

Nociones básicas sobre marcapasos y desfibriladores automáticos implantables

Inmaculada Sánchez Pérez, Antonio Hernández Madrid

Unidad de Arritmias. Servicios de Cardiología Pediátrica y Cardiología.
Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid

GENERALIDADES

Introducción

La rápida evolución de la tecnología aplicada a la terapéutica mediada por dispositivos cardíacos, especialmente entre los años setenta y ochenta, produjo una reducción en el tamaño y un aumento en la durabilidad de los mismos. Esto aumentó la indicación en los pacientes pediátricos, quienes se beneficiaron con estos avances, llevando la posibilidad de implante de dispositivos con sistemas transvenosos a los primeros años de la vida.

El uso más frecuente y más conocido es para el tratamiento de las bradicardias, aunque también son de gran utilidad para el diagnóstico de arritmias y tratamiento de taquiarritmias tanto auriculares como ventriculares y un arma útil en el diagnóstico y tratamiento de alteraciones cardíacas no relacionadas con el ritmo.

Marcapasos

Un marcapasos es un dispositivo compuesto por un generador, capaz de producir estímulos, y unos electrodos conductores, capaces de transmitir estos estímulos al corazón. Además, determinados marcapasos tienen la posibilidad de detectar y analizar la actividad eléctrica propia del corazón y de actuar en función de esa detección (**Figura 1**)⁽¹⁾.

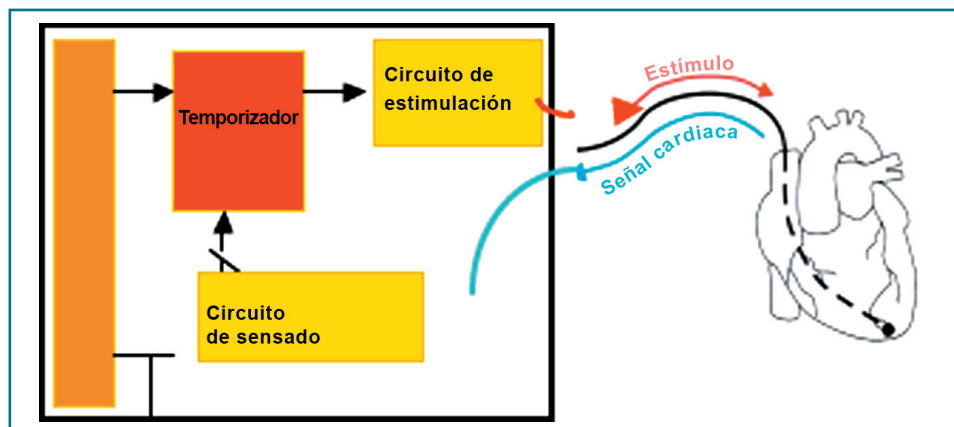


Figura 1. Mecanismo de funcionamiento de un marcapasos.

Tipos

Estimulación transitoria

- **Transcutáneo.** Consta de 2 parches: 1 positivo, que se debe ubicar en la región subclavicular derecha o en la espalda (en niños más pequeños), y otro negativo, que se debe poner en la región del ápex cardiaco (**Figura 2**). Estimula casi siempre el ventrículo derecho (VD). Su gran ventaja es la rapidez y facilidad de emplazamiento, por lo que es recomendable en situaciones de emergencia si no se dispone de adiestramiento en la canalización de las vías, y su inconveniente es que necesita salidas de hasta 40-80 mV y con frecuencia produce estimulación muscular, es doloroso e incómodo para el paciente, por lo que requiere analgesia y sedación, lo que limita el tiempo recomendable para este tipo de estimulación⁽²⁻⁴⁾.

- **Transesofágico.** Consiste en la estimulación cardíaca a través de un electrodo introducido por la boca o la nariz del paciente hasta la región esofágica más próxima a la aurícula derecha.

La estimulación del VD desde la cámara gástrica es mucho más difícil e inconstante. La longitud del electrodo que debe ser introducido se calcula como la talla en cm/5 aproximadamente (**Figura 3**). Esta técnica es útil en el diagnóstico de arritmias cardia-

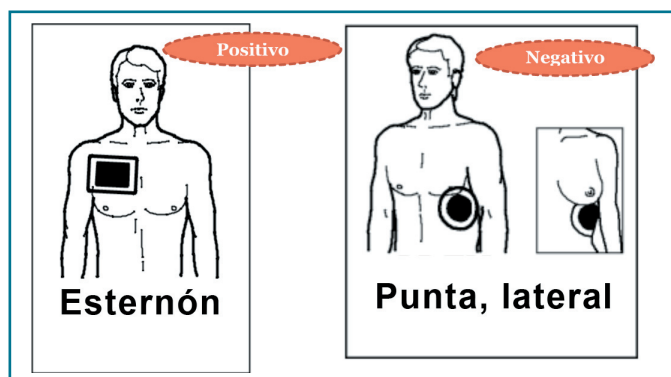


Figura 2. Estimulación transcutánea.

