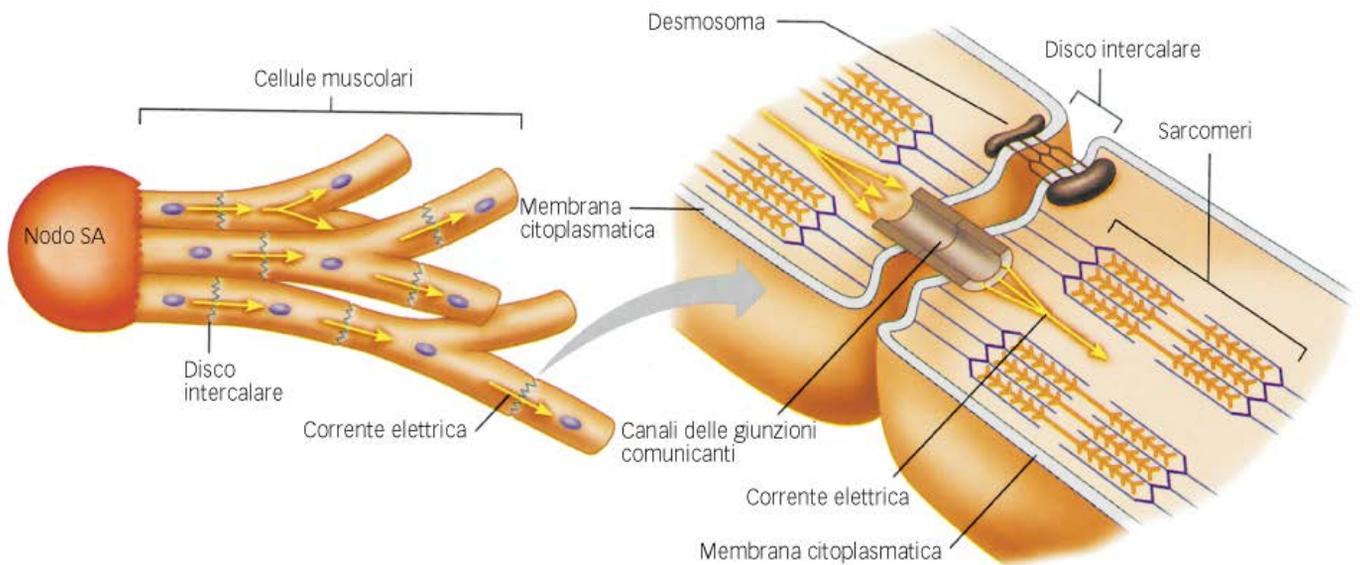
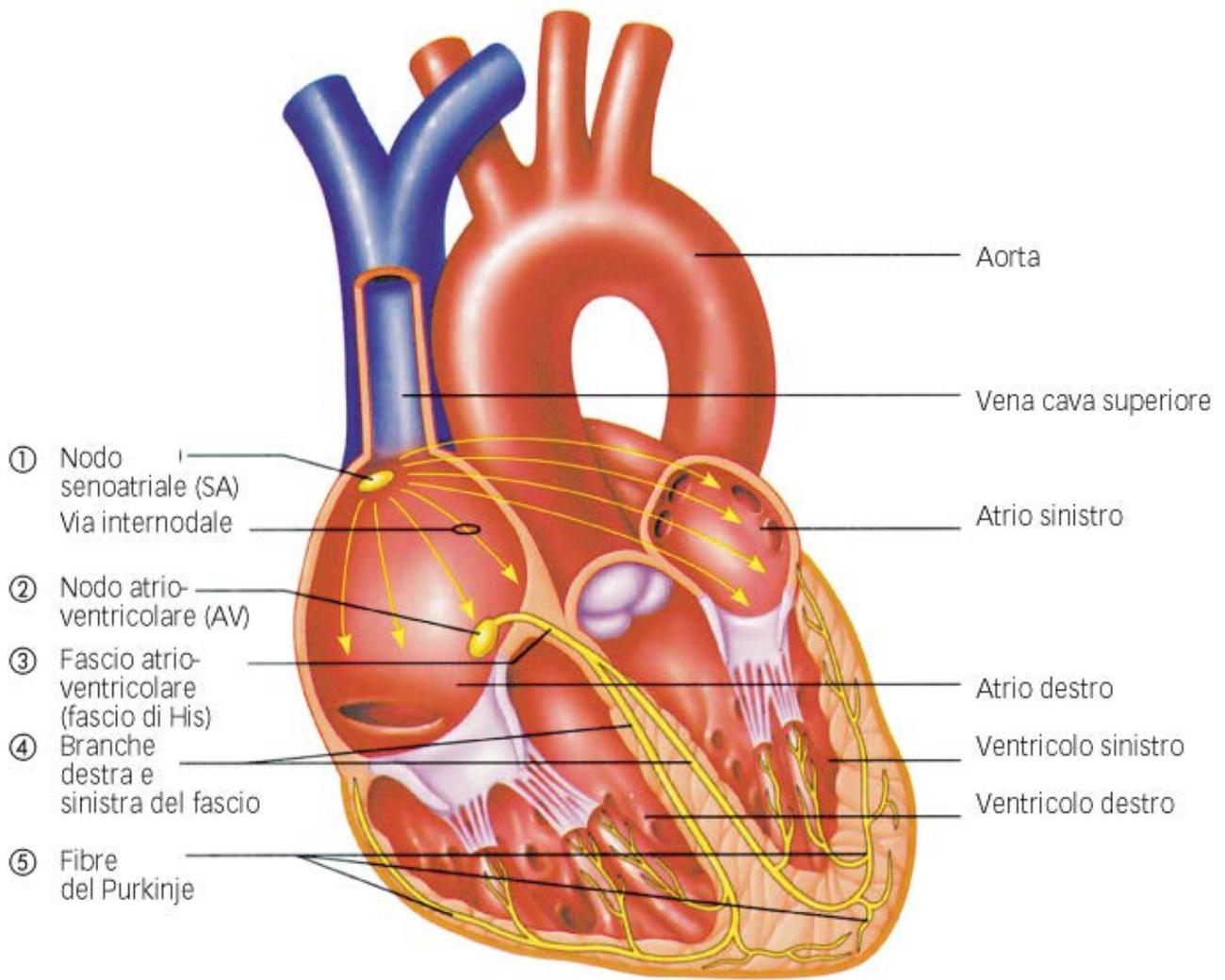


