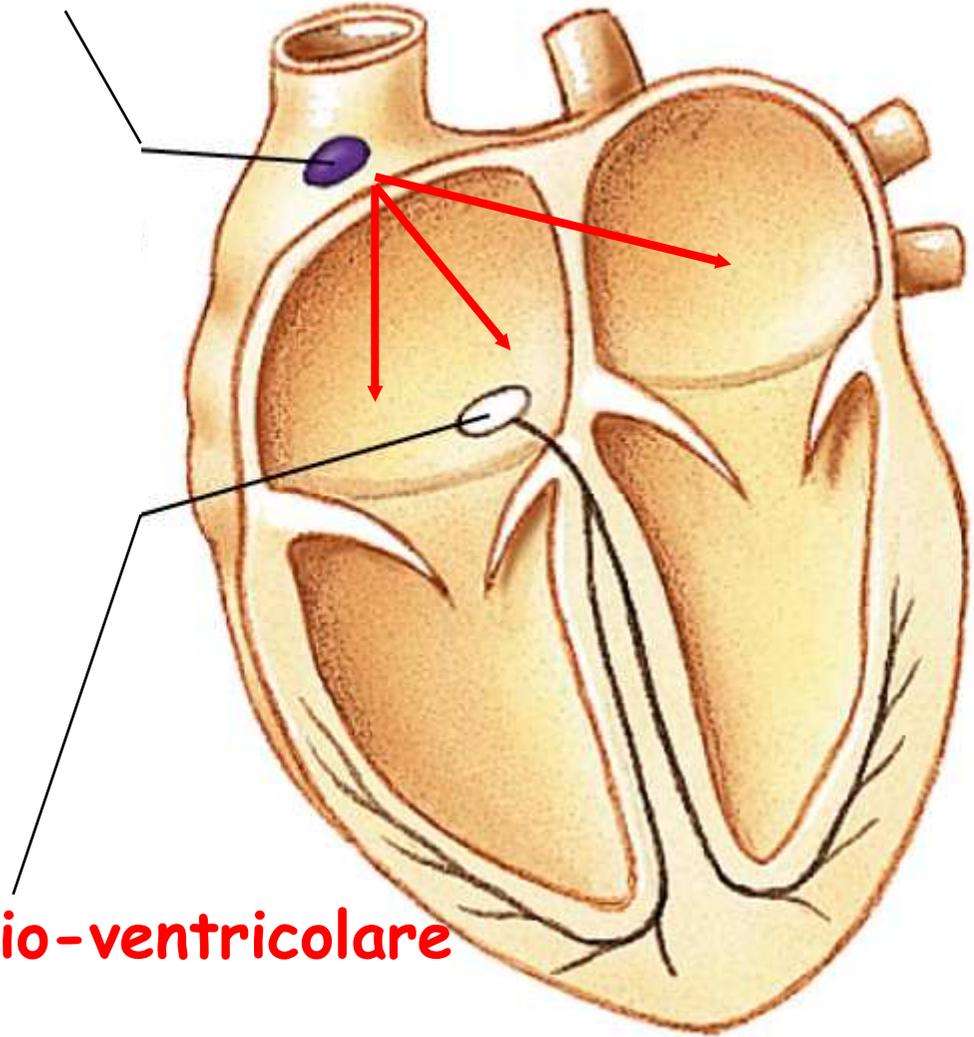
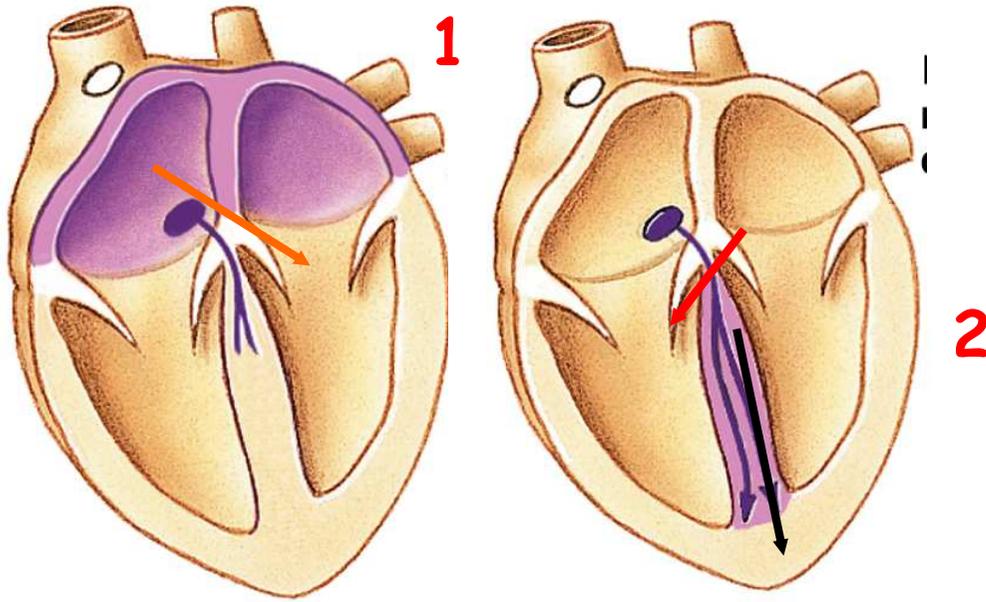


Nodo seno atriale

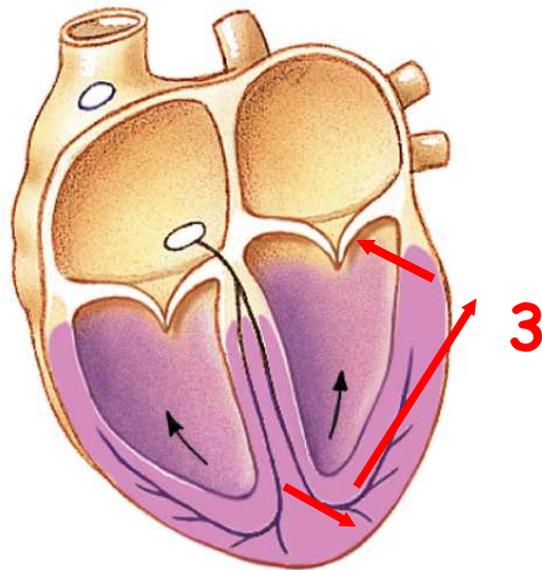


Nodo atrio-ventricolare



**1 Depolarizzazione
atriale**

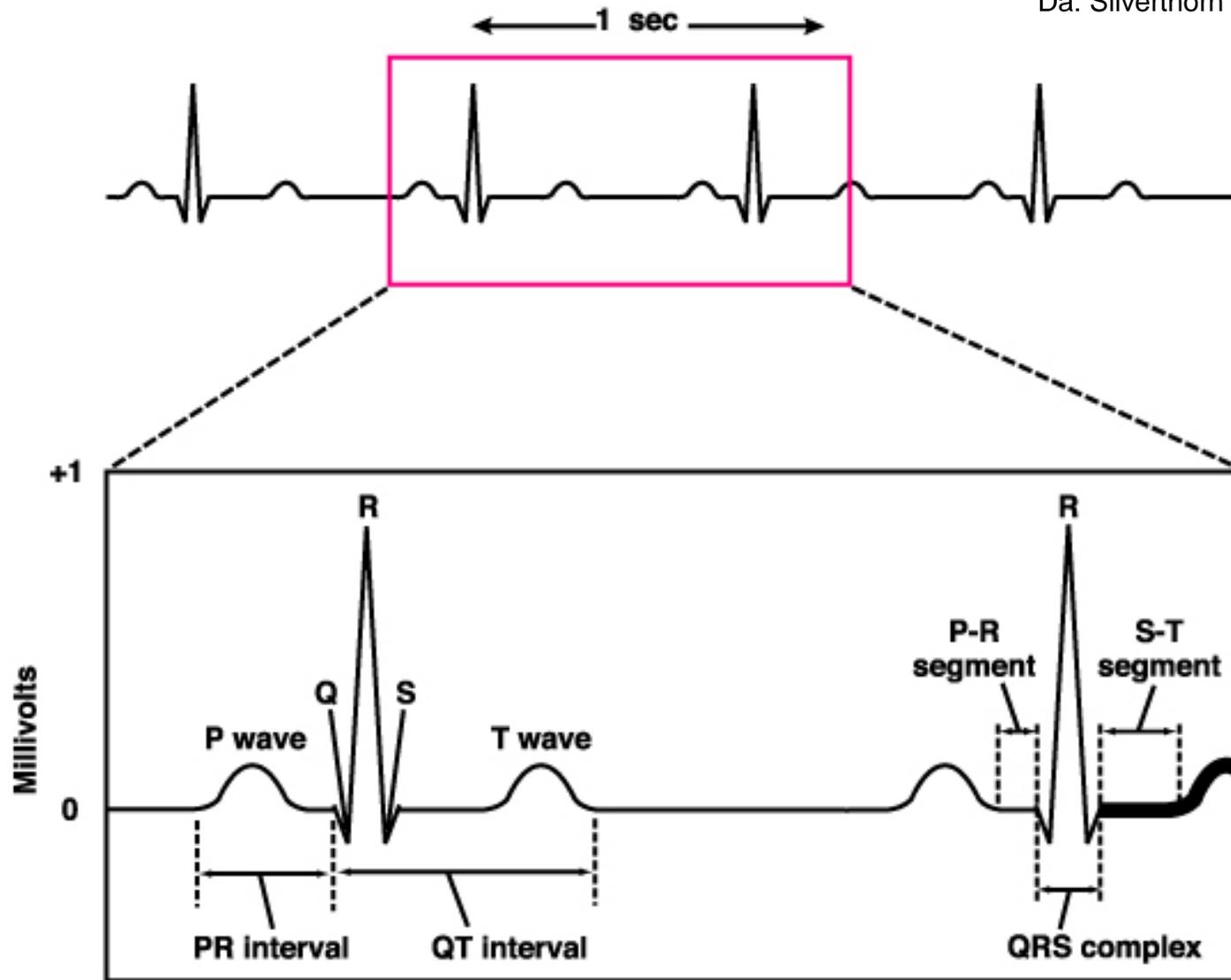
**2 Depolarizzazione
del setto**



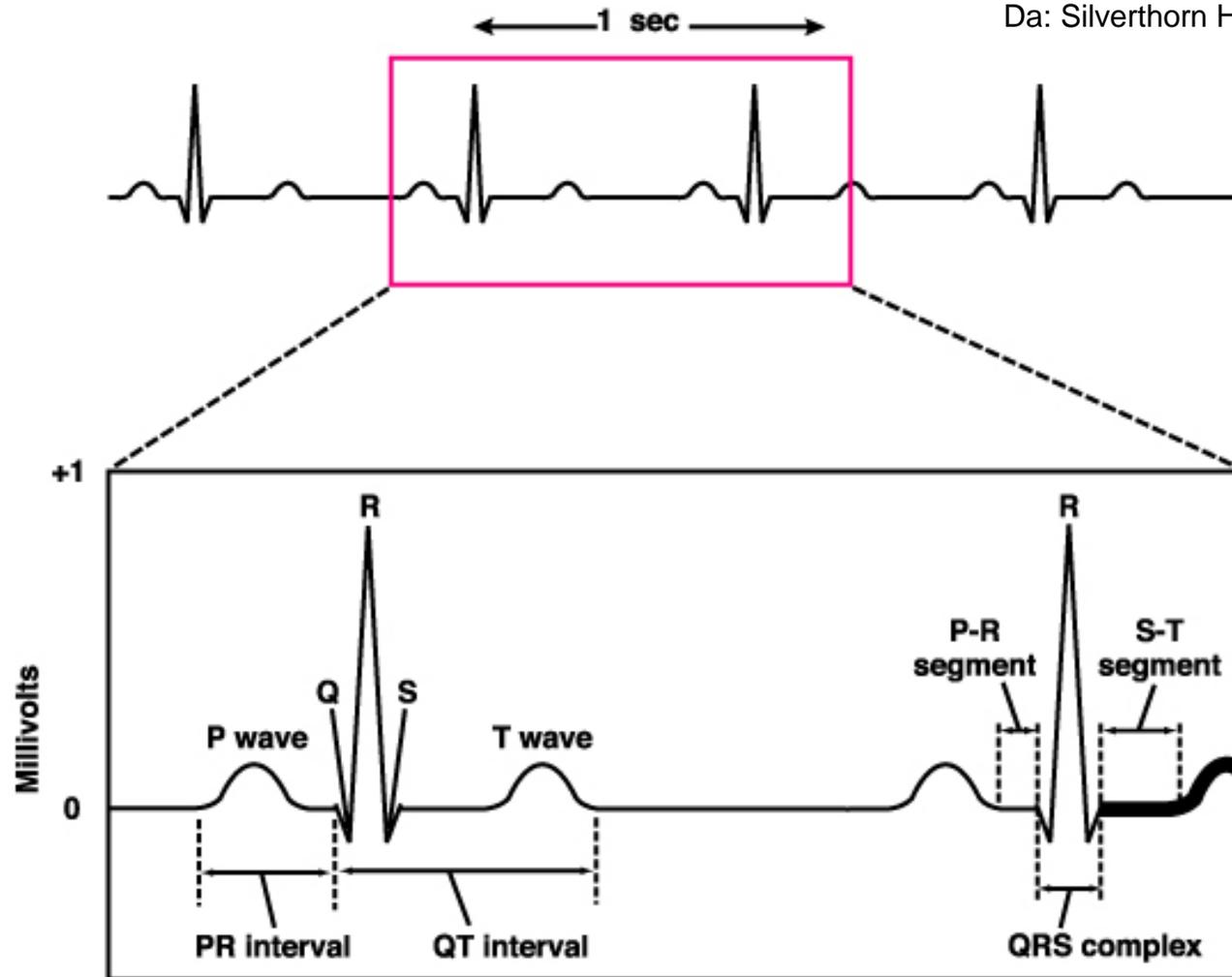
**3 Depolarizzazione
del ventricolo**

ELETTROCARDIOGRAMMA (ECG)

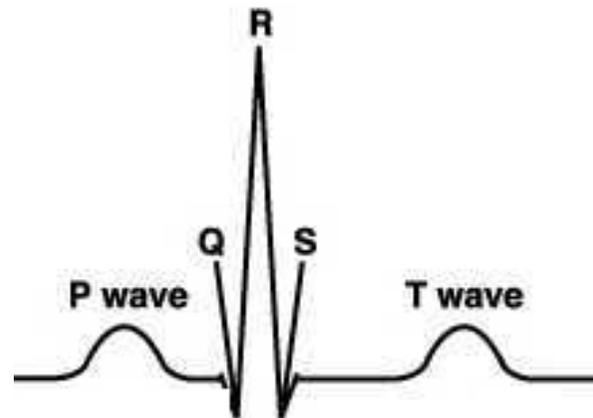
- L'elettrocardiogramma è la registrazione, nel tempo, dell'attività elettrica del cuore.
- I cambiamenti di polarità delle cellule cardiache generano un campo elettrico all'esterno registrabile a distanza. Le variazioni istantanee della grandezza, direzione e verso di questo campo elettrico si riflettono in variazioni di potenziale registrabili in superficie.
- L'**ampiezza** del campo elettrico dipende dal numero delle cellule attivate e dal loro sincronismo
- La **direzione** dipende dall'orientamento spaziale delle variazioni elettriche
- Il **verso** dipende dalla presenza dal segno dell'evento elettrico (depolarizzazione/ripolarizzazione) e dalla direzione



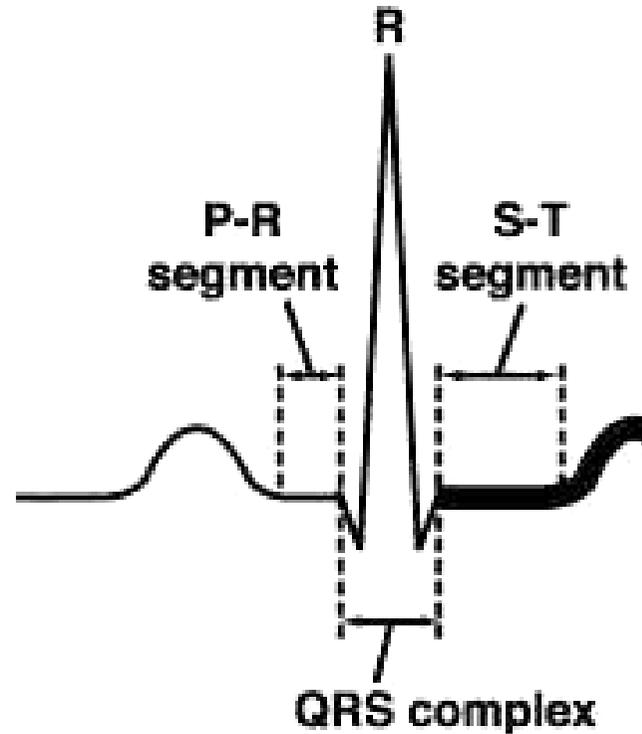
L'ECG normale presenta una serie di onde positive e negative, indicate con le lettere da P, Q,R,S, T.



