

Seguimiento del paciente con marcapasos: interrogatorio y programación básica

Artículos de revisión
Vol. 61
Núm. 6

Follow-up of the patient with pacemakers:
Interrogation and basic programming

Gustavo Inzunza-Cervantes^{1a}, José de Jesús Díaz-Dávalos^{2b}, Arturo Flores-Anguiano^{2c}, José Manuel Ornelas-Aguirre^{3d}, Isabel Cristina Peralta-Figueroa^{1e}, Verónica Zazueta-Armenta^{1f}

Resumen

Los marcapasos permanentes son una modalidad terapéutica de uso frecuente. Su empleo ha tenido un gran impacto en la morbimortalidad y calidad de vida de los pacientes con alteraciones del ritmo cardiaco, observándose en las últimas décadas un incremento exponencial. El empleo de esta estrategia presenta diferentes fases, que inician con la indicación de la estimulación, la selección del sistema de marcapaso apropiado, el procedimiento de implantación, la programación inicial y el seguimiento posterior, en la cual el seguimiento a lo largo de la vida útil del dispositivo es un pilar fundamental y determinante de la eficacia y seguridad de esta modalidad terapéutica. La presente revisión busca proporcionar una actualización clara y estructurada de los aspectos fundamentales a considerar en el seguimiento de todo paciente portador de marcapasos. El seguimiento del paciente con marcapasos debe seguir un protocolo completo, sistemático y periódico, evaluando aspectos y parámetros relacionado con el paciente y el marcapaso, con la finalidad de garantizar un funcionamiento adecuado y seguro del dispositivo adaptado a la persona.

Abstract

Permanent pacemakers are a frequently used therapeutic modality. Its use has had a great impact on the morbidity and mortality and quality of life of patients with heart rhythm disturbances, with an exponential increase observed in recent decades. The use of this strategy presents different phases, in which follow-up throughout the useful life of the device is a fundamental and determinant pillar of the efficacy and safety of this therapeutic modality. This review seeks to provide a clear and structured update of the fundamental aspects to consider in the follow-up of all patients with pacemakers. The follow-up of the patient with a pacemaker must follow a complete, systematic and periodic protocol, evaluating aspects and parameters related to the patient and the pacemaker, in order to ensure the proper and safe operation of the device adapted to the person.

¹Instituto Mexicano del Seguro Social, Centro Médico Nacional del Noroeste, Hospital de Especialidades No. 2 “Luis Donaldo Colosio Murrieta”, Grupo de Investigación Cardiovascular del Centro Médico Nacional del Noreste. Ciudad Obregón, Sonora, México

²Instituto Mexicano del Seguro Social, Centro Médico Nacional de Occidente, Hospital de Especialidades “Ignacio García Téllez”, Servicio de Electrofisiología, Clínica de marcapasos. Guadalajara, Jalisco, México

³Universidad de Sonora, Departamento de Ciencias de la Salud. Ciudad Obregón, Sonora, México

ORCID: 0000-0002-0038-6068^a, 0000-0003-0807-6782^b, 0000-0002-6970-7552^c, 0000-0002-6225-7587^d, 0009-0006-1173-1580^e, 0000-0002-1152-6521^f

Palabras clave

Marcapaso Artificial
Frecuencia Cardiaca
Telemetría
Terapia por Estimulación Eléctrica
Ritmo

Keywords

Pacemaker, Artificial
Heart Rate
Telemetry
Electrical Stimulation Therapy
Rhythm

Fecha de recibido: 26/03/2023

Fecha de aceptado: 06/06/2023

Comunicación con:

Gustavo Inzunza Cervantes
 gusinzunza@live.com.mx
 66 7191 9895

Cómo citar este artículo: Inzunza-Cervantes G, Díaz-Dávalos JJ, Flores-Anguiano A *et al.* Seguimiento del paciente con marcapasos: interrogatorio y programación básica. Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2023;61(6):809-18. doi: 10.5281/zenodo.10064399

La terapia permanente con marcapasos comprende una parte importante de la electrofisiología y la cardiología en general. Su empleo ha tenido un gran impacto en la morbilidad y calidad de vida de los pacientes con alteraciones del ritmo cardiaco, observándose en las últimas décadas un incremento exponencial en su empleo.¹ La expansión de las indicaciones de uso, el envejecimiento de la población y el aumento de la esperanza de vida han contribuido a este fenómeno.^{2,3} Las tasas de implantación anual en los Estados Unidos de Norteamérica alcanzan hasta los 370,000 dispositivos cardiacos cada año.⁴ (figura 1).

El empleo de esta estrategia presenta diferentes fases que inician con la indicación de la estimulación, la selección del sistema de marcapasos apropiado, el procedimiento de implantación, la programación inicial y el seguimiento posterior.⁵ (figura 2).

El seguimiento integral del paciente con un marcapasos a lo largo de la vida útil del dispositivo es un pilar fundamental y determinante para la eficacia y seguridad de esta modalidad terapéutica.⁶ A pesar de esto, existe un conocimiento insuficiente

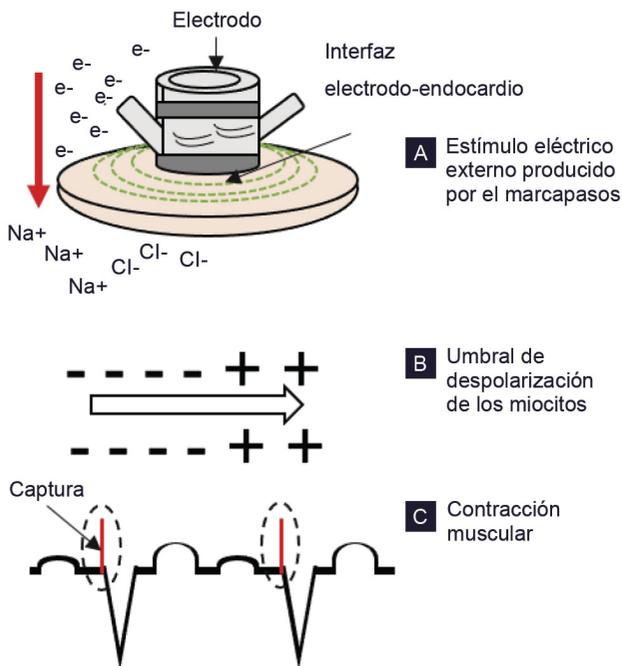
del tema, emitiéndose solo algunas pautas generales poco detalladas que definen de manera limitada aspectos relevantes como la frecuencia de las visitas, los parámetros a revisar o reprogramar y el orden de revisión.^{5,7,8}

