

Marcapasos y desfibriladores automáticos implantables: implicaciones anestésicas y manejo perioperatorio

N. Ruiz^{1,a}, F. Buisán^{2,b}, E. Fulquet^{3,a}

¹Servicio de Anestesiología y Reanimación. Hospital de Medina del Campo. Valladolid. ²Servicio de Anestesiología y Reanimación. ³Servicio de Cirugía Cardíaca. Hospital Clínico Universitario. Valladolid.

Resumen

La complejidad tecnológica de los dispositivos implantables para el manejo de las arritmias, concretamente de marcapasos y desfibriladores, ha aumentado de forma espectacular desde su introducción hace solamente unas pocas décadas. Un número cada vez mayor de pacientes con estos dispositivos va a ser intervenido quirúrgicamente, por lo que es primordial saber cómo funcionan y cuáles son los riesgos reales. Los manuales y referencias de anestesia pueden proporcionar poca información sobre este tipo de aparatos y su manejo perioperatorio. Ya no es satisfactorio colocar durante la cirugía un imán encima de estos dispositivos y suponer que esta acción protege al paciente de los posibles efectos de las interferencias electromagnéticas. Este artículo revisa los principios básicos y el funcionamiento de estos equipos, la nomenclatura, las fuentes de interferencia electromagnética y sus efectos, así como las recomendaciones actuales para el manejo perioperatorio del paciente portador de un marcapasos o un desfibrilador implantable.

Palabras clave:

Marcapasos. Desfibrilador automático implantable. Resincronización ventricular. Interferencia electromagnética. Anestesia.

Implantable pacemakers and defibrillators: implications for anesthesia and perioperative management

Summary

The technological complexity of implantable devices for managing arrhythmias, specifically pacemakers and defibrillators, has increased spectacularly since their introduction a few decades ago. A growing number of patients with these devices are undergoing surgery and it is therefore essential to understand how they work and what the real associated risks are. Manuals and reference works on anesthesia may provide little information on these devices and their perioperative management. It is no longer satisfactory to place a magnet over these devices during surgery and assume that this action will protect the patient from the possible effects of electromagnetic interference. This review examines the basic principles and operation of implantable pacemakers and defibrillators, the relevant nomenclature, and the sources and effects of electromagnetic interference; the current recommendations for the perioperative management of patients fitted with these devices are also discussed.

Key words:

Pacemaker. Implantable defibrillator. Ventricular resynchronization. Electromagnetic interference. Anesthesia.

Índice

1. Introducción
2. Historia
3. Indicaciones de los marcapasos y desfibriladores automáticos implantables
4. Clasificación y funcionamiento de los marcapasos

5. Clasificación y función de los desfibriladores implantables
6. Interferencias electromagnéticas
7. Imanes
8. Manejo perioperatorio de los pacientes portadores de marcapasos y desfibriladores implantables
9. Conclusiones

^aFacultativo Especialista. ^bJefe de Sección.

Correspondencia:

Dr. Félix Buisán Garrido
Servicio de Anestesiología y Reanimación
Hospital Clínico Universitario
Avda. Ramón y Cajal, 3
47005 Valladolid
E-mail: fbuisang@orange.es

Aceptado para su publicación en diciembre de 2007.

1. Introducción

Según el último Registro Español de Marcapasos¹, en nuestro país se implantan aproximadamente 651 generadores de marcapasos (MCP) por millón de habitantes y año (un total de 28.724 en el año 2005). En cuanto a los desfibriladores automáticos implantables (DAI), el número total de implantes comunicado al

Registro Español de Desfibrilador Automático Implantable en el año 2005 fue de 2.050 (46,5 DAI por millón de habitantes y año)². Con el progresivo envejecimiento de la población, cada vez más pacientes portadores de estos sistemas de estimulación cardíaca son propuestos para cirugía. Dada la complejidad creciente de la tecnología de MCP y DAI, se hace imprescindible que el anestesiólogo adquiera conocimientos sobre su funcionamiento y los potenciales problemas que pueden presentarse en el periodo perioperatorio.

Este artículo describe los principios básicos, la función y los tipos de MCP y DAI, así como la influencia que ejercen las interferencias electromagnéticas del entorno quirúrgico en su funcionamiento. Además, se revisan las recomendaciones respecto al manejo perioperatorio de los pacientes portadores de este tipo de dispositivos.

La falta de estudios controlados impide la creación de guías clínicas con el suficiente nivel de evidencia³, por lo que las recomendaciones para el manejo de estos pacientes provienen fundamentalmente de la opinión de expertos y de casos clínicos aislados [niveles de evidencia 4-5 según el *Oxford-Centre for Evidence Based Medicine* (www.cebm.net)].

2. Historia

Básicamente, los MCP y DAI poseen dos componentes: generador y electrodo(s). En los últimos 50 años se han producido grandes mejoras en el diseño y programación de estos dispositivos⁴. El cirujano cardíaco Ake Senning inició en 1958 la estimulación cardíaca permanente⁵. El primer MCP transvenoso se implantó en 1962⁶. Desde entonces, los avances en los circuitos electrónicos y en las fuentes de energía han facilitado la fabricación de aparatos ligeros y compactos, con baterías de 5 a 10 años de duración. Los electrodos (electrocáteteres) también se han desarrollado. Primero, se utilizaron dos electrocáteteres monopolares. Después se pasó a electrodos bipolares y, posteriormente, a un único catéter monopolar, usando como polo positivo la carcasa del propio generador. La mejoría en su diseño ha favorecido el renacimiento de la estimulación/sensado bipolar, que requiere generalmente menos energía y es más resistente a las interferencias electromagnéticas^{7,8}.

La misma evolución se ha producido en lo que respecta a los modos de estimulación, ya que inicialmente era sólo ventricular, a frecuencia fija e independiente del ritmo del paciente⁷. La mayoría de los marcapasos implantados actualmente son unicamerales (estimulan una sola cámara, más comúnmente el ventrículo derecho) o bien bicamerales (aurícula derecha y ventrículo derecho). Los MCP bicamerales son

más fisiológicos al mantener la contracción auricular y la sincronía auriculoventricular^{1,8,9}, mejorando el gasto cardíaco (Figuras 1 y 2). Los marcapasos actuales, también, son capaces de detectar los impulsos eléctricos originados en el corazón lo que asegura que el MCP únicamente estimule cuando es necesario, eliminando generalmente el riesgo del fenómeno R sobre T y alargando la vida de la batería. Asimismo, se han desarrollado MCP de frecuencia autorregulable que son capaces de aumentar su frecuencia adaptándose al nivel de actividad del paciente^{5,6,10-12} mediante diferentes biosensores (actividad muscular, pH, acortamiento del intervalo QT, temperatura, volumen- minuto respiratorio, etc.). Recientemente, se han introducido aparatos que estimulan tres cámaras (aurícula y ambos ventrículos), llamados MCP biventriculares, cuyo objetivo es la resincronización ventricular, que consiguen mejorar la función cardíaca de ciertos pacientes con insuficiencia cardíaca congestiva. Finalmente, los MCP antitaquicardia y los DAI constituyen los nuevos avances en el tratamiento de las arritmias.

En definitiva, hay una gran variedad de modelos de MCP y DAI que el anestesiólogo debe conocer para un correcto manejo de los pacientes portadores de este tipo de dispositivos^{6,13}.

