

FUNZIONAMENTO DEGLI ICD: ALGORITMI DI DISCRIMINAZIONE

A cura di:

Guido De Ambroggi

Centro di Ricerca Aritmologia Clinica ed Elettrofisiologia
Humanitas Research Hospital, Milano



LOGICA/FUNZIONAMENTO DI UN ICD

Algoritmi di discriminazione

- Sensing adattativo
- Cut Off
- Durata
- Riconferma



- ATP
- CVE
- Shock

Algoritmi di
discriminazione



DISCRIMINATORI

In caso di aritmia sostenuta riconosciuta in finestra VT, il defibrillatore può effettuare una diagnosi differenziale tra aritmia ventricolare/sopraventricolare utilizzando gli algoritmi di discriminazione.

I discriminatori hanno funzione di inibire o accelerare erogazione terapie.

In caso di diagnosi di aritmia sopraventricolare le terapie non vengono erogate; funzione monitor e riconoscimento permangono attivi.

Se aritmia si sostiene oltre un tempo determinato (SRD: Sustained Rate Duration) le terapie vengono erogate ugualmente.

In finestra FV non possono essere attivati discriminatori.



DISCRIMINATORI

- **Onset:** valuta l'insorgenza dell'aritmia (improvviso o graduale)
- **Stability:** valuta la regolarità o irregolarità dell'aritmia
- **Wavelet:** valuta la morfologia del segnale

Nei dispositivi bicamerali sono attivi anche:

- **Rapporto V/A:** raffronta frequenza V e A
- **A-fib:** riconoscimento di FA in base a frequenza atriale

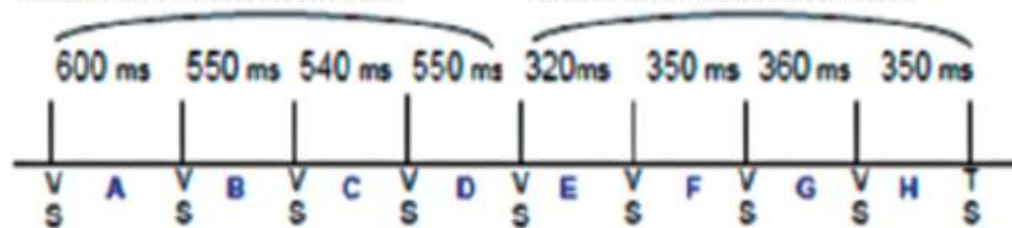


DISCRIMINATORI: **ONSET**

Ideato per evitare di erogare terapie su Tachicardie sinusali

Identifica la coppia di intervalli adiacenti dove la lunghezza del ciclo decrementa maggiormente (battito riferimento) e determina se questa è uguale o maggiore del valore di ONSET programmato.

compara ulteriori intervalli con la frequenza media pre-tachicardia, per assicurarsi che la frequenza cardiaca sia effettivamente accelerata più del valore di ONSET e quindi che l'insorgenza dell'aritmia sia stata improvvisa.



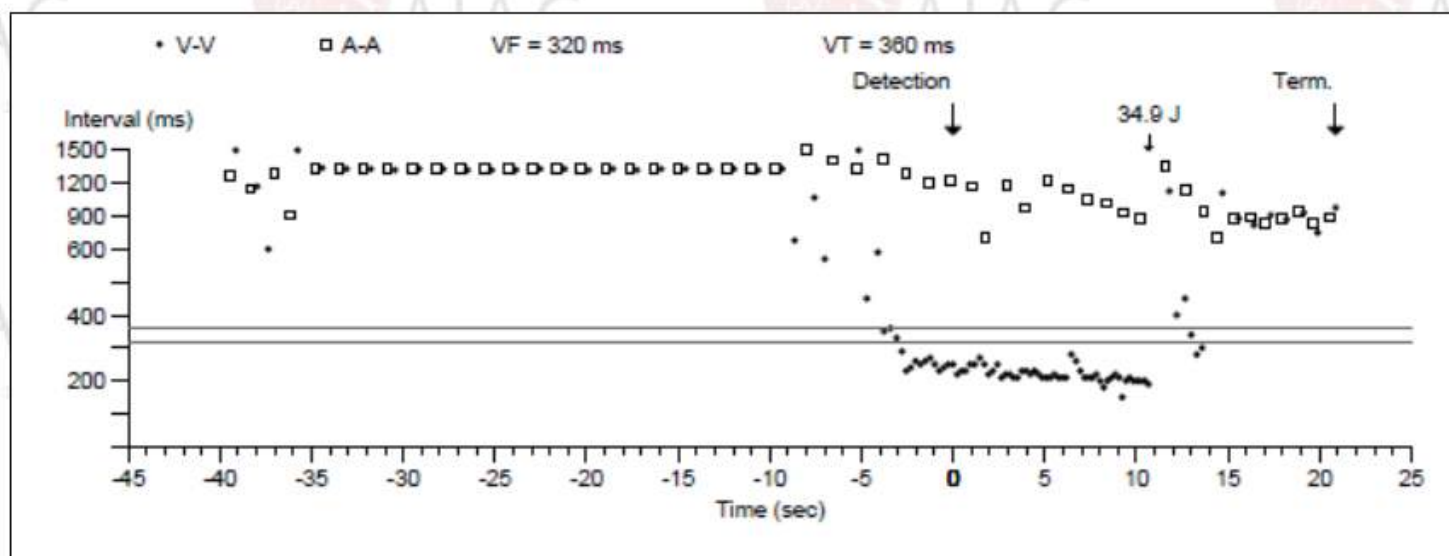
Insorgenza improvvisa → **Terapia Sì**

Insorgenza graduale → **Terapia No**



ONSET IMPROVVISO

Un esempio

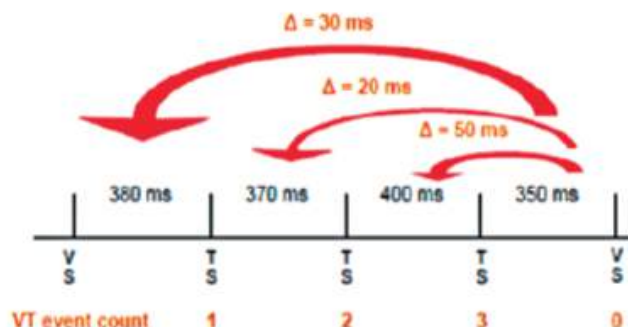


DISCRIMINATORI: STABILITY

Ideato per evitare di erogare terapie su FA ad elevata risposta ventricolare

La **STABILITÀ** analizza ogni battito durante la DURATA per determinare la variazione media del ritmo.