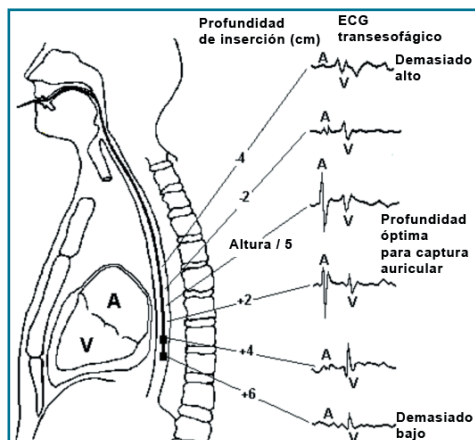


Figura 3. Estimulación tranesofágica.

cas no distinguibles adecuadamente por electrocardiograma de superficie y para el tratamiento de bradiarritmias por disfunción sinusal (nunca bloqueos aurículo-ventriculares [BAV]) y taquiarritmias mediante sobreestimulación, lo que la hace útil en el tratamiento de arritmias postoperatorias. Su inconveniente es que necesita salidas de estimulación altas (> 20 mV) y es, al igual que la anterior, una técnica transitoria⁽⁵⁾.

Estimulación epicárdica transitoria

Se utiliza generalmente en el postoperatorio de una cirugía cardíaca durante los 7-10 días posteriores a la misma. El cirujano implanta 2 electrodos epicárdicos auriculares y 2 ventriculares que tuneliza hasta la superficie cutánea (a la derecha los auriculares y a la izquierda los ventriculares) (**Figura 4**) para el tratamiento y diagnóstico tanto de las taquiarritmias como de las bradiarritmias supra y ventriculares. Cuando llevan varios días implantados, es frecuente que los electrodos den problemas de captura y detección, lo que hace necesario su recambio por unos definitivos, si el paciente lo precisa⁽⁶⁾.

Estimulación definitiva epicárdica o endocavitaria

Este tipo de estimulación se utiliza cuando el niño va a necesitar una estimulación de forma permanente. El abordaje epicárdico se utiliza cuando el niño es muy pequeño y el abordaje endovascular supondría una obstrucción por cualquiera de sus vías de acceso, y cuando la anatomía de la lesión o corrección cardíaca impide el acceso por vía venosa a la aurícula derecha y/o a los ventrículos. El acceso endovascular venoso suele ser de elección por cualquiera de sus vías, más frecuentemente el subclavio, pero también el yugular, el cefálico o el axilar (**Figura 5**).

Tipos de estimulación⁽⁷⁾

- **Monopolar:** En la estimulación monopolar ambos polos se encuentran separa-

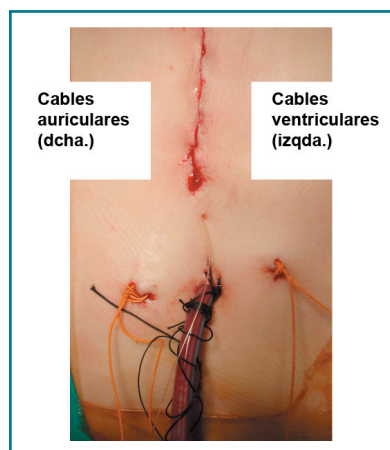


Figura 4. Marcapasos transitorio.

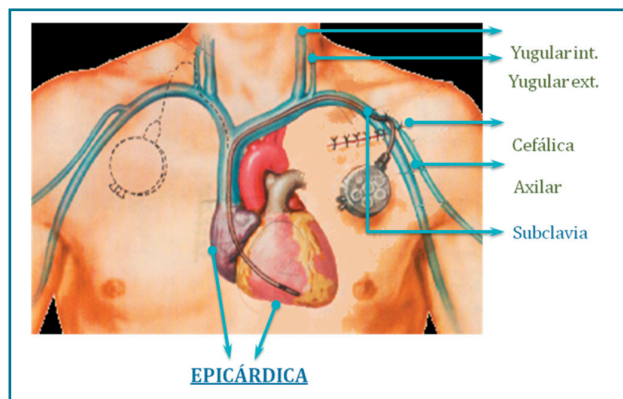


Figura 5. Marcapasos definitivo endocavitario.

