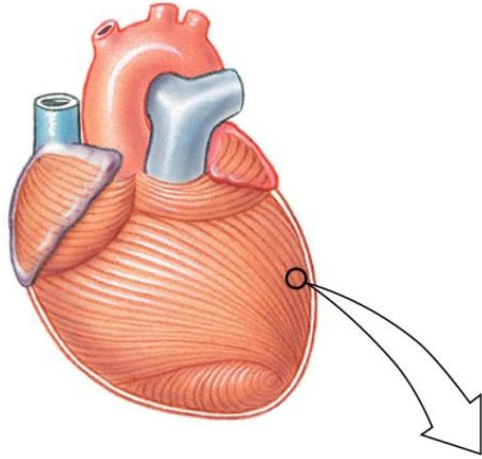
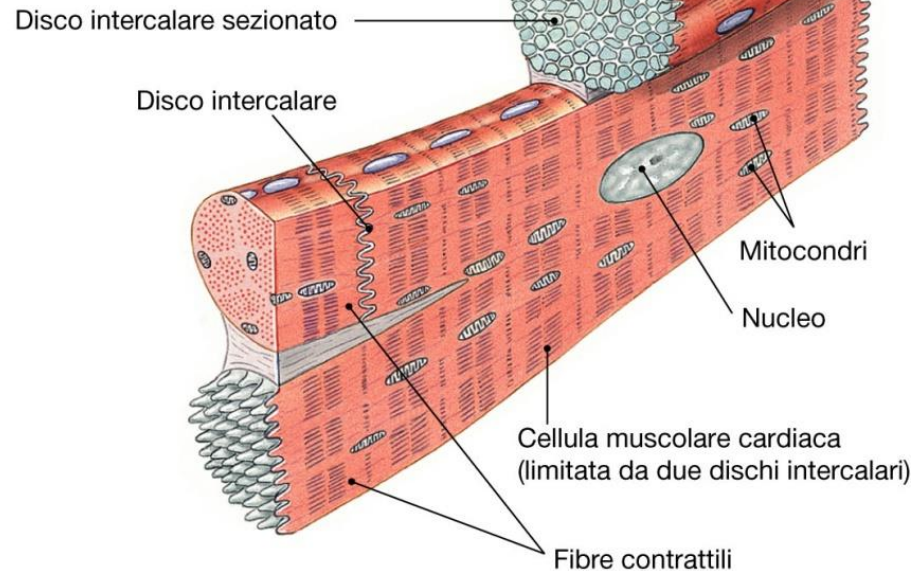


## **Il sistema cardiocircolatorio**

(a) La disposizione a spirale del muscolo ventricolare permette alla contrazione ventricolare di spingere il sangue verso l'alto, dall'apice del cuore.



(b) I dischi intercalari contengono desmosomi che permettono il trasferimento della forza da cellula a cellula. Le giunzioni comunicanti nei dischi intercalari permettono ai segnali elettrici di passare rapidamente da cellula a cellula.



Cuore:

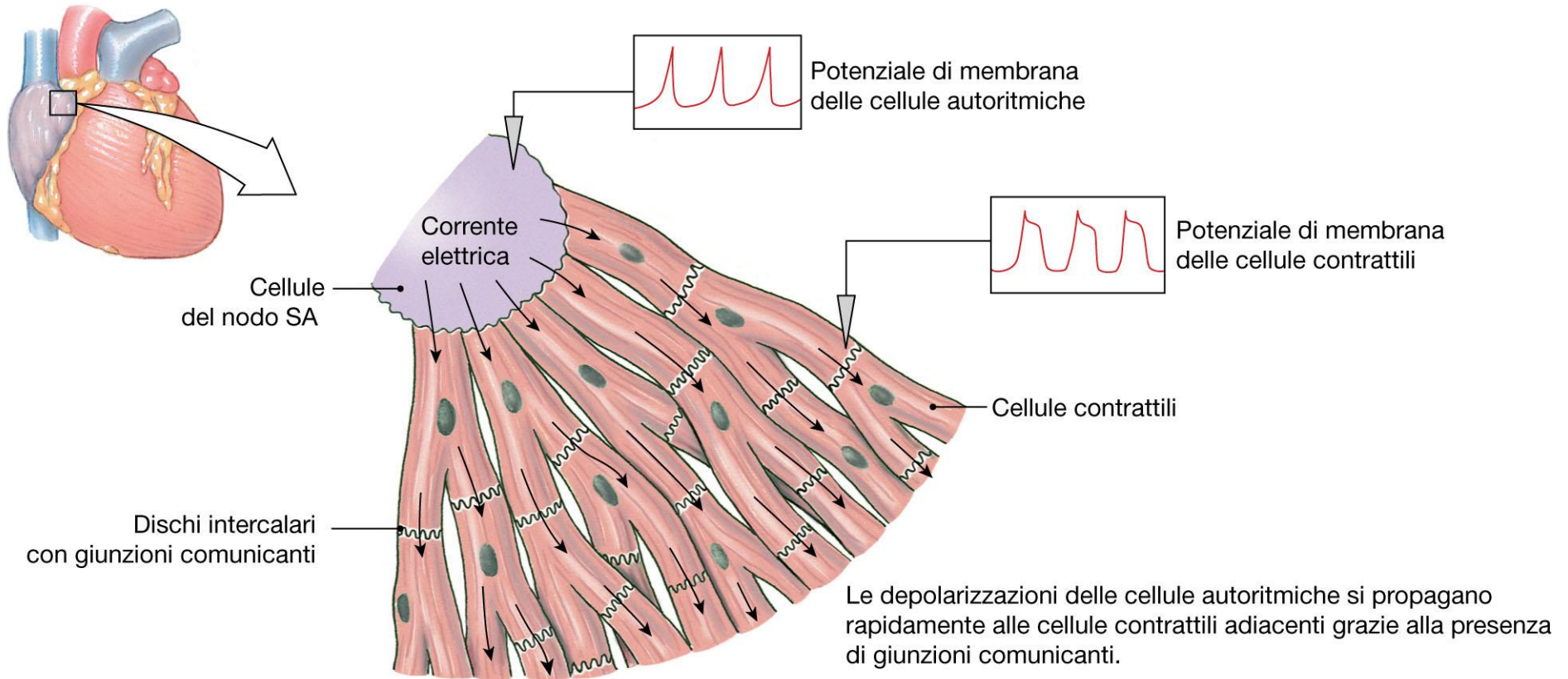
-99% miocardio

- **1% cellule autoritmiche o pacemaker**

La contrazione del cuore è miogena!

La frequenza cardiaca è aumentata da adrenalina e noradrenalina (simpatico), mentre l'Ach la rallenta (parasimpatico).

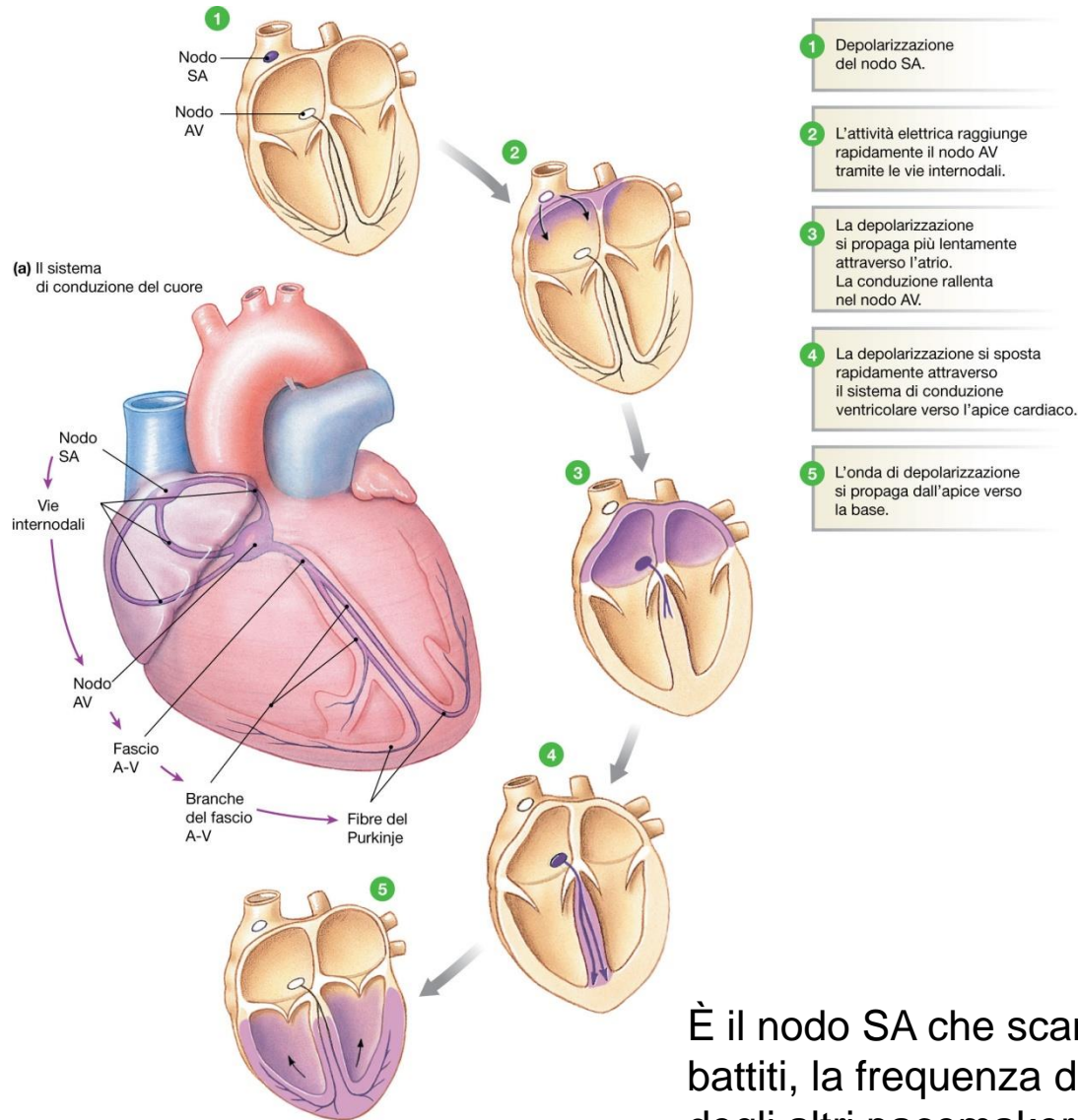
# La conduzione elettrica nel cuore ne coordina la contrazione



# L'onda di depolarizzazione della massa cardiaca diffonde in modo ordinato

- I PdA diffondono attraverso le cellule del miocardio attraverso le gap junctions (dischi intercalari).
- Gli impulsi non possono diffondere attraverso i ventricoli a causa del tessuto fibroso.
- Vie di conduzione:
  - Nodo SA.
  - Nodo AV.
  - Fascio di His.
  - Fibre di Purkinje.
- La stimolazione delle fibre di Purkinje causa la contrazione simultanea di entrambi i ventricoli.





Scheletro fibroso cardiaco tra atri e ventricoli!!!

Il nodo AV è importante affinché:

1. il pda arrivi alle fibre contrattili ventricolari,
2. si assicura la contrazione dall'apice verso la base (muscoli ventricolari a spirale),
3. la trasmissione del pda è ritardata permettendo agli atri di completare la contrazione prima di quella ventricolare

È il nodo SA che scandisce i battiti, la frequenza di scarica degli altri pacemakers è inferiore

**Sistole: contrazione**  
**Diastole: rilasciamento**

**Atri e ventricoli non si contraggono contemporaneamente**

Quando la pressione nei ventricoli scende ancora di più le valvole AV si aprono e il ciclo ricomincia

INIZIO

**5 Rilasciamento ventricolare isovolumico** – quando i ventricoli si rilassano la pressione ventricolare diminuisce, il sangue refuisce verso i lembi delle valvole semilunari e ne determina la chiusura.

