

# Diatermia

## SINOPSIS

- Propiedades físicas de la diatermia
- Tipos de aplicadores de diatermia
  - Bobina de inducción
  - Placas de capacitancia
  - Magnetron (condensador)
- Efectos de la diatermia
  - Efectos térmicos
  - Efectos no térmicos
- Indicaciones clínicas de la diatermia
  - Diatermia de nivel térmico
  - Diatermia de onda corta pulsada no térmica
- Contraindicaciones y precauciones de la diatermia
  - Contraindicaciones para cualquier tipo de diatermia
  - Contraindicaciones de la diatermia de nivel térmico
  - Contraindicaciones de la diatermia de onda corta pulsada no térmica
  - Precauciones con todos los tipos de diatermia
  - Precauciones con la diatermia de onda corta pulsada no térmica
  - Precauciones para el profesional que aplica la diatermia
- Efectos adversos de la diatermia
  - Quemaduras
- Técnicas de aplicación
  - Colocación
- Documentación
  - Ejemplos
- Elección del aparato de diatermia
- Estudios de casos clínicos
  - Caso 14-1: Capsulitis adhesiva
  - Caso 14-2: Esguince agudo de tobillo por inversión
  - Caso 14-3: Úlcera por presión sacra
- Repaso del capítulo
- Recursos adicionales
  - Páginas web
- Glosario
- Bibliografía

La **diatermia**, palabra griega que significa «mediante el calor», es la aplicación de onda corta (alrededor de 1,8 MHz a 30 MHz de frecuencia y 3 m a 200 m de longitud de onda) o microonda (frecuencia de 300 MHz a 300 GHz y longitud de onda de 1 mm a 1 m) para producir calor y otros cambios fisiológicos en los tejidos. La **radiación de onda corta** está en el rango de radiofrecuencia (3 kHz a 300 MHz de frecuencia y 1 m a 100 km de longitud de onda) y la radiofrecuencia está entre la radiación de **frecuencia extremadamente baja** (FEB) y la **radiación microonda** (v. figura 14-1). La radiación microonda tiene una frecuencia entre la de la radiofrecuencia y la radiación infrarroja (IR). Tanto la radiación de onda corta como la de microonda son ionizantes.

La utilización de la diatermia data de 1892, cuando d'Arsonval empleó campos electromagnéticos de radiofrecuencia con una frecuencia de 10 kHz para producir una sensación de calor sin las contracciones musculares que se producen a una frecuencia inferior. La utilización clínica de la diatermia de onda corta (DOC) tuvo una gran aceptación a principios del siglo xx y en EE. UU. se utilizaba con frecuencia en los años treinta para tratar infecciones. Sin embargo, a pesar de varios estudios que indicaban que la DOC era efectiva en distintos tipos de trastornos, la llegada de los antibióticos en los años cincuenta y la preocupación creciente por los posibles riesgos para el paciente y el operador si se aplicaba de modo inapropiado hicieron decaer su utilización. La diatermia perdió aceptación también porque debido a su naturaleza no es posible contener con facilidad el campo electromagnético para eliminar la interferencia con otros aparatos electrónicos y porque la mayoría de los aparatos de diatermia son grandes, caros y complicados de utilizar.

No obstante, en los últimos años ha resurgido el interés por esta tecnología gracias a la aparición de aparatos más pequeños y mejor protegidos. Algunos profesionales que trabajan en centros especializados están utilizando en la actualidad la diatermia para producir calor suave en regiones amplias y en respuesta a la publicación de varios estudios sobre los efectos no térmicos de la diatermia pulsada, los profesionales especializados en técnicas de cicatrización de las heridas están aplicando la diatermia para facilitar la cicatrización del tejido por mecanismos no térmicos. En la actualidad, se fabrican y se venden aparatos de DOC en EE. UU. Aunque no se fabrican aparatos de diatermia microonda (DMO), estos pueden importarse de otros países.

La radiación utilizada para la diatermia se encuentra en el rango de la radiofrecuencia, por lo que podría interferir con las señales de radiofrecuencia empleadas para las comunicaciones. Para evitar este tipo de interferencias, la *Federal Communications Commission* (FCC) ha asignado ciertas frecuencias de radiación de onda corta y de microonda a las aplicaciones para la salud. Los aparatos DOC han sido asignados a tres bandas de frecuencia centradas en 13,56 MHz, 27,12 MHz y 40,68 MHz con rangos de  $\pm 6,78$  kHz, 160 kHz y 20 kHz, respectivamente<sup>1</sup>. La banda de 27,12 MHz es la banda que se utiliza más frecuentemente para los aparatos DOC, porque tiene el mayor ancho de banda y es la más fácil y barata de generar. Los aparatos de DMO para aplicaciones de salud han sido asignados a la frecuencia de 2.450 MHz.

Tanto la DOC como la DMO pueden aplicarse en modo **continuo** o pulsado, y cuando se emplea una intensidad media suficiente pueden generar calor en el organismo<sup>2-4</sup>.

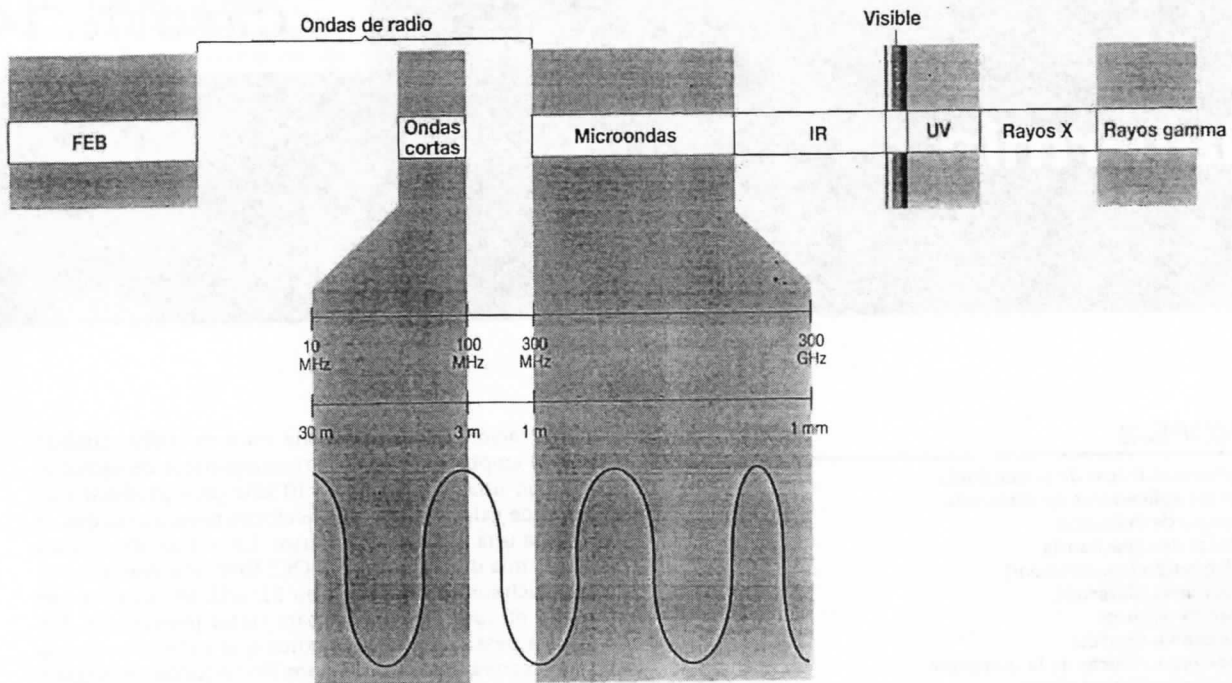


FIGURA 14-1 Ondas cortas y microondas en el espectro electromagnético. FEB, frecuencia extremadamente baja; IR, infrarrojo; UV, ultravioleta.

Cuando se aplica en modo pulsado con intensidad baja, el calor se disipa antes de que pueda acumularse, aunque la energía electromagnética de baja intensidad pulsada en el rango de frecuencia de onda corta o de microonda puede producir efectos por mecanismos no térmicos. La DOC pulsada aplicada a nivel no térmico se denomina por lo general **diatermia de onda corta pulsada (DOCP)**. No obstante, para describir este tipo de radiación también se emplean los términos campo electromagnético pulsado (CEMP), radiofrecuencia pulsada (RFP) o energía electromagnética pulsada (EEMP). En este libro empleamos el término DOCP.

## PROPIEDADES FÍSICAS DE LA DIATERMIA

El factor clave que determina si un aparato de diatermia aumentará la temperatura corporal es la cantidad de energía absorbida por el tejido. Esto viene determinado por la intensidad del campo electromagnético producido por el aparato y por el tipo de tejido en el que se aplica.

### Apunte clínico

La intensidad del campo electromagnético y el tipo de tejido determinan la cantidad de energía que será absorbida por el tejido y el grado de calentamiento que alcanzará.

Una señal pulsada puede permitir la disipación de calor durante la fase nula del ciclo. Estudios publicados previamente clasifican como no térmicos<sup>3</sup> los aparatos con una potencia media del aplicador por debajo de 38 W. Sin

embargo, en la práctica clínica la potencia del campo magnético que llega al tejido, el tipo de tejido y la perfusión del tejido determinan si el tejido se calienta más que la potencia del aplicador. Por tanto, el profesional debe tener en cuenta lo que siente el paciente y la información aportada por el fabricante para determinar si una aplicación de diatermia concreta aumenta la temperatura tisular.

Cuando se emplea una potencia suficiente para elevar la temperatura tisular, la diatermia ofrece varias ventajas frente a otros medios térmicos. Puede calentar tejidos más profundos que los medios térmicos superficiales, como las bolsas de calor, y puede calentar zonas más amplias que los ultrasonidos.

### Apunte clínico

La diatermia calienta el tejido a más profundidad que las bolsas de calor y una zona más amplia que los ultrasonidos.

La DOC no es reflejada por los huesos y, por tanto, no se concentra en el periostio ni aumenta el riesgo de quemadura del periostio como los ultrasonidos. Sin embargo, la DMO es reflejada en las interfaces titulares como entre el aire y la piel, entre la piel y la grasa subcutánea y entre las partes blandas y los huesos superficiales, por lo que produce más calor en las zonas próximas a estas interfaces. La reflexión de las microondas puede originar también la formación de ondas estacionarias que producen puntos calientes en otras zonas. Tanto la DOC como la DMO precisan poco tiempo de aplicación y no requieren que el profesional esté en contacto directo con el paciente durante todo el período de tratamiento.

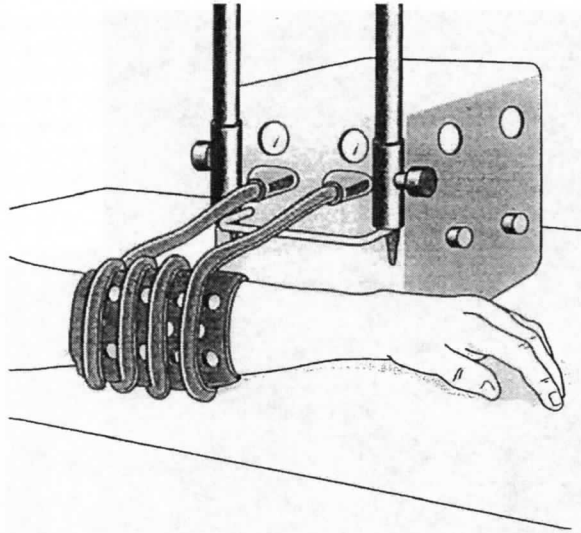


FIGURA 14-2 Aplicador de diatermia por onda corta de bobina de inducción con cables alrededor del antebrazo del paciente. Este tipo de aplicador produce un campo electromagnético incidente uniforme que induce un campo eléctrico y corriente dentro del tejido diana.

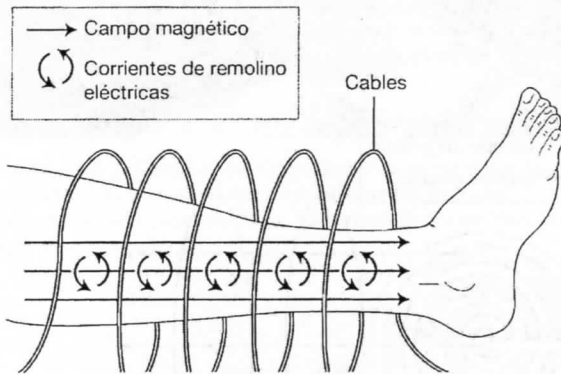


FIGURA 14-3 Generación de campos magnéticos e inducción de campos eléctricos con una bobina de inducción.

### TIPOS DE APLICADORES DE DIATERMIA

Hay tres tipos distintos de aplicadores de diatermia: bobinas de inducción, placas de capacitancia y un **magnetron**<sup>5</sup>. Las bobinas de inducción o las placas de capacitancia son apropiadas para DOC, mientras que el magnetron es apropiado para DMO. Los aparatos de DOCP emplean **aplicadores con bobina de inducción** en forma de tambor o placas de capacitancia.

#### BOBINA DE INDUCCIÓN

Un aplicador de diatermia por inducción está formado por una bobina por la que fluye corriente eléctrica alterna (v. figura 14-2). La corriente alterna en la bobina produce un campo magnético perpendicular a la bobina que induce corrientes de remolino eléctricas en los tejidos (v. figura 14-3). Estas corrientes eléctricas inducidas hacen oscilar las partícu-

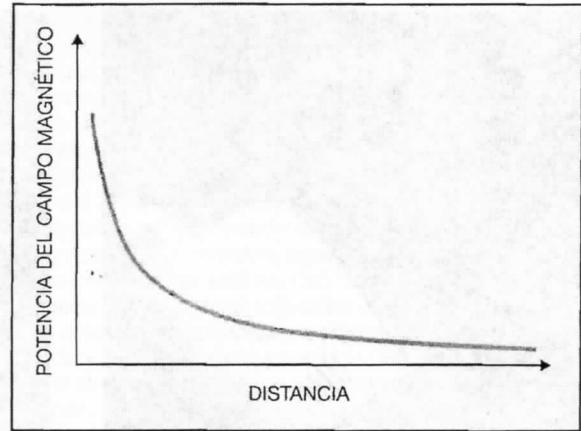


FIGURA 14-4 Conducta típica de la potencia de un campo magnético inducido con un aparato de diatermia de onda corta al aumentar la distancia respecto al aplicador. Obsérvese que existe una relación inversa cuadrática.

**TABLA 14-1** Conductividad del músculo a distintas frecuencias

Frecuencia (MHz)	Conductividad (siemens/metro)
13,56	0,62
27,12	0,60
40,68	0,68
200	1,00
2.450	2,17

Tomado de Durney CH, Massoudi H, Iskander MF: *Radiofrequency radiation dosimetry handbook*. USAFSAM-TR-85-73, Salt Lake City, 1985, University of Utah Electrical Engineering Department.

**TABLA 14-2** Conductividad de distintos tejidos a 25 MHz

Tejido	Conductividad (siemens/metro)
Músculo	0,7-0,9
Riñón	0,83
Hígado	0,48-0,54
Cerebro	0,46
Grasa	0,04-0,06
Hueso	0,01

Tomado de Durney CH, Massoudi H, Iskander MF: *Radiofrequency radiation dosimetry handbook*. USAFSAM-TR-85-73, Salt Lake City, 1985, University of Utah Electrical Engineering Department.

las cargadas en el tejido. La fricción producida por esta oscilación produce una elevación de la temperatura tisular.

El calentamiento con un aplicador de diatermia con bobina de inducción se denomina calentamiento por el método del campo magnético, porque la corriente eléctrica que genera el calor es inducida en los tejidos por un campo magnético. La magnitud del calor generado en una zona de tejido depende de la potencia del campo magnético que llega al tejido y por la potencia y la densidad de las corrientes de remolino inducidas. La potencia del campo magnético viene determinada por la distancia entre el tejido y el aplicador y

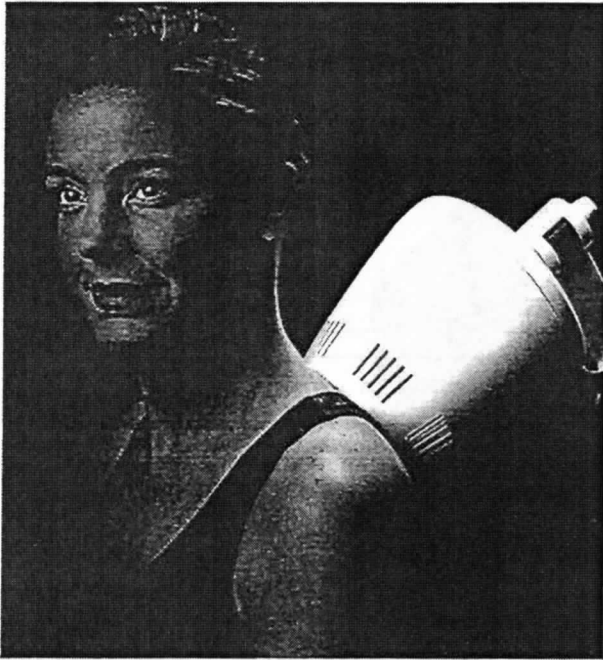


FIGURA 14-5 Aplicador de diatermia por onda corta con bobina de inducción en forma de tambor. Por cortesía de Mettler Electronics Corporation, Anaheim, CA.

disminuye de modo proporcional al cuadrado de la distancia entre el tejido y el aplicador, pero no varía según el tipo de tejido (v. figura 14-4). La potencia de las corrientes de remolino inducidas viene determinada por la potencia del campo magnético en la zona y por la conductividad eléctrica del tejido en la zona. La conductividad eléctrica del tejido depende principalmente del tipo de tejido y de la frecuencia de la señal aplicada. Los metales y los tejidos con un alto contenido de agua y electrólitos, como el músculo y el tejido sinovial, tienen una elevada conductividad eléctrica, mientras que los tejidos con bajo contenido en agua, como la grasa, el hueso y el colágeno, tienen una conductividad eléctrica baja (v. tablas 14-1 y 14-2). Por tanto, las bobinas de inducción pueden calentar tanto los tejidos superficiales como los profundos, aunque producen más calor en los tejidos más próximos al aplicador y en los tejidos con mayor conductividad eléctrica.

**Apunte clínico**

Los aplicadores de diatermia con bobina de inducción producen más calor en los tejidos con alta conductividad eléctrica y en los más próximos al aplicador.

Los aplicadores de bobina de inducción tienen dos formas básicas: cables y tambores. Los cables son haces de alambres cubiertos de plástico que se aplican enrollándolos alrededor de la extremidad del paciente. Cuando la corriente eléctrica atraviesa estos alambres induce corrientes de remolino dentro de la extremidad. Por ahora no hay aplicadores de diatermia de tipo cable. Un aplicador de tambor está formado por una bobina espiral plana dentro de una carcasa de plástico (v. figura 14-5). Los aparatos de diatermia pueden tener uno o dos tambores o un único tambor que puede adaptarse a la

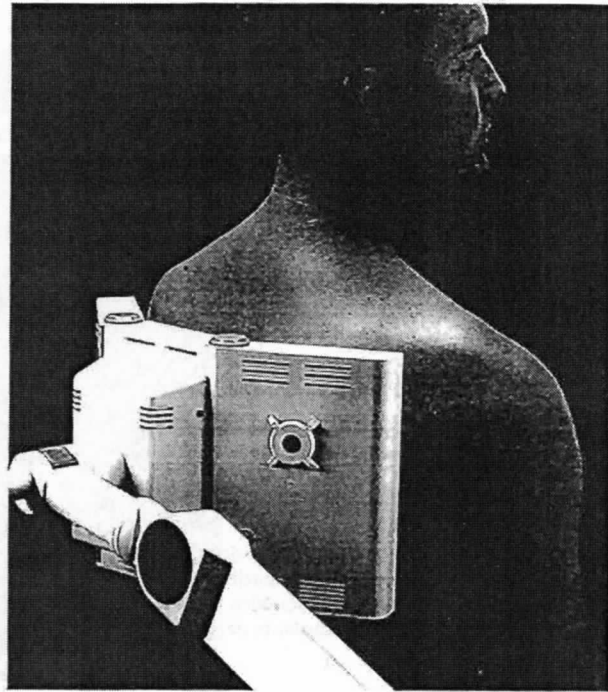


FIGURA 14-6 Aplicación de DOC con un aplicador con bobina de inducción que puede adaptarse al cuerpo. Por cortesía de Mettler Electronics Corporation, Anaheim, CA.

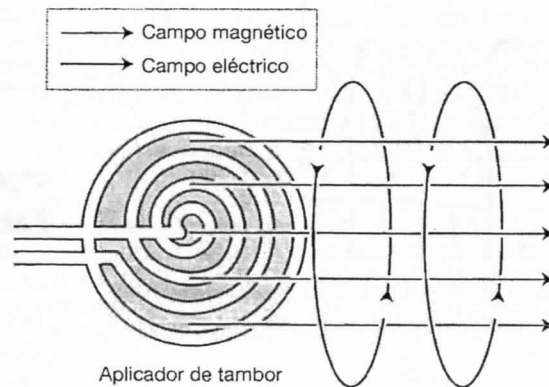


FIGURA 14-7 Campo magnético generado por un aplicador de diatermia por onda corta con tambor de inducción y campo eléctrico inducido resultante.

zona de tratamiento (v. figura 14-6). El tambor se coloca directamente sobre la zona de tratamiento y el flujo de corriente eléctrica alterna en la bobina produce un campo magnético que a su vez induce corrientes de remolino en el interior de los tejidos directamente enfrente de este (v. figura 14-7).

**PLACAS DE CAPACITANCIA**

Los aplicadores de diatermia con placa de capacitancia están hechos de metal en el interior de una carcasa de plástico o bien de electrodos de caucho de carbono transmisores colocados entre almohadillas de fieltro. Una corriente eléctrica alterna de alta frecuencia fluye de una placa a la otra a través del paciente, produciendo un campo eléctrico y un flujo de

corriente en el tejido corporal entre las placas (v. figuras 14-8 y 14-9). De este modo, el paciente forma parte del circuito eléctrico al conectar las dos placas. Cuando la corriente atraviesa el tejido produce una oscilación de partículas cargadas y aumenta la temperatura del tejido.

El calentamiento con aplicadores de diatermia con placas de capacitancia se denomina calentamiento por el método

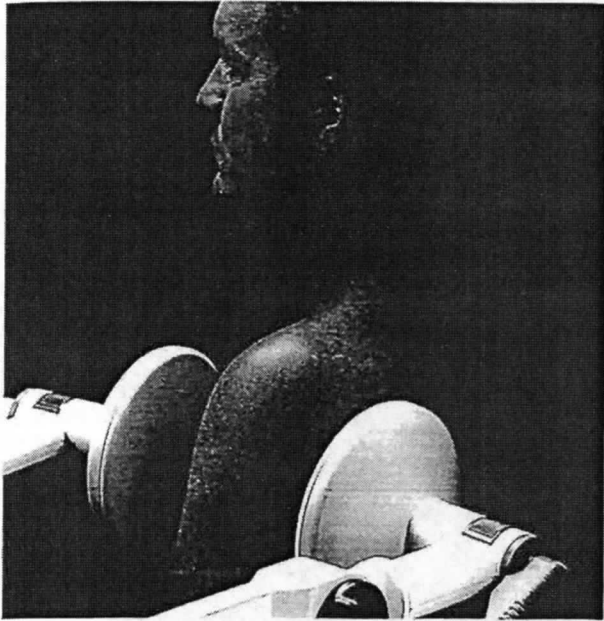


FIGURA 14-8 Aplicadores de diatermia por onda corta con placas de capacitancia colocadas alrededor del objetivo para crear directamente un campo eléctrico. Por cortesía de Mettler Electronics Corporation, Anaheim, CA.

del campo eléctrico, porque la corriente eléctrica que genera el calor es producida directamente por un campo eléctrico. Igual que con las bobinas de inducción, el grado de calor generado en una región depende de la potencia y la densidad de la corriente, con más calor en los tejidos con mayor conductividad. La corriente se concentra por lo general en los tejidos superficiales y no penetra tanto en los tejidos profundos si hay tejidos poco conductivos, como la grasa, más superficiales, porque cuando se emplea un aplicador de placa de capacitancia la corriente sigue siempre el camino de menor resistencia. Por este motivo las placas de capacitancia producen por lo general más calor en la piel y menos calor en las estructuras profundas, a diferencia de los aplicadores de inducción, que calientan más las estructuras profundas porque el campo magnético incidente puede lograr más penetración para inducir el campo eléctrico y la corriente dentro del tejido diana<sup>6-9</sup> (v. figura 14-10).

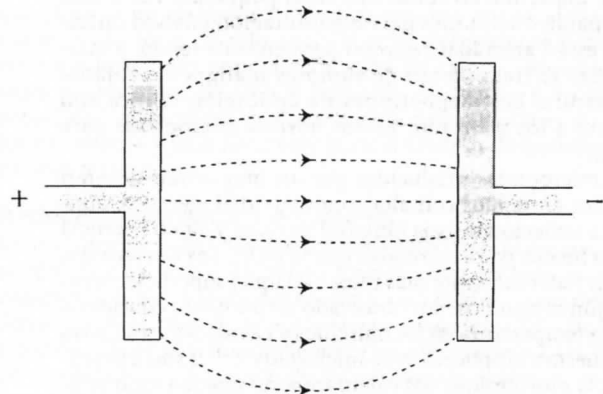


FIGURA 14-9 Distribución del campo eléctrico entre placas de capacitancia para diatermia por onda corta.

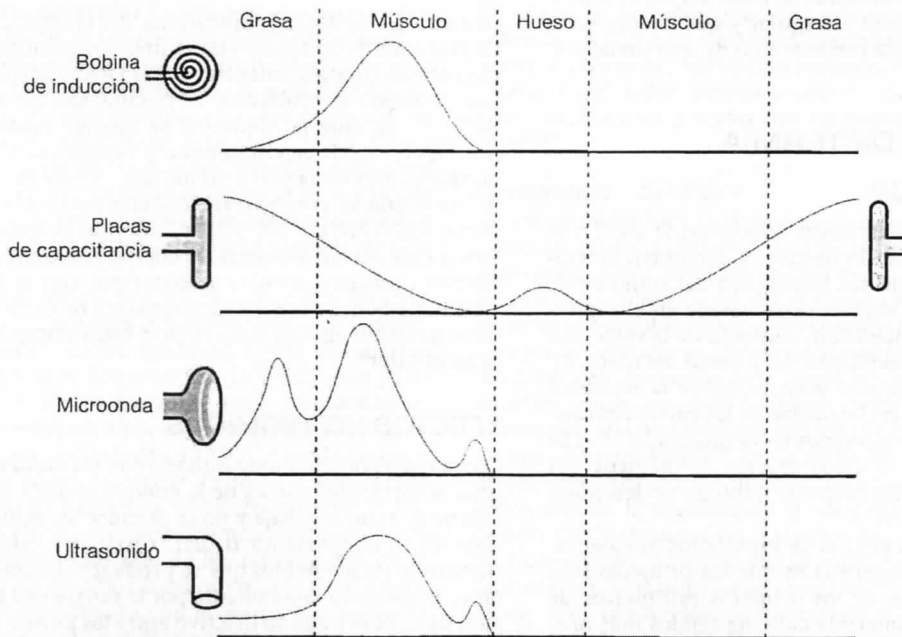


FIGURA 14-10 Comparación de la distribución de calor con un aplicador de diatermia por onda corta con bobina de inducción, con placas de capacitancia, diatermia por microondas y ultrasonido.

