

INTERFERENCIAS ELECTROMAGNETICAS EN LOS PACIENTES PORTADORES DE MARCAPASOS

INTRODUCCION

Se definen las interferencias electromagnéticas (IEM) como las señales eléctricas de origen no fisiológico que afectan o pueden afectar a la función normal de un marcapasos.

Las IEM son exógenas al cuerpo humano.

Se clasifican en tres tipos fundamentales: galvánicas, electromagnéticas y magnéticas.

Las galvánicas requieren contacto directo con la corriente eléctrica (cardioversión, desfibrilación, electrocauterio, ablación).

Las electromagnéticas o acopladas eléctricamente no requieren contacto directo (arco de soldadura, emisoras radioaficionados, electrodomésticos, detectores de metales).

Las magnéticas ocurren cuando un paciente está en contacto directo con un campo magnético intenso (resonancia magnética nuclear).

Las interferencias mencionadas pueden entrar en el sistema del marcapaso-electrodo directamente a través del marcapasos o indirectamente a través del electrodo que actúa como una antena.

Los sistemas de sensado unipolar son más susceptibles de interferencias que los BIPOLARES. Los marcapasos bicamerales son más susceptibles de IEM, que los monocamerales, debido a que poseen dos antenas (electrodos).

Los filtros del marcapasos y el procesado de la señal sensada proporcionan un método importante pero no completamente satisfactorio para discriminar los electrogramas intracardiacos (10 - 100 Hz) de los voltajes externos. No debemos olvidar que cada modelo de marcapasos puede reaccionar de una forma diferente ante una IEM.

Para un paciente portador de marcapasos

las IEM son un problema, casi exclusivo, del ambiente hospitalario.

Fuera del hospital son menos frecuentes y la aparición de sintomatología por este fenómeno es menor.

Las variables que influyen en los efectos de las IEM son la intensidad del campo, la distancia entre la "fuente de IEM" y el marcapasos, la frecuencia y la forma de la onda de la señal, la orientación física del marcapasos, el tipo de sistema marcapaso-electrodo (monopolar, bipolar, bicameral), la programación del marcapasos respecto a sensibilidad y modo de respuesta (disparado, inhibido, asíncrono).

Existen cinco tipos de respuesta de los marcapasos ante las IEM:

- 1) Inhibición o disparo temporal
 - 2) Asincronía temporal (frecuencia fija)
 - 3) Fallo permanente de la función del marcapasos
 - 4) Reprogramación inapropiada (modos "reset" u otros)
 - 5) Daño miocárdico en la interfase electrodo-endocardio
- PD.-"Reset" es la vuelta a los parámetros típicos de función o nominales.

A continuación indicaremos el manejo de los pacientes portadores de marcapasos ante las IEM.

I.- INTERFERENCIAS CON PRUEBAS DIAGNOSTICAS O TERAPEUTICAS

MANEJO DE PACIENTES PORTADORES DE MARCAPASOS ANTE EL ELECTROCAUTERIO - BISTURI ELECTRICO

- Comentario: El electrocauterio utiliza corriente de radiofrecuencia para cortar tejidos orgánicos y para conseguir hemostasia.
- La hemostasia se consigue en sistema bipolar, siendo útil para coagular áreas pequeñas, pero la incisión de los tejidos precisa, en sistema unipolar, más energía y penetra en todo el cuerpo del paciente.
- Posibles efectos: Inhibición de uno o varios latidos (es lo más común).
- Fallo permanente en la función del marcapasos. Inhibición total. "Reset" del marcapasos (modo reversión por ruido, modo "fall-back").
- Reprogramación. Incremento de la frecuencia en marcapasos basados en impedancia. Puede afectar a sensado mono o bipolar.
- Infarto de miocardio.
- Fibrilación auricular o ventricular.

