fig. 1 Simbolización eléctrica del organismo de un humano

\* Corriente Alterna

Como una capacidad  $C$  en paralelo con una resistencia  $R$ . Cuando se aplica un voltaje de c.c.\* a través de este tipo de circuito, la corriente sólo pasa por la resistencia; y si  $R$  es de valor apreciable, la corriente no será grande.

Sin embargo, si se aplica un voltaje alterno, la corriente pasa a través del condensador y la resistencia. La reactancia de este último es  $1/2\pi fC$ , y puede tener un valor muy inferior a  $R$ . Ambas corrientes no estarán, naturalmente en fase y no resulta tan sencillo determinar el efecto equivalente de la resistencia y la reactancia en paralelo como en el caso de dos resistencias en paralelo. No obstante quedará claro que, en general, la impedancia del circuito R-C en paralelo será menor que la resistencia sola. En el ejemplo típico, la resistencia entre las manos de un hombre es del orden de  $2000 \Omega$ ; pero cuando se emplea c.a de 60 Hz la impedancia es solo de  $400 \Omega$ . Por tanto, circulan corrientes mayores por el cuerpo cuando se establecen accidentalmente voltajes alternos a través de él.

Se ha propuesto un nuevo método para comodidad y seguridad del paciente, que está empleándose cada vez más. La energía eléctrica que llega pasa por un transformador principal con una pantalla, entre los arrollamientos primario y secundario, con puesta a tierra. La mayor parte de los circuitos secundarios y todas las piezas metálicas al descubierto están también puestas a tierra. Todo aparato que haya de conectarse a un paciente toma corriente de un segundo transformador aislador que está perfectamente aislado de tierra y de todos los demás circuitos de modo que proporcione una protección completa. Si el paciente queda accidentalmente conectado a tierra o a otro circuito eléctrico, no habrá flujo de carga a través de él desde el circuito aislado porque no hay trayectoria de vuelo posible. Se exige cada vez más la obligatoriedad de que todos los aparatos conectados a los pacientes estén aislados de la red del suministro.

## MAGNETOTERAPIA

Hoy en día los imanes permanentes están expandiendo su rol dentro del mundo de la medicina y la salud, ofreciendo un alivio a los dolores extremos.

Muchas personas los han usado para calmar dolores, insomnios, artrosis, dolores musculares y muchos más dándoles energía vital para su cuerpo.

Se ha encontrado en los imanes permanentes una herramienta segura y versátil para ayudar al organismo en su proceso de cura.

La MAGNETOTERAPIA como terapia natural segura, no perjudicial, barata, no produce adicción y no tiene efectos colaterales como en la mayoría de las drogas.

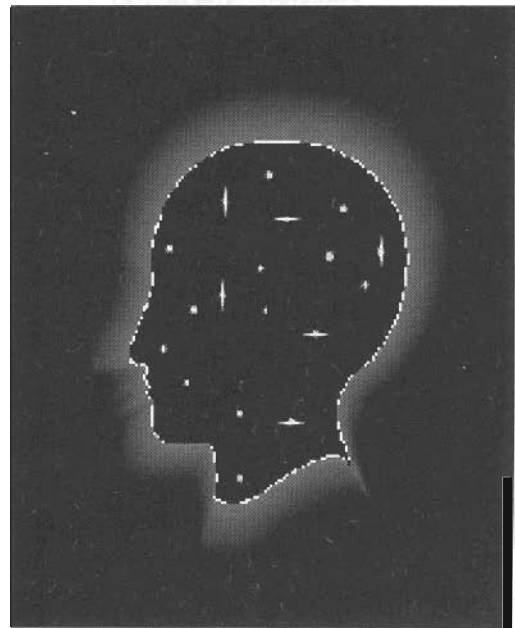


Fig. 2 Radiación magnética del cuerpo

\* Corriente Continua

## *Información general sobre la Magnetoterapia*

La magnetoterapia es muy popular en Japón, China, India, Australia, Alemania y Estados Unidos.

La Ciencia y la Medicina moderna están tratando de explicar el por qué con la magnetoterapia se pueden aliviar dolores y cómo actúa dentro de nuestro organismo. Muchos investigadores creen que los imanes permanentes aumentan la circulación, energizan y oxigenan la sangre, y que ese incremento de energía en la sangre fluye estimulando nuestro cuerpo como un proceso de cura natural.

Las aplicaciones de la magnetoterapia tienen una amplia lista de afecciones, desde la artritis hasta la cura de dolores musculares, dolores de cabeza o dientes y muchas otras aplicaciones.

