

CASO CLINICO

# Stimolazione competitiva in un portatore di pacemaker DDD con extrasistoli ventricolari bigemine

Vincenzo Carbone<sup>1</sup>, Fiore Candelmo<sup>2</sup>, Chiara Todaro<sup>1</sup>, Giuseppe Oreto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sezione di Cardiologia, Dipartimento di Medicina e Farmacologia, Università degli Studi, Messina, <sup>2</sup>Laboratorio di Elettrofisiologia e Cardioritmo, U.O. di Cardiologia-UTIC, A.O. San Giuseppe Moscati, Avellino

Key words:  
Pacemaker;  
Ventricular extrasystoles.

The ECG recorded from a patient with DDD pacemaker showed variable responses of the pacing system to bigeminal ventricular extrasystoles, dependent on the coupling interval of premature beats. For relatively short coupling intervals, the premature spontaneous event was detected by the pacemaker, inhibiting both atrial and ventricular output, and resulting in a relatively long pacing pause.

In slightly less premature end-diastolic extrasystoles, in contrast, the pacing system delivered an atrial spike that was superimposed upon the spontaneous premature QRS complex (pseudo-pseudo-fusion); under these circumstances, the atrial spike was followed, at the end of the programmed atrioventricular interval, by a ventricular spike falling on the extrasystolic T wave apex (competitive ventricular pacing). This phenomenon, however, did not express a sensing malfunction, but was due to post-atrial ventricular blanking (PAVB), a short period initiated by the atrial spike during which ventricular sensing is temporarily disabled, so that no signal can be detected.

Finally, whenever premature end-diastolic impulses occurred after PAVB, during the brief interval defined ventricular safety pacing, the spontaneous event was sensed, being followed by an earlier-than-expected ventricular spike, whose prematurity was aimed at avoiding the occurrence of an artificial impulse upon the T wave of extrasystole.

In conclusion, despite several not sensed ventricular extrasystoles and competitive pacing, no sensing malfunction was present. This case demonstrates how complex can be the electrocardiographic analysis of a DDD pacemaker, owing to the many complicating phenomena related to this pacing mechanism.

(G Ital Cardiol 2008; 9 (11): 775-778)

© 2008 AIM Publishing Srl

Ricevuto il 7 aprile 2008;  
nuova stesura il 17 aprile  
2008; accettato il 18  
aprile 2008.

Per la corrispondenza:

Prof. Giuseppe Oreto

Via Terranova, 9  
98122 Messina  
E-mail: oretogmp@tin.it

L'interpretazione dell'ECG nei portatori di pacemaker è a volte estremamente difficile perché non solo necessita di conoscenze specifiche riguardanti l'elettrostimolazione, ma deve anche tenere conto dei valori programmati per i numerosi intervalli la cui durata può essere adattata alle specifiche esigenze del paziente. L'esempio che segue dimostra come una stimolazione "competitiva", caratterizzata dalla caduta di uno stimolo ventricolare all'apice dell'onda T di un battito spontaneo, non rappresenti la conseguenza di un malfunzionamento del sistema.

## Descrizione del caso

Il tracciato della Figura 1 (derivazioni I e III simultanee) è stato registrato in un paziente di 79 anni affetto da cardiopatia ipertensiva, il quale era stato sottoposto 1 anno prima ad impianto di pacemaker DDD per disfunzione sinusale sintomatica associata

ad episodi di blocco atrioventricolare di secondo grado 2:1. L'ECG è stato registrato durante un controllo di routine, in assenza di sintomi legati all'elettrostimolazione.

La Tabella 1 riporta la programmazione dell'apparecchio: la frequenza di pacing è 75 impulsi/min; l'intervallo ventricolo-atriale (VAI) è stato calcolato come differenza "lower rate interval - intervallo atrioventricolare" (LRI - AVI). Il "post-atrial ventricular blanking" (PAVB) e la finestra di stimolazione ventricolare di sicurezza ("ventricular safety pacing, VSP) rappresentano meccanismi di protezione dal "crosstalk" (una malfunzione in cui il canale ventricolare rileva impropriamente lo stimolo atriale o il suo post-potenziale e ne viene inibito).

Il pacemaker eroga sempre i suoi impulsi in modalità sequenziale atrioventricolare, come dimostra la costante comparsa, ad ogni intervento del pacing, di "spike" accoppiati. Sono presenti extrasistoli ventricolari bigemine, che intervengono con una modesta variabilità della coppia.

