

Cuidado del paciente con marcapaso implantable permanente en el paciente cardíaco pediátrico y neonatal

Christine Chiu-Man, MSc, RCT, RCES, CEPS, CCDS, FHRS

Sandra McGill-Lane, MSN, RN, FNP, CCRN, CNS, Pediatric CICU, Morgan Stanley's Children's Hospital of NY Presbyterian

Catherine Murphy, BSN, RN, Staff Nurse CICU, Labatt Family Heart Centre, Hospital for Sick Children, Toronto

Melissa Olen, MSN, ARNP, FNP-C, CCRN, Electrophysiology NP, Coordinator of Remote Device Clinic, Nicklaus Children's Hospital, Miami, Florida

Elizabeth Daley, BA, BSN, RN, CCRN, RN III, CICU, Children's Hospital of Los Angeles

Cecelia St George-Hyslop, M Ed, RN, BA, Gen, CNCCPC, Advanced Nursing Practice Educator, CICU, Labatt Family Heart Centre, Hospital for Sick Children, Toronto

Original Translation

Natalia Fernández, Literary Scientific Translator, Associate Directorate of Teaching and Research, Pediatric Hospital Prof. Dr. Juan P. Garrahan, Argentina

Maria Balestrini, MD, Pediatric Hospital Prof. Dr. Juan P. Garrahan, Argentina

Translation Review:

Saul Flores MD, FAAP, FACC, Cardiac Intensive Care Unit, Section of Critical Care, Texas Children's Hospital, Assistant Professor of Pediatrics, Baylor College of Medicine

Fabio Savorgnan, MD, FAAP, FACC, Cardiac Intensive Care Unit, Section of Critical Care, Texas Children's Hospital, Assistant Professor of Pediatrics, Baylor College of Medicine

Isaura Diaz, MD, FAAP, Cardiac Intensive Care Unit, Division of Critical Care, Monroe Carrell Jr Children's Hospital at Vanderbilt, Assistant Professor of Pediatrics, Vanderbilt University School of Medicine

Introducción:

Un marcapasos es un dispositivo electrónico que brinda un estímulo eléctrico repetitivo a la aurícula derecha (AD), ventrículo derecho (VD) o ambos en el caso de marcapasos bicameral de estimulación aurículo ventricular (AV) secuencial. Los marcapasos inician y mantienen el ritmo cardíaco (RC) cuando el marcapasos natural, el nodo sinoauricular (SA) falla, está retrasado, o no conduce de manera regular a los ventrículos. Por esta última se produce bloqueo AV.

Las arritmias cardíacas post-quirúrgicas son una causa principal de morbilidad y mortalidad en pacientes pediátricos luego de una reparación de cardiopatías congénitas (CC). La falla del ritmo cardíaco al retornar al ritmo sinusal normal (RSN) puede necesitar inserción de un marcapasos permanente, esto significa un bloqueo cardíaco que persiste por más de 7-10 días. Los pacientes con arritmias letales son evaluados para un desfibrilador permanente cardioversor implantable (ICD) con disponibilidad de stock.

Estas guías de procedimientos revisan el manejo de pacientes con marcapasos permanentes. Se estimula que las enfermeras revisen las políticas y guías institucionales previo al cuidado del paciente con marcapasos.

Puntos críticos del pensamiento

Las enfermeras que cuidan de bebés y niños con requerimiento de terapia de marcapasos permanente deben

ser competentes con la tecnología del marcapasos. Estas competencias incluyen:

- Conocimientos sobre los tipos de marcapasos
- Conocimientos sobre modos programados
- Comprensión sobre la configuración de los parámetros
- Capacidad de reconocer e interpretar la función normal/anormal del dispositivo
- Las enfermeras deben comprender sobre el paciente:
 - La función subyacente del ritmo cardíaco y del miocardio
 - El grado de la dependencia al dispositivo
 - La interpretación de electrocardiogramas intrínsecos y con marcapasos
 - Respuesta del paciente al marcapasos (gasto cardíaco)
 - Las habilidades fundamentales incluyen:
 - Reconocer complicaciones:
 - Falla al estímulo
 - Falla a la captura
 - Falla a la detección (subdetección y sobredetección)
 - Reconocer cambios en la condición clínica del paciente cuando el dispositivo puede ser un factor de contribución.
- Las enfermeras deben contar con los siguientes conocimientos básicos:
 - Conocimiento sobre el ritmo cardíaco apropiado según la edad en pediatría
 - Conocimiento sobre arritmias cardíacas en pediatría
 - Comprensión de la enfermedad cardíaca pediátrica congénita o adquirida y secuela electrofisiológica aguda y crónica
 - Apreciar la historia quirúrgica, anatomía cardíaca y secuela electro fisiológica aguda y crónica como resultado de la reparación cardíaca

Definiciones

- **Generador de pulsos:** en la caja del marcapasos se encuentra el microcircuito y la batería
- **Marcapasos permanente:** generador de pulsos permanentes implantados y electrodo(s) en pacientes que reúnen la indicación de marcapasos
- **Electrodos epicárdicos:** electrodos anexados a la superficie epicardial del corazón
- **Electrodos endocardiales:** el electrodo ingresa en las cavidades del corazón por maniobra transvenosa
- **Inhibido:** cuando el marcapasos no marca el ritmo cuando detecta un latido intrínseco.
- **Desencadenado:** cuando el marcapasos no detecta un evento dentro de una cantidad de tiempo se emite una corriente eléctrica
- **Desfibrilador – cardioversor implantable (ICD):** es un dispositivo permanente implantable que reconoce ciertos tipos de taquicardias incluyendo taquicardia o fibrilación ventricular y tiene la capacidad de entregar energía eléctrica convirtiendo ritmos desfibrilable.
- **Dependiente de marcapasos:** los pacientes son considerados dependientes si el ritmo cardíaco intrínseco es <30 lpm o si se produce un compromiso hemodinámico significativo cuando se detiene el marcapasos de manera abrupta.