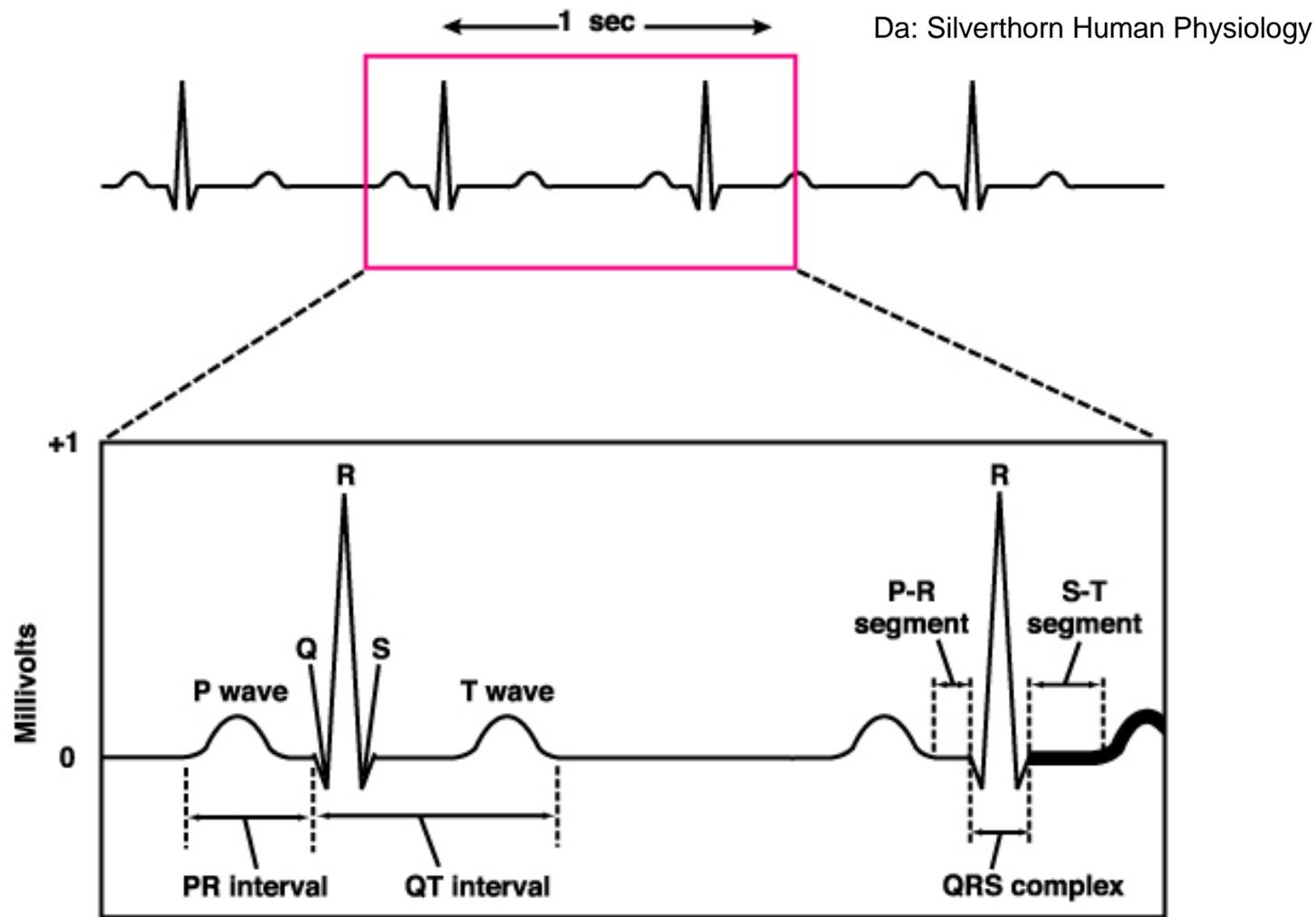
•La distanza tra due onde è detta **tratto** o **segmento**.
Rappresenta un periodo in cui non si registrano differenze di potenziale.



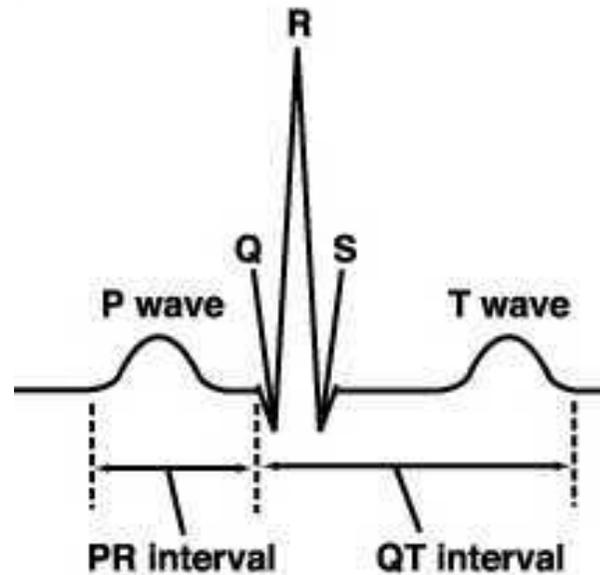
- Onda P: Depolarizzazione atri
- Complesso QRS: Depolarizzazione ventricoli (setto, apice, base)
- Onda T: Ripolarizzazione ventricoli
- La ripolarizzazione degli atri non è visibile sul tracciato ECG in quanto coincide con la depolarizzazione ventricolare. Le variazioni di potenziale relative a questo evento sono pertanto mascherate da quelle associate all'attivazione dei ventricoli



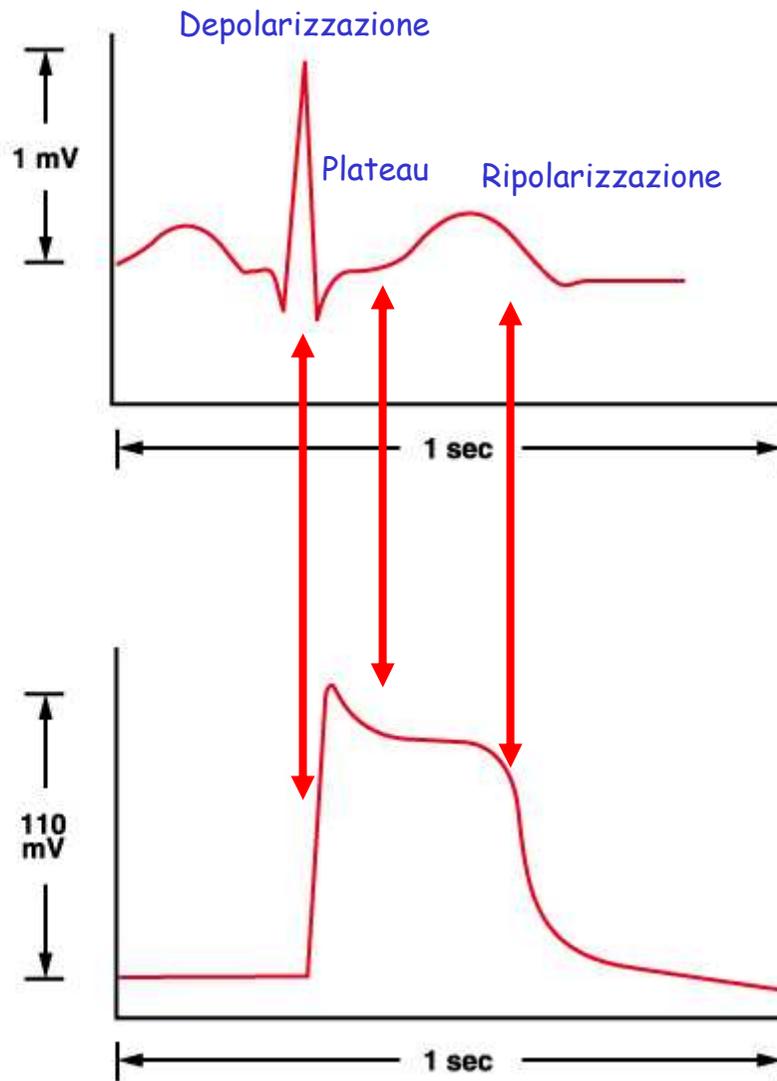
- Segmento P-R: Dalla fine dell'onda P all'inizio del complesso QRS. Gli atri sono totalmente depolarizzati
- Segmento S-T: Dalla fine dell'onda S all'inizio dell'onda T. I ventricoli sono totalmente depolarizzati



I periodi che comprendono tratti e onde sono definiti **intervalli** (vedi intervallo P-Q o P-R, dall'inizio dell'onda P all'inizio dell'onda Q).

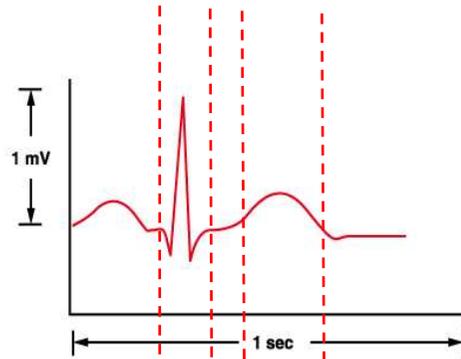


- Intervallo P-R: Tempo di conduzione atrio-ventricolare
- Intervallo Q-T: Tempo di depolarizzazione e ripolarizzazione ventricolare

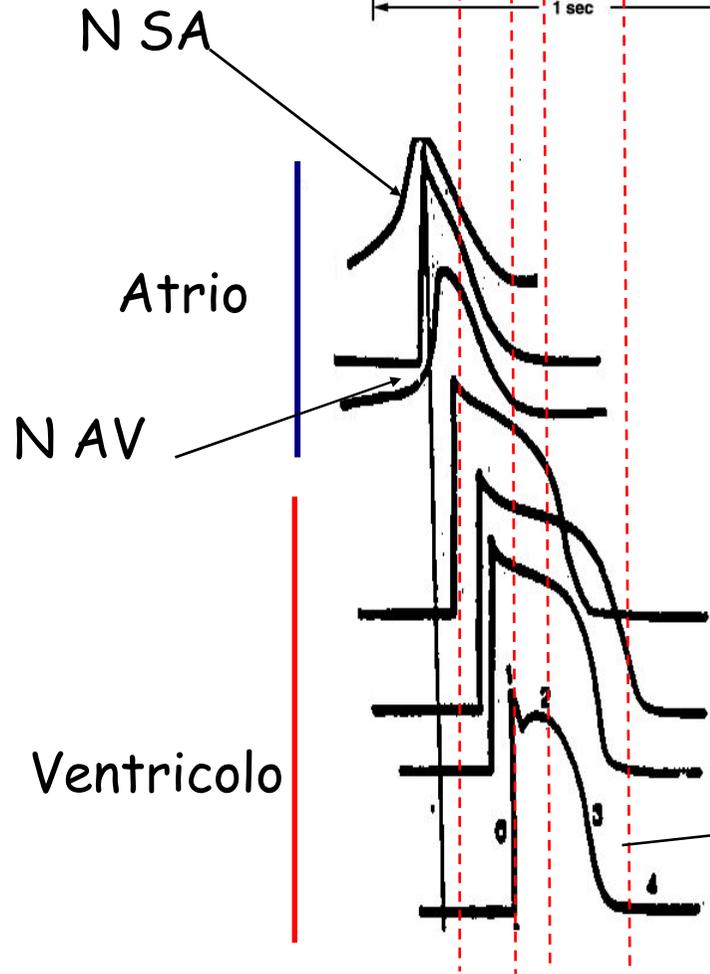


Variazioni di potenziale misurate extracellularmente durante le diverse fasi dell'eccitamento ventricolare

