



CARDIOLOGÍA DEL ADULTO - REVISIÓN DE TEMAS

Dudas frecuentes con los marcapasos y los cardiodesfibriladores en la consulta externa

Mauricio Duque Ramírez, MD.

Medellín, Colombia

Las interferencias en los marcapasos y los cardiodesfibriladores se pueden presentar en la vida cotidiana utilizando aparatos eléctricos y electrónicos del hogar y aún se ven con más frecuencia en los ambientes hospitalarios. La mayoría de las veces, estas interferencias son inocuas, inclusive no detectadas por el paciente, pero pocas veces, son intensas y ponen en peligro la vida del paciente.

La tecnología ha avanzado mucho en esta área y tanto los equipos utilizados en los ambientes laborales o en el hogar, utilizan por reglamentación internacional unas longitudes de onda distintas a las que utilizan los marcapasos y cardiodesfibriladores, para evitar interferencias, además la ingeniería biomédica ha incorporado dentro de los dispositivos filtros para brindar más seguridad a los pacientes.

En el ambiente hospitalario es donde más problemas pueden existir, por ejemplo cuando se usa la resonancia nuclear magnética, los litotriptores, la radiofrecuencia, los electrobisturíes y las cardioversiones externas. Estos equipos producen daños tan severos en los dispositivos, que si el paciente es totalmente dependiente, pueden ser fatales a no ser que se implante otro marcapaso de inmediato.

In every day life interferences in pacemakers and cardiodefibrilators may occur by the use of electric and electronic appliances at home and more frequently in hospital environments. Most of the times these interferences are harmless and are not detected by the patient, but some few times are intense and endanger the patient's life.

Technology has greatly advanced in this area and the appliances used at work and at home use by international regulation different wave lengths to the ones used by pacemakers and cardiodefibrilators, in order to avoid interferences; besides, biomedical engineering has incorporated some filters inside the devices, so that the patient may be secured.

It is in the hospital environment where there may be more problems, for example by the use of Magnetic Nuclear Resonance, lithotriptors, radio frequency, electro-surgical knives and external cardioversions. These equipments may cause such severe damages to these devices, that if the patient is 100% dependent, they may be fatal unless another pacemaker can be immediately implanted.

(Rev. Col. Cardiol. 2003; 10:447-454)

Clínica Medellín. Medellín, Colombia.

Correspondencia: Mauricio Duque, MD. Clínica Medellín, Calle 54 No. 46-27, Tel.: 5117378, Medellín, Colombia.

Introducción

Con alguna frecuencia en nuestra práctica clínica los pacientes preguntan acerca de dudas con respecto a los marcapasos y cardiodesfibriladores, o incluso tienen una serie de prejuicios negativos secundarios a una mala información. Todo esto se convierte en un obstáculo para el médico en el momento de decidir el implante de un dispositivo cardíaco. Adicionalmente, se sabe que algunos equipos electrónicos utilizados en nuestra vida diaria, pueden crear interferencias con estos dispositivos cardíacos con graves efectos para el paciente. Por lo tanto, en este artículo se aclararán las dudas que se presentan al respecto.

Estos dispositivos tienen la capacidad de detectar los latidos intrínsecos del corazón, pero también pueden recibir señales externas que son detectadas como intrínsecas por el marcapasos, lo que produce alteraciones en el funcionamiento. Esto ocurre principalmente con nuevos equipos y tecnologías utilizados en la vida cotidiana que operan con campos magnéticos y microondas capaces de producir interferencia electromagnética (IEM) (1). Por esta razón, los productores de marcapasos y cardiodesfibriladores automáticos (CDA) han rediseñado la tecnología no sólo en los dispositivos sino también en los electrodos, para que se produzca la menor interferencia posible con equipos como los teléfonos celulares, por ejemplo.

Clasificación de las fuentes de interferencia electromagnética (IEM)

Se pueden clasificar de acuerdo con la frecuencia espectral, la energía emitida y el medio donde se encuentran. Para fines clínicos se subdividen en dos: la energía radiada y la conducida.

La primera es la energía emitida por equipos de comunicaciones y otros como motores potentes, rasuradoras eléctricas, controles remotos y detectores de metales, que producen un campo eléctrico medido en voltios y un campo magnético medido en amperios. Estas fuentes se dividen en ondas de radiofrecuencia que van de 0.1 Hz a 100 MHz (fuentes de poder de radios, transmisores de radio, de televisión y electrocauterios), y las microondas, cuya frecuencia va entre 100 MHz y 12 GHz (como radares, teléfonos celulares, hornos microondas, etc.). Las señales físicas emitidas pueden ser moduladas en amplitud y frecuencia, o pueden ser señales únicas o en pulsos. Todas estas

señales electromagnéticas pueden ser mal interpretadas por los dispositivos como señales biológicas, y producir alteración en su funcionamiento.