## **5.2\_PROPAGAZIONE POTENZIALE D'AZIONE CARDIACO ED ECGETTROCARDIOGRAMMA**

- **Generazione e conduzione dell'eccitamento cardiaco**
- **ECG: significato e misura**

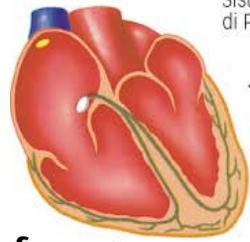
# • Generazione e conduzione dell'eccitamento cardiaco



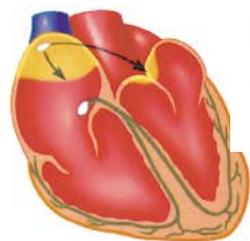
**Cuore a riposo, prima della generazione di un altro PA nel nodo SA**

**nodo SA**  
Nodo AV  
Fascio di His  
Sistema di Purkinje

**Il PA nasce nel nodo SA**

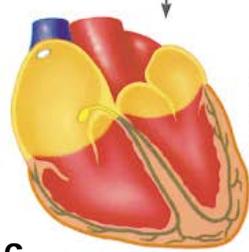


**a**



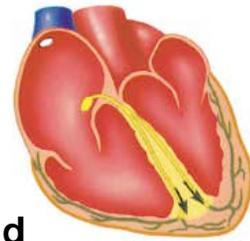
**Dal nodo SA al muscolo atriale**

**b**



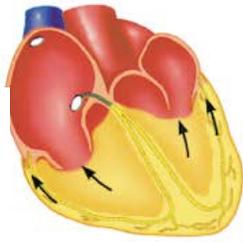
**Dagli atri al nodo AV**

**c**



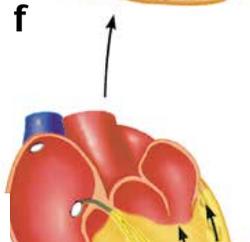
**dal nodo AV al sistema di conduzione, fino all'apice del cuore**

**d**



**Dall'apice attraverso i ventricoli**

**e**



**f**

**Cuore a riposo, prima della generazione di un altro PA nel nodo SA**

**nodo SA**

Zona semilunare ( $3 \times 10 \text{ mm}^2$ ), contiene cellule di piccole dimensioni (diam.  $3-5 \mu\text{m}$ ), 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.  $15-20 \mu\text{m}$ ) ed una velocità di conduzione di  $0.3-0.6 \text{ m/s}$

**nodo AV**

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

**fascio di His**

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

**fascio AV e fibre del Purkinje**

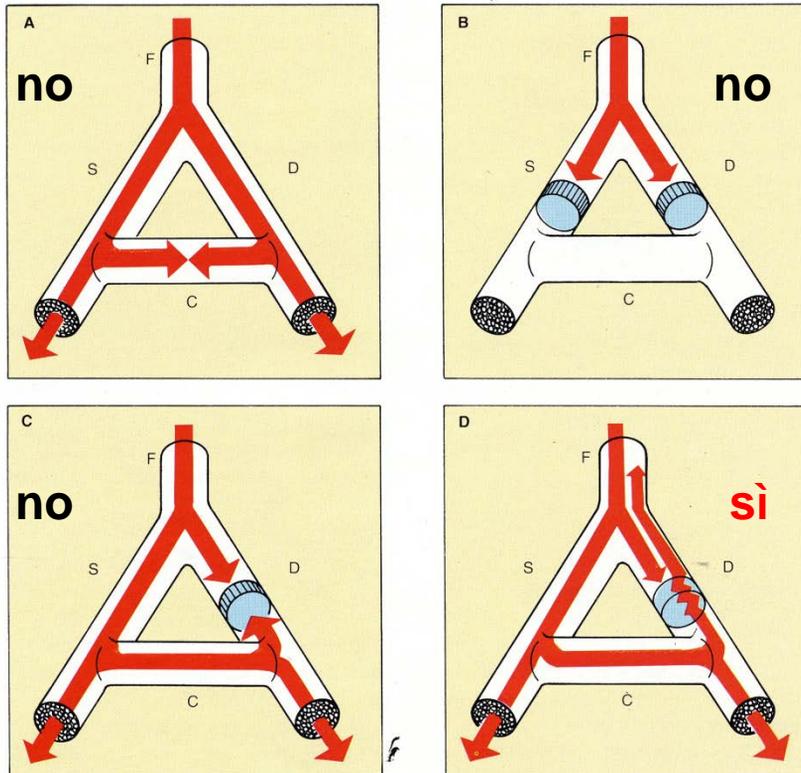
Originano dal fascio di His. Si dividono in 2 fasci (branca destra e b. sinistra). Fibre grosse (diam.  $40-80 \mu\text{m}$ ). Conducono l'impulso dall'apice alla dei ventricoli.  $2-4 \text{ m/s}$ .

