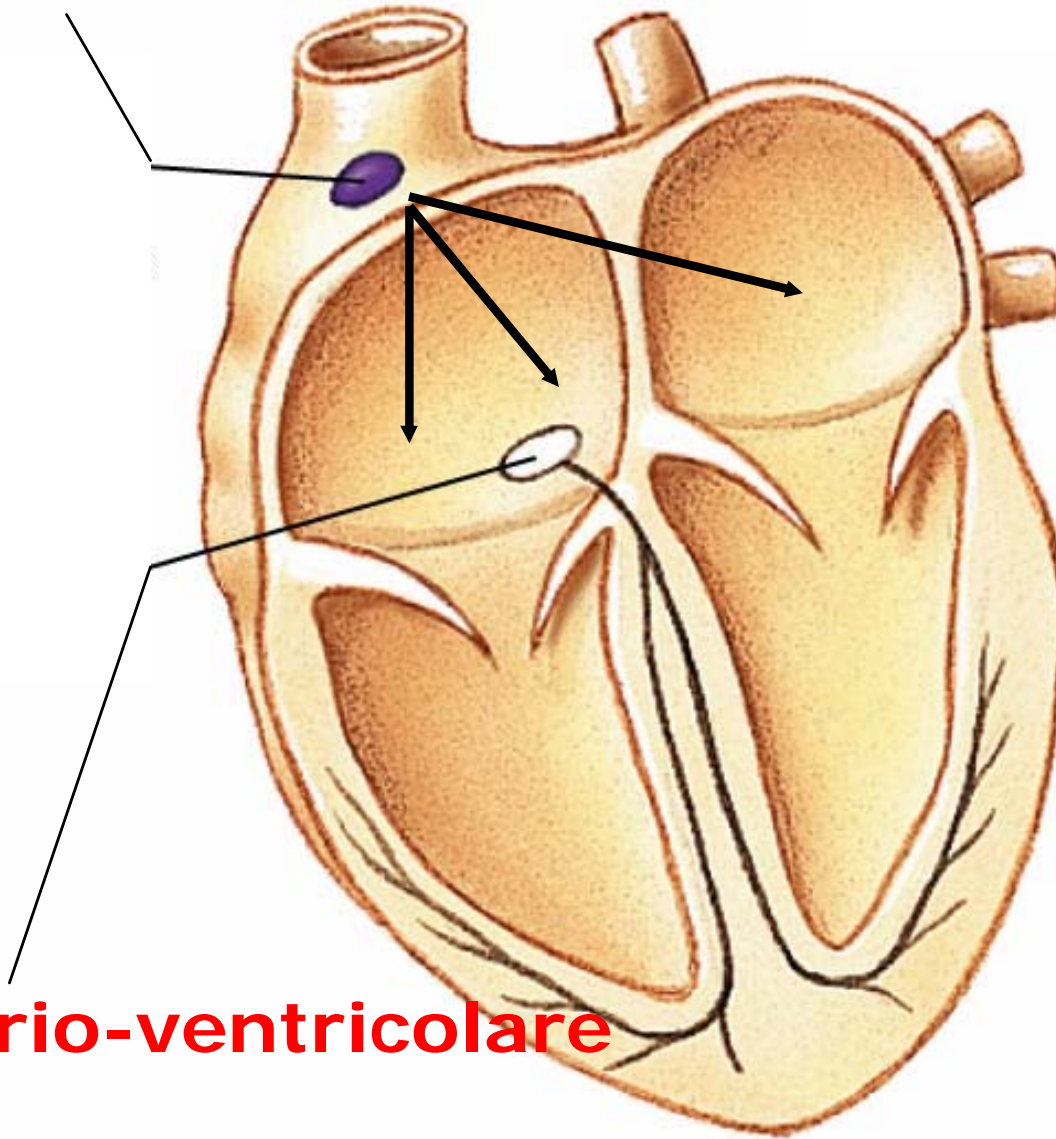
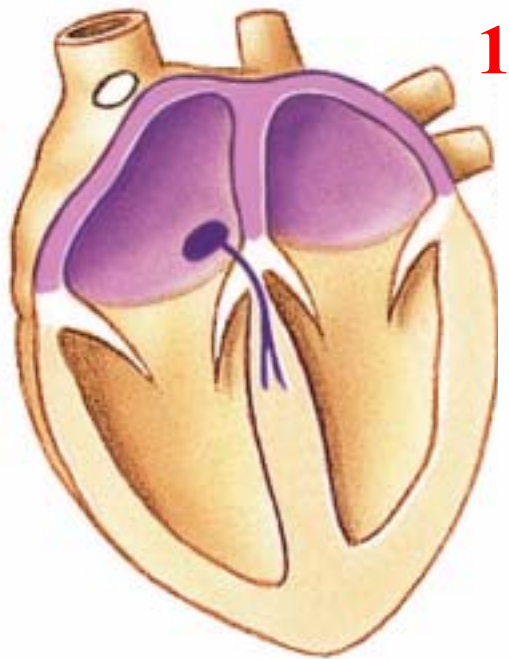


