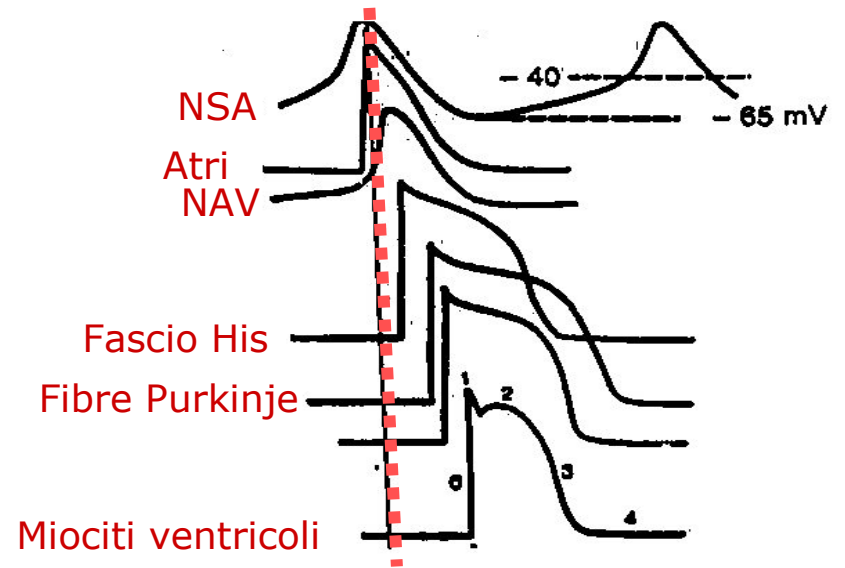
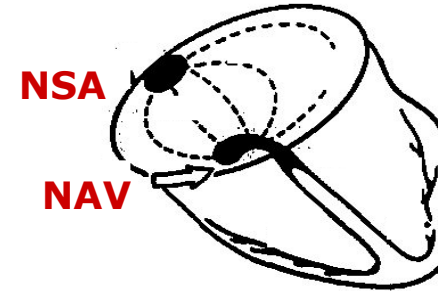


## Sequenza di insorgenza dei potenziali d'azione nelle varie parti del cuore



## **ELETTROCARDIOGRAMMA (ECG)**

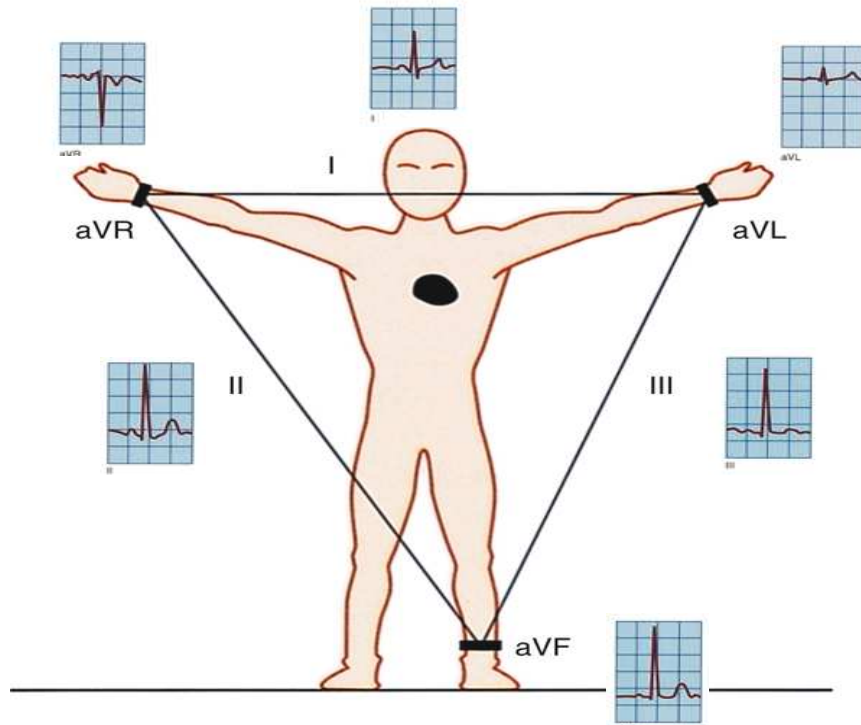
- L'ECG è la registrazione, nel tempo, dell'attività elettrica del cuore.
- Durante la propagazione del PA nelle diverse parti del cuore, i fenomeni di depolarizzazione-ripolarizzazione generano campi elettrici che si estendono alla superficie del corpo. Le variazioni istantanee di grandezza e direzione di questi campi elettrici si rispecchiano in variazioni delle differenze di potenziale, che possono essere misurate tra punti diversi della superficie corporea.
- L'ECG è quindi la registrazione delle differenze di potenziale che si creano tra punti di misura definiti, in funzione del tempo. E' quindi espressione dell'eccitamento e non della contrazione cardiaca.

## ECG comprende 12 registrazioni

### 6 dagli arti:

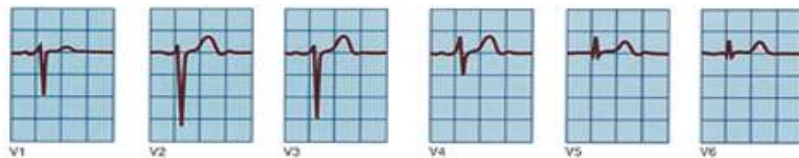
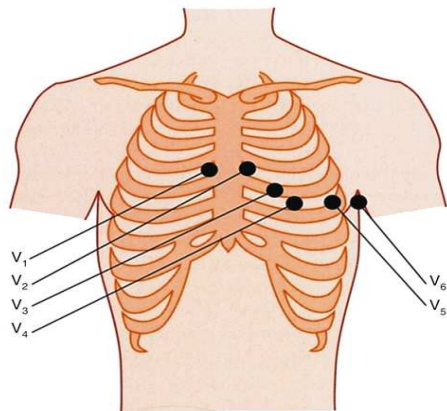
3 bipolari (I, II, III)

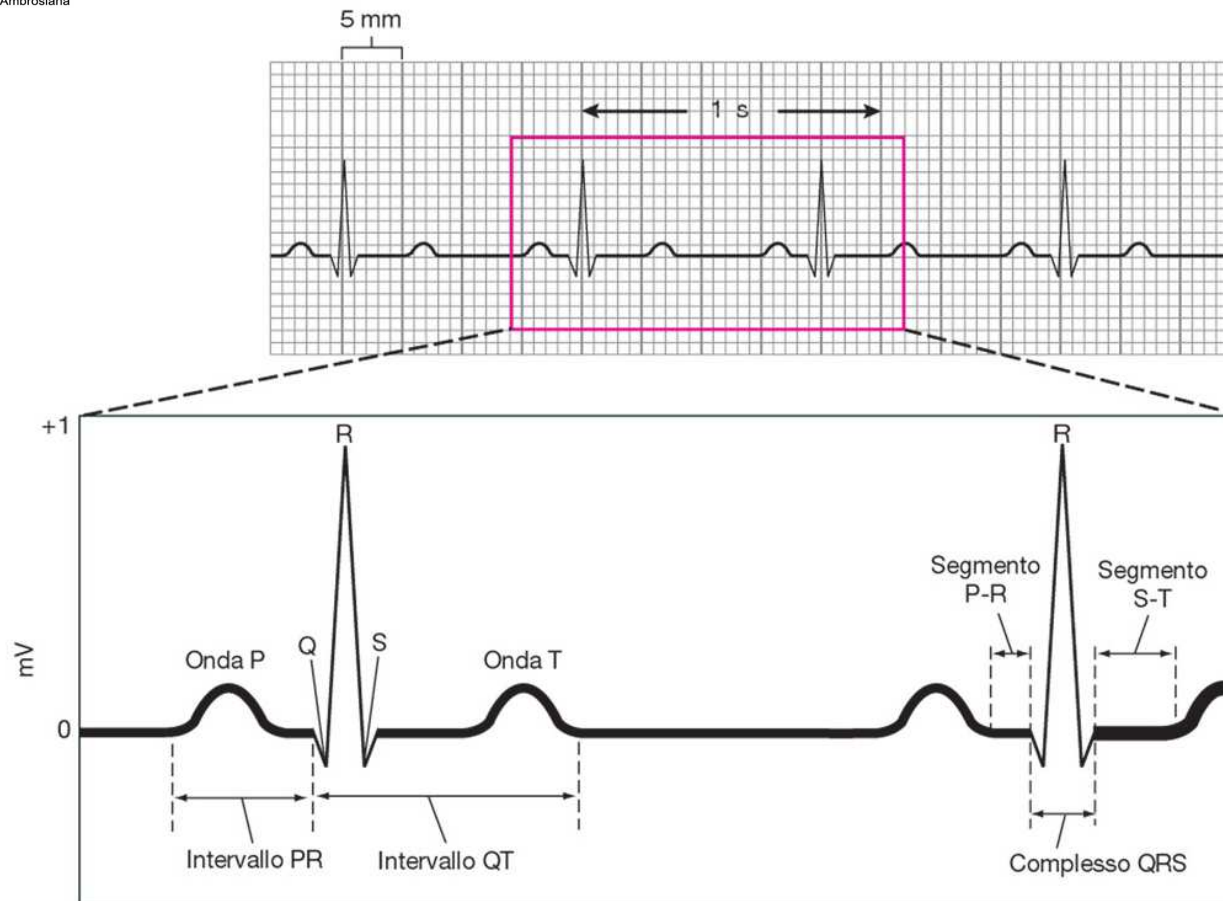
3 unipolari (aVR, aVL, aVF)



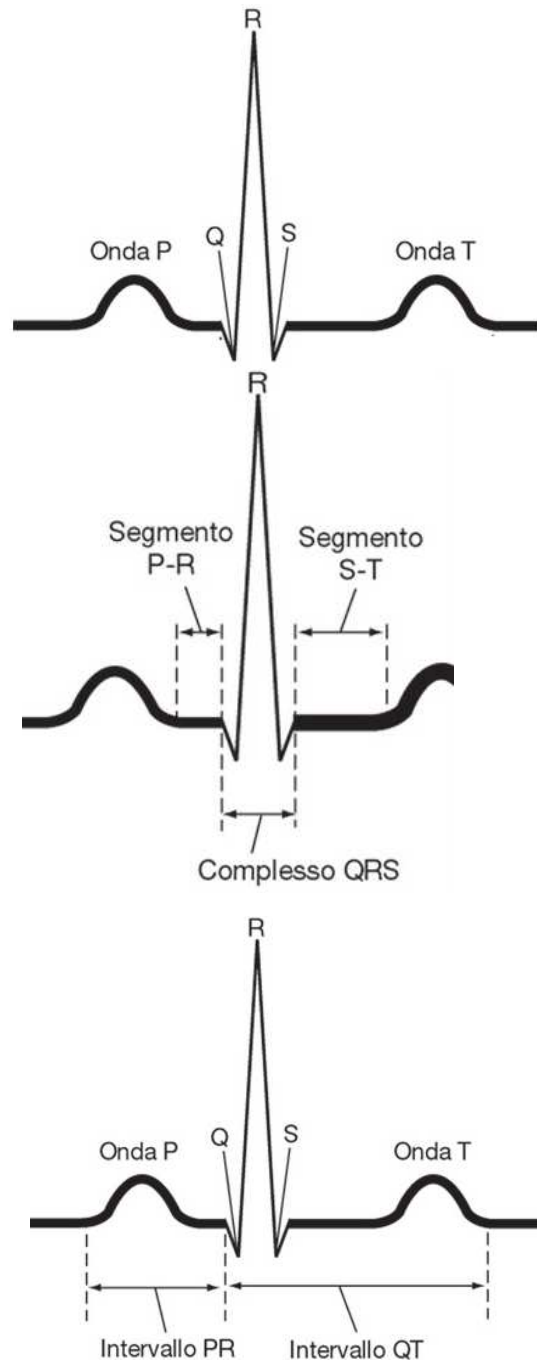
### 6 dal torace:

Unipolari toraciche o  
precordiali (V1-V6)





- L'ECG normale presenta una serie di onde positive e negative, indicate con le lettere da **P** a **T**.
- La distanza tra due onde è detta **tratto** o **segmento**. Rappresenta un periodo in cui non si registrano differenze di potenziale.
- I periodi che comprendono tratti ed onde, sono definiti **intervalli**. Esempio **intervallo P-Q** o **P-R** (inizio onda P - inizio onda Q).