El presente trabajo tiene por objetivo hacer una revisión de los aspectos fundamentales a considerar en todo paciente portador de marcapasos que acude a consultas de control y seguimiento. Para ello se ofrece un método sencillo y sistemático de valoración, descripción de aquellos aspectos clínicos y paraclínicos más relevantes; se discuten, además, los parámetros sugeridos para un adecuado interrogatorio al paciente con marcapasos y su reprogramación de las funciones básicas.

Seguimiento integral del paciente con marcapasos

La vigilancia clínica del paciente con marcapasos es un pilar fundamental y determinante para la eficacia y seguridad de esta modalidad terapéutica.⁶ La valoración rutinaria implica el análisis completo, secuencial y periódico de todos aquellos aspectos y parámetros relacionado con el paciente y el marcapasos, con la finalidad de garantizar un funcionamiento adecuado y seguro del dispositivo adaptado a la persona.⁸

Figura 1 Fundamentos de la estimulación cardiaca



Al fallar la automaticidad cardiaca intrínseca o la integridad de la conducción, la excitabilidad eléctrica del tejido cardiaco permite que un pequeño estímulo eléctrico externo producido por el marcapasos lleve a los miocitos al umbral de despolarización y la consiguiente propagación de un frente de ondas eléctricas a los miocitos vecinos, resultando en una contracción muscular a través del acoplamiento excitación-contracción

Frecuencia y fases del seguimiento

El seguimiento del paciente con un marcapasos se divide en tres fases: *vigilancia temprana*, *mantenimiento* y *monitoreo intensificado*.⁸ La vigilancia temprana comprende la fase inicial posterior al implante, sugiriendo una evaluación previa al egreso y de 4 a 6 semanas al alta hospitalaria; permite evaluar el estado de la bolsa del generador y la adecuada optimización de los parámetros del equipo (en especial la salida, debido al descenso del umbral de estimulación posterior a la implantación). El período de mantenimiento es la segunda fase y comprende el seguimiento posterior a la primera evaluación, sugiriéndose una periodicidad anual; deberán considerarse en cada evaluación los determinantes de periodicidad y, de existir, plantear la necesidad de un monitoreo intensificado. Por último, el monitoreo intensificado es el seguimiento más intenso a medida que el dispositivo se acerca al final de la vida útil de la batería (consumo del 75% de la capacidad o cualquier otra indicación de agotamiento de la batería), así como la presencia de cambios inesperados en las mediciones (cambio en la impedancia del cable o el umbral), considerándose una periodicidad de las evaluaciones de 3 a 6 meses, así como la planificación e indicación de hospitalización.^{5,6} (figura 3).

Figura 2 Fase de la terapia con marcapasos



La terapia con marcapasos presenta diferentes fases que inician con la indicación de la estimulación, la selección del sistema de marcapasos apropiado, el procedimiento de implantación, la programación inicial y el seguimiento posterior

Los principales determinantes de la periodicidad en el seguimiento son: la dependencia del marcapasos, la estabilidad del ritmo, los síntomas, el estado cardiovascular, la edad del paciente, el umbral de estimulación (alto-inestable o bajo-estable), el tiempo del implante del marcapasos, la fiabilidad conocida del sistema de estimulación, los parámetros programados y la existencia de complicación posterior al implante.⁶

Objetivos del seguimiento

Después de la implantación del marcapasos se requieren comprobaciones técnicas y clínicas periódicas para garantizar el adecuado rendimiento del dispositivo y adaptar la estimulación a las condiciones cambiantes del paciente. Lo anterior permite lograr un beneficio óptimo de estimulación, prolongar la vida útil de la batería evitando su agotamiento

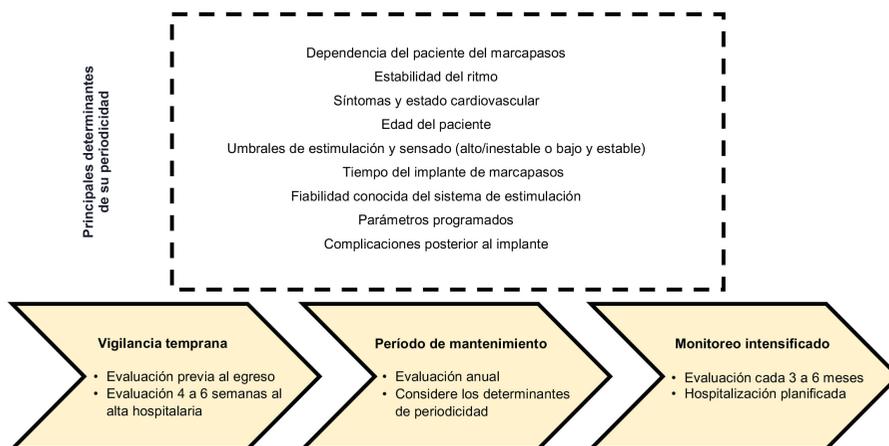
premature, así como identificar, corregir y prevenir comportamientos anómalos.^{8,9}

Evaluación clínica

Se debe evaluar la estabilidad clínica del paciente, realizando una anamnesis y exploración física enfocada (herida quirúrgica y bolsillo del generador) e intencionada al reconocimiento de síntomas sugestivos de un mal funcionamiento del marcapasos o complicaciones que se hubieran presentado. Asimismo, se deben buscar de forma dirigida signos de inflamación, erosión o contracciones musculares alrededor del lugar de implantación.¹⁰

