

Eventos electrocardiográficos que semejan disfunción de marcapasos

Dr. Oswaldo Gutiérrez Sotelo

Servicio de Cardiología, Hospital Clínica Bíblica, San José de Costa Rica

Resumen. Se presentan casos electrocardiográficos que semejan disfunción de marcapasos; la mayoría, se trata de la ejecución de algoritmos diseñados para intervenir en situaciones clínicas específicas.

Abstract. Electrocardiographic events that resemble pacemaker dysfunction. We present electrocardiographic cases that resemble pacemaker dysfunction; in the majority, it is involved the execution of algorithms designed to intervene in specific clinical situations.

Abreviaturas. CPV: Contracciones prematuras ventriculares; PVARP: Período refractario atrial post-ventricular; lpm: latidos por minuto; s: segundo

Introducción

La complejidad de los parámetros programables en los marcapasos^{1,2} ha multiplicado la posibilidad de encontrar situaciones que dan la apariencia de malfuncionamiento. En muchos casos, es imprescindible el uso del programador para confirmar si, en efecto, se trata de una disfunción o si solo se trata de la ejecución de un algoritmo específico (Tabla 1).

Disfunción de marcapasos

Para establecer el funcionamiento normal del marcapasos, es necesario medir el intervalo de tiempo entre las espigas, de manera que se cumpla el ciclo de estimulación programado (habitualmente, 1s = 60 latidos por minuto, lpm)³; este debe ser también el tiempo transcurrido entre cualquier evento propio y el siguiente latido estimulado, dado que el marcapasos reinicia el conteo de tiempo, cada vez que detecta un evento propio; a la inversa, el tiempo entre un latido estimulado y la aparición de cualquier evento propio, tiene que ser menor al ciclo de estimulación, lo cual, indica adecuada detección (Figura 1).

En base a sus dos funciones básicas, los marcapasos pueden presentar fallas en la estimulación miocárdica o fallas en la detección del ritmo intrínseco del paciente^{4,5}. En el primer caso, se observarán espigas sin el respectivo complejo QRS, lo cual sucede por desplazamiento del electrodo y la consiguiente pérdida de contacto con el endocardio; o bien, por un necesidad elevada de corriente, más allá del valor de voltaje programado (Figura 2). Con respecto a la detección, no debe existir conflicto entre el ritmo estimulado y el ritmo propio del paciente; en efecto, el marcapasos toma en cuenta el intervalo de tiempo programado al cual enviará sus estímulos: si el ritmo propio del paciente es más rápido que la frecuencia de estimulación programada -determinada por dicho intervalo-, el marcapasos se debe inhibir; si por el

contrario, el ritmo propio es más lento, el marcapasos, debe reanudar la estimulación, al intervalo antes citado (Figura 1). Puede suceder sub-detección (insuficiente detección del ritmo propio), usualmente por desplazamiento del electrodo y la consiguiente pérdida de contacto con el endocardio; o por bajo voltaje de la señal intracardiaca, debido a la enfermedad miocárdica propia del paciente; o puede suceder sobre-detección (detección excesiva de otras señales cardiacas o extra cardiacas), lo cual inhibe inapropiadamente al marcapasos (Figura 3).

Pseudo-disfunción de marcapasos

En ocasiones, se observan espigas que coinciden con eventos propios del paciente, originando diversos grados de fusión o pseudofusión, los cuales pueden confundirse

Interacción con eventos intrínsecos

Fusiones y pseudofusiones durante ritmo sinusal
Contracciones prematuras
Resincronización cardiaca
Pseudoespigas

Frecuencias elevadas de estimulación ventricular

Respuesta a sensor de movimiento ante el ejercicio físico (Rate response)
Taquiarritmia supraventricular estimulada sin ejecución del cambio de modo
Algoritmos de prevención de pausas post-extrasistólicas
Taquicardia mediada por marcapasos

Frecuencias elevadas de estimulación atrial

Respuesta a sensor de movimiento ante el ejercicio físico (Rate response)
Algoritmos de prevención de pausas post-extrasistólicas
Algoritmos de prevención de fibrilación atrial
Algoritmos de intervención ante la caída súbita de la frecuencia cardiaca

Pausas o pseudo-bradicardia

Histéresis del ritmo propio - frecuencia de "reposo" o "nocturna"
Algoritmos de búsqueda del ritmo intrínseco ventricular
Algoritmos de valoración automática del umbral, de sensibilidad o impedancia

Tabla 1. Situaciones que simulan disfunción de marcapasos

Correspondencia: Dr Oswaldo Gutiérrez Sotelo
Edificio Strachan, 5to Piso, oficina 7
Email: oswcr@hotmail.com
Telefono: +506 2522-1000
Recibido: 18/03/2018 Aceptado: 15/04/2018

con fallas del marcapasos⁴ (Figura 4); asimismo, en los resincronizadores, dado que es deseable la estimulación permanente del ventrículo izquierdo, existen algoritmos que la fomentan, aún durante la inscripción de contracciones prematuras ventriculares (CPV), generando pseudofusiones cuya espiga puede aparecer en forma relativamente tardía⁶. También pueden observarse pseudoespigas, las cuales aparecen según los filtros utilizados en el electrocardiograma o en la red de corriente alterna.

Ritmos rápidos que pueden simular disfunción de marcapasos

Los marcapasos bicamerales funcionan como dos marcapasos, uno atrial y otro ventricular, cada uno con sus fun-

ciones de estimulación y detección, de manera secuencial (Tabla 2). Por defecto, cualquier evento atrial detectado o estimulado (modo VAT o modo DDD, respectivamente), tiene que ser seguido de una espiga ventricular; así, durante el ejercicio físico, a medida que aumenta la frecuencia sinusal, cada contracción atrial será seguida de su respectiva estimulación ventricular (en ausencia de ritmo propio ventricular); si en el transcurso del ejercicio se suspende abruptamente la estimulación ventricular, lo más probable es que se haya alcanzado la “frecuencia máxima de seguimiento” (upper tracking rate); este parámetro programable en el marcapasos, determina hasta qué punto es capaz de mantenerse un seguimiento atrial en una relación 1:1; si la frecuencia sinusal intrínseca durante el ejercicio excede