## ONDE

- **Onda P:** Depolarizzazione atri
  - **Complesso QRS:** Depolarizzazione ventricoli: setto, apice, base
  - **Onda T:** Ripolarizzazione ventricoli
- Non è visibile, nell'ECG un'onda di ripolarizzazione degli atri, perché la contemporanea depolarizzazione ventricolare, maschera le variazioni di potenziale relative a quest'evento.

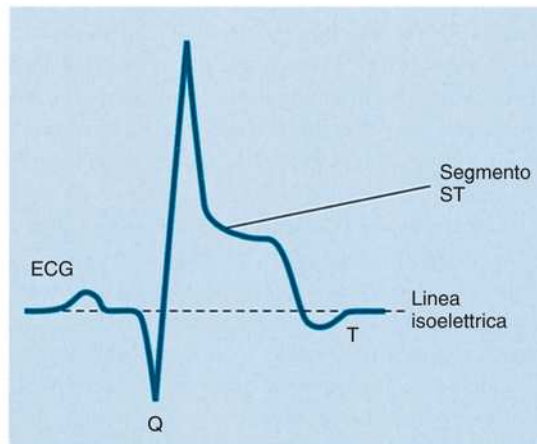
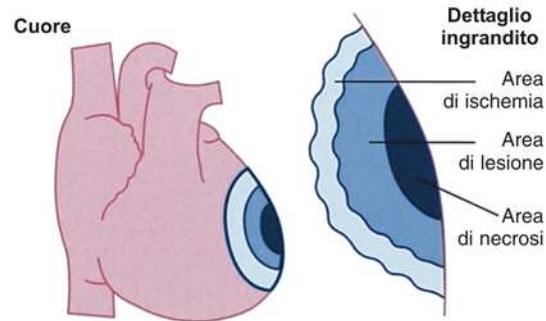
## SEGMENTI-TRATTI

- **Segmento P-R:** (fine onda P - inizio complesso QRS). Gli atri sono totalmente depolarizzati
- **Segmento S-T:** (fine onda S - inizio onda T). I ventricoli sono totalmente depolarizzati

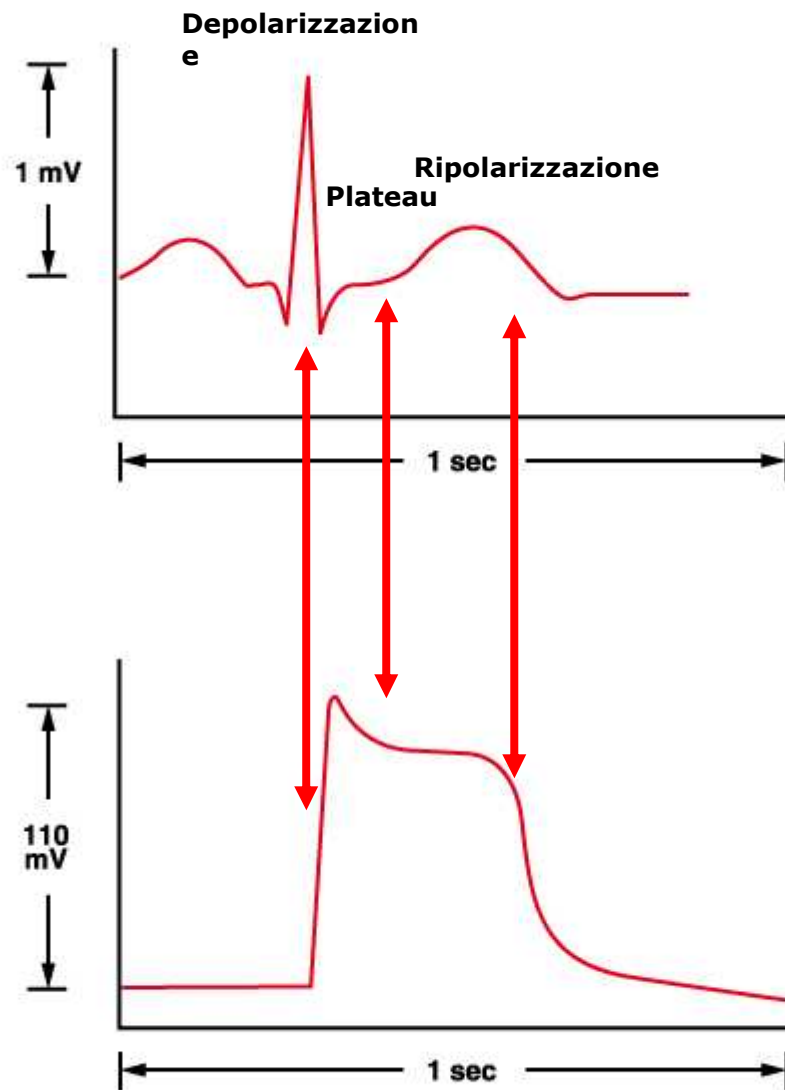
## INTERVALLI

- **Intervallo P-R:** Tempo conduzione atrio-ventricolare
- **Intervallo Q-T:** Tempo depolarizzazione-ripolarizzazione ventricolare

<b>Evento</b>	<b>Durata (sec)</b>	<b>Ampiezza (mV)</b>	<b>Significato</b>
<b>ONDA P</b>	0.07-0.12	0.2-0.4	Depolarizzazione atri
<b>COMPLESSO QRS</b>	0.06-0.10	1-2	Depolarizzazione ventricoli
<b>ONDA T</b>	0.18-0.20	0.4-0.5	Ripolarizzazione ventricoli
<b>INTERVALLO P-R</b>	0.12-0.20		Tempo di conduzione atrio-ventricolare
<b>INTERVALLO Q-T</b>	0.40-0.42		Tempo depolarizzazione e ripolarizzazione ventricoli
<b>INTERVALLO S-T</b>	0.30-0.34		Tempo dalla fine della depolarizzazione all'inizio della ripolarizzazione ventricoli
<b>INTERVALLO R-R</b>	0.8-0.9		Durata ciclo cardiaco



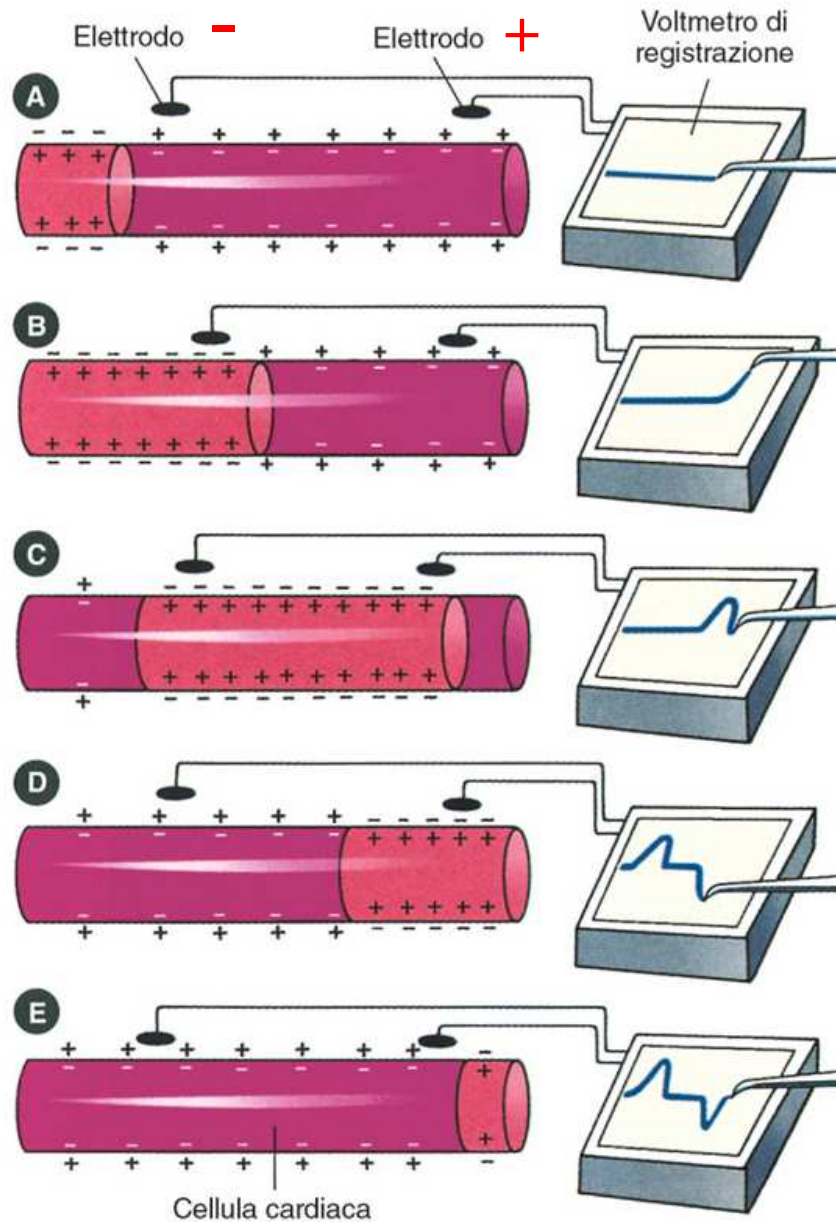
In caso di danno muscolare conseguente ad ischemia-infarto del miocardio, il tracciato ECG si modifica, con allargamento dell'onda Q, sopraslivellamento del segmento ST ed inversione dell'onda T.



Variazioni di potenziale misurate extracellularmente durante le diverse fasi dell'eccitamento ventricolare

Corrispondenti fasi dell'eccitamento, registrate intracellularmente





A: Elettrodi posti su un tratto di fibra a riposo (esterno tutto +), non si registra ddp.