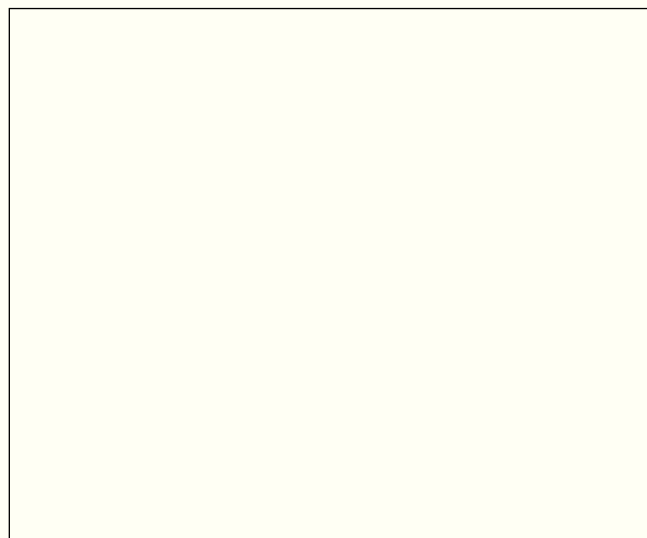


Fig. 1. Tira superior: marcapasos de doble cámara (DDD). En los dos primeros latidos estimula el canal auricular mientras que la conducción auriculoventricular (AV) está conservada. En el tercer y cuarto latidos aparece una onda P normal pero la conducción AV se retrasa y el marcapasos dispara su canal ventricular. En el quinto y sexto latidos no se producen a tiempo estímulos propios y el marcapasos dispara ambos canales secuencialmente. Tira inferior: disfunción de un marcapasos ventricular. El primer latido es normal. El segundo, tercero y cuarto son latidos propios que deberían haber inhibido el disparo del marcapasos (flecha hacia arriba) pero se ha producido un fallo de detección (sensibilidad). El quinto impulso consigue estimular el ventrículo porque cae fuera de su periodo refractario. En los dos últimos latidos vemos que el disparo del marcapasos no consigue ser capturado por el ventrículo con lo que se produce un fallo de estimulación.

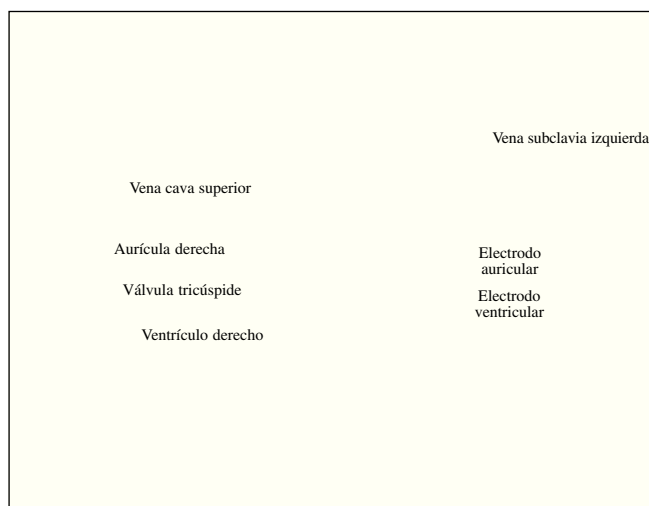


Fig. 2. Marcapasos bicameral con dos electrodos de estimulación (uno en aurícula derecha y otro en ventrículo derecho).

3. Indicaciones de los marcapasos y desfibriladores automáticos implantables

Aunque no es objetivo de este artículo una revisión exhaustiva de las indicaciones de MCP y DAI, describiremos sucintamente las patologías que con más frecuencia motivan su implantación, de acuerdo con las guías vigentes^{5,14}.

- Marcapasos:

- Bradicardia documentada y sintomática: los bloqueos auriculoventriculares (AV) constituyen la primera causa, seguidos de la enfermedad del nódulo sinusal y la fibrilación o aleteo auricular con bloqueo AV o respuesta ventricular lenta¹. Para el tratamiento de la bradicardia pueden utilizarse MCP unicamerales o auriculoventriculares. Estos últimos mantienen la contracción ventricular y la sincronía auriculoventricular, mejorando el gasto cardíaco^{1,8,9}.

- Miocardiopatía dilatada: se utilizan los MCP biventriculares para resincronizar la contracción de los ventrículos, mejorando así la función cardíaca y la tolerancia al ejercicio^{15,16}.

- Otras: también hay indicaciones para la implantación de MCP en el síncope neuromediado (síncope vasovagal sintomático)⁵, en la miocardiopatía hipertrófica o en la prevención de la fibrilación auricular¹⁷, entre otras.

- Desfibriladores automáticos implantables:

- Taquicardia auricular o ventricular no controlable con farmacoterapia y no susceptible de tratamiento electrofisiológico.

- Prevención primaria y secundaria de la muerte súbita debida a taquicardia ventricular y fibrilación ventricular^{2,10,11,14}.

- Pacientes con fracción de eyección $\leq 30\%$ postinfarto o tras revascularización miocárdica.

- Síncope o historia familiar de muerte súbita asociada a síndrome de Brugada (bloqueo de rama derecha y elevación de ST)¹⁸.

4. Clasificación y funcionamiento de los marcapasos

La información principal para comprender el funcionamiento normal de los MCP está contenida en el código de cada aparato. El código internacionalmente aceptado en la actualidad es el propuesto en 1987 por la *North American Society of Pacing and Electrophysiology* y el *British Pacing and Electrophysiology Group* (NASPE/BPEG)¹⁹ y revisado en 2002²⁰. Este código consiste en 5 letras (Tabla 1): las tres primeras describen las funciones antibradicardia básicas y las dos últimas indican la posibilidad de autorregulación de la frecuencia y de estimulación múltiple^{3-5,10}. Las cuatro primeras letras del código son las más utilizadas.

- La primera letra indica la cámara estimulada [V: ventrículo; A: aurícula; D: dual (auricular y ventricular)].

- La segunda letra indica la cámara en la que se sensa (monitoriza) la actividad eléctrica cardíaca (A, V o D). Si la estimulación no depende de la actividad sensada, se utiliza la letra O.

- La tercera letra refleja la respuesta del MCP a la señal eléctrica sensada. I indica inhibición del impulso del marcapasos al detectar una onda R o una onda S; T (*trigger*) expresa que el impulso del marcapasos se provoca sobre la misma onda R (o S) detectada evitando que caiga sobre la onda T, y D representa una respuesta dual al sensado: la actividad auricular o ventricular espontánea inhibe la actividad del marcapasos en la respectiva cámara, mientras que la estimulación auricular induce la estimulación ventricular. La letra O se utiliza habitualmente cuando no hay sensado.

- La cuarta letra describe la presencia (R) o ausencia (O) de cualquier sensor de actividad que permite el modo de frecuencia autorregulable.

- La quinta letra indica si está presente la estimulación múltiple en una o ambas aurículas (A), en uno o ambos ventrículos (V) o en ambos (D) o si no hay estimulación múltiple (O). Para un dispositivo que tiene un sistema de estimulación múltiple, los electrodos adicionales pueden colocarse dentro de la misma cámara (ej.: dos electrodos en el ventrículo derecho) o dentro de cámaras opuestas (ej.: un electrodo en el ventrículo derecho y otro en el izquierdo).