La energía conducida abarca las corrientes galvánicas que se utilizan principalmente con fines terapéuticos como los TENS (estimulación eléctrica nerviosa transcutánea), se utiliza a 50 Hz en Europa y a 60 Hz en los EE.UU. La energía conducida también puede crear un sobresensado en los marcapasos y los CDA, al igual que los campos magnéticos estáticos como la radiación ionizante (2) la que puede encontrarse en el medioambiente o en equipos de imágenes médicas (Rx, TAC). Esta última no afecta los dispositivos, sólo la radiación terapéutica utilizada en oncología puede alterar el CMOS de los mismos y su efecto es acumulativo en el tiempo. La radiación acústica como la litotripsia utilizada directamente sobre los marcapasos o los CDA, puede afectarlos de una manera importante. Si la inhibición de la IEM es transitoria, lo que es más frecuente (uno o dos latidos), no tiene ninguna importancia clínica; los síntomas ocurren cuando la exposición es prolongada e intensa. Es de anotar que la inhibición es inversamente proporcional a la distancia.

Factores que influyen la IEM

- Intensidad del campo electromagnético.
- Espectro de la señal.
- Distancia, posición y ángulo del paciente.
- Duración de la exposición.
- Características de la programación del dispositivo.
- Configuración del electrodo.
- Parámetros programados.
- Sensibilidad.
- Modo (línea de base y reversión con ruido).
- Características del paciente.

Dependencia del marcapasos.

Susceptibilidad al modo asincrónico.

Susceptibilidad a frecuencias rápidas.

Algunos productores de equipos electrónicos que puedan causar IEM están incorporando filtros para las frecuencias que pueden producir alteración en los marcapasos y CDA y disminuir de este modo las IEM como en el caso de los teléfonos celulares).

La programación de la sensibilidad de los dispositivos cardíacos es fundamental. Usualmente cuando son implantados, no modifica la sensibilidad; ésta debe ser lo más alta posible en valores absolutos en ambas cámaras, para que el dispositivo sea lo más resistente a la IEM. Esto implica que un valor de sensibilidad alta en el marcapasos implica un equipo menos sensible a las IEM. Para modificar la sensibilidad se debe conocer de una manera adecuada la onda A y la onda R intracavitaria, bien sea durante el implante o en las visitas de reprogramación, y programar la sensibilidad con el 75% de dicho valor. El uso de electrodos bipolares ha disminuido las IEM puesto que cierran la ventana de la interferencia, debido a que el ánodo y el cátodo quedan muy cerca en el extremo distal del electrodo, a muy corta distancia el uno del otro; por lo tanto, el arco de sentido es más pequeño y ocurre menos IEM. En cambio con los electrodos unipolares el arco de sentido es muy amplio, ya que va desde la punta del electrodo (cátodo) hasta la cubierta metálica del dispositivo (ánodo).

Respuesta de los marcapasos y los CDA a la IEM

Inhibición de la estimulación

Una inhibición sostenida de la estimulación puede ser catastrófica en los pacientes dependientes de marcapasos, aunque es poco probable que ocurra por los algoritmos protectores disponibles en los mismos; además, la mayoría de la gente no es totalmente dependiente del marcapasos. Es muy importante subirle al dispositivo el valor de la sensibilidad a nivel ventricular para que sólo se inhiba con señales externas muy grandes, poco probables en la vida cotidiana. Cuando en los pacientes con CDA no se detecta la señal intrínseca, hay dos posibilidades: asistolia o fibrilación ventricular (FV) muy fina. El equipo baja automáticamente el nivel de sensibilidad hasta 0.1 mV; si no encuentra señal empieza a estimular asincrónicamente, o si detecta una FV, activa la terapia de desfibrilación. Pero si el CDA tiene los niveles de sensibilidad muy bajos puede detectar interferencias externas, asumir que se trata de una FV y dar choques inapropiados (3).