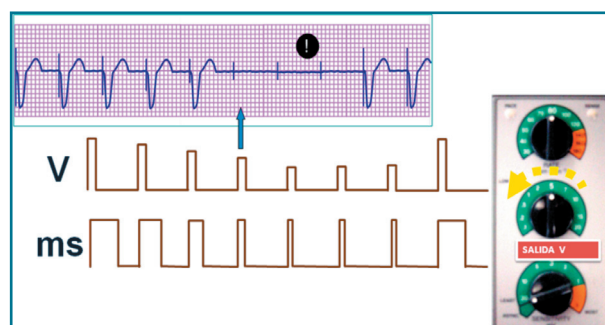


Figura 6. Captura.

dos, situándose el cátodo en el extremo distal del electrodo, y la carcasa del generador hace de ánodo; la espiga en el electrocardiograma de superficie será mayor.

• **Bipolar:** En este tipo de estimulación ambos polos se encuentran en el extremo del electrodo. El cátodo está en el extremo distal, y el ánodo, a 1 cm de éste aproximadamente. La espiga en el electrocardiograma de superficie será menos visible, pasando en ocasiones desapercibida. Este tipo de estimulación tiene menos posibilidades de estimulación frénica y muscular.

Nomenclatura

• **Umbral de estimulación:** Es el mínimo impulso eléctrico del generador cuantificado por su intensidad (voltaje: reobase: V) y duración de pulso (cronaxia: ms) necesario para conseguir el umbral de despolarización celular miocárdica (captura) (**Figura 6**)⁽⁸⁾.

• **Umbral de detección: sensado:** Es la capacidad, por parte del dispositivo, de detectar el frente de despolarización miocárdica, ya sea propia o inducida por estímulo eléctrico (sensibilidad: mV). Si la sensibilidad es baja, la capacidad de detección será mayor, y si es alta, será menor (es como una valla: si está más baja, dejará ver mejor lo que hay detrás) (**Figura 7**)⁽⁹⁾.

Modos de estimulación

Siguiendo el código general de la North American Society for Pacing and Electrophysiology (NASPE), se asignan unas iniciales que corresponden a la cámara estimulada (A: aurícula; V: ventrículo; D: ambos), a la cámara detectada (O: ninguna; A: aurícula; V: ventrículo; D: ambos), a la respuesta a esta detección (O: ninguna; I: inhibición; T: disparo; D: ambas) y, por último, al hecho de si existe modulación de frecuencia cardíaca (FC) mediante sensores para detectar el

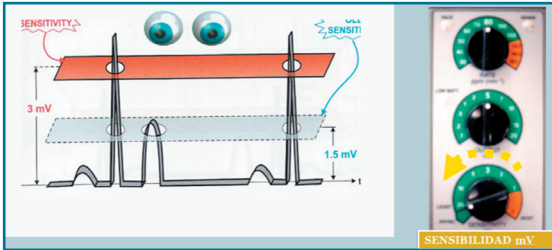


Figura 7. Sensado.



Figura 8. Código general NASPE.

aumento de la actividad metabólica y, con ello, acelerar la FC y compensar la incompetencia cronotópica (O: ninguna; R: existe) (Figuras 8 y 9)⁽¹⁰⁾.

Así, dependiendo de cuál sea la patología que motive la indicación de estimulación cardíaca, se precisará uno u otro modo de estimulación. Resumiremos a continuación los más frecuentes.

Estimulación monocameral

- **AAI:** Estimula en la aurícula y se inhibe si ve actividad propia. Está indicado en la bradicardia sinusal, el paro sinusal y las arritmias auriculares. No se debe indicar en el BAV. En el electrocardiograma

de superficie se observa una P diferente a la sinusal posterior a una espícula (Trazado 1)⁽¹¹⁾.

