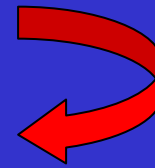


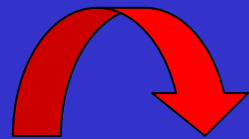
SISTEMA CARDIOVASCOLARE



CUORE



VASI SANGUIGNI

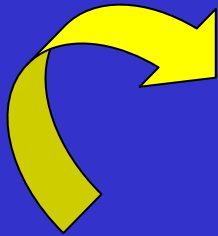


SANGUE

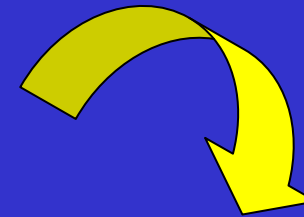
SISTEMA CARDIOVASCOLARE

- ◆ **Il cuore:** funziona come una pompa che distribuisce il flusso di sangue. E' un muscolo dotato di quattro camere: atrio destro e sinistro, che ricevono il sangue che ritorna al cuore dai vasi, e ventricolo destro e sinistro, che pompano il sangue nei vasi.
- ◆ **I vasi sanguigni:** (arterie, arteriole, capillari, venule e vene) sono i condotti attraverso i quali scorre il sangue
- ◆ **Il sangue:** agisce come un mezzo che veicola ossigeno e nutrienti alle cellule del corpo e rimuove anidride carbonica/prodotti catabolici

