

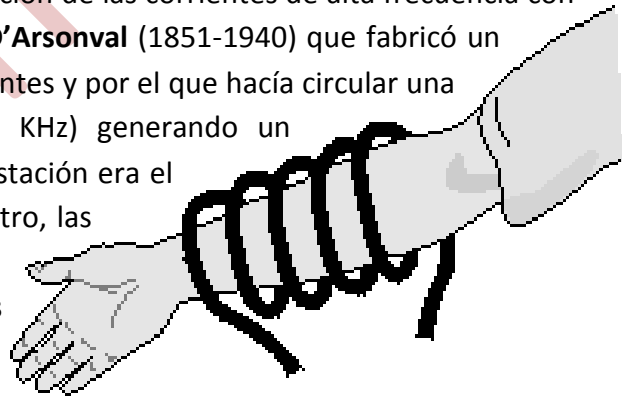
TERMOTERAPIA (3)

CALOR Profundo.

Es conocido que la corriente eléctrica tiene múltiples efectos y que a muchos de ellos se les da un uso terapéutico. Así al efecto “quemadura”, la técnica lo ha adaptado para transformarlo en una herramienta muy útil como el electro-bisturí. El efecto ionizante nos permite “disociar” las moléculas en partículas de tamaño más pequeño (iones) y hacerlos permeables a la membrana de la piel. La corriente de baja frecuencia, tiene un efecto excitante que la convierte en el mejor medio de producir una actividad motriz y sensitiva, lo cual es bien utilizado para provocar contracciones musculares o actuar contra el dolor, pero si se quiere transferir energía en forma de calor y que éste llegue a los tejidos profundos, lo que recibe el nombre de **DIATERMIA**, ha de ser mediante la utilización de la corriente eléctrica generada a alta frecuencia, ya que está demostrado que la capacidad de excitación disminuye a medida que aumenta la frecuencia (prácticamente desaparece a partir de 10 KHz) mientras que el efecto calor comienza a ser importante a partir de los 100 KHz.

El embrión de la utilización de las corrientes de alta frecuencia comenzó a finales del siglo XIX y fue en **1879** cuando **Ward** comenzó los ensayos con este tipo de corrientes.

En **1892** uno de los pioneros en la utilización de las corrientes de alta frecuencia con fines terapéuticos fue **Jacques Arsène D'Arsonval** (1851-1940) que fabricó un selenoide con el que envolvía a los pacientes y por el que hacía circular una corriente de alta frecuencia (200-300 KHz) generando un campo magnético cuya principal manifestación era el calor, además de inventar el galvanómetro, las primeras corrientes de alta frecuencia llevaron su nombre, **las corrientes d'Arsonval**.



A finales del siglo XIX, von **Zeyneck** demostró el **efecto Joule** en el ser humano y en 1908 habla de 10 pacientes artríticos tratados con corrientes alternas de frecuencias superiores a los 10 KHz.

Finalmente fue **Schliephake** en los años 30 el que desarrolló la terapia actual de campo condensador.

El método de inducción fue desarrollado en 1934 en EEUU

Con la corriente eléctrica se pueden generar: campos eléctricos, campos magnéticos, campos electromagnéticos y al hacerla pasar por algunos materiales de características especiales como los “piezoeléctricos” (cuarzo y sus aleaciones), que convierten la energía eléctrica en ondas ultrasónicas. Administrada de forma continua generarán calor profundo, como es el caso de los aparatos de ultrasonidos.

Ultrasonidos:

Si hacemos transcurrir una corriente eléctrica de frecuencias comprendidas entre 1 y 3 MHz (entre uno y tres millones de ciclos por segundo) a través de la membrana de un transductor piezoeléctrico, situado en un cabezal, se genera una onda ultrasónica, que se propaga como ondas de compresión longitudinal capaz de atravesar los tejidos, transmitiendo un efecto calórico si se hace de forma continua.



En este apartado solo se comentará los efectos térmicos de las ondas ultrasónicas, dejando aparte y para otro capítulo todo lo referente a los ultrasonidos, que como se sabe es una técnica que precisa una más amplia descripción, en su aplicación pulsátil (atérmico), efectos particulares, indicaciones, contraindicaciones particulares y forma de administración de la técnica.