La pressione nei ventricoli scende ma è ancora > degli atri  
**Secondo tono cardiaco**

**1 Fase tardiva della diastole** – sia atri sia ventricoli sono rilassati. Riempimento ventricolare passivo.

80% riempimento ventricoli con valvole AV aperte

**2 Sistole atriale** – la contrazione atriale spinge un'ulteriore piccola quantità di sangue nei ventricoli.

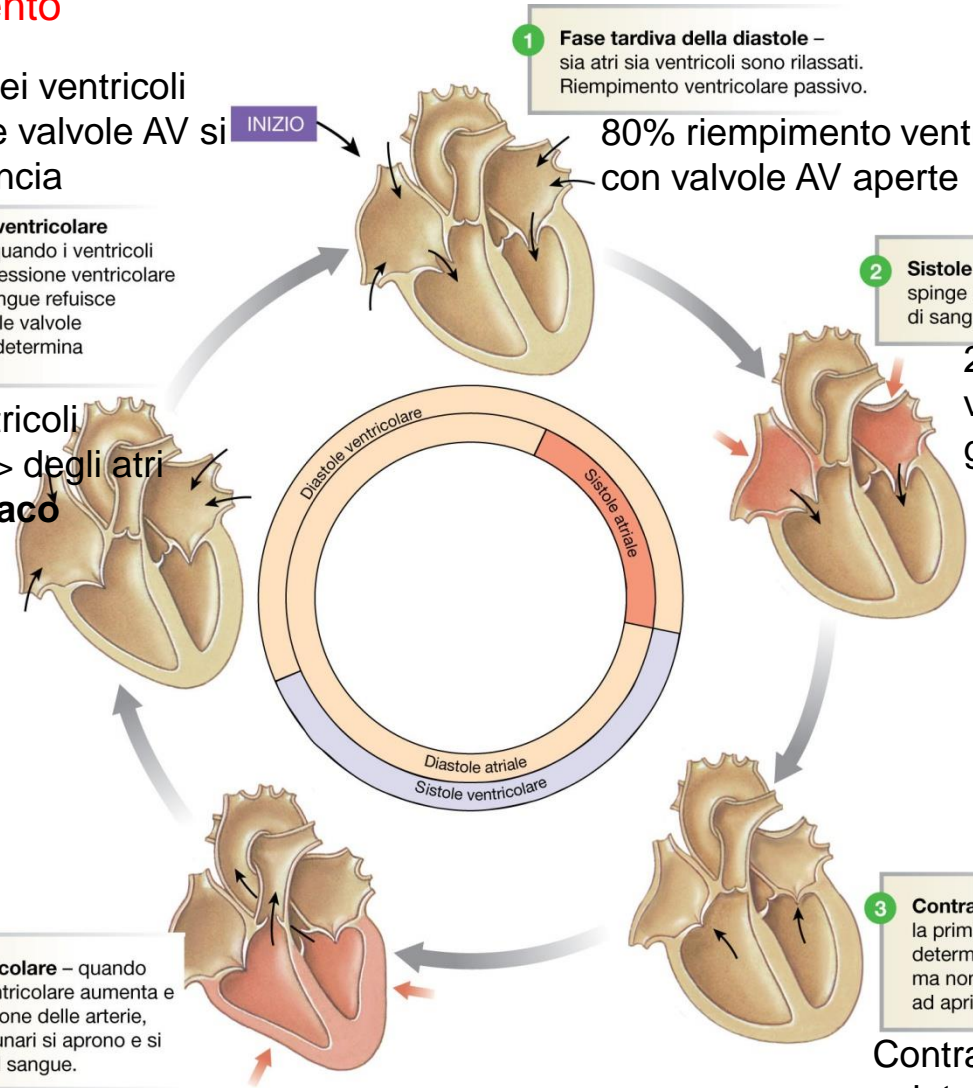
20%. Piccolo reflusso nelle vene per la pressione generata

**3 Contrazione ventricolare isovolumica** – la prima fase della contrazione ventricolare determina la chiusura delle valvole AV, ma non crea una pressione sufficiente ad aprire le valvole semilunari.

Contrazione ventricoli – sangue spinto verso l'alto – chiusura valvole AV – **primo tono cardiaco**.  
Contrazione isometrica isovolumica: tutte le valvole sono chiuse

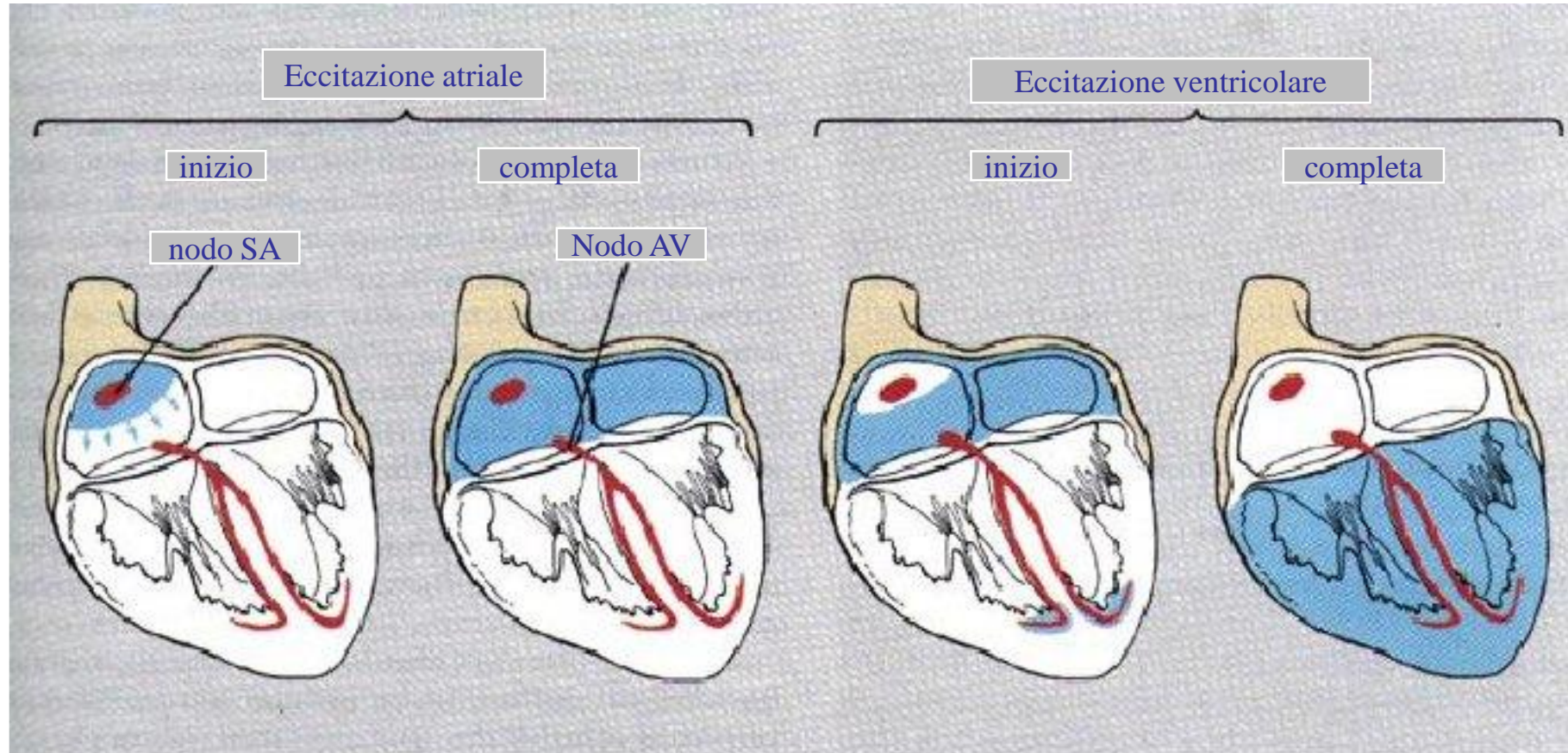
**4 Eiezione ventricolare** – quando la pressione ventricolare aumenta e supera la pressione delle arterie, le valvole semilunari si aprono e si ha l'eiezione del sangue.

**Il sangue scorre secondo gradiente pressorio creato dalla contrazione**

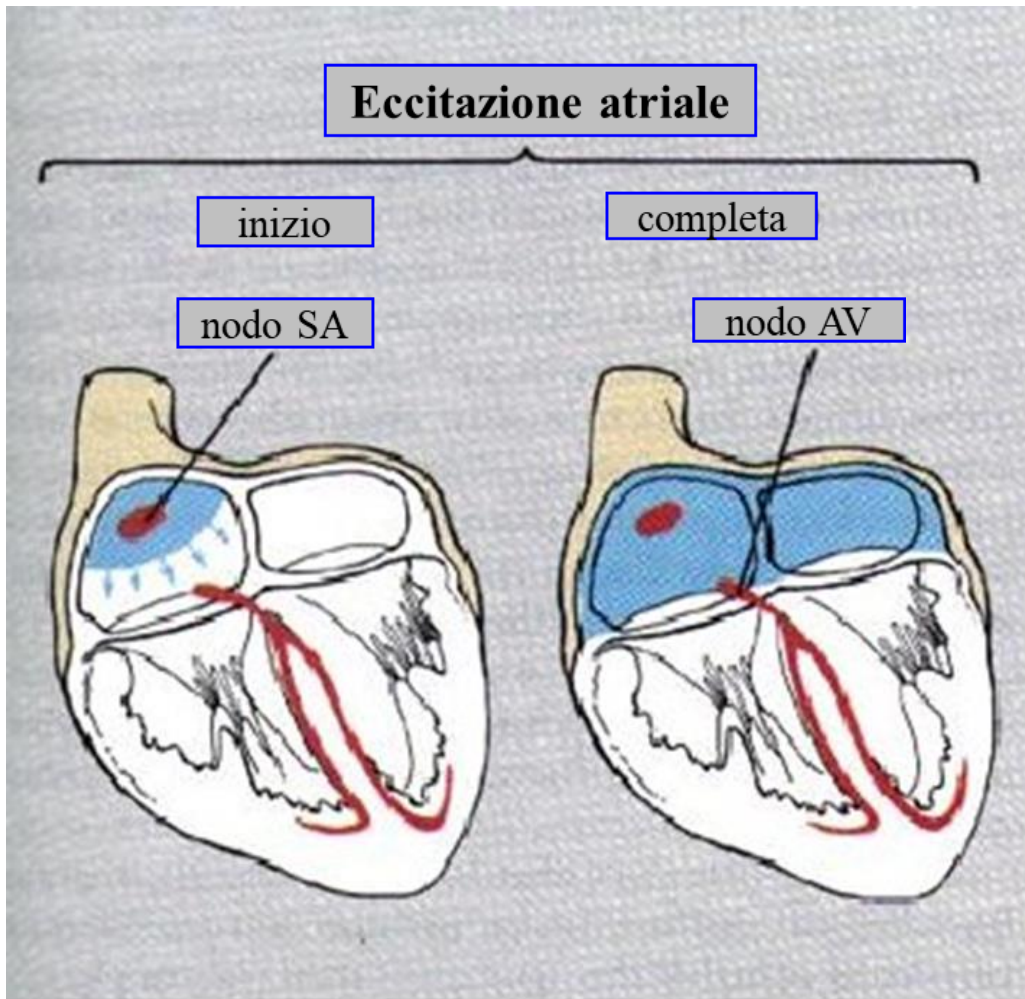




# Ciclo cardiaco



Il PDA generato nel nodo SA si propaga alle cellule contrattili atriali e, tramite la rete internodale, al nodo AV. La presenza dello scheletro fibroso impedisce la propagazione dei PDA dalle cellule contrattili atriali a quelle ventricolari. Dal nodo AV, attraverso i tessuti di conduzione, i potenziali si propagano alle cellule contrattili ventricolari.



