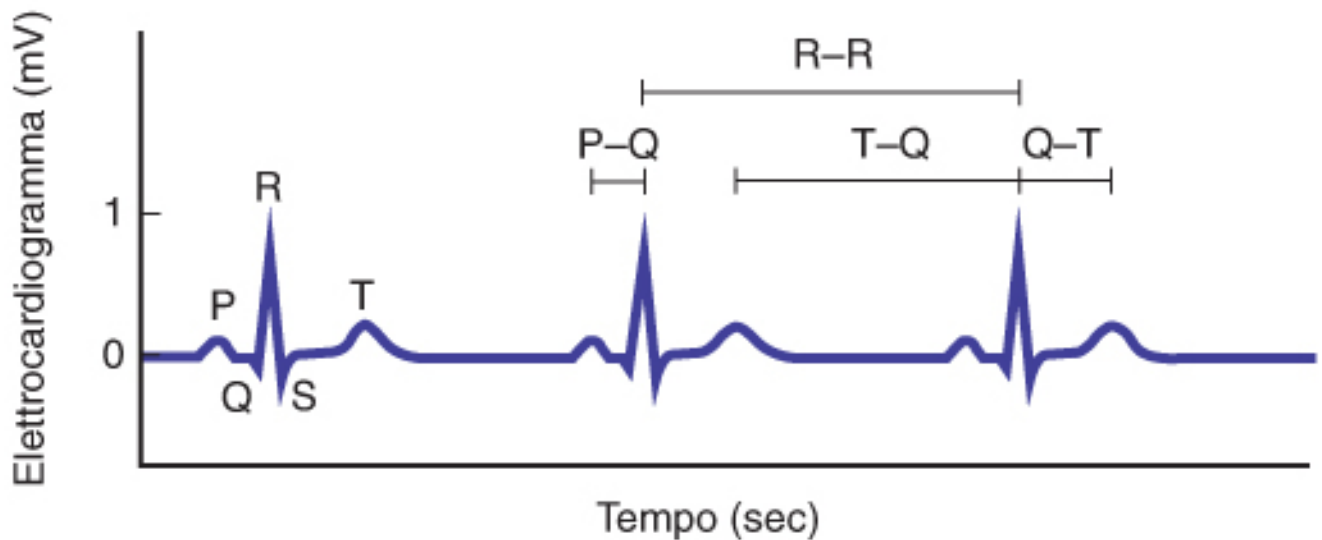


5.2_PROPAGAZIONE DEL POTENZIALE D'AZIONE CARDIACO- Elettrocardiogramma

• L'elettrocardiogramma (ECG)



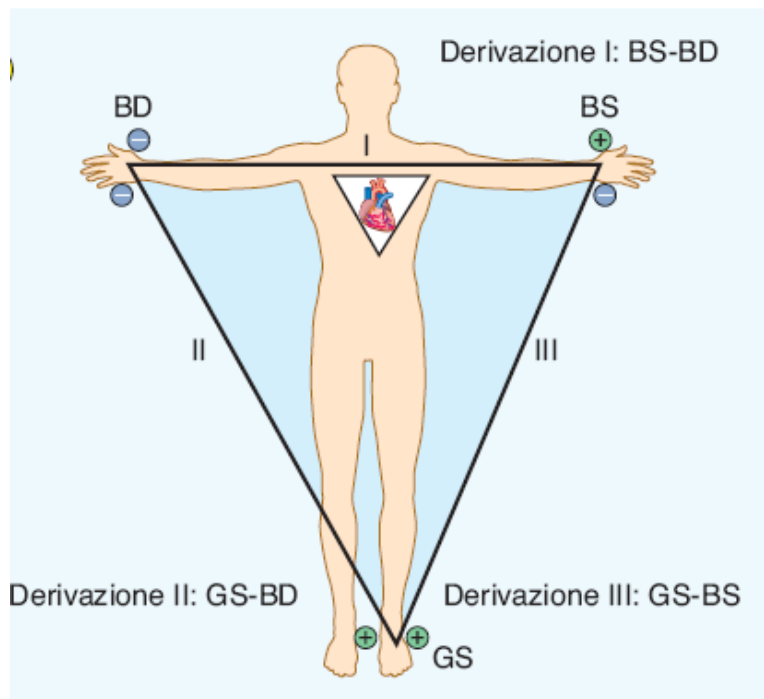
• L'ECG è la misura del decorso dell'impulso cardiaco, ottenuta registrando le variazioni di potenziale elettrico in diverse sedi sulla superficie corporea.

• Fornisce informazioni sull' orientamento anatomico del cuore, disturbi del ritmo e della conduzione, effetti delle alterazioni della concentrazione di elettroliti, effetti di farmaci.