Corrispondenti fasi dell'eccitamento registrate intracellularmente

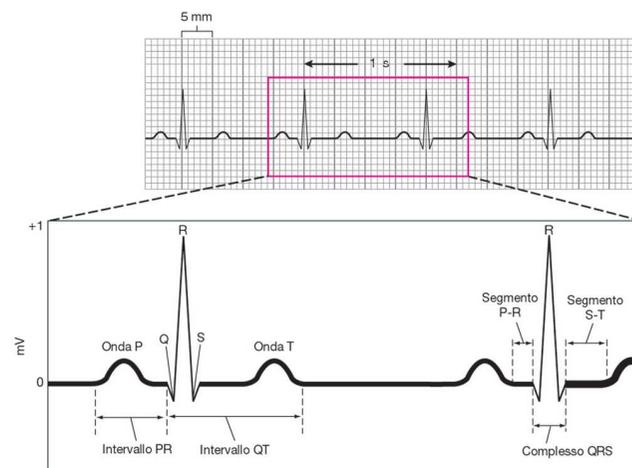


Relazione temporale tra attività intracellulare e ECG



L'ultima cellula a depolarizzarsi è la prima a ripolarizzarsi

Epicardio

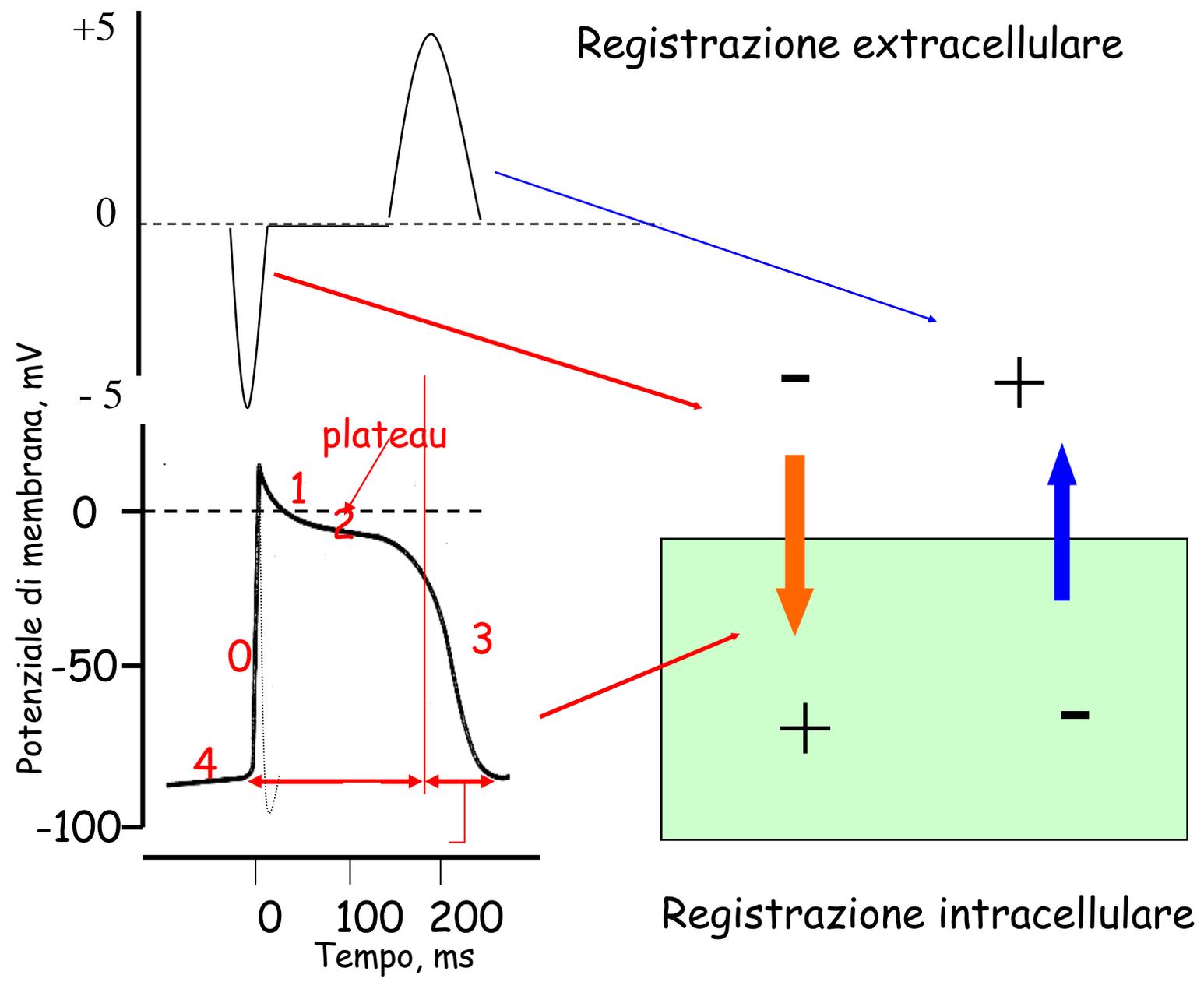


Evento	Durata (sec)	Ampiezza (mV)	Significato
ONDA P	0.07-0.12	0.2-0.4	Depolarizzazione atrii
COMPLESSO QRS	0.06-0.10	1-2	Depolarizzazione ventricoli
ONDA T	0.18-0.20	0.4-0.5	Ripolarizzazione ventricoli
INTERVALLO P-R	0.12-0.20		Tempo di conduzione atrio-ventricolare
INTERVALLO Q-T	0.40-0.42		Tempo depolarizzazione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

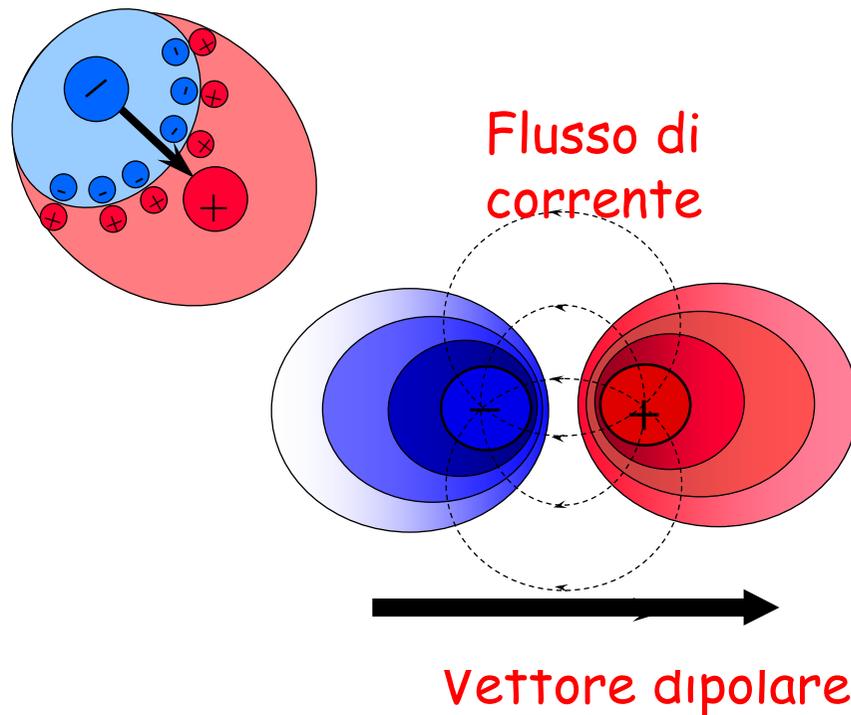
Potenziale di riposo: - 90

	Ce	Ci	Pe	Conduzzanze
• Na	145	10	70	G = 0
• K	4	135	-94	G +++
• Ca	2	0.0001	132	G = 0

$E = 61.5 \log K_i/K_e$;
conduttanza (g) al potassio a
riposo , piccola conduttanza al
Na (diff. -94 e -90)



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



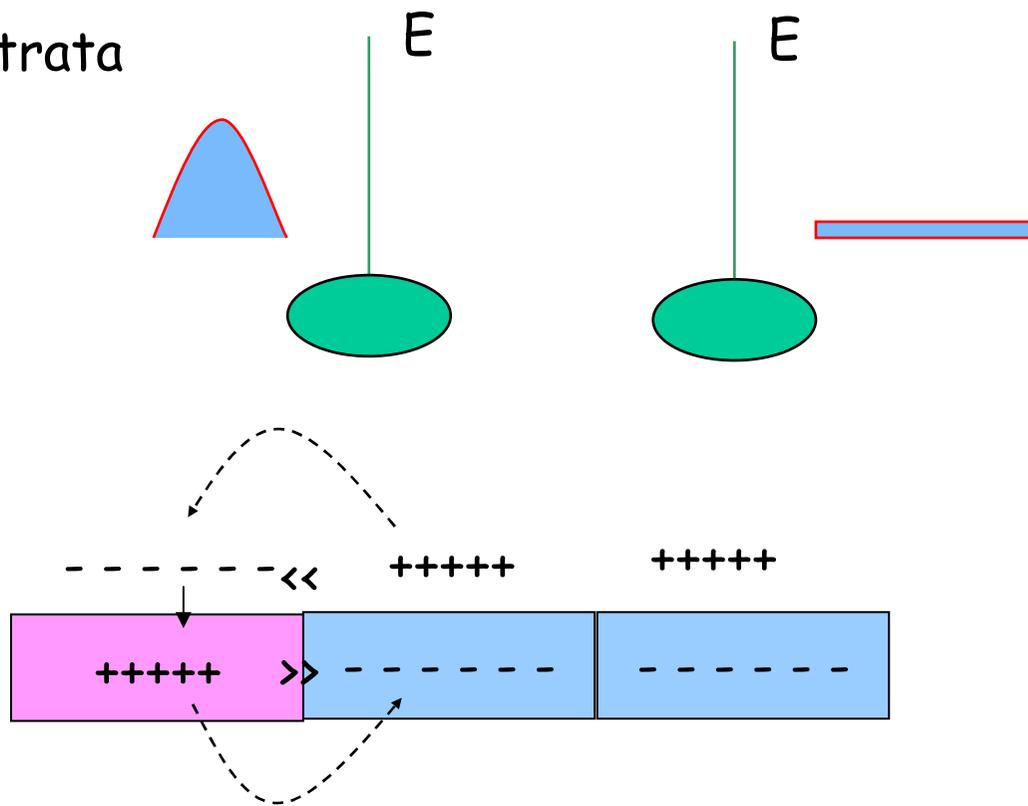
Linee isopotenziali
La forza del campo elettrico
diminuisce con il
quadrato della
distanza

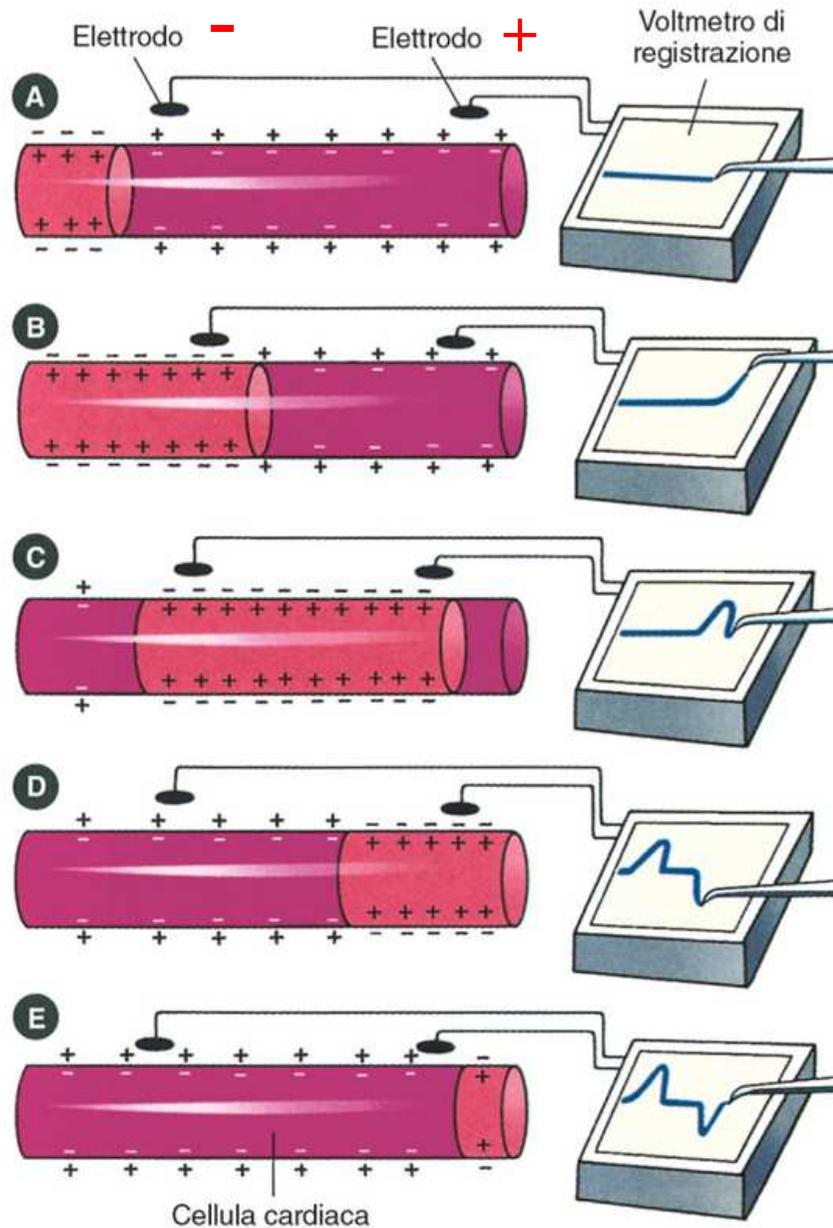
Direzione = asse del dipolo

Verso = senso dello spostamento

Grandezza = Momento dipolare (carica x distanza)

Onda registrata





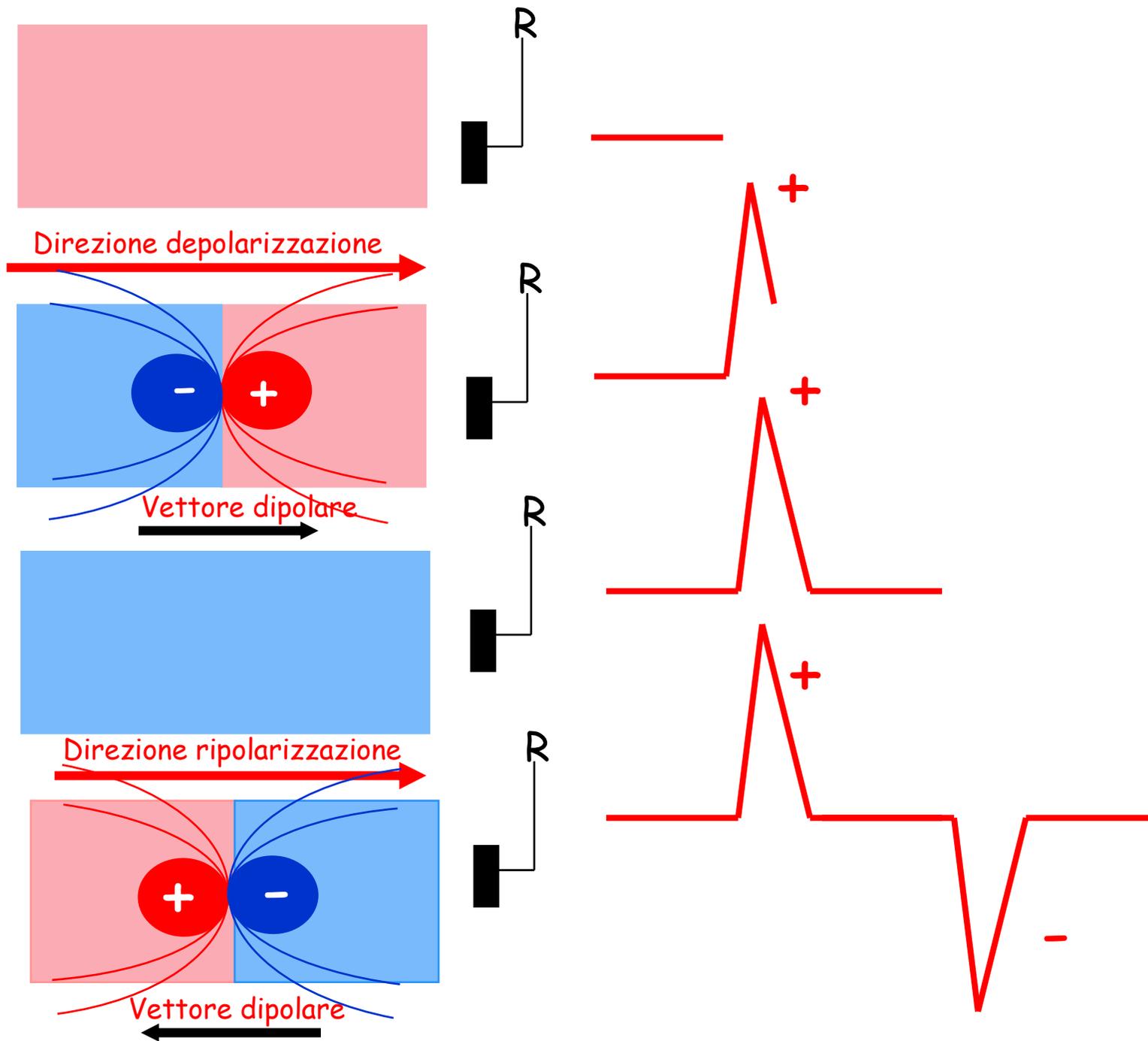
A: Elettrodi posti su un tratto di fibra a riposo (esterno tutto +), non si registra ddp.