Disparos de seguimiento o de estimulación prematura

En los marcapasos que tienen el modo de seguimiento encendido como en los DDD o VDD, cualquier ruido detectado en la aurícula puede disparar el impulso en el ventrículo, o si detectan múltiples ruidos puede activar el modo itálica como si fuese una taquicardia atrial. Lo

anterior se debe a que la sensibilidad del marcapasos es más fina en la aurícula que en el ventrículo, puesto que la onda «A» intracavitaria es menor que la «R». Puede ocurrir también que la IEM dispare el sensor de ventilación minuto (respuesta modulada = R), el sistema asume que el paciente necesita más frecuencia cardíaca, y se produzca una taquicardia secundaria al proceso. Otra eventualidad puede ser desencadenada por campos magnéticos intensos como los de la resonancia nuclear magnética (RNM), que pueden generar estimulación entre 200 y 300 lpm (síndrome del marcapasos desbordado), con la consiguiente taquicardia y posible FV (5).

Detección de taquicardias espúreas

La IEM puede ser detectada por el CDA como una taquiarritmia; el dispositivo genera entonces choques innecesarios que producen malestar y trastornos psicológicos en el paciente, además alto consumo de las baterías. En la actualidad, los dispositivos bicamerales cuentan con unos algoritmos que discriminan este tipo de interferencias (6).

Ruido que reversa el modo de estimulación

Los dispositivos actuales tienen algoritmos que los protegen contra los ruidos que pueden inhibir el marcapaso; pero si llegaran a ser detectados, la respuesta sería modo asincrónico transitorio mientras pasa la interferencia (7). Sin embargo, estas medidas de seguridad pueden no ser inocuas, puesto que una estimulación asincrónica (DOO o VOO), incluso de carácter transitorio, puede desencadenar taquiarritmias ventriculares o hacer perder la sincronía auriculoventricular y producir síntomas.

Re-iniciación eléctrica

Una IEM momentánea y fuerte puede producir un reinicio en los microprocesadores y cambiar los marcapasos de DDD y VVI a modo DOO y VOO, caso al que se ha llamado «reseteo» eléctrico, tanto en los marcapasos como en los CDA. Algo similar ocurre cuando se están acabando las baterías del dispositivo. Dicho cambio puede ser transitorio o permanente, lo que puede producir síntomas, depletar la baterías más rápidamente o inducir taquicardias ventriculares. Cuando es permanente se debe reprogramar el dispositivo a los parámetros iniciales; al interrogarlo aparece reemplazo electivo, pero se «resetea» desde el programador y se retorna a los parámetros iniciales sin tener que cambiar el dispositivo.

Clausura del switch rojo

Cuando se aplica un magneto externo a un CDA, el dispositivo deja de detectar las taquiarritmias y marcapasea en modo asincrónico; luego retorna a la normalidad cuando se retira el magneto. Algunos dispositivos incluso se apagan cuando se les acerca un magneto por 30 segundos y para encenderlos de nuevo hay que reprogramarlos o acecar otra vez el magneto por otros 30 segundos. El mismo fenómeno puede ocurrir en la vida diaria cuando hay un campo magnético grande cerca de un paciente con CDA; los problemas generados pueden ser de tal magnitud, que algunos pacientes no han advertido que sus CDA se han apagado, con consecuencias fatales (8). Estos campos se encuentran en ambientes industriales como refineries e hidroeléctricas con turbinas generadoras de energía, o en algunos magnetos que se utilizan para el tratamiento de la artritis y los traumas musculares.

Daño del generador o de la interfase electrodo miocardio

Cuando se tienen altos campos de poder haciendo contacto con la superficie corporal como es el caso de un electrobisturí o de cardioversiones eléctricas, la energía puede conducirse por el electrodo que llega hasta la interfase electrodo-endocardio y producir una injuria tisular, lo cual incrementa los umbrales. Como la intensidad de la energía es tan grande también puede llegar hasta el dispositivo y producir daño en los circuitos y procesadores; esto obliga a un reemplazo urgente del generador.

Fuentes de IEM en la vida cotidiana

Teléfonos celulares

Actualmente en el mundo hay un billón de suscriptores a la telefonía celular. Existen varios tipos de estos teléfonos; por ejemplo, en los EE.UU aún operan muchos teléfonos análogos, mientras que en Europa predominan los digitales (GMS). Dentro de los digitales hay dos clases: los TDMA de 11 Hz y los TDMA de 50 Hz que incluyen los NADC, los CDMA y los PCS. Los CMDA, y los GMS operan entre 820-960 MHz, los PCS usan 1.8-2.2 GHz. Todos los modelos de marcapasos se están probando con todos los teléfonos celulares, para ver cuáles son más sensibles a las interferencias. En este caso les incorporan unos filtros adecuados, de modo que se ha disminuido la interferencia del 56% a menos del 1%. Hoy se observa mínima interferencia que ocurre pocos segundos antes de que el teléfono suene, y siempre

cuando éste se encuentra a menos de 10 cm. Se trata de interferencias temporales que no causan daño en el marcapasos, que se revierte automáticamente a su modo normal de operación. En los experimentos se ha visto que la IEM es menos frecuente en los análogos y los PCS, lo que tiene significancia clínica en el 7% de los pacientes y es considerada importante en el 1.7%, principalmente con alteraciones en sensado atrial, estimulación asincrónica o inhibición a nivel ventricular. Nunca se observó IEM cuando el teléfono fue usado correctamente en el oído.

