



# REVISTA BRASILEIRA DE ANESTESIOLOGIA

Publicación Oficial de la Sociedade Brasileira de Anestesiologia  
[www.sba.com.br](http://www.sba.com.br)



## REVISIÓN

# Marcapasos y desfibriladores automáticos implantables. Consideraciones generales y anestésicas

Amy G. Rapsang\* y Prithwis Bhattacharyya

*Departamento de Anestesiología y Tratamiento Intensivo, North Eastern Indira Gandhi Regional Institute of Health and Medical Sciences, Shillong, Meghalaya, India*

Recibido el 21 de agosto de 2012; aceptado el 28 de febrero de 2013  
Disponible en Internet el 5 de mayo de 2014

### PALABRAS CLAVE

Marcapasos;  
Desfibriladores  
automáticos  
implantables;  
Anestesia para  
portadores  
de dispositivos

**Resumen** El marcapasos (MP) es un sistema que consiste en un generador de impulso y un electrodo o electrodos que conducen el impulso eléctrico hacia el corazón del paciente. Se han creado códigos de MP y de desfibrilador automático implantables para describir el tipo de cada uno. El Colegio Norteamericano de Cardiólogos han descrito indicaciones para la implantación de MP y de desfibrilador automático implantable. Algunos MP tienen interruptores de circuitos magnéticos incorporados, sin embargo, la aplicación magnética puede causar efectos adversos graves; por tanto, los dispositivos deben ser considerados programables, salvo que se tenga un conocimiento diferente. Cuando un paciente portador de dispositivo se somete a cualquier procedimiento (con o sin anestesia), se deben tomar precauciones especiales, incluyendo historial/examen físico dirigidos; preguntas sobre el MP antes y después del procedimiento, uso de medicamentos de urgencia/estimulación y desfibrilación temporales; reprogramación del MP e inhabilitación de ciertas funciones del mismo, si fuere preciso; monitorización de los trastornos metabólicos y electrolíticos y evitar ciertos medicamentos y equipos que puedan interferir con la función del MP. Si hay alguna previsión de interacción con el dispositivo, considerar la suspensión del procedimiento hasta que la fuente de la interferencia haya sido eliminada o controlada. Se deben tomar todas las medidas correctivas para garantizar el funcionamiento adecuado del MP. Después del procedimiento, la frecuencia y el ritmo cardíacos deben ser monitorizados continuamente, y deben estar preparados los medicamentos y equipos de urgencia; y si fuera necesario, consultar con un cardiólogo o con el servicio de MP- desfibrilador automático implantable.

© 2013 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos los derechos reservados.

## Introducción

Los dispositivos de estimulación que funcionan con pilas fueron introducidos por C.W. Lillehei y Earl Bakken en 1958<sup>1</sup>. La

evolución natural del marcapasos (MP) llevó a la invención del desfibrilador automático implantable (DAI) alrededor de 1980 por Michael Morchower<sup>1</sup>.

Un sistema de MP consiste en un generador de impulso y electrodo o electrodos que llevan el impulso eléctrico hacia el corazón del paciente. Los electrodos pueden ser unipolares, bipolares o multipolares. Los generadores con electrodos bipolares pueden ser programados

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [amy\\_rap@yahoo.com](mailto:amy_rap@yahoo.com) (A.G. Rapsang).

para el modo unipolar de estimulación, detección o para ambos<sup>1</sup>.

### Códigos de marcapasos

La **tabla 1** muestra los códigos de MP descritos por la Sociedad Norteamericana de Marcapasos y Electrofisiología (NASPE)/Grupo Británico de Marcapasos y Electrofisiología (BPEG) (2002) Código Genérico de Marcapasos (NBG)<sup>2</sup>.

**Doble:** Suministra una sincronía auriculoventricular (AV), donde la estimulación auricular se dará en el modo «inhibido» y el dispositivo de estimulación garantizará que ocurrirá un evento ventricular<sup>1</sup>.

**Inhibido:** La cámara apropiada es estimulada, a menos que la actividad eléctrica intrínseca se detecte durante el intervalo de estimulación<sup>1</sup>.

**Optimizado:** El dispositivo de estimulación emitirá un pulso solo en respuesta a un evento<sup>1</sup>.

### Indicaciones para el implante de marcapasos<sup>3</sup>

#### 1. Bradicardia debida a la disfunción del nodo sinusal y a la disfunción del nodo AV.

- Disfunción del nodo sinusal: bradicardia sinusal persistente e insuficiencia cronotrópica sin causas identificables, bradicardia sintomática.
- Bloqueo AV adquirido en adultos.
- Bloqueo AV de segundo grado avanzado y de tercer grado en cualquier nivel anatómico asociado con:
  - o Bradicardia con síntomas/arritmias ventriculares presumidamente a causa de bloqueo AV.
  - o Otras condiciones médicas que necesitan terapia con medicamentos que traen como resultado bradicardia sintomática.
  - o Pacientes sin síntomas en el ritmo sinusal, con períodos documentados de asistolia  $\geq 3$  s, frecuencia de escape  $< 40$  lpm o ritmo de escape por debajo del nodo AV.
  - o Pacientes despiertos sin síntomas, con fibrilación auricular y bradicardia con pausas  $\geq 1$  de por lo menos  $\geq 5$  s.
  - o Después de la ablación por catéter de la unión AV asociada al bloqueo AV, cuya resolución no se espera después de la cirugía cardíaca.
  - o Asociado con enfermedades neuromusculares con bloqueo AV.
- Bloqueo AV de segundo grado con bradicardia sintomática asociada, independiente del tipo o lugar del bloqueo.
- Bloqueo AV de tercer grado asintomático y persistente en cualquier lugar anatómico con frecuencias ventriculares medias despierto de 40 lpm o más rápido, si hay cardiomegalia o disfunción ventricular izquierda o si la región de bloqueo está por debajo del nudo AV.
- Bloqueo AV de segundo o tercer grado durante el ejercicio, en la ausencia de isquemia miocárdica.

#### 2. Bloqueo bifascicular crónico: Bloqueo bifascicular se refiere a la evidencia en el electrocardiograma de conducción alterada por debajo del nodo AV en los fascículos derecho e izquierdo.

- Bloqueo AV de segundo grado avanzado o bloqueo AV de tercer grado intermitente.

- Bloqueo AV de segundo grado tipo II.
- Bloqueo alternado fascículo-rama.

#### 3. Estimulación para bloqueo AV asociado al infarto agudo de miocardio.

- Bloqueo AV de segundo grado persistente después de la elevación del segmento ST.
- Bloqueo AV infranodal transitorio de segundo grado avanzado o tercer grado y bloqueo de fascículo-rama asociado.
- Bloqueo AV de segundo o tercer grado persistente y sintomático.

#### 4. Síndrome del seno carotideo hipersensible y síncope neurocardiogénico.

- Síncope recurrente causado por el surgimiento espontáneo de estimulación del seno carotideo y presión del seno carotideo que induce la asistolia ventricular  $> 3$  s.

#### 5. Después del trasplante cardíaco.

- Bradicardia inapropiada persistente o sintomática sin resolución esperada.

