

# DEFIBRILLATORI CARDIOVERSOELI IMPIANTABILI

03-05-2012

Fine degli anni '70  $\rightarrow$  era già un enorme successo dei p.m. Ci si chiede se non è possibile fare un dispositivo per curare eventi tachicardici.

150-160 bpm: un soggetto di 50-60 anni es. percepisce ma riesce a fare tutto.

Possono esserci episodi tachicardici asimptomati  $\rightarrow$  es. di notte

Però la tachicardia può portare a fibrillazione ventricolare  $\rightarrow$  molto pericolosa, se non si interrompe entro pochi minuti: danni cerebrali e morte

$\Rightarrow$  dispositivo per interrompere un episodio di F.V.

Primo ICD all'inizio degli anni '80 impiantato su un cane

$\rightarrow$  scarica elettrica dell'ordine di alcuni joule; dimensioni ancora ingombranti (cellulare non erano disponibili batterie litio-sio); avere i condensatori appropriati (Gorecora ad una decina di joule in 5-6 secondi  $\Rightarrow$  potenza di 1-2 W)

Realizzare condensatori con capacità di 10  $\mu$ F in grado di lavorare a qualche volt sono fatti da fare.

Oggi: 30-40 joule a tensioni di 300-600V  $\rightarrow$  es. si raddoppia la tensione (sacconi 600-800)

$\rightarrow$  problemi a realizzare condensatori a queste tensioni: se ne usano 2 collegati in parallelo e scaricati in serie

$\rightarrow$  sono collegati ad una tensione molto + alta di quella di batteria: DC-DC converter

sono condensatori simili per la produzione di flash per macchine fotografiche

$\rightarrow$  all'inizio si usavano questi.

1990: primi ICD disponibili per l'impianto sull'uomo:

- sono state sviluppate le batterie adatte (litio-sio dallo inizio degli anni '80)
- condensatori adatti (simili a quelli dei flash, ma + piccoli e di forma adeguata)

$\rightarrow$  le industrie giapponesi (che producono condensatori per flash) iniziano a produrre condensatori per ICD

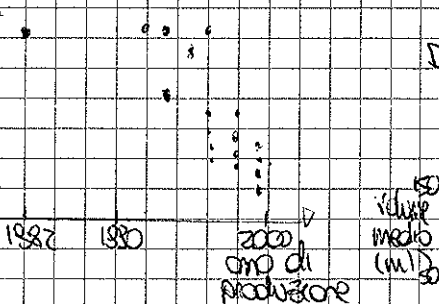
PROBLEMA: negli anni '90, danno a pazienti che hanno protesi mammarie in gel di silicone (il produttore rischia di andare in fallimento perché le protesi si rompono)

$\rightarrow$  i produttori di condensatori per ICD si sono spaventati e molte ditte smettono di produrlo  $\rightarrow$  ne rimane una (Rubicon):  $\rightarrow$  per flash: 1€  
 $\rightarrow$  per ICD: 200€ (con un costo di 5-6€)

il problema è che se la ditta ha problemi di produzione si blocca tutto

$\rightarrow$  tutte le ditte che producono ICD tentano di produrre in proprio i condensatori (tra cui la Wilson-Jones) però è molto + conveniente fare fare (o almeno fare provare) dalla Rubicon.

Volume (ml) del generatore



Dal '82 al '92 non c'è nulla  $\rightarrow$  a vanno 10 anni prima di arrivare a qualcosa di commercializzabile

$\rightarrow$  molte + funzioni: in grado di riconoscere + condizioni tachicardiche, differenziare e curare

1990 2000 2010 anni

Il condensatore sono all'interno di un contenitore metallico (come la batteria)

ICD attuali: 30-40 ml (maggiore di circa 20 ml di p.m. a causa della batteria, dei condensatori, porte ad alta tensione) non è possibile miniaturizzarlo + di tanto.

## PROBLEMI TECNOLOGICI

Gli ICD sono un prodotto maturo: non sono cambiati molto da quelli dei 10 anni fa.

- condensatori: sono critica perché devono avere capacità elevata (200 μF), sopportare tensioni dell'ordine di 500 V; devono essere piccoli e leggeri; devono avere capacità e caratteristiche elettriche molto stabili nel tempo

↳ ossido di alluminio (dielettrico) fatto crescere su piastrine di alluminio → ossido molto sottile per avere capacità elevata:  $Cd = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$ . Ma il dielettrico è sottile, minori sono le tensioni.

Se non lo uso, lo strato di ossido di alluminio si impagrisce → quando lo carico devo fornire energia a riformare lo strato che a quella x caricando → devo trasferire un'energia superiore, che non è così facile da determinare

↳ a meno di più a caricare il condensatore (i circuiti di carica sono già usati al limite)

↳

⇒ periodicamente il condensatore viene caricato e scaricato internamente per mantenere lo strato d'ossido → perdere energia! (una batteria è in grado di erogare qualche migliaio di scariche)

Oggi l'ICD riforma lo strato d'ossido ogni 3-6 mesi

anche produttore prova a fare un solo condensatore (che regga 800 V) → sarebbe molto + comodo (spazio, switch per serie parallelo) ma è complicato  
↳ trattano con due tensioni: critica.

- algoritmi di riconoscimento: deve riconoscere il tipo di tachiaritmia → tutto il tipo di terapia
- dimensioni, durata

↳ si aspettano riduzioni di max del 15%-20%

(r è fornito al carico)

Efficienza energetica = rapporto tra energia immagazzinata e energia fornita al condensatore

Lo non è mai 1: forniamo sempre energia per riformare l'ossido.

dopo un mese (cioè due scariche) si inizia a diminuire: 83% per ICD (77% per condensatori normali)

dopo 6 mesi dobbiamo fornire il 20-25% di energia in più.

Sono noti negli stati uniti → ce ne sono di più che in Europa

↳ in alcuni paesi si preferisce la terapia farmacologica (che ora si fa anche con ICD)

(Paesi uniti)

→ ma sembra che la qualità della vita aumenti e si riducono i farmaci con l'impianto dell'ICD

10-05-2012

È un dispositivo diverso dal p.m., può tenere a mente per oltre un paio d'anni

finché non c'è l'episodio → in alcuni paesi si impianta solo se è necessario; se le crisi tachicardiche non tendono a fibillazioni si preferisce l'approccio farmacologico

Negli ultimi anni, un certo numero di pazienti sono diventati candidati all'impianto ICD perché hanno avuto uno di questi episodi del miocardio (o infarto miocardico)

↳ ci sono problemi anche emodinamica  $\rightarrow$  e due ventricoli possono essere desincronizzati.