Indicaciones para marcapasos permanente

- Disfunción del nodo sinusal con falla del nodo SA para generar una respuesta apropiada del ritmo cardíaco y correlación de síntomas con esta bradicardia.
- Bloqueo aurículo ventricular (AV) avanzado con problemas inherentes de retraso o conducción bloqueada de impulsos eléctricos desde la aurícula al ventrículo como bloqueo de 2do y 3er grado. Esto puede ser congénito o adquirido. El bloqueo cardíaco post-quirúrgico persistente mayor a 7-10 días puede requerir de un marcapasos permanente.

Marcapasos Terapias adicionales

- **Terapia de resincronización cardíaca (TRC)**
 - La TRC es un sistema de tres cables (auricular, VD, VI) que se usa para el manejo de pacientes con insuficiencia cardíaca congestiva, asincronía ventricular por lo que la pérdida de coordinación entre la contracción ventricular derecha e izquierda da por resultado bombeo insuficiente de sangre.
 - El objetivo del marcapasos TRC es la estimulación bi-ventricular con el fin de resincronizar a los dos ventrículos con la máxima efectividad. Cuando la electro estimulación cardíaca se produce se pueden ver dos impulsos de la captura ventricular, y la captura bi-ventricular continua no debería mostrar ningún cambio en la morfología de un complejo QRS estimulado.
 - Si se notan cambios en el complejo QRS estimulado, entonces es importante investigar para ver si existe pérdida de captura bi-ventricular. Un ECG de 12 derivaciones puede ser de ayuda junto a un chequeo general del marcapasos para el umbral de la estimulación.
 - Pocas veces, la electro estimulación bi-ventricular puede ser proarrítmica causando una tormenta eléctrica. La etiología no está claramente comprendida o ésta puede ser la secuela de pacientes muy enfermos.

Sistema de codificación del marcapasos

- Un sistema de codificación genérico estandarizado para estimulación anti-bradicardia, estimulación con frecuencia de respuesta y estimulación multisitio fue establecido por:
 - La Sociedad Norteamericana de Marcapasos y Electrofisiología (NASPE)
 - El Grupo Británico de Marcapasos y Electrofisiología (BPEG)
- **Códigos de marcapasos permanentes:** sistema de codificación de 4 o 5 letras que incluye una cuarta letra para funciones de programación y la quinta para funciones especiales anti-taquicardia. El código de la quinta letra es raramente usado y por eso no se discutirá en estas guías.

Códigos de marcapasos revisado por NASPE y BPEG

Temporario			Permanente	
I	II	III	IV	V
Cámara(s) estimulación	Cámara de detección	Modo(s) de respuesta	Modulación de respuesta	Estimulación multi-sitio
A= Aurícula	A= Aurícula	T= Desencadenada	R= Modulación de la respuesta	A= Aurícula
V= Ventrículo	V= Ventrículo	I= Inhibido	O= Ninguna	V= Ventrículo
D= Dual (A y V)	D= Dual (A y V)	D= Dual (A y V)		D= Dual (A y V)
O=Ninguna	O=Ninguna	O=Ninguna		O=Ninguna

Posición I: se refiere a la(s) cámara(s) específica(s) que está(n) siendo estimulada(s). La letra significa la cámara: auricular, ventricular, dual para ambas y ninguna.

Posición II: se refiere a la(s) cámara(s) específica(s) que está(n) siendo detectada(s) para señales intrínsecas. Estas no son siempre la misma letra como posición I.

Posición III: Acción basada en la respuesta para señales intrínsecas que fueron detectadas o no detectadas (Posición II).

- **Modo inhibido:** retendrá el estímulo del marcapasos si una señal intrínseca de duración apropiada es detectada. De no haber señal intrínseca, el marcapasos entregará señal.
- **Modo desencadenado:** brindará señal desde el marcapasos luego de un intervalo de duración programado desde un evento detectado. Este es un escenario poco común y mayormente usado durante la evaluación.
- **Modo Dual:** depende de lo que detecten las cámaras para brindar sincronía aurículo-ventricular. En general el modo dual es el de preferencia. El modo dual usa tanto el modo inhibido como el desencadenado para funcionar con el fin de brindar sincronía aurículo ventricular.
- **Modo Ninguna:** no se toma ninguna acción.

Posición IV: R indica que la respuesta de frecuencia se ha iniciado. Los sensores de respuesta de frecuencia fueron desarrollados en los marcapasos para responder a la incompetencia cronotrópica como la inhabilidad de aumentar el ritmo cardíaco con el ejercicio. El ritmo estimulado puede aumentar con el marcapasos si el sensor (por ejemplo, acelerómetro piezoeléctrico con sensor dentro del marcapasos) detecta que el paciente está activo caminando o corriendo. Cuando el sensor detecta que el paciente está descansando, el estímulo de la frecuencia gradualmente irá disminuyendo hasta llegar al límite más bajo.

Posición V: Se refiere a la cámara pero no específicamente a la ubicación de los cables en la cámara de la estimulación multisitio. La práctica actual de la estimulación multisitio está todavía dentro de la evaluación

pero es hipótesis como tratamiento para la prevención de fibrilación auricular así como también un tratamiento aceptado de estimulación ventricular multisitio para cardiomiopatía dilatada.

Códigos de marcapasos permanente:

- Identificado por un sistema de codificación de 4 letras: AOO, VOO, DOO, AAI, DDD y DDI. Los modos comunes de estimulación son: AAI, VVI y DDD.
- **AAI:** significa que el marcapasos realiza una estimulación auricular e inhibe la estimulación auricular cuando detecta un evento auricular intrínseco.
- **VVI:** significa que el marcapasos estimula el ventrículo e inhibirá la estimulación ventricular cuando se detecte un evento ventricular.
- **DDD:** Significa que la estimulación ocurre en la aurícula y en el ventrículo. El marcapasos inhibirá la estimulación auricular hasta detectar una onda P. Al detectar la onda R se inhibirá el estímulo ventricular.