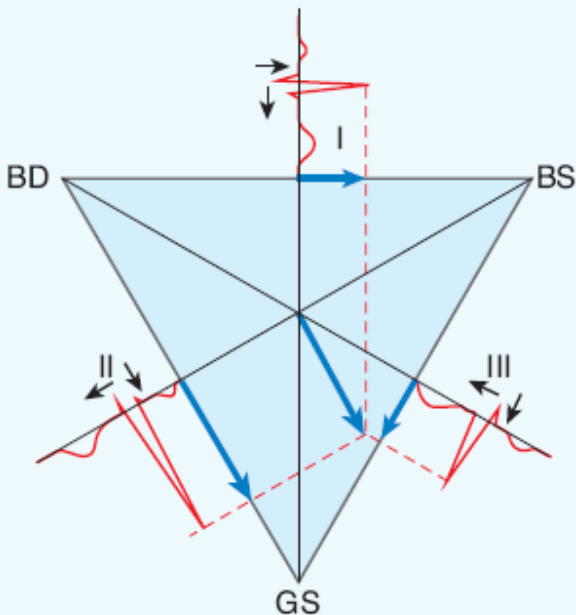
• Per convenzione gli elettrodi sono collegati ad un sistema di amplificazione che fa muovere il pennino sulla carta ad una velocità di 25 mm/s. Asse y: 1 mV/cm. Asse x : 25 mm/s.

• L'intervallo normale tra due battiti consecutivi è 0.83 secondi, che significa una frequenza di 72 battiti al minuto.

