

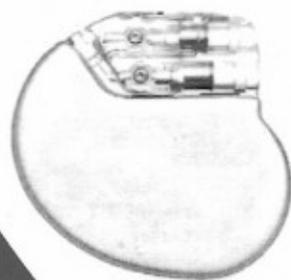
**Manuale per il tecnico di fisiopatologia cardiocircolatoria
e perfusione cardiovascolare**



Luciano Gabrielli

Elettrostimolazione cardiaca

**Alla scoperta dei difetti
di funzionamento
nei Pacemakers**



Volume II

Edizioni Grafiche Manfredi

LUCIANO GABRIELLI

Collaboratore Direttivo Tecnico

Servizio di Cardiologia

Policlinico Universitario "A. Gemelli"

Università Cattolica del S. Cuore - Roma

Deposito in cartella n. 100/1000000/1000000

Spese di pubblicazione a carico dell'editore

1980 - Roma - 1000000/1000000

STUDIO NIEKKE

Manuale per il Tecnico di Fisiopatologia Cardiocircolatoria
e Perfusionazione Cardiovascolare

VOLUME II

**ALLA SCOPERTA
DEI DIFETTI
DI FUNZIONAMENTO
NEI PACEMAKER**

Luciano Gabrielli

Indice

	Alla scoperta dei difetti di funzionamento nei pacemaker	pag. 7
1.	Pacemaker	pag. 11
2.	Elettrocatteteri	pag. 47

ALLA SCOPERTA DEI DIFETTI DI FUNZIONAMENTO NEI PACEMAKER

Quando pensiamo a dispositivi medici che vengono impiantati nel corpo umano, riteniamo che essi siano perfetti e che non possano presentare alcuna anomalia di funzionamento; l'eventualità invece che ciò possa accadere viene ascritta ad un evento rarissimo e non prevedibile. Se poi pensiamo che questi dispositivi medici sono applicati al cuore e quindi alla vita della persona, ecco che questo ragionamento si rafforza e si dà per scontato che essi siano sicuri nel loro funzionamento.

Gli Operatori del settore dell'Elettrostimolazione Cardiaca, se venissero chiamati a rispondere alla domanda: *"Un sistema di elettrostimolazione cardiaca (Pacemaker-Elettrocatereti) può presentare un malfunzionamento o un non corretto funzionamento?"*, non potrebbero che rispondere: *Purtroppo sì.*

Nella mia esperienza ho notato che in presenza di un malfunzionamento del sistema di elettrostimolazione il Tecnico tende a cercare di identificare il problema che lo determina basandosi più sulla propria esperienza personale che su un approccio sistematico. Ritengo che questo secondo aspetto sia quello da privilegiare; infatti nella ricerca del malfunzionamento occorre seguire uno schema di operatività volto ad analizzare tutte le componenti che caratterizzano il funzionamento del circuito di elettrostimolazione cardiaca, al fine di evidenziare e documentare, là dove è possibile, il **malfunzionamento**.

Dobbiamo quindi porci una serie di domande:

- A. *In che modo si può quindi manifestare un malfunzionamento del PM?*
- B. *Quale tipo di malfunzionamento determina un'alterazione del circuito d'ingresso (sensing) o d'uscita (pacing)?*
- C. *Come ricercare le cause di malfunzionamento?*

Ad ognuna di queste domande cerchiamo di rispondere nel modo più compiuto possibile, vista l'importanza dell'argomento e dei suoi riflessi sulla salute e qualità di vita dei pazienti portatori di Pacemaker.

A) *In che modo si può quindi manifestare un malfunzionamento del PM?*

Il malfunzionamento o un non corretto funzionamento del PM si può manifestare nel paziente attraverso:

- **Sintomi:** gravi (sincope, lipotimia, svenimento), lievi-moderati (vertigine, affanno, scarsa adattabilità allo sforzo, irregolarità del ritmo, ecc.);
- **Assenza di Sintomi**, ma il cui malfunzionamento risulti documentato attraverso l'elettrocardiogramma (ECG) di base e/o ECG dinamico (Holter).

Il malfunzionamento si manifesta quando le diverse funzioni che il PM deve assolvere risultano compromesse in modo: **definitivo, temporaneo** oppure **occasionale**, introducendo una alterazione del ritmo cardiaco, in cui l'elettrocardiogramma documenta:

- **assenza** dell'attività cardiaca stimolata;
- **irregolarità** nella frequenza di intervento;
- **competizione** con il ritmo spontaneo;
- **mancata o inadeguata risposta** ad alcune funzioni programmate.

Una alterazione del ritmo cardiaco, anche importante, può esser prodotto anche da una **non corretta programmazione** (mancata personalizzazione) dei **parametri di funzionamento** e/o delle **funzioni** del PM, quali:

- Modo di funzionamento.
- Temporizzatori di: frequenza, periodi refrattari, blanking, intervallo AV, ecc..
- Valore del sensing e dell'energia dello spike.
- Regolazione funzioni del sensore
- Funzioni speciali.

B) *Quale tipo di malfunzionamento determina un'alterazione del circuito d'ingresso (sensing) o d'uscita (pacing)?*

Il modo di funzionamento del pacemaker può essere alterato nelle sue funzioni di:

- **Pacing:**
 - mancata cattura (assenza di depolarizzazione della camera cardiaca dopo l'impulso di stimolazione)
 - mancata emissione dell'impulso di stimolazione (blocco in uscita dello spike),
- **Sensing:**
 - mancato riconoscimento dell'attività cardiaca spontanea (undersensing)
 - rilevazione di un'attività elettrica non cardiaca (oversensing)
- **Risposta** all'evento rilevato:

- Parametri di inibizione o di trigger
- **Rate Responsive.** Adeguamento della frequenza di stimolazione alle necessità metaboliche:
 - Personalizzazione dei parametri del sensore (mono-bisensore) per un adeguato incremento e decremento della frequenza di stimolazione che deve risultare proporzionale alle necessità metaboliche.

C) Come ricercare le cause di malfunzionamento?

La ricerca delle cause del malfunzionamento deve quindi interessare diversi aspetti di funzionamento del PM e del circuito di elettrostimolazione cardiaca. Lo strumento che abbiamo a disposizione è il “ controllo strumentale del pacemaker”, che, per risultare efficace, deve prevedere il:

1. **Monitoraggio elettrocardiografico** a più derivazioni al fine di evidenziare al meglio il ritmo cardiaco con le sue componenti, compresa la linea isoelettrica. Quando il PM è programmato nella modalità di **stimolazione bipolare** è bene che la risposta in frequenza dell'elettrocardiografo sia selezionata almeno a 100Hz, al fine di evidenziare meglio lo spike sul tracciato ECG. Nella figura 1 l'ECG è con la risposta in frequenza a 40Hz lo spike si presenta non visibile sulla D1 appena visibile nella D2 e D3, mentre nella figura 2 la risposta in frequenza è di 100Hz e lo spike risulta più visibile, in tutte tre le derivazioni.

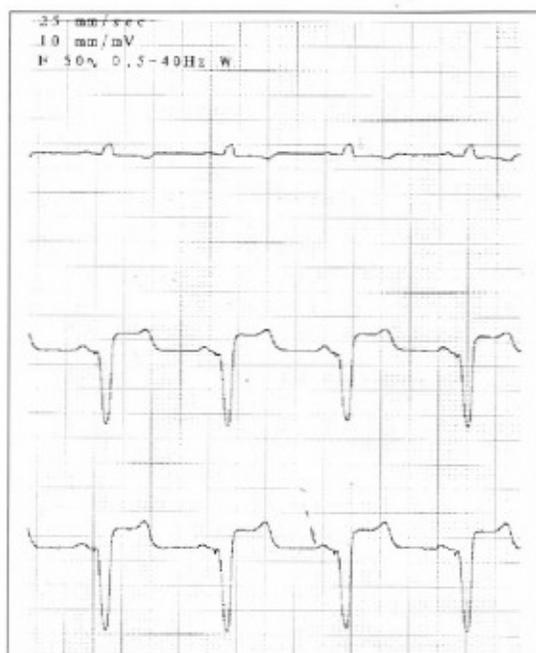


Figura 1. (0,5 – 40 Hz)

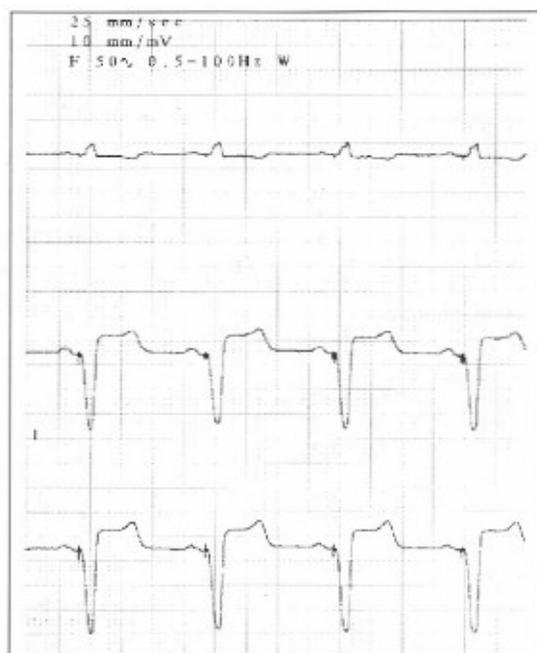


Figura 2. (0,5 – 100 Hz)

2. **Verifica dei parametri di funzionamento del PM e misure del circuito di elettrostimolazione. Il Programmatore** è lo strumento che ci consente di:
- Ottenere tutte le informazioni sulla programmazione dei **parametri di funzionamento** del PM.
 - Effettuare le **misure del circuito/i** (impedenza, batteria, potenziale spontaneo) e dei **test di stimolazione e sensing** (soglia, sensibilità).
 - Rilevare l'**EGM** ed i rispettivi marker.
 - Ottenere la documentazione relativa alla **diagnostica** (eventi, misure, statistica, ecc).

Gli **obiettivi** che il Controllo Strumentale del Pacemaker si propone in presenza di un malfunzionamento, è quello di:

- **Riconoscerne le cause**
- **Correggere**, se possibile, **il difetto** attraverso la modifica dei parametri di funzionamento.

Fonti di Malfunzionamento

Pertanto occorre identificare quali sono le **fonti** di possibili malfunzionamenti del circuito di elettrostimolazione cardiaca, le quali possono essere dovute alle diverse componenti del circuito stesso:

1. **Pacemaker** e programmazione dei parametri di funzionamento.
2. **Elettrocatteteri/i** e bontà dell'impianto.
3. **Interferenze elettromagnetiche (EMI)**.

Un capitolo a parte è quello delle interferenze (EMI) in cui i possibili malfunzionamenti alterano il funzionamento del pacemaker in modo:

- **transitorio**, cioè fintanto che è presente l'interferenza elettromagnetica;
- **definitivo** quando l'interferenza genera un cambiamento nella modalità o nei parametri di funzionamento.

1. PACEMAKER

Al fine di accertare che il Pacemaker (PM) non sia il responsabile del malfunzionamento dobbiamo porci una serie di domande a cui occorre dare delle risposte che escludano un suo eventuale difetto:

Le domande che ci dobbiamo porre sono:

1. *Funziona correttamente alla modalità programmata?*
2. *Risponde correttamente alla modalità magnetica?*
3. *Qual è lo Stato della Batteria?*
4. *La programmazione dei parametri di funzionamento è quella appropriata?*
5. *Il paziente può essere stato sottoposto a terapie che hanno danneggiato il PM?*
6. *Il paziente è stato sottoposto a EMI?*
7. *I dispositivi impiantati fanno parte di un "Avviso di sicurezza"?*

Domanda n° 1

Il PM assolve correttamente alle funzioni della modalità (modo) programmata?

Lo strumento più immediato che ci consente di valutare correttamente il modo di funzionamento del PM è l'ECG. Il modo di procedere nel monitoraggio ECG deve essere quindi improntato alla verifica ed alla documentazione delle funzioni del PM, che sono:

- Pacing (stimolazione)
- Sensing (rilevazione del potenziale spontaneo)
- Risposta prevista al rilevamento (Inibito, triggerato)
- Rate Responsive (modulazione della frequenza guidata dal sensore)

Una volta eseguito il monitoraggio ECG ed ottenute le informazioni del:

- tipo di impianto (monocamerale, bicamerale, biventricolare);
- modo e parametri di funzionamento programmati,

occorre procedere alla verifica della bontà di funzionamento del circuito di elettrostimolazione cardiaca.

Al fine di rendere chiaro come interpretare un tracciato ECG di un paziente portatore di PM e quindi poterne svelare i possibili malfunzionamenti, procediamo con una serie di esempi volti ad analizzare il funzionamento del PM e del circuito di elettrostimolazione.

Esempio n° 1. Paziente portatore di pacemaker bicamerale: Modo DDD; freq. 60-130 b/m; AV 220 ms; ecc. Si esegue il monitoraggio ECG (Figura 3).

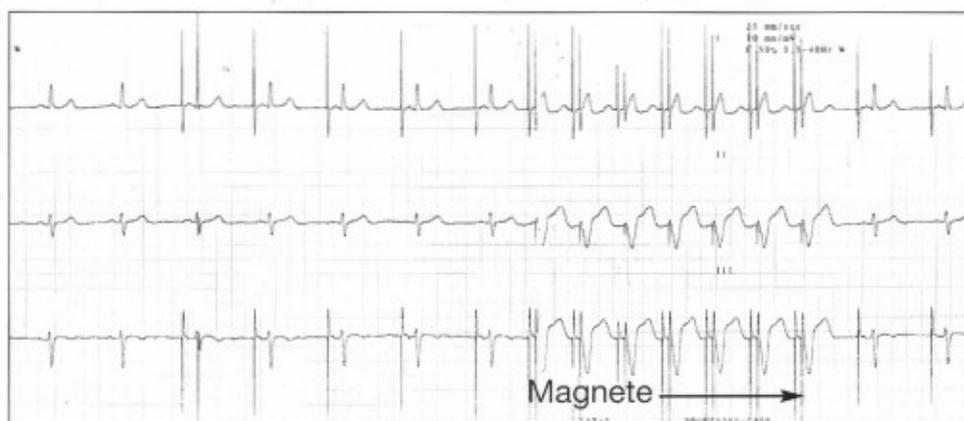


Figura 3. Monitoraggio ECG di base e con magnete

Domanda: Il monitoraggio ECG documenta la bontà del modo di funzionamento (DDD) e dei parametri di programmazione?

Per rispondere a questa domanda dobbiamo analizzare il comportamento della modalità di funzionamento del PM analizzando le tre funzioni: pacing, sensing ed inibizione (comportamento al sensing). Pertanto procediamo ad analizzare il monitoraggio ECG al fine di documentare le tre funzioni del PM:

• **Funzione di Pacing atriale e ventricolare. Prima lettera (codice NASPE): D.**

La funzione di **Pacing Atriale è presente ed efficace.**

La funzione di **Pacing Ventricolare è presente ed efficace.**

In assenza di attività elettrostimolata sappiamo che l'applicazione del magnete determina la modifica del modo di funzionamento da DDD a DOO, cioè in una modalità di pacing continuo ad una frequenza prevista per la modalità magnetica, ottenendo quindi la verifica dell'uscita dello spike e della sua efficacia. Analizzando il tracciato ECG possiamo dire che l'efficacia del pacing ventricolare è dimostrabile solo nella modalità con magnete (dal complesso 8 al 14) freq 100 b/m, con un intervallo AV di 100ms. L'accorciamento dell'intervallo AV previene l'insorgenza della depolarizzazione spontanea, favorendo la depolarizzazione ventricolare da parte del PM.

• **Funzione di Sensing atriale e ventricolare. Seconda lettera: D.**

La funzione del **Sensing Atriale è presente** e il PM risulta inibito sia per l'atrio che per il ventricolo. I primi due complessi dell'ECG presentano un ritmo sinusale.

La funzione del **Sensing Ventricolare è presente.**

• **Funzione di Inibizione sia dell'atrio che del ventricolo. Terza lettera: D.**

L'**Inibizione atriale è presente**, primi due complessi lo documentano.

L'**Inibizione ventricolare è presente.** Il tracciato ecg, prima della modalità con

magnete, presenta il QRS spontaneo regolarmente rilevato. L'unica eccezione è il 3° complesso, che risulta stimolato dopo un intervallo AV di 220ms. Ciò è dovuto al fatto che il sensing ventricolare non è stato ancora attivato dal potenziale spontaneo e quindi si ottiene un battito di pseudofusione.

La tabella riassume le domande e le risposte alle funzioni del PM.

Modo di funzionamento: DDD	ATRIO	VENTRICOLO
Il Pacing è presente ed efficace?	SI	SI
Il Sensing è presente?	SI	SI
L'Inibizione è presente?	SI	SI

Conclusioni. Il monitoraggio dell'ECG di base e con applicazione del magnete ha consentito di verificare la correttezza del funzionamento del PM alla modalità di funzionamento programmata: DDD.

Esempio n° 2. Paziente portatore di Pm bicamerale: Modo DDD, freq. 80-130 b/m; AV 240 ms. Viene eseguito il monitoraggio ECG (figura 4 e 5).



Figura 4. ECG di base. Programmazione Parametri: DDD 80-130b/m; AV 240ms.



Figura 5. Programmazione Parametri Temporanei: DDD 50-130b/m; AV 300ms

Domanda: Il monitoraggio ECG di base (fig. 4) è sufficiente a documentare tutte le modalità di funzionamento del PM?

L'ECG di base (**figura 4**) documenta la presenza di un'attività di pacing in atrio e ventricolo ai valori programmati. La funzione di sensing non viene rilevata a causa del valore dell'attività intrinseca che risulta:

- inferiore alla frequenza del pacing atriale (frequenza base)
- superiore all'intervallo AV per il ventricolo.

Pertanto al fine di ottenere la documentazione di sensing ed inibizione del pacing si attiva la funzione, attraverso il programmatore, della "programmazione parametri temporanei". Questa funzione consente di effettuare una ampia programmabilità dei parametri e del modo di funzionamento del PM. Questa programmazione è possibile solo se è presente la comunicazione telemetrica tra programmatore e PM; la mancanza di telemetria (spostamento della testa telemetrica) o interruzione della funzione temporanea, ripristina immediatamente il modo e i parametri programmati.

Il monitoraggio ECG della **figura 5** è stato eseguito con la programmazione "Parametri temporanei": DDD; 50 b/m; intervallo AV 300 ms. Tale modalità ha consentito di rilevare il ritmo spontaneo sia dell'atrio che del ventricolo verificando l'inibizione del PM. Pertanto valutando l'insieme del monitoraggio ECG (figura 4 e 5) possiamo rispondere alla domanda nel seguente modo:

- *Funzione di Pacing atriale e ventricolare.*

Il Pacing Atriale è presente ed efficace.

Il Pacing Ventricolare è presente ed efficace.

- *Funzione di Sensing atriale e ventricolare.*

Il Sensing Atriale è presente.

Il Sensing Ventricolare è presente.

- *Funzione di Inibizione sia dell'atrio che del ventricolo.*

L'Inibizione atriale è presente.

L'Inibizione ventricolare è presente.

Conclusioni. Il monitoraggio ECG di base e durante la programmazione dei parametri temporanei ha consentito di poter valutare l'efficacia del pacing atriale e ventricolare il corretto sensing delle due camere e la corretta inibizione durante ritmo spontaneo atriale e ventricolare.

Esempio n° 3. Paziente portatore di PM monocamerale Ventricolare: Modo VVI; freq. 55 b/m; Isteresi 50 b/m. Viene eseguito il monitoraggio ECG (Figura 6).

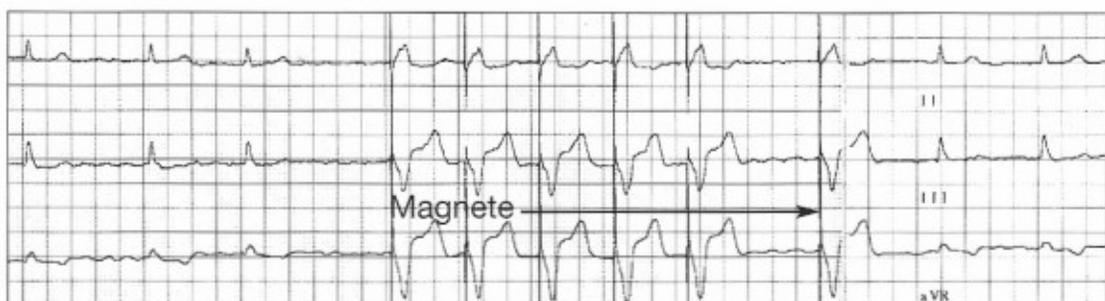


Figura 6. ECG di base e con magnete

Domanda: il monitoraggio ECG documenta la bontà di funzionamento della modalità VVI?

La modalità di funzionamento VVI prevede la verifica della camera ventricolare della funzione di Pacing, Sensing ed Inibizione al ritmo spontaneo:

- La funzione di **Pacing ventricolare (V) è presente ed efficace.** A causa del valore della frequenza base e del valore di Isteresi la funzione di pacing risulta verificabile solo con l'applicazione del magnete e quindi con il funzionamento alla modalità magnetica: VOO, frequenza magnetica: 5 pacing a 100 b/m i successivi alla frequenza programmata, che avviene dal 4° al 9° complesso del monitoraggio ECG, che documenta presenza di attività spontanea al di sopra della frequenza programmata: 55 b/m, Ist. 50 b/m.
- La funzione di **Sensing ventricolare (V) è presente.** L'ECG documenta presenza di attività spontanea che il PM riconosce.
- L'**Inibizione (I) è presente.** Il PM dopo aver riconosciuto l'attività spontanea inibisce il pacing.

Conclusioni: il monitoraggio ECG di base e con l'applicazione del magnete hanno documentato il corretto modo di funzionamento programmato VVI.

N.B.: L'applicazione del magnete attiva, come abbiamo visto nell'esempio n° 1, la modalità di pacing in asincrono (DOO) con frequenza 100 b/m e intervallo AV a 100ms mentre in questo esempio la modalità è in VOO a 100 b/m.

Esempio n° 4. Paziente portatore di PM monocamerale Ventricolare: Modo VVI, freq. 50 b/m, polarità di pacing e sensing: unipolare, sens 3 mV, uscita 3,5 V, ecc. Viene eseguito il monitoraggio ECG (Figura 7).

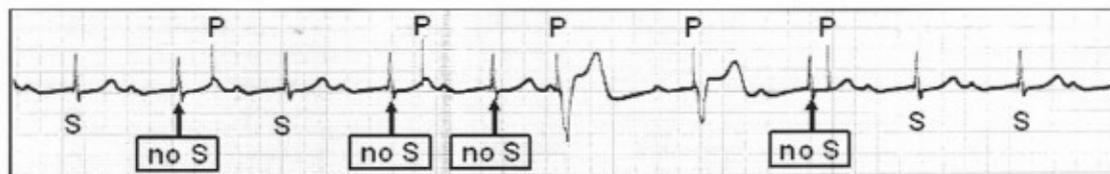


Figura 7. Monitoraggio ECG con difetto di sensing (Undersensing)

Domanda: il monitoraggio ECG documenta la bontà di funzionamento del modo VVI?

Come già fatto precedentemente verifichiamo la funzione di Pacing:

- La funzione di **Pacing è presente ed efficace**. Il pacing risulta efficace al 3 ed al 4 spike (P). I tre spike presenti sul tracciato ECG, in ordine il: 1, 2 e il 5 non risultano efficaci in quanto non ottengono la depolarizzazione ventricolare, verosimilmente perché cadono all'interno del PRV. E' bene comunque effettuare un test di soglia di stimolazione per verificare che la mancata cattura dello spike non possa dipendere da un'insufficiente energia dello stesso ed anche per valutare il valore dell'energia (ampiezza e durata dello stimolo) di sicurezza programmata (tre volte la soglia di pacing).
- La funzione di **Sensing risulta incostante**, infatti non tutti i complessi ventricolari (QRS) risultano sentiti, pertanto sono:
 - Rilevati (S) il complesso: 1, 3, 9 e 10.
 - Non rilevati (no S), cioè no sensing (**undersensing**), il complesso: 2, 4, 5 e 8.
- **L'inibizione della funzione pacing risulta incostante**, a causa dell'undersensing.