↳ corrono il rischio di scompenso cardiaco

Realizzazione di dispositivi  $\rightarrow$  ICD

pacemaker tra commerciale (in grado di re-sincronizzare i ventricoli)  
(in ogni ICD c'è un pacemaker oggi)

↳ dispositivi CRT: cardiac resynchronization therapy

Per il CRT la situazione europea è diversa: si è visto che sono efficaci

Nel 1996 l'ICD costava di più, e l'ospedalizzazione di meno

↳ due gruppi: che ha l'ICD, che non ha l'ICD

- il n° delle ospedalizzazioni diminuisce del 73% per chi ha l'ICD
  - le ospedalizzazioni per motivo cardiaco diminuiscono del 90%
  - i giorni di ospedalizzazione sono diminuiti del 47%
- } ridurre le ospedalizzazioni  
= ridurre lo spreco sanitario

↳ si ripaga l'impianto in meno di due anni

Ci sono stati vari studi intorno al '96  $\rightarrow$  capire se gli ICD erano efficaci

↳ ripagando il costo sugli anni di vita, trattare l'ipertensione  $\cong$  trapianto di cuore

Queste indicazioni fanno parte dell'HTA

↳ studi prima di investire dei soldi in tecnologia

PROBLEMA:

Batteria litio-sio 1.5 Ah, scariche a 30 J, quanto è in grado di erogare?

(perché sia odotto: 5-6 anni l'anno, con 3-6 scariche a volta  $\rightarrow$  20-60 scariche l'anno)

$\Rightarrow$  sul defibrillatore ha senso se è in grado di erogare 300-1000 scariche

Consumo di fondo: un po' + otto di quello di un p.m.  $\rightarrow$  90-25  $\mu$ A

Consumo come pace-maker: sia per bradicardia, che per evitare lo shock del ritmo dopo uno shock

} Li trascuriamo in prima approssimazione

Considerando solo il consumo ad alto energia

$$E = 1.5 \text{ Ah} \cdot 3.3 \text{ V} \cong 5 \text{ Wh} = 18 \text{ kJ}$$

tensione di batteria

$$n^{\circ} \text{ scariche} = \frac{18 \text{ kJ}}{30 \text{ J}} = 600 \text{ scariche}$$

Non è un valore alto, ma neanche basso

Per le batterie litio-sio, la capacità può arrivare a 2-2.2 Ah (la batteria è un po' più grossa)

$\rightarrow$  trascurando gli altri consumi il dispositivo è fattibile, ma nulla di più

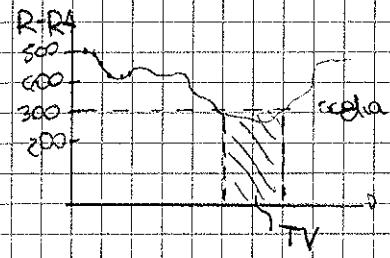
Con le batterie di oggi non c'è spazio di miglioramento se non riducendo il consumo di fondo o aumentando l'efficienza del dispositivo

SCARICA

Il compito del def. è riconoscere un ritmo tachicardico anormale ed interompelo con uno shock ad alto energia

- se ci riesce, la scarica è ADEGUATA
- se la scarica viene fornita ma non riesce, la scarica è INADEGUATA
- se la scarica viene fornita in una situazione non da trattare (o tachicardia non da trattare, o nulla), la scarica è INAPPROPRIATA

Il problema sta nel fatto che il def. deve avere un alto probabilità di riconoscere una tachicardia da trattare (i primi valutano semplicemente la frequenza cardiaca, vedendo come uno segnale)  $\rightarrow$  intervallo di pm po tra due eventi (intercose)  $\rightarrow$  algoritmo a soglia semplice



Per aver la certezza di riconoscere la TV, tendo a spostare in su la soglia.  $\Rightarrow$  processo di rivelazione: ex sono degli algoritmi  $\rightarrow$  è un rivelatore SENSIBILE (sensibilità = 1  $\rightarrow$  riconosce tutte le TV da trattare)

Il problema statistico è che se stesso valore di intervallo R-R può descrivere sia TV che non. Infatti ci sono situazioni fisiologiche in cui si ha tachicardia ma non devono essere trattate.

$\rightarrow$  se capita, la scossa è dolorosa e può portare a dei dormi se si fanno di tutto.

Se le scosse non appropriate sono troppo, il paziente chiede l'esperto del dispositivo

[dopo una scossa il paziente deve andare in Pronto Soccorso]

Sensibilità e specificità

Oggi ci sono molti algoritmi di riconoscimento.

Nei primi mesi dopo l'impianto, il def qualche scossa fa da (non è un malfunzionamento)

$\rightarrow$  il cardiologo modifica un po' i parametri

Sta molto al medico cercare di spiegare il dispositivo, che semo potrebbe essere rifiutato

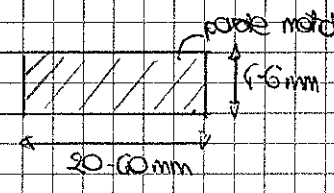
ANALISI DEL MANUALE PAGINA 58

Per poter analizzare il ritmo cardiaco  $\rightarrow$  elektrocardiogramma endocavitario  $\rightarrow$  due cateteri (ottavo e ventricolo destro) simili a quelli del p.m, collegati alla sezione a bassa energia del dispositivo

utilizzati in maniera bipolare, con distanza intereletrica breve  $\rightarrow$  per avere selettività spaziale (ma è minore l'ampiezza del segnale)

Per l'erogazione dell'alta energia: cateteri diversi  $\rightarrow$  devono erogare correnti 100 volte superiori

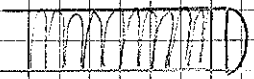
$\rightarrow$  hanno una superficie attiva molto + grande  $\rightarrow$  per diminuire la densità di corrente elettrica e non creare problemi di sovriscaldamento (del sangue)



Devono essere inseriti  $\rightarrow$  per operare devono essere deformabili

se la punta è metallica non va bene  $\rightarrow$  vengono fatti sotto forma di molla per poterli guidare (coil)

Vengono posizionati all'interno di uno vena vicino al muscolo cardiaco



Questi coil non servono per il prelievo del segnale, ma solo per erogare energia (erogare)