### Apunte clínico

Las placas de capacitancia producen más calor en la piel y en los tejidos superficiales, mientras que los aplicadores de inducción producen más calor en las estructuras profundas.

## MAGNETRÓN (CONDENSADOR)

Un magnetrón que produce corriente alterna de alta frecuencia en una antena se utiliza para aplicar DMO. La corriente alterna en la antena produce un campo electromagnético dirigido hacia el tejido por un orientador reflectante curvo que rodea la antena (v. figura 14-11). La presencia de un orientador y la baja longitud de onda de la radiación microonda permiten aplicar y concentrar este tipo de diatermia en zonas limitadas pequeñas. Por tanto, estos aparatos son útiles para rehabilitación cuando únicamente están afectadas regiones pequeñas de tejido, y también para el tratamiento de tumores malignos mediante hipertermia. Los magnetrones de aplicación clínica son similares a los utilizados en los hornos microondas para cocinar.

Las microondas producidas por un magnetrón generan más calor en tejidos con alta conductividad eléctrica, aunque esta radiación de baja longitud de onda y alta frecuencia penetra menos en profundidad que la DOC. Las microondas generan habitualmente más calor en la piel superficial, aunque algunos estudios han observado un aumento considerable de la temperatura en los músculos y cavidades articulares en respuesta a la aplicación de microonda<sup>3,10,11</sup>. Estas diferencias en la profundidad del calentamiento pueden estar relacionadas con variaciones en la frecuencia microonda utilizada, desde 915 MHz a 2.450 MHz, y en la variabilidad en la composición tisular en diferentes zonas del organismo y entre diferentes especies<sup>12</sup>. La escasa profundidad de penetración de la microonda, la reflexión en las interfases tisulares y la posibilidad de ondas estacionarias contribuyen a aumentar el riesgo de calentamiento irregular y quemadura en la piel superficial o en la grasa con este tipo de aparato de diatermia.

## EFFECTOS DE LA DIATERMIA

### EFFECTOS TÉRMICOS

Si se emplea una intensidad media suficiente, la DOC y la DMO producen una sensación de calor y aumentan la temperatura tisular<sup>13-15</sup>. Los efectos fisiológicos del aumento de la temperatura tisular se explican con detalle en el capítulo 6 y consisten en vasodilatación, aumento de la velocidad de conducción nerviosa, elevación del umbral del dolor, alteración de la fuerza muscular, aceleración de la actividad enzimática y aumento de la elasticidad de las partes blandas. Todos estos son efectos observados de la diatermia<sup>16-20</sup>. Los mecanismos inherentes a estos efectos fisiológicos del aumento de la temperatura corporal también se describen con detalle en el capítulo 6.

La diferencia entre los efectos de los medios de calentamiento superficial y la diatermia es que los primeros sólo aumentan la temperatura de los primeros milímetros de tejido, mientras que la diatermia calienta tejidos más profundos. Por tanto, los efectos fisiológicos de los medios de calentamiento superficial tienen lugar en los tejidos superficiales, mientras que la diatermia produce también efectos

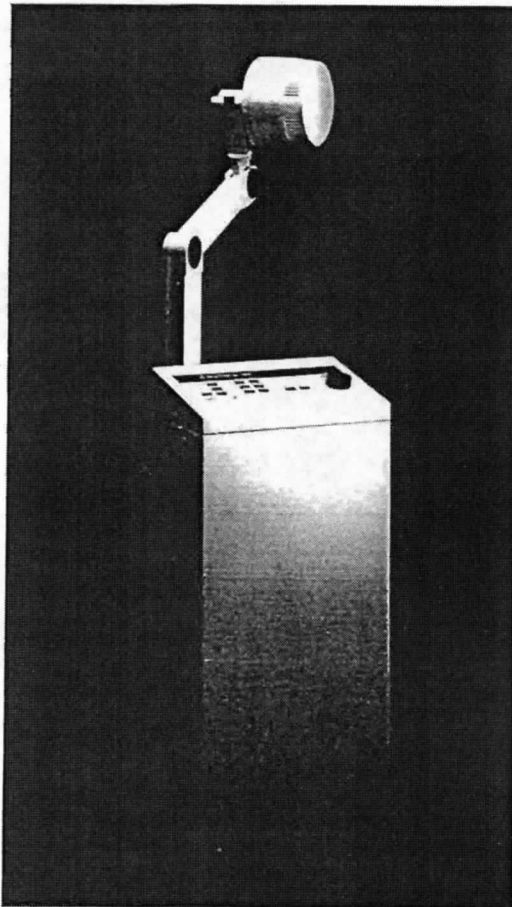


FIGURA 14-11 Aplicador de diatermia por microonda. Por cortesía de Mettler Electronics Corporation, Anaheim, CA.

térmicos en tejidos más profundos. Por ejemplo, los medios de calentamiento superficial aumentan principalmente la circulación cutánea, mientras que la DOC y la DMO aumentan de modo considerable la circulación en los músculos<sup>16,21,22</sup>. Aunque la diatermia se emplea principalmente por sus efectos de calentamiento profundo, también puede producir calor en la piel y en los tejidos superficiales, sobre todo cuando se emplean frecuencias más altas (450 MHz frente a 220 MHz o 100 MHz)<sup>24</sup>. Incluso cuando la temperatura cutánea no aumenta, el cuerpo responde al calentamiento profundo mediante diatermia con sudoración y vasodilatación. Se cree que los sensores de calor profundos del organismo envían señales para estas respuestas fisiológicas al calor<sup>24</sup>.

### EFFECTOS NO TÉRMICOS

Cuando se aplica en modo pulsado con un **ciclo operativo** bajo, la intensidad media de la energía emitida por un aparato de diatermia es baja y no se produce un aumento sostenido de la temperatura tisular. Cualquier calentamiento transitorio de los tejidos que se produzca durante un pulso breve es disipado rápidamente por la sangre que irriga la región durante el período inactivo entre los pulsos. Sin embargo, la DOCP aplicada a una intensidad no térmica puede tener ciertos efectos fisiológicos<sup>25</sup>. A pesar de que se desconocen los mecanismos de estos efectos, se ha propuesto que

están causados por modificación de los enlaces iónicos y de la función celular por los campos magnéticos incidentes y por las corrientes eléctricas resultantes<sup>26,27</sup>.

#### Aumento de la perfusión microvascular

La aplicación de DOCP durante 40 a 45 minutos con una intensidad que según el fabricante no aumenta la temperatura corporal aumenta la perfusión microvascular en personas sanas y alrededor de la úlcera en pacientes con úlceras diabéticas<sup>28,29</sup>. El aumento de la perfusión microvascular y de la circulación local puede mejorar la oxigenación tisular local, el aporte de nutrientes y la fagocitosis. Se ha propuesto que los efectos clínicos beneficiosos de la DOCP se deben en parte al aumento de la perfusión microvascular.

#### Alteración de la función de la membrana celular y de la actividad celular

Se ha observado que los campos electromagnéticos pueden afectar a la unión de los iones a la membrana celular con activación de una cascada de procesos biológicos como activación del factor de crecimiento en fibroblastos, condrocitos y células nerviosas, activación de los macrófagos y cambios en la fosforilación de la miosina<sup>30-36</sup>. La DOCP también afecta a la regulación del ciclo celular, al alterar la unión al ión calcio, y se ha comprobado que la exposición a los campos eléctricos puede acelerar el crecimiento y la división celular cuando son muy lentos o inhibirlos cuando son muy rápidos<sup>37,38</sup>. Se ha propuesto que la alteración de la actividad celular y la estimulación de la síntesis de ATP (trifosfato de adenosina) y de proteínas pueden estar relacionadas con los efectos clínicos favorables de la DOCP<sup>39</sup>.

### INDICACIONES CLÍNICAS DE LA DIATERMIA

#### DIATERMIA DE NIVEL TÉRMICO

Los beneficios clínicos de la diatermia con una intensidad suficiente para aumentar la temperatura tisular son los mismos que los de otros medios térmicos (v. capítulo 6). Estos efectos favorables son el control del dolor, la aceleración de la cicatrización tisular, la mejoría de la rigidez articular y, si se combina con estiramiento, el aumento del arco de movilidad articular<sup>40,41</sup>. La diatermia está indicada para conseguir los beneficios clínicos del calor en estructuras profundas como la articulación de la cadera o en zonas difusas de la columna, porque puede aumentar la temperatura de zonas amplias de tejido profundo.

Los efectos térmicos de la diatermia pueden lograrse mediante diatermia continua o pulsada con una intensidad media suficiente. Cinco estudios, todos del mismo grupo de investigadores, hallaron que la DOCP con parámetros terapéuticos adecuados aumenta la elasticidad de las partes blandas reflejada en la extensión del tobillo o en la flexibilidad de los isquiosurales. La DOCP usada en estos estudios tenía una potencia media de 48 W y aumentaba la temperatura tisular hasta 3,5 °C en 20 minutos<sup>42</sup>. Por tanto, el resultado clínico era probablemente consecuencia de los efectos térmicos más que de los no térmicos de la diatermia. Tres de los estudios hallaron que la DOCP aplicada de este modo combinada con estiramiento aumenta la longitud muscular o el arco de movilidad y dos estudios muestran un efecto más favorable con diatermia que sin diatermia<sup>43-45</sup>. Sin embargo, no evaluaron el efecto de este

tratamiento después de 3 semanas<sup>46</sup>, y uno de los estudios no encontró diferencias a largo plazo en la efectividad de la diatermia seguida de estiramiento frente a solo estiramiento<sup>47</sup>.

#### DIATERMIA DE ONDA CORTA PULSADA NO TÉRMICA

La primera aplicación clínica documentada de la diatermia a nivel no térmico en EE. UU. data de los años treinta, cuando Ginsberg usó una forma pulsada de DOC para combatir la infección sin aumentar la temperatura tisular<sup>48</sup>. Logró buenos resultados en distintas infecciones agudas y crónicas con este tipo de radiación electromagnética y afirmó que era el tratamiento más efectivo que había conocido. No obstante, todavía no estaban disponibles los antibióticos. En 1965, A. S. Milinowski patentó un aparato diseñado para aplicar electroterapia sin generar calor. Aseguraba que este aparato obtenía buenos resultados clínicos en distintos trastornos siempre que se eliminaran los factores de tolerancia al calor del paciente y las contraindicaciones para la aplicación de calor<sup>49</sup>. Estos niveles no térmicos de DOCP han sido evaluados y en la actualidad se emplean principalmente para reducir el dolor y el edema y para favorecer la cicatrización de heridas, nervios y fracturas.

#### Reducción del dolor y del edema

Varios estudios sobre los efectos de la DOCP en la recuperación de una lesión de partes blandas han hallado una desaparición más rápida del edema y una disminución del dolor con este tipo de energía electromagnética<sup>50-53</sup>. Dos estudios con ocultación doble sobre los efectos de la DOCP no térmica en el esguince de tobillo agudo hallaron un descenso sustancial del edema, dolor y discapacidad en el grupo tratado en comparación con el grupo placebo, y un estudio con ocultación doble para evaluar los efectos de la DOCP halló que disminuye el dolor, el eritema y el edema tras cirugía del pie<sup>50-53</sup>. En los tres estudios usaron la máxima potencia y frecuencia de pulso que permitía el aparato. No obstante, conviene recordar que no todos los estudios sobre la DOCP han obtenido resultados tan favorables. Tanto Barker como McGill no hallaron diferencias significativas en el dolor, edema o deambulación en pacientes con DOCP o con placebo tras un esguince agudo de tobillo<sup>54,55</sup>.

#### Disminución del dolor

Varios estudios han evaluado el efecto de la DOCP en el dolor asociado a distintos trastornos. Los estudios con ocultación doble sobre los efectos de un aparato de DOCP a domicilio colocado en un collarín cervical blando en pacientes con dolor cervical persistente o lesiones cervicales agudas hallaron un descenso significativamente mayor del dolor y un aumento de la amplitud de movimientos en aquellos pacientes que utilizaron este aparato durante 3 semanas, en comparación con los pacientes tratados con un aparato simulado<sup>56,57</sup>. Los autores de estos estudios sugieren que estos efectos podrían ser el resultado de la modificación de la función de la membrana celular por el campo electromagnético. Estudios sin ocultación doble han observado también que la DOCP puede mejorar la lumbalgia y el dolor postoperatorio<sup>58,59</sup>, y un estudio reciente con ocultación doble comparativo con placebo reveló que el dolor y la discapacidad mejoraban de manera significativa en los pacientes con lumbalgia crónica que recibieron terapia electromagnética pulsada que en aque-

llos que no la recibieron<sup>60</sup>. Sin embargo, otro estudio comparativo aleatorizado con 350 participantes halló que la DOCP no aporta beneficio adicional a los pacientes con dolor cervical cuando se añade diatermia a los consejos y al ejercicio<sup>61</sup>.

### Cicatrización de partes blandas

La DOCP aumenta la velocidad de cicatrización de las partes blandas tanto en animales como en el ser humano<sup>62-65</sup>. Este efecto se ha observado en heridas incisivas<sup>62</sup>, úlceras por presión<sup>63,65</sup>, lesiones relacionadas con quemaduras<sup>64</sup> y en lesiones tendinosas<sup>66</sup>.

Las heridas quirúrgicas en animales mostraban mayor formación de colágeno, infiltración de leucocitos y fagocitosis tras el tratamiento con DOCP, y los tendones seccionados por completo mostraban un aumento significativo (69%) de la resistencia a la tracción tras tratamiento con DOCP. Los investigadores plantearon que estos efectos eran consecuencia de un aumento de la circulación y de la mejoría de la oxigenación tisular. Estudios *in vitro* han demostrado también un aumento de la proliferación de fibroblastos y condroblastos en respuesta a la DOCP<sup>66</sup>. Es probable que estos efectos sean consecuencia de un efecto directo de la DOCP en la función celular o de la membrana celular.

### Cicatrización del nervio

Se ha observado una aceleración de la regeneración del nervio periférico en ratas y gatos y de la médula espinal en gatos tras la aplicación de DOCP<sup>67-71</sup>. No obstante, los autores de este libro no conocen ningún estudio clínico publicado sobre el efecto de la DOCP en la regeneración del nervio humano.

### Consolidación ósea

Estudios en animales han observado una aceleración de la consolidación ósea después de la aplicación de DOCP. Un estudio de 1971 encontró una aceleración de la osteogénesis mediante DOCP tras extracción dental en perros<sup>72</sup>, y un estudio reciente halló que la DOCP aceleraba la consolidación del peroné de rata tras osteotomía<sup>73</sup>. Los autores de este libro no conocen estudios clínicos publicados acerca de los efectos de la DOCP en la consolidación ósea humana.

### Síntomas de artrosis

Varios estudios han evaluado la efectividad de la DOCP para mejorar los síntomas de la artrosis<sup>74-78</sup>. Estos estudios han analizado los efectos de este tratamiento en la inflamación, arco de movilidad, dolor, rigidez, capacidad funcional, movilidad y grosor sinovial. Dos estudios no encontraron ningún beneficio de la DOCP en pacientes con artrosis de rodilla<sup>74,75</sup>. Otro estudio halló que la DOCP únicamente resultaba efectiva para reducir la rigidez en pacientes con artrosis de rodilla menores de 65 años<sup>76</sup>. No obstante, un estudio halló una mejoría del dolor tras la aplicación de DOCP en pacientes con artrosis de rodilla o columna cervical<sup>76</sup> y otro estudio halló que en los pacientes con artrosis y sinovitis de rodilla el grosor sinovial y el dolor de rodilla mejoraban tras la aplicación de DOCP<sup>77</sup>. En general parece que la DOCP puede tener cierta utilidad en los pacientes con artrosis de rodilla.

### Otras aplicaciones

Se ha propuesto que la DOCP no térmica puede tener también efectos favorables en distintos tipos de neuropatía,

colgajos cutáneos isquémicos, enfermedades cerebrales y enfermedades del miocardio<sup>26</sup>. También existe un estudio sobre la DOCP en el tratamiento de las lesiones craneales<sup>79</sup>.

## CONTRAINDICACIONES Y PRECAUCIONES DE LA DIATERMIA

A pesar de que la diatermia es un tratamiento seguro cuando se aplica de forma adecuada, para evitar posibles efectos adversos no debe utilizarse en caso de que esté contraindicada, y es necesario tomar las precauciones necesarias<sup>80,81</sup>.

Al emplear cualquier tipo de diatermia a una intensidad que puede aumentar la temperatura tisular, se aplican todas las contraindicaciones y precauciones de la termoterapia (v. capítulo 6). Además, existen otros tipos de contraindicaciones y precauciones que son exclusivas de la diatermia y algunas razones peculiares para estas restricciones. Estas se describen con detalle en los cuadros siguientes.

## CONTRAINDICACIONES PARA CUALQUIER TIPO DE DIATERMIA

### CONTRAINDICACIONES

#### Para cualquier tipo de diatermia

- Estimuladores nerviosos implantados o transcutáneos, como los marcapasos
- Embarazo

La diatermia de cualquier tipo no debe emplearse NUNCA en pacientes con estimuladores implantados o transcutáneos, porque la energía electromagnética de la diatermia puede interferir con el funcionamiento del aparato. Ha habido dos casos de coma y muerte por la diatermia aplicada a pacientes con estimuladores cerebrales profundos implantados. Además, pueden producirse quemaduras si se aplica diatermia a pacientes con cables de estimulación eléctrica externos o implantados o con electrodos metálicos.

No debe emplearse la diatermia en pacientes con marcapasos, debido a que tienen componentes metálicos que pueden sobrecalentarse y porque los campos magnéticos producidos por los aparatos de diatermia pueden interferir directamente con el funcionamiento de los marcapasos, fundamentalmente con los de tipo demanda. Aunque el riesgo de efectos adversos es máximo si se trata el tórax, se recomienda, por lo general, no utilizar la diatermia en ninguna región corporal en caso de que el paciente tenga un marcapasos, aunque algunos expertos aseguran que pueden tratarse las extremidades en pacientes con marcapasos<sup>82</sup>.

### Embarazo

La aplicación de diatermia durante el embarazo está contraindicada debido a los posibles efectos del calor profundo y de los campos electromagnéticos en el desarrollo fetal. Se ha observado que la hipertermia materna incrementa la posibilidad de que el desarrollo fetal sea anormal y que la DOCP está relacionada con un aumento de la tasa de aborto espontáneo y desarrollo fetal anormal

en animales<sup>84-87</sup>. La exposición a la diatermia, fundamentalmente de la región abdominal inferior y pélvica, debe evitarse durante el embarazo y, debido a que la distribución de un campo electromagnético no puede limitarse de manera previsible en el organismo, se recomienda evitar también la diatermia en cualquier otra región corporal.

En el apartado siguiente al de precauciones de la diatermia se explican los riesgos y precauciones para las profesionales embarazadas que aplican diatermia a los pacientes.

## CONTRAINDICACIONES DE LA DIATERMIA DE NIVEL TÉRMICO

### CONTRAINDICACIONES

#### De la diatermia de nivel térmico

- Implantes metálicos
- Cáncer
- Ojos
- Testículos
- Epífis en crecimiento

### Implantes metálicos

El metal es muy conductor de la electricidad y, por tanto, puede llegar a calentarse mucho a través de la aplicación de diatermia, lo que puede llegar a ocasionar un aumento potencialmente peligroso de la temperatura en los tejidos adyacentes. El riesgo de un aumento extremo de la temperatura es muy elevado cuando existe metal en los tejidos superficiales, como puede ocurrir con piezas de metralla.

Por tanto, se recomienda no utilizar diatermia en aquellas zonas con metal o próximas al mismo. Esta contraindicación se aplica al metal dentro y fuera del paciente. Por eso, antes de la aplicación de la diatermia hay que retirar todos los adornos y es necesario asegurarse de que no existe metal en los muebles o en otros objetos cercanos al paciente.

### Cáncer

Está contraindicada la utilización de diatermia en una zona con cáncer, a menos que el tratamiento esté dirigido al propio tumor. La diatermia se utiliza en algunas ocasiones por los médicos para el tratamiento de tumores mediante hipertermia; sin embargo, este tipo de tratamiento requiere un control delicado de la temperatura tisular, y no se encuentra dentro del ámbito del profesional de la rehabilitación. Es necesario un control delicado de la temperatura, porque algunas células cancerosas se destruyen a temperaturas que oscilan entre los 42 °C y los 43 °C, pero proliferan a temperaturas de 40 °C o 41 °C.

### Sobre los ojos

Los ojos no deben tratarse con diatermia, porque el aumento de la temperatura del líquido intraocular puede dañar las estructuras internas de los ojos.

### Sobre los testículos

Se recomienda no aplicar diatermia sobre los testículos por el riesgo para la fertilidad del aumento de la temperatura tisular local.

### Sobre las epífis en crecimiento

Se desconocen los efectos de la diatermia en las epífis en crecimiento. Por este motivo, no se recomienda su utilización en estas zonas debido al riesgo de que pueda alterar la velocidad de cierre epifisario.

## CONTRAINDICACIONES DE LA DIATERMIA DE ONDA CORTA PULSADA NO TÉRMICA

### CONTRAINDICACIONES

#### De la diatermia de onda corta pulsada no térmica

- Tejidos profundos, como los órganos internos
- Sustituto de la terapia convencional para el edema y el dolor
- Marcapasos, aparatos electrónicos o implantes metálicos (advertencia)

### Tejidos profundos, como los órganos internos

Aunque está contraindicada para el tratamiento de los órganos internos, la DOCP puede utilizarse para tratar las partes blandas sobre un órgano.

### Valorar

- Comprobar en la historia del paciente alguna enfermedad de un órgano.
- Consultar con el médico responsable del paciente antes de aplicar DOCP en una zona con una enfermedad de un órgano.

### Sustituto de la terapia convencional para el edema y el dolor

La DOCP no debe utilizarse como sustituto de la terapia convencional para el edema y el dolor. Puede ser utilizada como medida complementaria combinada con métodos convencionales, entre los que se incluyen compresión, inmovilización y fármacos.

### Marcapasos, aparatos electrónicos o implantes metálicos

La radiación electromagnética de la DOCP puede interferir con el funcionamiento de un marcapasos cardíaco y puede afectar negativamente a los pacientes con marcapasos cardíacos.

Los aparatos de DOCP pueden interferir también con otro tipo de aparatos, tanto electromédicos como electrónicos. Por este motivo, no debe utilizarse la DOCP sobre o cerca de aparatos electrónicos médicos, como marcapasos, y debe utilizarse con precaución en y alrededor de pacientes con otros aparatos electrónicos médicos externos o implantados.

Los aparatos de DOCP no térmica pueden usarse para tratar las partes blandas adyacentes a la mayoría de los implantes metálicos sin un calentamiento sustancial del metal. No obstante, cuando el metal forma bucles cerrados, como con los alambres que fijan clavos y placas para reparar fracturas, puede haber un calentamiento, porque la corriente fluye por estos bucles de alambre. Por tanto, si un paciente tiene un implante metálico, el profesional debe determinar el tipo de implante antes de aplicar DOCP.

**Preguntar al paciente**

- ¿Tiene un marcapasos o cualquier otro objeto metálico en su cuerpo?

**Valorar**

- Comprobar en la historia clínica del paciente la información acerca de marcapasos u otro tipo de implantes metálicos.

Si el paciente tiene un marcapasos o está utilizando cualquier otro tipo de aparato electrónico médico, no se debe aplicar DOCP, excepto en circunstancias que resulten extremas, como puede ser el intentar salvar una extremidad de la amputación. Al indicar la DOCP en estas circunstancias, es necesario consultar al médico responsable del paciente, y el profesional debe intentar proteger todos los aparatos electrónicos médicos del campo electromagnético. En presencia de implantes metálicos, debe realizarse una radiografía y no debe utilizarse DOCP en caso de que el metal forme bucles. Si el paciente tiene implantes metálicos sin bucle, puede aplicarse DOCP con precaución.

**PRECAUCIONES CON TODOS LOS TIPOS DE DIATERMIA****PRECAUCIONES****Con todos los tipos de diatermia**

- Material electrónico o magnético cercano
- Obesidad
- Dispositivos intrauterinos de cobre

**Material electrónico o magnético cercano**

Varios estudios han demostrado la presencia de radiación eléctrica o magnética no deseada alrededor de los aplicadores de diatermia<sup>88-91</sup>. Se recomienda que las derivaciones y los aplicadores de diatermia estén separados como mínimo 3 m y mejor 5 m de otros aparatos eléctricos, porque el campo terapéutico puede interferir con otros aparatos electrónicos o magnéticos, como los ordenadores o los aparatos médicos controlados por ordenador. No hay directrices precisas, porque la interferencia depende de la disposición exacta y de la protección del aparato de diatermia y del resto del material utilizado. Si se produce interferencia, deben utilizarse por separado los dos tipos de aparatos.

**Obesidad**

La diatermia debe utilizarse con cuidado en pacientes obesos, porque puede calentar la grasa excesivamente. En los pacientes obesos no deben emplearse aplicadores de placa de capacitancia, porque habitualmente aumentan más la temperatura de la grasa que otros tipos de aplicadores<sup>5,92</sup>.

**Dispositivos intrauterinos de cobre**

A pesar de que los dispositivos intrauterinos anticonceptivos de cobre contienen una pequeña cantidad de metal, los cálculos y las mediciones *in vivo* han revelado un aumento escaso de la temperatura en estos dispositivos y en el tejido colindante cuando se aplica un nivel terapéutico de diatermia<sup>93,94</sup>. Por tanto, las profesionales y las pacientes con este tipo de dispositivos pueden utilizar la diatermia.

**PRECAUCIONES CON LA DIATERMIA DE ONDA CORTA PULSADA NO TÉRMICA****PRECAUCIONES****Con la diatermia de onda corta pulsada no térmica**

- Embarazo
- Inmadurez esquelética

La diatermia de nivel térmico está contraindicada durante el embarazo. Además, la DOCP debe utilizarse con precaución durante el embarazo y en pacientes con inmadurez esquelética, porque se desconocen los efectos de la energía electromagnética en el desarrollo fetal o infantil.

**PRECAUCIONES PARA EL PROFESIONAL QUE APLICA LA DIATERMIA**

Hay preocupación por los posibles riesgos para los profesionales que aplican la diatermia debido a su mayor exposición como consecuencia del tratamiento a múltiples pacientes a lo largo del día. Estos aparatos producen radiación difusa y pueden irradiar al profesional si está próximo al aparato<sup>90,91</sup>. Por esta razón se recomienda que los profesionales se mantengan al menos a 1 metro de cualquier aplicador de diatermia continua, al menos a 30 cm-50 cm separados de todos los aplicadores de DOCP y fuera del haz directo de cualquier aparato de DMO durante la aplicación del tratamiento<sup>95-97</sup>.

Algunos estudios han observado una tasa superior a la media de aborto espontáneo y desarrollo fetal anormal en profesionales que utilizan aparatos de DOC, aunque otros estudios no han hallado una correlación estadística significativa entre la exposición a DOC y malformación congénita o aborto espontáneo<sup>98,99</sup>. Una comparación de la exposición de los profesionales a DOC y DMO halló que sólo la DMO aumenta el riesgo de aborto<sup>100</sup>. No obstante, un estudio reciente encontró que las ondas cortas tienen posibles efectos perjudiciales en el resultado del embarazo y se asocian en concreto a bajo peso al nacer. Este efecto depende de la dosis<sup>101</sup>. En resumen, y a la vista de los hallazgos de investigación vigentes, se recomienda que las profesionales eviten la exposición a DOC y DMO durante el embarazo<sup>102</sup>.