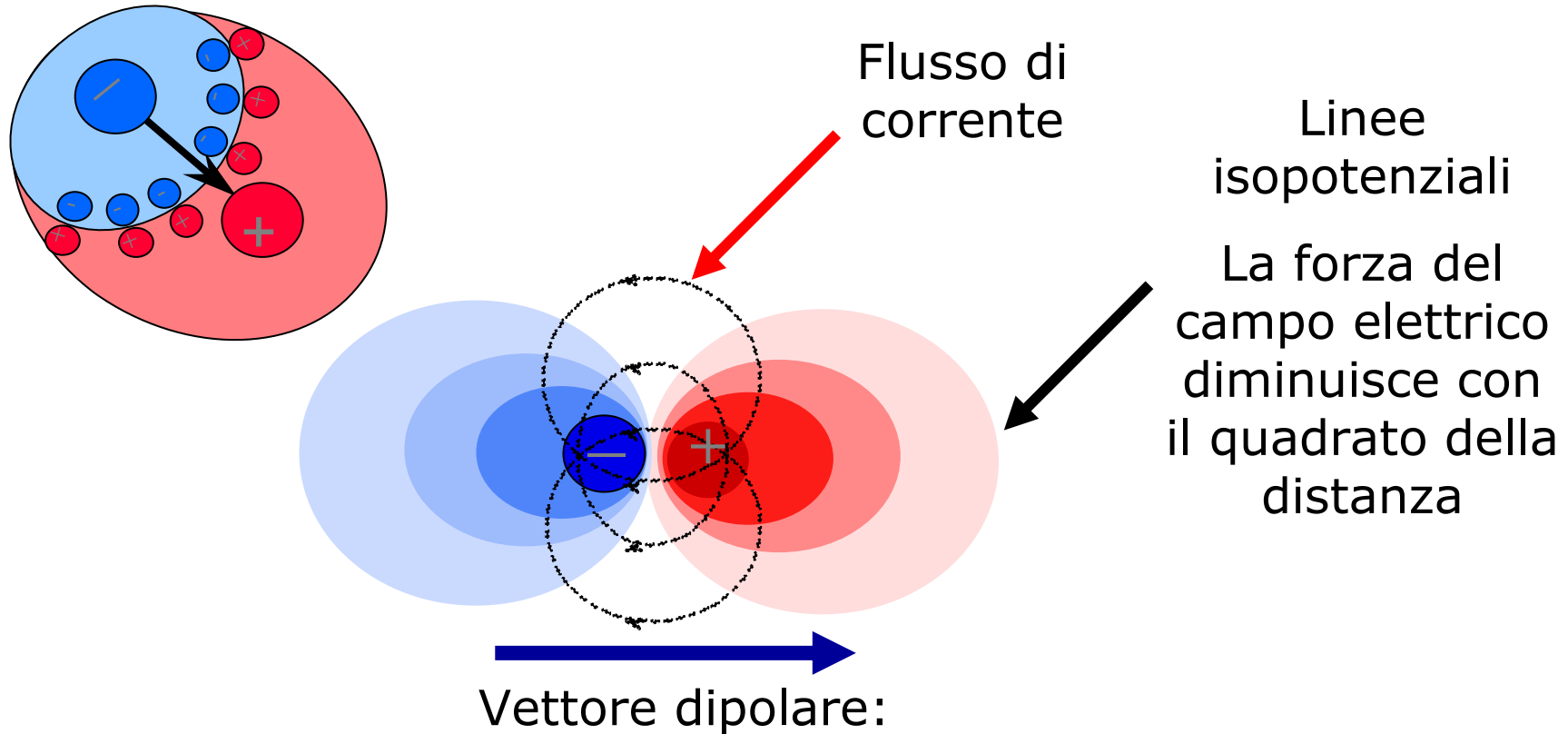
B: Depolarizzazione  $S_n \rightarrow D_s$ , elettrodo - in campo -, elettrodo + in campo +. Si registra una ddp (onda +).

C: Elettrodi posti su un tratto di fibra depolarizzato (esterno tutto -), non si registra ddp.

D: Ripolarizzazione  $S_n \rightarrow D_s$ , elettrodo - in campo +, elettrodo + in campo -. Si registra una ddp invertita (onda -).

E: Elettrodi posti su un tratto di fibra a riposo (esterno tutto +), non si registra ddp.

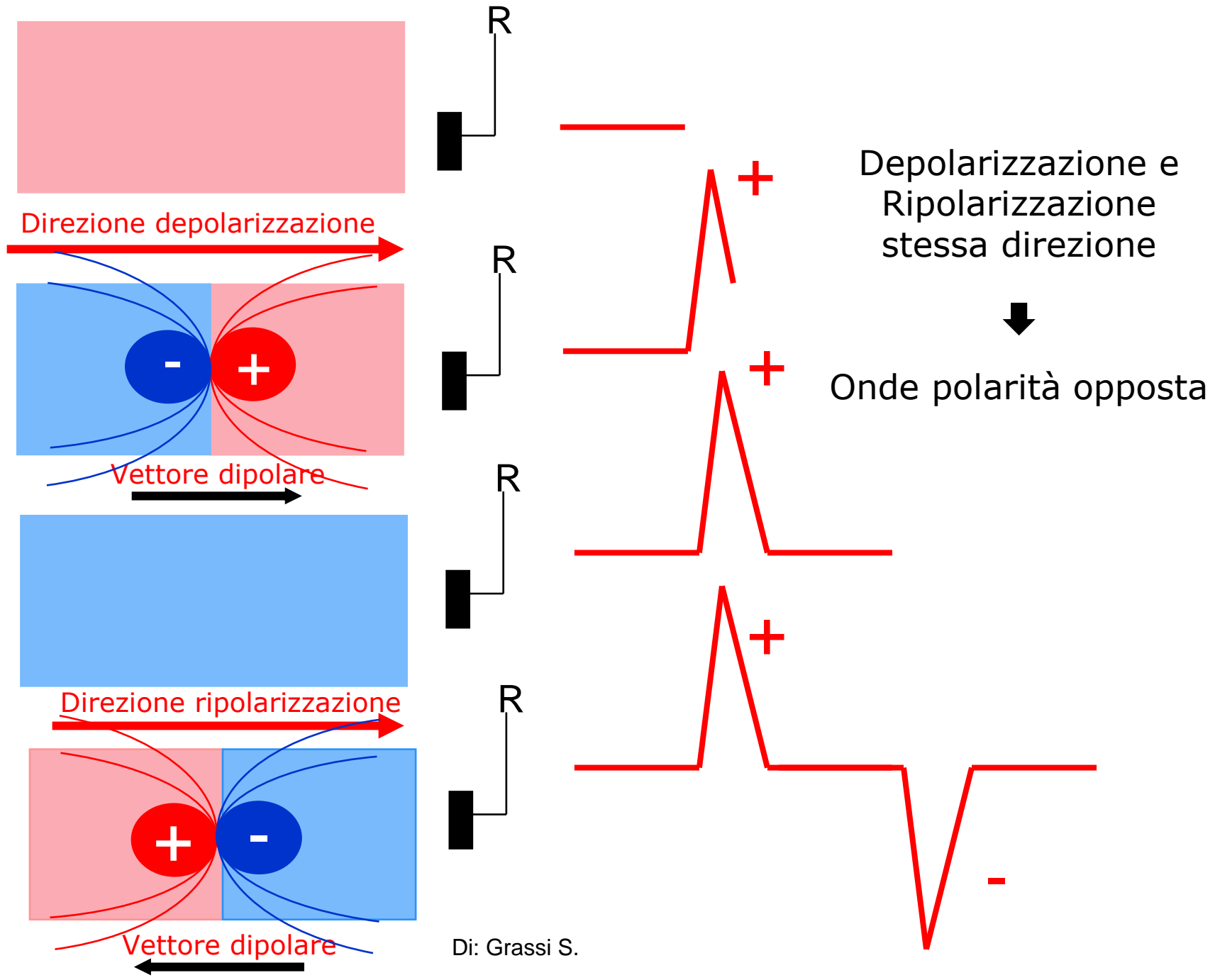
L'onda di attivazione che si propaga all'interno del cuore può essere rappresentata come un dipolo mobile