Dentro de los estudios paraclínicos adicionales se puede solicitar una radiografía de tórax que permita identificar la

Figura 3 Frecuencia y fases del seguimiento del paciente con marcapasos



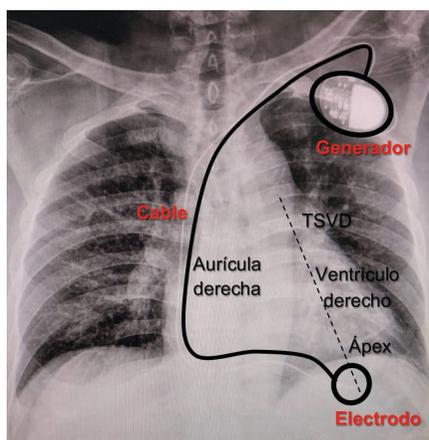
Principales determinantes de la periodicidad de las valoraciones durante las diferentes fases del seguimiento de un paciente con marcapasos

localización, marca y modelo del generador, sus conexiones con los catéteres y electrodos, el número, integridad, localización y trayectos extracardiacos e intracardiacos de los electrodos. El análisis radiológico de las baterías de litio, al igual que sus predecesoras de mercurio, puede orientar el grado de depleción de las mismas. La imagen de una batería homogénea corresponde a la depleción normal de la batería, un signo radiológico de «hueco» o defecto en la batería es manifestación de alguna alteración, debiéndose descartar desgaste de la batería. Permite detectar complicaciones agudas tras la implantación o tardías en el control y seguimiento, como rotura o migración de los electrodos, malposición del electrodo, síndrome de Twiddler o neumotórax.^{11,12,13} (figura 4).

La realización de un electrocardiograma brinda información sobre el censado y captura, la integridad y posición de los electrodos, así como la polaridad de la estimulación a través de amplitud de la espiga. Se deberá identificar la morfología del estímulo capturado y la dependencia de la estimulación.¹⁴

Entre un 10 a 60% de los pacientes con marcapasos pueden presentar síntomas cardiovasculares después de la implantación, en tales casos las pruebas de provocación y el uso de un Holter 24 horas han surgido como un método diagnóstico alternativo que permite diferenciar la presencia de arritmias o disfunciones del marcapaso.¹⁵ Acorde a los diferentes estudios, la disfunción asintomática o sintomática del marcapaso puede observarse en cerca del 25% de los pacientes después de la implantación (*inadecuada estimulación o detección de episodios de sobredetección e infra-detección*).¹⁶

Figura 4 Análisis radiológico del marcapasos



Radiografía de tórax postero-anterior, obsérvense los componentes principales del marcapasos, la localización en la región deltopectoral del generador, el trayecto intra y extracardiaco del cable electrodo TSVD: Tracto de salida del ventrículo derecho

Interrogación del marcapaso

La interrogación o lectura del marcapaso consiste en la obtención de información de los parámetros programados y otros datos eléctricos y clínicos almacenados en el dispositivo. Debe ser completa y ordenada, valorando desde su fecha de implantación, tipo y características del dispositivo implantado, alarmas registradas, estado de la batería, parámetros de los electrodos, parámetros programados y otros datos relevantes¹⁷ (figura 5).

Reconocimiento de los dispositivos

Se debe conocer el tipo de dispositivo de estimulación cardiaca implantado: marcapasos, resincronizador cardiaco o desfibrilador automático implantable, así como la información relacionada con el fabricante que lo diseñó (*Medtronic, Guidant/Boston Scientific, St. Jude, Biotronik y ELA*).¹⁷

Alertas

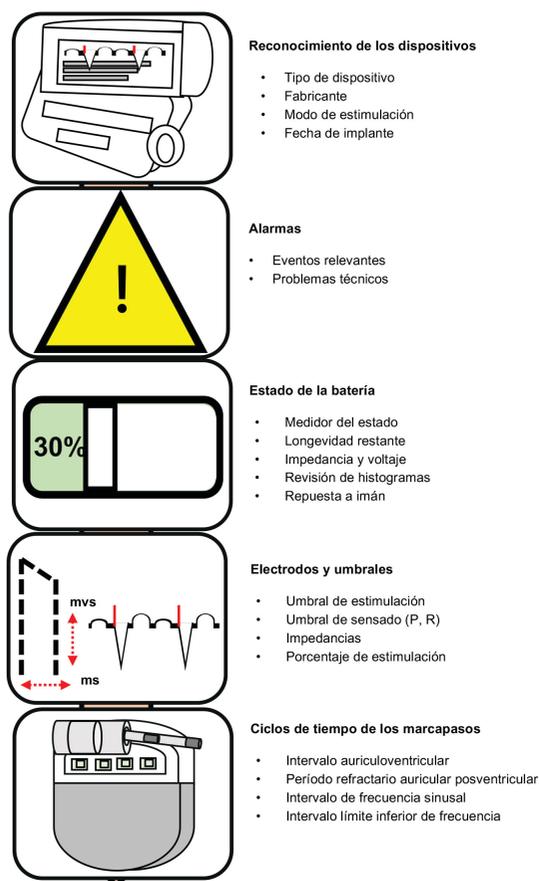
Cualquier marcapaso dispone de alertas y sugerencias ante eventos relevantes o problemas técnicos, con la finalidad de orientar y facilitar su pronta detección y reprogramación. Las principales alertas emitidas están relacionadas con el estado de la batería (carga baja de batería), funcionamiento de los distintos algoritmos automáticos, integridad y funcionamiento de los electrodos (impedancia alta o baja del electrodo), eventos de arritmias, cambio de modo, estado de la estimulación, autoactivación de funciones y otros, como malfuncionamiento o daños en el dispositivo.¹⁸