**miocardio ventricolare**

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

# 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)



**blocco bidirezionale**  
(anterogrado e retrogrado)

**"rientro"**  
dell'eccitamento

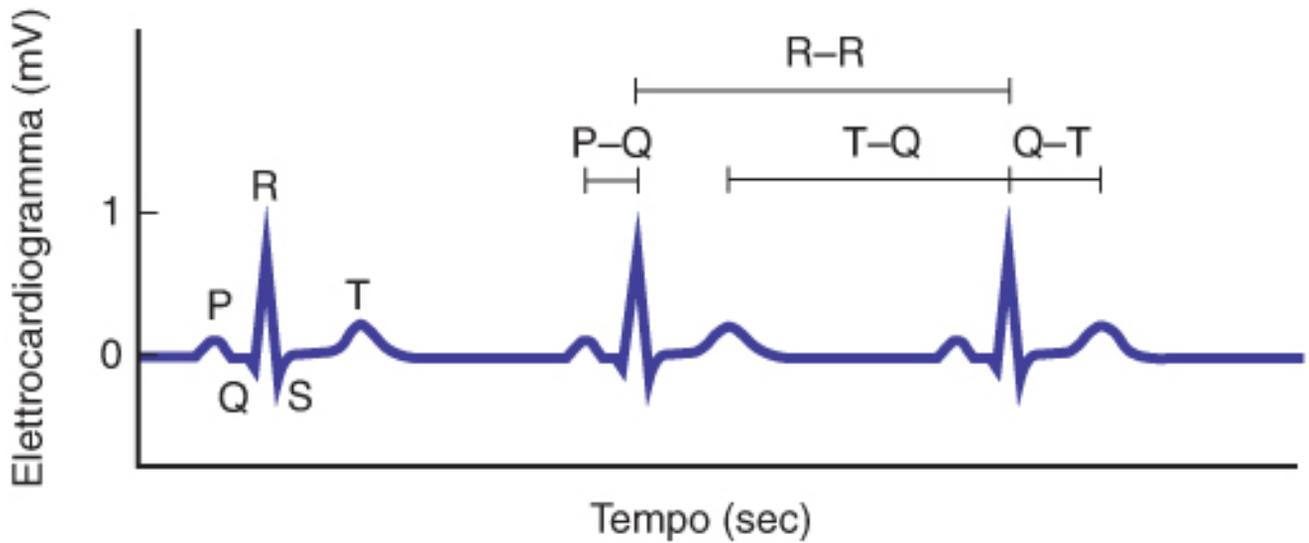
**blocco unidirezionale**  
(anterogrado)

**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.

Il "rientro" è favorito da:

- prolungamento del tempo di conduzione
- accorciamento del periodo refrattario

## • L'elettrocardiogramma (ECG)



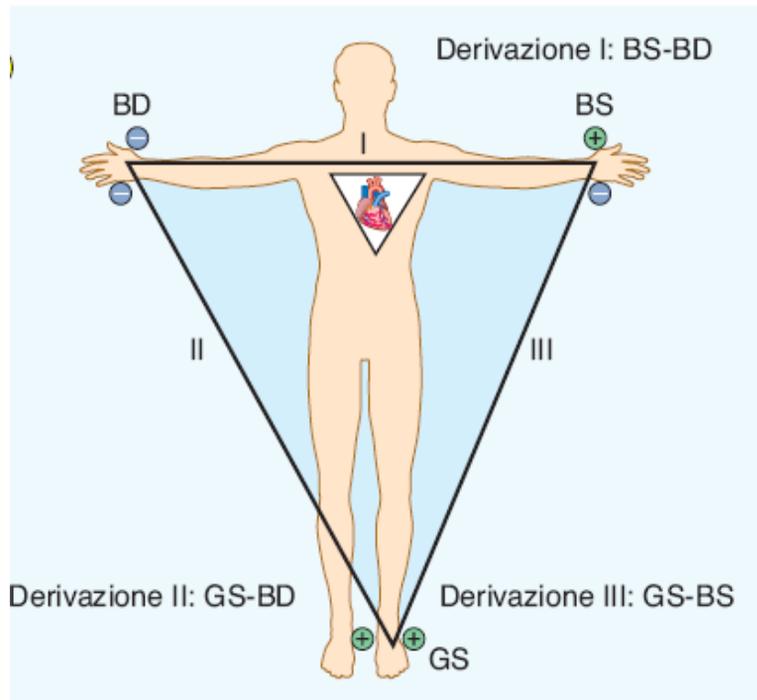
• L'ECG è la misura del decorso dell'impulso cardiaco, ottenuta registrando le variazioni di potenziale elettrico in diverse sedi sulla superficie corporea.

