

PACEMAKER MONOCAMERALI, BICAMERALI E CRT: MODALITÀ DI STIMOLAZIONE

A cura di:

Loredana Morichelli

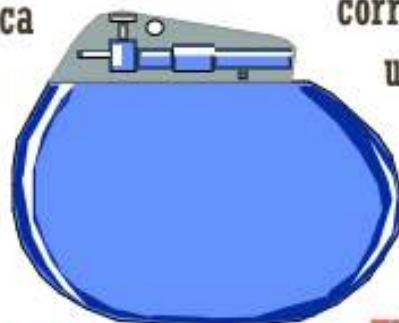
Ospedale San Filippo Neri, Roma



FUNZIONI PRINCIPALI DI UN SISTEMA DI STIMOLAZIONE

STIMOLARE

In modo efficace e costante
la depolarizzazione cardiaca
in armonia con il ritmo
cardiaco naturale



RILEVARE

Quando il cuore funziona
correttamente così da evitare
una stimolazione inutile

RISPONDERE

Ad un aumento della richiesta metabolica
accrescendo la frequenza della
depolarizzazione cardiaca quando il cuore
non è in grado di farlo da solo

FORNIRE INFORMAZIONI

Sul funzionamento del cuore
del paziente e del pacemaker
(DIAGNOSTICA)



... QUELLA PICCOLA DEFLESSIONE

- Lo spike è l'espressione elettrocardiografica dello stimolo da pacemaker, cioè una deflessione che anticipa l'onda P, il QRS o entrambi.
- Lo spike può avere una maggiore o minore ampiezza a seconda della polarità di stimolazione, essendo strettamente correlato all'ampiezza del circuito di stimolazione e alla differenza di potenziale.
- Nella stimolazione bipolare in cui l'elettrodo distale è il polo negativo e l'elettrodo prossimale il polo positivo, il circuito è molto piccolo e lo spike si presenta con deflessioni molto piccole.
- Nella stimolazione monopolare l'elettrodo è il polo negativo e la cassa del pmk il polo positivo. Il circuito è ampio e lo spike si presenta con ampie deflessioni.
- Per eseguire l'elettrocardiogramma nei portatori di pmk è importante ridurre i filtri al minimo per permettere una migliore visualizzazione degli spike bipolari.

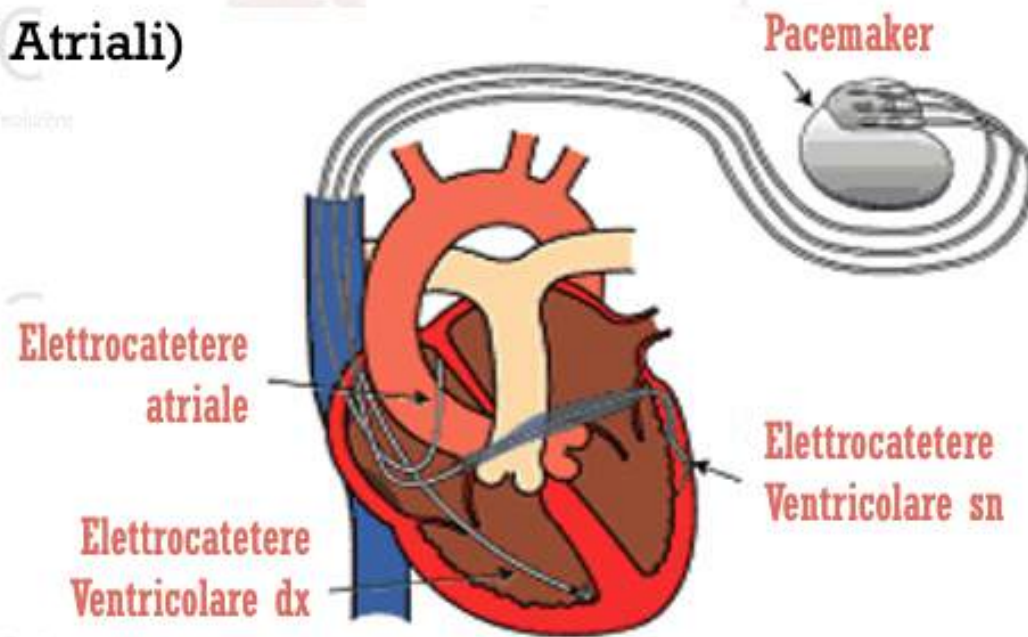


LO SPIKE



TIPI DI PACEMAKER

- Monocamerale (Ventricolare / Atriale)
- Bicamerale
- Biventricolare



TIPI DI PACEMAKER

Pacemaker monocamerale

Presenza di un solo elettrocatetere in atrio dx (auricola, parete libera o setto interatriale) o ventricolo dx (apice o tratto di efflusso/setto interventricolare). Sensing e pacing in una sola camera (atrio o ventricolo).

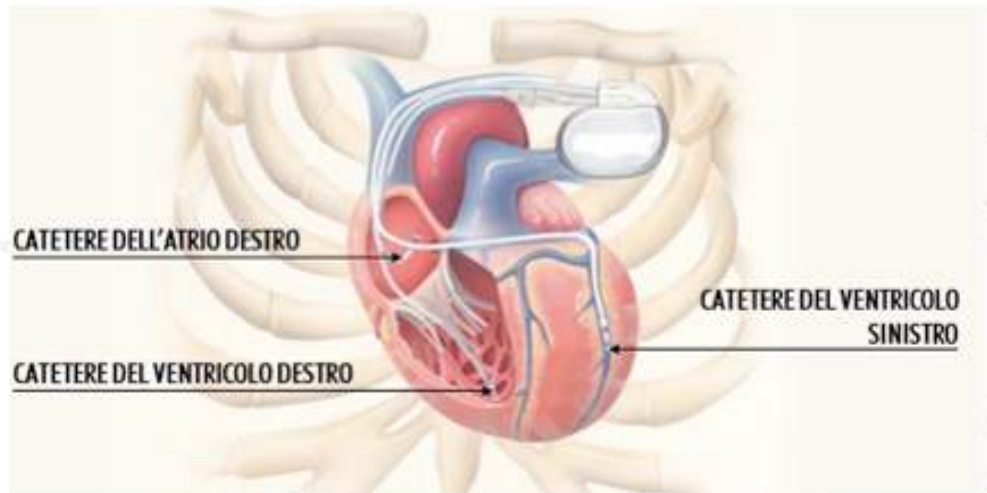
Pacemaker bicamerale

Presenza di due elettrocateteri, uno posizionato in atrio dx e uno posizionato in ventricolo dx (apice o tratto di efflusso/setto interventricolare). Sensing e pacing in entrambe le camere.

Pacemaker biventricolare

Presenza di tre cateteri:

- uno posizionato in atrio dx;
- uno posizionato in ventricolo dx;
- uno posizionato, attraverso il seno coronarico e una vena cardiaca, sulla parete del ventricolo sn.



Lo scopo è quello di ripristinare il corretto sincronismo contrattile dei due ventricoli (interventricolare) e tra atrio e ventricolo sn (atrioventricolare).



LE MODALITÀ DI STIMOLAZIONE

- Per poter permettere un riconoscimento immediato delle caratteristiche principali di un pacemaker le modalità di stimolazione sono state classificate secondo un codice internazionale, il codice NASPE/BPEG *.
- Questo codice prevedeva inizialmente una classificazione a tre (I, II, III) lettere, successivamente, anche in virtù dei progressi tecnologici, si sono aggiunte una quarta e una quinta (IV, V) lettera.

* **NASPE**: North American Society of Pacing and Electrophysiology

BPEG: British Pacing and Electrophysiology Group



CODICE NASPE/BPEG

I Camera stimolata	II Camera sentita	III Modalità di risposta	IV Programmabilità	V Funzione anti-Tachicardica
V - Ventricolo	V - Ventricolo	I - Inibito	0 - Nessuna	0 - Nessuna
A - Atrio	A - Atrio	T - Triggered	P - 2 funzioni programmabili	P - Pacing (ATP)
D - Doppio	D - Doppio	D - Doppio (D + I)	M - 3 funzioni programmabili	S - Shock
0 - Nessuna	0 - Nessuna	0 - Nessuna	C - Comunicazione	D - Duplice (P + S)
S - Single	S - Single		R - Risposta in frequenza	