**Cáncer y campos electromagnéticos**

Existe una polémica considerable respecto a los efectos de los campos electromagnéticos en el cáncer. Las publicaciones sobre este asunto analizan principalmente los riesgos que implica vivir cerca y trabajar en líneas de alta tensión. Aunque algunos estudios indican que los campos electromagnéticos generados por las líneas de alta tensión pueden estar vinculados a cáncer y leucemia en la infancia, otros estudios no han detectado ningún nexo<sup>103,104</sup>. En 1995, el *Council of the American Physical Society* (APS) determinó que «las publicaciones científicas y los informes de revisiones por otros grupos de expertos muestran que no hay un vínculo relevante ni consistente entre el cáncer y los campos de las líneas de alta tensión... Ni mecanismos biofísicos razonables para el inicio o la progresión sistemática del cáncer por estos campos de líneas de alta potencia». En 2005 revisaron y confirmaron estas conclusiones, afirmando que «desde entonces se han realizado varios estudios *in vivo* en animales sometidos duran-

te toda su vida a campos magnéticos intensos, así como estudios epidemiológicos en grupos amplios y con indicadores directos de la exposición al campo magnético. Los hallazgos de estos estudios no han cambiado la declaración previa de la APS. Además, no se han identificado mecanismos biofísicos causales o favorecedores del cáncer por los campos eléctricos o magnéticos de líneas de alta tensión<sup>105</sup>.

Los campos electromagnéticos asociados a las líneas de alta tensión tienen una frecuencia mucho menor (50 Hz a 60 Hz) que los usados en los aparatos de DOC pulsada o continua (27,12 MHz), por lo que no es posible una extrapolación a la DOC de los hallazgos en los estudios sobre las líneas de alta tensión. Por ahora no hay recomendaciones contra el uso de DOCP de nivel no térmico en una región con cáncer, y tampoco hay indicios firmes de que la DOCP sea carcinógena.

## EFFECTOS ADVERSOS DE LA DIATERMIA

### QUEMADURAS

La diatermia puede causar quemaduras en las partes blandas cuando se utiliza en dosis normal o excesiva y puede quemar algunas capas de tejido y otras no porque la distribución de este tipo de energía varía mucho dependiendo del tipo de tejido<sup>106</sup>. Las capas de grasa tienen el máximo riesgo de quemadura, sobre todo cuando se emplean aplicadores de placas de capacitancia, porque se calientan más con este tipo de aparato y porque la grasa está menos

vascularizada que el músculo o la piel y, por tanto, no se enfría con tanta efectividad mediante vasodilatación. La piel del paciente debe estar seca con toallas para evitar la escaldadura por sudoración caliente, ya que el agua se calienta de modo preferente con todos los tipos de diatermia.

### Apunte clínico

Para evitar quemaduras durante la aplicación de diatermia, la piel del paciente debe mantenerse seca cubriéndola con toallas.

## TÉCNICAS DE APLICACIÓN

La diatermia de nivel térmico es la técnica más efectiva para aumentar la temperatura de zonas amplias de tejido profundo. Por esta razón, esta técnica es más apropiada cuando el(los) objetivo(s) terapéutico(s) puede(n) lograrse aumentando la temperatura de zonas amplias de tejidos profundos.

La DOCP no térmica puede disminuir el dolor y el edema y puede acelerar la cicatrización tisular. Puede emplearse en fase aguda, subaguda o crónica de una lesión, aunque la bibliografía y algunos informes esporádicos indican que los mejores resultados se obtienen en las lesiones agudas. Aunque no está documentado en la bibliografía, también se han obtenido resultados favorables esporádicamente en pacientes con linfedema, accidente cerebrovascular y distrofia simpática refleja (DSR).

## TÉCNICA DE APLICACIÓN 14-1

## DIATERMIA

### Técnica

1. Evaluar el problema del paciente y fijar los objetivos terapéuticos.
2. Determinar si la diatermia es el tratamiento más apropiado.

La diatermia es muy apropiada cuando no es aconsejable un contacto directo con el paciente si existe riesgo de infección, si el paciente no tolera el contacto directo con la piel o si tiene una escayola, porque produce una corriente eléctrica en los tejidos sin tocar el cuerpo del paciente. La DOCP no térmica es útil cuando el calor está contraindicado o es peligroso y puede aplicarse a pacientes poco colaboradores o que no toleran las sensaciones asociadas a otros medios físicos como la crioterapia o la estimulación eléctrica, porque no se produce una acumulación de calor y provoca escasas sensaciones.

3. Confirmar que la diatermia no está contraindicada.
4. Seleccionar el aparato de diatermia adecuado.

Elegir entre un aparato térmico y no térmico según los efectos deseados y entre los diferentes tipos de aplicadores (bobina de inducción, placa de capacitancia o magnetrón) según la profundidad de penetración deseada y el tejido a tratar. Véase en el último apartado más información para la elección del aparato de diatermia.

5. Explicar la técnica y la razón de su uso al paciente y las sensaciones que puede notar.

Durante la aplicación de diatermia de nivel térmico el paciente debe tener una sensación confortable de calor suave sin empeoramiento del dolor o malestar.

La aplicación de DOCP no térmica no produce, por lo general, cambios en la sensación del paciente, aunque algunos notan ligero hormigueo o calor suave. Esta sensación puede deberse a un aumento de la circulación local en respuesta al tratamiento.

6. Retirar todos los adornos metálicos y las ropas de la zona a tratar.

Debe retirarse de la zona a tratar toda la ropa con elementos o broches metálicos como botones, cremalleras o clips. No es necesario quitar la ropa no metálica, vendajes o escayolas antes de aplicar la diatermia porque los campos magnéticos penetran estos materiales sin alterarse. No obstante, cuando se emplea diatermia de nivel térmico se recomienda quitar la ropa de la zona a tratar para poder colocar toallas para absorber el sudor local.

7. Limpiar y secar la piel e inspeccionarla si es necesario.
8. Colocar al paciente cómodamente en una silla o pedestal sin elementos metálicos. Colocar al paciente de modo que el acceso a la zona a tratar sea sencillo.
9. Si se aplica diatermia de nivel no térmico, hay que cubrir la zona a tratar con toallas para absorber el sudor local. Si se aplica DOCP, no es necesario colocar toallas entre el aplicador y el cuerpo, aunque puede usarse ropa desechable o una cubierta de plástico sobre el aplicador cuando haya riesgo de infección o contaminación cruzada.
10. Colocar el aparato y el(los) aplicador(es) para un tratamiento seguro y efectivo. Véase en el último apartado más información sobre la colocación.

**TÉCNICA DE APLICACIÓN 14-1****DIATERMIA (cont.)****11. Sintonizar el aparato.**

Los aparatos DOC permiten sintonizar el aplicador para cada carga particular. La sintonización ajusta la frecuencia precisa del aparato, dentro del rango aceptado, para mejorar el acoplamiento entre el aparato y la carga. La mayoría de los aparatos modernos de diatermia se sintonizan de modo automático. Para sintonizar un aparato que requiere sintonización manual, primero se enciende para que se caliente según las especificaciones del fabricante y después se sube la intensidad a un nivel bajo y se ajusta el dial de sintonización hasta que se obtiene una lectura máxima en el indicador de potencia/intensidad.

**12. Elegir los parámetros terapéuticos adecuados.**

Al aplicar diatermia de nivel térmico, debe ajustarse la intensidad para producir una sensación de calor suave en el paciente. La referencia del calentamiento usada en la práctica clínica es la sensación del paciente, porque los cálculos de emisión de energía y de aumento de temperatura no son fiables<sup>107</sup>. Es difícil predecir el patrón de distribución de la energía y del calor con la DOC y la DMO, porque depende del grado de reflexión, de las propiedades eléctricas de los distintos tejidos presentes en el campo, del tamaño y composición del tejido, de la frecuencia del campo y del tipo, tamaño, geometría y orientación del aplicador. Esto se complica todavía más porque el umbral de la sensación térmica puede cambiar según la frecuencia de la radiación aplicada<sup>107</sup>. La diatermia de nivel térmico se aplica habitualmente durante 20 minutos.

**Apunte clínico**

La diatermia de nivel térmico se aplica habitualmente durante 20 minutos.

Quando se aplica DOCP no térmica, la mayoría de los profesionales ajustan la intensidad, frecuencia del pulso y tiempo de aplicación total en función de las recomendaciones del fabricante y de su experiencia individual, porque la investigación clínica con estos aparatos no indica con claridad los parámetros más efectivos. La mayoría de los fabricantes y de los estudios

recomiendan utilizar la máxima frecuencia y potencia disponible en el aparato para todos los trastornos y si el paciente refiere malestar debe reducirse la frecuencia del pulso hasta que desaparezca el malestar. La mayoría de las sesiones de DOCP no térmica duran 30 a 60 minutos una o dos veces al día, 5 a 7 veces por semana.

**Apunte clínico**

La DOCP se aplica durante 30 a 60 minutos una o dos veces por semana.

Dos aparatos de DOCP no térmica similares fabricados en EE. UU. tienen seis opciones de intensidad para proporcionar distintas potencias del campo y seis opciones de frecuencia del pulso para proporcionar pulsos entre 80 y 600,65 microsegundos<sup>108,109</sup>. Otro aparato de DOC es apropiado para aplicar DOCP y permite ajustar la duración del pulso, la frecuencia y la potencia del campo (definida como la potencia máxima durante un pulso).

13. Proporcionar al paciente un timbre u otro medio para pedir ayuda durante el tratamiento y un medio para apagar el aparato de diatermia. Enseñar al paciente a apagar el aparato y avisar de inmediato si nota calor excesivo o aumento del dolor o malestar.

14. Después de 5 minutos, comprobar que realmente el calentamiento no es excesivo y que los síntomas no empeoran.

15. Al acabar el tratamiento apagar el aparato, retirar el aplicador y las toallas e inspeccionar la zona tratada. Es normal que esté ligeramente enrojecida y también algo caliente al tacto.

16. Evaluar el resultado del tratamiento.

Reevaluar al paciente sobre todo para comprobar los signos de quemadura y de avance en los objetivos terapéuticos. Volver a valorar los síntomas subjetivos cuantificables y los deterioros y discapacidades objetivos.

17. Documentar el tratamiento.

**COLOCACIÓN****Aplicador de inducción**

Al colocar un aplicador de inducción con un cable, el cable debe estar enrollado alrededor de la extremidad a tratar cubierta con toallas, con las vueltas del cable separadas 3 cm. Deben utilizarse separadores de goma o madera para garantizar que las vueltas adyacentes del cable no entran en contacto entre sí.

Otra opción es enrollar el cable en una bobina plana del tamaño aproximado del área a tratar. Los separadores sirven para separar piezas adyacentes de cable para garantizar que no entren en contacto entre sí. La bobina debe colocarse sobre la zona a tratar separada por seis a ocho capas de toallas (v. figura 14-12).

Con un aplicador de tambor, el tambor debe colocarse directamente sobre y cerca de la piel o de los tejidos a tratar, con un ligero hueco de aire para permitir la disipación del calor. Debe evitarse el contacto cuando haya riesgo de infección. El centro del aplicador debe colocarse sobre la zona a tratar. La superficie de tratamiento del aplicador debe colocarse mirando hacia y lo más paralela posible a los tejidos a tratar.

Hay que avisar al paciente de que se mueva lo menos posible durante el tratamiento, porque la potencia del campo puede cambiar si la distancia entre el aplicador y la zona a tratar varía, disminuyendo en proporción al cuadrado de la distancia entre la superficie de tratamiento del aplicador y los tejidos a tratar (v. figura 14-4). Por ejemplo, si la distancia se duplica, la potencia del campo magnético se divide por cuatro. Por esta razón, es importante mantener el aplicador a una distancia constante del paciente para un tratamiento uniforme.

**Aplicador de capacitancia**

Las dos placas de un aplicador de capacitancia deben colocarse a la misma distancia a cada lado de la zona a tratar, aproximadamente 2 cm a 10 cm de la superficie de la piel (v. figura 14-8). Se recomienda una colocación similar a una ligera distancia del cuerpo para una distribución uniforme del campo en la zona de tratamiento, porque el campo es más concentrado cerca de las placas. Una colocación inadecuada produce un calentamiento irregular, de modo que las zonas más próximas a la placa se calientan más que las más alejadas de esta (v. figura 14-13).

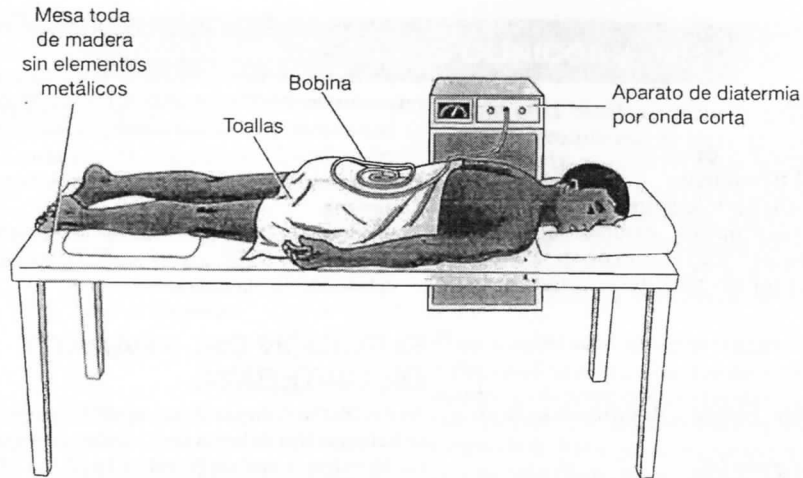


FIGURA 14-12 Aplicador con bobina de inducción para diatermia por onda corta. Colocación con bobina en «torta» sobre la espalda del paciente. Obsérvese la capa de toallas.

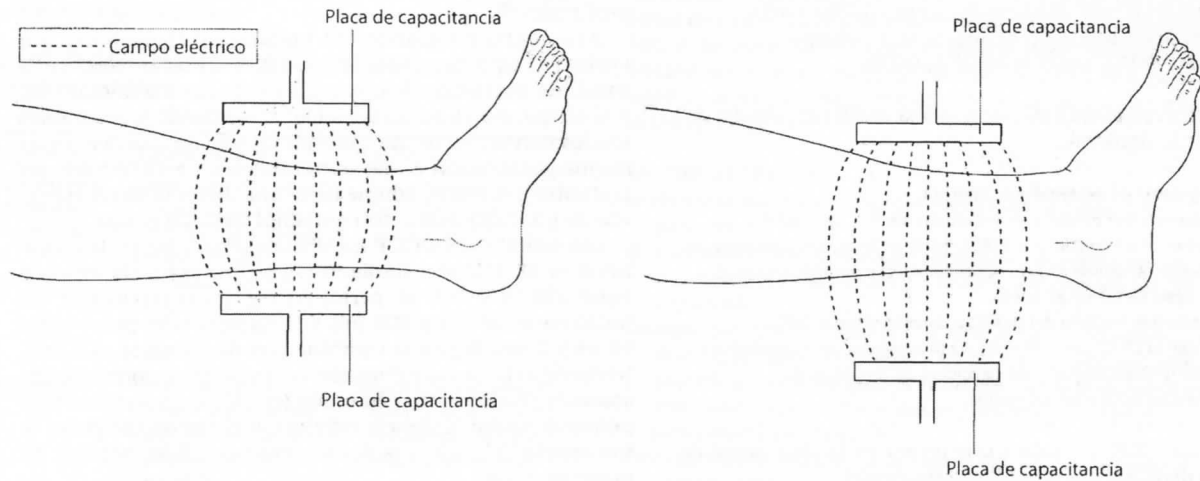


FIGURA 14-13 Distribución del campo eléctrico en el tejido con placas de capacitancia para diatermia por onda corta colocadas de modo uniforme e irregular.

**TABLA 14-3** Comparación entre diferentes tipos de aparatos de diatermia

Tipo	Térmica			No térmica
	Onda corta		Microonda	Onda corta pulsada
Frecuencia	27,12 MHz*		2.450 MHz	27,12 MHz
Aplicador	Bobina de inducción	Placa de capacitancia	Magnetron	Tambor con bobina de inducción
Campo incidente	Electromagnético	Eléctrico	Electromagnético	Electromagnético
Tejidos más afectados	Profundo y superficial	Superficial	Zonas pequeñas	Profundo y superficial

\*La diatermia por onda corta puede tener también una frecuencia de 13,56 MHz a 40,68 MHz, aunque la más usada es la de 27,12 MHz.

**Aplicador de microonda magnetron**

El aplicador de microonda magnetron debe colocarse a unos centímetros de la zona que debe tratarse y dirigirse hacia dicha zona con el haz perpendicular a la piel del paciente.

**DOCUMENTACIÓN**

Debe documentarse lo siguiente:

- Zona del cuerpo a tratar
- Rango de frecuencia
- Potencia media o ajuste de potencia

- Frecuencia del pulso
- Tiempo de irradiación
- Tipo de aplicador
- Duración del tratamiento
- Colocación del paciente
- Distancia entre el aplicador y el paciente
- Respuesta del paciente al tratamiento

La documentación se realiza por lo general en una nota de formato SOAP (subjetivo, objetivo, valoración, plan). Los ejemplos siguientes resumen sólo el tipo de tratamiento y no pretenden representar un plan terapéutico integral.

## EJEMPLOS

Al aplicar DOC en la región lumbar, documentar lo siguiente:

S: el paciente tiene lumbalgia de grado 7/10.

O: **pretratamiento:** limitación del arco de movilidad lumbar en todos los planos por dolor.

**Tratamiento:** DOC continua a 2712 MHz, potencia 3, región lumbar, aplicador de tambor a 7,5 cm de la paciente, en pronación, 20 minutos.

**Postratamiento:** calor suave con descenso del dolor a 4/10.

A: paciente tolera bien DOC, con mejoría de la lumbalgia.

P: continuar con DOC antes de iniciar ejercicios.

Al aplicar diatermia microonda a la rodilla izquierda, documentar lo siguiente:

S: rigidez y dolor en extensión de rodilla l.

O: **pretratamiento:** defecto de extensión de 40° en rodilla l.

**Tratamiento:** DMO continua a 2.450 MHz en la región posterior de la rodilla, a 7,5 cm de la piel, potencia 4, 15 minutos, pronación con un peso de 1,5 kg en tobillo.

**Postratamiento:** mejoría del defecto de extensión a 30°.

A: tolera bien la DMO con aumento de la amplitud de movimientos.

P: continuar la DMO seguida de ejercicios de amplitud de movimientos activa en extensión.

Al aplicar DOC pulsada a una úlcera en la cara lateral de la pierna derecha, documentar lo siguiente:

S: el paciente informa de que van a colocarle un marcapasos en 2 semanas.

O: **pretratamiento:** úlcera lateral distal derecha de 9 cm X 5 cm. **Intervención:** DOCP intensidad 6, frecuencia de pulso 600 pps, en la pierna derecha en una úlcera por insuficiencia venosa, aplicador a 7,5 cm de la piel, 45 minutos.

**Postratamiento:** reducción de la úlcera a 7 cm X 4 cm en la última semana.

A: tolera bien la DOCP con reducción del tamaño de la úlcera.

P: continuar con DOCP una vez al día y suspenderla tras la colocación del marcapasos.

## ELECCIÓN DEL APARATO DE DIATERMIA

Al decidir la compra de un aparato de diatermia, la primera consideración debería ser si emite energía a nivel térmico o no térmico, o ambos (v. tabla 14-3). La FDA distingue entre aparatos de diatermia según su mecanismo de acción térmico o no térmico. En concreto, la FDA separa los aparatos de diatermia en «diatermia para aplicar calor profundo en trastornos específicos» y «diatermia para el tratamiento de trastornos por medios distintos a la generación de calor profundo»<sup>109</sup>.

Al comprar un aparato con mecanismo térmico hay que evaluar el tipo de aplicador (placas, bobinas o tambor), la banda de frecuencia de la energía (onda corta o microonda) y si el aparato es autorregulable. En general, los tambores son los más fáciles de usar, aunque las bobinas pueden lograr mayor penetración en las extremidades. La DOV suele ser preferible a la DMO, porque tiene una distribución más previsible y los aparatos autorregulables facilitan el uso.

Los aparatos de DOCP no térmica fabricados en la actualidad en EE. UU. son similares. Tiene una potencia máxima entre 150 W y 400 W, permiten regular la frecuencia del pulso entre 10 pps y 800 pps y la duración del pulso entre 65 µs y 2 ms. Según la combinación de potencia máxima, frecuencia del pulso y duración del pulso seleccionada, estos aparatos pueden actuar en modo térmico o no térmico. Si la potencia media (potencia máxima X duración del pulso X frecuencia del pulso) se fija a menos de 38 W, actuará en modo no térmico.

## ESTUDIOS DE CASOS CLÍNICOS

Estos estudios de casos clínicos resumen los conceptos sobre la diatermia explicados en este capítulo. Se propone una evaluación de los hallazgos clínicos y objetivos terapéuticos según el trastorno presentado. Después se ofrece una explicación de los factores relevantes para la elección de la diatermia como medida apropiada, el aparato idóneo y los parámetros adecuados para avanzar hacia los objetivos.

### CASO 14-1

#### Capsulitis adhesiva Resumen del historial clínico

##### Anamnesis

SJ es una fisioterapeuta de 45 años diagnosticada de capsulitis adhesiva del hombro derecho enviada para fi-

sioterapia. Tiene rigidez en el hombro con sensación de tensión en el extremo del arco. Aunque puede realizar casi todas las funciones laborales, tiene dificultad para elevar el brazo por encima de la cabeza, lo que dificulta la colocación de objetos en estantes altos y para sacar cuando juega al tenis, así como dificultad para abrocharse el sujetador.

##### Pruebas y mediciones

La exploración objetiva revela una limitación de la amplitud de movimientos activa y pasiva, así como un desplazamiento glenohumeral inferior y posterior pasivo limitado. Las demás pruebas, como el arco de movilidad y la fuerza y sensibilidad en la extremidad superior, son normales.

**ESTUDIOS DE CASOS CLÍNICOS (cont.)**

Arco de movilidad del hombro		
	D	I
<b>ACTIVO</b>		
Flexión	120°	170°
Abducción	100°	170°
Mano en la espalda	D 10 cm menos que el izquierdo	
<b>PASIVO</b>		
Flexión	130°	175°
Abducción	110°	175°
Rotación interna	50°	80°
Rotación externa	10°	80°

*¿Cuáles son los objetivos terapéuticos razonables en esta paciente? ¿Qué tipo de diatermia es más apropiada? ¿Cómo colocaría a la paciente durante el tratamiento? ¿Qué debe añadirse a la diatermia?*

**Clasificación. Estado actual y objetivos de intervención**

**Evaluación y objetivos**

Nivel CIF	Estado actual	Objetivos
Estructura y función corporal	Limitación del arco de movilidad activo del hombro derecho Limitación del desplazamiento intraarticular pasivo glenohumeral derecho	Aumentar el arco de movilidad activo y pasivo del hombro
Actividad	Dificultad para levantar y alcanzar por encima de la cabeza y en la espalda	Mejorar la capacidad para colocar objetos en estantes altos y vestirse sin ayuda
Participación	Dificultad para jugar al tenis Dificultad para vestirse	Volver a jugar al tenis Vestirse con facilidad

**Valoración específica**

Patrón práctico preferido 4D: deterioro de la movilidad articular, función motora, fuerza muscular y arco de movilidad por alteración del tejido conjuntivo.

**Aspectos del proceso**

Los objetivos terapéuticos son recuperar por completo el arco de movilidad pasivo y activo del hombro derecho y reanudar la práctica deportiva y las actividades cotidianas sin restricción. La pérdida de movilidad activa y pasiva asociada a la capsulitis adhesiva se debe a la adhesión y pérdida de longitud de la cápsula articular inferior anterior. El tratamiento debe intentar aumentar la longitud de la cápsula articular. Subir la temperatura tisular antes del estiramiento aumenta la elasticidad de las partes blandas y permite aumentar su longitud con poca fuerza, lo que reduce el riesgo de dañar el tejido. La dia-

termia es la técnica adecuada para tratar la cápsula del hombro, porque puede alcanzar zonas amplias de tejido profundo. Un medio de calentamiento superficial como una bolsa de calor no es tan efectivo, porque no aumenta la temperatura del tejido a la profundidad de la cápsula articular y los ultrasonidos no son tan efectivos porque el calentamiento está limitado por la zona de radiación efectiva del cabezal de ultrasonidos.

**Plan e intervención del tratamiento**

Debe utilizarse un aparato de diatermia continua para aumentar la temperatura tisular. Se recomienda un aparato de DOC con un aplicador de bobina de inducción en forma de tambor, porque este modo de aplicación produce una distribución profunda uniforme del calor y es sencilla. El aparato debe colocarse sobre el hombro derecho, mejor con el hombro colocado en el extremo del arco de flexión y abducción para lograr un estiramiento suave de la cápsula anterior inferior. El aparato de diatermia debe regularse para producir una sensación confortable de calor suave y la sesión debe durar unos 20 minutos. Este tratamiento con diatermia debe ir seguido de inmediato por un estiramiento prolongado con peso ligero para aumentar la mejoría de la amplitud de movimientos.

**Documentación**

- S: rigidez en hombro derecho con diagnóstico de capsulitis adhesiva.
- O: **pretratamiento:** disminución del arco de movilidad pasivo y activo en flexión, abducción y rotaciones en comparación con el izquierdo.
- Tratamiento:** DOC continua a 27,12 MHz, potencia 3, hombro derecho, aplicador en tambor a 7,5 cm del paciente, paciente sentado con hombro derecho en extremo del arco de flexión y abducción durante 20 minutos seguido de 10 minutos de estiramiento con fuerza ligera.
- Posttratamiento:** flexión pasiva hombro derecho ha mejorado de 120° a 140° y la abducción de 100° a 120°.
- A: tolera bien la DOC, nota sensación de calor suave, aumento del arco de movilidad pasivo después del tratamiento.
- P: continuar con DOC 3 veces por semana hasta recuperar por completo el arco de movilidad pasivo y restablecer la capacidad funcional previa.

**CASO 14-2**

**Esguince agudo de tobillo por inversión  
Resumen del historial clínico**

**Anamnesis**

MB es una futbolista aficionada de 24 años que sufrió un esguince por inversión del tobillo izquierdo grado II 48 horas antes. Se aplicó hielo, vendaje compresivo, reposo y elevación del tobillo, así como uso de muleta para reducir el apoyo en carga al andar. Fue remitida a fisioterapia para recuperar la actividad deportiva lo antes posible. Tiene dolor moderado en la región lateral del tobillo que empeora al apoyar en carga y edema que empeora al bajar el tobillo.

Continúa

## ESTUDIOS DE CASOS CLÍNICOS (cont.)

### Pruebas y mediciones

La exploración objetiva revela un aumento leve de la temperatura superficial y edema en la región lateral del tobillo izquierdo con un perímetro de 25,5 cm en la izquierda frente a 21,5 cm en la derecha. El arco de movilidad pasivo está limitado en todos los planos con 0° de extensión en el izquierdo frente a 10° en el derecho, 20° de flexión en el izquierdo frente a 45° en el derecho, 10° de inversión en el izquierdo con dolor frente a 30° en el derecho y 20° de eversion en el izquierdo frente a 30° en el derecho. Las pruebas isométricas de fuerza muscular contra resistencia manual en la zona central del arco son normales.