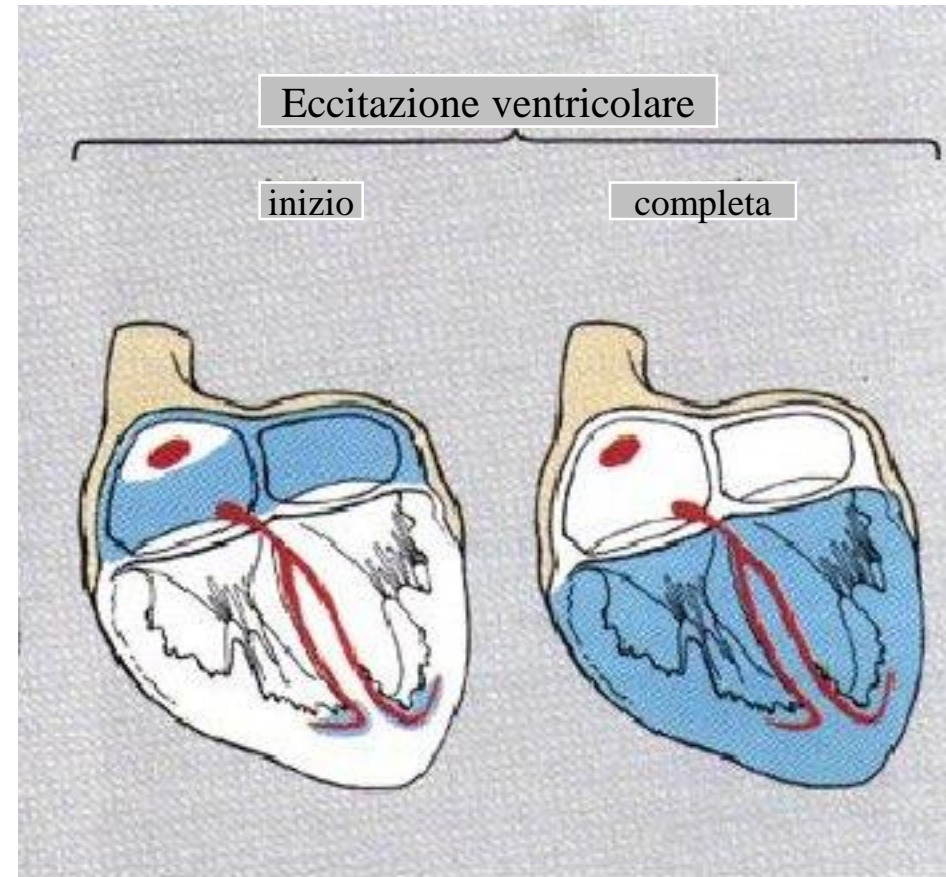
## ECCITAZIONE ATRIALE

Eccitazione atriale. L'attività ritmica del nodo SA viene dapprima condotta attraverso la muscolatura dell'atrio destro e poi in quella dell'atrio sinistro. La conduzione attraverso gli atri è molto rapida in quanto le cellule muscolari sono relativamente grandi e presentano un potenziale di riposo molto negativo.

Conduzione del PDA dagli atri ai ventricoli. Nella porzione inferiore dell'atrio destro si trova un'altra regione specializzata (*nodo AV*). Quando il PDA raggiunge questa regione diventa meno intenso e più lento (*conduzione decrementale*). Il ritardo provocato dal nodo AV consente che gli atri finiscano di contrarsi prima che i ventricoli inizino la loro contrazione.

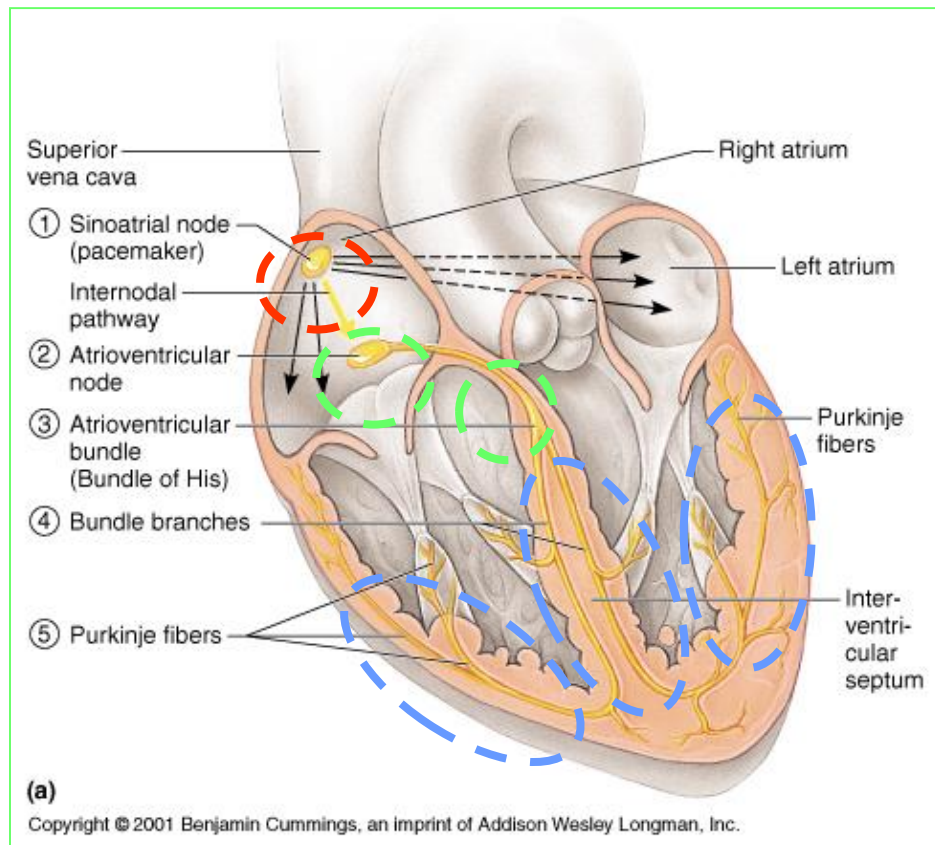


L'impulso, dal nodo AV, passa nel *fascio di His* e, lungo le due branche, fino alla rete di *fibre di Purkinje*. Queste strutture sono costituite da cellule muscolari specializzate per una conduzione molto rapida dell'impulso. Dalle fibre di Purkinje l'impulso viene trasmesso alle fibre muscolari delle pareti ventricolari e ne stimola la contrazione. L'onda di propagazione dell'impulso da parte del sistema di rapida conduzione è un'onda di depolarizzazione che attraversa il cuore dalla base all'apice e dalla superficie endocardica a quella epicardica.



**ECCITAZIONE VENTRICOLARE**

# L'attività cardiaca viene regolata dalle Cellule Pacemaker



## **Nodo seno-atriale (di Keith e Flack):**

Gruppo di cellule che si comporta come generatore elettrico  
Funzione di pacemaker principale=ritmo del seno  
Larghezza 2-3 mm, lunghezza 10 mm  
Situato nel solco terminale tra vena cava superiore e atrio destro

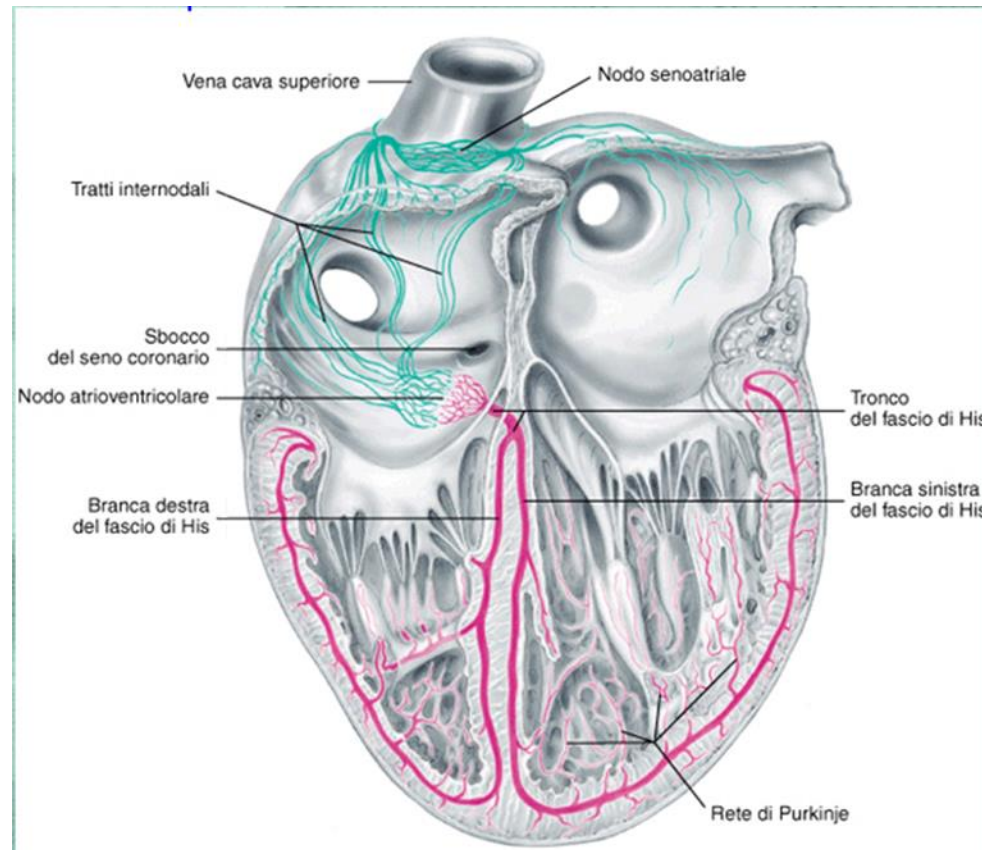
## **Sistema atrio-ventricolare :**

Nodo atrio-ventricolare  
Funzione di pacemaker secondario =ritmo nodale  
Larghezza 2 mm, lunghezza 6 mm  
Situato nella regione di congiunzione tra atrio e ventricolo

## **Sistema atrio-ventricolare (fascio di His):**

Tronco comune del s.a.v.  
Larghezza 2 mm, lunghezza 10 mm  
Braccio sinistro in ventricolo sx, ramo anteriore e ramo posteriore-rete del Purkinje  
Braccio destro in ventricolo dx, ramo anteriore e ramo posteriore-rete del Purkinje

Circa 1% delle cellule del muscolo cardiaco sono autoritmiche piuttosto che contrattili nel loro insieme costituiscono il **sistema di conduzione cardiaco**