Con los CDA sólo se ha documentado interferencia a distancias menores de 5 cm y sólo con los TDMA de 11 Hz, nunca con los análogos o los GMS. En experimentos se ha visto que la detección de FV nunca es alterada por el uso de teléfonos celulares, sólo se ha documentado pérdida intermitente de la señal en los electrogramas o una alteración en los marcadores de eventos en los ECG. Los buscapersonas usados en unidades hospitalarias pueden alterar el resultado de las mediciones de voltaje, corriente e impedancia, alterar los trazos de electrogramas o interrumpir la telemetría con el programador. Cuando los celulares se usan adecuadamente en el oído no se producen interferencias; la FDA recomienda mantener el celular mínimo a 15 cm del marcapaso o del CDA, por lo tanto no se deben llevar en el bolsillo del saco o de la camisa. Cuando se hable por ellos nunca se deben sostener en el hombro e idealmente deben usarse en el lado opuesto al del lugar donde se implantó el dispositivo. Actualmente, antes de implantar cualquier dispositivo es importante saber cuál es el oído que se usa rutinariamente para hablar por celular, para implantarlo al lado contrario (9, 12).

Equipos de seguridad antirrobo

Son usados en almacenes y librerías; sus señales electromagnéticas pueden interferir con los dispositivos implantados. El grado de interferencia depende de la distancia y del tipo de equipo antirrobo (existen muchas marcas y con diferentes longitudes de ciclo). La FDA ha sugerido que donde se encuentre este tipo de equipos de seguridad haya avisos al respecto, para que los pacientes no estén cerca a ellos y pasen caminando normalmente, sin detenerse. Los equipos modernos antirrobo usan ya unas frecuencias que no interfieren con los marcapasos, debido a una reglamentación internacional. La interferencia se documenta principalmente en dispositivos de sensado unipolar y en los CDA implantados en el abdomen, que ya se usan muy poco. Las interferencias más comunes son

sobresensado atrial, estimulación asincrónica, sobresensado ventricular y choques inapropiados del CDA por interferencias que fueron detectadas por el equipo como taquicardias o FV (13).

Detectores de metales

Pueden ser manuales o estáticos, en cuyo caso se camina a través de ellos. Los primeros producen campos magnéticos muy débiles y lo ideal es que no se pongan cerca al dispositivo, puesto que siempre van a sonar y por lo tanto no cumplirán ninguna función. Los segundos tienen campos magnéticos más grandes que son muy débiles a nivel del pecho. La FDA ha declarado que estos equipos son seguros para los pacientes con marcapasos y CDA (14).

Energía eléctrica

La IEM sólo ocurre en proximidad de líneas de alto voltaje; por lo tanto, el problema es ocupacional, únicamente los campos mayores a 5 KV/m pueden afectar los marcapasos y producir inhibición atrial o ventricular y reversión a modo asincrónico. Lo anterior depende del modelo del generador, de la configuración del electrodo, de la distancia, de la sensibilidad programada y de la marca del dispositivo. Si el paciente trabaja con líneas de alta tensión debe ser reubicado en otro empleo (15).

Equipos industriales

Los equipos que más producen IEM son los de soldadura de arco o máquinas de soldadura industrial; también algunos motores eléctricos potentes. Cada paciente debe ser analizado individualmente en el ambiente laboral, pero para prevenir estos problemas como regla general deben implantarse electrodos bipolares, reprogramar la sensibilidad en el punto adecuado para cada dispositivo y medir los campos magnéticos en el ambiente de trabajo. Así se chequeará el CDA en «monitor solamente», esto quiere decir que se le apagan las terapias y por lo tanto no va a efectuar el tratamiento de forma inapropiada, pero sí se tendrá la posibilidad de observar qué es lo que produce IEM (17).