- disposizione degli elettrodi di misura
- triangolo di *Einthoven*

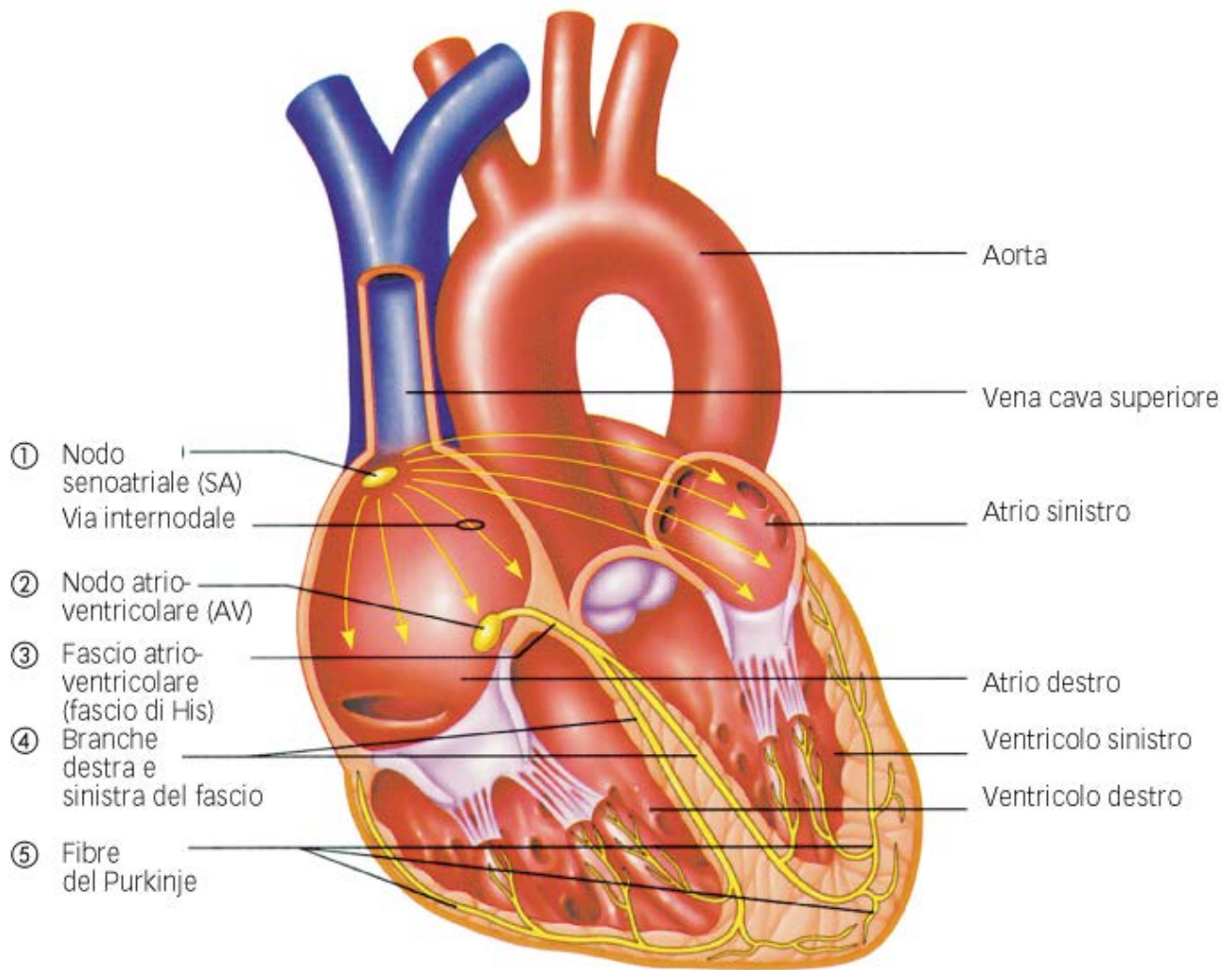


I^a, II^a e III^a derivazione



- il cuore si trova all'interno di un triangolo equilatero, i cui vertici sono il braccio sinistro (BS), braccio destro (BD) e gamba sinistra (GS)
- la forza elettromotrice (PA che si propaga) presente nel cuore è rappresentata da un *vettore* tridimensionale che si propaga e cambia ampiezza e direzione
- l'ECG è la proiezione del vettore su un lato del triangolo