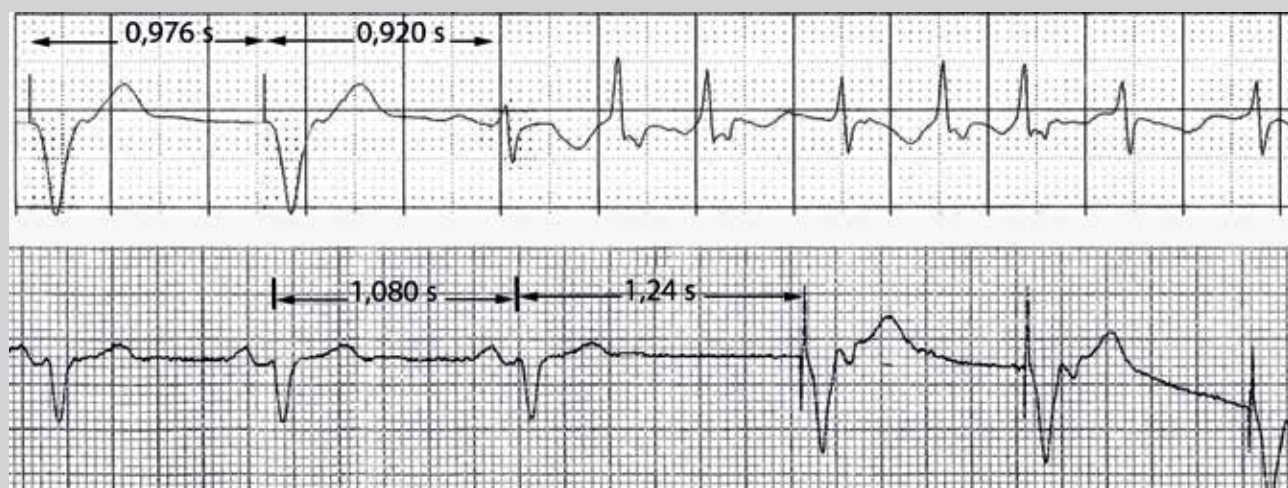


Figura 1. Estimulación y detección. Derivación II. Marcapasos unicameral VVI. Arriba: ritmo de marcapasos (ciclo RR inicial=0,976 s; o sea, 60 lpm); el segundo intervalo RR, el cual está constituido por un latido estimulado y otro espontáneo sinusal, es más corto (RR=0,920 s, 65 lpm) que el ciclo de estimulación; este es seguido de un ritmo rápido, irregular (fibrilación atrial paroxística, con intervalo QT prolongado), cuyo intervalo RR promedio es mucho menor que el programado en el marcapasos: el marcapasos por tanto, inhibe la estimulación. Abajo: compresión carotídea derecha; los últimos 2 intervalos RR (1,080 s y 1,024 s; es decir, 55 y 48 lpm respectivamente) indican disminución progresiva de la frecuencia sinusal, la cual cae por debajo de la frecuencia mínima de estimulación programada en el marcapasos (en este caso 50 lpm), reiniciándose entonces, la estimulación en modo VVI.

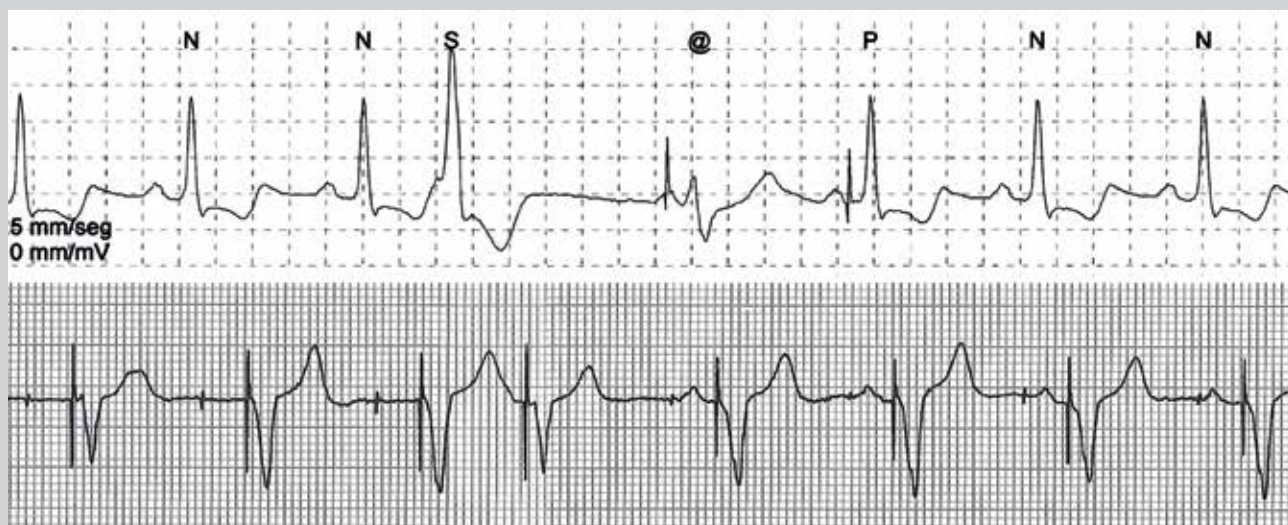


Figura 2. Falla de captura ventricular. Arriba. Marcapasos VVI. Los primeros tres latidos son sinusales; aparece una CPV después de la cual, cumplido el ciclo RR programado, aparece una espiga –sobre la onda P– que no es seguida de una despolarización ventricular y se inscribe un complejo QRS de origen sinusal (fusionado con otra CPV, lo cual genera un pseudo PR corto); en el siguiente latido, ocurre coincidentemente el mismo fenómeno; en los últimos latidos sinusales, no se observan espigas porque la frecuencia espontánea es mayor que la programada en el marcapasos. Abajo. Marcapasos DDD. Falla de captura atrial. Las espigas atriales no son seguidas de onda P; el latido del centro, probablemente es una captura atrial adecuada, con su respectivo complejo QRS estimulado; pero las dos últimas ondas P son intrínsecas del paciente (no son consecuencia de captura atrial), porque no existe una relación espiga-P constante

| | |
|-----|--|
| AAI | Estimulación atrial - Detección atrial - Inhibición ante esta |
| AVI | Estimulación atrial - Detección ventricular - Inhibición ante esta |
| AVT | Estimulación atrial - Detección ventricular - Disparo ante esta |
| DDD | Estimulación atrial y ventricular - Detección atrial y ventricular - inhibición (si aparece V) o disparo (siguiendo a A) |
| DDI | Estimulación atrial y ventricular-Detección atrial y ventricular - inhibición (si aparece A o V) |
| VAT | Estimulación ventricular - Detección atrial- Disparo ante esta |
| VVI | Estimulación ventricular - Detección ventricular- Inhibición ante esta |

Tabla 2. Nomenclatura de los modos de estimulación cardíaca

este límite, existirán más contracciones sinusales que espigas ventriculares, fenómeno denominado “fenómeno de Wenckebach electrónico” (Figura 5), lo cual puede comprometer el desempeño físico del paciente. Estrictamente, no es una disfunción, pero debe programarse una frecuencia máxima de seguimiento acorde con la frecuencia máxima sinusal alcanzada con el ejercicio, según el desempeño cronotrópico en cada paciente⁷.