Mucho del desarrollo del sistema de medicina en China se basa sobre la premisa que la salud depende de la circulación de la energía vital en todo nuestro organismo. En la medicina China esa fuerza interna fue llamada Qi (chi) y fue derivada desde dos influencias opuestas: el ying y el yang. Las

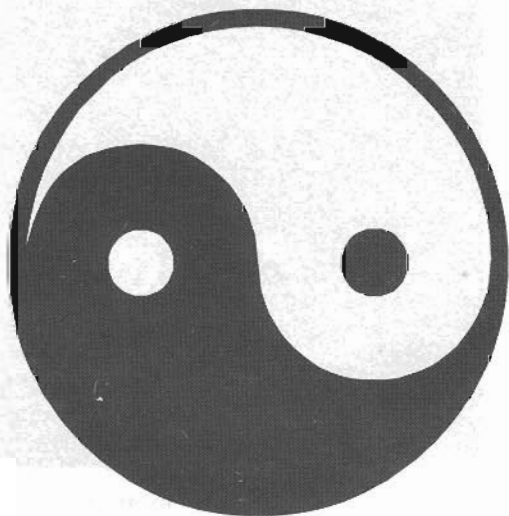


Fig. 3 El Ying y el Yang

enfermedades resultan cuando esas fuerzas no están balanceadas y el flujo natural de Qi se bloquea o hay un disturbio en el normal equilibrio entre esa energía Qi y las fuerzas que encontramos en la naturaleza. En la antigua China en los primeros relatos médicos describen cómo esos desequilibrios de fuerzas eran corregidos por medio de la acupuntura o de la aplicación de una piedra imán.

Todos los imanes tienen dos polos: norte y sur. El polo norte o energía magnética negativa normaliza y calma mientras que el polo sur o energía magnética positiva sobreestimula el sistema biológico. Gran cantidad de casos tratados por la Magnetoterapia lo avalan.

*¿Por qué no puede ser uno de ellos y solucionar sus problemas de salud con esta alternativa?*

### *Bibliografía sobre Magnetoterapia*

Existe gran cantidad de bibliografía para magnetoterapia. En el mercado local podrá encontrar libros de ediciones recientes, totalmente en castellano; en internet encontrará múltiples direcciones donde existe mucha información sobre el tema.

### *MAGNETOTERAPIA Cura por los campos magnéticos*

Jaquecas, insomnios, artrosis, neuralgias, eczemas, úlceras, dolores dentales y 150 enfermedades frecuentes más, tratadas mediante la energía vibracional de distintos tipos de imanes y avaladas por más de 200 historias clínicas por prestigiosos profesionales de todo el mundo.

- Anil K. Metha.

## MAGNETOTERAPIA Y ACUPUNTURA.

En forma entretenida y didáctica, el autor nos guía a lo largo de una serie de consejos teóricos y prácticos sobre la aplicación de una revolucionaria combinación de dos de los métodos terapéuticos más antiguos de la humanidad.

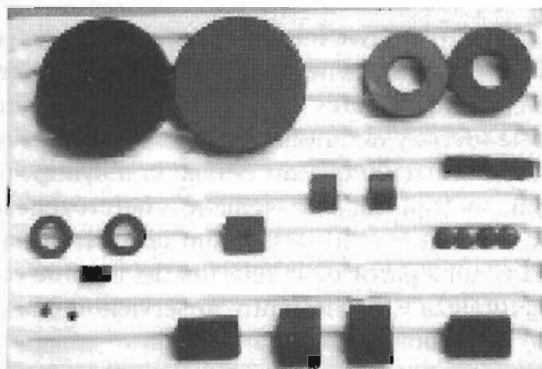


Fig. 4 Imanes utilizados para la magnetoterapia

## BIOMEDICINA

La Medicina es, hoy más que nunca, una ciencia en cuanto basa su progreso en conceptos y técnicas nuevos surgidos de la evidencia científica básica y clínica. El impresionante volumen de recursos humanos y de materiales invertidos, los extraordinarios avances técnicos y el apoyo de los nuevos sistemas informáticos han hecho que innovaciones conceptuales y metodológicas se conviertan casi de inmediato en nuevas teorías patogénicas y deriven en mejores procedimientos diagnósticos y terapéuticos. Consecuentemente, la comunicación científica y la educación continuada han pasado a ser parte esencial de la actividad cotidiana de los profesionales médico-sanitarios.

En general, tanto los programas educativos universitarios como la formación de especialización se orientan de forma exclusiva a los aspectos asistenciales. La nueva Biomedicina, sin embar-

go, exige a los profesionales sanitarios una mentalidad científica y un compromiso de formación continuada. La experiencia ha venido a demostrar la necesidad de cubrir una demanda cada vez más constante e intensa de actividades docentes y formativas, teóricas y prácticas, que permitan a los profesionales médico-sanitarios seguir el paso rápido de los avances de la Biomedicina.

## ELECTROTERAPIA DE VOLTA\*

Es una técnica terapéutica indolora, que consiste en la aplicación de un rodillo de masaje sobre la superficie de la piel en la zona a tratar, a través del cual pasan al interior del organismo impulsos eléctricos de baja frecuencia (indoloros) oscilantes. El tipo de impulso eléctrico será específico para cada dolencia a tratar.