*¿Cuáles son los objetivos terapéuticos en esta fase? ¿Qué tipo de diatermia es apropiada? ¿Qué tipo de diatermia está contraindicada para estos pacientes? ¿Cómo colocaría al paciente durante el tratamiento? ¿Qué más debería hacer el paciente?*

### Clasificación. Estado actual y objetivos de intervención

#### Evaluación y objetivos

Nivel CIF	Estado actual	Objetivos
Estructura y función corporal	Dolor, edema, calor y disminución de la movilidad activa tobillo izquierdo	Mejorar los síntomas y recuperar el arco de movilidad
Actividad	Menor tolerancia al apoyo en carga, deambulación limitada	Andar con normalidad con apoyo en carga
Participación	Incapaz de jugar al fútbol	Volver a jugar al fútbol en 4 semanas

### Valoración específica

Patrón práctico preferido 4D: alteración de la movilidad articular, función motora, fuerza muscular y arco de movilidad por trastorno del tejido conjuntivo.

### Aspectos del proceso

Los objetivos terapéuticos en esta fase son controlar el dolor, resolver el edema y recuperar un arco de movilidad activa normal para reanudar completamente el deporte. El diagnóstico de esguince de tobillo grado II indica un daño relativo de los ligamentos del tobillo, por lo que uno de los objetivos debe ser la cicatrización de estas partes blandas.

La DOCP no térmica es una medida complementaria para el dolor y el edema que además mejora la cicatrización de las partes blandas. La adición de DOCP a reposo, frío, compresión y elevación puede acelerar la recuperación, ya que la paciente quiere reanudar el deporte sin demora. No debe aplicarse diatermia térmica, porque está contraindicado en presencia de lesión o inflamación aguda.

### Plan e intervención del tratamiento

Se propone iniciar de inmediato tratamiento con DOCP no térmica para reducir el dolor y el edema. La extremidad debe colocarse en posición elevada cómoda para bajar el

edema. El aplicador DOCP debe colocarse sobre la cara lateral del tobillo próximo a la piel con su centro sobre la zona del tobillo con edema más pronunciado y lo más paralelo posible a los tejidos dañados.

La aplicación diaria de DOCP durante 30 minutos con potencia 6 y frecuencia de pulso 6 es apropiada para este tipo de lesión aguda. Si los síntomas empeoran, hay que bajar la frecuencia de pulso hasta que mejoren. Tras la DOCP debe emplearse frío y después debe colocarse un vendaje compresivo. La paciente debe continuar el reposo, frío, elevación y compresión y debe recibir instrucciones para andar, apoyar en carga y realizar ejercicios de arco de movilidad activa. Puede necesitar una tobillera rígida si el tobillo es inestable.

### Documentación

**S:** esguince por inversión tobillo izquierdo grado II 48 horas antes, tratado con reposo, frío, compresión y elevación, tiene dolor, edema y dificultad para apoyar en carga.

**O:** pretratamiento: perímetro tobillo izquierdo 25,5 cm y derecho 21,5 cm. Arco de movilidad activo limitado en todos los planos con 20° de flexión, 0° de extensión, 10° de inversión con dolor y 20° de eversion.

**Tratamiento:** DOCP en región lateral tobillo izquierdo, a 7,5 cm de la piel, potencia 6 y frecuencia de pulso 6, durante 30 minutos y compresión tras la DOCP.

**Posttratamiento:** leve mejoría del arco de movilidad, perímetro sin cambios.

**A:** sin molestias durante el tratamiento.

**P:** continuar con DOCP y reposo, frío, compresión y elevación el resto del tiempo. Enseñar a la paciente a andar, apoyar en carga y realizar ejercicios de arco de movilidad.

## CASO 14-3

### Úlcera por presión sacra

#### Resumen del historial clínico

##### Anamnesis

FG es un hombre de 85 años con una úlcera por presión sacra grado IV. Está confinado a la cama, con respuesta mínima y dependiente para la movilidad y alimentación. Puede tragar, aunque come mal. El tratamiento previo ha consistido en desbridamiento quirúrgico y apósitos hidrocoloides. Aunque ha conseguido una reducción del esfacelo amarillento, el tamaño de la herida ha cambiado poco en el último mes.

##### Pruebas y mediciones

La úlcera por presión es de 15 cm × 8 cm y 3 cm de profundidad máxima. No hay tunelización ni socavado. Aproximadamente el 70% del lecho de la herida es rojo y con tejido de granulación y el 30% está cubierto por un esfacelo amarillento.

*¿Cuáles son los objetivos terapéuticos razonables en este paciente? ¿Qué tipo de diatermia debe usarse y por qué? ¿Con qué frecuencia debe aplicar la diatermia? ¿Qué otros aspectos del tratamiento de la herida son importantes en este paciente?*

**ESTUDIOS DE CASOS CLÍNICOS (cont.)**

**Clasificación. Estado actual y objetivos de intervención**

**Evaluación y objetivos**

Nivel CIF	Estado actual	Objetivos
Estructura y función corporal	Úlcera (deterioro de la integridad del tejido) sacra, fuerza reducida	Lograr una base de la herida roja (corto plazo), reducir el tamaño de la úlcera (largo plazo), cierre de la herida (largo plazo)
Actividad	Confinado a la cama, poco apetito, riesgo de infección	Prevenir la infección
Participación	Dependiente para la movilidad en la cama y alimentación	Reducir las necesidades de asistencia sanitaria del paciente

**Valoración específica**

Patrón práctico preferido 7E: deterioro de la integridad tegumentaria por afectación de la piel que se extiende a la fascia, músculo o hueso y formación de cicatriz.

**Aspectos del proceso**

La DOCP no térmica acelera la cicatrización de las heridas abiertas crónicas como las úlceras por presión. Una ventaja de este tratamiento respecto a otros tratamientos complementarios es que puede aplicarse sin retirar el apósito, limitando así la perturbación mecánica y de temperatura en la herida y reduciendo el tiempo necesario para ajustar el tratamiento. Además, puede emplearse incluso si el paciente no tiene sensibilidad o tiene un deterioro cognitivo avanzado que le impide reaccionar ante el tratamiento, porque la DOCP produce una sensación escasa. En este paciente es especialmente importante limitar la alteración mecánica de la herida, porque el 70% del lecho está cubierto por tejido de granulación rojo que es frágil, pero tiene capacidad de cicatrización.

**Plan e intervención del tratamiento**

Para mejorar la cicatrización de la herida de este paciente es necesario un programa integral de cuidados de la herida que aborde el alivio de la presión, los apósitos, el estado nutricional y el desbridamiento cuando sea necesario. La DOCP no térmica es un complemento adecuado a estas medidas para facilitar la curación y el cierre de la herida. Hay que colocar al paciente con la superficie de tratamiento del aplicador lo más próxima y paralela posible al tejido a tratar, con el centro del aplicador sobre la parte más profunda de la herida. No es imprescindible retirar el apósito. Si existe tunelización, el centro del aplicador debe colocarse sobre la porción más profunda del túnel para facilitar el cierre del túnel antes de que cierre una zona más superficial de la herida. La superficie de tratamiento del aplicador debe cubrirse con una bolsa de plástico o similar para evitar el contagio de la infección. Se recomienda tratar la herida dos veces al día durante 30 minutos o una vez al día durante 45 a 60 minutos. Si el paciente está incómodo, hay que bajar la frecuencia del pulso. También debe bajarse si la superficie de la herida empieza a cerrarse antes de que la zona profunda de la herida se haya rellenado por completo.

**Documentación**

- S: confinado a la cama con escasa capacidad de respuesta y úlcera por presión sacra grado IV.
- O: **pretratamiento:** úlcera sacra de 15 cm x 8 cm y 3 cm de profundidad máxima sin tunelización ni socavado, con el 70% del lecho con tejido rojizo de granulación y el 30% con esfacelo amarillento.
- Tratamiento:** DOCP dos veces al día durante 30 minutos sobre la úlcera sacra, potencia 6 y frecuencia de pulso 600 pps, pronación, aplicador cubierto con protector y a 7,5 cm de la herida.
- Posttratamiento:** herida sin cambios tras dos sesiones.
- A: DOCP sin efectos adversos relevantes.
- P: continuar con DOCP dos veces al día durante 1 semana más. Continuar si la herida mejora, si no, suspenderla.

Preferred Physical Therapist Practice Patterns<sup>SM</sup> son propiedad de 2002 American Physical Therapy Association. Todos los derechos reservados.

**REPASO DEL CAPÍTULO**

1. La diatermia es la aplicación a un paciente de energía electromagnética de onda corta o microonda.
2. Los efectos de la diatermia pueden ser térmicos o no térmicos. La diatermia continua produce efectos térmicos y se usa para calentar zonas amplias de tejido profundo. La DOCP se usa por lo general para producir efectos no térmicos y puede mejorar el dolor, bajar el edema, mejorar los síntomas de artrosis y acelerar la cicatrización de heridas, nervios y huesos.
3. Las contraindicaciones para la diatermia dependen de si se aplica en modo térmico o no térmico. La diatermia está contraindicada en ambos modos si la persona tiene estimuladores nerviosos internos o transcutáneos, marca-

pas o está embarazada. Las contraindicaciones de la diatermia en modo térmico son los implantes metálicos, cáncer y aplicación sobre ojos, testículos y epífitis en crecimiento. Las contraindicaciones de la diatermia en modo no térmico son la aplicación al tejido profundo como un órgano, como sustituta de la terapia convencional del edema y el dolor, y la presencia de aparatos electrónicos o implantes metálicos.

4. Las precauciones con todas las formas de diatermia son la proximidad a aparatos magnéticos o electrónicos, obesidad y dispositivos intrauterinos de cobre. Las precauciones con la DOCP son el embarazo y la inmadurez esquelética.
5. Remitimos al lector a la página web Evolve para ejercicios y enlaces adicionales con material didáctico y referencias bibliográficas.

## ESTUDIOS DE CASOS CLÍNICOS (cont.)

### Pruebas y mediciones

La exploración objetiva revela un aumento leve de la temperatura superficial y edema en la región lateral del tobillo izquierdo con un perímetro de 25,5 cm en la izquierda frente a 21,5 cm en la derecha. El arco de movilidad pasivo está limitado en todos los planos con 0° de extensión en el izquierdo frente a 10° en el derecho, 20° de flexión en el izquierdo frente a 45° en el derecho, 10° de inversión en el izquierdo con dolor frente a 30° en el derecho y 20° de eversión en el izquierdo frente a 30° en el derecho. Las pruebas isométricas de fuerza muscular contra resistencia manual en la zona central del arco son normales.

*¿Cuáles son los objetivos terapéuticos en esta fase? ¿Qué tipo de diatermia es apropiada? ¿Qué tipo de diatermia está contraindicada para estos pacientes? ¿Cómo colocaría al paciente durante el tratamiento? ¿Qué más debería hacer la paciente?*

### Clasificación. Estado actual y objetivos de intervención

#### Evaluación y objetivos

Nivel CIF	Estado actual	Objetivos
Estructura y función corporal	Dolor, edema, calor y disminución de la movilidad activa tobillo izquierdo	Mejorar los síntomas y recuperar el arco de movilidad
Actividad	Menor tolerancia al apoyo en carga, deambulación limitada	Andar con normalidad con apoyo en carga
Participación	Incapaz de jugar al fútbol	Volver a jugar al fútbol en 4 semanas

### Valoración específica

Patrón práctico preferido 4D: alteración de la movilidad articular, función motora, fuerza muscular y arco de movilidad por trastorno del tejido conjuntivo.

### Aspectos del proceso

Los objetivos terapéuticos en esta fase son controlar el dolor, resolver el edema y recuperar un arco de movilidad activa normal para reanudar completamente el deporte. El diagnóstico de esguince de tobillo grado II indica un daño relativo de los ligamentos del tobillo, por lo que uno de los objetivos debe ser la cicatrización de estas partes blandas.

La DOCP no térmica es una medida complementaria para el dolor y el edema que además mejora la cicatrización de las partes blandas. La adición de DOCP a reposo, frío, compresión y elevación puede acelerar la recuperación, ya que la paciente quiere reanudar el deporte sin demora. No debe aplicarse diatermia térmica, porque está contraindicado en presencia de lesión o inflamación aguda.

### Plan e intervención del tratamiento

Se propone iniciar de inmediato tratamiento con DOCP no térmica para reducir el dolor y el edema. La extremidad debe colocarse en posición elevada cómoda para bajar el

edema. El aplicador DOCP debe colocarse sobre la cara lateral del tobillo próximo a la piel con su centro sobre la zona del tobillo con edema más pronunciado y lo más paralelo posible a los tejidos dañados.

La aplicación diaria de DOCP durante 30 minutos con potencia 6 y frecuencia de pulso 6 es apropiada para este tipo de lesión aguda. Si los síntomas empeoran, hay que bajar la frecuencia de pulso hasta que mejoren. Tras la DOCP debe emplearse frío y después debe colocarse un vendaje compresivo. La paciente debe continuar el reposo, frío, elevación y compresión y debe recibir instrucciones para andar, apoyar en carga y realizar ejercicios de arco de movilidad activa. Puede necesitar una tobillera rígida si el tobillo es inestable.

### Documentación

**S:** esguince por inversión tobillo izquierdo grado II 48 horas antes, tratado con reposo, frío, compresión y elevación, tiene dolor, edema y dificultad para apoyar en carga.

**O:** pretratamiento: perímetro tobillo izquierdo 25,5 cm y derecho 21,5 cm. Arco de movilidad activo limitado en todos los planos con 20° de flexión, 0° de extensión, 10° de inversión con dolor y 20° de eversión.

**Tratamiento:** DOCP en región lateral tobillo izquierdo, a 7,5 cm de la piel, potencia 6 y frecuencia de pulso 6, durante 30 minutos y compresión tras la DOCP.

**Postratamiento:** leve mejoría del arco de movilidad, perímetro sin cambios.

**A:** sin molestias durante el tratamiento.

**P:** continuar con DOCP y reposo, frío, compresión y elevación el resto del tiempo. Enseñar a la paciente a andar, apoyar en carga y realizar ejercicios de arco de movilidad.

## CASO 14-3

### Úlcera por presión sacra

#### Resumen del historial clínico

##### Anamnesis

FG es un hombre de 85 años con una úlcera por presión sacra grado IV. Está confinado a la cama, con respuesta mínima y dependiente para la movilidad y alimentación. Puede tragar, aunque come mal. El tratamiento previo ha consistido en desbridamiento quirúrgico y apósitos hidrocoloides. Aunque ha conseguido una reducción del esfacelo amarillento, el tamaño de la herida ha cambiado poco en el último mes.

##### Pruebas y mediciones

La úlcera por presión es de 15 cm × 8 cm y 3 cm de profundidad máxima. No hay tunelización ni socavado. Aproximadamente el 70% del lecho de la herida es rojo y con tejido de granulación y el 30% está cubierto por un esfacelo amarillento.

*¿Cuáles son los objetivos terapéuticos razonables en este paciente? ¿Qué tipo de diatermia debe usarse y por qué? ¿Con qué frecuencia debe aplicar la diatermia? ¿Qué otros aspectos del tratamiento de la herida son importantes en este paciente?*

**ESTUDIOS DE CASOS CLÍNICOS (cont.)**

**Clasificación. Estado actual y objetivos de intervención**

Evaluación y objetivos		
Nivel CIF	Estado actual	Objetivos
Estructura y función corporal	Úlcera (deterioro de la integridad del tejido) sacra, fuerza reducida	Lograr una base de la herida roja (corto plazo), reducir el tamaño de la úlcera (largo plazo), cierre de la herida (largo plazo)
Actividad	Confinado a la cama, poco apetito, riesgo de infección	Prevenir la infección
Participación	Dependiente para la movilidad en la cama y alimentación	Reducir las necesidades de asistencia sanitaria del paciente

**Valoración específica**

Patrón práctico preferido 7E: deterioro de la integridad tegumentaria por afectación de la piel que se extiende a la fascia, músculo o hueso y formación de cicatriz.

**Aspectos del proceso**

La DOCP no térmica acelera la cicatrización de las heridas abiertas crónicas como las úlceras por presión. Una ventaja de este tratamiento respecto a otros tratamientos complementarios es que puede aplicarse sin retirar el apósito, limitando así la perturbación mecánica y de temperatura en la herida y reduciendo el tiempo necesario para ajustar el tratamiento. Además, puede emplearse incluso si el paciente no tiene sensibilidad o tiene un deterioro cognitivo avanzado que le impide reaccionar ante el tratamiento, porque la DOCP produce una sensación escasa. En este paciente es especialmente importante limitar la alteración mecánica de la herida, porque el 70% del lecho está cubierto por tejido de granulación rojo que es frágil, pero tiene capacidad de cicatrización.

**Plan e intervención del tratamiento**

Para mejorar la cicatrización de la herida de este paciente es necesario un programa integral de cuidados de la herida que aborde el alivio de la presión, los apósitos, el estado nutricional y el desbridamiento cuando sea necesario. La DOCP no térmica es un complemento adecuado a estas medidas para facilitar la curación y el cierre de la herida. Hay que colocar al paciente con la superficie de tratamiento del aplicador lo más próxima y paralela posible al tejido a tratar, con el centro del aplicador sobre la parte más profunda de la herida. No es imprescindible retirar el apósito. Si existe tunelización, el centro del aplicador debe colocarse sobre la porción más profunda del túnel para facilitar el cierre del túnel antes de que cierre una zona más superficial de la herida. La superficie de tratamiento del aplicador debe cubrirse con una bolsa de plástico o similar para evitar el contagio de la infección. Se recomienda tratar la herida dos veces al día durante 30 minutos o una vez al día durante 45 a 60 minutos. Si el paciente está incómodo, hay que bajar la frecuencia del pulso. También debe bajarse si la superficie de la herida empieza a cerrarse antes de que la zona profunda de la herida se haya rellenado por completo.

**Documentación**

- S: confinado a la cama con escasa capacidad de respuesta y úlcera por presión sacra grado IV.
- O: **pretratamiento:** úlcera sacra de 15 cm X 8 cm y 3 cm de profundidad máxima sin tunelización ni socavado, con el 70% del lecho con tejido rojizo de granulación y el 30% con esfacelo amarillento.
- Tratamiento:** DOCP dos veces al día durante 30 minutos sobre la úlcera sacra, potencia 6 y frecuencia de pulso 600 pps, pronación, aplicador cubierto con protector y a 7,5 cm de la herida.
- Postratamiento:** herida sin cambios tras dos sesiones.
- A: DOCP sin efectos adversos relevantes.
- P: continuar con DOCP dos veces al día durante 1 semana más. Continuar si la herida mejora, si no, suspenderla.

Preferred Physical Therapist Practice Patterns<sup>SM</sup> son propiedad de 2002 American Physical Therapy Association. Todos los derechos reservados.

**REPASO DEL CAPÍTULO**

1. La diatermia es la aplicación a un paciente de energía electromagnética de onda corta o microonda.
2. Los efectos de la diatermia pueden ser térmicos o no térmicos. La diatermia continua produce efectos térmicos y se usa para calentar zonas amplias de tejido profundo. La DOCP se usa por lo general para producir efectos no térmicos y puede mejorar el dolor, bajar el edema, mejorar los síntomas de artrosis y acelerar la cicatrización de heridas, nervios y huesos.
3. Las contraindicaciones para la diatermia dependen de si se aplica en modo térmico o no térmico. La diatermia está contraindicada en ambos modos si la persona tiene estimuladores nerviosos internos o transcutáneos, marca-

- pas o está embarazada. Las contraindicaciones de la diatermia en modo térmico son los implantes metálicos, cáncer y aplicación sobre ojos, testículos y epifisis en crecimiento. Las contraindicaciones de la diatermia en modo no térmico son la aplicación al tejido profundo como un órgano, como sustituta de la terapia convencional del edema y el dolor, y la presencia de aparatos electrónicos o implantes metálicos.
4. Las precauciones con todas las formas de diatermia son la proximidad a aparatos magnéticos o electrónicos, obesidad y dispositivos intrauterinos de cobre. Las precauciones con la DOCP son el embarazo y la inmadurez esquelética.
5. Remitimos al lector a la página web Evolve para ejercicios y enlaces adicionales con material didáctico y referencias bibliográficas.

## RECURSOS ADICIONALES **evolve**

### Páginas web

Accelerated Care Plus: fabricante de un aparato de DOC en modo térmico y no térmico. Esta página web contiene información sobre este aparato y tiene enlaces útiles con organizaciones profesionales y bases de datos de salud. [www.acplus.com](http://www.acplus.com)

Mettler Electronics: esta empresa fabrica aparatos DOC térmicos y no térmicos y su página web comprende información y especificaciones sobre sus productos. [www.mettlerelectronics.com](http://www.mettlerelectronics.com)

## GLOSARIO **evolve**

**Aplicador con bobina de inducción:** Una bobina por la que fluye una corriente eléctrica alterna que produce un campo magnético perpendicular a la bobina y que induce corrientes eléctricas de remolino en el tejido dentro o frente a la bobina. Este tipo de aplicador es útil para diatermia por onda corta.

**Ciclo operativo:** Proporción de tiempo en el que se emite energía.

$$\text{Ciclo operativo} = \frac{\text{tiempo activado}}{[\text{tiempo activado} + \text{tiempo desactivado}]}$$

**Diatermia:** Aplicación de energía electromagnética de onda corta o microonda para subir la temperatura tisular sobre todo en tejidos profundos.

**Diatermia de onda corta (DOC) continua:** Aplicación clínica de radiación electromagnética de onda corta continua para subir la temperatura del tejido.

**Diatermia por onda corta pulsada (DOCP):** Aplicación clínica de radiación electromagnética por onda corta pulsada en la que el calentamiento no es el mecanismo de acción terapéutica.

**Magnetron:** Aplicador que produce una corriente alterna de alta frecuencia en una antena. Este tipo de aplicador se utiliza para aplicar diatermia por microonda.

**Radiación electromagnética de frecuencia baja:** Radiación electromagnética que no es ionizante y que no puede romper enlaces moleculares ni produce iones. Comprende las ondas de frecuencia extremadamente bajas, ondas cortas, microondas, infrarrojas, luz visible y ultravioleta.

**Radiación microonda:** Radiación electromagnética no ionizante con un rango de frecuencia de 300 MHz a 300 GHz entre los rangos de la radiofrecuencia y la radiación IR.

**Radiación de onda corta:** Radiación electromagnética no ionizante en el rango de frecuencia de aproximadamente 3 MHz a 30 MHz. La onda corta es una banda dentro del rango de radiofrecuencia. El rango radiofrecuencia está entre la radiación FEB y la radiación microonda.

## BIBLIOGRAFÍA **evolve**

- Hitchcock RT, Patterson RM: *Radio-frequency and ELF electromagnetic energies: a handbook for health professionals*, New York, 1995, Van Nostrand Reinhold.
- Silverman DR, Pendleton LA: A comparison of the effects of continuous and pulsed shortwave diathermy on peripheral circulation, *Arch Phys Med Rehabil* 49:429-436, 1968.
- Conradi E, Pages IH: Effects of continuous and pulsed microwave irradiation on distribution of heat in the gluteal region of minipigs, *Scand J Rehabil Med* 21:59-62, 1989.
- Draper DO, Knight K, Fujiwara T, et al: Temperature change in human muscle during and after pulsed short-wave diathermy, *J Orthop Sports Phys Ther* 29(1):13-18; discussion 19-22, 1999.
- Kloth LC, Zisken MC: Diathermy and pulsed radio frequency radiation. In Michlovitz SL, ed: *Thermal agents in rehabilitation*, Philadelphia, 1996, FA Davis.
- Verrier M, Falconer K, Crawford SJ: A comparison of tissue temperature following two shortwave diathermy techniques, *Physiotherapy Canada* 29(1):21-25, 1977.
- Guy AW, Lehmann JF, Stonebridge JB: Therapeutic applications of electromagnetic power, *Proc IEEE* 62:55-75, 1974.
- Van der Eÿsch M, Hoogland R: *Pulsed shortwave diathermy with the Curapuls 419*, Delft, Netherlands, 1990, Delft Instruments Physical Medicine BV.
- Hand JW: Biophysics and technology of electromagnetic hyperthermia. In Guthrie M, ed: *Methods of external hyperthermic heating*, Berlin, 1990, Springer-Verlag.
- McMeeken JM, Bell C: Effects of selective blood and tissue heating on blood flow in the dog hind limb, *Exp Physiol* 75:359-366, 1990.
- Fadilah R, Pinkas J, Weinberger A, et al: Heating rabbit joint by microwave applicator, *Arch Phys Med Rehabil* 68(10):710-712, 1987.
- Scott RS, Chou CK, McCumber M, et al: Complications resulting from spurious fields produced by a microwave applicator used for hyperthermia, *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 12(10):1883-1886, 1986.
- Murray CC, Kitchen S: Effect of pulse repetition rate on the perception of thermal sensation with pulsed shortwave diathermy, *Physiother Res Int* 5(2):73-84, 2000.
- Garrett CL, Draper DO, Knight KL: Heat distribution in the lower leg from pulsed short-wave diathermy and ultrasound treatments, *J Athl Train* 35(1):50-55, 2000.
- Draper DO, Knight K, Fujiwara T, et al: Temperature change in human muscle during and after pulsed short-wave diathermy, *J Orthop Sports Phys Ther* 29(1):13-18; discussion 19-22, 1999.
- McNiven DR, Wyper DJ: Microwave therapy and muscle blood flow in man, *J Microwave Power* 11:168, 1976.
- McMeeken JM, Bell C: Microwave irradiation of the human forearm and hand, *Physiother Theory Practice* 75:359-366, 1990.
- Wyper DJ, McNiven DR: Effects of some physiotherapeutic agents on skeletal muscle blood flow, *Physiotherapy* 60(10):309-310, 1976.
- Benson TB, Copp EP: The effect of therapeutic forms of heat and ice on the pain threshold of the normal shoulder, *Rheumatol Rehabil* 13:101-104, 1974.
- Abramson DL, Chu LSW, Tuck S, et al: Effect of tissue temperature and blood flow on motor nerve conduction velocity, *J Am Med Soc* 198:1082-1088, 1966.
- ChaÛstain PB: The effect of deep heat on isometric strength, *Phys Ther* 58(5):543-546, 1978.
- McMeeken JM, Bell C: Effects of microwave irradiation on blood flow in the dog hind limb, *Exp Physiol* 75:367-374, 1990.
- Adair ER, Blick DW, Allen SJ, et al: Thermophysiological responses of human volunteers to whole body RF exposure at 220 MHz, *Bioelectromagnetics* 26(6):448-461, 2005.
- Adair ER, Mylacraine KS, Allen SJ: Thermophysiological consequences of whole body resonant RF exposure (100 MHz) in human volunteers, *Bioelectromagnetics* 24(7):489-501, 2003.
- Hayne CR: Pulsed high frequency energy: its place in physiotherapy, *Physiotherapy* 70(12):459-466, 1984.
- Markov MS: Electric current electromagnetic field effects on soft tissue: implications for wound healing, *Wounds* 7(3):94-110, 1995.
- Pilla AA, Markov MS: Bioeffects of weak electromagnetic fields, *Rev Environ Health* 10(3-4):155-169, 1994.
- Mayrovitz HN, Larsen PB: A preliminary study to evaluate the effect of pulsed radio frequency field treatment on lower extremity peri-ulcer skin microcirculation of diabetic patients, *Wounds* 7(3):90-93, 1995.
- Mayrovitz HN, Larsen PB: Effects of pulsed electromagnetic fields on skin microvascular blood perfusion, *Wounds* 4(5):197-202, 1992.
- Rozengurt E, Mendoza S: Monovalent ion fluxes and the control of cell proliferation in cultured fibroblasts, *Ann NY Acad Sci* 339:175-190, 1980.