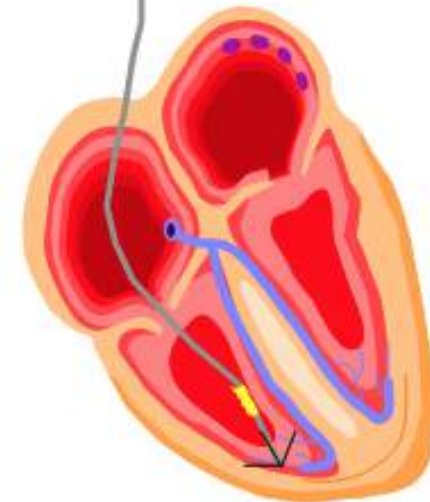


VVI



ALIMENTAZIONE

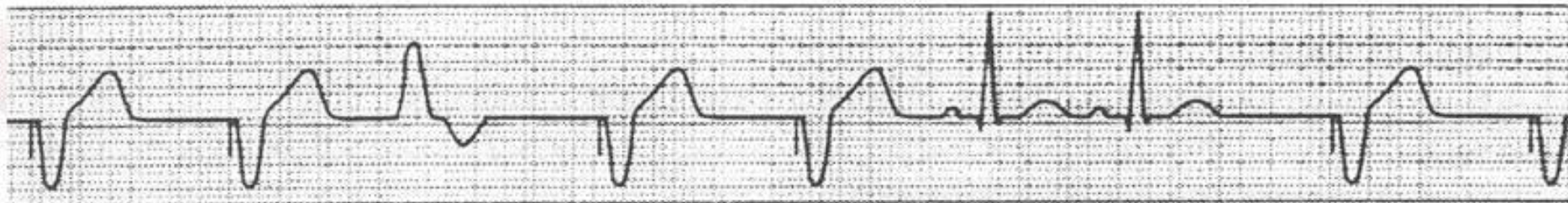
ELETTROCATETERE
VENTRICOLARE



**Stimola il ventricolo al valore
di frequenza programmato.**

**Sente l'attività ventricolare
spontanea e si inibisce.**

Battito stimolato



Battito ectopico ventricolare sentito

Battiti spontanei sentiti



MODALITÀ VVI

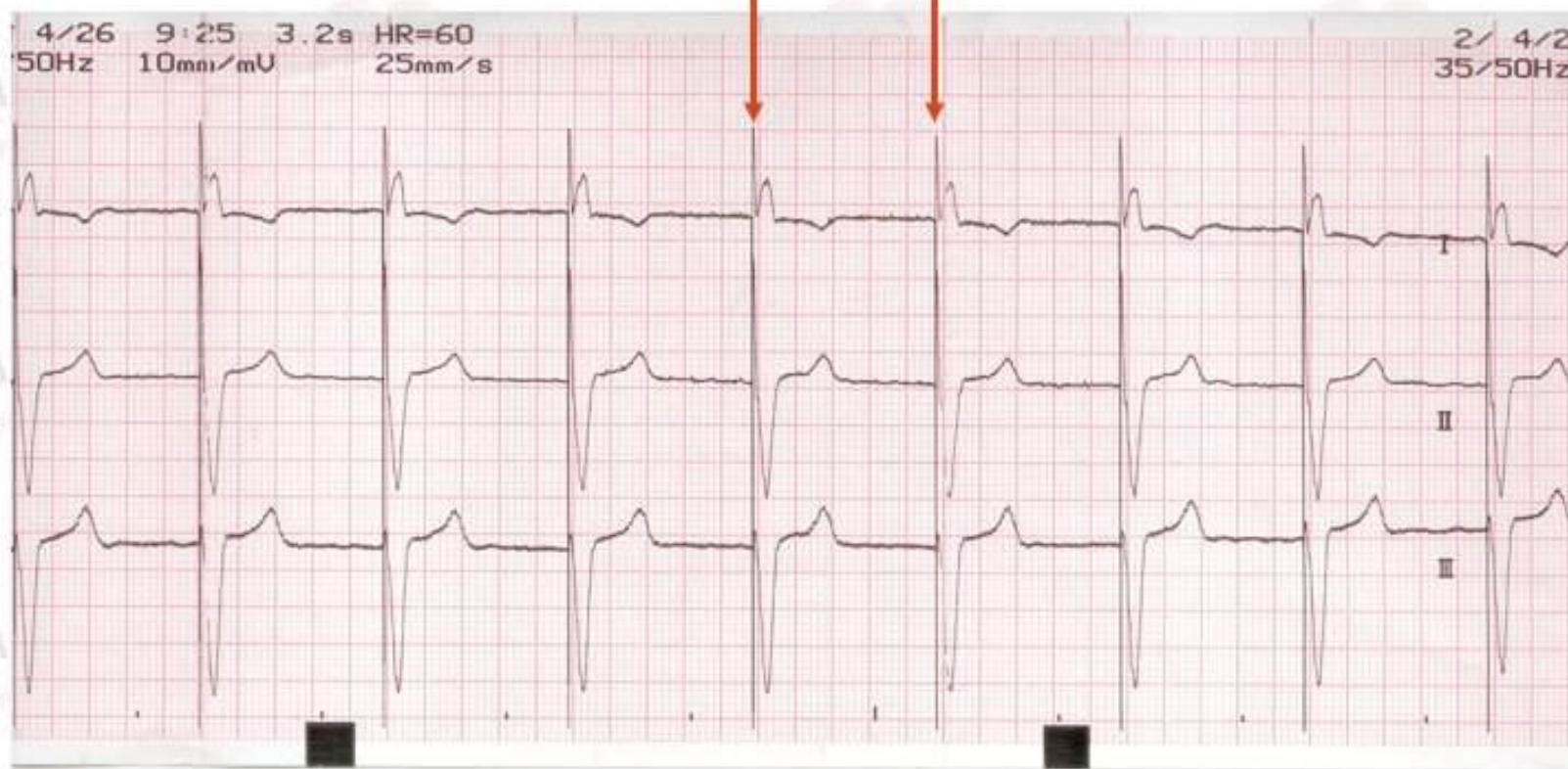


- Se il pacemaker rileva attività ventricolare spontanea si inibisce, interrompe l'intervallo di scappamento e inizia di nuovo a calcolarlo dall'ultimo battito che ha rilevato.
- Se il pacemaker non rileva attività ventricolare spontanea al termine dell'intervallo di scappamento eroga uno stimolo in ventricolo.
- L'**intervallo di stimolazione** definisce l'intervallo di tempo tra due impulsi consecutivi emessi durante una stimolazione in asincrono e corrisponde alla frequenza di stimolazione.
- L'**intervallo di scappamento** descrive l'intervallo tra l'ultimo battito spontaneo e il primo successivo impulso di stimolazione.