Si se observa un ritmo rápido estimulado en reposo, puede tratarse de un flúter/taquicardia atrial o una fibrilación atrial, cuya frecuencia ventricular estimulada máxima dependerá también de la frecuencia máxima de seguimiento; la función “cambio de modo automático” interrumpe, en tales casos, el seguimiento o tracking atrial, pasando a estimular en modo DDI, mientras dure la taquiarritmia^{8,9}; o bien, cambia a modo de estimulación unicameral, VVI. Se evita así, esta situación que motiva la consulta del paciente por palpitations y disnea (Figura 6). Durante una fibrila-

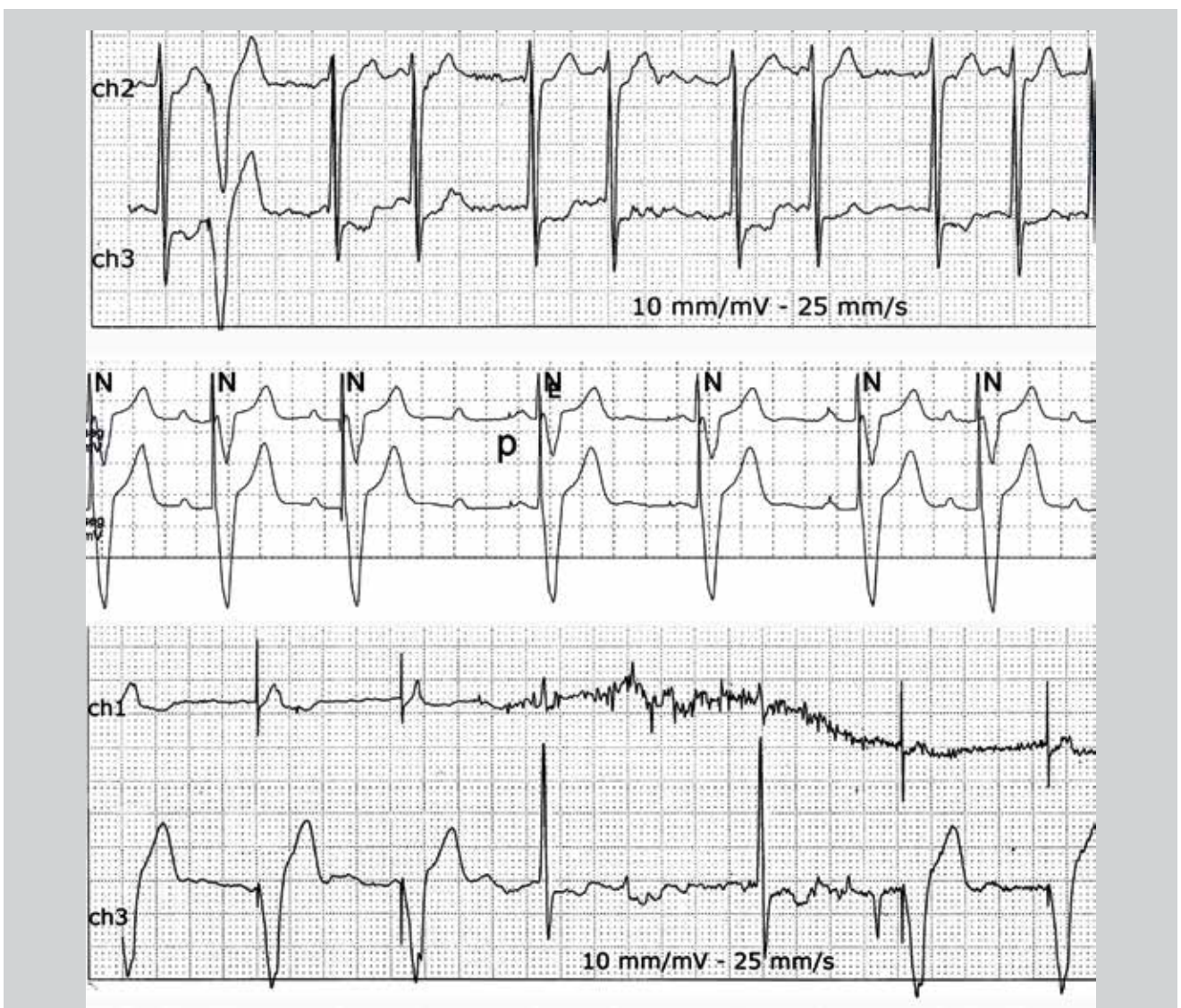


Figura 3. Falla de detección de marcapasos. Arriba. Marcapasos VVI. Sub-detección ventricular: el segundo latido, es uno estimulado, a un intervalo mucho menor que el programado, lo cual denota que el complejo QRS precedente no fue detectado. Centro. Marcapasos DDD. Sub-detección atrial: la cuarta onda P no es detectada; por lo cual, después del último complejo QRS, se reinicia el ciclo de estimulación y se envía una espiga atrial, con adecuada captura (p). Abajo. Marcapasos VVI en configuración unipolar. Sobre-detección ventricular; la frecuencia programada de estimulación es 65 lpm (0,9 s); sin embargo, al centro se observan dos complejos QRS intrínsecos cuyo intervalo RR=1,3 s, lo cual indica sobre-detección de señales espurias visibles en el primer canal, probablemente miopotenciales.