Tiene un importante campo de acción en el tratamiento del dolor, en afecciones reumatólogicas (lumbago, ciáticas, síndrome cervical, etc.) puesto que las frecuencias utilizadas son analgésicas y descontracturantes de la musculatura, permitiendo mayor fluidez al torrente

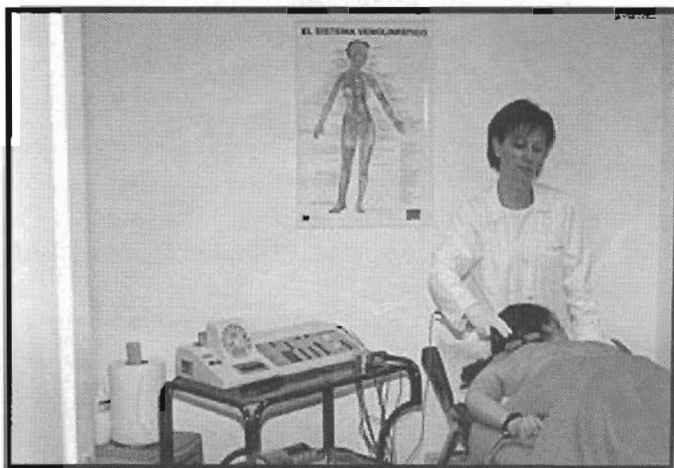


Fig. 5 Electroterapia de Volta

\* VOLTA, Alejandro. Físico italiano (1745-1827), autor de notables trabajos sobre la electricidad, e inventor de la pila que lleva su nombre

linfático congestionado produciendo mejoría significativa en poco tiempo.

El tipo de impulso eléctrico varía según la dolencia a tratar, pero en cualquier caso será indoloro.

## ELECTROMEDICINA

La ausencia de estudios tecnológicos relacionados con las Ciencias de la Vida, impulsó a que algunos médicos plantearan la formación de un profesional que muestre claramente cómo se pueden conjugar las necesidades de la industria y el equipamiento hospitalario con las posibilidades de la tecnológica como un bien Social.

Desde el punto de vista de las aplicaciones médicas, la electromedicina es tan antigua como la propia electricidad. Fue el mismo Benjamín Franklin\* quien realizó, en 1757, diversas pruebas consistentes en la descarga de grandes condensadores electrolíticos a través del cuerpo humano; y si bien sus resultados fueron poco alentadores, su seguridad ha logrado optimizar técnicas tales como la

medida automática de la presión arterial, de la temperatura corporal y de la respiración, así como para el desarrollo del área de imágenes diagnósticas, para electrocardiogramas, fono cardiogramas, la resonancia magnética nuclear, la tomografía axial computarizada, la ecografía y, en general, el análisis digital de señales que se han transformado en elementos de diagnósticos y terapéutica invaluable para el médico.

En el centro de este impresionante desarrollo están los "chips" de memoria, los microprocesadores y microcomputadores que, en conjunto, constituyen "la tuerca y el tornillo" de la nueva revolución de la información que determina la movilización de una multiplicidad de elementos heterogéneos, para llegar a conformarse como un instrumento construido a partir de la relación del hombre con la naturaleza y, por lo tanto, al servicio del bienestar de la humanidad.

## ELECTROTERAPIA DE ALTA FRECUENCIA - NEURALTER (C).

### ¿QUE ES LA TERAPIA DE ALTA FRECUENCIA?

La radiación que utilizan los equipos electroterapéuticos de alta frecuencia para su funcionamiento, se encuentra dentro del espectro en la gama de radiaciones no ionizantes.

Son radiaciones ionizantes las capaces de romper los enlaces moleculares y separar a electrones de las órbitas de sus átomos. Las radiaciones no ionizantes no tienen suficiente energía para que esto ocurra; es ésta una radiación electromagnética cuya energía fotónica es tan pequeña que no



Fig. 6 Médico apoyado por instrumentos electrónicos

\*FRANKLIN, Benjamin. Físico y político americano que aportó grandes trabajos sobre la electricidad.

puede provocar la ionización de una molécula de importancia biológica; cuando una onda electromagnética de elevada frecuencia y suficiente potencia interacciona en un plano biológico, puede llegar a provocar hipertermia, siendo éste un efecto muy utilizado en diversos sistemas electroterapéuticos de alta frecuencia.

Cuando una onda electromagnética de alta frecuencia alcanza un plano material, una parte de la energía es absorbida por éste, y el resto es devuelta al medio en forma de onda reflejada.

La capacidad del cuerpo humano para absorber la energía electromagnética depende principalmente de los siguientes factores:

- De la frecuencia y potencia del campo electromagnético.
- De las dimensiones, configuración geométrica y composición de los tejidos.