Estimulación a demanda (síncrono)

- La estimulación a demanda es la forma preferida de estimulación ya que detecta el ritmo intrínseco previniendo una competición entre latidos intrínsecos y estimulados.
- AAI, VVI, DDD y DDI son ejemplos de estimulación a demanda que inhibe o estimula en respuesta a la actividad detectada.

Estimulación a frecuencia fija (asincrónica)

- AOO, VOO y DOO son modos que no tienen la capacidad de detectar latidos intrínsecos del paciente y estímulos del marcapasos en un ritmo preestablecido independiente del ritmo del paciente. Si el ritmo cardíaco intrínseco está por encima de ritmo estimulado, puede haber una competencia entre el marcapasos y el ritmo intrínseco. Esto puede causar que el marcapasos se active en momentos inapropiados y producir un fenómeno "R" en "T". "R" en "T" es cuando el marcapasos se activa y produce un QRS durante la vulnerable onda T, posiblemente precipitando la taquicardia ventricular o fibrilación ventricular. La falta de detección de latidos ventriculares podría conducir a una arritmia auricular como es una fibrilación y aleteo auricular.

Principios generales: Marcapasos permanente

- **Principios generales**
 - Los marcapasos permanentes suelen ser analizados por el fabricante (llamado programadores de marcapasos). El análisis genera en una pantalla un resumen donde se puede ver el nivel de la batería, el modo de programación y baja frecuencia, diagnósticos como porcentaje de la estimulación, tendencia de la impedancia de la estimulación y cualquier observación significativa o alertas.
 - La prueba de umbral y los ajustes de los parámetros pueden ser realizados por el programador de marcapasos.
 - El estímulo de cámara doble es útil para muchas perturbaciones rítmicas, particularmente para aquellos pacientes con cardiopatía congénita o función pobre, pero en general la mayoría de los niños están bien con un sistema de estímulo simple de una sola cámara.
 - La disfunción del nodo sinusal y la bradicardia puede ser estimulada a un ritmo apropiado usando un estímulo solamente auricular. El estímulo auricular requiere de un sistema de conducción intacto para asegurar que el impulso se dirige a los ventrículos.

- Se puede estimular un bloqueo AV de cualquier nivel (grado 1, 2 y 3) para brindar una frecuencia cardíaca adecuada y AV sincrónico usando una cámara AV doble de estímulo secuencial. El bloqueo cardíaco de primer grado raramente requiere de estimulación AV a menos que esté con síntomas asociados.
- La señal del marcapasos (de espigas visibles) no siempre puede equiparar la captura miocárdica y el gasto cardíaco. Puede haber eventos eléctricos sin evidencia de contracción mecánica y esto es conocido como disociación electromecánica.
- El umbral de estimulación se puede deteriorar por inflamación miocárdica en el lugar donde se encuentra colocado el electrodo. Un aumento en el voltaje de la señal puede ser necesario para lograr la captura.
- **Colocación del marcapasos**
 - En bebés, los generadores son colocados en el área abdominal.
 - Para niños más grandes la colocación es en la región pectoral en general sobre el lado de la mano no dominante, principalmente en el área infra-clavicular izquierda.
 - Los electrodos pueden ser colocados sobre el epicardio, o de manera transvenosa al endocardio.
- **Respuesta del marcapasos a la aplicación de imán**
 - Estimulaciones asincrónicas a ritmo fijo
 - Ejemplo: si un marcapasos es inhibido desde el electrodo debido a sobre detección de interferencia electromagnética (EMI) o señales provocadas aplicando un imán sobre el marcapasos puede ayudar a lograr un estímulo ya que el imán puede suspender la función de detección durante el tiempo que el imán es aplicado sobre el marcapasos.
 - La función de detección se restaura cuando se quita el imán.

Análisis del ritmo marcado

- Las enfermeras necesitan identificar el ritmo normal y anormal de la aurícula y del ventrículo. El ECG conectado al monitor de la cama debe ser configurado para poder ver claramente la onda P y QRS. Puede servir de ayuda el modo de detección del marcapasos.
- Los parámetros de las alarmas del monitor están programados para alertar alto o bajo RC (ritmo cardíaco) del pulso de la guía arterial o sondeo de la saturación.
- Se identifica el estímulo normal observando las espigas del marcapasos en relación a la onda P y QRS. Por el filtro del monitor y la configuración programada, a veces no es posible ver la espiga del marcapasos. El marcapasos puede ser inferido por el cambio morfológico del ECG.
- **Marcapasos auricular**
 - Una espiga electrónica de marcapasos observada antes de una onda P representa un latido auricular marcado.
- **Marcapasos ventricular**
 - Una espiga electrónica de marcapasos observada antes de un complejo QRS representa un latido ventricular marcado. El complejo QRS que es inducido por estímulo ventricular puede ser amplio.
- **Grados variados de fusión en el electrocardiograma**
 - **Fusión:** Está presente cuando el impulso estimulado del marcapasos sucede al mismo tiempo que un latido intrínseco. La morfología es parcial entre el marcado y el intrínseco QRS porque el latido intrínseco es una combinación de la captura del marcapasos y la depolarización intrínseca. Esto sucede porque la coordinación del tiempo del impulso del marcapasos fue al

mismo tiempo que el latido intrínseco. Si hay latidos de fusión frecuente con ritmo intrínseco, la consideración es reducir el ritmo del marcapasos para ahorrar batería.