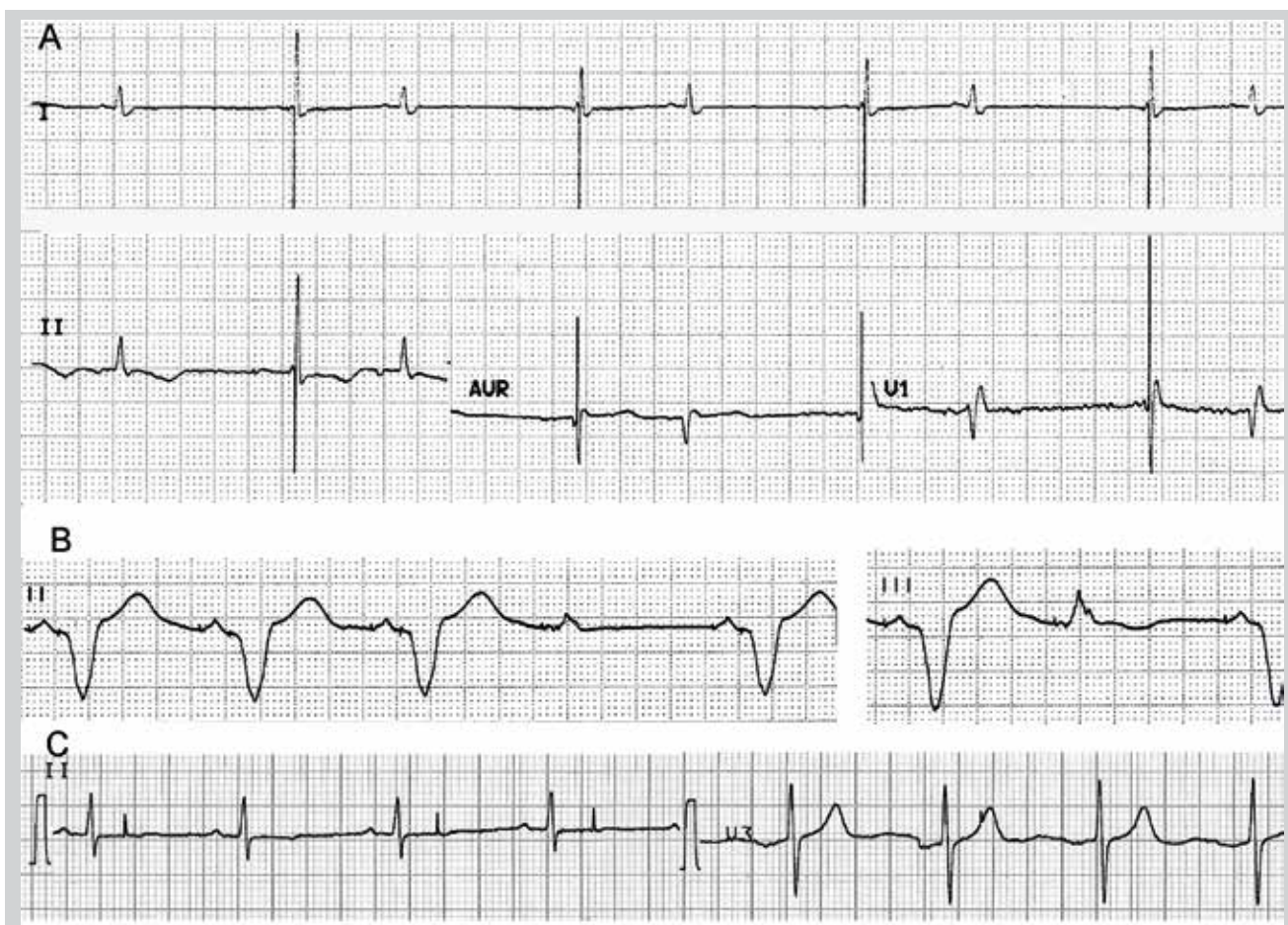


Figura 4. A. Marcapasos en modo de estimulación VAT. Trazo de ritmo continuo en derivación II y derivaciones II, AVR y V1 simultáneas. Las espigas ventriculares dan la apariencia de falla de captura; pero si se observa con detenimiento, se trata de pseudofusiones, dado que se inscriben simultáneamente con los complejos QRS intrínsecos, los cuales aparecen 1 s después del complejo QRS previo. B. Modo de estimulación DDD. La imagen da la apariencia de una onda que no es seguida de su respectivo complejo QRS estimulado; pero en la derivación III se logra distinguir que se trata de una CPV la cual se inscribe una vez iniciada la inscripción de la onda P estimulada. C. Detección bicameral ("marcapasos inhibido"); se observan pseudoespigas en forma aleatoria e intermitente, simulando falla de captura y detección. En el caso que existiera falla de detección ventricular, el segundo complejo QRS sería uno supuestamente bien detectado; por tanto, la siguiente espiga debería aparecer a 1 s de la anterior; las pseudoespigas tienen ciclos de 0,90 y 1,82 ms (lo usual en los marcapasos es 1 s) y siguen, más bien, a la frecuencia intrínseca del paciente; puede tratarse de ausencia de captuaventricular, en presencia teórica de un intervalo AV programado muy largo, pero la aparición intermitente aleja este escenario; tampoco se trata de espigas atriales con o sin captura, porque transcurrido el intervalo AV, debería visualizarse la espiga ventricular.

ción atrial, el bajo voltaje de las señales atriales produce, con frecuencia, sub-detección atrial; el dispositivo asume entonces ausencia de actividad atrial, por lo cual, al cabo de un segundo, envía la espiga atrial, aun cuando el paciente, en realidad, persiste en fibrilación atrial (Figura 6, abajo); las espigas que aparecen en forma aleatoria en estos casos, no significan, por lo tanto, disfunción de marcapasos.

También se observa frecuencia de estimulación elevada en reposo en la taquicardia mediada por marcapasos (Figura 7), la cual sucede cuando inmediatamente después de la estimulación ventricular, existe conducción ventrículo-atrial; la resultante contracción atrial es detectada por el marcapasos, enviado por consiguiente, una espiga ventricular (modo VAT); nuevamente conducción ventrículo-atrial y así sucesivamente; es más fácil que suceda cuando existe pérdida de captura atrial¹⁰ y un desencadenante común son las CPV; los marcapasos tienen algoritmos para interrumpirla cuando aparece y otros para prevenir su aparición ("respuesta CPV", Figura 7)

Dicha situación también se puede observar cuando se ejecutan algoritmos de "respuesta a la caída súbita de la fre-

cuencia cardiaca", diseñados para los pacientes con síncope neurocardiogénico cardiainhibitorio con hipersensibilidad del seno carotídeo (rate drop response, intervention rate)¹¹, en tal caso, se inicia la estimulación antes que se cumpla el ciclo esperado, simulando una falla de detección, a una frecuencia relativamente alta, durante algunos minutos (Figura 8). Existen además varios algoritmos de prevención de la fibrilación atrial o de taquiarritmias ventriculares, en los cuales se trata de eliminar las pausas compensatorias secundarias a la aparición de contracciones prematuras supraventriculares o ventriculares; en estos casos, se observarán en reposo, ciclos de estimulación más cortos (frecuencias más elevadas) que la programada como frecuencia de estimulación basal; dichos algoritmos se denominan "homogenización de la frecuencia cardiaca" (rate smoothing), "estimulación atrial no competitiva" (non-competitive atrial pacing), supresión de fibrilación atrial ("atrial fibrillation suppression") entre otros¹².

La espiga atrial puede, potencialmente, ser sobre-detectada por el electrodo ventricular; en tal caso, su inhibición implica el peligro de suspenderse la estimulación ventricular.