#### 6. Prevención y extinción de arritmias por estimulación.

- Taquicardia supraventricular sintomática recurrente que se reproduce y terminada por estimulación cuando la ablación por catéter y/o los medicamentos no logran controlar la arritmia o producen efectos secundarios intolerables.
- Taquicardia ventricular (TV) sostenida dependiente de pausa, con o sin prolongación del intervalo QT.

#### 7. Cardiomiopatía hipertrófica.

#### 8. Niños, adolescentes y pacientes con enfermedad cardíaca congénita.

- Bloqueo AV de segundo/tercer grado asociado a bradicardia sintomática, disfunción ventricular o de bajo gasto cardíaco.
- Disfunción del nodo sinusal con correlación de síntomas durante bradicardia inapropiada para la edad. (La definición de bradicardia varía con la edad y con la frecuencia cardíaca esperada del paciente.)
- Bloqueo AV postoperatorio de segundo grado avanzado o tercer grado, sin resolución esperada o que persiste durante por lo menos 7 días después de la cirugía cardíaca.
- Bloqueo AV congénito de tercer grado con un ritmo de escape de QRS ancho, ectopia ventricular compleja o disfunción ventricular.
- Bloqueo AV congénito de tercer grado en lactante con frecuencia ventricular  $< 55$  lpm o con enfermedad cardíaca congénita y frecuencia ventricular  $< 70$  lpm.

### Indicaciones para la implantación de desfibrilador automático implantable

- Supervivientes de parada cardíaca debida a la fibrilación ventricular (FV)/TV sostenida hemodinámicamente inestable.
- Enfermedad cardíaca estructural y TV sostenida espontánea, hemodinámicamente estable o inestable.
- Fracción de eyección de ventrículo izquierdo (FEVI)  $\leq 35\%$  debida a IM previo (NYHA: clase funcional II/III) o FEVI  $\leq 30\%$  debida a IM previo (NYHA: clase funcional I).
- Cardiomiopatía dilatada no isquémica con FEVI  $\leq 35\%$  (NYHA: clase funcional II/III).
- TV no sostenida debida a IM previo, FEVI  $\leq 40\%$ .

**Tabla 1** Sociedad Norteamericana de Marcapasos y Electrofisiología (NASPE)/Grupo Británico de Marcapasos y Electrofisiología (BPEG) (2002) Código Genérico de Marcapasos (NBG)

Posición I: cámara(s) de estimulación	Posición II: cámara(s) de detección	Posición III: respuesta(s) a la detección	Posición IV: programación	Posición V: estimulación multisitio
O = ninguna A = aurícula	O = ninguna A = aurícula	O = ninguna I = inhibida	O = ninguna R = modulación de la frecuencia	O = ninguna A = aurícula
V = ventrículo D = dual (A + V)	V = ventrículo D = dual (A + V)	T = desencadenada D = dual (T + I)		V = ventrículo D = dual (A + V)

Fuente: Bernstein et al.<sup>2</sup>.

### Indicaciones para la colocación del desfibrilador automático implantable en pacientes pediátricos y en pacientes con cardiopatía congénita

- Superviviente de parada cardíaca.
- TV sostenida sintomática.

### Complicaciones

Las complicaciones pueden deberse a la presencia del sistema de estimulación como un cuerpo extraño (complicaciones mecánicas), al mal funcionamiento aparente o real del sistema de estimulación, a complicaciones agudas relacionadas con el procedimiento: hemotórax, neumotórax, punción de la arteria subclavia y perforación del miocardio<sup>4</sup>.

1. **Infección:** la incidencia es del 0,8-5,7%<sup>4</sup>; *Staphylococcus aureus* (infecciones tempranas) y *Staphylococcus epidermidis* (infecciones tardías) son los organismos más comunes involucrados<sup>4</sup>.
  - **Infección del revestimiento del MP:** el uso rutinario de profilaxis antibiótica antiestafilocócica en el momento del implante o del cambio del generador ha demostrado un beneficio consistente en un metaanálisis de 7 estudios aleatorizados y controlados, con 2.023 pacientes, para disminuir las tasas de infección del revestimiento a corto plazo, evitar la erosión de la piel o la septicemia<sup>5</sup>. Por tanto, se recomienda profilaxis de rutina con antibióticos antiestafilocócicos<sup>4</sup>.
  - **Endocarditis:** la erradicación completa de la infección generalmente implica la retirada de todo el sistema de estimulación<sup>4</sup>.
2. **Trombosis:** generalmente subclínica.
  - **Embolia:** embolia pulmonar (incidencia del 0,6-3,5%<sup>4</sup>) y sistémica. Los pacientes que llevan implantado un sistema de estimulación VVI(R) tienen una incidencia mayor de fibrilación auricular crónica y paroxística, que les predispone a eventos embólicos<sup>4</sup>.
3. **Problemas de Estimulación**
  - **Fallo de captura:** salida de estímulo que, cuando es suministrado fuera del período refractario del tejido auricular o ventricular, no es seguido por una onda P o complejo QRS. Eso puede deberse a la elevación del umbral de estimulación que, a su vez, puede ser debido a trastornos metabólicos, medicamentos (principalmente antiarrítmicos), infarto agudo de miocardio, defectos en los electrodos de estimulación (fracturas, rotura del aislamiento), madurez del electrodo,

desplazamiento o perforación, programación inapropiadamente baja de salida, o fin de la batería<sup>4</sup>.

- **Fallo de salida:** se manifiesta en el electrocardiograma de superficie como una ausencia de artefactos de estimulación. Eso puede ser debido al agotamiento de la batería o al fallo de un componente<sup>4</sup>.
4. **Problemas de detección<sup>4</sup>:**
    - **Detección excesiva de señales no deseadas:** una pausa en el ritmo estimulado (modos AAI/VVI) o, si el evento auricular fuertemente detectado desencadena estimulación en el ventrículo, un evento ventricular estimulado detectado antes de lo esperado. Subdetección de la señal intracardiaca intrínseca.
  5. **Tasas de estimulación rápida<sup>4</sup>:**
    - **Taquiarritmias auriculares:** taquicardia sinusal, taquicardia auricular, fibrilación auricular y estimulación ventricular pueden ser parecidas con un «bloqueo AV electrónico», y el gasto cardíaco puede disminuir repentinamente.
    - Taquicardia mediada por MP.

### Imanes de marcapasos

Los interruptores automáticos que funcionan por imanes en MP fueron originalmente incorporados para que el MP pudiera mostrar la carga restante de la batería y a veces los umbrales de estimulación, y pueden ser usados para proteger al paciente con MP durante la diatermia, electrocauterización u otras fuentes de interferencia electromagnética (IEM) pulsada<sup>6</sup>. Los imanes pueden ser aplicados al MP para evitar la inhibición por tales interferencias pulsadas<sup>6</sup>. En los MP modernos, una alternancia para la estimulación asíncrona es acoplada al próximo evento cardíaco para evitar la competencia desde el inicio. La colocación de un imán sobre un generador puede no producir ninguna alteración en la estimulación porque no todos los MP cambian a un modo asíncrono continuo cuando se aplica un imán<sup>1</sup>. En algunos dispositivos, el comportamiento del imán puede ser alterado mediante programación, mientras que en otros, el comportamiento del imán puede ser completamente eliminado de la misma forma. Para todos los generadores, consultar el fabricante continua siendo el método más fiable de determinar la respuesta del imán y de usar esa respuesta para prever lo que resta de carga en la batería<sup>1</sup>. Sin embargo, el Task Force avisa contra el uso de imán sobre un DAI<sup>6</sup>.