- **VVI:** Estimula en el ventrículo y se inhibe si ve actividad propia. Se utiliza en BAV en niños muy pequeños en los que no se pueden introducir 2 electrocatéteres o no se consigue un adecuado lugar de captura auricular. En el electrocardiograma de

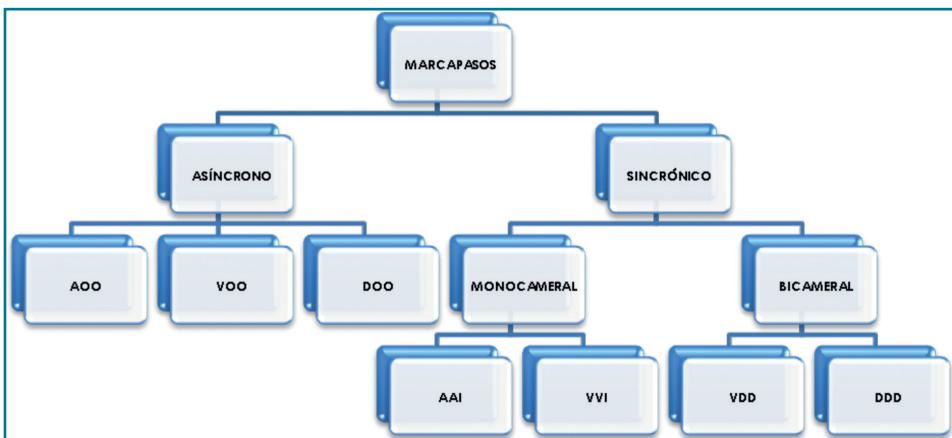


Figura 9. Modos de estimulación.



Trazado 1. AAI.



Trazado 2. VVI.

superficie se observa un QRS ancho con morfología de bloqueo de rama izquierda (BRI) precedido de una espícula (**Trazado 2**)⁽¹²⁾.

Estimulación bicameral

- **VDD:** No es capaz de estimular la aurícula, pero sí detecta la actividad auricular y estimula el ventrículo sincrónicamente con ésta. Es el modo de estimulación de elección cuando no existe patología sinusal en BAV, fundamentalmente en niños en los que no se pueden introducir 2 electrocatéteres. En el electro de superficie se observa una P sinusal seguida de QRS ancho con morfología de BRI precedido de una espícula (**Trazado 3**)^(13,14).

- **DDD:** Sensa y estimula sincrónicamente ambas cámaras. Es el modo de estimulación de elección para las disfunciones sinusales asociadas a trastorno de la conducción AV. Generalmente se implanta en niños más mayores (**Trazado 4**)⁽¹⁵⁾.



Trazado 3. VDD.



Trazado 4. DDD.

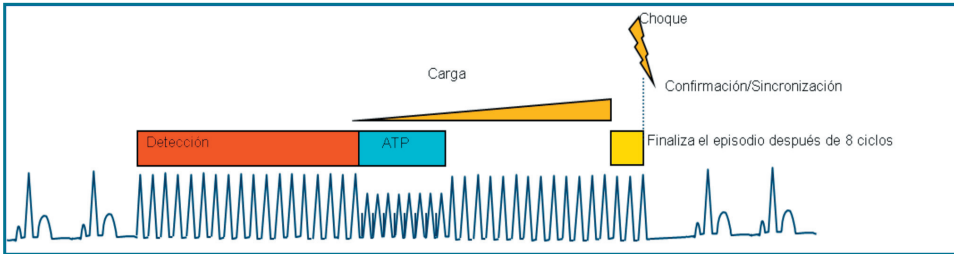


Figura 10. ATP durante la carga.

Desfibriladores implantables

Son dispositivos que, al igual que los marcapasos, tienen la facultad de estimular el corazón en determinadas bradiarritmias. Además, permiten analizar la actividad eléctrica propia del corazón detectando las arritmias ventriculares y actuando sobre ellas con sobreestimulación o choque eléctrico (**Figura 10**)⁽¹⁶⁻¹⁸⁾.

MARCAPASOS Y DESFIBRILADORES AUTOMÁTICOS IMPLANTABLES PARA EL DIAGNÓSTICO

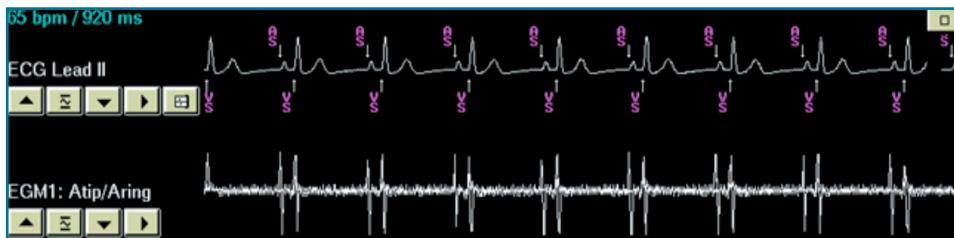
Diagnóstico de arritmias

Los marcapasos, tanto temporales como definitivos, además de la función conocida por todos de estimulación por su ubicación endocavitaria, epicárdica o transesofágica, son de gran utilidad en el diagnóstico de ritmo sinusal normal (**Trazado 5**) cuando el trazado de superficie es dudoso o artefactado por su mayor proximidad al tejido cardíaco. También son útiles en la discriminación de taquiarritmias supra y ventriculares (**Trazados 6 y 7**).