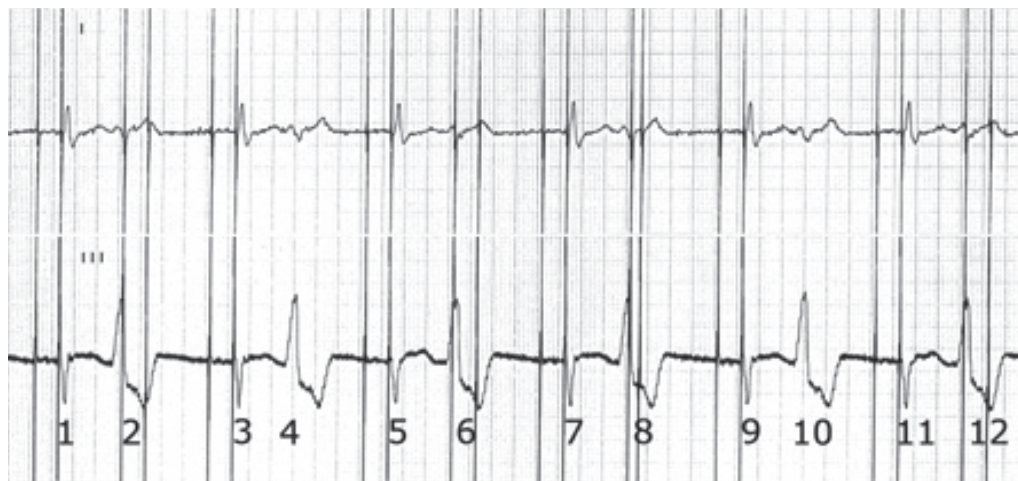


Figura 1. Registrazione simultanea delle derivazioni I e III.

Tabella 1. Programmazione del pacemaker.

Parametro	Sigla	Durata (ms)
Lower rate interval	LRI	800
Intervallo atrioventricolare	AVI	220
Intervallo ventricolo-atriale	VAI	580
Post-atrial ventricular blanking	PAVB	18
Stimolazione ventricolare di sicurezza	VSP	100

Numerosi problemi si pongono in questa breve striscia di ECG: 1) i battiti non extrasistolici (complessi contrassegnati con numeri dispari: 1, 3, 5, ecc.) sono spontanei o elettroindotti? 2) gli stimoli atriali sono efficaci o no? 3) il sensing ventricolare è normale? 4) perché l'intervallo fra lo "spike" atriale e quello ventricolare nel battito 8 è accorciato? 5) qual è la modalità di funzionamento di questo pacemaker DDD (si tratta di un sistema basato sull'atrio o sul ventricolo)?

## Interpretazione dell'ECG

### *I battiti non extrasistolici sono spontanei o elettroindotti?*

Tutti i complessi non extrasistolici (1, 3, 5, ecc.) coincidono con uno "spike" ventricolare, ma con ogni probabilità sono delle pseudofusioni: i QRS sono larghi, ma con morfologia da blocco di branca destra associato a blocco fascicolare anteriore; pertanto, non si tratta di battiti elettrostimolati, poiché il pacing ventricolare destro esiterebbe in QRS con aspetto da blocco di branca sinistra. Non si può escludere, tuttavia, che alla genesi di questi QRS contribuisca in minima misura anche lo stimolo artificiale (in tal caso si tratterebbe di battiti di fusione), poiché non sono presenti complessi spontanei "puri" che possano servire come termine di confronto<sup>1</sup>.