Al caer la carga de la batería cae, la respuesta del imán puede ser usada para detectar lo siguiente<sup>1</sup>:

- IFI (*intensified follow-up required*; es necesario un seguimiento intensificado) – el dispositivo debe ser verificado con frecuencia (aproximadamente cada 4 semanas para la mayoría de los modelos).
- ERI (*elective replacement Indicator*; indicador de sustitución electiva) – el dispositivo se está acercando al final de su vida útil y debe ser reemplazado de forma electiva.
- EOL (*end of life*; fin de vida) – el dispositivo tiene una batería con una carga restante insuficiente y debe ser reemplazada inmediatamente.

Problemas con la aplicación del imán:

- El cambio a la estimulación asíncrona puede desencadenar la asincronía ventricular en pacientes con isquemia miocárdica, hipoxia y con desequilibrio electrolítico<sup>5</sup>.
- La aplicación constante del imán sobre el MP puede alterar la programación y también causar una pérdida permanente o transitoria de estimulación<sup>7</sup>.
- Variabilidad de la respuesta entre dispositivos<sup>8</sup>.

- Ocasionalmente, puede sobrevenir taquicardia mediada por MP al retirar el imán de un MP de doble cámara<sup>1</sup>.

Por tanto, en MP no programables, el uso del imán puede ser seguro. Sin embargo, los dispositivos más actuales deben ser considerados programables, a no ser que se sepa algo nuevo<sup>9</sup>. En la [tabla 2](#) figuran los modos de estimulación usados<sup>4</sup>.

## Desfibrilador automático implantable

El DAI consiste en un generador de pulso, electrodos de estimulación o detección y bobinas de desfibrilación. Su función es similar a la de un MP y, por tanto, es susceptible a las mismas complicaciones y urgencias. Además de eso, un DAI siente y detecta la TV y la (FV) y suministra una terapia en forma de estimulación antitaquicardia más rápida, cardioversión de baja energía y desfibrilación de alta energía. La [tabla 3](#) muestra un código de 4 posiciones<sup>2</sup>, descrito por la Sociedad Norteamericana de Marcapasos y

**Tabla 2** Modos de estimulación a menudo utilizados

I Cámara estimulada	Posición de la tarjeta			Descripción
	II Cámara detectada	III Modo de respuesta	IV Adaptación de la frecuencia	
A	O	O		Estimulación auricular asíncrona (frecuencia fija)
A	A	T		Estimulación auricular accionada. Impulso producido se libera (y es detectado por el electrodo auricular) en el momento de la detección o en el intervalo de escape programado (raramente usado)
A	A	I		Demanda de estimulación auricular; salida inhibida por la actividad auricular detectada
A	A	I	R	Demanda de estimulación auricular; salida inhibida por la actividad auricular detectada; aumento de las frecuencias detectadas y disminución de la respuesta a la entrada del sensor
V	O	O		Estimulación ventricular asíncrona (frecuencia fija)
V	V	T		Estimulación ventricular accionada. Impulso producido es liberado (y detectado por el electrodo auricular) en el momento de la detección o en el intervalo de escape programado (raramente usado)
V	V	I		Demanda de estimulación ventricular; salida inhibida por la actividad ventricular detectada
V	V	I	R	Demanda de estimulación ventricular; salida inhibida por la actividad ventricular detectada; aumento de las frecuencias detectadas y disminución de la respuesta a la entrada del sensor
V	D	D		Estimula el ventrículo; detecta tanto en la aurícula como en el ventrículo y estimula el ventrículo después del intervalo auriculoventricular programado
D	D	I		Demanda estimulación auricular y ventricular; el seguimiento del ritmo auricular no se da
D	D	I	R	Demanda auricular y ventricular; las frecuencias estimuladas aumentan y la respuesta a la entrada del sensor disminuye; el seguimiento del ritmo auricular no se da
D	D	D		Estimulaciones y detecciones tanto en la aurícula como en el ventrículo; actividad estimulada hasta el límite de la frecuencia máxima programada
D	D	D	R	Estimulaciones y detecciones tanto en la aurícula como en el ventrículo; estimulaciones hasta el límite máximo de la frecuencia programada; las frecuencias estimuladas aumentan y la respuesta a la entrada del sensor disminuye

Fuente: Banker et al.<sup>4</sup>.

**Tabla 3** NASPE/BPG Código Genérico de desfibrilador (NBD)

Posición I cámaras de descargas	Posición II cámaras de estimula- ción antitaqui- cardia	Posición III de detección de taquicardia	Posición IV cámaras de estimula- ción antitaquicardia
O = ninguna A = aurícula	O = ninguna A = aurícula	E = electrograma H = monitores hemodiná- micos	O = ninguna A = aurícula
V = ventrículo D = dual (A + V)	V = ventrículo D = dual (A + V)		V = ventrículo D = dual (A + V)

Fuente: Bernstein et al.<sup>2</sup>.

Electrofisiología (NASPE)/Grupo Británico de Marcapasos y Electrofisiología (BPEG) (2002) Código Genérico de Desfibrilador (NBD). La cuarta posición del código es un código de 3 a 5 letras para la capacidad del dispositivo<sup>2</sup>.

Las descargas del DAI pueden conducir a la pérdida transitoria posdescargas de la captura y detección en el MP a causa de la exposición del miocardio a la alta densidad de la corriente. En los pacientes con DAI y MP separados, el ritmo del artefacto de estimulación (PSA) puede causar superdetección o subdetección en la derivación del DAI trayendo como resultado una terapia con DAI inadecuada. Por tanto, se recomienda que la inducción a la amplitud de la estimulación crónica en ritmo sinusal debe causar una amplitud en el PSA < 1 mV en la tasa del sensor de la estimulación del DAI para garantizar la detección apropiada del DAI durante la FV<sup>4,10</sup>.

Es imperativo que los pacientes con DAI se sometan a una evaluación rutinaria (cada 3 meses y después de cada exposición a la IEM)<sup>4</sup>.

## Marcapasos y circunstancias especiales

### Resonancia magnética

Se estima que hasta un 75% de los pacientes portadores de MP van a tener que someterse a una resonancia magnética (RM) durante la vida de sus dispositivos<sup>11</sup>. La contraindicación en los pacientes con dispositivos electrónicos es actualmente considerada relativa (versus absoluta)<sup>12,13</sup>. Los fabricantes de esos dispositivos hicieron modificaciones para hacerlos más compatibles con la RM (uso de menos material ferromagnético en la construcción de la batería)<sup>14</sup>. La RM afecta la función del MP de varias maneras:

*Campo magnético estático:* puede resultar en un movimiento físico real de los componentes internos del generador de impulsos<sup>4</sup>.

*Campo de radiofrecuencia modulada:* puede resultar en una tensión inducida a través de los electrodos del MP que estimularía el tejido del miocardio, llevando a tasas iguales a las tasas de RM pulsantes (extensiones de ciclo de 200-1.000 ms)<sup>15</sup>, y calentamiento del tejido cardíaco adyacente

a los electrodos, causando una lesión térmica del miocardio y del endocardio<sup>16</sup>.