Esto explica en parte cómo diferentes personas tratadas con un mismo sistema y de una misma patología, obtienen a veces resultados tan dispares, puede ser debido a la constitución del paciente, pues por ejemplo la grasa subcutánea dificulta la absorción de la radiación, mientras que ocurre lo contrario con los tejidos que tengan una fuerte condensación hídrica.

La frecuencia de resonancia no siempre es la misma para todas las personas con un mismo problema, ya que ésta depende de la longitud de onda  $\lambda$  resultante de sus medidas; tampoco lo es en la producción de posibles efectos biológicos sobre tejidos u órganos, pues para que la radiación llegue a alcanzar a éstos encuentra a su paso tejidos y líquidos, cuyos coeficientes de conductividad o permeabilidad producen una difracción que provoca cambios en la longitud de onda de la radiación recibida; por esto cuando la radiación alcanza su objetivo se puede encontrar muy alterada respecto a la frecuencia original. Son numerosos los investigadores clínicos, que

atribuyen los resultados de sus experimentaciones con ondas electromagnéticas principalmente al componente magnético de éstas, relacionándolo con su influencia sobre las partículas ferromagnéticas que pueda contener el organismo. Esto explica algunos de los resultados que obtenemos, pero no todos; en cambio, son escasos aquellos que tienen en cuenta los efectos eléctricos y resonantes de la radiación electromagnética, pues principalmente las ondas de muy alta frecuencia, al parecer, pueden producir la corriente suficiente para elevar el potencial de membrana, esto a pesar de que se utilicen potencias extremadamente bajas.

Por otra parte, cuando se referencia efectos resonantes, se suele considerar una sola frecuencia, esto puede ser útil en ciertos tratamientos, pero si generamos múltiples frecuencias actuaremos a un mismo tiempo sobre diversos mecanismos y todo ello de una forma sincronizada; por ejemplo, puede estar produciendo un efecto antiespasmódico sobre la fibra lisa, y a la vez producir un estímulo del metabolismo celular; se puede conseguir así varios efectos que se complementen, y actuar con las múltiples frecuencias en diferentes grupos celulares, tejidos y huesos, toda vez que cada uno de ellos tiene diferentes bandas y capacidades de absorción.

Cada día que aparece algún nuevo dato bibliográfico o nuevos estudios sobre los efectos terapéuticos de los campos electromagnéticos pulsátiles, aumenta la satisfacción, pues esto nos permite obtener más información para crear ideas e hipótesis de trabajo.

Recordemos algunas frases del Profesor Dr. D'Arsonval:

*"En materia de investigación científica, es bueno infundir ánimo a las ideas por muy osadas que éstas sean."*

*"Todo es posible.- Pero no debe admitirse más que lo que está demostrado experimentalmente. Las ideas de un loco no difieren de las concepciones de un hombre genio, pero la experimentación invalida las primeras y confirma las segundas."*

También quiero destacar otras dos que JORGE LAKHOVSKY dejaba impresas en el año 1.929, con su particular concepción ya por aquella fecha y basada en la experimentación, del efecto de las ondas electromagnéticas sobre las células.

LA VIDA.- *"Es el equilibrio dinámico de las células, la armonía de estas producen radiaciones múltiples que las hacen ejercer acción y resistencia mutua."*

LA ENFERMEDAD.- *"Es el desequilibrio oscilatorio de las células por causas exteriores. Es en particular la lucha de la radiación microbiana contra la radiación celular. Pues el microbio, ser unicelular, actúa igualmente por su radiación. Si la radiación microbiana triunfa, es la enfermedad y el fin de la resistencia vital.- "la muerte". Si la radiación celular prevalece, es el retorno a la salud."*

JORGE LAKHOVSKY comparaba a la célula con un circuito oscilante básico y consideraba que su frecuencia de resonancia estaba relacionada con su núcleo, él afirmaba que aplicando ondas electromagnéticas de alta frecuencia con su equipo al que denominó RADIO-CELULO-OSCILADOR, se conseguía restablecer el equilibrio oscilatorio de la célula y que éstas al recuperar su vigor conseguían destruir el microbio y restituir la salud. Los estudios experimentales con alta frecuencia realizados en el Hospital de la Salpêtrière en Francia ya por aquella fecha, confirmaban sus teorías, estudios que fueron objeto de comunicación el 26 de Julio de 1.924 a la Sociedad Francesa de Biología y publicada en el Boletín de dicha sociedad.

La gama de frecuencias utilizadas por Lakhovsky con su equipo, estaban en la misma gama emitida por el Neuralter, él buscaba la emisión de ondas múltiples y esperaba que cuando fuese posi-

ble cubrir toda la gama sin huecos, se podría influir en multitud de enfermedades a un mismo tiempo. Sus trabajos por aquella fecha se centraron principalmente en el tratamiento de la artritis y del cáncer.

Como el espacio es limitado y la información disponible extensa, nos limitamos a enunciar los datos más antiguos y los últimos recibidos, sobre terapia de alta frecuencia.