Estado de la batería

El estado de la batería indica la duración teórica de la batería y la integridad de los electrodos. Los datos obtenidos incluyen el medidor del estado de la batería, longevidad restante, voltaje, impedancia e histogramas. El medidor del estado de la batería es un indicador gráfico de la estimación de la capacidad restante o del estado actual de la batería realizado por el programador, su representación se realiza en porcentaje.^{19,20}

La longevidad restante indica el periodo de vida útil restante, es una estimación del programador que depende de los mismos parámetros que el medidor del estado de la batería, con base en estos datos se pueden determinar tres posiciones del estado de la batería: BOL (inicio de vida) período de funcionamiento normal del marcapasos; ERT (tiempo de reemplazo electivo), generalmente dura

Figura 5 Parámetros que deben ser evaluados y registrados en el interrogatorio de marcapasos



La interrogación o lectura del marcapasos consiste en la obtención de información de los parámetros programados y otros datos eléctricos y clínicos almacenados en el dispositivo. Debe ser completa y ordenada, valorando desde su fecha de implantación, tipo y características del dispositivo implantado, alarmas registradas, estado de la batería, parámetros de los electrodos, parámetros programados y otros datos relevantes

de 3 a 6 meses en esta etapa, para prolongar la duración de la batería el marcapasos se reprogramará automáticamente, y EOL (final de vida) el funcionamiento del marcapasos no está asegurado y hay indicación de recambio urgente.^{21,22}

La información acerca de la impedancia y voltaje de la batería son parámetros fundamentales del estado de su funcionamiento; con el tiempo la batería irá descargándose, el voltaje y la corriente de la batería disminuirán, incrementándose la impedancia debido a una mayor resistencia a la transformación de iones en electrones en el interior del generador. En el comienzo de su vida útil, una batería puede tener un voltaje de 2.8 voltios llegando a menos de 2.5 voltios al final de su vida y una impedancia de 100 Ohms hasta llegar a 4,000 Ohms en su agotamiento.¹⁹

Es necesario realizar una revisión de los histogramas de la batería, ya que muestran una representación gráfica el comportamiento del voltaje e impedancia a lo largo de la vida útil del marcapasos. Esta información puede facilitar la interpretación diagnóstica del comportamiento y estado de la batería.¹⁹

El imán produce en el marcapasos un cambio de configuración a modo asincrónico (la función de sensado se inhibe) con lo que el dispositivo genera estímulos con una frecuencia fija de forma transitoria o durante el tiempo que tenga el imán. Se debe tener en cuenta que dicha respuesta varía según la marca del dispositivo y el estado de la batería. En marcapasos tipo *Medtronic* al poner el imán queda asincrónico en 85 latidos por minuto (LPM), si el dispositivo está en ERI, la respuesta ante el imán no será de 85 LPM, si no de 65 LPM; en el modelo *St. Jude* su respuesta al imán es asincrónico a 100 LPM, si está en ERI será de 85 LPM. El tipo *Boston Scientific* tiene la misma respuesta que el anterior y en el caso del tipo *Biotronik* al ponerle el imán queda asincrónico a 90 LPM, y si está en ERI la respuesta será de 80 LPM.²³

Parámetros medibles en el electrodo de estimulación

El umbral de estimulación (aurícula y ventrículo) es el mínimo potencial eléctrico (energía) entregado por el marcapasos que provoca despolarización del miocardio y, por ende, una contracción o captura miocárdica. Se considera un umbral aceptable en ventrículo inferior de 1 voltio y en aurícula de 1.5 voltios, aceptándose una duración de ancho de pulso adecuada entre 0.4 a 1.0 milímetro por segundo (ms).²⁴ Con anchos de pulso más largos se requiere menos voltaje para generar estimulación. En la estimulación del haz de His (EHH) suele requerir umbrales de estimulación más altos, considerándose aceptable menos de 2.5 voltios con un ancho de 1.0 ms. Para su medición se debe estimular a una frecuencia de 10 ppm mayor que la frecuencia intrínseca con una posterior disminución progresiva del voltaje, hasta perder captura en aurícula o ventrículos: se mide en AAI (DDD si no tiene escape ventricular) y VVI para ventricular. Debe considerarse que el umbral de estimulación aumenta tras el implante debido a una reacción inflamatoria en la interfase electrodo-tisular, presentando una reducción posterior.^{25,26,27}

Los umbrales de estimulación pueden verse afectados por una variedad de factores que incluyen las variantes fisiológicas (actividad física, sueño y alimentación, entre otras), el uso de ciertos agentes farmacológicos y diversas patologías; acorde con su temporalidad un incremento agudo (horas o días posteriores al implante) presenta como causa principal el desplazamiento o mala posición del electrodo. El incremento subagudo (semanas posteriores al implante)

generalmente sucede debido a la reacción tisular (fibrosis o cicatrización) en la interfase electrodo-miocardio; los incrementos crónicos (meses o años, posteriores al implante) suelen asociarse a daño estructural del electrodo, programación inadecuada o causas extracardíacas.^{14,28}

El umbral de censado (aurícula y ventrículo) es la amplitud mínima que debe tener una despolarización auricular o ventricular para ser censada por el electrodo auricular o ventricular, determina el valor al cual se realiza la detección de la actividad eléctrica intrínseca. Esta determinación efectiva requiere de probar las señales de despolarización de campo cercano (onda P y R) y rechazar la repolarización de campo cercano (ondas T), también indica la calidad del contacto del electrodo. Los rangos de amplitud típicos para las señales registradas desde los cables auriculares son de 1.5 a 5 milivoltios (mV) y ventriculares de 5 a 25 mV. En el caso de EHH al momento del implante se recomiendan umbrales de R bipolar mayor a 2.0 mV. Las amplitudes de los electrogramas por debajo de estos valores pueden dar lugar a una menor detección, la imposibilidad de detectar la despolarización auricular o ventricular propia con una posible administración inapropiada de pulsos de estimulación. Se mide aumentando progresivamente la sensibilidad hasta que el marcapasos deja de inhibirse y se gatilla la espiga. Se mide en AAI para aurícula (DDD si no tiene escape ventricular) y VVVI para ventrículo a una frecuencia baja.^{29,30}

