

GITTATA CARDIACA: $GC = 5 \text{ L/min}$

Dipende dalle esigenze metaboliche dell'organismo e quindi dal consumo di O_2

Consumo O_2 medio in condizioni basali 250 ml/min

Consumo O_2 può salire fino a $3-4 \text{ l/min}$ durante esercizio fisico

$GC =$ da 5 a $25-30 \text{ l/min}$

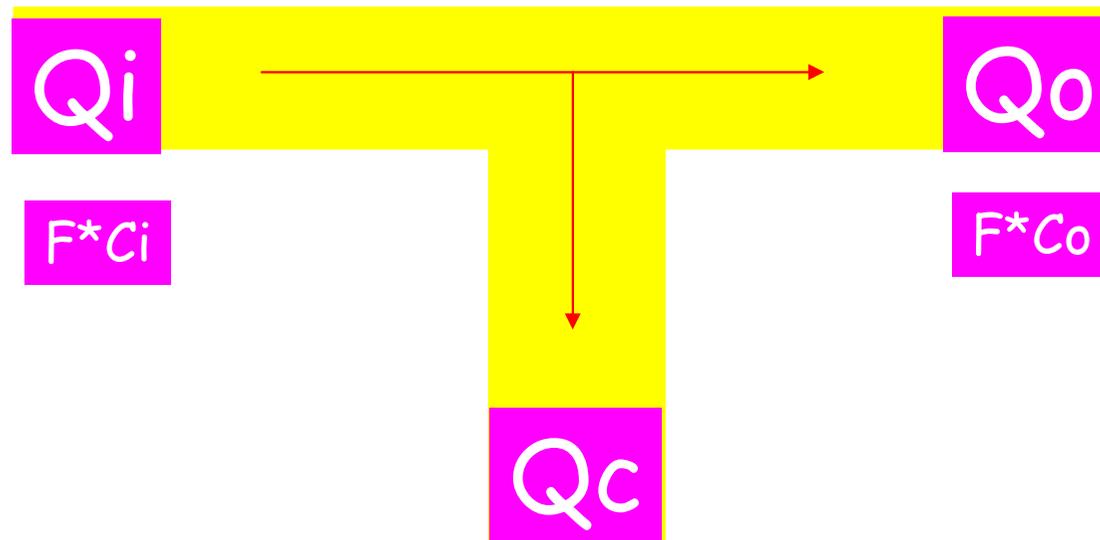
Metodi di misurazione

- Principio di Fick
- Metodo della diluizione
- Eco-doppler
- Flussimetria elettromagnetica

Principio di FICK

$$Q_c = Q_i - Q_o = F C_i - F C_o = F (C_i - C_o)$$

$$F = Q / (C_i - C_o)$$



La misurazione della Gittata cardiaca (GC) può essere effettuata applicando il Principio di Fick:

$$Q = FC_i - FC_o = F (C_i - C_o)$$

$$F = Q / (C_i - C_o)$$

Questa relazione può essere utilizzata per determinare il flusso di sangue F che attraversa il polmone, cioè la GC , utilizzando come indicatore naturale l' O_2 .

In questo caso, la quantità di sostanza è il VO_2 (Volume di O_2) prelevato nell'unità di tempo a livello polmonare (misurato con uno spirometro), e $C_1 - C_2$ la differenza di concentrazione di O_2 tra sangue arterioso e sangue venoso ($C_{aO_2} - C_{vO_2}$). Per cui:

$$GC = V_{O_2} / (C_{aO_2} - C_{vO_2})$$

$$F = Q / (C_1 - C_2)$$

q = Quantità sostanza assorbita, è il volume di O_2 (V_{O_2}) prelevato nell'unità di tempo a livello polmonare (corrisponde al consumo di O_2 misurato con uno spirometro)

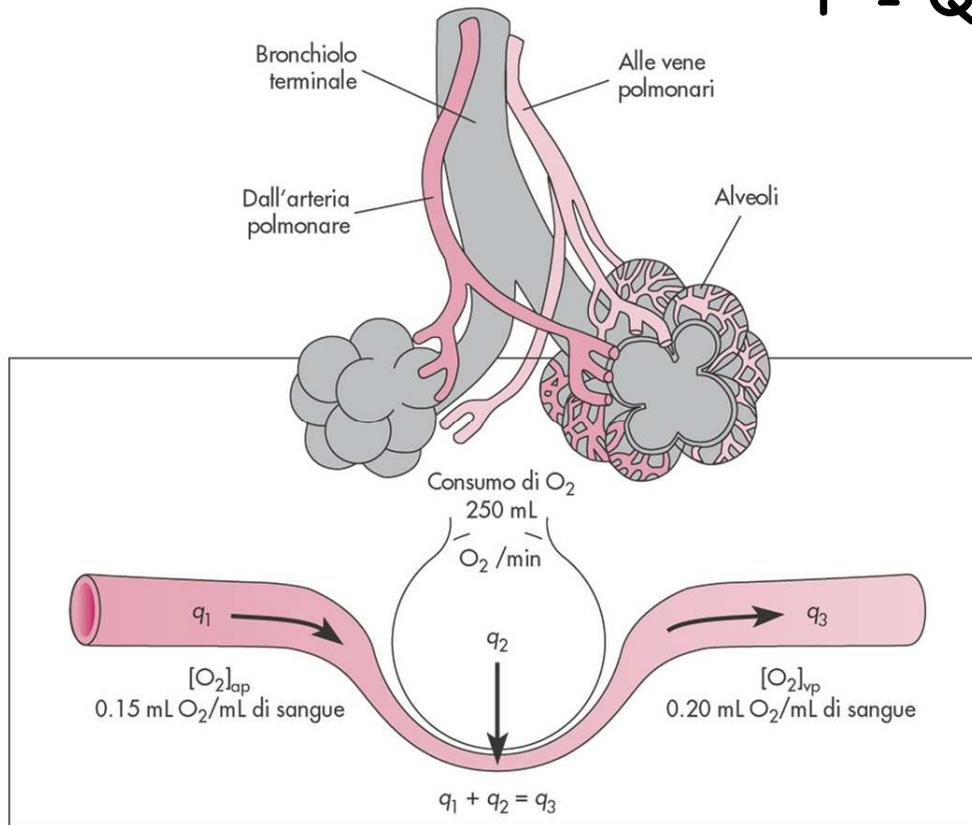
$C_1 - C_2$ = differenza concentrazione O_2 sangue arterioso e venoso ($C_{aO_2} - C_{vO_2}$). Per cui:

$$GC = V_{O_2} / (C_{aO_2} - C_{vO_2})$$

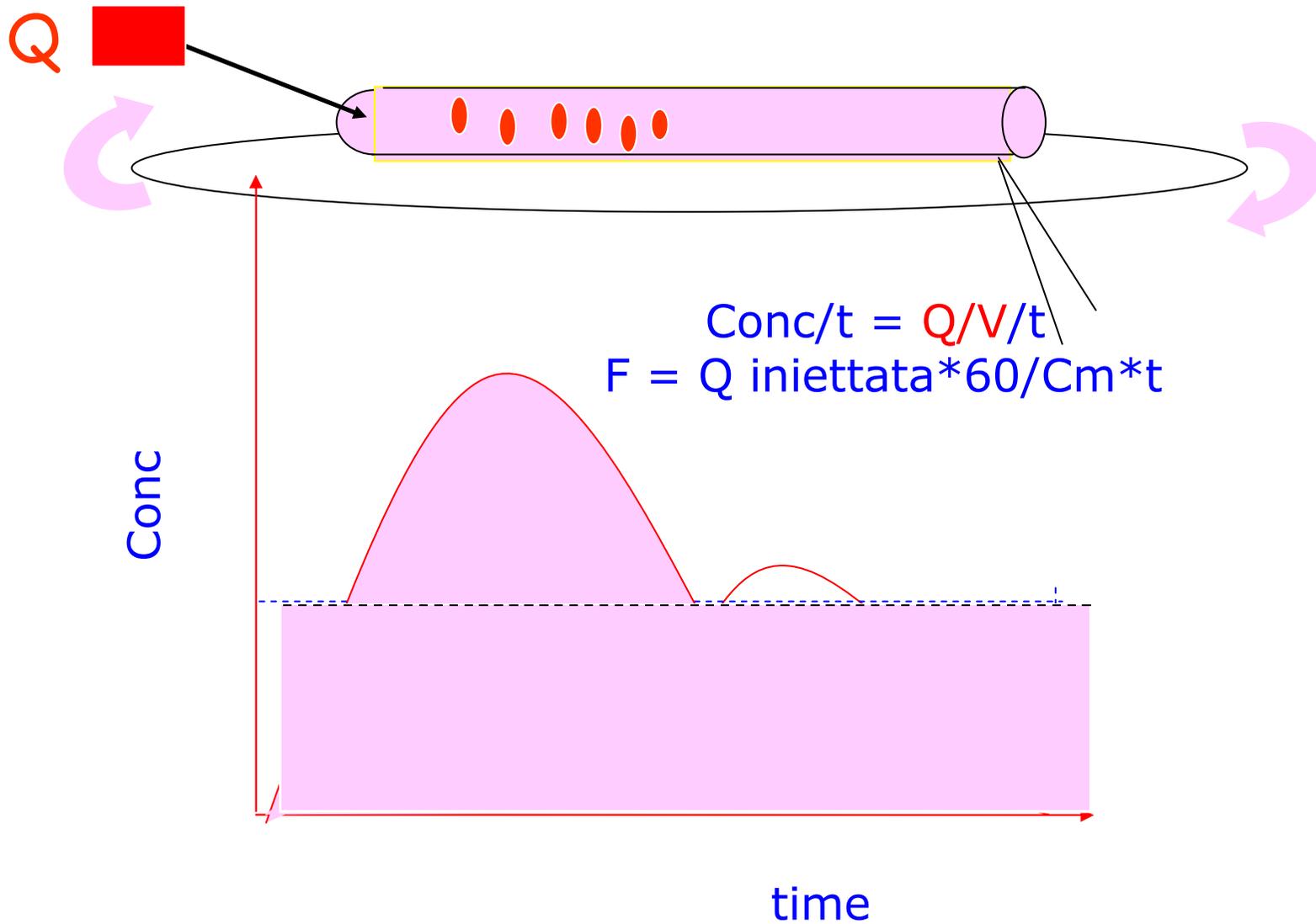
Individuo corporatura media: consumo O_2 a riposo = 250 ml/min, C_{aO_2} e C_{vO_2} = 0.2 e 0.15 ml/ml.

Per cui:

$$GC = \frac{250 \text{ ml/min}}{(0.2 - 0.15) \text{ ml/ml}} = 5000 \text{ ml/min}$$