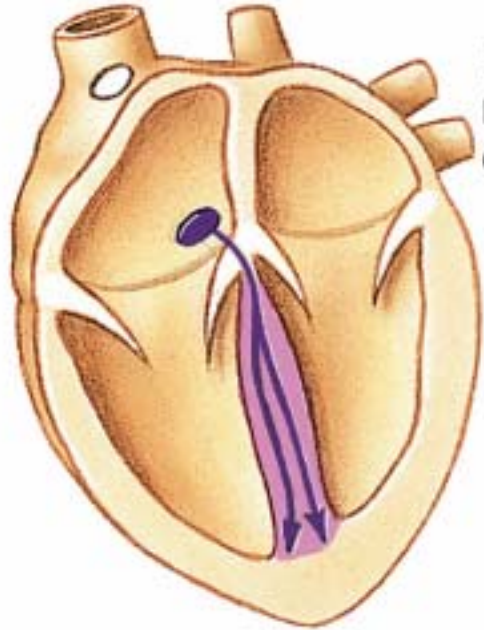
## Nodo seno atriale



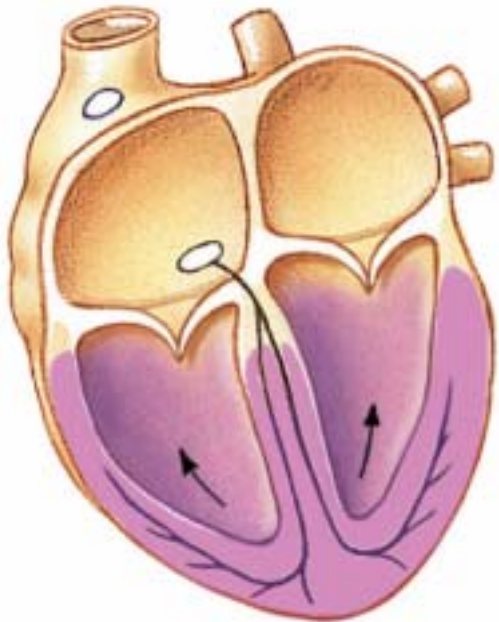
## Nodo atrio-ventricolare



1



2



3

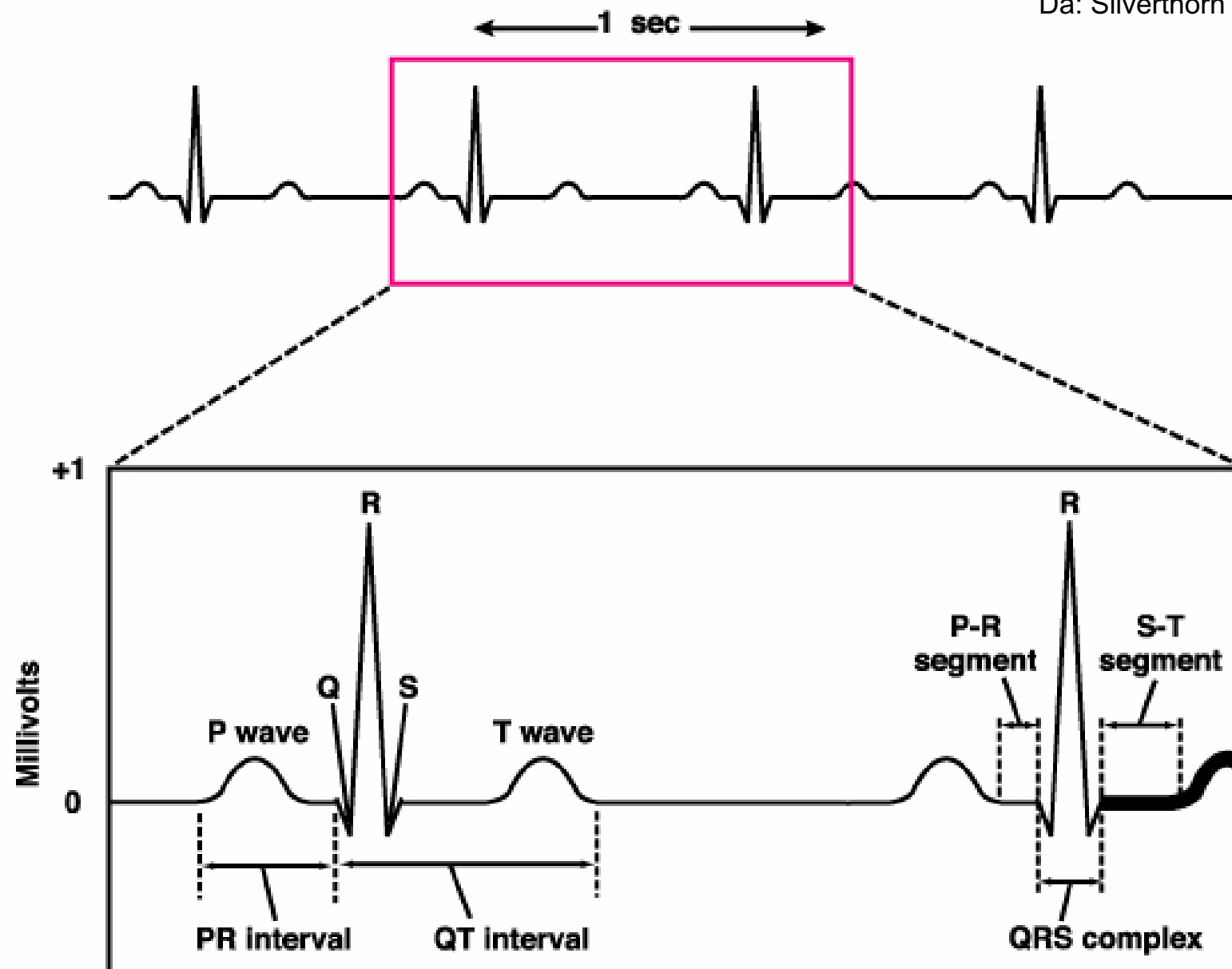
**1 Depolarizzazione  
atriale**

**2 Depolarizzazione  
del setto**

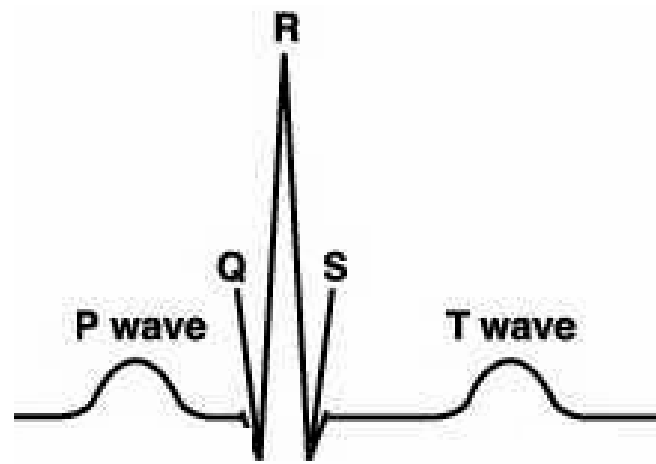
**3 Depolarizzazione  
del ventricolo**

# ELETTROCARDIOGRAMMA

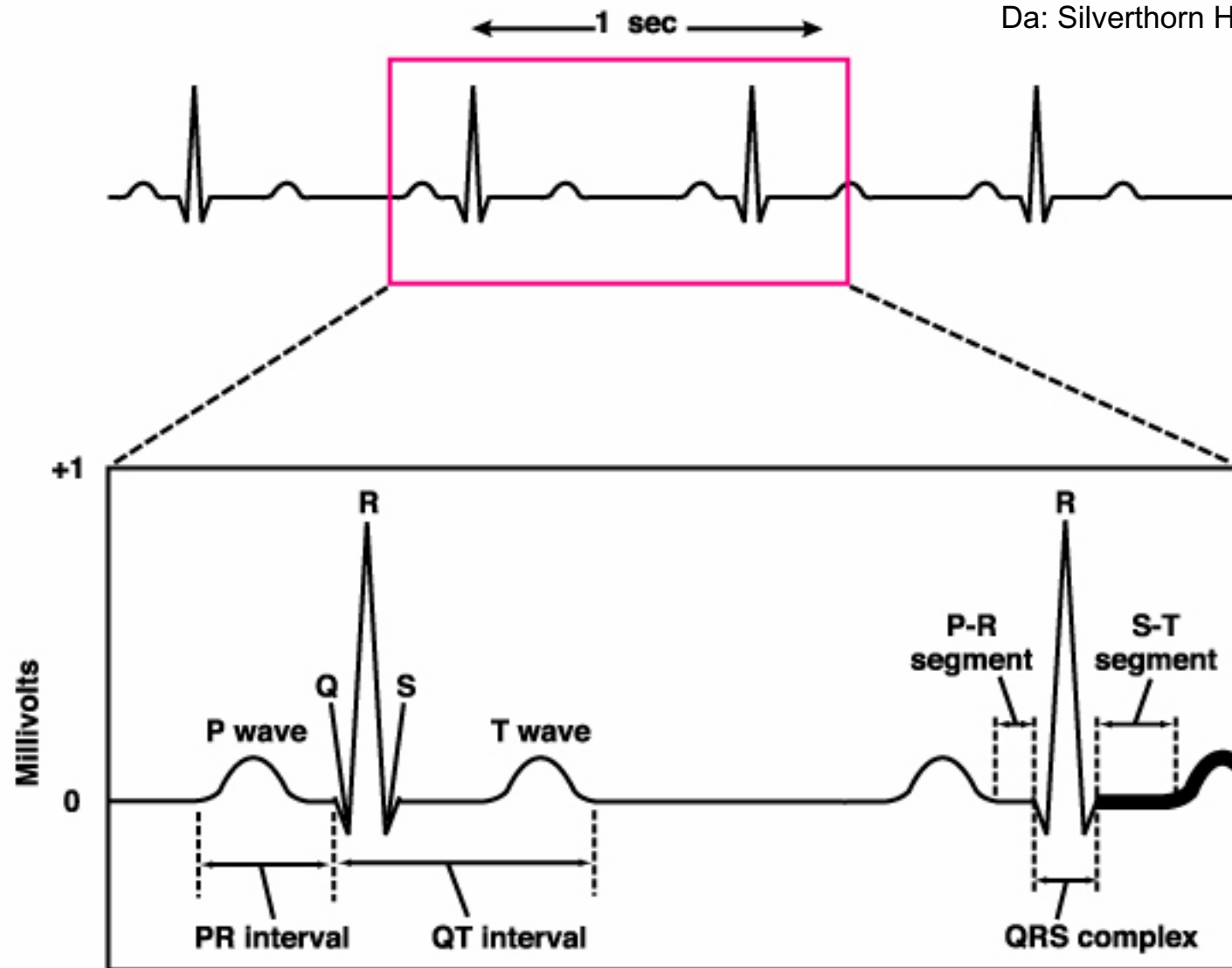
- L'elettrocardiogramma è la registrazione, nel tempo, dell'attività elettrica del cuore.
- I cambiamenti di polarità delle cellule cardiache generano un campo elettrico all'esterno registrabile a distanza. Le variazioni istantanee della grandezza, direzione e verso di questo campo elettrico si riflettono 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



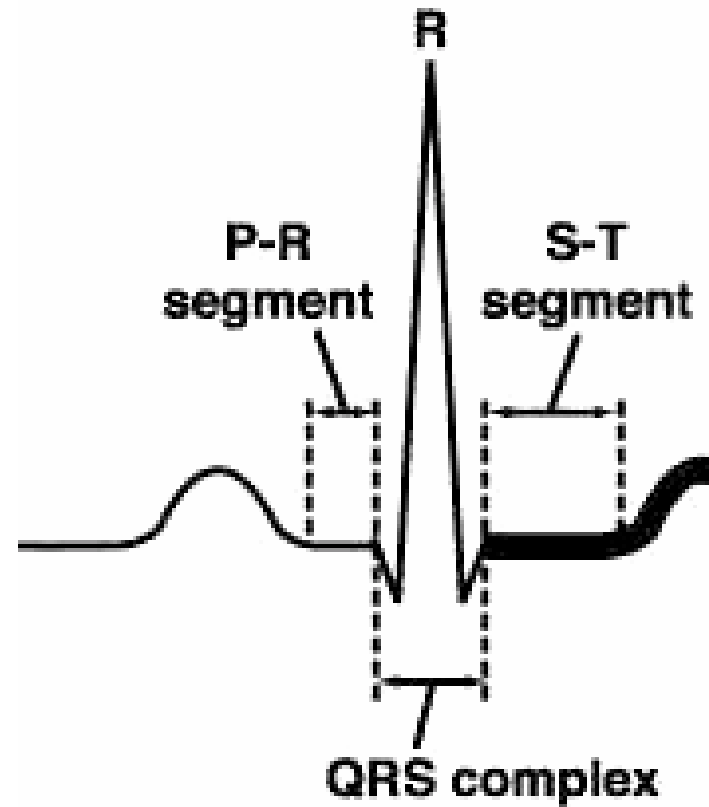
- L'ECG normale presenta una serie di onde positive e negative, indicate con le lettere da **P, Q, R, S, T**.



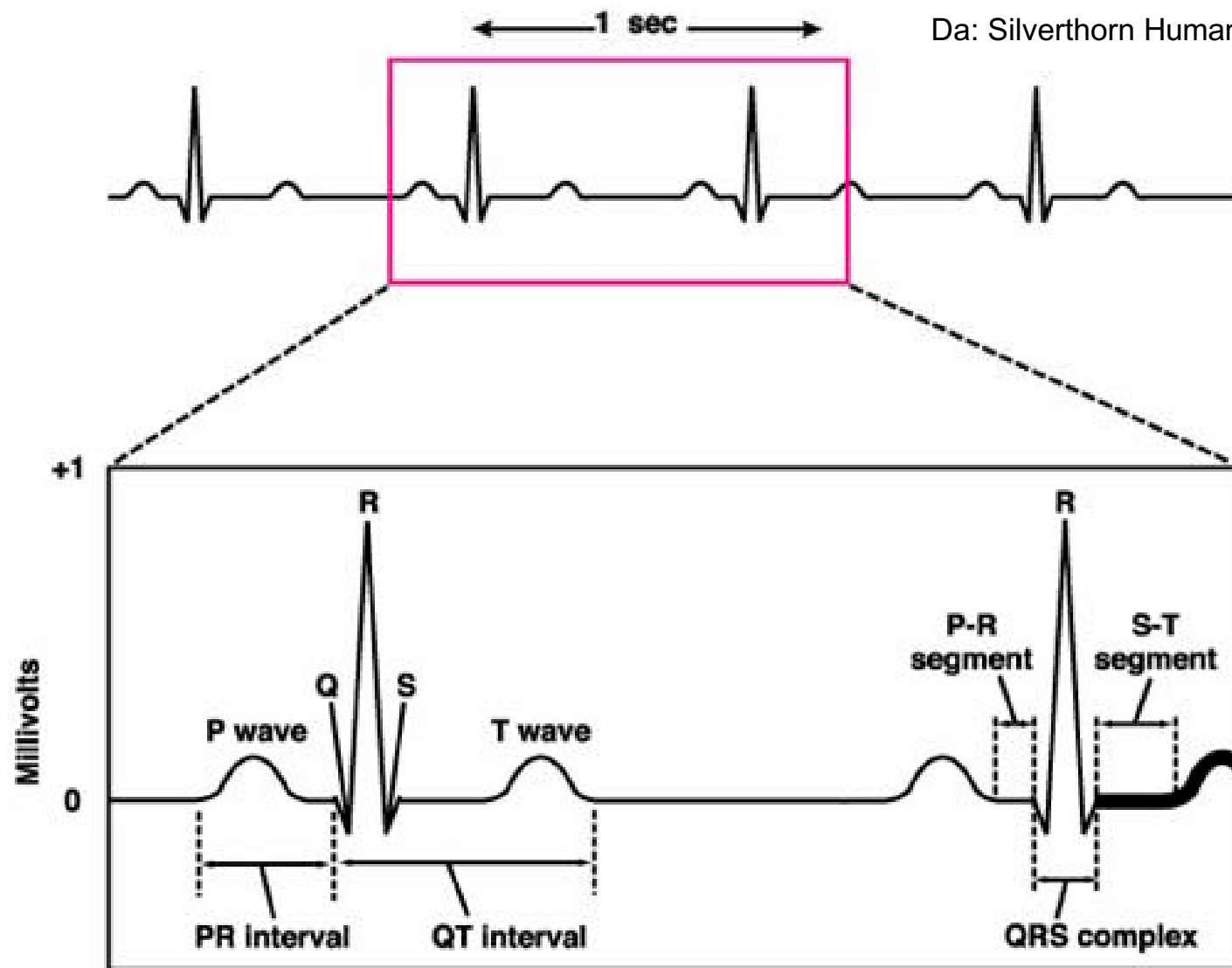
- Onda P: Depolarizzazione atri
- Complesso QRS: Depolarizzazione ventricoli (setto, apice, base)
- Onda T: Ripolarizzazione ventricoli
- La ripolarizzazione degli atri non è visibile sul tracciato ECG in quanto coincide con la depolarizzazione ventricolare. Le variazioni di potenziale relative a questo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



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

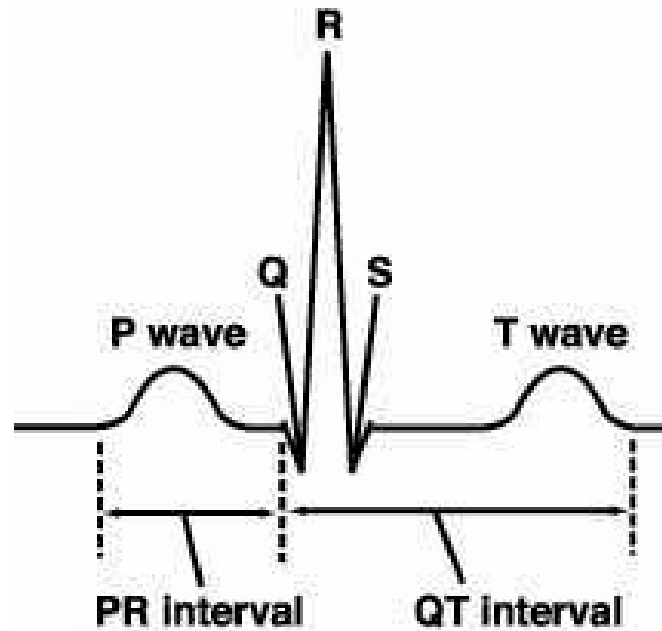


- Segmento P-R: Dalla fine dell'onda P all'inizio del complesso QRS. Gli atri sono totalmente depolarizzati
- Segmento S-T: Dalla fine dell'onda S all'inizio dell'onda T. I ventricoli sono totalmente depolarizzati

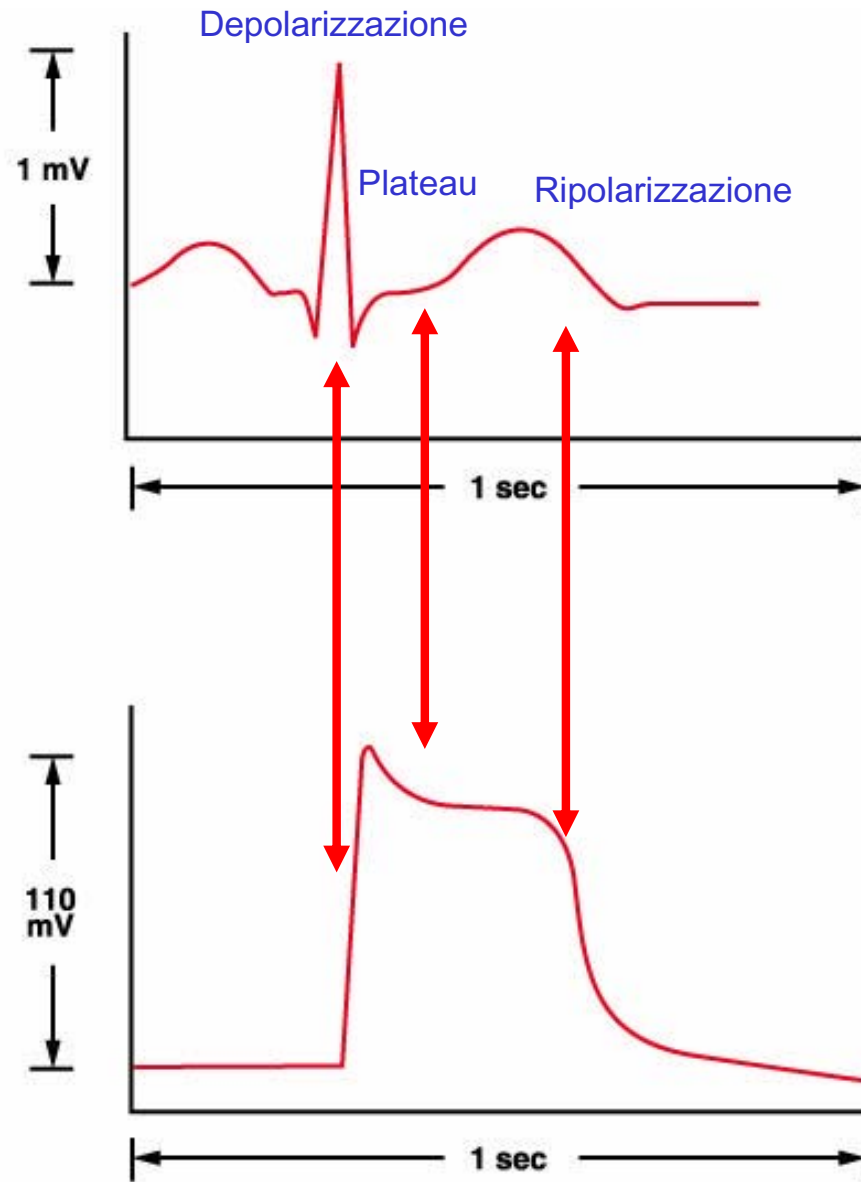


I periodi che comprendono tratti e onde sono definiti **intervalli** (vedi intervallo P-Q o P-R, dall'inizio dell'onda P all'inizio dell'onda Q).