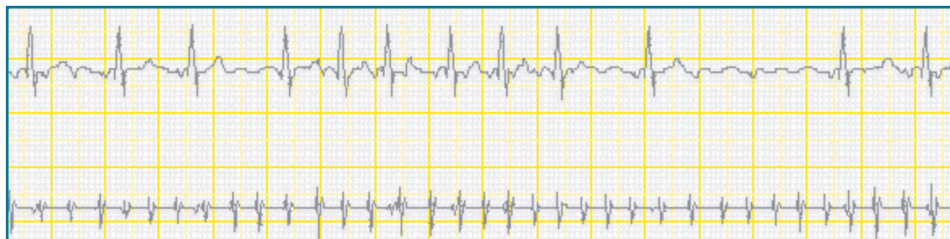
Diagnóstico disfunción del dispositivo

Fallo de captura

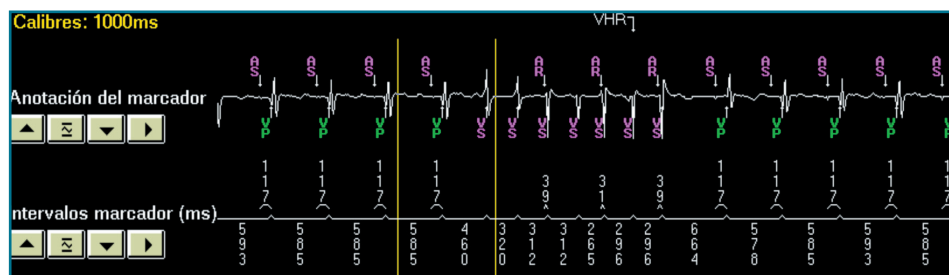
El impulso enviado por el dispositivo no consigue la despolarización celular. Se registra una espícula que no se sigue de actividad auricular o ventricular. El paciente, sobre



Trazado 5. Sensado auricular y ventricular.



Trazado 6. *Sensado de auriculograma con taquicradia auricular.*



Trazado 7. *Sensado de taquicardia ventricular.*

todo si es dependiente, manifestará clínica de mareo o síncope. Puede deberse a desplazamiento o fractura del electrodo. Ocurre en electrodos crónicos o epicárdicos transitorios que llevan muchos días o agotamiento de la batería. Se debe chequear el buen estado y posicionamiento del electrodo (radiografía e impedancia del electrodo), el estado del generador e intentar incrementar la salida (umbral de estimulación) para lograr la captura (**Trazado 8**)⁽¹⁹⁾.

Fallo de sensado

- **Infrasensado:** El dispositivo no es capaz de ver la actividad propia auricular o ventricular y no actúa, por tanto, en consecuencia inhibiéndose o sincronizando la estimulación con esa actividad propia. El paciente manifestará fatiga o palpitaciones. Puede deberse a desplazamiento o fractura del electrodo o agotamiento de la batería y también a infarto en la región del electrodo o alteración metabólica. Habrá que revisar todas estas eventualidades e intentar bajar la sensibilidad para lograr un adecuado sentido (**Trazado 9**)⁽²⁰⁾.



Trazado 8. Fallo de captura.



Trazado 9. *Fallo de sensado.*



Trazado 10. *Suprasensado.*

• **Suprasensado:** El dispositivo se inhibe en el caso de los marcapasos o da un choque (terapia inapropiada) en el caso de los desfibriladores automáticos implantables (DAI) porque sensa actividad eléctrica que en realidad es un artefacto o P prominente u onda T. Ocurre también cuando el QRS es pequeño. Se registra una pausa sin espícula. Habrá que subir la sensibilidad lo suficiente para que no detecte estos artefactos (**Trazado 10**).