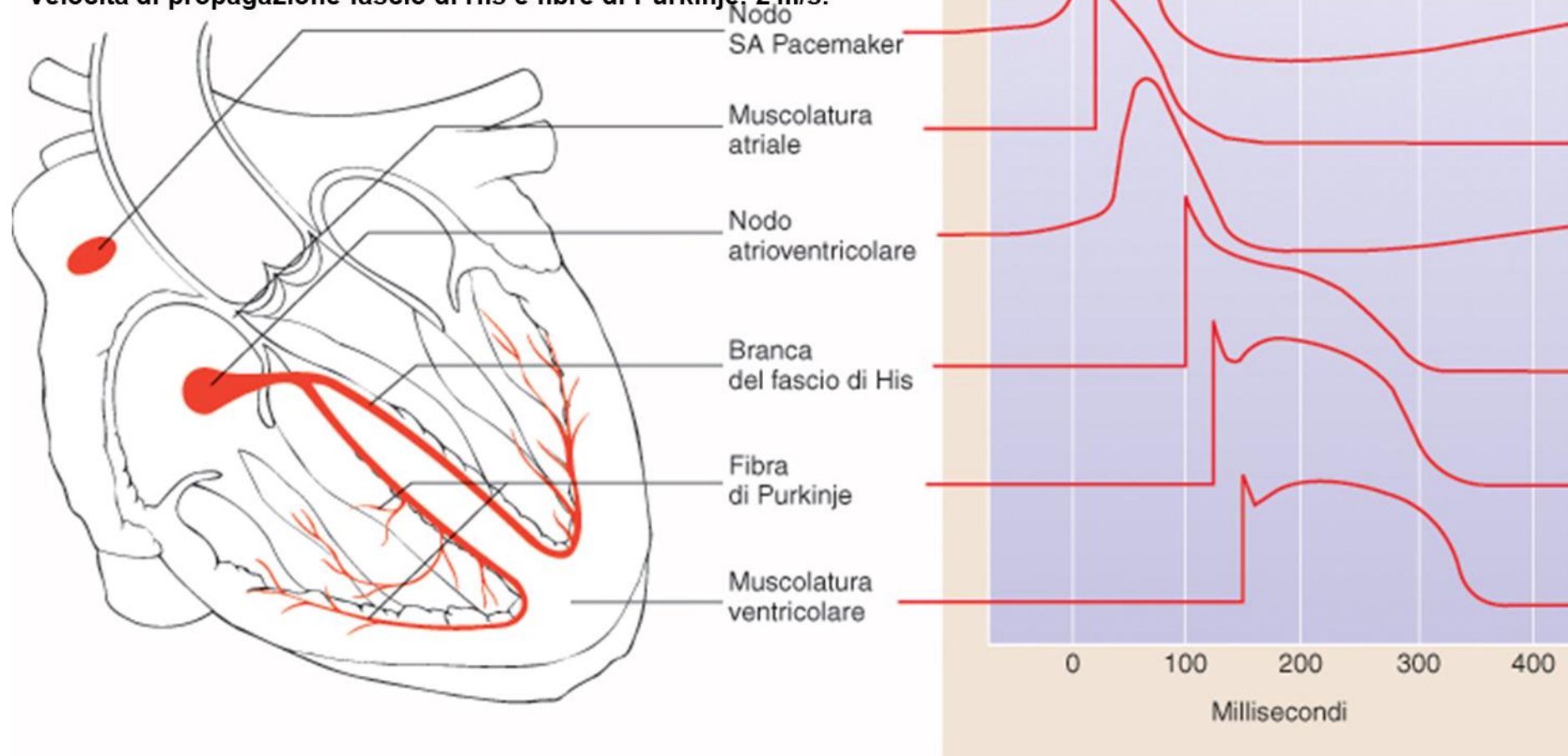


**Velocità di propagazione nel nodo seno-atriale: 0.05 m/s**

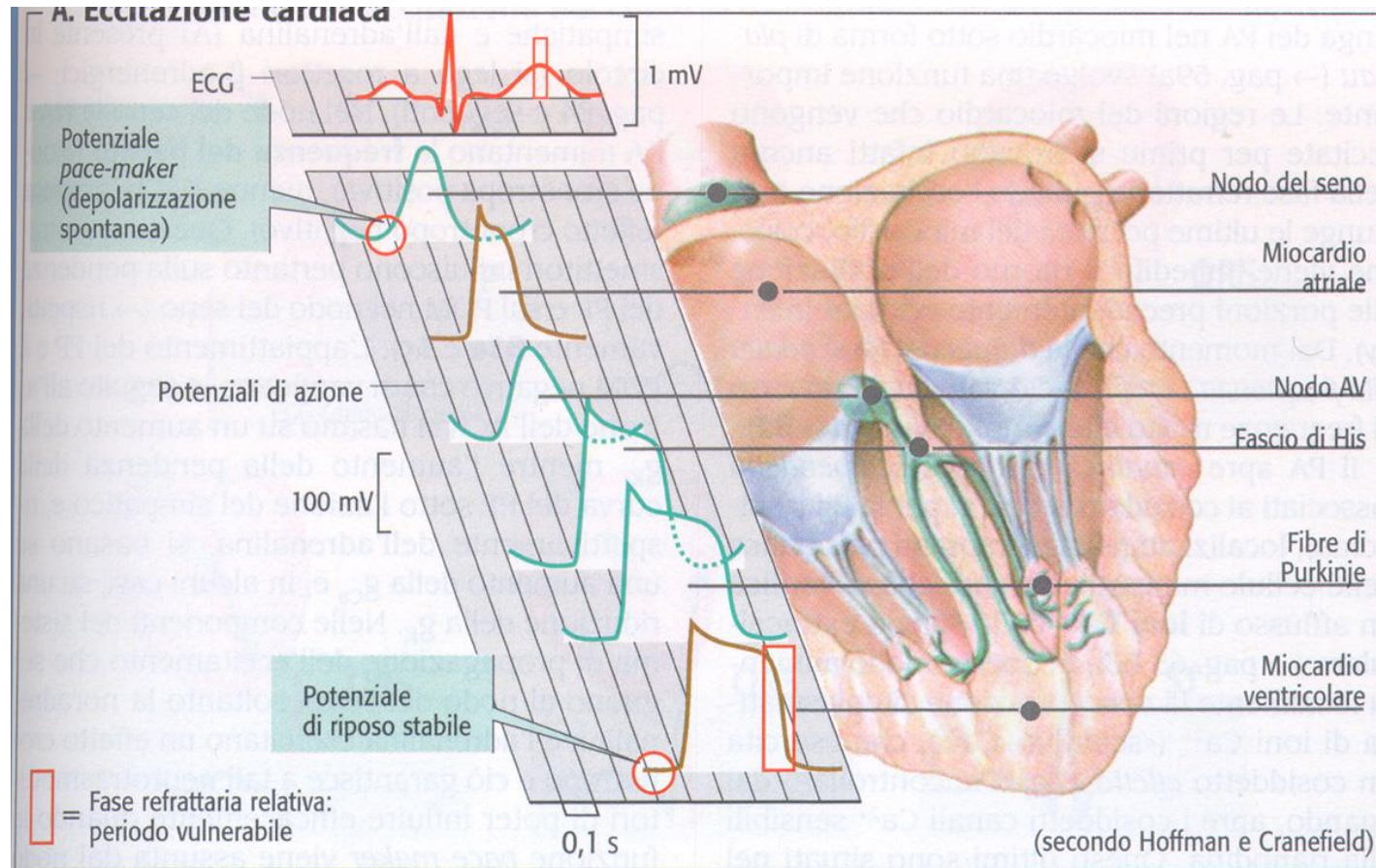
**Velocità di propagazione nel muscolo atriale: 1 m/s , 80 ms per completa attivazione**

**Velocità di propagazione nel nodo atrio-ventricolare: 0.1 m/s.**

**Velocità di propagazione fascio di His e fibre di Purkinje: 2 m/s.**



## L'ONDA DI DEPOLARIZZAZIONE NELLA MASSA CARDIACA



1. Eccitazione spontanea del nodo SA

2. Attivazione degli atri che si completa in circa 100 ms e spinge il sangue nei ventricoli rilasciati

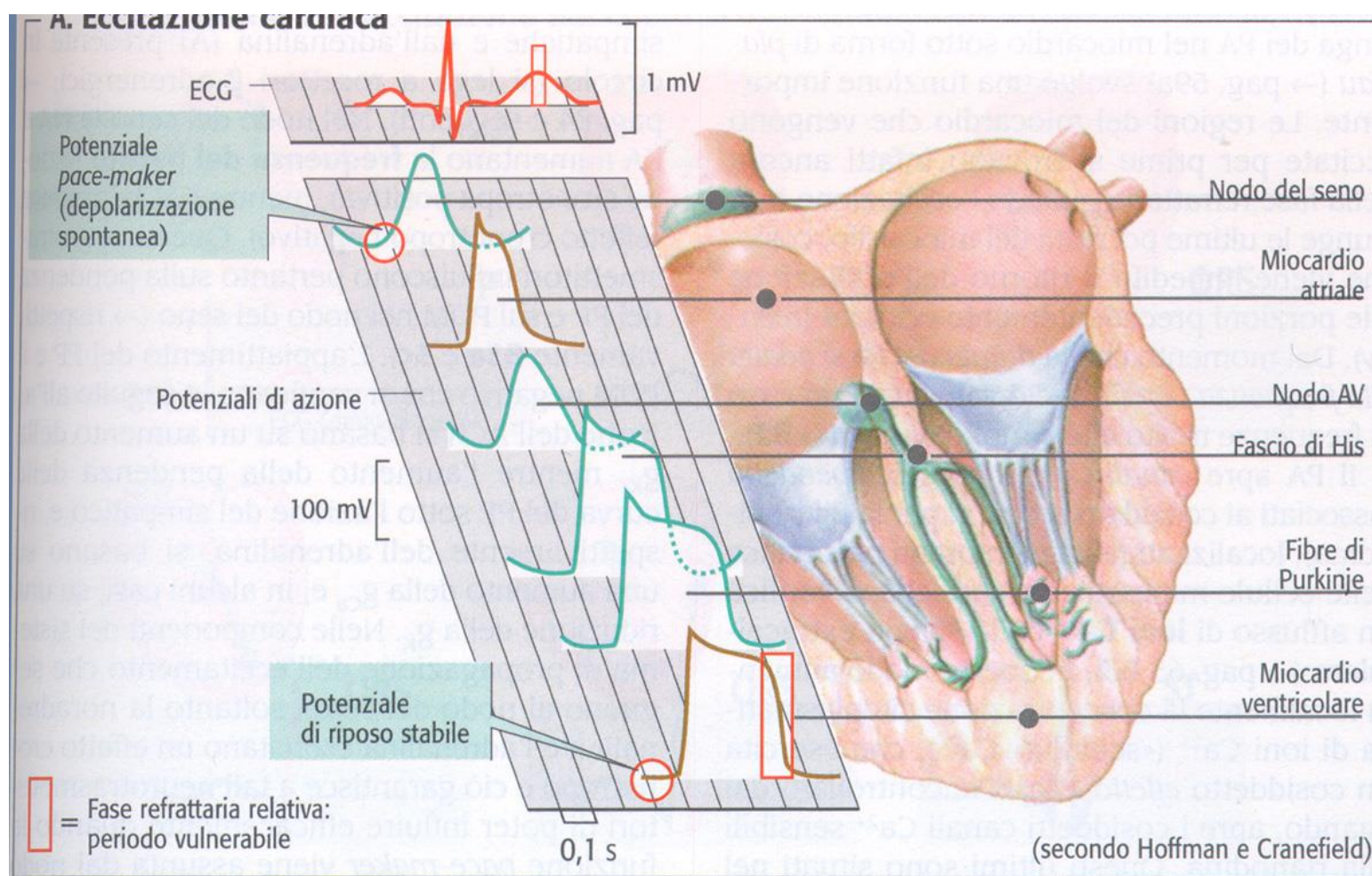
3. Eccitazione del nodo AV, l'onda di eccitamento arriva ai ventricoli con un ritardo di circa 100 ms che permette il completamento del riempimento ventricolare

4. Eccitazione del fascio di His

5. Attivazione del setto che, irrigidendosi, diviene un sostegno per la contrazione ventricolare

6. Attivazione dell'apice, poi delle pareti (dall'endocardio all'epicardio) ed infine della base. Il punto 6 permette lo svuotamento dei ventricoli verso il cono arterioso. In circa 100 msec la depolarizzazione ventricolare è completa.