Calcola le variazioni battito-battito e la variazione media, aggiornandola a ogni ciclo durante la durata.



Example:

Stability programmed at 40 ms : the difference between 4th and 3rd intervals is 50 ms :

-> Unstable rhythm and VT event count reset to 0.

PROGRAMMING RECOMMENDATION :

Nominal value : 40 ms

*Variabilità media RR < valore stabilità programmato: stabile → **Terapia Sì***

*Variabilità media RR > valore stabilità programmato: irregolare → **Terapia No***

In casi particolari la Stability può essere programmata come acceleratore di terapie: es. inibire ATP e passare direttamente a Shock.



DISCRIMINATORI: POSSIBILI ERRORI

Onset

Mancato riconoscimento:

- TV che insorgono in corso FA o tachicardie sopraventricolari
- TV precedute da frequente extrasistolia o bigeminismo ventricolare
- TV molto lente

Riconoscimento errato:

- Tachicardie parossistiche sopraventricolari

Stability

Mancato riconoscimento:

- TV polimorfa a bassa frequenza con RR instabile

Riconoscimento errato:

- Flutter atriale o TA a conduzione stabile (es 2:1)
- FA a conduzione rapida con variabilità RR minore del valore soglia
- Tachicardie parossistiche sopraventricolari



DISCRIMINATORI: **WAVELET**

**Ideato per accrescere la specificità nel riconoscimento delle TV
basato solo sui discriminatori di frequenza**

Tale criterio si basa sull'analisi morfologica e vettoriale del segnale endocavitario col presupposto che una aritmia SV, utilizzando il sistema di conduzione, abbia morfologia/vettore simile al ritmo sinusale.

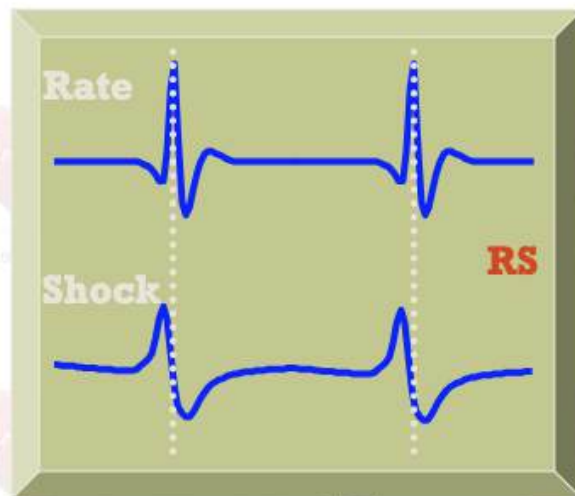
- **Criterio della durata:** misura la larghezza del QRS.
- **Criterio morfologico:** confronta la morfologia QRS del battito sinusale (template acquisito) e la morfologia del battito durante evento. Questo confronto genera un parametro che si definisce % di somiglianza che viene poi interpretato dal dispositivo sulla base del valore soglia programmato.
- **Analisi del vettore:** confronto vettore di riferimento e vettore rilevato (analisi effettuata sul bipolo di sensing).

*Morfologia QRS evento $\neq$ Morfologia Template: aritmia V $\rightarrow$ **Terapia Sì***

*Morfologia QRS evento = Morfologia Template: aritmia SV $\rightarrow$ **Terapia No***



DISCRIMINATORI: WAVELET (MORFOLOGICO)

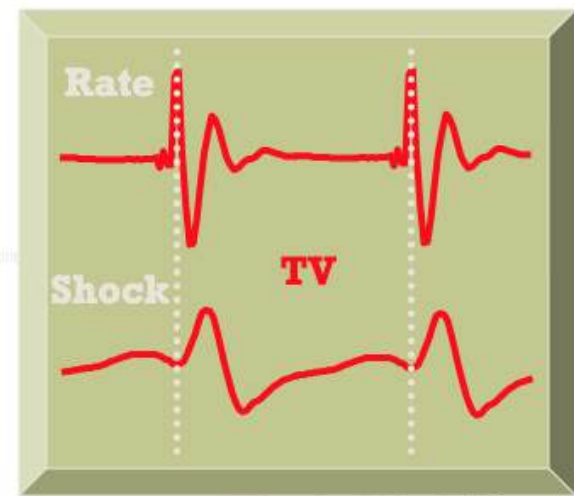


Vettore RS



Le **VT** mostrano **EGM** di frequenza e di shock con diverse caratteristiche rispetto ai ritmi sopraventricolari.

Possibile errore, aritmie SV condotte con aberranza!



Vettore VT



DISCRIMINATORI: RAPPORTO V/A

Nei dispositivi bicamerali l'elettrogramma atriale viene continuamente rilevato e messo in rapporto con gli elettrogrammi ventricolari questo permette di ottimizzare la diagnosi differenziale tra aritmie ventricolare e sopraventricolare.