Diagnóstico de descompensación cardiaca

Los nuevos dispositivos, además de su capacidad de registro de la actividad eléctrica cardiaca, tienen la posibilidad de detectar una disminución de la impedancia torácica como expresión de la congestión pulmonar por acúmulo líquido anticipándose a la aparición de sintomatología posibilitando la terapia precoz (**Figura 11**)⁽²¹⁾.



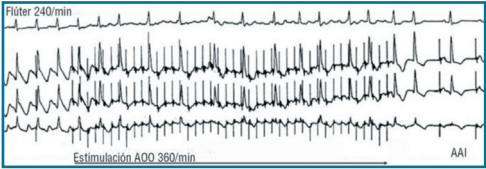
Figura 11. *Detección de impedancia torácica.*

MARCAPASOS Y DESFIBRILADORES AUTOMÁTICOS IMPLANTABLES PARA EL TRATAMIENTO

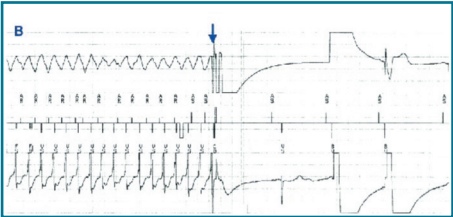
Tratamiento de taquiarritmias

Supraventriculares

Mediante la sobreestimulación auricular, bien sea manual o con los dispositivos



Trazado 11. Sobreestimulación auricular.



Trazado 12. Choque en taquicardia ventricular.

antitaquicardia auricular, que ya tienen unas zonas de detección y pautas de estimulación programables, se puede conseguir la detección de taquicardias supra-ventriculares por reentrada auricular, taquicardias de la unión posquirúrgica... (**Trazado 11**)⁽²²⁾.

Ventriculares

Los DAI tienen la posibilidad de suprimir taquicardias ventriculares mediante sobreestimulación ventricular (*antitachycardia therapy pace* [ATP]) o choque eléctrico. En los niños, la tendencia actual es la actuación rápida mediante choque eléctrico sin ATP previo (**Trazado 12**).

En la población pediátrica están indicados en la prevención primaria y secundaria con DAI los casos expuestos en la **Tabla 1**⁽²³⁾.

Tabla 1. Indicación de DAI en pediatría en atención primaria y secundaria

Clase I	• Muerte súbita resucitada después de la evaluación para definir la causa del evento y para excluir las causas reversibles • Taquicardia ventricular (TV) sostenida en asociación con cardiopatía congénita tras evaluación hemodinámica y electrofisiológica, siendo la ablación con catéter o la reparación quirúrgica una alternativa posible
Clase IIa	• Pacientes con cardiopatía congénita y antecedentes de síncope recurrente de origen indeterminado en la presencia de una disfunción ventricular o de arritmias ventriculares inducibles en estudios electrofisiológicos
Clase IIb	• Pacientes con síncope recurrente asociado con cardiopatía congénita y disfunción ventricular sistémica avanzada cuando no queda clara la causa tras realizar estudios invasivos y no invasivos
Clase III	• Similar al adulto: todos los casos no descritos anteriormente

Tratamiento de bradiarritmias: indicaciones de estimulación permanente⁽²³⁾ (Tabla 2)