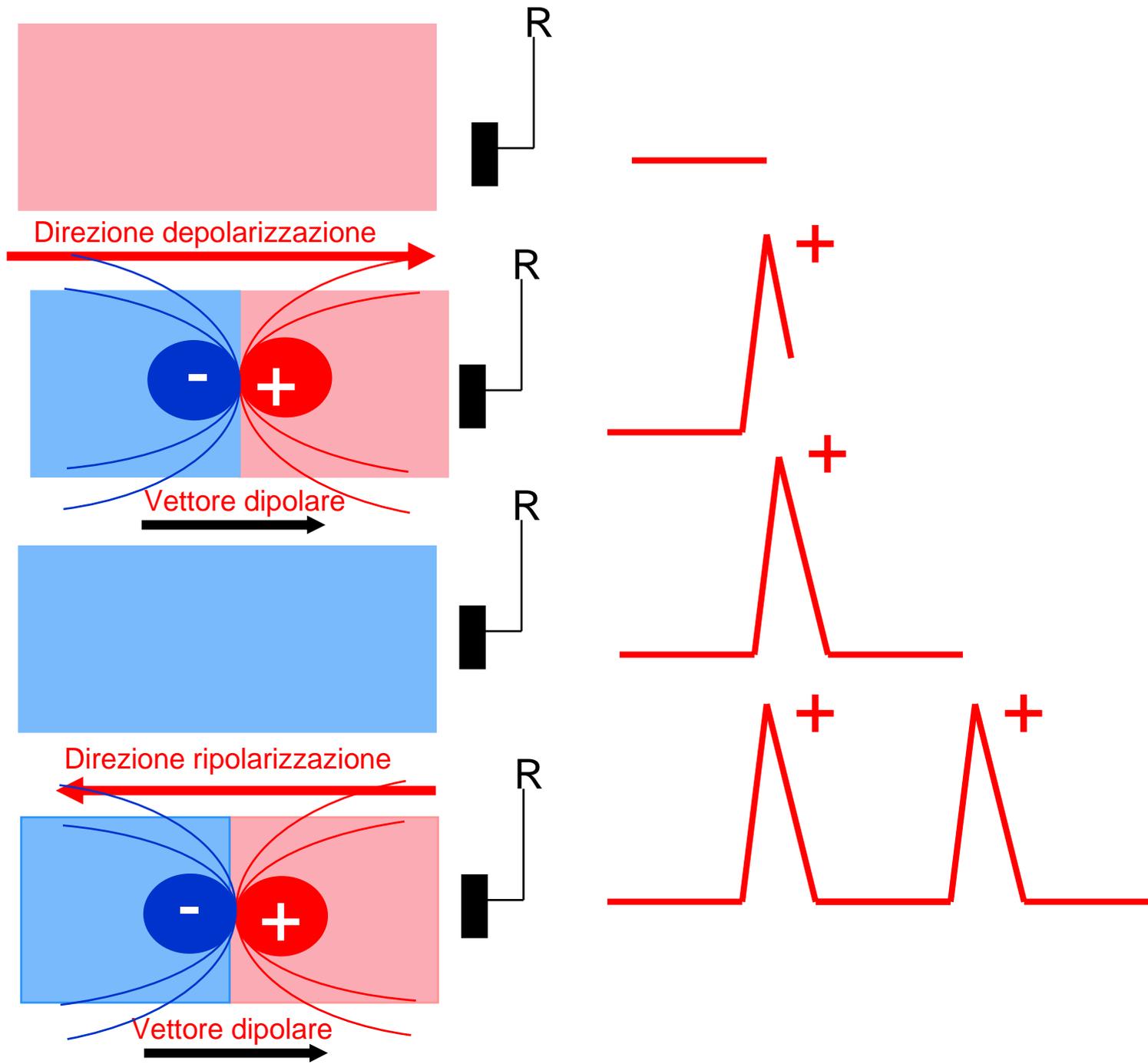
B: Depolarizzazione $S_n \rightarrow D_s$, elettrodo - in campo -, elettrodo + in campo +. Si registra una ddp (onda +).

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'ampiezza del campo elettrico dipende dal **numero** delle cellule attivate e dal loro sincronismo

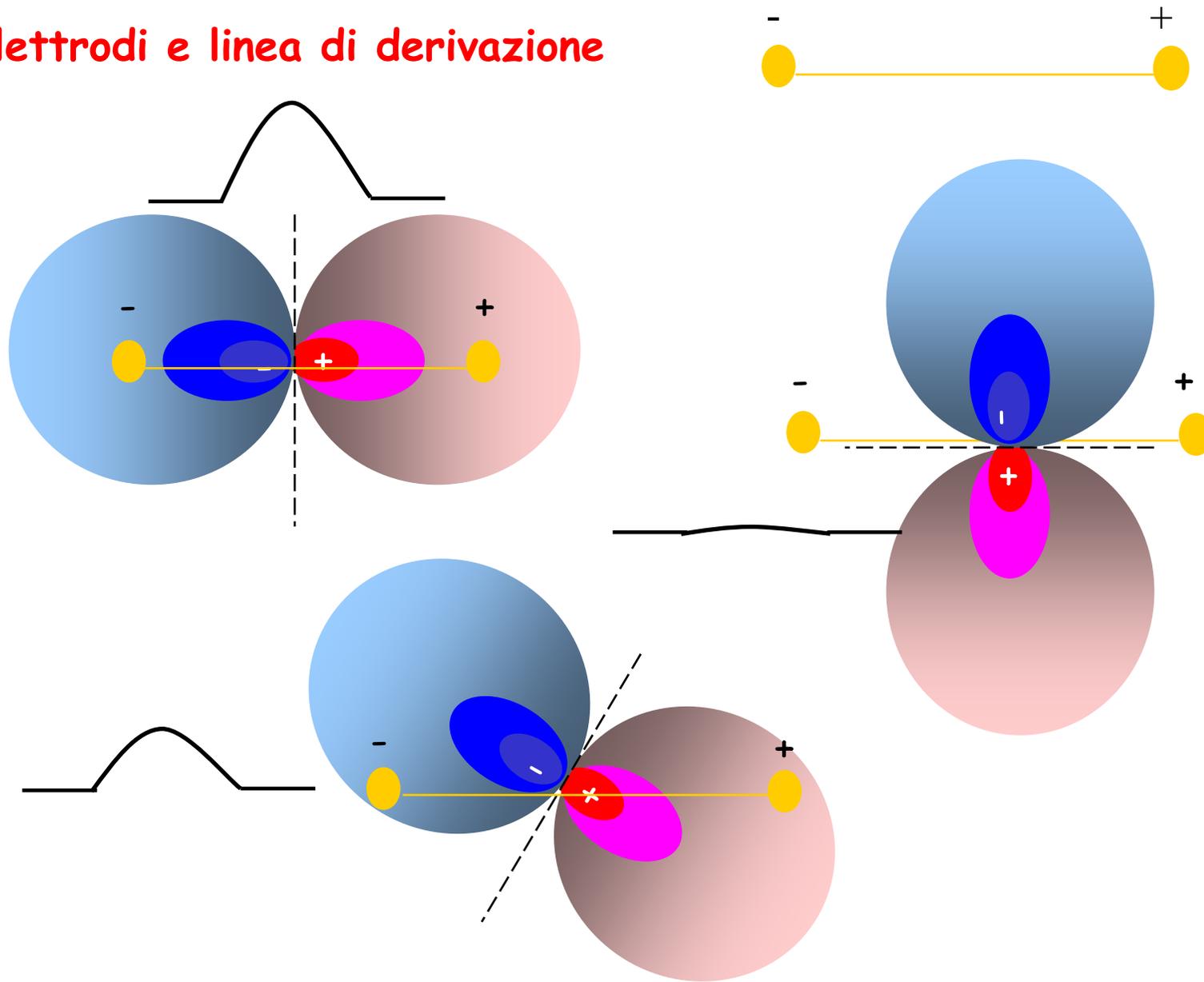
•

•La **direzione** dipende dall'orientamento spaziale delle variazioni elettriche ed influenza l'ampiezza del campo elettrico

•Il **verso** dipende dalla presenza dal segno dell'evento elettrico (depolarizzazione/ripolarizzazione) e dalla direzione

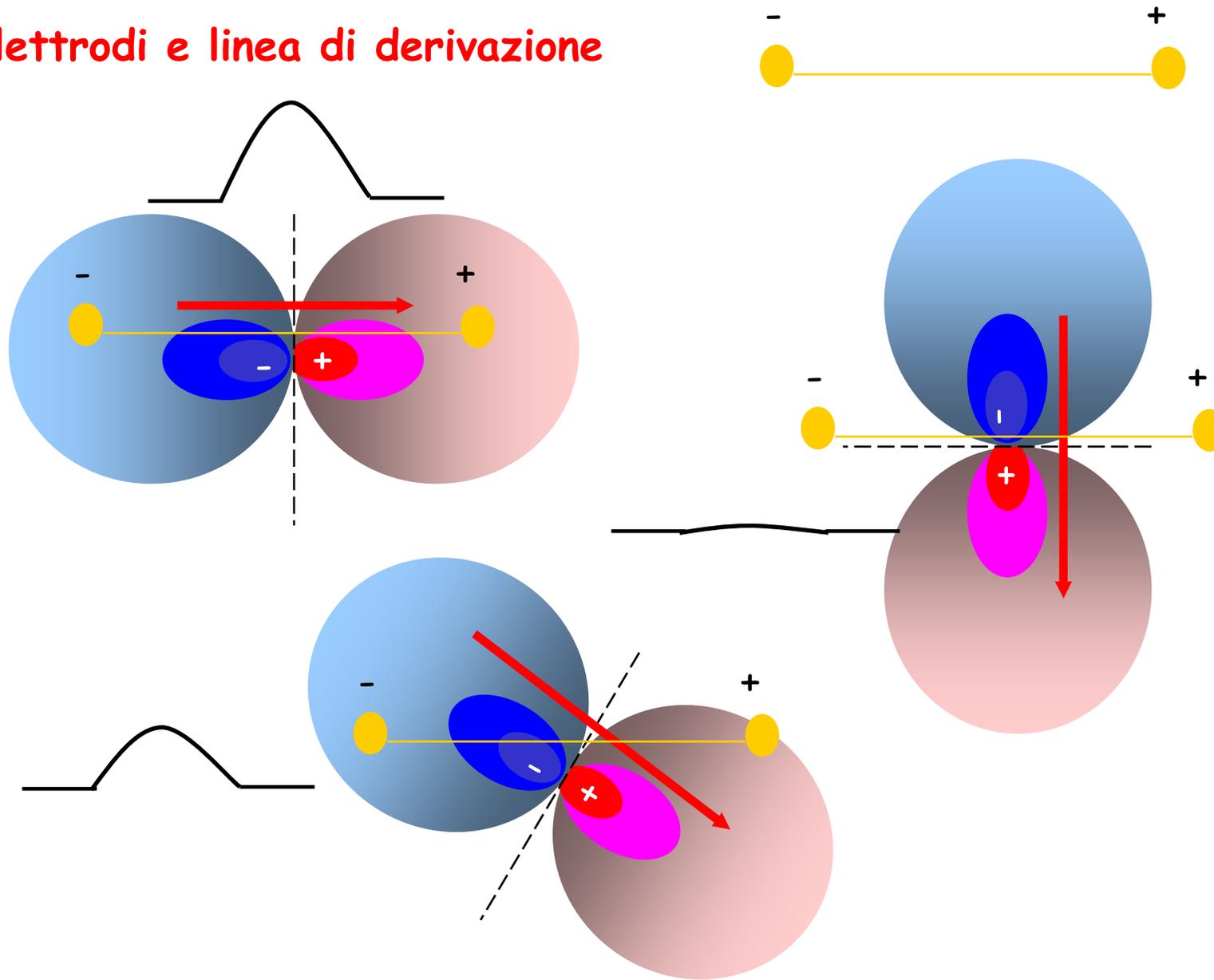
- L'onda di depolarizzazione e di ripolarizzazione si muove lungo la superficie del cuore e determina con l'ampiezza del fronte d'onda, la sua direzione e il suo verso il campo elettrico registrato a distanza.
- Nelle condizioni di registrazione il cuore è molto lontano dagli elettrodi e il movimento di avvicinamento e allontanamento è praticamente nullo.
- Ciò che determina il campo registrabile e le onde è allora l'orientamento del campo elettrico nello spazio e il numero delle cellule che variano il potenziale nel tempo

Elettrodi e linea di derivazione

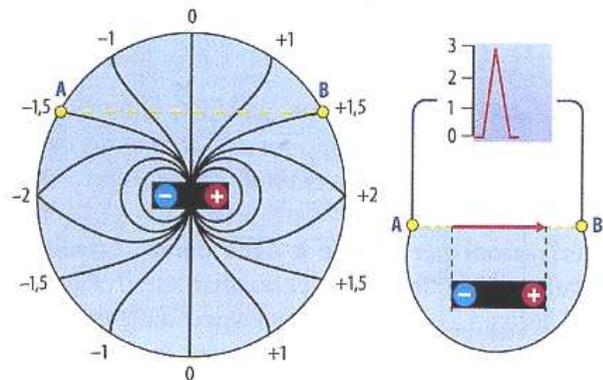


Potenziali elettrici registrati da due elettrodi a seconda dell'orientamento del dipolo

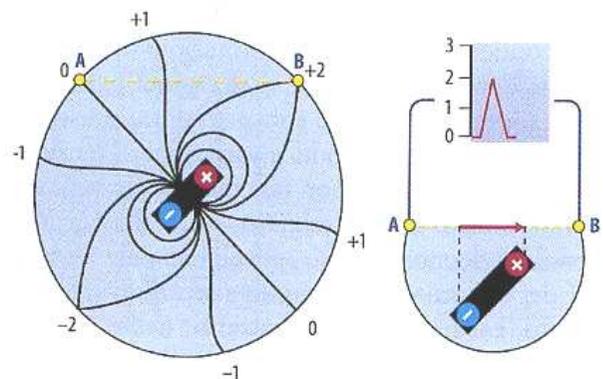
Elettrodi e linea di derivazione



Potenziali elettrici registrati da due elettrodi a seconda dell'orientamento del dipolo

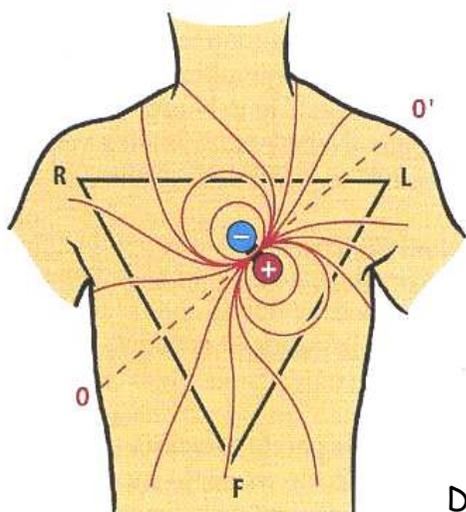


L'ampiezza e la direzione delle deflessioni dell'ECG risultano dall'ampiezza del vettore e dalla sua proiezione sulla linea di derivazione.