• 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.

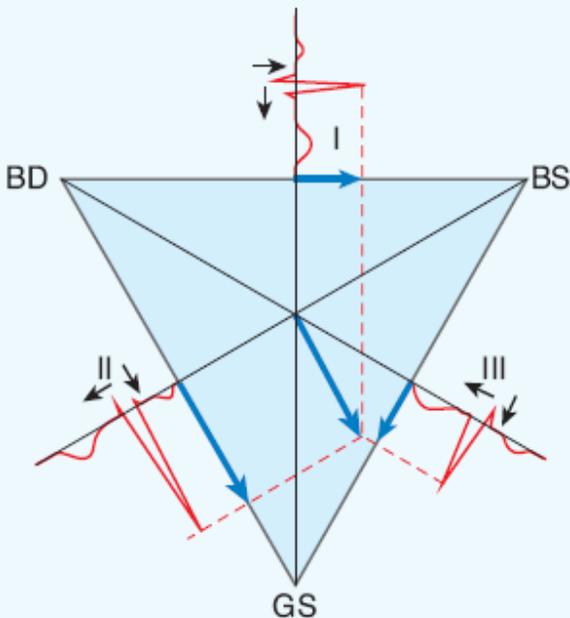
• L'intervallo normale tra due battiti consecutivi è 0.83 secondi, che significa una frequenza di 72 battiti al minuto.

• Fornisce informazioni su: orientamento anatomico del cuore, ampiezza relativa della sue camere, disturbi del ritmo e della conduzione, effetti delle alterazioni della concentrazione di elettroliti, effetti di farmaci.

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

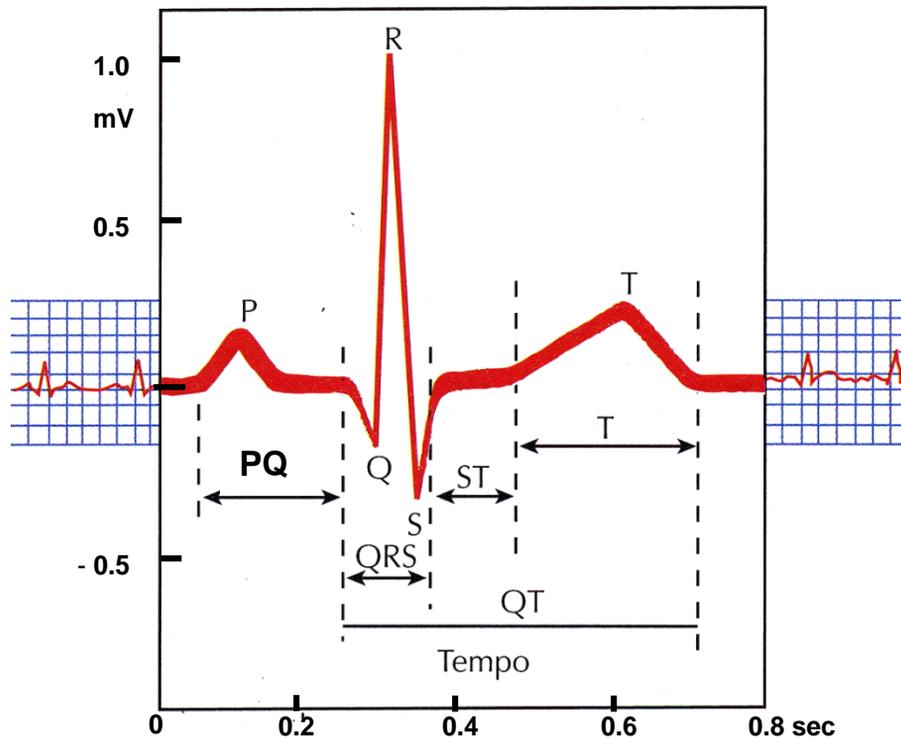


### I<sup>a</sup>, II<sup>a</sup> e III<sup>a</sup> derivazione



- 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

- L'**ECG** fornisce informazioni su:  
 orientamento anatomico del cuore, disturbi del ritmo e della conduzione, effetti delle alterazioni della concentrazione di elettroliti, effetti di farmaci