*Gradiente de campo magnético:* puede causar la superdetección o la subdetección e inducir un efecto de calentamiento insignificante<sup>17</sup>.

Durante la RM, deben desactivarse la respuesta al imán, la tasa de respuesta, las respuestas al ruido, a la detección ventricular, a la contracción ventricular prematura, a la fibrilación auricular conducida y las funciones de taquiarritmia<sup>4</sup>. Los pacientes dependientes de MP deben ser programados para el modo VOO y los pacientes no dependientes para los modos VVI o DDI<sup>18</sup>. Orientaciones sobre la realización de exámenes de RM en pacientes dependientes de MP<sup>12,13,19-21</sup>:

- Debemos sopesar la decisión, principalmente con relación al riesgo-beneficio y a la urgencia de la indicación clínica para RM.
- Obtener el consentimiento informado verbal y por escrito.
- Antes de derivar al paciente para el examen de RM, deben ser comprobadas las funciones del MP.
- Un cardiólogo debe decidir si es necesario programar el MP antes de la RM.
- El personal de soporte avanzado para la vida en cardiología debe estar presente durante todo el examen de RM y ha de estar disponible en la sala un carrito de parada con desfibrilador.
- El paciente debe ser monitorizado y debe mantenerse el contacto visual/voz continuamente durante la RM.
- Después del examen de RM, un cardiólogo/electrofisiólogo debe verificar el MP para confirmar si la función es compatible con el estado anterior al examen.

La exposición a la RM tiene efectos en el DAI similares a los descritos para el MP cardíaco, porque algunos de los componentes básicos son comparables<sup>4</sup>. Los DAI pueden detectar falsamente el campo de radiofrecuencia de la RM como FV, cargar los condensadores y transmitir una estimulación anti-taquicardia, cardioversión o terapias de desfibrilación<sup>16</sup>. Los dispositivos pueden no lograr administrar la terapia al DAI en el campo magnético estático, y el transformador del DAI estará magnéticamente saturado, y no tener el voltaje necesario para cargar el condensador y por ende, conllevar al fallo permanente del dispositivo. Los campos magnéticos también pueden impedir la detección de TV o FV.

### Electrocauterio y anestesia

El electrocauterio es la fuente exógena más común de IEM<sup>6</sup> que puede interactuar con un MP, trayendo como resultado la inhibición del generador de impulsos, quemaduras eléctricas en la interfaz del electrodo-miocardio, taquicardia auricular o ventricular y fibrilación, fallo del componente generador de impulso, pérdida o alteración de la salida, reprogramación del ritmo o modo de funcionamiento y escape de la corriente de estimulación<sup>22-24</sup>. La IEM generada por el electrocauterio, que puede afectar el dispositivo, está relacionada con la distancia y la orientación de la corriente para los electrodos y el dispositivo del paciente. Un estudio prospectivo demostró que los dispositivos

unipolares son bastante más sensibles que los bipolares a la interferencia del electrocauterio<sup>24</sup>. En la coagulación por electrocauterio bipolar, el flujo de la corriente está localizado entre los 2 polos del instrumento y, por tanto, plantea problemas mínimos. Sin embargo, en los dispositivos de electrocauterio unipolar, el flujo de la corriente eléctrica no se restringe al tejido interpuesto entre 2 electrodos y se extiende por todo el cuerpo<sup>4</sup>. El vector bipolar del electrocauterio relacionado con el MP no debe interactuar uno con otro<sup>25</sup>. Por tanto, la IEM generada por el electrocauterio, que puede afectar al dispositivo, está relacionada con la distancia y con la orientación de la corriente hacia los electrodos y el dispositivo del paciente<sup>26</sup>. Se deben tomar las siguientes precauciones especiales<sup>27</sup>:

1. Si fuere posible, usar un sistema de bisturí eléctrico ultrasónico armónico.<sup>6</sup>
2. Si solamente está disponible el electrocauterio unipolar, entonces el electrodo neutro debe ser colocado lo más distante posible de los electrodos del MP<sup>4</sup>.
3. Garantizar que la herramienta de cauterización y la placa de retorno de la corriente estén posicionadas de modo que el camino de la corriente no pase a través o cerca del generador de impulso y electrodos del dispositivo de control del ritmo cardíaco (DCRC, generador de impulso y electrodos<sup>6</sup>.
4. Usar pulsos cortos, intermitentes e irregulares a los menores niveles posibles<sup>5</sup> de energía para minimizar los efectos hemodinámicos de la inhibición del MP<sup>4</sup>.
5. No se debe aplicar profilácticamente un imán, porque no existe respuesta generadora de pulso uniforme para esa maniobra<sup>4</sup>.
6. El electrocauterio puede causar ruido electromagnético en el electrodo sensor del DAI que es detectado como FV y puede originar una descarga eléctrica no apropiada<sup>4</sup>.
7. Por tanto, la detección y el tratamiento pueden ser programados para «off» durante la cirugía y para «on» después de la cirugía; se usan desfibriladores externos en el intraoperatorio para TV/FV<sup>4</sup>.
8. Poder contar con los equipos de programación y con el personal capacitado es esencial.
9. Pulsos temporales alternativos deben estar listos en OT<sup>26</sup>.
10. Medicamentos como el isoproterenol y la atropina deben estar disponibles<sup>8</sup>.
11. Monitorización cuidadosa del paciente.
12. El dispositivo debe ser siempre verificado después de la operación.

### Diatermia

La diatermia de las ondas cortas debe ser evitada cerca del local generador. Potenciales problemas incluyen el sobrecalentamiento del circuito generador y daños en los componentes eléctricos<sup>6</sup>.

### Terapia electroconvulsiva

La terapia electroconvulsiva es relativamente segura para los pacientes con MP debido a la aplicación localizada del estímulo eléctrico en la cabeza; por tanto, con una baja probabilidad de que aparezcan problemas<sup>4</sup>. A veces, la

convulsión puede generar miopotenciales que pueden inhibir el MP y que pueden generar alteraciones electrocardiográficas transitorias (p. ej.: aumento de la amplitud de la onda P, forma alterada del QRS y anomalías en la onda T y en el segmento ST), además de complicaciones cardíacas adicionales (p. ej.: arritmia o isquemia) en pacientes con enfermedad cardíaca preexistente. El Task Force cree que la terapia electroconvulsiva puede ser administrada a pacientes con DCRC sin causar daños significativos a un DCRC desactivado. Todos los DCRC deben pasar por un análisis muy completo antes del procedimiento. Las funciones del DAI deben ser desactivadas para terapia de descargas durante la terapia electroconvulsiva<sup>6</sup>. Por tanto, deben estar disponibles el equipo estándar de monitorización y reanimación, y un programador con experiencia<sup>28</sup>; y el MP puede ser cambiado al modo no-sensor asíncrono (modo fijo)<sup>29</sup> para evitar la inhibición miopotencial del dispositivo en pacientes dependientes de MP<sup>6</sup>. Pacientes dependientes de DCRC pueden necesitar un sistema de estimulación temporal para preservar la frecuencia y el ritmo cardíacos durante la terapia de descargas.

