

Fig.7 La figura muestra lo que ocurre con las cargas de tipo iónico presentes en los tejidos biológicos cuando se someten a un campo eléctrico variable. Los iones con carga positiva migran hacia el electrodo negativo, mientras que los iones con carga negativa se mueven hacia el electrodo positivo. Invertiendo el campo eléctrico, las cargas se mueven en sentido contrario y las colisiones con otras moléculas de determinan la producción de una cantidad intensa de calor.

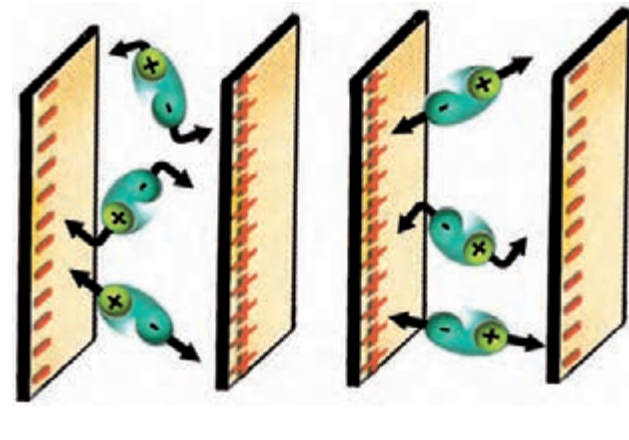


Fig.8 Las moléculas polares, tales como las de agua y de algunas proteínas, no se mueven en el interior de los tejidos, sino que cumplen una rotación sobre sí mismas, primero en una dirección y luego en otra, para seguir las líneas de fuerza del campo eléctrico variable. En este caso es el atrito debido a la fricción con las moléculas adyacentes lo que produce calor.

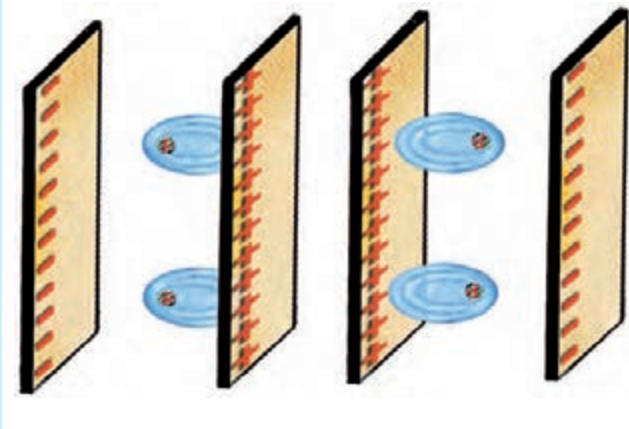
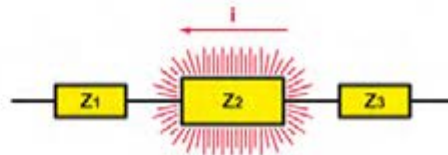


Fig.9 Incluso en moléculas no polares, tales como las de los tejidos grasos, el campo eléctrico es capaz de producir de todos modos un efecto térmico, aunque más débil. El calor se genera por la deformación de la nube electrónica que rodea a los átomos de estas sustancias.



APLICACIÓN TRASVERSAL



$$W = Z_2 \times i^2 \times \cos \varphi$$

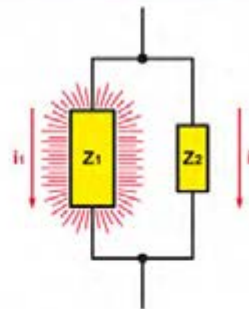
- W = energía disipada en Watt
- Z = impedancia en Ohm
- I = corriente eficaz en Amperios
- φ = ángulo sfas. tens/corr



Fig.10 Mediante una oportuna colocación de los electrodos, se puede elegir dónde dirigir la producción de calor. La figura muestra la disposición transversal. Como en este caso el tejido que presenta una mayor impedancia es el óseo, con una disposición de este tipo de los electrodos se desarrolla en su interior un efecto térmico mayor.