Aunque hay muchos modos de estimulación posi-

TABLA 1
Código NASPE/BPEG de marcapasos (revisado en 2002)²⁰

Posición	I	II	III	IV	V
Categoría	Cámara(s) estimulada(s)	Cámara(s) sensada(s)	Respuesta al sentido	Autoregulación de frecuencia	Estimulación múltiple
Caracteres	O: ninguna A: aurícula V: ventrículo D: dual (A+V)	O: ninguna A: aurícula V: ventrículo D: dual (A+V)	O: ninguna T: estimulada I: inhibida D: dual (T+I)	O: no R: frecuencia autorregulable	O: no A: aurícula V: ventrículo D: dual (A+V)
NASPE/BPEG: North American Society of Pacing and Electrophysiology/British Pacing and Electrophysiology Group.					

ble, el anestesiólogo probablemente se encontrará con un número reducido de ellos. Además, la mayor parte de los MCP actuales pueden ser reprogramados a otros modos (por ejemplo, un marcapasos DDDR se puede programar en modo VVI). Los dispositivos más frecuentes en nuestro país, según el último Registro Español de Marcapasos (datos de 2005)¹, son:

- DDDR (37,1%): tanto la aurícula como el ventrículo son sensados y estimulados. En caso de que el nodo sinusal y la unión auriculoventricular funcionen correctamente, el MCP únicamente monitorizará esta actividad. Si la aurícula fracasa en la producción del latido, el MCP estimulará la aurícula para producirlo, a una frecuencia prefijada. Si un latido auricular no es transmitido al ventrículo, tras un intervalo PR establecido, el MCP estimulará el ventrículo, manteniendo así la sincronía auriculoventricular⁴, lo que consigue un incremento del volumen de eyección entre un 10 y un 50% respecto a los modos de estimulación exclusivamente ventricular^{21,22}. La letra R indica que este MCP incorpora también un biosensor que permite la autorregulación de la frecuencia, adaptándose a cambios fisiológicos.

- DDD (2,21%): idéntico al previo (DDDR), excepto en que carece de frecuencia autorregulable, que está desactivada (Figura 1).

- VVIR (26,52%): el MCP sensa y estimula el ventrículo. Si no hay actividad intrínseca en el ventrículo, el MCP lo estimulará a una frecuencia prefijada. Si el MCP detecta un latido ventricular, se inhibirá. Incorpora el mecanismo de frecuencia autorregulable.

- VVI (13,04%): similar al VVIR, excepto en que carece de autorregulación de frecuencia.

- VDDR (15,33%): el MCP estimula el ventrículo y sensa tanto la aurícula como el ventrículo. Si no se detecta actividad espontánea auricular o ventricular, el MCP estimula el ventrículo a una frecuencia prefijada. Si se detecta actividad auricular, pero no ventricular tras un intervalo PR predefinido, estimula el ventrículo, manteniendo la sincronía auriculoventricular. En caso de detectar actividad ventricular, se inhibe. Además incorpora un mecanismo de frecuencia autorregulable.

- VDD (4,75%): es idéntico al modo VDDR, excepto en que carece de frecuencia autorregulable.

- Otros modos (1,03%): corresponden al modo AAI o AAIR. El MCP sensa la actividad eléctrica auricular y estimula la aurícula. El ventrículo se despolariza a través del sistema de conducción auriculoventricular intacto. Por consiguiente, no son modos válidos para bradicardias por bloqueo AV, pero pueden usarse en pacientes con disfunción del nódulo sinusal⁶. El modo AAIR incorpora biosensor y mecanismo de frecuencia autorregulable.

5. Clasificación y función de los desfibriladores implantables

Los desfibriladores automáticos implantables son dispositivos capaces de estimular sobre una taquicardia para intentar frenarla y, si no es posible, suministran un choque eléctrico en el caso de que el paciente presente una arritmia ventricular potencialmente mortal. Además, si es preciso, proporcionan estimulación como MCP antibradicardia tras el choque eléctrico. El primer método de detección del DAI es la frecuencia cardíaca. Se programa para detectarla y si excede de un límite previamente programado, inicia la aplicación del tratamiento, que será escalonado, incluyendo cardioversión de baja energía y la desfibrilación de alta energía.

Los DAI fueron introducidos en 1986 y descritos por el código NASPE/BPEG de desfibriladores en 1993 (Tabla 2)²³.

El código se compone de cuatro letras:

- Primera letra: cámara en la que se produce el choque eléctrico (O, A, V, D).

- Segunda letra: cámara en que estimula el MCP antitaquicardia (O, A, V, D).

- Tercera letra: modo de detección de la arritmia: E (electrograma), H [detector hemodinámico (en la práctica no se usa)].

- Cuarta letra: cámara en la que estimula el MCP antibradicardia (O, A, V, D). Actualmente todos los DAI tienen función de marcapasos, necesaria para tra-

TABLA 2
Código NASPE/BPEG de desfibriladores automáticos implantables²³

Posición	I	II	III	IV
Categoría	Cámara de descarga del choque	Cámara de MCP antitaquicardia	Detección de la taquicardia	Cámara de MCP antibradicardia
Caracteres	O: ninguna A: aurícula V: ventrículo D: dual (A+V)	O: ninguna A: aurícula V: ventrículo D: dual (A+V)	E: electrograma H: hemodinámica	O: ninguna A: aurícula V: ventrículo D: dual (A+V)
NASPE/BPEG: <i>North American Society of Pacing and Electrophysiology/British Pacing and Electrophysiology Group</i> . MCP: marcapasos.				

tar la bradicardia que suele producirse temporalmente tras un choque eléctrico. La cuarta letra a menudo es sustituida por un guión seguido del código de MCP. Por ejemplo, un DAI ventricular con modo de MCP antitaquicardia y método de detección mediante electrograma, en combinación con un marcapasos auriculoventricular con frecuencia autoajustable, puede codificarse como VVE-DDDR.

6. Interferencias electromagnéticas

Las interferencias electromagnéticas (IEM) se definen como señales eléctricas de origen no fisiológico que pueden afectar a la función normal del MCP⁵. La interferencia electromagnética puede producirse por conducción (precisa un contacto con la fuente, como el bisturí eléctrico) o por radiación (al colocar al paciente dentro de un campo electromagnético, como en la resonancia magnética o la radioterapia).

Muchas variables influyen en los efectos de las IEM sobre los MCP, entre las que destacan la intensidad²⁴, la frecuencia y la distancia a la fuente de IEM. Además, cada modelo de marcapasos reacciona de forma diferente a las IEM, siendo más susceptibles los bicamerales que los monocamerales⁵ y los de electrodo unipolar que los bipolares^{5,7,24}. Los efectos adversos de las IEM sobre los MCP y DAI son impredecibles e incluyen inhibición, reajuste a modo de seguridad u otros cambios en la programación del MCP, provocación de choque eléctrico inadecuado del DAI, alteración de la interfase electrodo-tejido, avería del generador y agotamiento de la batería^{3,4,7,10,11,25,26}. La mayor parte de los MCP están programados para pasar, en caso de IEM, a “modo de interferencia” o “reversión de ruido”^{7,10}, que provoca estimulación asíncrona [VOO (frecuencia fija)] o ventricular a demanda (VVI).