VVI

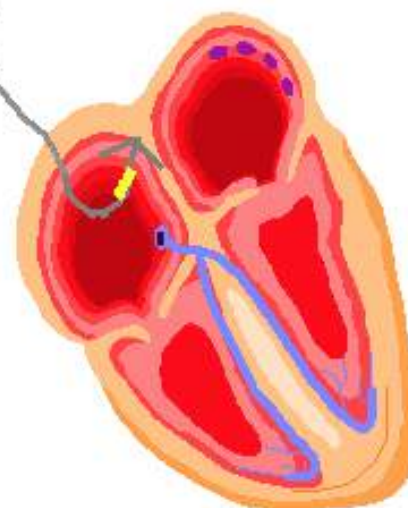
Intervallo di stimolazione



AAI



**ELETTROCATETERE
ATRIALE**

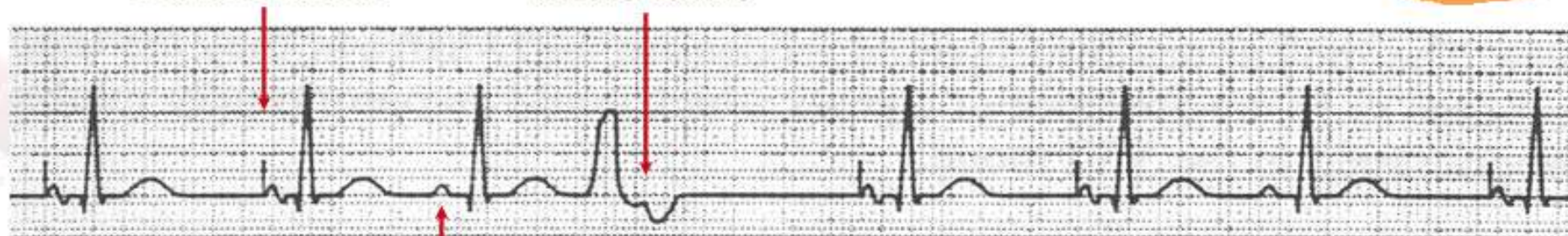


**Stimola l'atrio al valore di
frequenza programmata.**

**Sente l'attività atriale
spontanea e si inibisce.**

Battito stimolato

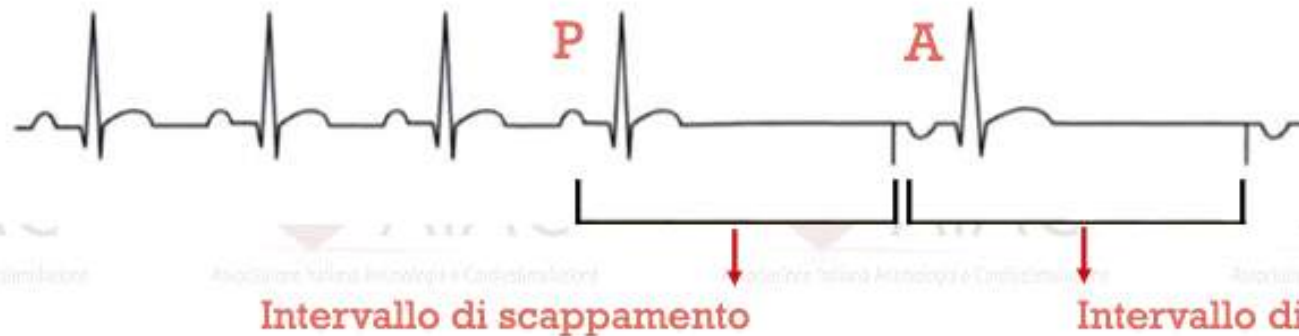
Battito sentito



Battito sentito



MODALITÀ AAI

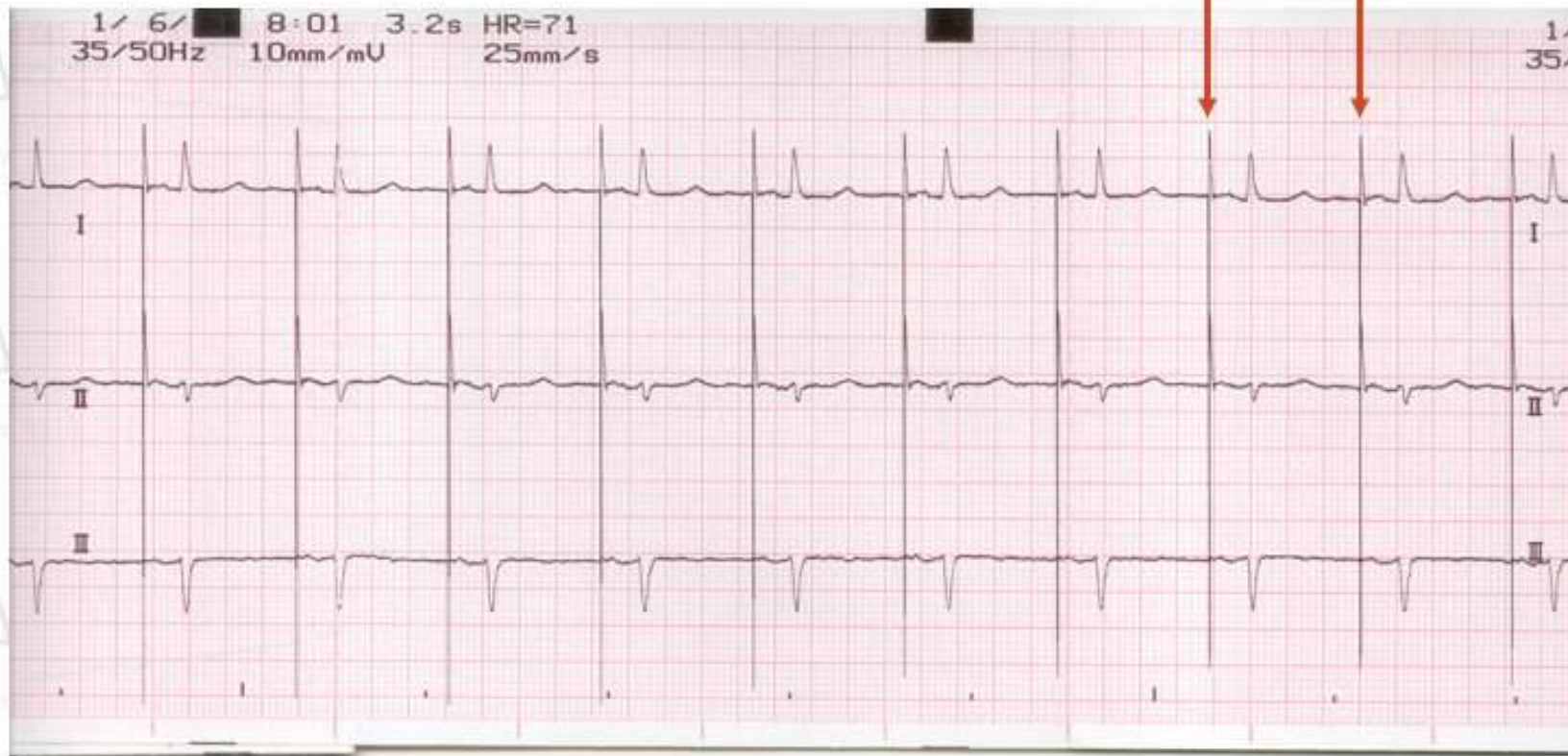


- Se il pacemaker rileva attività atriale spontanea si inibisce, interrompe l'intervallo di scappamento e inizia di nuovo a calcolarlo dall'ultimo battito che ha rilevato.
- Se il pacemaker non rileva attività atriale spontanea al termine dell'intervallo di scappamento eroga uno stimolo in atrio.
- L'**intervallo di stimolazione** corrisponde alla frequenza di stimolazione.
- L'**intervallo di scappamento** descrive l'intervallo tra l'ultimo battito spontaneo e il primo successivo impulso di stimolazione.



AAI

Intervallo di stimolazione

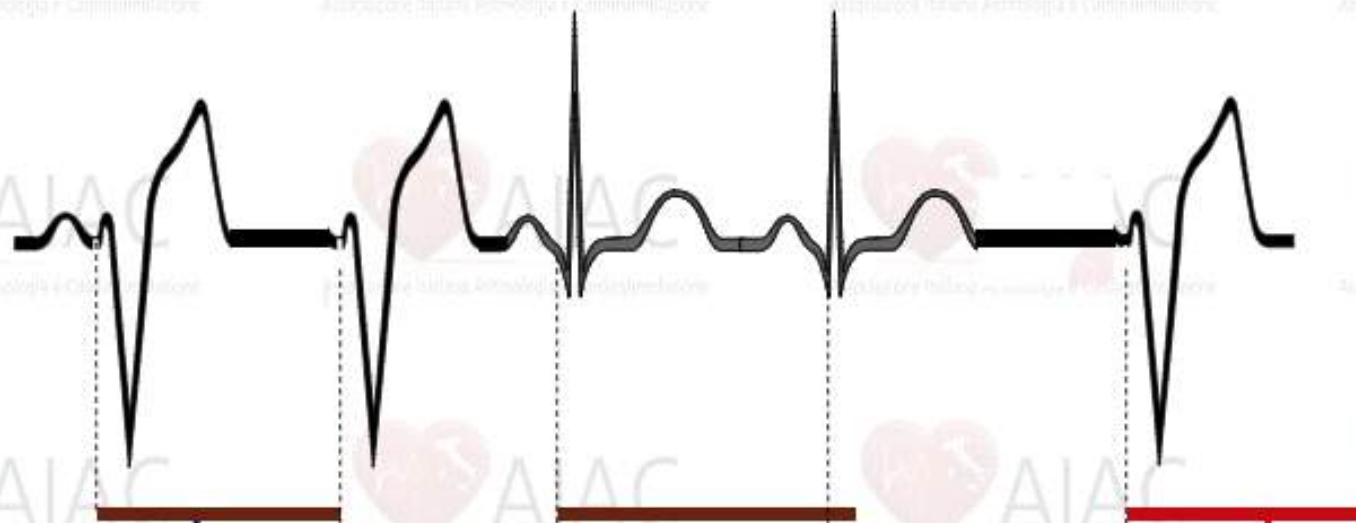


ISTERESI DI FREQUENZA

- È un intervallo aggiunto all'intervallo di stimolazione che segue tutti gli eventi spontanei.
- In presenza di isteresi il PM inizierà a stimolare quando la frequenza intrinseca scende al di sotto della frequenza di isteresi e non della frequenza minima (lower rate).
- Dopo il primo stimolo il PM stimolerà alla frequenza della lower rate fino a che la frequenza spontanea non supererà la lower rate.



ISTERESI DI FREQUENZA



Frequenza base
di stimolazione

All'interno dell'intervallo di isteresi
sente un evento spontaneo e quindi
continua la frequenza di isteresi.

All'interno dell'intervallo di stimolazione sente un
evento spontaneo quindi aggiunge all'intervallo di
stimolazione l'intervallo di isteresi programmato.

All'interno della frequenza di isteresi
non c'è un evento spontaneo e quindi
emette uno stimolo alla frequenza
programmata.



ISTERESI DI FREQUENZA



DDD

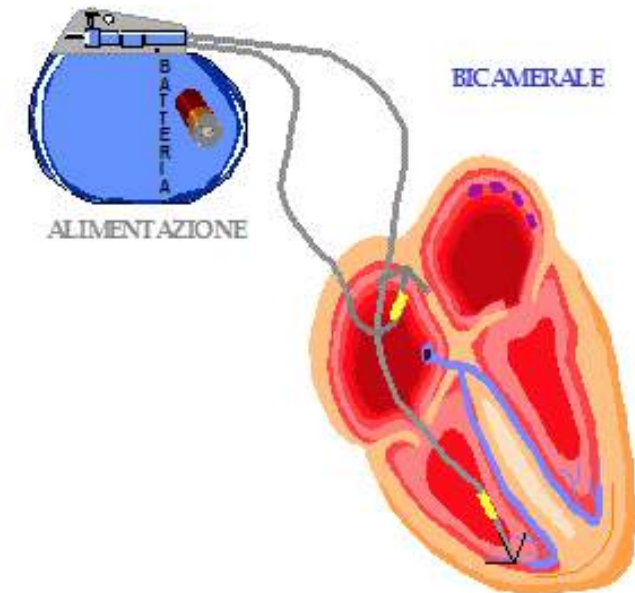
Stimola entrambe le camere.

Sente entrambe le camere e si inibisce in una o entrambe in presenza di ritmo spontaneo.

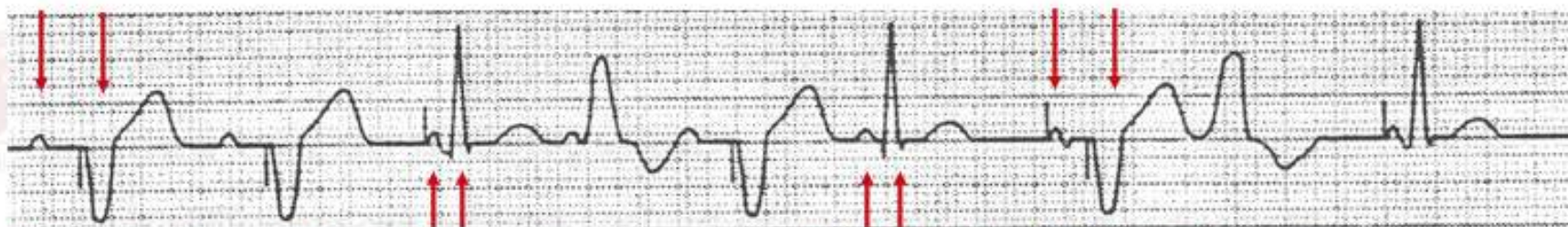
L'attività atriale spontanea sentita inibisce la stimolazione atriale e trascina la stimolazione ventricolare.