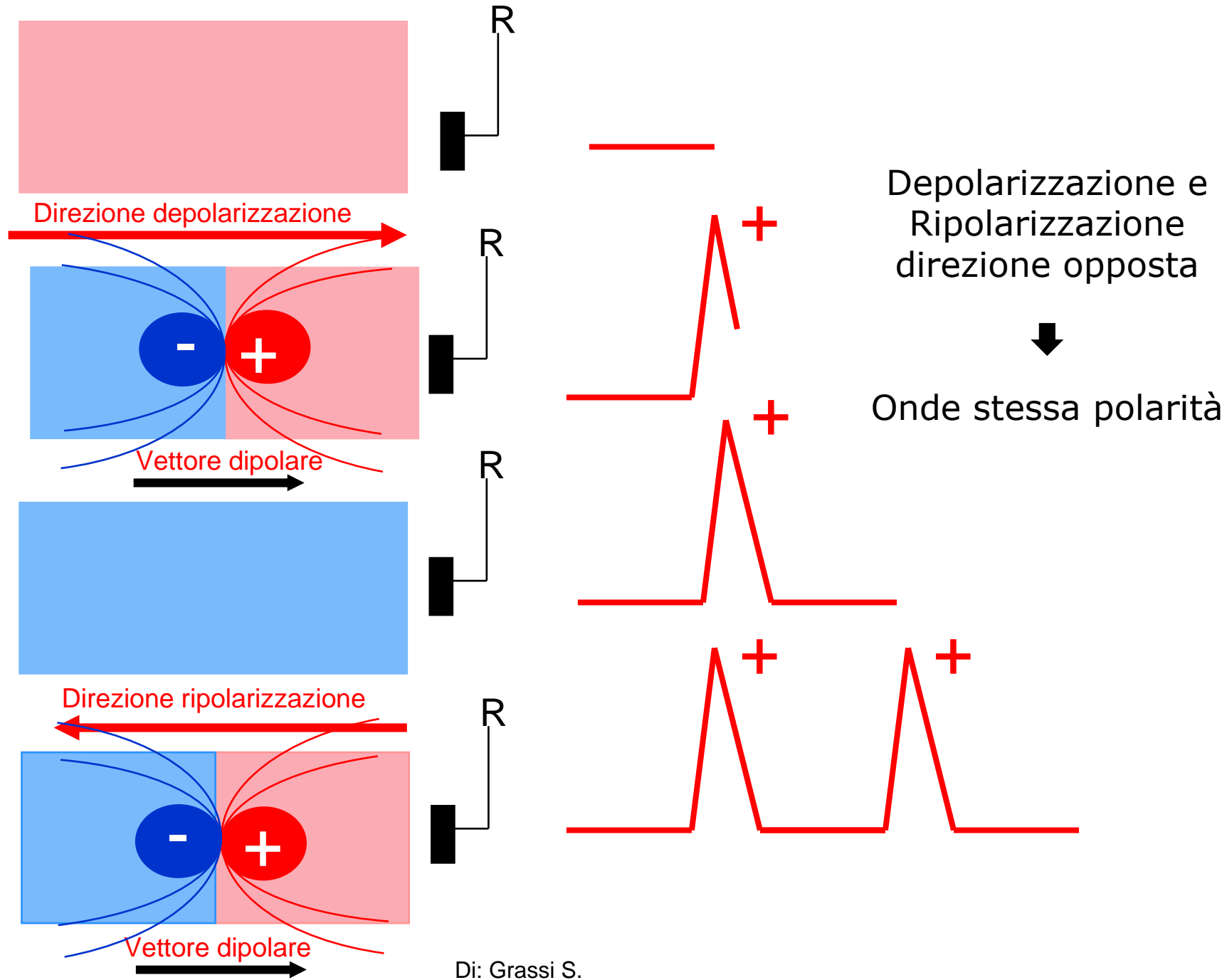
Direzione = asse del dipolo

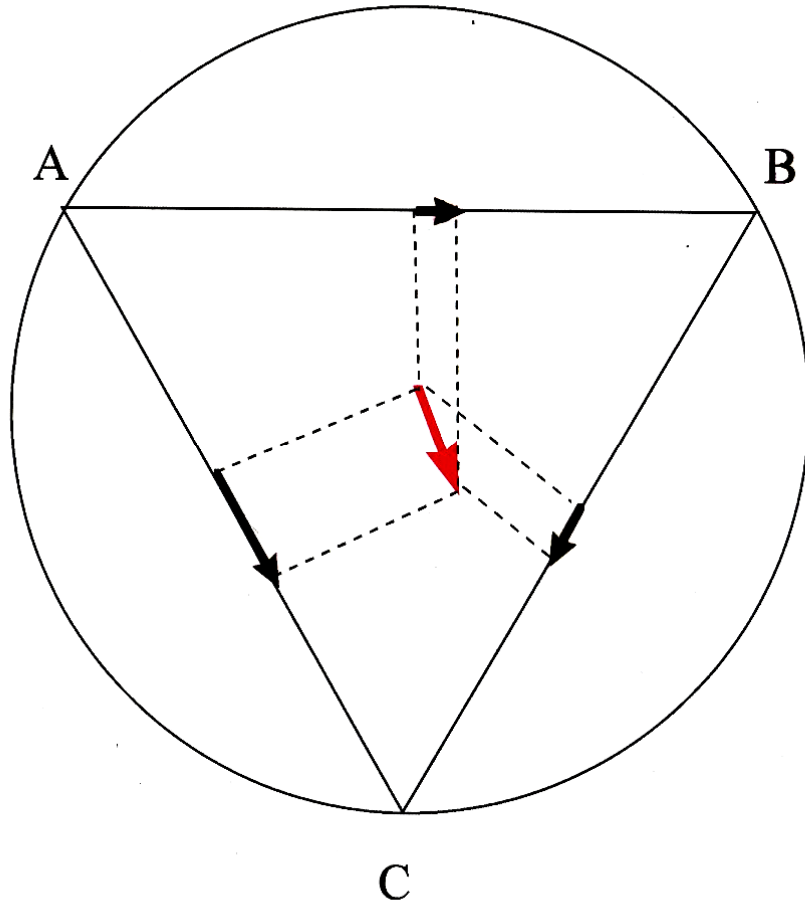
Verso = senso dello spostamento

Grandezza = Momento dipolare (carica x distanza)



Di: Grassi S.





Per mettere in relazione il **vettore cardiaco** con le **ddp** registrate nell'ECG, si sono utilizzate alcune semplificazioni

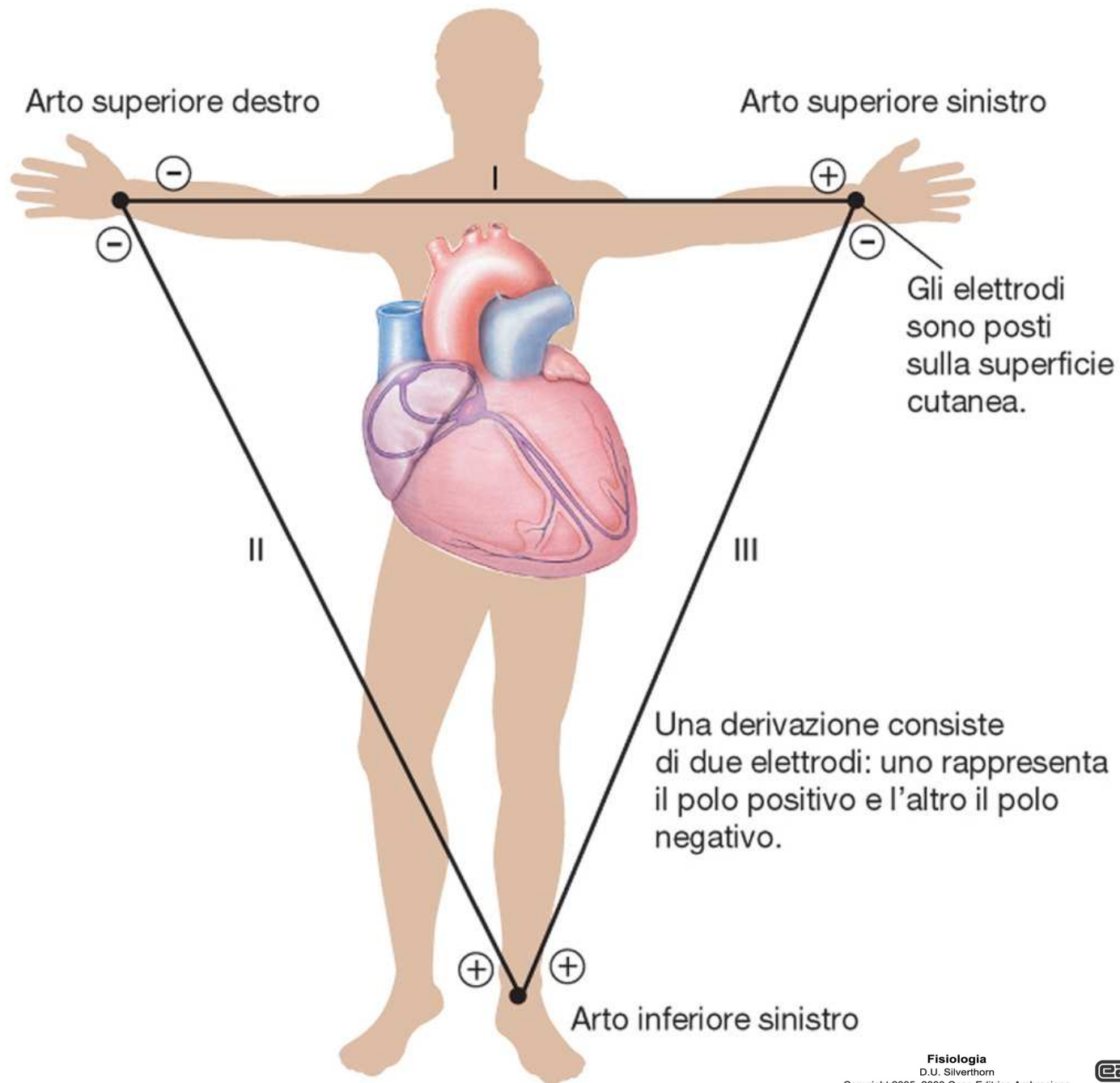
- Sezione longitudinale sfera
- Vettore al centro
- Proiezioni vettore sui lati di un triangolo equilatero, inscritto nella sfera, sono uguali al coseno dell'angolo formato dal vettore con il lato, e sono rappresentazioni scalari del vettore.

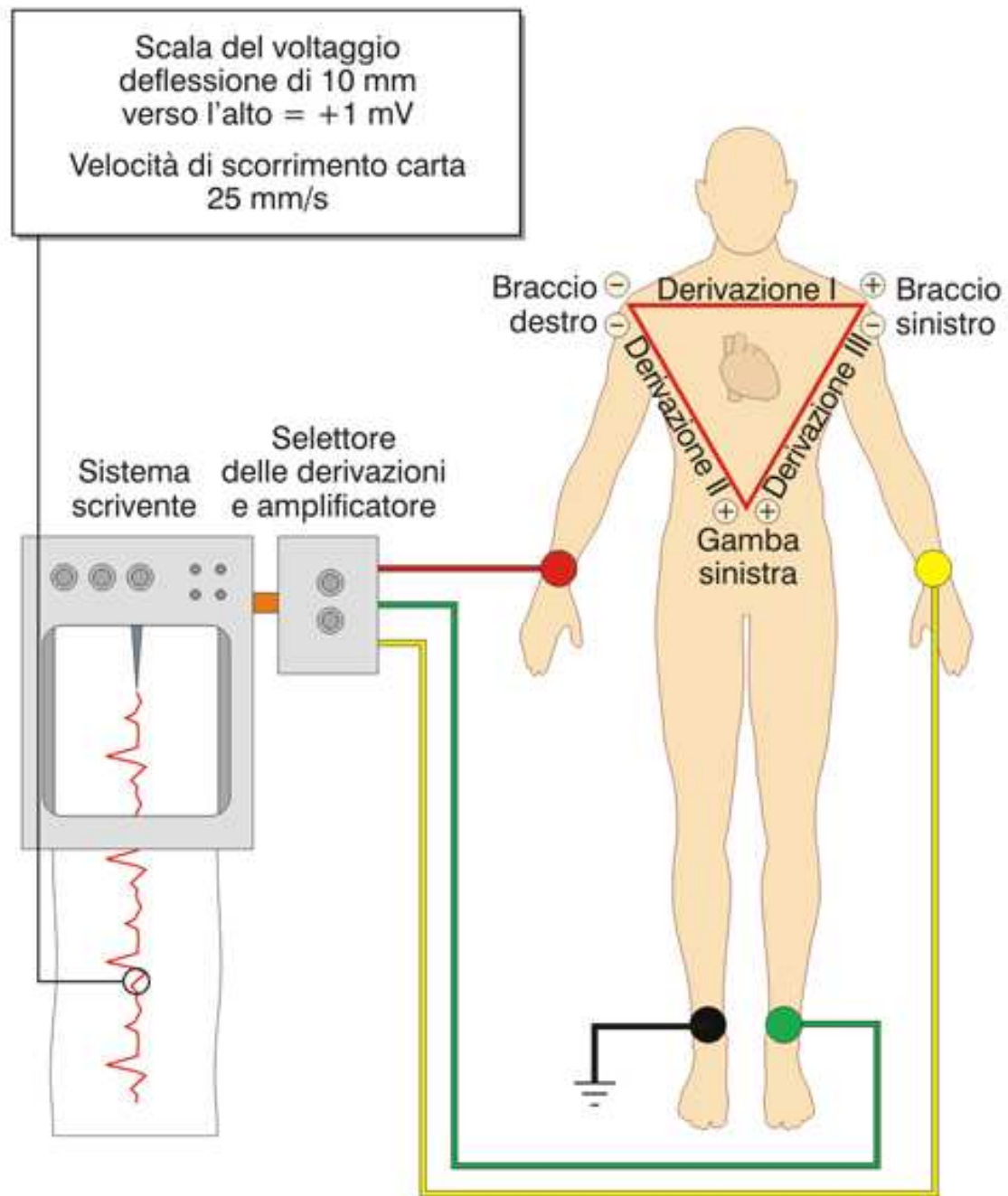
## POSTULATI DI EINTHOVEN

- Il torace è un conduttore sferico omogeneo con al centro il cuore
- Le forze elettriche cardiache si generano al centro del conduttore e la risultante, in ogni momento, di queste forze può essere rappresentata da un **vettore** unico
- I punti di unione arti-tronco sono i vertici di un triangolo equilatero inscritto nella sezione longitudinale del torace sferico (**Triangolo di Einthoven**), perché equidistanti e giacenti sullo stesso piano
- Possiamo così analizzare le proiezioni del **vettore cardiaco** sul piano frontale