SISTEMA CARDIOVASCOLARE

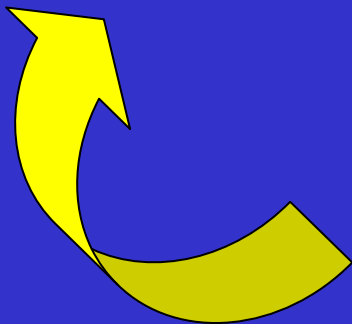


Circolazione Polmonare



Cuore destro

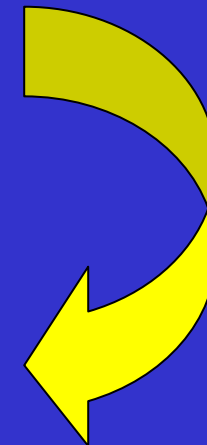
Cuore sinistro



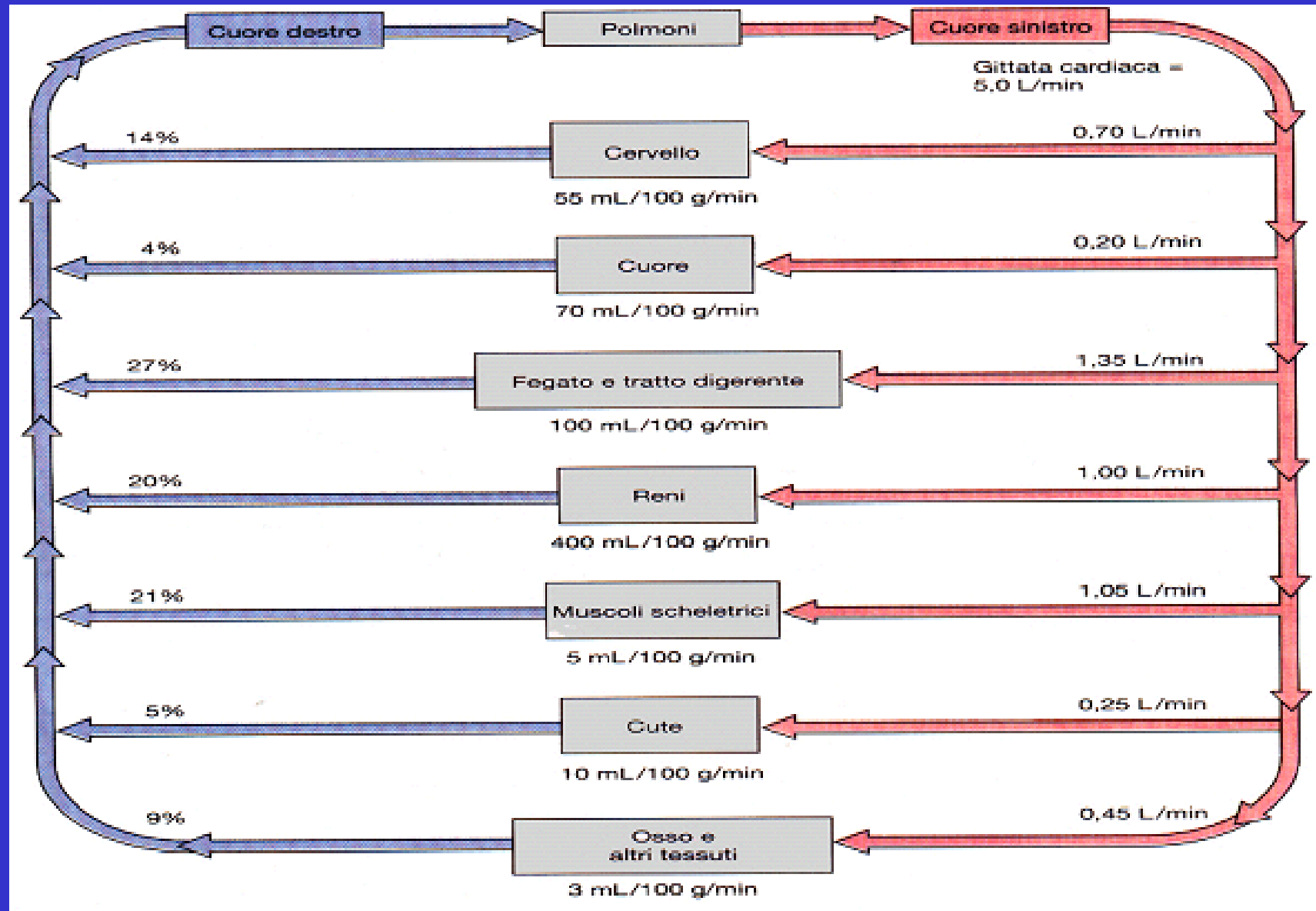
Circolazione Sistemica

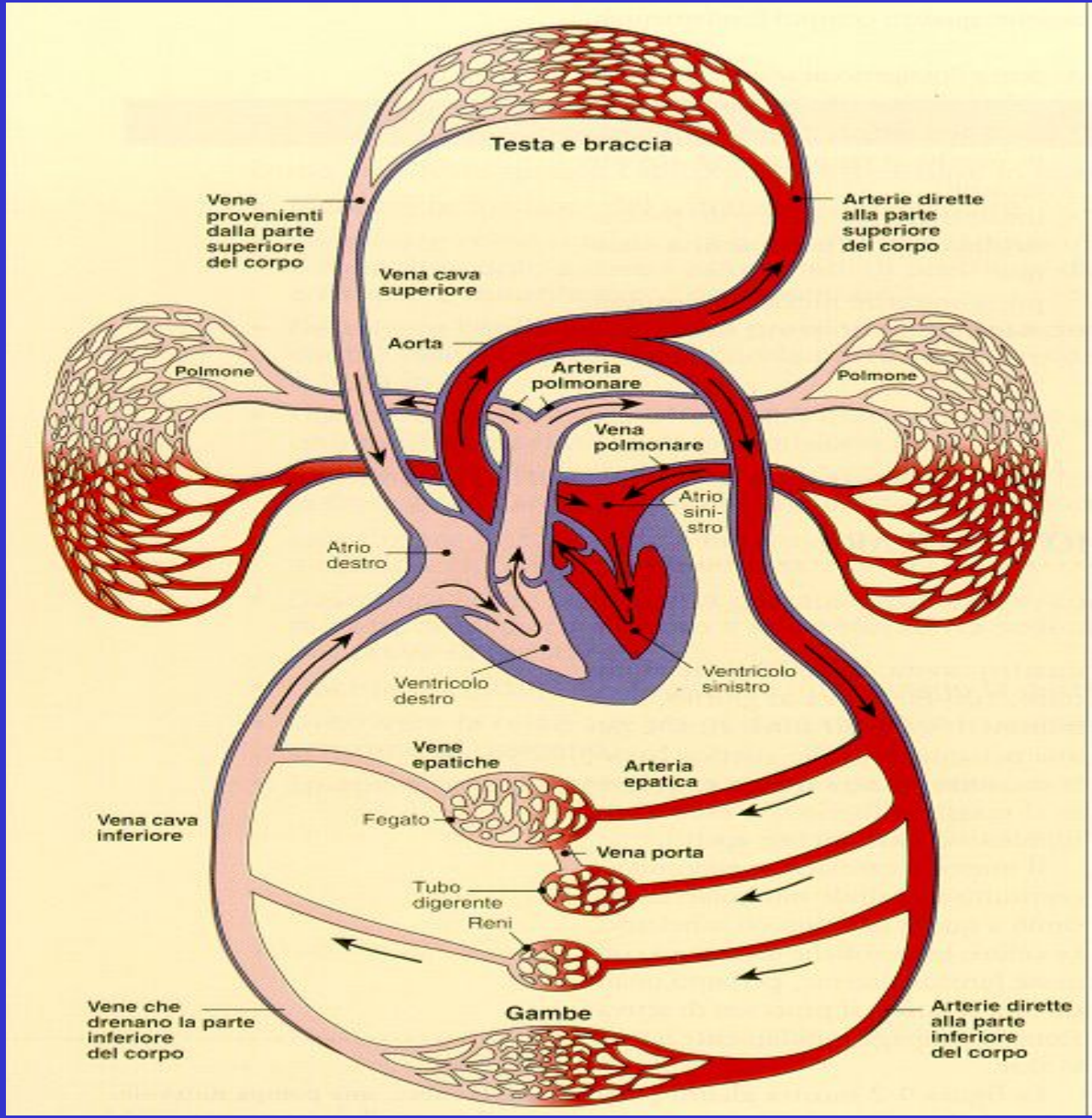
Cute
Tratto Digerente

Muscoli



SISTEMA CARDIOVASCOLARE





SISTEMA CARDIOVASCOLARE

CIRCOLAZIONE SISTEMICA

- SISTEMA ARTERIOSO (cuore sinistro)
 - CAPILLARI
- SISTEMA VENOSO (cuore destro)

www.fisiokinesiterapia.biz

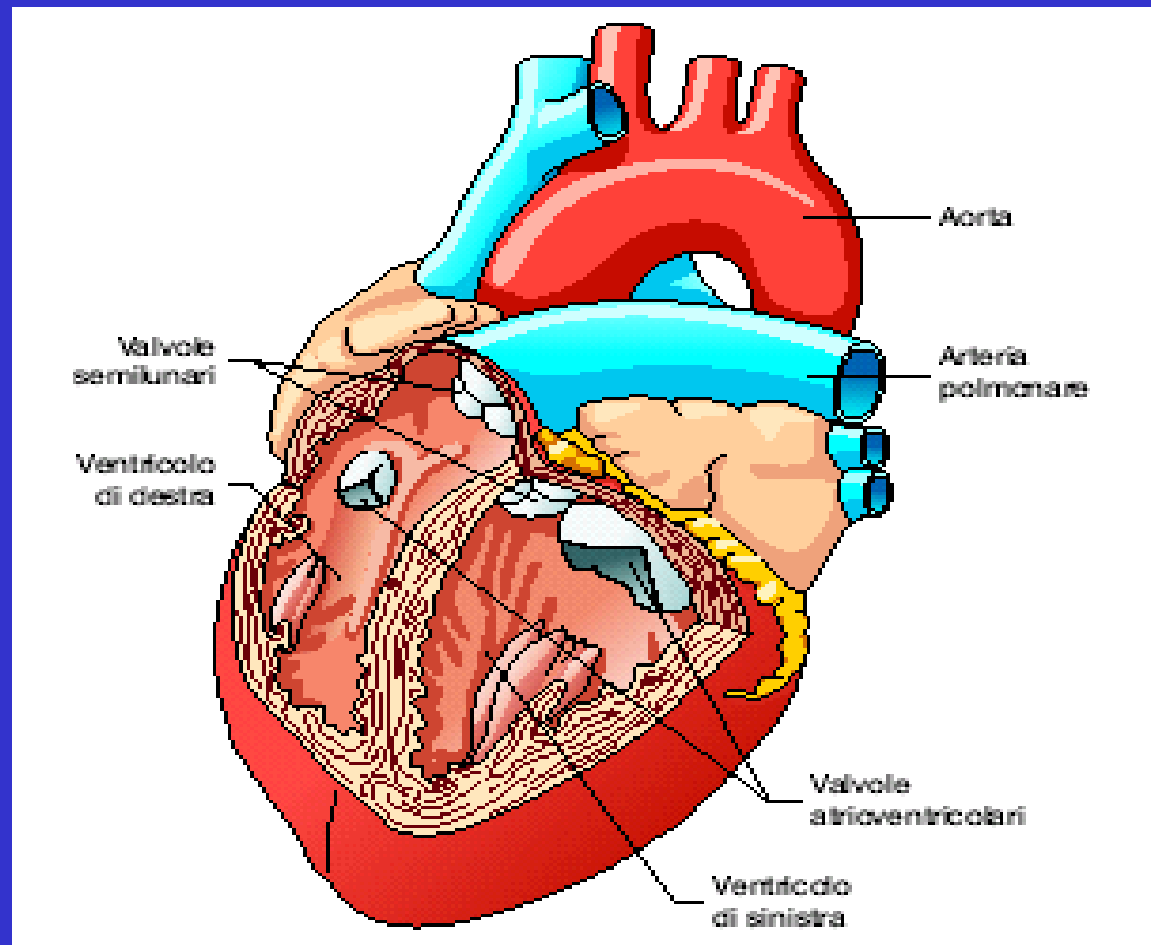
SISTEMA CARDIOVASCOLARE

CIRCOLZIONE POLMONARE

- **ARTERIE POLMONARI (cuore destro)**
 - **CAPILLARI POLMONARI**
- **VENE POLMONARI (cuore sinistro)**