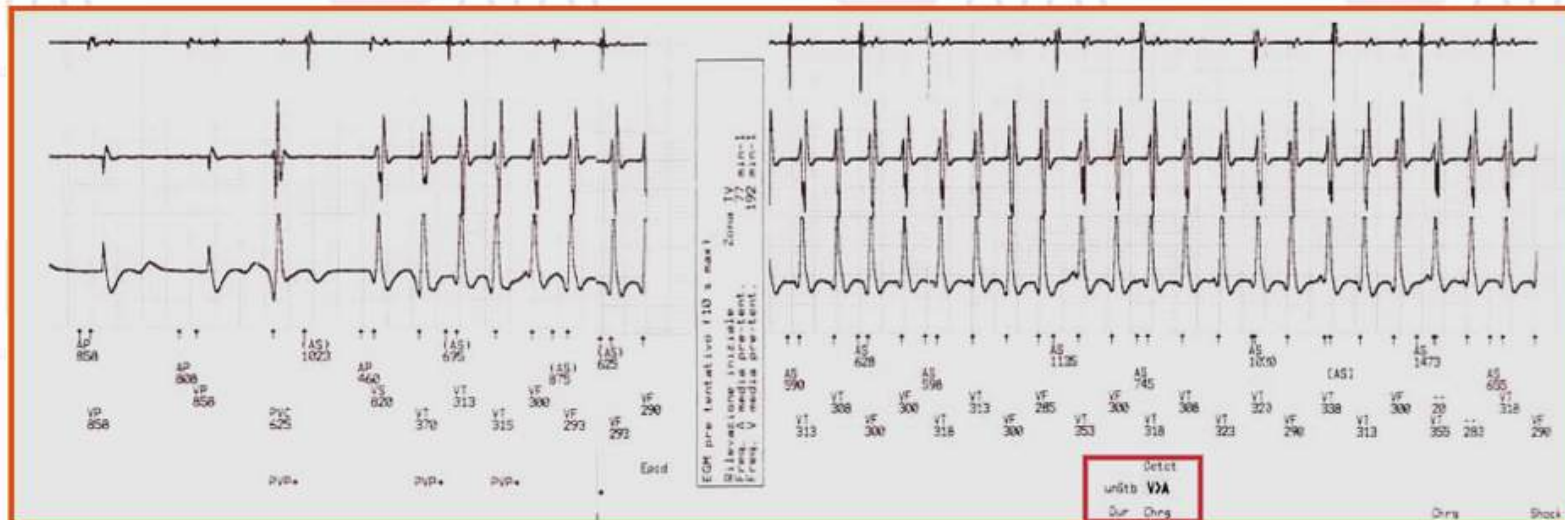
Se la frequenza media ventricolare è maggiore rispetto a quella atriale il ritmo viene giudicato ventricolare ($V > A$ ovvero dissociazione atrioventricolare).

Il discriminatore funziona come Acceleratore della Terapia → vengono annullati altri criteri inibitori delle terapie.



DISCRIMINATORI: RAPPORTO V/A

TV monomorfa con R-R instabile, ma terapia erogata grazie a $V > A$



DISCRIMINATORI: A-FIB

Obiettivo: inibire la terapia per ritmi ventricolari instabili in presenza di fibrillazione atriale solo se la frequenza atriale supera il valore di AFib programmato.

- AFib, valutando direttamente la frequenza atriale, fornisce una valutazione complementare rispetto al criterio della Stabilità per l'inibizione di FA a conduzione instabile.
- È programmabile la frequenza al di sopra della quale l'atrio è giudicato fibrillante (AFib > 200 bpm) nella zona più bassa di un sistema a multi-zone.
- Il giudizio dato da AFib è comunque sempre integrato in una logica decisionale che dipende anche dalla programmazione degli altri algoritmi e dagli operatori logici.



ALTRI DISCRIMINATORI

- **T-Wave Discrimination:** permette di evitare doppio sensing del segnale dovuto al conteggio dell'onda di ripolarizzazione (onda T).
- **Lead Noise Discrimination:** permette di riconoscere l'oversensing da rumore connesso al deterioramento degli elettrocateteri.

Ideati per ridurre falsi riconoscimenti e l'erogazione di terapie inappropriate.



LOGICA DEI DEFIBRILLATORI

Nella costituzione degli alberi decisionali costituiti dall'integrazione degli algoritmi di discriminazione si predilige la sensibilità di riconoscimento TV piuttosto che specificità.

In caso di incertezza si predilige l'attivazione delle terapie.

In caso di riconoscimento di tachicardia sopraventricolare persistente possono intervenire dei timer superati i quali vengono comunque attivate le terapie.



LOGICA/FUNZIONAMENTO DI UN ICD

Terapie

- Sensing adattativo
- Cut Off
- Durata
- Riconferma

- ATP
- CVE
- Shock

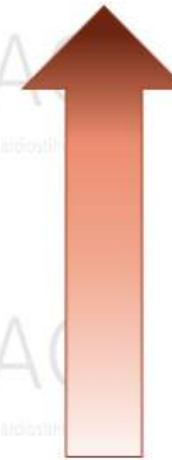


Algoritmi di
discriminazione



TERAPIE DISPONIBILI

- **Defibrillazione**
- **Cardioversione
(Shock bassa energia)**
- **ATP**



Aggressività crescente



TERAPIE: STIMOLAZIONE ANTITACHICARDICA

ATP: anti-tachycardia pacing

Stimolazioni ventricolari emesse dal dispositivo nell'ottica di entrare nel circuito di rientro della aritmia ed interromperla.

La frequenza di stimolazione deve essere maggiore rispetto al ciclo della TV.

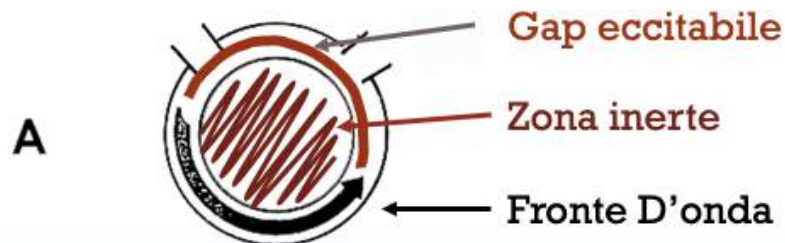
Fino al 90% delle TV monomorfe posso essere interrotte con questa modalità.