**Onda P:** *depolarizzazione atriale*

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

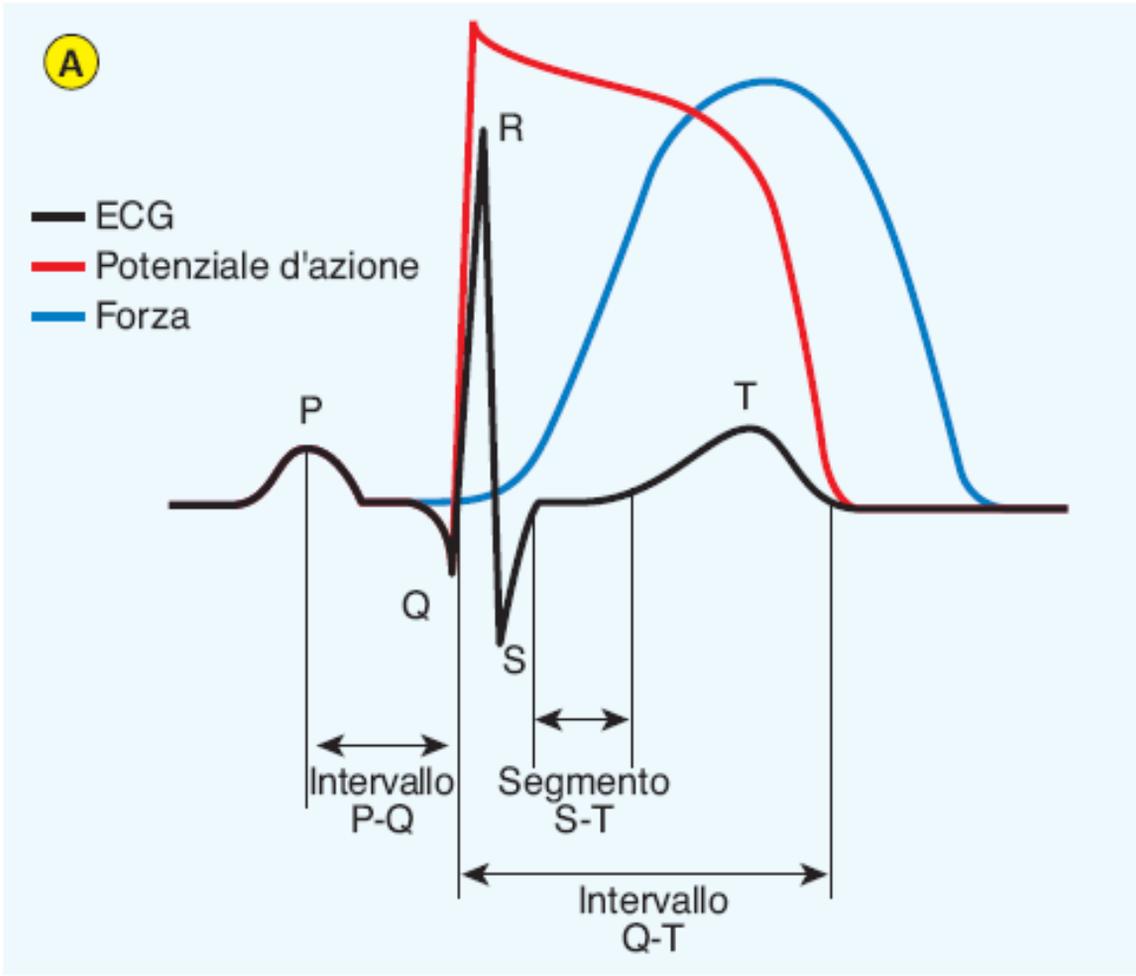
**Complesso QRS:** *depolarizzazione ventricolare*. L'ampiezza è maggiore rispetto all'onda P in quanto è maggiore la massa muscolare