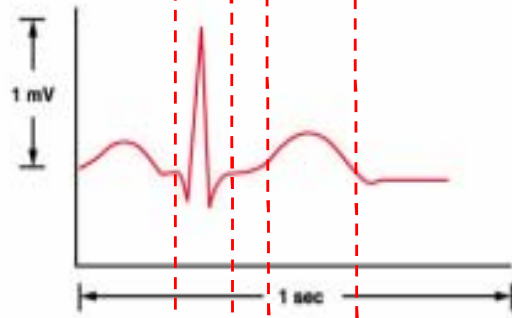


- Intervallo P-R: Tempo di conduzione atrio-ventricolare
- Intervallo Q-T: Tempo di depolarizzazione e ripolarizzazione ventricolare

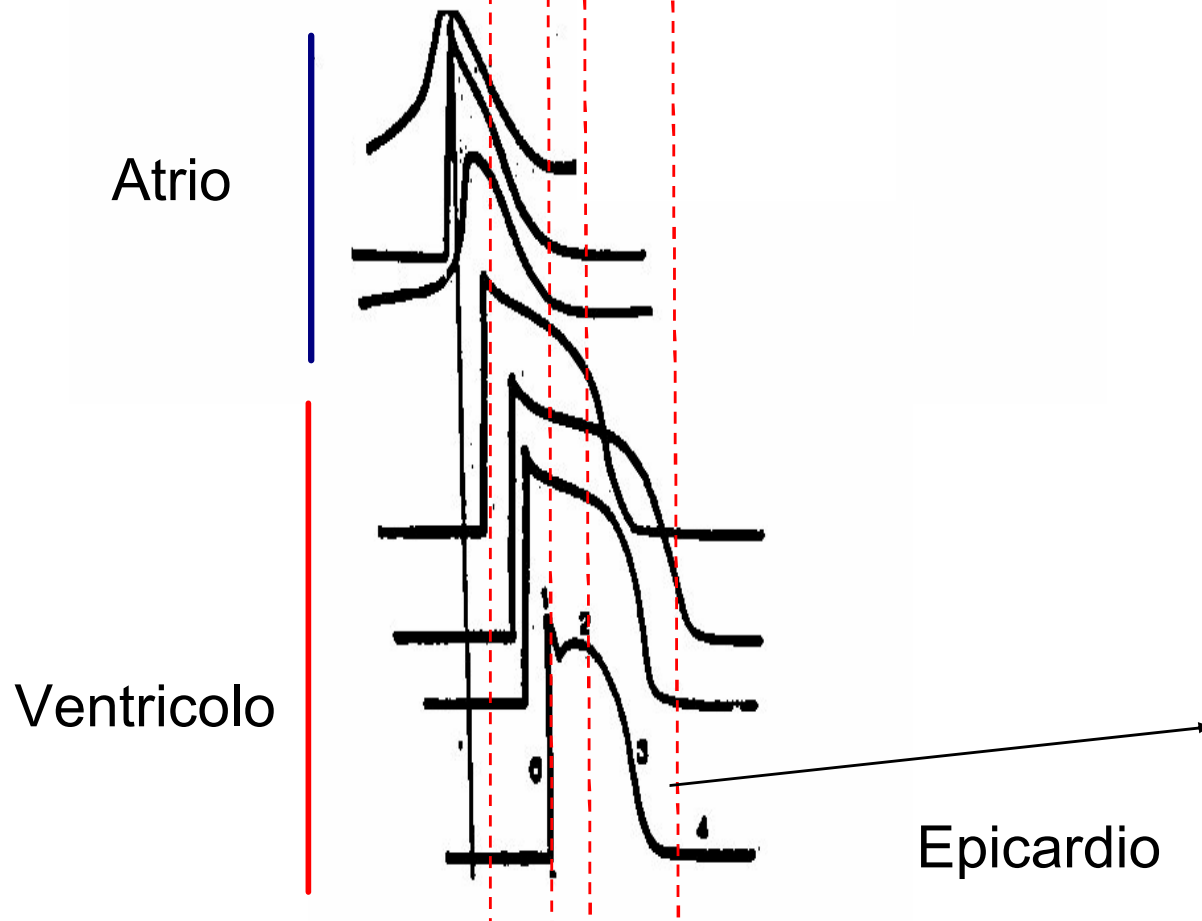


Variazioni di potenziale misurate extracellularmente durante le diverse fasi dell'eccitamento ventricolare

Corrispondenti fasi dell'eccitamento registrate intracellularmente

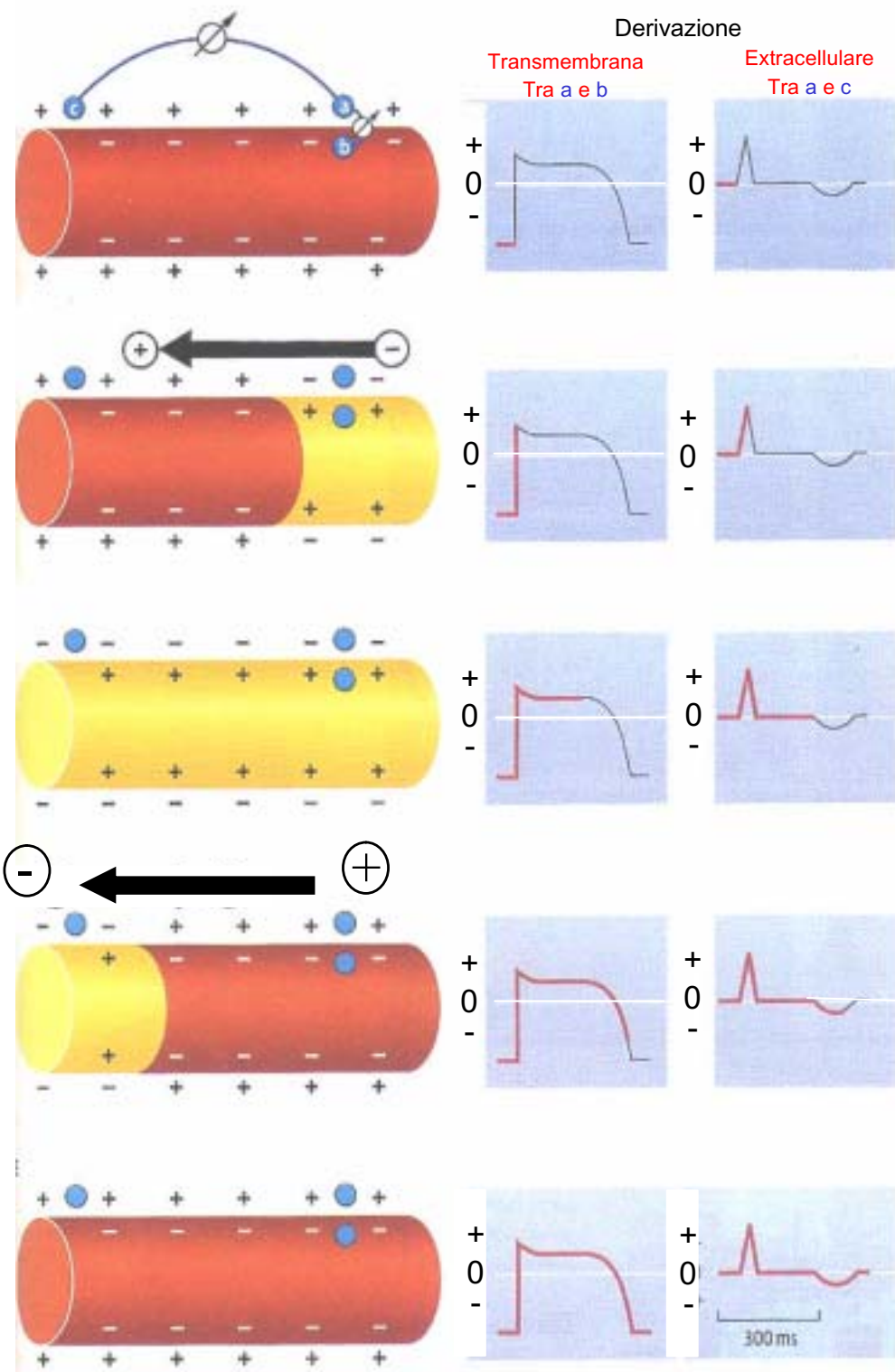


**Relazione temporale tra attività intracellulare e ECG**



**L'ultima cellula a depolarizzarsi è la prima a ripolarizzarsi**

Epicardio



La fibra è a riposo

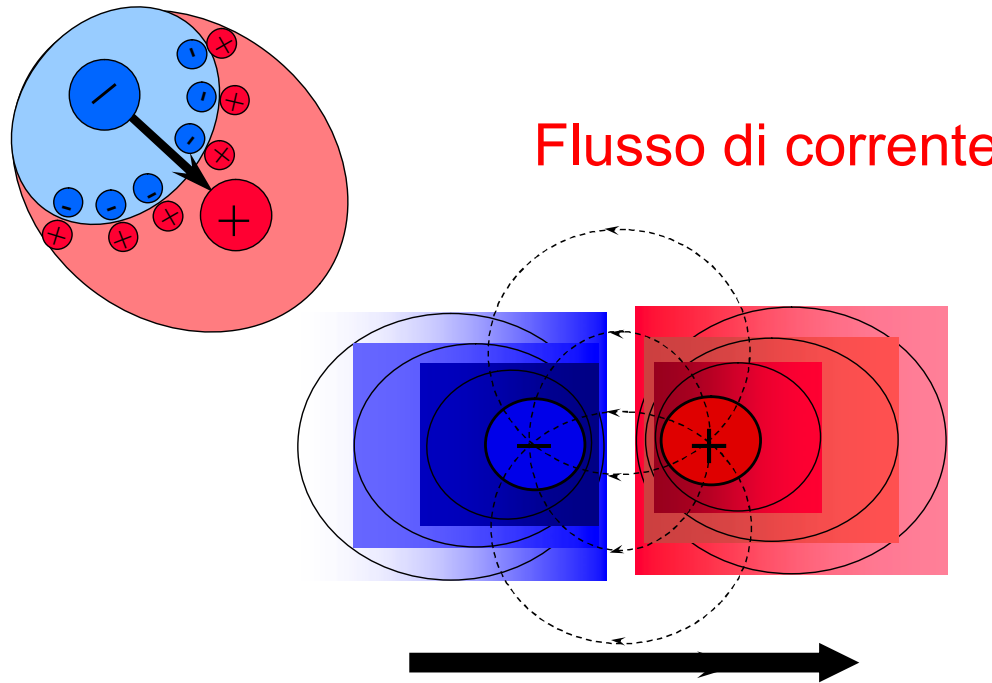
La fibra si depolarizza da  
Ds verso Sn

La fibra è tutta depolarizzata

La fibra si ripolarizza da  
Sn verso Ds

La fibra è a riposo

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



Flusso di corrente

Linee isopotenziali

La forza del campo elettrico diminuisce con il quadrato della distanza

Vettore dipolare:

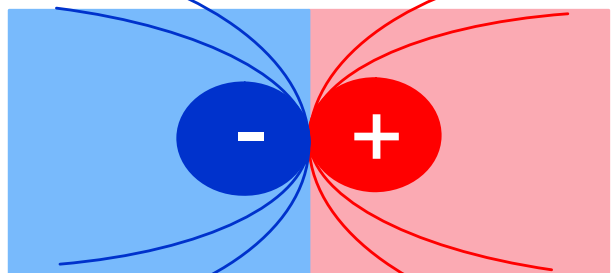
Direzione = asse del dipolo

Verso = senso dello spostamento

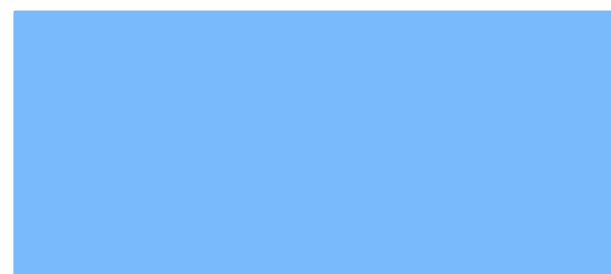
Grandezza = Momento dipolare (carica x distanza)