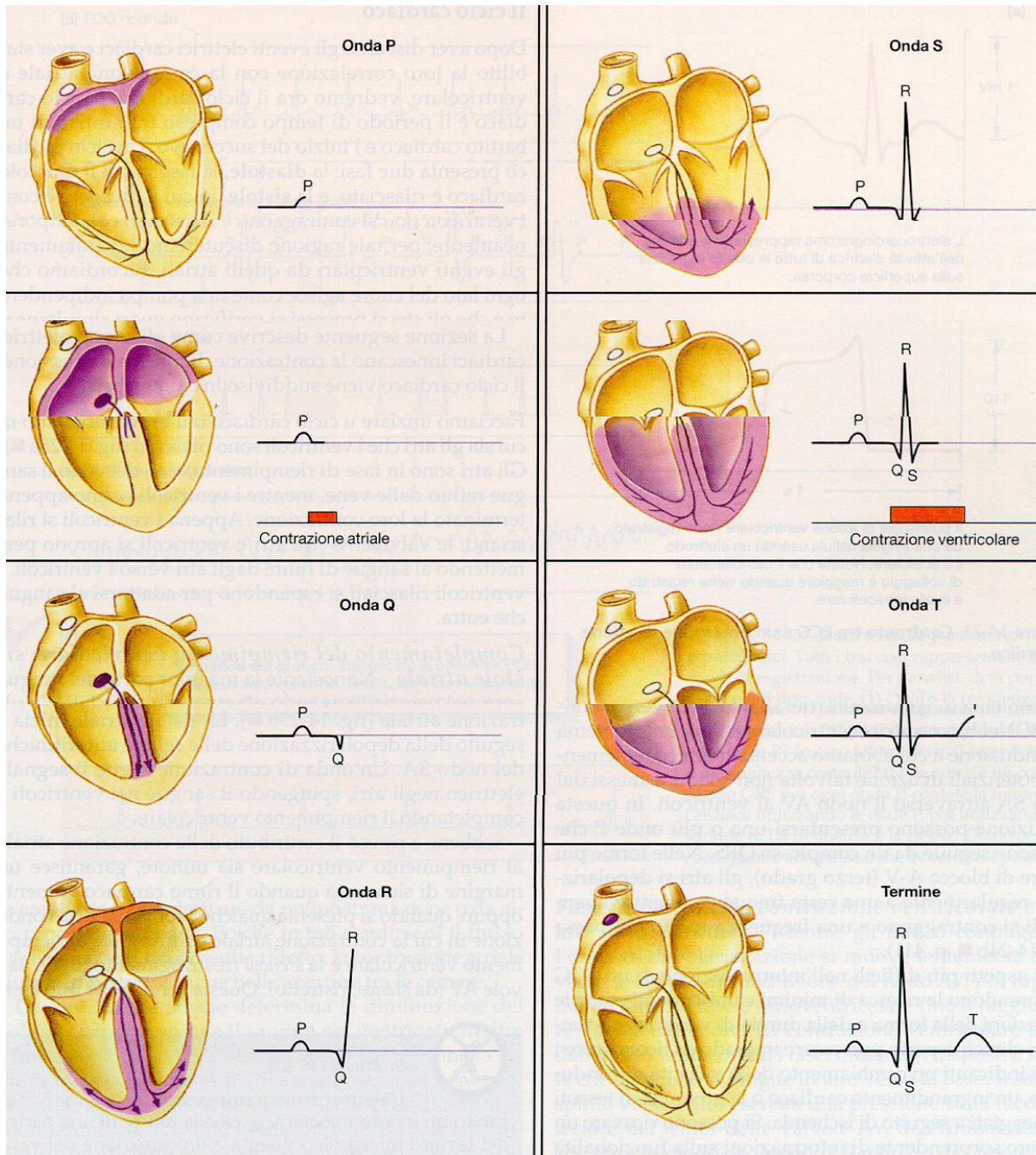


La ripolarizzazione atriale avviene in concomitanza con la depolarizzazione dei ventricoli. La ripolarizzazione dei ventricoli è condizionata dalla durata della fase di *plateau* che hanno i miociti presenti nelle diverse zone del ventricolo: le cellule attivate per ultime (miociti della base e della regione epicardica) hanno PDA più brevi (circa 300 msec) ed iniziano a ripolarizzarsi per prime rispetto alle cellule dell'apice ventricolare e della regione endocardica (circa 400 msec). Essa procede perciò dall'epicardio all'endocardio.



# L'ECG

L'ECG mostra la somma dei potenziali elettrici di tutte le cellule cardiache in ogni istante. La depolarizzazione è il segnale per la contrazione, mentre la ripolarizzazione per il rilasciamento. La ripolarizzazione atriale è un evento non rappresentato da onde.



## ● Onda P:

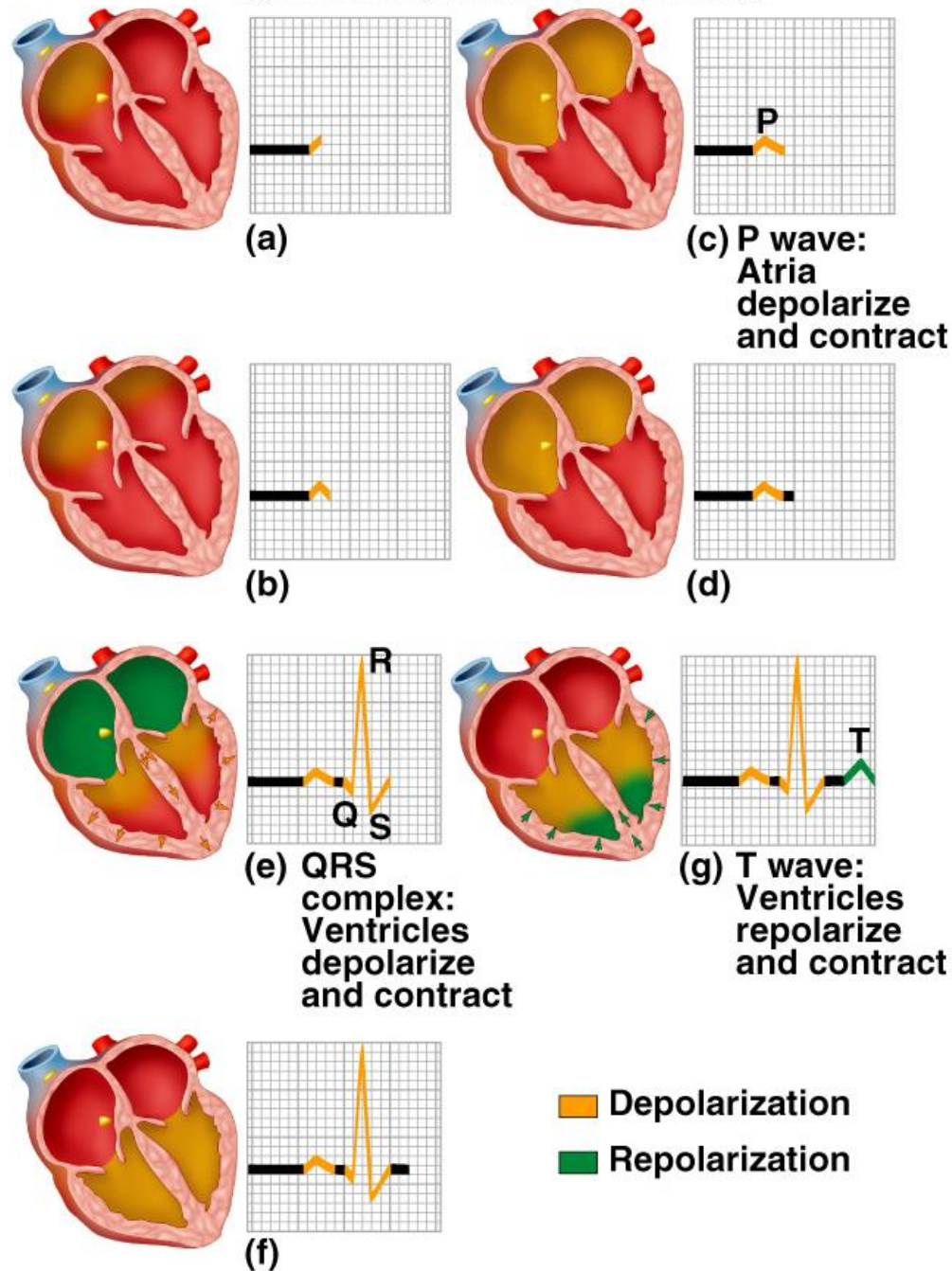
- Depolarizzazione Atriale.

## ● Complesso QRS:

- Depolarizzazione Ventricolare.
- Ripolarizzazione Atriale.

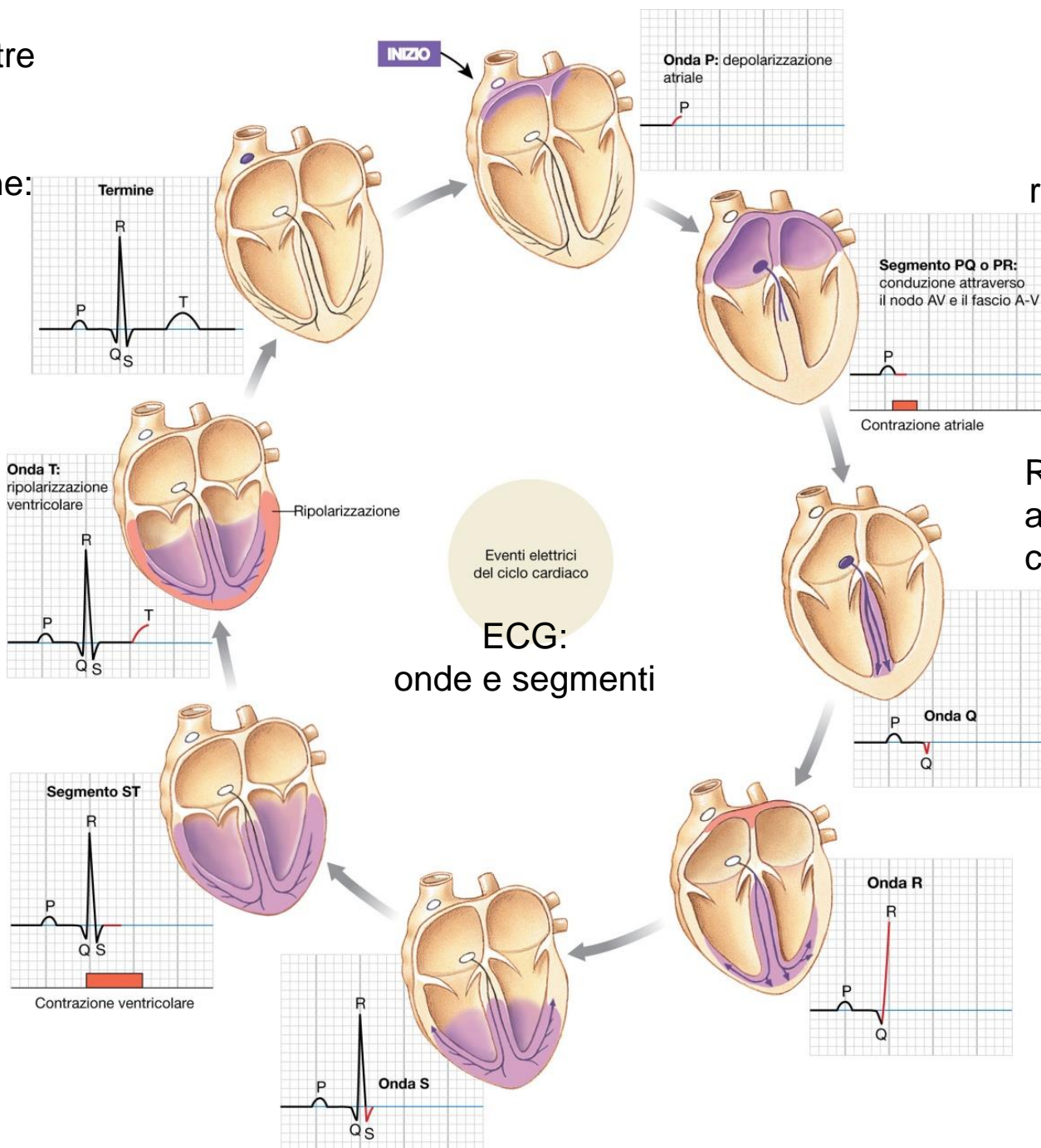
## ● Onda T:

- Ripolarizzazione ventricolare.





Il cuore è un organo 3D mentre l'ECG ne è una sua rappresentazione: per ciò si usano più derivazioni!



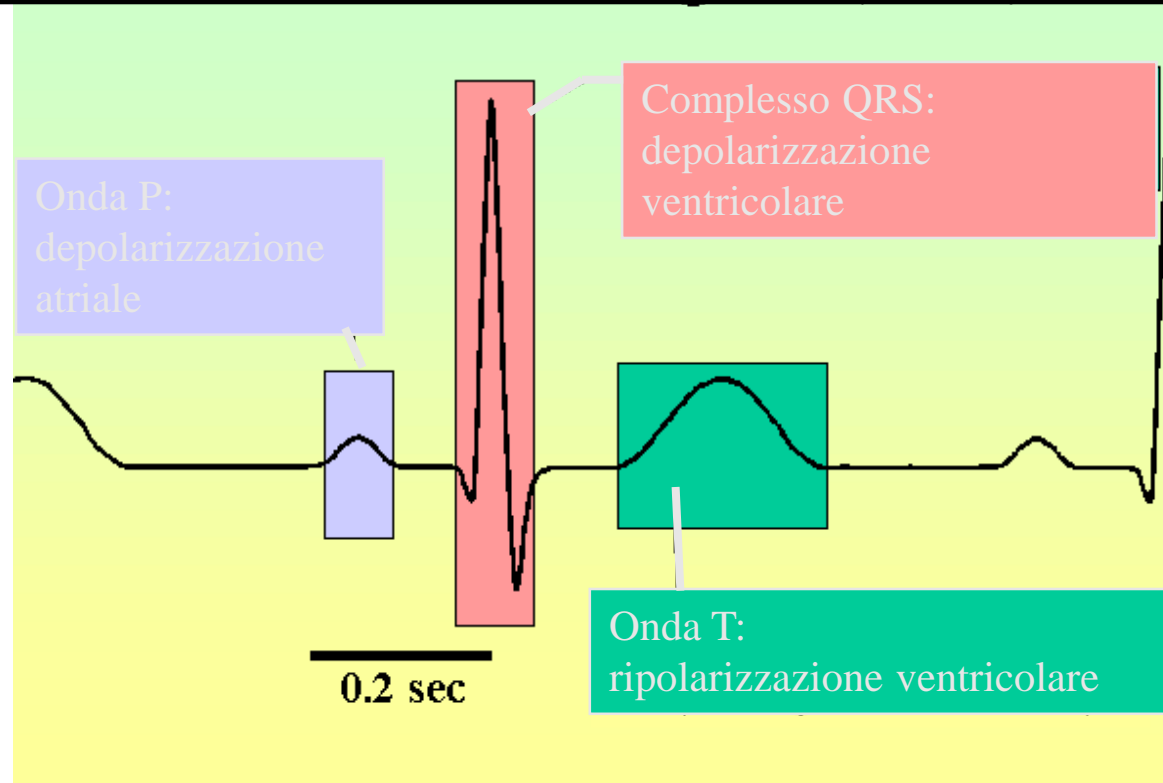
Gli eventi meccanici del ciclo cardiaco iniziano con ritardo rispetto ai segnali elettrici