• Generazione e conduzione dell'eccitamento cardiaco



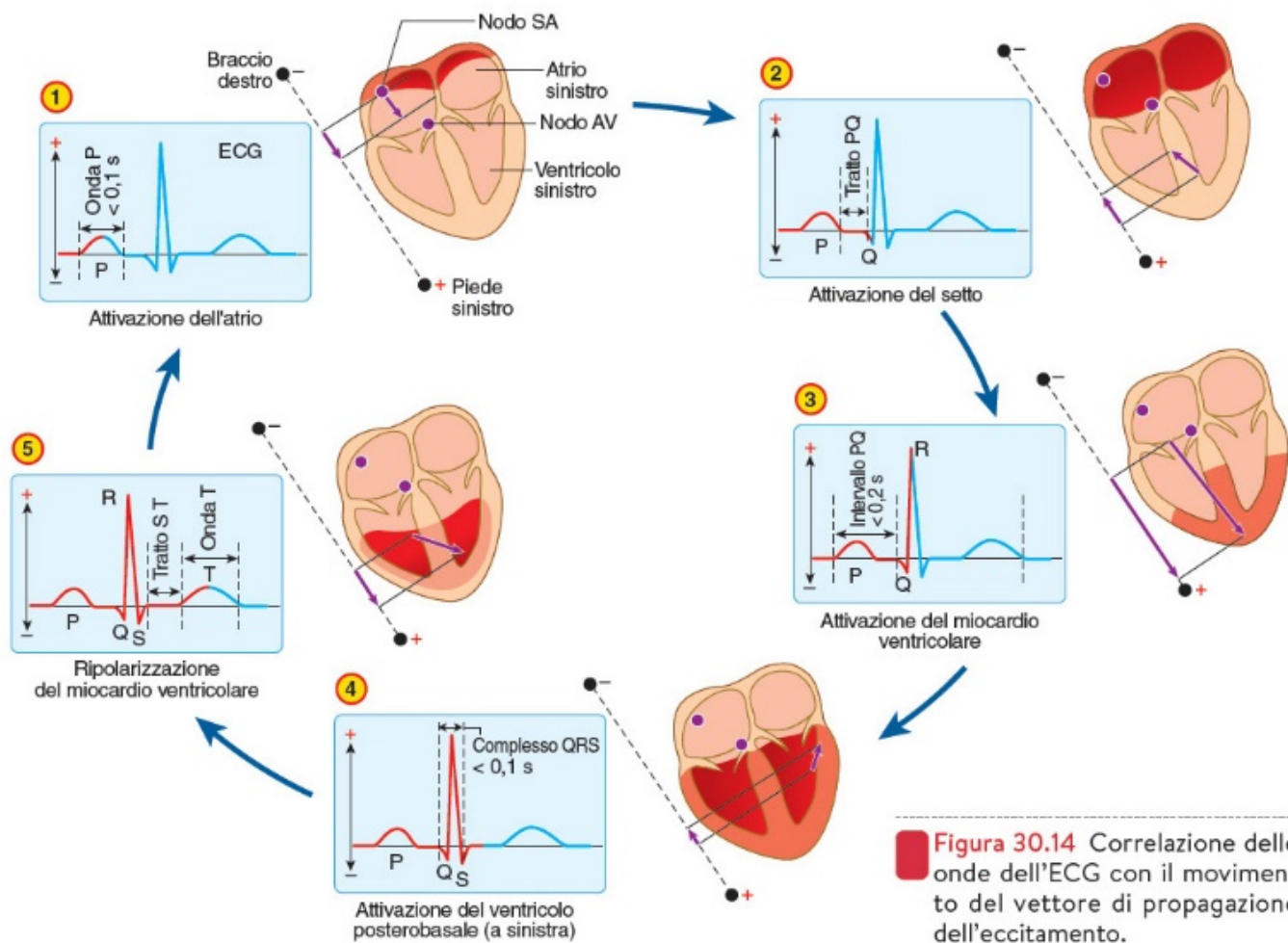


Figura 30.14 Correlazione delle onde dell'ECG con il movimento del vettore di propagazione dell'eccitamento.

nodo SA

Zona semilunare ($3 \times 10 \text{ mm}^2$), contiene cellule di piccole dimensioni (diam. $3\text{-}5 \text{ }\mu\text{m}$), autoritmiche (pace-maker) che generano il potenziale d'azione.

vie internodali

Conducono il potenziale d'azione dal nodo SA al nodo AV. Hanno dimensioni relativamente grandi (diam. $15\text{-}20 \text{ }\mu\text{m}$) ed una velocità di conduzione di $0.3\text{-}0.6 \text{ m/s}$

nodo AV

Zona in cui il PA subisce un ritardo (0.1 s) prima di invadere i ventricoli. Sono fibre giunzionali lunghe e strette (diam. $3\text{-}5 \text{ }\mu\text{m}$). Velocità di conduzione: 0.02 m/s

fascio di His

Fascio comune. Fibre grosse. Conducono l'impulso dal nodo AV ai ventricoli. $1\text{-}2 \text{ m/s}$.

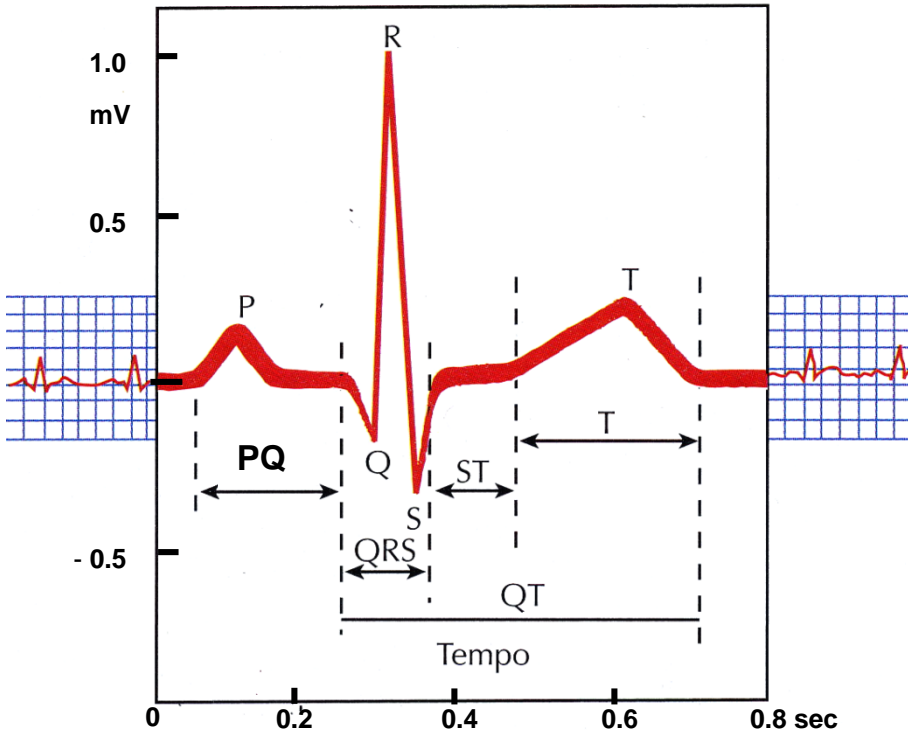
fascio AV e fibre del Purkinje

Originano dal fascio di His. Si dividono in 2 fasci (branca destra e b. sinistra). Fibre grosse (diam. $40\text{-}80 \text{ }\mu\text{m}$). Conducono l'impulso dall'apice alla dei ventricoli. $2\text{-}4 \text{ m/s}$.

miocardio ventricolare

Miocardio di lavoro.
 $0.4\text{-}0.5 \text{ m/s}$

SIGNIFICATO DELL'ECG



Onda P: *depolarizzazione atriale*

Intervallo PQ: *l'intervallo di tempo* attraverso il sistema di conduzione AV (0.2s); dall'inizio dell'onda P fino alla deflessione seguente