### Otras técnicas de estimulación eléctrica

Las técnicas de estimulación eléctrica, como la estimulación eléctrica nerviosa transcutánea, están compuestas por varios electrodos colocados sobre la piel y conectados a un generador de impulsos que aplica 20  $\mu$ s de pulsos rectangulares de 1-200 V y 0-60 mA con una frecuencia de 20-110 Hz. Esa frecuencia repetida es similar a la del rango normal de latidos cardíacos, por eso puede crear un potencial campo distante que puede inhibir el MP cardíaco<sup>6</sup>. La estimulación eléctrica nerviosa transcutánea puede ser usada con seguridad en pacientes con MP y con desfibriladores con una estrecha vigilancia, pero no se aconseja su uso en las proximidades del dispositivo<sup>30</sup>.

Existe un informe de taquicardia mediada por MP inducida por potencial estimulación somatosensorial intraoperatoria<sup>31</sup>.

### Ablación por radiofrecuencia

El paso de la corriente de radiofrecuencia (desde la punta del electrodo a la placa de retorno de la corriente), debe mantenerse lo más lejos posible del generador de impulsos y del sistema de electrodo para evitar el contacto directo entre el catéter de ablación y los DCRC<sup>6</sup>.

### Radioterapia

La alta energía de la radiación ionizante usada en radioterapia puede causar daños significativos a los semiconductores de los MP, incluso con dosis muy pequeñas<sup>31</sup>. Generalmente, se necesitan dosis superiores a 5.000 rads para causar el mal funcionamiento del MP, pero una dosis de solamente 1.000 rads puede originar algún fallo o a la disfunción del MP<sup>8</sup>. La recuperación del generador de impulsos puede ocurrir mucho después del final del tratamiento por radiación, pero queda en gran medida incompleta, y el MP no resulta fiable después de eso<sup>32,33</sup>. Así, en los generadores de impulsos que están expuestos a la radiación, la pérdida transitoria de la función debe ser considerada como precursora de daño permanente. Por tanto, es fundamental

seguir las recomendaciones para garantizar la dosis de radiación más baja posible para el MP<sup>34</sup>, y debemos hacer un seguimiento cuidadoso durante y después del fin de la radioterapia. El Task Force cree que la radioterapia puede hacerse con seguridad en pacientes con DCRC. El dispositivo debe estar fuera del campo de radiación<sup>6</sup>. Así, algunos generadores de impulsos van a exigir la reubicación quirúrgica antes de iniciar la radiación.

No existen informes de que los rayos X de baja energía usados en radiología diagnóstica hayan causado algún efecto adverso en los MP<sup>4</sup>.

### Otros procedimientos quirúrgicos menores (litotricia, cauterización eléctrica endoscópica)

La litotricia extracorpórea por ondas de descargas está asociada a las fuerzas electromagnéticas y mecánicas que pueden influir en la función del sistema de estimulación<sup>35</sup>. Los generadores de impulsos con sensor de cristal piezoeléctrico parecen ser los más susceptibles a los fallos<sup>36</sup> y, por tanto, el modo del sensor debe ser programado para «off» durante la litotricia, lo que evitará un aumento no deseado de la frecuencia y del ritmo cardíacos y daños irreparables al elemento piezoeléctrico. Por tanto, el punto focal del litotriptor debe ser mantenido por lo menos a seis pulgadas (15 cm) del MP<sup>37</sup> y la estimulación auricular desactivada si el sistema de litotricia activa la onda R<sup>7</sup>. Inicialmente se pueden usar ondas de descarga bajas (< 16 kV), seguidas de un aumento gradual del nivel de energía<sup>38</sup>. El electrocauterio endoscópico es generalmente seguro en pacientes con MP, aunque ya se han informado algunas complicaciones<sup>39</sup>.

### Reanimación cardiopulmonar

En los pacientes portadores de MP permanente se deben seguir los protocolos estándar de reanimación y ha de restablecerse la función normal del MP al acabar el procedimiento<sup>4</sup>. El umbral de estimulación del miocardio aumenta mucho durante la reanimación cardiopulmonar<sup>4</sup>, pero incluso así la mayoría de los problemas de detección y estimulación son transitorios. Después de la reanimación, debe hacerse una evaluación completa del sistema de estimulación, incluyendo las funciones de interrogatorio y programación<sup>4</sup>.

### Cardioversión y desfibrilación de la corriente directa

El desfibrilador automático puede causar acoplamiento capacitancia con el electrodo endocárdico, causando una descarga directa en la interfaz del electrodo endocárdico<sup>4,40</sup>, y conduciendo a un fallo transitorio/permanente para detectar y captar, incluso en ausencia de un daño visible al propio generador de impulsos<sup>41</sup>. Asimismo puede haber circuitos dañados<sup>42,43</sup>, alteraciones en el modo programado de la función, fallo total del MP y algún microdesplazamiento del electrodo<sup>4,44</sup>. La desfibrilación con palas cardíacas internas requiere menos energía, pero también pueden interferir en la función del MP<sup>45,46</sup>. Los MP modernos están equipados con mecanismos de protección contra daños causados por descargas del

desfibrilador automático, entre los cuales el más común es el diodo Zener<sup>47</sup> que dirige una onda en la corriente en dirección al electrodo, protegiendo el circuito del MP, pero liberando esa energía hacia el endocardio.

Las precauciones generales para desfibrilador automático en pacientes con MP intentan minimizar la corriente que se le suministra al sistema del MP, usando la configuración mínima de energía eficaz<sup>4,6</sup> y colocando las palas del desfibrilador por lo menos a 10 cm del generador de impulso, garantizando que las palas se colocan perpendicularmente al dipolo del sistema de estimulación. Se debe llevar a cabo una evaluación completa del sistema de estimulación<sup>4</sup> y si se da la pérdida de captura, ha de hacerse enseguida la reprogramación inmediata o la estimulación temporal del MP con el aumento de la salida del generador<sup>48,49</sup>. El Task Force cree que antes de intentar la cardioversión o la desfibrilación de urgencia en un paciente con DAI y terapias imán-desactivadas, todas las fuentes de IEM deben ser clausuradas y el imán retirado para reactivar las terapias antitaquicardia y entonces considerar la reactivación de terapias a través de la programación<sup>6</sup>.

### Análisis de impedancia bioeléctrica (AIB)

La impedancia bioeléctrica usa técnicas de espectroscopia de bioimpedancia que mide 50 frecuencias en un rango de 5 a 1.000 kHz para determinar las resistencias eléctricas de TBW y ECW y así proporcionar una estimación de la masa celular y describir las alteraciones y el equilibrio de los líquidos<sup>50</sup>, pero no se recomienda para pacientes con MP<sup>51</sup>.

### Tomografía por bioimpedancia/bioimpedancia eléctrica torácica

Este examen usa corriente eléctrica pulsada y corriente eléctrica polarizada a una frecuencia no superior a los 10 Hz, suministrando información sobre la impedancia del medio extracelular<sup>52</sup>. Sin embargo, su uso no está recomendado para pacientes portadores de MP con función del sensor de ventilación por minuto, porque los sensores son muy sensibles a desviar la interferencia electromagnética, y como resultado los pacientes fueron tratados de forma inadecuada para taquicardias guiadas por MP. Así, la modulación de la frecuencia debe ser programada para «off» en el período perioperatorio para evitar alguna confusión entre la taquicardia intrínseca versus la inducida por MP<sup>1,14</sup>.