### *Gli stimoli atriali sono efficaci o no?*

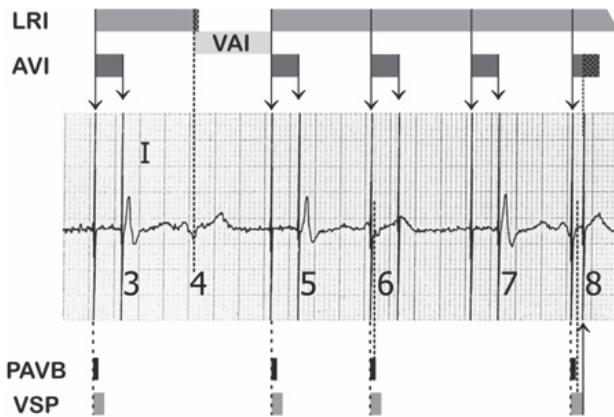
Gli "spike" atriali non sembrano seguiti da onde P elettroindotte chiaramente riconoscibili (in realtà, ad un'attenta analisi queste appaiono come deflessioni di basso voltaggio, parzialmente mascherate dagli artefatti dovuti a tremore muscolare). Nonostante la scarsa visibilità degli atriogrammi, tuttavia, l'efficienza del pacing atriale è certa, poiché tutti gli "spike" atriali sono seguiti, dopo 220 ms, da complessi QRS spontanei condotti, i quali rappresentano la prova indiretta dell'avvenuta depolarizzazione dell'atrio<sup>2</sup>.

### *Il sensing ventricolare è normale?*

Il comportamento del pacemaker in risposta alle extrasistoli ventricolari è molto variabile, in relazione alla variabilità della coppia e al diverso momento in cui l'elettrogramma endoventricolare raggiunge la soglia di sensing programmata (Figura 2).

Per intervalli di accoppiamento relativamente brevi, l'evento spontaneo viene rilevato dal sistema ed inibisce l'uscita sia del canale atriale che di quello ventricolare, generando una pausa di stimolazione relativamente lunga. Tale circostanza si verifica nei complessi 4 e 10 della Figura 1 (extrasistoli non telediastoliche) ed è schematizzata nel battito 4 della Figura 2.

Per contro, extrasistoli ventricolari appena più tardive (telediastoliche) non sono in grado di prevenire il completamento dell'intervallo basale del pacemaker. Ciò accade perché il fronte d'onda da esse generato si propaga alla regione apicale del ventricolo destro nel momento esatto in cui giunge a termine il VAI, e "non fa in tempo" ad inibire l'emissione dello stimolo destinato all'atrio. Lo "spike" atriale, perciò, si sovrappone al complesso QRS spontaneo, che intanto si è già in parte inscritto sull'ECG di superficie: questa situazione, nota come pseudo-pseudofusione<sup>1</sup>, si osserva con i complessi prematuri 2, 6, 8 e 12. Le extrasistoli telediastoliche 2, 6 e 12 della Figura 1 sono totalmente ignorate dal sensing, come dimostra il fatto che lo



**Figura 2.** Rappresentazione diagrammatica degli eventi osservati. La linea tratteggiata indica la deflessione intrinseca (DI) dell'elettrogramma delle extrasistole. L'intervallo di stimolazione ventricolare di sicurezza (VSP, 100 ms) è attivo solo nella porzione che eccede il periodo di "blanking" (PAVB, cioè dopo 18 ms dallo stimolo atriale). L'extrasistole 4 viene rilevata poco prima che il "lower rate interval" (LRI) si completi: questo viene interrotto ed ha inizio un nuovo intervallo ventricolo-atriale (VAI). L'extrasistole 6, telediastolica, coincide con il momento in cui giunge a termine il LRI: la DI del suo elettrogramma non riesce a raggiungere la soglia di sensing prima che venga emesso lo stimolo atriale, e cade durante il PAVB da questo iniziato, non venendo rilevata. In conseguenza del mancato sensing funzionale, il pacemaker eroga indisturbato lo stimolo ventricolare al termine dell'intervallo atrioventricolare (AVI), realizzando il fenomeno "spike su T". Anche l'extrasistole 8, come la 6, interviene simultaneamente all'emissione dello stimolo atriale, ma questa volta la DI dell'elettrogramma si verifica oltre il PAVB e in corso di intervallo di VSP: il risultato è l'emissione dello stimolo ventricolare al termine della finestra di VSP, ossia dopo 100 ms dallo stimolo atriale.

"spike" atriale è regolarmente seguito, al termine dell'AVI programmato, dall'elettrostimolo ventricolare, che cade sull'apice dell'onda T del complesso ectopico (stimolazione ventricolare competitiva). Questa circostanza, tuttavia, non va interpretata come un blocco di entrata (o difetto di sensing), ma rappresenta un normale comportamento del pacemaker, determinato dal fatto che l'emissione dello stimolo atriale dà inizio, nel canale ventricolare del sistema, ad un breve periodo di "blanking" (PAVB): questo disabilita temporaneamente il sensing ventricolare e lo rende incapace di rilevare segnali elettrici che cadano a brevissima distanza dallo "spike" destinato all'atrio (come l'elettrogramma di un'extrasistole telediastolica: battito 6 della Figura 2)<sup>1-3</sup>.