Tabla 2. Indicación de DAI en pediatría en atención primaria y secundaria

Clase I	1. BAV 2.º grado avanzado o 3.º grado: • Asociado con bradicardia sintomática • Disfunción ventricular o bajo gasto cardiaco • Cuando persiste más allá del 7.º día de la cirugía cardiaca • Bloqueo congénito con ritmos de escape ventriculares (anchos) • En lactantes (< 1 año) con frecuencia < 50-55 lpm; cuando asocia cardiopatía congénita estará indicado para frecuencias < 70 lpm 2. DNS con síntomas durante bradicardia inapropiada para edad. La definición de bradicardia varía según la edad y FC estimada para ella 3. Paciente con pausa sostenida, de la que depende iniciación de taquiarritmia ventricular, con o sin QT prolongado, y en el que la eficacia del MP esté bien documentada
Clase IIa	4. Síndrome de bradicardia-taquicardia que precise durante largo tiempo tratamiento con fármacos antiarrítmicos, distintos de la digital 5. BAV 3.º grado congénito, después del primer año de vida, con FC < 50 lpm, pausas bruscas en la frecuencia ventricular (doble o triple del ciclo base de escape), o asociado a síntomas por incompetencia cronotrópica 6. Síndrome del QT largo con BAV 2:1 o de 3.º grado 7. Bradicardia sinusal asintomática en niños con cardiopatía congénita compleja, FC < 40 lpm en reposo, o pausas en la frecuencia ventricular > 3 s 8. Pacientes con cardiopatía congénita y afectación hemodinámica debida a bradicardia sinusal o a pérdida de la sincronía aurículo-ventricular
Clase IIb	9. BAV de 3.º grado transitorio tras cirugía, que revierte a ritmo sinusal con bloqueo bifascicular residual 10. BAV de 3.º grado congénito, asintomático en lactantes, niños, adolescentes y jóvenes adultos con FC aceptable, QRS estrecho y función ventricular normal 11. Bradicardia sinusal asintomática en adolescentes con cardiopatía congénita y FC < 40 lpm en reposo, o pausas ventriculares de 3 s o más 12. Enfermedad neuromuscular con algún grado de BAV (incluido 1.º grado), con o sin síntomas, por la impredecible progresión de la afectación de la conducción AV
Clase III	13. BAV transitorio tras cirugía, con retorno a conducción AV normal 14. Bloqueo bifascicular tras cirugía, con o sin BAV de 1.º grado 15. BAV de 2.º grado de tipo I asintomático 16. Bradicardia sinusal asintomática, en adolescentes con intervalo R-R máximo < 3 s y FC ≥ 40 lpm

AV: AV: aurículo-ventricular; BAV: bloqueo aurículo-ventricular; DAI: desfibrilador automático implantable; DNS: disfunción del nodo sinusal; FC: frecuencia cardiaca; MP: marcapasos

ESQUEMA DE SEGUIMIENTO DE PACIENTE CON MARCAPASOS

Nombre:

N.º historia:

Edad:

Fecha:

Motivo consulta:

Indicación marcapaso:

Fecha implante:

Fecha recambio:

Dependiente:

	Marca	Modelo	Núm. serie
Dispositivo			
Electrodo vent.			
Electrodo aur.			

Incidencias clínicas:

INFORME INTERROGATORIO MARCAPASOS

Incidencias detectadas por dispositivo:

Trazado EKG:

Generador:

- Batería:
- Impedancia:
- Longevidad estimada:

Electrodos:

	Impedancia	Uni/Monopolar	Umbrales de sensado	Umbrales de estimulación
Aur.				
Vent.				

PROGRAMACIÓN/CAMBIOS

Modo de estimulación:

Frec. mín. lpm

Sensibilidad auricular:

Sensibilidad ventricular:

Amplitud/Duración de pulso salida aur.:

Amplitud/Duración vent.:

Intervalo AV programado:

RESUMEN:

Actitud:

ESQUEMA DE SEGUIMIENTO DE PACIENTE CON DAI

Nombre:
N.º historia:
Edad:
Fecha:

Motivo consulta:
Indicación DAI:
Fecha implante:

	Marca	Modelo	Núm. serie
Dispositivo			
Electrodo vent.			
Electrodo aur.			

Incidencias clínicas:

INFORME INTERROGATORIO DAI

Incidencias dispositivo/arritmias o terapias:

Trazado EKG:

Generador:

- Batería:
- Tiempo de carga:
- Última reforma de condensadores:

Electrodos:

	Impedancia estimulación	Impedancia desfibrilación	Umbrales de sensado	Umbrales de estimulación
Aur.				
Vent.				

PROGRAMACIÓN/CAMBIOS

Modo de estimulación

Frec. mín. lpm

Sensibilidad auricular:

Sensibilidad ventricular:

Amplitud/Duración de pulso salida aur.:

Amplitud/Duración vent.:

Intervalo AV programado:

Zona detección/terapia TV:

Zona detección/terapia FV:

RESUMEN:

Actitud:

INFORMACIÓN DE UTILIDAD PARA PACIENTES PORTADORES DE DISPOSITIVOS (LIMITACIONES, INTERFERENCIAS...)

Guía del paciente portador de marcapasos. Edita y distribuye Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios. <http://www.agemed.es>. Sociedad Española de Cardiología: <http://marcapasossec.org/> y sección de Estimulación Cardíaca.