Probabilità di efficacia direttamente proporzionale al ciclo della TV ($\uparrow$ gap eccitabile).

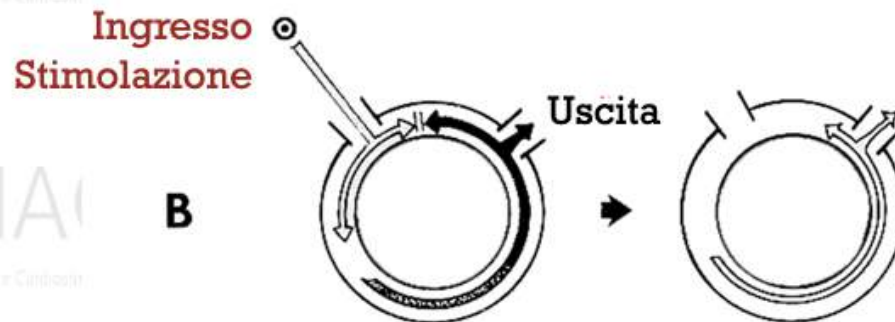
Inutili in aritmie quali FV o TdP.



ATP: MECCANISMO DI AZIONE



Circuito di rientro



Stimolazione ventricolare entra nel circuito ma resetta l'aritmia senza interromperla.

ATP inefficace



Stimolazione ventricolare entra nel circuito e blocca il fronte d'onda interrompendo l'aritmia.

ATP efficace



POSSIBILI RISPOSTE ALL'ATP

- **Nessun effetto sulla TV**
- **Reset o entrainment della TV**
- **Interruzione della TV**
- **Accelerazione con morfologia uguale**
- **Accelerazione con morfologia differente**
- **Degenerazione in Flutter-Fibrillazione**



VANTAGGI INTERRUZIONE TV CON ATP

- **Terapie solitamente ben tollerate dal Paziente.**
- **Evita il dolore/esperienza negativa della terapia con DC-Shock e di conseguenze migliora la 'Quality of Life'.**
- **Minore attivazione del sistema adrenergico (possibile trigger di recidive precoci).**
- **Minore consumo di energia.**



ATP: PARAMETRI PROGRAMMABILI

- Numero di raffiche
- Numero di impulsi
- Numero di Impulsi aggiuntivi tra una sequenza e la successiva
- Intervallo di accoppiamento rispetto al ciclo della TV espresso in %
- Riduzione dell'intervallo di ciclo tra un impulso e il successivo
- Riduzione dell'intervallo di ciclo tra una sequenza e la successiva
- Intervallo minimo di accoppiamento degli impulsi
- Time-out per effettuare ATP, oltre al quale vengono erogati Shock
- Ampiezza e durata dello stimolo



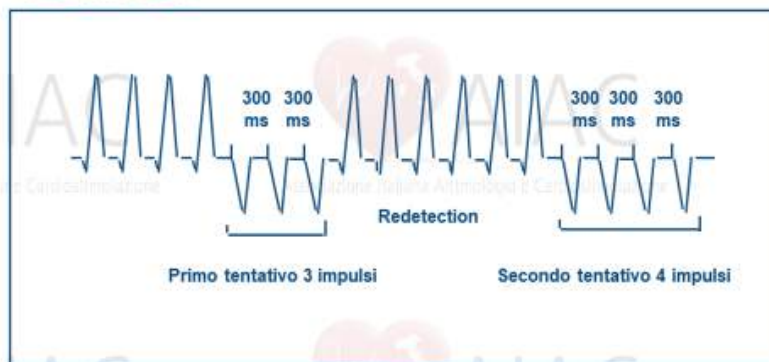
TIPOLOGIE DI ATP

- **Burst:** sequenza di impulsi con intervallo di ciclo costante per tutta la durata della raffica
- **Rampa:** sequenza di impulsi in cui gli intervalli di ciclo diminuiscono progressivamente di un valore costante programmabile
- **Scan:** Sequenza di raffiche il cui intervallo di ciclo rimane costante all'interno della stessa sequenza ma diminuisce progressivamente tra una sequenza e la successiva
- **Rampa/Scan:** Sequenza di raffiche il cui intervallo di ciclo diminuisce progressivamente all'interno della stessa sequenza e tra una sequenza e la successiva.