Tabella di sintesi del modo di funzionamento del PM

Modo di funzionamento: VVI	VENTRICOLO
Il Pacing è presente ed efficace?	SI
Il Sensing è presente?	In modo discontinuo (difetto di sensing)
L' Inibizione è presente?	In modo discontinuo

Conclusioni. Il monitoraggio ECG documenta che l'attività spontanea ventricolare (QRS) non viene sempre rilevata, il ritmo spontaneo si alterna tra complessi rilevati e

non. Presenza di **difetto di Sensing** con conseguente competizione dell'impulso del PM (mancata inibizione) con il ritmo spontaneo.

In questo caso occorre procedere nel seguente modo: misura del valore dell'onda V (ventricolare) ed effettuare il test di sensing. Dopo aver modificato, programmando il valore della sensibilità aumentandola (valore più piccolo) e constatato con un test di interferenza la non inibizione da miopotenziali, si procede alla programmazione definitiva della sensibilità.

Il test della soglia di stimolazione <1 Volt, conferma la bontà dell'efficacia dell'energia d'uscita programmata. Pertanto l'inefficacia degli spike presenti sul tracciato ECG sono tali perché rientrano nel periodo refrattario ventricolare (PRV).

Esempio n° 5. Portatore di PM bicamerale DDDR; 60/120 b/m; AV 150 (-30) ms; canale A: 3,5V 0,4 ms 0,75 mV; canale V: 3,5V 0,4 ms 2,5 mV; PVARP 250 ms; PRV 250 ms; 2001 impianto elettrocateri: ventricolare bipolare a vite, atriale bipolare a barbe. Agosto 2004 sostituzione PM per esaurimento batteria.

Il paziente è presente all'ambulatorio per eseguire il controllo programmato di FU (26 maggio 2006). Si esegue monitoraggio ECG (figura 8).



Figura 8. Difetto di cattura ventricolare

Domanda: il monitoraggio ECG documenta la bontà di funzionamento nella modalità DDD?

L'ECG di base documenta:

1) Attività di pacing in atrio e ventricolo. Il Pacing atriale risulta efficace mentre il

pacing ventricolare non è efficace (mancata cattura ventricolare).

- 2) La funzione di sensing atriale non viene rilevata a causa del valore di pacing della frequenza base programmata (60 b/m) che risulta superiore all'attività atriale spontanea. Il QRS spontaneo non viene rilevato dal PM in quanto si trova all'interno del PRV. Non risulta valutabile la risposta di inibizione al sensing.

Domanda: cosa può aver determinato la mancata cattura ventricolare?

La presenza dello spike ci documenta che il PM eroga una energia in uscita (continuità elettrica del circuito), la mancata cattura pertanto può essere determinata da:

- **Aumento della soglia di stimolazione?**
- **Energia insufficiente dello spike?**

Si procede quindi con l'interrogazione del PM (figura 9) che conferma i dati di programmazione così pure le **misure elettriche** (figura 10) che documentano: valori di impedenza, tensione, corrente e potenziale spontaneo, nella norma.

06-APR-2006 10:45		
Ospedale	GDT	
Paziente		Programmatore 062712
Modello 1283 S/N 642647		Software 2891: 3.1
Parametri Brady		
	Iniziale Valore	Attuale Valore
Modalità	DDDR	DDDR
Limite freq. inferiore	60	60 min-1
Freq. max trasc.	120	120 min-1
Frequenza max. sensore	110	110 min-1
Ritardo AV (stin.)	150	150 ms
ATRIALE		
Durata di impulso	0,40	0,40 ms
Ampiezza	3,5	3,5 V
Sensibilità	0,75	0,75 mV
Refrattario(PVARP)	250	250 ms
VENTRICOLARE		
Durata di impulso	0,40	0,40 ms
Ampiezza	3,5	3,5 V
Sensibilità	2,5	2,5 mV
Refrattarietà	250	250 ms
Ritardo AV		
	Iniziale Valore	Attuale Valore
Ritardo AV dinamico	OFF	OFF
Ritardo massimo	--	-- ms
Ritardo minimo	--	-- ms
Compensaz. rit. AV Rilev.	-30	-30 ms

Figura 9. Parametri di funzionamento.

06-APR-2006 10:57				
Ospedale	GDT			
Paziente		Programmatore	062712	
Modello 1283 S/N 642647		Software	2891: 3.1	
Dati misurati- Impedenza elettroc				
		Atriale	Ventricolare	
		Precedente	Attuale	Precedente
		10-OTT-2005		10-OTT-2005
Data ultimo test				
Impedenza	340	340	420	410 Ω
Ampiezza	3,5	3,5	3,5	3,5 V
Durata di impulso	0,40	0,40	0,40	0,40 ms
Corrente	10	10	8	9 mA
Config. elettr. (stim)	MONPOL	MONPOL	MONPOL	MONPOL
Energia	14,4	14,4	11,7	12,0 μJ
Dati misurati- Ampiezza intrinseca				
		Precedente	Attuale	
		10-OTT-2005	Atrio	
Data ultimo test				
Camera verificata				
Ampiezza misurata		3,3	2,6 mV	
Config. elettroc. (rilev.)		BIPOLAR	BIPOLAR	
Dati misurati- Ampiezza intrinseca				
		Precedente	Attuale	
		10-OTT-2005	Ventricolare	
Data ultimo test				
Camera verificata				
Ampiezza misurata		13,1	7,1 mV	
Config. elettroc. (rilev.)		BIPOLAR	BIPOLAR	

Figura 10. Misure impedenza, ampiezza intr.

Prima di procedere con il test di soglia si verifica nella cartella di FU il controllo precedente di 6 mesi prima (ottobre 2005). L'ECG di controllo precedente documenta la normale conduzione indotta dal PM in atrio ed in ventricolo (figura 11).

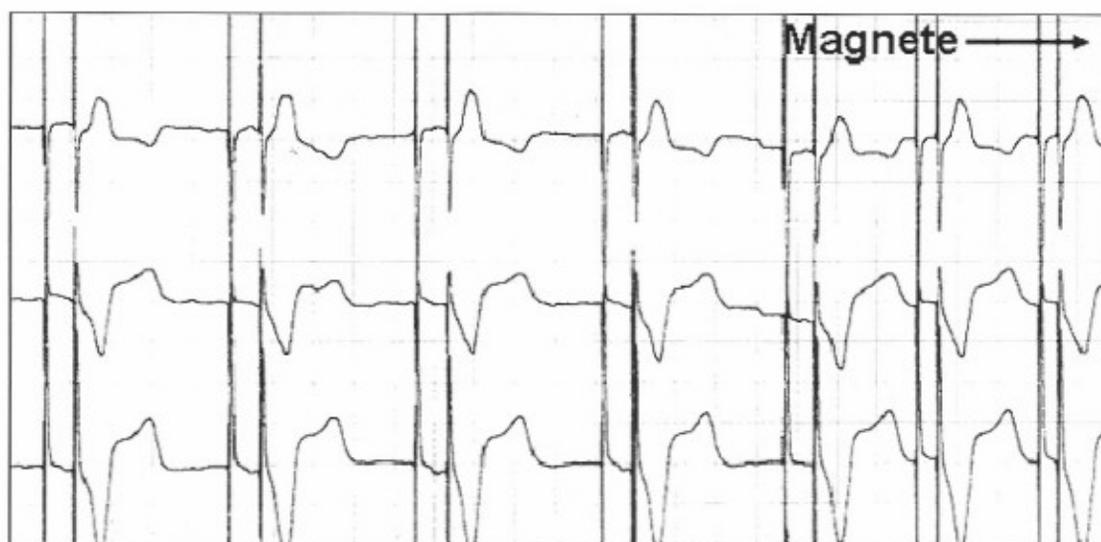


Figura 11. ECG del FU precedente.

La documentazione relativa ai parametri di programmazione risultano identici ai precedenti (figura 12), così pure la misura dei dati del circuito di elettrostimolazione (figura 13) che risultano sostanzialmente invariati.

Ospedale POLICLINICO GEMELLI ROMA AMB. PM 10-OTT-2005 11:29			
Paziente		Programmatore US1476	
Modello 1283 S/N 642647		Software 2891 2 12	
Parametri Brady			
Modalità	Iniziale Valore	Attuale Valore	ES04
Limite freq. inferiore	60	60	min-1
Freq. max. trasc.	120	120	min-1
Frequenza max. sensore	110	110	min-1
Ritardo AV (stim.)	150	150	ms
ATRIALE			
Durata di impulso	0,40	0,40	ms
Ampiezza	3,5	3,5	V
Sensibilità	0,75	0,75	mV
Refrattario(PVARP)	250	250	ms
VENTRICOLARE			
Durata di impulso	0,40	0,40	ms
Ampiezza	3,5	3,5	V
Sensibilità	2,5	2,5	mV
Refrattarista	250	250	ms
Ritardo AV			
Ritardo AV dinamico	Iniziale Valore	Attuale Valore	
Ritardo massimo	OFF	OFF	ms
Ritardo minimo	---	---	ms
Compensac. rit. AV Rilev.	-30	-30	ms

Figura 12. Parametri FU precedente.

Ospedale POLICLINICO GEMELLI ROMA AMB. PM 10-OTT-2005 11:29					
Paziente			Programmatore US1476		
Modello 1283 S/N 642647			Software 2891 2 12		
Dati misurati- Impedenza elettrocatt					
Data ultimo test	Atriale		Ventricolare		
	Precedente	Attuale	Precedente	Attuale	
	04-AGO-2004		04-AGO-2004		
Impedenza	300	340	440	440 Ω	
Ampiezza	3,5	3,5	3,5	3,5 V	
Durata di impulso	0,40	0,40	0,40	0,40 ms	
Corrente	12	10	8	8 mA	
Config.elettrocatt	MONOPOL	MONOPOL	MONOPOL	MONOPOL	
Energia	16,3	14,4	11,1	11,7 μ J	
Dati misurati- Ampiezza intrinseca					
Data ultimo test	Precedente		Attuale		
	01-APR-2005		01-APR-2005		
Camera verificata	Atria				
Ampiezza misurata	2,8		3,3 mV		
Config. elettrocatt (rilev.)	BIPOLAR		BIPOLAR		
Dati misurati- Ampiezza intrinseca					
Data ultimo test	Precedente		Attuale		
	01-APR-2005		01-APR-2005		
Camera verificata	Ventricolare				
Ampiezza misurata	13,1		13,1 mV		
Config. elettrocatt (rilev.)	BIPOLAR		BIPOLAR		

Figura 13. Misure FU precedente.

Si procede quindi ad effettuare il controllo della soglia di stimolazione ventricolare nella modalità: VVI, 55b/m, 3,5V, 0,4 ms. Questi valori sono uguali a quelli programmati, che come nell'ECG di base risultano sotto soglia.

Pertanto vista la mancata cattura si procede non con il test di soglia automatico del pro-

grammatore ma con la modalità di programmazione "Parametri temporanei": VVI, 65 b/m e con uscite di energia crescenti fino al valore di 7V e 1,5 ms.

Il monitoraggio ECG (figura 14) documenta la presenza di spike non condotti; l'intervallo di stimolazione risulta variabile a causa del sensing ventricolare, complesso 2 e 4.

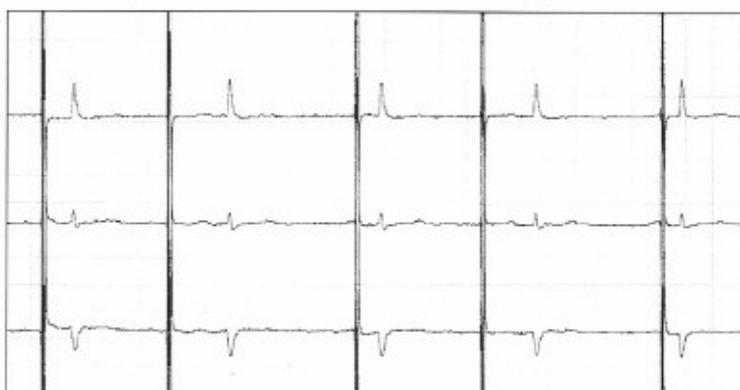


Figura 14. Parametri temporanei: VVI, 65b/m, unipolare, 7V, 1,5ms.

Sempre nella modalità di programmazione "Parametri temporanei" si procede alla variazione della polarità di stimolazione da unipolare a bipolare, VVI, 70 b/m 4,5V 1,5 ms.

Si esegue l'ECG (figura 15) che documenta alcuni complessi ventricolari elettroindotti (1, 2, 4 e 5) ad eccezione di altri che risultano come complesso di pseudofusione (3) e non condotto il 6° (sotto soglia).



Figura 15. Parametri temporanei: VVI, 70b/m, bipolare, 4,5V, 1,5ms.

Si procede ad aumentare l'energia d'uscita a 6V ed 1ms. La figura 16 mostra l'ECG che documenta ritmo da PM ventricolare normofunzionante.

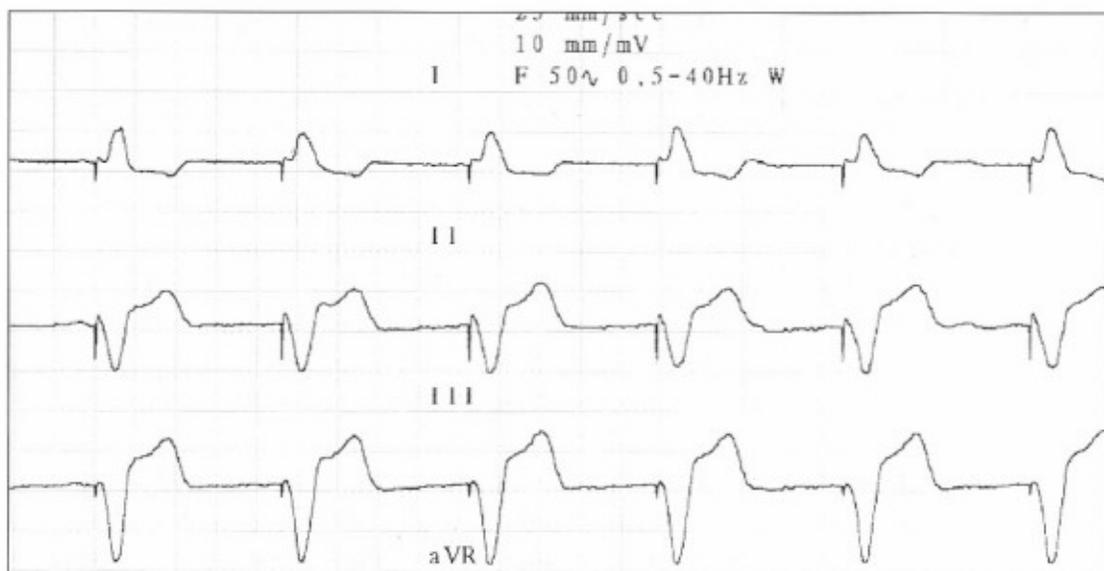


Figura 16. Parametri temporanei: VVI, 70b/m, bipolare, 6V, 1ms.

A completamento del controllo di FU si procede al controllo della soglia di stimolazione dell'elettrocateretere atriale che risulta di 0,7V.

Si procede quindi ad una programmazione definitiva nella configurazione di pacing bipolare in VVI a 45 b/m, 7V, 1ms.

Il paziente viene ricoverato per la sostituzione dell'elettrocateretere ventricolare in programma per il giorno successivo. Durante l'intervento di revisione dell'impianto si effettuano le misure con il PSA degli elettrocateretri. Per l'elettrocateretere ventricolare abbiamo cercato di rilevare a quale livello può essere presente l'anomalia elettrica che ha determinato l'incremento del valore della soglia di stimolazione. Le misure di seguito riportate intendono rilevare la soglia di stimolazione nella modalità monopolare, dove la polarità positiva è rappresentata sempre dalla cassa del PM, mentre quella negativa è applicata, nel primo caso, sull'elettrodo distale (metodo convenzionale) e nel secondo sull'elettrodo prossimale ad anello. Le misure vengono completate con la rilevazione dell'impedenza dell'elettrocateretere e della misura del valore del potenziale spontaneo.

Configurazione del metodo di misura dell'impedenza, soglia di stimolazione, potenziale spontaneo:

- **unipolare con il negativo** posto sull'**elettrodo distale** ed il positivo nella tasca sottocutanea: *Impedenza 450 ohm; Soglia di pacing 6,5V 0,5ms; Potenziale spontaneo 7mV.*
- **unipolare con il negativo** posto sull'**elettrodo prossimale** ed il positivo nella tasca sottocutanea: *Impedenza 430 ohm; Soglia di pacing 5V 0,5 ms.*

- **bipolare:** *impedenza 540ohm; Soglia di pacing 6V 0,5ms; Potenziale spontaneo 13mV.*
- **elettrocattetero atriale bipolare:** *impedenza 380ohm; Soglia di pacing 0,6V; Potenziale spontaneo 1,5mV.*

L'analisi sui valori rilevati dall'elettrocattetero ventricolare ci indicano:

- **Impedenza.** In qualunque configurazione i valori risultano ottimali.
- **Potenziale spontaneo.** Valori buoni.
- **Soglia di stimolazione.** Il miglior valore è stato rilevato nella configurazione unipolare dove l'elettrodo negativo era collegato all'anello (prossimale), comunque ampiamente al di sopra di un valore accettabile (5V).

Conclusioni. Le misure eseguite sull'elettrocattetero ventricolare con il PSA non indicano presenza di fratture nel conduttore o perdita dell'isolamento con conseguente dispersione di corrente. *Pertanto non è addebitabile all'elettrocattetero l'inefficienza dell'impulso di stimolazione.*

La sola ipotesi che abbiamo avanzato, visto i valori normali misurati del circuito di elettrostimolazione, è che l'alta soglia di stimolazione sia dovuta all'interfaccia che si è realizzata tra il contatto elettrico degli elettrodi e l'endocardio, o ad una modifica strutturale (necrosi) della zona sottostante gli elettrodi.

Si decide quindi di procedere ad un nuovo impianto di elettrocattetero bipolare a barbe. Le misure del nuovo impianto risultano ottimali: soglia di pacing 0,3V 0,5ms; impedenza 650 ohm; potenziale spontaneo 13mV.

Un'ultima curiosità ci spinge a confrontare l'andamento della carica della batteria nei controlli di FU precedenti (figure 17, 18 e 19):

- 4 Agosto 2004 nuovo PM: BOL.
- 1 Aprile 2005 (dopo 8 mesi): Buona; 100b/m; 3,5 anni durata residua.
- 10 Ottobre 2005 (dopo 6 mesi): Buona; 100b/m; 2,5 anni durata residua.
- 6 Aprile 2006 (dopo 6 mesi): Buona; 100b/m; 2 anni durata residua.
- 7 Aprile 2006 (dopo 1 giorno) Buona; 100b/m; <0,5 anni durata residua, prossima all'ERT.

Questi dati di scarica accelerata della batteria possono essere compatibili con valori di uscita elevati in ampiezza (V) e in durata (ms) e con valori di impedenza molto bassi, cosa non presente in questo caso ad eccezione dell'impedenza del catetere atriale che varia da 300 a 340 ohm. Solo nell'ultimo giorno è stata programmata un'uscita a 7V ed 1,5ms, che ha portato la stima della durata della batteria da 2 anni a meno di 6 mesi. Questa esperienza ci fa meditare sul fatto che qualora dovessimo utilizzare dati di usci-

ta dell'energia molto alti dobbiamo predisporre dei controlli differenti dalla routine per valutare l'andamento della scarica della batteria.

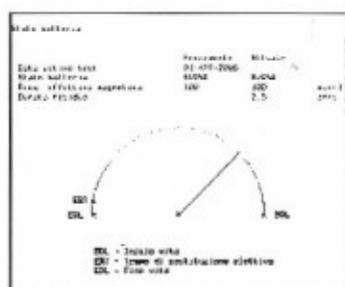


Figura 17

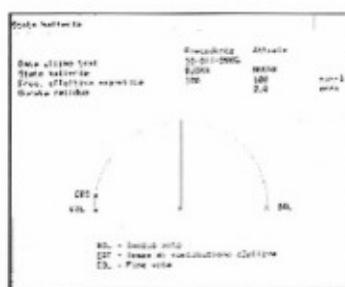


Figura 18



Figura 19

Esempio n° 6. Giunge per la prima volta al nostro Centro (marzo 2006) un paziente portatore di PM monocamerale ventricolare. Nella tessera del Paziente portatore di pacemaker si riesce a rilevare che l'elettrocatteter è del tipo monopolare a vite, la data dell'impianto è >14 anni. I parametri di programmazione sono: VVIR, 70-130 b/m; uscita 4V 0,4ms; sensing 2mV; PRV 250ms.

Viene eseguito il monitoraggio ECG (figura 20) che documenta: ritmo da PM con extrasistoli polimorfe ventricolari non rilevate dal PM. **Difetto di sensing.**

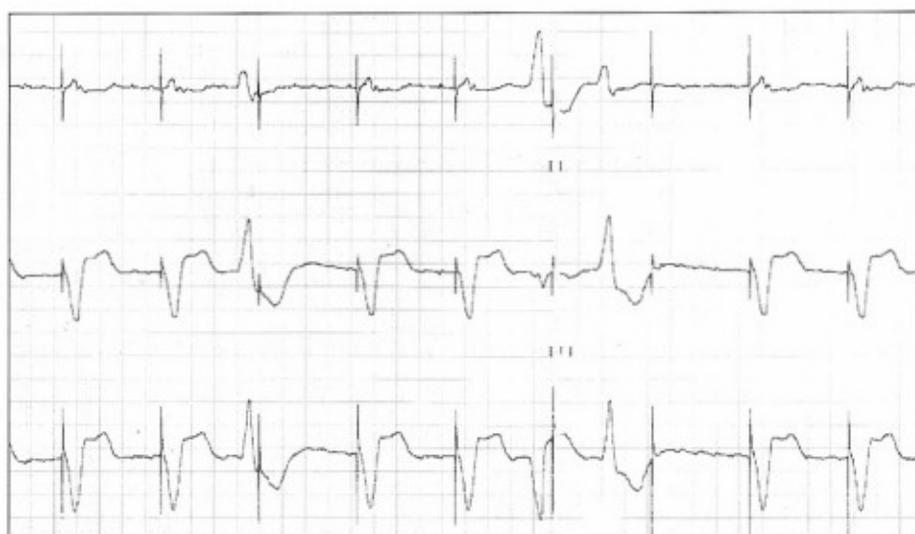


Figura 20. Difetto di sensing.

Si esegue interrogazione del PM e si procede con le misure del circuito di elettrostimolazione che documentano una impedenza di 750 ohm. Si procede con la misura del sensing.

La misura si esegue monitorando contemporaneamente all'ECG l'EGM e marker, impostando il valore della frequenza a 30 b/m, mantenendo il valore della sensibilità a 2mV, il tracciato (figura 21), documenta il mancato riconoscimento dell'onda R mentre viene rilevata quella dell'extrasistole ventricolare (marker "S"). Infatti la presenza sul tracciato dell'EGM di un piccolo potenziale coincidente con il QRS non viene rilevato dal PM (assenza del marker contrassegnato) tanto che il PM eroga lo spike (marker "P"). L'attività spontanea viene interpolata dallo spike, a 30 b/m, per la mancata inibizione del PM.