Normas a seguir:

- 1) Preoperatoriamente determinar si el paciente es o no marcapaso-dependiente.
- 2) Monitorizar la presión de pulso. Si no es posible utilizar monitorización ECG (recordar que el electrocauterio distorsiona este monitor).
- 3) El cuerpo del paciente no debe estar en contacto con ningún dispositivo eléctrico.
- 4) Si se utiliza cauterio unipolar, es lo habitual, ubicar el electrodo de "masa", con suficiente pasta conductora, en la extremidad inferior, o lo más alejada del marcapasos.
No usar la punta del cauterio unipolar a menos de 15 cm del marcapasos o electrodo.
- 5) Utilizar el electrobisturí de forma intermitente, el tiempo más corto posible y al más bajo nivel de energía (vgr usar 1 segundo con intervalos de 10 segundos).
- 6) Puede programarse el marcapasos en modo VOO.
No utilizar la aplicación del imán sobre el marcapasos.
- 7) Tener disponibles un marcapasos externo transcutáneo, un desfibrilador y el programador adecuado del marcapasos.
- 8) Analizar el marcapasos con el programador inmediatamente después, a las 24 y 48 horas de utilizar el electrocauterio.
- 9) Estar disponible en el hospital un médico de la Unidad de Marcapasos mientras se utiliza el electrobisturí.

MANEJO DE LOS PACIENTES PORTADORES DE MARCAPASOS ANTE LA CARDIOVERSION ELECTRICA / DESFIBRILACION

Comentario: La mayoría de las disfunciones de marcapasos tras Cardioversión / Desfibrilación (C/D) han ocurrido en sistemas de sensado unipolar, y en generadores de implantados en la fosa pectoral derecha. Los marcapasos están protegidos de las corrientes de la C/D mediante un diodo de Zenner que permite al marcapasos resistir una descarga de hasta 400 wats/seg a distancia de al menos 10 cm del marcapasos o electrodo.

Posibles efectos: Fallo permanente en la función del marcapasos tanto en modo uni o bipolares. Aumento de los umbrales de estimulación agudos y crónicos. Infrasensado temporal. Reprogramación. "Reset". Desplazamiento del electrodo. Fibrilación ventricular.

* Consejos a seguir:

1) Usar palas en posición anteroposterior.

Si no es posible, utilizar palas precordiales en posición perpendicular a la línea marcapaso-punta electrodo. Utilizar las palas a una distancia mínima del marcapasos de 10 cm.

En los marcapasos bicamerales guiarse por el electrodo ventricular. Nunca aplicar las palas sobre el marcapasos.

2) Usar la energía de D/C más baja posible.

3) Tener disponible un marcapaso externo trascutáneo y el programador adecuado del marcapasos.

4) Monitorizar al paciente 24 horas. Analizar el marcapasos tras la técnica (estado batería, umbrales, ...).

MANEJO DE LOS PACIENTES PORTADORES DE MARCAPASOS ANTE LA CARDIOVERSION DESFIBRILACION TRANSVENOSA

- Comentario: Los Desfibriladores Automáticos Implantables (DAI) actuales incorporan funciones de marcapasos VVI.

- En la actualidad no se conoce que la descarga de un DAI haya producido disfunción permanente de un marcapasos o fallo permanente del mismo.

* Posibles efectos: En aquellas situaciones en que exista un DAI y un marcapasos simultáneamente pueden presentarse las siguientes interacciones:

1) Inhibición del desfibrilador

debido al fallo del sensado del marcapasos para la detección de la fibrilación ventricular.

2) Falsas descargas del

desfibrilador debidas a estímulos del marcapasos, propios o por colocación de imán, causando en el DAI contaje doble o triple de la frecuencia cardiaca real (sobre todo en marcapasos bicamerales y con sensado monopolar).

3) Incremento en los umbrales de sensado y estimulación secundarios a la descarga del DAI.

4) Afectación del marcapasos y electrodos produciendo cambio "reset" a modo VVI o a modo "backup" VOO.

5) Interacción potencial entre un dispositivo DAI y un marcapasos antitaquicardia.