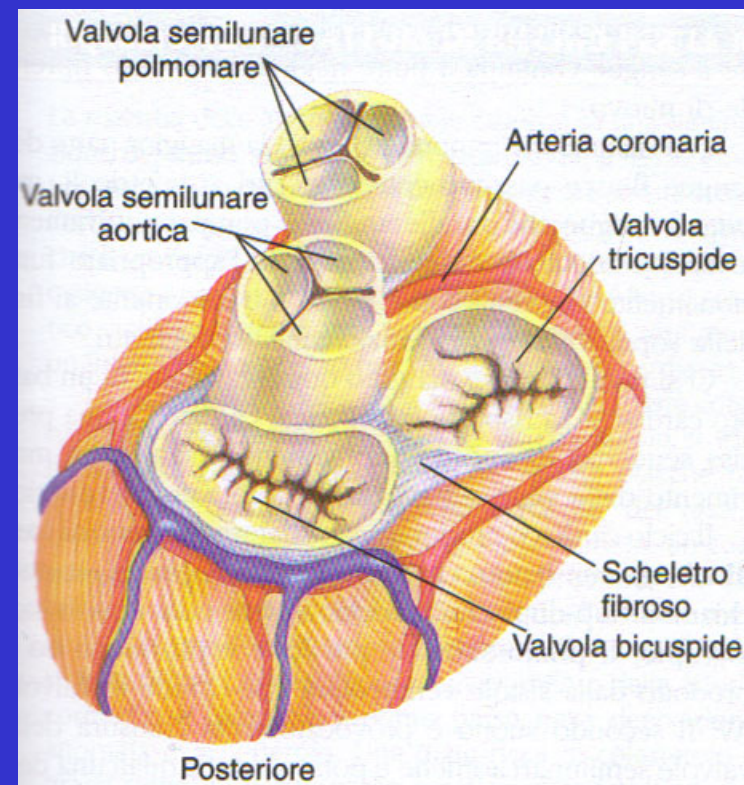
CUORE

“UNA POMPA MUSCOLARE”



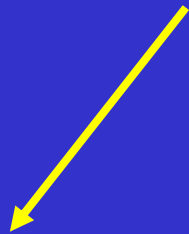
ANATOMIA FUNZIONALE

Il cuore è un organo muscolare costituito da 4 camere (atri e ventricoli) e da uno scheletro fibroso formato dai 4 anelli fibrosi che circondano i 4 orifici valvolari: 2 valvole atrio-ventricolari (*bicuspidè a sx e tricuspide a dx*) e 2 valvole semilunari arteriose. La *muscolatura degli atri* è formata da 2 sottili strati translucidi, quella *ventricolare* è invece spessa ed opaca.



TESSUTI CARDIACI

Tre diversi tessuti (compiti funzionali diversi nello svolgimento dell'attività cardiaca)



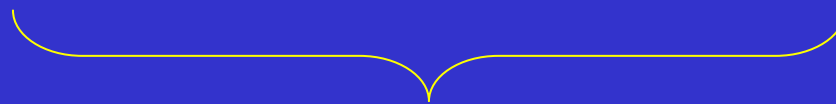
tessuto muscolare



tessuto nodale



tessuto di conduzione



MIOCARDIO SPECIFICO

TESSUTI CARDIACI

- Il *tessuto muscolare* contraendosi ritmicamente permette l'azione meccanica di pompa,
- Il *tessuto nodale* e quello di *conduzione* sono responsabili dell'insorgere (*nodo seno-atriale*) periodico dell'eccitamento e della sua propagazione (*fascio di His che si origina dal n. a-v*) coordinata tra atri e ventricoli e della propagazione dell'eccitamento a tutta la muscolatura ventricolare, che può così svolgere efficacemente l'azione di pompa.

La presenza di diversi tipi di tessuto conferisce al cuore 4 proprietà funzionali:

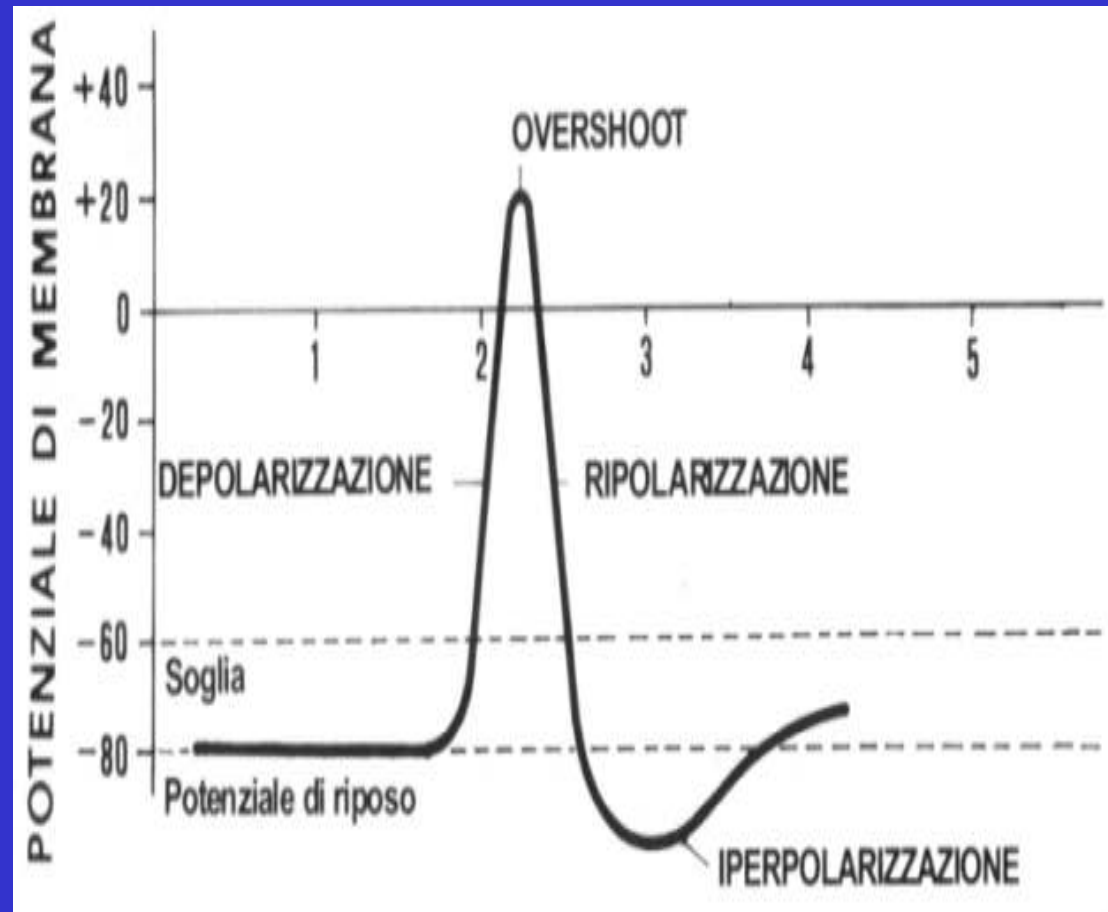
⇒ Eccitabilità (refrattarietà)