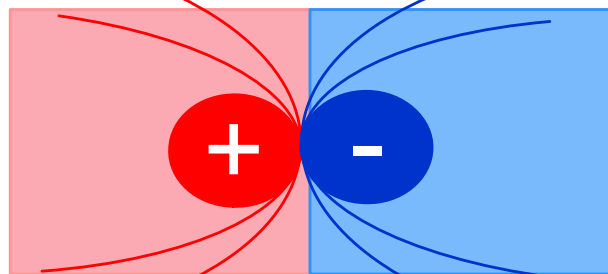
Direzione depolarizzazione



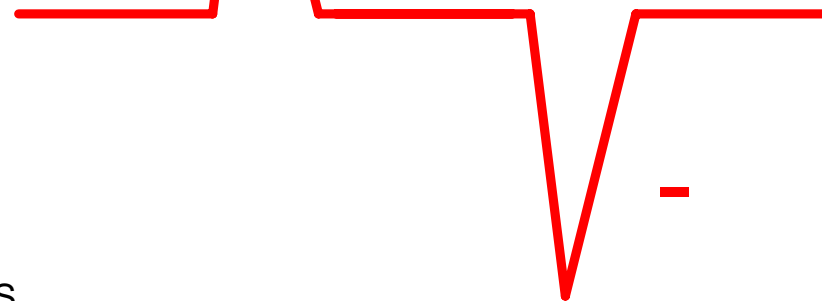
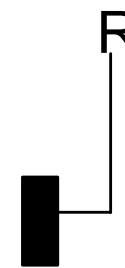
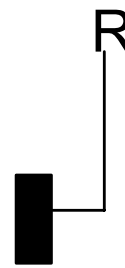
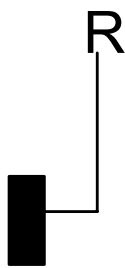
Vettore dipolare



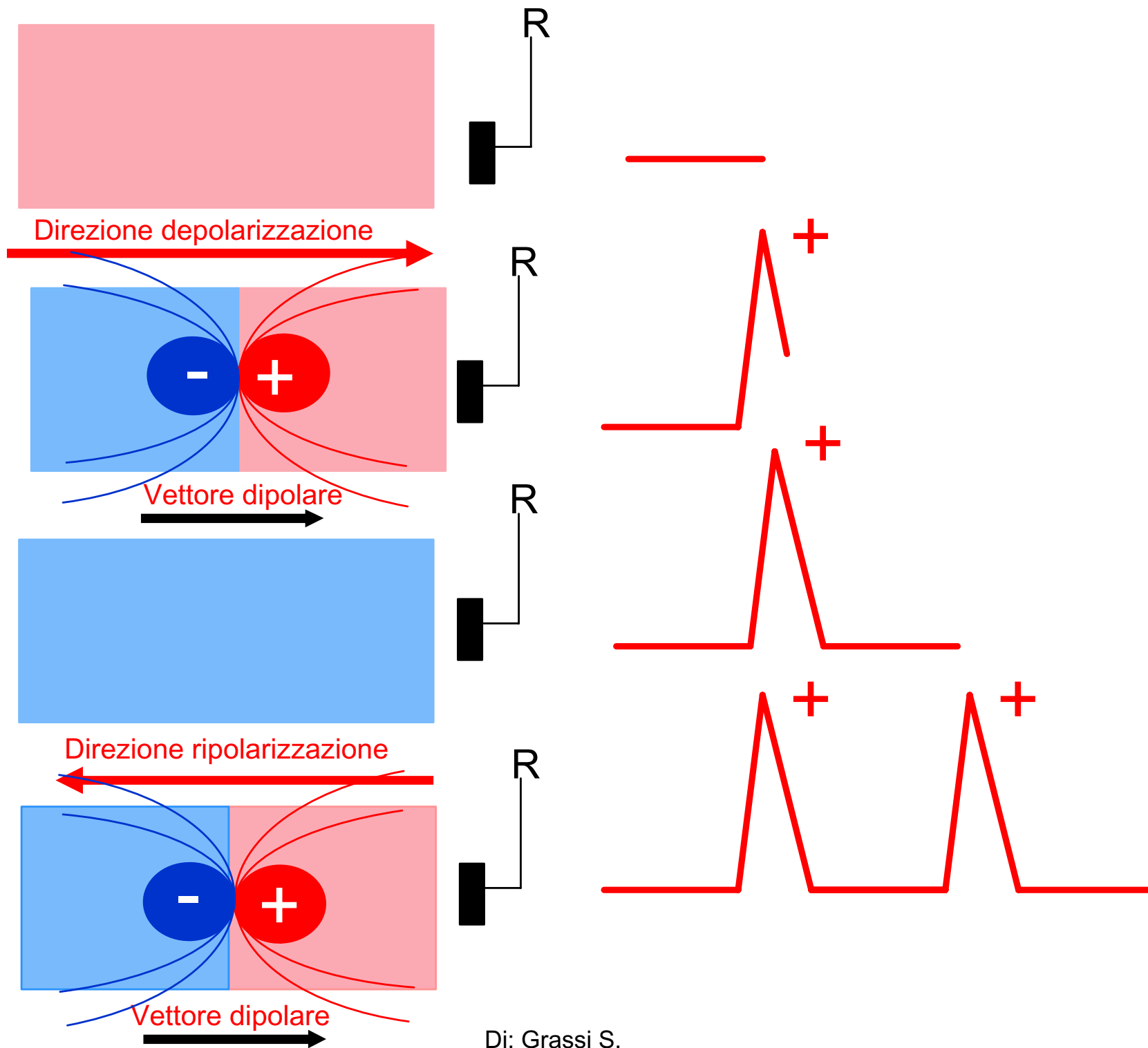
Direzione ripolarizzazione



Vettore dipolare

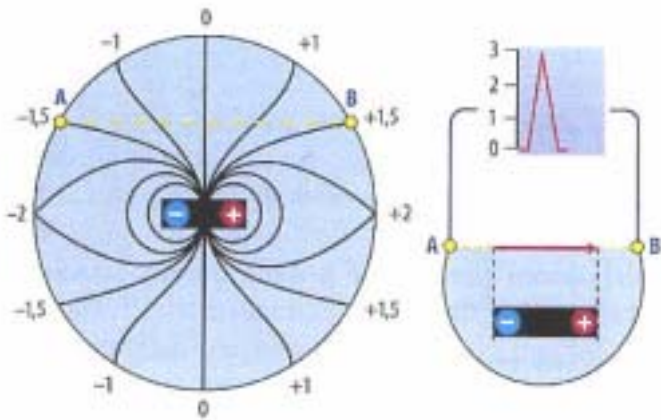


Di: Grassi S.

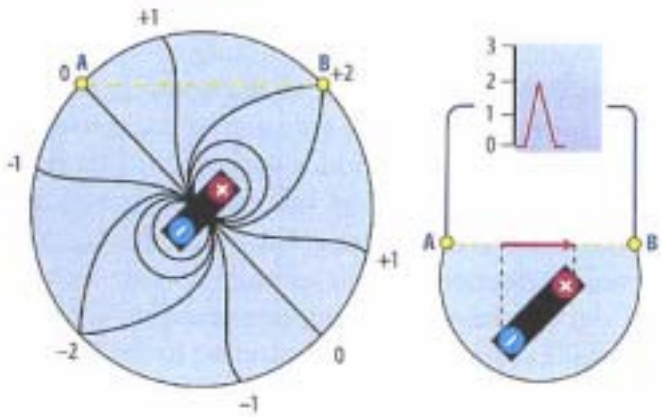


- L'onda di depolarizzazione e di ripolarizzazione si muove lungo la superficie del cuore e determina con l'ampiezza del fronte d'onda, la sua direzione e il suo verso il campo elettrico registrato a distanza.
- Nelle condizioni di registrazione il cuore è molto lontano dagli elettrodi e il movimento 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.



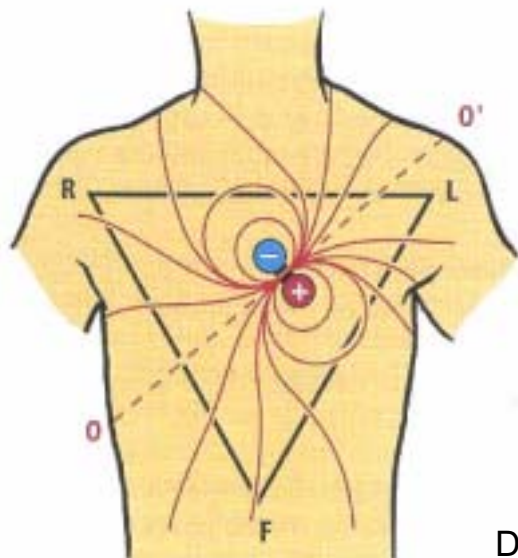


L'ampiezza e la direzione delle deflessioni dell'ECG risultano dall'ampiezza del vettore e dalla sua proiezione sulla linea di derivazione.

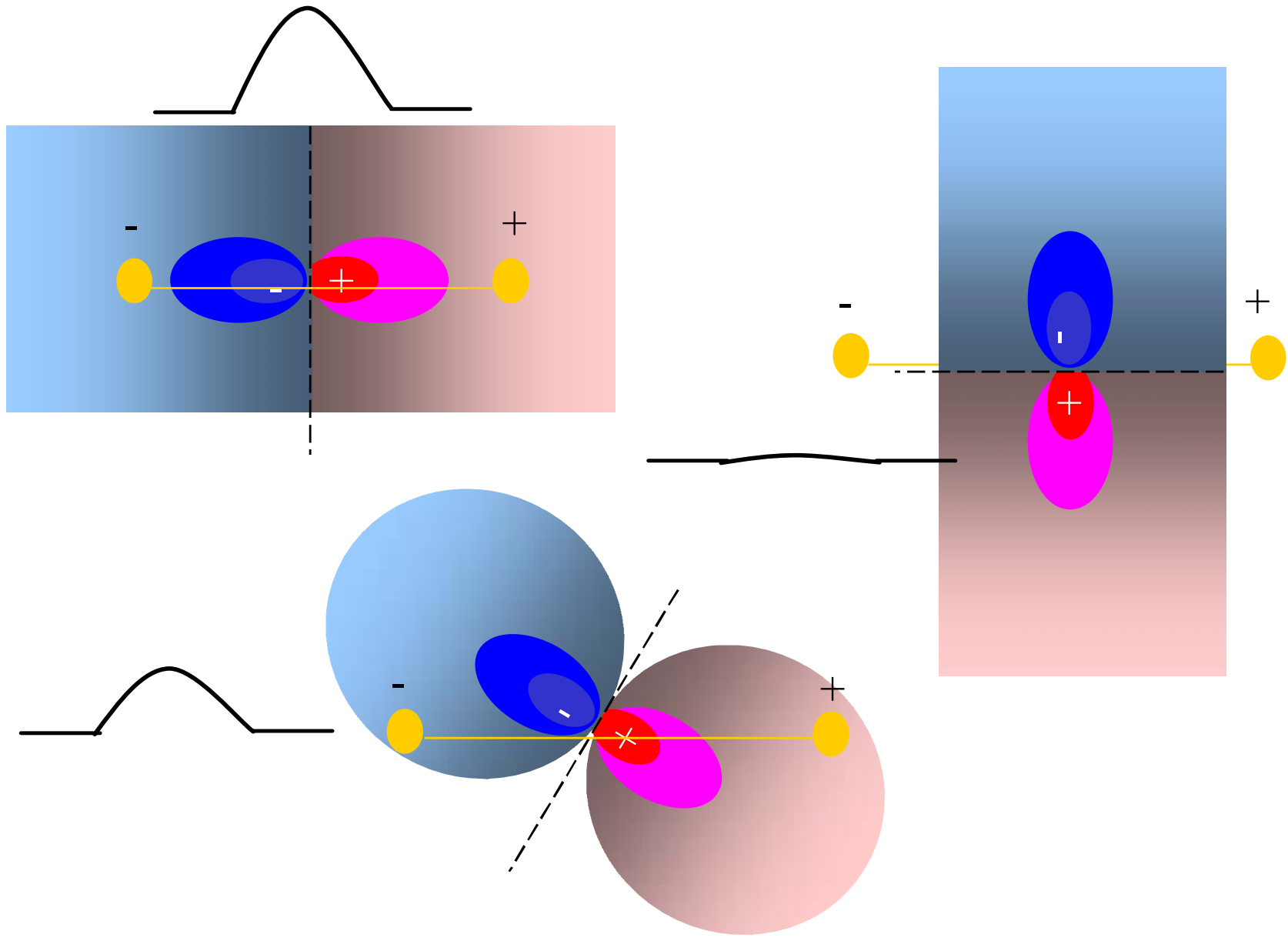


Infatti: è massimo quando il vettore è parallelo alla linea di derivazione e nullo quando è perpendicolare.