Los siguientes datos fueron extraídos del MANUAL DE MEDICINA FISICA de HARCOURT BRACE y el autor de los mismos es el Profesor Dr. D. JUAN RAMON ZARAGOZA. De dicho Manual extrajimos las acciones más importantes de los campos electromagnéticos sobre órganos y sistemas, así como las indicaciones generales deducidas de sus efectos biológicos y cuales son sus contraindicaciones.

#### *Efectos Del Campo Electromagnético Sobre Organos y Sistemas*

#### RELAJACIÓN MUSCULAR

Sobre la fibra muscular estriada:

- Efecto relajante o descontracturante

Sobre la fibra muscular lisa:

- Efecto antiespasmódico

#### VASODILATACIÓN LOCAL

Producción de hipertermia con:

- Efecto antiinflamatorio
- Efecto de regulación circulatoria

#### AUMENTO DE LA PRESIÓN PARCIAL DE OXÍGENO EN LOS TEJIDOS

- Efecto trófico

#### EFFECTO SOBRE EL METABOLISMO DEL CALCIO EN HUESO Y SOBRE EL COLÁGENO

- Estímulo de la osificación
- Estímulo en la cicatrización de heridas



**EFFECTO ANALGÉSICO**

- Efecto de relajación generalizada

**INDICACIONES ESPECÍFICAS PROCESOS REUMÁTICOS**

- En especial, artropatías degenerativas de cualquier localización: gonartrosis, coxartrosis, espondilitis (columna cervical y lumbar), etc.
- En artropatías inflamatorias: artritis reumáticas, espondilitis anquilopoyética.

**REUMATISMOS PERIARTICULARES**

- Polimialgia reumática, síndromes discales, radiculitis, ciatalgias, periartrosis.
- Miositis y tenositis.
- Patología muscular traumática en fase aguda o subaguda.

**TRASTORNOS DE LA OSIFICACIÓN**

- Retardo de consolidación de las fracturas: se acelera su proceso curativo ya desde los primeros días de aplicación.
- Pseudoartrosis.

**TRAUMATOLOGÍA, MEDICINA LABORAL, MEDICINA DEPORTIVA**

- Contusiones, distorsiones, luxaciones.
- Contracturas musculares.
- Tendinitis, epicondilitis.

**PATOLOGÍA VASCULAR PERIFÉRICA**

- Úlceras varicosas y posflebíticas de miembros inferiores, postraumáticas, de cúbito.
- Alteraciones de la circulación periférica, tipo acrocianosis y enfermedad de Raynaud.

**CIRUGÍA**

- Aceleración de la cicatrización y del proceso curativo de las heridas y quemaduras.

**OTORRINOLARINGOLOGÍA**

- Sinusitis.
- Síndromes vertiginosos secundarios a trastornos de la microcirculación.

**NEUROLOGÍA**

- Dolor de origen nervioso, en general.
- Neuralgias: branquial, intercostal, del trigémino.
- Isquialgia, lumbalgia, ciática, migrañas.

**MEDICINA INTERNA**

- Asma bronquial.
- Colitis ulcerosa, úlcera gástrica crónica.
- Nefrosis, nefrosclerosis.
- Insuficiencia hepática, cardíaca.
- Trastornos de la circulación cerebral.
- Estímulo trófico de diversos órganos.

**TRASTORNOS DERIVADOS DEL ESTRÉS**

- Inquietud, insomnio, cefaleas tensionales, taquicardias emocionales, etc.

**LAS BASES FISIOLÓGICAS DE LA ELECTROTERAPIA**

La electroterapia es desde hace mucho tiempo una herramienta de "terapia ocupacional" para facultativos sin el conocimiento de sus posibilidades. Realmente la electroterapia es una herramienta extraordinaria al servicio del que domina sus leyes y la fisiología. Vamos a pasar revista a los principales elementos y comprender cómo nos permiten constituir un programa, de electroterapia. Así veremos por qué no es posible cerrar un programa con parámetros fijos. Es fácil comprender

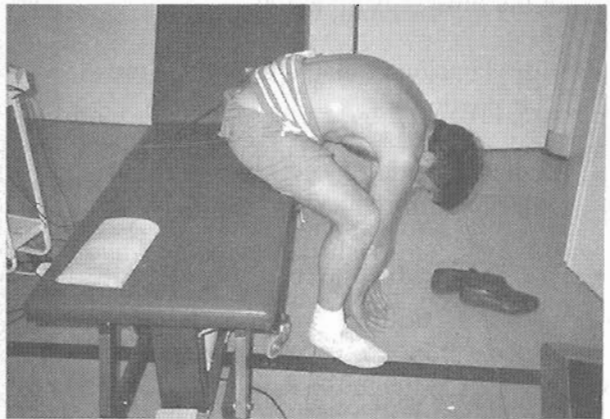


Fig. 7 Tratamiento de espasmos por electroterapia

que la sola variación de la resistividad de la piel, difiere según los individuos y según las condiciones externas (clima, estación, higrometría...) niega la pretensión de estandarizar los programas para conseguir un efecto preciso. La electroterapia implica un trabajo de análisis y de reflexión de la parte del facultativo para obtener efectos realmente espectaculares. Un programa con parámetros fijados.