- **Pseudo fusión:** Está presente cuando hay una espiga de marcapasos frente a un latido intrínseco pero la morfología es la de un latido intrínseco. La espiga de marcapasos se produce en un momento cuando el miocardio está casi totalmente depolarizado por el latido intrínseco. Un latido pseudo fusión no brinda ninguna indicación de captura del marcapasos.
- **Pseudopseudo fusión:** Está presente en el marcapasos de doble cámara cuando se presenta una espiga auricular estimulada frente a un QRS espontáneo, este estímulo no tiene impacto en el QRS intrínseco.
- **Conducta de frecuencia superior**
 - En los marcapasos de doble cámara, cuando la frecuencia auricular excede el máximo seguimiento (MTR) del marcapasos, este no podrá seguir la frecuencia auricular con estimulación ventricular en una manera 1:1.
 - El marcapasos comenzará a mostrar conducta de frecuencia superior (algunas ondas P no son seguidas) dependiendo de la configuración del marcapasos del total del período auricular refractario (TARP) que es igual a la suma del período refractario post ventricular auricular (PVASRP) y el retraso AV (ver debajo la explicación).
 - Cuando la frecuencia auricular está entre MTR y TARP, el ECG mostrará el fenómeno de Wenckebach como grupo de latido por lo que las ondas P no serán seguidas.
 - Cuando la frecuencia auricular excede el TARP, entonces solamente cada dos ondas P es seguida, el ECG mostrará 2:1 seguimiento ventricular de ondas P, entonces la frecuencia ventricular ayudará a confirmar si el marcapasos está mostrando conducta de frecuencia superior.

Prueba y calibración

- Los umbrales de captura y detección se deben chequear rutinariamente y con cualquier cambio notado desde la función normal del marcapasos. Los chequeos del umbral se hacen de manera regular, en general cada 6 meses.
- **Umbral de captura**
 - La señal del marcapasos se define como voltaje (V) y duración del pulso en milisegundos (ms). El umbral de captura es la señal mínima que el marcapasos requiere para estimular el miocardio.
 - La configuración del marcapasos para la señal debe ser programada al doble del umbral de captura del voltaje para brindar un margen de seguridad.
 - La evidencia de captura es una espiga de marcapasos seguida por una onda P o QRS dependiendo si el estímulo está en la aurícula, en el ventrículo o en ambos.
- **Umbral de detección**
 - Se define la detección en milivoltios (mV)
 - El umbral de detección es la amplitud mínima de la señal intrínseca cardíaca que el marcapasos es capaz de detectar.
 - Si la configuración de la detección es muy alta [número alto de mV iguala menos detección], el marcapasos caerá para detectar eventos intrínsecos, y puede dar por resultado sobre estímulo, compitiendo con el ritmo intrínseco.
 - Si la configuración de la detección es muy baja [número bajo de mV iguala más detección] el marcapasos puede levantar ruido electrónico más que la señal cardíaca y puede conducir a

pausas inapropiadas o actividad desencadenada inapropiada dando por resultado bradicardia o taquicardia respectivamente.

- La detección es programada al menos al doble que el umbral de detección.

Características del marcapasos permanente

- A veces esas características normales del marcapasos pueden aparecer en el ECG y ser interpretadas como función anormal del marcapasos. Es importante para las enfermeras tener consciencia de alguna de esas características programadas en el dispositivo y poder diferenciarlas de la función anormal del marcapasos.
- Límites e intervalos del ritmo
 - Ritmo bajo: si el ritmo intrínseco del paciente cae por debajo del ritmo más bajo configurado, el marcapasos marcará el ritmo.
 - Ritmo superior: el ritmo máximo que un marcapasos marcará en el miocardio.
 - Ritmo histéresis: este ritmo permite que el ritmo cardíaco intrínseco del paciente caiga a un nivel menor que el ritmo más bajo del marcapasos (ver debajo).
 - Intervalo aurículo ventricular (AV) o retraso AV: el tiempo programado retrasado; en milisegundos desde el evento detectado o auricular marcado al momento cuando el ventrículo debería marcarse (por ej., el intervalo PR del marcapasos).
 - PVARP: es el período de tiempo cuando la cámara auricular es refractaria desde el evento auricular detectado al evento ventricular. El propósito de PVARP es prevenir al marcapasos de la detección de una onda P retrógrada conducida, por ejemplo luego de evento ventricular marcado o PVC.
 - Ritmo de respuesta: es una configuración programada en los marcapasos permanentes capaz de alterar la frecuencia del ritmo basado en el nivel de actividad del paciente.
- **Algoritmo mínimo ventricular marcado**
 - Esta característica es diseñada para minimizar la estimulación ventricular manteniendo al paciente en modo AAI o AAIR y se modificará al modo DDD o DDDR cuando el bloqueo AV es detectado.
 - La apariencia del ECG puede mostrar apariencia intermitente de estímulo de cámara dual luego que se vea bloqueo AV. Una vez en el modo DDD, el marcapasos extenderá ocasionalmente el retraso AV para buscar conducción AV y si está presente, el marcapasos revertirá a modo AAI.
- **Algoritmo de captura automática**
 - Este modo está disponible en St. Jude Medical, Medtronic, Boston Scientific y otros dispositivos.
 - El algoritmo del marcapasos chequea depolarización local luego del estímulo y ajustará la señal del marcapasos a un nivel de margen de seguridad (por ej., 0.25V por encima del umbral de captura). Si no se detecta la depolarización local, el marcapasos entregará un impulso más alto de señal de 80-100 ms después del pulso inicial para lograr la captura.
 - Los dispositivos de St. Jude Medical y Boston Scientific evalúan la captura en un latido por bases de latido considerando que el manejo de la captura de Medtronic sucede en un tiempo programado, una o dos veces por día.
 - Si el paciente está en un ritmo intrínseco, los dispositivos de St. Jude y Boston Scientific no realizarán evaluación de umbral de captura. El dispositivo de Medtronic forzará el estímulo al cronograma programado para conducir la búsqueda.