Ripolarizzazione atri nel complesso QRS

Le onde vanno verso l'alto o il basso a seconda del movimento delle cariche



# L' ELETTRICARDIOGRAMMA

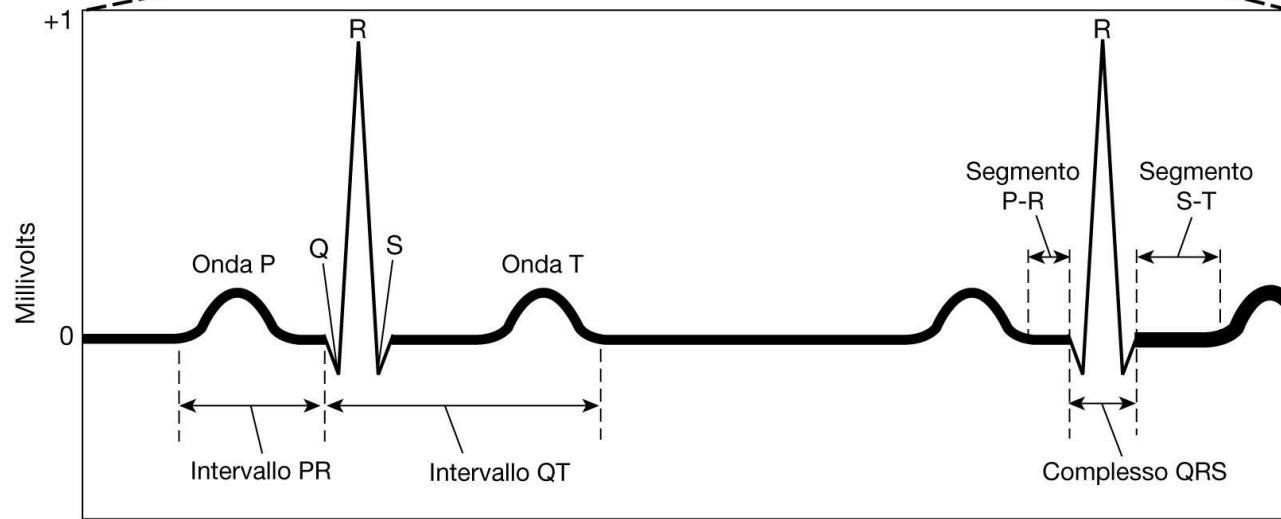
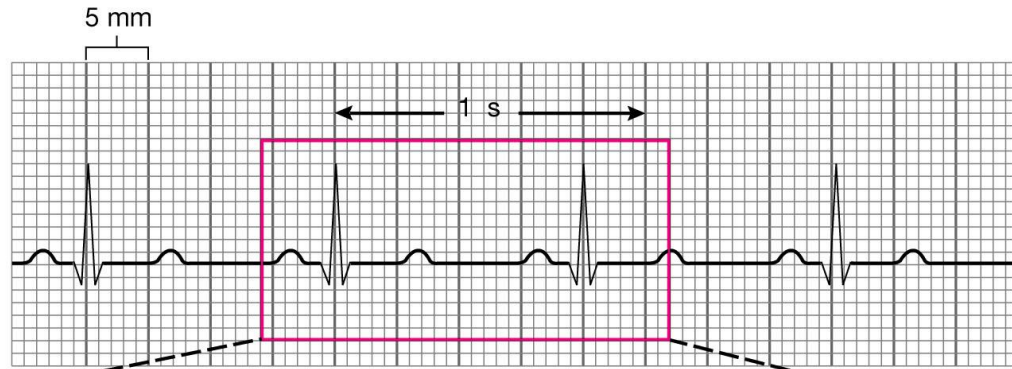


Durante il ciclo cardiaco, in cui la depolarizzazione e la ripolarizzazione si propagano nella massa del muscolo cardiaco, alcune zone del cuore risultano caricate positivamente, altre negativamente. Questa *differenza di potenziale* di circa 100 mV provoca flussi di corrente nel liquido extracellulare tra le zone attivate e quelle a riposo del cuore che possono essere rilevati mediante l'*elettrocardiografo*: uno strumento che trasforma le piccole correnti registrate sulla superficie corporea (1 mV) in un segnale che produce un tracciato detto elettrocardiogramma (ECG).

D

**DOMANDA SUL GRAFICO**

Se la velocità della carta su cui viene registrato l'ECG è di 25 mm/s, qual è la frequenza cardiaca della persona in esame? (1 divisione piccola = 1 mm)



Un tracciato ECG è la somma dei pda di tutte le cellule cardiache in un dato istante.

Se la dep è il segnale per la contrazione muscolare, gli eventi elettrici dell'ECG possono essere associati agli eventi meccanici.

# Registriamo l'attività elettrica del cuore: l'elettrocardiogramma

- Il segnale che può essere registrato alla superficie del cuore è di circa 1mV → Amplificatore
- La forma del ECG dipende dal tipo di registrazione effettuata

- elettrodi bipolari

Per misurare la differenza di potenziale prodotta dal 'dipolo' in moto lungo le fibre cardiache occorre posizionare degli **elettrodi**.

- Entrambi gli elettrodi risentono delle fluttuazioni di potenziale

- elettrodi unipolari

Per poter confrontare i tracciati è importante che la posizione degli elettrodi sia '**standard**', ossia venga rispettata da tutti gli operatori.

- un elettrodo riceve il potenziale, l'altro possiede potenziale zero

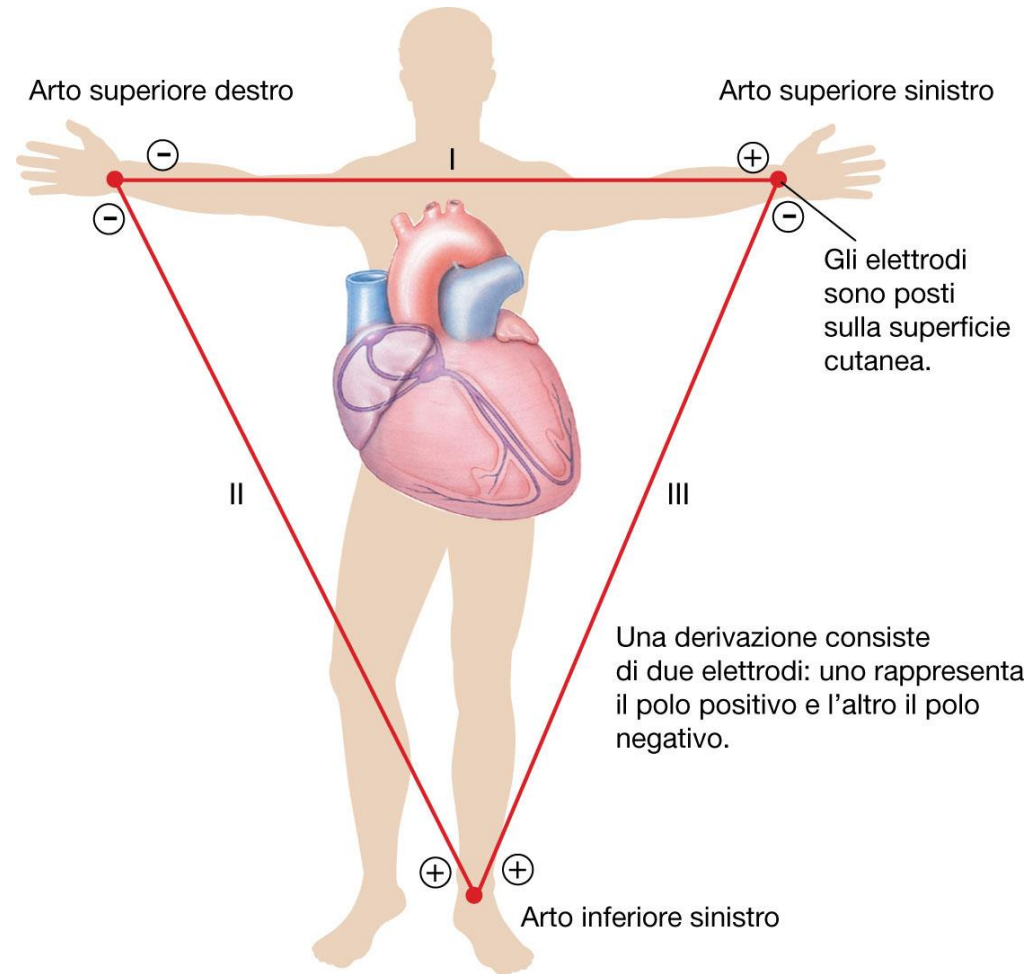


# Da tenere a mente...

- Quando un'onda di depolarizzazione **si muove verso** un elettrodo **positivo (+)** si registra una **deflessione (+)**
- Quando un'onda di depolarizzazione **parte da** un **elettrodo positivo (+)** si osserva una **inflessione (-)** (l'onda si allontana)
- Si registrano **deflessioni piccole o assenti** quando l'onda di depolarizzazione è **perpendicolare** alla linea immaginaria che congiunge gli elettrodi

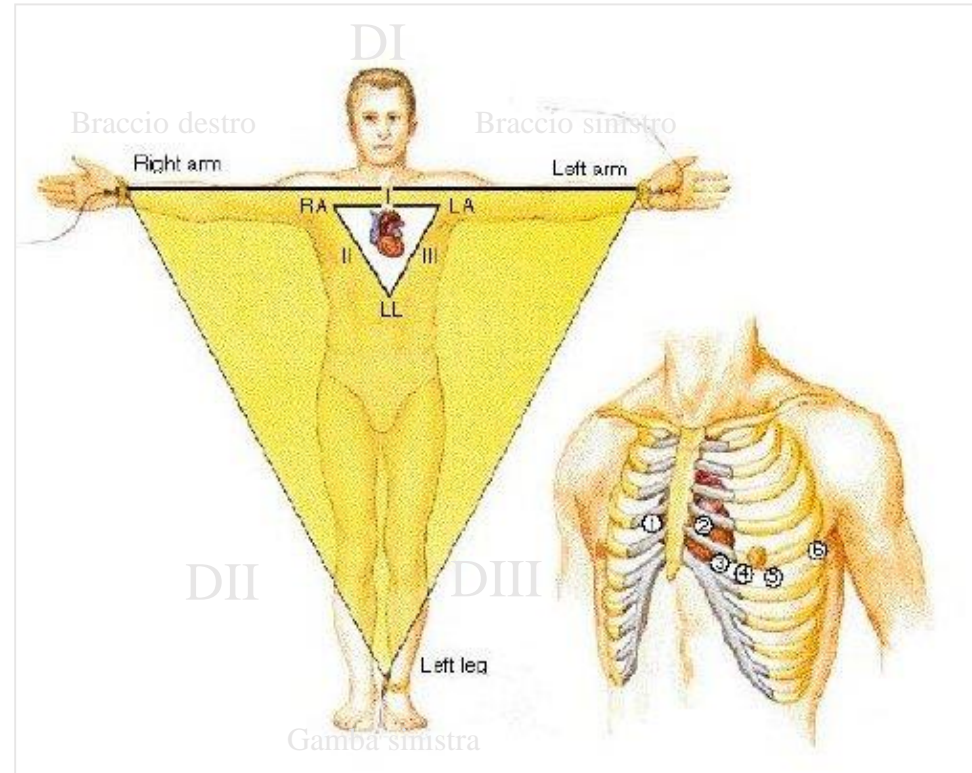
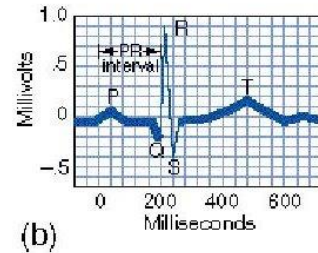
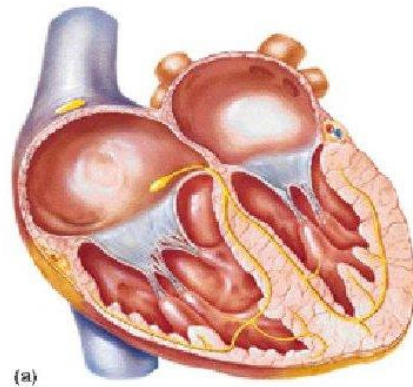
# Elettrocardiogramma

## Triangolo di Einthoven



L'ECG si registra usando 2 derivazioni, la terza è inattiva

# L'elettrocardiogramma



La registrazione clinica dell'ECG è basata sull'assunzione che il cuore si trovi al centro di un triangolo equilatero e che gli elettrodi di registrazione siano posizionati ai vertici di questo triangolo (*derivazioni di Einthoven: DI DII DIII*). Oggi in clinica si fanno registrazioni a 12 derivazioni.