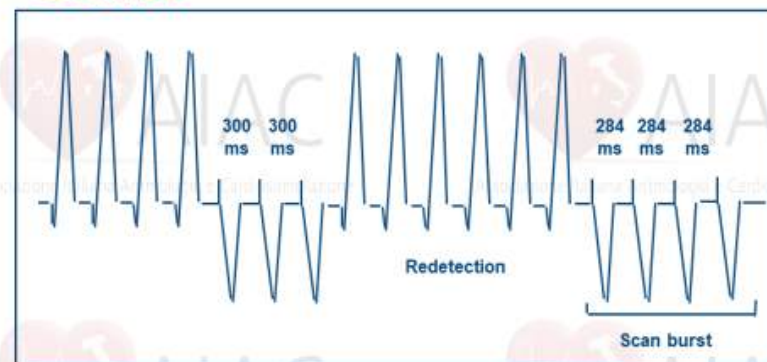


TIPOLOGIE DI ATP

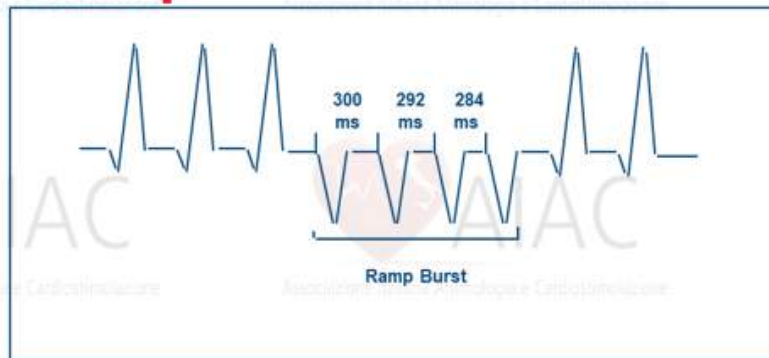
Burst



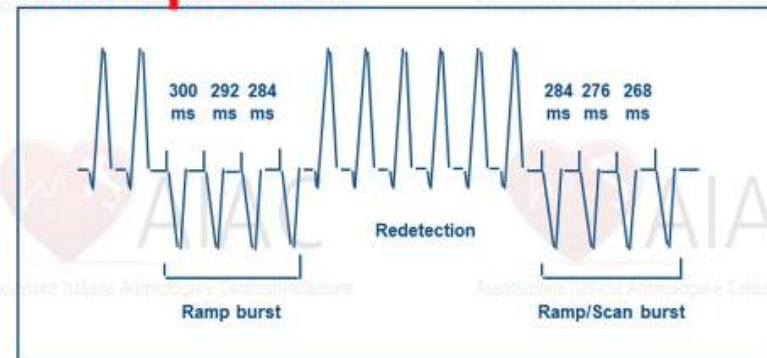
Scan



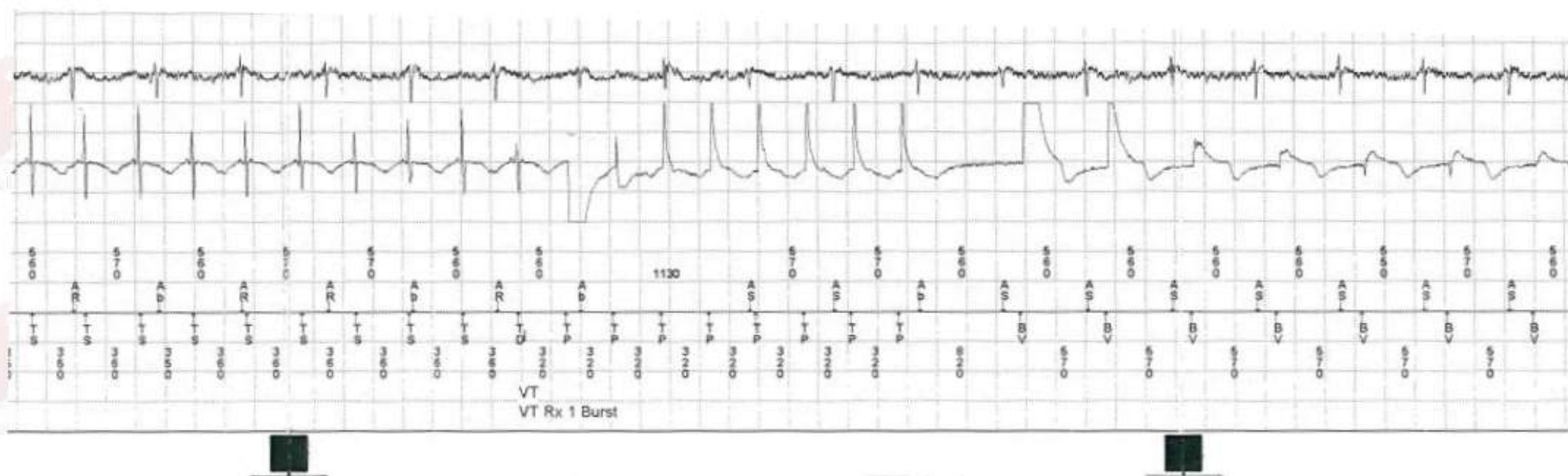
Ramp



Ramp/Scan



ATP: BURST



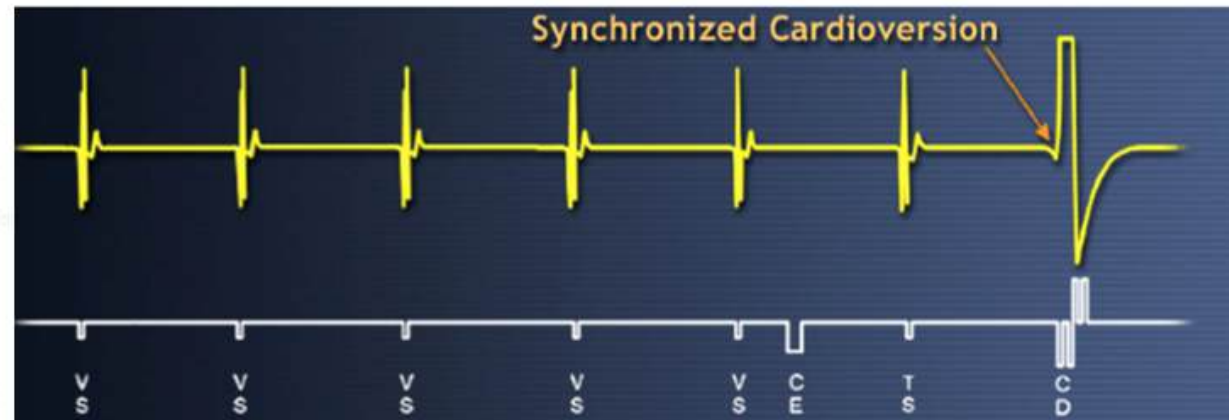
- Intervallo di accoppiamento: 88%
- Numero impulsi: 8



CARDIOVERSIONE

Si tratta di uno Shock sincronizzato a bassa energia (0,5-5 J).