Clínicamente puede producirse bradicardia, asistolia, taquiarritmias (incluida fibrilación ventricular), alteración del gasto cardíaco, hipotensión, fallo de estimulación/sensado por elevación brusca del umbral debido a calentamiento de la interfase electrodo-tejido^{5,6} o lesión miocárdica por calor o por isquemia^{3,7,10}.

A diferencia de los MCP antiguos, los actuales son bastante tolerantes a las IEM más habituales²⁴, como microondas, líneas de alta tensión, detectores de metales, teléfonos móviles, etc. El mayor peligro de interferencia proviene del entorno médico y hospitalario (para los anestesiólogos, la principal causa se relaciona con el uso del bisturí eléctrico). Por otra lado, someterse a una prueba de rayos X o tomografía computarizada resulta inocua. Las fuentes más importantes de IEM son:

- Bisturí eléctrico o electrocauterio (diatermia): tanto el modo “corte” como “coagulación” implican el paso de corriente de radiofrecuencia a través de tejido y pueden producir IEM (más probable con la coagulación que con el corte)²⁷. Los efectos más frecuentes de estas IEM son inhibición inadecuada^{5-7,10,28} o cambio del programa del MCP a “modo reset”, pasando automáticamente a VVI o VOO. En determinadas circunstancias, la corriente del bisturí eléctrico puede incidir en el electrocatéter del MCP o del DAI y ser conducida hasta el electrodo distal provocando taquicardia o fibrilación ventricular²⁹. Asimismo, si el paciente es portador de un DAI, la IEM puede ser interpretada como fibrilación ventricular y liberar una descarga eléctrica no deseada. El riesgo de IEM disminuye sensiblemente si se usa bisturí bipolar o ultrasónico^{3,28}.

- Resonancia magnética: clásicamente se ha considerado contraindicada^{3,5-7}, bien por provocar calentamiento del generador y electrodos, por reprogramación del aparato o por estimulación rápida e incluso por fallecimiento del paciente, en algún caso^{5,10,30}. Publicaciones recientes^{3,31,32}, sin embargo, mencionan que se puede realizar una resonancia magnética en pacientes portadores de MCP, bajo circunstancias específicas y siempre bajo estricta supervisión médica.

- Radioterapia: no hay evidencia suficiente para realizar recomendaciones³, ni consenso en las opiniones de expertos. Algunos autores afirman que la radioterapia puede desprogramar⁵ o dañar el MCP de forma impredecible^{6,7} y aconsejan que el generador del MCP se encuentre fuera del campo de radiación, recolocándolo si es preciso^{3,7}.

- Cardioversión eléctrica y desfibrilación: los pacien-

tes portadores de MCP que requieren cardioversión o desfibrilación externa están expuestos a un riesgo importante de avería o reprogramación del aparato, debido a la gran cantidad de IEM generada^{10,11}. La desfibrilación puede dañar el circuito eléctrico y el paso de corriente a través del electrodo puede producir una quemadura miocárdica, con aumento del umbral⁵ y pérdida de captura subsiguiente⁶. En todo caso, portar un MCP o DAI no es contraindicación para realizar una cardioversión o desfibrilación, si es inevitable, pero tras una descarga eléctrica es obligado practicar una revisión de su funcionamiento en una Unidad de Marcapasos.

- Estimulación nerviosa transcutánea (TENS): teóricamente puede producir inhibición del MCP (sólo se ha demostrado en MCP con electrodos unipolares). Su uso se considera seguro en pacientes con MCP y DAI bipolares, aunque se desaconseja que se coloque cerca del generador^{6,11} o paralelo al electrodo ventricular⁵.

- Terapia electroconvulsiva (TEC): no hay estudios que demuestren IEM o disfunción de los marcapasos asociados con la TEC cuando las funciones de DAI han sido previamente desactivadas. Sin embargo, las alteraciones cardíacas que esta técnica produce² o la inhibición del MCP por la actividad miopotencial pueden provocar efectos hemodinámicos perjudiciales que precisan una vigilancia estricta (este último problema se evita programando el marcapasos con una sensibilidad muy baja o en modo asincrónico VOO).

- Monitorización⁷: algunos monitores usan señales eléctricas de baja amplitud para medir la frecuencia respiratoria. Los MCP de frecuencia autorregulable con sensor de volumen-minuto respiratorio pueden detectar la señal del monitor e interpretarla como un incremento del volumen-minuto del paciente. Este efecto aumentaría la frecuencia cardíaca de forma inapropiada^{8,33,34}. En estos casos es necesario desactivar temporalmente la función de frecuencia autorregulable.

- Ablación por radiofrecuencia (ej.: de tumores hepáticos): puede provocar aumento transitorio de los umbrales de estimulación y sensibilidad, así como inhibición del MCP^{5,35}.

- Litotricia: varios estudios descriptivos han informado de la aparición de IEM asociadas a litotricia^{7,36}. Puede producirse inhibición o inducción de taquiarritmias⁵.

7. Imanes

En el pasado se aconsejaba la colocación de un imán sobre el MCP de pacientes cuando se preveía que las IEM eran probables^{4,7,10}. De esta forma, se reprogramaba el MCP a forma asincrónica (VOO) y se evitaba su inhibición por las interferencias. Con la evolu-

ción tecnológica, la respuesta de cada MCP al imán se ha hecho impredecible e incluso puede ser diferente entre dos MCP idénticos, dependiendo de cómo hayan sido programados^{4,5,7}. Esta respuesta puede ser el paso a modo asincrónico, la reprogramación no deseada^{6,7,10} o incluso puede no haber ningún efecto¹¹. En el caso de los DAI, la mayor parte de ellos están programados para que, en presencia de un imán, se desactive temporal o permanentemente su función antitaquicardia, sin alterar su función de MCP^{4,7}.

En general, se desaconseja el uso rutinario de imanes^{6,10} y deben ser utilizados con precaución⁴. Su uso estaría justificado en caso de urgencia cuando no es posible desactivar un DAI⁷, o si se produce inhibición del MCP por IEM durante el acto quirúrgico y conocemos que el efecto del imán es la reprogramación del MCP a modo asincrónico. La información sobre la respuesta particular del aparato al imán puede obtenerse del fabricante o del cardiólogo responsable del enfermo^{7,8,11}. Una tabla con los efectos más usuales en respuesta a la colocación de un imán, de la mayoría de los dispositivos (según modelos y marcas), ha sido recientemente publicada⁸.

Bajo la presión de los facultativos, los fabricantes de marcapasos y desfibriladores implantables han accedido a unificar la respuesta de sus aparatos a los imanes. Este trabajo está siendo realizado por la *International Organization for Standardization (ISO)/International Electrotechnical Commission (IEC)*, *Joint Working Group on Cardiac Pacing and Implantable Defibrillators*¹⁰.

Siempre que se haya expuesto un MCP o DAI al efecto de un imán, se aconseja la revisión de su función y la reprogramación, si hace falta, tan pronto como sea posible⁴.