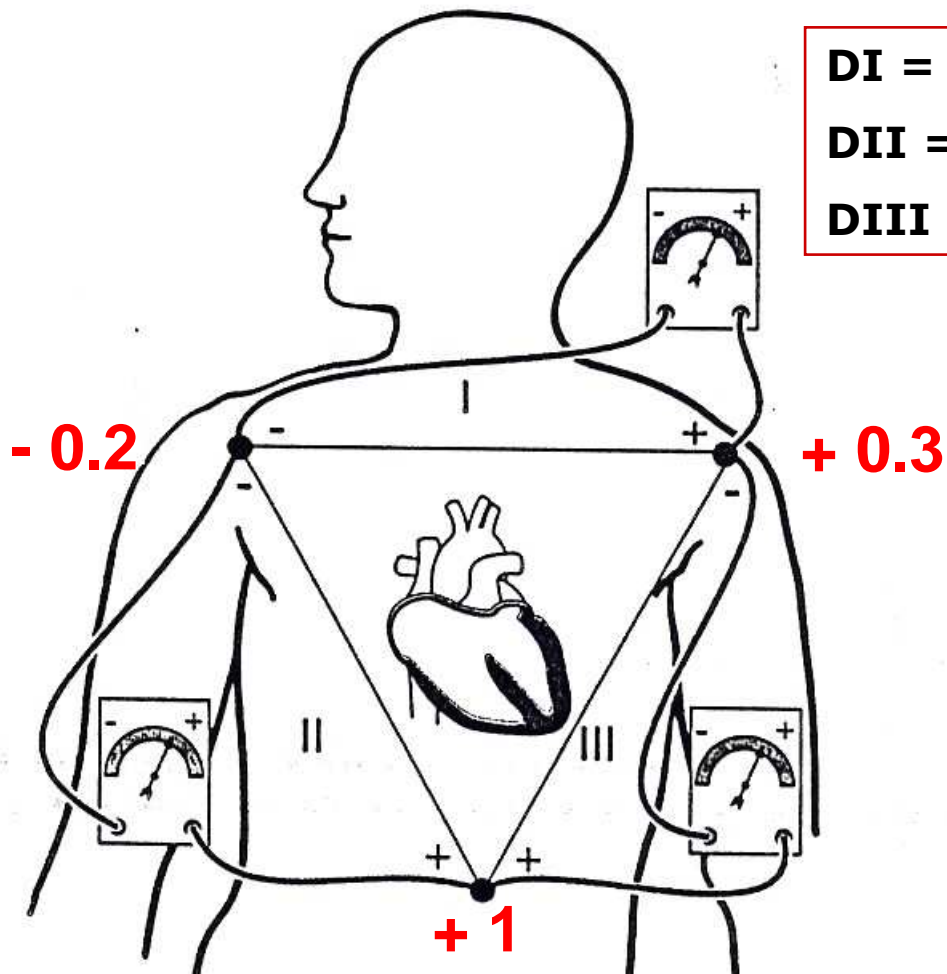
## CONCEZIONE DI EINTHOVEN

- In ogni istante, le ddp registrate da coppie di elettrodi poste ai vertici del triangolo, rappresentano le proiezioni del vettore cardiaco risultante, sulle linee che uniscono gli elettrodi (derivazioni)
- L'ampiezza delle onde P, QRS e T, misurata sul tracciato registrato in ciascuna derivazione, corrisponde alla proiezione del vettore, che rappresenta rispettivamente: l'attivazione atriale, ventricolare e la ripolarizzazione ventricolare









$$DI = V_{bs} - V_{bd} = 0.3 - (-0.2) = 0.5$$

$$DII = V_{gs} - V_{bd} = 1 - (-0.2) = 1.2$$

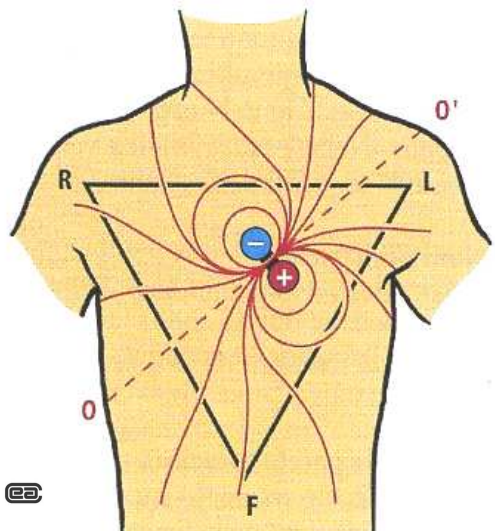
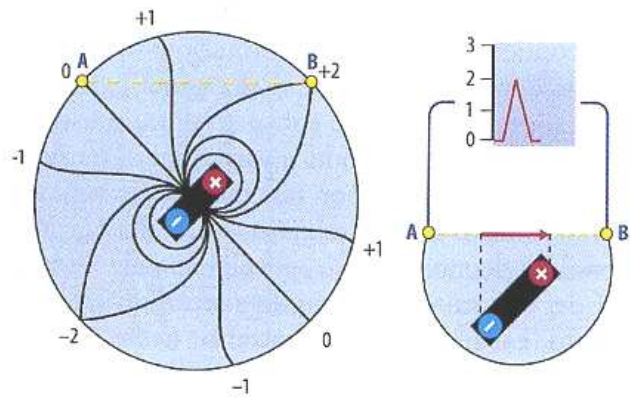
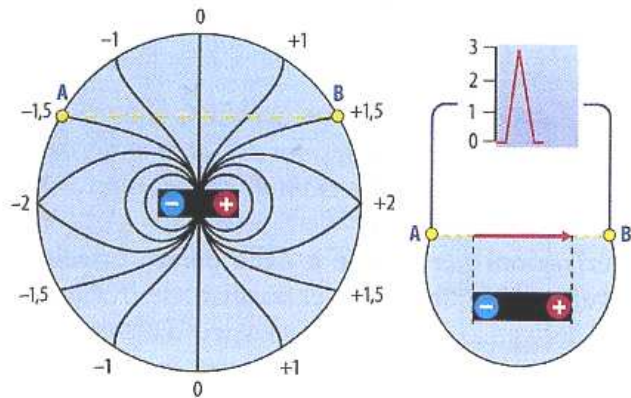
$$DIII = V_{gs} - V_{bs} = 1 - 0.3 = 0.7$$

### LEGGE DI EINTHOVEN

$$DI + (-DII) + DIII = 0$$

$$DII = DI + DIII$$

$$1.2 = 0.5 + 0.7 = 1.2$$

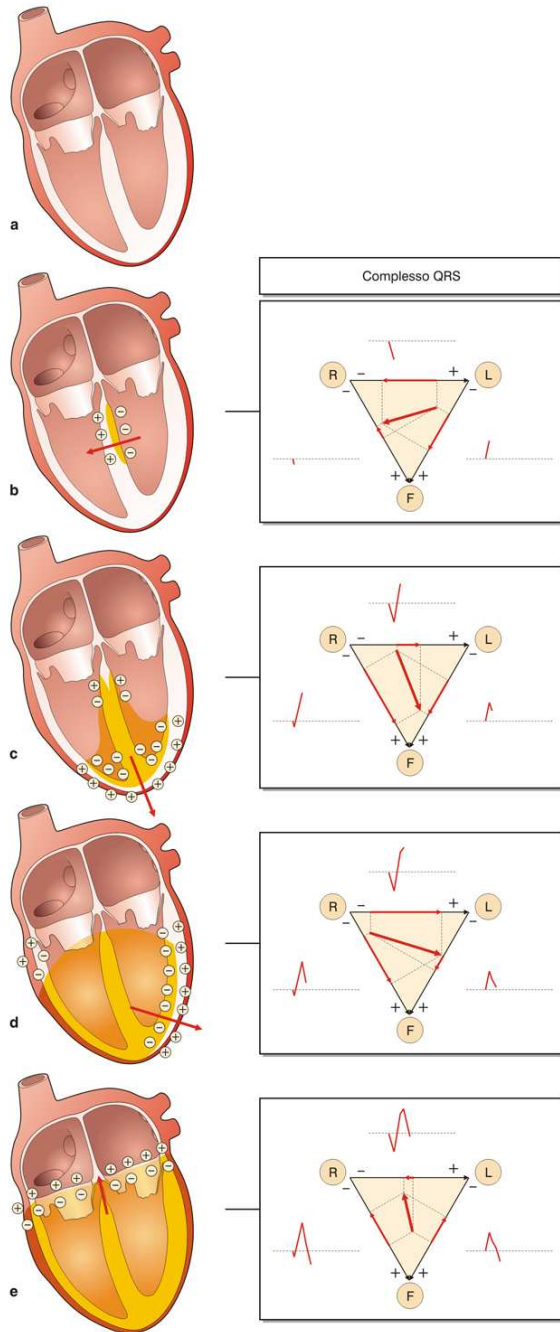


L'ampiezza e la direzione delle deflessioni dell'ECG risultano dall'ampiezza del vettore e dalla sua proiezione sulla linea di derivazione. Infatti:

La ddp derivabile dai punti A e B dipende dalla direzione del vettore, rispetto alla direzione della linea di derivazione A-B.

Il potenziale si comporta come se il vettore si proiettasse sulla linea di derivazione. E' massimo quando il vettore è parallelo alla linea di derivazione e nullo quando è perpendicolare.

Generazione del complesso QRS nell'ECG da parte della propagazione dell'onda di depolarizzazione nel ventricolo.