⇒ Ritmicità

⇒ Conducibilità

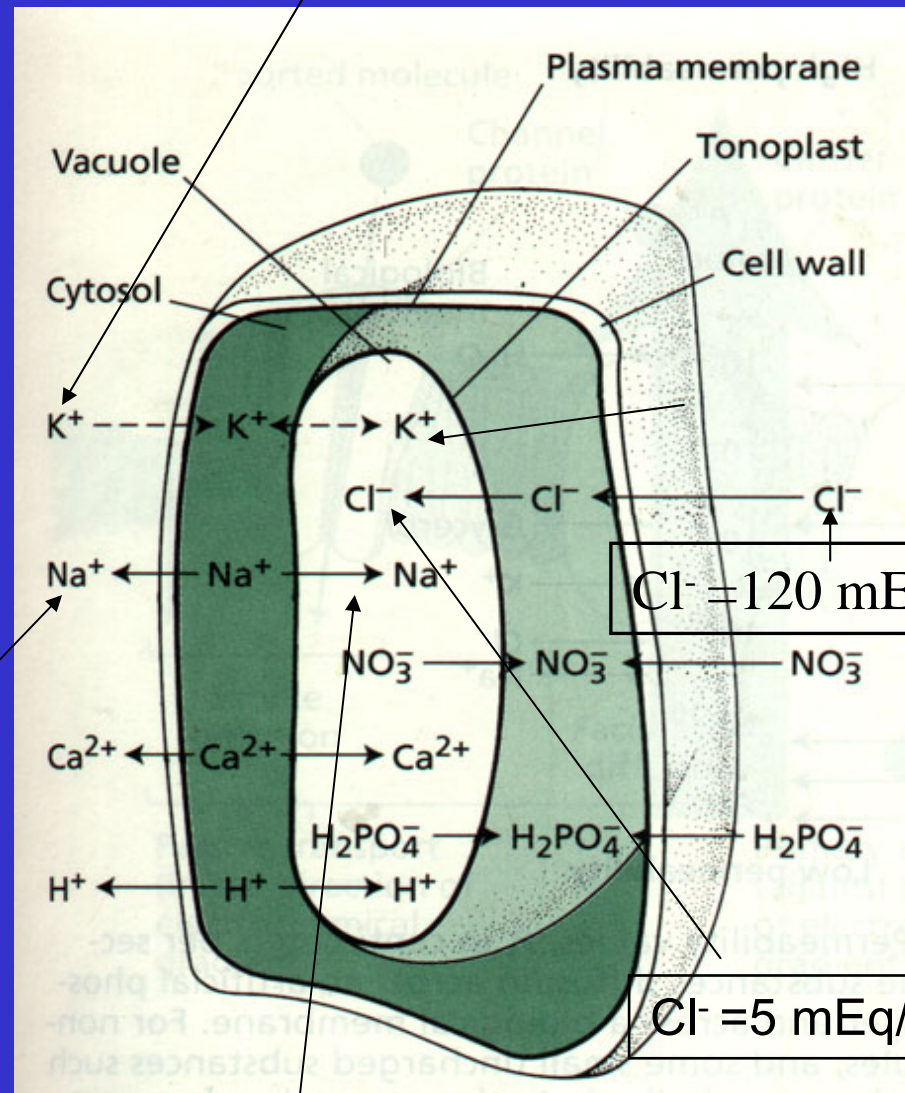
⇒ Contrattilità

L'*eccitabilità* è la proprietà di rispondere ad uno stimolo, adeguato per qualità ed intensità, con un cambiamento di stato. Le cellule cardiache rispondono ad un adeguato stimolo con una modificazione del loro *potenziale di riposo*, detta ***potenziale d'azione*** cui segue una contrazione.



Il *potenziale di riposo* si instaura tra interno ed esterno della **cellula non eccitata** (può essere misurato con dei **microelettrodi**).

A riposo la membrana cellulare è *permeabile* agli ioni K^+ e Cl^- mentre è *impermeabile* agli ioni Na^+ .