• i cateteri dovrebbero essere due: uno per emettere la corrente e l'altro per rilevare (sono grossi)

• ma è possibile averne solo uno  $\rightarrow$  si usa come elettrodo di ritorno il contenitore metallico del dispositivo (ACTIVE CAN)

$\rightarrow$  il problema è che la corrente elettrica provoca la contrazione di tutti i muscoli che ci sono

• elettrodo di ritorno un patch sottocutaneo (nella zona sinistra scapolare)  $\rightarrow$  il campo di corrente è + limitato, ma complica un po' l'impianto

$\rightarrow$  ci sono + configurazioni possibili

• elettrocateri epicardici: (in alcuni casi non è consigliabile posizionare cateteri ad alta

energia nell'altro vena  $\rightarrow$  vene piccole, o posizionamento metallico dopo la prova) (sottili)

elettrodi direttamente sull'epicardio o sul miocardio  $\rightarrow$  con toracotomia o sternotomia  $\rightarrow$  dopo l'impianto si manda il cuore in fibrillazione e si vede se l'CD funziona correttamente

La defibrillazione è + sicura, + efficace, ma l'impianto è un intervento invasivo  
 PAG. 60-61  
 defibrillatore cardiorespiratorio ha 4 fasi: 2 per i defibri a bassa energia e 2 per alta energia  
 ↳ IS-1 ↳ EF-1  
 (hanno un commutatore diverso), l'ultimo elettrato è la cassa.

Negli ICD il problema di riconoscere il ritmo è + sentito → viene affrontato meglio

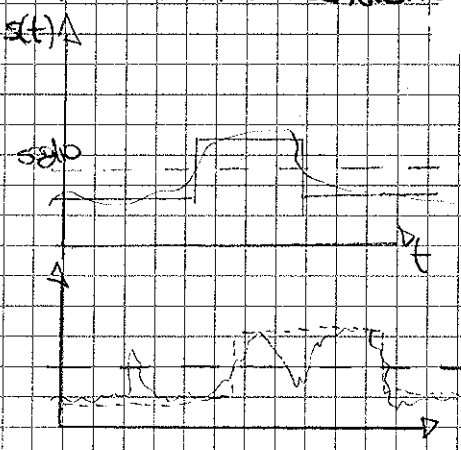
PAGINA 83  
 Possibilità di scegliere una sensibilità atriale e ventricolare = ampiezza minima considerata come evento  
 ↳ il medico le regola durante la programmazione dopo l'impianto; ma il dispositivo ha la possibilità di regolare lo soglio in modo automatico

- Il segnale viene raddoppiato e filtrato. Dopo l'evento atriale rilevato lo soglio di sensibilità dell'altro viene aumentato fino al 75% del picco dell'elettrogramma (senza superare il valore lo soglio programmato); lo soglio viene fatto decrescere esponenzialmente con  $\tau = 200ms$
- Dopo un evento ventricolare rilevato, lo soglio aumenta fino al 75% del picco,  $\tau = 450ms$   
caso 3: correggere
- Evento atriale stimolato, si aumenta solo lo soglio ventricolare di 650mV,  $\tau = 60ms$   
caso 4: correggere
- Evento ventricolare stimolato, si aumenta lo soglio atriale (di 4 volte, fino a 1.8mV di max) per 60ms (immediato), si aumenta lo soglio ventricolare (dopo un periodo di interruzione) di 4.5 volte;  $\tau = 450ms$

↳ è una gestione della soglia mista + attivata da un p.m.

### METODI DI RIVELAZIONE

16-05-2012



Noi abbiamo un segnale che varia nel tempo  
 • se è al di sopra dello soglio, c'è l'evento  
 il problema è che si viene a sovrapporre del rumore al segnale e può capitare che a causa del rumore sopra lo soglio quando non c'è o viceversa sia sotto lo soglio quando l'evento c'è  
 ↳ sbagliamo a rivelare il segnale

Il rivelatore: ha in ingresso il segnale osservato  
 ha una strategia di rivelazione  
 ha in uscita un segnale logico (0: non c'è evento; 1: c'è l'evento)

evento presente	S	M
evento non presente	V	F
	VP	FN
	FP	VN

Si possono avere 4 situazioni diverse:

- veri positivi
- falsi positivi
- falsi negativi
- veri negativi

↳ rapporto del rivelatore

probabilità  
 $P_{VP} + P_{FP} = P_S$  (probabilità di ottenere una risposta positiva)

$P_{FN} + P_{VN} = P_N$  (probabilità che il rivelatore risponde negativo)

$P_{VP} + P_{FN} = P_S$  (prob. di presenza del segnale)

$P_{FP} + P_{VN} = P_N$  (prob. che l'evento non c'è)



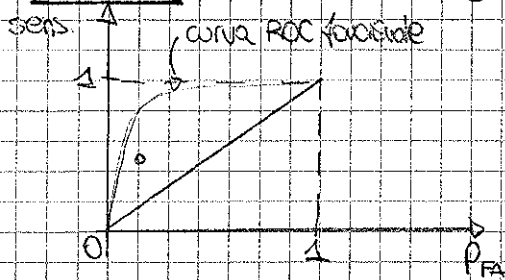
$P_{VP} = \text{SENSIBILITÀ}$   $\rightarrow$  noi vorremmo che  $P_{VP} = 1$ : se l'evento è presente il rivelatore lo riconosce

$P_{FP} = \text{PROBABILITÀ DI FALSO ALLARME}$  ( $P_{FA}$ )

$\text{SPECIFICITÀ} = 1 - P_{FA}$

$\Rightarrow$  noi vorremmo un rivelatore molto sensibile e molto specifico

Curva ROC = receiver operating characteristic  $\rightarrow$  derivano dal radar



Una curva favorevole così = sensibilità uguale punto per punto alla probabilità di falso allarme

$\rightarrow$  se l'uscita è positiva, ha la stessa probabilità che l'evento ci sia, che quella che non ci sia.

Perché il processo di rivelazione sia favorevole bisogna trovarsi sopra questa curva. (sopra la diagonale)

$\rightarrow$  sensibilità più alta della probabilità di falso allarme

Questa curva serve per decidere dove metterlo (o sogli)  $\rightarrow$  i falsi allarmi e la bassa sensibilità

hanno un costo (economico e non solo); in base a cosa preferisco scelgo di lavorare

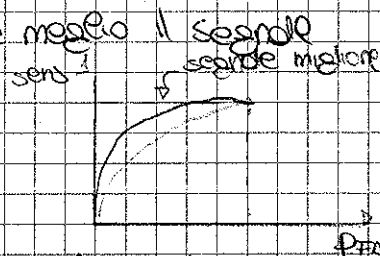
nella prima parte della curva o verso la fine della curva...