31. Boonstra J, Skper SD, Varons SJ: Regulation of Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> pump activity by nerve growth factor in chick embryo dorsal root ganglia cells, *J Cell Physiol* 113:452-455, 1982.
32. Gemsa D, Seitz M, Kramer W, et al: Ionophore A 23187 raises cyclic AMP levels in macrophages by stimulation of prostaglandin E formation, *Exp Cell Res* 118:55-62, 1979.
33. Pilla A: Electrochemical information and energy transfer in vivo, Proceedings of the seventh IECEC, Washington, DC, 1972, American Chemical Society.
34. Markov MS, Muechsam DJ, Pilla AA: Modulation of cell-free myosin phosphorylation with pulsed radio frequency electromagnetic fields. In Allen MJ, Cleary SE, Sowers AE, eds: *Charge and field effects in biosystems*, ed 4, Singapore, 1995, World Scientific Publishing Co.
35. Markov MS, Pilla AA: Modulation of cell-free myosin light chain phosphorylation with weak low frequency and static magnetic fields, In Frey AH, ed: *On the nature of electromagnetic field interactions with biological systems*, Austin/New York, 1995, RG Landes/Springer.
36. Hill J, Lewis M, Mills P, et al: Pulsed short-wave diathermy effects on human fibroblast proliferation, *Arch Phys Med Rehabil* 83(6):832-836, 2002.
37. Whitfield JF, Boynton AL, McManus JP, et al: The roles of calcium and cyclic AMP in cell proliferation, *Ann NY Acad Sci* 339:216-240, 1981.
38. Canaday DJ, Lee RC: Scientific basis for clinical application of electric fields in soft tissue repair. In Brighton CT, Pollack SR, eds: *Electromagnetics in biology medicine*, San Francisco, 1991, San Francisco Press.
39. Markov MS, Pilla AA: Electromagnetic field stimulation of soft tissues: pulsed radio frequency treatment of post-operative pain and edema, *Wounds* 7(4):143-151, 1995.
40. Vance AR, Hayes SH, Spielholz NI: Microwave diathermy treatment for primary dysmenorrhea, *Phys Ther* 76(9):1003-1008, 1996.
41. Goats GC: Continuous short-wave (radio-frequency) diathermy, *Br J Sports Med* 23:123-127, 1989.
42. Draper DO, Knight K, Fujiwara T, et al: Temperature change in human muscle during and after pulsed short-wave diathermy, *J Orthop Sports Phys Ther* 29(1):13-22, 1999.
43. Sieger C, Draper DO: Use of pulsed shortwave diathermy and joint mobilization to increase ankle range of motion in the presence of surgical implanted metal: a case series, *J Orthop Sports Phys Ther* 36(9):669-677, 2006.
44. Draper DO, Castro JL, Feland B, et al: Shortwave diathermy and prolonged stretching increase hamstring flexibility more than prolonged stretching alone, *J Orthop Sports Phys Ther* 34(1):13-20, 2004.
45. Peres SE, Draper DO, Knight KL, et al: Pulsed shortwave diathermy and prolonged long-duration stretching increase dorsiflexion range of motion more than identical stretching without diathermy, *J Athl Train* 37(1):43-50, 2002.
46. Brucker JB, Knight KL, Rubley MD, et al: An 18-day stretching regimen, with or without pulsed, shortwave diathermy, and ankle dorsiflexion after 3 weeks, *J Athl Train* 40(4):276-280, 2005.
47. Draper DO, Miner L, Knight KL, et al: The carry-over effects of diathermy and stretching in developing hamstring flexibility, *J Athl Train* 37(1):37-42, 2002.
48. Ginsberg AJ: Ultrasound radiowaves as a therapeutic agent, *Med Rec* 19:1-8, 1934.
49. Milinowski AS: Atherapeutic device, United States Patent no. 3181535, 1965.
50. Pilla AA, Martin DE, Schuett AM, et al: Effect of PRF therapy on edema from grades I and II ankle sprains: a placebo controlled randomized, multi-site, double-blind clinical study, *J Athl Train* 31:553, 1996.
51. Wilson DH: Treatment of soft tissue injuries by pulsed electrical energy, *Br Med J* 2:269-270, 1972.
52. Pennington GM, Danley DL, Sumko MH: Pulsed, non-thermal, high frequency electromagnetic field (Diapulse) in the treatment of Grade I and Grade II ankle sprains, *Milit Med* 153:101-104, 1993.
53. Kaplan EG, Weinstock RE: Clinical evaluation of Diapulse as adjunctive therapy following foot surgery, *J Am Podiatr Assoc* 58(5):218-221, 1968.
54. Barker AT, Barlow PS, Porter J, et al: A double blind clinical trial of low power pulsed shortwave therapy in the treatment of soft tissue injury, *Physiotherapy* 71(12):500-504, 1985.
55. McGill SN: The effects of pulsed shortwave therapy on lateral ankle sprains, *N Z J Physiother* 51:21-24, 1988.
56. Foley-Nolan D, Barry C, Coughlan RJ, et al: Pulsed high frequency (27 MHz) electromagnetic therapy for persistent neck pain: a double blind placebo-controlled study of 20 patients, *Orthopedics* 13:445-451, 1990.
57. Foley-Nolan D, Moore K, Codd M, et al: Low energy, high frequency, pulsed electromagnetic therapy for acute whiplash injuries, *Scand J Rehabil Med* 24:51-59, 1992.
58. Wagstaff P, Wagstaff S, Downey M: A pilot study to compare the efficacy of continuous and pulsed magnetic energy (shortwave diathermy) on the relief of low back pain, *Physiother* 72(1):563-566, 1986.
59. Santiesteban AJ, Grant C: Post-surgical effect of pulsed shortwave therapy, *J Am Podiatr Assoc* 75(6):306-309, 1985.
60. Lee PB, Kim YC, Lim YJ, et al: Efficacy of pulsed electromagnetic therapy for chronic lower back pain: a randomized, double-blind, placebo-controlled study, *J Int Med Res* 34(2):160-167, 2006.
61. Dziedzic K, Hill J, Lewis M, et al: Effectiveness of manual therapy or pulsed shortwave diathermy in addition to advice and exercise for neck disorders: a pragmatic randomized controlled trial in physical therapy clinics, *Arthritis Rheum* 53(2):214-222, 2005.
62. Cameron BM: Experimental acceleration of wound healing, *Am J Orthop* 3(12):336-343, 1961.
63. Itoh M, Montemayor JS, Matsumoto E, et al: Accelerated wound healing of pressure ulcers by pulsed high peak power electromagnetic energy (Diapulse), *Decubitus* 2:24-28, 1991.
64. Ionescu A, Ionescu D, Milinescu S, et al: Study of efficiency of Diapulse therapy on the dynamics of enzymes in burned wound, *Proc Inter Cong Burns* 6:25-26, 1982.
65. Salzberg CA, Cooper-Vastola SA, Perez FJ, et al: The effect of non-thermal pulsed electromagnetic energy (Diapulse) on wound healing of pressure ulcers in spinal cord injured patients: a randomized, double-blind study, *Wounds* 7(1):11-16, 1995.
66. Strauch B, Patel MK, Rosen DJ, et al: Pulsed magnetic field therapy increases tensile strength in a rat Achilles tendon repair model, *J Hand Surg Am* 31(7):1131-1135, 2006.
67. Raji ARM, Bowden REM: Effects of high peak pulsed electromagnetic fields on the degeneration and regeneration of the common peroneal nerve in rats, *J Bone Joint Surg* 65:478-492, 1983.
68. Wilson DH, Jagadeesh P, Newman PP, et al: The effects of pulsed electromagnetic energy on peripheral nerve regeneration, *Ann NY Acad Sci* 238:575-580, 1974.
69. Wilson DH, Jagadeesh P: Experimental regeneration in peripheral nerves and the spinal cord in laboratory animals exposed to a pulsed electromagnetic field, *Paraplegia* 14:12-20, 1976.
70. Byers JM, Clark KE, Thompson GC: Effect of pulsed electromagnetic stimulation on facial nerve regeneration, *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 124(4):383-389, 1998.
71. Crowe MJ, Sun ZP, Battocletti JH, et al: Exposure to pulsed magnetic fields enhances motor recovery in cats after spinal cord injury, *Spine* 28(24):2660-2666, 2003.
72. Cook HH, Narendan NS, Montgomery JC: The effects of pulsed, high-frequency waves on the rate of osteogenesis in the healing of extraction wounds in dogs, *Oral Surg* 32(6):1008-1016, 1971.
73. Pilla AA: 27.12.MHz pulsed radiofrequency electromagnetic fields accelerate bone repair in a rabbit fibula osteotomy model. Presented at the Bioelectromagnetics Society meeting, Boston, 1995.
74. Thamsborg G, Florescu A, Oturai P, et al: Treatment of knee osteoarthritis with pulsed electromagnetic fields: a randomized, double-blind, placebo-controlled study, *Osteoarthritis Cart* 13(7):575-581, 2005.
75. Trock DH, Bollet AJ, Markoll R: The effect of pulsed electromagnetic fields in the treatment of osteoarthritis of the knee and cervical spine. Report of randomized, double blind, placebo controlled trials, *J Rheumatol* 21(10):1903-1911, 1994.
76. Jan MH, Chai HM, Wang CL, et al: Effects of repetitive shortwave diathermy for reducing synovitis in patients with knee osteoarthritis: an ultrasonographic study, *Phys Ther* 86(2):236-244, 2006.

## Capítulo 10

# Tratamiento de onda corta pulsada y continua

*Maryam M. Al-Mandeel y Tim Watson*

### CONTENIDOS DEL CAPÍTULO

Introducción	137
Evolución histórica del tratamiento de onda corta	138
Generadores para el tratamiento de onda corta	138
Características físicas	140
Métodos de acoplamiento del tratamiento de onda corta con los tejidos	140
Método capacitativo	140
Método inductivo	142
Producción de calor con el tratamiento de onda corta	143
Mecanismos de acción	145
Efectos terapéuticos de los tratamientos de onda corta	146
Dolor	146
Fracturas	147
Reparación de nervios periféricos	147
Reumatología	147
Musculoesqueléticos	148
Cicatrización de heridas	148
Otros problemas clínicos	151
Toma de decisiones clínicas con el tratamiento de onda corta	151
Uso de la sensación térmica para la valoración de la dosis del tratamiento de onda corta	151

Aspectos sobre seguridad en el tratamiento con onda corta 153

Radiación electromagnética alrededor de los aparatos de tratamiento de onda corta: efectos adversos y seguridad del personal 153

Contraindicaciones y precauciones 154

    Marcapasos y otros implantes «activos» 155

    Embarazo 155

    Presencia de metal en los tejidos 155

    Prueba de sensibilidad cutánea 155

Conclusión 155

Bibliografía 156

### INTRODUCCIÓN

El tratamiento de onda corta (TOC) consiste en el acoplamiento de energía electromagnética (EM) de alta frecuencia con los tejidos para tratar una amplia gama de trastornos musculoesqueléticos o neurológicos. Los generadores de onda corta emplean la radiación no ionizante del espectro electromagnético (EM). El rango de frecuencia de 10-100 MHz de EM constituye la banda de radiofrecuencia (RF) que contiene las ondas de radio corta, media y larga (v. fig. 2.20). El rango de onda corta de esta banda se utiliza con fines médicos para la producción de la modalidad de fisioterapia de onda corta de dos formas: tratamiento de onda corta pulsada (TOCP) y tratamiento de onda corta continua (TOCC). En este

capítulo se describen ambos modos de aplicación y, cuando resulta adecuado, se distingue entre los métodos pulsado y continuo. El término «diatermia», aunque ha sido muy usado desde un punto de vista histórico, se omitirá en gran parte, sustituyéndolo de forma preferente por el de «tratamiento de onda corta (TOC)».

## EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL TRATAMIENTO DE ONDA CORTA

Las primeras experiencias con la corriente de alta frecuencia comenzaron en la década de 1880, cuando el fisiólogo francés d'Arsonval hizo pasar una corriente de 1 amperio a través de su cuerpo y del cuerpo de su ayudante. A pesar de la creencia de que una corriente de tal intensidad sería mortal, solo sintieron un suave calor (Scott 2002). Basándose en estos primeros trabajos, los experimentos de la década de 1930 del físico estadounidense Arthur Milinowski y su colega el Dr. Ginsberg se centraron en eliminar los efectos de calentamiento y en reducir los resultados adversos asociados con la aplicación del TOCC (Lightwood 1989, Low y Reed 2000). Milinowski y Ginsberg introdujeron pausas en la salida del campo electromagnético (CEM) del TOCC, lo que en su momento se pensó que permitiría la disipación del calor y la prevención de la acumulación térmica (Arghiro-pol y cols. 1992). Sus intentos culminaron en 1936 en la producción de un aparato de onda ultracorta. Continuaron sus trabajos con experimentos en animales, pero su labor se vio interrumpida por la Segunda Guerra Mundial. En 1953, se reanudaron los experimentos, con la fabricación y comercialización del primer aparato Diapulse (TOCP).

La revolución del Diapulse se vio seguida por la producción de los dispositivos Curapuls en 1970 y Megapulse en 1981. Ambos eran capaces de producir una salida continua y pulsada (Hayne 1984). Desde entonces, los dos modos de TOC se han modernizado en su utilización y, con la tendencia creciente a aplicar niveles menores de energía (Watson 2000) y la creencia de que los modos atérmicos de tratamiento podrían lograr efectos terapéuticos con mínimos efectos secundarios, el TOCP se ha convertido en una modalidad más popular que el TOCC (Al-Mandee y Watson 2006, Shields 2003, Kerem y Yigiter 2002). Sin embargo, su creciente uso clínico no se ha acompañado de una expansión equivalente de las evidencias que lo respaldan. El TOC sigue siendo una modalidad poco estudiada (Pope y cols. 1995) y se sabe relativamente poco de sus efectos biológicos

y de sus mecanismos de acción (Shields y cols. 2004), todo lo cual requiere más investigaciones.

## GENERADORES PARA EL TRATAMIENTO DE ONDA CORTA

Los equipos terapéuticos de onda corta son unos de los muchos dispositivos médicos que emplean un CEM de alta frecuencia. Con el fin de regular el uso de las corrientes de alta frecuencia en las diferentes disciplinas, en 1947, la Federal Communication Commission asignó tres frecuencias en el extremo corto de la banda de RF para las aplicaciones médicas de onda corta (Foley-Nolan 1990), que son: la frecuencia de 40,68 MHz ( $\pm 20$  KHz) y una longitud de onda de 7,5 m; la frecuencia de 13,56 MHz ( $\pm 6,25$  KHz) y una longitud de onda de 22 m y la frecuencia de 27,12 MHz ( $\pm 160$  KHz) y una longitud de onda de 11 m (Prentice y Draper 2001). La mayoría de las investigaciones citadas en este capítulo se refieren al uso de la frecuencia de 27,12 MHz, que es la más utilizada en la práctica clínica actual. Las frecuencias utilizadas corresponden más a la regulación internacional que a la eficacia óptima conocida.

Los generadores de TOC producen un CEM de alta frecuencia mediante la incorporación de dos circuitos eléctricos: el circuito del aparato y el del paciente. El circuito del aparato (u oscilador) se compone de un generador de alta frecuencia, un amplificador (para incrementar la salida a los niveles terapéuticos) y una fuente eléctrica (fig. 10.1). El segundo circuito es el del paciente (o resonador), que está constituido por un condensador (para responder a la capacidad cambiante del circuito resonador debido al tipo de tejido tratado) y un método de transferir la energía a los tejidos, lo que se logra con electrodos capacitivos o inductivos.

La salida de un aparato de TOC se puede aplicar a los tejidos de modo continuo o pulsado. La diferencia entre ambos es que con el TOCC la energía se aplica al paciente durante todo el tiempo del tratamiento y, por tanto, se asocia sobre todo a efectos térmicos. Con el TOCP, la salida se aplica a los tejidos en un tren de pulsos de duraciones y frecuencia de repetición variables, lo que permite aplicar una gran amplitud de energía a los tejidos, con efectos tanto térmicos como no térmicos (Wadsworth y Chanmugam 1983, Watson 2006). Dependiendo de las características de los aparatos que se utilicen, las principales variables que pueden controlarse por el profesional que los maneja son la frecuencia de repetición del pulso (FRP), la dura-

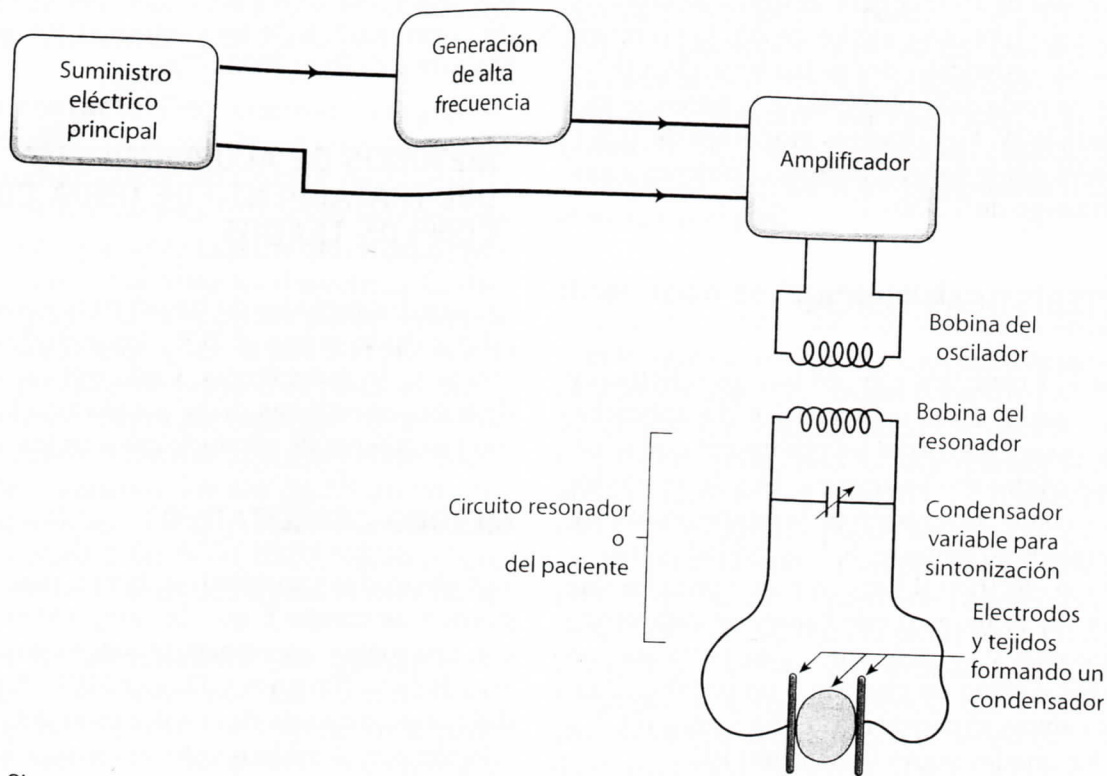


Figura 10.1 Circuitos eléctricos de los generadores de TOC (de Low y Reed 2000).

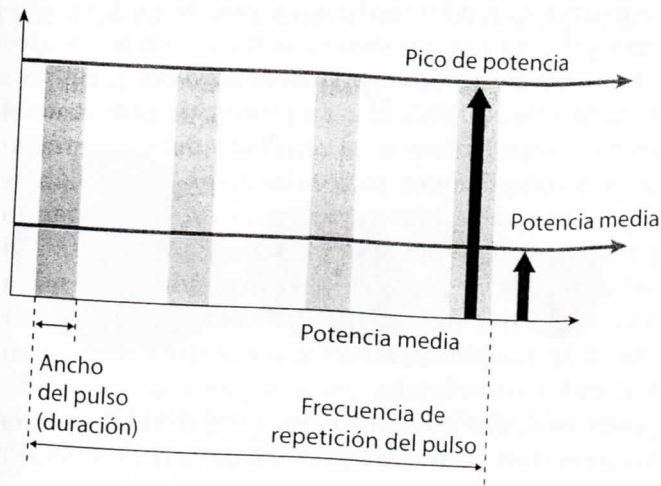


Figura 10.2 Relación esencial entre frecuencia de repetición del pulso, duración del pulso, pico de potencia y potencia media.

Tabla 10.1 Rangos típicos de parámetros del pulso en los aparatos modernos de tratamiento de onda corta pulsada

Parámetro del pulso	Unidades	Rango típico
Frecuencia de repetición del pulso	Pulsos por segundo	26-800
Duración del pulso	Microsegundos ( $\mu$ s)	20-400
Pico de potencia del pulso	Vatios	150-200
Potencia media aplicada	Vatios	0,1-30+

$$\text{Potencia media (PM)} = \text{Duración del pulso (PD)} \times \text{Frecuencia de repetición del pulso (FRP)} \times \text{Pico de potencia del pulso (PP)} \quad (10.1)$$

ción del pulso (DP), el pico de potencia del pulso (PP) y la potencia media (PM). En la mayoría de los aparatos, la PM puede controlarse variando la FRP, la DP y el PP según la ecuación 10.1 (también se ilustra en la fig. 10.2). En la tabla 10.1 se muestran los rangos típicos de los parámetros del pulso disponibles en los aparatos modernos de tratamiento de onda corta pulsada.

Por ejemplo, si se utiliza un aparato con una potencia media de 200 W, una frecuencia de repetición del pulso de 400 pulsos por segundo (pps) y una duración del pulso de 200  $\mu$ s, la potencia media aplicada

al paciente será de 16 W, mientras que si se utiliza el mismo aparato (potencia media de 200 W) con una frecuencia de repetición del pulso baja (35 pps) y una duración corta del pulso (65  $\mu$ s), la potencia media será de 0,46 W. Los aparatos modernos de TOCP serán capaces por lo general de aplicar potencias medias en un rango de 0,3-30+ W.

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

La energía EM tiene dos campos básicos (eléctrico y magnético), que se crean en los tejidos. La aplicación de estos campos y las corrientes posteriores que se generan en los tejidos son las responsables de los efectos fisiológicos, como la elevación de la temperatura tisular o los cambios no térmicos de la actividad celular.

Un campo eléctrico (E) aparece siempre que una carga eléctrica se mueva; este campo se caracteriza por su dirección y su magnitud. Una partícula con carga eléctrica, como un electrón o un protón, situada en este campo, experimentará una fuerza (F). E y F están relacionadas según la ecuación 10.2:

$$F = qE \quad (10.2)$$

donde q es la intensidad de la carga colocada en el campo y E es la carga. En los materiales conductores de la electricidad, como los tejidos vivos, estas fuerzas provocarán la aparición de corrientes eléctricas.

En los tejidos se genera un campo magnético (H) como respuesta a las cargas en movimiento. Este campo tiene una dirección perpendicular a la del campo eléctrico. Los campos magnéticos se definen por la densidad de flujo magnético (B) y la intensidad de campo magnético (H), que se miden en unidades de tesla (T) y amperios por metro (A/m), respectivamente.

La interacción entre el campo y los tejidos se ve afectada por una propiedad macroscópica del tejido denominada «permitividad compleja», que se relaciona con la constante dieléctrica (Delpizzo y Joyner 1987). La constante dieléctrica representa las características de despolarización de un tejido y depende sobre todo del contenido de agua. La permitividad compleja también depende de la frecuencia de campo y, por tanto, la propagación y atenuación de las ondas electromagnéticas dependen de la frecuencia.

Aunque los aparatos de TOC producen tanto un campo E como H en los tejidos, su proporción diferirá en función del modo de aplicación, del tipo de electrodo que se utilice, de la frecuencia portadora y de las características del fabricante. Las diferencias en cuanto a la frecuencia base (transportadora) de

operación también pueden producir una variación de la proporción de los campos H y E (Hand 1990, Markov y Colbert 2000).

## MÉTODOS DE ACOPLAMIENTO DEL TRATAMIENTO DE ONDA CORTA CON LOS TEJIDOS

Existen dos métodos de transferir la energía a los tejidos cuando se usa el TOC: los métodos de capacitancia y de inductancia. Cada aplicación afecta a distintas estructuras diana y cada una tiene su propio mecanismo de producir calor en los tejidos.

### MÉTODO CAPACITATIVO

Los electrodos capacitativos tienen una mayor proporción de campo E que de campo H en los tejidos, con una mayor intensidad de campo en el centro del área tratada (Prentice y Draper 2001). La intensidad del campo depende de la colocación del electrodo en relación con el tejido (existe una mayor intensidad si el electrodo se sitúa más cerca de la piel), el tamaño del electrodo (los electrodos pequeños tienen menos penetración que los medianos y grandes) y la separación (se consigue un campo uniforme en los tejidos utilizando electrodos ligeramente mayores que el área tratada) (Hand 1990). El calor producido utilizando el método capacitativo es el resultado del movimiento de tres componentes: moléculas cargadas, moléculas dipolares y moléculas no polares, y está determinado por la intensidad del campo E y por la conductividad de los tejidos (se produce más calor en los tejidos con alta conductividad), aunque en realidad, es de esperar que la aplicación capacitativa concentre el campo en los tejidos superficiales, como la piel y las capas adiposas en lugar que en los tejidos profundos como los músculos (Van der Esch y Hoogland 1991, Ward 1980). Esto se debe sobre todo a la reducción de la intensidad de campo a medida que se propaga en los tejidos. La refracción de las líneas de fuerza a medida que cruzan la capa de grasa muscular produce la pérdida de parte de la intensidad del campo aplicado y la interrupción de algunas líneas de campo (Ward 1980). Dado que el patrón de calentamiento con este electrodo corresponde sobre todo a la piel y la capa de grasa subcutánea, es posible que este método sea más adecuado para tratar las costillas, la columna vertebral y las áreas de poca grasa subcutánea, como las manos y los pies (Prentice y Draper 2001), mientras que el uso de la aplicación capacitativa de TOC ha disminuido en los últimos años.

Con el método capacitativo se utilizan dos tipos de electrodos: los de placa sin contacto y los electrodos de almohadilla (Wadsworth y Chanmugam 1983).

**1. Placas sin contacto** Estos electrodos están compuestos por dos placas de metal (con un diámetro de 7,5-15,5 cm) rodeadas por una funda de plástico o de vidrio (fig. 10.3). Para esta aplicación se requieren dos electrodos, y el paciente es parte del circuito eléctrico, de modo que actúa como un dieléctrico. La distancia entre la piel y los electrodos puede ajustarse cambiando la separación entre la piel y el electrodo, o ajustando la posición de la placa de metal en la cubierta del electrodo. No existe consenso en la bibliografía sobre la distancia ideal entre la piel y el electrodo. Algunos autores sugieren que sea de 2,5 cm (Wadsworth y Chanmugam 1983) y otros recomiendan 2-4 cm (Low y Reed 2000, Scott 2002). Sin embargo, no se ha ofrecido una justificación para la elección de estos valores.