8. Manejo perioperatorio de los pacientes portadores de marcapasos y desfibriladores implantables

Por el momento, no hay guías o protocolos internacionalmente aceptados sobre el manejo perioperatorio de los pacientes portadores de MCP o DAI. No obstante, en 2005 la *American Society of Anesthesiologists* publicó unas recomendaciones prácticas³ y, más recientemente, en 2006, la *Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency* del Reino Unido ha divulgado unas guías para el manejo de estos dispositivos cuando se prevé el uso de diatermia³⁷. Igualmente, la Sociedad Española de Cardiología difundió, en el año 2000, unas Guías de Práctica Clínica en Marcapasos⁵, que incluyen algunas normas a seguir en el entorno perioperatorio.

En ocasiones, las diversas guías son contradictorias en lo que se refiere al manejo concreto de algunas situaciones. Las normas que indicamos a continuación reflejan las recomendaciones más frecuentes y actualizadas y, con toda seguridad, tendrán que ser revisadas en el futuro, dada la evolución del conocimiento médico y la tecnología.

Evaluación preoperatoria (Tabla 3)

En algunas encuestas voluntarias^{10,28} se han detectado problemas intraoperatorios relacionados con MCP y DAI en el 10% de los usuarios de un marcapasos (inhibición, aceleración o cambios en el modo de estimulación). Además, hay varios informes sobre casos de muerte, supuestamente relacionada con estos dispositivos, en los que la inadecuada evaluación y preparación preoperatoria pudo tener un papel relevante¹⁰. La evaluación preanestésica debe incluir:

- Historia clínica: además de los datos habituales, se debe recabar información sobre:
 - Fecha y causa que motivó la implantación del MCP o DAI y asegurarnos de si el dispositivo es un MCP o un DAI (muchos pacientes con un DAI todavía se refieren a él como “marcapasos”). La presencia de estos dispositivos debe hacernos sospechar la existencia de comorbilidad cardíaca significativa⁷.
 - Fecha de la última revisión, estado de la batería y si es posible el lugar en donde se controla.
 - Aparición de nuevos síntomas desde la implantación del dispositivo.
 - Identificación de si el paciente es o no depen-

diente del MCP. Esta información es a menudo difícil de conseguir, aunque algunos datos pueden orientarnos, como una historia previa de bradicardia sintomática o síncope, o antecedentes de ablación terapéutica del nodo auriculoventricular^{3,4}.

– Información sobre el tipo de MCP, el modo de estimulación y la posición anatómica del generador. En Europa, los pacientes portadores de MCP o DAI tienen tarjetas identificativas que incluyen el código del aparato, su indicación e información sobre el electrodo y el generador¹¹.

- Examen físico: por palpación se puede identificar el emplazamiento y el tamaño del generador⁶.
- Analítica: la hiperpotasemia, las alteraciones del equilibrio ácido-base y la hiperglucemia, entre otras, pueden provocar aumento del umbral de estimulación y producir fallos en la función del MCP^{6,7}.
- ECG de 12 derivaciones^{6,11}: proporciona información sobre el correcto sensado (espigas del marcapasos) y la estimulación cardíaca (frecuencia cardíaca basal).
- Radiografía de tórax: no es esencial, a menos que haya escasez de datos acerca del aparato⁴. Permite identificar el tipo de dispositivo mediante una marca radioopaca que puede verse en el generador¹⁰, así como comprobar la integridad, número, localización y tipo de electrodos.

Preparación preoperatoria (Tabla 3)

- Determinar si es probable que se produzcan interferencias electromagnéticas durante el periodo

TABLA 3
Evaluación y preparación preoperatorias del paciente portador de MCP/DAI

Evaluación preoperatoria	Preparación preoperatoria
Historia clínica <ul style="list-style-type: none"> • Fecha de implantación • Fecha de última revisión • Causa de implantación • Determinar la dependencia del MCP • Nuevos síntomas desde implantación del MCP • Tipo y modo del MCP Examen físico <ul style="list-style-type: none"> • Localización y tamaño del generador Analítica <ul style="list-style-type: none"> • Hiperpotasemia • Alteraciones acidobásicas • Hiperglucemia ECG <ul style="list-style-type: none"> • Sensado y estimulación Radiografía de tórax <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de MCP • Integridad, número y tipo de electrodos 	Determinar la probabilidad de IEM <ul style="list-style-type: none"> • Utilización de fuentes de IEM: bisturí, litotricia, ablación por radiofrecuencia, etc. • Proximidad del campo quirúrgico a componentes del MCP Necesidad de consulta a Cardiología <ul style="list-style-type: none"> • Pacientes dependientes de MCP: reprogramar a VOO o VVT • DAI o MCP antitaquicardia: desprogramar • MCP con frecuencia autorregulable: desprogramar • Sospecha de agotamiento de batería: revisar • Nuevos síntomas desde implantación • Escasez de datos sobre el tipo de MCP <p>Asegurar la disponibilidad de MCP y desfibrilador externos</p>
MCP/DAI: marcapasos/desfibrilador automático implantable. IEM: interferencia electromagnética	

perioperatorio³. La fuente de IEM más frecuente en este entorno es el bisturí eléctrico. Si se prevé que no va a ser usado (o se va a utilizar el bipolar o ultrasónico) o el campo quirúrgico está muy alejado del generador, el riesgo de disfunción será mínimo (aunque no inexistente). Otras fuentes menos usuales de IEM en el área quirúrgica son la ablación por radiofrecuencia, la litotricia, la terapia electroconvulsiva, etc.

- Determinar si es necesaria una interconsulta al Servicio de Cardiología/Unidad de Marcapasos:

- Los pacientes dependientes de MCP deben ser reprogramados a modo asíncrono (DOO, VOO) o a modo disparado con la onda R o S (VVT, que previene el fenómeno R sobre T) para evitar la inhibición del MCP en caso de IEM^{3,4,7}.

- Si el paciente es portador de un MCP para resincronización, o la pérdida de sincronía auriculoventricular puede comprometer al paciente hemodinámicamente (por ejemplo, pacientes con insuficiencia cardíaca), sería aconsejable la presencia durante la cirugía de un cardiólogo experimentado con programador telemétrico^{4,11}.

- Los pacientes con DAI o marcapasos antitaquicardia deben ser derivados para desactivar estas funciones, dado que las IEM intraoperatorias pueden ser interpretados como arritmias y desencadenar un choque no deseado^{3,7,10,11,38}. Durante el periodo en que estas funciones están desactivadas, el paciente está expuesto al riesgo de muerte súbita y debe ser monitorizado de forma continua.

- Los MCP con frecuencia autorregulable (letra R en la cuarta posición del código) deben ser reprogramados para desactivar esta función^{4,6,7,10-12,32,39}, ya que muchos de los sensores pueden verse afectados durante la anestesia y la monitorización perioperatoria (por ejemplo, los sensores de movilidad muscular pueden activarse con fasciculaciones o temblores postanestésicos; los de volumen-minuto respiratorio, por los monitores de electrocardiograma).

- Si se sospecha que la batería está próxima a agotarse, debe valorarse el recambio del generador⁶.

- Si se detectan nuevos síntomas cardiológicos (síncope, mareo, cansancio, etc.), que puedan deberse a la disfunción del MCP^{6,10}, está indicado remitir al paciente para estudio.

- Siempre que se considere que carecemos de datos suficientes sobre el tipo de dispositivo implantado al paciente o sobre las precauciones preoperatorias que debemos seguir, se debe consultar con el cardiólogo⁴.