La impedancia-resistencia al flujo de corriente en cada uno de los electrodos (es una combinación de la resistencia del cable y la resistencia en los tejidos), su medición evalúa la integridad estructural y funcionamiento eléctrico de los cables, el valor normal varía entre 300 y 1500 Ohms.^{31,32} Un aumento brusco de la impedancia de estimulación (> 2000 Ohms) suele indicar la fractura del cable o desplazamiento del electrodo, mientras que una reducción significativa de forma aguda hará sospechar de una dislocación del cable (si ocurre poco después del implante) o una rotura del aislante.²³

El porcentaje de tiempo de estimulación auricular y ventricular determina la dependencia del paciente a la estimulación del marcapasos, indicando el porcentaje de eventos estimulados y considerándose dependiente a partir de una carga de estimulación mayor al 40%. Sus valores pueden ser considerados para predecir la esperanza de vida del dispositivo.^{1,8}

Parámetros medibles del generador de impulsos

Los modos de estimulación son la forma en la cual está funcionando el marcapasos, se describe con un código de 4 o 5 letras propuesto por la *North American Society for Pacing*

and Electrophysiology (NASPE). La primera posición identifica la cámara estimulada (A: aurícula, V: ventrículo, D: ambos); la segunda posición indica la cámara detectada (O: ninguna, A: aurícula, V: ventrículo, D: ambos); la tercera posición indica la respuesta del dispositivo a los eventos detectados (O: ninguna, I: inhibición, T: disparo, D: ambas); la cuarta posición indica si existe modulación de frecuencia cardíaca (FC) mediante sensores, (O: ninguna, R: existe), indica si se emplea estimulación multisitio en la aurícula (A), el ventrículo (V) o en ambos (D), siendo los principales sitios de estimulación: DDD, DDDR, VVI, VOO o DOO.²⁴

De no conocerse el ritmo subyacente, o ritmo intrínseco del paciente, se recomienda evaluar definiendo su estabilidad (estabilidad de ritmo intrínseco frecuencia cardíaca > 40 lpm sin ninguna pausa larga > 2.0 mseg). Su evaluación identifica el riesgo de asistolia, se realiza disminuyendo la frecuencia de estimulación de forma secuencial hasta que deje de estimular o suspendiendo temporalmente la estimulación.²⁴

Las frecuencias que nos podemos encontrar en la interrogación son varias y cada una tiene una función determinada: *frecuencia mínima*, es la frecuencia por debajo de la cual se produce la estimulación del marcapasos, su valor puede caer por debajo debido a histeresis o función de sueño; *frecuencia máxima*, límite más alto de frecuencia a la que el marcapasos estimulará; *frecuencia de histeresis*, criterio adicional al valor inferior de la frecuencia basal, está diseñado para fomentar períodos más largos de ritmo intrínseco, al activarse evita que el dispositivo anule los ritmos intrínsecos lentos pero apropiados durante uno o más ciclos cardíacos. La frecuencia del cambio de modo se establece para que, ante una arritmia, el marcapasos cambie el modo de actuación a otro que no sincronice mientras se mantenga la arritmia. Los modos de elección pueden ser: VDI(R), DDI(R), VVI(R). Una frecuencia durante el cambio de modo establece la frecuencia básica de estimulación deseada para el período que dure el cambio de modo al detectar una arritmia auricular.²⁴

La salida proporciona la energía necesaria para que la estimulación sea correcta: se programan de acuerdo con los umbrales de captura; configurándose al doble del umbral de estimulación para el voltaje y tres veces el umbral para la duración del ancho de pulso. La diferencia entre el umbral y la salida programada del dispositivo refleja la reserva o el factor de seguridad de estimulación.²⁸

La polaridad es acorde a la construcción y configuración del electrodo, la estimulación cardíaca puede ser unipolar o bipolar. El modo unipolar consta de un solo canal que entrega el impulso y el circuito se completa con los tejidos de la pared torácica, haciendo visible la clásica espiga de

gran amplitud en el electrocardiograma de superficie. El modo bipolar consiste en dos canales eléctricos, un canal conduce el impulso eléctrico hacia la punta del electrodo (cátodo) y el otro que se encuentra aproximadamente a 1 cm proximal del primer (ánodo) completa el circuito de regreso al marcapaso, lo cual crea un circuito más corto con una espiga muy pequeña en el electrocardiograma de superficie.^{33,34}

Ciclos de tiempo de los marcapasos

Parámetros programables o determinados por el dispositivo que representan el comportamiento latido a latido de los marcapasos en respuesta a cambios en el comportamiento intrínseco y estimulado. Los intervalos entre eventos auriculares y ventriculares pueden describirse como AR, AV, PR y PV. El intervalo auriculoventricular (IAV) es un parámetro programable que determina el tiempo máximo después de un evento auricular detectado o estimulado durante el cual puede ocurrir un evento ventricular intrínseco antes de administrar estimulación ventricular por el marcapaso. Su optimización reduce la estimulación ventricular innecesaria y debe evitarse un intervalo AV demasiado corto o largo, ya que el primero puede interrumpir la patada auricular y puede inducir ondas de cañón y síndrome de marcapaso, el segundo puede inducir regurgitación mitral diastólica.³⁵

El período refractario auricular posventricular (PRAPV) corresponde al tiempo de duración después del evento ventricular cuando un marcapaso no reacciona a una actividad auricular detectada. Ve la actividad, pero no restablece el ciclo de tiempo.³⁵

Otros parámetros programables del marcapaso

Los automatismos pretenden hacer más seguro el funcionamiento de un marcapaso y facilita su seguimiento; entre ellos podemos destacar, la auto-captura que realiza una medición periódica del umbral de estimulación “prueba de auto-captura” ajustando la energía a la salida del generador a un valor siempre superior al obtenido, asegurando la captura del miocardio por el estímulo consiguiendo prolongar la duración de la batería más de un 15%. La auto-

detección, busca ajustar la sensibilidad programada en cada cámara a los cambios de la señal cardiaca para evitar problemas de hiper o infra-detección. Los cambios de polaridad del electrodo analizan el funcionamiento de un cable bipolar y cambian su polaridad con estimulación a unipolar en caso de detectar deterioro del electrodo externo.^{36,37}