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

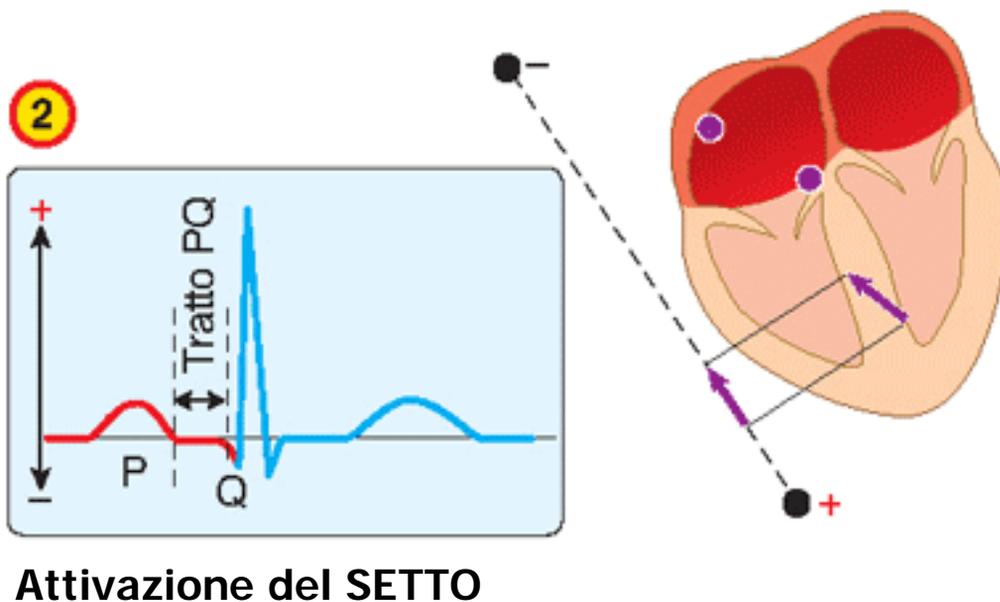
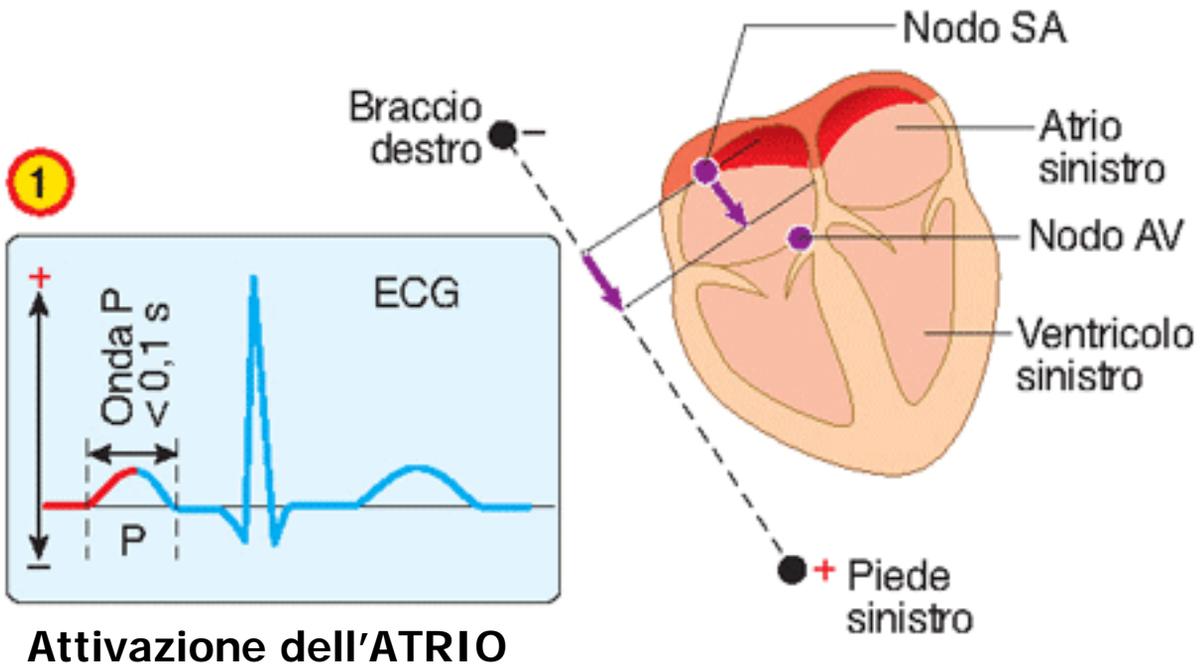
**Onda T:** *ripolarizzazione ventricolare* (asimmetrica) ha lo stesso verso del complesso QRS.

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

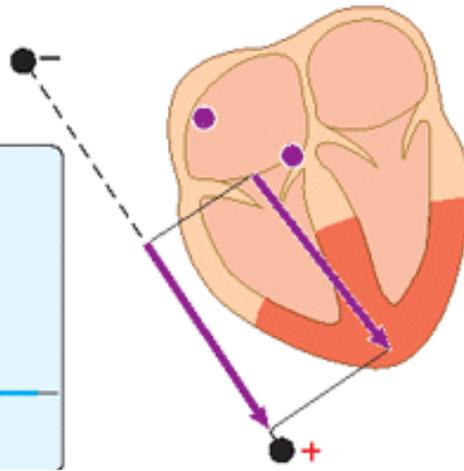
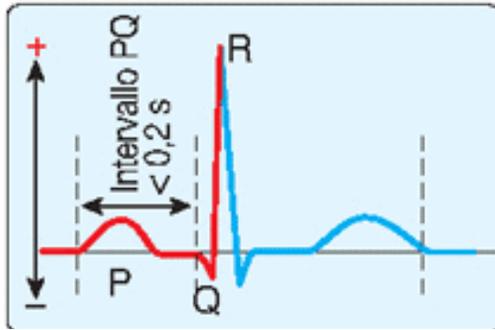
L'intervallo RR tra due battiti consecutivi è di 0.83 secondi, corrisponde ad una frequenza di 72 battiti/minuto