BIBLIOGRAFÍA

1. Danilovic D, Ohm OJ. Pacing threshold trends and variability in modern tined leads assessed using high resolution automatic measurements: conversion of pulse width into voltage thresholds. *Pacing and clinical electrophysiology*. PACE 1999; 22: 567-87.
2. Altamura G, Toscano S, Lo Bianco F, et al. Emergency cardiac pacing for severe bradycardia. *Pacing Clin Electrophysiol* 1990; 13: 2038-43.
3. Falk RH, Battinelli NJ. External cardiac pacing using low impedance electrodes suitable for defibrillation: a comparative blinded study. *J Am Coll Cardiol* 1993; 22: 1354-58.
4. Coma R, Álvarez JA, Hernando A, Rodríguez J, Perales N, Carbonell A. Estimulación cardíaca transcutánea: nuestra experiencia y valoración. *Med Intensiva* 1987; 11: 308-12.
5. Gallagher JJ, Smith WM, Kerr CR, et al. Esophageal pacing: a diagnostic and therapeutic tool. *Circulation* 1982; 65: 336-41.
6. Reade MC. Temporary epicardial pacing after cardiac surgery: a practical review: Part 1: General considerations in the management of epicardial pacing. *Anaesthesia* 2007; 62: 264-71.
7. Mond HG. Unipolar versus bipolar pacing-poles apart. *PACE* 1991; 9: 1411-24.
8. Lapicque L. La chronaxie et ses applications physiologiques. Paris: Hermann & Cie; 1938. p. 67-113.
9. Wood MA, Swerdlow C, Olson WH. Sensing and arrhythmia detection by implantable devices. En: Ellenbogen KA, Kay GN, Wilkoff BL (eds.). *Clinical Cardiac Pacing and Defibrillation*. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders Company; 2000. p. 68-126.
10. Bernstein A, Daubert JC, Fletcher R, et al. The revised NASPE/BPEG generic code for antibradycardia, adaptive-rate, and multisite pacing. *PACE* 2001; 2: 260-4.
11. Lamas G, Ellenbogen KA. Evidence base for pacemaker mode selection. *Circulation* 2004; 109: 443-51.
12. Coma Samartín R. Registro Español de Marcapasos. II Informe Oficial de la Sección de Estimulación Cardíaca de la Sociedad Española de Cardiología (1994-2003). *Rev Esp Cardiol* 2004; 57: 1205-12.
13. Wiegand UK, Potratz J, Bode F, Schneider R, Peters W, Bonnemeier H, Katus HA. Age dependency of sensing performance and AV synchrony in single lead VDD pacing. *PACE* 2000; 23: 863-9.
14. Rosenthal E, Bostock J. VDD pacing in children with congenital complete heart block: advantages of a single pass lead. *Pacing and Clinical Electrophysiology* 1997; 8: 2102-6.
15. Ellenbogen KA, Mark A. Pacemaker selection: the changing definition of physiologic pacing. *N Engl J Med* 2005; 14: 202-4.
16. Mirowski M, Reid PR, Mower MM, Watkins L, Gott VL, Schauble JF, et al. Termination of malignant ventricular arrhythmias with an implanted automatic defibrillator in human beings. *N Engl J Med* 1980; 303: 322-4.
17. DiMarco J. Implantable cardioverter-defibrillators. *N Engl J Med* 2002; 346: 1845-53.
18. European Heart Rhythm Association; Heart Rhythm Society, Zipes DP, Camm AJ, Borggrefe M, Buxton AE, Chaitman B, Fromer M, et al. ACC/AHA/ESC 2006 Guidelines for Management of Patients with Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death. *JACC* 2006; 5: e247-346.

19. Levine PA. Differential diagnosis, evaluation and management of pacing system malfunction. En: Ellenbogen K (ed.). Cardiac Pacing. 2nd ed. Boston: Blackwell Scientific Publications; 1996. p. 333.
20. Ypenburg C, Bax JJ, van der Wall EE, Schalij MJ, van Erven L. Intrathoracic impedance monitoring to predict decompensated heart failure. *Am J Cardiol* 2007; 4: 554-7.
21. Trigano A, Blandeau O, Souques M, Gernez JP, Magne I. Clinical study of interface with cardiac pacemakers by a magnetic field at powerline frequencies. *J Am Coll Cardiol* 2005; 45: 896-900.
22. Funck RC, Adamec R, Lurje L, Capucci A, Ritter P, Shekan D, et al.; PROVE Study Group. Prevention by Overdriving. Atrial overdriving is beneficial in patients with atrial arrhythmias: first results of the PROVE study. *Pacing clin electrophysiol* 2000; 23: 1891-3.
23. Smith SC Jr. ACC/AHA/HRS 2008 Guidelines for Device-Based Therapy of Cardiac Rhythm Abnormalities: executive summary. *Circulation* 2008; 117: 2820-40.