Perspectivas futuras

En las últimas décadas el seguimiento del paciente con marcapaso ha presentado múltiples adelantos tecnológicos y asistenciales. En un inicio esta evaluación se realizaba de manera exclusiva de forma presencial en unidades especializadas, sin embargo; en la actualidad, con la tecnología inalámbrica y la comunicación telefónica o por medio de internet puede considerarse el seguimiento o control a distancia (monitorización domiciliaria), estrategia que acorde a diversos estudios es segura, eficaz y coste-efectiva, reduciendo las visitas presenciales, realizándose la detección precoz de eventos asintomáticos, mejora la eficiencia de la utilización de recursos sanitarios y la calidad de la asistencia.³⁸ Básicamente este sistema consiste en un receptor-transmisor que recoge la información almacenada en el marcapaso y la envía de forma encriptada a través de la línea de telefonía fija o móvil a un servidor seguro, donde se descifra y se almacena para su posterior revisión.³⁹

Conclusión

La terapia con marcapaso permanente comprende una parte importante de la electrofisiología y la cardiología general, su eficacia y seguridad dependen de una indicación, implantación y seguimiento correcto de estos dispositivos. El seguimiento debe seguir un protocolo completo, sistemático y periódico, que incluya el estudio de aspectos y parámetros relacionados con el paciente y el marcapaso, con la finalidad de garantizar un funcionamiento adecuado y seguro del dispositivo adaptado a la persona. Ver cuadro I

Declaración de conflicto de interés: los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno relacionado con este artículo.

Cuadro I Conceptos básicos; principales parámetros a evaluar y/o programar durante el interrogatorio de marcapasos

Parámetros	Valor referencia	Comentarios
Estado de la batería		
Medidor del estado	Indicador gráfico del estado actual del batería	
Longevidad restante	Periodo de vida útil restante	BOL (Inicio de vida)
Revisión de histogramas	Representación gráfica el comportamiento del voltaje e impedancia a lo largo de la vida útil del marcapaso	ERI (Tiempo de reemplazo electivo dura de 3 a 6 meses) EOL (Final de vida) indicación recambio urgente
Impedancia	100 Ohms	> 4,000 Ohms indicativo de agotamiento
Voltaje	> 2.8 voltios	< 2.5 voltios indicativo de agotamiento generador
Respuesta a imán	Respuesta variable acorde a la marca del dispositivo y estado de la batería	<ul style="list-style-type: none"> • Medtronic; BOL a 85 lpm y ERI 65 lpm • St. Jude” BOL a 100 lpm y ERI 85 lpm • Boston Scientific” BOL a 100 lpm y ERI 85 lpm • Biotronik” ERI a 90 lpm y ERI a 80 lpm)
Electrodos y umbrales		
Umbral de estimulación	Ventricular < 1 V Auricular 1.5 V EHH < 2.5 V “ancho de pulso de 0.4 a 1.0 ms“	Su optimización debe garantizar la despolarización y minimizar el consumo de la batería De presentar valores altos; programar un voltaje o ancho de pulso mayor, reprogramar la polaridad o recolocar o reemplazar el cable De incrementar valores, evalúe factores fisiológicos, patológicos o farmacológico
Umbral de censado (P, R)	P = 1.5 a 5 mV R = 5 a 25 Mv EHH R > 2.5 mV	Amplitud de la señal intracardiaca Indica la calidad del contacto del electrodo Valores anormales genera infradeteccion o sobreteccion
Salida	Energía necesaria para que la estimulación sea correcta “Programar 3 veces el umbral de estimulación”	<ul style="list-style-type: none"> • Límites menores asociados a falla de captura • En valores altos considere como causa incremento del umbral de estimulación
Impedancias	300 a 1,500 Ohms	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento brusco (> 2,000 Ohms) sugestivo de fractura del cable o desplazamiento del electrodo • Reducción significativa (< 200 Ohms) descartar dislocación del cable (o rotura del aislante) • Valores anormales recolocación o recambio del electrodo • Correlación con estudio radiológico
Porcentaje de estimulación	Carga de > 40%	Determina la dependencia del paciente a la estimulación del marcapaso Predice indirectamente tiempo a agotamiento de la batería
Automatismos “prueba de auto-captura	Activación / desactivación	Medición periódica del umbral de estimulación ajustando la energía a la salida
Automatismos “Autodetección”	Activación / desactivación	Este algoritmo evalúa cada onda P y/o R y ajusta de forma automática las sensibilidades A y V Reduce anomalías de infradeteccion o sobreteccion
Ciclos de tiempo de los marcapasos		
Intervalo auriculoventricular	Teóricamente el retraso AV óptimo otorga beneficio hemodinámico de la coordinación AV (120 ms a 300 ms)	Reduce la estimulación ventricular innecesaria Optimizar por ecocardiográfica (flujo trasmitral, flujo venoso pulmonar, velocidad aórtica-tiempo o fórmula de Ritter) y electrocardiograma (adición de 100 ms al ancho de la onda P intrínseca) Evitar duraciones > 350 ms (síndrome marcapasos)
Período refractario auricular posventricular	Desactiva la detección auricular	Recomendando en fibrilación auricular y extrasístoles ventriculares Evita la detección y reacción a las despolarizaciones ventriculares Parámetros nominales son de 275 ms extendiéndose hasta 400 ms para evitar sensar una onda P retrógrada
Frecuencia máxima	Límite más alto de frecuencia permitido	Considere ajustar acorde a edad (FC máxima/ submáxima)