L'attività ventricolare spontanea sentita inibisce la stimolazione ventricolare.

La frequenza di stimolazione è regolata dall'atrio entro i valori di fc max e min.



Atrio sentito – Ventricolo stimolato



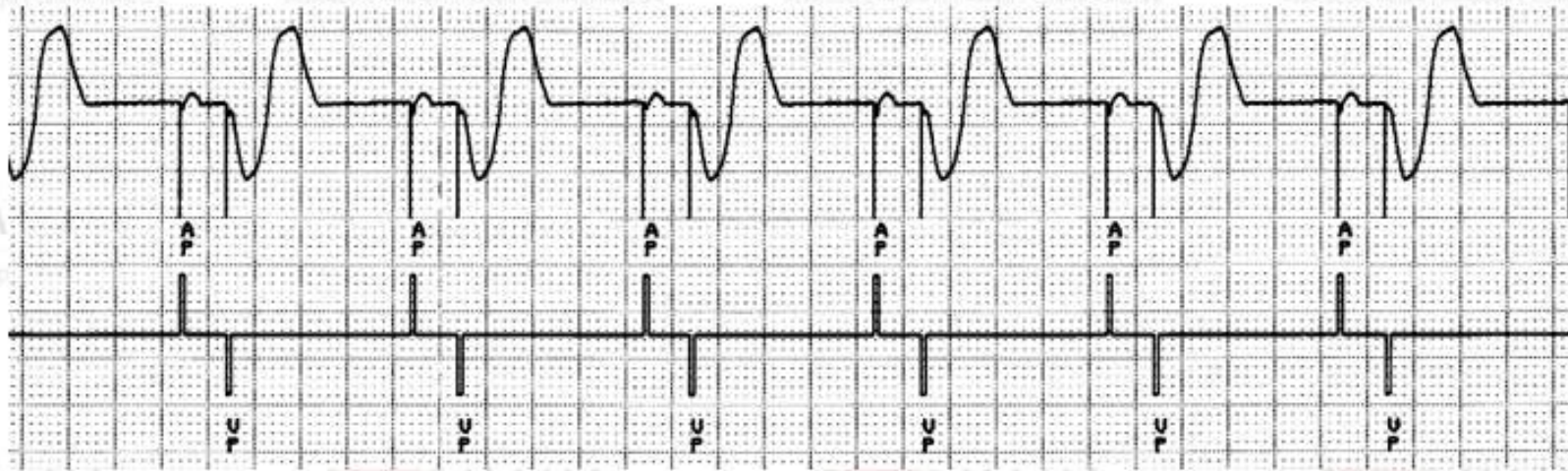
Atrio stimolato – Ventricolo sentito

Atrio stimolato – Ventricolo stimolato

Atrio sentito – Ventricolo sentito



DDD

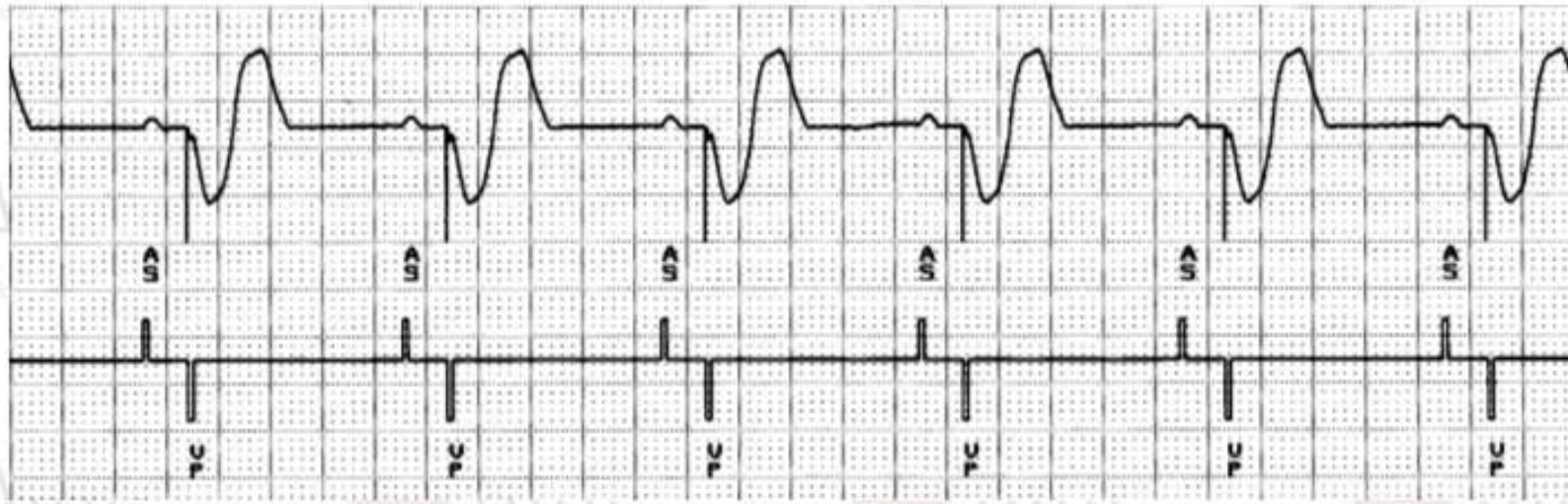


La **stimolazione DDD** si può presentare con diversi quadri. In questo tracciato:

- **D** - Stimolazione in entrambe le camere.
- **D** - Sensing in entrambe le camere (non c'è attività spontanea).
- **D** - La stimolazione atriale induce la stimolazione in ventricolo (Trigger), non c'è inibizione in quanto non è presente attività spontanea.



DDD

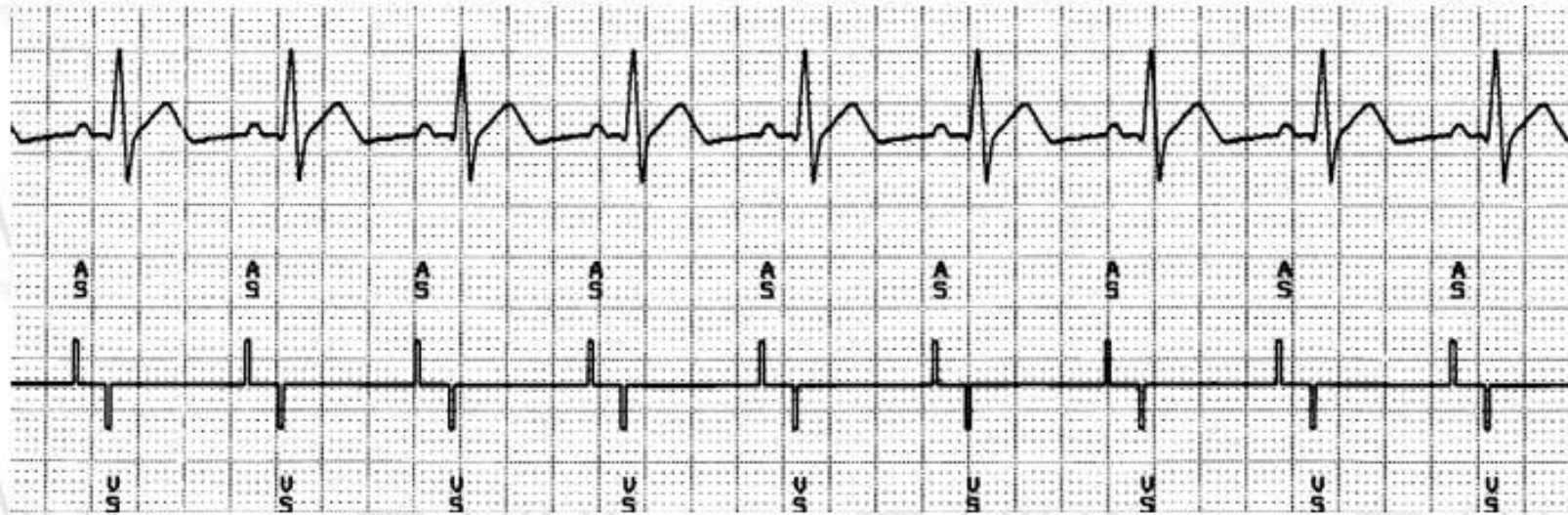


In questo tracciato:

- **D** - Stimolazione nella camera ventricolare.
- **D** - Sensing nella camera atriale.
- **D** - L'attività atriale spontanea trascina la stimolazione in ventricolo (Trigger), l'attività atriale sentita inibisce la stimolazione (Inibizione).



DDD



In questo tracciato:

- **D** - Stimolazione assente.
- **D** - Sensing in entrambe le camere.
- **D** - L'attività atriale e ventricolare spontanea inibisce la stimolazione (Inibizione).



INTERVALLO AV

- Rappresenta il ritardo temporale programmabile tra un evento atriale, sentito o stimolato, e il seguente evento ventricolare stimolato.
- Esiste un AV dopo atrio sentito (SAV) e un AV dopo atrio stimolato (PAV), di solito un po' più lungo.