6) Desactivación del DAI debido a la colocación de un imán.

7) Descargas del DAI produciendo cambio en la polaridad programable del marcapasos, de bipolar a monopolar.

MANEJO DE LOS PACIENTES PORTADORES DE MARCAPASOS ANTE LA

ABLACION ELECTRICA

* Posibles efectos: Aumento transitorio de los umbrales de estimulación y de sensibilidad del marcapasos.

* Consejos a seguir: Análisis de las funciones y parámetros del marcapasos antes y después de la ablación.

Monitorización de la función del marcapasos. Tener disponible el programador específico del marcapasos.

Reprogramación de las funciones alteradas en el generador.

MANEJO DE LOS PACIENTES PORTADORES DE MARCAPASOS ANTE LA

RADIACION TERAPEUTICA

* Comentario: Así como el uso de los Rayos X como técnica diagnóstica no afecta a los marcapasos, los niveles terapéuticos pueden producir alteraciones en los generadores. Los marcapasos actuales tienen en sus circuitos integrados semiconductores de óxido de metal complementariamente (CMOS) que son más sensibles a los niveles bajos de radiación que los componentes separados de los marcapasos antiguos.

La alteración de los marcapasos puede ser temporal o permanente y depende del tipo de radiación, la dosis total, tipo de dispositivo, características de su fabricación.

También depende de la proximidad entre el marcapasos y el campo de radiación.

El fenómeno es acumulativo, y su efecto es el mismo aplicando la misma dosis en una sola sesión que de forma fraccionada.

Las disfunciones transitorias observadas con la utilización del **Acelerador Lineal** son producidas por las IEM y no tienen trascendencia.

* Posibles efectos: Reprogramación espontánea. Anomalías en el sensado y en la estimulación. Fallo de salida. "Run away" (desbocamiento). Respuesta anormal al imán.

* Consejos a seguir:

1) Evitar la irradiación directa del marcapasos. Si no es posible se ubicará el marcapasos en otro lugar lo más alejado posible (en el otro hemitórax).

2) Proteger el marcapasos durante las sesiones de radioterapia.

3) Monitorización ECG continua durante las sesiones. La observación de disfunciones transitorias es precursora de alteraciones más serias y permanentes.

4) Análisis del generador antes y después de cada sesión.

MANEJO DE LOS PACIENTES PORTADORES DE MARCAPASOS ANTE LA

RESONANCIA MAGNETICA POR IMAGEN

* Comentario: La resonancia magnética por imagen (RMI), con sus campos magnético (variable en el tiempo, estático y potente) y de radiofrecuencia, puede afectar el funcionamiento normal de los marcapasos.

* Posibles efectos:

A) Consecuencia del campo magnético (una

vez introducido el paciente en el túnel): estimulación asíncrona independientemente de la posición del generador, solo en determinadas posiciones, previos varios segundos de normal funcionamiento. Ningún efecto. Inhibición transitoria del interruptor de láminas.

b) Consecuencia del campo de radiofrecuencia: estimulación rápida (a la misma frecuencia del periodo de pulso de la radiofrecuencia), pudiendo ocurrir en marcapasos uni o bicamerales siendo posible que se superen la frecuencia límite superior como la frecuencia de protección o desbocamiento ("run away"), puede ocurrir incluso en funcionamiento asíncrono del marcapasos. Inhibición total. "Reset" de los marcapasos DDD. Disfunción transitoria del interruptor de láminas.

* Consejos a seguir:

- 1) La RMI con campos magnéticos potentes debe ser evitada en todos los pacientes con marcapasos.
- 2) Ninguna recomendación puede darse todavía.
- 3) Los médicos/enfermeras/técnicos, portadores de marcapasos, que trabajen en el hospital, no deben acercarse a menos de 9 metros de la zona de RMI.

MANEJO DE LOS PACIENTES PORTADORES DE MARCAPASOS ANTE LA

LITOTRIPSIA

* Comentario: El procedimiento genera fuerzas electromagnéticas y mecánicas que pueden influir en el funcionamiento del marcapasos.