Fuentes médicas de IEM

Resonancia nuclear magnética (RNM)

Existen tres fuentes de IEM en la RNM, la primera son los campos magnéticos estáticos que existen en la sala de resonancia o los generados cuando el paciente se introduce dentro del equipo. Esto puede causar una

activación del *switch* rojo en los CDA, que los convierte al modo de estimulación en asincrónico y apaga la detección de las taquicardias. Como el campo magnético es muy grande, puede haber desplazamiento en los dispositivos o los electrodos. Los marcapasos y CDA han sido probados en RNM y todos son seguros, excepto el GEM II 7273 de Medtronic. Las partes metálicas internas de los dispositivos están siendo fabricadas con níquel, cobalto, cromo y molibdeno, que son materiales no magnéticos, a diferencia del hierro que es altamente magnético. La segunda fuente es la radiofrecuencia, que puede producir alteraciones en la frecuencia de estimulación, haciendo que se inhiba o se dispare a una frecuencia mayor. En los CDA se puede producir detección de taquiarritmias espúreas, con los consecuentes choques inapropiados. También se ha visto que puede ocurrir calentamiento a nivel de la interfase electrodo-endocardio y producirse en consecuencia quemaduras locales, lo que causa fibrosis y aumento del umbral de estimulación. El fenómeno sólo ha sido comprobado a nivel experimental, pues en la práctica clínica no se ha visto en ningún paciente estudiado. El tercer modo de IEM son los campos magnéticos variables, que ocurren cuando el resonador está funcionando. En este caso se puede producir estimulación atrial o ventricular y fenómeno de calentamiento, se puede cerrar el *switch* rojo, o se puede presentar desbocamiento del marcapasos con las consecuencias anteriormente descritas. La RNM está contraindicada en pacientes portadores de marcapasos o CDA, a no ser que sea estrictamente necesaria y que el paciente esté enterado de los riesgos que puede correr; en estos casos se debe hacer un monitoreo continuo. En los pacientes no dependientes de marcapasos se debe apagar el dispositivo y en los dependientes se debe poner en modo asincrónico con salidas altas; es necesario tomar los parámetros de umbral antes, inmediatamente después y a los tres meses del examen. Al principio, las imágenes de la RNM deben ser de baja resolución e ir subiendo en resolución progresivamente, según el resultado del monitoreo continuo. Se recomienda que ojalá no se utilice el turbo-spin-eco. Con los CDA no existe información al respecto (18-20).

Neuroestimuladores

La estimulación en el cordón espinal se usa para el tratamiento de la enfermedad vascular periférica, el dolor refractario, la angina de pecho intratable, el Parkinson, la incontinencia fecal y la vejiga neurogénica. Durante su uso se ha detectado inhibición de la estimulación atrial y ventricular y descargas inapropiadas

por sobresensado del neurotransmisor. Existen pocas publicaciones al respecto, pero la recomendación es ponerlos lo más lejos posible del marcapasos o del CDA y hacer un test en el momento del implante para ver si ocurre algún tipo de IEM; si la hay, es necesario implantarlos más lejos y rechequearlos (21).

Estimuladores nerviosos periféricos

Se usan para ver bloqueos intraoperatorios neuromusculares. Pueden producir interferencia y deben monitorizarse durante su uso; lo ideal es usarlos distales al codo o en las caderas. Si se está chequeando el nervio facial ipsilateral al marcapasos, pueden ocurrir problemas (22).

Estimulación eléctrica nerviosa transcutánea (TENS)

Se utilizan para mejorar el dolor muscular. Se ha detectado interferencia en presencia de electrodos unipolares. Cuando ocurre, se sube la sensibilidad del dispositivo para que no detecte señales externas; la recomendación es no usar los TENS paralelos al electrodo, puesto que esto aumenta la interferencia. Con los CDA pueden causar con cierta frecuencia choques inapropiados; por lo tanto están contraindicados en estos pacientes. Si su aplicación es absolutamente necesaria, se debe poner el paciente en monitoreo y apagarle las terapias mientras dure la sesión (23).

Electrocirugía

Se utiliza mucho en cirugías dermatológicas y en cualquier otro tipo de cirugía mayor. Se puede usar en corte o en coagulación y aunque ambos pueden causar IEM, ésta ocurre mucho más en el corte. También es posible utilizar equipos monopolares o bipolares; los bipolares son más seguros y crean menos interferencia. Lo ideal es utilizar un bisturí láser o de ultrasonido, que no dan interferencia. Durante el uso del electrobisturí puede ocurrir inhibición de la estimulación, cambio automático de modo, reversión del modo de estimulación por ruido, choques inapropiados del CDA, síndrome del marcapasos desbocado, quemaduras endocárdicas con elevación de los umbrales o inducción de FV y daño del generador y del electrodo, inclusive cuando se utilizan electrobisturíes bipolares. Como precauciones, antes de la cirugía se debe considerar otro tipo de bisturí, conocer el dispositivo y ver cómo es su modo de reiniciación, interrogar el dispositivo antes del procedimiento y medirle los umbrales, la impedancia y el estado de la batería, incrementar su sensibilidad y desarrollar un plan de