APLICACIÓN LONGITUDINAL



$$W = Z_1 \times i^2 \times \cos \varphi$$



Fig.11 La figura muestra la disposición de los electrodos en el sentido longitudinal. En esta configuración, los tejidos son atravesados por la corriente en el sentido de su longitud. El mayor efecto térmico se producirá en este caso donde la corriente es más alta, es decir en el tejido con la menor la impedancia. Por lo tanto, con una disposición de este tipo se obtiene una distribución del calor sobre todo en las fajas musculares.

También los materiales que componen las **prótesis plásticas** -como por ejemplo el polietileno- aunque no sean buenos conductores **pueden verse dañados** por la diatermia sobre todo si hay partes metálicas cuyo calentamiento puede alterar este material. Es por lo tanto necesario confirmar que **no haya** en los tejidos **prótesis de este tipo**, antes de empezar el tratamiento.

Los 3 tipos de moléculas que hemos mencionado están presentes en diferente proporción en los tejidos vivos y condicionan sensiblemente la conductividad y el comportamiento frente un campo eléctrico.

■ **CÓMO SE DESARROLLA EL CALOR**

Aunque en la producción de calor intervengan varios factores se supone que el calentamiento de los tejidos se deba principalmente al **efecto Joule** conectado a **las corrientes eléctricas alternadas** producidas en el interior de la zona afectada por el campo eléctrico con alta frecuencia.

La intensidad de estas corrientes depende del valor de la **tensión** aplicada y de su **frecuencia** dado que los tejidos biológicos si se someten a campos magnéticos alternados, se comportan como una impedancia eléctrica sobre todo de tipo capacitativo.

El valor de la impedancia total de un tejido es el resultado de las distintas impedancias de los tejidos que lo compone, a saber, de las **fajas musculares**, del **tejido adiposo**, del **tejido óseo**, etc. Cada uno de los cuales contribuye de forma distinta a la conducción de la corriente eléctrica.

A este respecto, para poder entender dónde se desarrolla la mayor parte del efecto térmico, resulta fundamental definir el modo en el que se posicionan los electrodos.

Si por ejemplo colocamos los electrodos metálicos de forma paralela entre sí, de manera que el campo eléctrico "vea" en modo **transversal** los distintos **niveles** que componen el tejido biológico, como en la figura 10, el equivalente modelo eléctrico que podemos ipotizar es aquel que vemos indicado en la figura o sea un circuito en el que las impedancias de cada uno de los niveles están conectadas entre sí en **serie**.

Con esta disposición de los electrodos obtendremos un desarrollo de calor en el nivel que presenta una **mayor impedancia** o sea una mayor resistencia al ser atravesado por la corriente.

La cantidad de calor consumido por el efecto Joule en un **tiempo t** es **segundos** sigue, en efecto, la conocida relación:

$$Q = 0,239 Z \times I^2 \times \cos \varphi \times t$$

Donde

Q es la cantidad de **calor** en **calorías**

Z es la **impedancia** in ohm

I es la **corriente eficaz** en **Amperios**

Cos es el factor de potencia que depende del desfase φ que existe entre la **tensión** y la **corriente t** es el **tiempo** en **segundos**.

En este caso dado que la corriente que atraviesa las distintas impedancias es la misma, la mayor potencia térmica se generará sobre el nivel de tejido que presenta la **impedancia mayor**.

Con esta disposición trasversal de los electrodos los tejidos que sufren el mayor calentamiento son por lo tanto el **graso**, el **tejido fibroso** y el **hueso**.

En la fig. 11 está representada la disposición de los electrodos metálicos de forma **longitudinal**.

También en este caso los electrodos están paralelos entre sí pero ahora los distintos tejidos del cuerpo no se están atravesados en sentido trasversal sino que en toda su **longitud**.

El circuito eléctrico equivalente representado en la figura ilustra las distintas impedancias relativas a cada uno de los niveles de tejido que ahora resultan como si se hubieran conectado entre sí en **paralelo**.

Con esta configuración el mayor calentamiento se genera en los tejidos que presentan la mejor conductividad eléctrica o sea en los tejidos con **menor impedancia** como el **músculo** o en general todos los tejidos muy irrigados de **sangre**. Además de los vasos sanguíneos, una buena conducción es ofrecida también por los **nervios** y los **tendones** que sufren en la diatermia **longitudinal** un rápido calentamiento.