- Asegurar la disponibilidad de marcapasos temporal y desfibrilación externa durante todo el periodo perioperatorio^{4,40}.

Manejo intraoperatorio (Tabla 4)

- Monitorización: registro electrocardiográfico continuo y monitorización del pulso periférico³ (pulsioximetría, onda de presión arterial cruenta o palpación del pulso). Si el paciente precisa la cateterización de una vía venosa central debe tenerse precaución cuando los electrodos han sido recientemente implantados^{6,10}, pues podrían desplazarse.

- Elección de la técnica anestésica: debe utilizarse la técnica más indicada para el estado médico del paciente. Las fasciculaciones pueden inhibir algunos MCP^{7,10} o desplazar los electrodos y deben ser evitadas en lo posible⁶ (usar relajantes musculares no despolarizantes o técnicas defasciculantes). Los escalofríos deben evitarse manteniendo la normotermia o tratarse adecuadamente si aparecen⁶. La anestesia locoregional puede utilizarse si está indicada.

- Manejo de las fuentes potenciales de IEM:

- Bisturí eléctrico: para disminuir el riesgo de IEM, hay que asegurarse de que el bisturí y la placa están colocados de forma que la corriente generada entre ellos no atraviese el generador ni los electrodos del MCP^{3-5,7} (Figura 3). La placa de bisturí debe estar correctamente adherida⁷ y los toques de bisturí deben ser cortos e irregulares y con la menor intensidad de energía posible³⁻⁶. Si el MCP se inhibe de forma evidente, el cirujano debe ser informado y la diatermia discontinuada o usada de forma juiciosa. Siempre que sea posible, y especialmente si la interferencia es excesiva, debe sustituirse el bisturí eléctrico habitual (monopolar) por bisturí bipolar o por ultrasónico (armónico)³.

- Ablación con catéter por radiofrecuencia: el flujo de corriente entre la punta del electrodo y la placa deberá ser mantenido tan lejos como sea posible del generador y los electrodos del MCP^{3,5}. Debe evitarse el contacto directo entre el catéter de ablación y los componentes del MCP³.

- Litotricia: se debe evitar que el punto focal del litotriptor se sitúe cerca del generador del MCP^{3,5,6}. Otras recomendaciones sugieren que las ondas deben ser administradas de forma sincrónica con el QRS^{6,7}.

- Terapia electroconvulsiva: las recomendaciones son muy variables. Para algunos, las funciones de desfibrilación y antitaquicardia deben ser desactivadas y debe reprogramarse el MCP a modo asíncrono en pacientes dependientes. Sin embargo, y según las recomendaciones de la Sociedad Española de Cardiología⁵ y estudios recientes⁴¹, sería suficiente la monitorización electrocardiográfica continua y el chequeo del generador después del procedimiento.

- Disponibilidad de MCP temporal externo o interno, junto con equipo para reanimación que incluya desfibrilador⁴:

TABLA 4
Manejo intraoperatorio del paciente portador de MCP/DAI

Monitorización	<ul style="list-style-type: none"> • ECG • Monitorización del pulso periférico
Técnica anestésica	<ul style="list-style-type: none"> • Anestesia general: evitar fasciculaciones y escalofríos • Anestesia locorregional: evitar sobredosificación de anestésico local
Manejo de fuentes de IEM	<ul style="list-style-type: none"> • Bisturí eléctrico: <ul style="list-style-type: none"> – Precauciones de localización de bisturí y placa – Placa bien adherida a la piel – Toques de bisturí cortos, irregulares, baja energía – Si interferencia excesiva: valorar uso de bipolar o ultrasónico • Ablación por radiofrecuencia: <ul style="list-style-type: none"> – Precauciones de localización de electrodo y placa • Litotricia: <ul style="list-style-type: none"> – Litotriptor alejado del MCP – Ondas de litotricia sincrónicas con QRS • Terapia electroconvulsiva: <ul style="list-style-type: none"> – Desactivar función DAI y antitaquicardia – Pacientes dependientes: reprogramar en modo asíncrono o disparado con la onda R o S – Examen del generador tras el procedimiento
Necesidad de MCP externo o desfibrilación-cardioversión externas	<ul style="list-style-type: none"> • Si se precisa MCP externo: <ul style="list-style-type: none"> – Solicitar ayuda – Utilizar MCP transcutáneo, modo VVI e iniciar a 80 mA – Electrodo en posición anteroposterior • Si se precisa desfibrilación o cardioversión externas: <ul style="list-style-type: none"> – Colocar palas adhesivas en posición anteroposterior si se desprogramó la función DAI o antitaquicardia del MCP en el preoperatorio – Si palas no adheridas, precauciones de colocación con respecto al MCP – Energía necesaria para desfibrilación/cardioversión según protocolos de RCP
Actitud en cirugía urgente	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de MCP y desfibrilador externos • Minimizar fuentes de IEM: precauciones con bisturí eléctrico • Si función DAI/antitaquicardia: desactivar con imán • Si función frecuencia autorregulable: precauciones según tipo de biodetector
MCP/DAI: marcapasos/desfibrilador automático implantable. ECG: Electrocardiograma. RCP: reanimación cardiopulmonar. IEM: interferencia electromagnética.	

– Si se pierde la función del MCP en un paciente dependiente o si aparece una bradiarritmia grave, es necesario el soporte de un MCP temporal^{6,11}. En este caso, debemos solicitar ayuda⁶. Probablemente, la forma más simple y rápida de estimulación cardíaca externa es el MCP transcutáneo en modo VVI⁶ con los electrodos colocados en posición anteroposterior siempre que sea posible. La captura se consigue habitualmente con 80 mA⁶. Esta intensidad es generalmente

bien tolerada por el paciente despierto o bajo sedación, hasta que pueda insertarse un MCP transvenoso. Otra alternativa al MCP transcutáneo es el transesofágico, a través del cual puede estimularse la aurícula del paciente. El MCP transesofágico está indicado para pacientes con conducción auriculoventricular intacta y frecuencia supraventricular baja⁶.

– Si el paciente es portador de un desfibrilador o dispositivo antitaquicardia, estas funciones deben desactivarse en el preoperatorio, como se indicó anteriormente. En este caso, el paciente está desprotegido ante la eventual aparición de una taquiarritmia, por lo que debe ser monitorizado de forma continua desde la desprogramación y disponer en todo momento de un desfibrilador externo. Lo ideal es la utilización de un desfibrilador con palas adhesivas, colocadas antes del inicio de la intervención quirúrgica⁴ en posición anteroposterior (Figura 4). Si las palas no se encuentran ubicadas y es preciso desfibrilar o cardiovertir al paciente, se colocarán de forma que la corriente no atravesase los componentes del MCP, tan alejadas como sea posible del generador del MCP^{3,4} (distancia mínima de 10 cm) y con la

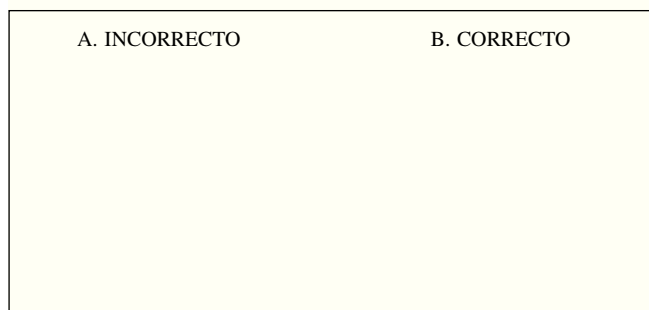



Fig. 3. En la figura A, la placa (rejilla) y el bisturí () están colocados de forma que la corriente generada entre ellos atraviesa los componentes del marcapasos. En la figura B, la corriente generada entre el bisturí y la placa no atraviesa los componentes.