emergencia para manejar las arritmias o la falla del marcapasos si se presentan. Dentro de la sala de cirugía es necesario apagar las terapias antiarrítmicas en el CDA, desactivar la respuesta modulada en los marcapasos, poner el marcapasos en modo asincrónico en los pacientes dependientes, o apagarlo en los que no son dependientes, programar el modo de reversión en asincrónico, tener un marcapasos transcutáneo disponible, considerar implantar un electrodo temporal, tener siempre un monitor latido a latido, y si éste tiene interferencia con el electrobisturí, se debe tener una oximetría y un monitor de tensión arterial. La placa del electrobisturí debe ponerse lo más cerca posible de donde se va a usar el bisturí e idealmente lo más lejos del dispositivo, y aplicarse de modo perpendicular al electrodo y no paralelo, confirmando siempre el buen contacto. Es recomendable usar electrobisturí bipolar cuando sea posible, ojalá por tiempo corto, por pulsos y con la menor energía posible, dando tiempo para que el corazón se recupere (10 segundos). Nunca se debe usar el electrocauterio cerca al marcapasos, inclusive al bipolar; la distancia ideal es de 15 cm. Si el paciente tiene alteraciones de tipo hemodinámico se debe parar el procedimiento y revisar el dispositivo. Se puede usar un magneto encima del dispositivo de manera urgente mientras éste se reprograma. Después del acto quirúrgico se debe reactivar el CDA y el marcapasos, chequear el dispositivo, reprogramarlo, mirar el estado de la batería y de los cables, encontrar los umbrales y ver si se presentó algún daño en el generador o en los electrodos para cambiarlos lo antes posible o aumentar la salida cuando el umbral se haya incrementado (24-26),

Cardioversión o desfibrilación

Este tipo de corriente directa aplicada en pocos milisegundos produce una corriente y un voltaje muy alto. Dentro de toda la gama de las IEM ésta es la más alta y la que puede causar más daños en el generador, los electrodos y el endocardio. Los actuales dispositivos tienen unos elementos como diodos zener y tristores para proteger los circuitos. El daño depende de la energía aplicada, la distancia de las paletas al dispositivo, las características del dispositivo y los electrodos, la perpendicularidad de la aplicación y la energía aplicada. Lo ideal es usar la mínima energía posible, usar choques bifásicos, no aplicar nunca las paletas de forma paralela a los electrodos -que idealmente deben ser bipolares-, colocar las paletas en forma anteroposterior y nunca a menos de 10 cm del generador. Es indispensable tener el programador a la mano y un marcapasos

transcutáneo disponible. Si se tiene un CDA se debe hacer la descarga a través de éste utilizando el programador. Después de la descarga hay que reprogramar el dispositivo, mirar la condición del generador y los electrodos, medir umbrales y sensibilidad y considerar el cambio inmediato si algo no está bien (27, 28).

Cuando se usa cardioversión interna se debe aplicar la mínima energía; las pocas publicaciones al respecto afirman que no hay problemas (29). Cuando se implantaban CDA y marcapasos en un mismo paciente, se veía la compatibilidad entre los dispositivos y nunca podían implantarse marcapasos con electrodos unipolares. Durante el implante del CDA, cuando se necesitaban descargas de prueba, siempre se chequeaba por si había algún tipo de interferencia o daño. Actualmente los CDA tienen marcapasos incorporados con una alta tecnología, por eso no se justifica implantarlos por separado (29).

Ablación por radiofrecuencia

Se utiliza mucho para la curación de múltiples arritmias. La energía es intensa, de forma no modulada entre 500 y 1.000 KHz y al interactuar con los dispositivos produce estimulación asincrónica, seguimiento rápido, choques inapropiados, reiniciación del marcapasos, taquicardia inducida por marcapasos, pérdida transitoria de captura, bloqueos de salida y daño de los electrodos y del generador. Usualmente, la alteración es transitoria y muy pocos casos de interferencia importantes están descritos en la literatura. Para obviar cualquier alteración se debe evitar utilizar el catéter de radiofrecuencia a menos de 1 cm del electrodo atrial o ventricular, idealmente a más de 4 cm. Por prudencia, se debe tener un catéter temporal en el ventrículo que produzca estimulación si es necesario. Es preciso apagar la respuesta modulada (R), programar el marcapasos en modo asincrónico si el paciente es dependiente, apagar las terapias en el CDA y reprogramar el marcapaso para ver su funcionamiento (30, 31).