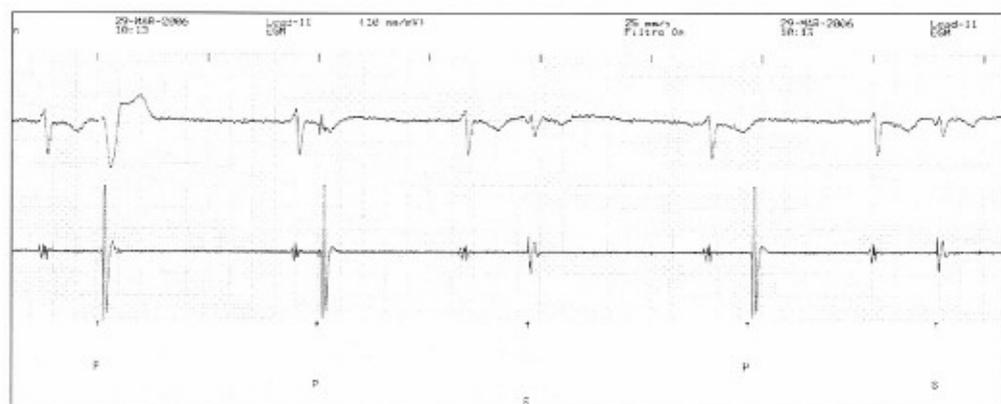


Figura 21. ECG, EGM e marker.

Si ripete la misura con valori decrescenti di sensibilità fino ad ottenere a 0,25mV l'inibizione della stimolazione. L'ECG (figura 22) documenta il riconoscimento dell'onda "R" e la relativa inibizione del pacing. Si completano le misure con la soglia di stimolazione che documenta la mancata cattura al valore di 3,3V 0,4ms. (figura 23)



Figura 22. Prova di inibizione a 0,25mV.



Figura 23. Test di soglia >3,3V.

Conclusioni. Valori di soglia elevati >3,3V, impedenza ai valori ancora normali 750ohm, valore dell'onda R <0,5mV e dell'extrasistole ventricolare < 1mV. Questi

dati ci hanno portato a pensare che la sede dell'elettrocattetero ventricolare a vite nel corso degli anni abbia verosimilmente sviluppato una situazione di conducibilità elettrica sfavorevole tanto da ottenere un'alta soglia di stimolazione ($>3,3V$) ed un valore del potenziale spontaneo molto basso ($<1mV$).

Il paziente viene ricoverato per la sostituzione dell'elettrocattetero.

Domanda n° 2

Il pacemaker risponde correttamente alla modalità con magnete?

Con il posizionamento del magnete sul PM, si determina la variazione della modalità di funzionamento da quella programmata a quella denominata a **frequenza magnetica**, le cui caratteristiche sono quelle previste dal costruttore. Occorre quindi conoscere le caratteristiche del tipo di PM durante l'applicazione del magnete per valutarne tutti gli aspetti.

Pertanto al monitoraggio ECG occorre verificare:

- **Modalità con magnete:** monocamerale VOO o AOO, bicamerale DOO. L'unica funzione attiva è quella di stimolazione, pertanto il PM stimola in asincrono con una frequenza ad esempio di: 90 o 100 b/m, valore dichiarato dal Produttore. In presenza di un ritmo spontaneo la cui frequenza risulti superiore al valore della frequenza di stimolazione programmata, la modalità con magnete si presta a valutare l'efficacia del pacing.
- **Cattura del pacing** (atriale e ventricolare).
- **Valore della frequenza magnetica.** Una diminuzione del valore della frequenza ci indica che la carica della batteria si sta esaurendo. Il Produttore ci dichiara i valori di controllo intensificato (ERI) e di fine vita (EOL).

Esempio. Paziente portatore di PM monocamerale VVI, Fr. 60 b/m.

Parametri dichiarati dal Costruttore con il magnete: VOO; Fr. 100 b/m i primi 5, i successivi alla frequenza programmata. Viene eseguito il monitoraggio ECG (Figura 24).

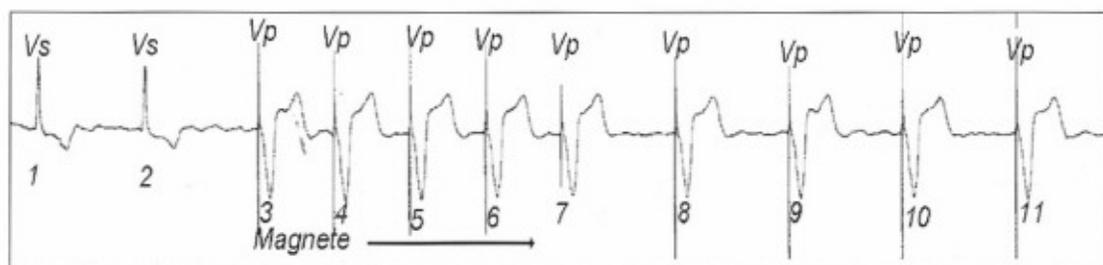


Figura 24. Test al magnete.

Domanda. Risponde correttamente alla modalità di funzionamento con magnete?

Il monitoraggio ECG presenta:

- Ritmo spontaneo ventricolare (complesso 1 e 2) e presenza di FA.
- L'applicazione del magnete determina una stimolazione fissa a frequenza 100 b/m per i primi cinque complessi (3, 4, 5, 6 e 7) mentre i complessi successivi sono alla frequenza programmata.

La modalità con il magnete ci consente di valutare l'**efficacia** della funzione di **Pacing** in quanto gli impulsi di stimolazione sono condotti regolarmente. Pertanto possiamo rispondere alla domanda nel seguente modo:

- La frequenza di pacing fisso risponde al valore di 100 b/m che è quella prevista dal Costruttore per valutare la carica della batteria di inizio vita (BOL). Quando la frequenza di pacing con magnete diminuirà gradatamente fino a raggiungere il valore di 90 b/m avremo raggiunto il momento in cui è prevista la sostituzione elettiva imminente (ERI, ISE, ERT). Il raggiungimento di fine esercizio (vita) della batteria (EOL) sarà raggiunto al valore della frequenza di pacing di 85 b/m.
- Per questo modello di PM il quinto impulso di stimolazione (7) a 100 b/m riduce la sua energia di circa il 50 %. In questo modo si può avere una idea immediata anche se approssimativa del margine di sicurezza della soglia di stimolazione.

Domanda n° 3
Stato della batteria?

Come abbiamo già visto con la semplice applicazione del magnete possiamo dare immediatamente una risposta sullo stato della batteria, prendendo come **riferimento il valore della frequenza di stimolazione con magnete** e confrontandolo con il valore indicato dal Costruttore per valutare la scarica della batteria. Tutti i PM quando inizia la fase della scarica più rapida della batteria diminuiscono il valore della frequenza di stimolazione in modo graduale fino al raggiungimento del valore che indica il momento della sostituzione del PM. Questo parametro di rilevamento della carica residua della batteria è comune a tutti i Produttori di pacemaker.

Per rispondere in modo molto preciso sullo stato della batteria, occorre utilizzare il programmatore del PM che ci consente di effettuare tutte le misure elettriche della batteria.

Da alcuni anni i programmatori consentono al momento dell'interrogazione del PM di conoscere quale è lo **stato della batteria** fornendo le misure elettriche con le eventuali indicazioni di raggiungimento della scarica. Infatti se la misura della batteria presenta il raggiungimento degli **indici di scarica (ERI, ISE, ERT, ecc)**, appare in eviden-

za sul programmatore l'indicazione degli indici e quindi della carica residua della batteria, ancor prima che il visore del programmatore ci rappresenti i parametri di funzionamento del PM.

Gli indici della carica della batteria sono rappresentati attraverso delle sigle che indicano sostanzialmente il livello di carica della batteria, dal momento dell'impianto (inizio vita), al momento consigliato della sostituzione fino al momento in cui il PM è a fine esercizio (EOL) e non svolge più diverse funzioni accessorie se non quelle di mantenere una stimolazione di sicurezza che generalmente consiste in una modalità VVI 65 b/m, questo anche per i PM bicamerale.

Le misure elettriche della batteria ci indicano con precisione l'andamento della carica residua della batteria, esse sono:

- **Voltaggio o Tensione (V):** Inizio vita 2,8-3,1V. Sostituzione 2,5-2,6V. Fine vita 2,2V.
- **Impedenza (K Ω):** Inizio vita < 5 K Ω ; sostituzione >4-10 K Ω .
- **Frequenza con magnete:** (Valore di inizio e fine vita della batteria dichiarato dal Costruttore).

Come abbiamo appena accennato, per rendere più semplice e comprensibile queste misure ad esse viene associata una indicazione sullo stato della carica della batteria. La terminologia in uso da moltissimi anni tende a dare un'informazione che rappresenta i tre momenti salienti della vita (carica) della batteria:

- **Inizio vita (BOL, OK, Buona, ecc.)** fino al momento della sostituzione elettiva imminente.
- **Sostituzione elettiva imminente (ERI, ISE, ERT, ecc):** circa 3-4 mesi, a seconda del consumo del PM, prima del raggiungimento di fine vita.
- **Fine vita (EOL):** sostituzione immediata del PM.

Un'altra indicazione importante è quella sulla **durata di vita della batteria**. Questo parametro si basa su un calcolo del consumo di corrente da parte delle diverse componenti che costituiscono il PM. In particolare alcuni elementi risultano molto importanti nel consumo di corrente: energia dell'impulso di stimolazione (Voltaggio e durata), impedenza elettrocattetero, frequenza di pacing, presenza o meno del ritmo spontaneo. A tutto questo vanno aggiunte altre componenti (circuiti, memorizzazione dati, telemetria, ecc.) che consumano, se pur in minima parte, energia elettrica. Tutto questo consumo rapportato alla corrente residua presente nella batteria, produce il risultato della **stima presunta di durata di esercizio della batteria**, valore espresso in **anni/mesi**.

Un modo molto diretto e immediato di rappresentare il consumo della batteria è costituito da una immagine grafica in cui viene visualizzato l'andamento del consumo del-

l'energia nel tempo (figure 25, 26).

Nella figura 25 la **carica della batteria** viene rappresentata rilevando la misura dell'**impedenza interna della batteria (K Ω)** e rappresentandola con l'andamento di una linea nel tempo. Al momento in cui la misura dell'impedenza interna della batteria raggiunge il valore di 10 K Ω , avremo l'intersezione con il livello di indicazione alla sostituzione elettiva (ISE).

Nella figura 26 la misura che determina la **carica della batteria** è rappresentata dal **voltaggio (V)**. Valore che viene visualizzato con una immagine di un rettangolo orizzontale al cui interno una barra di colore diminuisce con il diminuire della carica residua della batteria, fino al raggiungimento del valore di voltaggio di 2,5V, rappresentato da una linea trasversale che delimita l'ERI (sostituzione elettiva).

Come abbiamo visto nei due esempi i due sistemi utilizzano due parametri elettrici diversi della carica della batteria: l'impedenza interna e il voltaggio della cella della batteria. Ora il parametro di riferimento che si prende in esame per valutare la carica elettrica residua della batteria **deve sempre essere quello che il sistema utilizza**. Pertanto non si deve prendere come riferimento un parametro non utilizzato per valutare la carica della batteria ed utilizzarlo come un indice di scarica. Facciamo un esempio: nel caso della figura 25 il parametro di riferimento è l'impedenza (Ω) il cui valore di ISE viene raggiunto a 10 K Ω , mentre nel secondo caso (figura 26) il riferimento di scarica è il voltaggio (V) e l'ERI viene raggiunto a 2,5 V, in questo caso le misure si completano presentando altri parametri della carica rilevata tra cui la misura dell'impedenza interna della batteria che risulta essere di 31,6 K Ω .

Non vanno quindi confrontati due metodi di misura diversi tra loro.

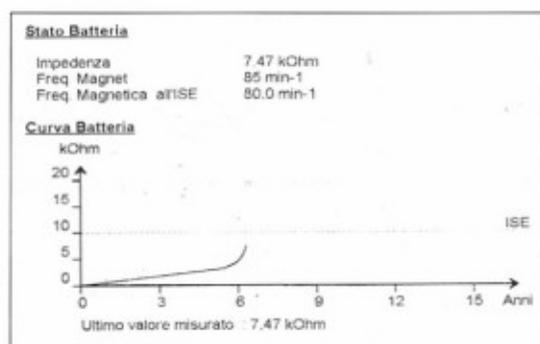


Figura 25. Curva di scarica della batteria.

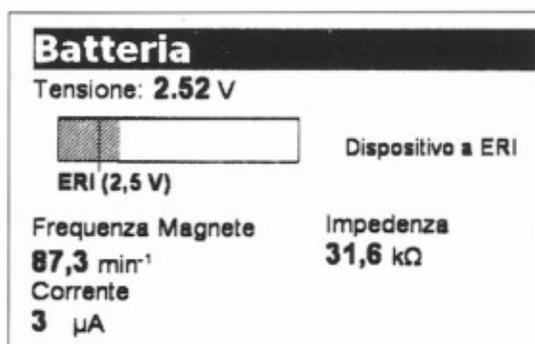


Figura 26. Indicazione dispositivo a ERI.

Esempio di scarica della batteria in un paziente che non esegue controlli di FU. Paziente portatore di PM bicamerale: DDD; 60-130b/m; ist. 50b/m, ha interrotto i controlli di FU l'ultimo risale a più di 5 anni. Si esegue il monitoraggio ECG (figura 27) che documenta un ritmo sinusale a 55b/m, l'applicazione del magnete determina una stimolazione monocamerale ventricolare ad 85b/m.

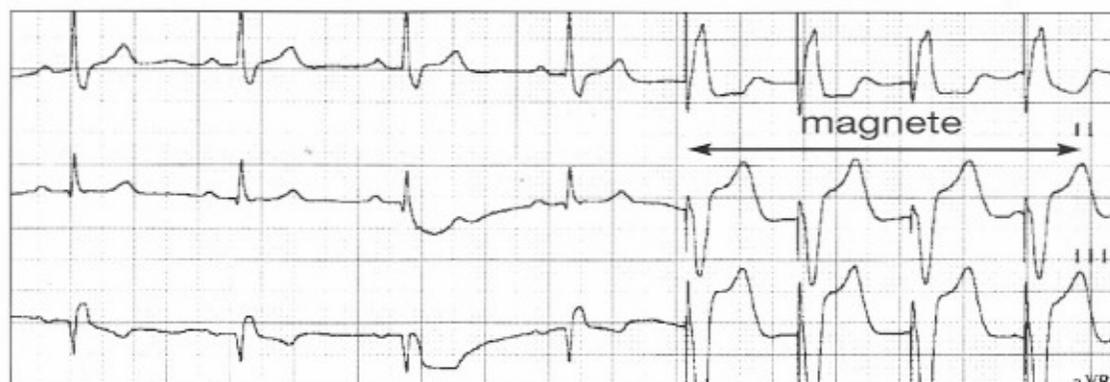


Figura 27. Monitoraggio ECG base e con magnete.

Considerazioni: la modalità di stimolazione magnetica monocamerale su un PM bicamerale documenta un dispositivo in sicurezza, la frequenza magnetica 85b/m documenta un dispositivo in cui la batteria è a fine vita: EOL. Infatti l'applicazione del magnete avrebbe dovuto dare una stimolazione bicamerale ad una frequenza di 100b/m.

Si esegue la procedura di interrogazione telemetrica del PM che avverte immediatamente sul display del programmatore il raggiungimento di fine vita della batteria in data 17/12/2006 (figura 28), cioè 4 mesi prima di questo controllo. I parametri di funzionamento del PM (figura 29) documentano il dispositivo in modalità di sicurezza a causa della insufficiente corrente della batteria dovuta alla scarica prevista.

Si dispone il ricovero per la sostituzione del PM per esaurimento della batteria.

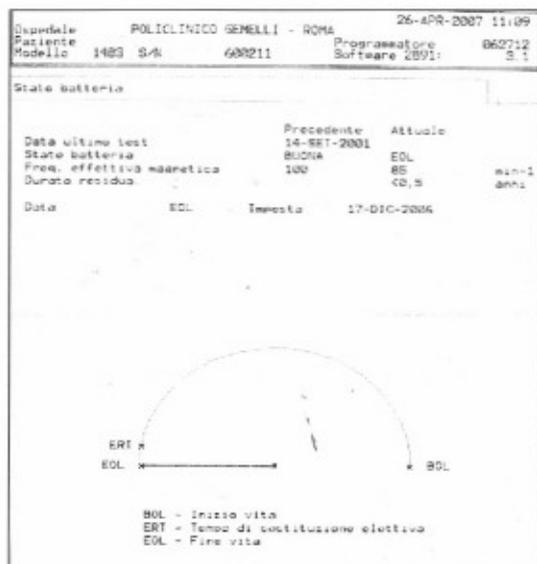


Figura 28

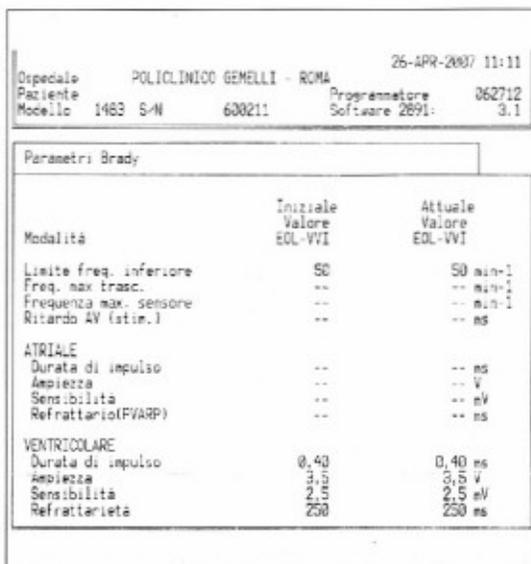


Figura 29

La programmazione dei parametri di funzionamento è quella appropriata?

Non solo la corretta indicazione all'impianto del PM e un'ottima esecuzione di posizionamento degli elettrocatereteri unitamente alle misure elettriche ottimali ed all'intascamento del PM fanno un riuscito intervento terapeutico, ma se a queste procedure operatorie non viene associata una corretta scelta dei parametri di funzionamento del PM, non avremmo completato nel modo migliore l'intervento. E' vero che nella maggioranza dei casi la modifica da apportare ai parametri di funzionamento del PM è di poca entità, ma occorre sempre valutare l'impostazione dei parametri sulla base delle esigenze cliniche del paziente. Quello che viene comunemente definito personalizzazione dei parametri di funzionamento del PM è volto ad ottenere da parte del circuito di elettrostimolazione artificiale la maggiore fisiologicità possibile per una maggiore efficacia dell'azione emodinamica del cuore. Un aspetto che si è da poco affermato è quello di favorire, la dove è possibile (ritardo AV entro i limiti emodinamicamente accettabili), la depolarizzazione spontanea del cuore, evitando quindi di stimolare il ventricolo destro. Infatti la stimolazione artificiale del ventricolo destro, nella propagazione dello stimolo attraverso i ventricoli, provoca un ritardo nella conduzione interventricolare tipo BBS ma soprattutto una contrazione delle pareti ventricolari sinistre in modo non sincrono.

Nella terapia elettrica dello scompenso cardiaco, la dove risulta indispensabile resincronizzare le pareti ventricolari sinistre, ecco che risulta invece indispensabile stimolare sempre il ventricolo nella modalità biventricolare, al fine di ottenere la resincronizzazione delle pareti ventricolari che invece, per effetto della malattia di base, risultano desincronizzate.

In alcuni casi, specie durante le attività fisiche, il PM non risponde pienamente alle esigenze metaboliche che l'organismo richiede, provocando una sensazione di malessere o di mancato benessere, cosa che invece i pazienti si aspettavano di ottenere con l'impianto del device. La mancata personalizzazione dei parametri del PM può portare ad un funzionamento non corretto o incompleto del dispositivo mancando il fine che la stimolazione artificiale del cuore si prefigge: *rendere più fisiologica possibile la stimolazione artificiale del cuore al fine di migliorare la funzione cardiaca.*

Esempio n° 1 *Programmazione dei Temporizzatori della: frequenza, periodi refrattari, intervallo AV, ecc. sono appropriati?*

Giovane sportiva portatrice di PM bicamerale viene inviata da un Centro di Medicina Sportiva all'Ambulatorio per il Controllo strumentale del PM per un possibile malfunzionamento del PM. La paziente durante attività sportiva manifesta una variazione improvvisa, importante e irregolare del ritmo cardiaco a cui segue uno stato diffuso di

malessere. Al controllo del PM le misure (soglia di stimolazione, impedenza elettrocatteter, sensing) e i dati della batteria risultano buoni. I parametri di programmazione del funzionamento del PM sono: modo DDD; freq. 75-125 b/m; intervallo AV 160 ms, parametri d'uscita e d'ingresso standard. Al fine di verificare il motivo del malessere durante l'esercizio fisico viene eseguito un ECG da sforzo al cicloergometro. La figura 30 presenta l'ECG di base a 12 derivazioni che documenta ritmo da PM a frequenza 75 b/m con atrio stimolato (pacing atriale) e atrioguidato (sensing atriale). L'attività ventricolare risulta sempre stimolata dopo l'intervallo AV programmato.



Figura 30. Test da sforzo: ECG Base.

Si dà inizio alla prova da sforzo per 3' con un carico di lavoro al cicloergometro di 30 Watt. L'ECG durante questa fase di riscaldamento muscolare risulta invariato. Al termine del primo step di 3' si aumenta il carico di lavoro del cicloergometro a 60 Watt. La figura 31 mostra l'ECG al cicloergometro dopo 3' a 60 Watt che documenta un ritmo da PM atrioguidato a freq. 125 b/m. Funzionamento di pacing e sensing regolare.

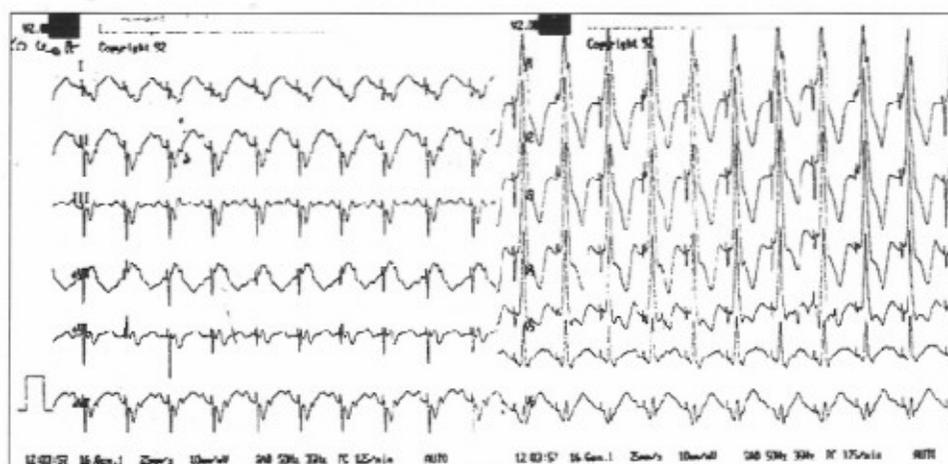


Figura 31. Test da sforzo: 60 Watt.

Si procede quindi ad aumentare il carico di lavoro al cicloergometro a 90 Watt. La figura 32 mostra l'ECG dopo 3' ad un carico di lavoro a 90 Watt che documenta: attività cardiaca spontanea e stimolata con fasi di stimolazione ventricolare atrioguidata, con una frequenza media di 85 b/m. Presenza di onde "p" non correttamente rilevate e condotte dal PM in ventricolo con rapporto 2:1. Ipotesi: Difetto di sensing atriale o raggiungimento dell'MTR?

La paziente accusa malessere ma ritiene di poter continuare ancora lo sforzo.

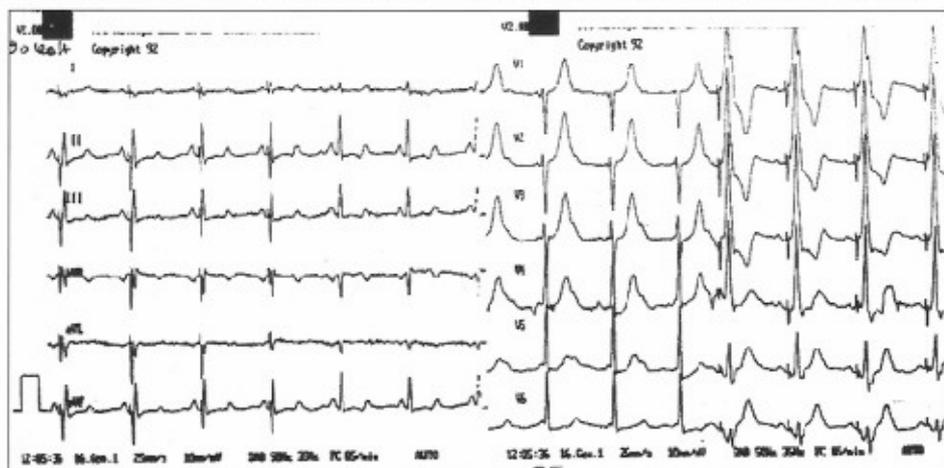


Figura 32. Test da sforzo: 90 Watt.