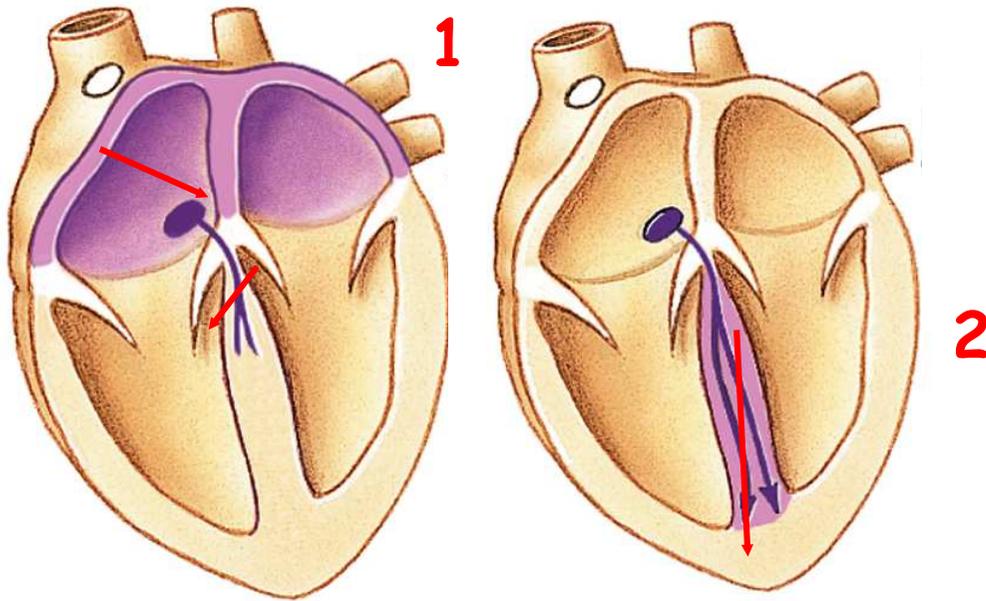


Infatti: è massimo quando il vettore è parallelo alla linea di derivazione e nullo quando è perpendicolare.

E' nullo quando è ortogonale

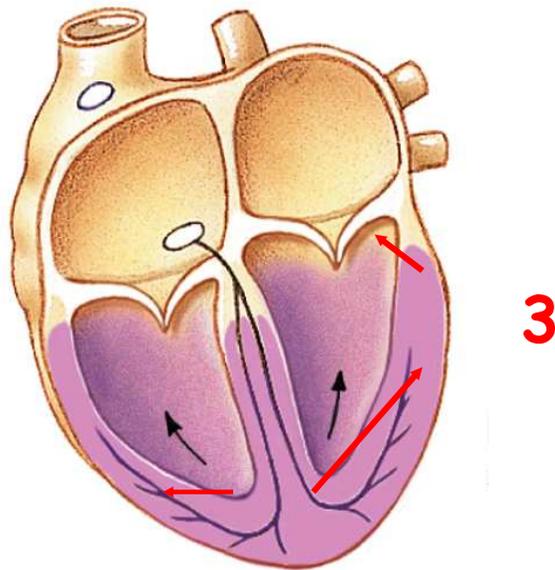


Da: Silverthorn Human Physiology

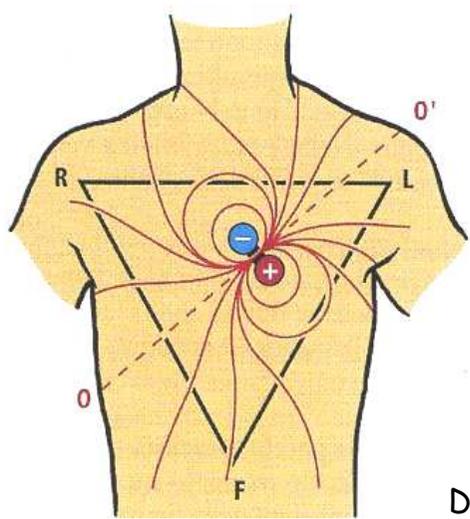
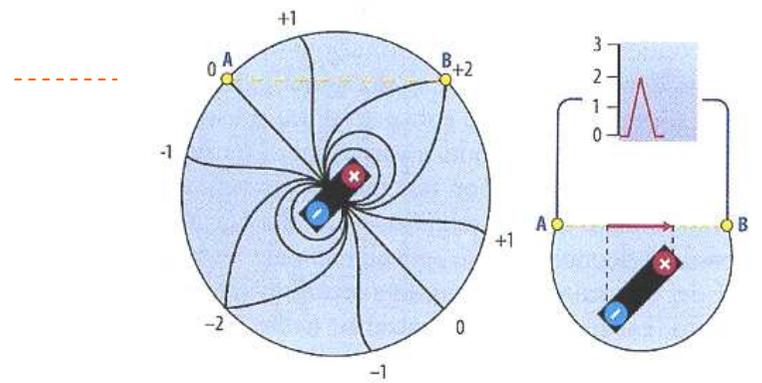
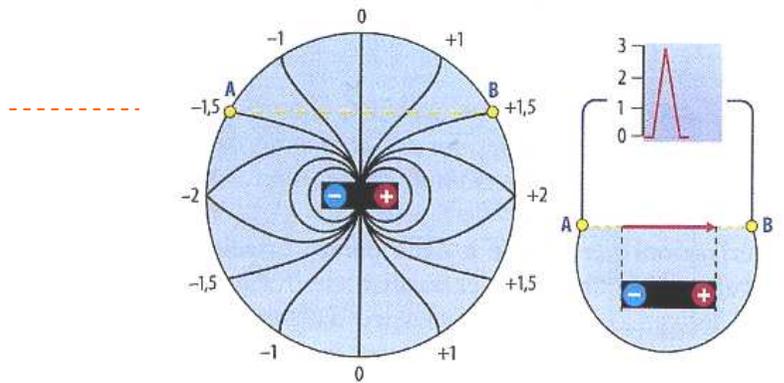


**1 Depolarizzazione
atriale**

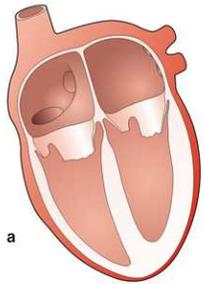
**2 Depolarizzazione
del setto**



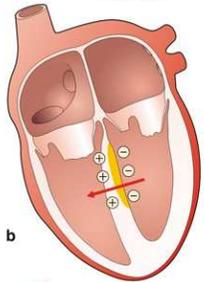
**3 Depolarizzazione
del ventricolo**



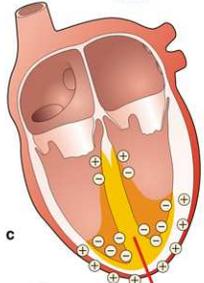
Da: Silverthorn Human Physiology



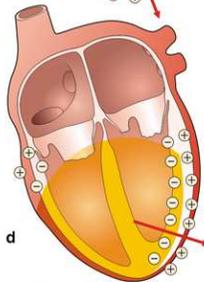
a



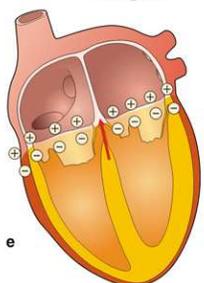
b



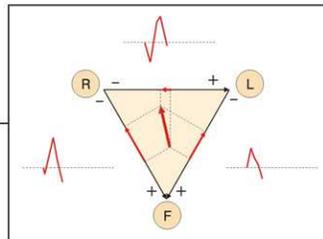
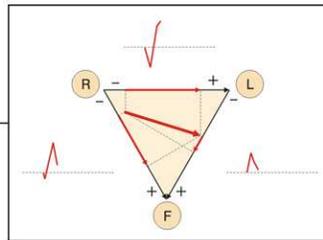
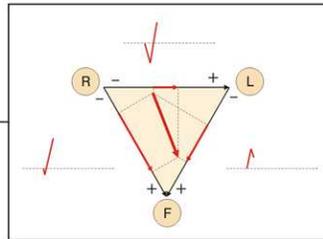
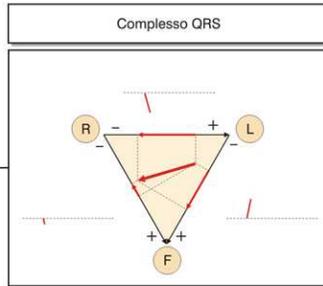
c



d



e



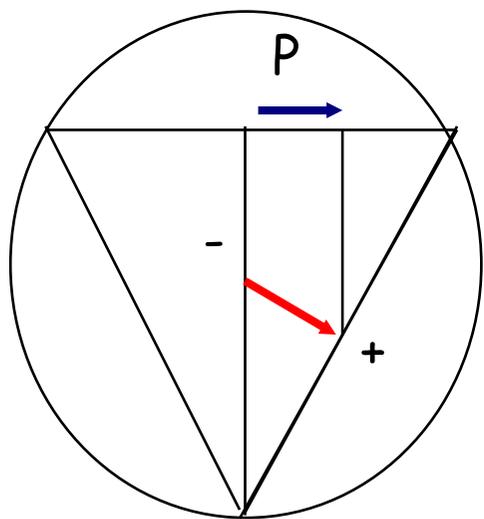
Generazione del complesso QRS nell'ECG da parte della propagazione dell'onda di depolarizzazione nel ventricolo.

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

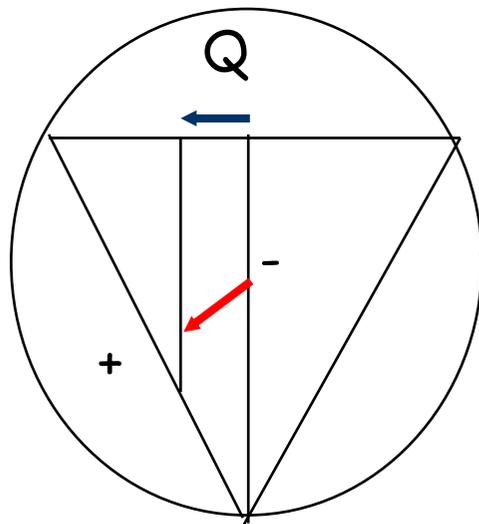
Onda R. La depolarizzazione si sposta dalla base → apice. Direzione risultante Ds → Sn e dall'alto in basso

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

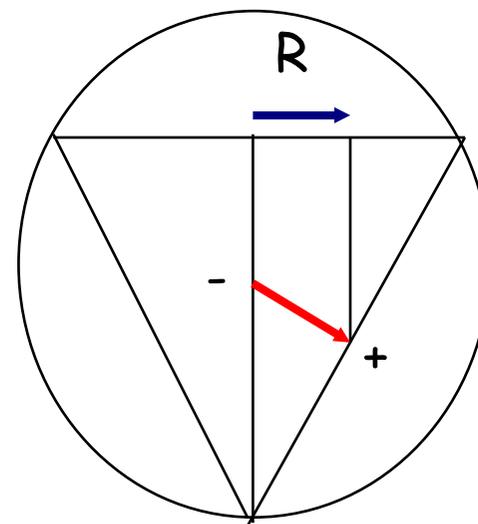
Onda S. La depolarizzazione si sposta dall'apice → base. Direzione risultante basso → alto, lievemente verso Ds



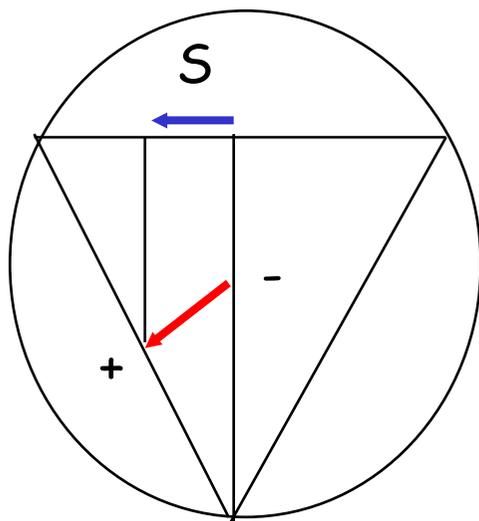
Dep. Atrio



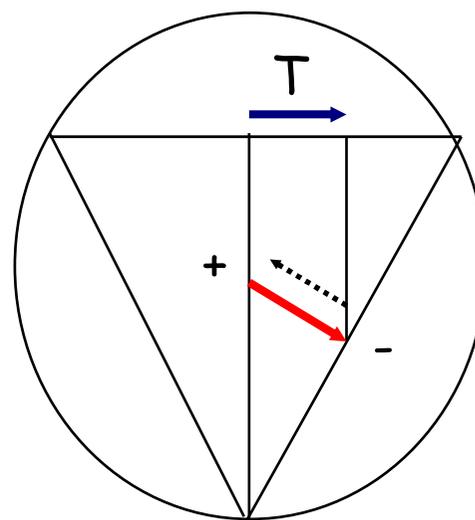
Dep. Setto



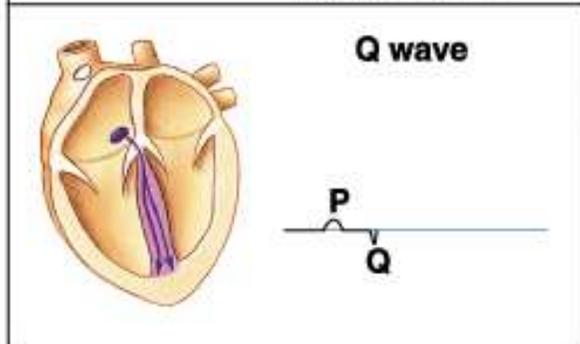
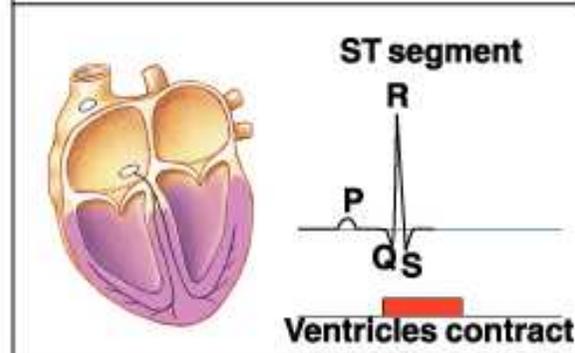
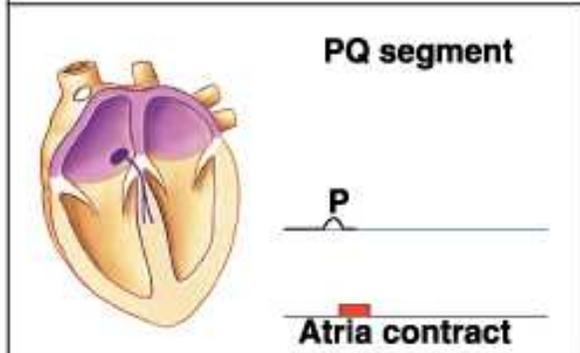
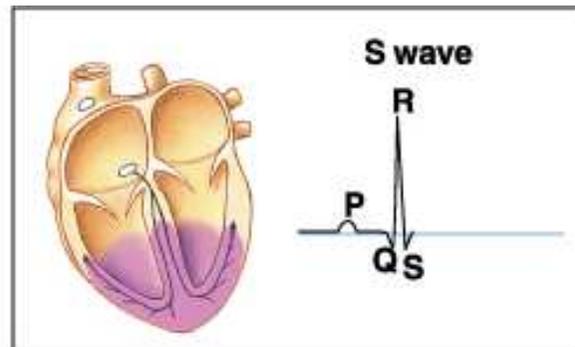
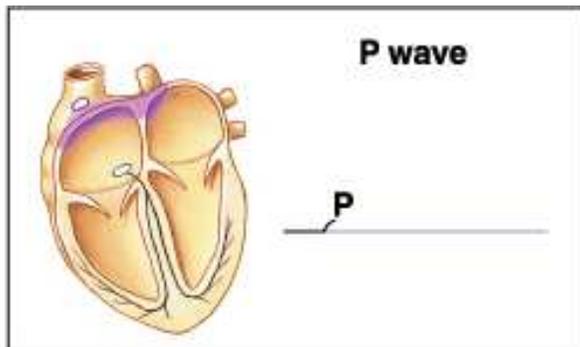
Dep. Apice