Range programmabile:
30 - 350 ms

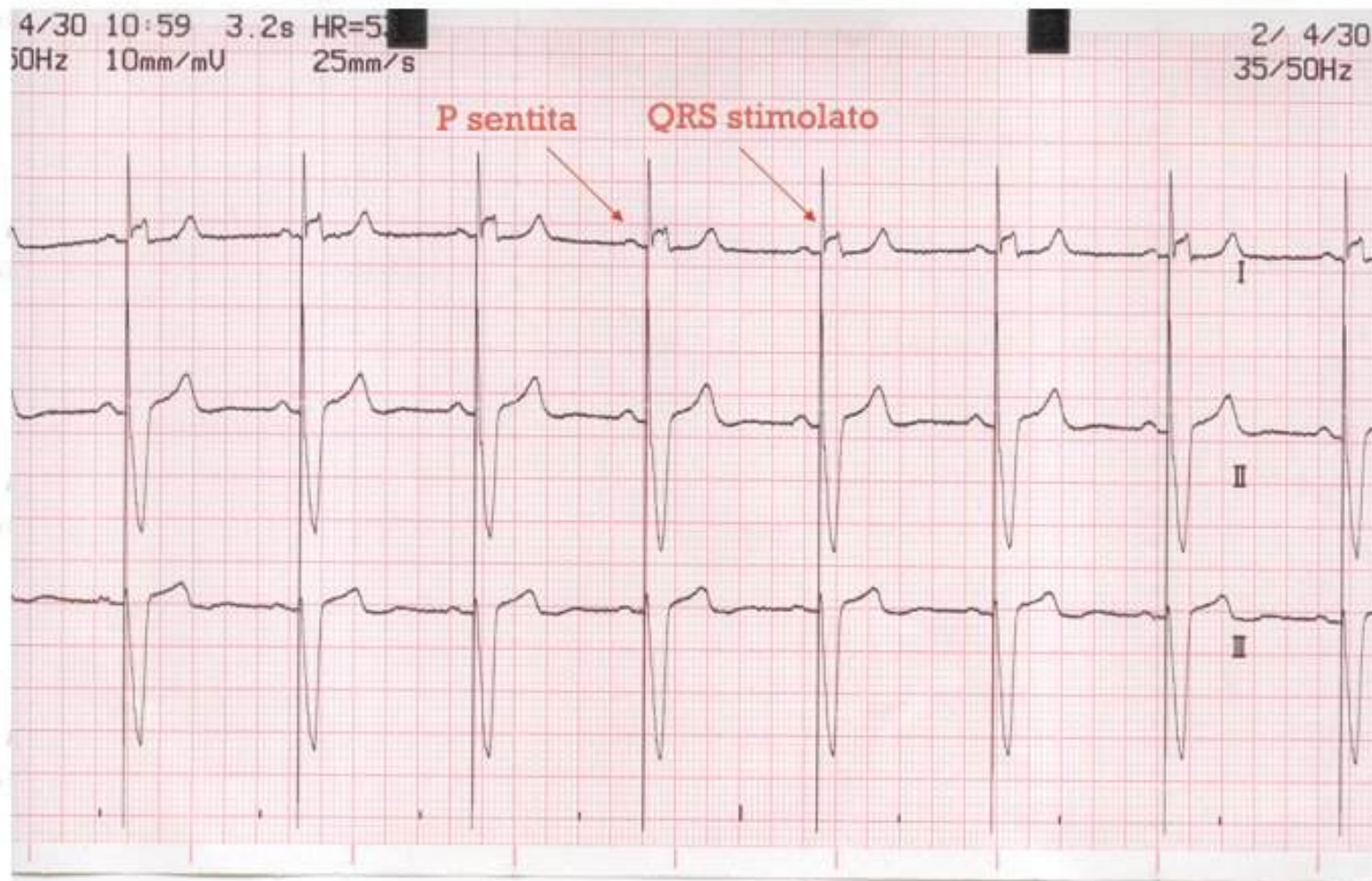


VDD

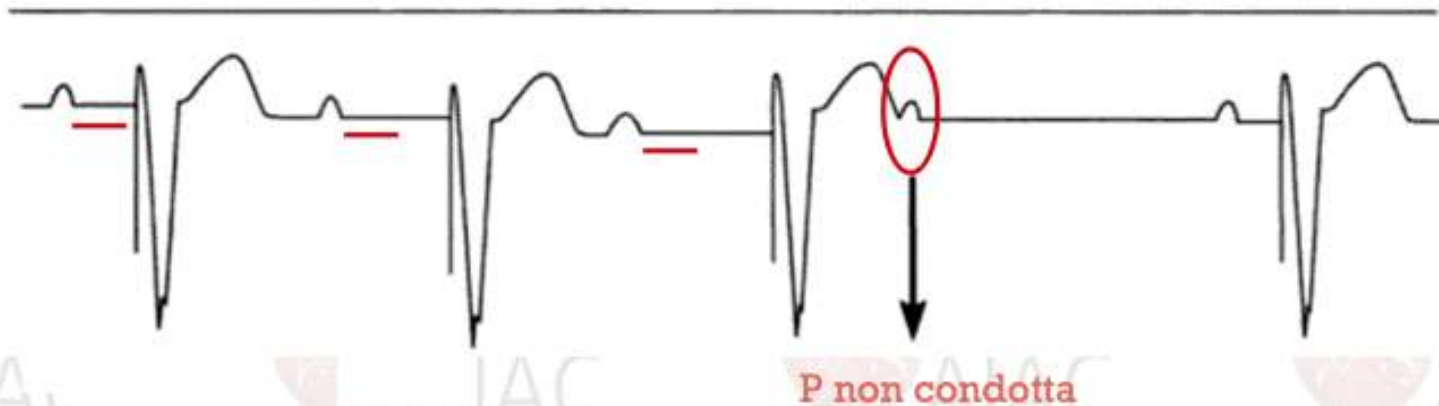
- **Stimolazione nella sola camera ventricolare.**
- **Sensing in entrambe le camere ma si inibisce solo in presenza di ritmo ventricolare spontaneo.**
- **La fc di stimolazione viene regolata dall'atrio fino alla fc massima programmata; superata questa si ha un comportamento analogo al fenomeno di Luciani-Wenckebach.**
- **In assenza di attività atriale stimola il ventricolo alla frequenza di base in modalità VVI.**



VDD



COMPORTAMENTO ALL'UPPER RATE O FUNZIONE DI LUCIANI-WENCKEBACH



La frequenza massima è la frequenza più alta alla quale un pacemaker può stimolare il ventricolo e seguire la frequenza atriale con rapporto AV 1:1. È un parametro programmabile. Quindi nel caso in cui la frequenza atriale superi la frequenza massima programmata si instaura un comportamento simile al periodismo di Luciani-Wenckebach mantenendo la frequenza ventricolare entro i limiti di frequenza massima. L'aumento della frequenza atriale al di sopra della frequenza massima induce un allungamento progressivo dell'intervallo P-V, dopo alcuni cicli un'onda P cade nel PVARP e non viene condotta.



Il ciclo ventricolare rimane stabile

Un'onda P cade nel periodo refrattario

Se l'intervallo PP è inferiore al ciclo minimo di stimolazione, il PM ritarda l'emissione dello stimolo ventricolare successivo al fine di rispettare il valore di RR minimo.

Questo inevitabilmente determina allungamento del PR.



COMPORTAMENTO ALL'UPPER RATE O FUNZIONE DI LUCIANI-WENCKEBACH

L'onda P cade nel periodo refrattario (PVARP)

Il pm emette lo stimolo ventricolare in ritardo rispetto all'atrio ma rispetta il valore di RR minimo, infatti il ciclo del ventricolo resta costante di 543 ms



DDI

- **Stimolazione in entrambe le camere a frequenza fissa.**
- **Sensing in entrambe le camere e inibizione se presente attività spontanea.**
- **Il sincronismo AV è mantenuto solo durante stimolazione atriale alla fc minima programmata (o a frequenze più elevate in presenza di funzione rate responsive); superata questa il PM si comporta come un VVI e un AAI, determinando quindi una dissociazione Atrio-Ventricolo.**



DDI

Attività atriale e ventricolare dissociate



Alla frequenza programmata
stimola atrio e ventricolo
in maniera sequenziale

La frequenza atriale aumenta

P seguita da stimolo atriale in
quanto cade nel periodo refrattario

P stimolata



RISPOSTA IN FREQUENZA

- I pacemaker **non rate responsive** stimolano ad una frequenza fissa indipendentemente dal fatto che il paziente sia a riposo o stia svolgendo attività fisica.
- I pacemaker **rate responsive** invece (quarta lettera del codice NASPE/BPEG – R) sono in grado modificare la frequenza di stimolazione in risposta alla necessità del paziente.
- La funzione **rate responsive** viene utilizzata nei pazienti in cui la frequenza cardiaca spontanea non è in grado di aumentare in modo appropriato in risposta all'esercizio (incompetenza cronotropa).
- La funzione **rate responsive** cerca di garantire un adattamento della frequenza cardiaca simile a quello fisiologico.
- Questo adattamento si verifica per mezzo di sensori incorporati nella cassa del dispositivo in grado di rilevare le variazioni del fabbisogno fisico e metabolico del paziente.