Metodo della diluizione



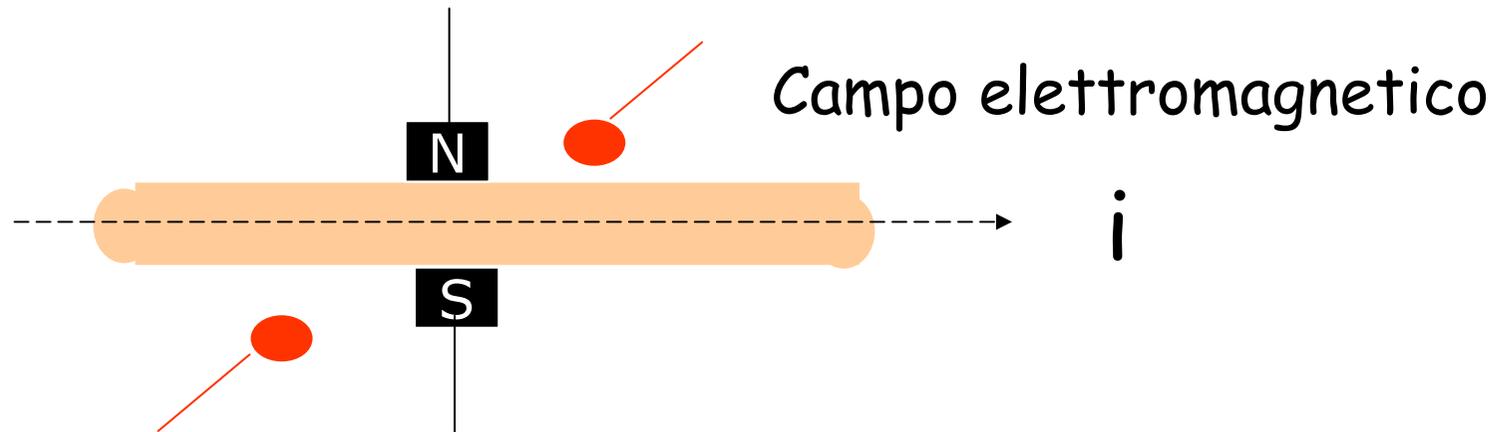
Effetto Doppler



+ Vel del corpo = - Freq US

Velocità * sezione = Flusso

Flussimetria elettromagnetica

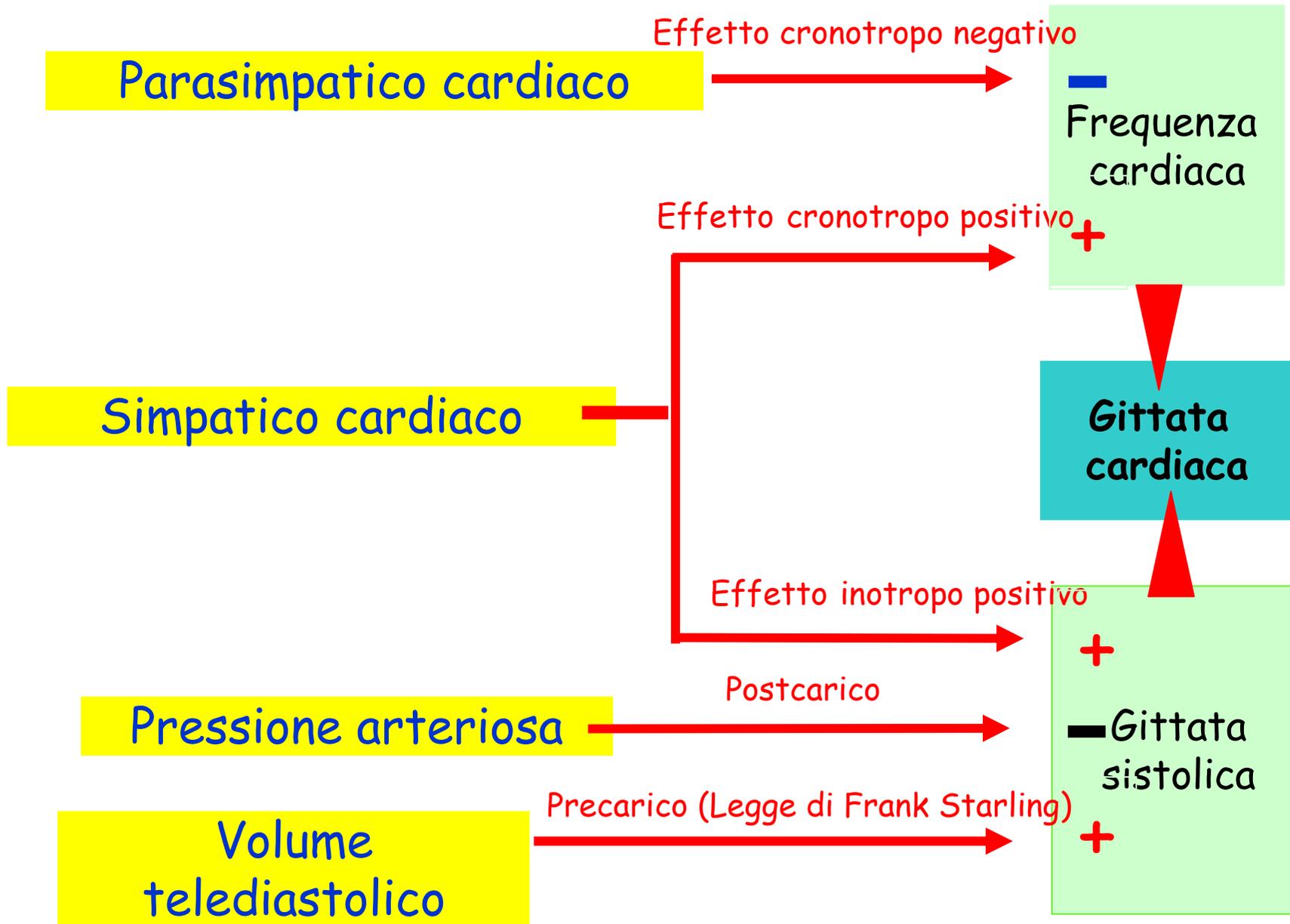


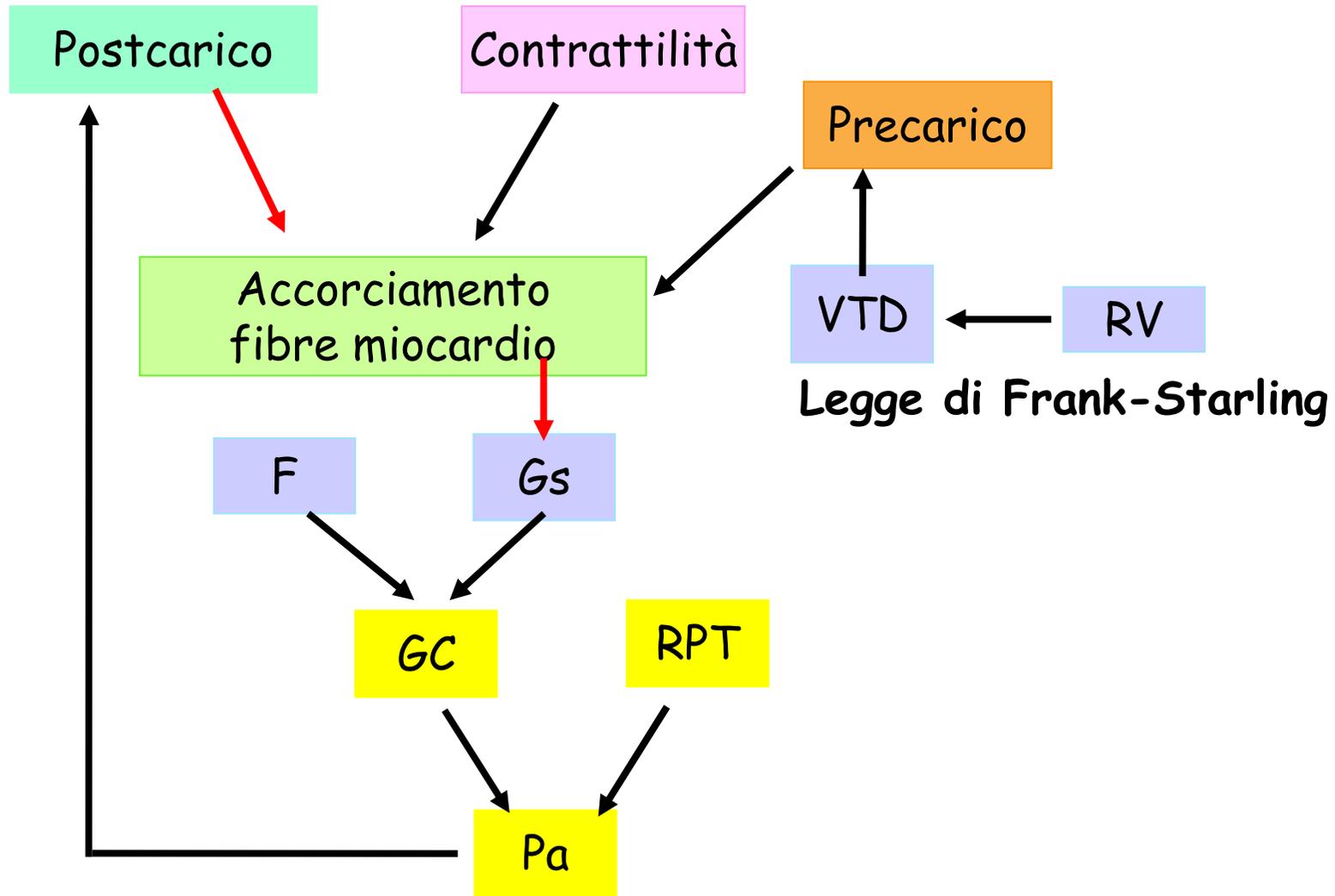
Un conduttore, che si muove attraverso un campo magnetico (CM), genera un campo elettrico perpendicolare alla direzione del movimento e alle linee di forza del CM stesso.

Vaso sanguigno posto tra due poli di un magnete + due elettrodi collocati ai due lati del vaso, perpendicolarmente alle linee di forza del magnete.

Quando il sangue (conduttore perché contiene elettroliti) scorre attraverso il CM, tra i due elettrodi si genera un voltaggio proporzionale all'entità del flusso.