La onda ultrasónica generada está sujeta a las leyes del sonido, que necesitan algún medio de conducción y por lo que es importante conocer los efectos, sobre todo el de la reflexión, la atenuación, la impedancia acústica, la dispersión, grado de absorción y penetración, así como la convergencia y divergencia del haz ultrasónico, y los índices de NO uniformidad.

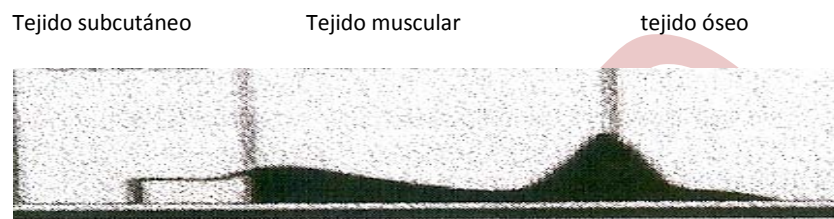
La propagación de la onda ultrasónica depende de:

- 1.- La absorción del medio biológico
- 2.- La reflexión en las interfases de los distintos tejidos y otros medios que crearán ondas estacionarias y de concentración (Lehmann y Johnson).

La impedancia acústica “Z”, sobre todo de los metales, hueso y tejidos blandos, produce un alto grado de reflexión, sobre todo en las interfases.

Debido a la reflexión, las ondas ultrasónicas sufren una importante dispersión, y cuando se aplican, pueden quedar “encerradas” ante la oposición del aire y dirigirse hacia zonas no previstas en el tratamiento.

Los ultrasonidos calientan de forma selectiva las interfases entre los tejidos. Es muy satisfactoria la penetración de la energía en el músculo y produce un alto calentamiento de la interfase músculo-hueso. Solo una pequeña cantidad de energía se convierte en calor en la grasa subcutánea y también en el músculo.



El haz ultrasónico va perdiendo intensidad según avanza por los tejidos, a la pérdida por unidad de longitud, se le llama “**atenuación**”. La atenuación es “exponencial” y depende del medio que atraviesa y de la frecuencia utilizada, siendo mayor la pérdida de intensidad con los ultrasonidos de mayor frecuencia.

La zona próxima al transductor, donde las ondas del haz ultrasónico se muestran más planas, es conocida como la **zona de Fresnel** y es donde se produce la mayor concentración e irregularidad de transmisión. A partir de este punto el haz sufre una divergencia, dando paso a la **zona de Fraunhofer**, de radiación más uniforme, pero con una divergencia y difusión del haz que hace casi inoperantes los cabezales de menos de 4 cm². La focalización del ultrasonidos es mayor cuando mayor es la frecuencia, pero la capacidad de penetración es menor, por lo que se utilizará para tratamientos de patologías superficiales.

Hay que tener muy presente las zonas de sobrecalentamiento con los ultrasonidos, que se pueden producir por dos motivos:

- 1.- La generación de ondas estacionarias, por la coincidencia de la onda emitida y la onda reflejada.

- 2.- La deformación irregular de la membrana del transductor, al paso de la corriente eléctrica, que da lugar a distintos valores de transmisión de la energía, produciendo zonas de calentamiento distintas, éste fenómeno conocido se mide con el índice BNR (Beam no- Uniformity Ratio) o ratio de no uniformidad, que nunca debe ser inferior a 4.

Si el BNR es inferior a 4 significa que hay más de un 25% de zonas de deformación irregulares con potencial de transmisión y sobrecalentamiento no controlado. El ratio habitual de los buenos equipos de ultrasonidos se sitúa entre el 5 y el 6.

El ultrasonidos (U.S.) es usado terapéuticamente porque tiene una alta penetración en el tejido graso (por su baja absorción) y una baja penetración en el músculo (por su alta absorción) siendo en la interfase músculo-hueso donde el índice de calentamiento es más alto.