**Perché l'intervallo fra lo "spike" atriale e quello ventricolare nel battito 8 è accorciato?**

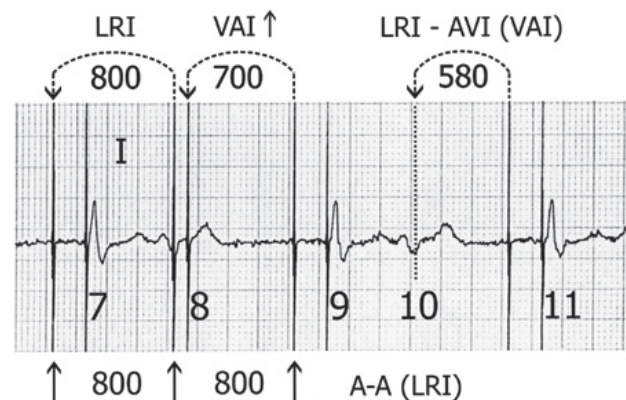
La coppia di "spike" nel battito 8 mostra un AVI di 100 ms, molto più breve del valore programmato (220 ms). Il fenomeno è espressione del VSP. In questo caso l'elettrogramma dell'extrasistole telediastolica cade oltre il PAVB e nel tempuscolo definito finestra di rilevamento "crosstalk" o di VSP, anch'esso iniziato dallo stimolo atriale ma attivo solo dopo la conclusione del PAVB. Pertanto, l'evento spontaneo viene "sentito" ed evoca una risposta sincronizzata che consiste nell'emissione anticipata dello stimolo ventricolare (realizzata al termine dell'intervallo di VSP, cioè molto prima che si completi l'AVI), in modo che sia evitata la ca-

data dell'impulso artificiale sull'onda T del battito ectopico. Il risultato è un "paced" AVI sensibilmente accorciato rispetto alla durata attesa (AVI non fisiologico) ed un QRS spontaneo racchiuso "a sandwich" tra lo "spike" atriale e quello ventricolare<sup>1-5</sup>. Questa situazione è schematizzata nel battito 8 della Figura 2.

**Qual è la modalità di funzionamento di questo pacemaker DDD?**

Il sensing delle extrasistole non telediastoliche (4 e 10), interpretate dal sistema come battiti prematuri ventricolari, genera un intervallo di scappamento atriale della durata di 580 ms, un valore corrispondente al VAI (Figura 3, battito 10): ciò induce a prima vista a ritenere che il sistema abbia un meccanismo di temporizzazione del LRI basato sul ventricolo<sup>4,5</sup>. Il VAI che segue lo "spike" ventricolare anticipato, tuttavia, misura 700 ms, mostrando così un allungamento compensatorio rispetto alla minor durata dell'AVI, finalizzato a preservare la costanza dell'intervallo A-A sul valore programmato di 800 ms [AVI accorciato (100 ms) + VAI prolungato (700 ms) = 800 ms]. Questa serie di osservazioni ("reset" dell'intervallo "LRI - AVI" da parte di un battito prematuro ventricolare; aumento compensatorio del VAI quando si verifica un accorciamento dell'AVI) indica che il pacemaker possiede un "timing" di tipo atrio-basato con modifica Medtronic<sup>4,5</sup>, come schematizzato nel diagramma nella sezione superiore della Figura 2.

- In conclusione, relativamente al funzionamento di questo pacemaker DDD si può affermare quanto segue:
- il pacing atriale è normale;
  - il sensing atriale non è valutabile, per l'assenza di intervalli R-P < VAI;
  - il pacing ventricolare non è valutabile, per l'assenza di complessi stimolati o di innegabili battiti di fusione;
  - il sensing ventricolare è normofunzionante; il feno-



**Figura 3.** Meccanismo di temporizzazione del "lower rate interval" (LRI) basato sull'atrio "modificato". L'intervallo ventricolo-atriale (VAI) (LRI - intervallo atrioventricolare [AVI]) misura 580 ms. L'extrasistole 10 riassetta il VAI, essendo seguita dallo "spike" atriale dopo 580 ms. Tuttavia, l'intervallo A-A è costante e pari al LRI (800 ms), anche dopo la stimolazione ventricolare di sicurezza che ha luogo con l'extrasistole 8. Ciò viene realizzato grazie al prolungamento compensatorio del VAI a 700 ms.

meno "spike su T" è "fisiologico", vista la programmazione del pacemaker;

- il pacemaker DDD è del tipo basato sull'atrio.