Es. se voglio un basso  $P_{FA}$ , devo lavorare nella prima parte della curva  $\rightarrow$  sogli ALTA

Conoscendo le caratteristiche del segnale e dello sogli, disegno la curva ROC e decido

se e dove lavorare  $\rightarrow$  per migliorare: posso cercare di filtrare meglio il segnale

$\rightarrow$  ho una nuova curva ROC.



Posso disegnare un famiglia di curve ROC al variare delle caratteristiche del segnale (es. SNR)

Se non mi piace, o cambio la strategia di rivelazione o miglioro la qualità del segnale

Es. voglio aumentare la sensibilità, se il durata dell'evento è maggiore della durata temp.

di osservazione, posso prendere + campioni e guardare quanti sono sopra lo sogli

(algoritmo: se almeno uno dei  $n$  punti è sopra sogli, l'evento c'è)  $\rightarrow$  ho una sensibilità più alta

Invece di osservare in un unico istante, lo osservo in istanti successivi  $\rightarrow$  allungo la finestra di osservazione

per aumentare la sensibilità.

es. avere 2 punti sopra sogli su 5 per rivelare l'evento  $\rightarrow$  aumento la specificità (rispetto a 1 su 5)

$\rightarrow$  aggiungo una secondo sogli =  $n^o$  di punti che devono essere sopra sogli all'interno

della finestra di osservazione per poter dire che l'evento è presente (se guardo un solo

punto sopra sogli  $\rightarrow$  singolo sogli)  $\Rightarrow$  rivelatore a doppio sogli (aumento la specificità)

Sono quelli più utilizzati dagli ICD per rivelare le tachicardie

Questo specifico rivelatore riconosce tre tipi di tachicardia: PAGINA 83

- liberazione ventricolare (VF)
- tachicardia ventricolare (VT)
- veloce (EVT)

$\Rightarrow$  sono cose diverse, con gravità diverse

$\rightarrow$  strategie diverse

Si ha un rivelatore a doppio soglia: si identifica uno primo soglia rappresentando dall'intervallo tra due eventi ventricolari => in prima approssimazione osservo il durata dell'intervallo tra due eventi ventricolari -> il medico impara un durata sotto la quale e VF

Non studio la morfologia della forma d'onda, 1° soglia = durata dell'intervallo R-R. Ma si decide osservando più intervalli R-R (12-18 fino a 20): si definisce presente l'evento se e osservato un almeno il 75% dei casi -> aumento di sensibilità (es. 200ms) -> aumento di specificità (2° secondo soglia). C'è un contatore per un tot di cicli, che viene azzerato quando sono finiti (se il 75% è FV, da lo scatta, senò no). il contatore parte quando vede un evento di FV (intervallo minore di 300ms)

17-05-2012

Number of Intervals Detected (NID): non è una strategia

Strategia: scelta di tre parametri -> primo soglia, secondo soglia, lunghezza finestra osservazione. NID -> n° degli intervalli che devono superare la primo soglia affinché venga riconosciuto l'evento. Lunghezza della finestra d'osservazione.

es. 18/20 Pagina 93 (quello lì è un ecg normale) -> v.o + (cale de interpedire + simile x le persone

Dopo un evento ventricolare parte una finestra (es 300ms), un contatore, che dopo si azzerava se l'evento successivo non cade all'interno della finestra. Se l'evento cade all'interno della finestra, e questo capita di 18, si incrementa il contatore di fibrillazione ventricolare. Con ogni intervallo si incrementa un altro contatore, anche se non conta come FV. Quando il contatore FV arriva a 18 (su 20 o meno), si fa il riconoscimento

-> il doppio soglia in teoria dovrebbe ridurre tutti e 20 gli eventi, qui se si speca 18 finisce primo per non perdere tempo.

pag. 88-89

C'è uno switch che permette di attivare o meno il riconoscimento -> disattivato es. per prove elettrofisiologiche sul paziente da parte del medico (scatta dalla dito ON)

Intervallo VF: al di sotto del quale si considera fibrill ventricolare -> si può regolare perché pazienti diversi possono avere intervalli diversi

NID INIZIALE: può variare da 12/16 per arrivare fino a 20/160 -> ha + margine x avere specificità -> maggior rapidità di intervento

NID di riconoscimento successivo: finestra di osservazione più breve -> sa già che l'episodio c'è stato

FV -> e'ico erogare terapia -> l'episodio termina in modo ufficiale: se ci dovesse essere un nuovo episodio bisogna trattarlo come il primo

-> se e' episodio parziale (NID di riconoscimento successivo) (riconoscere che ama il condensatore a volte 6-8 secondi per riconoscerlo) -> non e' terminato e non continua -> continua ad osservare se ritorna finché termina o viene riconosciuto

TACHICARDIA VENTRICOLARE pag. 94

E' l'cd nello fenomeni tachicardica ventricolare (non atriali) scatta dalla dito in off. E riconoscimento può essere ON, OFF, MONITOR: nello conduzione di monitor se tutto viene erogare la terapia.

Intervallo di VT: ho l'abba più grandi ( $\geq 400$  ms), deve essere maggiore dello FV  $\rightarrow$  devono essere

differenti di almeno una 60 ms

NID limite: cambia la strategia globale  $\rightarrow$  tutti gli eventi devono essere spaziosi  $\rightarrow$  spaziosi + altro

$\rightarrow$  c'è anche un NID di riconoscimento successivo

PAG. 96-97-98

$\rightarrow$  errore: 16 eventi su 16

$\rightarrow$  devono essere tutti di filo  $\rightarrow$  se ce n'è uno sottospalla, il contatore si aziona  $\rightarrow$  risponde tutto è oggetto di riconoscimento

PAG. 101

Problema dei ritmi intermedi che non vengono riconosciuti come FV, ma con VT  $\rightarrow$  es. un ritmo

a 350 ms potrebbe essere un VF più lento o un TV più veloce  $\rightarrow$  cambia il tipo di terapia se

si può evitare è meglio evitare lo shock

### TACHICARDIA VENTRICOLARE VELOCE PAG. 102-103-104-105

Attivazione EVT: può essere off, via VF o via VT

Intervallo di EVT: compreso tra VF e VT

$\rightarrow$  serve per cercare di capire se è fibrillazione o no

• EVT via VF: si utilizza il NID di VF. Se c'è 18 su 20, prende in considerazione

gli ventri 8: se uno è in zona VF  $\rightarrow$  fibrillazione  
se nessuno è in zona VF  $\rightarrow$  tachicardia veloce