**2. Electrodos de almohadilla (de goma)** Estos electrodos están compuestos por una placa de metal revestida de goma (fig. 10.4). Se colocan en la parte tratada, con el electrodo en contacto más uniforme y regular con los tejidos. Se utilizan dos electrodos y el área tratada es parte del circuito. La separación entre la piel y los electrodos se asegura mediante capas de

paños o espaciadores de fieltro. La cantidad de calor generado en el tejido depende del espaciado entre la piel y los electrodos (se piensa que una mayor distancia entre las almohadillas proporciona una penetración más profunda (Prentice y Draper 2001). Es posible utilizar un electrodo de placa sin contacto y otro de almohadilla, lo que a veces proporciona una disposición más ventajosa.

### Disposición de los electrodos

Con las técnicas conductivas, los electrodos se pueden colocar en una disposición contraplanar, coplanar, longitudinal o cruzada. En la situación contraplanar, los electrodos se colocan enfrentados entre sí, a ambos lados del área tratada. La distancia entre la piel y los electrodos puede ser simétrica y se desea un campo uniforme, o bien pueden situarse a distancias desiguales, si se pretende concentrar el campo en un lado del área tratada (Scott 2002, Wadsworth y Chanmugam 1983). Para lograr un calentamiento heterogéneo, se considera esencial que el centro de los electrodos esté centrado con el centro del área tratada (Garret 2000, He y cols. 2005). En la figura 10.5 se ilustra una disposición contraplanar de unos electrodos de placa sin contacto en la rodilla.

Los electrodos también pueden ponerse en una disposición coplanar (fig. 10.6), en la que ambos electrodos se sitúan en el mismo lado del área tratada. Por motivos de seguridad, la distancia entre ambos electrodos tiene que ser mayor que la suma de la distancia entre la piel y el electrodo, para producir una mejor distribución del campo. Aunque esta técnica produce un campo más superficial, la profundidad del campo se puede incrementar aumentando la distancia entre ambos electrodos (Martin y cols. 1991).

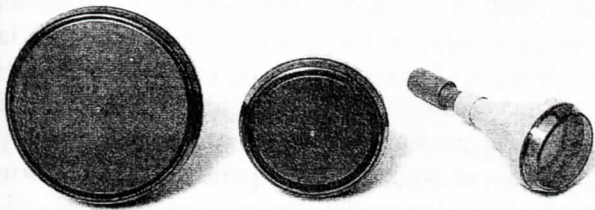


Figura 10.3 Electrodos de placa sin contacto de diferentes tamaños utilizados en aplicaciones clínicas.

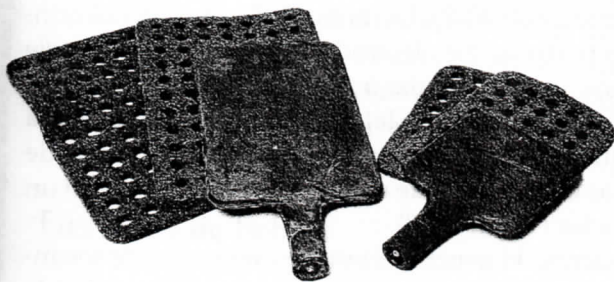


Figura 10.4 Electrodos flexibles (metal recubierto de goma) y espaciadores de fieltro.

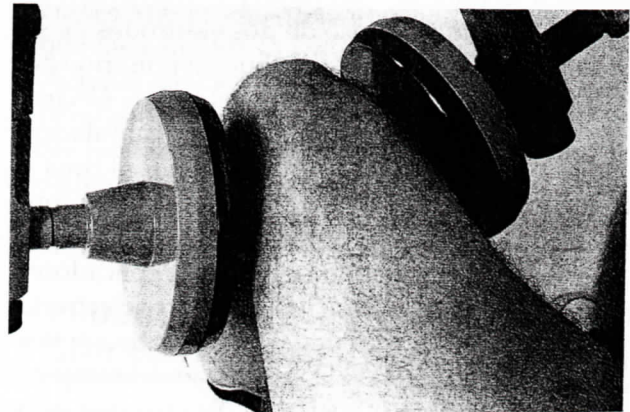


Figura 10.5 Aplicación contraplanar utilizando electrodos de placa sin contacto.

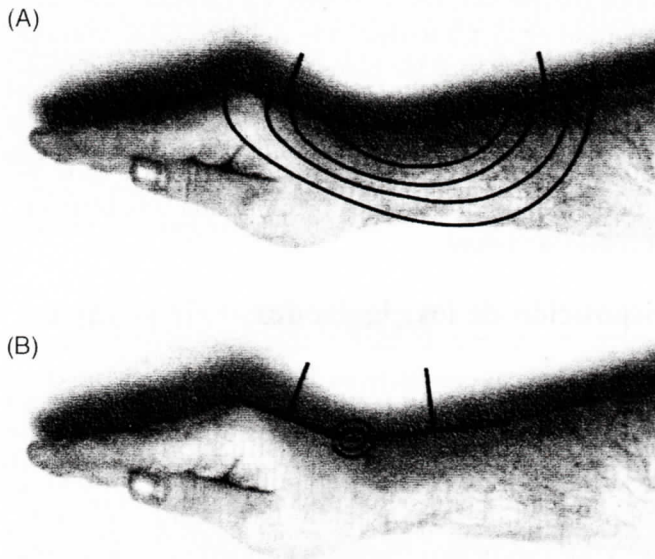


Figura 10.6 Colocación del electrodo coplanar, con un espaciado del electrodo correcto (A) e incorrecto (B).

Otras disposiciones de los electrodos son la aplicación longitudinal, en la que los electrodos se colocan en cada extremo de un miembro, paralelos a la alineación de los tejidos, y la técnica cruzada, en la que los electrodos se sitúan en diagonal sobre el tejido tratado la mitad del tiempo y después se cambian a la otra diagonal el resto del tiempo. Desde el punto de vista histórico, esta última técnica se utilizaba para tratar cavidades con un contenido aéreo, como los senos paranasales y el útero (Forster y Palastanga 1985).

### Tamaño del electrodo

El tamaño de los aplicadores se considera un factor relevante a la hora de determinar la intensidad de campo en los tejidos. El uso de dos electrodos de similar tamaño produce una distribución uniforme del campo en los tejidos. Sin embargo, el uso de electrodos de tamaños diferentes produce la acumulación del campo en el lado del electrodo menor (Tzima y Martín 1994). Hand (1990) ha observado que los aplicadores actúan como una antena para acoplar la potencia a los tejidos. Cuando se emplean aplicadores pequeños (pequeños en relación con el otro electrodo o con el tamaño del área tratada), actúan como malos radiadores, disminuyendo la intensidad del campo a medida que aumenta la distancia. Se cree que esto provoca un calentamiento excesivo en las capas superficiales y una reducción de la profundidad de penetración (Hand 1990).

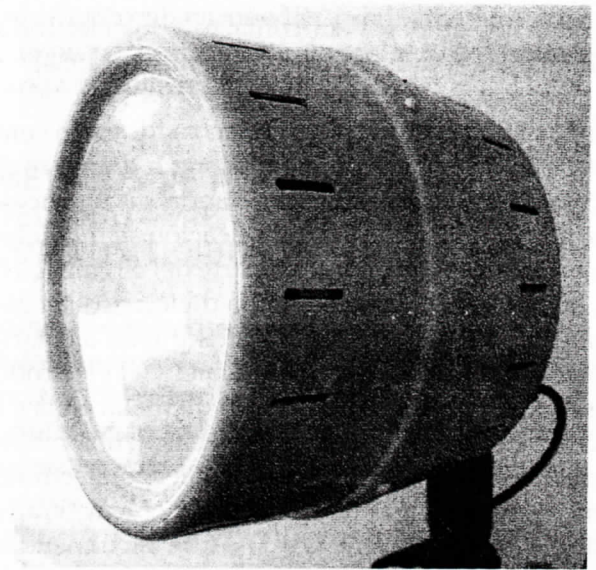


Figura 10.7 Aplicador de tipo monode (de bobina) para su uso en las modalidades de onda corta continua o pulsada.

### MÉTODO INDUCTIVO

El TOC inductivo se puede aplicar mediante un electrodo de bobina o de cable (Prentice y Draper 2001, Watson 2006). El método inductivo produce de forma predominante un campo H mediante un cable que puede rodear a la extremidad o enrollado en forma de bobina dentro de la cubierta del electrodo. El uso del aplicador monode (de bobina) se ha convertido en la norma clínica en la práctica actual, y la aplicación del cable pocas veces se utiliza. A diferencia de la técnica conductiva, el paciente no forma parte del circuito y los electrodos se colocan en perpendicular a la parte que se va a tratar (monode, circuplode) o se enrolla alrededor de ella (cable) (Hand 1990). En la figura 10.7 se muestra un aplicador monode moderno. La generación de la corriente alterna de alta frecuencia en el cable produce un campo H en los tejidos, que se dispone en ángulo recto respecto a la dirección del flujo de corriente (Scott 2002). La cantidad de emisión del campo E a partir de los electrodos de tipo monode suele limitarse utilizando una pantalla farádica. La intensidad del campo H está determinada por la frecuencia a la que la corriente se alterna y por el número de bobinas del alambre de conducción contenidas en un conductor (Hand 1990).

El campo H generado induce una corriente secundaria en los tejidos denominada corriente de remolino (que consiste en pequeños campos E circulares). El calor se genera como resultado de la fricción entre las corrientes de remolino y la vibración intermolecular

del tejido. Se cree que el efecto del campo H producido por la técnica inductiva actúa como un portador para la corriente de remolino, que actúa como el principal elemento responsable del efecto fisiológico obtenido durante la aplicación (Scott 2002). Esta forma de calentamiento no se asocia con una intensa estimulación sensitiva, puesto que hay menos calentamiento superficial (piel y grasa) y, por tanto, el calor puede que no sea tan obvio para el paciente como en la aplicación capacitativa (Prentice y Draper 2001).

Se cree que la aplicación inductiva produce una absorción de energía y un calentamiento selectivos. Los tejidos con un elevado contenido de electrolitos y una baja impedancia, como el músculo y la sangre, se calentarán en mayor medida, mientras que las capas superficiales, como la piel y el tejido adiposo, se afectarán de forma mínima (Lehmann y De Lateur 1990, Watson 2006). Según Ward (1980), la aplicación inductiva producirá un calentamiento superficial y profundo. Las estructuras como la sangre y los músculos se calentarán, pues tienen una constante dieléctrica elevada; sin embargo, la capa de grasa superficial también se calentará porque la grasa es una estructura heterogénea y suele incorporar áreas de elevada conductividad que se encuentran en los pequeños vasos sanguíneos y linfáticos. Estos tejidos carecen de una forma eficaz de disipar el calor y, por tanto, tienden a absorber el calor y concentrarlo en los pequeños vasos sanguíneos. Hand (1990) también afirma que cuando la separación entre el electrodo y el tejido es menor de 3 cm, las altas intensidades de potencia se absorben por la capa de grasa. Sin embargo, al incrementar esta distancia, es de esperar que el campo penetre hasta una profundidad de 4 cm. Aunque este estudio es uno de los pocos que ha descrito la distancia exacta entre los electrodos inductivos y los tejidos, no establece con claridad si estos hallazgos estaban basados en la experimentación o en un modelo teórico. Draper y cols. (1999) pudieron demostrar un incremento de la temperatura intramuscular de hasta 4 °C utilizando electrodos inductivos. La aplicación inductiva (método de bobina o de cable) puede utilizarse con los modos de onda corta continua o pulsada, aunque la combinación más frecuente en la práctica actual es usar el aplicador de bobina con onda corta en modo pulsado.

### Electrodo de bobina

La bobina está compuesta por una o más espiras monoplanares (lo que a veces se denomina bobina plana o de tipo *pancake*) revestidas por una cubierta de plás-

tico (v. fig. 10.7). El aplicador tiene la ventaja de ser muy fácil de colocar, aunque el inconveniente de esta técnica es que el electrodo de bobina es menos adaptable al contorno de la piel. Se piensa que la máxima penetración con esta técnica es de 3 cm, dado que la capa de grasa subcutánea no excede de 2 cm. Esto se atribuye a la distorsión del campo cuando pasa por la capa de grasa y atraviesa la interfase entre la grasa y el músculo, que puede crear un aumento no deseado de la temperatura en la capa de grasa (Prentice y Draper 2001, Low y Reed 2000, Ward 1980). Después de estudiar siete tipos de aplicadores, Lehmann y cols. (1983) demostraron (utilizando sustancias que sustituían a los tejidos humanos) que la proporción de la tasa de absorción específica (TAE) del calentamiento del músculo respecto a la grasa con electrodos inductivos podría ser de 0,4-2,7:1.

### Electrodo de cable

El cable es un filamento metálico grueso aislado, con clavijas en cada extremo. Puede enrollarse en una disposición plana y situarse sobre el área tratada, o puede envolverse alrededor de la extremidad. Tiene la ventaja de adaptarse al contorno del cuerpo, a diferencia de los electrodos de placa sin contacto o de los de bobina. Se debe mantener una distancia de al menos 1 cm entre la piel y el electrodo, así como una distancia de unos 5 cm entre las espiras del cable para evitar el sobrecalentamiento (Prentice y Draper 2001). El método de aplicación con cable se emplea poco en la práctica clínica actual, pues el aplicador de bobina o monode se considera más eficaz en su colocación y, por tanto, más efectivo.

Resulta interesante saber que la mayoría de las teorías que explican la distribución del campo bajo los diversos tipos de electrodos, su profundidad de penetración y las posibles estrategias de las disposiciones, siguen siendo teóricas, con pocas evidencias que las respalden provenientes de la investigación. Aunque estas suposiciones tienen una aceptación generalizada, aún se precisan más investigaciones, sobre todo respecto a las verdaderas profundidades de penetración que se logran con los diversos campos y aplicadores.

### PRODUCCIÓN DE CALOR CON EL TRATAMIENTO DE ONDA CORTA

El tratamiento de onda corta se puede utilizar según un modo término o «no térmico»: el uso del TOC continuo siempre se considera térmico, mientras que el

TOC pulsado puede producir tanto efectos térmicos como «no térmicos». La elevación de la temperatura tisular durante la aplicación del TOC depende de la TAE, que es la tasa a la que la energía se absorbe por una masa conocida de tejido y se calcula en unidades de vatios por kilogramo (W/kg). La TAE es una función de la conductividad tisular y de la magnitud del campo eléctrico. La conductividad tisular refleja la facilidad con la que se puede establecer un campo eléctrico en el tejido. La TAE, y por tanto el calor producido por el TOC, dependen de las propiedades eléctricas del tejido situado en el interior del campo electromagnético (Kloth y Ziskin 1996).

La energía del campo eléctrico se concentrará en los tejidos con la máxima conductividad. Se acepta que los tejidos con una constante dieléctrica elevada, como el músculo y la sangre, también son buenos conductores de la corriente, pues tienen la capacidad de absorber más energía y disipar el calor resultante con más eficacia (Scott 2002). Los tejidos grasos, por otra parte, tienen una constante dieléctrica baja y una conductividad también baja (Ward 1980), y también tienden a calentarse, aunque por motivos diferentes. Algunos autores han explicado este hecho por la escasa vascularización y la falta de un mecanismo termorregulador en la capa adiposa (Wadsworth y Chanmugam 1983), mientras que otros sugieren que el factor responsable de retener el calor y de aumentar la temperatura es la dispersión de los pequeños vasos sanguíneos en la capa de grasa (Ward 1980). Estas opiniones siguen siendo teóricas en gran medida, con un escaso respaldo basado en la evidencia.

Se acepta que la aplicación de TOCC siempre se asocia con la producción de calor en los tejidos a menos que se aplique a un nivel de potencia excepcionalmente bajo. La onda corta en modo pulsado se puede utilizar según una técnica «térmica» o «no térmica» y en ambos casos el principal factor determinante es la potencia media (PM) aplicada. El modo térmico del TOCP puede lograrse utilizando una DP más prolongada y una FRP más alta. El modo no térmico se consigue cuando se interponen pulsos cortos con períodos interpulso largos. Esto no es estrictamente un modo «no térmico», sino que no existe un incremento neto de temperatura (T), pues el calor adquirido durante la «fase activa» se disipa por la sangre circulante durante el período interpulso (Scott 2002, Watson 2006). Cuando se aplican tratamientos de larga duración con estos parámetros, es posible que aún se consiga un efecto de calentamiento acumulativo. Las diferencias entre los efectos térmicos y no térmicos del

tratamiento se describen con más detalle en el capítulo 8.

El calor generado en los tejidos es el producto de la resistencia tisular y la densidad de corriente, según se refleja en la ecuación 10.3 (Prentice y Draper 2001):

$$\text{Calor} = \text{Densidad de corriente}^2 \times \text{Resistencia} \quad (10.3)$$

Los tejidos humanos contienen iones, moléculas polares y moléculas no cargadas. El calor puede producirse como resultado de la oscilación de moléculas cargadas, como las proteínas y los iones alrededor de una posición media a lo largo de las líneas de las fuerzas E que se crean por el CEM. La oscilación y la fricción convierten la energía cinética de las moléculas en calor.

El segundo tipo de moléculas, p. ej., el agua, algunas proteínas y hormonas, poseen dipolos eléctricos permanentes. En condiciones normales, estos dipolos se disponen al azar. Bajo la influencia de un campo E, estas moléculas dipolares sufren una polarización y se alinean con el polo de carga opuesta del campo E. La naturaleza alternante del campo hace que los dipolos roten y colisionen, con lo que la fricción entre estos dipolos produce calor. La magnitud de este alineamiento viene determinada por la intensidad del campo (Hand 1990). Además, cada una de estas moléculas polares posee un débil campo propio, que se extiende desde el polo positivo al negativo y, cuando la sustancia está bajo la influencia del campo E, el resultado neto de estos campos determina las propiedades eléctricas de la materia. Las moléculas dipolares producen una mezcla de corrientes reales y de desplazamiento. La corriente real es la que se desarrolla en los tejidos y determina las propiedades eléctricas y la producción de calor en una sustancia (Ward 1980), al contrario que la corriente de desplazamiento, que no desempeña un gran papel en las propiedades eléctricas de una sustancia (Scott 2002).

El tercer tipo de molécula lo constituye la molécula sin carga. El campo E afecta a las moléculas sin carga al polarizar y distorsionar sus campos de la nube de electrones. El movimiento de las moléculas no cargadas en respuesta al campo E produce corrientes de desplazamiento y, por tanto, contribuye al menos a la producción de calor en los tejidos, a diferencia del movimiento de las moléculas cargadas, que pueden producir una corriente real. Esto se debe a que los dipolos inducidos no son tan fuertes como los dipolos naturales y tienden a perder sus

propiedades en cuanto se elimina el campo E (Del-pizzo y Joyner 1987, Durney y Christensen 2000, Ward 1980).

Adey (1988) afirma que la energía EM absorbida por los tejidos siempre producirá una energía térmica interna, con independencia del modo de aplicación. La energía aplicada a los tejidos incrementa la energía cinética de las moléculas, lo que ocasiona un movimiento iónico aleatorio. Los átomos se excitan y se mueven hacia niveles superiores de energía, liberando fotones de CEM, que pueden transferirse a otros átomos o transformarse en calor (Low y Reed 2000, Scott 2002). Aunque no se detecta un T de forma externa en la piel, se produce un calentamiento no uniforme y aún tienen lugar efectos microtérminos a nivel celular. Sin embargo, se cree que estos efectos se deben al campo E, en lugar de al campo H (Durney y Christensen 2000).

Algunos autores afirman que los tejidos se podrían irradiar con TOCP y que aún se podría producir la colisión y la fricción de las moléculas; sin embargo, la proporción de corriente E convertida en calor sería muy baja y no se inicia una corriente real en los tejidos (Ward 1980), lo que da lugar a agitación térmica (Foster 1997), que dura el tiempo del período en el que el pulso está activo (Michaelson y Elson 1996, Tenforde 1996). Se podría añadir que incluso en los tejidos que contienen moléculas muy dieléctricas, bajo la influencia del campo E es la magnitud del alineamiento dipolar respecto al campo E lo que determina la cantidad de calor producida, que depende de la intensidad de la corriente aplicada y de la cantidad de campo E absorbida por estas moléculas (Hand 1990), que depende de la proporción de desplazamiento a una corriente real que determina si una aplicación concreta es térmica o no. Es de esperar que unas duraciones más prolongadas del tratamiento produzcan una mayor aplicación de energía a los tejidos, unas mayores densidades de corriente, así como la posibilidad de acumulación de calor, en comparación con las aplicaciones que tienen una duración corta. Hasta el momento, no ha sido habitual describir las dosis terapéuticas del TOCP en términos de concentración de potencia ( $W/cm^2$ ), aunque se ha sugerido (como con los ultrasonidos), que esto podría ser el modo más adecuado.

Virtanen y cols. (2006) han descrito con detalle los cambios en la distribución del campo en respuesta a los implantes metálicos en los tejidos, y Seiger y Draper (2006) han tratado en detalle el uso clínico del TOCP con implantes metálicos.

## MECANISMOS DE ACCIÓN

Se cree que la respuesta de los sistemas biológicos a la energía EM podría deberse a efectos térmicos o «atérmicos». El calor que se genera en los tejidos tras 20 minutos de aplicación de TOC alcanza un máximo a los 15 minutos, tras lo que se mantiene constante durante 5 minutos y después empieza a disminuir lentamente a alrededor de  $1^\circ$  cada 5 minutos (Draper y cols. 1999, Valtonen y cols. 1973). Desde el punto de vista terapéutico, un incremento de temperatura de más de  $1^\circ C$  es útil para la inflamación leve y un aumento de  $2-3^\circ C$  es útil para reducir el dolor y el espasmo muscular, mientras que se requiere un incremento de  $3-4^\circ C$  para provocar cambios en la extensibilidad tisular (Lehmann 1990, Prentice y Draper 2001). Se ha encontrado que los cambios demostrados en el comportamiento celular son reversibles de inmediato al interrumpir la aplicación si el incremento de temperatura era menor de  $1^\circ C$  (Michaelson y Elson 1996, Tenforde 1996).

Se piensa que el mecanismo de respuesta a la energía EM se produce en varios sitios de la célula. Se cree que una de las localizaciones principales de la interacción entre la energía aplicada y los tejidos biológicos es la membrana celular. Se ha sugerido que la energía EM modifica la velocidad de apertura y la formación de canales iónicos en la bicapa lipídica de la membrana celular (Cleary 1997). Esto altera la acumulación de iones cargados en la superficie y la forma en la que las nuevas moléculas se unen a dicha superficie (Polk y Postow 1996). Los cationes como el  $Na^+$  y el  $K^+$  salen del interior celular al líquido extracelular bajo la influencia de la energía (Cleary 1997), alterando los ambientes intra y extracelulares (Adey 1988). También es de esperar que estos cambios devuelvan las concentraciones de iones, oxígeno y nutrientes a un estado más equilibrado (Markov y Colbert 2000). Se piensa que el campo E podría modificar la selectividad de la membrana a los iones, lo que cambia el transporte iónico a través de la misma (Hand 1990).

Mientras que la respuesta del núcleo a la energía EM exógena está determinada por la presencia de iones como el  $Ca^{2+}$  (Low y Reed 2000), se cree que las mitocondrias modifican la función celular al alterar la tasa metabólica celular (Cleary 1997). Pope y cols. (1989) demostraron que el interior de la célula reacciona a la corriente aplicada causando una reducción del tamaño de las mitocondrias, un aumento del tamaño del retículo endoplásmico, una disminución del tamaño de los lípidos celulares y de la migración de los lípidos a los polos celulares,

así como un incremento de la actividad de la ATPasa. Se ha observado que la intensidad de la respuesta se correlaciona con la cantidad de energía aplicada a la célula. Por ejemplo, la reacción era mayor con una PD de 400  $\mu$ s, una FRP de 400 pps y una intensidad de 1 durante 10 minutos que con una PD de 400  $\mu$ s, una FPR de 80 pps, y una intensidad de 4 con una duración de 10 minutos.

Los microtúbulos son dipolos, y es previsible que respondan a un campo E alternante mediante rotación y colisión, lo que producirá calor (Charman 1990).

Es de esperar que todos los cambios previos reviertan el potencial eléctrico de las células enfermas, que corrijan las anomalías endógenas y que restauren la función celular normal (cap. 3; Nordenstorm 1983). Se cree que el acoplamiento del TOC a los campos endógenos altera los procesos fisiológicos (Ward 1980).

Se piensa que la vasodilatación observada con el TOC se produce como resultado de la acumulación de productos de desecho o por la estimulación directa de los músculos lisos de los vasos en respuesta al calor (Ward 1980). También se piensa que los vasos sanguíneos se dilatan en respuesta a la estimulación de las terminaciones de los nervios sensitivos en la superficie cutánea como resultado de la producción de calor, lo que inicia un reflejo axónico (Kitchen 2002). Con la vasodilatación se puede producir una disminución de la viscosidad sanguínea que facilite el flujo de la sangre.

El aumento del flujo sanguíneo es proporcional al incremento gradual de energía, como lo ha demostrado Erdmann (1960), quien estudió el efecto de radiar el epigastrio sobre el flujo sanguíneo en los pies de 20 adultos. Erdmann registró un considerable incremento del flujo sanguíneo, que comenzaba a elevarse en los primeros 8 minutos y alcanzaba una meseta a los 35 minutos de aplicación. Los parámetros del flujo sanguíneo volvieron a la línea basal a los 30 minutos del tratamiento. El incremento de temperatura fue de 2 °C en el pie y osciló entre 0,5 y 1,5 °C bajo el aplicador del tratamiento. Sin embargo, este incremento no se asoció con cambios de la temperatura central. Estos resultados se han visto respaldados por los trabajos de Morrissey (1966).

La mayor cantidad de sangre circulante y los cambios térmicos acompañantes en la célula y alrededor de ella han resultado ser eficaces a la hora de acelerar la recuperación de las heridas abiertas, de aumentar la extensibilidad celular, de disminuir el edema y el hematoma, así como de mejorar la inflamación, la rigidez articular y el dolor.

## EFFECTOS TERAPÉUTICOS DE LOS TRATAMIENTOS DE ONDA CORTA

Se han publicado bastantes investigaciones sobre el uso de TOC tanto continuo como pulsado en varias áreas clínicas. Resulta interesante observar que durante la década de 1990 las publicaciones fueron escasas, pero la velocidad de publicación parece haber aumentado en los últimos años (Shields y cols. 2001). Existe un cierto grado de ambigüedad en la bibliografía respecto a las diferencias entre los campos electromagnéticos pulsados (CEMP) y el tratamiento de onda corta pulsada (TOCP), y la abundante bibliografía sobre los CEMP no se revisará aquí. Aún está por ver si existe o no una correlación directa entre estas dos formas diferentes de intervención. Las investigaciones terapéuticas en las que se usa TOC se dividen en varias áreas temáticas clínicas en esta sección.