### Alteraciones metabólicas

Las alteraciones metabólicas y electrolíticas (hipercalcemia, hiperglucemia, alcalemia, acidosis, hipoxemia, hipercapnia e hipotiroidismo) aumentan el umbral de estimulación, causando un fallo de captura<sup>53</sup>. Por tanto, es esencial la corrección inmediata del trastorno subyacente.

### Insuficiencia cardíaca sistólica

La presencia de un MP permanente ha sido comunicada como predictor independiente de mal pronóstico en pacientes con insuficiencia cardíaca<sup>4,54</sup>, por tanto, la evidencia de un mal funcionamiento del MP debe ser cuidadosamente analizada.

## Consideración preanestésica

La evaluación preoperatoria de un paciente con MP sometido a cirugía no cardíaca incluye la evaluación general del paciente y del MP. El consenso del Task Force<sup>6</sup> es que una evaluación preoperatoria debe estar focalizada en:

- Determinar si un paciente posee un DCRC o historial de examen físico dirigidos.
- Definir el tipo de dispositivo y obtener del paciente o de otra fuente la tarjeta de identificación del fabricante, radiografía de tórax (si no hay otros datos disponibles).
- Determinar si el paciente es dependiente del DCRC para la función del MP.
- Determinar la función del DCRC con una evaluación más extensa del dispositivo, o en su caso, consultar con un cardiólogo o con el servicio de DCRC; entrar en contacto con el fabricante para recomendaciones perioperatorias.

Las directrices del ACC aconsejan que los exámenes cardiológicos (prueba de esfuerzo, ecocardiograma) se hagan de acuerdo con la patología subyacente del paciente, medicamentos, sintomatología, intervalo desde el último examen e intervención planificada<sup>55</sup>.

No son necesarias pruebas especiales de laboratorio o radiografías en pacientes con un MP convencional. Sin embargo, un paciente con un MP o DCI BiV puede necesitar una radiografía torácica para documentar la posición del electrodo en el seno coronario, especialmente si la colocación en línea central está planificada. La mayoría de los DCRC actuales poseen un código de rayos X que puede ser usado para identificar al fabricante del dispositivo<sup>6</sup>. El generador debe ser identificado y la ubicación del generador de impulsos observada. Normalmente, el generador para los electrodos epicárdicos se mantiene en el abdomen y sobre uno de los músculos pectorales para los electrodos endocárdicos<sup>6</sup>. Si el interrogatorio no es una opción, se puede reducir la frecuencia cardíaca intrínseca a un ritmo inferior al del MP mediante masaje carotídeo o maniobra de Valsalva<sup>1,56</sup>.

Se debe considerar la sustitución inmediata de cualquier dispositivo con fecha de cambio cercana. La reducción de un 10% en la frecuencia desde la implantación indica una depleción de la fuente de alimentación<sup>8</sup>. La frecuencia y el ritmo subyacentes del paciente deben ser determinados (que, a su vez, determinan la necesidad de *backup*/soporte de estimulación externa). Todas las mejoras de frecuencia y de respuesta de la frecuencia de ventilación por minuto deben ser programadas para el modo «off» y las funciones anti-taquiarritmia del DAI suspendidas si están presentes. Para los pacientes con DAI que dependan de la función estimulación para el control de la bradiarritmia, esas funciones deben ser alteradas mediante programación<sup>6</sup>. El límite inferior de la frecuencia puede ser aumentado para optimizar el suministro de oxígeno a los tejidos en casos más importantes<sup>1</sup>. Se debe determinar si una IEM puede o no ocurrir. Las técnicas anestésicas no influyen en la función del DCRC. Sin embargo, las alteraciones fisiológicas inducidas por la anestesia (o sea, frecuencia cardíaca, ritmo o isquemia) en el paciente pueden inducir respuestas inesperadas del DCRC o afectar adversamente la interacción DCRC-paciente<sup>6</sup>.

Una reprogramación adecuada es el camino más seguro para evitar problemas intraoperatorios, además de ser

necesaria en cualquier dispositivo de respuesta a la frecuencia, cardiomiopatía hipertrófica obstructiva/dilatada, pacientes pediátricos, pacientes dependientes de MP, procedimiento importante en el pecho/abdomen, procedimientos especiales (litotricia, RTUP, histeroscopia, TEC, uso de succinilcolina, RM)<sup>1</sup>. La estimulación temporal y el equipo de desfibrilación deben estar completamente disponibles antes, durante y después de cualquier procedimiento<sup>6</sup>.

## Consideraciones intraoperatorias

La anestesia general puede presentar una serie de problemas para los pacientes portadores de MP, aunque raramente pase a causa de las técnicas de anestesia contemporáneas. El Task Force está de acuerdo en que debe tenerse delante continuamente el electrocardiograma del paciente y en que debe realizarse la monitorización continua del pulso periférico en todos los pacientes con DCRC que reciban anestesia general o regional, sedación o cuidados anestésicos monitorizados. La sístole mecánica (que representa la actividad eléctrica ritmada) se evalúa mejor por la onda pletismográfica de la oximetría de pulso, o por la forma de la onda de la presión arterial<sup>1</sup>. La presencia de MP no es una indicación para la inserción de la arteria pulmonar o catéter venoso central<sup>57</sup>. La inserción de un cable guía o catéter venoso central es potencialmente arritmogénica<sup>5</sup> y puede ocurrir el desplazamiento de un electrodo endocárdico transvenoso recién colocado. Por eso debemos tener cuidado, y se puede utilizar un catéter de arteria pulmonar multipropósito con instalaciones de estimulación<sup>58</sup>. Los medicamentos de urgencia deben estar disponibles, incluyendo la estimulación temporal y la desfibrilación.

La inducción anestésica con succinilcolina puede causar fasciculaciones musculares significativas, conllevando la completa inhibición del MP debido a la superdetección, lo que da como resultado una parada cardíaca en los pacientes dependientes de MP<sup>59</sup>. La fasciculación muscular inducida por la succinilcolina puede ser evitada con el uso de un relajante muscular no despolarizante o la desfasciculación con el relajante muscular no despolarizante antes de la administración de la succinilcolina<sup>8</sup>. Esa complicación también puede ser evitada por medio de la reprogramación temporal del MP a un modo asíncrono<sup>4</sup>. Los narcóticos y técnicas inhalatorias no alteran los umbrales del voltaje y de la corriente del MP<sup>60</sup> y, por tanto, pueden ser usados con seguridad. El uso de N<sub>2</sub>O puede causar el mal funcionamiento del MP por aumento de gas en el revestimiento prepectoral del MP (pérdida de contacto anodal)<sup>61</sup>. El etomidato y la cetamina deben ser evitados porque causan movimientos mioclónicos<sup>5</sup>. La ventilación con presión positiva puede causar el desplazamiento del MP y por tanto, la función de este debe ser verificada antes y después del inicio de la ventilación mecánica<sup>62</sup>.