### *Estrategia terapéutica*

La mayor parte de las patologías necesitan un tratamiento sensitivo (antálgico) y un tratamiento motor (fortalecimiento y/o estiramiento). En prioridad hay que preguntarse lo que debe llevar la electroterapia en una estrategia global, por qué y cómo se ha de utilizar. Por lo general, el papel de la electroterapia es disminuir el dolor, la espasticidad eventual, permitir un fortalecimiento muscular y/o un estiramiento potente y rápido, disminuir las contracturas... Así, el facultativo podrá más rápidamente movilizarse, seguir con un programa activo, y programar de nuevo la función disminuida. Veremos más tarde varias aplicaciones precisas de la electroterapia

### *Ejemplos de estrategia*

- Mio-relajación de los paravertebrales y de los músculos lumbares.
- Mio-relajación global de la cadena muscular posterior.
- Relajación psíquica y eventualmente restablecimiento del sueño.
- Fortalecimiento muscular de los abdominales en la carrera interna del movimiento.
- Fortalecimiento muscular de los glúteos.

- Estiramiento prudente del piramidal.
- Adelgazamiento eventual protegiendo la masa muscular.
- Aprendizaje de la rectificación de la columna y de la forma correcta al realizar esfuerzos.
- Uso de los medicamentos antálgicos y mio-relajantes.
- Normalización de la pelvis y del raquis por tracción y/o manipulación.



Este esquema no es exhaustivo y depende en gran parte del chequeo del paciente y de la visión del facultativo. Sin embargo es un ejemplo de la forma en la cual el médico determina la importancia que da a la electroterapia y los efectos que quiere obtener de ella. En este caso se podría atribuir a la electroterapia el trabajo de mio-relajación, de descanso psíquico, de fortalecimiento muscular y de electro-estiramiento especial de los isquiotibiales.

Entonces la electroterapia es una herramienta que tiene que estar asociada con otra técnica cualquiera que domina el facultativo: farmacología, movilizaciones, reflejoterapia, osteopatía, trabajo de las cadenas musculares, técnicas de Mezières, de Sohier etc. ... Parece difícil sostener la tesis de la eficacia perfecta de una técnica única, en contra de la asociación de varias técnicas perfectamente dominadas. Es más probable que el ideal para el paciente sería el tratamiento por un equipo multi-disciplinario en el cual cada facultativo es especializado en su disciplina.

#### *Esguince del LLE del tobillo*

- Acción antálgica
- Acción anti-edema
- Drenaje y contención
- Estimulación de los peroneos
- Crioterapia
- Asociación de medicamentos antalgicos y anti-inflamatorios

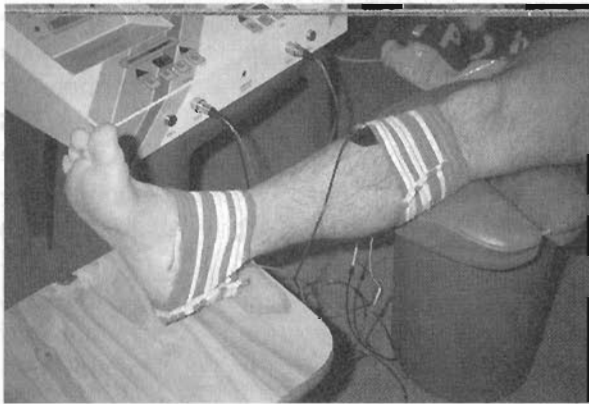


Fig. 8 Tratamiento de esguince de tobillo por electroterapia

En este caso se puede atribuir a la electroterapia el papel antálgico, la estimulación de los peroneos y la acción anti-edema. Una vez más, este esquema no es exhaustivo y es sencillamente un ejemplo modificable de acuerdo con las características del paciente.

#### *LOS EFECTOS MOTORES DE LA ELECTROTERAPIA*

##### Técnica de la estimulación motora de alto voltaje

Debido a las diferencias fisiológicas entre los individuos, las diferencias de los parámetros externos de cada sesión (temperatura, higrometría, estado de los electrodos...) y las variaciones fisiológicas individuales (resistividad en particular) los programas automáticos o prefijados son inadecuados.

##### Los efectos mio-relajantes

El tratamiento de las contracturas se basa sobre cuatro programas fisiológicos principales:

- el contraer-relajar: Por una corriente alterna de frecuencia 3 Hz (principal frecuencia mio-relajante), intensidad al máximo y duración del impulso ajustada "hasta las sacudidas musculares", con el músculo alternativamente en posición de descanso y en posición de estiramiento, durante 15 minutos.
- el programa de electro-stretching: Basado sobre la técnica "contraer-relajar" del músculo contracturado en una posición de estiramiento.