- La apariencia del ECG mostrará espigas ocasionales de doble estímulo dentro de casi 80.100 ms entre sí. El intervalo medido de ritmo bajo puede por lo tanto ser más lento por esta cantidad.
- **Histéresis**
 - Esta característica se usa en pacientes que son predominantes en sus ritmos intrínsecos con necesidad ocasional de estímulo, por ej., bloqueo AV intermitente de alto grado.
 - El bajo ritmo del marcapasos se programa para estimular el ritmo apropiado para el paciente pero el ritmo de histéresis permite que el ritmo cardíaco intrínseco del paciente caiga a un nivel más bajo que el ritmo bajo del marcapasos. Por ej., el paciente puede tener un ritmo bajo programado de 60 lpm y un ritmo de histéresis configurado a 40 lpm. Esto podría permitir que el ritmo cardíaco intrínseco del paciente vaya a 40 lpm antes de estimular a 60 lpm.
 - La apariencia del ECG mostrará el ritmo intrínseco más bajo que el ritmo bajo del marcapasos y puede aparecer como sobre detectado.
 - Esta característica permite reducir la cantidad de estímulos y estimular sólo cuando sea necesario ayudando así a conservar la batería.
- **Histéresis de búsqueda AV**
 - Esta característica se usa también para minimizar el estímulo ventricular con marcapasos de cámara doble y bloqueo AV intrínseco de primer o segundo grado.
 - El dispositivo tendrá búsqueda periódica de conducción AV extendiendo el retraso AV para determinar si está presente la conducción intrínseca. La cantidad de la extensión del retraso AV para la búsqueda es programable hasta un máximo de 350 o 400ms. Cuando sucede el bloqueo AV, el dispositivo estimulará al ventrículo al máximo la extensión AV para un ciclo durante la búsqueda y luego estimula el retraso AV programado para ciclos subsecuentes hasta cuando sea tiempo de buscar otra vez.
 - En el ECG esto puede aparecer como intervalos AV variables y puede aparecer como si esto fuera sobredetección ventricular durante la extensión AV , excepto que finalmente suceda el estímulo ventricular. Será de ayuda observar el ECG por más tiempo para ver si existe evidencia de ciclos de búsqueda regulares periódicos.
- **Modo de cambio**
 - En la presencia de un marcapasos programado en modo DDD que está siguiendo una taquicardia auricular rápida que encuentra la detección del ritmo auricular alto programado, el marcapasos puede automáticamente cambiar su modo de DDD a DDI o DDDR a DDIR para prevenir seguimiento sostenido a alto ritmo. El dispositivo volverá al modo DDD cuando la taquicardia auricular se detenga o disminuya la detección del ritmo auricular alto.
 - Cuando el dispositivo está en modo de cambio, la apariencia del ECG será similar al estímulo VVI o VVIR en la presencia de taquicardia ventricular rápida.
 - En algunos dispositivos (como marcapasos Medtronic), el dispositivo puede conducir una búsqueda para ver si hay una onda P dentro del período de blanking auricular (donde los eventos auriculares no son detectados del todo o desactivadas) (llamado aleteo auricular) extendiendo de manera ocasional el PVARP para un ciclo para chequear si existen ondas P escondidas en el período post blanking ventrículo auricular. La apariencia del ECG será similar a aquella de subdetecciónauricular intermitente (una onda P que no es seguida).
 - Esta es una característica segura que debería ser programada para pacientes en riesgo de desarrollar taquicardia auricular, por ej., post-operatorio de Fontán o de drenaje venoso

pulmonar total anómalo (TAPVD) con indicaciones de marcapasos permanente. Debería ser ajustado para evitar un modo inapropiado de cambio durante la taquicardia sinusal.

- **Frecuencia de reposo/ ritmo de sueño**

- Permite un ritmo más bajo reducido durante el sueño o el descanso. Esta función es dependiente del tipo de marcapasos.
- La frecuencia de reposo guiada por un sensor (por ej., St. Jude Medical) determinará que el paciente está en reposo mediante inactividad del sensor de respuesta de la frecuencia y no es dependiente de la hora reloj.
- El ritmo de sueño derivado en la hora reloj (por ej., Medtronic) reducirá la frecuencia lenta a la frecuencia de sueño durante el sueño programado y el momento de despertar.

- **Estimulación ventricular segura**

- Esta característica está diseñada para minimizar la intercomunicación en un marcapasos de doble cámara. La intercomunicación se presenta cuando la cámara ventricular detecta la señal del estímulo auricular e inhibe desde el estímulo ventricular. Esto podría ser catastrófico si el paciente completó bloqueo cardíaco sin ritmo de escape. Cuando sucede un evento ventricular detectado durante el período de toma de muestra de ruido dentro del retraso AV luego del estímulo auricular, el marcapasos entregará estímulo ventricular en un intervalo AV reducido, en general 100-200ms dependiendo del fabricante del marcapasos.
- En el ECG esto podría aparecer como un intervalo AV más corto que el retraso AV programado. También podría ser comprensible si el estímulo ventricular seguro es desencadenado por un PVC que es detectado luego de un estímulo auricular.