È utile nel trattamento di TV lente emodinamicamente ben tollerate in cui gli ATP risultano inefficaci.



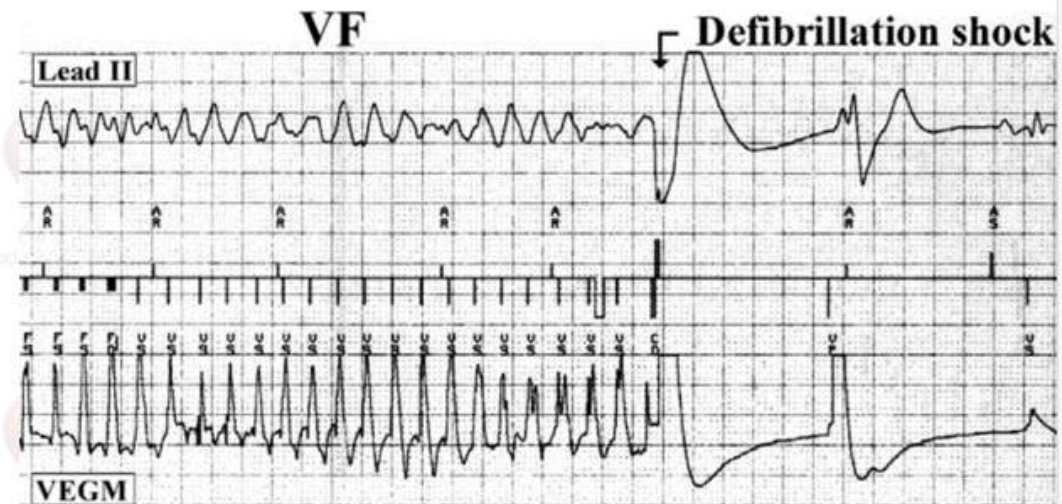
Modalità di terapia ormai raramente utilizzata per:

- Progressivo miglioramento efficacia e programmabilità degli ATP
- Scarsa efficacia in TV rapide
- Rischio induzione FA >> rispetto terapia con ATP
- I Pz iniziano ad avvertire dolore già per energie > 2.5 J



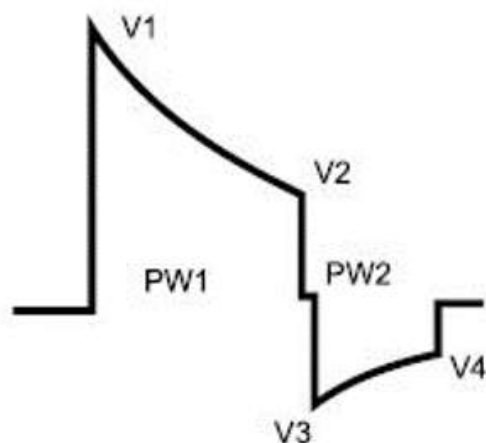
DEFIBRILLAZIONE

- Shock ad alta energia (dispositivi convenzionali 25-35 J; dispositivi alta energia 35-45 J).
- Shock sincronizzato ma che in alcune situazioni può essere erogato in maniera asincrona dal dispositivo.
- In caso di insuccesso dello Shock il dispositivo può erogare per lo stesso episodio un numero max di 5-7 Shock dopodiché si mette in fase di standby.



DEFIBRILLAZIONE: FORMA D'ONDA

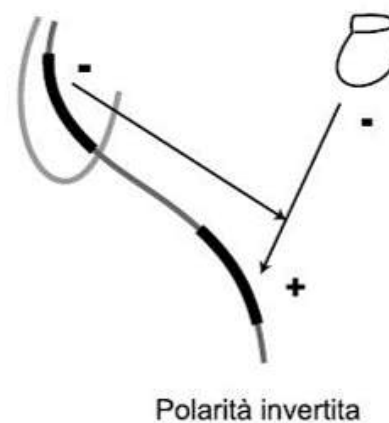
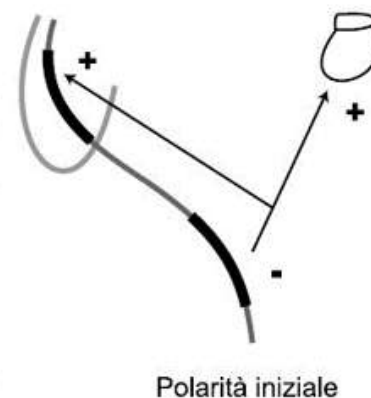
Bifasica troncata