Si procede quindi ad aumentare il carico di lavoro del cicloergometro a 150 Watt.

La figura 33 mostra l'ECG dopo 3' a 150 Watt che documenta: ritmo spontaneo atriale e ventricolare a 93 b/m con blocco AV con rapporto 2:1. Presenza di pacing ventricolare atrioguidato e presenza di spike di pseudofusione. Il valore programmato dell'MTR determina una conduzione irregolare nel rapporto AV.

Prosegue la fase di malessere anche se lievemente attenuato.

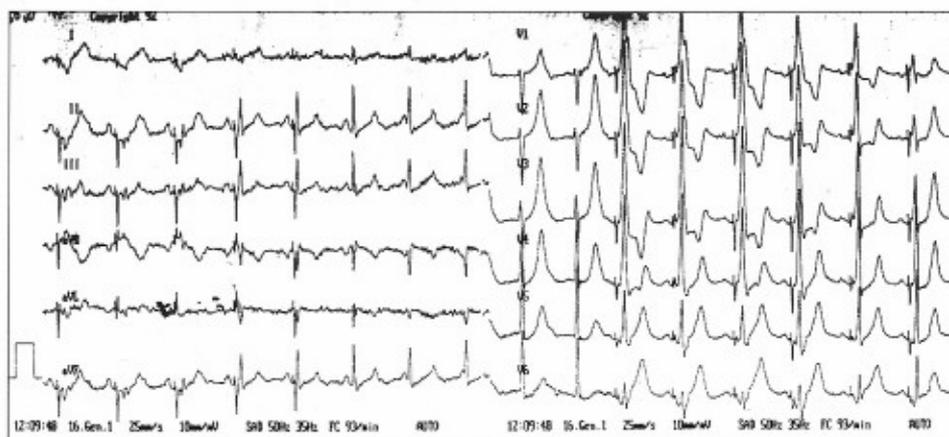


Figura 33. Test da sforzo: 150 Watt.

A questo punto si interrompe lo sforzo e inizia la fase di recupero.

La figura 34 mostra l'ECG dopo 1' della fase di recupero che documenta un'attività ventricolare spontanea a 77 b/m, fasi di blocco AV 2:1 e ritmo giunzionale.

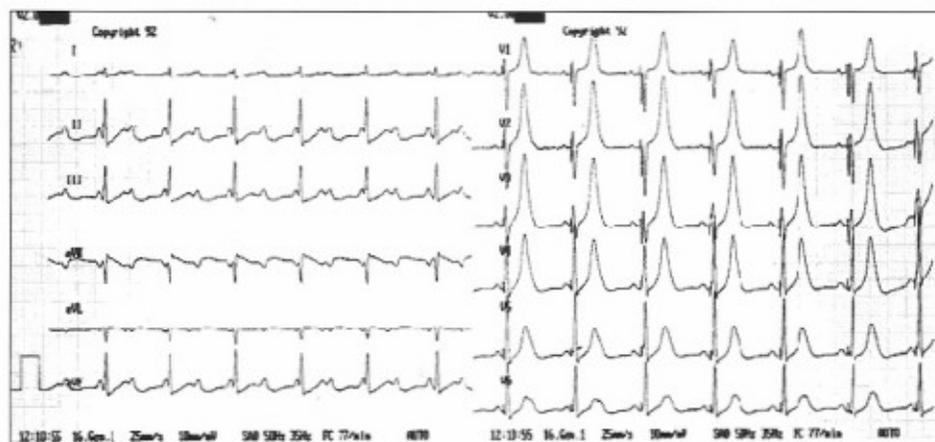


Figura 34. Test da sforzo: 1' Recupero

La paziente riferisce l'attenuazione dei sintomi di affaticamento.

Dopo 2' della fase di recupero si registra l'ECG (figura 35) che documenta attività di pacing ventricolare atrioguidato a 125 b/m (MTR). Sensing atriale ad eccezione di due fasi di pacing atriale (no sensing atriale o superamento dell'MTR?).

La paziente accusa un'improvvisa palpitazione.

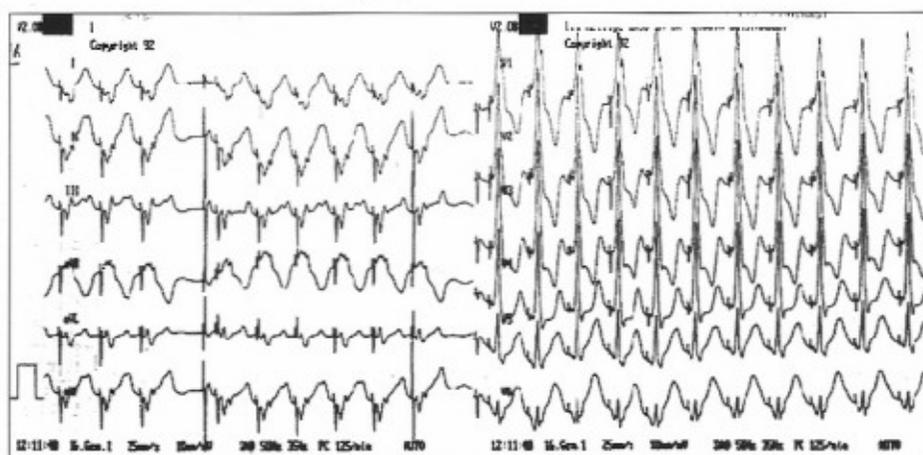


Figura 35. Test da sforzo: 2' Recupero.

Al 5° minuto di recupero l'ECG torna ai valori di base programmati con pacing atriale e ventricolare a 75 b/m.

Conclusioni. Risulta evidente la non appropriata programmazione del parametro

dell'MTR a 125 b/m (massima frequenza di stimolazione). In accordo con il Medico Sportivo si procede alla modifica della frequenza fino a 170 b/m e vista la misura dell'onda "a" tra 2 e 2,5 mV, si programma la sensibilità atriale da 1,5 a 1 mV.

Effettuata la nuova programmazione dei parametri, si ripete la prova da sforzo. La prova da sforzo documenta all'apice dello sforzo al 5° step dopo 3' a 150 W il raggiungimento della frequenza cardiaca di 155 b/m atrioguidata (sensing atriale, pacing ventricolare); il recupero avviene sempre atrioguidato fino ai valori di base.

Durante tutta la fase dello sforzo e del recupero la paziente non ha accusato più alcun malessere.

Alla domanda iniziale: **la programmazione dei parametri di funzionamento è quella appropriata?**

Possiamo sicuramente rispondere: **no**.

Il malfunzionamento non era generato da un difetto del sistema di elettrostimolazione ma era dovuto alla mancata personalizzazione della programmazione dei parametri di funzionamento del PM.

Esempio n° 2 Programmazione delle funzioni automatiche: accenderle o no?

Paziente portatore di PM: DDD, 60-130 b/m, AV 180 ms. Il paziente riferisce un lieve affaticamento dopo piccoli sforzi, associata ad una marcata irregolarità del ritmo cardiaco.

Si esegue il monitoraggio ECG (figura 36) che documenta:

- Ritmo da PM fortemente irregolare atrioguidato ad eccezione di un solo spike atriale alla frequenza base, a causa di mancato sensing atriale, a cui segue lo spike ventricolare dopo l'intervallo AV 200 ms.
- Fibrillazione atriale.

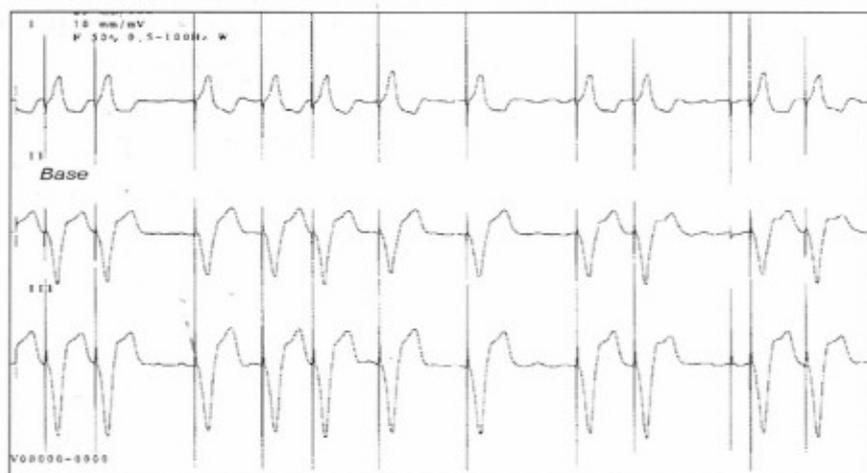


Figura 36. Monitoraggio ECG di base.

L'interrogazione dei parametri di funzionamento del PM documenta che la funzione del **cambio automatico di modo** (DDD → VDI) non è stata attivata (**OFF**), pertanto in presenza di FA abbiamo una conduzione AV irregolare che conduce alla frequenza dell'MTR (130 b/m) con una modalità di tipo Wenchebak.

Questo ci spiega i sintomi riferiti dal paziente di forte irregolarità del ritmo cardiaco anche in condizioni di riposo. Si procede quindi ad attivare la funzione, programmando in "ON" il **cambio automatico di modo** (DDD → VDIR) e associando ad essa anche l'attivazione del sensore per la funzione Rate responsive (R), cioè al fine di ottimizzare la frequenza di stimolazione in presenza di attività fisica.

Visto il fenomeno sull'ecg di no sensing, procediamo alla valutazione della misura dell'onda "a" che risulta molto variabile (1,3-3,3 mV) quindi si modifica la programmazione del sensing da 1,5mV a 1mV.

La figura 37 documenta un tracciato ECG il cui ritmo cardiaco risulta regolare a 60 b/m, pur in presenza di FA. La telemetria con il programmatore conferma l'avvenuto cambio automatico di modo nella modalità VVIR.

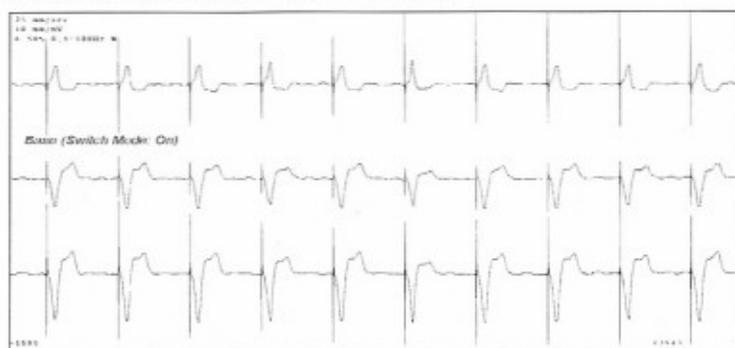


Figura 37. Monitoraggio ECG dopo attivazione dello switch mode per FA.

Si esegue un esercizio fisico per verificare la bontà della programmazione effettuata. La figura 38 mostra un ECG con un ritmo da PM la cui frequenza si presenta regolare: a riposo con circa 60 b/m, dopo un breve ma intenso sforzo a circa 90 b/m.

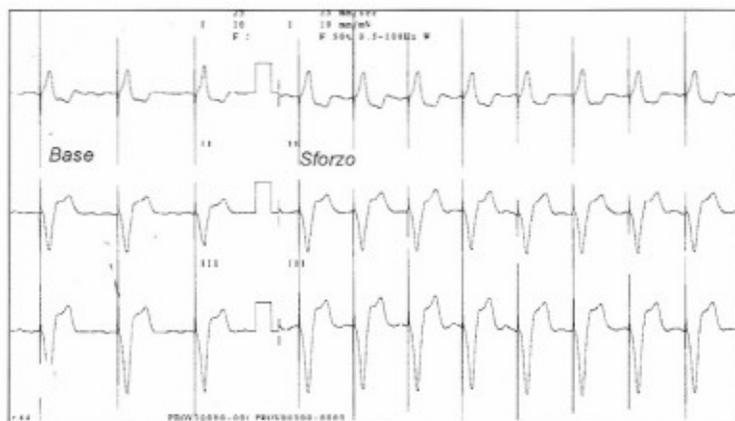


Figura 38. ECG dopo sforzo con PM in VVIR.

La figura 39 mostra un ECG eseguito dopo 30" dallo sforzo in cui è presente anche un'attività spontanea ventricolare.



Figura 39. ECG dopo 30" dallo sforzo con PM in VVIR.

Il Paziente riferisce la completa scomparsa dei sintomi ed una maggiore adattabilità allo sforzo. Si conferma pertanto anche la programmazione dei parametri del sensore.

Conclusioni. La sintomatologia riferita dal paziente è da riferire ad una non corretta o incompleta programmazione, ivi compresa la mancata programmabilità della funzione automatica di riconoscimento della fibrillazione atriale e del conseguente cambio automatico di modo (**switch mode** DDD → VDIR).

Esempio n° 3 Programmazione delle funzioni automatiche: accenderle o no?

Un paziente portatore di PM bicamerale esegue presso i nostri ambulatori una visita cardiologia ed ECG. La visita viene effettuata in quanto durante il giorno il paziente avverte uno stato di leggero malessere, scarsa adattabilità allo sforzo ed episodi improvvisi di palpitazione non giustificati da alcuno sforzo. Il PM è programmato nel seguente modo: DDD; freq. 60-95; AVp 350ms; AVs 250ms; AVm. 70ms; PVARP 350ms; PRV 250ms; funzioni automatiche: switch mode on; PMT off. Sens. bip.: V 2mV, A 0,5mV.

L'ECG eseguito in ambulatorio (figura 40) documenta presenza di ritmo da PM atrio-guidato a (640ms) 93 b/m con intervallo AV di 250ms. L'intervallo della frequenza risulta fisso come da tachicardia mediata dal PM (PMT)?



Figura 40. ECG: ritmo da tachicardia mediata da PM.

Il monitoraggio ECG conferma la presenza della PMT.

L'interrogazione del PM documenta la mancata attivazione della funzione automatica **anti-PMT**. Durante la fase delle misure elettriche effettuate in automatico dal programmatore (rilevazione del potenziale spontaneo ventricolare) la PMT si interrompe (figura 41).

Si modifica la programmazione attivando la funzione automatica **anti-PMT** 10ppm; freq. 60-120 b/m; isteresi 50 b/m; AV fisso 250ms; ricerca automatica conduzione intrinseca 100ms.

Il monitoraggio ECG dopo la programmazione (figura 42) documenta **difetto di sensing ventricolare**.



Figura 41. Interruzione PMT.



Figura 42. Undersensing ventricolare.

Il FU prosegue con la misura del valore dell'attività ventricolare spontanea che risulta, nella configurazione bipolare: 1,5mV e nella configurazione unipolare: >4,5mV. La misura del valore dell'attività atriale spontanea, nella configurazione bipolare è di 1,2mV. Si esegue il test di soglia ventricolare che risulta essere di 0,5V ed una impedenza dell'elettrocattetero di 394 ohm, mentre quella atriale è di 0,75V ed una impedenza di 342 ohm.

Viene eseguita anche la rilevazione in contemporanea di: ECG, EGM e marker (figura 43) dove risulta presente un difetto di sensing ventricolare (VP).

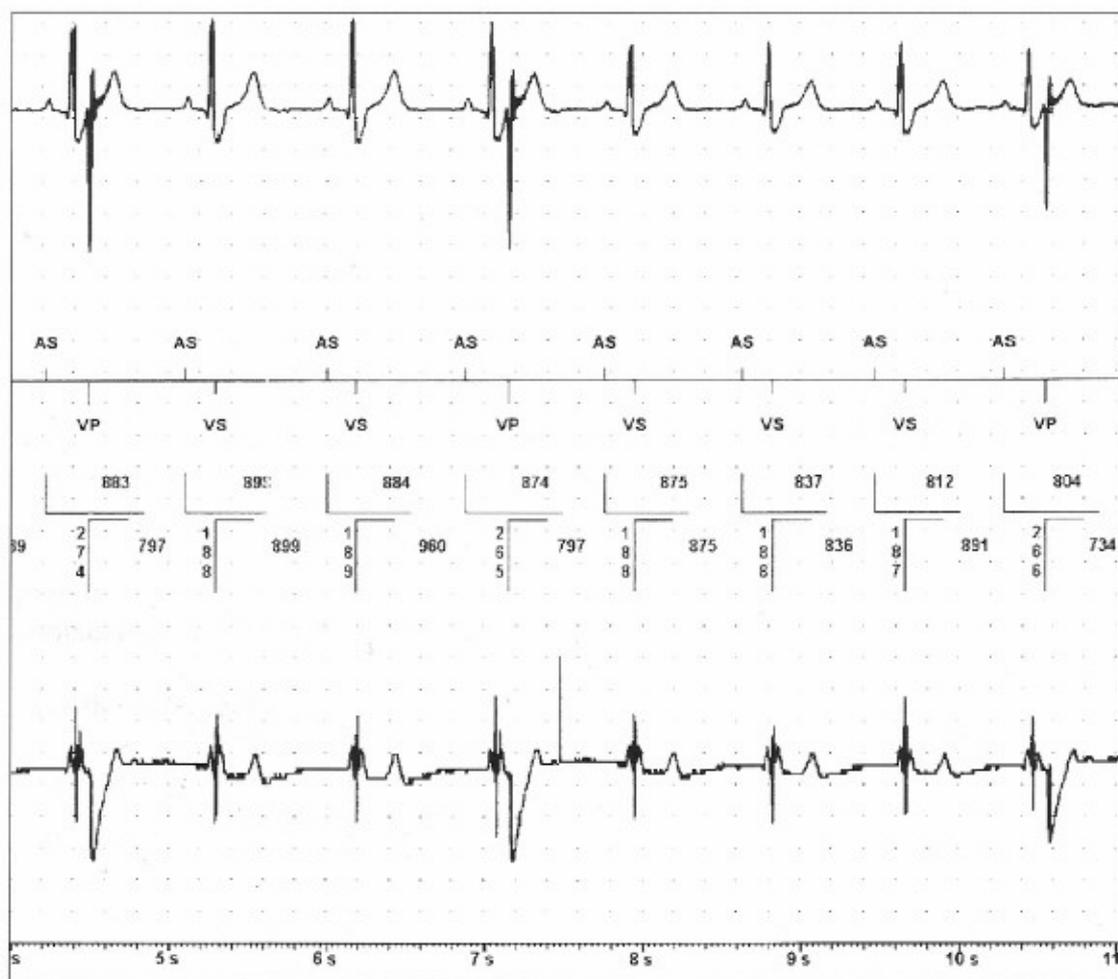


Figura 43. ECG, EGM ventricolare e marker. Difetto sensing ventricolare.

Sulla base delle misure rilevate si programma il sensing ventricolare: da bipolare a monopolare, valore del sensing a 3,5 mV.

La figura 44 mostra la normale inibizione del ventricolo (VS) dopo la modifica.

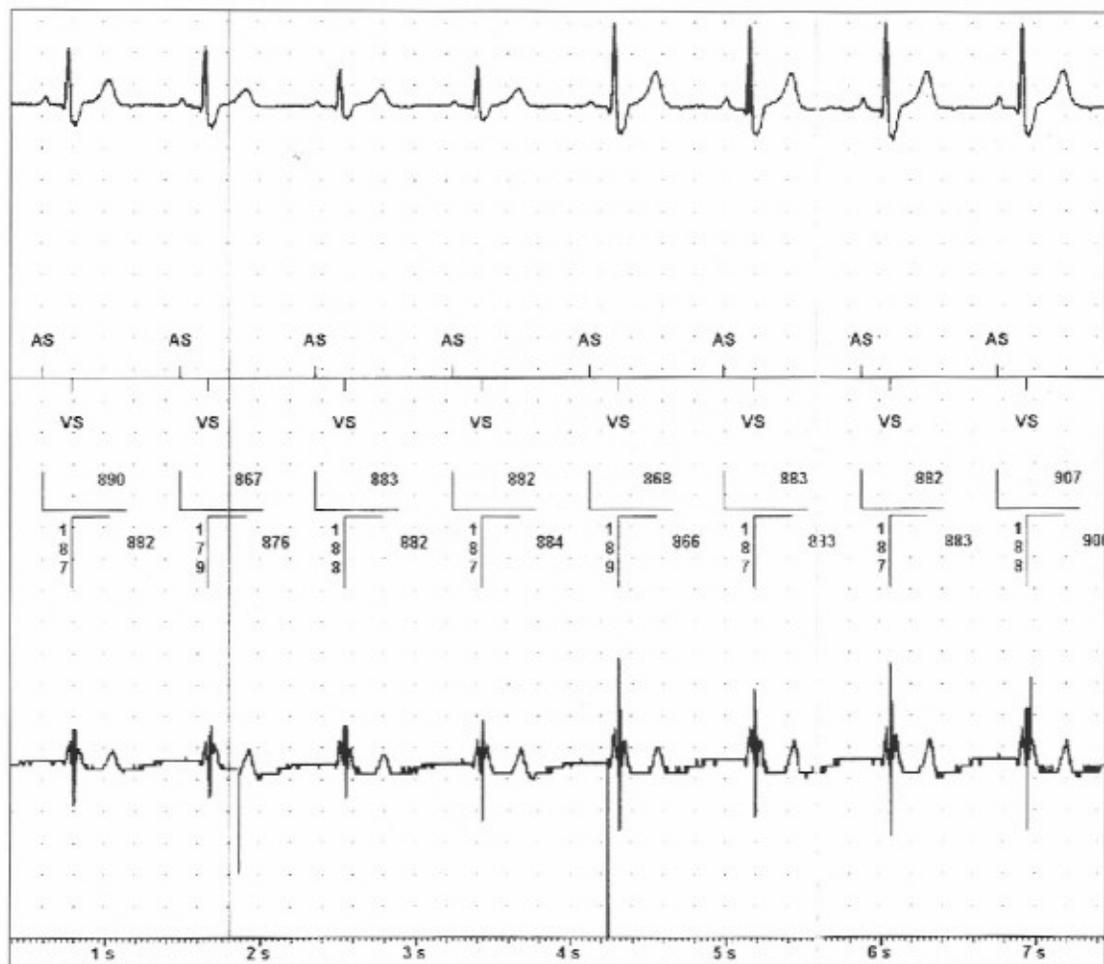


Figura 44. ECG, EGM ventricolare e marker. Sensing corretto.

Conclusioni. Questi ultimi due esempi (n.° 2-3) ci dimostrano che la mancata attivazione di alcune funzioni automatiche a protezione del ritmo cardiaco (mode switch e PMT, ecc) possono generare disturbi del ritmo cardiaco con una importante sintomatologia, vanificando il motivo dell'impianto che invece voleva restituire uno stato di benessere al paziente. Queste funzioni al momento dell'impianto e comunque prima della dimissione ospedaliera devono essere verificate ed attivate nelle modalità più consone per il paziente.

Esempio n° 4. Programmazione delle funzioni automatiche: accenderle o no?

Paziente portatore di PM bicamerale viene al controllo della visita cardiologia si esegue l'ECG che documenta: ritmo da pacing sia dell'atrio che del ventricolo, irregolarità del ritmo cardiaco e degli intervalli AV.

Il monitoraggio ECG (figura 45) documenta l'irregolarità della frequenza di intervento del PM sia nell'intervallo di frequenza (alternanza del ritmo dovuto alla presenza di onde "p" sentite dopo un int. AV 200) che nell'intervallo AV.

Il PM risulta programmato nel seguente modo: DDD 70-150 b/m; int AV: dinamico. 80-200ms, differenziale (AS) -20 ms.



Figura 45. Monitoraggio ECG (D2, aVF), extrasistolia atriale o periodica retroconduzione?