Litotripsia

Es una radiación acústica con choques extracorpóreos que se usa para desintegrar cálculos a nivel del tracto urinario y biliar. Este choque puede producir extrasístoles, por eso se aplica sincrónico con el QRS. Se ha descrito inhibición temporal del marcapasos o desencadenamiento de choques inapropiados en el CDA. Si se usa a más de 6 cm de distancia del generador no hay problemas, excepto en los CDA que se implantan en el

abdomen, donde no debe ser usada. Debe apagarse siempre el modo de frecuencia modulada (R), poner el dispositivo en modo asincrónico, apagar las terapias del CDA y después reprogramar el aparato del procedimiento. En general, la litotripsia es segura si se siguen las anteriores recomendaciones (32, 33).

Radioterapia

Puede producir IEM similar a las anteriores; el daño principal se presenta en el generador por la radiación ionizante, que es acumulativa. Los generadores nuevos tienen una tecnología CMOS (semiconductor integrado complementario de metal óxido); a los pacientes con carcinoma de seno o de pulmón, si se va a aplicar radioterapia en la zona cercana al dispositivo, éste debe ser retirado para reimplantarlo, lo más lejos posible del sitio de irradiación. Las otras recomendaciones son evitar el uso de equipos betatrón, evaluar la dependencia del marcapasos previamente a la radioterapia, planear la mínima dosis total de radioterapia y evitar la irradiación directa. Si se van a aplicar más de 10.000 rads se debe considerar la posibilidad de reimplantar el dispositivo en otro sitio; si se trata de menos de 2.000 rads, sólo es necesario efectuar monitoreo continuo. En caso de que se vayan a aplicar más de 2.000 rads se debe hacer monitoreo y contar con los marcapasos transcutáneo, los equipos, y los fármacos necesarios para dar soporte cardiovascular avanzado. También se debe cubrir el marcapasos con plomo y chequear el dispositivo después de cada sesión de radioterapia, para cambiarlo a la más mínima sospecha de daño en el circuito (34, 35).

Bibliografía

1. Bernstein AD, Parsonet V. Survey of cardiac pacing and implanted defibrillator practice patterns in the United States in 1997. *PACE* 2001; 24: 842-855.
2. Center for devices and radiological health. Medical device reporting. Available at: <http://www.fda.gov/cdrh/maude.html>. Accessed August 2, 2001.
3. Jones GK, Bardy GH. Considerations for ventricular fibrillation detection by implantable cardioverter defibrillators. *Am Heart J* 1994; 127: 1107-1110.
4. Chew EW, Trougher RH, Kuchar DL, et al. Inappropriate rate change in minute ventilation rate responsive pacemakers due to interference by cardiac monitors. *PACE* 1997; 20: 276-282.
5. Hayes DL, Holmes DR Jr, Gray JE. Effect of 1.5 tesla nuclear magnetic resonance imaging scanner on implanted permanent pacemakers. *J Am Coll Cardiol* 1987; 10: 782-786.
6. Kolb C, Zrenner B, Schmitt C. Incidence of electromagnetic interference in implantable cardioverter-defibrillators. *PACE* 2001; 24: 465-468.
7. Strathmore NF. Interference in cardiac pacemakers. In: KA Ellenbogen, GN Kay, BL Wilkoff (eds.): *Clinical Cardiac Pacing*, Philadelphia, WB Saunders, 1995. p. 770-779.
8. Levine PA, Moran MJ. Device eccentricity: Postmagnet behavior of DDDR pacemakers with automatic threshold tracking. *PACE* 2000; 23: 1570-1572.
9. Hayes DL, Wang PJ, Reynolds DW, et al. Interference with cardiac pacemakers by cellular telephones. *N Engl J Med* 1997; 336: 1473-1479.