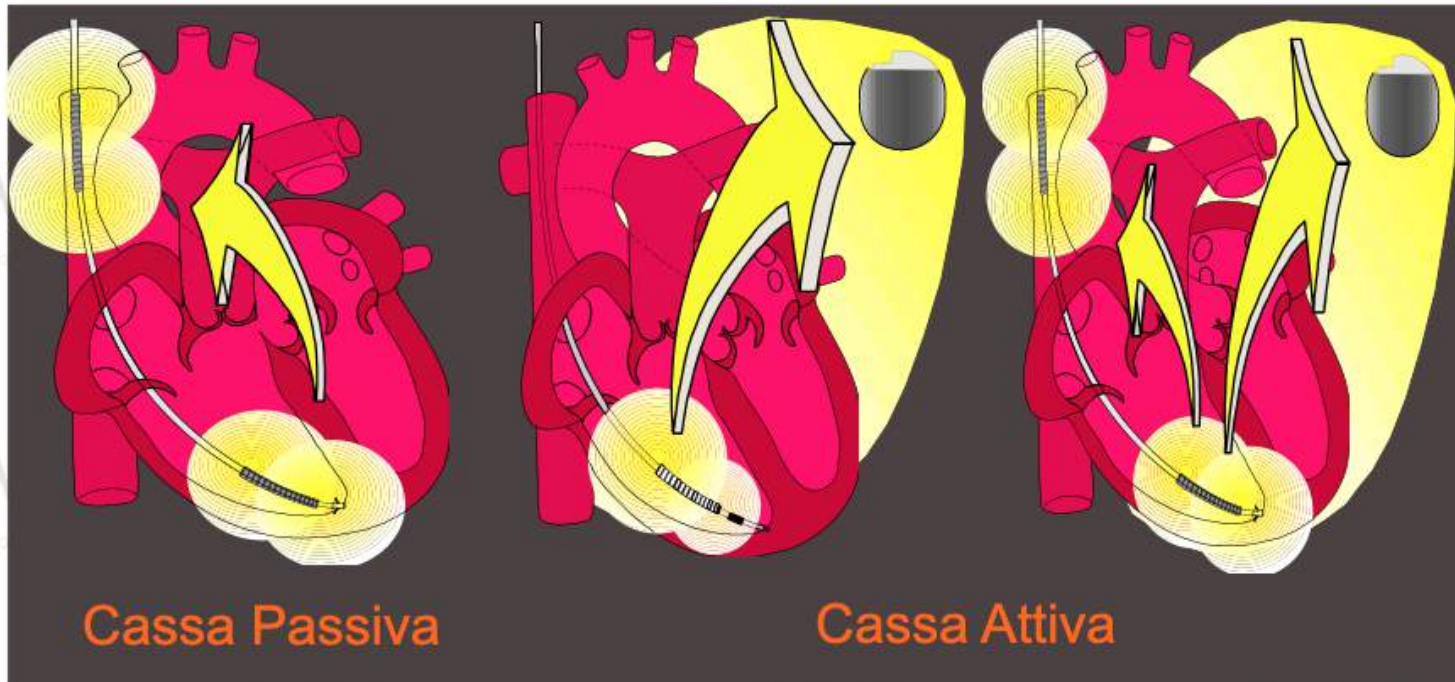
PW = Durata Impulso

$PW2 = PW1 \times 0,66$

$V2 = V3$



CONFIGURAZIONI CONVENZIONALI DELLO SHOCK



- A.** Coil distale (-) → coil prossimale (+)
- B.** Coil distale catodo (-) → cassa attiva anodo (+)
- C.** Coil distale (-) → cassa attiva + coil prossimale (+)



SHOCK COMMITTED 0 NON-COMMITTED

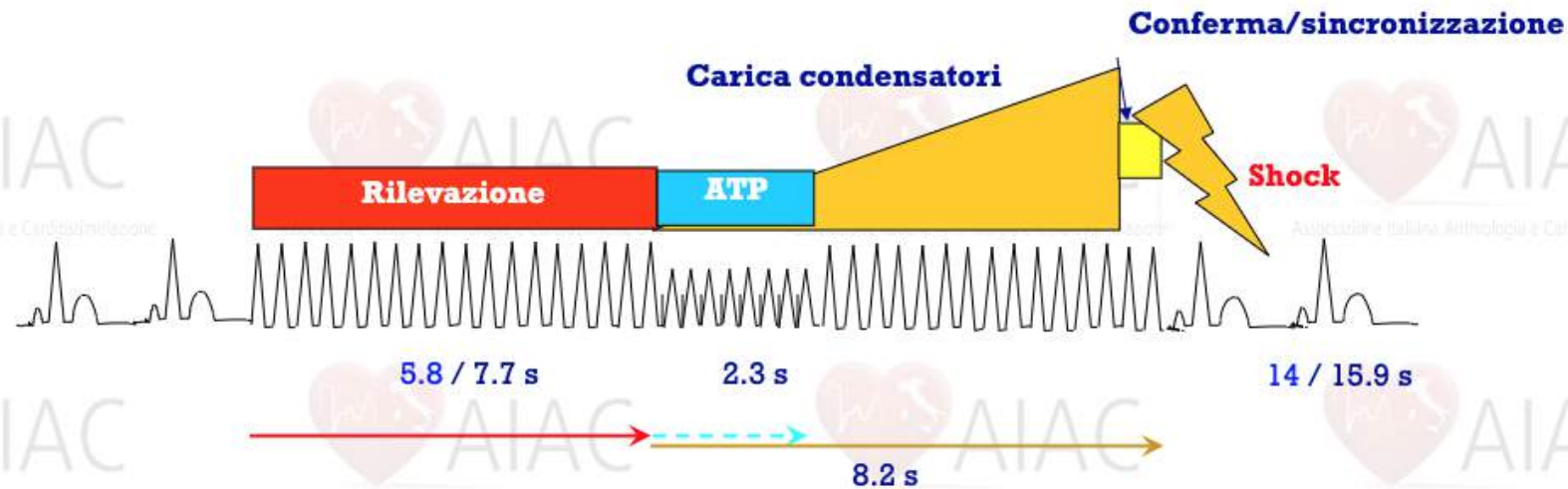
Shock Non-Committed: per evitare di erogare shock su aritmie non sostenute il dispositivo apre una finestra di riconferma durante carica dei condensatori e una seconda finestra di riconferma dopo la fine della carica dei condensatori. In caso di non riconferma lo Shock non viene erogato. In caso di riconferma avviene il rilascio dello Shock.

Shock Committed: dopo riconoscimento dell'aritmia lo shock viene erogato senza riconferma sul primo segnale sentito al termine della carica dei condensatori. Alcuni defibrillatori possono passare automaticamente da una modalità non-committed a committed qualora una nuova rilevazione avvenga subito dopo una situazione di deviazione shock per garantire maggior velocità di trattamento.