### DOLOR

El tratamiento de onda corta puede utilizarse para aliviar el dolor y, aunque las evidencias carecen en gran parte de calidad, se acepta de forma generalizada que la reducción del dolor es uno de los efectos clínicos más utilizados del TOC (Al-Mandeel y Watson 2006). La reducción del dolor podría producirse como resultado de la inhibición de la transmisión del impulso sensitivo, lo que puede producir un efecto sedante en el área tratada. Es de esperar que el dolor inflamatorio se reduzca como resultado de la vasodilatación y la absorción de los exudados que se acumulan en los tejidos (Ward 1980). El dolor secundario al espasmo muscular podría disminuir como consecuencia de la vasodilatación y de la eliminación del exceso de ácido láctico y de otros productos metabólicos del músculo que causan dolor muscular (Kitchen 2002).

Varios estudios han investigado los efectos terapéuticos del TOC sobre el dolor. Estos trabajos se han centrado en el dolor pélvico, temporomandibular, de espalda y en los puntos gatillo. Algunos estudios estaban a favor del TOCP (Cheing y cols. 2005, Foley-Nolan y cols. 1992, Jorgensen y cols. 1994, McCray y Patton 1984, Varcaccio-Garofalo y cols. 1995), mientras que otros apuntaban a favor del TOCC (Gibson y cols. 1985, Jan y cols. 2006, Nwuga 1982). Otros trabajos han encontrado que el TOCP es mejor que el TOCC (Wattstaff y cols. 1986) y otros no han encontrado diferencias significativas entre el TOCP y el láser o el TOCC, aunque los resultados fueron mejores que con el placebo (Gray y cols. 1994, Reed y cols. 1987).

## FRACTURAS

Livesley y cols. (1992) no encontraron diferencias significativas entre los grupos activo y de placebo, utilizando TOCP con una intensidad de 3, una FRP de 35 pps y una potencia máxima del pulso de 300 durante 30 minutos sobre una fractura del cuello del húmero.

Una gran cantidad de trabajos se refieren a la aplicación de campos EM pulsados para estimular o acelerar la reparación de las fracturas, pero en una proporción considerable de estas investigaciones no se emplean aplicaciones de TOC, y están más allá de los propósitos principales de este capítulo. Los lectores interesados en este tema pueden consultar los trabajos de Benazzo y cols. 1995, Hinsenkamp y cols. 1985, Livesley y cols. 1992, Thawer 1999 y Xu y cols. 1999. Es evidente que se requieren más evidencias sobre el uso específico del TOC (en modo continuo o pulsado).

## REPARACIÓN DE NERVIOS PERIFÉRICOS

El efecto del TOC sobre los nervios es un área aún poco investigada y, mientras que se ha demostrado el incremento de la velocidad de regeneración nerviosa en estudios con animales, no existen trabajos realizados con seres humanos. Wilson y Jagadeesh (1976) demostraron que el TOC ayuda a la regeneración de los nervios. En un modelo de lesión neural en ratas, la conducción nerviosa se recuperó después de 30 días de tratamiento en comparación con los controles, que solo mostraron un atisbo de respuesta pasados 60 días. El estudio histológico mostró menos fibrosis y cicatrización en el grupo tratado. Además, el brote de las fibras de gran calibre fue más lento que el de las de pequeño calibre. Raji y Bowden (1983), Raji (1984) y Zienowicz y cols. (1991). Obtuvieron resultados similares. También se ha demostrado que el TOC incrementa la velocidad de conducción nerviosa en los nervios cubital y mediano (Abramson y cols. 1966, Currier y Nelson 1969). Estos resultados, aunque son prometedores, muestran la necesidad de realizar investigaciones de calidad en el ser humano antes de la aceptación clínica de la técnica.

## REUMATOLOGÍA

En general, los hallazgos de los estudios apuntan hacia un resultado positivo, y la mayoría indica una mejoría de la función y una reducción del dolor (Ganguly y cols. 1996, Jan y Lai 1991, Klaber-Moffett y cols. 1996, Laufer y cols. 2005, Leclair y Bourgouin 1991, Quirk y cols. 1985). En los estudios en los que se ha comparado

el TOCP con otras intervenciones, se encontró que era más eficaz que el placebo (Klauer-Moffett y cols. 1996, Quirk y cols. 1985), pero no mejor que las corrientes de interferencia o los ultrasonidos, el ejercicio y los estiramientos (Ganguly y cols. 1996, Jan y Lai 1991, Leclair y Bourgouin 1991, Quirk y cols. 1985, Svarcova y cols. 1988), además de ser menos eficaz que la movilización manual (Guler y Kozanoglu 2004).

Se ha observado que el modo térmico de TOC reduce la viscosidad del líquido sinovial (Jan y cols. 2006), por lo que disminuye la rigidez articular (Scott 2002, Yung y cols. 1986) y mejora la función. Jan y cols. (2006), de un modo poco habitual, evaluaron la eficacia del TOCC utilizando un método de inducción por cable en pacientes con artrosis de rodilla. Estos autores emplearon un diseño con grupo de control y encontraron que tanto el grosor de la sinovial de la rodilla como el dolor se redujeron de forma significativa después de un programa de 10 sesiones de tratamiento con TOC. El estudio de Callaghan y cols. (2005) comparó la eficacia de TOCP de baja dosis (10 W), alta dosis (20 W) o el placebo en un grupo de pacientes con artrosis de rodilla. Los criterios de valoración se relacionaron sobre todo con el estado inflamatorio del tejido, y no se observó ningún resultado beneficioso significativo en ninguno de los grupos. Se concluyó que el uso de TOCP en este contexto no tenía un efecto «antiinflamatorio».

El modo pulsado de TOC también se puede utilizar para disminuir la inflamación asociada con la fase de recrudescimiento de la enfermedad. Se cree que el TOCP ayuda a la resolución de la inflamación mediante el aumento de la fagocitosis (Cameron y cols. 1999), el incremento del número de leucocitos y de anticuerpos que ayudan a reforzar los mecanismos corporales de defensa, la eliminación de toxinas nocivas y la mejora de la oxigenación (Goldin y cols. 1981, Wadsworth y Chanmugam 1983). Hill y cols. (2001) han aportado evidencias para respaldar estas afirmaciones. Estos autores han demostrado que se producía un incremento significativo del número de fibroblastos después de 10 minutos, con la aplicación dos veces al día de TOCP con PM de 48 W. También se ha encontrado que la proliferación celular es dependiente del tiempo y de la energía. Esto significa que los hallazgos de las investigaciones sobre ciertos parámetros no pueden extrapolarse simplemente a otros contextos. Existe una controversia sobre los resultados de las investigaciones en esta área. Laufer y cols. (2005) concluyeron que el TOCP (comparando las dosis térmicas elevadas, con las atérmicas bajas y el placebo) carecía de valor terapéutico pues las puntuaciones de dolor mejoraron en todos los grupos y no se encontraron diferencias significativas en un rango de

otros criterios de valoración. Una revisión reciente de Marks y van Nguyen (2005) en la que se extrajeron conclusiones a partir de las evidencias de ensayos clínicos aleatorizados consideró que el uso continuo de aplicaciones de campos electromagnéticos pulsados en pacientes con artrosis de rodilla estaba justificado incluso aunque se necesitan más investigaciones para aclarar la dosis y otros parámetros terapéuticos.

## MUSCULOESQUELÉTICOS

El TOC ha demostrado ser eficaz a la hora de acelerar la recuperación de las lesiones de los tejidos blandos mediante el incremento de la actividad de los fibroblastos y la estimulación de la síntesis de ATP y de proteínas (Cameron y cols. 1999), lo que puede aumentar la velocidad de depósito de colágeno (Low y Reed 2000).

El TOC puede aumentar la extensibilidad de los tendones y mejorar el rendimiento muscular cuando se usa en modo térmico, puesto que puede producir una elongación de las estructuras colágenas y la movilización de las cicatrices, lo que al final mejorará la flexibilidad, la fuerza isométrica y aumentará el rango de movilidad si la aplicación se acompaña de estiramientos (Draper y cols. 2002, 2004, Evans y cols. 2002, Mucha 2005, Peres y cols. 2002). Robertson y cols. (2005) demostraron los efectos beneficiosos de un tratamiento de tipo calentamiento profundo (utilizando TOCC con un método capacitativo) sobre la extensibilidad de la pantorrilla y el tobillo, de modo que los beneficios eran mayores que los logrados con calor superficial (compresas calientes) o sin intervención, mientras que Draper y cols. (2004) demostraron un beneficio significativo cuando se usaba TOCP (aplicador monode) para calentar los isquiotibiales.

Dziedzic y cols. (2005) compararon la onda corta en modo pulsado, la terapia manual y los consejos sobre el ejercicio en un grupo de pacientes que presentaba trastornos cervicales inespecíficos. Todos los pacientes recibieron consejos y una tabla de ejercicios. Además, un grupo fue tratado con terapia manual y otro con TOCP. Aunque los pacientes de todos los grupos mejoraron significativamente, no hubo diferencias significativas respecto a ninguno de los criterios de valoración entre los grupos y los autores concluyeron que la adición de TOCP o de terapia manual en este grupo de pacientes no está justificada.

El uso de TOC en modo pulsado puede ayudar a la resolución de hematomas y de edema al incrementar la velocidad de drenaje del líquido intersticial (Goat 1989) y aumentar el retorno venoso (Golden y cols. 1981, Wadsworth y Chanmugam 1983). Buzzard y cols. (2003) compararon el efecto del TOCP (26 Hz,

200  $\mu$ s, dos veces al día durante 15 minutos) y la crioterapia (Cryocuff ajustado a 30 mmHg 6 veces al día durante 20 minutos) sobre el edema secundario a las fracturas del calcáneo. Aunque no se utilizó grupo control ni se mencionaron medidas de fiabilidad, los autores notificaron que ambas modalidades eran eficaces, sin que ninguna de ellas demostrara una superioridad significativa.

## Bursitis subdeltoidea

Ginsberg (1961) publicó algunos de los primeros trabajos sobre el uso de TOCP en las lesiones de los tejidos blandos. El resultado de los trastornos tratados a lo largo de un período de 15 días se cotejó y se analizó. Noventa y cuatro pacientes recibieron tratamiento con una FRP de 600 Hz y una intensidad de 6 durante 10 minutos en el sitio afectado y durante otros 10 minutos con una FPR de 400 Hz con intensidad 4 dirigida al hígado y las suprarrenales. Los hallazgos fueron alentadores, pues 86 pacientes tuvieron una recuperación parcial o completa, con signos radiológicos de reabsorción de  $Ca^{2+}$ .

## Esguince de tobillo

El TOC pulsado ha resultado ser eficaz para los esguinces de tobillo (Barclay y cols. 1983, Barker y cols. 1985, McGill 1988, Pennington y cols. 1993, Santiesteban y Grant 1985, Wilson 1972, 1974), y mejor que el TOCC (Wilson y cols. 1972). Sin embargo, los estudios que proporcionan evidencias sobre la eficacia del TOCP son antiguos y es necesario repetirlos con una metodología mejor.

## Lesiones de la mano

Barclay y cols. (1983) realizaron un estudio con 230 pacientes que referían lesiones de la mano y del pulgar. Se administró TOCP con un aplicador monode con PP de 975 W durante 2½ horas al día. Los pacientes tanto del grupo control como del grupo activo recibieron tratamiento convencional, que no se describió por completo. Los hallazgos apuntaban a favor del TOCP, pues los resultados mostraban que aliviaba el dolor, reducía la tumefacción y mejoraba la función en los pacientes que habían sufrido una lesión de la mano en las 36 horas previas.

## CICATRIZACIÓN DE HERIDAS

La mayoría de los estudios identificados han estudiado el efecto del TOCP, frente al TOCC, sobre la

cicatrización de las heridas. Las evidencias sobre la interacción entre la cicatrización de heridas experimentales y el TOC en animales han ofrecido resultados contradictorios. Brown y Baker (1987), Constable y cols. (1971) y Krag y cols. (1979) encontraron que el TOCP era ineficaz; Basal y cols. (1990) y Vanharanta y cols. (1982) han demostrado que el TOCC es eficaz mediante los hallazgos histoquímicos e histoenzimáticos, así como por el tiempo necesario para alcanzar una cicatrización completa de las heridas. Pope y cols. (1989), Ragi y Bowden (1983) y Fenn (1969) han demostrado la utilidad del TOCP.

Los estudios de laboratorio basados en células han proporcionado evidencias útiles respecto a la eficacia del TOCP. Badea y cols. (1993) investigaron el efecto de la irradiación con TOCP sobre la velocidad del crecimiento de microorganismos en una muestra de células preparada en el laboratorio. El experimento se realizó a lo largo de varias fases y demostró que la interacción del TOCP con el cultivo celular era más intenso en una estrecha ventana de 60-90 minutos, pero no a los 30 minutos. También se describió que la aplicación de TOCP al máximo durante 30 minutos no provocaba reacciones adversas. Hill y cols. (2001) también demostraron una ventana de tiempo/intensidad de eficacia (v. cap. 1), al comparar diferentes PM (1, 3, 4, 8, 12, 48 W) y encontrar que los mejores resultados se obtenían con PM de 12 W y que cuando la PM aplicada se mantenía constante (6 W) y se modificaban otros parámetros (100  $\mu$ s/400 Hz; 200  $\mu$ s/200 Hz; 400  $\mu$ s/100 Hz) con cuatro tiempos de exposición (5, 10, 15 y 20 minutos), se observaba que la proliferación celular variaba de forma considerable con los distintos tiempos de exposición. El mayor nivel de proliferación se observaba con 5 minutos de aplicación, en comparación con tratamientos más prolongados.

## Injertos de piel

Goldin y cols. (1981) compararon el efecto del TOCP (Diapulse, 30 minutos, 400 pps, 65  $\mu$ s, PP 975 W) sobre la velocidad de cicatrización de un injerto cutáneo frente a un grupo con placebo. Aunque no se describió el fundamento para utilizar los parámetros mencionados, y a pesar del limitado análisis estadístico de los hallazgos, el estudio demostró que el TOCP sí tiene un papel potencial a la hora de ayudar a la cicatrización de las heridas.

## Úlceras cutáneas y por presión

Se ha encontrado un reducido número de artículos de investigación que describan la interacción entre el

TOCP y las úlceras por presión. El TOCP era eficaz para reducir el tamaño de la úlcera cutánea (Itoh y cols. 1991), aunque la mejoría estaba determinada por el método de aplicación (Salzberg y cols. 1995) y se encontró que el tratamiento activo era mejor que el placebo (Comorosan y cols. 1993).

Itoh y cols. (1991) han descrito que el TOCP (600 Hz, potencia 6, durante 30 minutos dos veces al día con alrededor de 8 horas de intervalo entre las aplicaciones) incrementa la velocidad de cicatrización de las úlceras de estadio II y III. Sin embargo, el número de personas de cada grupo era pequeño y no se empleó un grupo control, lo que dificulta descartar el efecto de la recuperación natural sobre los niveles de mejoría obtenidos.

En un estudio con doble enmascaramiento, Todd y cols. (1991) investigaron los efectos del TOCP sobre 19 pacientes con úlceras varicosas refractarias. Aunque los datos sobre la dosis de tratamiento eran incompletos, los resultados apuntaban a favor del grupo activo. No se encontraron diferencias significativas entre el grupo de tratamiento con TOCP activo y placebo en la medición de la circunferencia, nivel de dolor y presencia de infección. Sin embargo, podría alegarse que la diferencia del tamaño promedio de las úlceras entre los grupos en el momento basal (el grupo de tratamiento tenía unas úlceras significativamente mayores a T = 0) podría haber sido responsable de que los resultados no fueran significativos desde el punto de vista estadístico.

En una investigación posterior de Comorosan y cols. (1993), los pacientes se asignaron de forma aleatoria a un grupo control, otro de placebo y un tercero de tratamiento (Diapulse, aplicación local en el sitio de la úlcera: 600 pps, 30 minutos, intensidad 6 dos veces al día; aplicación hepática: 400 pps, intensidad 4, 20 minutos, 1/día). El grupo de TOCP mostró unos resultados buenos o excelentes, logrando la cicatrización completa entre 1 y 4 semanas para las úlceras de estadio II y entre 2 y 8 semanas para las de estadio III en todos los pacientes. Estos resultados se acompañaron de la desaparición del exudado de la herida tras 48-72 horas. Aunque los autores han descrito la intensidad que utilizaron con sus pacientes (4 y 6), los números son irrelevantes a menos que se mencionen otros parámetros, como la marca del aparato de TOCP, la PP y la PM.

Los datos aportados por Salzberg y cols. (1995) concuerdan en gran medida con estos resultados cuando se estudia el efecto del TOCP en 30 pacientes con lesión medular y úlceras cutáneas. Los pacientes se estratificaron según el estadio de la úlcera. El grupo activo con úlceras de estadio II demostró unos resulta-

dos mejores que los del grupo de placebo (84% de recuperación del grupo activo, frente a 40% en el grupo de placebo), con una menor duración necesaria para lograr la recuperación. Sin embargo, los pacientes con úlceras de estadio II no eran comparables en el momento basal, pues la mayoría de los pacientes con úlceras de mayor tamaño pertenecían al grupo activo y solo una úlcera de gran tamaño correspondía al grupo de placebo. En ambos grupos, la localización de la úlcera no se mencionaba y los parámetros del tratamiento no se describían de forma completa.

Solo había 10 pacientes en el subgrupo de grado III, que se subdividió en grupos de placebo y activo.

Seaborne y cols. (1996) estudiaron los efectos de la aplicación no térmica de TOCP en úlceras por presión (Curapuls 419 con DP fijada a 400  $\mu$ s, y PP 700 W). En dos grupos se administraron FRP de 20 pps, PM de 5,6 W utilizando electrodos capacitativos o inductivos; se realizó lo mismo con el resto de los dos grupos, pero las combinaciones terapéuticas se cambiaron a una FRP de 110 pps y PM de 30,8 W. El campo E se aplicó mediante una técnica coplanar utilizando electrodos de placa sin contacto, mientras que el tratamiento con el campo H se aplicó con un circuplode. Se mantuvieron las curas habituales con apósitos durante todo el estudio. Todos los tratamientos se aplicaron durante 20 minutos dos veces al día durante 2 semanas. Los cuatro protocolos mostraron una reducción del tamaño de la úlcera, con una diferencia significativa entre los grupos que se observó en las semanas 4 y 5. Los resultados fueron mejores con un campo H de 5,6 W, seguidos de un campo E de 5,6 W y de un campo H de 30,8 W; el método menos eficaz fue el campo E con 30,8 W. Sin embargo, es difícil concluir que la mejoría se relacionó solo con el tratamiento TOCP.

Se ha propuesto que el TOC puede ayudar a la cicatrización por producir cambios en el sistema nervioso local más que solo en la actividad celular. Resulta plausible que los cambios de la inervación a los vasos en el área lesionada tengan un efecto diferente sobre la distribución de la sangre a los tejidos. Además, se cree que el TOC activa la bomba de sodio, lo que produce la repolarización de las células despolarizadas en el área lesionada, lo que podría restaurar el nivel iónico de la membrana celular al estado previo a la lesión (Scott 2002). Estos mecanismos propuestos deben validarse antes de aceptarse como un mecanismo confirmado en este contexto. Una vez considerados todos los factores, y dados los defectos de la investigación, la literatura apunta a favor del uso del TOCP en las úlceras por presión, con unos resultados generalmente positivos en los estudios.

## Cicatrización de las heridas postoperatorias

Varios artículos de investigación han estudiado el efecto del TOC sobre la cicatrización de las heridas postoperatorias. En todos los estudios se ha descrito una reducción del dolor, la tumefacción y el edema, así como mayor velocidad de cicatrización. Aronofsky (1971) evaluó el efecto del TOCP sobre las heridas dentales. El tratamiento se aplicó en dos partes utilizando un sistema Diapulse (15 minutos, 600 pps, intensidad 6), con una administración 24 horas antes de la cirugía y con otros 15 minutos justo después de la intervención. El lecho quirúrgico se irradiaba a continuación con TOCP durante 10 minutos después de la cirugía con la misma dosis y posteriormente de nuevo, a las 24, 48 y 72 horas de la operación; se comunicaron unas mejorías sustanciales.

Bentall y Eckstein (1975) llevaron a cabo un estudio con doble enmascaramiento en el que evaluaron la eficacia del TOCP en niños sometidos a orquidopexia. Los pacientes recibieron un tratamiento activo o fingido con TOCP. Dicho TOCP se aplicó con un aparato Diapulse a nivel local (550 pps, intensidad 5, durante 20 minutos), seguido de la aplicación epigástrica (500 pps, intensidad 4, durante 10 minutos). Los hallazgos revelaron que tanto la medición directa de la circunferencia como otras determinaciones subjetivas demostraban un incremento de la velocidad de cicatrización, junto con una vuelta rápida al aspecto normal. Sin embargo, no se empleó un grupo control y sería interesante juzgar el nivel de recuperación respecto al proceso natural de dicha recuperación.

Santiesteban y Grant estudiaron el efecto del TOCP activo y placebo sobre la cicatrización de las heridas. El TOCP se aplicaba dos veces (justo después de la cirugía y a las 4 horas de la primera aplicación) durante 30 minutos, 95  $\mu$ s, potencia 12 (120 PP), 700 pps. El grupo de TOCP requirió menos fármacos y su estancia en el hospital fue más breve que el grupo placebo. Incluso con la utilización de un grupo placebo, es difícil confirmar que los efectos sean atribuibles solo a la intervención con TOCP, pues ambos en ambos grupos se continuó el tratamiento «tradicional».

Grant y cols. (1989) investigaron el efecto del TOCP sobre las lesiones de los tejidos blandos mediante la comparación de la velocidad de recuperación del traumatismo perineal tras el parto, usando TOCP (100 pps, 65  $\mu$ s durante 10 minutos), ecografía o una intervención fingida. El tratamiento se comenzó 12 horas después del parto y se continuó durante un máximo de 3 días. No hubo diferencias significa-

tivas entre los grupos de forma inmediata, a los 10 días o a los 3 meses del tratamiento, aunque se ha alegado que los criterios de valoración utilizados fueron subjetivos y puede que no fuesen sensibles para detectar la modificación clínica real.

Arghiropol y cols. (1992) utilizaron la aplicación local de TOCP (Diapulse) durante un período de 15 minutos, 400 pps e intensidad 4, seguida de la aplicación hepática (600 pps, intensidad 6 durante 30 minutos) para ayudar en la cicatrización de la herida. Se observó un aumento de la concentración de fibronectina como indicación del incremento de la velocidad de cicatrización de la herida.

## OTROS PROBLEMAS CLÍNICOS

Lightwood (1989) ha descrito resultados positivos en trastornos postoperatorios de los tejidos blandos, artritis reumatoide, artrosis, dolor, dolor de espalda, retraso de la consolidación ósea e incluso en la espina bífida y los ictus. La aplicación se salía de lo habitual porque, en lugar del tiempo más usual (de hasta 30 minutos), los tratamientos duraban un mínimo de 1 hora y por lo general se repetían varias veces al día. La falta de descripción de los parámetros del tratamiento dificulta evaluar estos hallazgos por completo, pero puede que coincidan con la propuesta de Low (1995) de que la duración del tratamiento afecta directamente a la energía administrada, lo que puede a su vez constituir un parámetro crítico.

Barker y cols. (1985) demostraron la posibilidad de utilizar TOCP (12 W) tras la cirugía abdominal para estimular el peristaltismo y ayudar a la recuperación de los sonidos intestinales normales. Aunque el resultado fue positivo, los autores refirieron el uso de un modo atérmico de TOCP, por lo que la prolongada duración de la aplicación podría haber sido responsable del desarrollo de calor en los tejidos, lo que podría haber sido responsable de la falta de unos resultados significativos.

Keick y cols. (1994) compararon el efecto del láser y del TOC sobre el síndrome de ojo seco y notificaron un aumento del flujo lagrimal con ambas modalidades, aunque el TOC era mejor.

## TOMA DE DECISIONES CLÍNICAS CON EL TRATAMIENTO DE ONDA CORTA

Al considerar la literatura disponible, un aspecto que sigue generando un considerable debate es el tema no resuelto de la dosis de TOC. Existe una considera-

ble confusión entre los clínicos respecto a la aplicación del TOC debido al amplio rango y a la variedad de métodos disponibles para establecer los parámetros del tratamiento.

Existe un énfasis cada vez mayor para basar las decisiones clínicas en las mejores evidencias disponibles. Los ensayos clínicos aleatorizados se consideran como el máximo nivel de evidencia en términos de su capacidad para responder preguntas clínicas (Gray 1997). Sin embargo, aunque hay que reconocer los avances en la comprensión de la práctica de la electroterapia proporcionados por los estudios disponibles, la literatura existente contribuye muy poco a resolver esta disputa, pues la mayoría de los estudios son no controlados o carecen de datos relevantes, como el modo de aplicación (TOCP o TOCC), los protocolos terapéuticos, o bien falta la descripción de las dosis y los ajustes de potencia (tabla 10.2).

La elección de la dosis cuando se aplica TOCC y TOCP tiende a seguir el principio general de utilizar una dosis menor para los trastornos más agudos y una dosis mayor para las afecciones crónicas (van der Esch y Hoogland 1991, Watson 2006). Para administrar a un paciente una dosis baja de TOCP, la frecuencia de repetición, la duración y el pico de potencia del pulso deben estar en la zona inferior del rango disponible. Si se pretende aplicar una dosis elevada de TOCP, las variables mencionadas deberían estar en el rango superior o en su máximo. Sin embargo, se puede aplicar la misma potencia media de TOCP utilizando distintas combinaciones de las variables previas, combinando valores bajos y altos.

Algunos de los aparatos más recientes de TOC están ajustados con programas preseleccionados que pueden usarse a modo de guía durante la práctica. Aunque estos programas y recomendaciones clínicas automatizadas pueden ser útiles, no siempre se relacionan directamente con las evidencias publicadas, y es necesario utilizarlos con cierta cautela si se emplean sin una evaluación crítica.

## USO DE LA SENSACIÓN TÉRMICA PARA LA VALORACIÓN DE LA DOSIS DEL TRATAMIENTO DE ONDA CORTA

Desde un punto de vista histórico, las pruebas cutáneas han sido un requisito previo a la aplicación de cualquier modalidad térmica, incluidos los tratamientos de onda corta. Un método estándar de determinar la dosis es solicitar al paciente que describa la sensación térmica en respuesta a la aplicación local de una fuente caliente y fría (por lo general, tubos de ensayo

Tabla 10.2 Ejemplo de estudios realizados para analizar el efecto del TOC sobre el dolor

Estudio	Aparato de TOCP	PP (vatios)	PM (vatios)	DP ( $\mu$ seg)	FP (pps)	Intensidad	Tiempo (min)	Tipo de electrodo
McCray y Patton, 1984	Magnotherm							Bobina inductora
Wagstaff y cols., 1986	Curapuls	700 300	23,2 23,4		82 200		15	Circuplode
Aronofsky, 1971	Diapulse	975	65		600	6	15	
Gray y cols., 1994	Megapulse			60	100		20	
Jorgensen y cols., 1994							15-30	
Varcaccio-Garofalo y cols., 1995	Thelft							

La zona sombreada representa parámetros terapéuticos no especificados.