• EVT via VT: se prende in considerazione il NID di VT, se si guardano gli ventri 8

intervalli  $\rightarrow$  se sono in zona almeno uno FVT o VF  $\rightarrow$  è stato come FVT

$\rightarrow$  se nessuno è in zona  $\rightarrow$  tachicardia

PAG. 104

### CONTREGGIO COMBINATO

Si possono avere ritmi via VT e FV  $\rightarrow$  abbastanza veloci da essere classificati VF, ma poi rallentano un po', e poi riaccelerano, e così via  $\Rightarrow$  ritmi variabili

Non si tengono separati gli eventi VT e VF, ma si sommano e si confrontano con un C-NID <sup>combined</sup>

Se viene raggiunto il C-NID si guardano gli intervalli più recenti per decidere se è VT, FVT, o VF (gli ventri 8 intervalli)

$$C-NID = \frac{4}{6} \cdot NID(VF)$$

- se uno è VF  $\rightarrow$  VF
- se nessun VF, e un FVT  $\rightarrow$  EVT (se FVT è altro)
- se tutti e 8 in VT  $\rightarrow$  VT

### CONCLUSIONE

Se un episodio non è concluso, si usa il secondo NID, se è concluso e risponde, si usa il primo NID

Dopo l'erogazione della terapia, osserva il ritmo ventricolare: per verificare se l'episodio si è concluso

o se viene raggiunto il NID di riconoscimento successivo. Finché non è dichiarato concluso, cerca di raggiungere il NID successivo, finché non si raggiungono i criteri di conclusione

L'episodio è considerato concluso (almeno uno su due):

• dopo lo shock, ci sono 2 intervalli consecutivi superiori all'intervallo di VT programmato

• sono trascorsi almeno 20 secondi senza intervalli più brevi dell'intervallo di VT.

$\rightarrow$  può a volte dal secondo o dal terzo dopo lo shock (i primi non sono stati in grado di vedere)

$\rightarrow$  interruzione post-shock (poco aggressiva)

Conviene programmare le terapie in modo da iniziare da quelle ben tollerate dal paziente, per continuare

Se non funziona, variando tipo e parametri fino ad arrivare ad una terapia ad alta energia.



PAGINA 119 - 117 - 118  
RICONOSCIMENTO DEL RICONOSCIMENTO

Le sono situazioni che il dispositivo non è ancora in grado di riconoscere.

es. tachicardia sopraventricolare: non deve essere trattata ad alta energia  
↳ può essere fisiologica: reazione allergica → crollo di pressione → aumento del battito (condire fino a 220 bpm)

E' l'cd interverrebbe, ma è una tachicardia fisiologica, oltre al paziente.

Si può fare riconoscimento prendendo info oltre dall'altro → se è una tachicardia sinale, atriale e ventricolare sono coordinati → non deve essere trattata.

Ci sono tachicardie dove c'è depolarizzazione si genera non nel nodo SA: dopo atriale e ventricolare sono contemporanei → non devono essere trattate ad alta energia.  
(es. in un giunzione tra atrio e ventricolo)

Le def. utilizza tutte le info degli elettrogrammi atriale e ventricolare

↳ queste regole aggiuntive sono chiamate FR-logic (in Medtronic): può essere abilitate o disabilitate, funzioni diverse

Condizioni di Fib A / Flutter A / tach atriale rapido: alcune onde passano e provocano c'è dopo dei ventricoli con un alta freq. (130-160 bpm) → si può confondere con una tach. ventricolare

ma c'è sbucca ad alta energia non va bene (ci sono pazienti anziani che vivono per anni con Fib A → sono tutti scagugati)

↳ se def può riconoscere questa condizione, e se c'è da spegnere il riconoscimento ventricolare identificare c'è tachicardia sinale, per non trattare (andando a verificare il sincronismo e c'è stabilità dell'intervallo AV)

Simile SRT: se gli intervalli sono più brevi di un tot, non importa l'origine, è da trattare. Il medico può scegliere a secondo del paziente se attivare queste funzioni.

PAG 124-125  
CRITERIO DI STABILITÀ

Il problema della gestione della Fib A è molto importante → bisogna cercare di evitare di fornire scosse inappropriate. Non è detto che c'è FR-logic funzioni in tutti i casi.

Si aggiungono delle contromisure. La conseguenza della Fib A è che si propaga c'è dopo ai ventricoli. Se la freq. è variabile ed accelerata → Fib A (si propaga in modo casuale ai ventricoli) ⇒ criterio di stabilità: se gli intervalli R-R hanno durata troppo diversa mediamente, si interdice il riconoscimento ventricolare. Si applica solo se ci sono intervalli classificati con VT o FVT via VT (non si applica alla FV), si confronta il valore di ogni intervallo con i tre precedenti; se una differenza è superiore ad un valore → ritmo instabile

PAGINA 138  
TERAPIA PER LA VF CON DEFIBRILLAZIONE

23-05-2017

- Scosse da 10 a 30 joule (10 al elettrico, o 10 elettrico e contenitore)
- L'cd può fare test di tipo elettrofisiologica sul paziente → si può abilitare o no c'è tempo
  - Scegliere il livello di energia (da 10 a 30 J → ma anche valori più bassi per cercare c'è scossa oltre c'è quale defibrillazione è efficace → subito dopo c'è impianto)
  - direzione del flusso di corrente (A: contenitore del def. B: elettrodo spirale nel ventricolo destro  
X: spirale nel seno verso coronario)

↳ forma d'onda non a cuore biforcuto: cuore maggiore nella prima parte dell'onda biforcuto e minore dopo

↳ è possibile che paziente respirano in modo diverso alla direzione (normalmente quello di default è meglio)

↳ per fare queste variazioni comunque è necessario mandare il cuore in fibrillazione (cercare di non fare troppe prove)

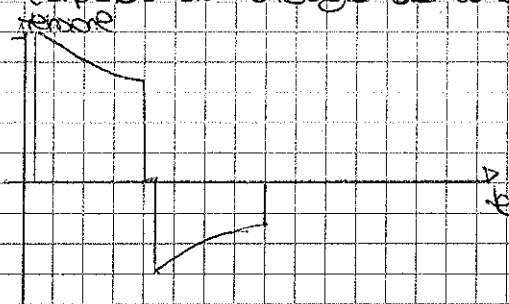
→ 5-8 secondi

• per aumentare l'Q specificato, dopo che viene ricevuto l'Q EV, mentre si caricano i condensatori si potrebbe interrompere da sola, perché il dispositivo verifica se il tratto di fibrillazione c'è ancora ferma di dare l'Q scarico

PAGINA 140-141

questo IC può erogare fino a 6 shock successivi.