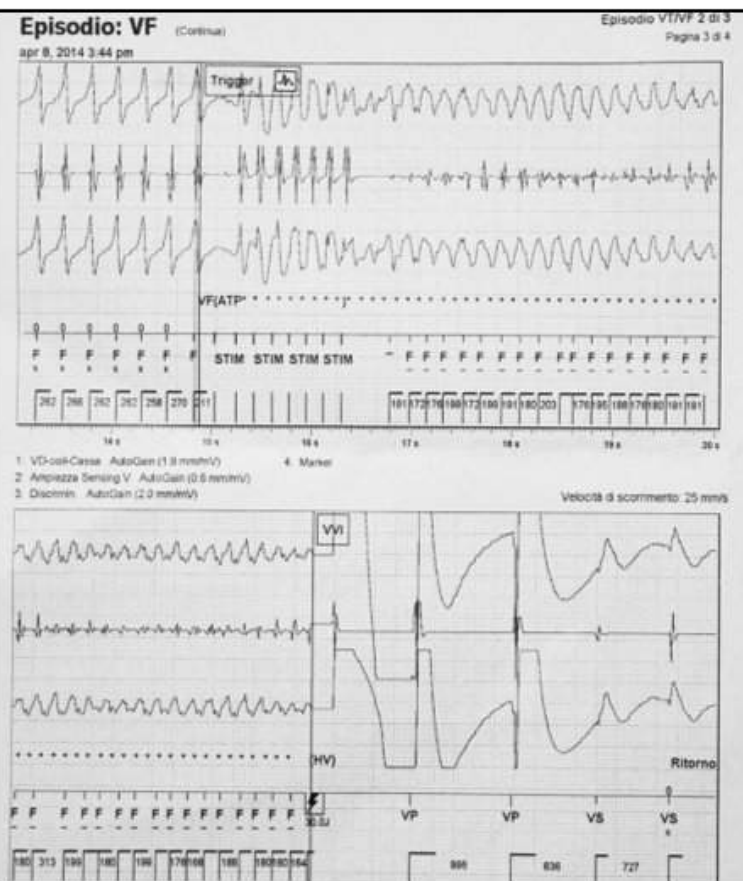
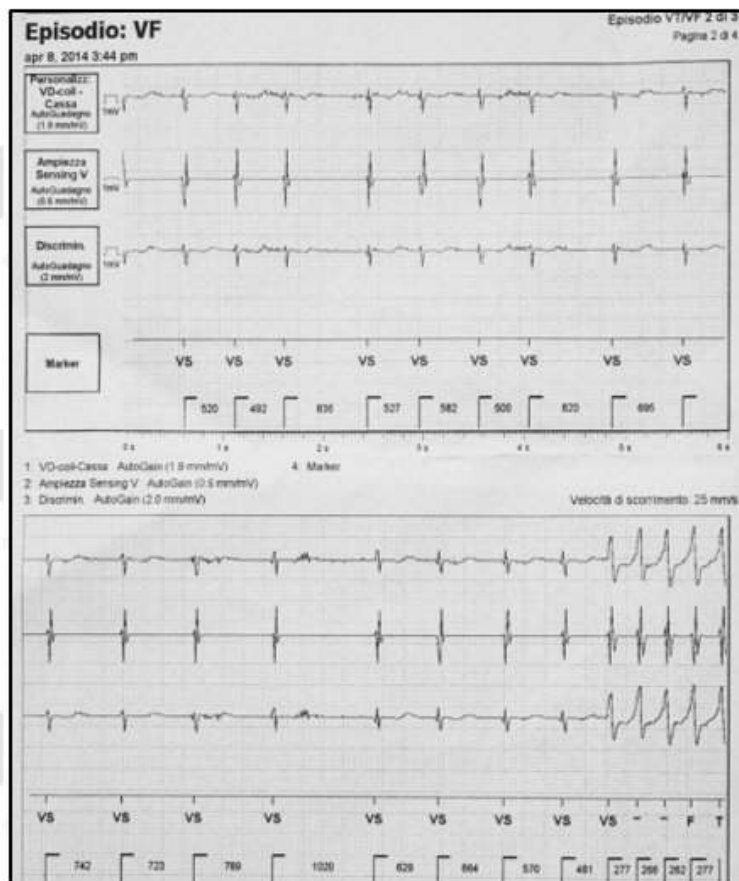


ATP PRE-SHOCK ZONA FVT/FV

Gli attuali defibrillatori possono, per aritmie ventricolari rapide in cui è prevista la terapia di defibrillazione sfruttare il tempo di carica dei condensatori per tentare l'interruzione mediante ATP. In caso di successo la carica dei condensatori viene scaricata sulla circuitazione interna. In alternativa viene erogato shock.



ATP PRE-SHOCK



TERAPIA ANTIBRADICARDIA

Stimolazione antibradicardica: gli attuali defibrillatori possiedono tutta la gamma delle possibili programmazioni antibradicardia dei pace-maker ed algoritmi per ottimizzare la stimolazione (cambio modo, rate responsive, algoritmi per minimizzare la stimolazione Vdx).

Stimolazione biventricolare: con la finalità di terapia di resincronizzazione della funzione contrattile ventricolare nell'ambito di Pz con cardiopatia strutturale e scompenso cardiaco.

Stimolazione post Shock: programmazione antibradicardica particolare presente nei defibrillatori che si attiva nel periodo immediatamente post-Shock con la finalità di evitare pause o bradicardie eccessive che possano triggerare/facilitare il reinnesco delle TV/FV. Tale programmazione è indipendente dai parametri della stimolazione antibradicardica base comprese le uscite degli elettrocateri che sono solitamente alte per compensare l'innalzamento delle soglie di cattura post-defibrillazione. Vengono inoltre programmati il ritardo di attivazione dallo shock (es. 1 secondo) e la durata di attivazione della modalità di stimolazione post-shock (es. 2 minuti).



FUNZIONAMENTO DEGLI ICD: ALGORITMI DI DISCRIMINAZIONE

Fine del modulo



A cura di:

Guido De Ambroggi

**Centro di Ricerca Aritmologia Clinica ed Elettrofisiologia
Humanitas Research Hospital, Milano**