El calor generado por los ultrasonidos permite realizar la técnica de la “sonoforesis” que consiste en el transporte transdérmico (al aumentar la energía cinética) de principios activos y medicamentos que se aplican tópicamente. La difusión es posible por el cambio de la permeabilidad de la membrana celular, causado por la vibración y por la dilatación que produce el calor en las glándulas sudoríparas y sebáceas y folículos capilares que favorece su absorción.

Si comparamos dos técnicas, iontoforesis y sonoforesis, (ambas buscan un mismo objetivo) hay dos ventajas a favor de esta última, una la minimización de los efectos químico-eléctricos, al desaparecer el efecto de la electrolisis y la segunda, referida a que las moléculas de los principios activos no tienen que estar situadas eléctricamente en un polo determinado, para ser ionizadas (muchos fracasos en la técnica de la iontoforesis se deben al desconocimiento del “polo” por el que ioniza la sustancia o principio activo ionizable).

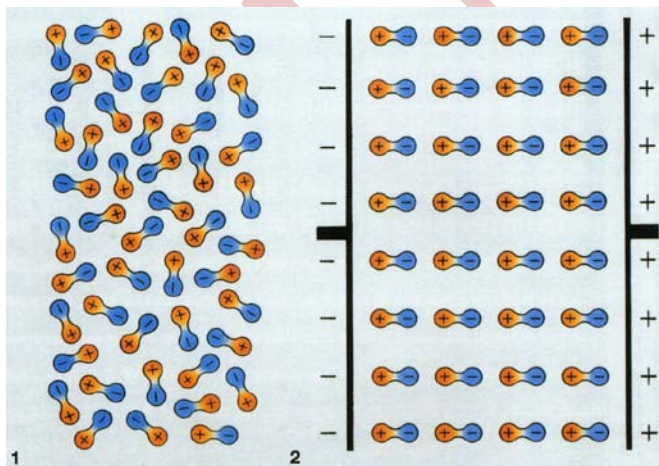
Campos eléctricos. Onda Corta:

Antes de comentar el equipo más representativo generador de campos eléctricos, la **Onda Corta (de campo condensador o capacitivo)**, cuya frecuencia fue establecida, al igual que para otros equipos de electromedicina en 1947 por el Ministerio de Guerra americano, y fijada en el valor de 27,12 MHz, con la que podemos producir calor profundo, es conveniente tener presente algunos conceptos que van a ser determinantes en este tipo de aparatos, así debemos recordar:



Inductancia, Auto-inducción o resistencia que opone un conductor al paso, cambio, variación o corte de la corriente (típico chispazo o arco voltaico)

Capacitancia, o capacidad que tienen las cargas eléctricas de atraerse si son de distinto signo o repelerse si son de signo idéntico.



El cuerpo humano tiene en su composición una gran masa de agua en la que están diluidas moléculas de elementos con cargas eléctricas positivas y negativas (electrolitos). Si hacemos pasar una corriente eléctrica a una frecuencia de 27,12 MHz (27,12 millones de ciclos por segundo) cambiando la polaridad, se producirá un movimiento de

alineamiento de las cargas eléctricas de dichos dieléctricos, conocido como **movimiento Browniano** que en su constante cambio o potencial cinético, producirá una extraordinaria energía en forma de calor.

Cuando mayor sea el contenido en agua de un tejido, mejor será la conductividad (Scott, B.).

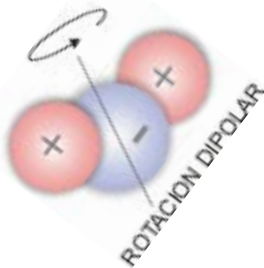
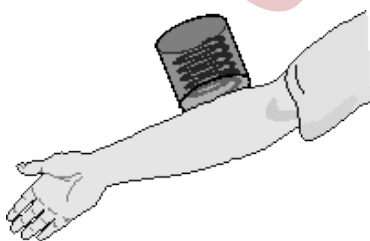
El área a donde se necesite transferir el calor queda colocada entre 2 placas condensadoras metálicas, recubiertas de material plástico duro o bien por una envoltura de vidrio. En otros casos pueden ser de caucho o gel.