Una tercera disposición de los electrodos, la coplanar -todos en el mismo plano-, genera una distribución del calor posterior diferente.

En este caso los electrodos están posicionados ambos muy cerca el uno del otro y la conducción eléctrica ocurre de forma superficial en los tejidos subyacentes al cutis, generando así un efecto térmico que no supera por lo general los **1-2 cm** de profundidad.

La disposición **coplanar** permite obtener un calentamiento **menos profundo** de la zona interpuesta entre los dos electrodos y se usa en el sector estético para **revitalizar** y **reafirmar** el cutis y para el tratamiento de los **anti estetismos cutáneos** (absesos, granitos, etc.)

2ª Parte

■ **MODO CAPACITIVO Y MODO RESISTIVO**

La definición **diatermia capacitiva-resistiva** deriva del hecho de que esta terapia se puede realizar de dos maneras muy diferentes, o sea de forma **capacitiva** o bien de forma **resistiva**.

Dependiendo del modo operativo seleccionado la **transferencia de energía** y los **efectos biológicos** que se producen en los tejidos son completamente diferentes (véase fig.12-13).

En el modo **resistivo** se trabajará sobre los **huesos** y los **tejidos** que allí se **insertan**. En el modo **capacitivo** se trabajará sobre los **músculos** y los **tejidos blandos**.

La originalidad de este método consiste en la posibilidad de usar **conjunta** o **alternativamente** estas dos diferentes formas de trabajo, con el fin de adaptar mejor el tratamiento a la patología que se quiere curar.

Veamos a continuación en qué consisten los diferentes métodos de funcionamiento.

■ **Funcionamiento en modo Resistivo**

Cuando hablamos del principio de funcionamiento del DCR, muchos llaman en tela de juicio las **ondas electromagnéticas**.

De hecho, sería más correcto hablar de **campo eléctrico variable de alta frecuencia**.

Es cierto que a un campo eléctrico variable está inevitablemente asociado también un campo electromagnético, pero en el caso de la DCR este último resulta insignificante.

Como hemos mencionado anteriormente, una de las principales acciones terapéuticas de la **DCR** es debida al intenso **calor** producido por la **fricción** ejercida sobre las moléculas circundantes, por las carga eléctrica que se **mueven** en una dirección u otra, o que **giran** dentro de los tejidos biológicos, siguiendo la orientación del campo eléctrico variable.

También hemos visto que, para conseguir este efecto, se debe aplicar a los tejidos que se desea tratar un par de electrodos que funcionan como las placas de un condensador.

En la práctica los dos electrodos no son iguales, sino que se diferencian en un electrodo **fijo** y un electrodo **móvil**, con **forma** y **funciones** diferentes.

El electrodo **fijo**, o de **retorno**, está constituido por una

placa metálica de **19x21 cm** que se posiciona en un lado del tejido.

Si, por ejemplo, se quiere tratar el cuádriceps del muslo, el electrodo fijo se sitúa debajo del muslo, en contacto con la piel.

Entre la superficie del electrodo y la piel se interpone una capa de **crema conductora**, que tiene la tarea de hacer **uniforme** la conducción eléctrica, evitando que las cargas se concentran principalmente en un área del electrodo en lugar de distribuirse sobre toda su superficie.

El electrodo **móvil** consiste en un disco de acero inoxidable con un diámetro de **60 mm**, equipado con una ventosa que permite deslizar fácilmente el electrodo sobre la superficie de la piel. También en este caso entre el electrodo y el cutis se interpone una capa de **crema conductora**. Ambos electrodos están conectados al generador de campo eléctrico.

La aplicación de una tensión alternada de forma **sinusoidal** con una **frecuencia** fija de **470 kHz**, en los dos electrodos genera, en el tejido subyacente, un campo eléctrico variable con la misma frecuencia.

El valor de la tensión aplicada a los electrodos en el modo **resistivo** es ajustable desde **0** hasta un máximo de **300 voltios** de pico y se establece en función de la respuesta del paciente.