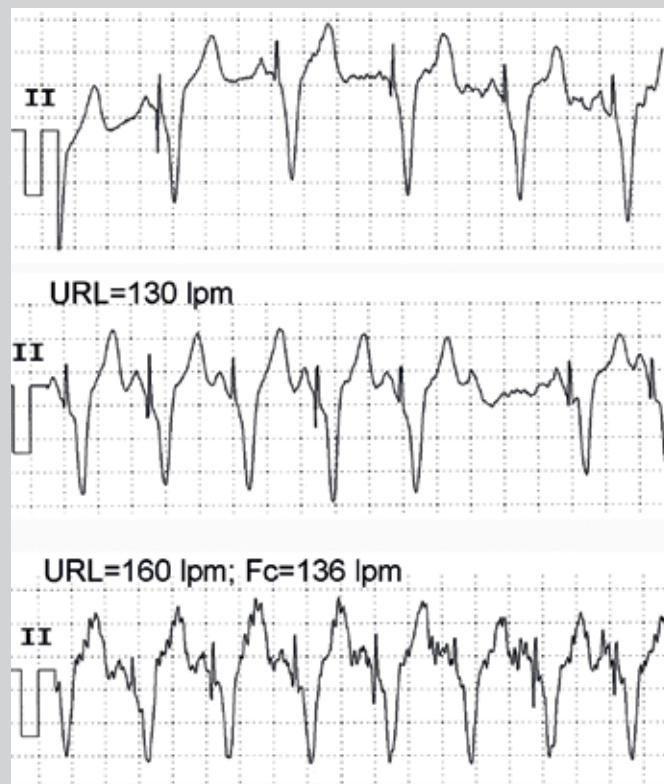


Figura 5. Prueba de esfuerzo en un paciente con marcapasos DDD. Derivación II. Arriba: electrocardiograma de reposo en modo VAT (detección atrial-estimulación ventricular). Centro: durante el ejercicio moderado, la frecuencia sinusal supera discretamente la máxima frecuencia de seguimiento (URL), programada en 130 lpm; por lo cual, existe prolongación discreta y progresiva del intervalo PR (o P-espiga), hasta que una onda P no es seguida de la respectiva estimulación ventricular (“fenómeno de Wenckebach electrónico”); el marcapasos inicia una nueva ventana de detección y con la siguiente onda P se reinicia la estimulación en modo VAT. Abajo: se programó la URL en 160 lpm, con lo cual, el marcapasos puede dar seguimiento atrial en una relación 1:1 durante el ejercicio.

Por esta razón, existe una ventana de detección, durante la segunda mitad del intervalo PR, en la cual, cualquier evento detectado (puede también tratarse de una CPV), dispara una espiga o “estímulo ventricular de seguridad” (safety pacing); el cual, se distingue por la inscripción de una marca de detección (VS)¹³⁻¹⁵ y otra de estimulación ventricular (VP) prácticamente simultáneas (Figura 9, Figura 6 abajo). Esta ventana de detección también se llama “período refractario relativo atrial”; una vez transcurrida dicha ventana, en el caso que aparezca una CPV, no será tomada en cuenta por el circuito de detección atrial y el marcapasos enviará la espiga ventricular al intervalo AV programado (Figura 7, abajo).

Ritmos lentos que pueden simular disfunción de marcapasos

En los marcapasos se pueden programar frecuencias de estimulación menores que la usual; se denominan “histéresis de frecuencia cardíaca”, “frecuencia de reposo” o “frecuencia nocturna”. También puede observarse frecuencias de estimulación menores durante periodos muy breves, cuando el dispositivo realiza pruebas automáticas de comprobación del umbral de estimulación, de la sensibilidad, impedancia, entre otras.

Existen varios algoritmos que tienen como objetivo la búsqueda de ritmo intrínseco ventricular durante la estimulación bicameral DDD, con el fin de evitar la estimulación ventricular innecesaria¹⁶; durante la “histéresis del interva-

lo AV”, el dispositivo extiende su duración por algunos latidos; transcurrida la ventana de búsqueda, de no encontrarse ritmo propio, el dispositivo reanuda la estimulación DDD al intervalo AV programado (Figura 10); si lo encuentra, se mantiene la estimulación AVI con un intervalo AV largo (mayor que el programado), dando la apariencia de disfunción del dispositivo.

Con el mismo fin, se utiliza el “cambio transitorio a modo de estimulación AAI”, buscando también la presencia de ritmo intrínseco ventricular; en el caso que este no aparezca, en vista que solo existen contracciones atriales, el dispositivo envía un estímulo de soporte (back-up pulse) con un intervalo AV corto distintivo con lo cual se evita la bradicardia sintomática (Figuras 11,12); por el contrario, si aparece ritmo intrínseco ventricular, se mantiene el modo AAI; en algunos casos bajo esta modalidad, puede observarse intervalos PR excesivamente largos lo cual puede producir consecuencias hemodinámicas y pro-arritmia. Otros fabricantes utilizan el modo VVI con el mismo fin.

En conclusión, la interpretación electrocardiográfica de los eventos observados durante la estimulación cardíaca que puedan sugerir una disfunción, requiere tener en cuenta la diversidad de ritmos intrínsecos que interactúan con el dispositivo, así como un sinnúmero de algoritmos desarrollados por la industria con diversos fines.