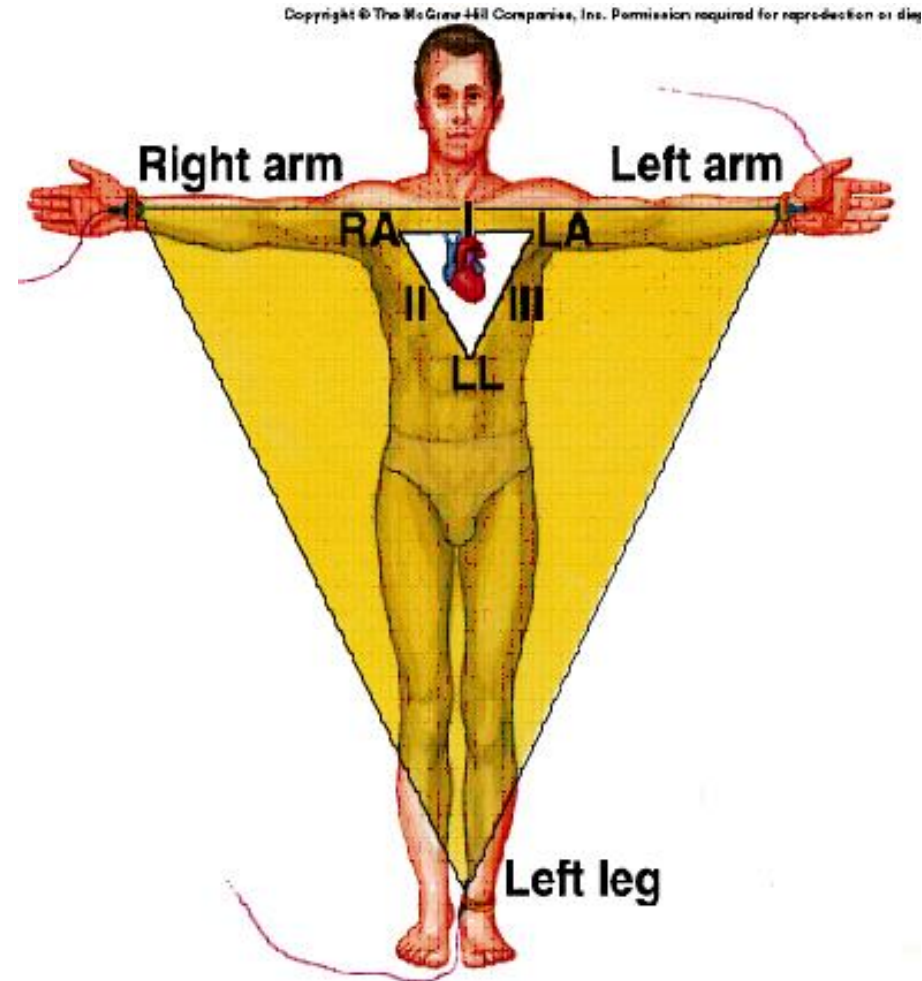
# Derivazioni di Einthoven

Derivazioni= Coppie di elettrodi (uno rappresenta il polo positivo ed uno quello negativo) = Punti di Osservazione

Le derivazioni bipolari di Einthoven delimitano una parte del conduttore che ha forma di triangolo DI,DII,DIII

Il **vettore elettrico istantaneo** (prodotto dall'attività elettrica del cuore) è all'interno di un triangolo

- ✓ Studio delle anomalie P, QRS, T
- ✓ Diagnosi Aritmie
- ✓ Determinazione dell'asse elettrico





# Triangolo di Einthoven

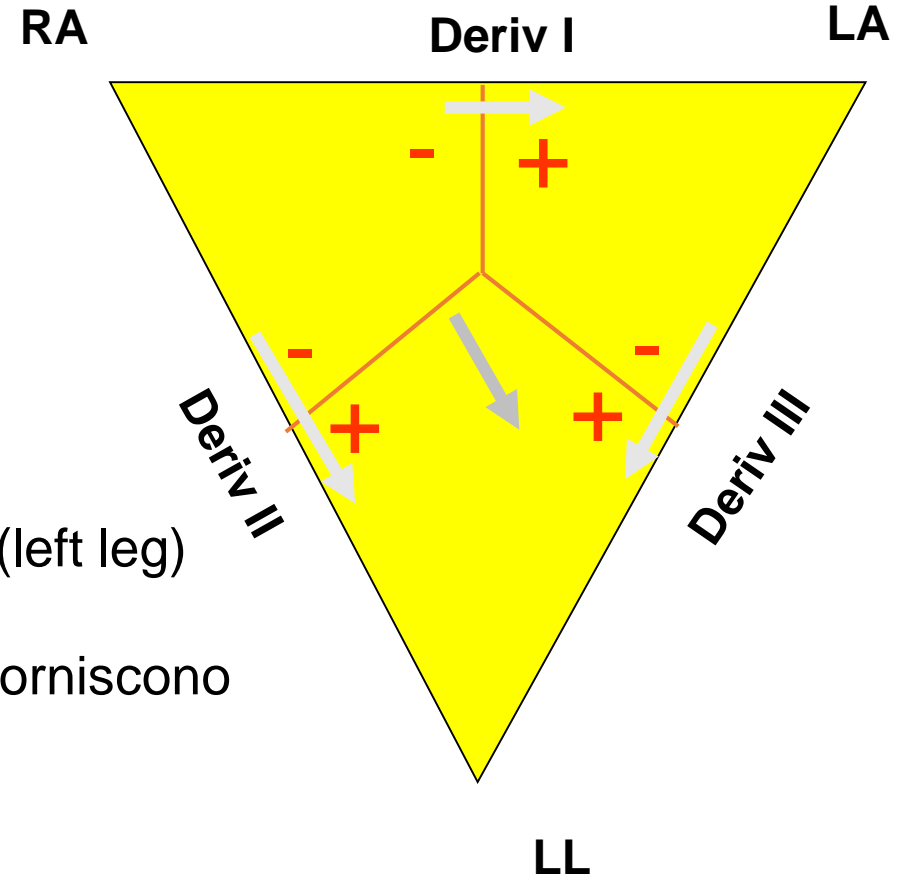
$V_{ra}$  (right arm),  $V_{la}$  (left arm) e  $V_{ll}$  (left leg)

Le differenze tra questi potenziali forniscono le cosiddette derivazioni bipolari:

$$V_I = V_{ra} - V_{la}$$

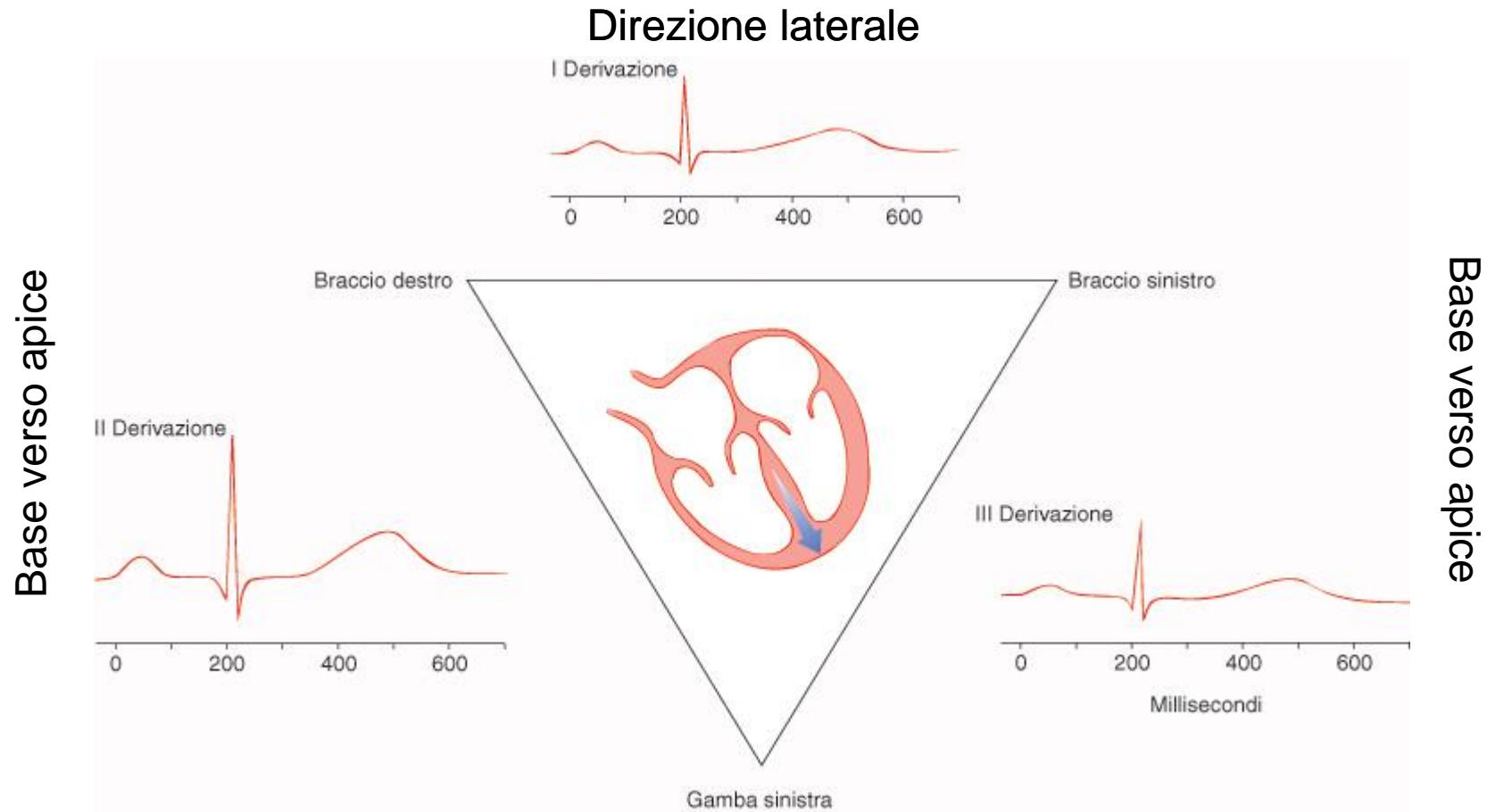
$$V_{II} = V_{ll} - V_{la}$$

$$V_{III} = V_{ll} - V_{ra}$$



Il triangolo di Einthoven è una riformulazione della legge di Kirchhoff: La prima legge di Kirchhoff afferma che, dato un nodo, cioè un punto di giunzione tra i terminali di due o più componenti, la somma delle correnti che si dirigono verso di esso è, in ogni istante, uguale alla somma di quelle che da esso si allontanano