Muchas anomalías metabólicas y electrolíticas pueden afectar la función MP y, por tanto, el seguimiento de tales eventos es algo esencial. Los temblores deben ser evitados y la temperatura debe mantenerse constante en los MP de respuesta a grados y temperatura<sup>9</sup>.

En caso de interacciones imprevistas con el dispositivo, considerar la suspensión del procedimiento hasta que el origen de la interferencia pueda ser eliminado o controlado<sup>6</sup>. En el caso de un fallo intraoperatorio del MP, la



concentración de oxígeno inspirado debe aumentar al 100%. Todas las conexiones y la batería del generador deben ser verificadas. El generador debe ser definido para el modo asíncrono y la salida ventricular debe estar al máximo. El control farmacológico (atropina, isoproterenol o epinefrina) puede ser útil hasta que el problema se resuelva. El fallo temporal de un electrodo transvenoso para capturar el ventrículo es generalmente causado por el aislamiento del electrodo del endocardio ventricular; el avance lento y cuidadoso del catéter o cable guía durante la estimulación muchas veces resulta en una captura. En caso de que no pueda mantenerse una presión arterial adecuada con agonistas adrenérgicos, debe hacerse la reanimación cardiopulmonar hasta que se conecte otro electrodo de estimulación o se pueda obtener una nueva caja de generador<sup>1</sup>. Para el paciente con un desfibrilador implantado, las instalaciones para la desfibrilación externa deben estar disponibles inmediatamente después de que el dispositivo sea desactivado<sup>30</sup>. En caso de que el paciente comience con TV, los cirujanos deben estar listos para cancelar todas las fuentes de IEM, el imán debe ser retirado para permitir actividades antitaquicardia y observar el dispositivo, y si falla, debe iniciarse la desfibrilación externa/cardioversión.

La interferencia eléctrica proveniente de unidades de los electrocauterios quirúrgicos, la electroconvulsivoterapia y la litotricia ya ha sido discutida.

### Consideraciones postoperatorias

Monitorizar la frecuencia y el ritmo cardíaco constantemente durante todo el período postoperatorio inmediato.<sup>6</sup>

Los medicamentos de urgencia y equipos deben estar disponibles<sup>6</sup>.

El dispositivo debe ser reprogramado para configuraciones adecuadas. Para un DAI, todas las terapias antitaquiarítmicas deben ser restablecidas. Puede ser necesario consultar a un cardiólogo o un servicio de MP-DAI<sup>6</sup>.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Bibliografía

- Rozner MA. Implantable cardiac pulse generators: pacemakers and cardioverter-defibrillators. En: Miller RD, editor. *Miller's anesthesia*. 7th ed USA: Churchill Livingstone; 2009. p. 1388–402 [chapter 43].
- Bernstein AD, Daubert JC, Fletcher RD, et al. The revised NASPE/BPEG generic code for antibradycardia, adaptive-rate, and multisite pacing. North American Society of Pacing and Electrophysiology/British Pacing and Electrophysiology Group. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2002;25:260–4.
- ACC/AHA/HRS 2008 guidelines for device-based therapy of cardiac rhythm abnormalities. *J Am Coll Cardiol*. 2008;51:1–62.
- Banker R, Mitchell R, Badhwar N, et al. Pacemakers and implantable cardioverter-defibrillator emergencies. En: Jeremias A, Brown DL, editores. *Cardiac intensive care*. 2nd ed Philadelphia, PA, USA: Saunders; 2010. p. 310–34.
- Sethuran S, Toff WD, Vuylsteke A, et al. Implanted cardiac pacemakers and defibrillators in anaesthetic practice. *Br J Anaesth*. 2002;88:627–31.
- 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;103:186–98.
- Kleinman B, Hamilton J, Hariman R. Apparent failure of a precordial magnet and pacemaker programmer to convert a DDD pacemaker to VOO mode during the use of the electrosurgical unit. *Anesthesiology*. 1997;86:247–50.
- Rastogi S, Goel S, Tempe DK, et al. Anaesthetic management of patients with cardiac pacemakers and defibrillators for noncardiac surgery. *Ann Cardiac Anaesth*. 2005;8:21–32.
- Chien WW, Foster E, Phillips B, et al. Pacemaker syndrome in a patient with DDD pacemaker for long QT syndrome. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1991;14:1209–12.
- Brode SE, Schwartzman D, Callans DJ, et al. ICD-antiarrhythmic drug and ICD-pacemaker interactions. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 1997;8:830–42.
- Kalin R, Stanton MS. Current clinical issues for MRI scanning of pacemaker and defibrillator patients. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2005;28:326–8.
- Levine GN, Gomes AS, Arai AE, et al., American Heart Association Committee on Diagnostic and Interventional Cardiac Catheterization; American Heart Association Council on Clinical Cardiology; American Heart Association Council on Cardiovascular Radiology and Intervention. Safety of magnetic resonance imaging in patients with cardiovascular devices: an American Heart Association scientific statement from the Committee on Diagnostic and Interventional Cardiac Catheterization, Council on Clinical Cardiology, and the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention: endorsed by the American College of Cardiology Foundation, the North American Society for Cardiac Imaging, and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *Circulation*. 2007;116:2878–91.
- Roguin A, Goldsher D. Magnetic resonance imaging in individuals with cardiovascular implantable electronic devices. *Europace*. 2008;10:336–46.
- Schwartzenburg CF, Wass CT, Strickland RA, et al. Rate-adaptive cardiac pacing: implications of environmental noise during craniotomy. *Anesthesiology*. 1997;87:1252–4.
- Hayes DL, Holmes Jr DR, Gray JE. Effect of 1.5 Tesla nuclear magnetic resonance imaging scanner on implanted permanent pacemakers. *J Am Coll Cardiol*. 1987;10:782–6.
- Sommer T, Vahlhaus C, Lauck G, et al. MR imaging and cardiac pacemakers: in-vitro evaluation and in-vivo studies in 51 patients at 0.5 T. *Radiology*. 2000;215:869–79.
- Gimbel JR, Johnson D, Levine PA, et al. Safe performance of magnetic resonance imaging on five patients with permanent cardiac pacemakers. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1996;19:913–9.
- Nazarian S, Roguin A, Zviman MM, 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;114:1277–84.
- Kanal E, Barkovich AJ, Bell C. ACR guidance document for safe MR practices. *Am J Roentgenol*. 2007;188:1–27.
- Martin TE, Coman JA, Shellock FG, et al. Magnetic resonance imaging and cardiac pacemaker safety at 1.5-Tesla. *J Am Coll Cardiol*. 2004;43:1315–24.
- Loewy J, Loewy A, Kendall EJ. Reconsideration of pacemakers and MR imaging. *Radiographics*. 2004;24:1257–68.
- Domino KB, Smith TC. Electrocautery-induced reprogramming of a pacemaker using a precordial magnet. *Anesth Analg*. 1983;62:609–12.
- Belott PH, Sands S, Warren J. Resetting of DDD pacemakers due to EMI. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1984;7:169–72.
- Van Hemel NM, Hamerlijnck RP, Pronk KJ, et al. Upper limit ventricular stimulation in respiratory rate responsive pacing