$$\text{Gittata Cardiacca} = G_s \times F$$

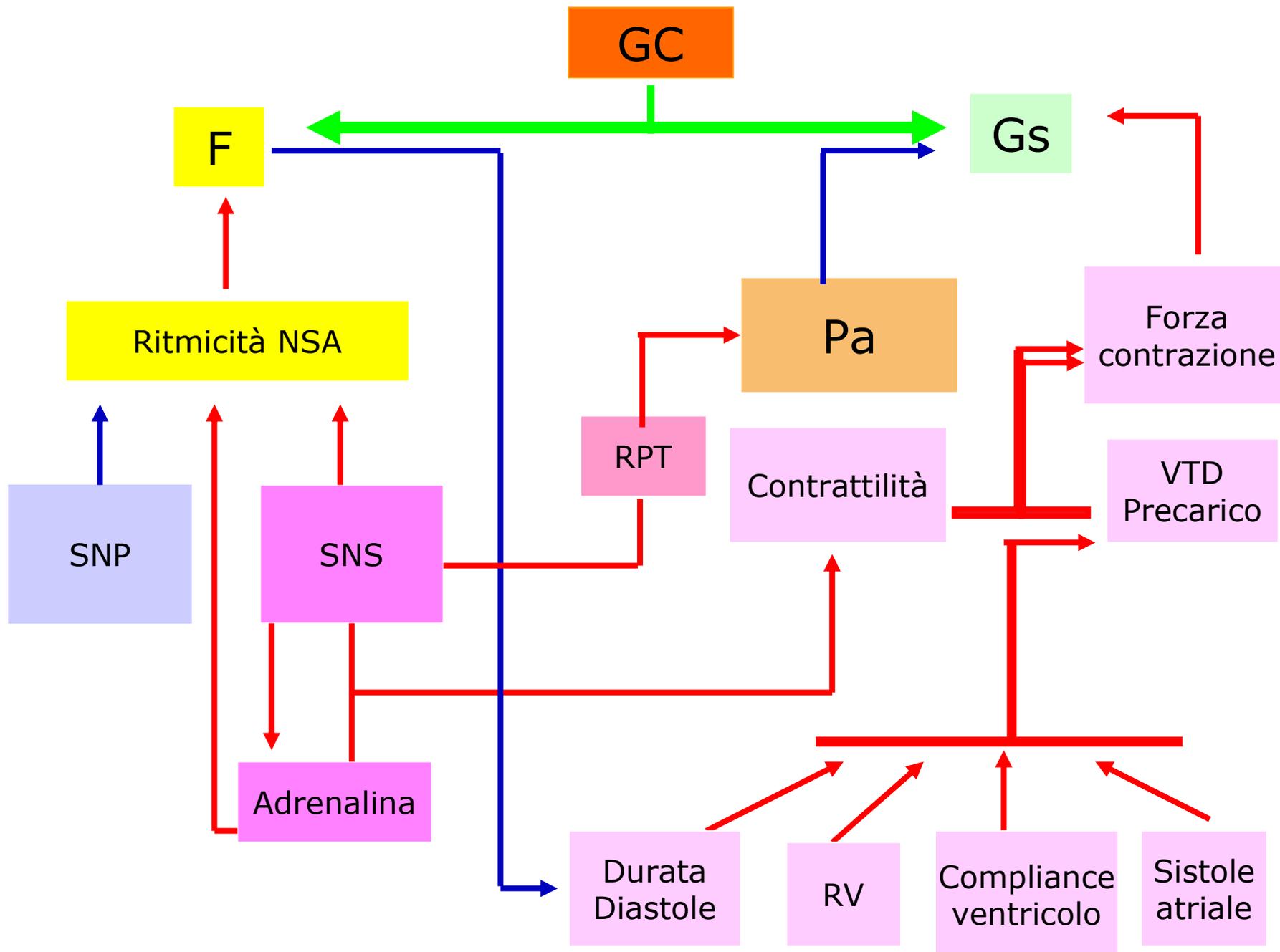




Aumento parametro a monte causa diminuzione parametro a valle



Aumento parametro a monte causa aumento parametro a valle



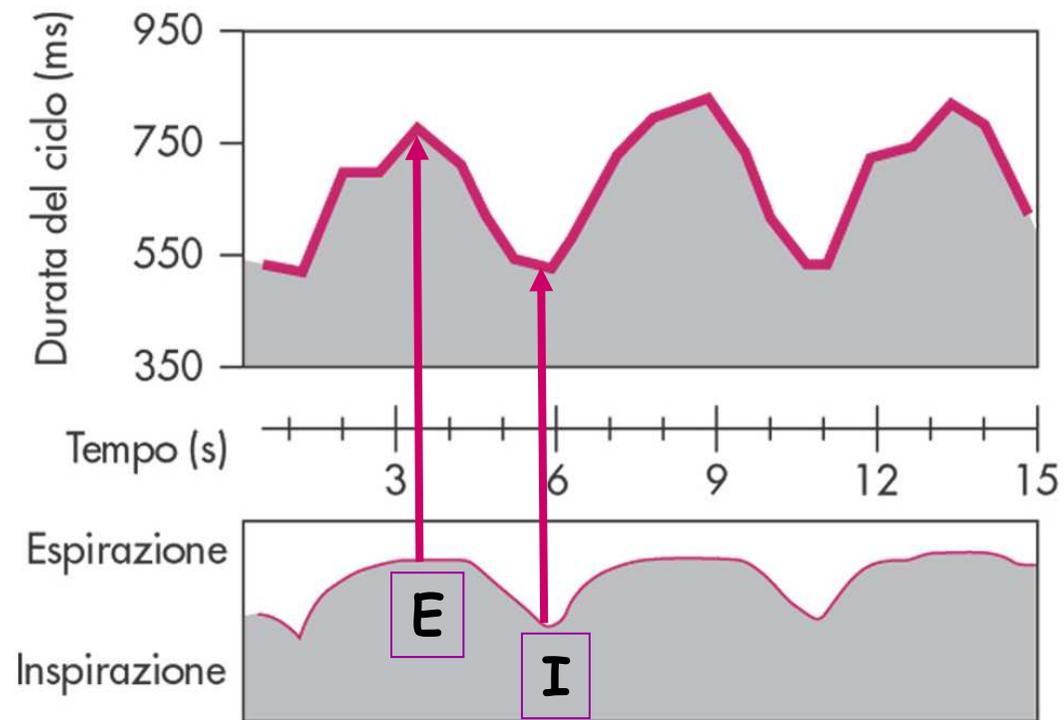
MODIFICAZIONI DI FREQUENZA DETERMINATE DA AUMENTO DEL RITORNO VENOSO

- **Riflesso di Bambridge:** L'aumento del ritorno venoso provoca, in seguito a stimolazione di recettori da stiramento a livello atriale, un aumento di frequenza