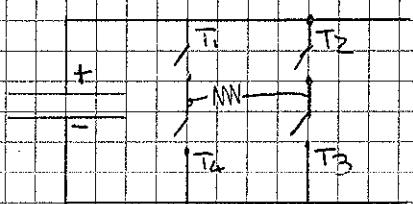
Da quando la condizione viene ricevuta o quando viene trattata, deve trascorrere un certo tempo (dipende dall'energia da caricare nel condensatore)



Q costante di tempo dipende: (valore di 30% - 40%)  
• dalla capacità dei condensatori  
• " resistenza del percorso paziente

Primo di inviare il percorso della corrente c'è una zona morta → x consente all'elettronico che controlla l'Q scarico di fermare in modo corretto

↳ si usa un circuito a ponte con degli interruttori allo stato solido (transistor, mos, ...)



• T1 e T3 chiusi: l'Q corrente scorre nel circuito da sinistra a destra

• T2 e T4 chiusi: l'Q corrente scorre da destra a sinistra

PONTE AD H

Il problema è che quando si vuole far variare la direzione della corrente, gli interruttori allo stato solido impiegano un certo tempo per aprirsi e chiudersi (decine / centinaia di ns)

↳ più tempo ad aprirsi che non a chiudersi

→ si rischia di chiudere in cortocircuito il condensatore: scarse un alto corrente in T1, T2, T3, T4

(modellizzati come un resistore di qualche decimo di  $\Omega$ ) → il condensatore vede circa 0.5  $\Omega$

e scorrono correnti molto alte (600 A) per poco tempo, che distruggono gli interruttori

↳ perciò prima si aprono T1 e T3, e successivamente si chiudono T2 e T4: l'Q zero morto garantisce di non mettere il condensatore in cortocircuito.

↳ centinaio di  $\mu$ s

↳ l'Q zero morto non cambia l'efficacia della defibrillazione

(es. 15-30 ms)

Le fasi durano finché la tensione non si dimezza → l'Q durata varia da paziente a paziente (dipende dalla costante di tempo)

Sul condensatore deve essere presente un'energia maggiore di quella da scaricare: al termine

tensione di  $\frac{1}{4}$  di quella iniziale →  $\frac{1}{16}$  dell'energia iniziale. (es. per dare 20 J → caricare a 32 J)

Le forme d'onda bifasiche sono molto utilizzate perché sono facili da realizzare

PAGINA 143-144

La terapia di defibrillazione è asincrona: in presenza di fibrillazione ventricolare non c'è tempo

Conferma:

Intervallo VT + 60 ms → se 4 su 5 sono superiori a

questo nuovo intervallo, l'IC interrompe l'Q scarico del condensatore

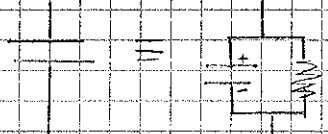
# STIMOLAZIONE ANTIBRIDOCARDICA DURANTE UNA DEFIBRILLAZIONE

Dopo una defibrillazione, bisogna attendere 3-4s perché il ritmo cardiaco riprenda autonomamente

- > si può però anzitutto o stimolare il ventricolo destro o basso energia dopo 0.5-1s per far riprendere il ritmo (x questo 100ms dopo 50ms, stimolazione VVI a 50bpm)
  - > o basso freq., per cercare tornare il ritmo spontaneo

Se l'ICD concede una defibrillazione, ritorna subito a parametri anti-bridocardici normali (non quelli post-shock)

- > se l'ICD concede una terapia di defibrillazione, con i condensatori collegati, una successiva scarica potrebbe essere a + alta energia (non lo sanno -> il max è + efficace di quello programmato) (trascelto di programmato)
- > l'energia nei condensatori non scaricata viene dissipata non però dagli stessi condensatori che sono resili



-> il condensatore tende a scaricarsi su questo resistore  
 $C \approx 100 \mu F$      $R \approx 10 \text{ M}\Omega$  -> voce alta (lo bene anche  $\Delta H_2$ )  
 $\tau = RC = 1000 \text{ secondi}$

per scaricarsi il condensatore impiega 3-5 $\tau$  -> da 500 a 5000s

L'è il condensatore monitorato con l'energia collegata, non quello già presente

PAGINA 1/8 - 1/8

## TERAPIA ATP

Sono terapie a bassa energia, per interrompere sul nascere una TV o FIV senza ricorrere ad una stimolazione ad alta energia -> il paziente non se ne accorge nemmeno

- terapia attiva o non attiva
- tipo di terapia -> CR (= cardioritmo): shock ad alta energia
  - terapie ATP
  - > BURST
  - > RAMP
  - > RAMP +

ATP

- deve essere sostenuto per un intervallo di tempo minimo di stimolazione (150-300ms)
- Ampiezza degli impulsi (applicati con il catetere di stimolazione, non con lo spirale)
  - > 0.5-8V : è una stimolazione d'emergenza, non si cerca la soglia
  - > circuito che traccia la tensione di batteria (3.2V) - scelta di default / i valori massimi
- durata dell'impulso : da 30 $\mu s$  a 1.6ms
  - > cronasso delle fibre miocardiche
- interruzione post-stimolazione: posso il tempo necessario agli impulsi ATP senza rischio

• BURST: erogazione di una sequenza di impulsi -> voce sequenza

- n° di impulsi
- intervallo R-S1 : intervallo di stimolazione della prima sequenza
  - > definito in termini di percentuale del ciclo del totale per
  - > cercare di trovare la sequenza giusta (l'intervallo giusto)
- decremento dell'intervallo : può essere reso + breve nelle sequenze successive

non sono terapie certe -> variabilità del paziente, non è detto che funzionano -> è difficile scegliere i parametri giusti

- scegliere il n° di sequenze (non troppo alta, per non spendere troppo tempo, ma non troppo bassa per provare a trovare i parametri)

Altre terapie possono venire usate anche nel pace-maker

- funzioni antitachicardiche  $\rightarrow$  possono rendere improbabile il compenso di tachicardie mediate da p.m.  
 $\rightarrow$  attive: pm che implementano le funzioni ATP (aumentano però un po' il consumo energetico dello macchina)

efficace se le sequenze sono erogate con un intervallo di una certa percentuale dell'intervallo della tachicardia presente (50-80%)

ESERPIO (6 impulsi)  
 Da una sequenza, poi smette ed aspetta; se c'è ancora tachicardia, opposto la seconda sequenza

$\rightarrow$  l'intervallo adesso viene diminuito di 10ms (da 230 a 220ms). Questa volta il ritmo è stato convertito, il ritmo considerato corretto, e le successive sequenze non vengono + erogate.