$K^+ = 4 \text{ mEq/l}$

$Na^+ = 145 \text{ mEq/l}$

$Cl^- = 120 \text{ mEq/l}$

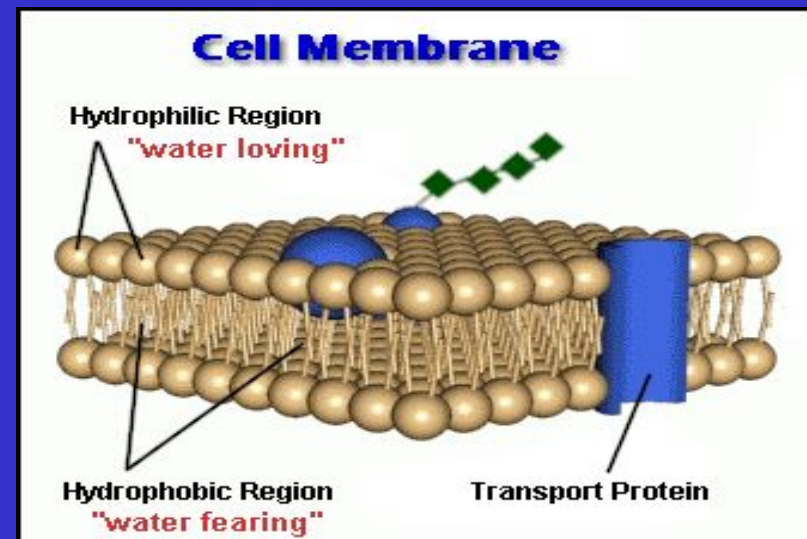
$Cl^- = 5 \text{ mEq/l}$

$Na^+ = 14 \text{ mEq/l}$

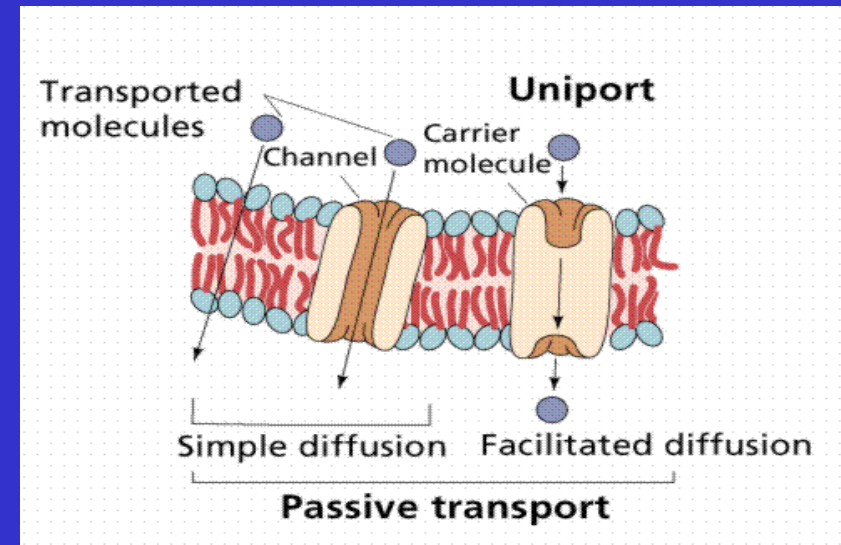
IL K^+ **non** potrebbe uscire perché:

- non si può scambiare con un Na^+ (impermeabilità della membrana allo ione Na^+ , inoltre la *pompa* $Na^+ - K^+$ lo ributterebbe fuori)
- non può associarsi ad un anione A^- perché questo è troppo grande per passare attraverso la membrana cellulare
- non può associarsi al Cl^- perché varierebbe la stechiometria di quest'ultimo all'interno della cellula, e il Cl^- andrebbe contro un gradiente di concentrazione

Tuttavia una parte di K^+ passa fuori e gli anioni interni si dispongono sulla parete mantenendo bloccati i K^+ subito fuori la membrana cellulare *polarizzandola*.



Il potenziale di membrana è imposto dallo ione a cui è più permeabile in quel momento la membrana cellulare. **A riposo**, dunque, il potenziale dipende da K^+ .

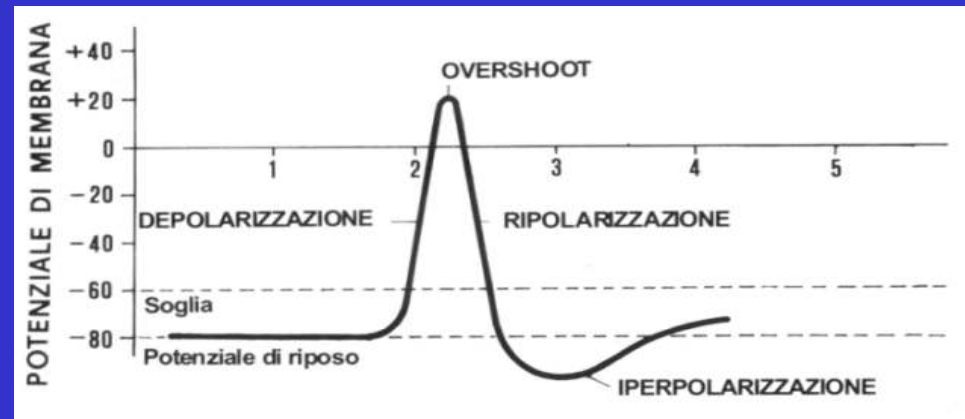


Il potenziale d'azione di diffusione all'equilibrio per il K^+ è dato dall'*equazione di Nernst*:

$$E_{K^+} = \frac{RT}{nF} \ln \frac{[K^+]_{ext}}{[K^+]_{int}} = -94mV$$

$R=8.2$ J/mol K, T =temperatura assoluta, F =Faraday (96500 Coulomb), n =valenza con segno dello ione

Il potenziale d'azione è la modificazione del potenziale di membrana a seguito di un opportuno stimolo.



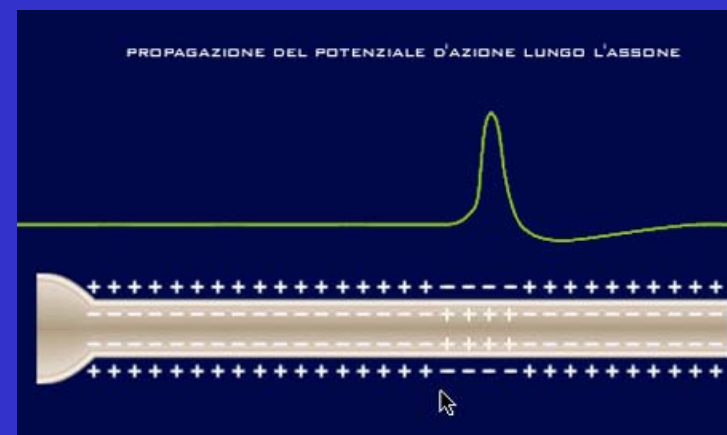
La durata complessiva del potenziale d'azione **ventricolare** varia con la frequenza cardiaca (diminuisce all'aumentare di questa). Per frequenze di riposo la durata è di 200-300ms contro 3-6ms delle fibre **muscolari**.