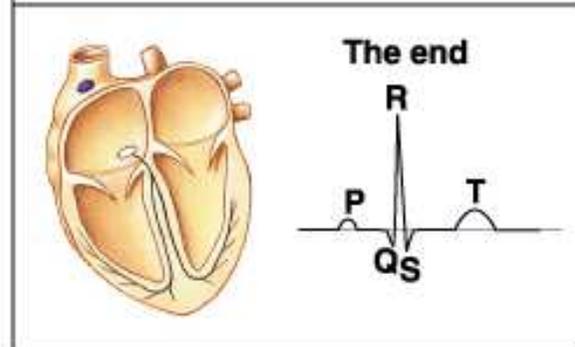
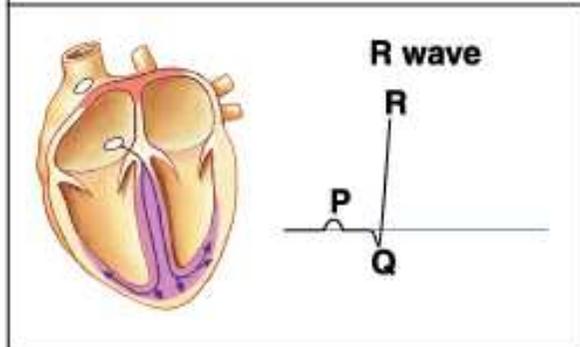
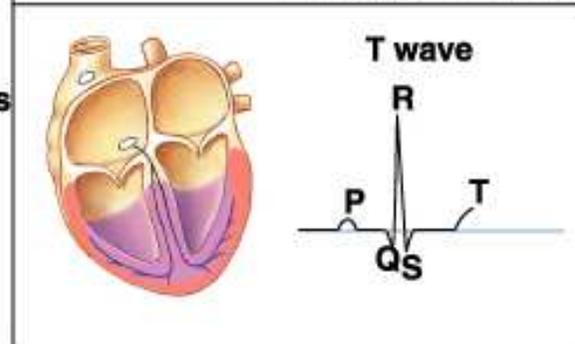
Dep. Base



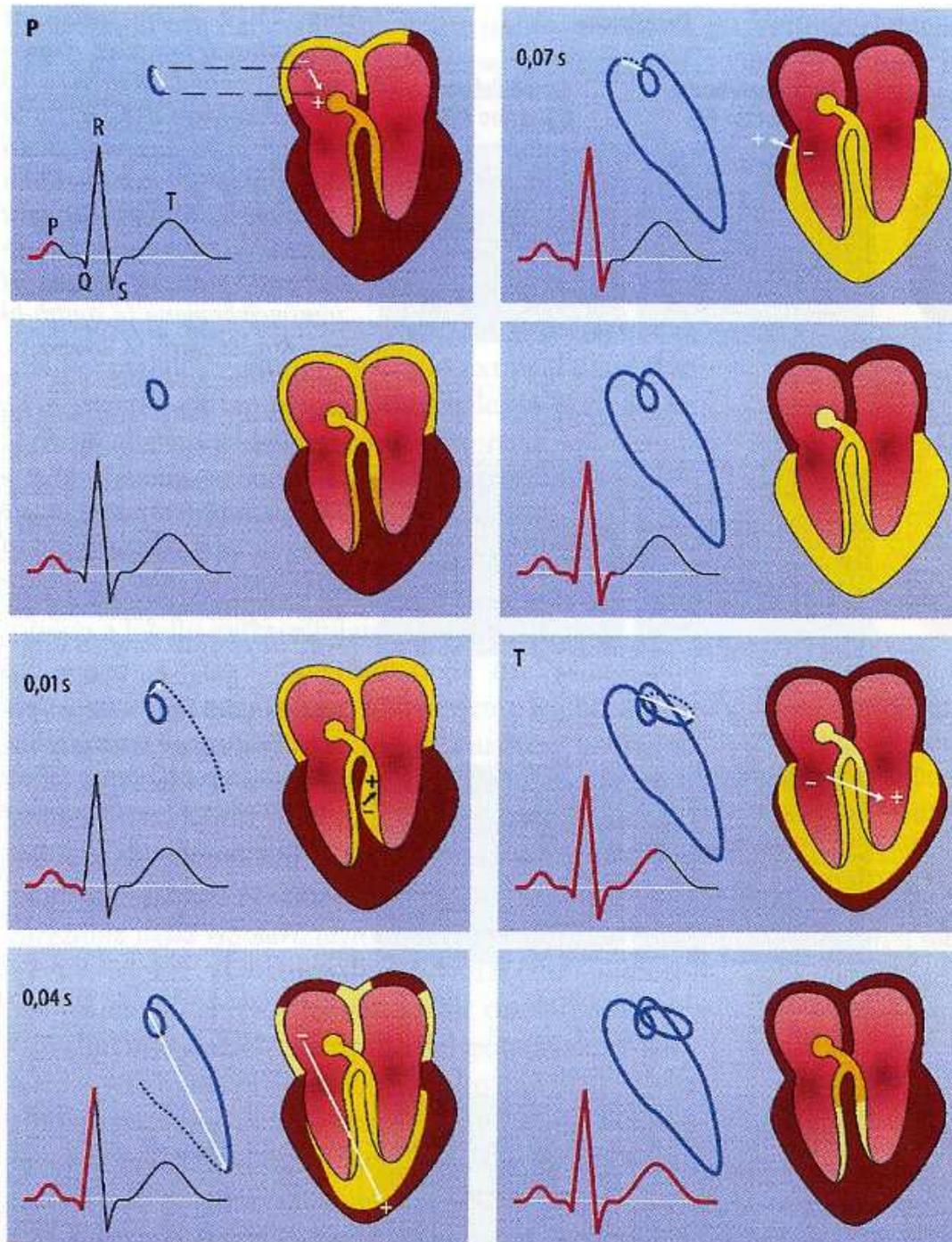
Ripolarizzazione ventricolo



sys



L'onda di ripolarizzazione ventricolare (onda T) ha la stessa polarità dell'onda di depolarizzazione ventricolare (onda R) perché la depolarizzazione si propaga dall'endocardio verso l'epicardio mentre la ripolarizzazione in direzione opposta (epicardio-endocardio)

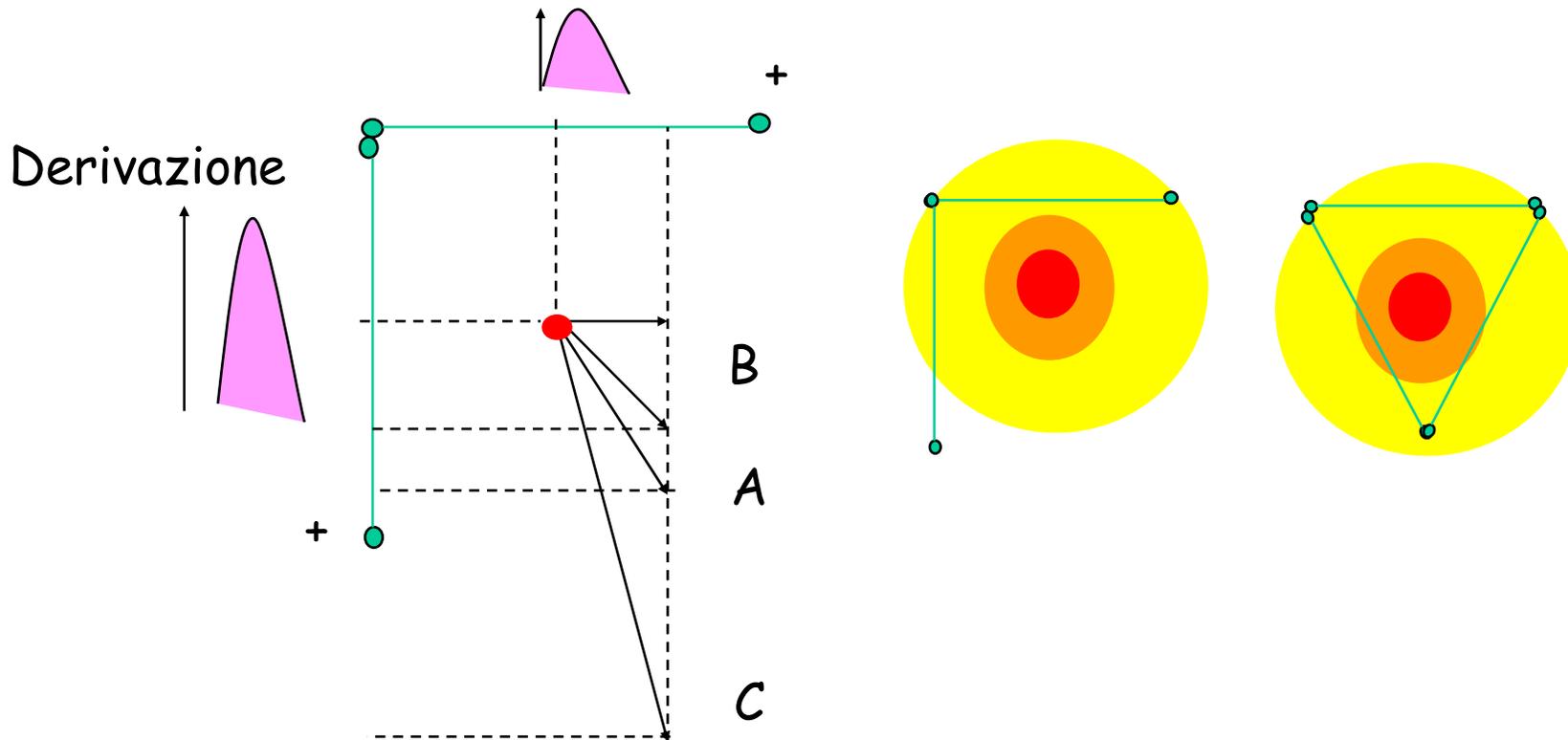


Relazione temporale fra le singole fasi dell'eccitamento cardiaco, le onde dell'ECG e il comportamento del vettore risultante.

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

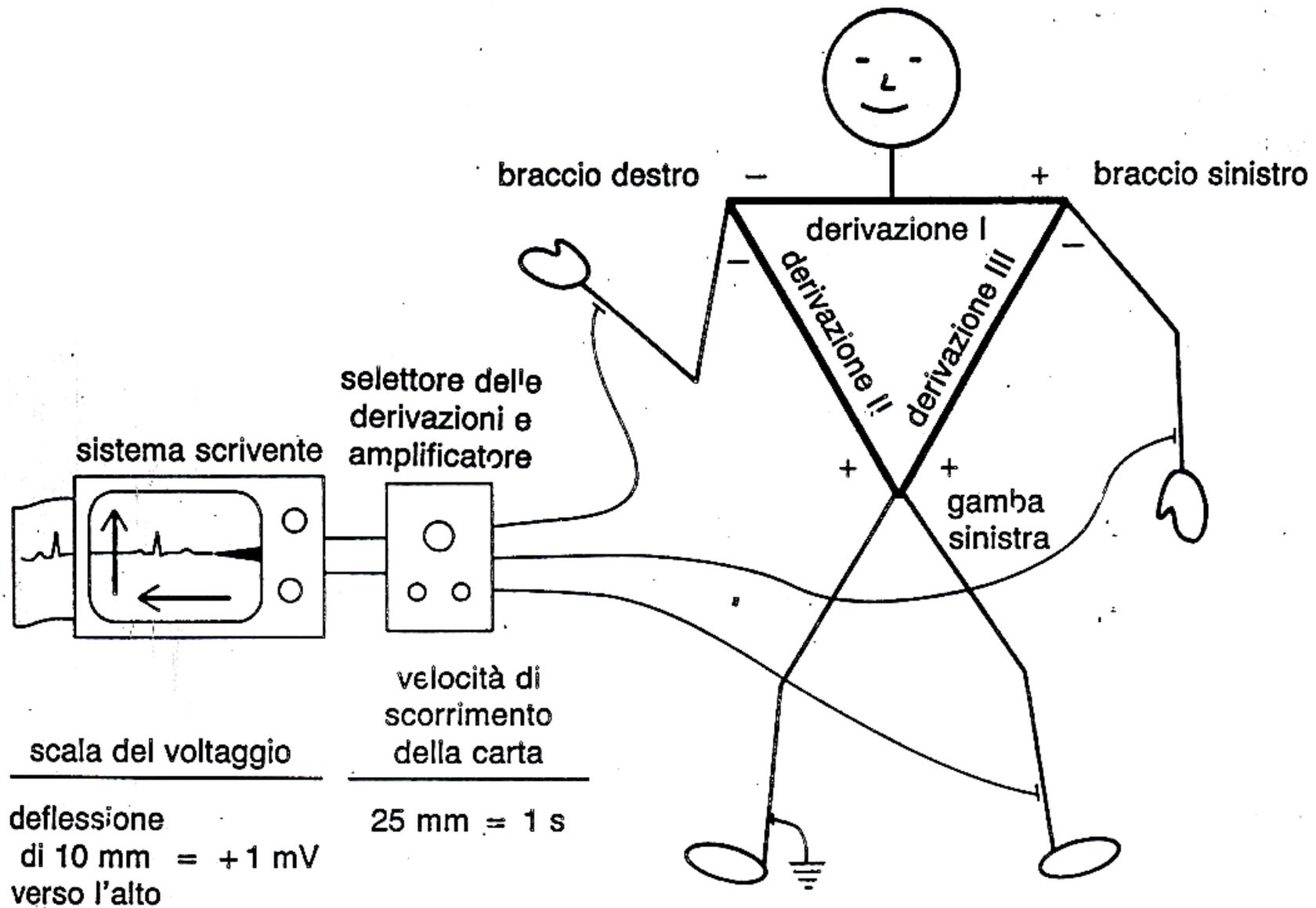
Identificazione dell'attività elettrica: studio vettoriale