E' nullo quando è ortogonale



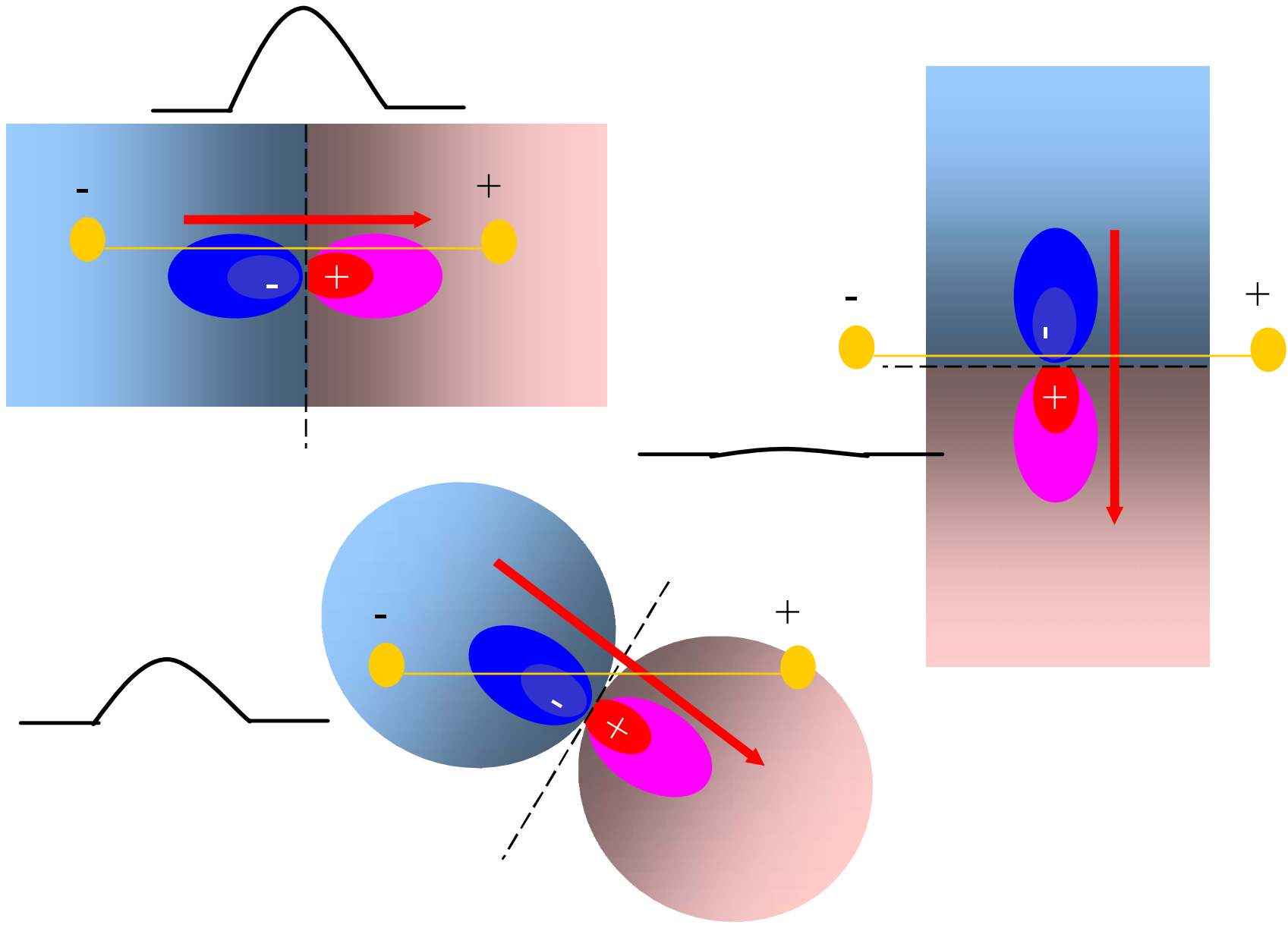
# Elettrodi e linea di derivazione



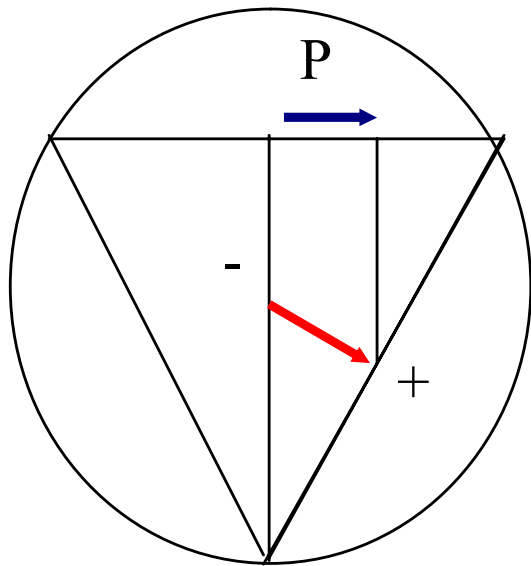
Pettson

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

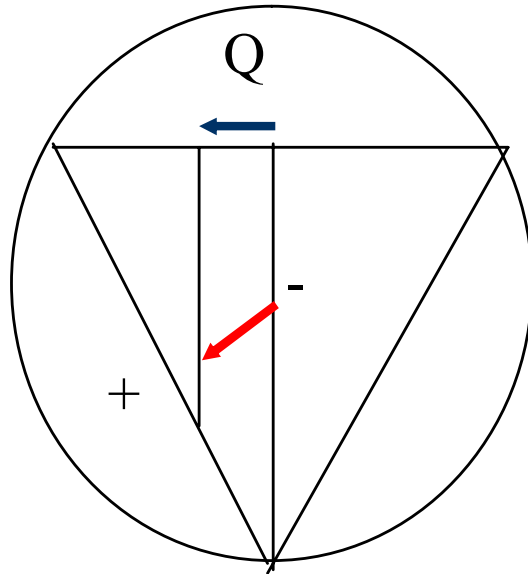
# Elettrodi e linea di derivazione



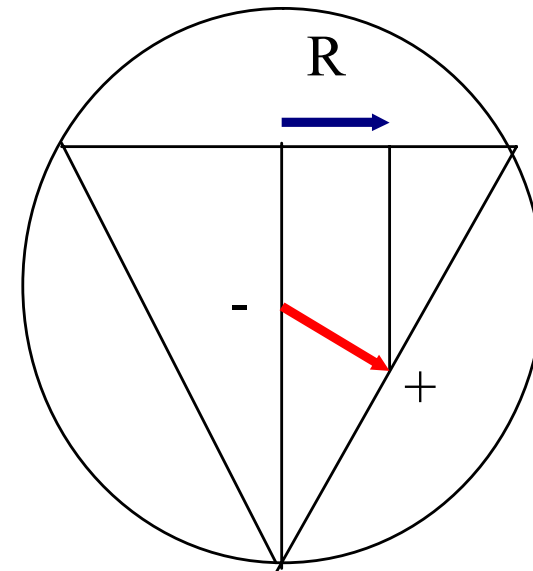
Potenziali elettrici registrati da due elettrodi a seconda dell'orientamento del dipolo



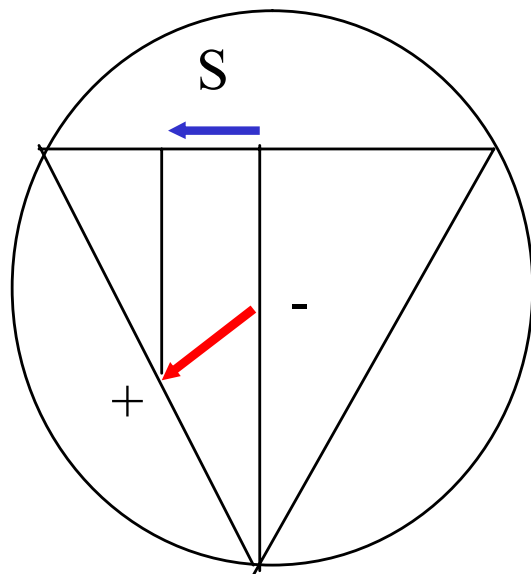
**Dep. Atrio**



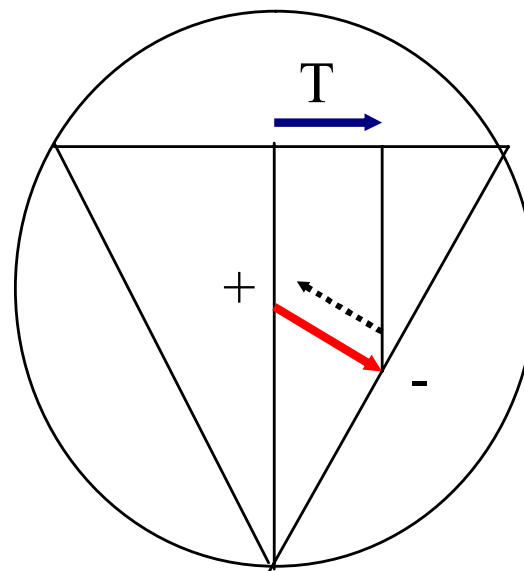
**Dep. Setto**



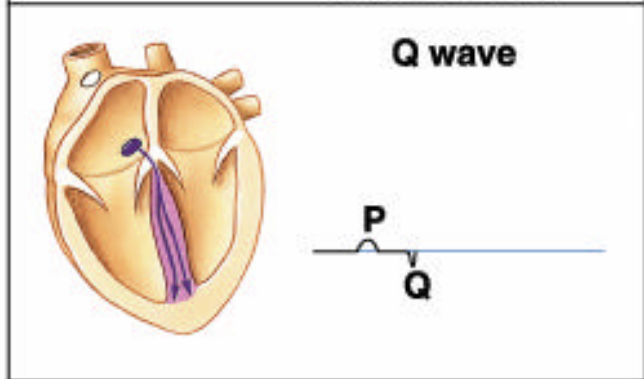
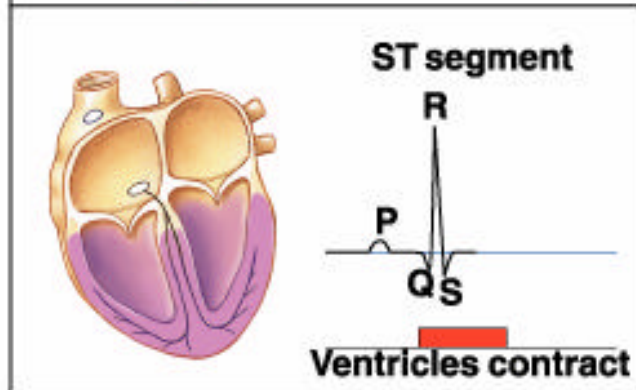
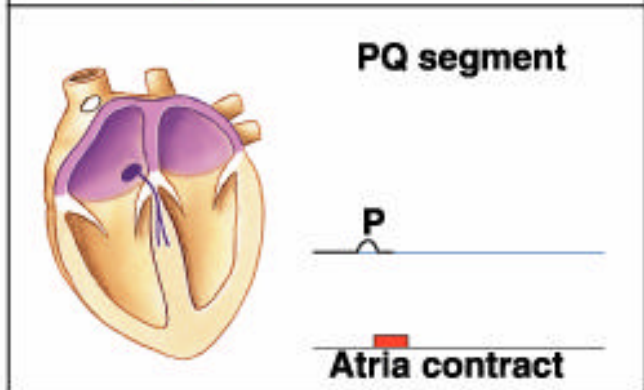
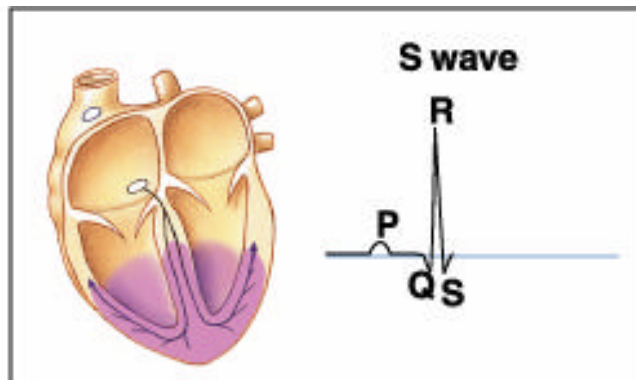
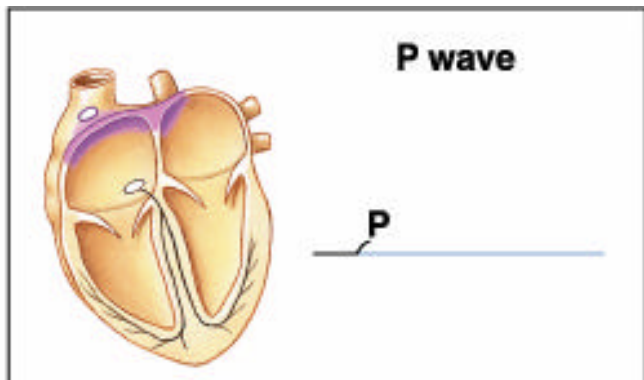
**Dep. Apice**



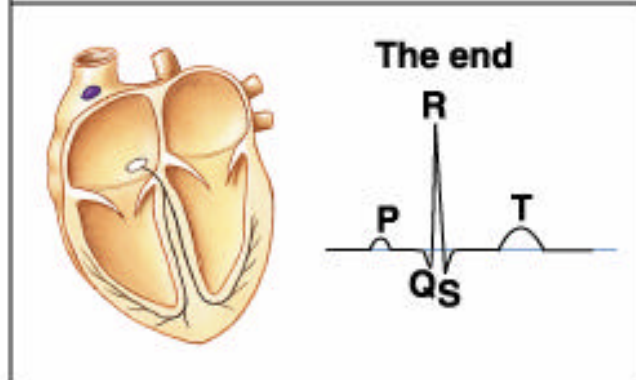
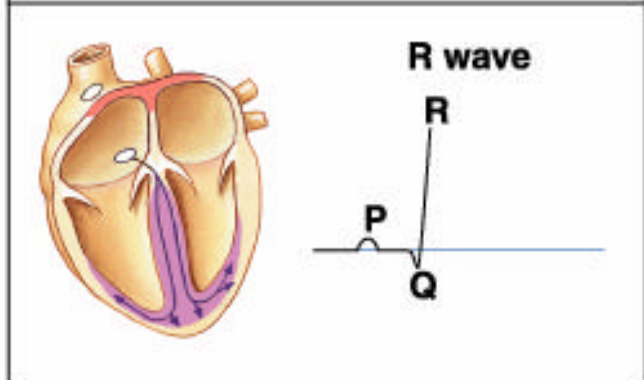
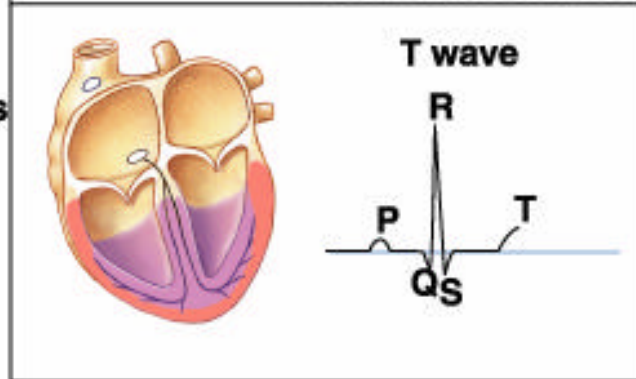
**Dep. Base**