$\rightarrow$  una terapia = 5 sequenze (di 6 impulsi). Se dopo la prima terapia non ha successo, è possibile che a sia una seconda terapia, + aggressiva.

• RAMP: l'intervallo temporale tra due impulsi successivi diminuisce all'interno della sequenza, e ad ogni sequenza successiva aumento di un  $n^{\circ}$  di stimoli

-  $n^{\circ}$  di stimoli iniziali (1 a 15)

$\hookrightarrow$  si sceglie un valore intermedio: è raro che ne basti 1, ed è difficile che se con 7-8 non ha riuscito, si risolva con 15

- intervallo R-S1: di stimolazione del primo impulso, data come % del ciclo di tachicardia (50-95%)

- decremento dell'intervallo: da stimolo a stimolo, nella stessa sequenza.

-  $n^{\circ}$  di sequenze (1-10)  $\rightarrow$  si usano valori + bassi, perché si varia già l'intervallo ogni impulso

$\hookrightarrow$  è una terapia considerata più aggressiva della terapia burst

ESERPIO pag 15\*

il primo impulso è con un intervallo di 30ms, poi si diminuisce di 10ms ad impulso (termino a 20)

dopo la prima sequenza si eroga il riconoscimento  $\rightarrow$  c'è ancora tachicardia: nuova sequenza con un impulso in più (termino a 230). Riconosce il ritmo normale  $\rightarrow$  fine terapia

• RAMP+: è ancora + aggressiva, maggiore probabilità di conversione del ritmo

-  $n^{\circ}$  di impulsi iniziali  $\rightarrow$  si aggiunge un impulso ogni sequenza.

- intervallo percentuale R-S1

- intervallo S1-S2 (tra il primo e il secondo stimolo): intervallo percentuale.

- intervallo S2-Sn (tra il secondo e gli altri impulsi): " "

$\hookrightarrow$  posso scegliere 3 percentuali del ciclo di tachicardia

ESERPIO pag 15\*

Riconoscimento tach, primo impulso a 250ms, secondo a 230ms e successivi a 220ms

Per la TV e la FIV è possibile usare le terapie ATP e anche la cardioversione (come ultimo tentativo)

Un ICD è in grado di erogare dalle 100 alle 300 scariche.

$\hookrightarrow$  è + dispendioso e energetico

$\hookrightarrow$  considerando che senza erogare scariche potrebbe durare 10-20m (150 mesi),

ogni scarica significa abbreviare la vita del dispositivo di circa un mese

115114 122-110  
\* CARDIOVERSIONE per TV (per il paziente sono peggio due scariche da 12-30 J che una scarica da 200 J non sono distinzioni)

- stato della terapia (ON-OFF)
- energia da erogare (Es. prima a 125 si fa per conservare l'autonomia, per il paziente cambia poco)
- processo
- attive e attive-con

↳ per Es. TV non c'è un ritmo residuo → defibrillazione: lo shock è asincrono

↳ per le tachicardie lo shock è erogato sincronizzato per non peggiorare le cose

Il tipo di scarica è identico a quello della defibrillazione, e non differiscono x il livello erogato  
La sincronizzazione avviene subito prima di erogare la scarica (quando è tutto pronto)

talvolta può richiedere qualche ciclo cardiaco (e mi sento confuso il ritmo, per vedere se c'è ancora)

Dopo una cardioversione, per primo cosa si guarda se c'è ancora bradycardia e non si pensa a come dare la terapia, ma lo si fa

Se era attivo il pm, prima di una cardioversione si porta su WL con un certo intervallo.

Ma bisogna tentare di ripristinare velocemente il ritmo: periodo di latenza di 520ms

dopo la scarica, e modato WL a 50 bpm (cioè aspetta ancora 1.2 secondi per dare il primo stimolo)

Dopo il primo evento ventricolare, lo modato torna in quello di prima

Se una cardioversione viene annullata, si torna al modo di funzionamento antibradicardico di prima

pag. 171  
OTTIMIZZAZIONE DELLA TERAPIA: SMART MODE

Se il defibrillatore riconosce che una terapia fallisce ripetutamente → lo annulla, non lo applica e passa direttamente alla terapia successiva

↳ es. dopo 4 episodi con terapia fallita (a distanza di quanto tempo voglio)

↳ c'è un contatore di terapie fallite

Una terapia viene nuovamente accettata se:

- ha successo per il trattamento di un'aritmia (un'altro)
- durante una visita / controllo del def viene modificato almeno un parametro di terapia
- durante un episodio non viene erogato lo shock (si cancella da solo)

Normalmente il cardiologo tenta di programmare le terapie ad aggressività crescente (es. burst - romp - romp+ - cv 125 - cv 200 - ... di 305)

↳ il software può verificare che sia stato fatto questo: il sistema non permette di erogare una terapia ad aggressività minore dopo una maggiore

pag. 177 → leggere queste pagine  
Per quanto riguarda la sezione di stimolazione antibradicardica, è uguale al p.m.

→ è un pacemaker bicomere, DDD-R

Stimolazione avanzata per garantire una gittata cardiaca ottimale (CHR5) ↳ per p.m. EVIA

Riconoscimento e prevenzione dello tachicardio mediato da p.m.

Fino alla fine degli anni '80 un paziente che ne aveva bisogno avrebbe dovuto impiantare due dispositivi (ICD e PM → non si potevano ancora unire i due dispositivi)



I dispositivi adorni differiscono da questo solo per avere le funzioni di telemonitoraggio

⇒ dispositivo CRT = (CD) + p.m. itacomerciale

### OTTIMIZZAZIONE DEL TEMPO DI CARICA pag 202 (forse ho iniziato prima) -> 214

Discorso dello stato d'ossido dei condensatori: se si fa + frequentemente uno scarico, si riformano lo stato, e si carica + in fretta. Ho lo scarico di un condensatore = 30 s

⇒ è importante: = tempo tra quando lo stato minimo è raggiunto e quando si dobla  
Si accettano tempi di carica da 5 a 5 secondi; per avere tempi di carica brevi, devo ricaricare il condensatore spesso + riformare l'ossido.