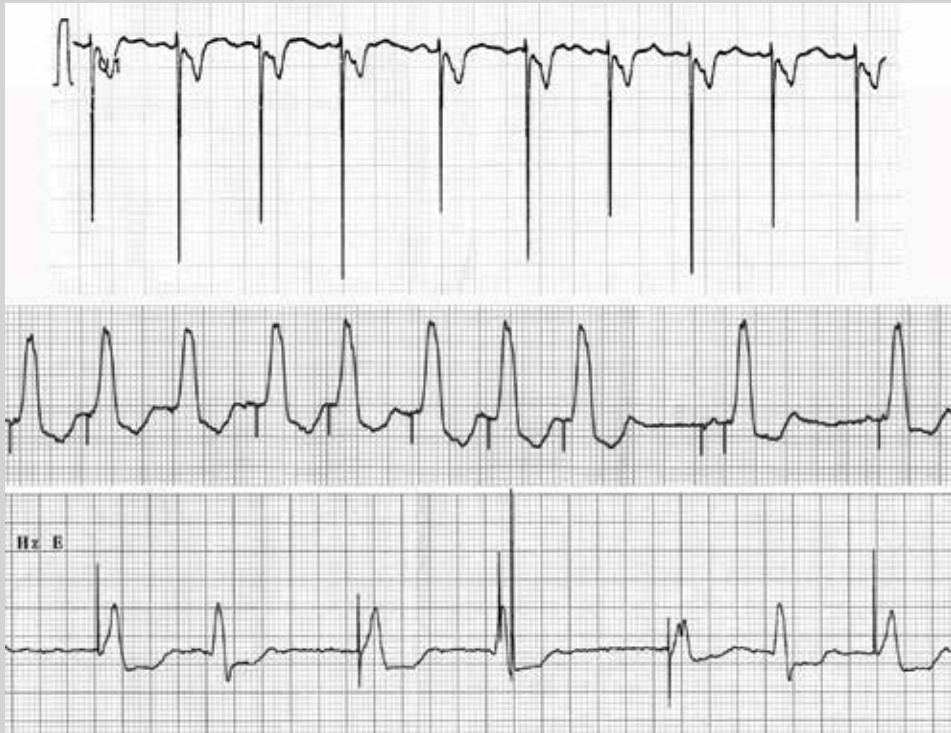


Figura 6. Arriba. Derivación V1. El ritmo de base es fibrilación atrial y el marcapasos (DDD) estimula a una frecuencia de 120 lpm, lo cual denota que el cambio de modo automático está apagado. Centro. Derivación II. Una taquicardia atrial, relativamente irregular, 110-130 lpm, la cual es seguida por el marcapasos en una relación 1:1, lo cual indica que el cambio de modo automático está apagado; una vez que se autolimita, se reinicia ritmo de marcapasos en modo DDD y en el siguiente latido, en modo VAT. Abajo. Marcapasos DDD y ejecución del "cambio de modo automático" a modo DDI. Durante fibrilación atrial, después del segundo latido ventricular estimulado, el marcapasos envía una espiga atrial debida a detección insuficiente, la cual coincide con un complejo QRS; la siguiente espiga, a 80 ms de la primera, corresponde a un estímulo ventricular de seguridad (ver más adelante).

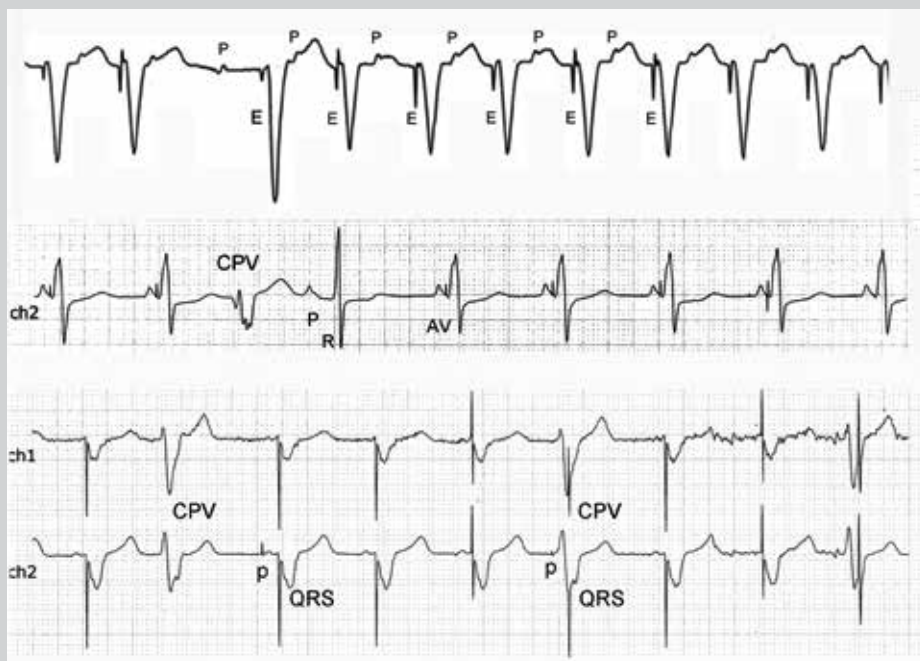


Fig 7. Arriba. Taquicardia mediada por marcapasos. En su forma más común, después de la estimulación ventricular (E), sucede conducción ventrículo-atrial; la resultante contracción atrial (P) es detectada por el marcapasos, enviándose por consiguiente una espiga ventricular (E), en modo VAT; nuevamente conducción ventrículo-atrial y así sucesivamente. Centro. Respuesta a CPV. Marcapasos DDD en modo de estimulación VAT. Cuando aparece una CPV, el marcapasos prolonga el período refractario atrial post-ventricular (PVARP), de manera que el evento atrial detectado (P), como consecuencia de la conducción ventrículo-atrial no sea tomado en cuenta y no se le dé seguimiento con estimulación ventricular (modo VAT); en este caso, reaparece ritmo sinusal (P) seguido de un complejo QRS intrínseco (R) y luego, se reanuda la estimulación DDD al intervalo PR programado (AV). Abajo. Durante ritmo de marcapasos en modo DDD, la segunda CPV aparece poco después que se estimuló el atrio (p); transcurrido el intervalo AV programado, se envió la espiga ventricular, la cual sucede durante la inscripción del complejo QRS extrasistólico, dando la apariencia de falla de detección; se trata de un comportamiento habitual, dadas las características del frente de despolarización de la CPV.

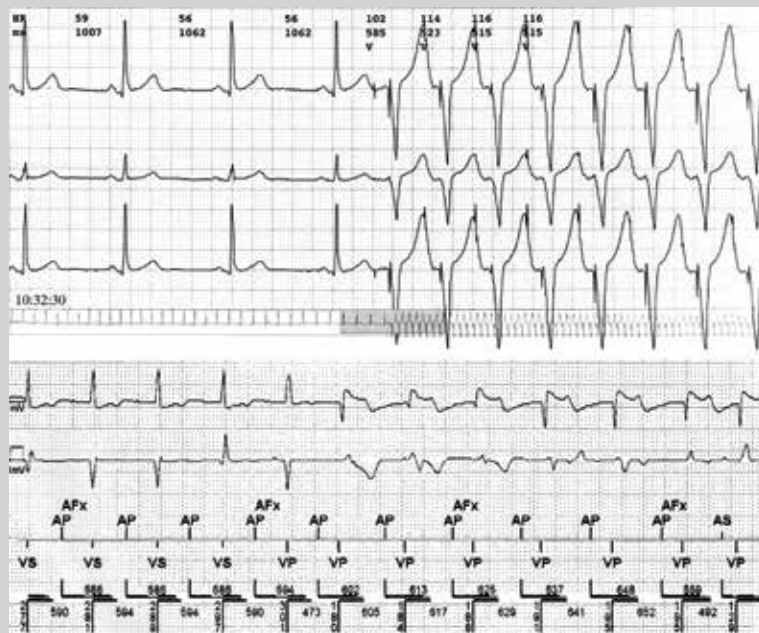


Figura 8. Respuesta a la caída súbita de la frecuencia cardiaca. Arriba. Tres canales del registro Holter. Una vez detectada una frecuencia cardiaca mínima programada (55 lpm), se inicia la estimulación a una frecuencia relativamente alta (115 lpm), durante algunos minutos; su inicio se observa con un "período de acoplamiento" corto, lo cual simula una contracción prematura o falla de detección. Abajo. Supresión de fibrilación atrial. Dos derivaciones de superficie, canal de "marcas" e intervalos AA, AV y VV en ms. Este algoritmo (AFx) permite la estimulación bicameral a una frecuencia relativamente rápida en reposo, ante la presencia de contracciones prematuras supraventriculares; se observa además modo de estimulación AVI con histéresis del intervalo AV; dado que su duración va aumentando (277, 281, 289, 297 ms), una vez que alcanza su máximo valor programado (301 ms), la estimulación continúa en modo de estimulación DDD, al intervalo AV programado, 190 ms, con complejos QRS de fusión.