**Ripolarizzazione ventricolo**

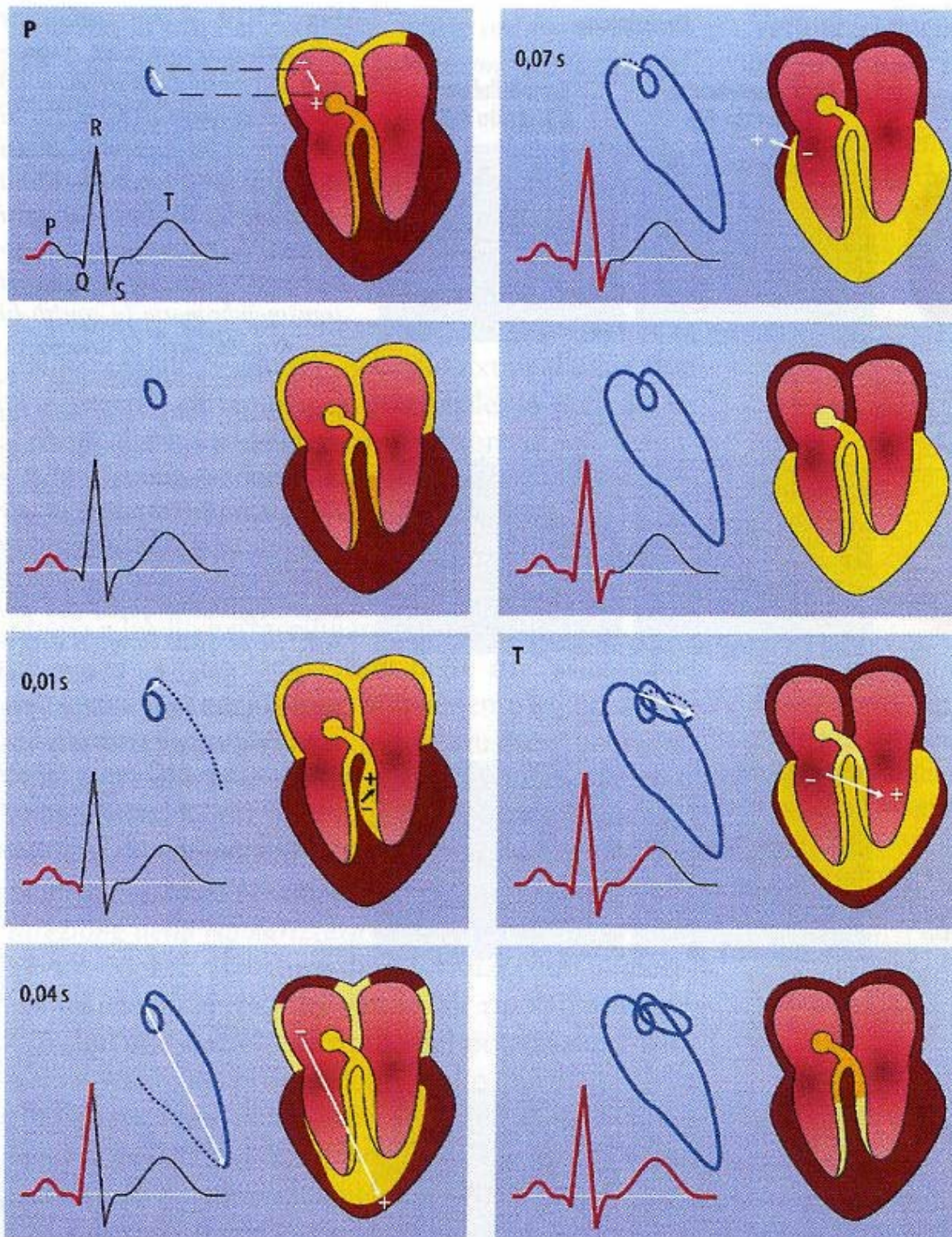


sys



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)

# POSTULATI DI EINTHOVEN

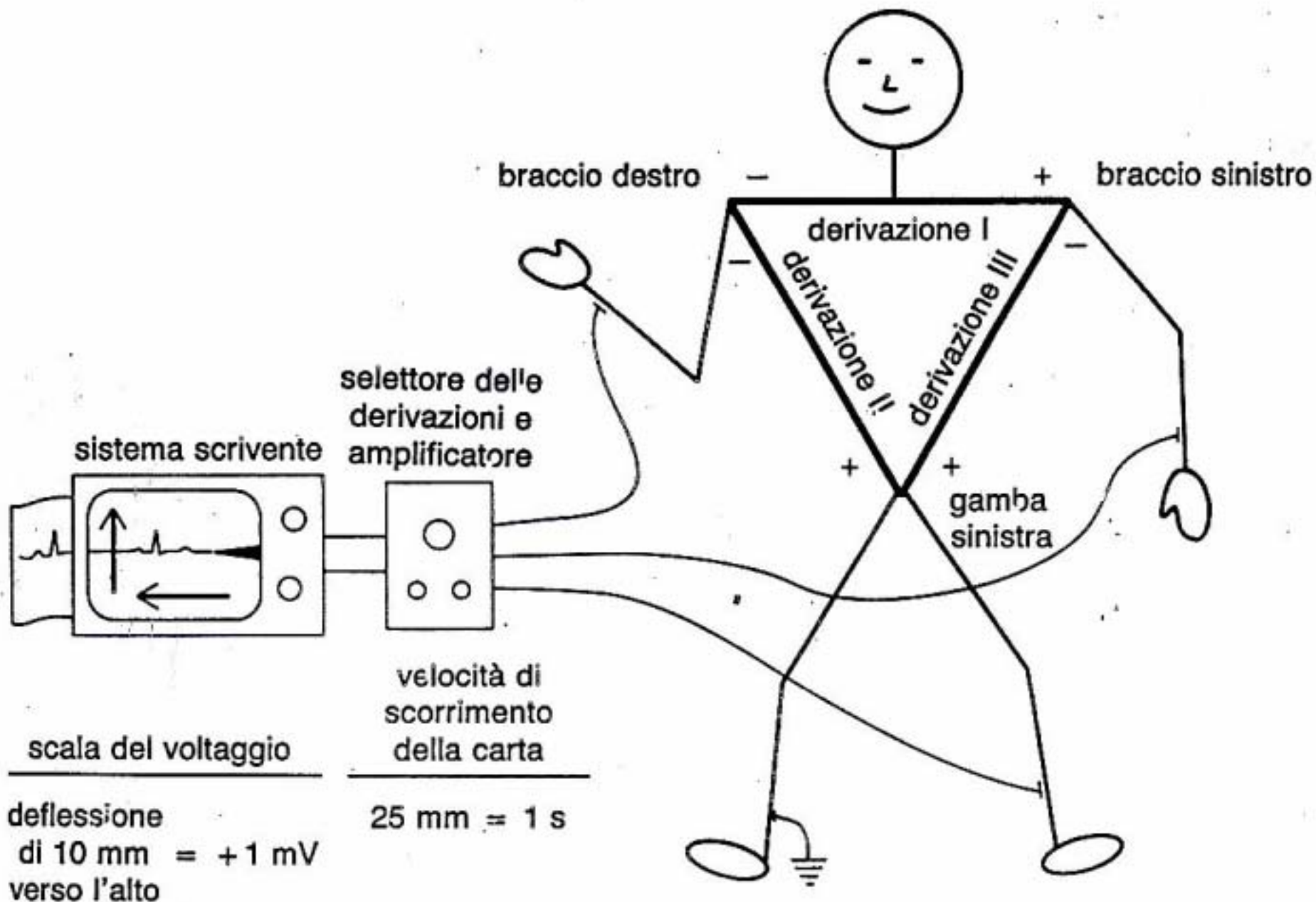
- Il torace è un conduttore sferico omogeneo con al centro il cuore
- Le forze elettriche cardiache si generano al centro del conduttore
- La risultante in ogni momento di queste forze può essere rappresentata da un vettore unico
- I punti di unione arti-tronco sono i vertici di un triangolo equilatero 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

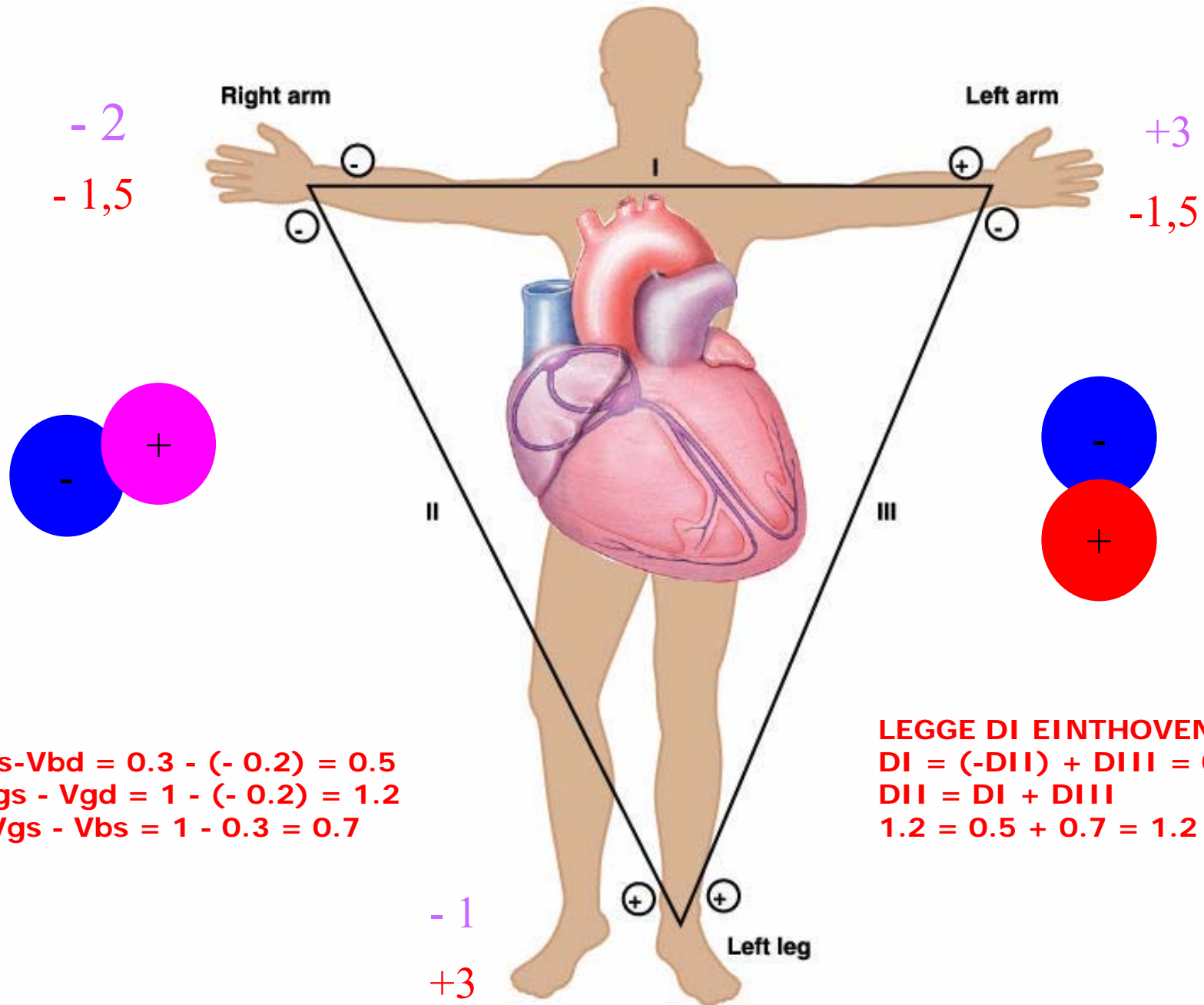
# CONCEZIONE DI EINTHOVEN

In ogni istante, le differenze di potenziale 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







$$\begin{aligned}
 \text{DI} &= V_{bs} - V_{bd} = 0.3 - (-0.2) = 0.5 \\
 \text{DII} &= V_{gs} - V_{gd} = 1 - (-0.2) = 1.2 \\
 \text{DIII} &= V_{gs} - V_{bs} = 1 - 0.3 = 0.7
 \end{aligned}$$

**LEGGE DI EINTHOVEN**

$$\begin{aligned}
 \text{DI} &= (-\text{DII}) + \text{DIII} = 0 \\
 \text{DII} &= \text{DI} + \text{DIII} \\
 1.2 &= 0.5 + 0.7 = 1.2
 \end{aligned}$$