Continúa en la página: 817

Continúa de la página:816

Parámetros	Valor referencia	Comentarios
Ciclos de tiempo de los marcapasos		
Frecuencia inferior	Limite más bajo de frecuencia cardiaca permitida	En ausencia de disfunción del nodo sinusal, límites bajos reducen el porcentaje de estimulación preservando la activación fisiológica y ahorra batería Se sugiere establecer en 60 lpm Evitar en reposo límites > 70 lpm Considerar límites, más altos como estrategia en extrasístoles o fibrilación auricular
Otros parámetros		
Cambio de modo	Activación / desactivación	Programarse sistemáticamente Utilidad en tratamiento de arritmias En caso de fibrilación auricular cambiara a estimulación VVI
Histéresis de frecuencia	Automatismo que evita la estimulación cuando la frecuencia intrínseca sea ligeramente inferior a la estimulación programada. Activación / desactivación	Activar en pacientes con ritmo espontáneo adecuado Minimiza la necesidad de estimulación Promueve la conducción AV intrínseca Búsqueda automática de eventos ventriculares espontáneos Límite sugerido a 45 a 50 lpm Reduce el agotamiento de la batería
Tasa de modo de respuesta	Función sensible a la frecuencia; "R"	Programarse en insuficiencia cronotrópica Evitarse en una función cronotrópica normal
Función de sueño	Activación / desactivación	Permite una frecuencia menor que el límite de inferior en el horario que suele estar dormido Reduce el agotamiento de la batería

Descripción de los principales parámetros a evaluar y/o reprogramar interrogatorio del paciente con marcapasos. Se comentan conceptos básicos, valores de normalidad y valores críticos, otorgando explicación de posibles contextos. EHI (estimulación del haz de Hiss), lpm (latidos por minuto), V (voltios), AV (auriculoventricular), mV (miliVolts)

Referencias

- Hurtado Nazal C, Araneda V. A, Zamora H M, et al. Cuidado perioperatorio de pacientes portadores de dispositivos electrónicos cardíacos implantables. *Rev Chil Cir.* 2017;69(1):77–83. doi: 10.1016/j.rchic.2016.06.001
- Aktaa S, Abdin A, Arbelo E, et al. European Society of Cardiology Quality Indicators for the care and outcomes of cardiac pacing: Developed by the Working Group for Cardiac Pacing Quality Indicators in collaboration with the European Heart Rhythm Association of the European Society of Card. *Europace*, 2022;24(1):165–72. doi: 10.1093/europace/ebab193
- Lim WY, Prabhu S, Schilling RJ. Implantable cardiac electronic devices in the elderly population. *Arrhythmia Electro-physiol Rev* 2019;8(2):143–6. doi: 10.15420/aer.2019.3.4
- Neuenschwander JF, Peacock WF, Migeed M, et al. Safety and efficiency of emergency department interrogation of cardiac devices. *Clin Exp Emerg Med.* 2016;3(4):239–44. doi: 10.15441/ceem.15.118
- Udo EO, Van Hemel NM, Zuihoff NPA, et al. Pacemaker follow-up: Are the latest guidelines in line with modern pacemaker practice? *Europace.* 2013;15(2):243–51. doi: 10.1093/europace/eus310.
- Rajgopal S, Kapoor A, Bajaj R, et al. CSI/IHRS practice guidelines on follow-up of patients with permanent pacemakers: a Cardiology Society of India/Indian Heart Rhythm Society task force report on practice guidelines on follow-up of patients with permanent pacemakers. *Indian Heart J.* 2012; 64(Suppl2):S12-7. doi: 10.1016/j.ihj.2012.11.002
- Costelloe CM, Murphy WA Jr, Gladish GW, et al. Radiography of pacemakers and implantable cardioverter defibrillators. *AJR Am J Roentgenol.* 2012;199(6):1252-8. doi: 10.2214/AJR.12.864
- SEC Working Group for the 2021 ESC guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy and the SEC Guidelines Committee. Comments on the 2021 ESC guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed).* 2022;75(5):370-4. doi: 10.1016/j.rec.2021.11.015.
- Shah MJ, Silka MJ, Silva JNA, et al. 2021 PACES expert consensus statement on the indications and management of cardiovascular implantable electronic devices in pediatric patients. *Cardiol Young.* 2021;31(11):1738-69. doi: 10.1017/S1047951121003413
- Coombes D. Pacemaker therapy 2: Pacing functions and their role in patient care. *Nurs Times* 2021;117(12):29–32.
- Mathew RP, Alexander T, Patel V, et al. Chest radiographs of cardiac devices (Part 1): Cardiovascular implantable electronic devices, cardiac valve prostheses and Amplatzer occluder devices. *SA J Radiol.* 2019 Jul 31;23(1):1730. doi: 10.4102/sajr.v23i1.1730.
- Higaki A, Kawada Y, Hiasa G, et al. Three-Dimensional Reconstruction of Pacemaker Lead Trajectory From Orthogonal Chest X-Rays: A Proof of Concept. *Cureus.* 202; 13(12):1–5. doi: 10.7759/cureus.20807
- Brixey AG, Fuss C. Innovative Cardiac Devices on Chest Imaging. *J Thorac Imaging.* 2017;32(6):343–57. doi: 10.1097/RTI.0000000000000304