# Vettore QRS

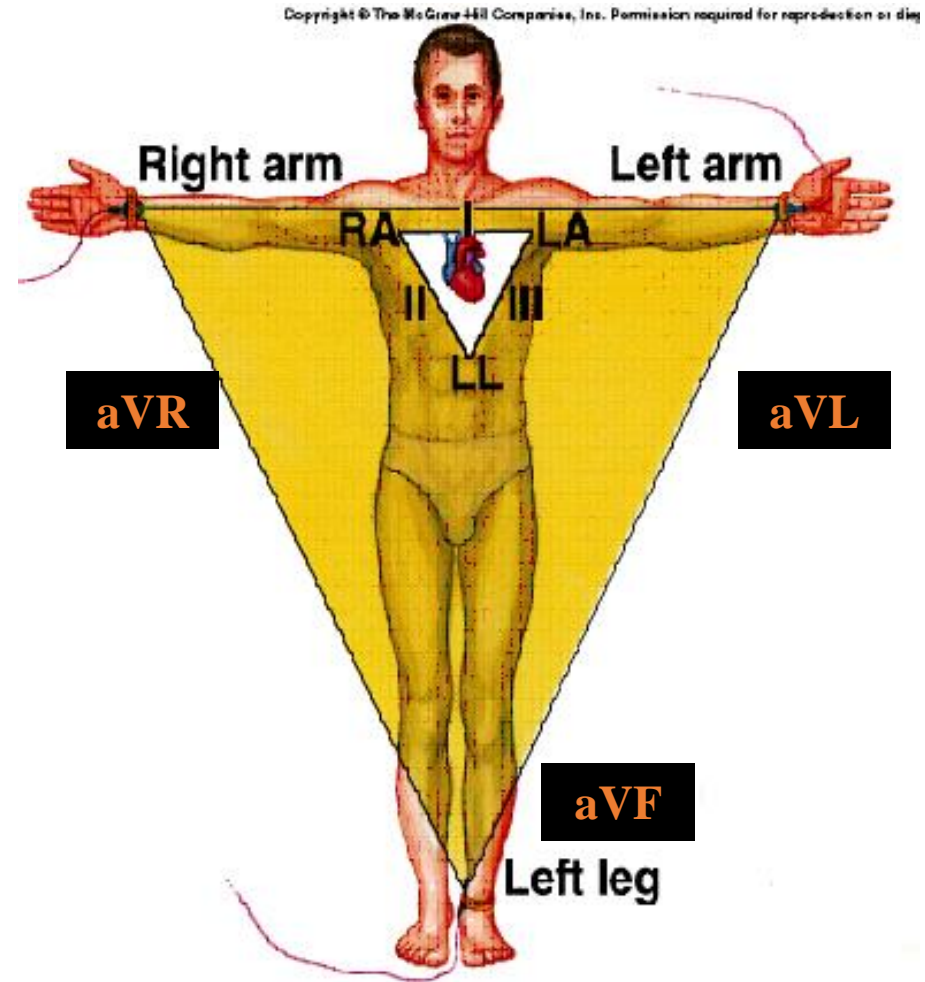


# Derivazioni di Goldberger

Elettrodi esploranti sono su **aVR**, **aVL**, **aVF**.

L'elettrodo di riferimento è un terminale centrale connesso attraverso resistenze con due dei tre arti considerati nel triangolo di Einthoven

- ✓ **aVR**: “vede” gli eventi elettrici degli atri e delle cavità ventricolari
- ✓ **aVL**: “vede” gli eventi elettrici del lato superiore sinistro del cuore
- ✓ **aVF**: “vede” gli eventi elettrici della superficie inferiore del cuore



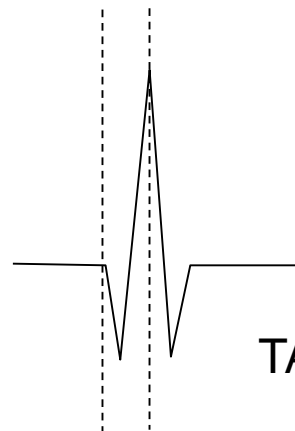
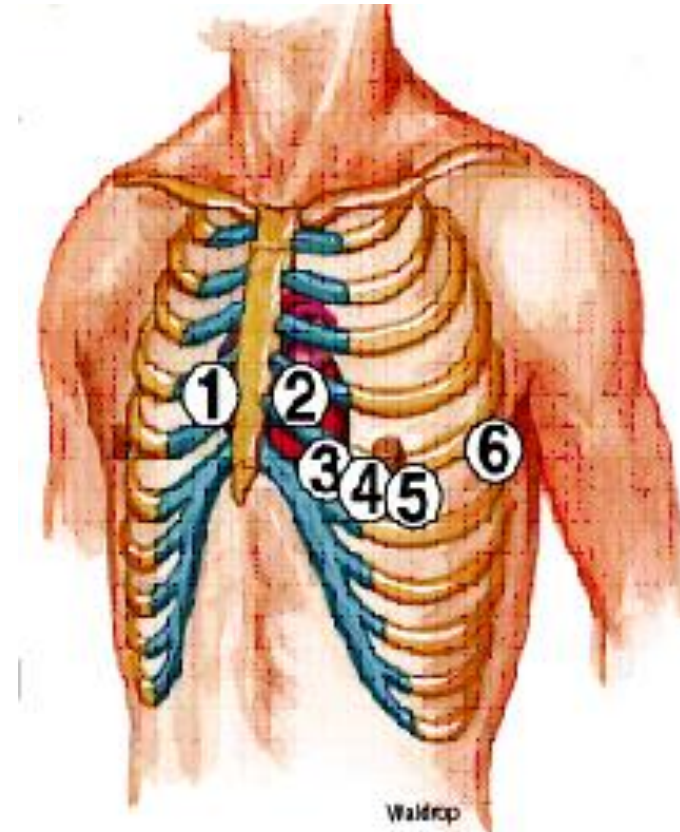
# Derivazioni unipolari di Wilson

Nelle derivazioni unipolari, si utilizza un elettrodo esplorante contro uno inerte

Le derivazioni di Wilson:  $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$

- $V_1$  e  $V_2$  registrano prevalentemente l'attività del ventricolo destro
- $V_{4-6}$  quella del ventricolo sinistro
- $V_3$  di transizione

Le derivazioni Wilson sono influenzate soprattutto dagli eventi elettrici ventricolari



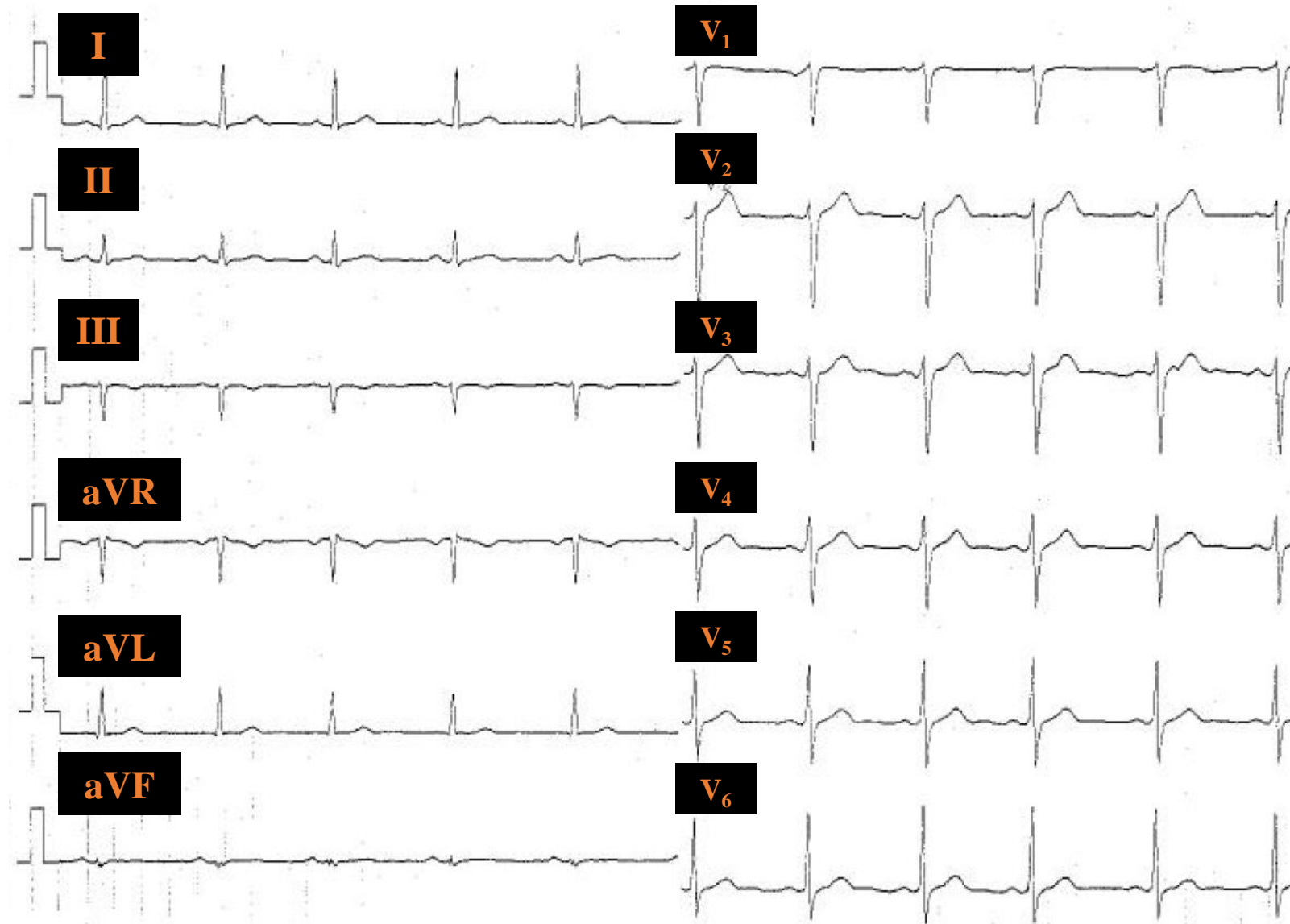
TAV "Tempo di attivazione ventricolare"



# Sistema delle 12 derivazioni cliniche

- 3 derivazioni bipolari periferiche: I (da LA a RA), II (da LL a RA), III (da LL a LA). Esse formano un triangolo approssimativamente equilatero chiamato *triangolo di Einthoven*
- 3 derivazioni unipolari periferiche: aVF (Foot), aVL (Left arm), aVR (Right arm) (derivazioni di Goldberg)
- Le 6 derivazioni unipolari toraciche  $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$

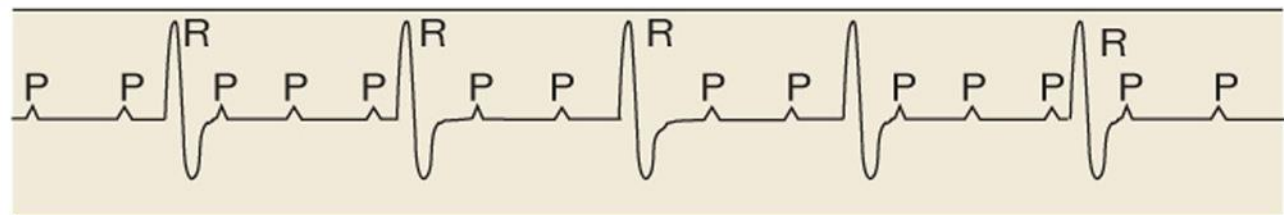
# Sistema delle 12 derivazioni cliniche: tracciati tipici



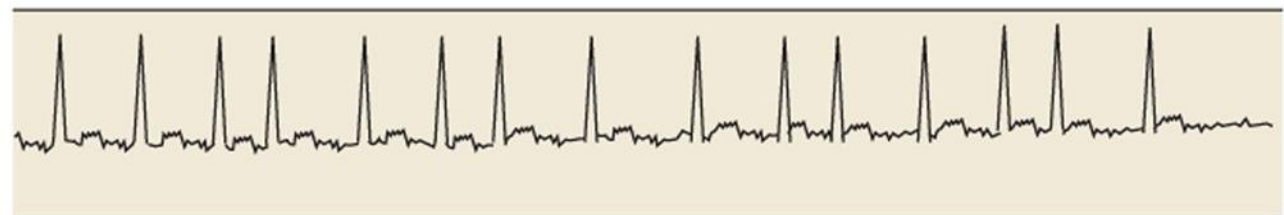
**(a)** ECG normale



**(b)** Blocco atrio-ventricolare di terzo grado



**(c)** Fibrillazione atriale



**(d)** Fibrillazione ventricolare