- **Algoritmo Terminación de Taquicardia Mediada por el Marcapasos (TMM)**

- La TMM puede suceder en pacientes con marcapasos de cámara doble programado en modo DDD o DDDR y el paciente tiene conducción retrógrada en general a través del nodo AV.
- La TMM puede ser iniciada por pérdida de sincronía AV mediante un PVC, pérdida de captura auricular, PAC inexplorado, seguimiento de miopotenciales o ruido.
- La TMM es vista como estímulo ventricular llevado a una frecuencia más alta en un ciclo repetido de seguimiento auricular con la detección de una onda P retrógrada. El ciclo de esta taquicardia sostenida puede ser detenida en presencia de pérdida de conducción retrógrada (por ej., masaje del seno carótido, administrar adenosina para bloqueo de conducción retrógrada del nodo AV) u onda P que no es detectada, por ejemplo extensión de periodo refractario auricular post-ventricular (PRAPV). La TMM en fase de estimulación aguda podría ser determinada por aplicación breve de un imán en el marcapasos causando estimulación asíncrona.
- El algoritmo TMM en un marcapasos permanente funciona de manera automática extendiendo el PRAPV luego de unos pocos ciclos de seguimiento a frecuencias más rápidas de 150 lpm.
- La TMM puede prevenirse programando un PRAPV lo suficientemente largo para excluir la detección de una onda P retrógrada.
- Si la TMM se inicia por PVC con dirección retrógrada, uno puede encender la característica de respuesta PVC que extiende el PRAPV a eso de 400 ms luego del PVC detectado.

Evaluación diagnóstica

- Cuando se sospecha de problemas en el marcapasos, es importante realizar una evaluación diagnóstica de manera sistemática.

- Las pruebas diagnósticas que pueden servir de ayuda incluyen monitoreo del Holter, test de ejercicio, monitoreo del evento o radiografía de tórax.
- El contador del marcapasos y los canales pueden ser de ayuda para solucionar los problemas de estado de arritmias del paciente.

Complicaciones/ soluciones de fallas del marcapasos

Problema/criterio	Causa	Tratamiento
Falla de captura		
Señal entregada no evoca depolarización miocárdial, Dando por resultado asistolia o sin señal El problema podría cambiar el umbral de captura o conducir a un problema en el hardware	Tejido cicatricial Función miocárdial pobre Desequilibrio electrolítico o metabólico Drogas antiarrítmicas clase IC Fractura del electrodo o daño por aislamiento como se sugiere por cambios de impedancia	Chequear inmediatamente umbral y señal del marcapasos Para problemas de umbral: Aumentar el voltaje y/ o ancho de pulso para lograr la captura. Par temas relacionados con el hardware: Se puede considerar la reprogramación de la polaridad del marcapasos de bipolar a unipolar para ver si así se puede restaurar la captura.
Falla de detección		
Subdetección: Se presenta cuando el marcapasos estimula inapropiadamente luego de una onda P espontánea (subdetección auricular) u onda R (subdetección ventricular) Aparece muy marcado en el ECG	Cambios en la amplitud de la señal intrínseca (fibrosis). Margen insuficiente de seguridad en la detección programada. Fractura del electrodo o daño por aislamiento o tornillo de fijación flojo	Chequear el umbral de detección y ajustar la configuración. La configuración de la detección debe ser realizada a la mitad del nivel del umbral. La disminución del número de mV aumenta la detección. El marcapasos inapropiado puede inducir a arritmias y por lo tanto debe ser identificado y corregido rápidamente.
Sobredetección Se presenta cuando el marcapasos inhibe inapropiadamente el estímulo dando por resultado pausas o seguimiento inadecuado en modo DDD	La detección puede ser muy sensitiva y el marcapasos recoge (sobredetección) otras señales eléctricas como onda T o ruido muscular o interferencias electromagnéticas. La configuración de detección unipolar puede ser más propensa a la sobredetección debido a la antena de detección más larga	La detección inapropiada requerirá el chequeo del umbral de detección y reinicio Aumentar el número mV (disminuyendo la detección). El manejo de la emergencia de sobredetección (por ej., cuando existen pausas prolongadas) puede ser por aplicación de imán para desactivar la detección y los estímulos del marcapasos a un ritmo fijado (estímulo asincrónico)
Falla de electrodos		
Fractura	Evidente por alta impedancia, presencia posiblemente visible de interrupción del electrodo conductor en radiografía de tórax. Los pacientes pueden mostrar síntomas de fatiga; sin embargo, algunos pueden ser completamente asintomáticos (por ej., si el paciente tiene dispositivo de cámara doble con bloque cardíaco y ritmo ventricular principalmente en la presencia de fractura de electrodo auricular). Esto se confirma por	La radiografía de tórax podría incluir visualización del curso completo del electrodo y del generador del marcapasos tanto en el sistema endocárdial como en el epicárdial. Si el paciente tiene electrodo bipolar, puede ser de utilidad chequear la configuración unipolar del marcapasos y del detector ya que el conductor catódico podría todavía estar intacto y se podría restaurar el marcapasos y el detector en modo unipolar.

	medio de elevación de la impedancia. A veces puede verse por imágenes radiográficas; sin embargo, podrían ser quebraduras sutiles en el electrodo que no son evidentes en la placa radiográfica.	Reemplazar los electrodos.
Desprendimiento	El desprendimiento del electrodo podría dar por resultado aumento en el umbral de la estimulación, o falla para detectar. El desprendimiento no siempre es visible por imágenes radiográficas, pero hay aumento significativo de la estimulación o un deterioro en la detección.	Reposición o reemplazo del electrodo
Falla en el aislamiento	Esto es evidente por muy baja impedancia, en general se ve la radiografía de tórax sin anomalías.	Reemplazo del electrodo
Batería agotada	Dependiendo del nivel del voltaje de la batería y de las especificaciones del fabricante y del tipo de marcapasos, el modo y la frecuencia de la baja batería pueden ser diferentes. Si la batería está completamente agotada, no hay por lo tanto señal en el marcapasos y no es posible indagar en el dispositivo	Según de la dependencia del paciente en relación al marcapasos, el marcapasos temporario (transvenoso o transcutáneo) podría necesitar re-configuración. Se debería reemplazar el marcapasos.