# Relazione tra le fasi dell'ECG e l'attività elettrica del cuore

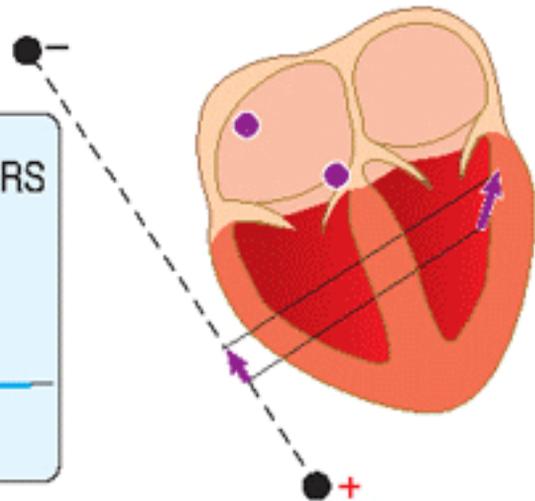
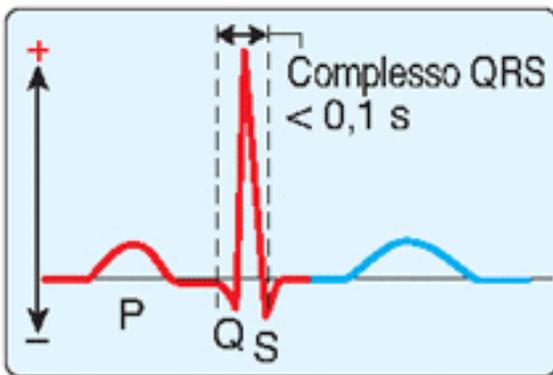


3



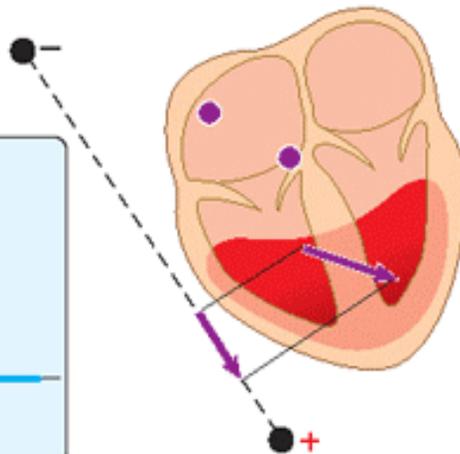
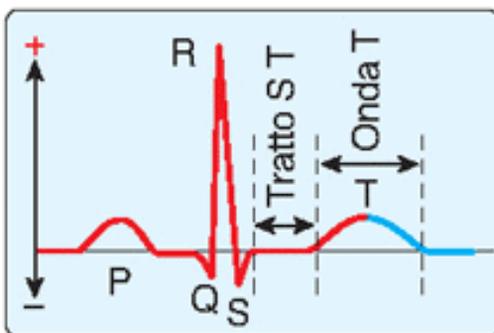
**Attivazione del miocardio ventricolare**

4



**Attivazione del ventricolo posterobasale**

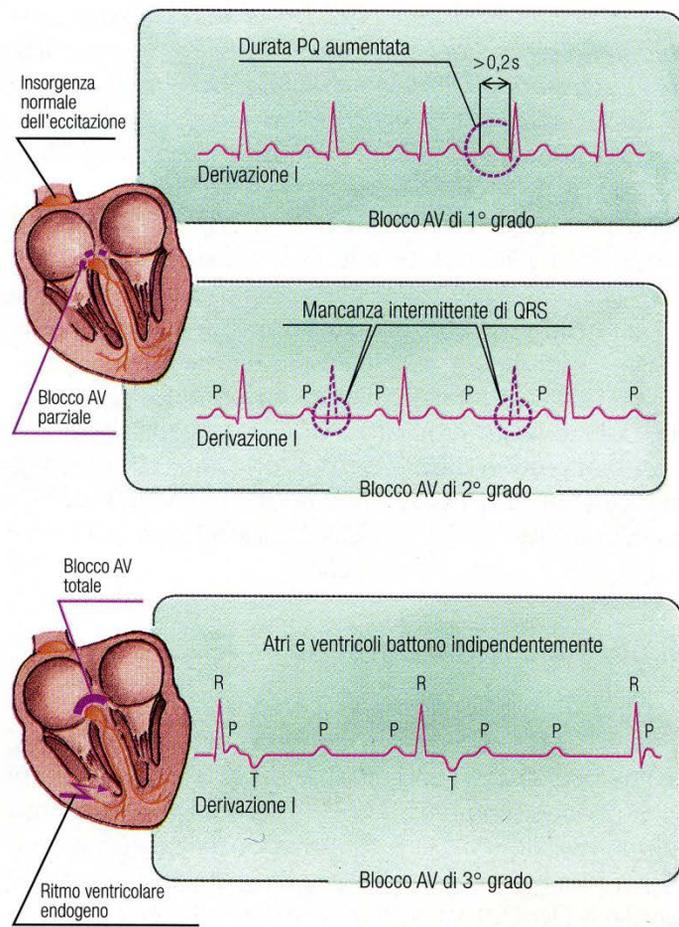
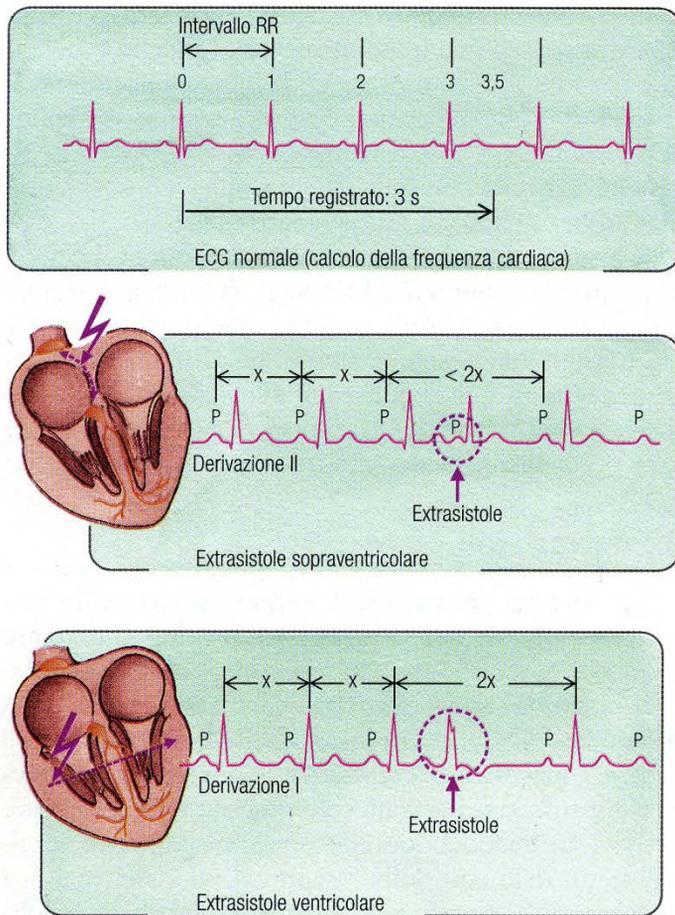
5