# DERIVAZIONI ELETTROCARDIOGRAFICHE

- Derivazioni bipolari: Due elettrodi registranti

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

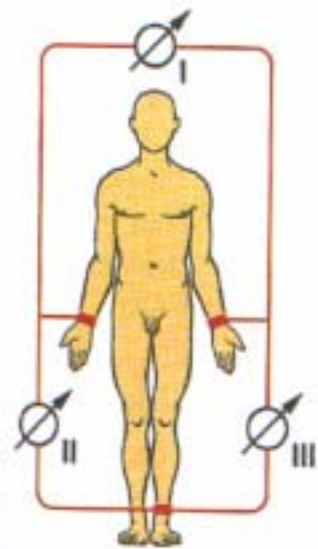
- Derivazioni unipolari:

Elettrodo registrante + Elettrodo indifferente (di riferimento)

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

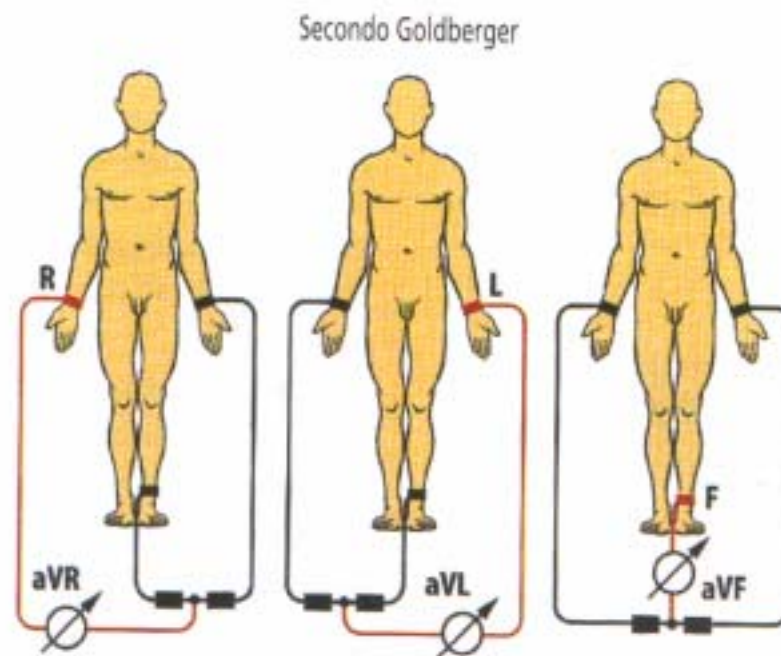
Derivazioni unipolari toraciche o precordiali di Wilson (V1-V6)

A

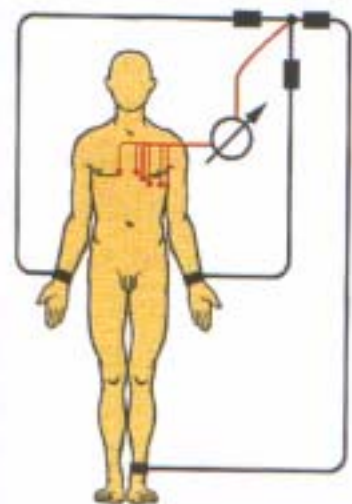


Secondo Einthoven

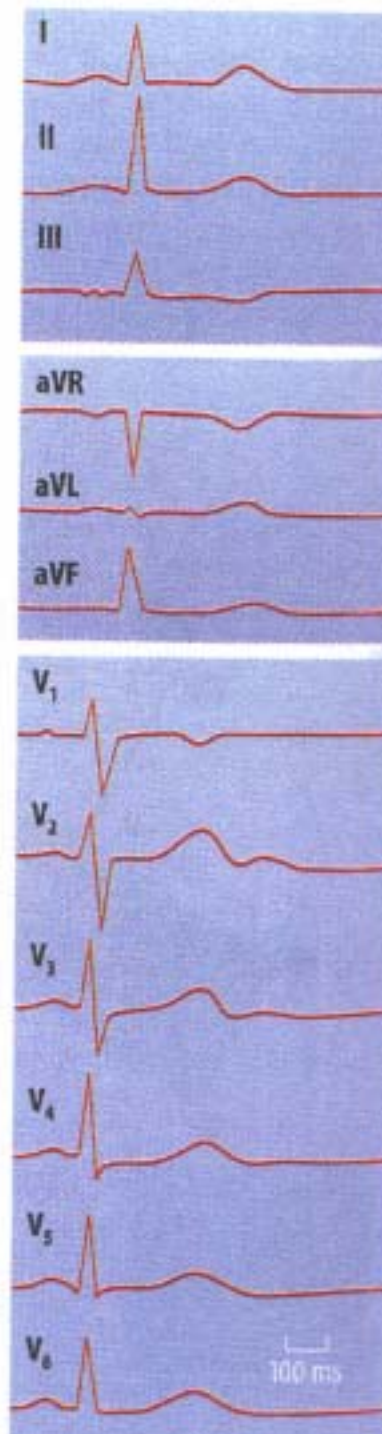
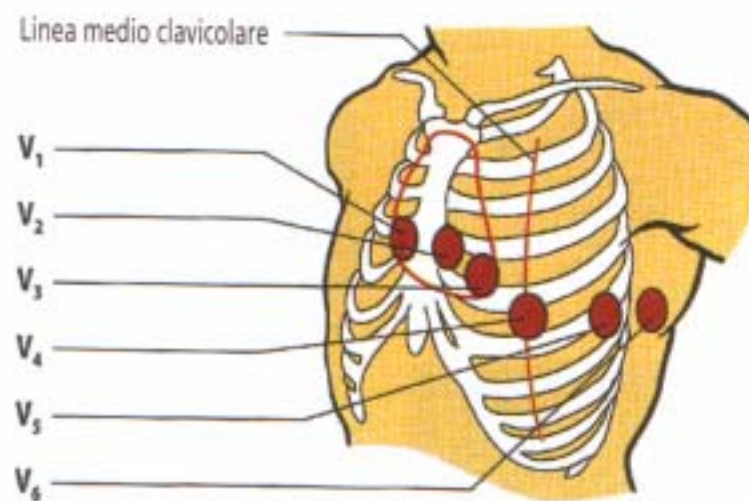
B



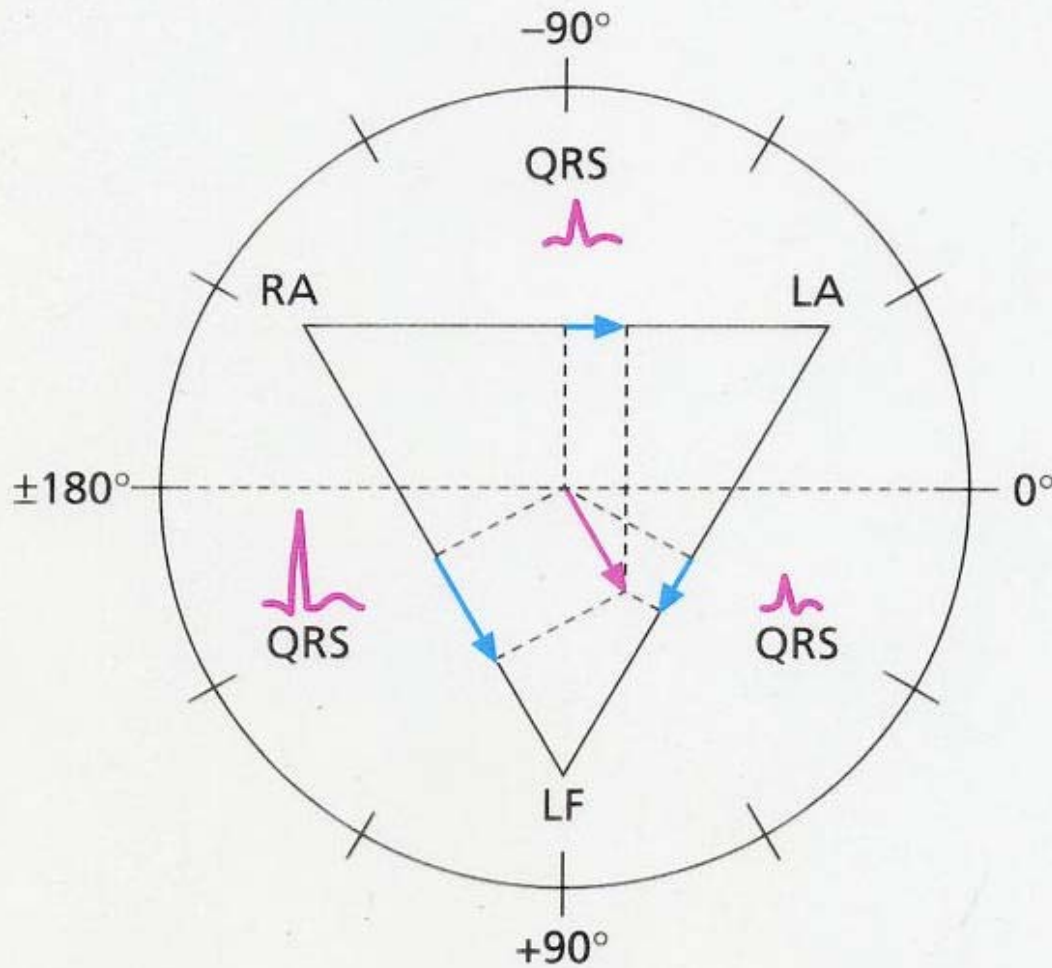
C



Secondo Wilson



## ASSE ELETTRICO CARDIACO

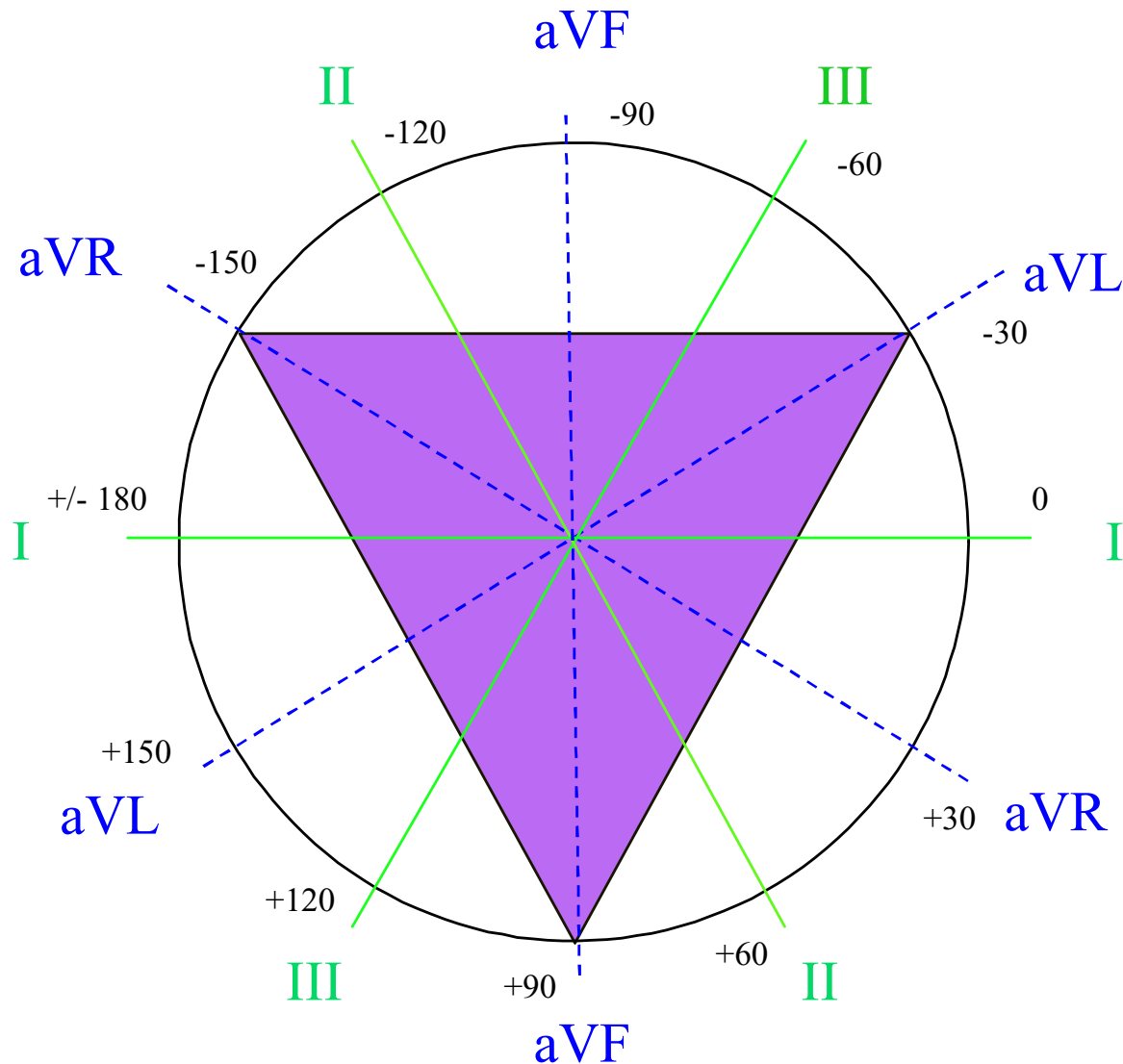


Dal punto di vista diagnostico è importante la valutazione dell'orientamento del vettore elettrico ventricolare (asse elettrico cardiaco), che dà un'indicazione sulla direzione media di attivazione dei ventricoli e sul potenziale medio generato dai ventricoli