* Posibles efectos: Hasta la fecha no se ha publicado ningún fallo permanente de los marcapasos, ni reversión a modo "reset" o "backup", tras la litotripsia.

Si la técnica funciona en modo asíncrono los marcapasos unicamerales pueden ser inhibidos temporalmente.

En los marcapasos bicamerales pueden producirse temporalmente, taquiarritmias supraventriculares, inhibición del marcapasos, disparos del canal ventricular.

En los marcapasos con biosensor de cristal piezoeléctrico puede producirse incremento de la frecuencia de estimulación al máximo.

* Consejos a seguir:

- 1) Programar el marcapasos en modo VVI o VOO.
- 2) Colocar el punto focal del litotriptor como mínimo a 15 cm del marcapasos.
- 3) Monitorización cardiaca durante el procedimiento.

MANEJO DE LOS PACIENTES PORTADORES DE MARCAPASOS ANTE LA

DIATERMIA

* Comentario: Esta técnica puede ser una fuente de

interferencia de alta frecuencia.

* Posibles efectos: Puede afectar al marcapasos y al sitio del implante.

Debido al calor que origina, si se aplica junto al generador de impulsos, puede dañar al circuito de forma permanente al calentarlo y a la carcasa metálica produciendo quemadura en la piel adyacente.

Debido a las señales de alta frecuencia que origina puede dañar al circuito directamente "baypaseando" los mecanismos de protección del ruido.

* Consejos a seguir: La onda corta o diatermia está absolutamente contraindicada en pacientes portadores de marcapasos.

MANEJO DE LOS PACIENTES PORTADORES DE MARCAPASOS ANTE LA

ESTIMULACION NERVIOSA ELECTRICA TRANSCUTANEA

* Comentario: La Estimulación Nerviosa Eléctrica

Transcutánea (TENS) en virtud de la producción de corriente eléctrica no pulsada en contacto con los tejidos puede interferir con la función de los marcapasos.

* Posibles efectos: No estropea el marcapasos. Puede inhibirse el marcapasos cuando los electrodos del TENS se colocan paralelos al electrodo del marcapasos. En marcapasos VDD y DDD la señal producida por el TENS puede ser sensada como actividad auricular, sincronizarla con la actividad ventricular, aumentando la frecuencia ventricular.

* Consejos a seguir: La TENS es una técnica segura para usar en pacientes con marcapasos siempre que se coloquen los electrodos de forma no paralela al electrodo ventricular del marcapasos. Monitorizar al inicio de la técnica.

MANEJO DE LOS PACIENTES PORTADORES DE MARCAPASOS ANTE EL

ELECTROSHOCK

* Comentario: Durante esta terapia eléctrica solo una mínima cantidad de electricidad alcanza al corazón debido a la alta resistencia de los tejidos corporales.

* Posibles efectos: Es una técnica segura para los componentes del marcapasos. Creación de miopotenciales capaces de inhibir marcapasos con sensado monopolar. Reprogramación.

* Consejos a seguir: Monitorización ECG durante la técnica. Análisis del marcapasos tras la técnica.

MANEJO DE LOS PACIENTES PORTADORES DE MARCAPASOS ANTE TRATAMIENTO DENTAL

* Posibles efectos: No se ha descrito daño permanente a los marcapasos. Inhibición temporal. Algunos modelos de ultrasonidos utilizados para eliminar cálculos pueden inhibir el marcapasos, únicamente si se apoya el asa del instrumento sobre la zona del marcapasos. Las vibraciones producidas por el fresado, próximas al marcapasos, pueden

aumentar la frecuencia de estimulación, en caso de existir biosensor de cristal piezoeléctrico.

* Consejos a seguir: Utilización intermitente del procedimiento.