La branca afferente del riflesso è rappresentata da afferenze vagali che a livello centrale determinano riduzione del tono vagale ed aumento di quello simpatico

Responsabile dell'aritmia respiratoria: aumento frequenza cardiaca in inspirazione e riduzione in espirazione

- **Effetto meccanico:** L'aumento del ritorno venoso provoca stiramento delle cellule del nodo seno atriale a cui consegue un aumento della frequenza di insorgenza del potenziale d'azione.



Aumento Gittata sistolica:

Meccanismo di Frank-Starling

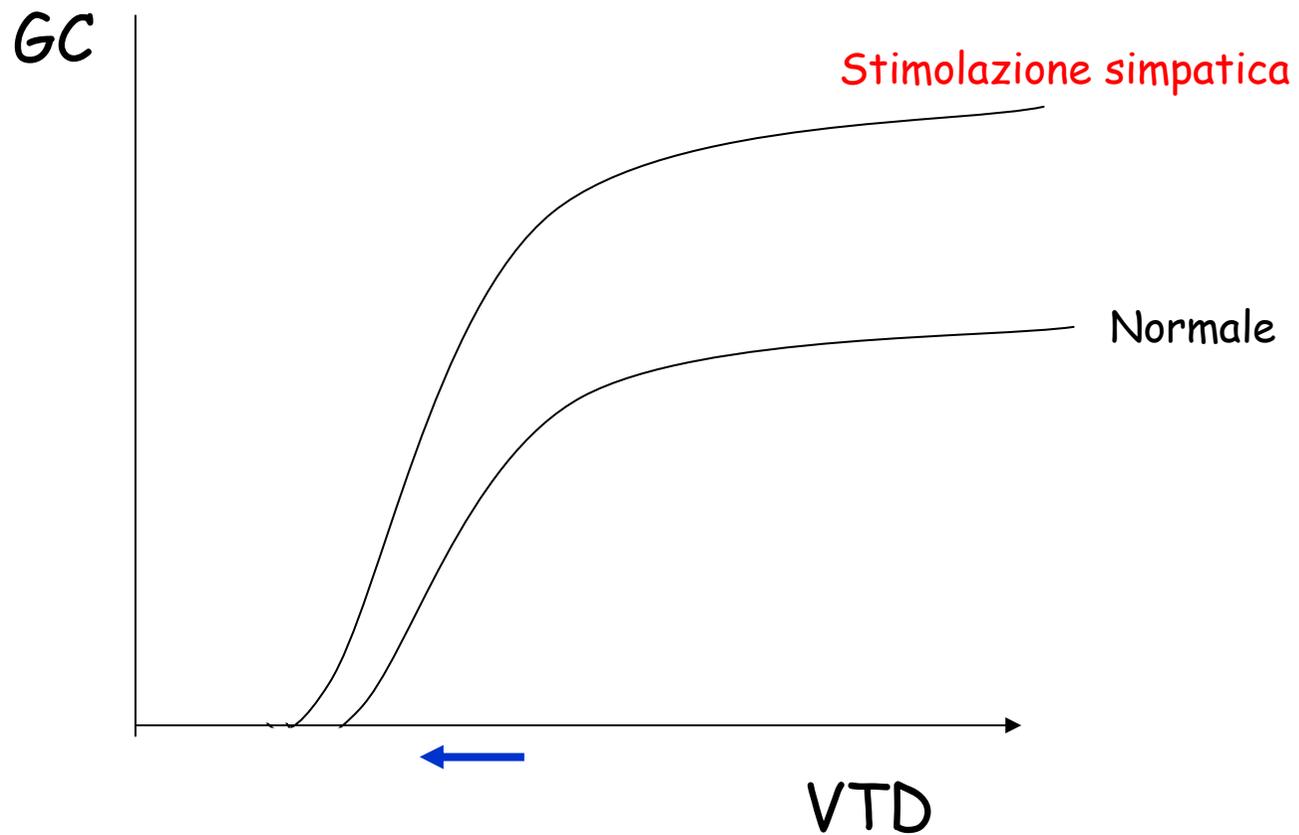
$\uparrow RV \rightarrow VTD \text{ (precarico)} \rightarrow \uparrow GC$