El campo eléctrico genera dentro de los tejidos una serie de micro corrientes alternadas, que causan un aumento local de la temperatura que es evidente en los tejidos con la más alta impedancia, representados por el **hueso**, los **tendones**, las **aponeurosis** y los **ligamentos**, como se muestra en fig.12.

En este sentido, es importante destacar que el **aumento** de la **temperatura** debe ser **muy bajo**, para evitar **dañar las células que forman los tejidos**.

Un efecto terapéutico excelente se obtiene ya con un aumento de temperatura de tan sólo **2 ° centígrados**, es decir, llevando la temperatura interna de los **37 ° C** iniciales a **39 ° C**.

Debe tenerse en cuenta que una temperatura de **41 ° C**, aplicada durante un tiempo superior a **30 minutos**, puede conducir a un bloqueo irreversible de la circulación con fenómenos catabólicos cada vez más grandes.

El **aumento de temperatura** producido con la **DCR** debe ser gradual y cuidadosamente controlado por el operador **junto con el paciente**, y la potencia utilizada debe ajustarse de modo que este último reciba una sensación de **agradable calor**.

MODO RESISTIVO

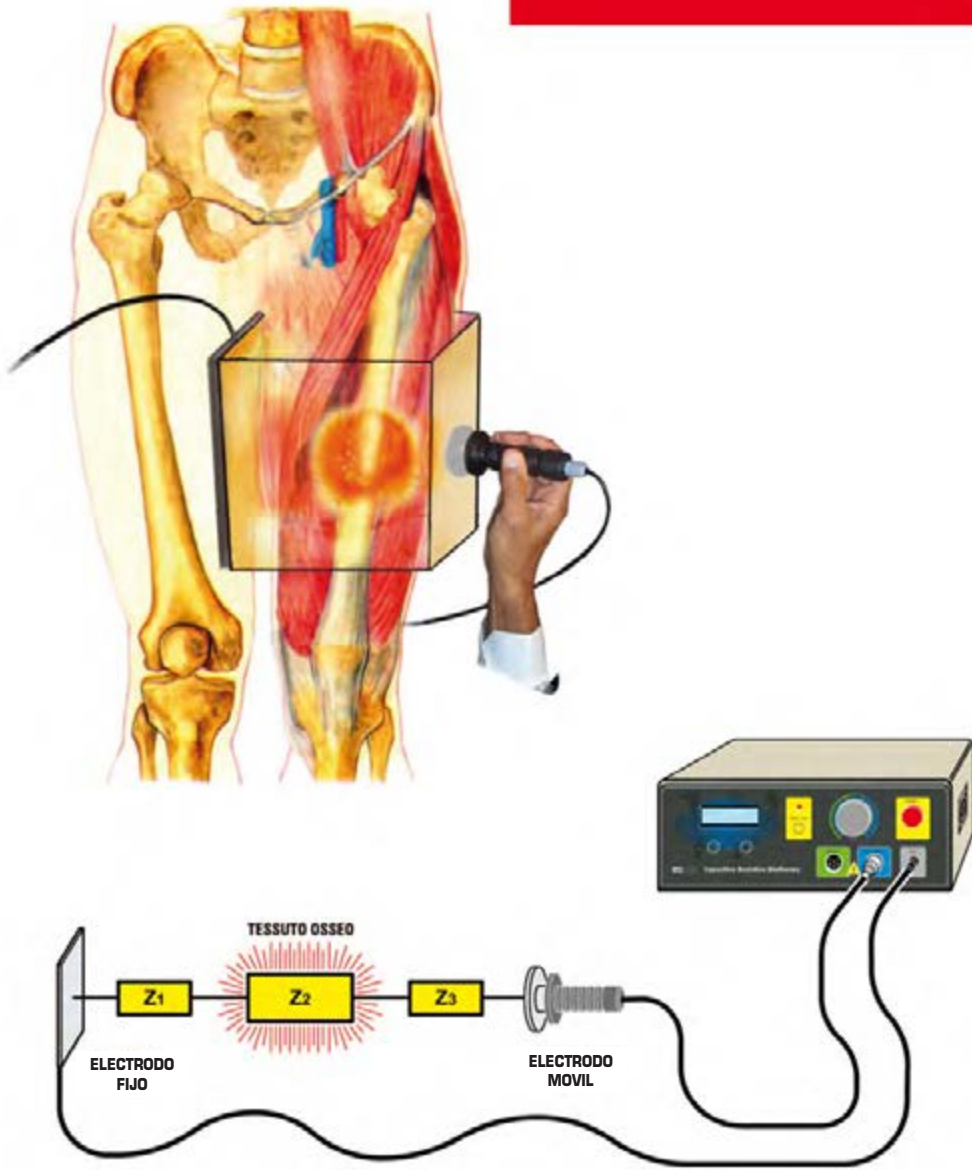


Fig.12 Con el electrodo de tipo resistivo, es posible generar calor muy profundamente dentro del cuerpo, algo que no se puede conseguir con otras termoterapias, que actúan a un nivel más superficial. El uso del modo resistivo es, por lo tanto, muy útil en el tratamiento de las patologías más profundas, tales como las que implican el aparato músculo-esquelético.