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



L'orientamento dell'asse elettrico cardiaco si valuta costruendo il vettore risultante su un sistema di coordinate polari costruito 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:

DI  $0^\circ$ , DII  $60^\circ$  e DIII  $120^\circ$

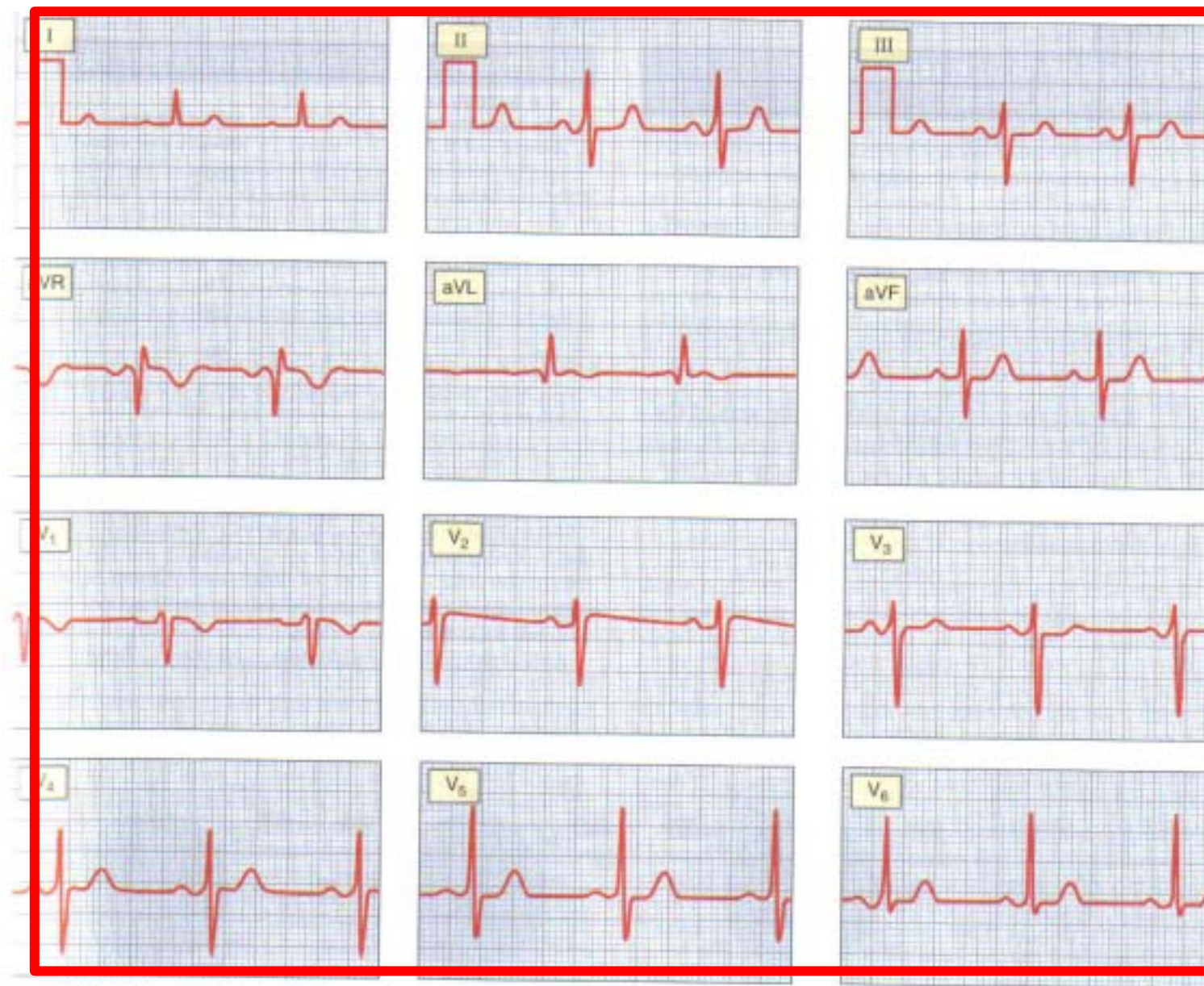
Gli assi di derivazione delle unipolari aVR, aVL e aVF sono le bisettrici degli angoli del triangolo di Einthoven. Così:

aVR  $30^\circ$ , aVL  $150^\circ$  e aVF  $90^\circ$

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:

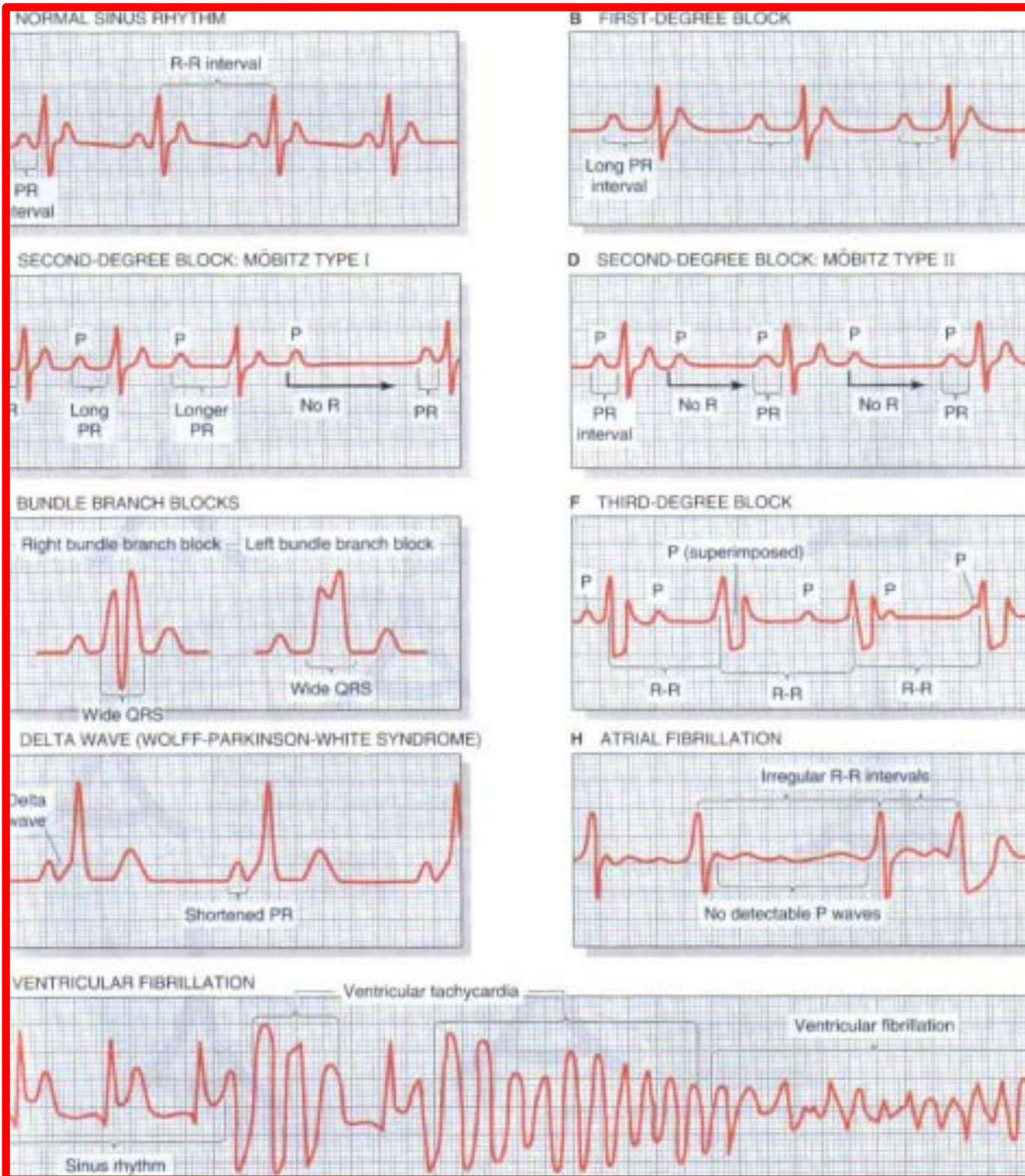
- Frequenza: Distinzione tra frequenza normale (60-90/min), tachicardia (oltre i 90/min), bradicardia (sotto i 60/min)
- Origine dell'eccitamento: ritmo sinusale, nodale o idio-ventricolare
- Alterazioni del ritmo: aritmie sinusali, extrasistolie, flutter, fibrillazione
- Alterazioni della conduzione: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

## Elettrocardiogramma normale





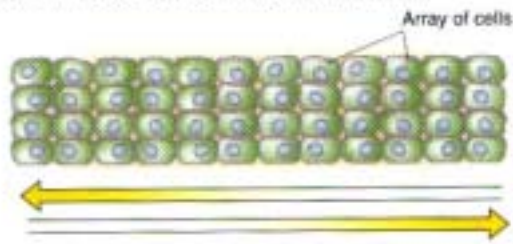
# Aritmie



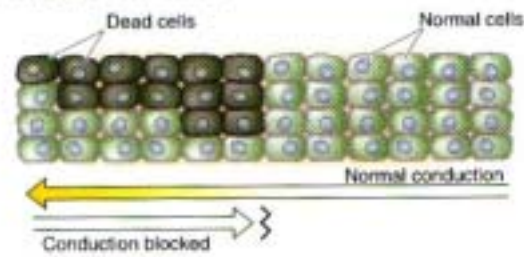
Da Boron-  
Boulpaep

# RIENTRO

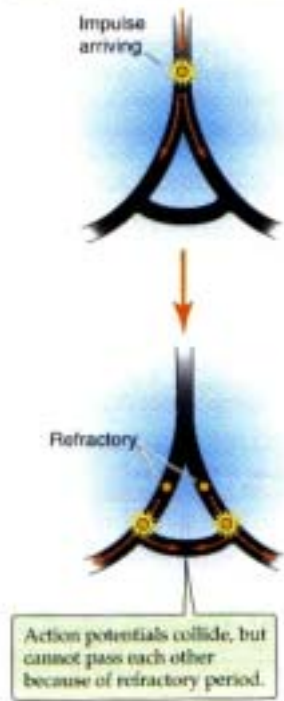
**A NORMAL CONDUCTION IN BOTH DIRECTIONS**



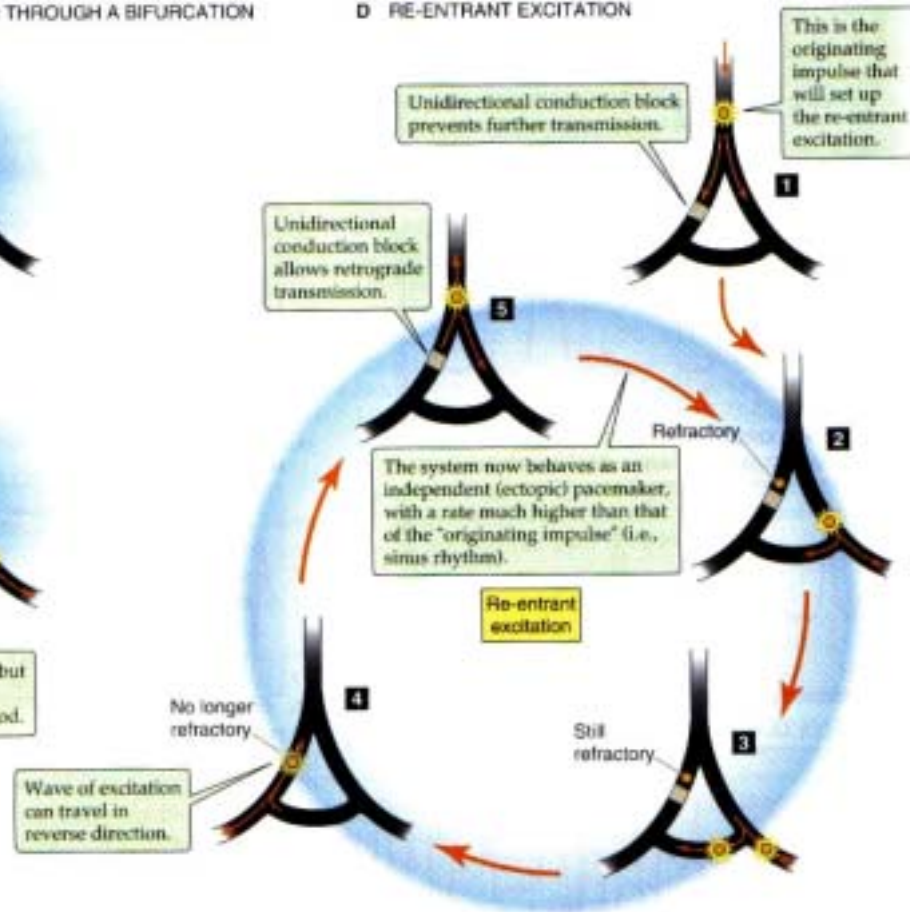
**B UNIDIRECTIONAL BLOCK**



**C NORMAL CONDUCTION THROUGH A BIFURCATION**



**D RE-ENTRANT EXCITATION**



Da Boron, Boupaep