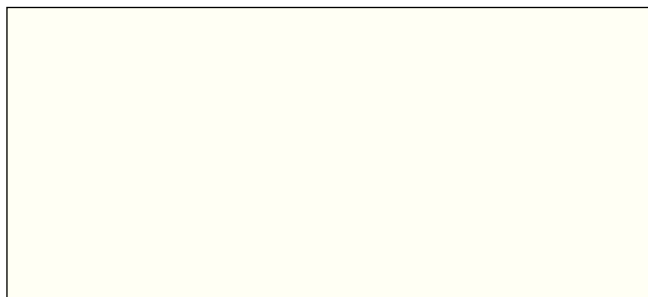


Fig. 4. Representación esquemática de la disposición de las palas del desfibrilador para minimizar el daño del generador del marcapasos y los electrodos. A: colocación de las palas adhesivas en posición anteroposterior. B: ambas palas en posición anterior, manteniendo una distancia segura del generador (distancia ≥ 10 cm).

energía mínima necesaria para la desfibrilación o cardioversión (Figura 4).

- Cirugía urgente/emergente: cuando la urgencia de la cirugía impida que tomemos las precauciones antes reseñadas y no sea posible la intervención rápida de un cardiólogo para la reprogramación del MCP/DAI, debemos considerar que existe un aumento del riesgo anestésico y hacerlo constar así en el consentimiento informado. Para disminuir el riesgo se recomiendan las siguientes medidas:

- Disponer siempre de un MCP externo y un desfibrilador, así como de un imán de MCP⁷. Si el campo quirúrgico está muy cerca del generador, sería conveniente tener un imán estéril o introducido dentro de bolsas estériles para el manejo desde el campo.

- Si el paciente tiene un MCP sin función de DAI y el ritmo propio es adecuado, la cirugía puede llevarse a cabo sin más precauciones⁷.

- Si el paciente es dependiente de MCP, debemos advertir al cirujano que evite el uso de bisturí eléctrico (sustituir por bipolar o ultrasónico)^{3,6,7}. Si no es posible, considerar las precauciones antes descritas sobre el uso del electrobisturí.

TABLA 5

Manejo postoperatorio del paciente portador de MCP/DAI

- Disponibilidad de MCP y desfibrilador externos hasta el alta de la Unidad de Reanimación
- Monitorización:
 - ECG
 - Pulso periférico
- Consulta al Servicio de Cardiología:
 - Si hay dudas sobre el funcionamiento del MCP
 - Si hay dudas sobre los efectos de las IEM
 - Reprogramar funciones suspendidas en el preoperatorio

MCP: marcapasos. ECG: electrocardiograma. IEM: interferencias electromagnéticas.

- Si el paciente es portador de un DAI, se debe usar el imán para prevenir que las IEM provoquen un choque no deseado⁷. La respuesta de los DAI al imán provoca la inhibición transitoria o permanente de las funciones antitaquicardia. Si no conocemos la respuesta exacta, es prudente colocar el imán sobre el DAI durante todo el acto quirúrgico. Dado que consideramos desactivada la función antitaquicardia, hay que tener preparado el desfibrilador externo.

- Si el MCP del paciente incorpora la función de frecuencia autorregulable (letra R en la cuarta posición de código), deben evitarse los estímulos que puedan activar cada biotector⁶ (fasciculaciones, alteraciones del pH, cambios en el volumen-minuto respiratorio o en la temperatura, etc., según cada tipo de sensor).

Manejo postoperatorio (Tabla 5)

- Continuar la monitorización del paciente hasta el alta de la Unidad de Reanimación³.

- Disponer de marcapasos externo transcutáneo o transvenoso y desfibrilador.

- Reevaluar la función del MCP/DAI: siempre que existan dudas sobre el funcionamiento del aparato o los efectos de las IEM se deberá consultar al Servicio de Cardiología para que se realice una evaluación telemétrica tan pronto como sea posible⁴. Por supuesto, deben reprogramarse las funciones antitaquicardia, así como las funciones del MCP que hubieran sido suspendidas preoperatoriamente.

9. Conclusiones

Un número cada vez mayor de pacientes está siendo tratado con marcapasos y desfibriladores implantables. El conocimiento de cómo estos dispositivos funcionan normalmente y los posibles efectos de las interferencias electromagnéticas resulta fundamental para un manejo seguro en el período perioperatorio. Saber cuándo una función debe ser desactivada o un dispositivo reprogramado requiere una cuidadosa evaluación. La aparición de guías para el manejo de estos aparatos (por ejemplo, en presencia de diatermia quirúrgica), proporcionará a los anestesiólogos una base de actuación clínica adecuada.

Agradecimientos

Los autores quieren dar las gracias a la Dra. Laura Martínez González (anestesióloga) por la realización de las Figuras 2, 3 y 4.