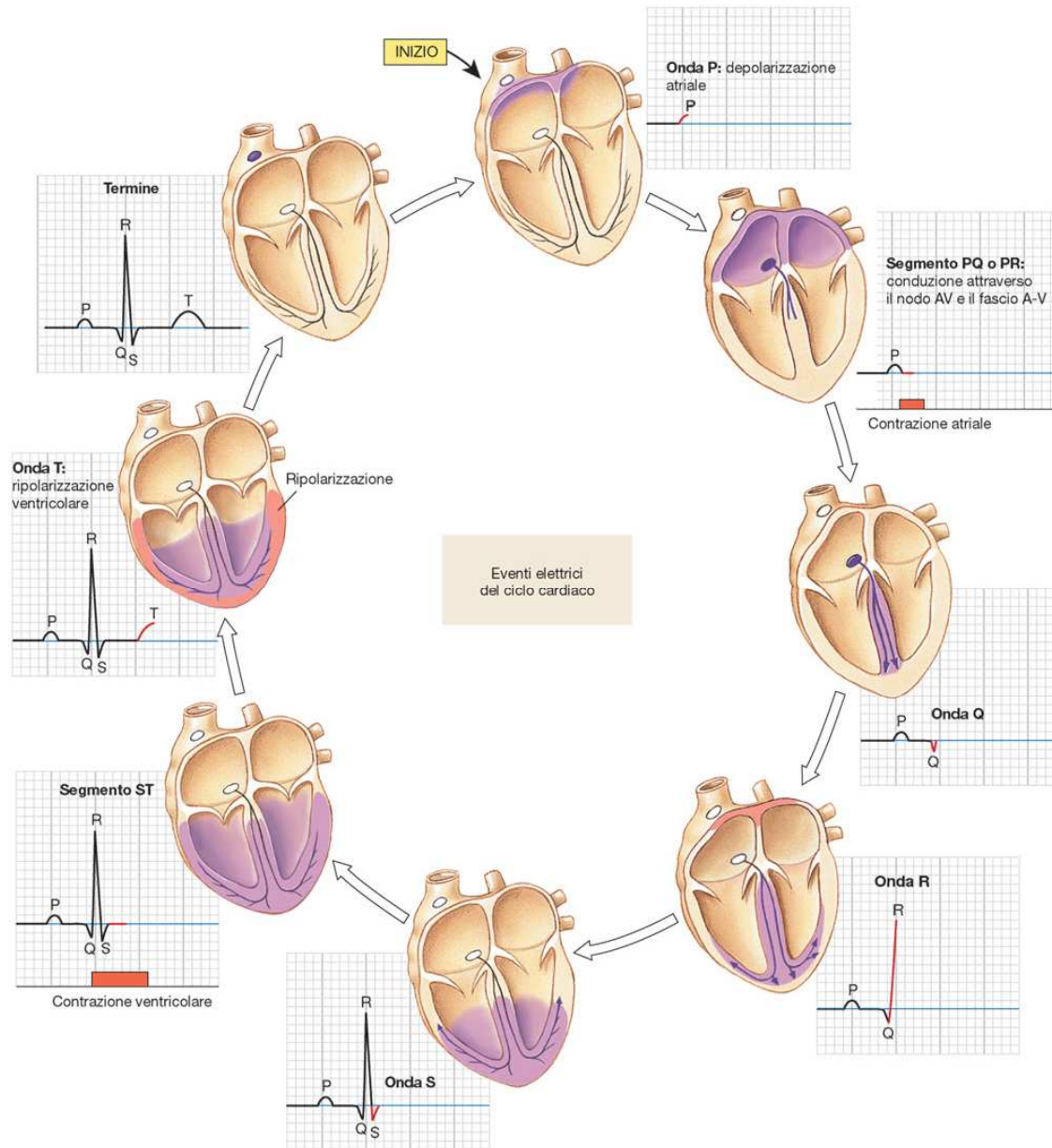


Onda Q. La depolarizzazione si sposta da Sn  
→ Ds e dall'alto in basso

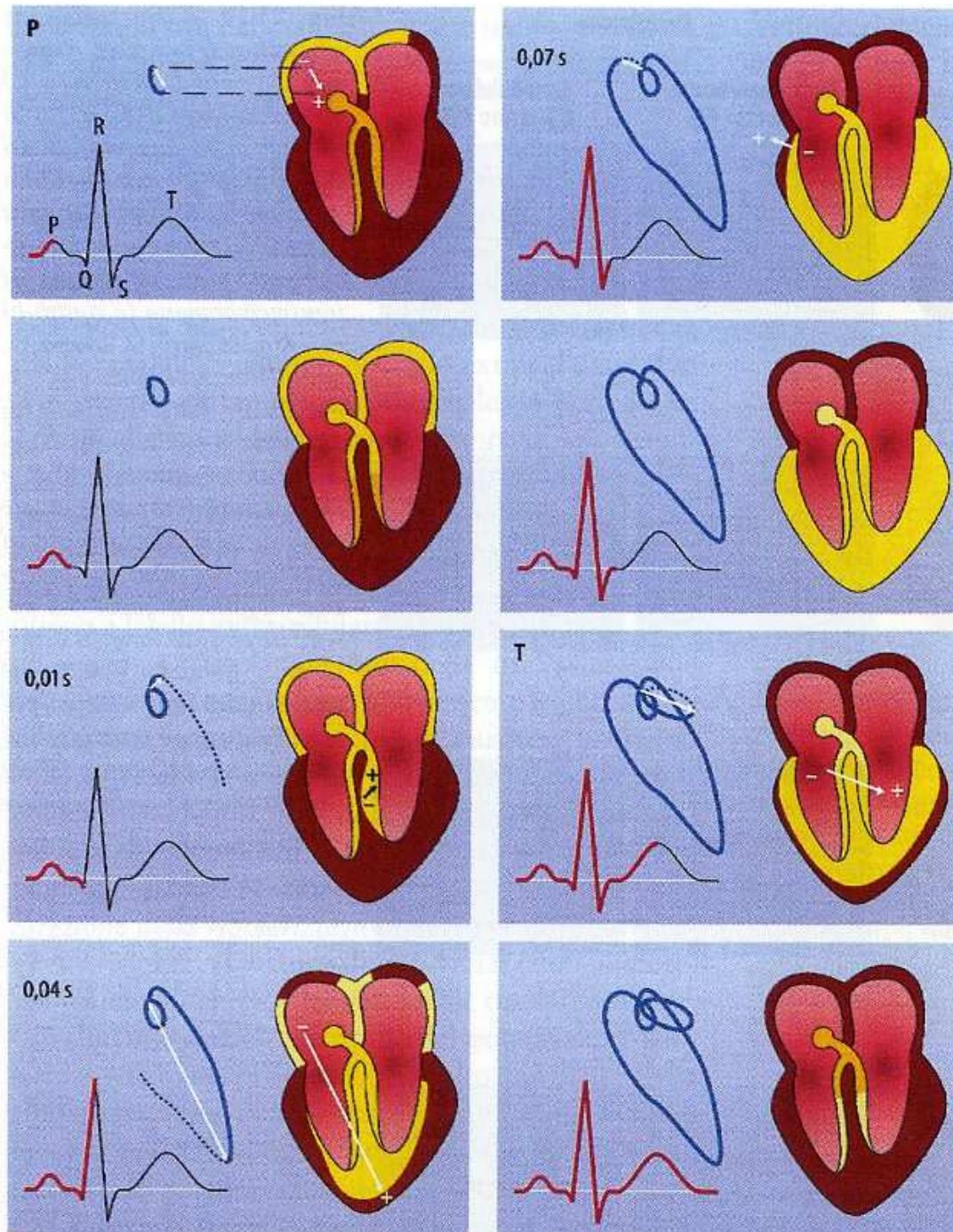
Onda R. La depolarizzazione si sposta dalla base → apice. Direzione risultante Ds → Sn e dall'alto in basso

La depolarizzazione si sposta dall'endocardio → epicardio. Domina la massa muscolare del ventricolo Sn (direzione risultante verso Sn)

Onda S. La depolarizzazione si sposta dall'apice → base. Direzione risultante basso → alto, lievemente verso Ds



**L'onda T (ripolarizzazione ventricolare) ha la stessa polarità dell'onda R (depolarizzazione ventricolare), perché la direzione di propagazione della depolarizzazione è endocardio → epicardio, opposta a quella della ripolarizzazione: epicardio → endocardio)**



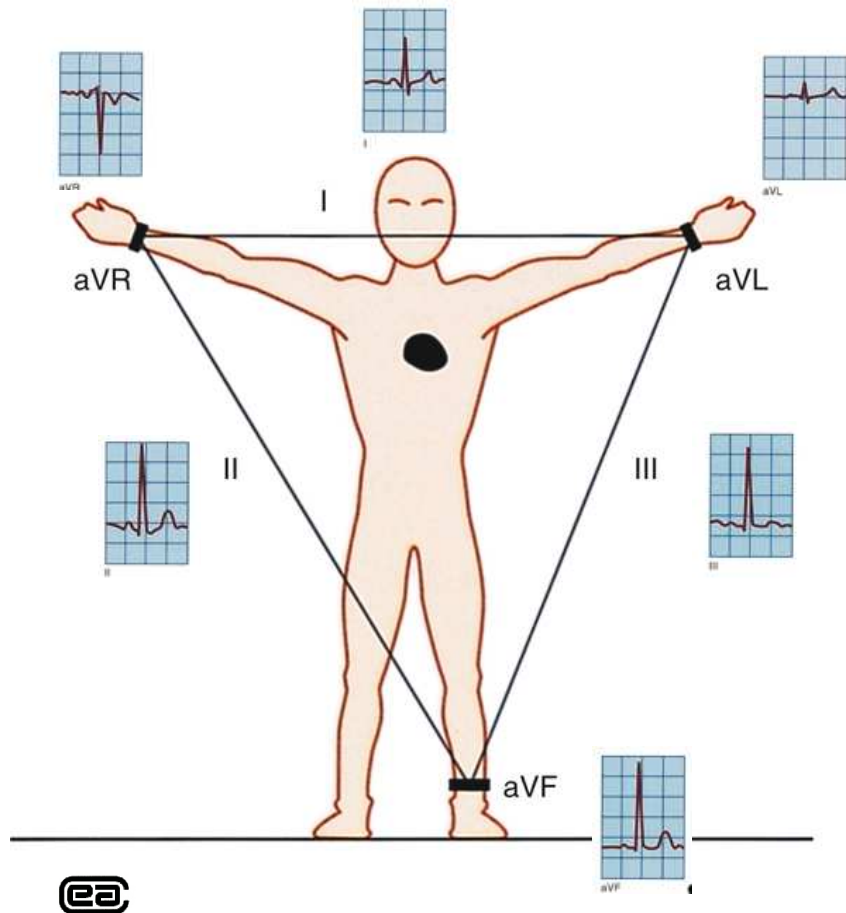
Relazione temporale fra singole fasi eccitamento cardiaco, onde ECG e comportamento vettore risultante.