Al fine di meglio comprendere queste irregolarità del ritmo e la loro periodicità si esegue la rilevazione dell'EGM e marker (figura 46), i quali evidenziano:

- Normale cattura dell'atrio (AP) e del ventricolo (VP).

Presenza di attività atriale spontanea (AS) ciclica con rapporto costante dopo due cicli di AP-VP.

- La stimolazione AP-VP con un intervallo AV di 128ms non dà mai origine al ciclo successivo ad un fenomeno di atrio spontaneo (AS). Mentre quando la stimolazione AP-VP ha un intervallo di 204ms si ha il fenomeno di AS con un VA fisso di 323-330ms. Sembra che l'intervallo lungo di AV (204ms) favorisca un fenomeno di **retro conduzione**.

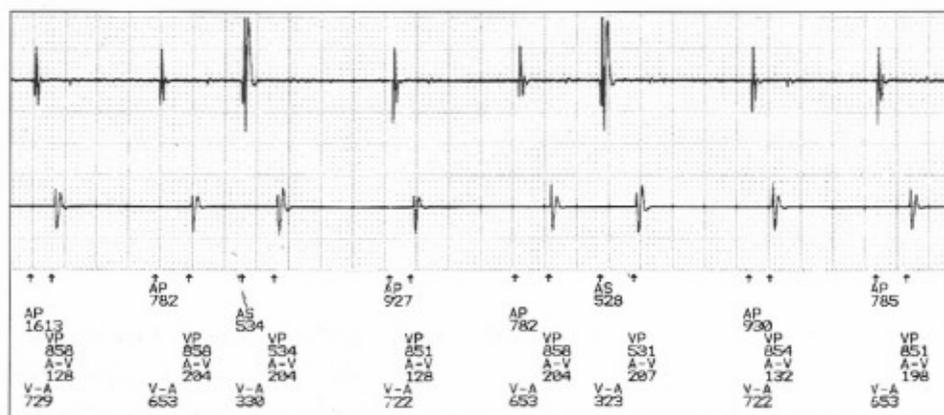


Figura 46. EGM atriale, EGM ventricolare, marker e intervalli. Onda "A" retrocondotta.

Si procede quindi alla variazione della programmazione dell'intervallo AV:

- Intervallo AV 180ms
- Intervallo AF fisso (non dinamico).

Dopo la programmazione si effettua la registrazione dell'EGM e dei marker (figura 47) che documenta:

- Scomparsa del ritmo irregolare dovuto alla presenza dell'onda "a" retrocondotto (AS)
- Ritmo da PM a frequenza regolare di 70 b/m (854-858ms) con pacing atriale e ventricolare (AP-VP), intervallo AV di 184ms.

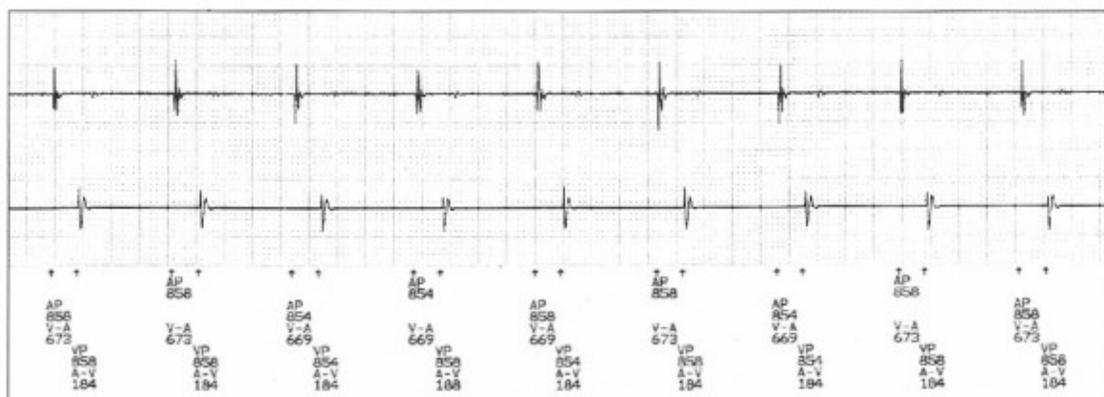


Figura 47. EGM atriale, EGM ventricolare, marker e intervalli. Interruzione retroconduzione.

Il monitoraggio ECG (figura 48) dimostra un'attività da PM regolare con pacing sia in atrio che in ventricolo. Scomparsa della irregolarità dovuta al fenomeno di retro conduzione.



Figura 48. Monitoraggio ECG (D2, aVF) dopo programmazione dell'intervallo AV si ottiene il ripristino di un ritmo regolare.

Conclusioni. In questo caso l'intervallo AV stimolato, oltre i 200ms, rendeva possibile il meccanismo della retro conduzione in atrio. La modifica di alcuni parametri dell'intervallo AV, in particolare sopprimendo quelle funzioni automatiche che favoriscono il prolungamento dell'intervallo AV oltre i 200ms, ha fatto sì che il ritmo del cuore

si regolarizzasse. Dopo la nuova programmazione del parametro dell'intervallo AV a 180ms, il paziente denuncia la scomparsa della sintomatologia.

Esempio n° 5. Parametri di programmazione: sensing appropriato?

Paziente portatore di PM DDD, 60-150 b/m, pacing monopolare: A 3,5V 0,4ms; V 3,5V 0,4ms; sensing monopolare: A 1mV; V 2,5mV.

Il paziente riferisce brevi sintomi correlati ad attività fisica (lavorativa), quali: vertigini, palpitazioni e irregolarità del ritmo cardiaco.

Si effettua il monitoraggio ECG di base (figura 49 A) che documenta ritmo da PM atrioguidato a 75 b/m. Si esegue test di interferenza da miopotenziali (figura 49 B) che documenta:

- Oversensing con inibizione del pacing ventricolare (assenza di attività spontanea <2 sec)
- Oversensing atriale con trascinamento ventricolare all'upper rate (MTR)

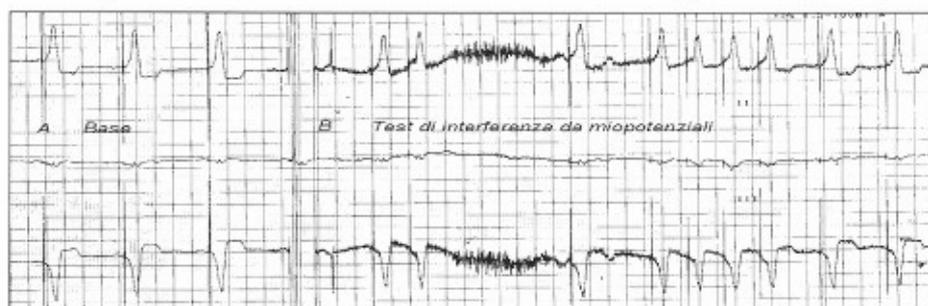


Figura 49. Monitoraggio ECG di base e con test di interferenza da miopotenziali.

Si effettua la misura del potenziale spontaneo atriale e ventricolare:

- ventricolare: > 6,5 mV.
- atriale: > 2,5 mV

Si procede alla riprogrammazione del valore della sensibilità (**minore sensibilità**) di entrambe le camere quindi si ripetono i test di interferenza per l'atrio e ventricolo.

L'ECG eseguito durante il Test di interferenza (figura 50) documenta regolare attività da PM atrioconduzione, senza la presenza di oversensing atriale e ventricolare.



Figura 50. Test di interferenza da miopotenziali dopo programmazione sensibilità atriale e ventricolare.

Domanda n° 5

Il paziente è stato sottoposto a terapie che hanno danneggiato il PM?

Questi eventi sono molto rari ma possibili; in particolare in ambiente Ospedaliero sono note a molti Operatori le limitazioni a cui possono essere sottoposti i pazienti portatori di PM. Comunque possono sempre verificarsi situazioni per cui non occorre dare mai per scontato che il PM non possa aver subito danneggiamenti da un uso non consentito o consentito con limitazioni dall'impiego di terapie elettriche.

Esempio n° 1. Paziente portatore di PM bicamerale: modo DDI, freq. 85 b/m (fig. 51 lato sinistro) ricoverato nel reparto di Terapia Intensiva chirurgica in stato di sedazione profonda. Il nostro Centro di Controllo PM viene chiamato per un controllo urgente in quanto si sospetta un malfunzionamento, controllo che era stato anche effettuato il giorno precedente prima dell'intervento. Al momento del controllo presso la Terapia Intensiva il sistema di monitoraggio multiparametrico collegato al paziente presenta un ECG che documenta: ritmo spontaneo irregolare con freq. media di 70 b/m, presenza di FA.

Domanda.

- a. Come mai il PM non interviene a stimolare ad 85 b/m come risulta programmata la frequenza base, mentre invece il paziente presenta un ritmo ventricolare a 70 b/m?
- b. E' subentrata una forte interferenza elettrica che ha posto il dispositivo in sicurezza: VVI, freq. base 65 b/m?

Si esegue quindi il controllo telemetrico di rilevazione e misura dei parametri del PM, (figura 51 lato destro) che documenta:

- conferma dei parametri di funzionamento programmati;
- allarme sullo **stato stimolatore: PILA GENERATORE: SCARICA**, impedenza pila 4,6 Kohm e **frequenza magnete 83 b/m.**

Risposta. Il mancato funzionamento del PM è dovuto alla scarica precoce della batteria.

----- Parametri attuali -----		PARAMETRI STIM.		STATO STIMOLATORE	
Modo Stimolazione	DDI	Modo Stimolazione	DDI	Frequenza Magnete:	83 ppm
Frequenza Base	85 ppm	Frequenza Base	85 ppm	Imped. della pila:	4.6 KO
Interessi su Freq.	0 ppm	Durata Ventricolare	0.4 ms	PILA GENERATORE SCARICA	
Ritardo AV Stimol.	180 ms	Ampiezza Ven	3.5 V	Imped. stim. ATR:	266 O
Stim. Ven. Sicurezza	ON	Durata Atriale	0.4 ms		
Polarità Stim. Ven	UNI	Ampiezza Atriale	3.5 V		
Polarità Riliev. Ven	UNI	Program. preced.: 14/09/2006		Data impianto :	
Durata Ventricolare	0.4 ms				
Ampiezza Ven	3.5 V	CONTATORI		MEMORIA EVENTI	
Sensibilità Ven	3.0 mV	Percent. Stim. ATR:	70%	Tachi Atr. :	DATI ACQ
Refrattario Ven	300 ms	VEN:	70%	Tachi Ven. :	DATI ACQ
Polarità Stim. Atr	UNI	Episodi Mode Switch :	0	Bradi :	No Dati
Polarità Riley. Atr	UNI	Massima Freq. Atr. :	0	Magnete :	No Dati
Durata Atriale	0.4 ms	Freq. Max Sensore :	0		
Ampiezza Atriale	3.5 V	Episodi Bradi :	0		
Sensibilità Atr	0.5 mV	Data ultimo azzer.: 14/09/2006		Controllo preced.: 14/09/2006	
Refr. Atr. (PVARP)	250 ms				
Modo Bradi	OFF				

Figura 51. Programmazione e misure.

Ovviamente occorre porsi la domanda: *come mai il giorno precedente il PM al monitoraggio ECG risultava perfettamente funzionante e i dati rilevati risultavano buoni e la batteria perfettamente carica?*

Nella figura 52 la stampa del programmatore relativa al controllo effettuato il giorno precedente documentava:

- Stato dello stimolatore: **PILA GENERATORE OK**
- **Frequenza magnete: 90 ppm.**

Viene indicato anche la data del controllo precedente: 28/07/2006, che da un controllo con la cartella del FU risulta anche come data di sostituzione del PM per esaurimento batteria.

----- Parametri attuali -----		PARAMETRI STIM.	STATO STIMOLATORE
Modo Stimolazione	DDI	Modo Stimolazione	DDI
Frequenza Base	85 ppm	Frequenza Base	85 ppm
Isteresi su Freq.	0 ppm	Durata Ventricolare	0.4 ms
Ritardo AV Stimol.	180 ms	Ampiezza Ven	3.5 V
Stim. Ven. Sicurezza	ON	Durata Atriale	0.4 ms
Polarità Stim. Ven	UNI	Ampiezza Atriale	3.5 V
Polarità Rilev. Ven	UNI	Program. preced. :13/09/2006	Data impianto :21/07/2006
Durata Ventricolare	0.4 ms	CONTATORI	MEMORIA EVENTI
Ampiezza Ven	3.5 V	Percent. Stim. ATR :	69%
Sensibilità Ven	3.0 mV	VEN :	76%
Refrattario Ven	300 ms	Episodi Mode Switch :	0
Polarità Stim. Atr	UNI	Massima Freq. Atr. :	0
Polarità Rilev. Atr	UNI	Freq. Max Sensore :	0
Durata Atriale	0.4 ms	Episodi Bradi :	0
Ampiezza Atriale	3.5 V	Data ultimo azzer.:28/07/2006	Controllo preced.:28/07/2006
Sensibilità Atr	0.5 mV	Tachi Atr. :	DATI ACQ
Refr. Atr. (PVARP)	250 ms	Tachi Ven. :	DATI ACQ
Modo Bradi	OFF	Bradi :	No Dati
		Magnete :	No Dati

Figura 52. Programmazione e misure giorno precedente.

La tabella seguente mette a confronto i dati rilevati dello stato dello stimolatore nei due controlli:

Indicazioni Batteria	13/09/06	14/09/06
Stato Batteria	Pila generatore OK	Pila generatore Scarica
Impedenza	< 1 Kohm	4,6 Kohm
Frequenza con magnete	90 b/m	83 b/m

Domanda. Cosa può aver provocato a distanza di un giorno la scarica improvvisa e totale della batteria?

Analizzando la superficie del torace che risulta libero dalle medicazione (garze, cerotti), dovute all'intervento subito al torace e dalla posizione della tasca del PM posta nella parte superiore dell'emitorace destro, ci viene il dubbio che possa essere stata effettuata una scarica di shock elettrico per risolvere aritmie cardiache. Non si apprezzano segni evidenti di arrossamento dell'epidermide, dovuto alla dispersione di corrente dello shock, nelle due zone di applicazione delle piastre di defibrillazione. La lettura della cartella clinica conferma l'effettuazione di una cardioversione elettrica praticata durante la notte per risolvere problemi di FA ad alta risposta ventricolare.

Conclusioni. La scarica improvvisa e totale della batteria con il mancato funzionamento del PM è dovuta ad una erogazione di **shock elettrico (Cardioversione elettrica)** nella zona circostante o sopra al PM. Viene programmata la sostituzione urgente del PM. Alla sostituzione i parametri di impedenza degli elettrocatteteri, la soglia di stimolazione ed i potenziali spontanei risultano buoni.

Domanda n° 6

Il paziente è stato sottoposto ad EMI?

Come già accennato nel Volume 1 Controllo strumentale del pacemaker, capitolo 5 "Interferenze Elettromagnetiche (EMI)" a seconda del tipo di interferenza il PM può avere comportamenti di tipo diversi: temporanei (inibizione, modalità di funzionamento, ecc.) oppure cambio del modo di funzionamento nella modalità sicurezza che nella maggioranza delle Case Produttrici prevede un cambio di modo nel PM in monocamerale: VVI frequenza 60-65 b/m. Questa modalità che avviene anche nei PM bicamerale assicura la sola funzione ventricolare eliminando l'apporto atriale. Pertanto in quei pazienti in cui l'apporto atriale era presente si ha una riduzione della funzione cardiaca per cui in alcune circostanze, in genere sotto anche un leggero sforzo, si avverte un cambiamento in negativo dello stato di benessere: affaticamento, scarsa adattabilità allo sforzo.

Non posso documentare questi episodi per mancanza della documentazione che è andata perduta, ma ricordo perfettamente di una paziente, portatrice di un PM bicamerale DDD che si era fermata a parlare a lungo con una amica stando accanto alle palette (antenna ricetrasmittente) antitaccheggio di un supermercato. Nei giorni successivi avvertiva un cambiamento nel suo stato di benessere allorché svolgeva attività fisica più impegnativa (pulizia della casa a fondo, scale in salita, lunghe passeggiate), per cui chiedeva una visita di controllo di FU prima dell'appuntamento prefissato. Al controllo di FU si documenta questo cambiamento di modalità: da DDD a VVI 60 b/m, indicando che il PM è risultato **esposto oltre misura a delle EMI**.

Un passaggio normale attraverso questi ed altri dispositivi non provoca alcun problema ne transitorio ne tanto meno definitivo, ma soffermarsi o addirittura sostare accanto per un periodo prolungato può portare a questo tipo di modifica della programmazione dovuto a forti interferenze elettromagnetiche.

Domanda n° 7

I dispositivi impiantati fanno parte di un "Avviso di sicurezza"?

Con questo termine si indica che sono stati **accertati malfunzionamenti** ai dispositivi medici, nel nostro caso ai PM, ICD ed elettrocaterteri, da parte di Operatori Sanitari. Le Società produttrici vengono immediatamente interessate al malfunzionamento attraverso i controlli tecnici che hanno lo scopo di identificare l'elemento/i del possibile al difetto e porre in essere tutte quelle azioni volte a eliminare il difetto.

I Centri di Elettrostimolazione cardiaca ricevono comunicazione circa le "Informazioni Urgenti sulla Sicurezza di Dispositivi Medici & Azioni Correttive" da parte delle Direzioni Sanitarie che le hanno ricevute dagli Organi di Controllo: Regione, Ministero della Salute.

Le Società produttrici in genere anticipano questi avvisi ai Centri di Elettrostimolazione quanto da loro rilevato e comunicato al Ministero della Salute.

In questa Comunicazione si indica:

1. il numero degli eventi di malfunzionamento accertati sul totale degli impianti effettuati (incidenza statistica, % del difetto)
2. **Disposizioni e Raccomandazioni dei comportamenti da osservare** da parte degli Operatori Medici e non.
3. **Azioni correttive da intraprendere**, compresa la sostituzione del dispositivo.

E' bene ricordare che gli Operatori sono tenuti a comunicare qualunque malfunzionamento dei dispositivi utilizzati e che abbiano o meno provocato: danni al paziente, reintervento, prolungamento della degenza, in assenza di tutto questo se il dispositivo presenta anomalie di funzionamento o anche di immagazzinamento deve essere segnalato all'Autorità competente.

2. ELETTROCATETERE

L'elettrocattetero risulta essere l'elemento critico del circuito di elettrostimolazione in particolare per quei cateteri di vecchia progettazione che risultano impiantati da molti anni. L'isolante esterno del catetere, dopo diverse sostituzioni del PM, può rappresentare un elemento di criticità del circuito. L'elettrocattetero essendo immerso nel torrente circolatorio è aggredito dagli agenti presenti nel sangue ed è sottoposto continuamente a stress meccanico, quali: tensione, rotazione e trazione dovuto al movimento del cuore altri aspetti dell'impianto dell'elettrocattetero possono rappresentare criticità: passaggio dell'elettrocattetero dal torace esterno all'interno, impianto addominale con elettrocatteteri epicardico, prolunghe, adattatori. Per queste motivazioni ma anche per quelle progettuali, che in alcuni cateteri in passato hanno rappresentato fonte di problematiche, risulta necessario porre molta attenzione alle **misure elettriche** che ci possono svelare anticipatamente **difetti di:**

- **frattura del conduttore**
- **perdita isolamento del conduttore**
- **micro e/o macro dislocazione.**

Al fine di verificare il corretto funzionamento dell'elettrocattetero dobbiamo porci alcune domande a cui dobbiamo sforzarci dare risposte.

1. Il conduttore dell'elettrocattetero è fratturato?
2. L'isolante dell'elettrocattetero è integro?
3. Il paziente è stato sottoposto di recente alla sostituzione del PM?
4. Dislocazione elettrocattetero/i?

Domanda n° 1

Il conduttore dell'elettrocattetero è fratturato?

Per rispondere a questa domanda dobbiamo porci il quesito: la **continuità elettrica del circuito (elettrodo-PM) è presente?**

Dal punto di vista elettrico un circuito in cui **circola corrente** si definisce "**chiuso**" (presenza dell'impulso di stimolazione), in quello dove **non circola corrente** si definisce "**aperto**" (assenza dell'impulso di stimolazione).

Per rispondere in modo preciso dobbiamo quindi effettuare la misura dell'impedenza dell'elettrocattetero (EC) e la verifica della presenza o meno dello spike. Pertanto si procede nel seguente ordine:

- **Verifica della presenza dello spike** all'ECG.

- **Misura del valore dell'impedenza (Ω)** del circuito, definita come "impedenza dell'elettrocattetero". Valori di normalità si possono considerare tra 300-700 Ω per gli elettrocatteteri tradizionali, fino a 1500-2000 Ω per quelli ad alta impedenza.
- **Valutare le variazioni dell'impedenza nel tempo** (misure all'impianto e nei FU). Un aumento progressivo, nei primi mesi dall'impianto con stabilizzazione del valore all'interno del range non associato ad un aumento significativo della soglia di stimolazione deve essere considerato normale.

VERIFICA DELLO PRESENZA DELLO SPIKE

Qualora non sia presente al monitoraggio ECG la stimolazione, per la presenza di attività cardiaca spontanea, occorre applicare il magnete sul PM (**figura 3 e 6**) il quale provoca un cambio nel modo di funzionamento asincrono in D00 se bicamerale o in V00/A00 se monocamerale. La mancata presenza dello spike con il magnete ci deve indurre ad una attenta verifica nell'applicazione del magnete sopra al PM. Nella modalità di pacing unipolare la verifica all'ECG dello spike risulta macroscopicamente evidente, mentre invece nella polarità bipolare può porre qualche problema laddove l'elettrocardiografo risulti predisposto con un filtro di risposta in frequenza inferiore ai 40 Hz (**figura 2**).

La **presenza dello spike** ci dice che esiste una continuità elettrica del circuito di elettrostimolazione e quindi un passaggio di corrente elettrica (circuito chiuso), mentre la mancanza dello spike ci dice che il circuito di pacing è aperto oppure siamo in presenza di un'altissima impedenza, tale da ridurre drasticamente il passaggio di corrente da renderla non misurabile.

Comunque la **sola presenza dello spike** non ci può confortare sulla quantità di corrente di passaggio nel circuito in quanto essa è correlata alle altre variabili elettriche espresse dalla legge di Ohm $I = V/R$ (I corrente, espressa in mA; V tensione o d.d.p. espressa in Volt; R resistenza/impedenza, espressa in Ω).

Per cui un alta impedenza (Ω) diverrebbe un ostacolo importante al passaggio della corrente (I) tanto da compromettere l'efficacia dell'impulso di pacing (V e ms) per cui si ottiene la depolarizzazione cardiaca.

Risulta importante **verificare** attraverso il programmatore le **misure elettriche del circuito di pacing** del PM, con particolare riferimento all'impedenza dell'elettrocattetero, sia quando si presenti con valori superiori che inferiori alla norma.

Andiamo ora ad analizzare elettrocatteteri con impedenza >2000-2500 ohm, con e senza spike.

VALORE IMPEDENZA ELETTROCATETERE: >2000-2500 Ω (ALTA IMPEDENZA)

Come accennato la misura di un valore elevato dell'impedenza dell'elettrocattetero ci indica la difficoltà di passaggio corrente e quindi siamo in presenza di un possibile difetto, temporaneo o definitivo, che si è generato nel circuito elettrico.

Passiamo quindi ad analizzare le diverse situazioni.

La **misura del valore dell'impedenza dell'elettrocatteter** risulta incostante e si alterna nei valori: normale/elevato, è bene prendere in considerazione una possibile **frattura completa o parziale del conduttore dell'elettrocatteter**.

La mancanza di **continuità elettrica** nel circuito di elettrostimolazione si manifesta con assenza dello spike sull'ECG, le probabili cause potrebbero risiedere nella: **frattura del conduttore, difetto di connessione della spina del connettore, difetto del PM**.