BIBLIOGRAFÍA

1. Coma-Samartín R, García Calabozo R, Martínez Ferrer J, Sancho Tello MJ, Ruiz Mateas F. Registro Español de Marcapasos. III Informe Oficial de la Sección de Estimulación Cardíaca de la Sociedad Española de Cardiología (2005). *Rev Esp Cardiol*. 2006;59(12):1303-13.
2. Peinado R, Torrecilla EG, Ormaetxe J, Álvarez M. Registro Español de Desfibrilador Automático Implantable. II Informe Oficial del Grupo de Trabajo de Desfibrilador Implantable de la Sociedad Española de Cardiología (2005). *Rev Esp Cardiol*. 2006;59(12):1292-302.
3. American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of Patients with Cardiac Rhythm Management Devices. Practice advisory for the perioperative management of patients with cardiac rhythm management devices: pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators: a Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of Patients with Cardiac Rhythm Management Devices. *Anesthesiology*. 2005;103(1):186-98.
4. Allen M. Pacemakers and implantable cardioverter defibrillators. *Anaesthesia*. 2006;61(9):883-90.
5. Oter Rodríguez R, de Juan Montiel J, Roldán Pascual T, Bardají Ruiz A, Molinero de Miguel E. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en Marcapasos. *Rev Esp Cardiol*. 2000;53(7):947-66.
6. Bourke ME. The patient with a pacemaker or related device. *Can J Anaesth*. 1996;43(5):R24-R32.
7. Stone KR, McPherson CA. Assessment and management of patients with pacemakers and implantable cardioverter defibrillators. *Crit Care Med*. 2004;32(4 Suppl):S155-65.
8. Rozner MA. The patient with a cardiac pacemaker or implanted defibrillator and management during anaesthesia. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2007;20(3):261-8.
9. Ochagavia Calvo A, Baigorri González F. Selección del modo de estimulación del marcapasos. *Med Intensiva*. 2006;30(5):218-22.
10. Senthuran S, Toff WD, Vuylsteke A, Solesbury PM, Menon DK. Implanted cardiac pacemakers and defibrillators in anaesthetic practice. *Br J Anaesth*. 2002;88(5):627-31.
11. Salukhe TV, Dob D, Sutton R. Pacemakers and defibrillator: anaesthetic implications. *Br J Anaesth*. 2004;93(1):95-104.
12. Anand NK, Maguire DP. Anesthetic implications for patients with rate-responsive pacemakers. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*. 2005;9(3):251-9.
13. Porres Aracama JM. Pacientes críticos portadores de marcapasos y desfibriladores automáticos. *Med Intensiva*. 2006;30(6):280-3.
14. Gregoratos G, Abrams J, Epstein AE, Freedman RA, Hayes DL, Hlatky MA, et al. ACC/AHA/NASPE 2002 Guideline Update for Implantation of Cardiac Pacemakers and Antiarrhythmia Devices: Summary article. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (ACC/AHA/NASPE Committee to Update the 1998 Pacemaker Guidelines). *Circulation*. 2002;106(16):2145-61.
15. Howell C, Bergin JD. A case report of pacemaker lead perforation causing late pericardial effusion and subacute cardiac tamponade. *J Cardiovasc Nurs*. 2005;20(4):271-5.
16. Abraham WT, Fisher WG, Smith AL, Delurgio DB, Leon AR, Loh E, et al. Cardiac resynchronization in Chronic Heart Failure. *N Engl J Med*. 2002;346(24):1845-53.
17. Guillis AM, Kerr CR, Crystal E. Pacing for the prevention of atrial fibrillation. *Can J Cardiol*. 2005;21 Suppl B:41B-4B.
18. Pérez-Villacastín J, Carmona JR, Hernández A, Marín E, Merino JL, Ormaetxe J, et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología sobre el desfibrilador automático implantable. *Rev Esp Cardiol*. 1999;52(12):1083-104.
19. Bernstein AD, Camm AJ, Fletcher RD, Gold RD, Rickards AF, Smyth NP, et al. The NASPE/BPEG generic pacemaker code for bradyarrhythmia and adaptive-rate pacing and antitachycardia devices. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1987;10(4 Pt 1):794-9.
20. Bernstein AD, Daubert JC, Fletcher RD, Hayes DL, Luderitz B, Reynolds DW, et al. The revised NASPE/BPEG generic pacemaker code for bradycardia, adaptive-rate and multisite pacing. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2002;25(2):260-4.
21. Chamberlain DA, Leinbach RC, Vassaux CE, Kastor JA, DeSanctis RW, Sanders CA, et al. Sequential atrioventricular pacing in heart block complicating acute myocardial infarction. *N Engl J Med*. 1970;282(11):577-82.
22. Fananapazir L, Srinivas V, Bennett DH. Comparison of resting haemodynamic indices and exercise performance during atrial synchronized and asynchronous ventricular pacing. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1983;6(2pt1):202-9.
23. Bernstein AD, Camm AJ, Fisher JD, Fletcher RD, Mead RH, Nathan AW, et al. North American Society of Pacing and Electrophysiology policy statement: the NASPE/ BPEG defibrillator code. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1993;16(9):1776-80.
24. Trigano A, Blandeau O, Souques M, Gernez JP, Magne I. Clinical study of interference with cardiac pacemakers by a magnetic field at power line frequencies. *J Am Coll Cardiol*. 2005;15(6):896-900.
25. Marchant W. Pacemakers and defibrillators: anaesthetic implications. *Br J Anaesth*. 2004;93(6):875.
26. Purday JR, Towey RM. Apparent pacemaker failure caused by activation of ventricular threshold test by a magnetic instrument mat during general anaesthesia. *Br J Anaesth*. 1992;69(6):645-6.
27. Rozner MA. Review of electrical interference in implanted cardiac devices. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2003;26(4Pt1):923-5.
28. El-Gamal HM, Dufresne RG, Saddler K. Electrosurgery, pacemakers and ICDs: a survey of precautions and complications experienced by cutaneous surgeons. *Dermatol Surg*. 2001;27(4):385-90.
29. Lo R, Mittrache A, Quan W, Cohen TJ. Electrocautery-induced ventricular tachycardia and fibrillation during device implantation and explantation. *J Invasive Cardiol*. 2007;19(1):12-5.
30. Gimbel JR, Lorig RJ, Wilkoff BL. Safe magnetic resonance imaging of pacemaker patients. *J Am Coll Cardiol*. 1995;25Suppl:11A.
31. Sommer T, Naehle CP, Yang A, Zeijlemaker V, Hackenbroch M, Schmiedel A, et al. Strategy for safe performance of extrathoracic magnetic resonance imaging at 1.5 tesla in the presence of cardiac pacemakers in non-pacemaker-dependent patients. A prospective study with 115 examinations. *Circulation*. 2006;114(12):1285-92.
32. Nazarian S, Roguin A, Zviman MM, Lardo AC, Dickfeld TL, Calkins H, et al. Clinical utility and safety of a protocol for noncardiac and cardiac magnetic resonance imaging of patients with permanent pacemakers and implantable-cardioverter defibrillators at 1.5 tesla. *Circulation*. 2006;114(12):1277-84.
33. Madsen CM, Andersen C. Pacemaker-induced tachycardia during general anaesthesia: a case report. *Br J Anaesth*. 1989;63(3):360-1.
34. Wallden J, Gupta A, Carsten H. Supraventricular tachycardia induced by Datex patient monitoring system. *Anesth Analg*. 1998;86(6):1339.
35. Hayes DL, Charboneau JW, Lewis BD, Asirvatham SJ, Dupuy DE, Lexvold NY. Radiofrequency treatment of hepatic neoplasms in patients with permanent pacemakers. *Mayo Clin Proc*. 2001;76(9):950-2.
36. Drach GW, Weber C, Donovan JM. Treatment of pacemaker patients with extracorporeal shock wave lithotripsy: experience from 2 continents. *J Urol*. 1990;143(5):895-6.
37. Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency. Guidelines for the Perioperative Management of Patients with Implantable Pacemakers or Implantable Cardioverter Defibrillators, Where the Use of Surgical Diathermy/Electrocautery is Anticipated. London: Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency; 2006.
38. Eagle KA, Berger PB, Calkins H, Chaitman BR, Ewy GA, Fleischmann KE, et al. ACC/AHA Guideline Update for Perioperative Cardiovascular Evaluation for Noncardiac Surgery—Executive Summary. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1996 Guidelines on Perioperative Cardiovascular Evaluation for Noncardiac Surgery). *Anesth Analg*. 2002;94(5):1052-64.
39. Hu R, Cowie DA. Pacemaker-driven tachycardia induced by electrocardiograph monitoring in the recovery room. *Anaesth Intensive Care*. 2006;34(2):266-8.
40. Lin JA, Borel CO, Wang WB, Wong CS, Yeh CC, Yang CP, et al. Anesthetic management of an AAI pacemaker patient with paroxysmal atrial fibrillation during colorectal surgery. *J Clin Anesth*. 2006;18(5):372-5.
41. McPherson RD, Loo CK, Barrett N. Electroconvulsive therapy in patients with cardiac pacemakers. *Anaesth Intensive Care*. 2006;34(4):470-4.