La durata dipende dalla *taglia* dell'animale:

Per frequenze cardiache di 100-150 bat/min=

200-250ms (cane, gatto)

50-70ms (animali più piccoli)



RISPOSTA RAPIDA



Nelle fibre ventricolari dell'uomo si possono distinguere 5 fasi:

Fase 0: depolarizzazione rapida (1-3 ms)

Fase 1: ripolarizzazione rapida iniziale (6-15 ms)

Fase 2: ripolarizzazione lenta, *plateau* (90-100 ms)

Fase 3: ripolarizzazione rapida finale (100-150 ms complessivamente)

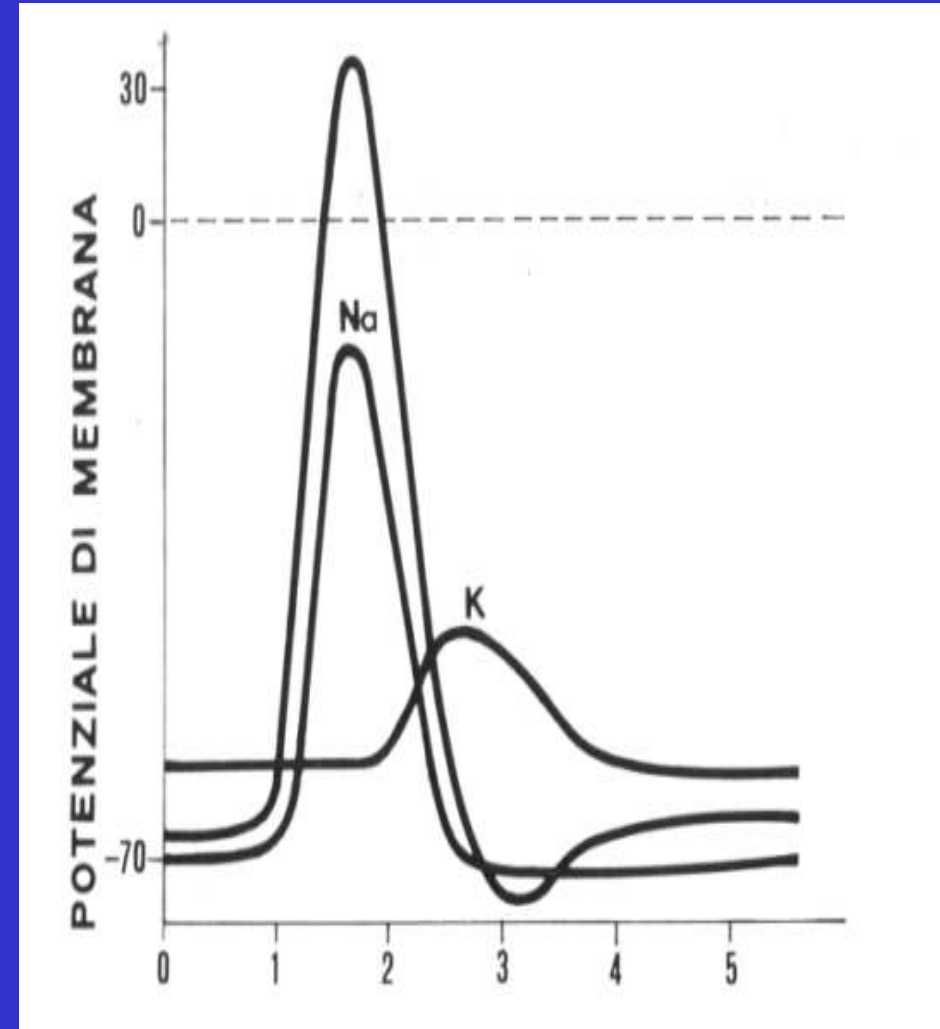
Fase 4: diastolica, corrispondente al periodo diastolico e della stessa durata.

1) la permeabilità ad un dato ione dipende dal valore del potenziale raggiunto dalla membrana cellulare

2) dal tempo (possono cessare anche se il potenziale favorevole al passaggio dello ione)

3) possono richiedere un tempo per attivarsi

4) fluiscono attraverso **canali** (fosfolipidi, proteine) che distinguono gli ioni, probabilmente in base alle dimensioni



Variazione della permeabilità agli ioni Na⁺ e K⁺ nel corso di un potenziale d'azione

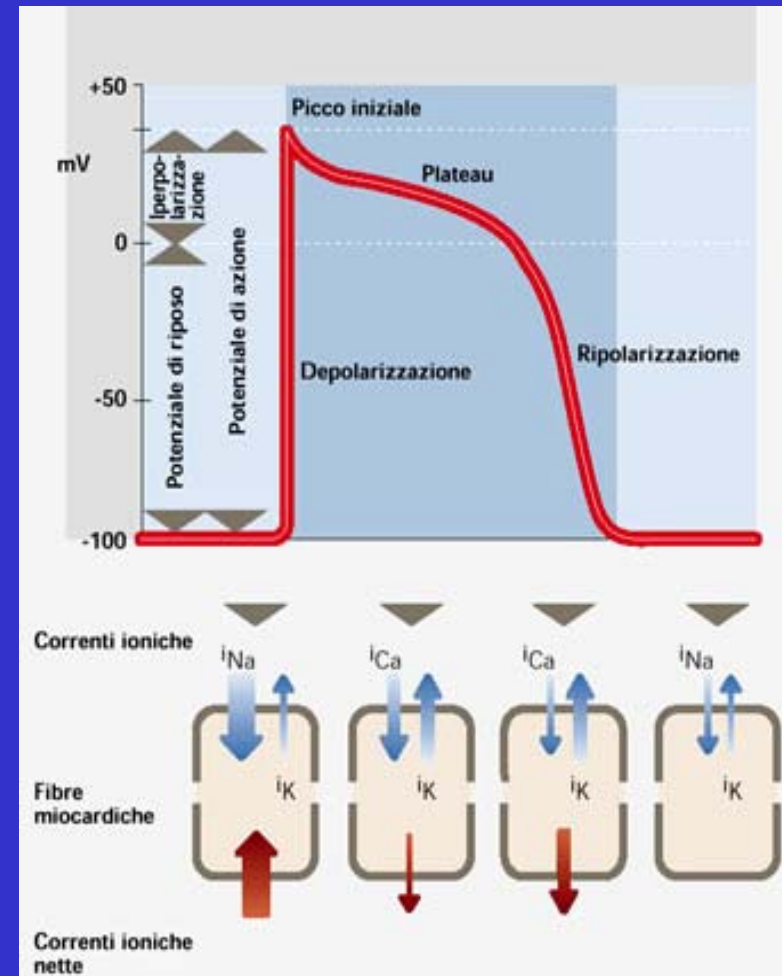
◆ FASE 0 (depolarizzazione). L'evento scatenante è l'aumento improvviso della permeabilità al Na^+ in seguito a stimolazione. L' Na^+ entra e determina una depolarizzazione. I canali si aprono per valori da -85 mV a -65 mV .

◆ FASE 1 (ripolarizzazione rapida iniziale). Dipende dall'andamento di permeabilità al K^+ e dalla diminuzione di permeabilità al Na^+ .