Complesso QRS: *depolarizzazione ventricolare*. L'ampiezza è maggiore rispetto all'onda P in quanto è maggiore la massa muscolare

Segmento ST: periodo sistolico in cui tutto il ventricolo è depolarizzato

Onda T: *ripolarizzazione ventricolare.*

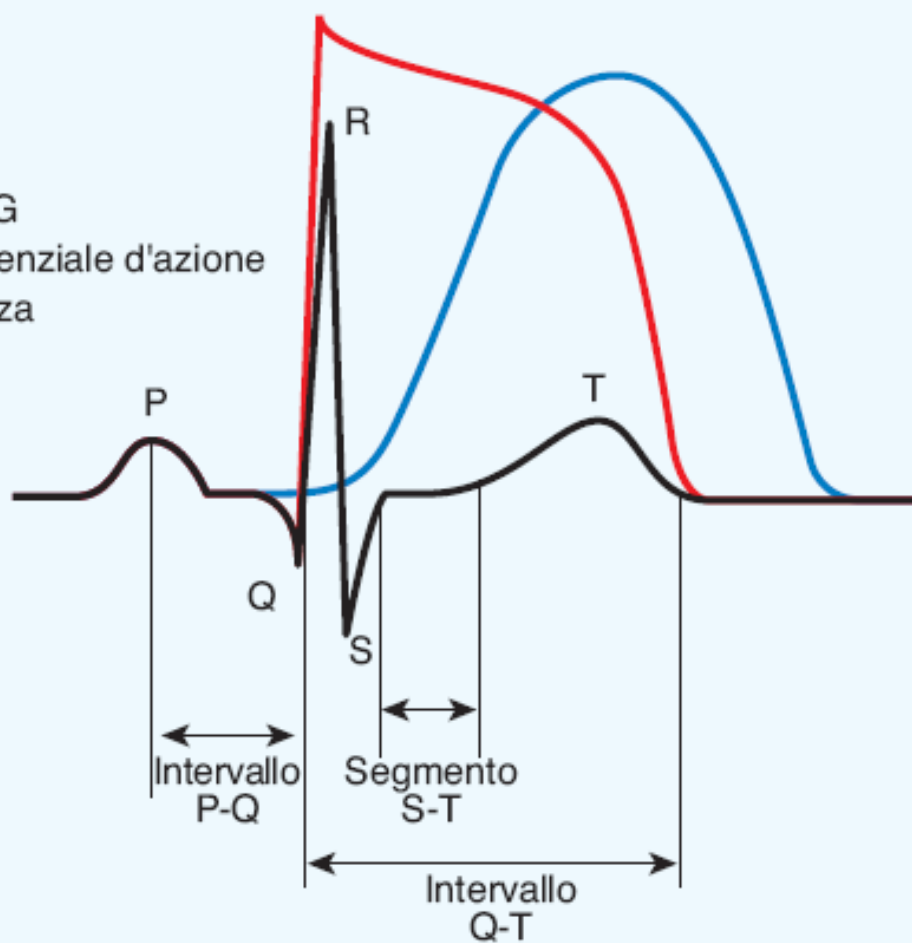
Intervallo QT: *durata* del potenziale d'azione ventricolare (0.4 s), dall'inizio del QRS alla fine dell'onda T.

L'intervallo RR tra due battiti consecutivi è di 0.83 secondi, corrisponde ad una frequenza di 72 battiti/minuto

Componente	Ampiezza (mV)	Durata (sec)
Onda P	0,2	0,10
Complesso QRS	1,0	0,08–0,12
Onda T	0,2–0,3	0,16–0,27
Intervallo P–Q	N/A	0,12–0,21
Intervallo Q–T	N/A	0,30–0,43
Segmento T–Q	N/A	0,55–0,70
Intervallo R–R	N/A	0,85–1,00

A

— ECG
— Potenziale d'azione
— Forza



Il fenomeno del "rientro"

- In condizioni particolari un impulso cardiaco può rieccitare la stessa regione attraverso cui era passato
- Insorgono **aritmie** (disturbi del ritmo cardiaco)