Tempo regolabile: -> 1 mese: scelta estrema (ogni anno = 12 ricariche) ⇒ è poco utile

6 mesi: due ricariche all'anno ⇒ ogni 6 anni di vita ± è utile per mantenere un'efficienza il condensatore

Per riformare il dielettrico dei condensatori, si lascia scaricato al massimo dell'energia per alcuni minuti

e lo si lascia scaricare su se stesso -> il dispositivo verifica che se è scarico carica per almeno 10 min

considero il ciclo di carica-scarica terminato (può non andare a buon fine se è necessario erogare un tempo in quel momento)

se ci sono scariche terapeutiche, il dispositivo sposta il prossimo ciclo di carica-scarica di un

periodo massimo di 2 mesi

→ ricarica 'Auto': c'è un altro parametro che influisce sul tempo di carica: lo stato della batteria

il dispositivo finché la batteria è lontana da fine vita, mantiene 6 mesi; man mano che ci si

avvicina a fine vita si aumenta il n° di cariche/scariche -> + ossido; + calore e carenza

inoltre se dura un po' di meno, non cambia molto, la batteria è ormai alla fine (non importa se è sostituita il CD 6 mesi prima, basta sempre efficiente)

Se  $t=6s$ , si prende un tempo di ricarica di 1 mese

### OTTIMIZZAZIONE DELLA DURATA DEL DISPOSITIVO pag 215

La durata del dispositivo si riduce per: alto n° di cariche del condensatore; alto energia delle scariche;

un alto n° di eventi stimolati di bradicardia (se non deve avere funz. di p.m. risparmio energia);

decremento dell'impedenza del catetere (aumento della corrente); utilizzo della memorizzazione dell'ecg

endocavitario (registrazione 30s prima, durante e dopo l'episodio), che può essere registrato da ventricolo

o da atrio e ventricolo

### STRUMENTI DI VALUTAZIONE DEL SISTEMA pag 314-315-316

Cosa ci permette di fare il dispositivo dal punto di vista diagnostico

Si può valutare l'integrità del catetere ⇒ se non è integro si possono creare situazioni spiacevoli, leuc

Il dispositivo misura le impedenze di tutti e 4 gli elettrocateri giornalmente (alle 3 del mattino

quando il paziente non sta svolgendo attività fisiche). Quando misura le impedenze non si fanno test

di colla -> non garantisce le soglie, ma solo l'integrità del catetere

Verifica dell'ecg endocavitario -> vedere se il catetere si è dislocato; la distorsione porta

a variazioni di ampiezza. Il medico se ne occupa quando interroga il dispositivo -> ogni 6 mesi;

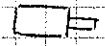

troppo poco!

Modesto PATIENT ALERT: buzzer che può omettere segnale acustico → se paziente chiama il centro, e descrive il tipo di segnale. I dispositivi recenti danno quasi sempre la possibilità di fare monitoraggio remoto → comunicare e centro servizi (HOME MONITORING)

Possono essere riferite intervalli R-R troppo brevi per essere fisiologica ( $< 40ms$ ) → situazione di possibile rottura del catetere (spesso), c'è un contatore → se se ne riferono un n° elevato → condizione di possibile rottura del catetere  
 → goccia di silicone sopra la vite: effetto simile se la vite si allenta.

Contabilità di episodi e di efficacia della terapia: ogni episodio viene classificato e memorizzato (sia gli episodi ventricolari che quelli atriali)

30-05-2011

connettere per l'elettrocatetere → monopolare   
 → bipolare 

L'ultimo parte ha solo funzione meccanica: grano che fissa (c'è un foro filettato)  
 ↳ goccia di silicone sulla vite e poi rondellina di silicone

La macchina unipolare è un po' + piccola, costa un po' di meno (5-10%) → ma la cosa fondamentale è che i cateteri sono + piccoli (+ semplici, + resistenti)

↳ problema di dimensioni e n° dei cateteri: si sceglie la monopolare e monocamerale quando basta per questo motivo.

↳ si perturba meno la circolazione venosa, ed ha meno probabilità che il catetere si rivoti (con i solo catetere invece di 2)

3 camere: macchina resincronizzante → stimola separatamente i due ventricoli (il sinistro viene stimolato dopo con ritardi delle decine di ms)

ICD: WED- DDDR

↳ 4 connessioni → 2 per antibradicardia  
 → 2 per terapia alta energia

5 cateteri → 2 ad alta tensione (senza vena coronaria, ventricoli) → coil  
 → 3 per terapia antibradicardia resincronizzante

↳ è una macchina capace di funzionare come un pacemaker

- complete capture management → test di cattura atriale e ventricolare
- Detailed EGM viewer → possibilità di vedere gli elettrogrammi endocavitari con il programmatore
- OptiFlow fluid status monitoring
- ATP During charging → ATP mentre sta ricaricando i condensatori

↳ è un fatto ovvio: mentre carica i condensatori, ho correnti molto elevate (2.5-3 A) e la tensione di batteria scende sensibilmente (ci mette poco tempo a tornare intanto a 2.8V, e un paio di giorni a tornare a 3.2V) → non ho tensione sufficiente per erogare l'ATP

ICM = implantable cardiac monitor

↳ consentire di monitorare il ritmo cardiaco di un soggetto per tempi lunghi (2-3 anni)  
sono usati da 7-8 anni. Non ha coelore.

↳ si può fare anche con p.m., ma è scomodo perché devi mettere in coelore  
impiantato in un'area sottocostale sul torace

AG 230-231

## STRUMENTI DI VALUTAZIONE

rendere efficiente l'interazione dispositivo-paziente e dispositivo-medico

↳ controlli ogni 3-6 mesi

⇒ deve avere una buona interfaccia

- Guida ECG: riepilogo globale di ciò che è accaduto al paziente e stimolare dall'ultima seduta.
- Tutti gli episodi rilevati e i contorni
- info su tensione di batteria, impedenza dell'elettrocatete, condensatori.
- possibilità di stampare rapporti
- visualizzazione di tutte le modifiche effettuate nello studio
- check list (personalizzate sul paziente) → il medico può verificare tutto ciò d'importanza