Estimulación extracardíaca

- En general implica una estimulación inadvertida de los músculos del diafragma, pectoral o intercostal.
- La estimulación diafragmática podría ser causada por estimulación directa del nervio frénico; esto podría ser causado por micro desprendimiento del electrodo del marcapasos o por la proximidad del electrodo del marcapasos al nervio frénico o diafragma.
- La estimulación pectoral puede ser por captura local del músculo desde el generador del marcapasos o filtración de corriente por falla en el aislamiento del electrodo o conector.
- La estimulación puede ser minimizada o aliviada disminuyendo el voltaje o amplitud del pulso y se debe mantener un margen adecuado de seguridad del estímulo. Si a través de la programación no se puede corregir el problema, entonces puede que el electrodo necesite ser repositado.

Vida de la batería

- La vida de la batería depende del dispositivo, uso, configuraciones y características del mismo.
- Las baterías del marcapasos permanente son en general de tipo litio con una vida entre 5-10 años dependiendo de la señal del marcapasos y cantidad de uso.

Puntos críticos del pensamiento

- En el paciente críticamente enfermo, puede haber actividad eléctrica sin pulso (AESP) o disociación electromecánica a pesar de la presencia de la captura del marcapasos de miocardio. Las causas principales de AEPS puede ser hipovolemia severa, falla de la bomba u obstrucción de la circulación. La AESP está presente cuando no hay pulso arterial correspondiente con cada QRS estimulado. El paciente puede requerir de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) de emergencia.
- La programación del marcapasos permanente (computadora) es específico del fabricante del dispositivo que le permite al médico ajustar los parámetros del dispositivo, por ejemplo el marcapasos de Medtronic usa su propio programa. El chequeo y ajuste del marcapasos debe ser conducido por el equipo de electrofisiología o personal entrenado en el seguimiento del dispositivo.

- La mayoría de los sistemas de marcapasos permanente tienen la habilidad de realizar estimulación eléctrica programada (EEP) para estimular las arritmias terminales a través del programa del marcapasos. Esto debe ser realizado por un electrofisiólogo. El marcapasos puede también tener alta frecuencia de recolección de datos como un electrocardiograma detallado, frecuencia de la taquicardia o longitud del ciclo, tiempo y duración de episodios que se archivan para consulta.
- Los pacientes con marcapasos permanente deben tener ritmo intrínseco subyacente y funcionalidad revisada por un cardiólogo cada 6 meses con visitas más frecuentes en la etapa temprana luego del implante.

Consideraciones especiales

- **Problemas específicos para pediatras**
 - El tamaño de los bebés muy prematuros o de bajo peso al nacer puede limitar la colocación de un marcapasos permanente.
- **Seguridad de la resonancia magnética (RM)**
 - En los pacientes con marcapasos que necesitan realizarse una RM se debe chequear el sistema del marcapasos (generador y electrodos) para ver si es compatible con la RM. Abandonar los electrodos o el hardware es una contraindicación para la RM.
 - Las preocupaciones con la RM están relacionadas con el calentamiento e interfaz del electrodo con la piel lo que puede dar por resultado daño en el tejido o cambios en los umbrales. La fuerza o torque magnético inducido en el dispositivo puede dar por resultado desplazamiento del electrodo o sensación de tirón y ruido RF que pueden inhibir el estímulo o estímulo rápido provocando arritmias.

Monitoreo agudo y documentación para los marcapasos permanentes

- El cambio de turno entre las enfermeras salientes y las entrantes asegura que las configuraciones del marcapasos estén en concordancia con las órdenes médicas.
- Realizar monitoreos continuos con ECG para ver el RC, dependencia del marcapasos, presencia o ausencia de estimulación auricular y ventricular versus ritmo intrínseco.
- Los siguientes chequeos se deben realizar al menos cada 1-4 horas dependiendo siempre de la estabilidad del paciente, etapa de recuperación como por ejemplo post quirúrgico o rehabilitación:
 - Signos vitales: el marcapasos en el ECG no siempre se traslada en contracciones miocárdiales. Incluye ritmo intrínseco y frecuencia si el ritmo cardíaco está sobre los parámetros configurados.
 - Tipo: epicardial, transvenoso.
 - Configuración programada: ritmo (lpm), señal (V); detección (mV) de aurícula y ventrículo si aplica; intervalo AV (ms) y podrían ser pertinente las características del marcapasos programadas en uso.
 - ¿Qué está haciendo el marcapasos? Frecuencia, detección auricular, estimulación auricular, detección ventricular, estimulación ventricular.
 - Complicaciones: falla de ritmo, detección (sub y sobre detección), captura.

Complicaciones

- **General**
 - Sangrado, infección, daño en el miocardio, perforación del miocardio y neumotórax.
 - Hematomas y seromas. Los pequeños hematomas pueden ser monitoreados de cerca y manejados con compresiones cálidas para mejorar el proceso de absorción. Los hematomas grandes que

comprometen la vía de sutura o la integridad de la piel pueden ser evacuados quirúrgicamente. La aspiración con aguja aumenta el riesgo de infección y no es recomendable.