1) **Impedenza EC con valore > 2000-2500 Ω e assenza dello spike.**

La misura del valore dell'impedenza superiore (>) al valore massimo rilevabile per quel modello di PM sta ad indicare, ad esempio >2000 Ω , che è presente una elevata impedenza nel circuito di stimolazione. Questo valore in assenza dello spike sull'ECG, indica una mancata continuità elettrica nel circuito di elettrostimolazione, ciò potrebbe essere provocato da: frattura del conduttore dell'elettrocatteter, mancata connessione della spina del conduttore (vite di serraggio difettosa). L'assenza dello spike, anche in presenza di applicazione del magnete sul PM e quindi nella modalità "asincrono", ci indica che il circuito di elettrostimolazione risulta aperto (interruzione del circuito) e quindi che la corrente non può circolare nel circuito di elettrostimolazione.

Vediamo ora alcuni esempi di pazienti portatore di PM con alterazione della misura dell'impedenza.

Esempio n° 1. Assenza dello spike ed impedenza >2500 Ω .

Paziente portatore di PM monocamerale ventricolare: VVI; freq. 50 b/m; Isteresi 40 b/m; uscita 6V, 0,5 ms; sensibilità 2 mV, configurazione di sensing e pacing unipolare, giunge al controllo di FU programmato, senza riferire alcuna sintomatologia. Dalla cartella di FU sono annotati i dati dell'elettrocatteter che risulta essere del tipo epicardico unipolare, impiantato al termine di un intervento di cardiocirurgia, nel marzo 1997, il PM veniva intascato nella zona addominale. Nel giugno del 2004 il PM veniva sostituito per esaurimento della batteria.

Si esegue il monitoraggio ECG (figura 53) che documenta: FA con pause >1700 ms, mancato intervento della funzione di pacing del PM all'intervallo programmato dell'isteresi 1.400ms (40 b/m).

L'applicazione del magnete non determina il cambio di modo in: V00, 100 b/m e l'ECG non risulta modificato dall'applicazione del magnete (no pacing).

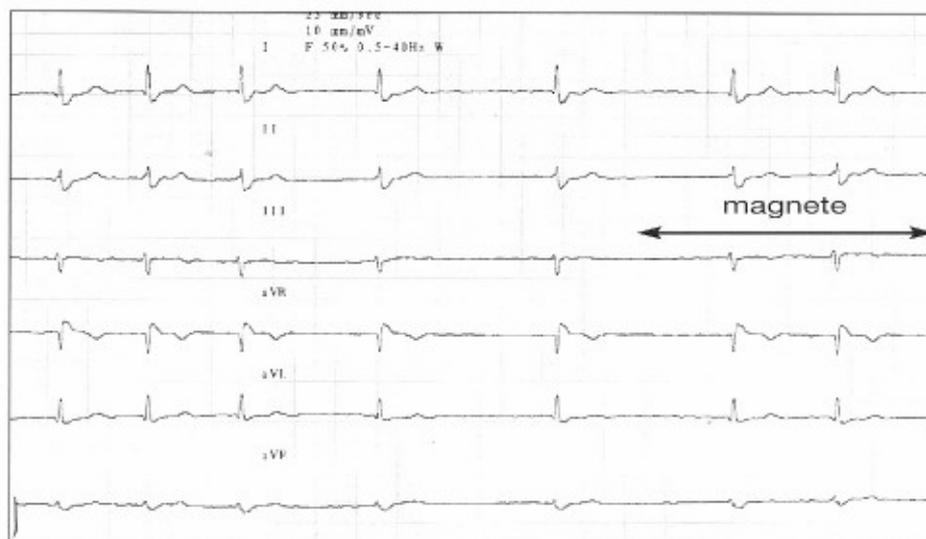


Figura 53. Monitoraggio ECG. Blocco in uscita del PM.

Il precedente FU eseguito a luglio 2005 (6 mesi prima) documenta un ECG (figura 54) in cui è presente un ritmo sinusale a circa 58 b/m e l'applicazione del magnete determina un pacing a 100 b/m. Attività di sensing e pacing normale.

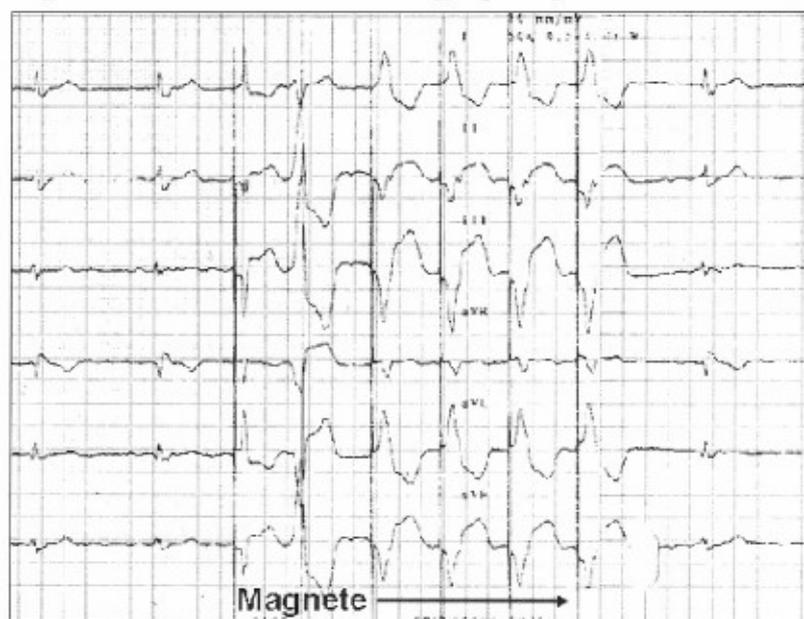


Figura 54 Monitoraggio ECG del FU precedente.

Le misure effettuate durante la sostituzione del PM (giugno 2004) documentavano: impedenza di 360 Ohm; 6 mV; ed una soglia cronica di 3V (elettrodo epicardico).

Si prosegue nel controllo di FU con la rilevazione telemetrica dei parametri di funzionamento. Vengono eseguite le misure dell'elettrocatteter e della batteria (figura 55).

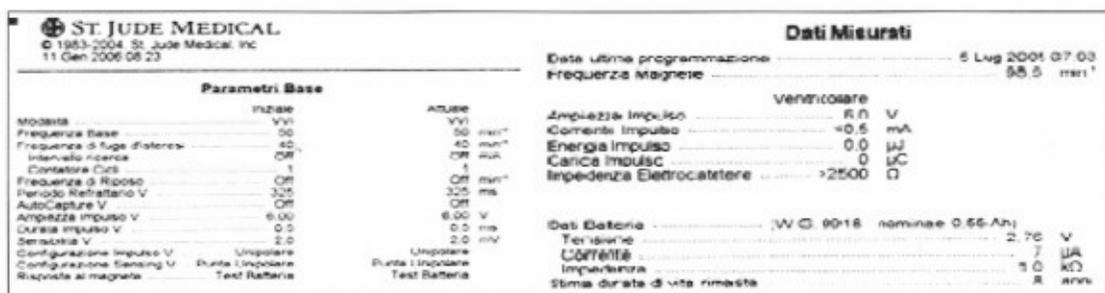


Figura 55. Interrogazione e misure telemetriche.

I dati telemetrici rilevati confermano la programmazione dei parametri di funzionamento. Si eseguono le misure telemetriche che documentano:

- Impedenza elettrocattetero > 2.500 ohm
- Energia dell'impulso: I < 0,5 mA; 0 microJ; 0 microC.
- Batteria: 2,76V; impedenza 1Kohm; stima durata vita residua 8 anni.

Conclusione. I dati relativi all'impedenza dell'elettrocattetero: >2.500 ohm indicano una **frattura completa del conduttore dell'elettrocattetero**, così come i dati relativi all'energia dell'impulso di pacing, i quali indicano anch'essi un circuito di pacing aperto (**interruzione nel circuito di elettrostimolazione**). Comunque al fine di verificare se può essere presente o meno un **difetto di uscita (pacing) del PM**, si effettua una stimolazione temporanea con il programmatore rilevando contestualmente all'ECG anche l'EGM. In questo caso è stato utilizzato il test di soglia di stimolazione impostando i parametri d'uscita nel seguente modo: VVI; 100 b/m, 6V e 0,5ms.

Il tracciato ECG ed EGM (figura 56) documenta:

- ECG: FA con frequenza ventricolare a 50/70 ppm
- EGM: presenza dello spike a 6V, 0,5 ms, con intervallo di pacing a 602 ms (100 b/m).



Figura 56. ECG, EGM ventricolare, marker e intervallo. Difetto di cattura ventricolare e Undersensing.

Conclusioni. Lo spike (pacing) è presente sul circuito d'uscita dello stimolatore ma non raggiunge il cuore a causa di un'interruzione presente nel conduttore dell'elettrocattetero.

Si conferma l'interruzione (**frattura del conduttore**) tra il PM e l'elettrocattetero la cui possibilità non poteva essere prevista in quanto improvvisa e senza alcuna variazione progressiva dell'impedenza.

Viene disposto l'immediato ricovero del paziente per la revisione dell'impianto e l'eventuale sostituzione dell'elettrocattetero epicardico con un nuovo impianto endocardico con alloggiamento del PM nella zona sottocutanea dell'emitorace superiore sinistro. Durante la revisione dell'impianto si verifica l'integrità del collegamento con il PM si effettuano le misure con il PSA che confermano l'impedenza dell'elettrocattetero > 3000 ohm ed assenza di pacing. L'immagine radiologica del catetere non offre certezza in quale punto dell'elettrocattetero il conduttore (radiopaco ai raggi X) presenti discontinuità nella opacizzazione. Si procede ad un nuovo impianto di elettrocattetero in vena succlavia sinistra e relativo intascamento nella zona sottoclaveare sinistra.

Esempio n° 2. Assenza dello spike con incremento progressivo dell'impedenza fino a >2500 Ω .

Paziente portatore di PM monocamerale atriale, elettrocattetero monopolare: AAI, 60 b/m; 3,5V; 0,4ms; 1mV, si esegue monitoraggio ECG (figura 57) che documenta presenza di ritmo spontaneo a 70 b/m, l'applicazione del magnete (AOO) non determina alcuna variazione del ritmo, né la presenza visibile dello spike.

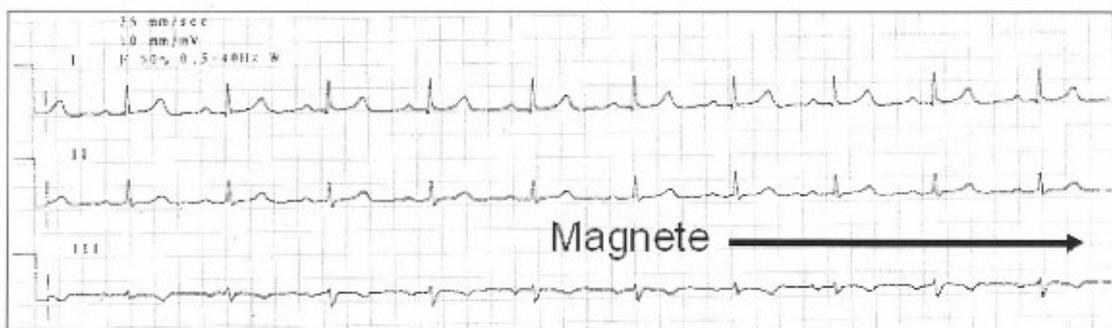


Figura 57. Monitoraggio ECG con applicazione del magnete.

Si procede quindi nell'interrogazione del PM e vengono effettuate le relative misure (figura 58-59).

Le **misure elettriche** dell'elettrocattetero atriale e la misura del potenziale spontaneo risultano essere:

- **Impedenza >2500 Ω**
- **Ampiezza e durata dell'impulso non rilevabile.**

- **Corrente ed energia** dell'impulso di stimolazione **non rilevabile**.
- **Ampiezza** intrinseca atriale 2,6mV.
- **Batteria**: Stato batteria: buono; freq. magn.: 100b/m; vita residua >5 anni

Ospedale		GDT		26-MAG-2006 10:40	
Paziente				Programmatore	
Modello		1195 S/N 100148		Software 2692	
				052712	
				2.1	
Dati misurati- Impedenza elettrocatt.					
Data ultimo test					
		Precedente		Attuale	
		30-SET-2005			
Impedenza		1970		>2500	
Ampiezza		3,5		V	
Durata di impulso		0,48		ms	
Corrente		2		mA	
Config. elettr.(stim)		Monopol			
Energia		2,5		µJ	

Figura 58. Dati misurati di impedenza elettrocattetero.

Dati misurati- Ampiezza intrinseca		
Data ultimo test		
		Precedente
		30-SET-2005
Ampiezza misurata		5,5
Config. elettr. (rilev.)		Monopol
		2,6
		Monopol
		mV

Figura 59. Dati misurati dell'ampiezza intrinseca.

Visto il valore dell'impedenza dell'elettrocattetero fuori range >2500 Ω e della mancanza dei dati delle misure elettriche dovuto al fatto che il circuito di elettrostimolazione risulta aperto e quindi nessuna corrente può circolare, facciamo le seguenti considerazioni:

1. **L'alto valore dell'impedenza** dell'elettrocattetero atriale >2500 Ω , unitamente alla **assenza dello spike** sull'ECG, ci indica la presenza di una **frattura completa del conduttore**.
2. Come si può rilevare un potenziale atriale di 2,6mV se il circuito risulta aperto? Da dove viene rilevato questo potenziale che risulta essere di buona ampiezza? Dal punto di vista elettrico non è possibile a meno che la frattura del conduttore non si presenti con la caratteristica di interruzione e del possibile contatto con l'altra parte del conduttore in quanto contiguo (contatto-non contatto). Questa ipotesi dovrebbe poter essere verificata con la presenza di rumori presenti sull'elettrocattetero, che potrebbero aver attivato la memorizzazione di episodi interpretabili come FA.
3. Valutazione dei dati misurati nel controllo precedente del 30 settembre 2005 (figura 58)
 - **Impedenza 1970 Ω : elevata**
 - Ampiezza 3,5 V; durata 0,4 ms: parametri programmati
 - Corrente 2 mA ed energia 2,5 microJ: consumo molto basso

Si procede alla visione degli episodi che il PM ha memorizzato della storia delle aritmie. Sono presenti brevi episodi accertati di tachicardia atriale. L'ultimo episodio, il n° 30, pur essendo stato classificato come episodio di tachi-atriale in realtà siamo in presenza di una serie ininterrotta di spike, che non producono la cattura atriale, e che non risultano inibiti dal potenziale spontaneo atriale. Questo episodio di tachiaritmia atriale n° 30, del 20 maggio 2006, (6 giorni precedenti il nostro controllo di FU). L'EGM

e i marker (figura 60) documentano la presenza dell'impulso del PM, contrassegnato con la lettera "P" ed un secondo segnale dell'atrio spontaneo, rilevato dal PM, contrassegnato con la lettera "(S)" tra parentesi perchè all'interno del PRA.

Possiamo quindi affermare che questo tracciato documenta la presenza dell'impulso del PM che non depolarizza l'atrio.

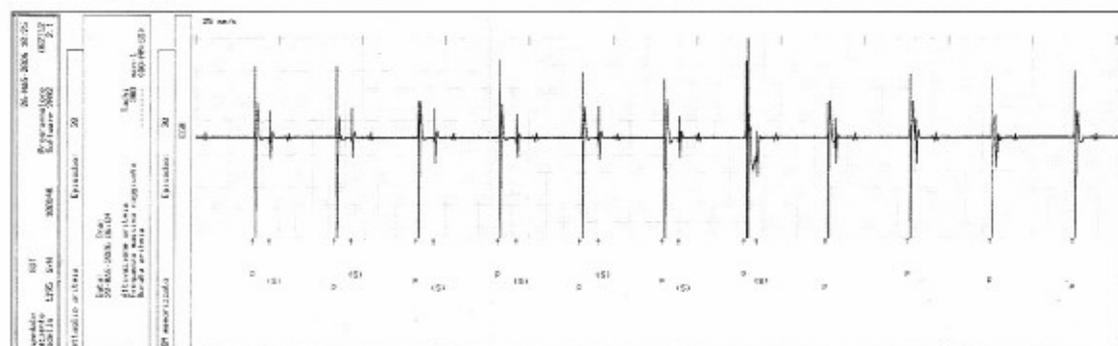


Figura 60. Registro aritmie: Episodio n° 30 memorizzato come tachicardia atriale.

Visto che il tipo di PM consente di mostrare alcune misure elettriche che vengono rilevate in modo automatico o manuale e che vengono rappresentate sia come dato numerico che come visualizzazione grafica nel tempo, si stampa il report relativo alla diagnostica della misura giornaliera dell'impedenza. La figura 61-62 mostra il grafico del valore dell'impedenza nel tempo.

Data	ohm	mV
maggio 2006	>2500	2,6
settembre 2005	1970	5,5
aprile 2005	1780	5,1

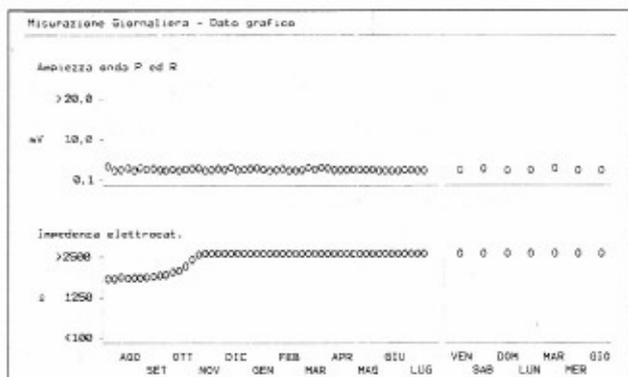
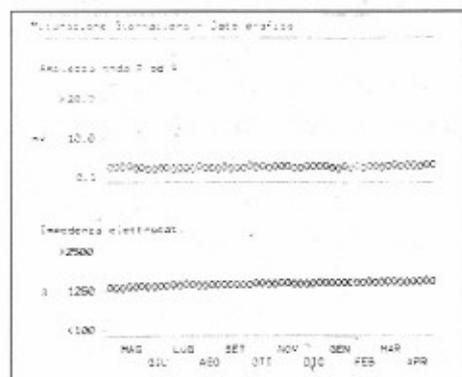


Figura 61. Grafico Impedenza EC. **Figura 62.** Grafico Impedenza EC.

Dalla cartella del FU si visionano le misure dei controlli precedenti (figura 63). La tabella sintetizza i dati di impedenza e dell'onda "a" nei vari momenti delle misure elettriche nel tempo.

Ospedale POLICLINICO GEMELLI ROMA		15-APR 2005 10:26	
Paziente		Programmatore	031476
Modello 1195 S-N	100148	Software	2892 1.24
Dati misurati- Impedenza elettrocat			
Data ultimo test	Precedente	Attuale	
	10-SET-2004		
Impedenza	1730	1790	Ω
Ampiezza	3,5	3,5	V
Durata di impulso	0,40	0,40	ms
Corrente	2	2	mA
Config.eletttr.(stim)	Monopol	Monopol	
Energia	2,8	2,8	μ J
Dati misurati- Ampiezza intrinseca			
Data ultimo test	Precedente	Attuale	
	04-6/II-2004		
Ampiezza misurata	4,8	5,1	mV
Config. elettroc. (rilev.)	Monopol	Monopol	

Data	ohm	mV
settembre 2004	1730	
giugno 2004	1630	4,8
gennaio 2004	1560	3,5
giugno 2003	1460	3,2
gennaio 2003	1380	3,2

Figura 61. Misure di impedenza EC ed ampiezza intrinseca di FU precedenti.

Conclusioni. Il controllo radiografico in RX-scopia non ha consentito di mostrare evidenti lesioni del conduttore. Si programma una revisione urgente dell'impianto con eventuale sostituzione dell'elettrocattetero.

La mancata stabilità del valore dell'impedenza su valori normali è sicuramente un indice di problematiche relative all'elettrocattetero. La differente situazione del caso precedente in cui la frattura è avvenuta passando da una impedenza normale (360 ohm) al valore >2500 ohm probabilmente in modo quasi istantaneo mentre invece in questo caso l'impedenza è risultata progressiva nel corso degli anni (incremento di 600 ohm in 2 anni), per poi progredire nei 2 mesi successivi in modo esponenziale di altri 600 ohm, raggiungendo verosimilmente una impedenza elevata ma non infinita (interruzione del circuito). Infatti il sistema di misura si ferma alla segnalazione di >2500 ohm.

Possiamo concludere analizzando i due esempi, il precedente e l'attuale, in cui sono presenti due casi di frattura completa del conduttore dell'elettrocattetero, ma con un'evoluzione del valore dell'impedenza diversa tra loro. Rapida ed istantanea nel primo esempio progressiva nel secondo. Diventa pertanto difficile dare delle indicazioni uniche. Sicuramente una evoluzione progressiva come in questo caso ci deve indurre alla verifica dell'elettrocattetero con la sua eventuale sostituzione.

Lo strumento del controllo strumentale del PM ci aiuta a comprendere questi fenomeni e la dove risultano chiari, a fornirci le indicazioni da seguire.

2) Impedenza EC con valore > 2000-2500 ma con presenza di spike.

A differenza dei casi precedenti 1) impedenza >2500 ohm con assenza dello spike, in questo caso abbiamo invece la presenza dello spike. Fattori come impedenza elevata, presenza dello spike, mancata cattura, alta soglia, possono essere dovuti a diverse

situazioni che non possono essere escluse a priori:

difetto del conduttore o del dispositivo dell'elettrodo distale (vite) o prossimale (difetto dell'anello) dell'elettrocatterete, sposizionamento dell'elettrocatterete, zona cardiaca con danno miocardico, perforazione del muscolo cardiaco.

L'insieme di una serie di azioni, quali: misure elettriche, monitoraggio ECG e visione del cuore in Rx-Scopia possono aiutarci a comprendere la sede del problema.

Esempio n° 1. Paziente sottoposto in data 12 febbraio 2007 ad impianto di ICD biventricolare le cui misure elettriche dal punto di vista terapia antibradicardica (PM) risultavano ottimali. I valori delle misure rilevate a fine impianto, con il programmatore (figura 64), confermavano gli ottimi valori rilevati con il PSA:

- Atrio (bipolare): 3,5-4mV; 570Ω; soglia 0,5V;
- Ventricolo Dx (bipolare): 14mV; 770Ω; soglia 0,5V
- Ventricolo Sx (bipolare): 860Ω; soglia 1,75V

Viene programmato il device nel modo antibradicardico (figura 65): DDD; 60-120b/m; AV 130-110ms; Pacing biventricolare con le uscite: A 2,5V 0,4ms; VDx 2,5V 0,4ms; VSx 3V 0,5 bip.

Data/Ora	Tensione batterie (V)	Ampiezza (mV)		Imp. elettrodi stimolazione (Ω)		
		A	VD	A	VD	VS
12 Feb 2007 14:22	3,20	≥3,0	>12,0	570	770	860

Modalità	DDD
Sincronizzazione base	
Frequenza Base	80 min ⁻¹ / 1000 ms
Massima Frequenza Sincrona	120 min ⁻¹ / 500 ms
Ritardo A-V/P-V	130 ms / 110 ms
Stimolazione e refrattario	
Sensing / Stimolazione V	Solo VD / Biventricolare
Ritardo Stimol Interventr.	Simultaneo
Output A	2,5 V, 0,5 ms
Uscita VD	2,5 V, 0,5 ms
Uscita VS	3,0 V, 0,5 ms (VS Bipolare)
Refrattari stimolazione	PVARP 310 ms/V, 280 ms
PVARP/VREF Rate Responsive	Off

Figura 64. Misure telemetriche all'impianto.

Figura 65. Programmazione parametri di funzionamento.

Il giorno 14 febbraio 2007 (2 giorni dopo l'impianto) al paziente viene effettuato il controllo, l'ECG che documenta una stimolazione sinistra, le misure elettriche del circuito di elettrostimolazione documentano valori normali in AD e VS, comprese le soglie di stimolazione, mentre in VD l'impedenza risulta >2.000 ohm, la soglia superiore a 7V l'onda R 6,4mV (figura 66).