La figura ad ansa rappresenta il percorso delle punte dei vettori da inizio eccitamento all'istante considerato (vettocardiogramma)

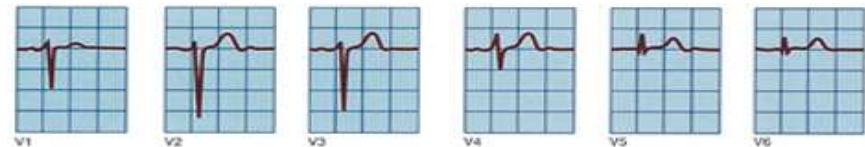
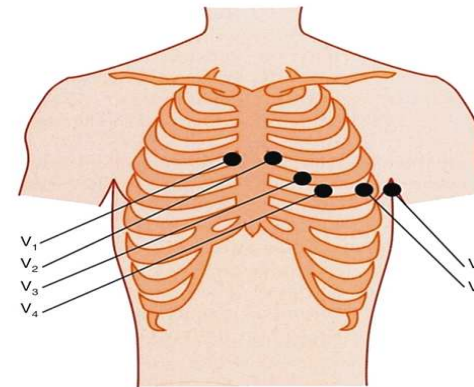
# DERIVAZIONI ELETTROCARDIOGRAFICHE

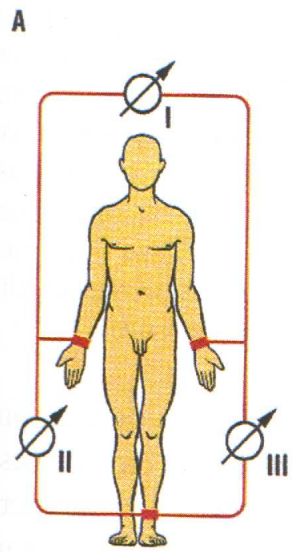
- Derivazioni bipolari (due elettrodi registranti):  
**Bipolari agli arti di Einthoven (DI, DII, DIII)**
- Derivazioni unipolari (elettrodo registrante + elettrodo indifferente, di riferimento):  
**Unipolari agli arti di Goldberger (aVR, aVL, aVF)**  
**Unipolari toraciche o precordiali di Wilson (V1-V6)**

## Bipolari ed unipolari agli arti

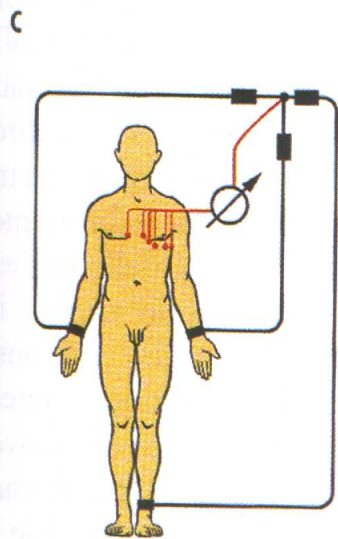
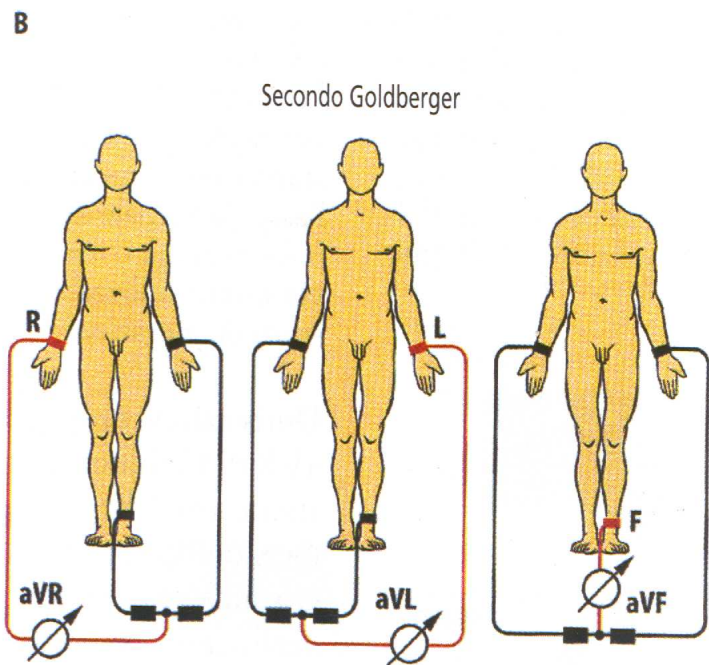


## Unipolari toraciche (precordiali)

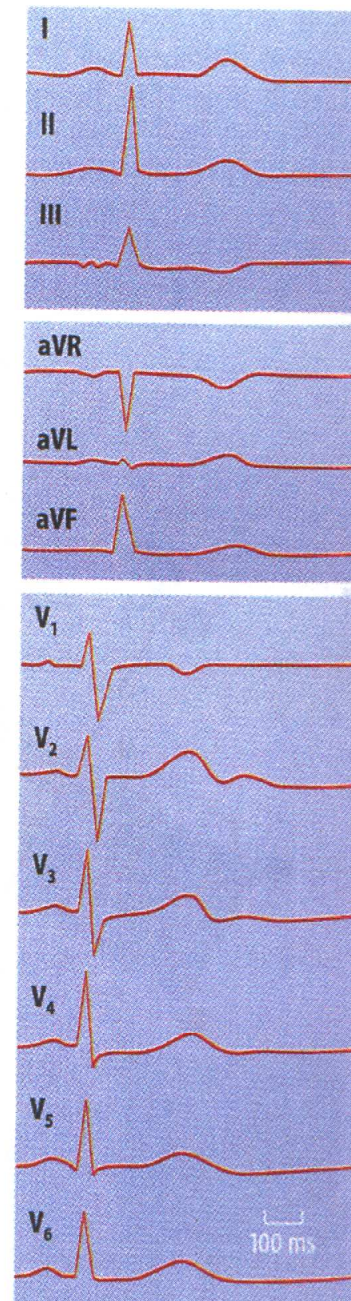
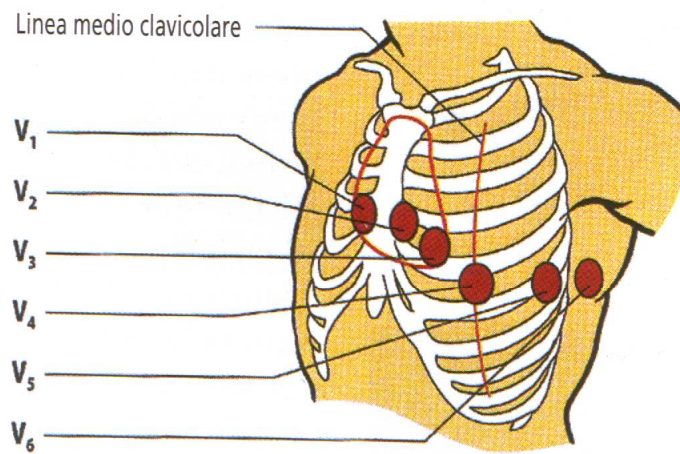




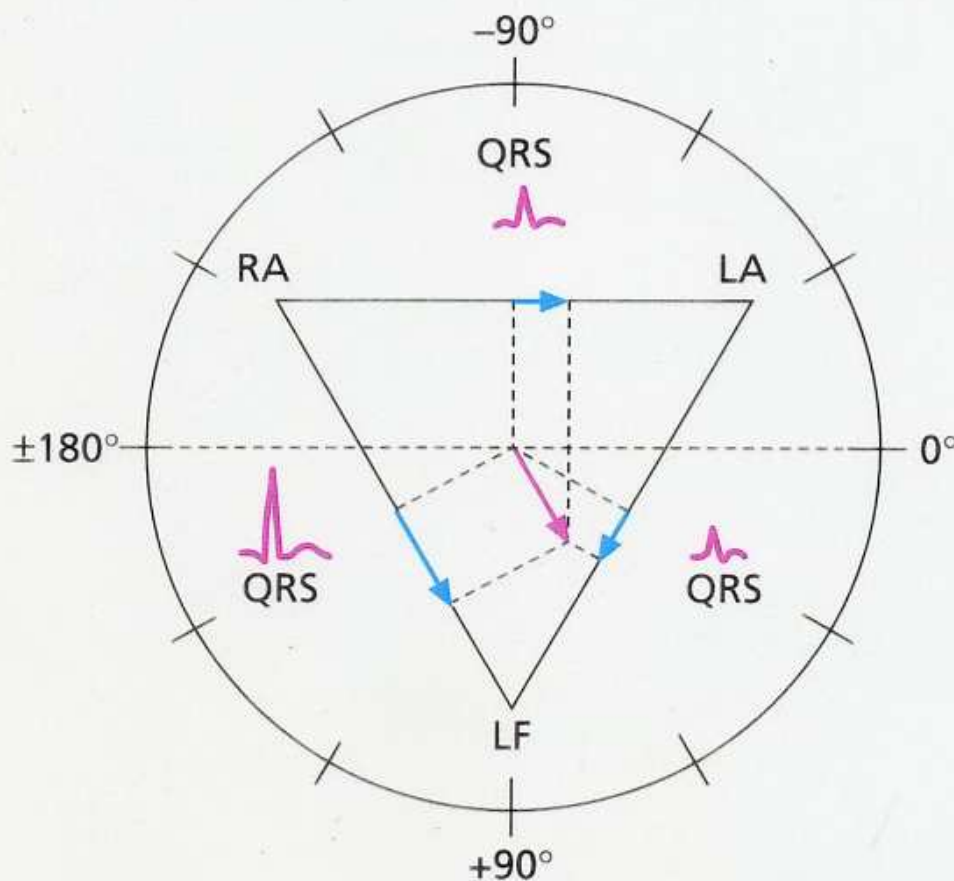
Secondo Einthoven



Secondo Wilson



## ASSE ELETTRICO CARDIACO

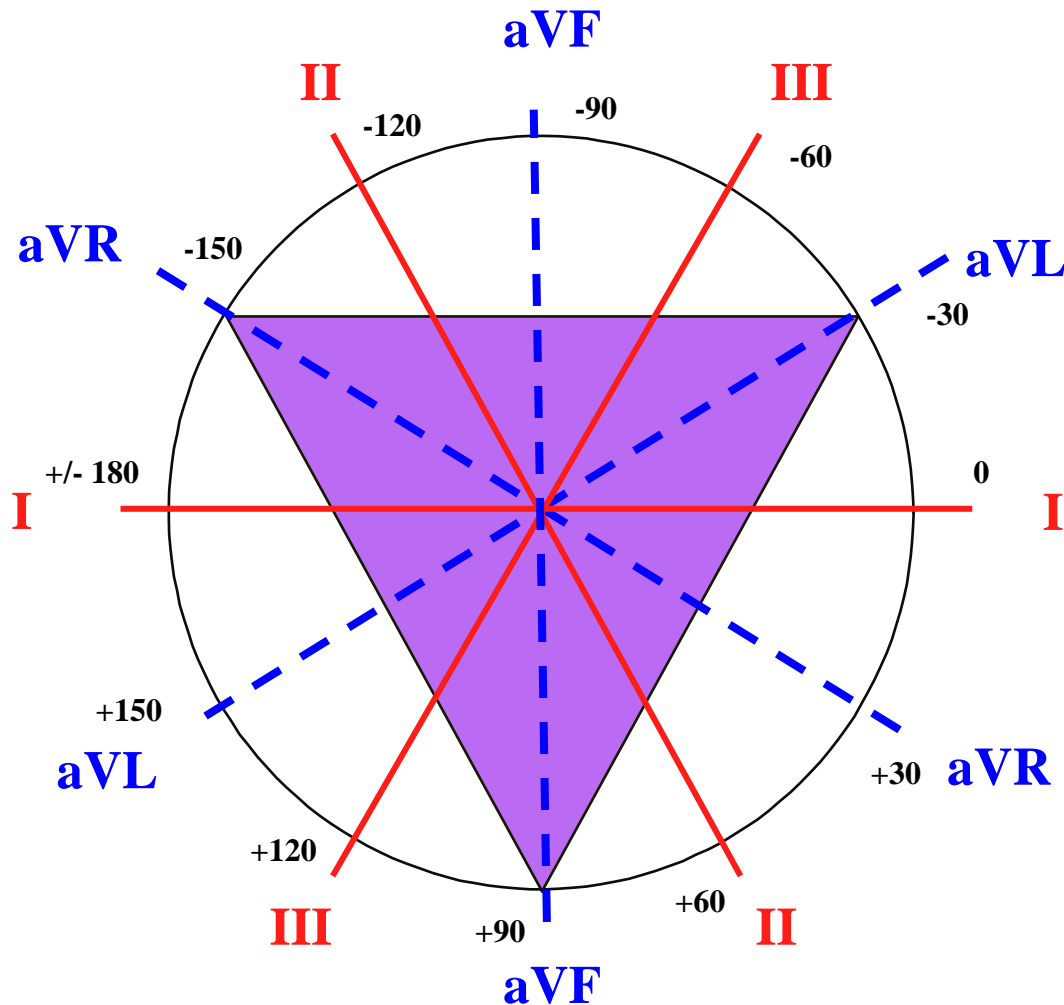


Nella diagnostica è importante valutare l'orientamento del vettore elettrico ventricolare (asse elettrico cardiaco), che indica la direzione media di attivazione dei ventricoli e il valore del potenziale medio generato dai ventricoli