Así las inserciones musculares no pueden acercarse y la contracción de las fibras permite de hecho su relajación durante el descanso. Este efecto se obtiene por una corriente alterna de 3 Hz sobre el vientre del músculo durante 30 s seguida de un descanso de 30 á 60 segundos.

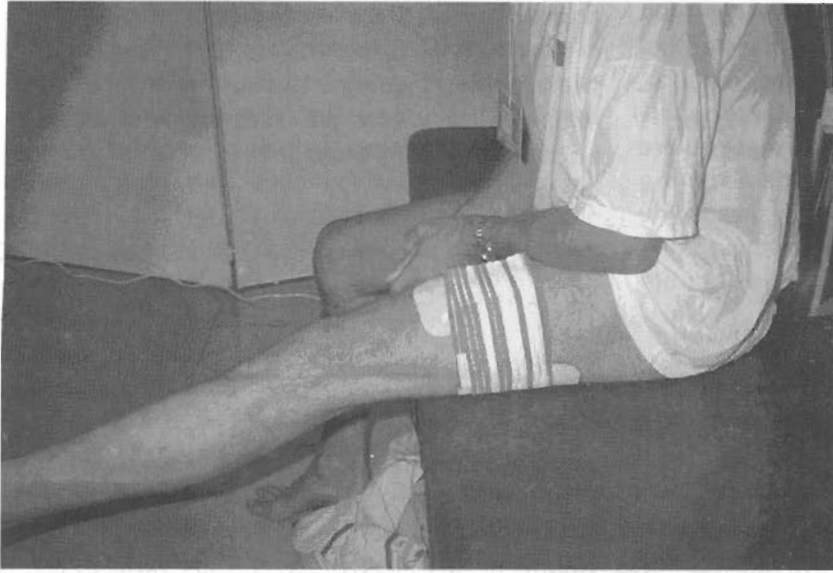


Fig. 9 Estimulación eléctrica de los músculos

Se aplica sobre la contractura un programa de inhibición sensitiva vibratoria (tratamiento local del dolor) y sobre el vientre del músculo, si se puede de una y otra parte de la contractura, se aplican un programa mio-relajante de frecuencia 3 Hz.

Tratamiento de una contractura de un esquió-tibial por un primer programa sobre el músculo contracturado y un segundo programa mio-relajante 3Hz de una y otra parte de la contractura.

Este tipo de estiramiento por la electroterapia tiene la gran ventaja de eliminar cualquier riesgo de contractura refleja o de elongación. Electro-stretching del recto anterior

- la estimulación del reflejo miotático inverso

Se consigue por un programa de fortalecimiento muscular dinámico (60 Hz) con contracción dinámica del músculo contracturado y estiramiento progresivo por el facultativo durante el mismo tiempo. El reflejo miotático inverso es el principio de un músculo que no tiene la fuerza suficiente para oponerse a su estiramiento se relaja completamente para que no se rompa.

Estimulación excéntrica sobre una tendinitis del bíceps para conseguir una mio-relajación completa del músculo

#### Asociación de los programas sensitivos y motores

Otra posibilidad interesante de la electroterapia en el tratamiento de las contracturas es asociar los dos tipos de programas sensitivos y motores.

## El Fortalecimiento Muscular

### *Elección de la frecuencia*

Se conoce que las frecuencias que son aplicadas adecuadamente, dependen del ciclo de contracción y relajación de la fibra motora, de 20 hasta 30 Hz para las fibras lentas, 30 hasta 50 Hz para las fibras más intermedias y de 50 hasta 100 Hz para las fibras rápidas. El error clásico es creer que se puede aislar las fibras rápidas trabajando con una frecuencia de 100 Hz. De echo, con 100 impulsos se generan los 20 necesarios para reclutar las fibras lentas, y con 100 Hz se reclutan todos los tipos de fibras. El reclutamiento aislado de las fibras rápidas depende de los tiempos de descanso. Tiempos de descanso alrededor del medio o un microsegundo privan las fibras lentas de oxígeno y permiten el trabajo solo de las fibras rápidas cuyo metabolismo es anaeróbico (sin oxígeno). Esta función es usada en medicina deportiva y por lo general en el trabajo diario el fisioterapeuta tiene que estimular el conjunto del potencial muscular con una frecuencia entre 60 y 100 Hz.

### Modo de estimulación

Ha sido descrita más arriba la técnica de estimulación por el más alto voltaje (intensidad) disponible para eliminar el reclutamiento de las fibras sensitivas y especialmente las fibras nociceptivas aumentando progresivamente la duración del impulso.

Hay tres programas principales de fortalecimiento muscular:

#### el programa de despertar motor:

Permite por salvas de impulsos de frecuencias bajas y progresivamente crecientes de 1 hasta 20 Hz el regreso de la autonomía de contracción de fibras bloqueadas.