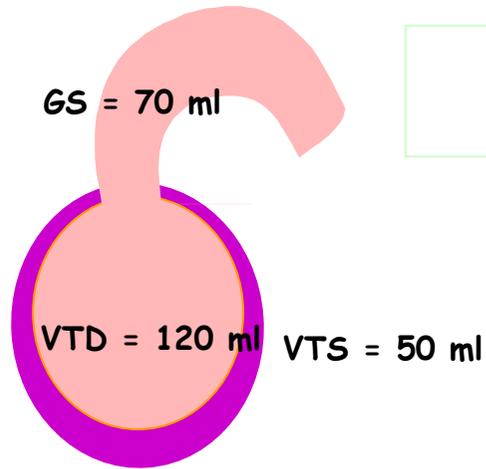
Aumento della contrattilità

$\uparrow \text{attività simpatica cardiaca} \rightarrow \uparrow \text{contrattilità} \rightarrow \uparrow GC$

(Frank-Starling effetto fino a 12 litri min)

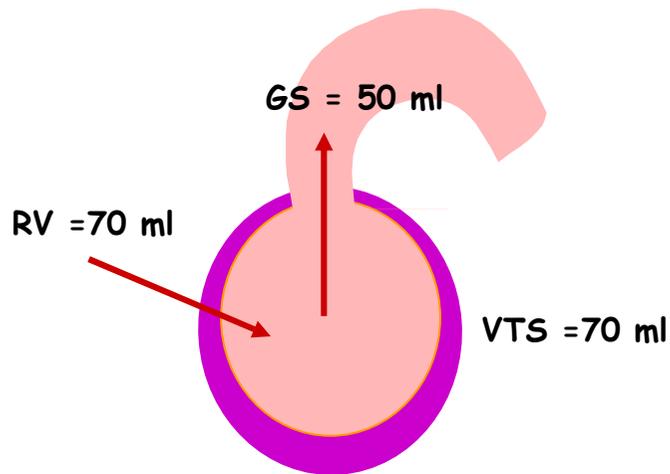
Curva delle gittata sistolica





Condizioni iniziali
 VTD = 120 ml, GS = 70 ml, VTS = 50 ml

$\uparrow Pa$: $\downarrow GS$ (da 70 a 50 ml), RV rimane costante = 70 ml



Condizione 1
 $\downarrow GS \rightarrow \uparrow VTS$
 $VTS = VTD - GS = 120 - 50 = 70 \text{ ml}$
 Poichè RV rimane costante $\rightarrow \uparrow VTD$
 $VTD = VTS + RV = 70 + 70 = 140 \text{ ml}$

Condizione 2

Frank-Starling: \uparrow VTD \rightarrow \uparrow GS (50 \rightarrow 60 ml)
quindi:

$$VTS = VTD - GS = 140 - 60 = 80 \text{ ml}$$

Con RV costante \rightarrow ulteriore \uparrow VTD

$$VTD = VTS + RV = 80 + 70 = 150 \text{ ml}$$

Condizione 3

$\uparrow\uparrow$ VTD \rightarrow $\uparrow\uparrow$ GS (torna a valori normali)