MODO CAPACITATIVO

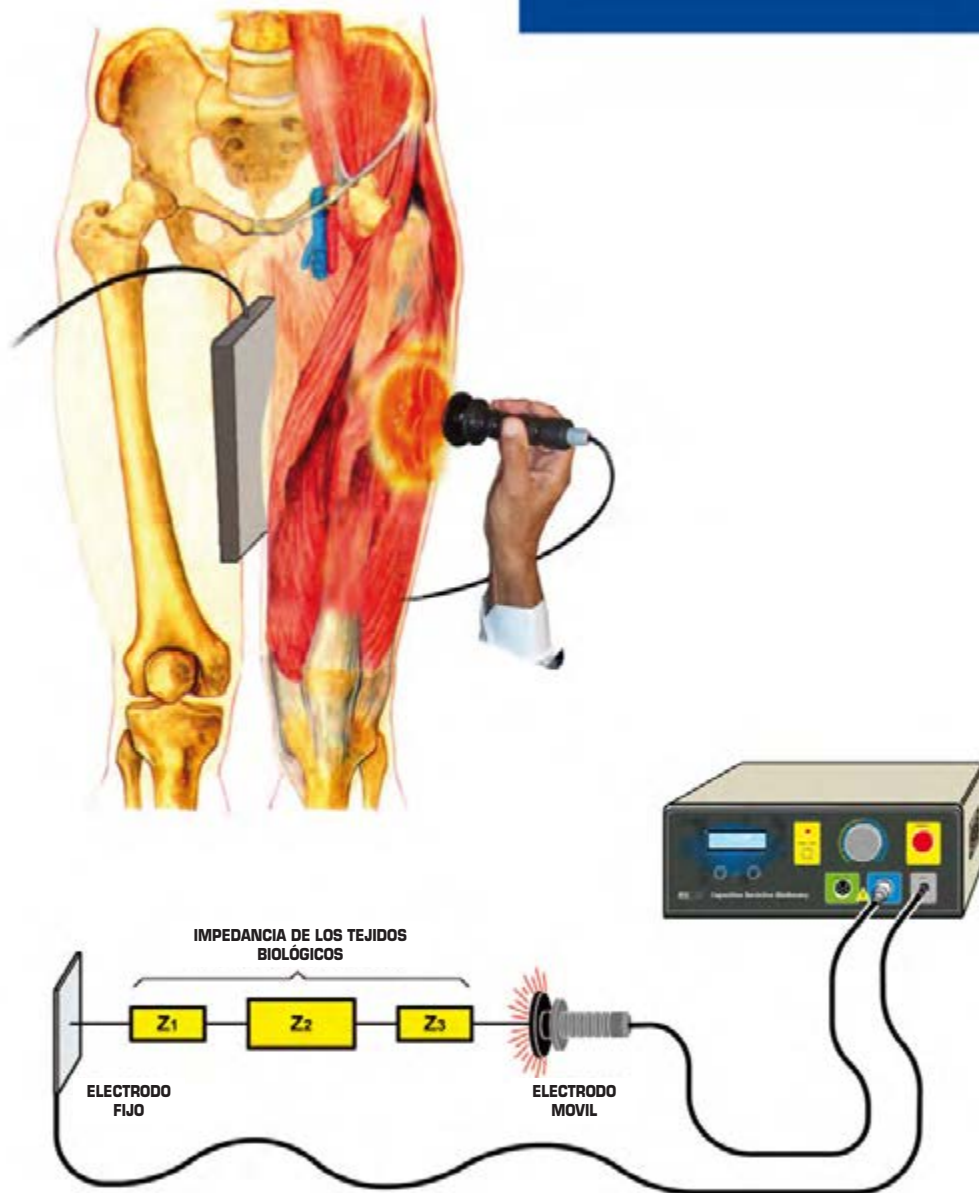


Fig.13 Con el electrodo capacitativo, por lo contrario, el desarrollo de calor tiene lugar en la capa aislante en la superficie y de ésta se irradia hacia el interior. Este tipo de tratamiento se lleva a cabo cuando se desea producir un efecto térmico más superficial, útil por ejemplo en el tratamiento de enfermedades cutáneas y musculares.

Dado que la percepción del calor varía de un individuo a otro la **cooperación del paciente** es esencial para entender cuál es el nivel de calor alcanzado, que en **ningún caso** deberá ser **molesto**.

La característica del modo resistivo es la de desarrollar un **calor profundo**.

Por esta razón, es prácticamente **imposible** medir el aumento de la temperatura y el único sistema para mantenerlo bajo control consiste en la sensación experimentada por el paciente.

En el modo resistivo el electrodo móvil generalmente se mantiene estacionario sobre la piel o se mueve con un **lento masaje circular**, y durante el tratamiento es necesario preguntar al paciente para verificar que la temperatura percibida no alcance un nivel excesivo.

Advertencia: *en cuanto el paciente informe de un aumento de la temperatura es necesario reducir la potencia aplicada.*

Es bueno tener en cuenta que la **eficacia** del tratamiento **no es proporcional** al incremento de la **temperatura**.

Los efectos de curación duraderos se logran ya con un calentamiento **muy modesto**.

■ **Funcionamiento en modo CAPACITIVO**

También en este caso la pareja de electrodos se compone de un **electrodo de retorno** y un **electrodo móvil**. Pero, mientras que el electrodo de retorno sigue siendo el mismo, el electrodo **móvil** está **recubierto** por una finísima capa de **Rilsan®**, un material plástico **altamente aislante**.

De esta manera, el **efecto térmico**, que con el modo resistivo se manifestaba aproximadamente a la **mitad** del camino entre los dos electrodos, es decir, en el tejido óseo, es ahora desplazado sobre la superficie del electrodo móvil, recubierto con material **aislante**, a directo contacto con la **piel**.