**Ripolarizzazione del miocardio ventricolare**

<b>Componente</b>	<b>Ampiezza (mV)</b>	<b>Durata (sec)</b>
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

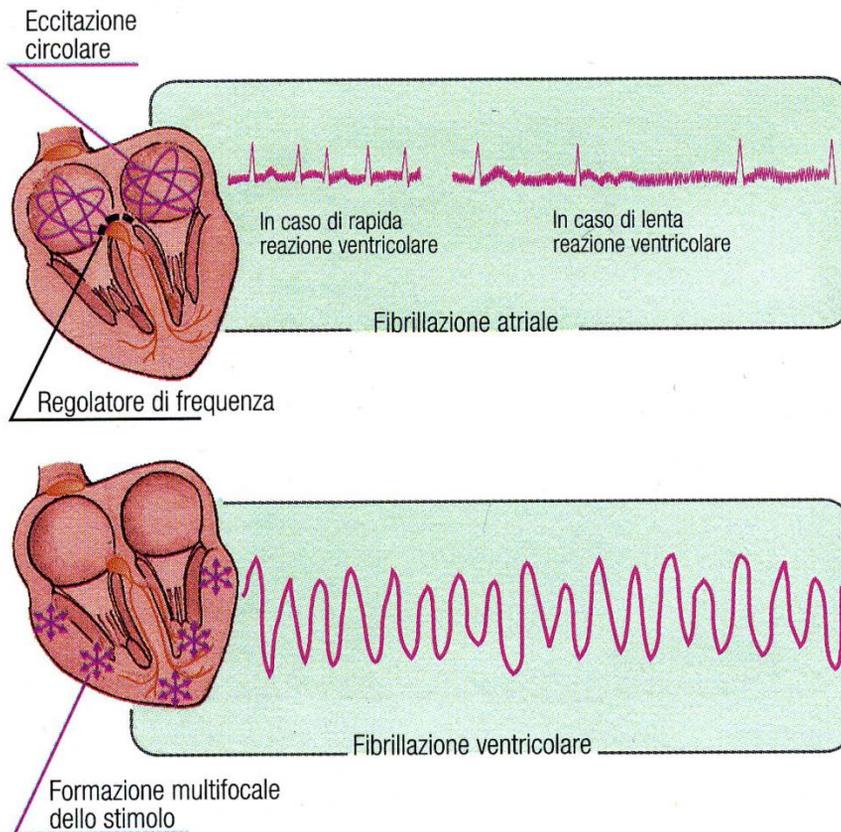
# Extrasistoli e blocchi AV visti attraverso l'ECG



**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<sup>-1</sup>). Nel caso in oggetto essa ammonta a 70 min<sup>-1</sup>. 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  $2x$  (→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.

# Fibrillazione atriale e ventricolare



**Figura 7.26** L'ECG in caso di fibrillazione atriale e ventricolare. In caso di fibrillazione atriale, attraverso una eccitazione non regolata e circolare negli atri il nodo AV agisce da regolatore della frequenza e lascia passare l'eccitazione verso i ventricoli soltanto a intervalli irregolari. A causa dell'elevata frequenza atriale, nell'ECG le onde P si fondono a formare una traccia ad ampio nastro. In caso di fibrillazione ventricolare, attraverso la formazione multifocale dello stimolo in centri eterotropi ventricolari si assiste a escursioni irregolari nell'ECG.