Una de las formas más habituales de aplicación es la forma **CONTRALATERAL**, en la que el campo eléctrico generado atraviesa los tejidos de forma perpendicular, por lo que el cuerpo se comporta como un circuito eléctrico en serie, de tal manera que se calientan más los tejidos que ofrecen una mayor resistencia.

Existen dos formas más de aplicación: la forma **COPLANAR**, en la que los electrodos condensadores se sitúan en el mismo plano, de tal modo que siguiendo una ley de física eléctrica, la corriente viajará más profundamente de un polo a otro, cuanto mayor sea la separación entre dichos polos. La tercera forma, la **LONGITUDINAL** es aquella en la que los electrodos se disponen de tal manera que el campo eléctrico atraviesa las fibras longitudinalmente, aquí el cuerpo se comporta como un circuito eléctrico en paralelo, por lo que los tejidos que más se calientan son los que ofrecen una menor resistencia.

En las tres formas de aplicación se puede variar la densidad eléctrica sobre el área a tratar si se modifica el tamaño de uno de los electrodos condensadores, siendo el diámetro inversamente proporcional al nivel de calentamiento, es decir, a menor tamaño mayor densidad eléctrica y por lo tanto mayor calentamiento y viceversa.

El otro método es, la Onda Corta de **campo inductor o inductivo**, en este equipo los electrodos condensadores son sustituidos por un “**mónodo**” o también llamado “**tambor**” con el que la corriente eléctrica circular, inducen los tejidos generando un campo magnético, al aplicarse mediante un cable selenoideo.



En este caso, se produce una mayor absorción de energía, por lo tanto un mayor calentamiento, en los tejidos profundos con alto contenido acuoso que en la grasa subcutánea.

Precauciones específicas: En este caso, a diferencia de la Onda Corta de campo condensador, no es necesario aislar al paciente de tierra y si puede tocar al paciente durante el tratamiento.

En ambos métodos de deberá desposeer al paciente de objetos metálicos, y no administrar la terapia si existen implantes metálicos ya que pueden ser destruidos por un sobrecalentamiento selectivo.

Especial atención a los dispositivos intrauterinos (DIU) y a las lentes de contacto por los posibles núcleos de calor.

La Onda Corta aplicada en la zona lumbar, aumenta el flujo menstrual.

Se debe tener un especial cuidado con la potencia de la Onda Corta administrada en modo continuo pues genera un calor profundo incontrolado difícil de precisar en temperatura y lugar, sobre todo si no se tienen claras sus distintas formas de aplicación, pudiendo aparecer las temidas y peligrosas quemaduras internas.

Para minimizar esta posibilidad, desde 1940 y desarrollada por **Ginsberg** se dispone de la terapia pulsátil siendo en 1959 cuando se construyó el primer aparato atérmico de Onda Corta.

Transferencia eléctrica capacitiva y resistiva:

La transferencia eléctrica capacitiva y resistiva, son otra forma de aplicar una energía biocompatible radiante para la obtención de DIATERMIA, con equipos de radio transmisión adaptados para la transmisión de frecuencias no muy altas y comprendidas entre 372 y 485 o 695 KHz que no se propagan en el espacio y permiten activar las zonas osteo-articulares y musculares patológicas ejerciendo de catalizador de los procesos reparadores, lo que permiten reducir los tiempos de recuperación y mejoría de los pacientes.



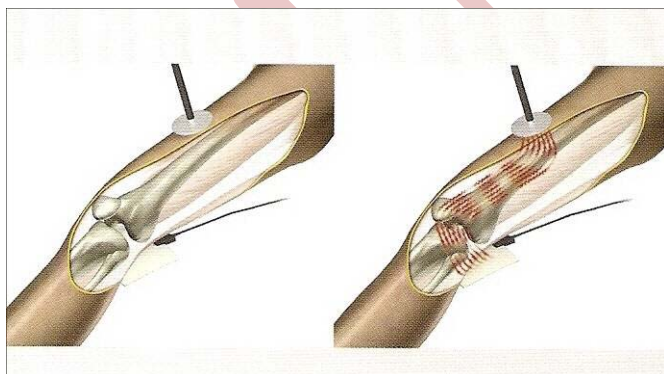
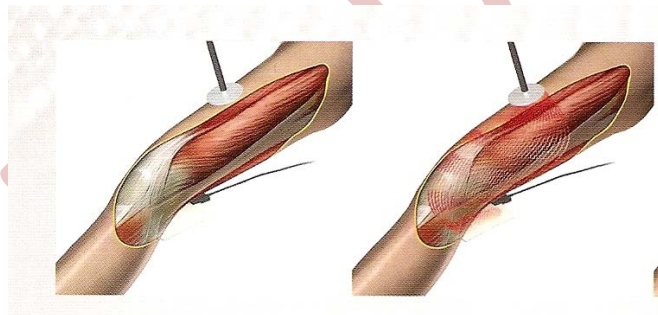
La transferencia eléctrica capacitiva está basada en:

- 1.-El método del campo condensador o capacitivo y
- 2.-El método resistivo.

En la transferencia capacitiva, la diatermia se produce por el movimiento Brouwniano (con un electrodo metálico, recubierto de un material aislante y una placa metálica que cierra el circuito, bien adherida al cuerpo del paciente) y cuyo mayor o menor efecto térmico estará condicionado por la potencia (W) alta o baja seleccionada.

Este método capacitivo es el más recomendable para los tejidos con alto contenido en agua, como son los tejidos blandos, especialmente los músculos.

Para aplicar esta técnica con seguridad es necesario "mover" constantemente el electrodo metálico para evitar quemaduras internas. Se utiliza además, una crema o gel conductor, para mejorar la transmisión y conductividad eléctrica (evita también el fenómeno de la inductancia).



En el método resistivo la transferencia eléctrica está concentrada en los tejidos con mayor resistencia (huesos y tendones). Se administra con un electrodo con espirales metálicas (sin aislar).

En algunos equipos hay una función multiseccional de ciclo energizante, que permite sustituir el movimiento manual de la placa por el terapeuta y evitar su presencia física para la implementación de la terapia.

Microondas:

El Microondas o radar es un aparato que genera ondas electromagnéticas en una frecuencia de 2.450 MHz, (también se le llama aparato de ondas centimétricas) y lógicamente está sujeto a las leyes de la óptica, afectándole muy especialmente la reflexión, refracción, dirección y focalización.

Como tales ondas electromagnéticas, se propagan en línea recta, disminuyendo su intensidad debido a la divergencia del haz, siendo responsables de la misma las propiedades dieléctricas del medio que atraviesan y su resistencia o conductividad, y a su absorción, produciéndose una mayor absorción en los tejidos con gran contenido de agua, lo que incide en una menor penetración.

La longitud de onda también repercute en la penetración, ya que a mayor frecuencia (menor longitud de onda) la penetración es menor. La profundidad es mala con una frecuencia de 2.450 MHz ya que se produce un calentamiento de la grasa. La intensidad en el músculo se reduce al 50% a una profundidad de poco más de 1 cm.

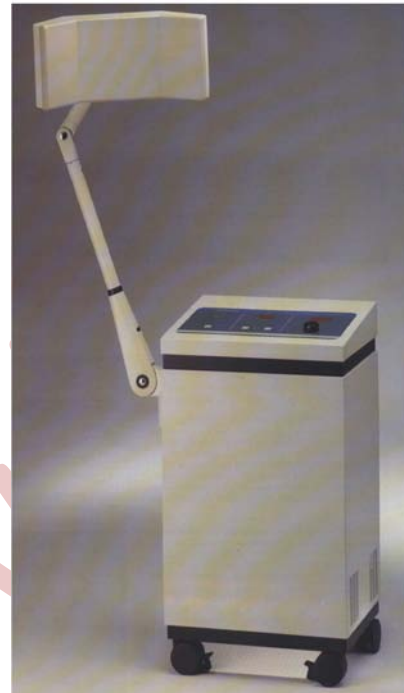
El aparato de microondas está muy afectado por la reflexión, **Schwan** demostró que una cantidad importante y variable, alrededor del 50% se puede reflejar en la superficie de la piel y en la interfase que separa la grasa subcutánea y la musculatura, siendo un importante hándicap para la penetración y calentamiento de estructuras de tejidos profundos.