Data/Ora	Tensione batteria (V)	Ampiezza (mV)		Imp. elettrodi stimolazione (Ω)		
		A	VD	A	VD	VS
12 Feb 2007 14:22	3,20	≥3,0	>12,0	570	770	860
14 Feb 2007 11:23	3,20	≥3,0	6,4	420	>2000	860

Figura 66. Misure telemetriche dopo 2 gg.

Viene eseguito un controllo in Rx scopia in sala di elettrofisiologia che documenta una sostanziale invariabilità delle posizioni degli elettrocattereteri compreso quello in VD. Si riconferma il valore dell'impedenza >2000 ohm

ed una soglia superiore al valore massimo programmabile: 7V.

Si procede quindi alla revisione dell'impianto. Spento il riconoscimento e le terapie

dell'ICD si apre la tasca si verifica la connessione dell'elettrocattetero VD che appare in sede e con la spina della vite ben serrata (trazione del connettore dell'EC), quindi di disconnette l'EC e si effettuano le misure con il **PSA**, che rileva nella **configurazione bipolare**:

- Impedenza: >3.000 ohm
- Onda R: 6mV
- Soglia: >10V.

Si procede quindi ad effettuare le stesse misure con la **configurazione monopolare: elettrodo distale (-)**, elettrodo di riferimento (+) nella tasca, si rilevano le seguenti misure:

- Impedenza: >3.000 ohm
- Onda R: 1,5mV
- Soglia: >10V

A questo punto si decide di effettuare le misure sempre nella **configurazione monopolare** ma attraverso l'**elettrodo prossimale (-)** che si trova 1 cm circa di distanza dall'elettrodo distale. I dati risultano essere:

- Impedenza: 380/400 ohm
- Onda R: 10mV
- Soglia: 0,6V

Con questa configurazione abbiamo ottenuto gli stessi dati dell'impianto.

Domanda: *cosa ha determinato il non funzionamento dell'EC del ventricolo destro?*

L'ipotesi che è stata fatta è che il catetere sia progredito rimanendo all'interno del muscolo cardiaco e quindi non interessando il pericardio. Tale ipotesi è basata dal seguente ragionamento:

- Le misure elettriche in **monopolare** che interessano l'**elettrodo prossimale** risultano ottimali quindi l'elettrodo prossimale si trova nell'endocardio.
- L'elettrodo distale si trova all'interno del muscolo cardiaco in una zona del ventricolo interessata da una pregressa IMA, **zona elettricamente non eccitabile**.
- Altra considerazione riguarda l'elettrodo distale, il quale non dovrebbe essere in pericardio in quanto, se lo fosse stato, il liquido presente in questa struttura avrebbe dovuto fungere da conduttore almeno nella modalità monopolare e quindi avere delle impedenze sicuramente inferiori ai 2.000 ohm con una probabile stimolazione, al valore di 10V, condotta se non al ventricolo almeno ai muscoli adiacenti.

La registrazione ecocardiografica, effettuata in sala di elettrofisiologia, conferma la presenza dell'elettrocattetero all'interno del cuore e non in pericardio.

Dopo aver predisposto un Kit di pericardiocentesi e lo standby della sala operatoria di cardiocirurgia, per un eventuale tamponamento cardiaco dovuto alla possibile posizione dall'elettrocattetero, si procede al ritiro del catetere da quella zona del ventricolo destro e

lo si riposiziona in una zona differente, dove le misure elettriche risultano ottimali. Si procede quindi alla connessione dell'elettrocattetered ed ai test di controllo e di induzione previsti per l'impianto dell'ICD, che risultano ottimali.

Il controllo ecocardiografico conferma l'assenza di versamento pericardico.

Conclusioni. L'elettrocattetered VD era penetrato nella parete interessata da un IMA pregresso, determinando la mancata stimolazione del VD per un'alta impedenza. Tale esempio lo si può paragonare ad un circuito in cui l'elettrocattetered presenta valori elevati di impedenza per cui la corrente non riesce a circolare, determinando la mancata depolarizzazione cardiaca (mancata cattura).

Esempio n° 2. Paziente portatore di PM monocamerale con impianto di elettrocattetered epicardico unipolare con intascamento del PM in sede addominale. Tale impianto si era reso necessario a seguito di un intervento di cardiocirurgia. La programmazione del PM risulta la seguente VVIR; 70-120 b/m; sensore accelerometrico; 3,5V; 2,5mV; polarità pacing e sensing: unipolare. Giunge al controllo (23 aprile 2007) anticipatamente in quanto riferisce che da qualche giorno avverte affaticamento con rallentamento del battito cardiaco.

Si esegue il monitoraggio ECG (figura 67) che documenta presenza di **spike (p) inefficace** a 70 b/m con regolare sensing (s) dell'onda R. Ritmo sinusale a circa 48 b/m, l'applicazione del magnete (V00) modifica la frequenza di scappamento del PM a 96 b/m confermando la mancata cattura ventricolare.

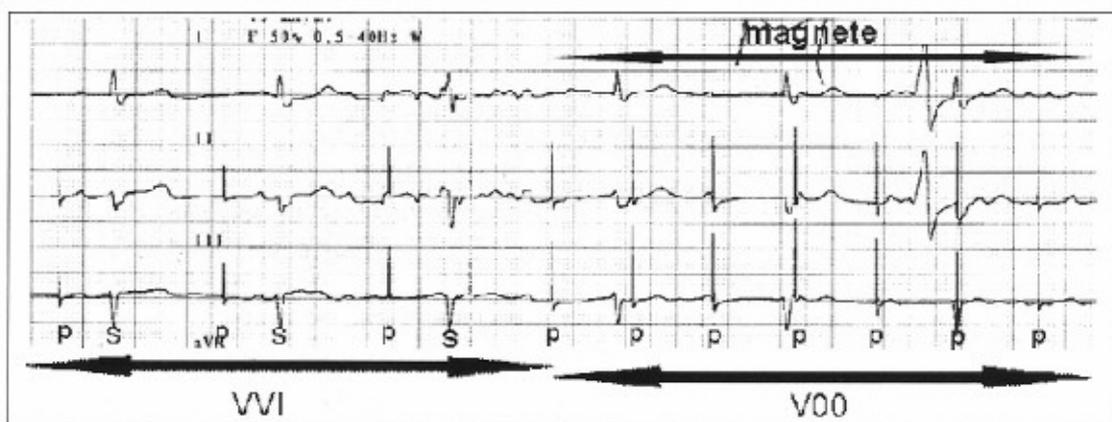


Figura 67. Difetto di cattura.

Si eseguono le misure elettriche (figura 68 - 69) che documentano:

- **impedenza elettrocattetered >3.000 ohm**
- voltaggio 3,31V
- corrente 1,1mA
- Stato della batteria: 3,0 Kohm, Freq. magnetica 96 b/min, freq. magn. ISE 78,4.

Misure Elettrocateri

	Elettroc.
Impedenza (Ohm)	>3000
Voltaggio (V)	3,31
Corrente (mA)	1,10
Polarità	Unipolare

Figura 68

Stato Batteria

Impedenza	3,00 kOhm
Freq. Magnet	96 min-1
Freq. Magnetica all'ISE	78.4 min-1

Figura 69

Osservazioni:

- Impedenza dell'elettrocateri risulta >3.000 ohm
- Pacing inefficace
- Sensing corretto
- Stato della batteria buona: frequenza magnetica al valore di BOL e impedenza interna della batteria buona.

Si esegue una prova con l'uscita a 5V e con la durata ad 1msec per verificare l'eventuale cattura del ventricolo ed effettuare una soglia di stimolazione. Tale valori non provocano alcuna cattura ventricolare. Si prende visione dei controlli precedenti per verificare se c'è stata una variazione progressiva del valore dell'impedenza dell'elettrocateri. I controlli precedenti documentano ECG e misure normali.

L'ultimo controllo (dicembre 2006) il monitoraggio ECG (figura 70) documenta regolare cattura ventricolare ed, in questo tracciato d'archivio, non presenza del ritmo spontaneo.

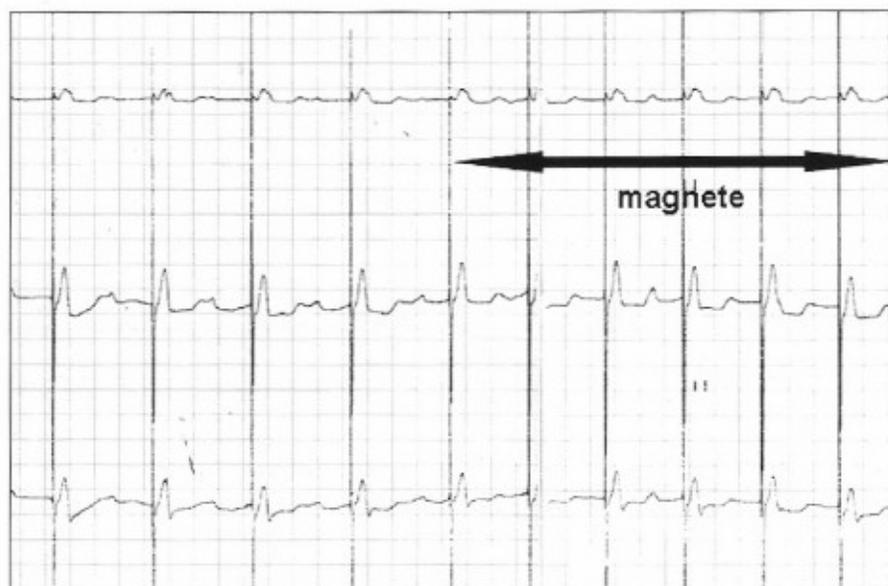


Figura 70

Le misure eseguite durante questo controllo (Figura 71-72) documentano valori normali dell'elettrocatteter e dello stato della batteria:

- impedenza 453 ohm,
- voltaggio 2,92V
- Corrente 6,44mA
- Stato della batteria: 3,0Kohm, Freq. magn. 96b/min, freq. magn. ISE 78,4.

Misure Elettrocatteteri	
	Elettroc.
Impedenza (Ohm)	453
Voltaggio (V)	2.92
Corrente (mA)	6.44
Polarità	Unipolare

Figura 71

Stato Batteria	
Impedenza	3,00 kOhm
Freq. Magnet	96 min-1
Freq. Magnetica all'ISE	78.4 min-1

Figura 72

Il valore dell'impedenza dell'elettrocatteter risulta costante intorno al valore di 450 ohm per tutti i controlli precedenti.

Viene eseguito un controllo radiografico in RX-scopia dell'elettrocatteter epicardico che non mostra segni di discontinuità (opacizzazione) del conduttore.

Conclusioni: Frattura **non completa** del conduttore dell'elettrocatteter con impedenza >3000 ohm.

- Frattura incompleta del conduttore dell'elettrocatteter che consente la funzione di sensing ventricolare con Inibizione del pacing in presenza dell'onda R;
- Presenza dello spike che non risulta efficace per la depolarizzazione ventricolare a causa della energia insufficiente, infatti la corrente circolante risulta essere di 1,1mA. Ciò è dovuto al valore di una impedenza >3.000 ohm ed al voltaggio di 3,31V.

Viene disposto il ricovero per l'impianto di un PM bicamerale con elettrocatteteri endocavitari: atriale e ventricolare.

Domanda n° 2

Il rivestimento isolante del conduttore dell'elettrocatteter è integro?

La mancata integrità del dispositivo isolante (guaina) del conduttore espone il circuito di pacing e sensing a due possibili anomalie dovute al punto di contatto elettrico del circuito di elettrostimolazione:

- dispersione di corrente (bassa impedenza <200-300 ohm) —
- ingresso di potenziali elettrici non cardiaci.

Domanda: In che modo è possibile evidenziare questo tipo di difetto?

La risposta non può che essere quella di effettuare **tutte le misure del circuito di pacing e sensing**, in particolare va posta l'attenzione al **valore dell'impedenza**, alle sue **variazioni nel tempo** e alla **misura del potenziale spontaneo**. Una importante riduzione dei valori di sensing e di impedenza possono indicare una lesione nell'isolamento del conduttore sempre che il circuito di pacing e sensing abbiano lo stesso tipo di configurazione, ambedue unipolare o bipolare. Nel caso si usassero configurazioni di polarità diverse per sensing e pacing i valori di impedenza e del potenziale spontaneo non possono essere considerati omogenei, quindi i dati vanno analizzati separatamente.

Quando analizziamo il comportamento del circuito circa il **mancato isolamento** dobbiamo tener conto se siamo in presenza di un circuito del tipo **unipolare o bipolare**. In un catetere bipolare il mancato isolamento dello strato esterno espone il conduttore dell'elettrodo prossimale ad un possibile contatto con gli altri organi del corpo. L'interferenza nel circuito di pacing e sensing dipende dal tipo di configurazione scelta. Con un elettrocetere bipolare si possono avere diverse configurazioni di pacing e sensing diverse tra loro.

Questa premessa relativa alla conoscenza della configurazione scelta per le funzioni di pacing e sensing risulta importante per analizzare le misure elettriche degli elettrocateri nelle loro funzioni.

Un valore di **impedenza molto bassa** indica la presenza di dispersione di corrente in una parte del corpo dell'elettrocetere che non risulta più isolato, ciò porta ad una **riduzione della misura dell'impedenza** dell'elettrocetere. Tanto più il mancato isolamento è prossimale al connettore (spina) dell'elettrocetere ingresso PM, tanto più è basso il valore dell'impedenza, in quanto si è prossimi all'uscita del circuito di pacing.

Dal punto di vista di un circuito elettrico il mancato o ridotto isolamento si traduce in un abbassamento critico **dell'impedenza del circuito < 200-300 Ω** fino ad un possibile **corto circuito**.

Valori bassi dell'impedenza significa anche un **consumo elevato di corrente**.

Nelle nostre abitazioni sappiamo tutti che un corto circuito del sistema elettrico interrompe l'erogazione dell'energia elettrica (distacco elettrico dell'interruttore generale) per un eccessivo consumo di corrente (superamento dei KWatt disponibili).

Pertanto le misure elettriche dell'elettrocetere risultano fondamentali per una valutazione dello stato del circuito elettrico.

Nel caso in cui il valore dell'impedenza dovesse essere **<200 Ω**, il consumo di corrente della batteria risulta accelerato anche 10 volte il consumo normale, tanto da non potersi **prevedere**, con sicurezza, **la durata stimata della vita della batteria**. La ricerca della causa con una revisione dell'impianto ed eventuale sostituzione dell'elettrocetere è sicuramente una delle principali opzioni da prendere in considerazione.

Quali problemi si possono presentare quando la misura dell'impedenza dell'elettrocatteter risulta molto bassa?

- **Scarica precoce della batteria** (netta riduzione dei tempi di esercizio previsti per il PM).
- **Difetti di pacing e sensing:**
 - **Inefficacia di alcuni spike o della stimolazione**
 - **Alterazione delle ampiezze degli spike** di stimolazione o loro completa scomparsa
 - inibizione da miopotenziali

Probabile causa, come già accennato diverse possono essere le cause, ma tutte riconducibili ad un mancato isolamento del circuito di elettrostimolazione:

- **Lesione** nell'isolamento del conduttore
- **Mancato isolamento** dell'alloggiamento testa PM-spina del connettore dell'EC.
- **Perdita dell'isolamento** tra i conduttori coassiali dell'elettrocatteter bipolare: interno (polo-) e esterno (polo+). (In questa circostanza il PM prevede la **commutazione automatica** se programmata, dalla stimolazione bipolare a monopolare).
- **Difetto** del PM

Alcune considerazioni devono essere fatte laddove si manifesta una **misura dell'impedenza bassa** la cui causa si presuma risiedere nella **lesione dell'isolante esterno del conduttore** e quindi di un possibile contatto elettrico del circuito unipolare o bipolare in una zona interessabile da potenziali elettrici non cardiaci e quindi **possibili oversensing**.

Esempio n° 1. Paziente portatore di PM monocamerale atriale che giunge al controllo di FU programmato. Parametri di funzionamento: AAT, freq. 75-110 b/m, configurazione sensing e pacing unipolare, sens. 0,5 mV.

Il monitoraggio ECG (figura 73) documenta una stimolazione atriale normocondotta (AAT), con possibile oversensing da miopotenziali, vuoi anche per un valore di sensing di 0,5 mV.

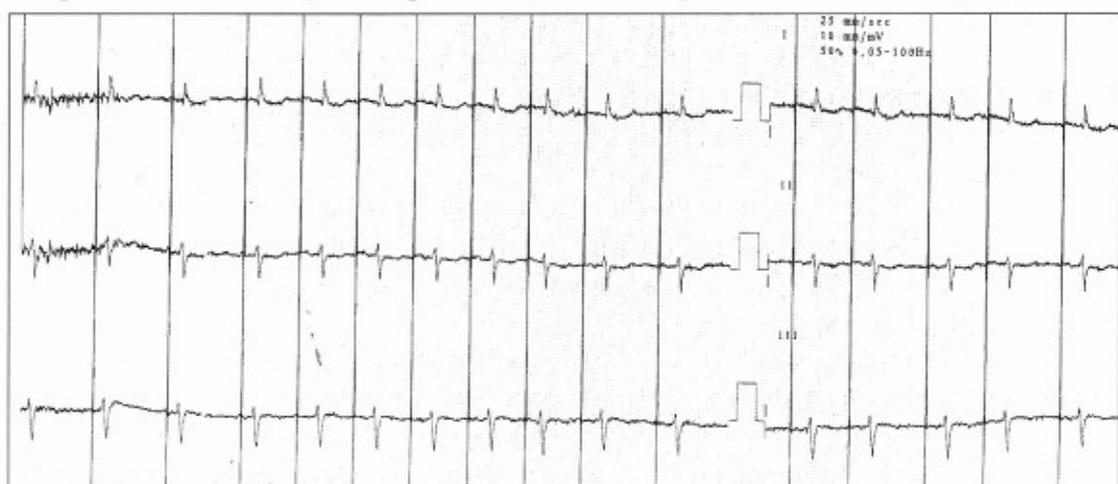


Figura 73. Monitoraggio ECG. Programmazione: AAT

Si effettuano le misure elettriche (figura 74) che documentano:

- batteria carica (2,75V; 1,1 Kohm);
- Impedenza **241 Ω** . Valore molto basso.
- Consumo di corrente **elevato** (17,9 mA) ed **energia molto alti** (25,5 microJ).

DATI MISURATI	
Frequenza Misurata	76.9 min ⁻¹
Freq. di Test	99.7 min ⁻¹
Freq. Indicata dal Sensore	--- min ⁻¹
Ampiezza Impulso	4.32 Volts
Corrente Impulso	17.9 mAmperes
Energia Impulso	25.5 μ Joules
Carica Impulso	71 μ Coulombs
Imp. Elettrodo	241 Ohms
Voltaggio Batteria	2.75 Volts
Corrente Batteria	22.9 μ Amperes
Imp. Batteria	11 Kohms

Figura 74. Misure telemetriche.

Si procede nel FU rilevando l'ampiezza dell'onda atriale e della soglia di stimolazione, che risultano essere:

- onda A: 0,5-0,8 mV
- Soglia: 1V

Il FU prosegue rilevando i dati diagnostici presenti in questo tipo di PM, il quale ci consente di rilevare i dati relativi all'impedenza dell'elettrocattetero dal momento dell'impianto fino all'ultima misura effettuata, rappresentandoli sia in forma numerica che grafica (figura 75).

Il valore dell'impedenza nel corso del tempo, circa 4 anni, diminuisce in modo progressivo e quasi costante dal momento dell'impianto (510 ohm) per poi stabilizzarsi su un valore medio (400 ohm) per un periodo di un anno, e successivamente tornare a diminuire costantemente fino a valori critici attuali (240 ohm).

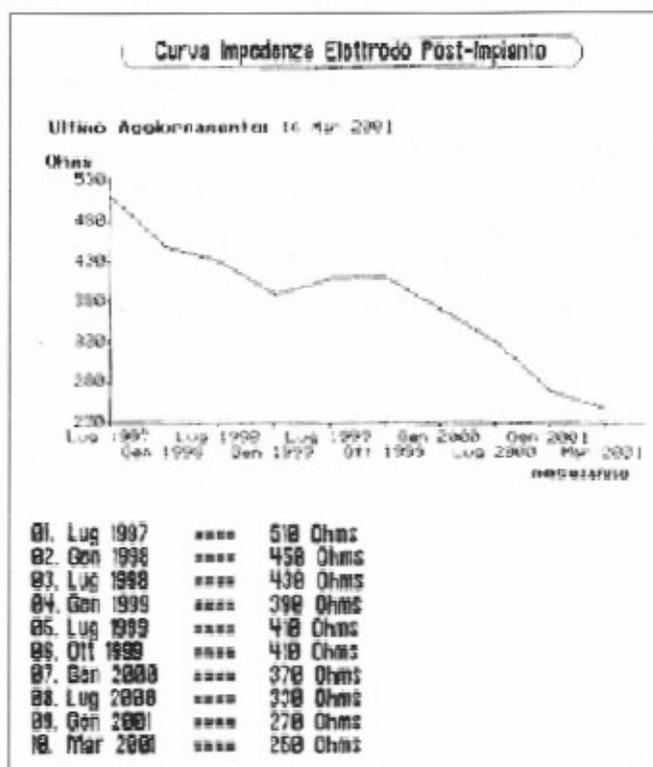


Figura 75. Misure impedenza EC e grafico dei valori nel tempo.

Dal momento dell'impianto fino all'anno 2000 il modo di funzionamento era in AAI, successivamente a seguito della progressiva riduzione del valore dell'impedenza a circa 330 ohm e del test di **interferenza da miopotenziali**, che documentava sporadiche attività di interferenza si programmava la modalità in AAT. Nello stesso periodo era stato eseguito un ECG dinamico Holter che non documentava alcuna interferenza. I dati rilevati ci portano a ipotizzare alcune possibili cause:

- **Progressiva lesione nell'isolamento** del conduttore
- **Mancato isolamento dell'alloggiamento testa PM-spina** del conduttore dell'EC. Questo tipo di difetto del PM nella testa di connessione dell'elettrocattetero, mancato isolamento della vite di serraggio della spina dell'elettrocattetero, anelli di tenuta difettosi, si manifesta con valori di bassa impedenza dell'elettrocattetero. Trattandosi di un catetere monopolare l'eventuale **perdita di isolamento del conduttore** è tra lo stesso e gli organi (tessuti, sangue, ecc.) adiacenti l'elettrocattetero.

Visto l'andamento dell'impedenza si decide di procedere ad una revisione dell'impianto con la possibilità di procedere in sede di revisione alla sostituzione con un nuovo elettrocattetero bipolare.

Nella fase di revisione impianto venivano confermate con il PSA le misure elettriche. L'ispezione dell'elettrocattetero nella zona della tasca sottocutanea non rilevava una evidente lesione della guaina isolante del conduttore, ma una infiltrazione di liquido ematico coagulato. Si è quindi proceduto ad un nuovo impianto di elettrocattetero.

Una ulteriore considerazione deve essere fatta nel caso di impedenza molto bassa in un elettrocattetero bipolare. La perdita di isolamento potrebbe risiedere sia tra il conduttore esterno e gli organi adiacenti, che tra i conduttori coassiali dell'elettrocattetero bipolare : interno (polo-) e esterno (polo +). Questa seconda eventualità è molto più remota ma anche la più pericolosa, in quanto si tratterebbe di un vero cortocircuito elettrico, perché porterebbe in breve tempo (ore/giorni) all'esaurimento precoce della batteria con perdita della funzioni del PM. Per evitare ciò, in questa circostanza, il PM prevede la commutazione automatica dalla stimolazione bipolare a quella monopolare, funzione che in alcuni casi **deve essere espressamente programmata**.

Domanda n° 3

Il paziente è stato sottoposto di recente alla sostituzione del PM?

Perché questa domanda? Sembrerebbe che sostituire il PM possa rappresentare un rischio di malfunzionamento. Questo tipo di intervento può rappresentare un momento di criticità nella bontà del circuito di elettrostimolazione, l'apertura della tasca (incisione con il bisturi) e la trazione degli elettrocatteteri durante l'estrazione del PM, possono provocare lesioni nell'isolamento e nel conduttore dell'elettrocattetero.