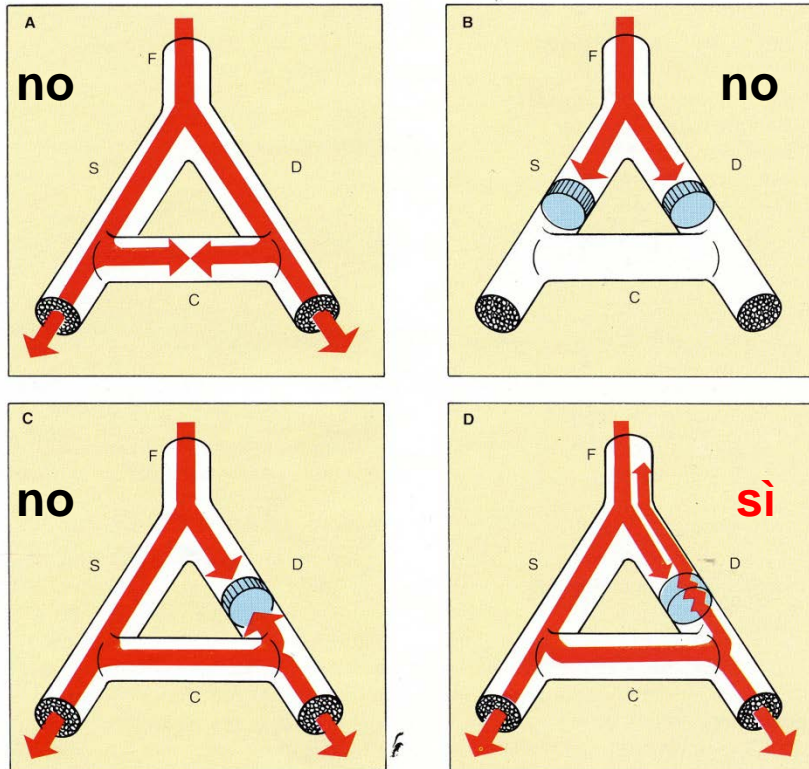


Figura 17-18 Il ruolo del blocco unidirezionale nel rientro. A, un'onda di eccitazione che viaggia lungo un singolo fascio di fibre (F) si propaga alle branche destra (D) e sinistra (S). L'onda di depolarizzazione entra nella branca di connessione (C) da entrambi i capi e si estingue nella zona di collisione. Non si verifica rientro. B, l'onda si blocca nelle branche D e S. Non si verifica rientro. C, l'impulso anterogrado e retrogrado si bloccano entrambi nella branca D. Non si verifica rientro. D, nella branca D è presente un blocco unidirezionale. L'impulso anterogrado si blocca. L'impulso retrogrado arriva ritardato, dopo che il segmento della branca D precedentemente in refrattarietà, ha riacquisito la sua eccitabilità. L'impulso retrogrado viaggia attraverso la branca D e rieccita il fascio F per completare il circuito di rientro.

"rientro"
dell'eccita-
mento

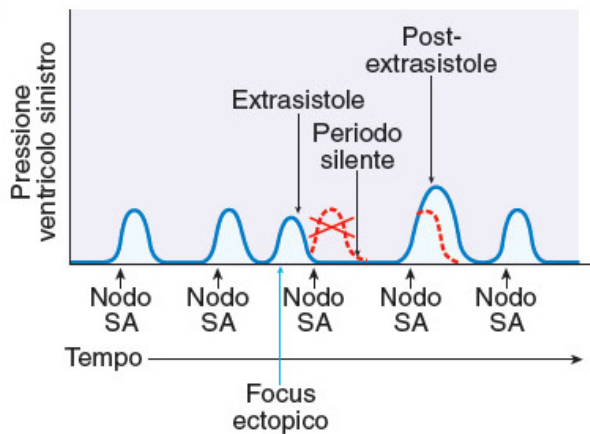
**blocco
unidirezionale**
(anterogrado)

Il "rientro" è favorito da:

- prolungamento del tempo di conduzione
- accorciamento del periodo refrattario

SCHDA DI APPROFONDIMENTO 30-2: ARITMIE E BLOCCHI DELLA CONDUZIONE

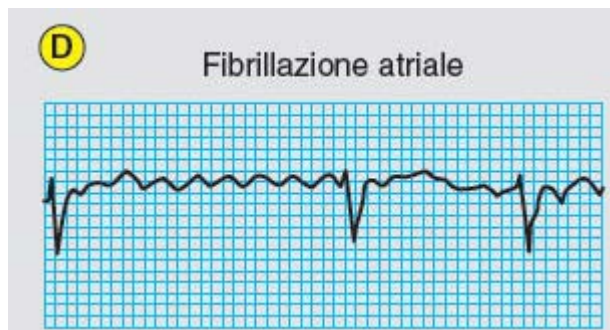
Extrasistole: sistole precoce



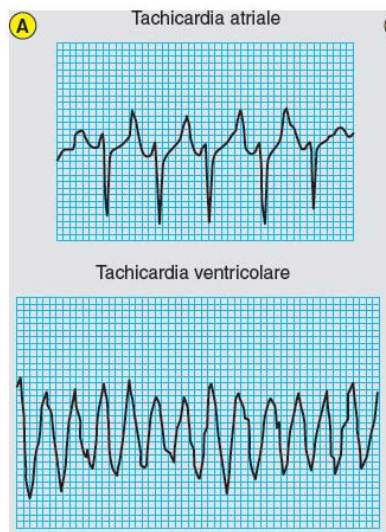
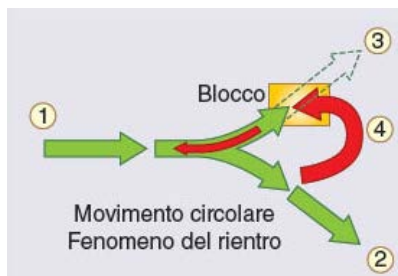
Fibrillazione ventricolare



Fibrillazione atriale



Tachicardia parossistica



Extrasistoli e blocchi AV visti attraverso l'ECG

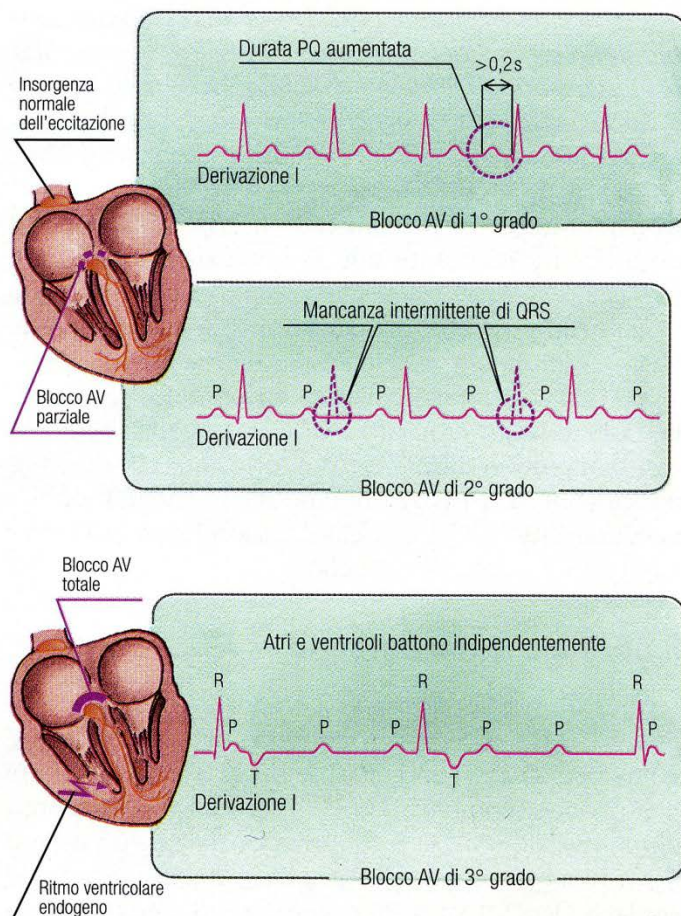
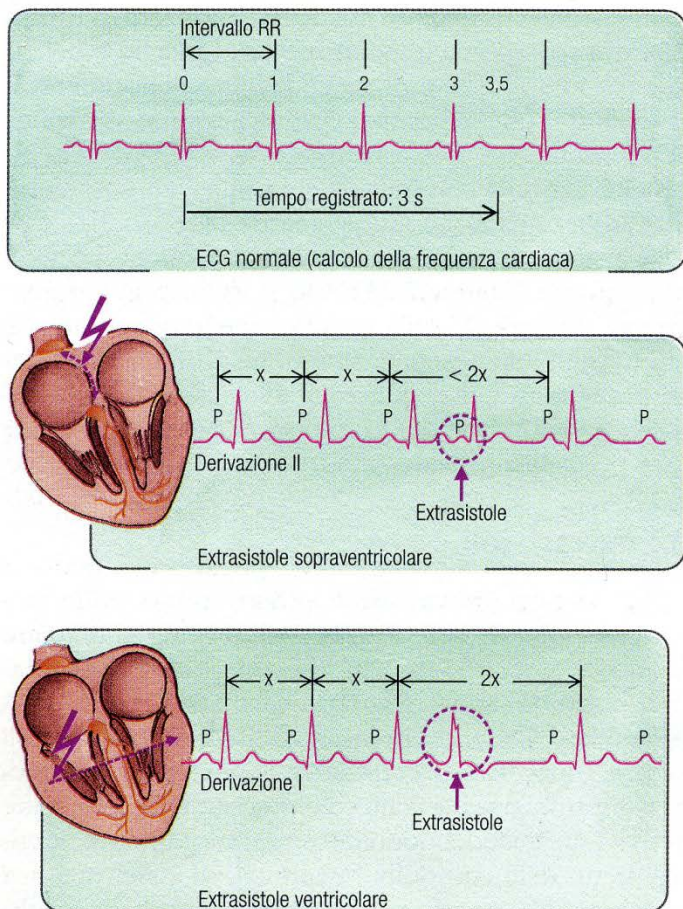
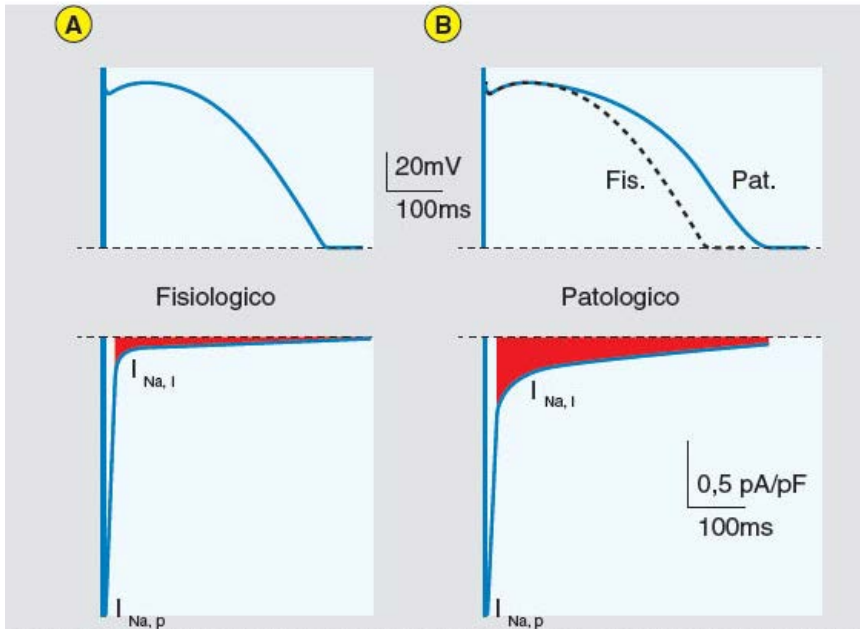