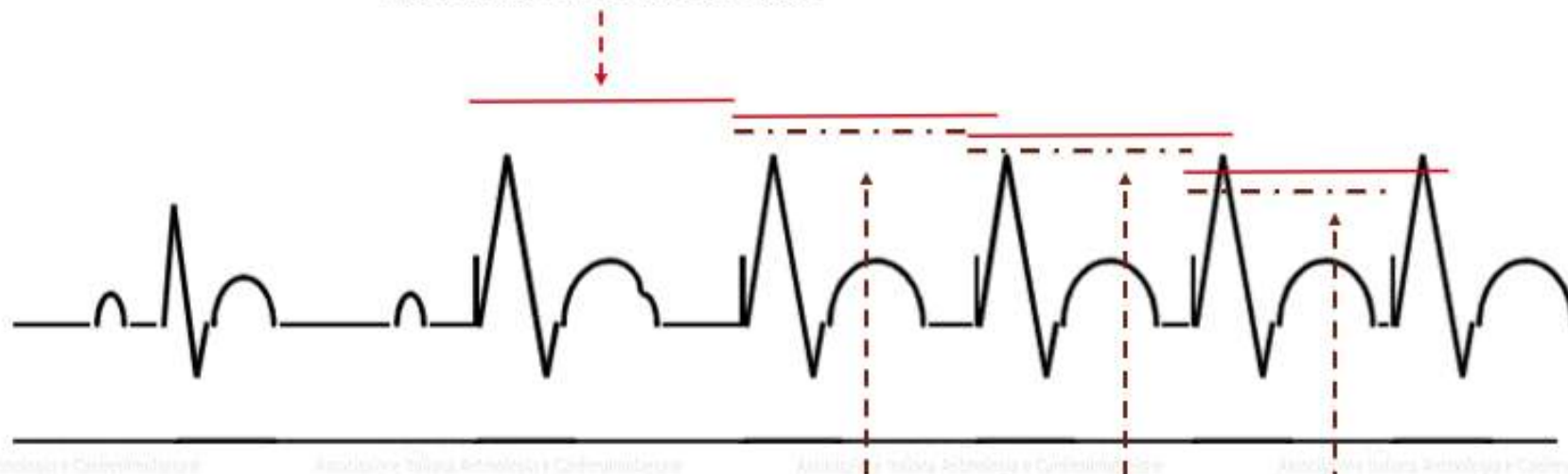
Esistono diversi tipi di sensori:

- ☐ Attività o movimento.
- ☐ Ventilazione/minuto.
- ☐ Impedenza cardiaca.
- ☐ Accelerazione di picco endocardica.



VVIR

Intervallo di stimolazione



Accorciamento dell'intervallo di stimolazione
in seguito all'azione del sensore di attività.

L'attivazione del sensore di attività induce un progressivo accorciamento dell'intervallo di stimolazione ventricolare.



DDDR

Intervallo di stimolazione



Accorciamento dell'intervallo di stimolazione
in seguito all'azione del sensore di attività

L'attivazione del sensore di attività induce un progressivo accorciamento dell'intervallo di stimolazione atriale che è seguito dalla stimolazione ventricolare dopo l'intervallo AV programmato.



V00 - A00 - D00

- Stimolazione fissa alla frequenza programmata
- Nessuna attività di sensing e quindi nessuna risposta
- Funzionamento asincrono indipendente da eventuale attività spontanea

La modalità asincrona non è una modalità di stimolazione normalmente usata per la programmazione definitiva di un pacemaker. La si può utilizzare in un paziente in blocco totale che deve essere sottoposto a procedura a rischio di interferenza elettromagnetica (radioterapia, RMN), viene inoltre utilizzata durante l'esecuzione di alcuni test come impedenza degli elettrocateteri, stato batteria. Posizionando un magnete sopra un pacemaker si disattiva il circuito di ingresso e quindi il pacemaker non è più in grado di «sentire» e stimola in una o entrambe le camere a una frequenza fissa, tipica di ogni costruttore.

Attenzione: un magnete posizionato sopra un defibrillatore non ha nessun effetto sulla parte bradi ma disattiva il riconoscimento delle tachiaritmie impedendo quindi al defibrillatore, in caso di aritmia, di intervenire.