El efecto que se obtiene es así completamente diferente, porque ahora el calor ya no se genera en las profundidades de los tejidos, sino directamente en las capas **superficiales** de la piel, desde donde se **irradia** hacia los tejidos inmediatamente subyacentes, como se muestra en la fig.13.

De esta manera se obtiene un calentamiento de **las fajas musculares** y de los **vasos superficiales**, calentamiento que es moderado **moviendo** continuamente el electrodo móvil con un **movimiento circular**, para distribuir el calor

generado por las cargas eléctricas sobre una superficie más amplia.

Crucial a este respecto es la aplicación entre el electrodo móvil y la piel de la **crema conductora**, que además de distribuir más uniformemente la carga eléctrica contribuye a ejercer un **efecto calmante** sobre la piel.

Es muy importante comprobar en todo momento con el paciente la tolerancia del tratamiento, para evitar producir **quemaduras superficiales**. También en este caso, tan pronto como el paciente se queje de un **exceso de temperatura**, es necesario **reducir** la **potencia** suministrada.

Como en el modo resistivo, el electrodo de retorno se mantiene fijo en la superficie subyacente, después de haber aplicado una capa adecuada de **crema conductora**.

Teniendo que ganar la mayor **impedancia** ofrecida por el material aislante del cual el electrodo móvil está revestido, la tensión alterna producida por el generador puede alcanzar en este caso un valor máximo alrededor de **900 voltios de pico**.

Nota: *los valores de la tensión máxima de 300 voltios/p en el modo resistivo y 900 voltios/p en el capacitativo son indicativos y se miden en vacío.*

Aplicando los electrodos a los tejidos, estos valores pueden resultar mayores por un efecto de resonancia que se crea entre la capacidad del cuerpo humano y el circuito generador de alta frecuencia.