La reflexión se reduciría al mínimo si se utilizaran frecuencias de 915 MHz con aplicadores de contacto directo, pero problemas de tipo técnico impiden la fabricación de equipos de estas características.

Preparación del tratamiento:

Es importante recordar las advertencias que se recogen a continuación, para llevar a cabo un tratamiento con el equipo de microondas exento de riesgos, a saber:

- Eliminar todos los objetos metálicos en pacientes y accesorios
- Desconectar todo tipo de aparatos electrónicos, con especial mención a: marcapasos, audífonos y teléfonos móviles



- Procurar siempre una focalización de la zona a tratar, para minimizar el riesgo de contaminación medioambiental electromagnética.
- Situar al paciente sobre camillas o sillas de madera, desprovista de objetos metálicos
- Procurar que el paciente no lleve ropa o apósitos húmedos.
- Evitar la sudoración del paciente y si ésta se produce, secar rápidamente el sudor

Es conveniente adoptar además **precauciones especiales** para tratar determinadas zonas del cuerpo como **en los ojos**, en los que puede ser altamente posible el calentamiento del cristalino produciéndose cataratas lenticulares. **En los testículos**, que a diferencia de los ovarios por su escasa penetración, pueden verse afectados a la radiación, incluso dispersa si se producen exposiciones prolongadas. **En el hueso**, cuyo crecimiento puede verse comprometido, después de exposiciones prolongadas.

Es importante resaltar que este tipo de aparatos deben ser especialmente revisados periódicamente en sus parámetros de funcionamiento por laboratorios especializados.

Debido a la imposibilidad de conocer el grado de calentamiento que se obtiene, ya que el mismo dependerá de la distancia de los electrodos (campo aéreo de unos 20cm), el tamaño de los mismos (mayor o menor concentración), potencia aplicada (W) modo de la aplicación (continua o pulsátil) y características de la zona a tratar (mayor o menor grosor del tejido adiposo) es muy importante mantener un diálogo permanente con el paciente para conocer la percepción que éste tiene de la transferencia de energía que percibirá en forma de calor, ya que esta podrá ser de:

- Grado I** : Imperceptible
- Grado II** : Calor supraliminal
- Grado III**: Calor moderado, suave y agradable
- Grado IV**: Calor intenso, agobiante
- Grado V** : Sensación de quemadura

Esta escala será de gran ayuda a la hora de establecer la dosis adecuada a la patología que se trata ya que **en procesos agudos**, las dosis deberán ser bajas por los que se aplicarán los grados I y II, los tiempos de exposición serán cortos (alrededor de 5 minutos), siempre en modo pulsátil y sesiones diarias (diarias, de 5 a 15 días).

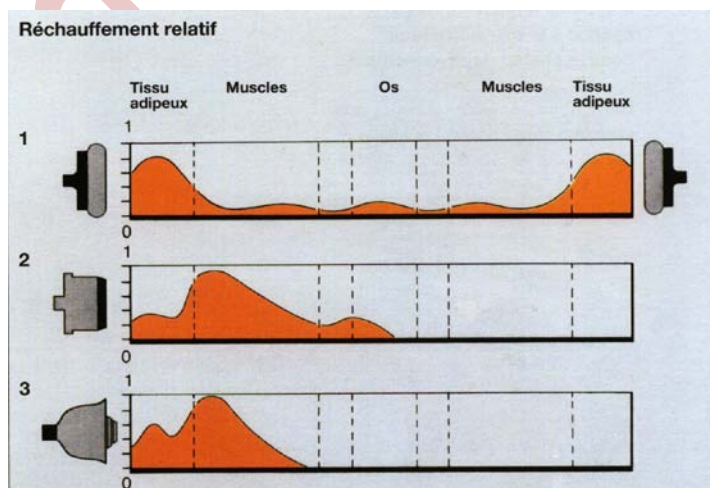
En procesos crónicos en cambio, las dosis deberán ser moderadas, aplicando grados II – III y IV, con tiempos largos de exposición (de 15 a 30 minutos), en modo continuo (térmico) con una periodicidad semanal de 2 o 3 veces por semana y durante meses.