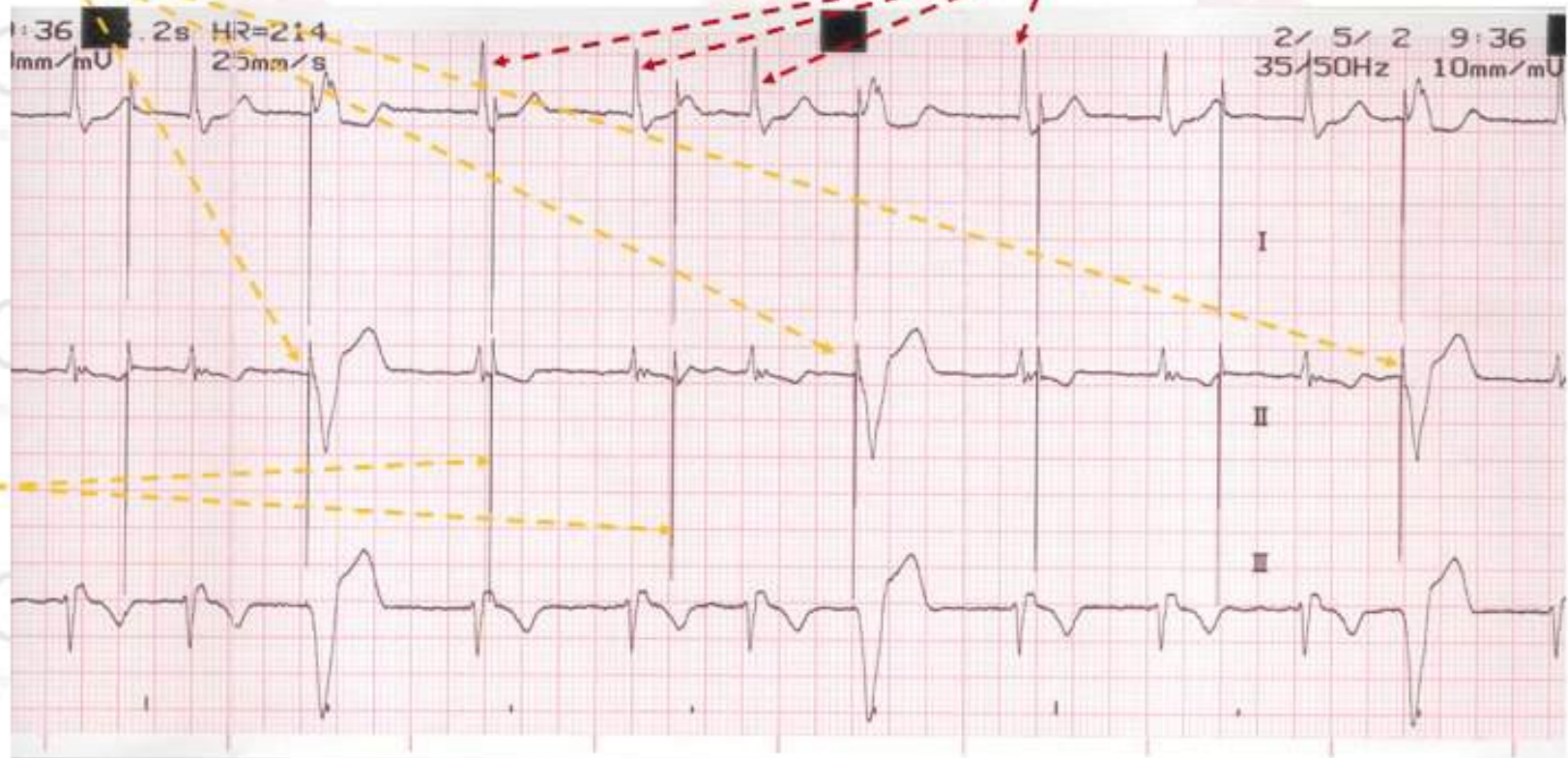


MODALITÀ MAGNETE: V00

Battiti catturati

Ritmo intrinseco non sentito:
assenza di sensing

Spike che cadono
nel periodo
refrattario del
ventricolo



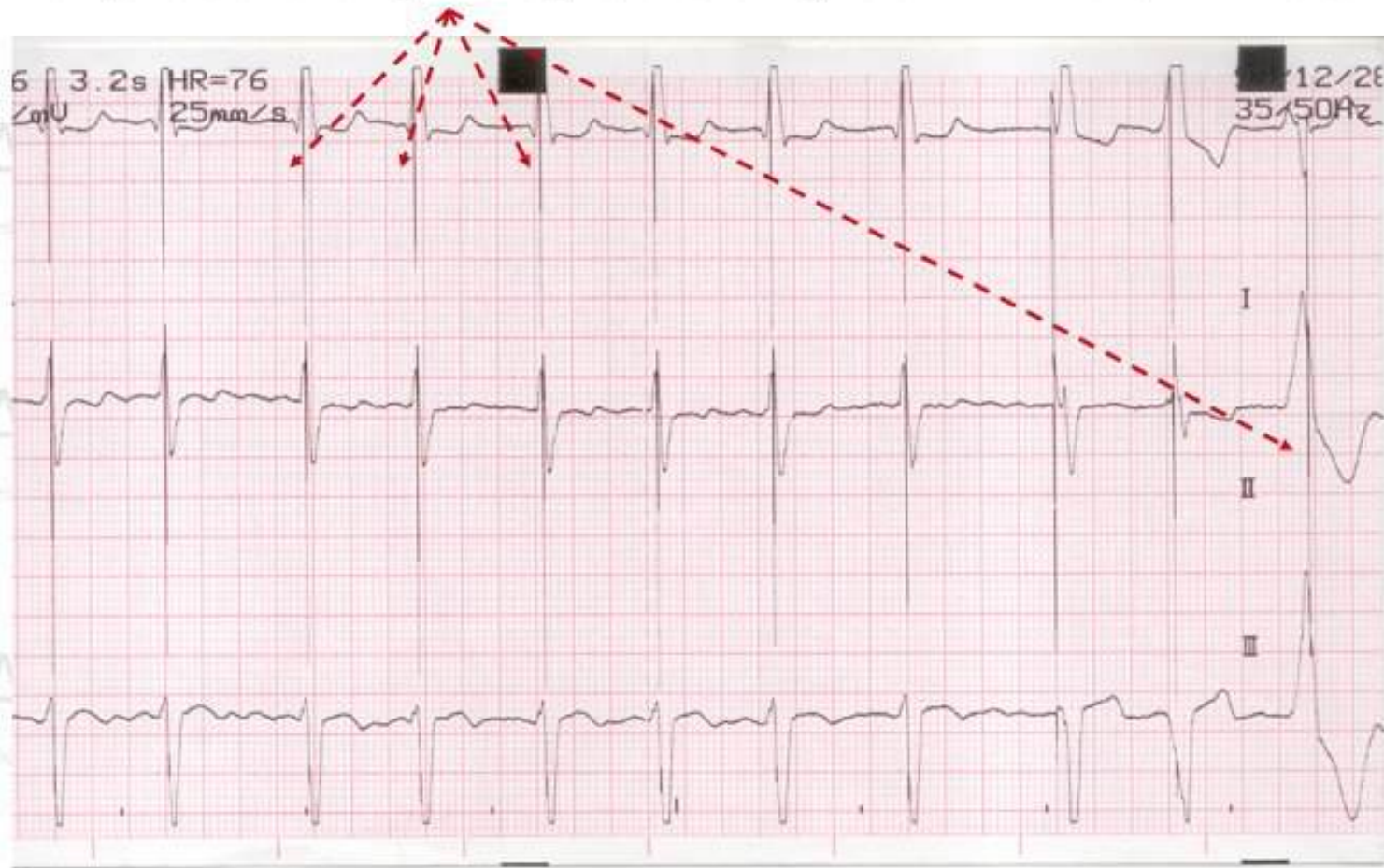
VVT – AAT O MODALITÀ TRIGGERATA

- Modalità triggerata o sincronizzata.
- In presenza di ritmo spontaneo il PMK si sincronizza sul battito spontaneo (P o R).
- In assenza di attività spontanea il PMK stimola alla fc programmata.
- Il PMK eroga sempre lo spike (fino alla frequenza massima programmata).
- La modalità VVT veniva utilizzata principalmente nella stimolazione monopolare per evitare inibizione da miopotenziali nei pazienti pacemaker dipendenti.
- Alcuni costruttori utilizzavano la stimolazione triggerata durante test di sensing.



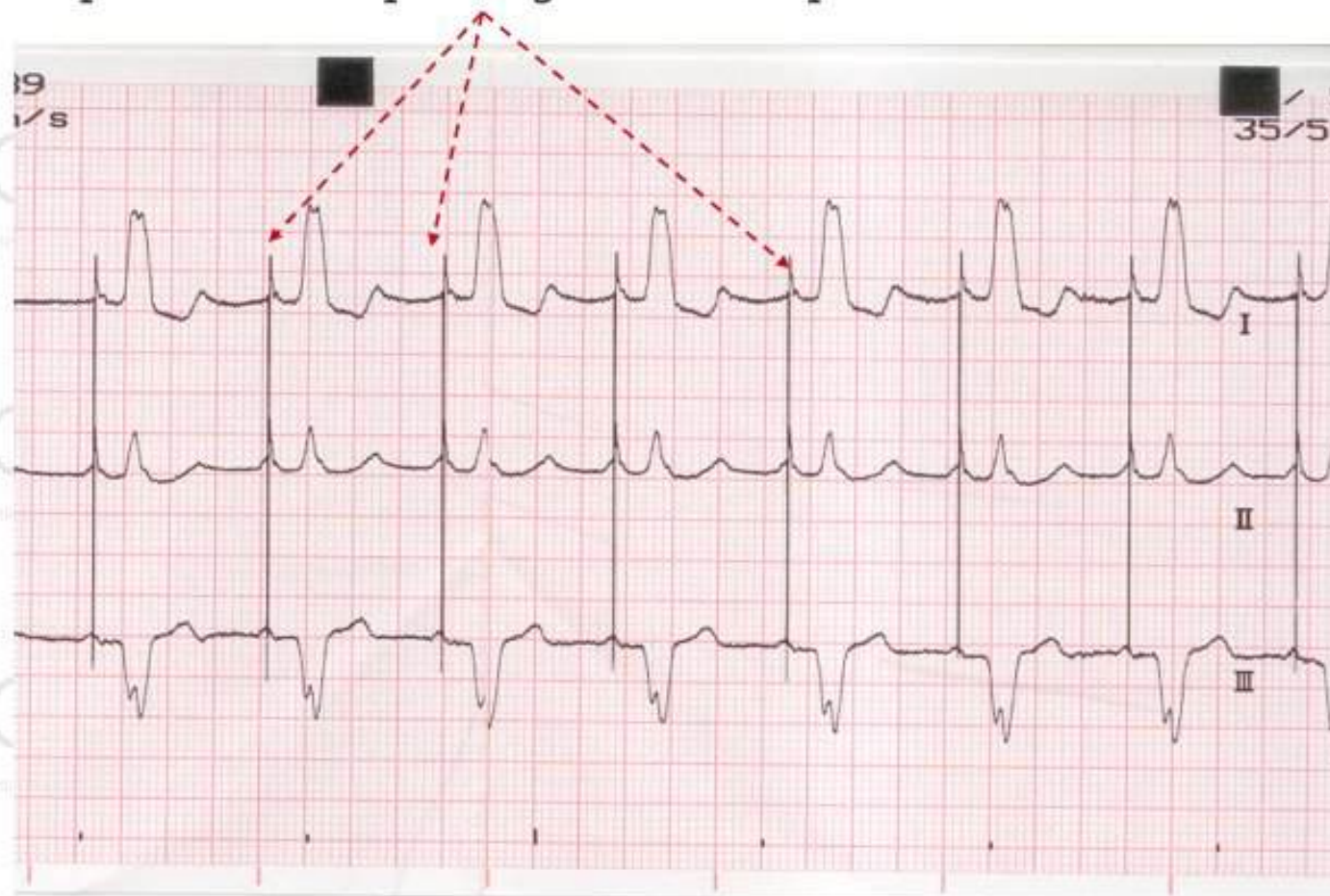
VVT

Lo spike viene sempre erogato anche in presenza di ritmo intrinseco



AAT

Lo spike viene sempre erogato anche in presenza di ritmo intrinseco



CRT **(TERAPIA DI RESINCRONIZZAZIONE CARDIACA)**

La stimolazione biventricolare, o CRT, è indicata nel trattamento dei pazienti con miocardiopatia dilatativa, in cui sussiste una condizione di diffusa fibrosi interstiziale con conseguente rallentamento della propagazione dell'impulso elettrico con ritardi variabili di attivazione delle diverse aree di miocardio.

Questo comporta la comparsa di asincronie di contrazione:

- ☐ Atrioventricolare
- ☐ Interventricolare
- ☐ Intraventricolare

All'ECG di superficie si avrà:

- ☐ QRS slargato
- ☐ P-Q aumentato
- ☐ BBSn



MODIFICAZIONI ALL'EKG DI SUPERFICIE

La stimolazione biventricolare comporta una modificazione della morfologia, dell'ampiezza e dell'asse del QRS.

Le derivazioni elettrocardiografiche che si prestano meglio a evidenziare le modificazioni dell'asse elettrico indotte dal pacing sono DI e DIII.

Nella stimolazione biventricolare si avranno QRS negativi in DI e DIII.

Stimolazione biventricolare

Complessi QRS negativi in DI e DIII



Nella stimolazione apicale dx non ci sono mai deflessioni negative in DI

Stimolazione dx



COME VALUTARE LA CATTURA NELLA CRT

In un tracciato di un dispositivo CRT ci sono dei segni elettrocardiografici che possono guidare alla valutazione della effettiva cattura a dx e a sn:

- una piccola onda Q in DI è predittiva di effettiva cattura biventricolare;
- V1 positiva è predittiva di cattura biventricolare;
- un aumento di positività in DI e di negatività in DIII (rispetto ad un precedente ECG) è indicativo di stimolazione dx e quindi può indicare perdita di cattura a sn;
- un aumento di positività in DIII e di negatività in DI (rispetto ad un precedente ECG) è indicativo di stimolazione sn e quindi può indicare perdita di cattura a dx.

Queste caratteristiche possono aiutare durante l'esecuzione del test di soglia di stimolazione.