Permane aumento VTS e VTD

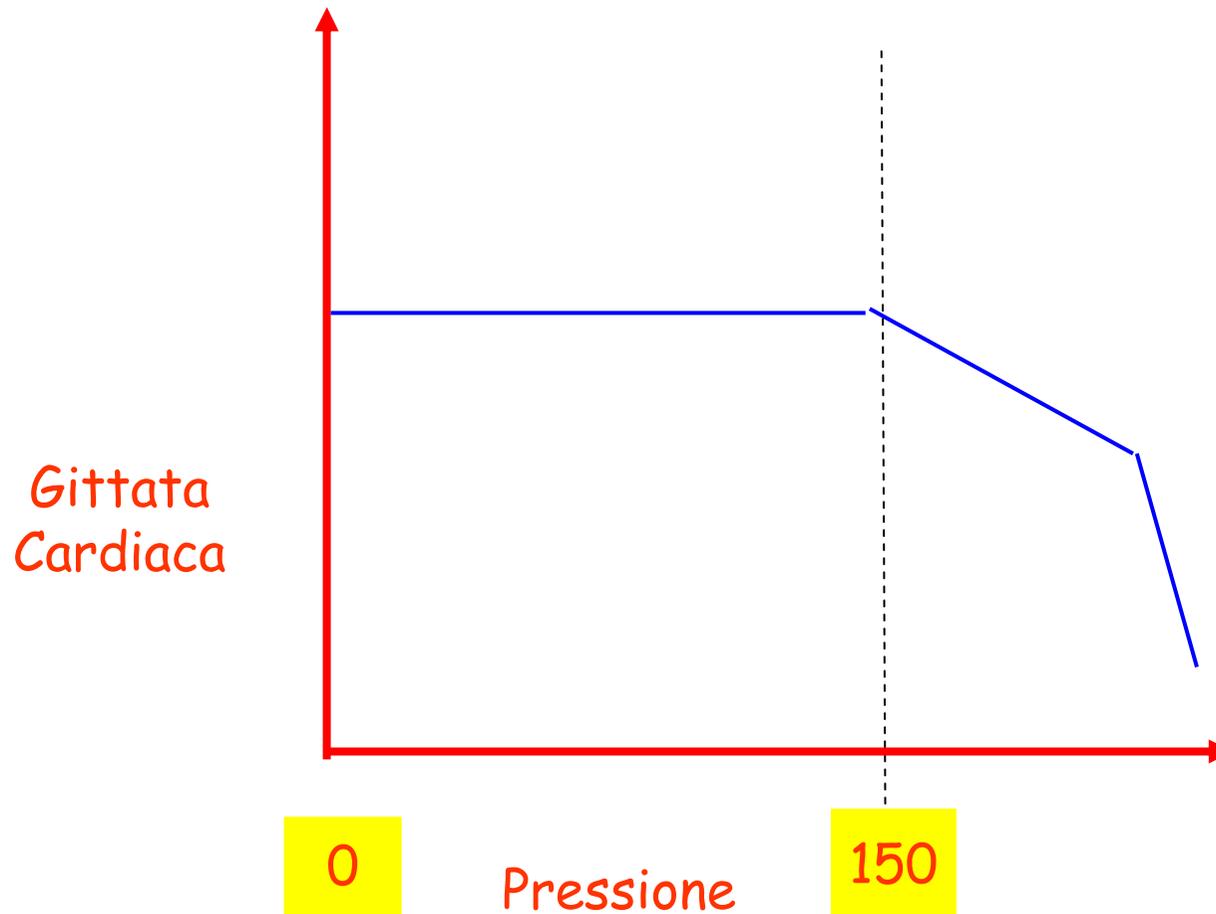
$$VTS = VTD - GS = 150 - 70 = 80 \text{ ml}$$

$$VTD = VTS + RV = 80 + 70 = 150 \text{ ml}$$

Grazie al meccanismo di Frank-Starling, aumenta la T attiva sviluppata dal ventricolo e quindi aumenta la GS.

Si raggiunge un equilibrio tra GS e RV mantenendo però il ventricolo in uno stato di dilatazione.

Il meccanismo di Frank-Starling permette al cuore di mantenere costante la Gittata cardiaca anche se la pressione arteriosa (POSTCARICO) è aumentata (fino a circa 150 mmHg)



Effetti positivi

Sistema nervoso simpatico

Catecolamine circolanti

Regolazione omeometrica

Gangliosidi cardiaci

Inotropismo cardiaco

Effetti negativi

Sistema nervoso parasimpatico

Barbiturici

Ipossia, Ipercapnia

Insufficienza cardiaca

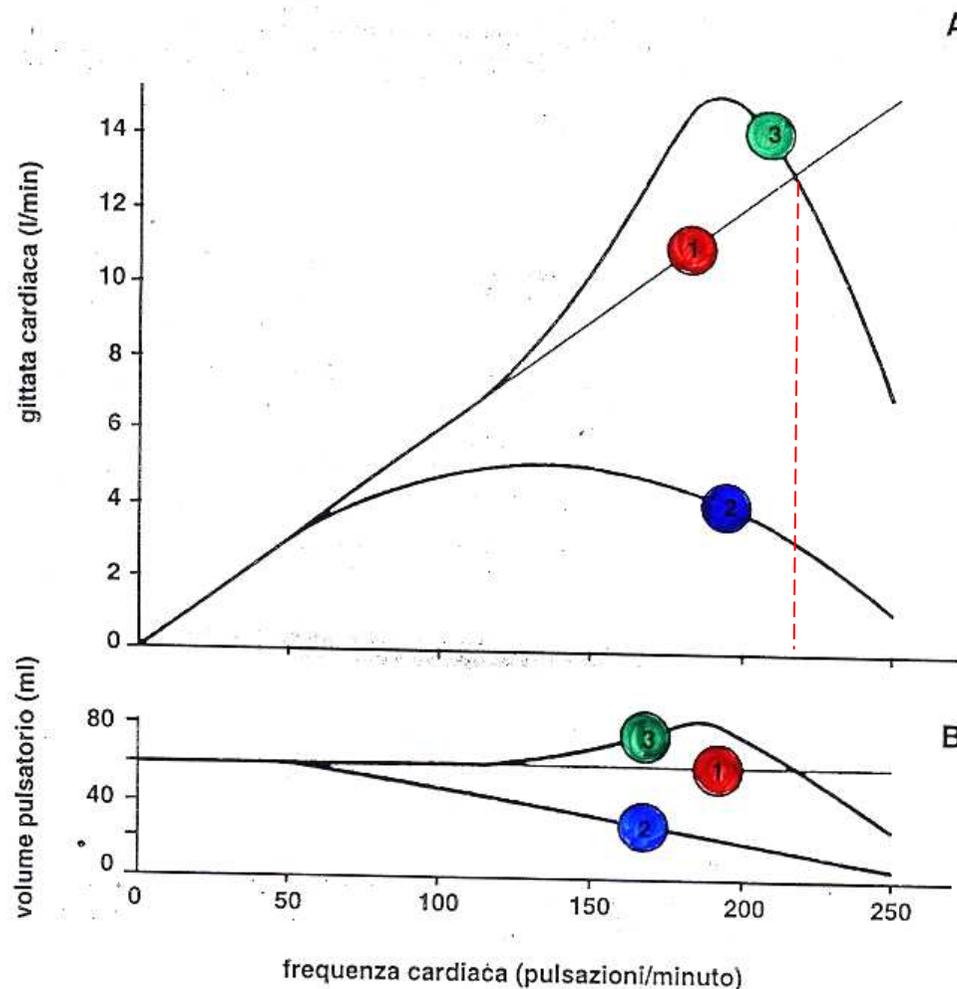
REGOLAZIONE OMEOMETRICA (Bowditch) (diversa dalla regolazione eterometrica F/L)