- due to electrocautery. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1989;12:1720-3.
25. Chauvin M, Crenner F, Brechenmacher C. Interaction between permanent cardiac pacing and electrocautery: the significance of electrode position. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1992;15:2028-33.
  26. Levine PA, Balady GJ, Lazar HL, et al. Electrocautery and pacemakers: management of the paced patient subject to electrocautery. *Ann Thorac Surg.* 1986;41:313-7.
  27. Erdman S, Levinsky L, Servadio C, et al. Safety precautions in the management of patients with pacemakers when electrocautery operations are performed. *Surg Gynecol Obstet.* 1988;167:311-4.
  28. Alexopoulos GS, Frances RJ. ECT and cardiac patients with pacemakers. *Am J Psychiatry.* 1980;137:1111-2.
  29. Rozner MA. Intrathoracic gadgets: update on pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators. *ASA Refresher Course;* 1999. p. 212.
  30. Salukhe TV, Dob D, Sutton R. Pacemakers and defibrillators: anaesthetic implications. *Br J Anaesth.* 2004;93:95-104.
  31. Philbin DM, Marieb MA, Aithal KH, et al. Inappropriate shocks delivered by an ICD as a result of sensed potentials from a transcutaneous electronic nerve stimulation unit. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1998;21:2010-1.
  32. Raitt MH, Stelzer KJ, Laramore GE, et al. Runaway pacemaker during high-energy neutron radiation therapy. *Chest.* 1994;106:955-7.
  33. Souliman SK, Christie J. Pacemaker failure induced by radiotherapy. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1994;17:270-3.
  34. Muller-Runkel R, Orsolini G, Kalokhe UP. Monitoring the radiation dose to a multiprogrammable pacemaker during radical radiation therapy: a case report. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1990;13:1466-70.
  35. Langberg J, Abber J, Thuroff JW, et al. The effects of extracorporeal shock wave lithotripsy on pacemaker function. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1987;10:1142-6.
  36. Cooper D, Wilkoff B, Masterson M, et al. Effects of extracorporeal shock wave lithotripsy on cardiac pacemakers and its safety in patients with implanted cardiac pacemakers. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1988;11:1607-16.
  37. Albers DD, Lybrand 3rd FE, Axton JC, et al. Shockwave lithotripsy and pacemakers: experience with 20 cases. *J Endourol.* 1995;9:301-3.
  38. Ganem JP, Carson CC. Cardiac arrhythmias with external fixed rate signal generators in shock wave lithotripsy with the Medstone lithotripter. *Urology.* 1998;51:548-52.
  39. Ito S, Shibata H, Okahisa T, Okamura S, et al. Endoscopic therapy using monopolar and bipolar snare with a high-frequency current in patients with a pacemaker. *Endoscopy.* 1994;26:270.
  40. Aylward P, Blood R, Tonkin A. Complications of defibrillation with permanent pacemaker in situ. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1979;2:462-4.
  41. Waller C, Callies F, Langenfeld H. Adverse effects of direct current cardioversion on cardiac pacemakers and electrodes: is external cardioversion contraindicated in patients with permanent pacing systems? *Europace.* 2004;6:165-8.
  42. Das G, Eaton J. Pacemaker malfunction following transthoracic countershock. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1981;4:487-90.
  43. Levine PA, Barold SS, Fletcher RD, et al. Adverse acute and chronic effects of electrical defibrillation and cardioversion on implanted unipolar cardiac pacing systems. *J Am Coll Cardiol.* 1983;1:1413-22.
  44. Gould L, Patel S, Gomes GI, et al. Pacemaker failure following external defibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1981;4:575-7.
  45. Calkins H, Brinker J, Veltri EP, et al. Clinical interactions between pacemaker and automated implantable cardioverter defibrillators. *J Am Coll Cardiol.* 1990;16:666-73.
  46. Yee R, Jones DL, Klein GJ. Pacing threshold changes after transvenous catheter countershock. *Am J Cardiol.* 1984;53:503-7.
  47. Lau FY, Bilitch M, Wintroub HJ. Protection of implanted pacemakers from excessive electrical energy of DC shock. *Am J Cardiol.* 1969;23:244-9.
  48. Mehta Y, Swaminathan M, Juneja R, et al. Case 12-2-1998. Noncardiac surgery and pacemaker cardioverter-defibrillator management. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 1998;12:221-4.
  49. Mangar D, Atlas GM, Kane PB. Electrocautery-induced pacemaker malfunction during surgery. *Can J Anaesth.* 1991;38:616-8.
  50. Heymsfield SB, Wang Z, Visser M, et al. Techniques used in the measurement of body composition: an overview with emphasis on bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr.* 1996;64 3 Suppl:478S-84S.
  51. Lee SY, Gallagher D. Assessment methods in human body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2008;11:566-72.
  52. Rienzo VD, Minelli M, Sambugaro R. Applicability of extracellular electrical impedance tomography in monitoring respiratory tract inflammation. *J Investig Allergol Clin Immunol.* 2007;17:34-8.
  53. Dohrmann ML, Goldschlager NF. Myocardial stimulation threshold in patients with cardiac pacemakers: effect of physiologic variables, pharmacologic agents, and lead electrodes. *Cardiol Clin.* 1985;3:527-37.
  54. Saxon LA, Stevenson WG, Middlekauff HR, et al. Increased risk of progressive hemodynamic deterioration in advanced heart failure patients requiring permanent pacemakers. *Am Heart J.* 1993;125:1306-10.
  55. Fleisher LA, Beckman JA, Brown KA, et al.; American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Revise the 2002 Guidelines on Perioperative Cardiovascular Evaluation for Noncardiac Surgery); American Society of Echocardiography; American Society of Nuclear Cardiology; Heart Rhythm Society; Society of Cardiovascular Anesthesiologists; Society for Cardiovascular Angiography and Interventions; Society for Vascular Medicine and Biology; Society for Vascular Surgery. ACC/AHA 2007 guidelines on perioperative cardiovascular evaluation and care for noncardiac surgery: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Revise the 2002 Guidelines on Perioperative Cardiovascular Evaluation for Noncardiac Surgery): developed in collaboration with the American Society of Echocardiography, American Society of Nuclear Cardiology, Heart Rhythm Society, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society for Vascular Medicine and Biology, and Society for Vascular Surgery. *Circulation.* 2007;116:e418-99.
  56. Simon AB. Perioperative management of the pacemaker patient. *Anesthesiology.* 1977;46:127-31; Simon AB. Perioperative management of the pacemaker patient. *Circulation.* 2007;116:1971-6.
  57. Zaidan JR. Pacemakers. *Anesthesiology.* 1984;60:319-34.
  58. Kemnitz J, Peters J. Cardiac pacemakers and implantable cardioverter defibrillators in the perioperative phase. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* 1993;28:199-212.
  59. Finfer SR. Pacemaker failure on induction of anaesthesia. *Br J Anaesth.* 1991;66:509-12.
  60. Atlee JL, Bernstein AD. Cardiac rhythm management devices, perioperative management. *Anesthesiology.* 2001;95:1492-506.
  61. Lamas GA, Rebecca GS, Braunwald NS, et al. Pacemaker malfunction after nitrous oxide anesthesia. *Am J Cardiol.* 1985;56:995-6.
  62. Thiagarajah S, Azar I, Agres M, et al. Pacemaker malfunction associated with positive pressure ventilation. *Anesthesiology.* 1983;58:565-6.