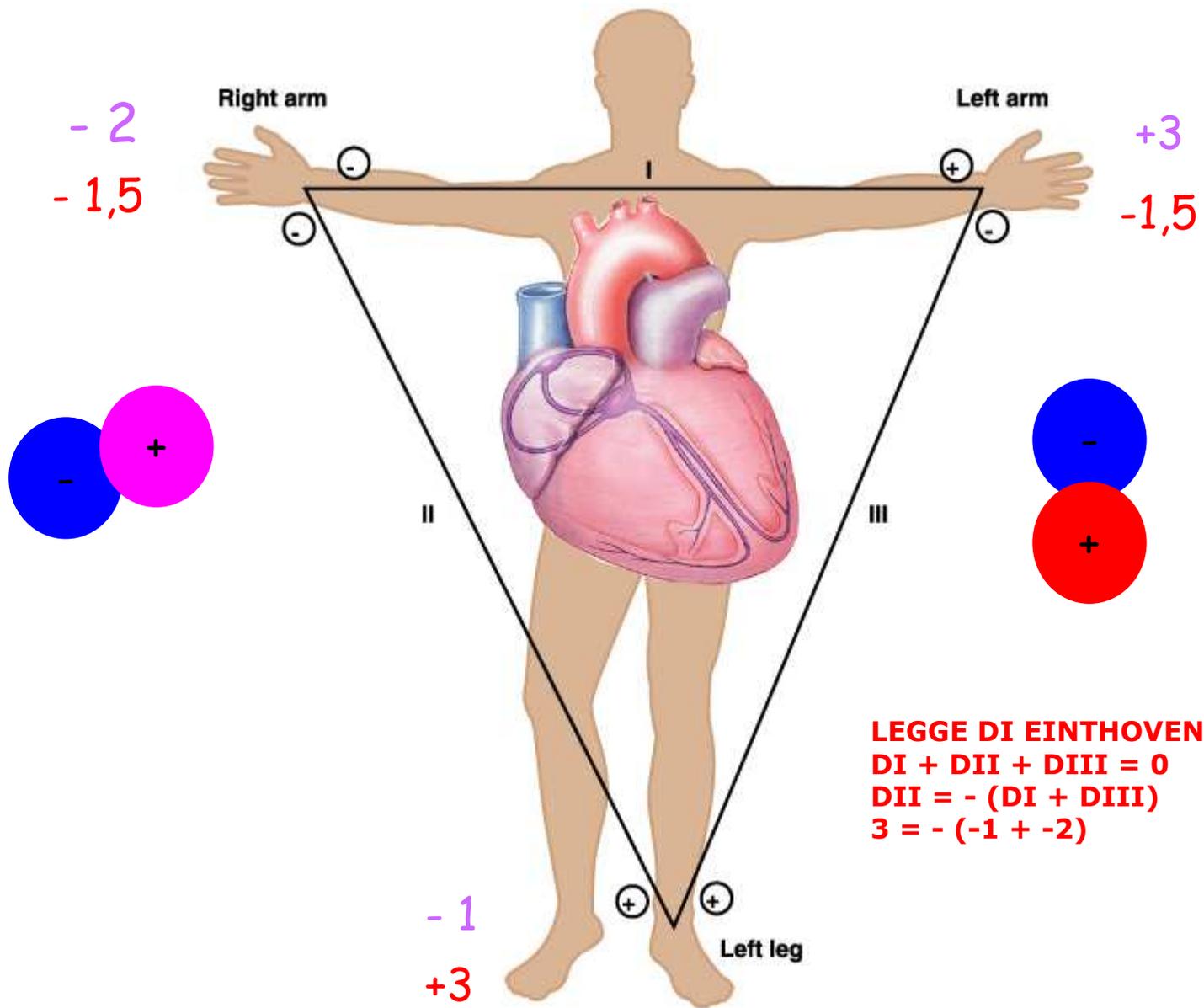
Come dalle onde elettrocardiografiche risalire al vettore
(ampiezza, direzione e verso del campo elettrico)



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
- 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 e ricostruire la posizione del vettore





LEGGE DI EINTHOVEN
 $DI + DII + DIII = 0$
 $DII = - (DI + DIII)$
 $3 = - (-1 + -2)$

DERIVAZIONI ELETTROCARDIOGRAFICHE

- Derivazioni bipolari: Due elettrodi registranti

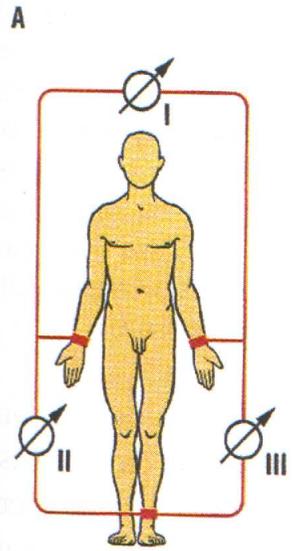
Derivazioni bipolari agli arti di Einthoven (DI, DII, DIII)

- Derivazioni unipolari:

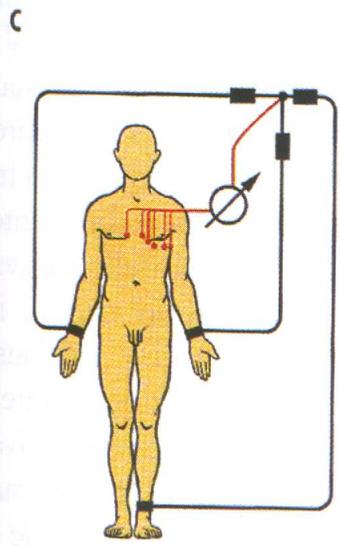
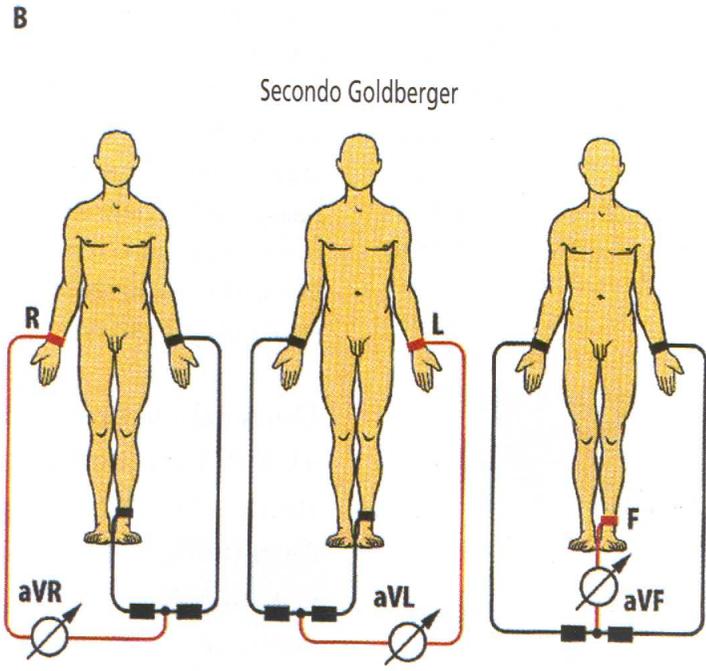
Elettrodo registrante + Elettrodo indifferente (di riferimento)

Derivazioni unipolari agli arti di Goldberger (aVR, aVL, aVF)

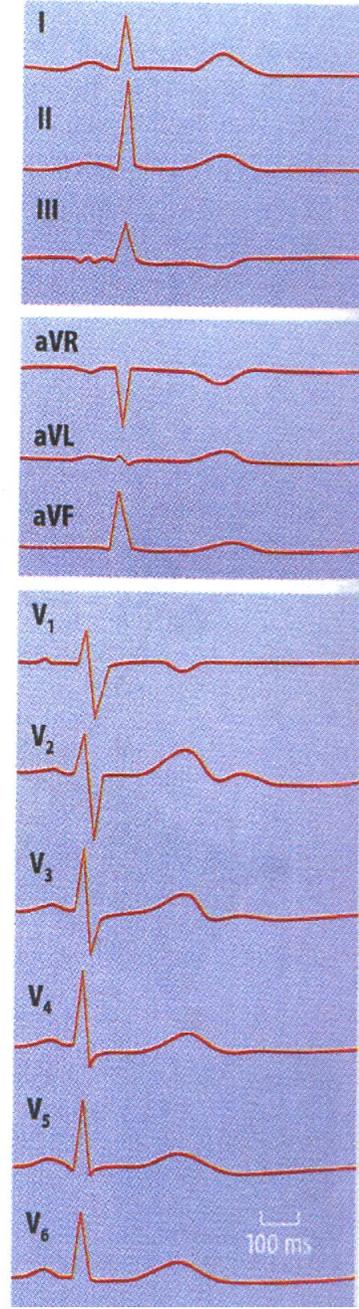
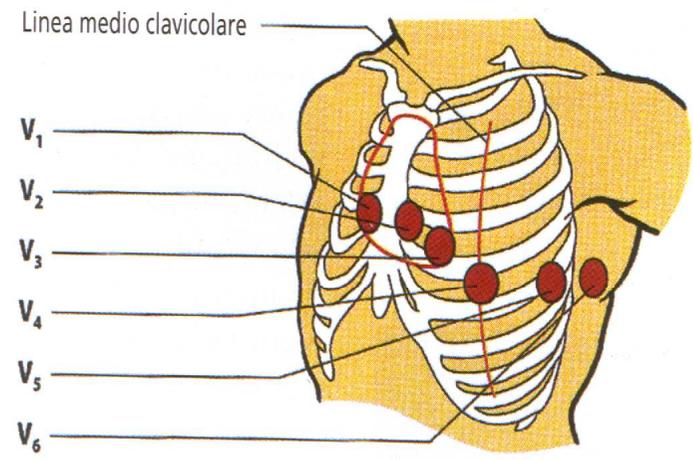
Derivazioni unipolari toraciche o precordiali di Wilson (V1-V6)

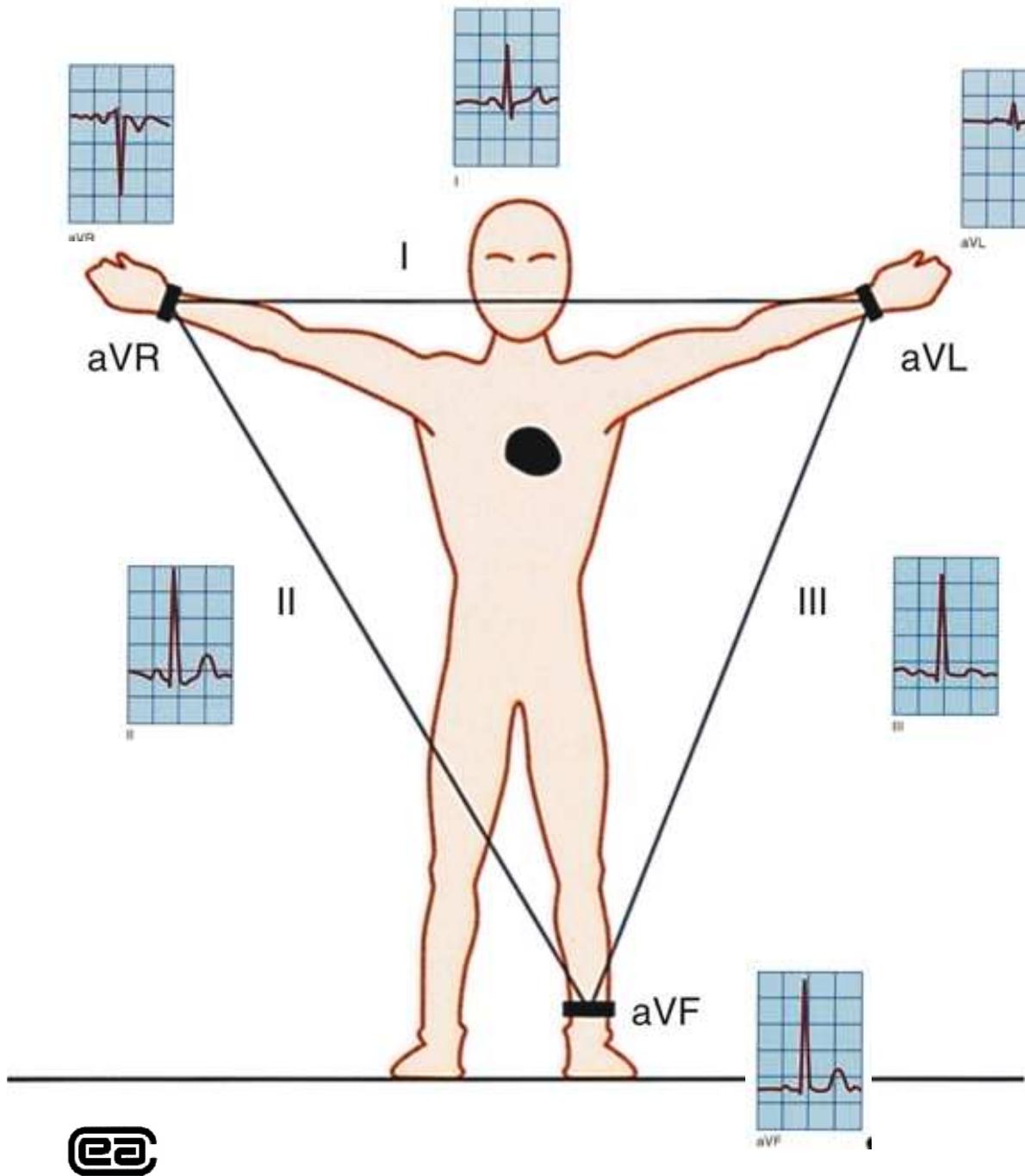


Secondo Einthoven



Secondo Wilson





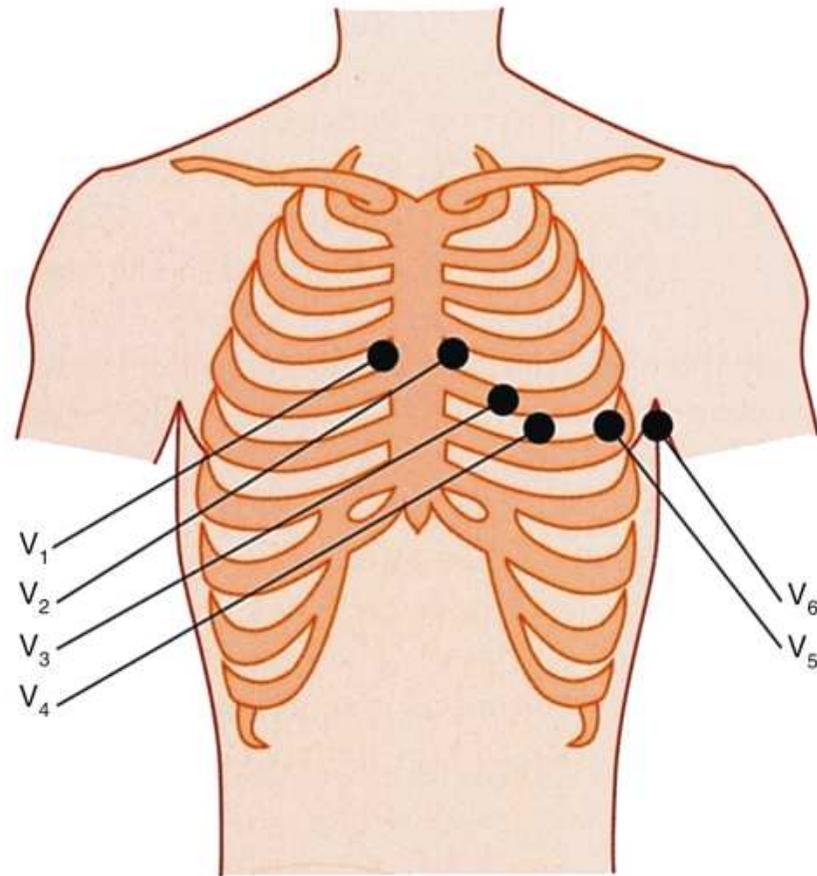
Bipolari agli arti
di Einthoven:

(I, II, III)

Unipolari agli arti:

(aVR, aVL, aVF)



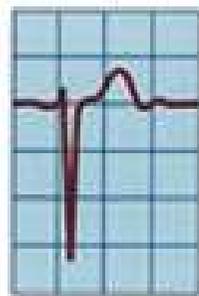


Unipolari toraciche o
precordiali:

(V1-V6)