La contrattilità cardiaca può variare con il variare della **frequenza**, perché si modifica la concentrazione del Ca^{2+} intracellulare

Fenomeno della scala: La forza sviluppata aumenta progressivamente con l'aumento della frequenza. La maggiore concentrazione di Ca^{2+} è dovuta a:

- Numero maggiore di potenziali d'azione al minuto con conseguente maggiore corrente di Ca^{2+}
- Minore durata della diastole e quindi del periodo nel quale il Ca^{2+} viene estruso dalla cellula e ricaptato nei depositi intracellulari

Effetto dell'aumento di frequenza cardiaca sulla gittata cardiaca



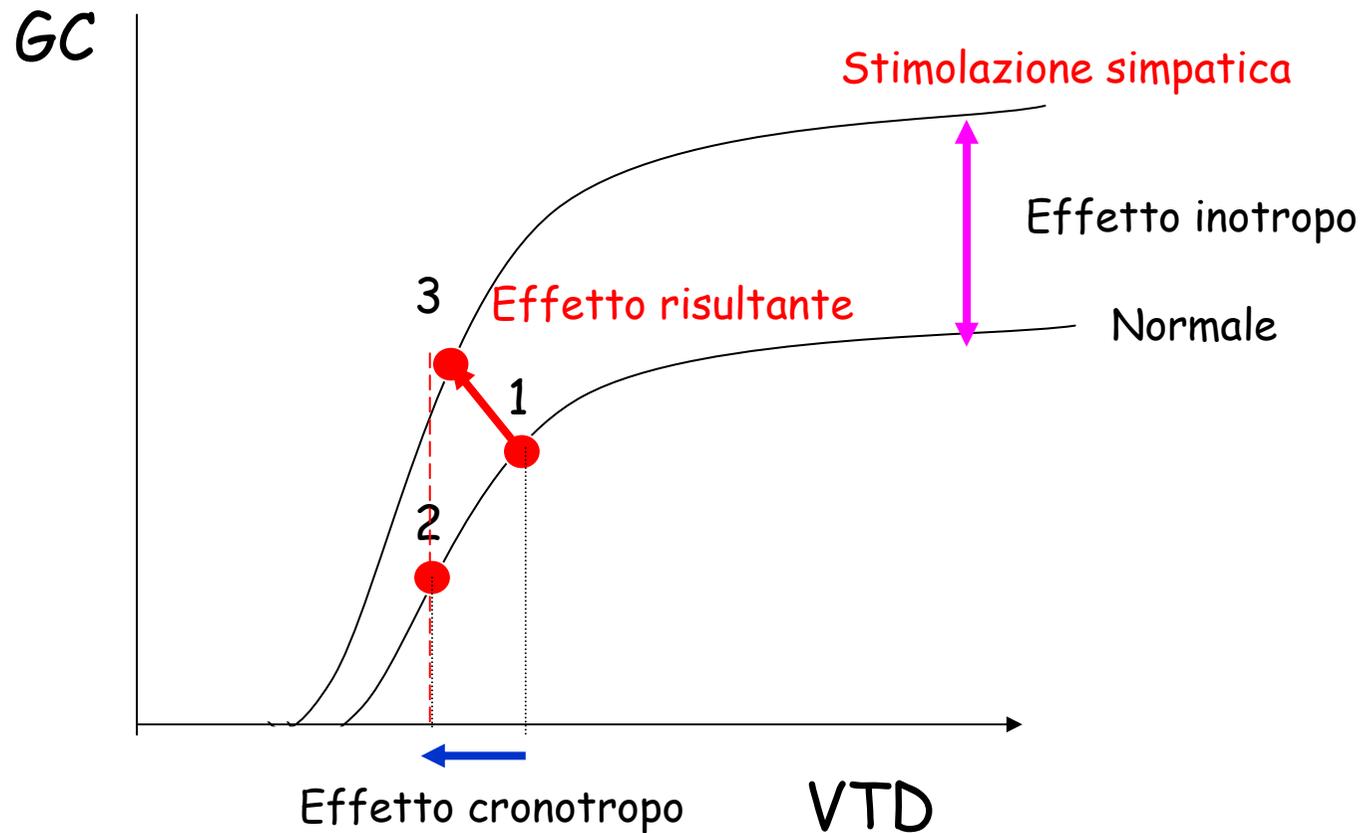
A

1: Situazione teorica in cui aumenta solo la frequenza e la *GS* rimane costante, la *GC* aumenta all'infinito

2: In un cuore isolato stimolato elettricamente, la *GC* aumenta con la frequenza fino ad un valore oltre il quale diminuisce. La riduzione è dovuta alla diminuzione di *GS* conseguente all'accorciamento della diastole

3: In un cuore in vivo, stimolato dal simpatico, la riduzione di *GS* avviene a frequenze maggiori perché l'effetto del minor riempimento diastolico è controbilanciato dal contemporaneo incremento della contrattilità

B



L'aumento di frequenza, riduce il tempo di diastole, il VTD diminuisce, questo comporterebbe una riduzione della GC, spostamento sulla curva normale da 1 a 2

L'aumento di contrattilità permette di compensare il ridotto VTD, spostamento dal punto 2 al punto 3

Conclusione

- 1) Come si valuta la gittata cardiaca (Fick, diluizione, flussimetria ecografica)
- 2) $GC = Gs * F$
- 3) effetti positivi e negativi sulla Gc
- 3) Azione sulla frequenza ormonale e riflessa (cronotropismo)
- 4) Effetti inotropi (inotropismo) regolazione eterometrica e omometrica
- 5) compensazione degli effetti negativi dell'alta frequenza