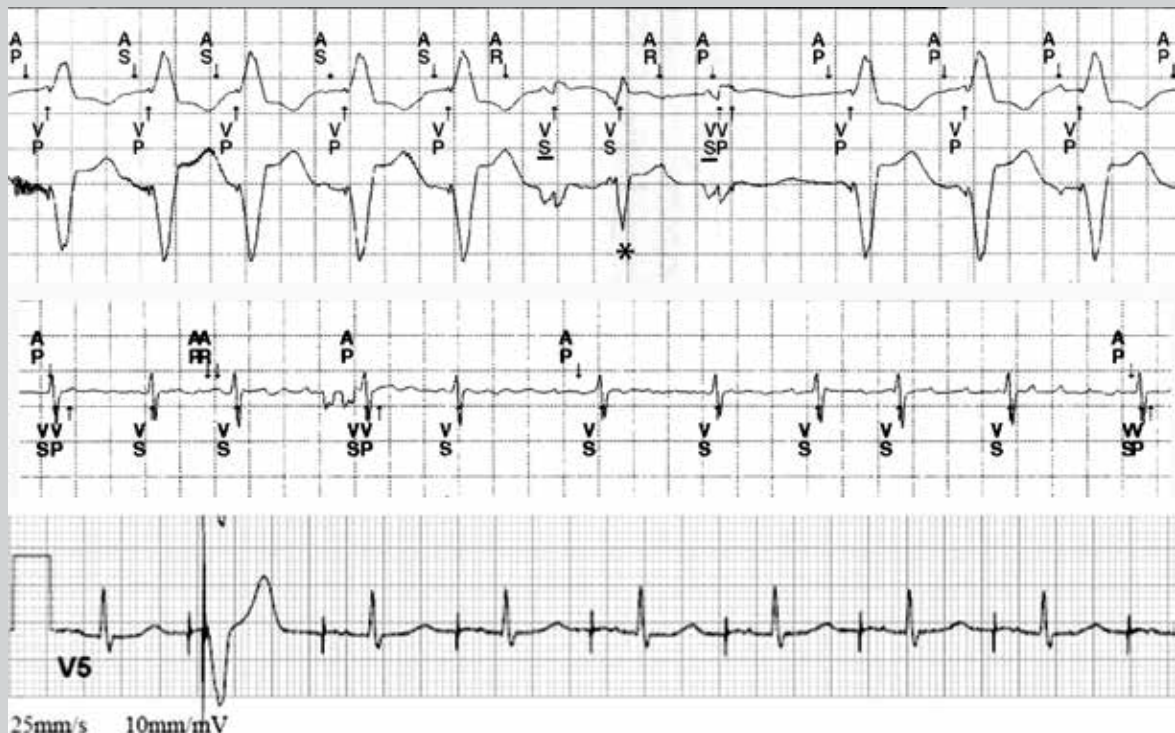


Figura 9. Estimulación ventricular de seguridad. Arriba. Ritmo de marcapasos en modo VAT; al centro, una contracción prematura supra-ventricular aparece poco después del QRS precedente; es decir, durante el PVARP; por tanto, es señalada como AR; su respectivo complejo QRS (VS) es seguido por una CPV (*), la cual genera que la siguiente contracción atrial (el segundo marcador AR) aparezca también durante el PVARP seguida de su respectivo complejo QRS (el segundo marcador VS). Por tal motivo, el marcapasos no toma en cuenta dicha contracción atrial y envía el siguiente estímulo atrial (AP) al ciclo programado, el cual antecede brevemente al citado complejo QRS; por aparecer durante la ventana de detección de seguridad, se envía un estímulo ventricular de seguridad (VP); la estimulación continúa luego, en modo DDD. Centro. Fibrilación atrial inadecuadamente detectada por el marcapasos; la supuesta ausencia de actividad atrial genera el envío de espigas atriales (AP), las cuales inician la ventana de detección de seguridad; si en forma coincidente, aparece un complejo QRS, en este caso, intrínseco, se enviará el respectivo estímulo ventricular de seguridad (marcadores VS y VP muy cercanos). Abajo. Durante ritmo de marcapasos en modo AVI, bajo ejecución de histéresis AV (fig 10,11), un evento no visible, posiblemente la propia espiga atrial, desencadena un estímulo ventricular de seguridad, sugerido por la cercanía entre espigas A y V, dando la apariencia de falla de detección.