10. University of Oklahoma Wireless EMC Center. In vitro study of the interaction of wireless phones and implantable cardioverter-defibrillators. Executiv Summary Available at: http://www.ou.edu/engineering/emc/projects/ICD_X.html. Accessed on April 18, 2001.
11. Chiladakis JA, Daviourous P, Agelopoulos G, et al. In-vivo testing of digital cellular telephones in patients with implantable cardioverter-defibrillators. *Eur Heart J* 2001; 22: 1337-1342.
12. Stanton MS, Grice SE, Trusty J, et al. Safety of various cellular phone technologies with implantable cardioverter-defibrillators. (abstract) *PACE* 1996; 19: 583.
13. FDA. Center for Devices and Radiological Health. Guidance on la beling for electronic antitachycardia pacing-lheft systems. Available at: <http://www.fda.gov/cdrh/comp/guidance/1170.html>. accessed August 3, 2001.
14. Copperman Y, Zarfati D, Laniado S. The effect of metal detector gates on implanted permanent pecemakers. *PACE* 1988; 11: 1386-1387.
15. Kaye GC, Butrous GS, Allen A, et al. The effect of 50 Hz external electrical interference on implanted cardiac pacemakers. *PACE* 1988; 11: 999-1008.
16. Madrid A, Sanchez A, Bosch E, et al. Dysfunction of implantable defibrillators caused by slot machines. *PACE* 1997; 20: 212-214.
17. Gurevitz O, Fogel RI, Herner M, et al. Patients with ICDs can return to the industrial workplace: A simple-screening protocol predicts long term safety. (abstract) *PACE* 2001; 24: 612.
18. CDRH Magnetic Resonance Working Group. A primer on medical device interactions with magnetic resonance imaging systems. Available at: <http://www.fda.gov/cdrh/ode/primerf6.html>. Accessed August 3, 2001.
19. Duru F, Luechinger R, Scheidegger MB, et al. Pacing and magnetic resonance imaging environment: Clinical and technical considerations on compatibility. *Eur Heart J* 2001; 22: 113-124.
20. Sommer T, Vahlhaus C, Lauch G, et al. Mr imaging and cardiac pacemakers: In vitro evaluation and in vivo studies in 51 patients at 0.5 T. *Radiology* 2000; 215: 869-879.
21. Romano M, Zucco F, Baldini MR, et al. Technical and clinical problems in patients with simultaneous implantation of a cardiac pacemaker and spinal cord stimulator. *PACE* 1993; 16: 1639-1644.
22. Kleinpell R, Bedrosian C, McCormick L, et al. Use of peripheral nerve simulators to monitor patients with neuromuscular blockade in the ICU. *AMJ Crit Care* 1996; 5: 449-454.
23. Eriksson M, Schuller H, Sjolund B. Hazards from transcutaneous nerve stimulation in patients with pacemakers. *Lancet* 1978; 1: 1319.
24. Barold SS, Falkoff MD, Ong LS, et al. Interference in cardiac pacemakers: Exogenous sources. In N El-Sherif, P Samet (eds.): *Cardiac Pacing and Electrophysiology*, 3rd ed. Philadelphia, WB Saunders 1991. p. 608-633.
25. Roman-Gonzalez J, Hyberger LK, Hayes DL. Is electrocautery still a clinically significant problem with contemporary technology? (abstract) *PACE* 2001; 24: 709.
26. Goldschlager N, Epstein A, Friedman P, et al. Environmental and drug effects on patients with pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators: A practical guide to patients treatment. *Arch Intern Med* 2001; 161: 649-655.
27. Levine Pa. Effect of cardioversion and defibrillation on implanted cardiac pacemakers. In SS Barold (ed.): *Modern Cardiac Pacing*. Mount Kisco, NY, Futura Publishing 1985. p. 875-886.
28. Aylward P, Blood R, Tonkin A. Complications of defibrillation with permanent pacemaker in situ. *PACE* 1979; 2: 462-464.
29. Geiger MJ, O'Neill P, Sharma A, et al. Interactions between transvenous nonthoracotomy cardioverter-defibrillator system and permanent transvenous endocardial pacemakers. *PACE* 1997; 20: 624-630.
30. Dick AJ, Jones DL, Klein GJ. Effects of RF energy delivery to pacing and defibrillation leads. (abstract) *PACE* 2001; 24: 658.
31. Burke MC, Kopp DE, Albertts M, et al. Effect of radiofrequency current on previously implanted pacemaker and defibrillator ventricular lead systems. (abstract) *PACE* 2000; 27: 315-1322.
32. Langberg J, Abber J, Thuroff JW, et al. The effects of extracorporeal shock wave lithotripsy on pacemaker function. *PACE* 1987; 10: 1142-1146.
33. Venditti FJ Jr, Martin D, Long AL, et al. Renal extracorporeal shock wave lithotripsy performed in patient with implantable cardioverter defibrillator. *PACE* 1991; 14: 1323-1325.
34. Souliman SK, Christie J. Pacemaker failure induced by radiotherapy. *PACE* 1994; 17: 270-273.
35. Marbach JR, Sontag MR, Van Dyk J, et al. Management of radiation oncology patients with implanted vardiac pacemakers: report of AAPM Task Group No. 34. *Med Phys* 1994; 21: 85-90.