14. Sabbagh E, Abdelfattah T, Karim MM, et al. Causes of Failure to Capture in Pacemakers and Implantable Cardioverter-defibrillators. *J Innov Card Rhythm Manag.* 2020;11(2):4013-7. doi: 10.19102/icrm.2020.110207
15. Chinushi M, Tachikawa H, Chinushi Y, et al. Incorrect Holter-ECG analysis caused by the pacemaker delivering small high-frequency currents for thoracic impedance measurement. *J Cardiol Cases.* 2017;16(6):219–22. doi: 10.1016/j.jccase.2017.08.007
16. Sampaio SMV, Craveiro NM, Darrieux F, et al. Accuracy of the pacemaker event recorder versus Holter-ECG to detect both symptomatic and asymptomatic ventricular arrhythmias. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2018;29(1):154-9. doi: 10.1111/jce.13370.
17. Shams P, Mehdi M, Ali J, et al. Comparing sensitivity and specificity of pacemaker ID application and cardiac rhythm management device-finder application in identifying cardiac implantable electronic device manufacturer using chest radiograph - An observational study. *Ann Med Surg (Lond).* 2021;69:1-5. doi: 10.1016/j.amsu.2021.102741
18. Sekimoto S, Wakamatsu M, Morino A, et al. Early detection of twiddler syndrome due a congestion alert by remote monitoring. *Clin Case Rep.* 2017;5(6):950-3. doi: 10.1002/ccr3.979
19. Lau EW. Longevity decoded: Insights from power consumption analyses into device construction and their clinical implications. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2019;42(4):407-22. doi: 10.1111/pace.13642
20. Montgomery JA, Ellis CR. Longevity of Cardiovascular Implantable Electronic Devices. *Card Electrophysiol Clin.* 2018; 10(1):1-9. doi: 10.1016/j.ccep.2017.11.001.
21. Liu J, Wen L, Yao S, et al. Adverse clinical events caused by pacemaker battery depletion: two case reports. *BMC Cardiovasc Disord.* 2020 Jul 23;20(1):1-5. doi: 10.1186/s12872-020-01622-x.
22. Sinha SK, Chrispin J, Barth A, et al. Clinical recognition of pacemaker battery depletion and automatic reprogramming. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2017;40(8):969-74. doi: 10.1111/pace.13135.
23. Sepúlveda López FA, Jiménez Muñoz LM, Agudelo Uribe JF, et al. Patient with an implantable cardiac electrical stimulation device. What should the anesthesiologist know? *Rev colomb anestesiología.* 2021;49(4):1–10. doi: 10.5554/22562087.e976.
24. Mulpuru SK, Madhavan M, McLeod CJ, et al. Cardiac Pacemakers: Function, Troubleshooting, and Management: Part 1 of a 2-Part Series. *J Am Coll Cardiol.* 2017;69(2):189–210. doi: 10.1016/j.jacc.2016.10.06.
25. Yanagisawa S, Inden Y, Watanabe R, et al. Depolarization and repolarization dynamics after His-bundle pacing: Comparison with right ventricular pacing and native ventricular conduction. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2022;27(5):1-11. doi: 10.1111/anec.12991.
26. Ali N, Keene D, Arnold A, et al. His Bundle Pacing: A New Frontier in the Treatment of Heart Failure. *Arrhythm Electrophysiol Rev.* 2018;7(2):103-10. doi: 10.15420/aer.2018.6.2.
27. Archontakis S, Sideris K, Laina A, et al. His bundle pacing: A promising alternative strategy for anti-bradycardic pacing - report of a single-center experience. *Hellenic J Cardiol.* 2022; 64:77-86. doi: 10.1016/j.hjc.2021.10.005.
28. Martinez JC, Khiatah B, Jazayeri S, et al. Increased device thresholds with subsequent improvement status post-systemic therapy in a patient with multiple myeloma. *HeartRhythm Case Rep.* 2021;7(11):717-21. doi: 10.1016/j.hrcr.2021.05.005.
29. Cronin B, Birgersdotter-Green U, Essandoh MK. Perioperative Interrogation of Boston Scientific Cardiovascular Implantable Electronic Devices: A Guide for Anesthesiologists. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2019;33(4):1076-89. doi: 10.1053/j.jvca.2018.05.005.
30. Glikson M, Nielsen JC, Kronborg MB, et al. Guía ESC 2021 sobre estimulación cardíaca y terapia de resincronización. *Rev Esp Cardiol* 2022 May;75(5):430.e1-86. doi: 10.1016/j.recesp.2021.10.025.
31. Swerdlow CD, Koneru JN, Gunderson B, et al. Impedance in the Diagnosis of Lead Malfunction. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2020;13(2):172-86. doi: 10.1161/CIRCEP.119.008092.
32. Nayeri AN, Pavri BB. Abrupt increase in impedance measurements as detected via remote monitoring: What is the cause? *HeartRhythm Case Rep.* 2015;1(2):51-53. doi: 10.1016/j.hrcr.2014.12.001.
33. Chavarriaga A, Duque M, Díaz JC, et al. Electrocardiograma de superficie en pacientes con dispositivos de estimulación cardíaca. *Rev Colomb Cardiol* 2014;21(5):308–17. doi: 10.1016/j.rccar.2014.08.005
34. Galappaththige SK, Gray RA, Roth BJ. Modeling bipolar stimulation of cardiac tissue. *Chaos.* 2017;27(9):093920. doi: 10.1063/1.5000163
35. Liu Y, Yuan X. Logic Analysis of Arrhythmia Triggered by Pacemaker Special Functions - An Educational Presentation. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2021;36(3):412-415. doi: 10.21470/1678-9741-2020-0630.36.
36. Biffi M, Pelargonio G, Havlicek A, et al. Pacemaker Programming, Physiologic Pacing Settings, and Clinical Outcomes in Real-world Practice: Results from the OPTI-MIND Clinical Study. *J Innov Card Rhythm Manag.* 2016;7(1):2229–37. DOI: 10.19102/icrm.2016.070101
37. Benezet-Mazuecos J, Iglesias JA, Manuel Rubio J, et al. Abnormal AutoCapture algorithm phenomenon after pacemaker implantation in patients with low stimulation threshold. *Heart Rhythm.* 2013;10(4):611-3. doi: 10.1016/j.hrthm.2012.11.011.
38. Bertomeu-González V, Pombo M, Chimeno J, et al. Estimulación cardíaca tras pandemia de la COVID-19. Propuesta de desescalada de la Sección de Estimulación Cardíaca de la Sociedad Española de Cardiología. *REC CardioClinics.* 2020;55(3):170–6. doi: 10.1016/j.rccl.2020.05.008.
39. Schneider H, Orru M. Telemetric Remote Monitoring Of Cardiac Devices. Is The Future Of Medicine A Liability Trap For The Physician. *Interv Cardiol.* 2018;10(02):25–31. doi: 10.4172/interventional-cardiology.100060.