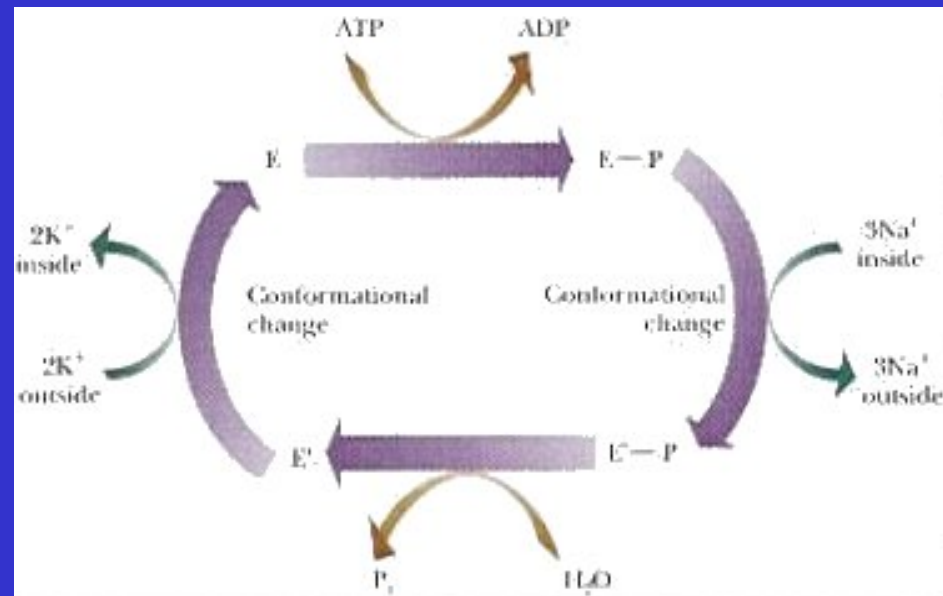
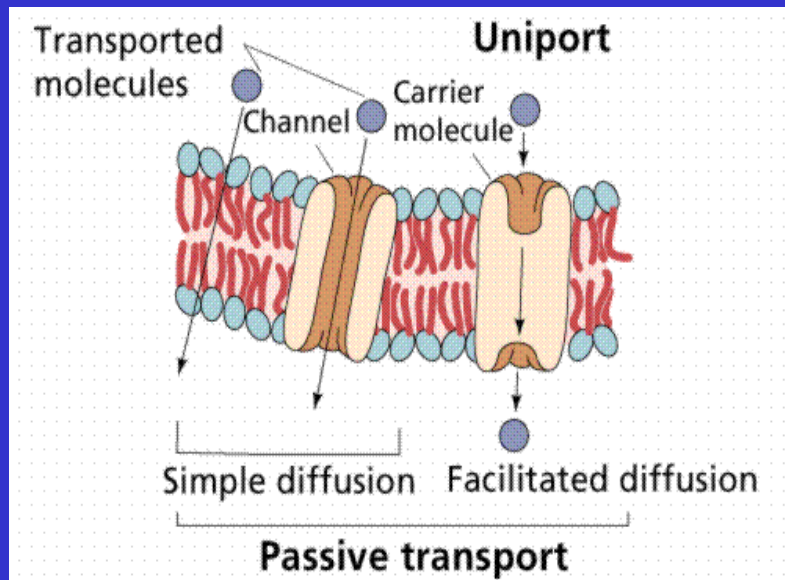
◆ FASE 2 (ripolarizzazione lenta, plateau). Entrano ioni Ca^{++} che compensano l'uscita degli ioni K^+ .

◆ FASE 3 (ripolarizzazione rapida terminale). Il flusso di K^+ aumenta in uscita.

◆ FASE 4 (diastolica). Nelle cellule della muscolatura atriale e ventricolare si attiva la ATPasi Na^+/K^+ dipendente. Le cellule pacemaker possono presentare una lenta depolarizzazione diastolica che genera un potenziale d'azione capace di propagarsi a tutto il tessuto.

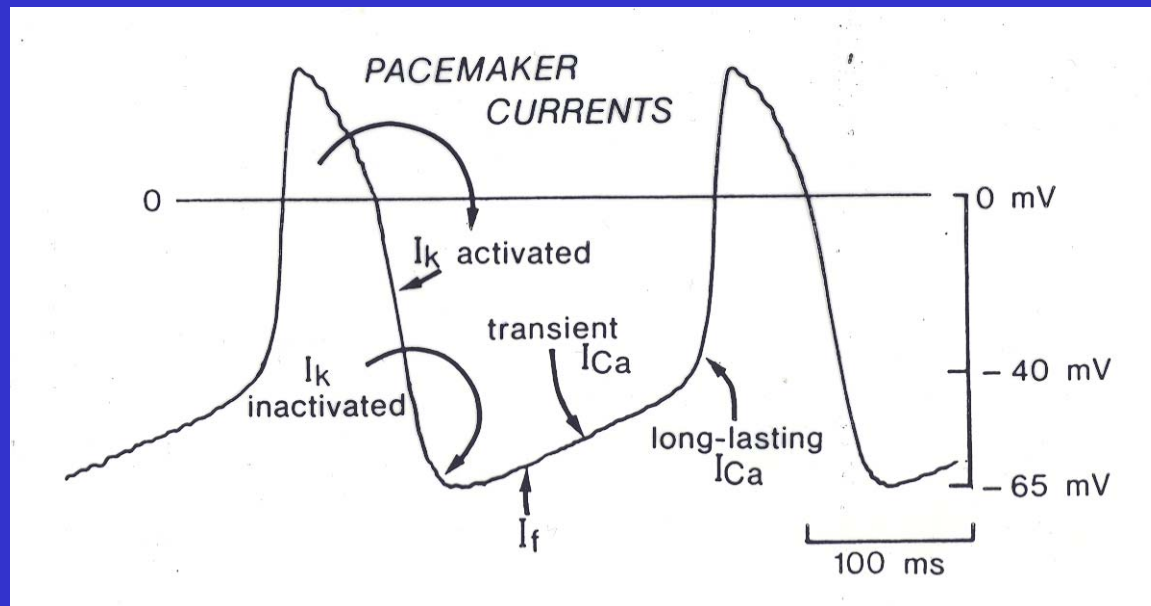


A ripolarizzazione avvenuta (-85mV) il ripristino dell'equilibrio ionico è assicurato dalla pompa Na-K (a spese di ATP) tale scambio avviene con l'intervento di trasportatori (carrier).
La pompa Na-K va contro un gradiente di concentrazione.