La sensibilidad a la contaminación medioambiental que se produce y, aunque no hay estudios que corroboren posibles perjuicios para la salud, tanto para los pacientes como de los terapeutas que aplican la técnica, el organismo oficial ICNIRP recomienda para estos últimos:

- Que se respete una distancia de 1,5 a 2 m. después de focalizado un tratamiento.
- Que se haga todo lo posible por focalizar y concentrar el haz de radiación.
- Que se haga el menor uso posible del número de aparatos funcionando al mismo tiempo.
- Que se escoja siempre la menor potencia posible, dentro del rango de dosis terapéutica que deba recibir el paciente.
- Que se produzca una rotación de los profesionales que aplican la técnica, para disminuir el tiempo de exposición.
- Que sean señalizadas las zonas donde se ubiquen los aparatos de microondas, por el riesgo que implican frente a marcapasos, audífonos y otros dispositivos electrónicos.

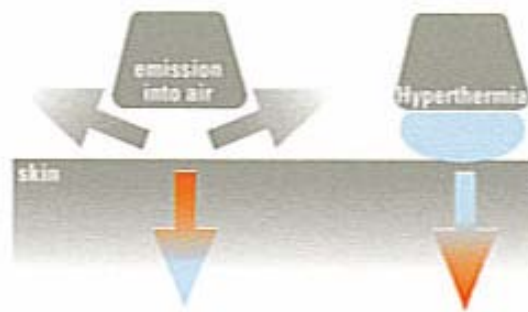
En general y debido a la contaminación electromagnética, los aparatos de microondas deberán permanecer alejados lo máximo posible de otros equipos médicos electrónicos (en el gabinete de fisioterapia hay que hacer especial mención de los equipos de electroterapia de media y baja frecuencia, ultrasonidos, tracciones cervicales y lumbares electrónicas, etc.), ya que pueden verse alterados en su funcionamiento, lo que implica un riesgo importante para los pacientes (implica un riesgo inversamente proporcional al cuadrado de la distancia) y la única forma de eliminarlo es construir un **“box-jaula de Faraday”** e introducir dichos aparatos en su interior.

A continuación se muestra un cuadro que puede dar una idea más exacta, del grado de calentamiento de los aparatos de Onda Corta de campo condensador (1), Onda Corta de campo inductivo (2) y Microondas (3):



La Diatermia se ha impuesto en el curso de los últimos años como la verdadera novedad en el campo de la termoterapia endógena. El término se asocia cada vez más a una mayor rigurosidad de conceptos de gran eficacia de calentamiento en profundidad y de gran precisión en el control de la temperatura de los tejidos.

La novedad tecnológica actual consiste, en la posibilidad de combinar DOS fuentes que operan simultáneamente en el área de tratamiento. Una fuente endógena y otra exógena que permiten superar los límites tecnológicos y terapéuticos de las termoterapias tradicionales.



El calentamiento por vía endógena, a través del uso de generadores de campos electromagnéticos, está ya consolidado por antigüedad y experiencia, sin embargo la novedad consiste por la utilización simultánea de una fuente exógena que enfría (mediante un "bolus" de agua termoregulada).

Estos aparatos, actúan en una frecuencia de 433,92 MHz (de baja reflexión por la frecuencia utilizada) y sitúan la antena en un aplicador cónico que genera las ondas directamente en un receptáculo de agua que al mismo tiempo produce un enfriamiento cutáneo, o control térmico superficial, con regulación continua y automática de la potencia emitida por la resolución de **ecuación de MAXWELL**, en la que se tienen en cuenta variables como la frecuencia, la polarización, la amplitud y la duración del campo eléctrico, la geometría y profundidad de los tejidos, el aumento de profundidad de los mismos, la temperatura superficial, el ambiente circundante, etc...



Estos equipos pueden pues proporcionar un alto nivel de eficacia al alcanzar el nivel térmico necesario entre 38 y 42° C, precisión al depositar este calor en profundidades de ente 2 y 4cm (efectos terapéuticos hasta los 6-7cm), homogeneidad sin zonas sobrecalentadas y por lo tanto con un mayor nivel de seguridad que el que proporcionan el resto de técnicas de tratamiento.