Applicando la concezione di Einthoven ed analizzando, nelle derivazioni agli arti, l'ampiezza del complesso QRS, espressione della proiezione del vettore sull'asse di derivazione, si può risalire al vettore risultante, che esprime la depolarizzazione ventricolare



L'orientamento dell'asse elettrico cardiaco si valuta costruendo il vettore risultante su un sistema di coordinate polari, ottenute partendo dall'inclinazione degli assi di derivazione agli arti



Di: Grassi S.

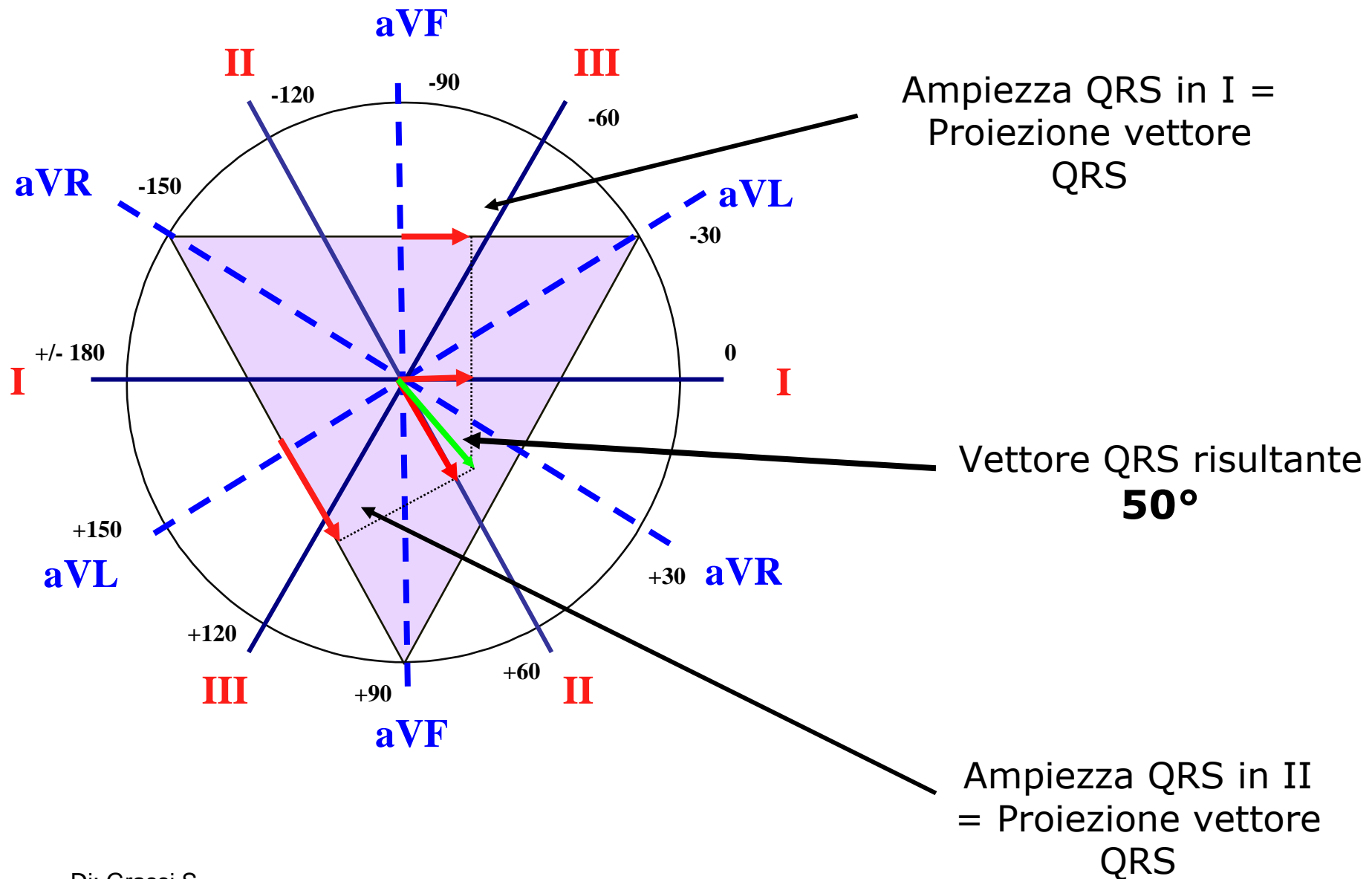
**Gli assi di derivazione delle bipolari DI, DII e DIII, sono i lati del triangolo di Einthoven o le loro parallele, passanti per il centro. Così:**

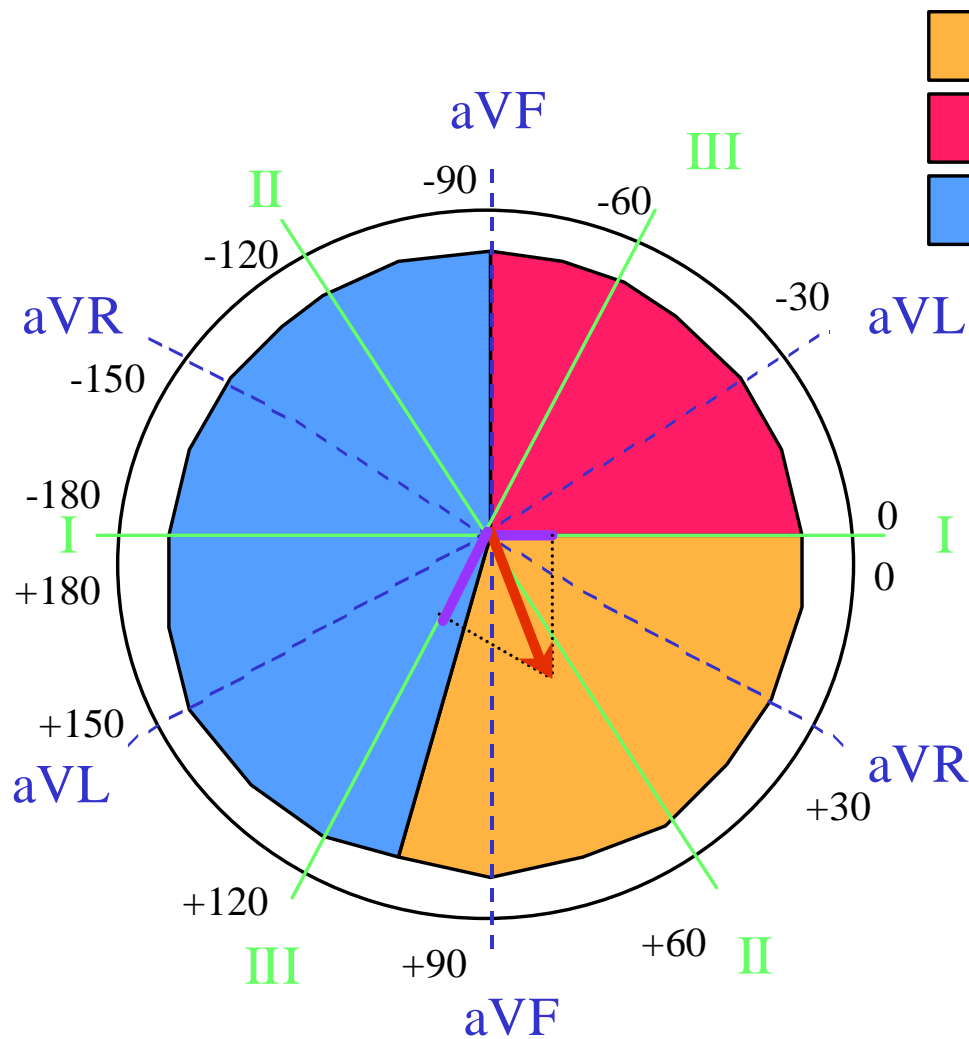
$$I=0^{\circ}, II=60^{\circ}, III=120^{\circ}$$

**Gli assi di derivazione delle unipolari aVR, aVL ed aVF sono le bisettrici degli angoli del triangolo di Einthoven. Così:**

$$aVR=30^{\circ}, aVL=150^{\circ}, aVF=90^{\circ}$$

# COSTRUZIONE ASSE ELETTRICO CARDIACO





- Normale
- Deviazione sinistra
- Deviazione destra

In condizioni normali: l'**asse elettrico cardiaco** è compreso tra  $0^\circ$  e  $90^\circ$ - $110^\circ$  (media  $60^\circ$ ).

Deviazioni nell'ambito normale sono legate alla posizione anatomica del cuore, che può variare da soggetto a soggetto

Deviazioni a Sn o a Ds, rispetto al normale, possono indicare alterazioni della propagazione dell'eccitamento, quali si verificano in caso di ipertrofia di un ventricolo o blocchi di branca

Nella diagnostica cardiaca, l'ECG permette di rilevare alterazioni nell'eccitamento, che a loro volta possono essere causa o conseguenza di disturbi della funzionalità cardiaca. Le informazioni che si ricavano sono relative a:

- **Frequenza:** Distinzione tra frequenza normale (60-90/min), tachicardia (oltre i 90/min), bradicardia (sotto i 60/min)
- **Origine dell'eccitamento:** ritmo sinusale, nodale o idio-ventricolare
- **Alterazioni del ritmo:** aritmie sinusali, extrasistolie, flutter, fibrillazione
- **Alterazioni della conduzione:** Ritardi o blocchi di conduzione
- **Alterazioni della propagazione:** Ipertrofie ventricolari, blocchi di branca
- Indicazioni di insufficiente circolazione coronarica
- Indicazioni circa localizzazione, estensione e decorso di un infarto al miocardio