L'analisi di questo ECG evidenzia la complessità dei meccanismi che governano il funzionamento degli stimolatori di ultima generazione e la possibilità che eventi apparentemente patologici, come la caduta di uno "spike" ventricolare all'apice dell'onda T di un'extrasistole, non dipendano da malfunzionamento del sistema, ma dalla particolare "fisiologia" di quel tipo di elettrostimolazione. La potenziale pericolosità della stimolazione ventricolare competitiva (con possibile innesco di tachicardia o di fibrillazione ventricolare), tuttavia, ha reso necessaria la riprogrammazione del PAVB a 12 ms (il valore minimo consentito dal sistema): tale strategia ha abolito l'indesiderato fenomeno.

## Riassunto

L'ECG di un portatore di pacemaker DDD con extrasistoli ventricolari bigemine mostrava variabili risposte dello stimolatore alle extrasistole, in relazione alla copula di queste. Per intervalli di accoppiamento relativamente brevi, l'evento spontaneo veniva rilevato dal sistema ed inibiva l'uscita sia del canale atriale che di quello ventricolare, generando una pausa di stimolazione relativamente lunga.

Nelle extrasistole ventricolari appena più tardive (telediastoliche), invece, il pacemaker emetteva uno "spike" atriale che si sovrapponeva al complesso QRS (pseudo-pseudofusione); in questa circostanza lo "spike" atriale era seguito, al termine dell'intervallo atrioventricolare programmato, dall'elettrostimolo ventricolare, che cadeva sull'apice dell'onda T del complesso ectopico (stimolazione ventricolare competitiva). Questa circostanza, tuttavia, non esprimeva un blocco di entrata (o difetto di sensing), ma il normale comportamento del pacemaker, determi-

nato dal fatto che l'emissione dello stimolo atriale dà inizio, nel canale ventricolare del sistema, ad un breve periodo di "blanking" (PAVB), durante il quale il sensing ventricolare viene temporaneamente disabilitato e reso incapace di rilevare segnali elettrici che cadano a brevissima distanza.

Quando l'impulso prematuro telediastolico interveniva oltre il PAVB e nel tempuscolo definito "stimolazione ventricolare di sicurezza", infine, l'evento spontaneo veniva "sentito" ed evocava una risposta consistente nell'emissione anticipata dello stimolo ventricolare (intervallo atrioventricolare non fisiologico), in modo da evitare la caduta dell'impulso artificiale sull'onda T del battito ectopico.

L'analisi di questo caso dimostra la complessità dei fenomeni che intervengono a determinare il funzionamento di un pacemaker DDD e la difficoltà nell'interpretazione dei quadri elettrocardiografici corrispondenti.

*Parole chiave:* Extrasistole ventricolari; Pacemaker.

## Bibliografia

1. Barold SS, Stroobandt RX, Sinnaeve AF. Cardiac pacemakers step by step: an illustrated guide. New York, NY: Blackwell Publishing/Futura Division, 2004.
2. Hesselon AB. Simplified interpretation of pacemaker ECGs. New York, NY: Blackwell Publishing/Futura Division, 2003.
3. Ritter P, Fischer W. I vari tipi di pacemaker e le loro funzioni programmabili. In: Ritter P, Fischer W, eds. La stimolazione cardiaca nella pratica clinica. Milano: Springer-Verlag Italia, 2001: 60-131.
4. Hayes DL, Levine PA. Pacemaker timing cycles. In: Ellenbogen KA, Wood MA, eds. Cardiac pacing and ICDs. 4th edition. Oxford: Blackwell Publishing, 2005: 265-321.
5. Levine PA, Hayes DL, Wilkoff BL, Ohman AE. Ventricular and atrial-based timing in DDD and DDDR pacemakers. In: Levine PA, Hayes DL, Wilkoff BL, Ohman AE, eds. Electrocardiography of rate-modulated pacemaker rhythms. Sylmar, CA: Siemens-Pacesetter, Inc., 1990: 12-5.