DP, duración del pulso; FP, frecuencia del pulso; PM, potencia media; PP, pico de potencia.

rellenos con agua). Sin embargo, es cuestionable si la piel es una fuente fiable para monitorizar los cambios de temperatura (Elder y cols. 1989). Las afirmaciones del paciente sobre la sensación térmica son una indicación de la temperatura cutánea, pero no de los tejidos más profundos. Oda y Aigbogun (1988) argumentan que algunas áreas del cuerpo son más sensibles a los cambios de temperatura que otras porque las personas son más precisas a la hora de describir los incrementos de temperatura de la piel facial que de la piel de la extremidad inferior. Los estudios realizados con animales han demostrado que las células se pueden lesionar si la temperatura supera los 42 °C (Elder y cols. 1989), cifra que está por debajo del umbral del dolor inducido de forma térmica (45 °C) en el ser humano. Por tanto, cuando se pida a un paciente que describa la sensación térmica, existe la posibilidad de que se produzcan niveles elevados de calor y lesión celular en áreas corporales con presencia de un número de receptores relativamente bajo en los tejidos más profundos (Delpizzo y Joyner 1987). Hay que tener un cuidado adicional cuando la discriminación de la sensibilidad térmica del paciente esté por debajo del nivel óptimo, debido a alguna enfermedad o por el sitio anatómico implicado.

Esto es fundamental cuando la energía absorbida en el tejido superficial pueda ser menor que la absorbida en el tejido profundo, como sucede en la aplicación inductiva (v. la sección previa). El uso de dosis superiores a este nivel de «sensación leve» puede tener unos efectos potencialmente perjudiciales. En la actualidad, y hasta que se establezcan métodos más precisos de valorar la dosis del tratamiento, los terapeutas deberían conocer el riesgo potencial de provocar lesiones tisulares térmicas y han de asegurarse que la máxima dosis que recibe el paciente solo provoca una leve sensación de calor.

Bricknell y Watson (1995) han demostrado una percepción indudable de calor con TOCP que se sentía a los 7 minutos de exposición con una PM de 10,8 W. Murray y Kitchen (2000) han demostrado que la sensación inequívoca de calor puede sentirse si la PM es de  $21,19 \pm 8,27$  W. Otros dos trabajos aún no publicados han estudiado la relación entre la sensación térmica detectable e inequívoca (v. <http://www.electrotherapy.org>). McMahon y Watson han estudiado el efecto de aplicar 400  $\mu$ s, 400 pps, MP de 10,82 W sobre el tiempo que tardan los pacientes en describir una sensación térmica. Según estos autores, los pacientes tardaron  $104 \pm 65$  segundos en alcanzar una sensación de posible carácter

térmico y  $179 \pm 107$  segundos en llegar a una percepción inequívoca. En el otro estudio (de Watson y Evans), se estudió el tiempo que 20 personas sin lesiones tardaban en describir una sensación térmica posible e inequívoca utilizando dos combinaciones diferentes de parámetros de pulso que proporcionaban la misma PM. Las dosis utilizadas fueron de 400  $\mu$ s, 800 pps, PM 12 W, y 100  $\mu$ s, 800 pps, PM 12 W. Solo 8 de las 20 personas describieron algún tipo de sensación térmica con cualquiera de las dosis. Morrissey (1966) ha demostrado que, con una PM de 40 W, no había un incremento significativo desde el punto de vista estadístico de la temperatura cutánea medida. Wadsworth y Chanmugam (1983) sugieren que podrían producirse efectos térmicos cuando la potencia media sea mayor de 25 W. El trabajo de Al-Mandeel (2004) ha demostrado que con una PM de 24 W solo 11 de 31 personas sanas refirieron una sensación térmica a pesar de un incremento de la temperatura cutánea de 1,9-1,1 °C. Por tanto, no cabe duda de que la aplicación de TOCP puede producir un incremento real y medible de la temperatura tisular. Estos resultados indican que la relación entre la energía aplicada y los cambios térmicos subjetivos y objetivos son complejos, y no pueden resolverse utilizando una simple relación lineal.

A partir de la bibliografía disponible, no se ha demostrado un efecto térmico medido con una PM aplicada menor de 5 W, por lo que en la actualidad se considera que este valor es un umbral térmico efectivo (Chartered Society of Physiotherapists [CSP] 2006). Si el tratamiento tiene como finalidad lograr un efecto térmico, será necesario aplicar una dosis con una PM que supere dicho nivel. Cuanto mayor sea la PM aplicada, mayor efecto de calentamiento tisular se logrará. Si la intención del tratamiento es evitar el efecto térmico en los tejidos (p. ej., porque esté contraindicado), la dosis del mismo no debería superar este nivel. Curiosamente, Seiger y Draper (2006) han publicado hace poco la aplicación de unos niveles de PM mucho mayores de TOCP de forma aparentemente segura y eficaz de lo que se describe en esas directrices.

El potenciómetro incorporado en el aparato de TOC (si cuenta con él) ofrece una medida de la potencia emitida por el generador, por lo que no indica la energía absorbida por los tejidos ni la magnitud del incremento de temperatura en los mismos (Delpizzo y Joyer 1987, Wadsworth y Chanmugam 1983). En la actualidad, el único método del que disponen los terapeutas es monitorizar la sensación a través de la respuesta verbal del paciente. Por tanto, se considera recomendable aumentar la intensidad del aparato despacio y permitir que la temperatura se

estabilice, aumentando más la intensidad cuando se busque un efecto térmico del tratamiento. La fiabilidad de la capacidad del paciente para describir los cambios térmicos es, evidentemente, un requisito previo para la seguridad del tratamiento. Resulta evidente que son necesarios más trabajos para identificar los parámetros fundamentales responsables de los efectos térmicos y no térmicos del TOCP.

## ASPECTOS SOBRE SEGURIDAD EN EL TRATAMIENTO CON ONDA CORTA

### RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA ALREDEDOR DE LOS APARATOS DE TRATAMIENTO DE ONDA CORTA: EFECTOS ADVERSOS Y SEGURIDAD DEL PERSONAL

Los aparatos de OC terapéutica pueden ser una fuente de riesgo laboral. Estas observaciones están respaldadas por el hecho de que las ondas EM emitidas por dichos dispositivos pueden propagarse libremente en el aire (Scott 2002) sin necesidad de un medio, lo que dificulta concentrar la energía en el área tratada (Docker y cols. 1994, Martin y cols. 1991). Este riesgo de «electrocontaminación» se ve aumentado por los pequeños recintos donde se realiza el tratamiento y la estrechez de algunos hospitales (Coppell 1988), que podrían someter a otros pacientes situados en la proximidad de los equipos en funcionamiento a un mayor riesgo de radiación EM parásita no intencionada.

La mayoría de los estudios han considerado las asociaciones entre la exposición a la OC y los efectos adversos, como el dolor de origen cardíaco entre los fisioterapeutas varones (Hamburger y cols. 1983), las malformaciones cardíacas (Hamburger y cols. 1983, Kallen y cols. 1992, Larsen y cols. 1991, Ouellet-Hellstrom y Stewart 1993, Stellman y Stellman 1980), el aborto si la exposición supera las 10 horas semanales y si la edad gestacional es mayor de 10 semanas (Taskinen y cols. 1990). Otros autores no han encontrado diferencias entre los terapeutas expuestos a la OC y los que no lo estaban en términos de malformaciones congénitas (Guberan y cols. 1994, Larsen y cols. 1991).

No se puede establecer una relación causal (Shields 2003) entre la naturaleza y la metodología de estos estudios, debido a la ausencia de mediciones cuantitativas de CEM, así como a la incapacidad de tener en cuenta otros factores de confusión para los abortos, como el levantamiento de pesos o las malas posturas (Hollis 1992, West y Gardner 2001). Sin embargo, a pesar de que no existen evidencias

térmico y  $179 \pm 107$  segundos en llegar a una percepción inequívoca. En el otro estudio (de Watson y Evans), se estudió el tiempo que 20 personas sin lesiones tardaban en describir una sensación térmica posible e inequívoca utilizando dos combinaciones diferentes de parámetros de pulso que proporcionaban la misma PM. Las dosis utilizadas fueron de 400  $\mu$ s, 800 pps, PM 12 W, y 100  $\mu$ s, 800 pps, PM 12 W. Solo 8 de las 20 personas describieron algún tipo de sensación térmica con cualquiera de las dosis. Morrissey (1966) ha demostrado que, con una PM de 40 W, no había un incremento significativo desde el punto de vista estadístico de la temperatura cutánea medida. Wadsworth y Chanmugam (1983) sugieren que podrían producirse efectos térmicos cuando la potencia media sea mayor de 25 W. El trabajo de Al-Mandeel (2004) ha demostrado que con una PM de 24 W solo 11 de 31 personas sanas refirieron una sensación térmica a pesar de un incremento de la temperatura cutánea de 1,9-1,1 °C. Por tanto, no cabe duda de que la aplicación de TOCP puede producir un incremento real y medible de la temperatura tisular. Estos resultados indican que la relación entre la energía aplicada y los cambios térmicos subjetivos y objetivos son complejos, y no pueden resolverse utilizando una simple relación lineal.

A partir de la bibliografía disponible, no se ha demostrado un efecto térmico medido con una PM aplicada menor de 5 W, por lo que en la actualidad se considera que este valor es un umbral térmico efectivo (Chartered Society of Physiotherapists [CSP] 2006). Si el tratamiento tiene como finalidad lograr un efecto térmico, será necesario aplicar una dosis con una PM que supere dicho nivel. Cuanto mayor sea la PM aplicada, mayor efecto de calentamiento tisular se logrará. Si la intención del tratamiento es evitar el efecto térmico en los tejidos (p. ej., porque esté contraindicado), la dosis del mismo no debería superar este nivel. Curiosamente, Seiger y Draper (2006) han publicado hace poco la aplicación de unos niveles de PM mucho mayores de TOCP de forma aparentemente segura y eficaz de lo que se describe en esas directrices.

El potenciómetro incorporado en el aparato de TOC (si cuenta con él) ofrece una medida de la potencia emitida por el generador, por lo que no indica la energía absorbida por los tejidos ni la magnitud del incremento de temperatura en los mismos (Delpizzo y Joyer 1987, Wadsworth y Chanmugam 1983). En la actualidad, el único método del que disponen los terapeutas es monitorizar la sensación a través de la respuesta verbal del paciente. Por tanto, se considera recomendable aumentar la intensidad del aparato despacio y permitir que la temperatura se

estabilice, aumentando más la intensidad cuando se busque un efecto térmico del tratamiento. La fiabilidad de la capacidad del paciente para describir los cambios térmicos es, evidentemente, un requisito previo para la seguridad del tratamiento. Resulta evidente que son necesarios más trabajos para identificar los parámetros fundamentales responsables de los efectos térmicos y no térmicos del TOCP.

## ASPECTOS SOBRE SEGURIDAD EN EL TRATAMIENTO CON ONDA CORTA

### RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA ALREDEDOR DE LOS APARATOS DE TRATAMIENTO DE ONDA CORTA: EFECTOS ADVERSOS Y SEGURIDAD DEL PERSONAL

Los aparatos de OC terapéutica pueden ser una fuente de riesgo laboral. Estas observaciones están respaldadas por el hecho de que las ondas EM emitidas por dichos dispositivos pueden propagarse libremente en el aire (Scott 2002) sin necesidad de un medio, lo que dificulta concentrar la energía en el área tratada (Docker y cols. 1994, Martin y cols. 1991). Este riesgo de «electrocontaminación» se ve aumentado por los pequeños recintos donde se realiza el tratamiento y la estrechez de algunos hospitales (Coppell 1988), que podrían someter a otros pacientes situados en la proximidad de los equipos en funcionamiento a un mayor riesgo de radiación EM parásita no intencionada.

La mayoría de los estudios han considerado las asociaciones entre la exposición a la OC y los efectos adversos, como el dolor de origen cardíaco entre los fisioterapeutas varones (Hamburger y cols. 1983), las malformaciones cardíacas (Hamburger y cols. 1983, Kallen y cols. 1992, Larsen y cols. 1991, Ouellet-Hellstrom y Stewart 1993, Stellman y Stellman 1980), el aborto si la exposición supera las 10 horas semanales y si la edad gestacional es mayor de 10 semanas (Taskinen y cols. 1990). Otros autores no han encontrado diferencias entre los terapeutas expuestos a la OC y los que no lo estaban en términos de malformaciones congénitas (Guberan y cols. 1994, Larsen y cols. 1991).

No se puede establecer una relación causal (Shields 2003) entre la naturaleza y la metodología de estos estudios, debido a la ausencia de mediciones cuantitativas de CEM, así como a la incapacidad de tener en cuenta otros factores de confusión para los abortos, como el levantamiento de pesos o las malas posturas (Hollis 1992, West y Gardner 2001). Sin embargo, a pesar de que no existen evidencias

firmes, se debería procurar garantizar la seguridad del terapeuta mientras utilice la OC. Los estudios sobre la intensidad del CEM en torno a los aparatos de OC han encontrado diferencias respecto a la marca del aparato de TOC, al modo de aplicación (continuo o pulsado) y a los ajustes del tratamiento (Coppell 1988, Shields 2003, Shields y cols. 2003, Skotte 1986).

El tipo de electrodo utilizado podría afectar a la irradiación parásita alrededor de las unidades de TOC. Con los electrodos capacitativos se registra un campo E mayor que con los de tipo bobina y con las espiras inductivas (Lau y Dunscombe 1984, Skotte 1986). Los electrodos de placa sin contacto se asocian con valores 10 veces superiores de emisión parásita que los electrodos de almohadilla y con unos niveles de radiación 100 veces mayores que los electrodos inductivos (Coppell 1988, Martin y cols. 1991). Tzima y Martin (1994) han evaluado la radiación parásita de los campos E y H de varias máquinas de OC en modo pulsado y continuo, y con diferentes configuraciones de los electrodos. Se ha observado que los electrodos de placa sin contacto emiten más radiaciones electromagnéticas (REM) cuando se usan en modo continuo en comparación con el modo pulsado, de modo que el campo supera los niveles del National Radiation Protection Board (NRPB) (1993) a 0,8-1,1 m en el modo continuo y a 0,4-0,8 en modo pulsado. También se encontró que la intensidad de campo disminuye con el aumento de la distancia a partir de la unidad. El campo E resultó ser superior cerca de los electrodos, mientras que el campo H era máximo cerca de los cables (Martin y cols. 1991, Shields 2003).

Li y Feng (1999) midieron las intensidades de REM y la intensidad de los campos E y H a una distancia de 30, 100 y 150 cm de un aparato de OC a nivel de la rodilla, la cintura y la mano del terapeuta, y describieron que la exposición de este estaba por debajo de los niveles recomendados; la intensidad del campo medido resultó ser variable en diferentes direcciones alrededor de los aparatos de OC. El mayor valor registrado se obtuvo frente al aparato de diatermia a una distancia de 30 cm a nivel de la rodilla.

El tamaño y colocación de los electrodos en el cuerpo también influye en la intensidad de la distribución del campo. Se ha encontrado que la intensidad del campo es proporcional al tamaño del electrodo. Se ha demostrado un incremento del 20-30% en la intensidad del campo cuando el diámetro del electrodo se aumentaba de 6 a 14 cm (Tzima y Martin 1994).

La disposición de los electrodos es otro factor que podría afectar a la intensidad del campo alrededor de los aparatos de OC. Se ha observado que una disposi-

ción coplanar emite un menor campo parásito que una disposición contraplanar (Tzima y Martin 1994). La distancia entre los electrodos y el área tratada parece influir en la intensidad de la REM emitida. Se ha visto que la magnitud del campo es proporcional a la distancia entre el área tratada y los electrodos, con una menor emisión parásita cuando se usan aplicaciones más cercanas (Lau y Dunscombe 1984, Tofani y Agnesod 1984). Si se modifica la distancia de 10 a 30 mm se produce un calentamiento no uniforme y la concentración del campo electromagnético bajo el terminal de tratamiento (Martin y cols. 1991).

Sin embargo, estos hallazgos no son definitivos, porque la intensidad del campo se podría alterar en el contexto clínico debido al uso o la presencia de mobiliario metálico alrededor del área de tratamiento, a otro aparato de OC que estuviese funcionando en un radio de 2 m y a la situación del terapeuta en estrecha proximidad con los cables de la OC (Coppell 1988, Delpizzo y Joyner 1987). Cada uno de estos factores podría participar en la creación de una vía de conducción alternativa que distorsionase el CEM (Docker y cols. 1994).

Varios estudios han demostrado que el tiempo de exposición promedio del terapeuta durante el tratamiento es de alrededor de 3 minutos (Stuchly y cols. 1982) y que una exposición tan corta tiene pocas probabilidades de superar los niveles recomendados por el NRPB (que establece que, en un período de 6 minutos, la máxima exposición a un campo E no debería superar 61 V/m y la máxima exposición a un campo H no debería ser mayor de 0,16 V/m, TAE de 10 W/cm<sup>2</sup>).

A pesar de todo lo expuesto, según las recomendaciones prácticas generales que establecen que, mientras se está de pie en el extremo de una consola de diatermia en el lugar opuesto al aplicador en lugar de estar enfrente de la unidad (Li y Feng 1999, Skotte 1986), y una vez que el aparato se ha conectado, el terapeuta debería mantener una distancia de al menos 1 m del dispositivo, los cables y los electrodos durante toda la duración del tratamiento. Se ha sugerido que una distancia de 0,5 m es segura con el TOCP, pero aunque dicha distancia podría ser segura, suele indicarse que es preferible una separación de 1 m para reducir una exposición no deseada a la REM.

## CONTRAINDICACIONES Y PRECAUCIONES

Las contraindicaciones que son aplicables para el uso del TOC tanto continuo como pulsado se detallan en

el capítulo 21, y aquí solo se añadirán unos breves comentarios adicionales.

## MARCAPASOS Y OTROS IMPLANTES «ACTIVOS»

Se ha sugerido con firmeza que los pacientes con marcapasos o con otros dispositivos implantados activos no deben exponerse al tratamiento con TOC y que, además, deberían mantenerse a una distancia segura respecto a un aparato en marcha, pues algunos dispositivos son susceptibles a los campos EM «parásitos» emitidos por los aparatos. En la actualidad, faltan evidencias definitivas sobre la distancia de seguridad absoluta entre un aparato de TOC activo y un paciente (o terapeuta) con un dispositivo implantado activo, y la recomendación actual es de 3 m. Algunos marcapasos son mucho menos susceptibles a los campos EM y es probable que dicha separación sea algo conservadora, pero a menos que el terapeuta conozca la información detallada respecto al marcapasos que se ha utilizado y a la inmunidad relativa de dicho tipo de marcapasos frente a los campos de interferencia, es probable que sea más seguro adoptar la distancia de 3 m. Es evidente que se requiere una evaluación más detallada en esta área.

## EMBARAZO

Se recomienda que las pacientes embarazadas no reciban tratamiento con TOC (continuo o pulsado) y que se mantengan a una distancia segura (al menos 1 m) de un aparato en marcha (CSP 1997). Se recomienda que las terapeutas que estén embarazadas no manejen dispositivos de TOC y que mantengan una distancia de trabajo segura para manejar dichos aparatos (CSP 1997; v. la sección previa para más detalles).

## PRESENCIA DE METAL EN LOS TEJIDOS

Se considera inapropiado tratar segmentos corporales que tengan implantes metálicos (pasivos) cuando se use TOC continuo, debido a la mayor capacidad calorífica del metal, en comparación con los tejidos y la posibilidad de quemaduras tisulares en la profundidad. En la actualidad se sugiere (CSP 2006) que el metal en los tejidos no constituye una contraindicación para el TOC en modo pulsado cuando se aplica con una potencia media menor de 5 W. Dado que los niveles de potencia media que superen los 5 W se consideran dotados de capacidad térmica, la presencia de metal en los tejidos se considera una contraindicación cuando se aplican valores de potencia media

mayores de 5 W. Resulta interesante destacar que Seiger y Draper (2006) utilizaron TOCP con una potencia media mucho más elevada que esta cifra en pacientes con implantes metálicos, sin que se observaran efectos adversos.

## PRUEBA DE SENSIBILIDAD CUTÁNEA

Se considera necesario realizar una prueba de sensibilidad cutánea de forma rutinaria (v. la sección previa) antes de una aplicación de TOC en modo continuo o pulsado cuando se prevea un efecto térmico (es decir, potencia media mayor de 5 W). Aunque puede que los terapeutas quieran realizar una prueba de sensibilidad cutánea con niveles de potencia media menores de 5 W, no se considera un requisito esencial.

En el capítulo 21 se recogen más detalles y referencias sobre los peligros, precauciones y contraindicaciones para el uso de onda corta continua y pulsada.

## CONCLUSIÓN

El uso de TOC en modo continuo parece haber declinado en los últimos 10 años, mientras que el uso del modo pulsado se ha mantenido en un grado significativo (Al-Mandeel y Watson 2006). Se sabe que es una modalidad de calentamiento eficaz (en los modos continuo y pulsado) (p. ej., Draper y cols. 1999, 2002) y parece ser especialmente eficaz cuando se emplea el aplicador de tipo monode. En el modo «no térmico» (pulsado), tiene efectos similares a otras modalidades (ultrasonidos, tratamiento con láser), pero estos efectos se logran sobre todo en los tejidos iónicos de baja impedancia, mientras que los ultrasonidos, por ejemplo, son más eficaces en los tejidos con un contenido elevado de colágeno (ter Haar 1999, Watson 2006).

El tratamiento de onda corta tiene una profundidad de penetración eficaz (al menos varios centímetros) y puede aplicarse sin que el terapeuta tenga que estar junto al paciente de forma constante. Aunque es necesario realizar investigaciones adicionales, sobre todo en el entorno clínico, los beneficios establecidos de la modalidad hacen que sea un complemento útil de otras formas de intervención y su empleo potencial en las zonas de consolidación de fracturas y en el tratamiento de heridas abiertas está infrautilizado en la práctica actualmente.

Además, a diferencia de otras aplicaciones de electroterapia, el TOC ha demostrado tener efectos remotos: es decir, mediante su aplicación en el abdo-

men, se puede observar un cambio deseable en el sistema circulatorio en las extremidades y, por tanto, se puede utilizar en los casos en los que no sea posible utilizar una aplicación directa de una modalidad de electroterapia en una zona (Erdmann 1960, Morrissey 1966, Wessman y Kottke 1967). Las preocupaciones que se han expresado respecto a la seguridad del terapeuta cuando se utiliza esta modalidad son infundadas en gran parte, siempre que el profesional cumpla las directrices esenciales de seguridad y permanezca al menos a 1 m de un aparato en marcha.

Se están realizando numerosos estudios en este campo terapéutico, y es previsible que cuando se publique un número cada vez mayor de ensayos de la-

boratorio y clínicos, algunas de las ambigüedades se resuelvan. Será especialmente interesante ver si los efectos muy beneficiosos de los CEMP (cicatrización de heridas, consolidación de fracturas) son equivalentes a los efectos logrados con TOCP. No son iguales en términos de modo de aplicación, energía o parámetros del aparato disponibles para su manipulación, pero su forma de energía esencial es muy similar, por lo que es razonable que su modo de acción y rango de efectos clínicos puedan solaparse en mayor medida de lo que ahora se reconoce. La demostración de la similitud o diferencia entre estos modos es un tema destacado en la siguiente generación de investigaciones en este campo.

## Bibliografía

- Abramson D, Chu L, Tuck S et al (1966) Effect of tissue temperature and blood flow on motor nerve conduction velocity. *J Am Med Assoc* **198**(10): 1082-1088.
- Adey W (1988). Physiological signalling across cell membrane and co-operative influences of extremely low frequency EMF. In Frohlich H (ed) *Biological Coherence and Response to External Stimuli* pages 148-170. Heidelberg, Springer Verlag.
- Al-Mandeel M (2004) *Pulsed Shortwave Therapy. Its Use and Physiological Effects with Healthy and Osteoarthritic Patients*. PhD thesis, University of Hertfordshire, UK.
- Al-Mandeel M, Watson T (2006) An evaluative audit of patients records in electrotherapy with specific reference to pulsed shortwave therapy. *Int J Ther Rehab* **13**(9): 414-419.
- Arghiropol M, Jieanu V, Paslaru L et al (1992) The stimulation of fibronectin synthesis by high peak power electromagnetic energy (Diapulse). *Rev Roumaine Physique* **29**(3-4): 77-81.
- Aronofky D (1971) Reduction of dental postsurgical symptoms using non thermal pulsed high peak power electromagnetic energy. *Oral Surg* **32**(5): 688-696.
- Badea M, Vasilco R, Sandru D (1993) The effects of pulsed electromagnetic field (Diapulse) on cellular systems. *Rom J Physiol* **30**(1-2): 65-71.
- Bansal PS, Sobti VK, Roy KS (1990) Histomorphochemical effects of shortwave diathermy on healing of experimental muscular injury in dogs. *Indian J Exp Biol* **28**(8): 766-770.
- Barclay V, Collier R, Jones A (1983) Treatment of various hand injuries by pulsed electromagnetic energy (Diapulse). *Physiotherapy* **69**(6): 186-188.
- Barker A, Barlow P, Porter J et al (1985) A double blind clinical trial of low power pulsed shortwave therapy in the treatment of a soft tissue injury. *Physiotherapy* **71**(12): 500-504.
- Benazzo F, Mosconi M, Beccarisi G et al (1995) Use of capacitive coupled electric fields in stress fractures in athletes. *Clin Orthop* **310**: 145-149.
- Bentall R, Eckstein H (1975) Trial involving the use of pulsed electromagnetic therapy on children undergoing orchidopexy. *Kinderchirurgie* **17**(4): 380-389.
- Bricknell R, Watson T (1995) The thermal effects of pulsed shortwave therapy. *Br J Ther Rehab* **2**(8): 430-434.
- Brown M, Baker R (1987) Effects of pulsed shortwave diathermy on skeletal muscle injury in rabbits. *Phys Ther* **67**(2): 208-214.
- Buzzard B, Pratt R, Briggs P et al (2003) Is pulsed shortwave diathermy better than ice therapy for reduction of oedema following calcaneal fractures? *Physiotherapy* **89**(12): 734-742.
- Callaghan MJ, Whittaker PE, Grimes S et al (2005) An evaluation of pulsed shortwave on knee osteoarthritis using radiolucoscintigraphy: a randomised, double blind, controlled trial. *Joint Bone Spine* **72**(2): 150-155.
- Cameron M, Perez D, Otano-Lata S (1999) Electromagnetic radiation. In Cameron M (ed) *Physical Agent in Rehabilitation from Research to Practice* chapter 10, pages 304-306. Philadelphia, WB Saunders.
- Charman R (1990) Bioelectricity and electrotherapy towards a new paradigm, Part 2, Cellular reception. *Physiotherapy* **76**(9): 509-516.
- Chartered Society of Physiotherapy (CSP) (1997) *Safe Practice with Electrotherapy (Shortwave Therapies)*. London, CSP.
- Chartered Society of Physiotherapy (CSP) (2006) *2006 Guidance for the Clinical use of Electrophysical Agents*. London, CSP.
- Cheing GL, Wan JW, Kai Lo S (2005) Ice and pulsed electromagnetic field to reduce pain and swelling after distal radius fractures. *J Rehab Med* **37**(6): 372-377.
- Cleary S. (1997) In vitro studies of the effects of non-thermal radiofrequency and microwave radiation. In Bernhardt J, Mattes R, Repacholi M (eds) *Proceedings, International Seminar on Biological effects of Non Thermal Pulsed and Amplitude Modulated RF Electromagnetic Fields and Related Health Risks*. Munich Nov. 1996. Published by International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) 1997, pages 119-130.
- Comorosan S, Vasilco R, Archiropol M et al (1993) The effects of Diapulse therapy on the healing of decubitus ulcer. *Rom J Physiol* **30**(1-2): 41-45.