INTERFERENCIA PRODUCIDA POR LA APLICACION DE UN IMAN SOBRE EL MARCAPASOS

I) **INHIBICION:** La aplicación o retirada del imán causa un cambio brusco en el voltaje, pudiendo producir:

- a.- Pausas largas sin estímulo
- b.- Inhibición mantenida cuando el imán es movido en vaivén de un lado a otro del marcapasos.
- c.- Inhibición temporal al activar el programador de algunos fabricantes.

II) **DISPARO / ESTIMULACION:**

- Tras la interrogación algunos marcapasos DDD se autoprograman automáticamente en función magnética "apagada" y en consecuencia al aplicar el imán no se comportan en modo DOO. Se produce sensado por el canal auricular y disparo sincronizado por el canal ventricular, pudiendo originar incluso taquicardia en asa cerrada. Esta taquicardia no se corrige mediante la aplicación del imán hasta que se re programe la función magneto en "on".

III) **INTERFERENCIA DURANTE LA PROGRAMACION;**

- Dependiendo de la casa comercial fabricante y de la posición del cabezal del programador sobre el marcapasos puede suceder inhibición, estimulación del canal ventricular (si las señales son sensadas por el canal auricular de un generador DDD), estimulación asíncrona o cambio en la frecuencia de estimulación.

II.- INTERFERENCIAS AMBIENTALES, DOMESTICAS E INDUSTRIALES

FENOMENO TRIBOELECTRICO

* Comentario: Se denomina de este modo a la electricidad estática considerable que a veces se genera cuando se llevan zapatos con suela de goma y se camina sobre alfombras.

* Posibles efectos: Inhibición temporal de marcapasos unipolares en el canal ventricular al tocar a personas con este fenómeno. En marcapasos bicamerales, el canal auricular pueden sensar las señales triboeléctricas y producir estímulo sincronizado en el canal ventricular.

* Consejos a seguir: No utilizar zapatos con suela de goma.

INTERFERENCIAS DOMESTICAS

1) Electrodomésticos. Pequeños electrodomésticos.

Secador de cabello, afeitadora eléctrica, cepillos dentales eléctricos, juguetes conectados a corriente eléctrica, taladradora, batidora, frigoríficos, lavadoras. Pueden producir interferencia, inhibición o disparo de

estímulo del marcapasos si se colocan directamente o haciendo vaivén sobre la zona del marcapasos-electrodo. No interfieren los juguetes que funcionan "a pilas".

Consejos generales: Todos los electrodomésticos utilizados por personas portadoras de marcapasos deben de hallarse en correctas condiciones de funcionamiento, libres de cortacircuitos, con correcta conexión a tierra.

2) Microondas

Los marcapasos actuales NO se dejan interferir con este electrodoméstico. Ello es debido fundamentalmente a que, en la actualidad, todos los hornos microondas funcionan con la puerta cerrada, tienen menos fugas, operan con potencias más bajas, poseen una velocidad de movimiento en abanico más lento. Por otra parte, los marcapasos han experimentado extraordinarios avances en el diseño tanto de los encapsulados de metal, como de los filtros de las señales recibidas, como de las terminales de los electrodos.

No obstante dada la frecuente creencia popular totalmente opuesta a lo anterior haremos la siguiente reseña histórica. En 1970 King describió por primera vez en la literatura el caso de un individuo portador de marcapasos que experimentó un síncope en un restaurante cuando se aproximó a un horno microondas. Posteriormente se reexperimentó el fenómeno demostrando sobresensado del marcapasos. Más tarde de la fecha mencionada se han publicado múltiples experiencias que demuestran la seguridad de este electrodoméstico.

INTERFERENCIAS AMBIENTALES

1) Dispositivos de control remoto

Mandos de apertura de puertas de garages, mandos a distancia de TV y videos, controladores a distancia de juguetes, algunos sistemas de alarma antirrobo) son inocuos y seguros.