- Los pacientes anticoagulados están en riesgo de sangrado. En pacientes que requieren anticoagulantes orales, referirse a la Guía de Anticoagulación de la AHA 2014.
- **Infección en marcapasos permanente**
 - Signos de quiebre en la piel en el sitio quirúrgico, conteo elevado de glóbulos blancos, fiebre, malestar general, edema localizado, aumento de eritema y aumento de temperatura en el lugar de la incisión, descarga, dehiscencia o dolor. Los signos y síntomas no específicos incluyen fiebres, temblores, sudoración nocturna, malestar general y anorexia y conteo elevado de glóbulos blancos, la inflamación de la herida puede ser una presentación temprana de infección en la bolsa del marcapasos. Esta infección y la del electrodo del dispositivo en general coexisten.
 - Un poco más del 10% de los pacientes presentan shock séptico.
 - El diagnóstico clínico de infección de la bolsa del marcapasos puede ser desafiante y en general tardío.
 - La infección del marcapasos puede presentarse con focos secundarios como infección espinal o pulmonar.
 - El Criterio de Duke para diagnosticar endocarditis infecciosa puede usarse para asistir el diagnóstico de infección del marcapasos. Este criterio incluye criterios menores y mayores como cultivos positivos, ecocardiograma para masas positivo, válvulas regurgitantes o estenóticas, fiebre y fenómeno vascular.
 - El microbio más común en las infecciones de los dispositivos es el *Estafilococo* (y Gram positivo de bacteria en general) causando la mayoría de las infecciones (68-93%). La bacteria gram negativo causa menos del 18% de las infecciones. Aproximadamente el 15% de las infecciones del dispositivo son cultivo negativo.
 - Los cultivos pueden emitirse previo al tratamiento con antibióticos. Se toman tres muestras recolectadas de manera aséptica de los sitios periféricos en un período mayor o igual a 6h entre cada una. Los antibióticos se administran luego de la primera recolección de la muestra. Se repiten los cultivos 48-72 h luego de retirar el marcapasos infectado.
 - Se toma una Rx de tórax en todos los pacientes con sospecha de infección de marcapasos. La Rx puede mostrar evidencia de consolidación sugestiva de foco de infección brindando apoyo al diagnóstico que muchas veces se vuelve dificultoso. El compromiso pulmonar se presenta en el 10-45% de los pacientes con infección y a veces se puede ver en la Rx pérdida de marcas vasculares o efusión pleural. La Rx también brinda información adicional en relación a la presencia y posición del marcapasos pudiendo compararla con la anterior. La angiografía pulmonar por TC debe ser considerada cuando se sospecha de infección del marcapasos y podría confirmar presencia de compromiso pulmonar y también asistir al diagnóstico.
 - Ecocardiografía transesofageal o transtorácica cuando se sospecha de infección o de infección sistémica.
 - Los antibióticos pueden ser necesarios en instancias de eritema en el sitio sin exudado purulento, dehiscencia o signos sistémicos de infección y se presenta dentro de los 30 días del implante, se debe vigilar de cerca y la resolución tiene que ser dentro de las dos semanas. Si se presume que el eritema y el drenaje están asociados con un punto, esto se resuelve retirando la sutura. Si no se resuelve, extraer cultivos y considerar terapia antimicrobiana empírica de curso corto. El paciente debe ser reevaluado en 1 semana. Si hay mejora clínica, completar el curso de

antibiótico oral y seguimiento. Si no mejora en 1 semana y no se inició con los antibióticos, iniciar régimen oral de 7-10 días.

- Si los síntomas de infección progresaron, re-obtener cultivos x 3 y comenzar con régimen antibiótico empírico IV. Eco dentro de las 24 horas. El ETT es suficiente para pacientes pediátricos con buena ventana de ECO, se recomienda ETT en adultos para evaluar vegetación en el dispositivo o válvulas.
- Completar el retiro de todo el hardware independientemente de la ubicación (subcutáneo, transvenosa o epicardial) es el tratamiento recomendado para pacientes con infección establecida del marcapasos. Esto incluye casos en los que se presenta infección localizada de la bolsa del marcapasos en ausencia de signos de infección sistémica. El retiro es necesario. La erosión de cualquier parte del marcapasos puede implicar contaminación de todo el sistema incluyendo la porción intravascular de electrodos. Si el paciente es dependiente del marcapasos entonces será necesario un sistema de estimulación temporario.
- **Trombosis venosa (marcapasos endocardial)**
 - Existe un riesgo mayor de infección de tromboembolia sistémica en pacientes con shunts intracardíacas y sistemas de marcapasos transvenosos. Por lo tanto los electrodos transvenosos son evitados en presencia de shunt intracardíaca o eliminación de shunt que deben ser aplicados antes del implante de electrodo transvenoso si es posible.

Aceptar la muerte natural en pacientes con marcapasos permanente implantado

- Considerar las preocupaciones éticas y el tiempo para la desactivación del marcapasos en la UCI al final de la vida.
- Considerar tiempo apropiado de interrupción del dispositivo cuando no hay más necesidad de terapia con marcapasos. Un marcapasos puede potencialmente prolongar la vida ya que éste estimula para mantener un ritmo cardíaco regular. Una vez que cesa la oxigenación adecuada se produce isquemia del miocardio, el marcapasos no puede capturar efectivamente el músculo cardíaco. En este punto puede ser de ayuda reprogramar el marcapasos para apagarlo (OAO/ODO/OVO). Es importante que el profesional responsable del paciente en cuestión consulte con el electrofisiólogo o con el equipo de marcapasos para determinar la necesidad de apagarlo e identificar quien lo realizará. Claramente los miembros de la familia deben estar al tanto del plan y de las implicancias. El marcapasos se puede apagar una vez que se recibe la orden y ésta puede ser realizada por el médico o profesional aliado que forma parte del equipo del marcapasos.

En resumen, los marcapasos permanentes son dispositivos implantables que entregan impulsos eléctricos cuando es inadecuado el sistema de conducción intrínseca del paciente o el ritmo cardíaco. Dependiendo del modo y de la configuración programada, los marcapasos tienen la capacidad de detectar actividad eléctrica cardíaca inherente y ritmo del corazón. Las enfermeras tienen que tener una comprensión sólida de estos dispositivos y tienen que poder reconocer los ritmos normales y los anormales. El mal funcionamiento del sistema incluye subdetección, sobredetección, pérdida de captura, falta de señal del marcapasos, falla en la batería y taquicardia mediada del marcapasos. Es importante conocer las características del funcionamiento del marcapasos como captura automática, modo de cambio, ritmo de descanso, función ventricular mínima del marcapasos, búsqueda de histéresis AV, seguridad, conducta del ritmo, terapia de resincronización cardíaca para evitar malas interpretaciones. Es vital para una terapia exitosa con el marcapasos, consultar con el electrofisiólogo y otros expertos.