2ª Parte

■ **Efectos terapéuticos**

Las enfermedades que pueden ser tratadas con **DCR** son muy numerosas, tanto en el campo fisioterapéutico como en el médico.

Veremos las más comunes:

■ **PATOLOGÍAS DEL SISTEMA MUSCULAR**

Siendo fuertemente **irrigado** por la sangre, el tejido muscular es uno de los tejidos biológicos que mejor reaccionan a la diatermia con un **rápido aumento** de calor.

Al mismo tiempo, siendo rico en vasos, el músculo es capaz de **dispersar** con la misma eficacia el calor producido en su interior, por medio de un aumento en el **volumen** de sangre y la **circulación** sanguínea.

De esta manera, se estimula el **metabolismo celular** con la consiguiente eliminación de los **catabolitos** y se mejora la aportación de **oxígeno**.

Está demostrado que el calor causa una **relajación** del tejido muscular, actuando sobre la regulación del tono y en el complejo de Golgi, que aumenta su actividad al aumentar la temperatura.

La potencia a utilizar cada vez durante el tratamiento depende del **tamaño** del músculo, de su **profundidad** y de la **patología** a tratar.

■ **Lesiones musculares**

A veces las **lesiones musculares** son el resultado de un esfuerzo excesivo, o bien de auténticos traumas, y con frecuencia tienen como consecuencia el **derrame** de **sangre** en los tejidos con la producción de **hematomas** más o menos extensos.

Por supuesto, cuanto mayor sea el tamaño de la extravasación hemática, mayor será el tiempo necesario para reparar el daño y restablecer la elasticidad natural de las fibras musculares.

Cuando se está en presencia de un **hematoma** hay que tener en cuenta que la diatermia puede ser utilizada solo **después** de la **fase aguda**, es decir, después de que el hematoma haya completado su expansión y haya comenzado el proceso de reorganización del tejido.

Esto ocurre generalmente después de un tiempo mínimo de **48 horas**.

Este período de tiempo es absolutamente indicativo y puede ser modificado con una cuidadosa **evaluación clínica** e **instrumental** por medio de una **ecografía**.

Además de los hematomas, la diatermia resulta eficaz también en el tratamiento de **enfermedades crónicas** del tejido muscular, tales como las **cicatrices** y las **osificaciones**.

■ **Contracturas**

Cuando el músculo está sometido a un esfuerzo excesivo, que va más allá de su capacidad de oxigenación, entonces puede manifestarse el fenómeno de la **contractura**.

Las contracturas también pueden producirse por otras razones, por ejemplo, debido a una **postura incorrecta** o a una reacción excesiva del organismo hacia una incorrecta **condición articular**.

A diferencia de los derrames, las **contracturas** pueden ser tratadas con diatermia en cuanto aparezcan **los primeros síntomas**.

El calor, produciendo un aumento de la circulación, tiene como efecto una reducción de la **acidosis** y un reequilibrio del **metabolismo celular**, que se acompaña a un efecto de **reducción** del **dolor**, con el resultado de un alivio a veces inmediato.

■ **TENDINITIS**

Ésta es otra patología que da buenos resultados si se trata con diatermia.

Las **tendinitis** y también las **capsulitis** son casi siempre el resultado de **esfuerzos prolongados** y **repetidos**.

La consecuencia es la aparición de un proceso inflamatorio, es decir, de una inflamación, que en última instancia conduce a una **degeneración** de los tejidos. A veces pueden aparecer **calcificaciones** que ralentizan sensiblemente el proceso de curación. Empeora las cosas el hecho de que el tejido del tendón está por su naturaleza pobremente irrigado de sangre.

Induciendo una **vasodilatación** a nivel local el calor obtiene como resultado el incremento de la **oxigenación** con el efecto de **revitalizar** el tejido **fibroso** que lleva a una resolución del proceso inflamatorio.

■ **BURSITIS**

También en el caso de las **bursitis**, la DCR demuestra ser una herramienta terapéutica valiosa.