2) Motores de combustión encendido por chispa

(Automóvil). Son seguros cuando se usan de manera habitual, pueden producir inhibición del marcapasos cuando se aproxima el generador al motor (vgr capot abierto con el cuerpo del individuo próximo o apoyado en el motor). Es seguro viajar y conducir en un automóvil.

3) Cortacésped

Es seguro desde el punto de vista de IEM, pero no hay que olvidar que las vibraciones originadas pueden originar miopotenciales o activar biosensores de vibraciones tipo cristal piezoeléctrico.

4) Radiotransmisores

Suelen ser seguros siempre que transmitan en las frecuencias permitidas por las Legislación Española de Telecomunicaciones. Si existen dudas es aconsejable monitorizar a los pacientes al inicio de la utilización de estos equipos, sobre todo si los marcapasos son unipolares

y/o bicamerales.

5) Detectores de metales y armas usados en aeropuertos y en grandes almacenes

Usan campos electromagnéticos de baja frecuencia suelen disparar las alarmas sonoras. Pueden provocar en el marcapasos cambios menores y transitorios en la frecuencia de estimulación o reversión transitoria a modo VOO. Pueden originar inhibición transitoria en marcapasos bicamerales en sistema monopolar. Respecto a los sistemas antirrobo de los grandes almacenes se aconseja pasar a través de los mismos sin detenerse.

6) Interruptores activados por contacto digital

Usados en teclados de algunos televisores, radios, ascensores.

Para funcionar necesitan de corriente eléctrica bastante baja en intensidad que puede inhibir el marcapasos de forma transitoria durante el contacto digital. Como el contacto es habitualmente breve nunca es clínicamente sintomático ni significativo.

7) Emisoras de radio y televisión comerciales o militares

El paseo o viaje fuera del área vallada de las instalaciones suele ser seguro. Los individuos portadores con marcapasos que sean empleados en las instalaciones deberán de utilizar sistemas bipolares de sensado y serán monitorizados durante el primer día de contacto laboral tras el implante.

8) Radar

El radar utilizado por los agentes de seguridad del estado no producen interferencias de interés.

9) Teléfonos

a) Los teléfonos conectados **a la red** no producen IEM.

b) Los teléfonos "**inalámbricos**" homologados emiten con una potencia muy baja de 0.05 vatios y es excepcional el producir IEM sobre los marcapasos.

c) Los teléfonos **móviles** (también denominados celulares, digital-celulares) pueden producir IEM en el funcionamiento de un marcapasos debido a que son receptores y emisores radioeléctricos de ondas de frecuencias muy bajas (30-300 KHz), con potencia del emisor muy baja (0.6 vatios), que además incorporan un pequeño imán en el auricular. El teléfono "apagado" o "encendido en espera" puede provocar IEM del tipo estimulación VOO debido a la detección del imán.

Al efectuar o recibir una llamada puede provocarse inhibición temporal del marcapasos o detección de ruido sobre todo utilizando sensado monopolar, y disparo con sincronía AV en marcapasos bicamerales, fenómenos que se acentúan si se aproxima el teléfono al generador, si se toca

la antena con los dedos o hace contacto con la piel o si se utiliza el sistema "manos libres".

Es improbable que se altere la programación del marcapasos.

Se aconseja llevar el teléfono "móvil" en el lado opuesto a la zona del generador, no poner el teléfono sobre dicha zona. Una vez conocidos y aplicados estos consejos ... utilice el teléfono móvil sin reparos.

INTERFERENCIAS INDUSTRIALES

*** Campos magnéticos industriales, hornos de inducción, soldadores de arco y resistencia, plantas generadoras de energía eléctrica y subestaciones de centrales eléctricas**

Todos ellos tienen el potencial de causar IEM. Se puede producir inhibición, estimulación a frecuencia fija o disparo según señal recibida. Se desconoce la distancia mínima a partir de la cual no se detectan IEM.

Los empleados en estas industrias deben llevar sistemas

¡Error! Argumento de modificador desconocido.

bipolares de sensado y monitorizarse durante el primer día de trabajo tras el implante.