V1



V2



V3



V4

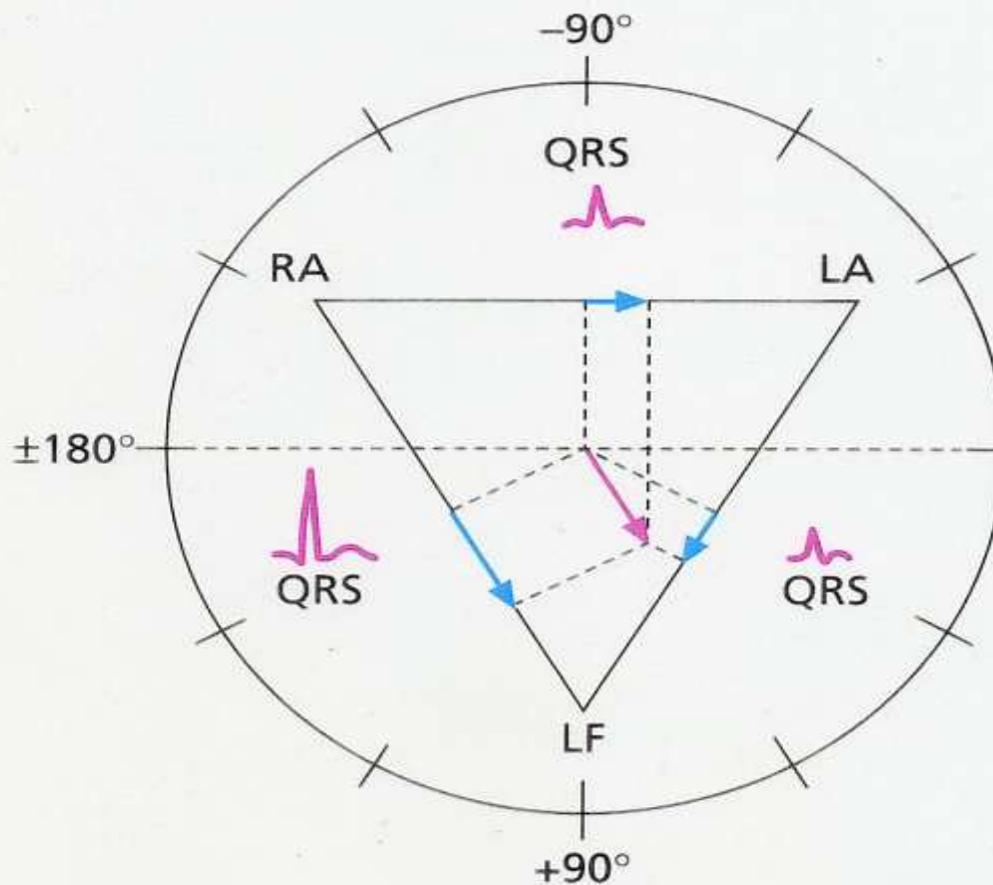


V5



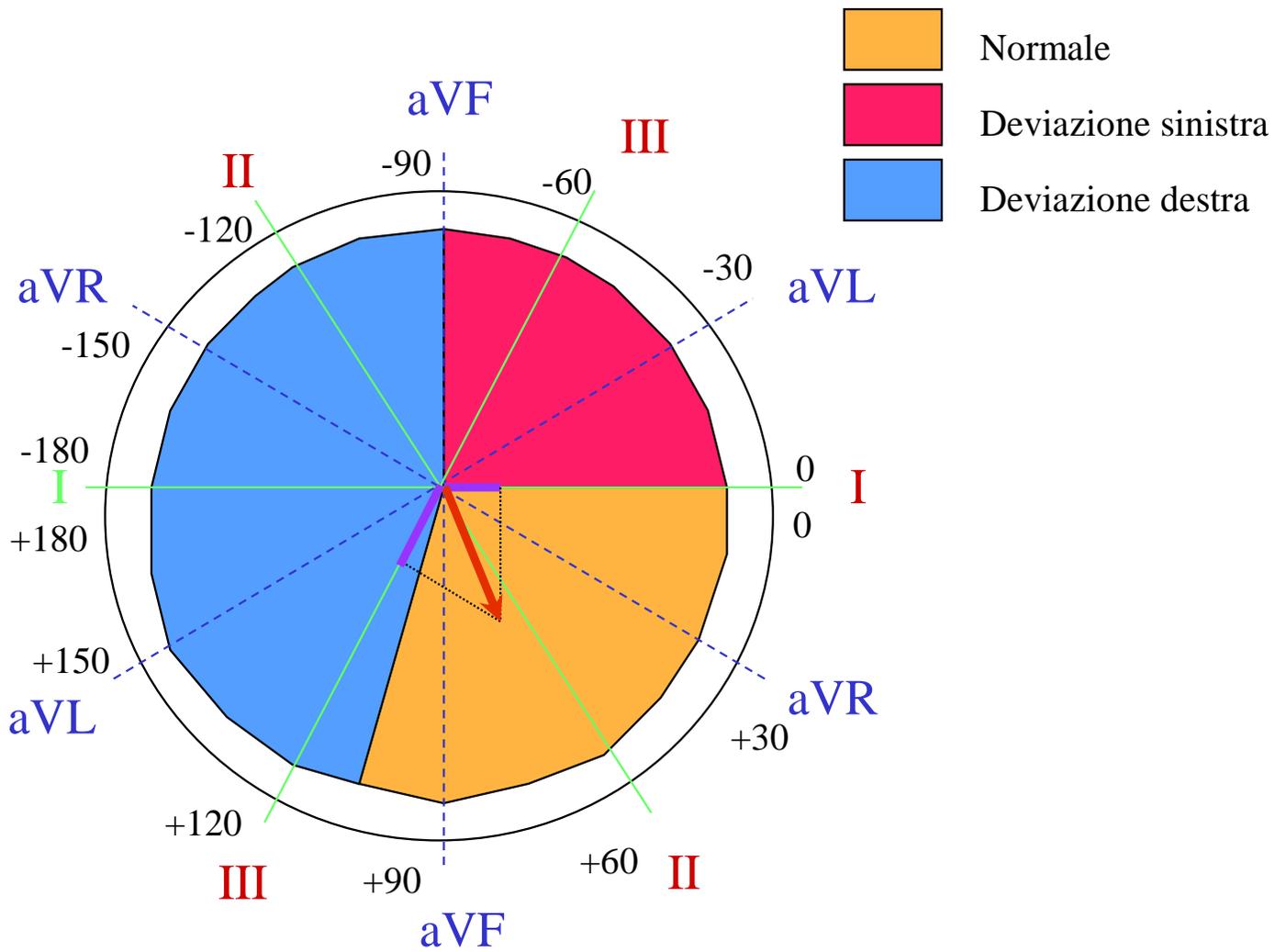
V6

ASSE ELETTRICO CARDIACO



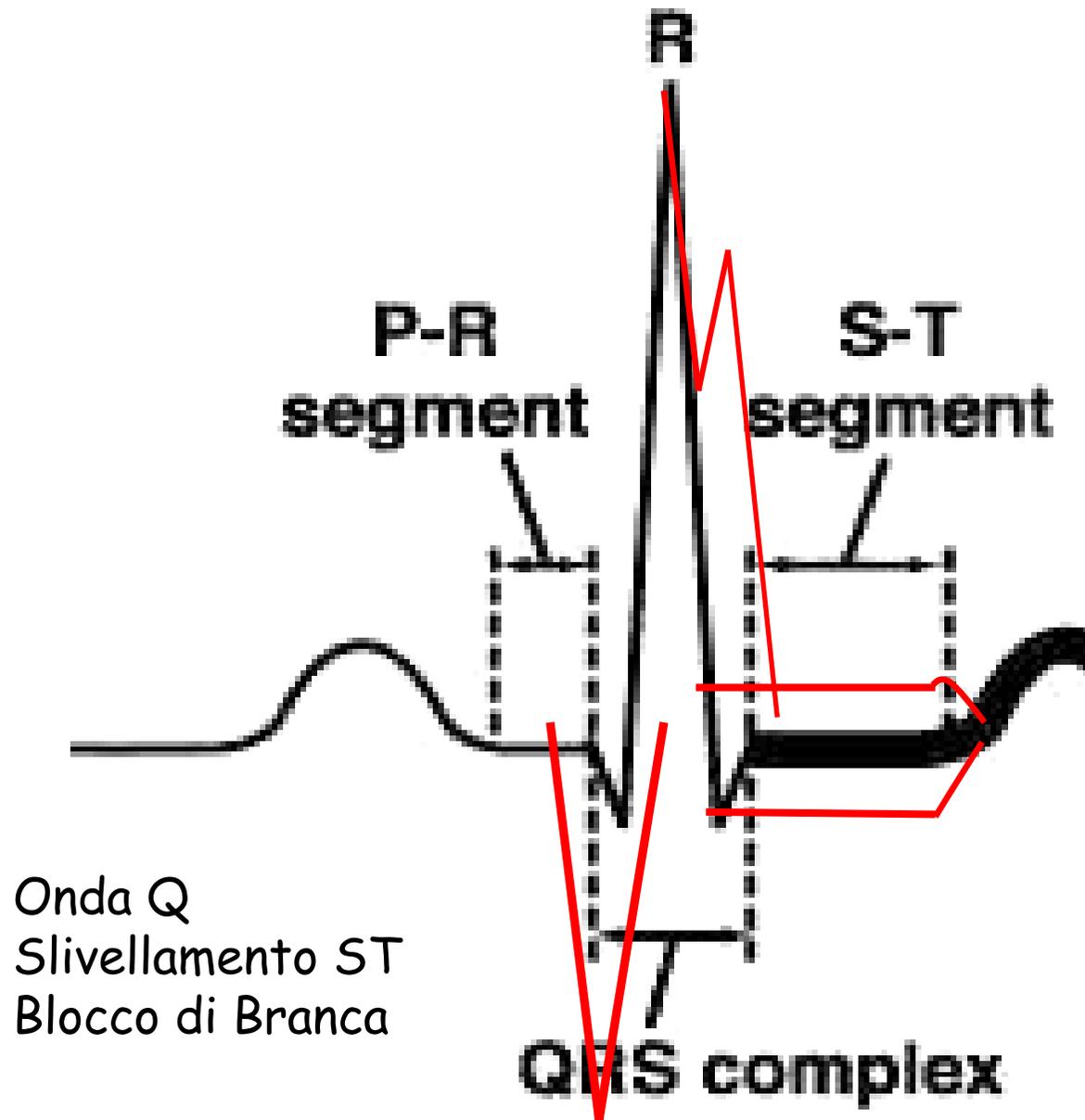
Dal punto di vista diagnostico è importante la valutazione dell'orientamento del vettore elettrico ventricolare (asse elettrico cardiaco), che dà un'indicazione sulla direzione media di attivazione dei ventricoli e sul potenziale medio generato dai ventricoli

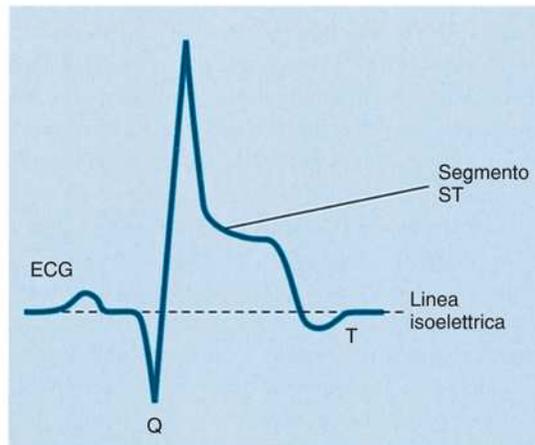
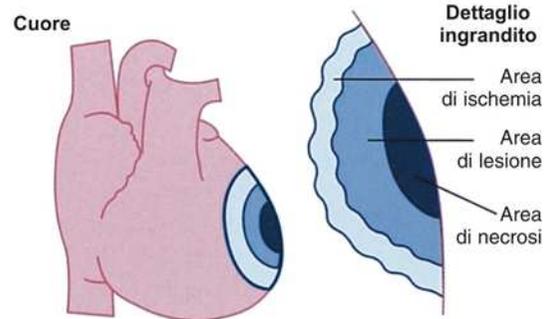
Applicando la concezione di Einthoven e analizzando, nelle derivazioni agli arti, l'ampiezza del complesso QRS, che è espressione della proiezione del vettore sull'asse di derivazione, si può risalire al vettore risultante che esprime la depolarizzazione ventricolare



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: Ipertrorfie ventricolari, blocchi di branca
- Indicazioni di insufficiente circolazione coronarica
- Indicazioni circa la localizzazione, l'estensione e il decorso di un infarto al miocardio





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



Aritmie

Da Boron-
Boulpaep

RIENTRO

Da Boron, Boulpaep

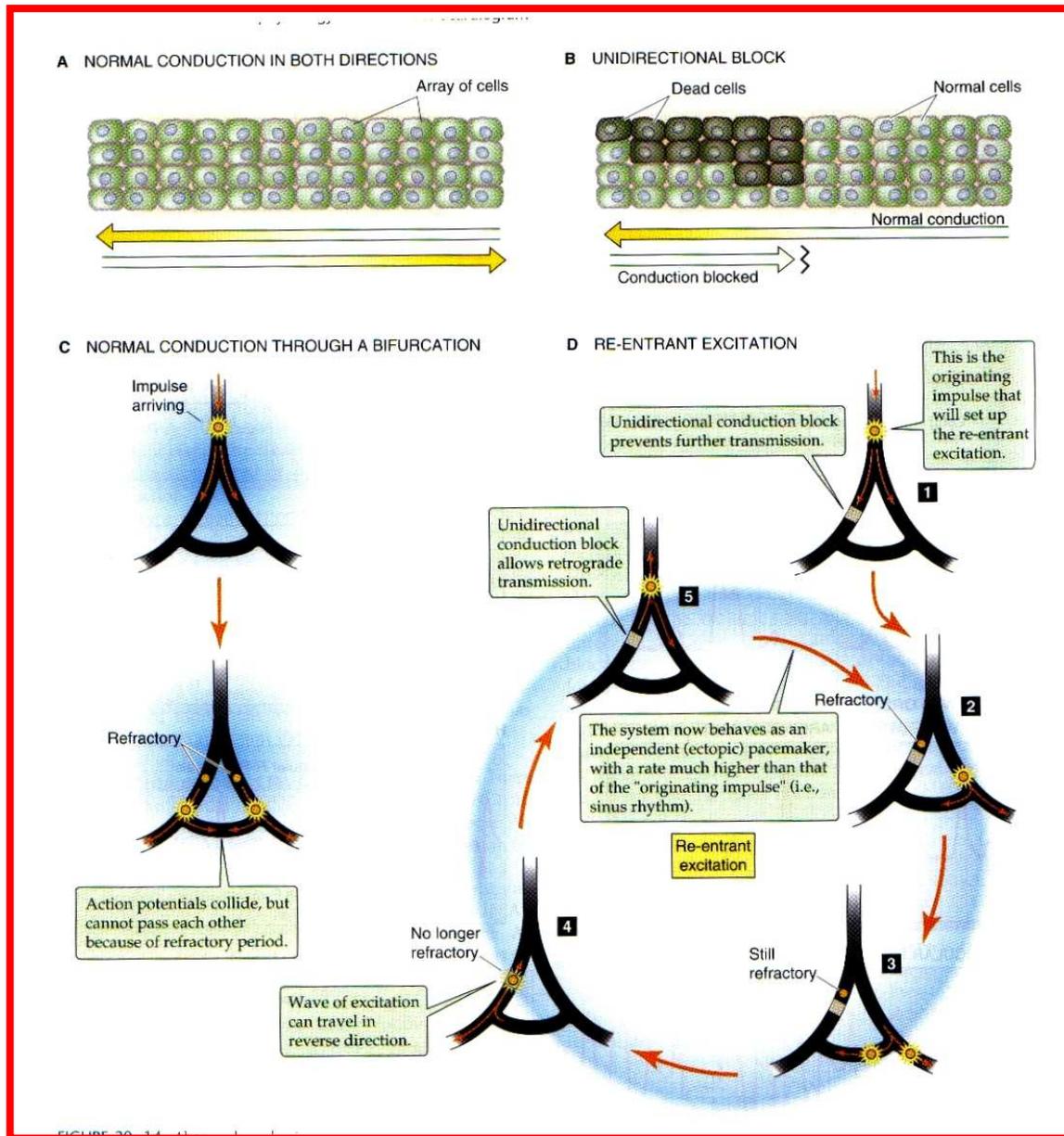


FIGURE 30-14. Unidirectional block and re-entrant excitation.