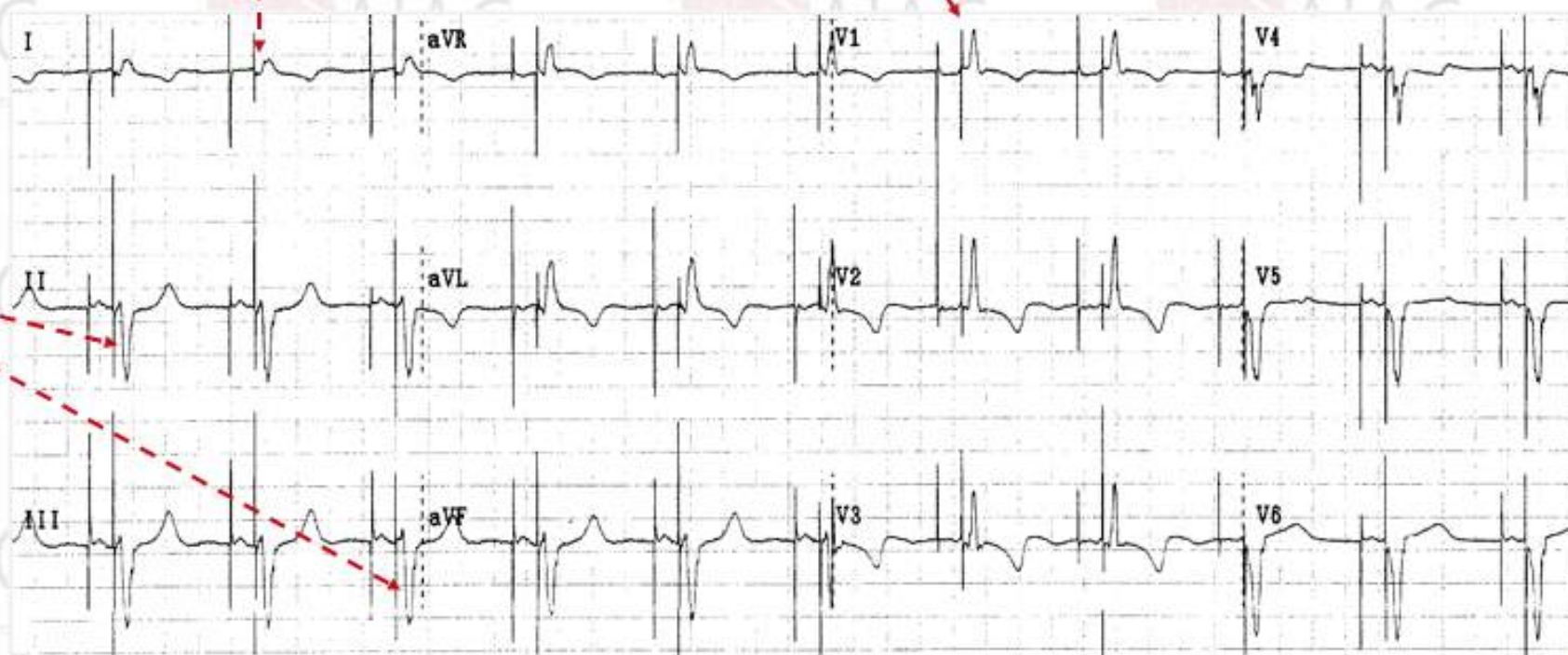


STIMOLAZIONE BIVENTRICOLARE

D1: Onda Q iniziale

V1 positiva

QRS stretto





CATTURA BIVENTRICOLARE

Cattura dx: perdita di cattura a sn

CATTURA BIVENTRICOLARE



Cattura sn: perdita di cattura a dx

RITMO SPONTANEO: BBSN



QRS slargato

Alterazioni della
ripolarizzazione.
L'onda T è invertita
rispetto ai QRS.

QRS bifido in V5 e V6



DOPO LA CRT: STIMOLAZIONE BIVENTRICOLARE



Onda Q in DI



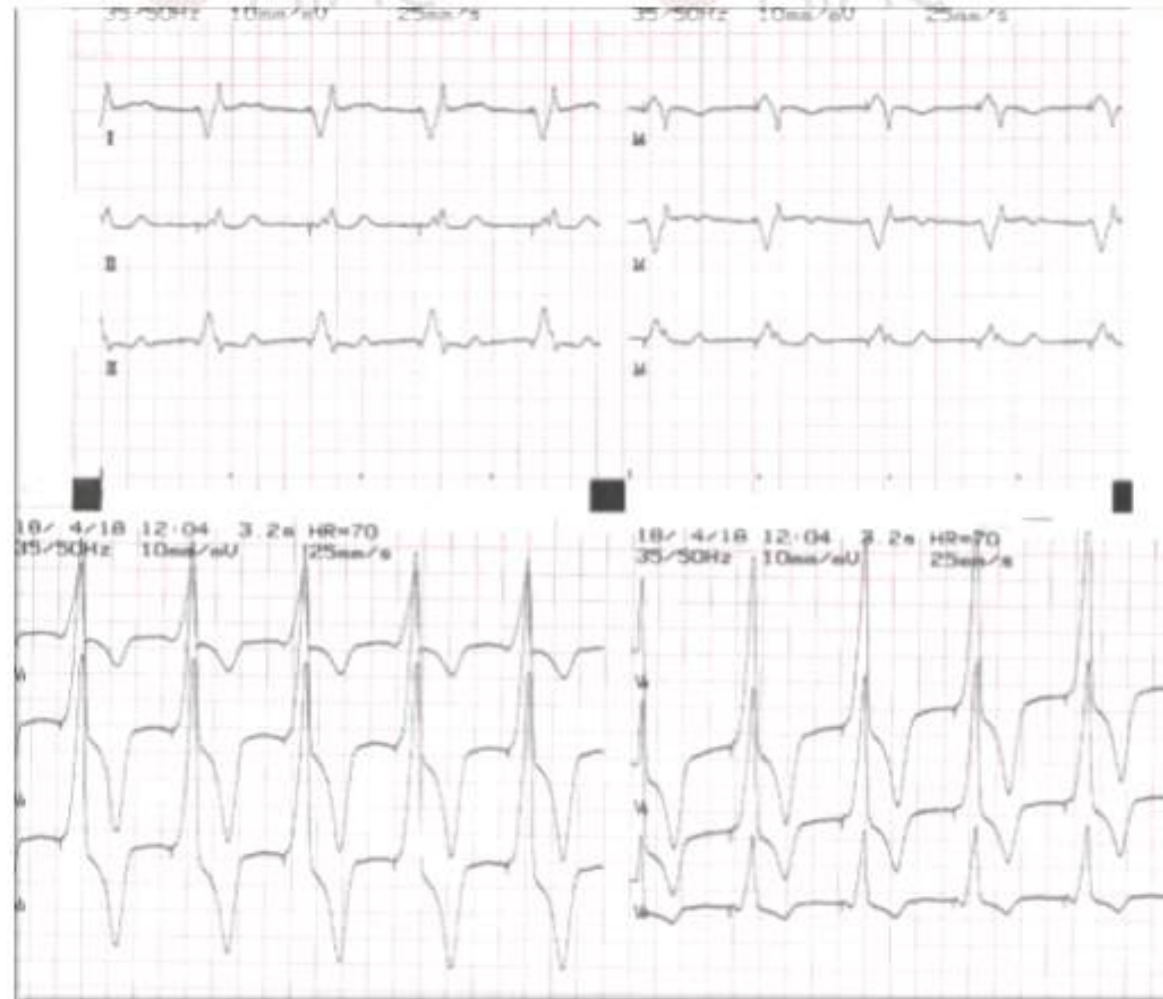
QRS stretto



STIMOLAZIONE DESTRA SETTALE

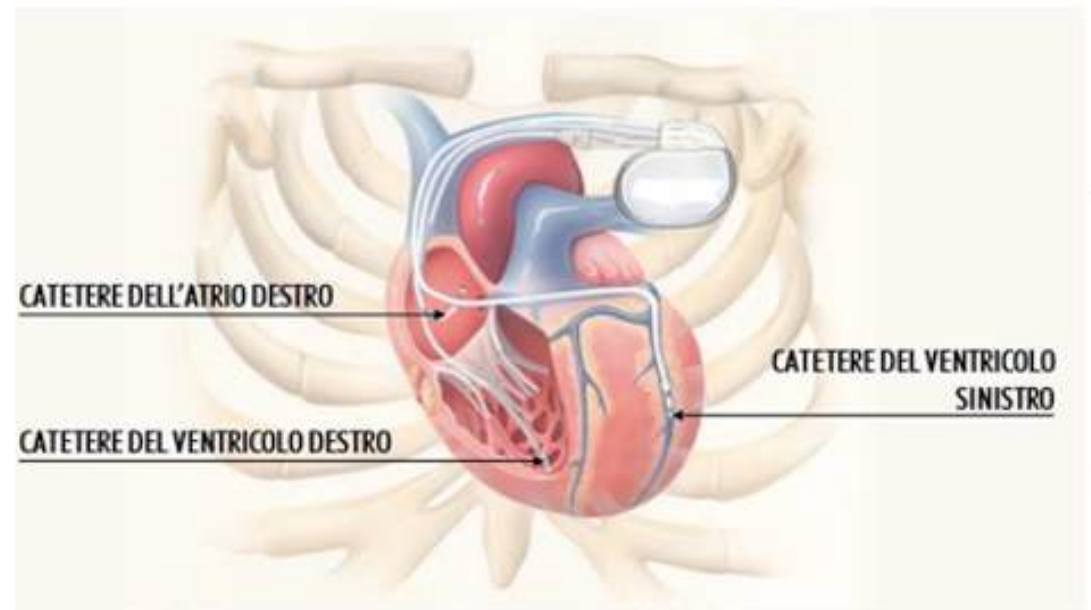


STIMOLAZIONE SINISTRA



VARIABILITÀ NELLA MORFOLOGIA DELL'ECG

La morfologia dell'ecg in corso di stimolazione biventricolare presenta tuttavia un'ampia variazione interindividuale non solo in rapporto alla sede di stimolazione ventricolare sn (anteriore, posteriore, laterale) ma anche alla sede di stimolazione ventricolare dx (apice, setto basso, setto alto, tratto di efflusso).



PACEMAKER MONOCAMERALI, BICAMERALI E CRT: MODALITÀ DI STIMOLAZIONE

Fine del modulo

A cura di:

Loredana Morichelli

Ospedale San Filippo Neri, Roma