Valori dell'impedenza che risulta **diversa** da quella **misurata prima della sostituzione** ci indica la dove può essere presente il problema:

- **impedenza elevata**, può essere rappresentata da un mancato o inefficace sistema di fissaggio (vite, clip) sulla spina del connettore, il cui risultato si traduce in un circuito elettricamente aperto.
 - **impedenza bassa**, possibile sguainamento dell'isolante con esposizione del conduttore.
- In genere queste problematiche si possono avere al momento dell'impianto o della sostituzione del PM per cui è sufficiente verificare l'ECG ed effettuare le misure elettriche con il programmatore dopo l'intasamento del PM. Queste misure completate con quelle di soglia e sensing, a mio modo di vedere, **devono essere sempre effettuate alla fine di un impianto** ed aggiungo ancor di più alla **sostituzione del PM**.

Domanda: perché è importante verificare immediatamente l'ECG una volta collegati i cateteri (se bipolari per pacing e sensing) ed intascato il PM se monopolari?

Non accade mai ma esiste la possibile eccezione: inversione di collegamento degli elettrocateteri atriale e ventricolare nella testa del PM.

Il connettore dell'elettrocatetere atriale invece che essere inserito nell'alloggiamento, della testa del PM, in alto (atrio) viene inserito in basso (ventricolo), di conseguenza l'elettrocatetere ventricolare che dovrebbe essere inserito in basso viene collegato in alto. Esempio di un caso di inversione di collegamento degli elettrocateteri di un PM bicamerale (figura 76). L'ECG mostra chiaramente la stimolazione ventricolare che precede la stimolazione atriale (complesso 1,2 e 9,10,11), ed il sensing ventricolare a cui segue la stimolazione atriale (complesso 3,4,5,6,7,8).



Figura 76. Monitoraggio ECG in sala di impianto PM.

Conclusioni. La sostituzione del PM viene generalmente affrontata come un intervento di secondo ordine in quanto non dovrebbe rappresentare problematiche tecniche. L'esempio appena fatto è stato risolto immediatamente ricollegando gli elettrocateteri negli appositi siti del PM. Il monitoraggio ECG ci guida sempre nel valutare il buon funzionamento del PM, infatti è buona norma, prima di considerare finito un intervento, valutare le funzioni previste del PM con l'ECG e se possibile con il programmatore.

Domanda n° 4
Dislocazione dell'elettrocatteteri?

Quando abbiamo il sospetto di uno spostamento di un elettrocatteter è bene affrontare il problema monitorando il paziente con l'ECG le cui derivazioni evidenziano bene l'onda "p".

Una stimolazione con il magnete e l'impiego del programmatore con la rilevazione dei potenziali endocavitari (EGM) e dei marker (AP-AS-VP-VS) ci conforta sul giusto rilevamento delle camere cardiache per un eventuale posizionamento di elettrocatteteri. Le misure elettriche e dei test di soglia e sensing completano il FU.

Esempio n° 1. Paziente portatore di PM bicamerale, il cui impianto era stato eseguito un mese prima, giunge al nostro controllo inviato dal Cardiologo dopo una visita di controllo in cui viene segnalato un mancato sensing di extrasistole ventricolare. I parametri di funzionamento del PM sono i seguenti: DDD; freq.70-120 b/m; int. AV 200 ms. Si esegue monitoraggio ECG (figura 77) che documenta:

- ritmo da PM con stimolazione atriale (spike bipolare)
- presenza di spike ventricolare (3° e 4° complesso) dopo intervallo AV di 200 ms che si fonde con QRS spontaneo (pseudofusione)
- probabile presenza di onda "p" a cui segue stimolazione ventricolare su PVC (2° e 8° complesso).
- difetto di sensing ventricolare durante PVC.

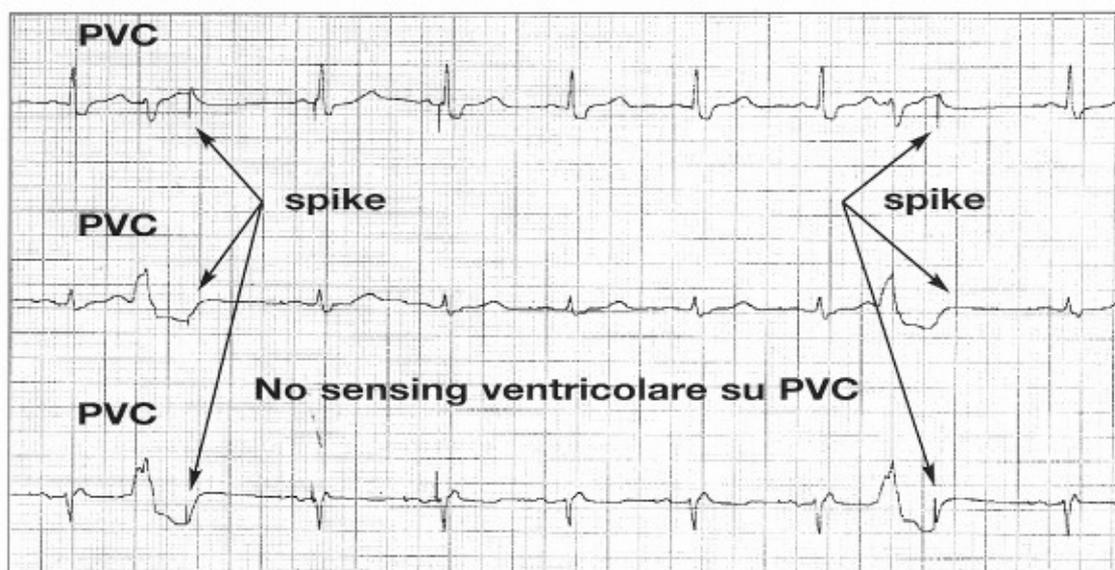


Figura 77. Monitoraggio ECG.

Si procede all'applicazione del **magnete** (figura 78): modo D00, freq 100 b/m, int. AV 100, che documenta:

- Frequenza magnetica 100 b/m elettroindotta in atrio.
- QRS spontaneo con intervallo P-Q di 240 ms.
- **Mancata cattura ventricolare** dopo spike (intervallo AV 100 ms).
 - **causa:** bassa energia dello spike, alta impedenza?

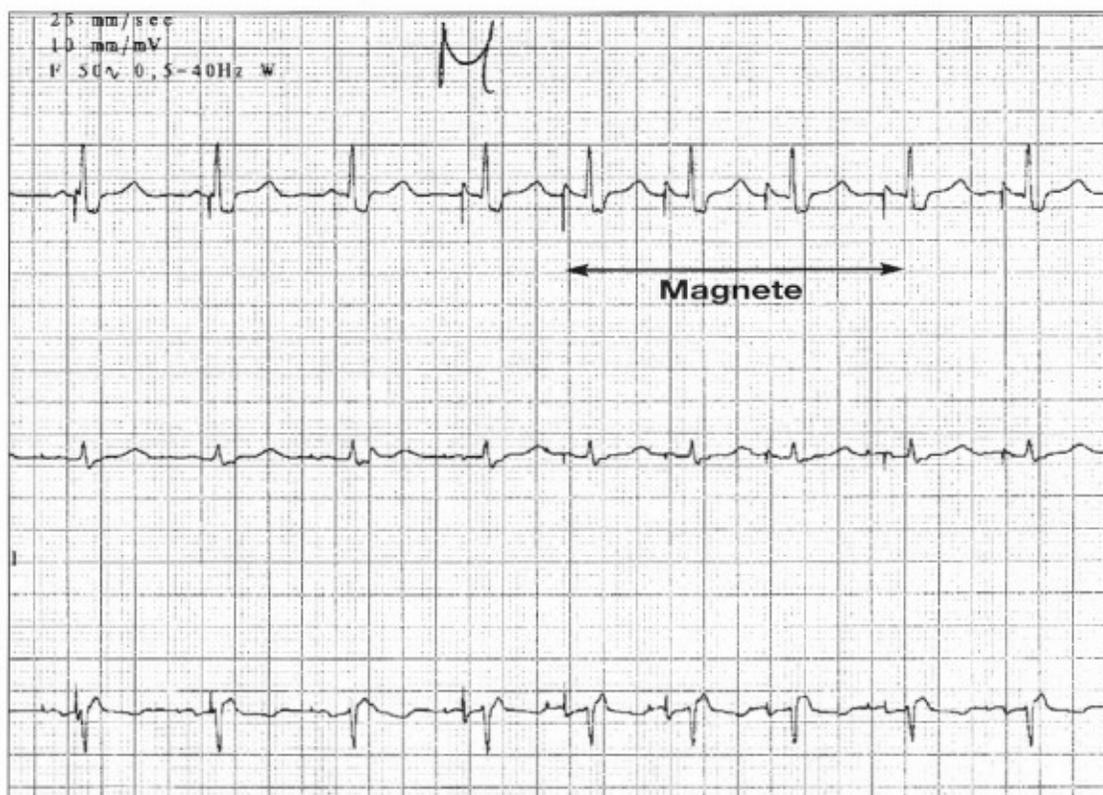


Figura 78. Monitoraggio ECG con magnete.

Prime considerazioni: mancata cattura ventricolare e mancato sensing su PVC.
Visto il problema più importante della mancata cattura ventricolare, si procede innanzitutto al **test della soglia di stimolazione** e successivamente al **test di sensing**.

Le misure dell'impedenza dell'elettrocatteter atriale (350 Ω) e ventricolare (400 Ω) sono all'interno del range di normalità, così pure l'energia dell'impulso atriale e ventricolare (3,5 V e 0,4 ms per entrambe le camere).

Si esegue il test di soglia ventricolare: VVI, freq. 90 b/m (figura 79) che documenta:

- **stimolazione atriale a 90 b/m**, con mancata cattura atriale a 0,7V.

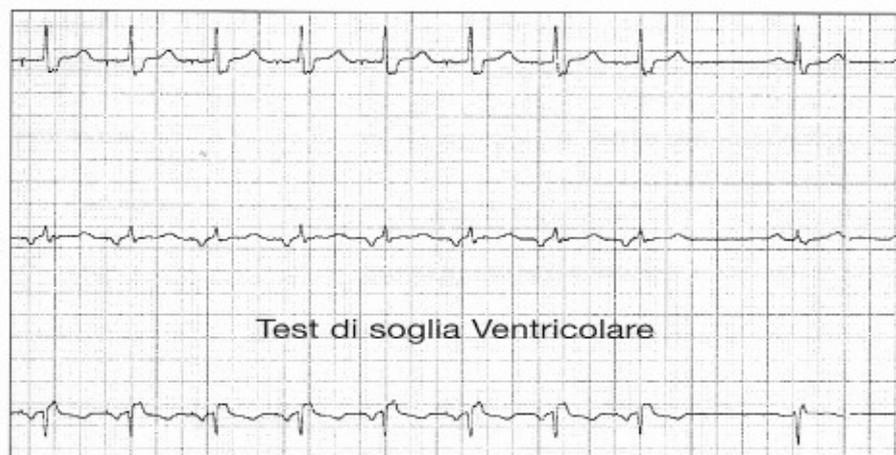


Figura 79. Test di soglia ventricolare.

Domanda: abbiamo effettuato per errore un test di soglia atriale?

La verifica sul programmatore ci conferma che la procedura eseguita è relativa al test di soglia ventricolare. La visione dell'ECG ci mostra onde "p" stimulate negative in D1, D2 e D3.

Per completare il quadro diagnostico facciamo anche un Test di soglia Atriale (figura 80) in AAI, che documenta:

- Stimolazione atriale con valore di soglia di 0,5V.

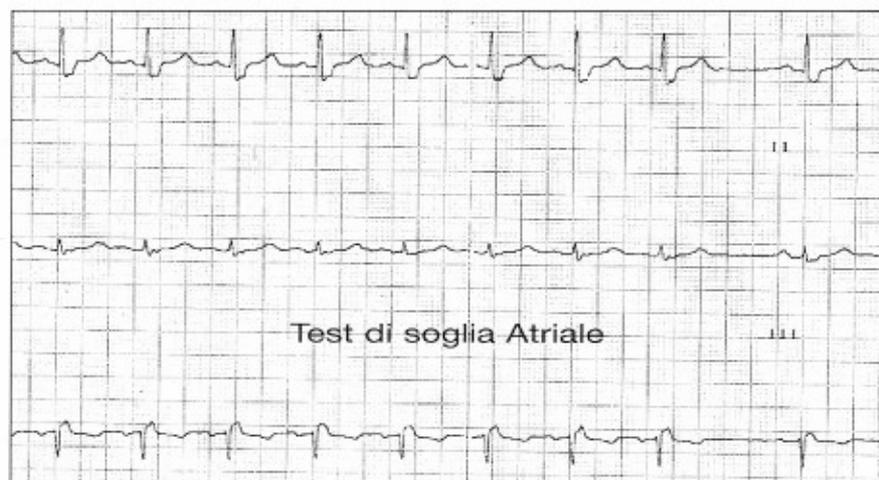


Figura 80. Test di soglia atriale.

Prime considerazioni:

- Il Pacing dal catetere ventricolare produce una stimolazione atriale con onde "p" negativa in D2, D3.
- In nessuna circostanza (V00 – VVI) il ventricolo risulta stimolato.

- Il pacing atriale risulta regolare

Ipotesi: *Dislocazione del catetere ventricolare in atrio?*

Per documentare tale ipotesi si procede alla rilevazione contemporanea di: ECG, EGM ventricolare ed i marker (figura 81).

L'EGM Ventricolare (EGM V 0.5 mV/mm) documenta un potenziale atriale il cui marker (VS) è quasi coincidente con il marker atriale (AS). Laddove invece il potenziale atriale non viene rilevato (no sensing 2 e 3 onda P) interviene il pacing (spike) con il rispettivo marker VP, dopo un intervallo AV di 200 ms, che risulta coincidente con il QRS.



Figura 81. ECG, EGM ventricolare e marker.

Possiamo già affermare che l'elettrocattetere ventricolare rileva un potenziale elettrico atriale.

Si procede con la registrazione dell'EGM Atriale e marker (figura 82).



Figura 82. ECG, EGM atriale e marker.

L'EGM Atriale (EGM A. 0.5 mV/mm) documenta un potenziale atriale il cui marker AS risulta coincidente con l'onda "a", mentre i marker ventricolari VS risultano quasi coincidenti con i marker AS e le onde "p".

Conclusioni:

- **Dislocazione del catetere Ventricolare in Atrio destro.**

- Si procede ad una verifica in RX-scopia o RX-grafia

Alla visione dell'RX-scopia del torace si rileva elettrocatetere ventricolare dislocato nella camera atriale tra la valvola tricuspide e la cava inferiore. Si procede al ricovero per la revisione dell'impianto.

Esempio n° 2. Un paziente portatore di pacemaker bicamerale, effettuato il 19.12.2005 presso un Centro Europeo (Grecia) e seguito nei FU successivi sempre presso lo stesso Centro, viene inviato presso il nostro Centro da un Cardiologo a seguito di una visita cardiologia e dell'ECG. Dalla documentazione allegata alla Tessera del paziente portatore di PM, la programmazione del modo e dei parametri di funzionamento del PM risulta essere: DDDR; freq. 60-105-130b/m; Atrio: pacing unipolare e sensing bipolare, 2,75V, 0,4ms, e 1,25mV; Ventricolo: pacing e sensing bipolare, 3,5V, 0,4ms e 2mV; PVARP 400ms; PRV 20ms.

Il Paziente ci consegna l'ECG (figura 83) che ha determinato questa richiesta di controllo strumentale del PM.

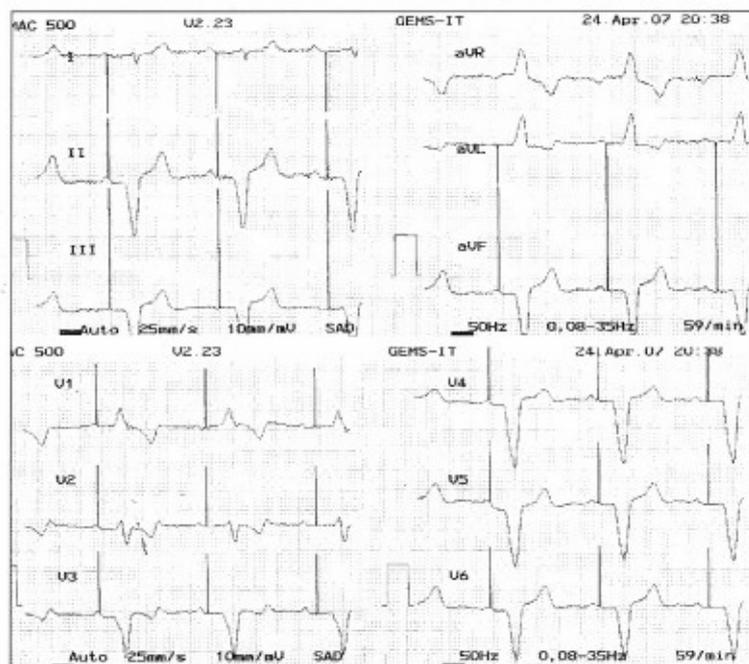


Figura 83. ECG con difetto di sensing atriale?

Il tracciato ECG presenta:

- difetto di sensig atriale
- spike unipolare atriale che non può determinare una depolarizzazione dell'atrio in quanto cade nel periodo refrattario atriale.
- dopo un intervallo di 120ms dallo spike atriale depolarizzazione ventricolare prodotta dal PM ma il cui spike bipolare non risulta visibile.

Si procede al monitoraggio dell'ECG (figura 84) ed all'interrogazione del PM con il programmatore.



Figura 84. Monitoraggio ECG. PM: DDD

Il monitoraggio d'ECG di base documenta:

- onda P iscritta sull'onda T, che non può essere rilevata in quanto all'interno del PVARP
- lo spike atriale sembra non produrre alcuna depolarizzazione dell'atrio pur trovandosi a circa 500ms dall'onda P e quindi depolarizzabile (difetto di cattura atriale)
- dopo 120ms dallo spike atriale è presente la depolarizzazione ventricolare prodotta dallo spike ventricolare non visibile.

Nella figura 85 l'applicazione del magnete sul PM determina il cambiamento di modo in D00 ad una frequenza di 100b/m. L'ECG documenta una irregolarità del ritmo cardiaco con alternanza della morfologia della depolarizzazione ventricolare. Ciò è dovuto ai complessi ventricolari depolarizzati con spike unipolare (catetere atriale), mentre gli altri sono come il tracciato di base.

Visto che lo spike bipolare non risulta visibile è sicuramente presente all'interno del QRS evocato dal pacing unipolare.

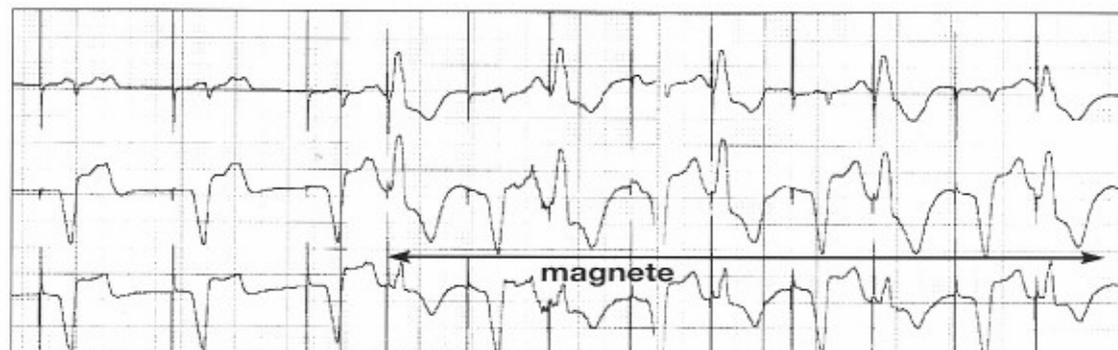


Figura 85. Monitoraggio ECG base e con Magnete. PM: DDD

Si visiona la stampa dei dati precedenti del PM che documentano una soglia atriale di 3,75V in data 8/9/06 e di <0,25 in data 27/12/06, la soglia ventricolare nelle stesse circostanza era stabile a 0,5V.

Prime considerazioni:

1. L'ECG di base ci porta a pensare ad un difetto di sensing atriale associato ad un'alta soglia atriale.
2. L'ECG con magnete documenta una alternanza nel pacing ventricolare in cui lo spike monopolare dell'uscita del canale atriale cattura il ventricolo destro in una posizione non apicale, ma verosimilmente nell'efflusso (QRS invertito rispetto al pacing in apice).
3. Probabile dislocazione del catetere atriale in VD efflusso

Si procede alla registrazione dei potenziali endocavitari. L'EGM (figura 86-87) documenta:

1. Canale atriale:
 - a. (fig. 86). Atrial Pacing (AP) che non depolarizza l'atrio, a cui segue dopo poco più di 200ms un segnale rilevato atrial sensig (AS).
 - b. (fig. 87). AP che depolarizza il ventricolo.
2. Canale ventricolare:
 - a. (fig. 86). Ventricular Pacing (VP) normocondotto.
 - b. (fig. 87). VP normocondotto solo nei complessi 1 e 4.

Conclusioni. Elettrocatteter atriale dislocato in VD.

Si procede ad effettuare una prova di stimolazione in modalità "funzioni temporanee" con l'uscita del canale atriale a 5V e nella configurazione monopolare. Il monitoraggio ECG (figura 90) documenta una stabile cattura ventricolare prodotta dal catetere atriale a cui segue la stimolazione ventricolare dopo un intervallo AV a 120ms il cui spike cade all'interno del QRS.



Figura 90. Monitoraggio ECG. PM: DDD

Si procede alla visione dell'RX torace in scopia, che documenta il catetere atriale in VD efflusso.

Si programma il PM in VVI 60b/m, configurazione dell'impulso unipolare, l'ECG (figura 91) documenta il funzionamento in VVI 60b/m. Si procede al ricovero del paziente.



Figura 91. Monitoraggio ECG. PM: VVI, 60b/m

Pseudomalfunzionamenti

Con questo termine viene indicata la presenza sull'ECG di un intervento o di un mancato intervento del PM. Normalmente questo tipo di difetti documentati elettrocardiograficamente sono riferibili ad automatismi di funzionamento o di attivazione di funzioni automatiche di trattamento scelte dal Medico del centro di Elettrostimolazione. Ad esempio su impianto di pacemaker bicamerale, si può avere un difetto di sensing che risulta presente solo su extrasistole ventricolare il cui intervallo di frequenza risulta simile al valore della frequenza base programmata (esempio n° 1), oppure di un mancato intervento di pacing dopo sensing atriale con pausa ventricolare. Questo tipo di intervento/non intervento del PM documentato all'ECG di base e molto più frequentemente all'ECG Dinamico, allarma il Medico curante del paziente che chiede l'immediata verifica del PM.

Esempio n° 1. Viene richiesto il controllo strumentale del PM per un sospetto malfunzionamento, **difetto di sensing?** Paziente portatore di PM: DDD, 60-130b/m, AV 200ms, esegue un ECG ambulatoriale (figura 92) che documenta la presenza di spike in sequenza su PVC.



Figura 92. ECG 12 derivazioni

L'ECG documenta la presenza di spike atriale e ventricolare con AV corto (100 ms) su PVC (Complesso 2-4-6).

Tale stimolazione elettrica è un automatismo denominato **Committed pacing (stimolazione di sicurezza)**, il quale viene applicato dopo che ad uno spike atriale il canale ventricolare avverte un segnale elettrico. Ciò induce il PM ad effettuare un pacing ventricolare con un intervallo AV corto. Questo stimolo ventricolare di sicurezza viene erogato per evitare l'inibizione del ventricolo da un artefatto elettrico derivante dallo stimolo atriale (**Far Field**). Gli spike della stimolazione atriale, complessi 8 e 10, presenti all'inizio dell'extrasistole ventricolare, risultano erogati al termine dell'intervallo della frequenza base e perché il circuito di sensing ventricolare (2,5mV) non ha ancora rilevato la presenza dell'onda "R".

Conclusione: **Pseudomalfunzionamento.**