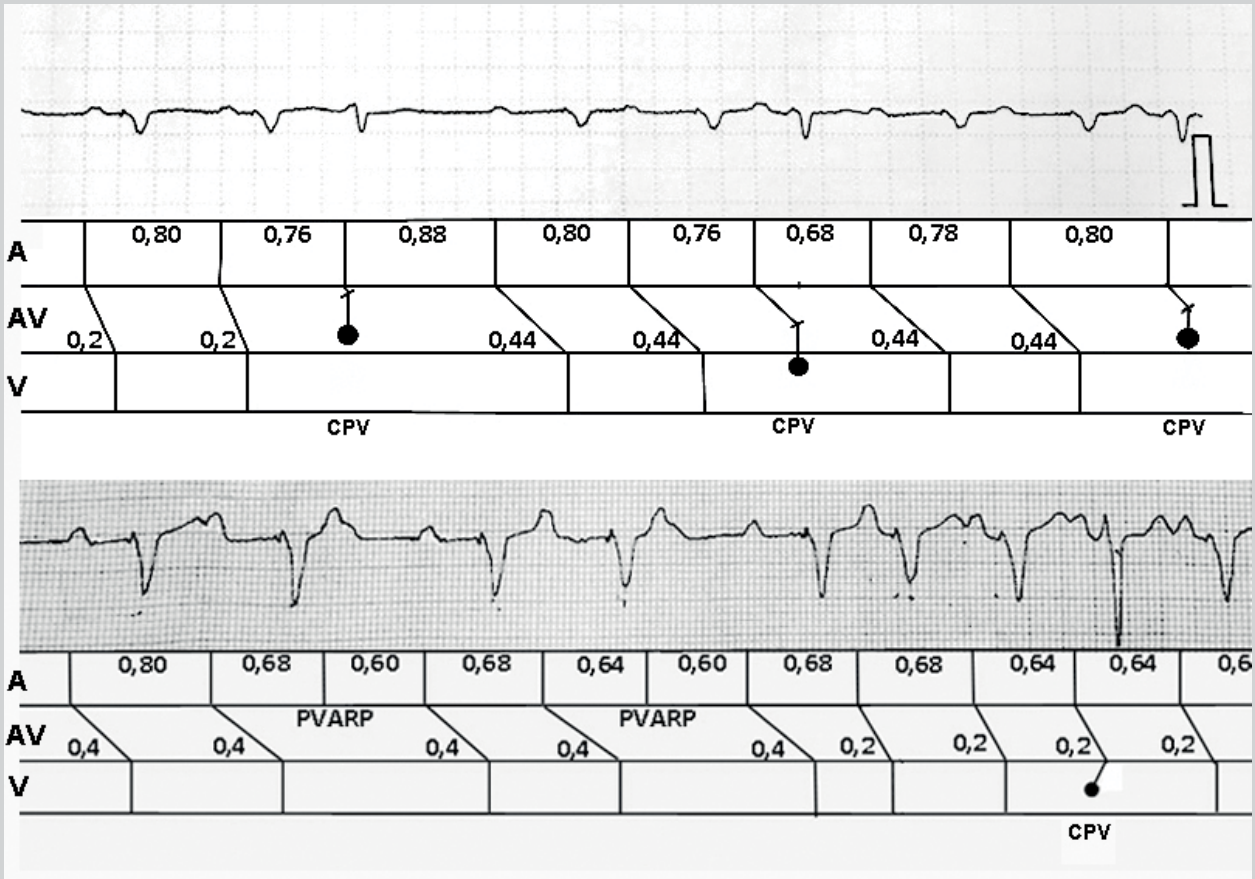


Figura 10. Histéresis AV. A=intervalo PP; AV=intervalo AV; V=intervalo VV. Ritmo de marcapasos en modo VAT. Arriba: los dos primeros latidos tienen un intervalo AV=0,2 s; después de una CPV, el intervalo AV se incrementa a 0,44 s; luego de 5 intervalos PP, al no encontrarse ritmo intrínseco ventricular, el marcapasos retornará al modo de estimulación VAT. Abajo: en el mismo paciente, durante la búsqueda de ritmo intrínseco o histéresis AV (intervalos AV=0,4 s), debido a la frecuencia sinusal relativamente elevada (intervalos PP 0,6 s; es decir 100 lpm), las contracciones atriales –ondas P– que suceden dentro del PVARP por definición, no serán seguidas de estímulos ventriculares; este fenómeno da la apariencia de falla de detección de las onda P y pseudo-bradicardia; cinco intervalos después, se retorna al intervalo AV programado (0,2 s), dado que no apareció ritmo intrínseco ventricular.



Figura 11. Búsqueda de ritmo intrínseco ventricular mediante el cambio transitorio a modo AAI. Ritmo de marcapasos en modo DDD; después del tercer latido estimulado, se extiende el intervalo AV, encontrándose ritmo intrínseco a 460 ms del estímulo atrial (flechas), dando la apariencia de espigas fuera de lugar (pseudo-falla de detección) y sin complejo QRS (pseudo-falla de captura); la duración del intervalo PR se va prolongando progresivamente, lo cual indica que el ritmo de base es bloqueo AV de segundo grado tipo Wenckebach; la secuencia es interrumpida, al final, por una CPV.

Referencias

1. Ellenbogen Kenneth A, Wood Mark A. Cardiac Pacing and ICDs. Third Edition. Blackwell Science, Inc., 2002. Massachusetts, EEUU
2. Gutiérrez O. Cómo Interpretar Electrocardiogramas de Pacientes con Marcapasos Cardiacos. 1a edición, 2012; San José, Costa Rica
3. Hesselson Aaron B. Simplified interpretation of Pacemaker ECGs: An Introduction. Willey-Blackwell 2003, Massachusetts, USA.
4. Gutiérrez O. El Electrocardiograma y el Marcapaso Disfuncionante. En: Salinas J. Editor: "El Electrocardiograma y el Diagnóstico Clínico", pág 72-82, 2a Ed. 2014, Lima, Perú
5. Montiel JJ, Olagüe de Ros J, Morell-Cabedo S, García-Bolao I. Seguimiento del paciente con marcapasos. Disfunciones del sistema de estimulación. Efectos de indicación o programación incorrecta: síndrome de marcapasos. Rev Esp Cardiol 2007;7 (Supl.G): 126-144
6. Lloyd MS, El Chami MF, Langberg JJ. Pacing Features That Mimic Malfunction: A Review of Current Programmable and Automated Device Functions That Cause Confusion in the Clinical Setting. J Cardiovasc Electrophysiol 2009;20(4):453-460
7. Furman S. Dual chamber pacemakers: upper rate behavior. Pacing Clin Electrophysiol 1985;8(2):197-214.
8. Stabile G, De Simone A, Romano E. Automatic mode switching in atrial fibrillation Indian Pacing Electrophysiol J. 2005; 5(3): 186-196.
9. de Voogt WG, van Hemel NM, van de Bos AA, Koistinen J, Fast JH. Verification of pacemaker automatic mode switching for the detection of atrial fibrillation and atrial tachycardia with Holter recording. Europace. 2006;8(11):950-61
10. Olshansky B, Sandesara CM. Pacemaker-Mediated Tachycardia. The Heart.org/Medscape. Updated Aug 04, 2016. <https://emedicine.medscape.com/article/159645-overview>
11. Johansen JB, Bexton RS, Simonsen EH, Markowitz T, Erickson MK. Clinical experience of a new rate drop response algorithm in the treatment of vasovagal and carotid sinus syncope. Europace. 2000;2(3):245-50.
12. Nakai T, Watanabe I, Hirayama A. Current status of atrial pacing algorithms for the prevention of atrial fibrillation: Should algorithms be used? Journal of Arrhythmia 2014; 30: 77-81
13. Pastori JD, Selva HO. Las fallas y las complicaciones de los marcapasos definitivos. En: Chiale P, Garro H, Pastori J, Sánchez RA, Selva HO, Eds. Marcapasos, resincronizadores y cardiodesfibriladores implantables. Fundamentos técnicos, indicaciones y manejo clínico. 1ª Ed, Buenos Aires, Argentina, 2008; pág 308-9
14. Lim S. Ventricular safety pacing, ventricular sense response, and ventricular tachycardia. Heart Rhythm. 2010;7(4):567-9
15. Hayashi M, Takatsuki S, Messali A, Milliez P, Extramiana F, Leenhardt A. Short-long-short sequence caused by ventricular safety pacing inducing ventricular tachycardia in a patient with a dual-chamber implantable cardioverter defibrillator. Europace. 2008;10(10):1238-42
16. Bastian D, Fessele K. Strategies and Pacemaker Algorithms for Avoidance of Unnecessary Right Ventricular Stimulation, pág 73-104. In: Roka A Ed. Current Issues and Recent Advances in Pacemaker Therapy, INTECH Open Science, 2012; 298 pp