#### el programa de fortalecimiento muscular isométrico o gimnasia pasiva:

Sobretudo destinado a la lucha en contra de la amiotrofia de los músculos de los miembros inmovilizados. Su desventaja es aumentar la fuerza del músculo exclusivamente en el grado articular del trabajo.



Fig. 10 Fortalecimiento muscular

#### el programa de fortalecimiento dinámico:

Debe ser asociado con una contracción voluntaria del paciente. Para reclutar el máximo de fibras motoras eliminando la estimulación de las fibras sensitivas, hay que aplicar una resistencia adecuada a la fuerza desarrollada.

Utilización de una cinta elástica tipo *thera-band* en el fortalecimiento muscular de los cuádriceps.

El reclutamiento progresivo de las fibras se obtiene de manera indolora, aumentando progresivamente la duración del impulso con la intensidad al máximo y aumentando paralelamente la resistencia aplicada.

Las técnicas de electro-estimulación son basadas sobre el principio de la estimulación del huso neuro-muscular que permite un reclutamiento máximo y reflejo de las fibras motoras  $\alpha$ .

Sucintamente, el huso neuro-muscular es estimulado durante el estiramiento del músculo. Reacciona a este estiramiento por una excitación de la fibra sensitiva, la que comunica al nivel raquídeo con la motoneurona, generando así la estimulación de nuevas unidades motoras para oponerse al estiramiento. La electroterapia de alto voltaje permite el reclutamiento de la fibra, y el aumento sin estiramiento del número de las unidades motoras excitadas y de la frecuencia de estimulación de las motoneuronas.

Este procedimiento permite el desarrollo desde la primera sesión de un mejor reclutamiento de las unidades motoras durante la contracción; permite también desarrollar una fuerza doble de la fuerza voluntaria máxima para un individuo medio, y una ganancia de fuerza cerca un 10% en tres sesiones por mejoramiento del reclutamiento de las unidades motoras.

Los mecanismos hipertróficos serán activados ulteriormente.

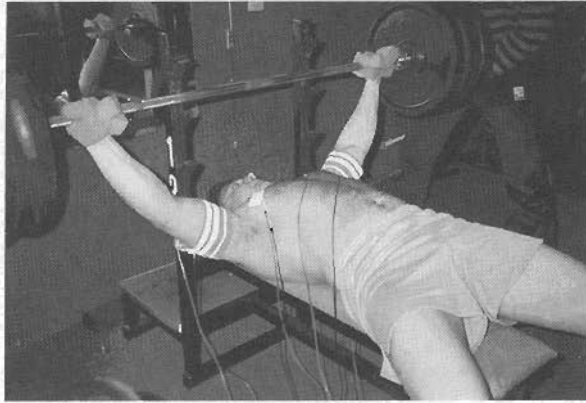


Fig. 11 Fortalecimiento Dinámico

### Ejemplos diversos de aplicación de la electroterapia

- Tratamiento contra la espasticidad
- Manipulación con electroterapia de un paciente hipertónico
- Tratamiento de una pubalgia por un 1<sup>er</sup> programa de fortalecimiento abdominal y un 2<sup>do</sup> programa de electro-stretching de los aductores
- Recuperación de la amplitud articular
- Pediatría
- Utilización en linfología
- Utilización del efecto inhibitor de la electroterapia durante una elongación
- Electro-stretching de los gemelos
- Utilización de la electroterapia en la lucha contra las retracciones musculares y tendinosas de un paciente en cuidados intensivos
- Fortalecimiento muscular
- Aplicación de las nuevas técnicas de la electroterapia en estética

Este corto informe no puede exponer todas las posibilidades de la electroterapia, pero debe ayudar a comprender los principales mecanismos de la electroterapia y el beneficio que puede proporcionar un facultativo preocupado por la mejoría de los pacientes.

## CONCLUSIÓN

Las anteriores fueron algunas aplicaciones del electromagnetismo en el campo de la medicina, pero existen muchísimos otros campos donde el electromagnetismo es de vital importancia como son :la industria automotriz, aeroespacial, aeronáutica, naval, militar, informática y sistemas, etc., que conllevan al desarrollo tecnológico y científico que estamos viviendo. Es por esto que se hace fundamental el curso de física electromagnética para el médico o ingeniero, cualquiera que sea su disciplina. Es de responsabilidad nuestra como docentes, orientadores de estas áreas, mostrar en forma didáctica a nuestros estudiantes las aplicaciones prácticas de tales asignaturas, creando ambientes familiares de tal forma que la teoría no se muestre tan aislada con la práctica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Física.  
Mac Donald/Burns. Editorial Educativa. 1.998
- Física.  
Serway. Editorial Mc Graw Hill. 1.998
- Physics  
Paul A. Tipler. Fourth Edition. 1.997
- Nueva Enciclopedia Larousse.  
Sección Medicina. Editorial Planeta. 1.982
- <http://www.salutia.com>