RISPOSTA LENTA

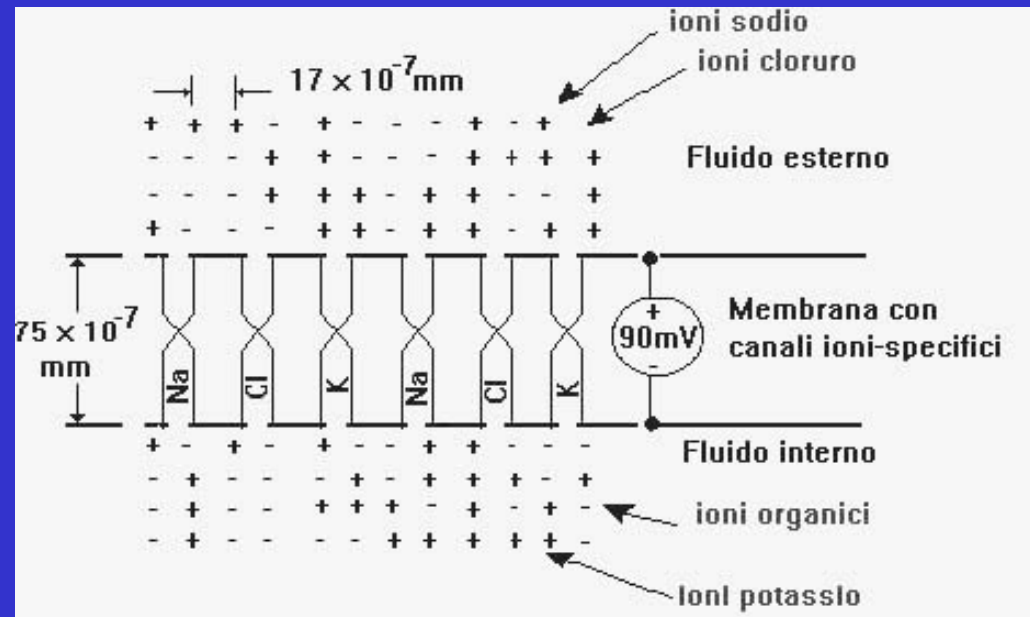
- FASE ASCENDENTE LENTA
- ASSENZA RIPOLARIZZAZIONE PRECOCE
- PLATEAU MENO PROLUNGATO



Nelle fibre **spontaneamente ritmiche** del *tessuto nodale*, la fase 4 del potenziale d'azione intracellulare presenta una depolarizzazione diastolica spontanea (**PREPOTENZIALE**) per cui il potenziale di membrana raggiunge spontaneamente il livello di soglia.

Origine del potenziale d'azione

È dovuto alle correnti ioniche per le quali valgono le seguenti proprietà:



FUNZIONE DEL CUORE

- La funzione del cuore è quella di far circolare incessantemente il sangue, contraendosi e rilasciandosi ritmicamente, spingendo il sangue nelle arterie e aspirandolo dalle vene.
- Il movimento di contrazione è definito **sistole**, mentre quello di rilasciamento è detto **diastole**.
- Questi due movimenti si alternano regolarmente per gli atri e i ventricoli: quando gli atri si contraggono (sistole atriale) i ventricoli si distendono (diastole ventricolare) e viceversa, quando i ventricoli si contraggono gli atri si distendono.

CICLO CARDIACO

- Il ciclo cardiaco, cioè la successione ritmica di questi movimenti, si svolge in tre fasi:
- Durante la sistole atriale, gli atri si contraggono e spingono il sangue nei ventricoli dilatati attraverso le valvole atrio-ventricolari (tricuspide e mitrale) aperte.
- Durante la sistole ventricolare la muscolatura dei ventricoli si tende e si contrae spingendo il sangue nelle arterie. Le valvole atrio-ventricolari si chiudono e quelle semilunari si aprono, mentre gli atri vengono distesi.
- Pausa nella quale tutto il cuore è in diastole (rilasciamento).

CICLO CARDIACO

- **FASE 1: riempimento o diastole ventricolare**
 - pressione intraventricolare inferiore a quella atriale
 - apertura valvole atrio ventricolari
 - riempimento ventricolare (80% del sangue)
 - diastasi (5% del sangue)
 - contrazione atriale (15% del sangue)
 - chiusura valvole atrio ventricolari

CICLO CARDIACO

- **FASE 2: contrazione isovolumetrica dei ventricoli**
 - valvole atrioventricolari e arteriose chiuse
 - contrazione ventricolare isovolumetrica
 - apertura valvole arteriose
- **FASE 3: contrazione isotonica dei ventricoli**
 - espulsione del sangue
 - caduta della pressione intraventricolare
 - chiusura valvole arteriose

CICLO CARDIACO

- **FASE 4: rilasciamento isovolumetrico**

- rilasciamento ventricolare
- pressione ventricolare inferiore a quella atriale
- apertura valvole atrio ventricolari

FASE 5: rilasciamento isotonico

- dilatazione ventricolare
- pressione atriale superiore a quella ventricolare
- riempimento ventricolare

CICLO CARDIACO

- Frequenza cardiaca 72 battiti al minuto
- Durata ciclo cardiaco circa 0.8 s
 - presistole 0.1 s
 - diastole atriale 0.5 s
 - sistole 0.3 s

TONI CARDIACI

I TONO: Chiusura delle valvole atrio ventricolari

II TONO: Chiusura delle valvole semilunari

III TONO: Rapido riempimento ventricolare

IV TONO: Contrazione atriale

TONI CARDIACI

Il nostro orecchio può avvertire frequenze tra i 20 ed i 16000 Hz. Le componenti dei toni vanno da 30 a 250 Hz, le prime due da 60 a 100 Hz, le seconde due sotto i 40 Hz.

- I primi due toni formano il caratteristico “lud-dub”: il primo più lungo e bassa, il secondo più corto e acuto per una maggiore pressione con cui si chiudono le semilunari
- Il terzo, di bassa intensità, può essere udito in diastole iniziale per i movimenti di sangue che riempie il ventricolo a valvole aperte
- il quarto, basse vibrazioni, è dovuto alle oscillazioni del sangue e delle camere cardiache durante le contrazioni atriali

GETTATA CARDIACA

- Quantità di sangue che in 1 minuto viene pompata dal ventricolo sinistro nell'aorta
 - Gettata cardiaca media a riposo 5 l/min
- Gettata sistolica: differenza tra il volume di sangue che riempie il ventricolo alla fine della diastole (volume TELEDIASTOLICO = 120 ml) e il volume di sangue che resta nel ventricolo alla fine della sistole (VOLUME TELESISTOLICO = 50/60 ml)

www.fisiokinesiterapia.biz

GETTATA CARDIACA

$$GC = f \times GS$$

F = numero di battiti al minuto

GS = gettata sistolica

$$GC = 72 \text{ battiti/minuto} \times 70 \text{ ml/battito} = 5 \text{ l/min}$$