Las bursitis pueden presentarse tanto por **traumatismos** repetidos, así como resultado de **procesos inflamatorios** que implican las **articulaciones**, como en el caso de la **artritis reumatoide**.

Dan lugar a la formación de **quistes** con **acumulación** de

líquido que, en caso de ser aspirado, a menudo se vuelve a formar.

A veces la viscosidad del líquido es tan alta que no es posible llevar a cabo la aspiración.

Un tratamiento con diatermia puede favorecer la **fluidificación** del **líquido** contenido en los quistes, haciéndolo fluir en la cavidad articular donde es reabsorbido por la membrana sinovial.

■ **LUMBALGIA**

La **lumbalgia** consiste en la presencia de un dolor localizado en la región lumbar, a saber, la parte inferior de la columna vertebral.

Puede existir en una forma **aguda**, en la que el dolor, generalmente muy intenso, aparece de repente después de un movimiento repentino y anormal de la columna.

La forma crónica es caracterizada por un dolor menos agudo pero que puede durar mucho tiempo.

El tratamiento debe llevarse a cabo **lejos** de la fase aguda, para asegurarse de que el aumento del flujo sanguíneo causado por el calor no empeore el edema y la **compresión** de las **estructuras de raíz**.

■ **DOLORES MENSTRUALES - ENDOMETRIOSIS**

Se han relatados casos de tratamiento con la diatermia también de **dolores premenstruales**, casos que se resolvieron positivamente y han permitido a las pacientes beneficiarse de este tratamiento, reduciendo en gran medida los efectos de este síndrome doloroso.

En la tabla de al lado facilitamos un listado de otras patologías para las que **deberéis previamente consultar vuestro medico de confianza** para saber si responden al tratamiento con diatermia.

■ **MEDIDAS del NIVEL ENERGÉTICO**

La primera recomendación que debe acompañar a cualquier tratamiento terapéutico se resume en el famoso lema "**primum non nocere**".

La cantidad de potencia, por lo tanto, debe ser cuidadosamente calibrada para evitar cualquier posibilidad de **daño** a la salud del paciente.

Éste sigue siendo uno de los problemas más difíciles de resolver, ya que en la diatermia falta un sistema para **medir** con precisión la **temperatura**.

Además, la potencia a utilizar varía muchísimo según la

zona a tratar, según la **profundidad** del tratamiento y las **características** de los tejidos biológicos involucrados.

Por esta razón, la diatermia debe ser realizada exclusivamente por **personas expertas** y bajo la estrecha **supervisión** de un **médico**.

En general se asume como nivel de potencia máxima, que no debe sobrepasarse, el que produce en el paciente una sensación de **agradable calor**.

Patologías venosas y linfáticas
Traumas de las articulaciones (esguinces, artrosinovitis)
Adenomas prostáticos Ipertrofia prostática simple Prostatitis agudas y crónicas
Asma BPCO
Vesciculitis Psoriasis Acné
Úlceras varicosas Úlceras arteriales
Parodontopatías Perimplantitis Traumas del nervio mandibular y del mentón
Diversas formas de tendinopatías: tendón de Aquiles, tendón rotuliano, de la pata de ganso, del hombro, del extensor corto, del abductor largo del pulgar (M.di De Quervain)
Patologías insercionales: epicondilitis y epitrocleitis del codo, pubalgias, talalgia.

El calor que percibe el paciente no deberá ser **nunca molesto**. Sin embargo, este sistema tiene muchas deficiencias.

Estudios realizados con animales, de hecho, han demostrado que ya a una temperatura de **42 ° C** se produce un **daño celular irreversible**, mientras que el **umbral de tolerancia** del calor está en un nivel significativamente más alto, a saber, aproximadamente sobre los **45 ° C**.

Además, la sensación de calor percibida por el paciente varía de individuo a individuo y puede haber una diferencia significativa entre la sensación de calor percibida a nivel superficial, por ejemplo en la **piel**, donde hay muchas **terminaciones nerviosas**, y la percibida en los **tejidos profundos**, donde la temperatura puede alcanzar niveles **dañinos** para los tejidos, sin que el paciente lo **perciba**. Por esto una recomendación a tener en cuenta es la de efectuar el tratamiento utilizando las **potencias más bajas posibles**.