Figura 7.24 ECG: la determinazione della frequenza cardiaca, extrasistole sopraventricolare e ventricolare. Dalla distanza fra i tratti R (R-R) e dalla velocità di registrazione (in cm/min) si può determinare la frequenza cardiaca f (in min^{-1}). Nel caso in oggetto essa ammonta a 70 min^{-1} . In caso di extrasistole sopraventricolare, il sito di formazione dello stimolo si trova nell'atrio. La distanza dall'ultima onda P normale a quella dell'extrasistole è minore rispetto a quella nel normale intervallo P-P ($= x$), e l'intervallo P-P successivo è più ampio (pausa postextrasistolica). Complessivamente, però, la distanza fra il P prima e quello dopo l'extrasistole è minore del normale, vale a dire $< 2x$. In caso di extrasistole ventricolare, l'extrasistole si origina nel ventricolo (nel nostro esempio nel ventricolo destro) ed è seguita da una pausa compensatoria, cioè la distanza fra R prima e R dopo l'extrasistole risulta uguale a $2x$ ($\Rightarrow 26$).

Figura 7.25 Il blocco atrioventricolare. In caso di normale insorgenza dell'eccitazione nel nodo del seno, la durata di PQ risulta o prolungata (blocco AV di 1° grado) o manca un battito ventricolare intermittente (blocco AV di 2° grado), oppure gli atri e i ventricoli battono indipendentemente gli uni dagli altri (blocco AV di 3° grado). Se viene trasmessa soltanto ogni seconda o ogni terza eccitazione atriale, si parla di un blocco 2:1 o, rispettivamente, 3:1.

SCHEDA DI APPROFONDIMENTO 30.3-Nav1.5 come target per trattamento farmacologico delle aritmie



- Nav1.5 (TTX-resistente) ha una componente veloce (fase di rapida depolarizzazione del PA) ed una lenta (persistente, nella fase di plateau).
- Sebbene di piccola ampiezza, la componente persistente produce un sovraccarico di Na^+ entrante.
- Questo reduce l'attività di Na/Ca ed aumenta calcio citosolico, favorendo l'insorgenza di aritmie.
- Inibitori selettivi: ranolazina (bloccante selettivo $\text{I}_{\text{Na},\text{I}}$).