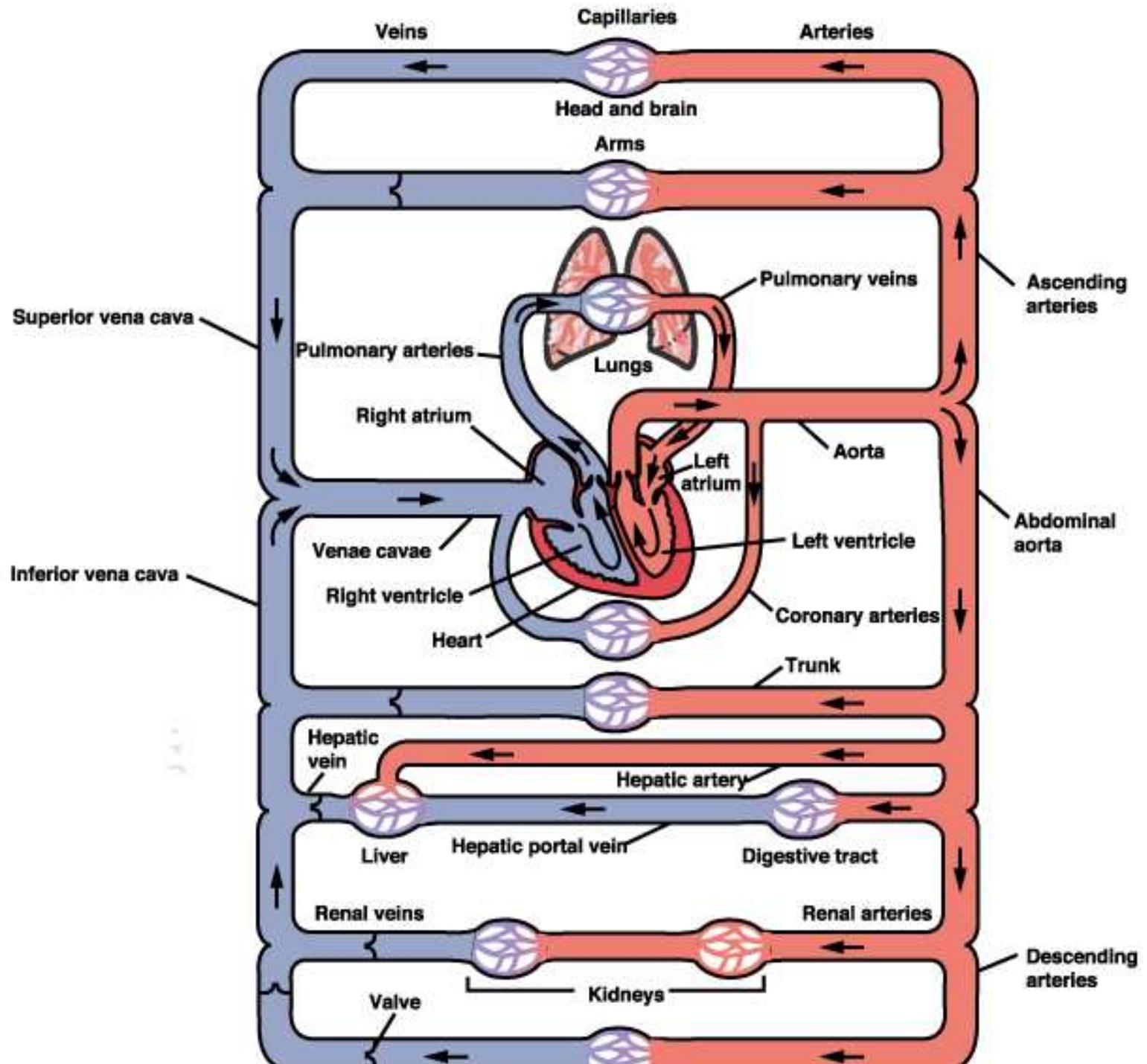




SISTEMA CIRCOLATORIO

- Permette il trasporto, attraverso il sangue, di gas, sostanze nutritive e ormoni a tutte le cellule per mantenere costante la composizione del **LEC**.
- E' un sistema **efficiente** perché consente di mantenere costante il LEC con un basso volume circolatorio ($\cong 5l$).
- E' rappresentato da un insieme di **condotti elastici (i vasi)** che costituiscono **due circuiti** idraulici chiusi (circolo sistemico e polmonare) disposti **in serie** ed alimentati da una **pompa intermittente (il cuore)** che fornisce energia per il movimento del sangue.





LE DIVERSE SEZIONI DEL SISTEMA CIRCOLATORIO SVOLGONO RUOLI DIVERSI

- Arterie: trasportano il sangue ad alti regimi pressori verso i tessuti e funzionano da serbatoi di pressione.

pareti robuste ed elastiche

- Arteriole: funzionano da valvole di controllo attraverso le quali il sangue passa ai capillari

pareti con componente muscolare che consente la variazione del calibro del vaso

- Capillari: permettono gli scambi tra plasma e LEC

pareti sottili e permeabili

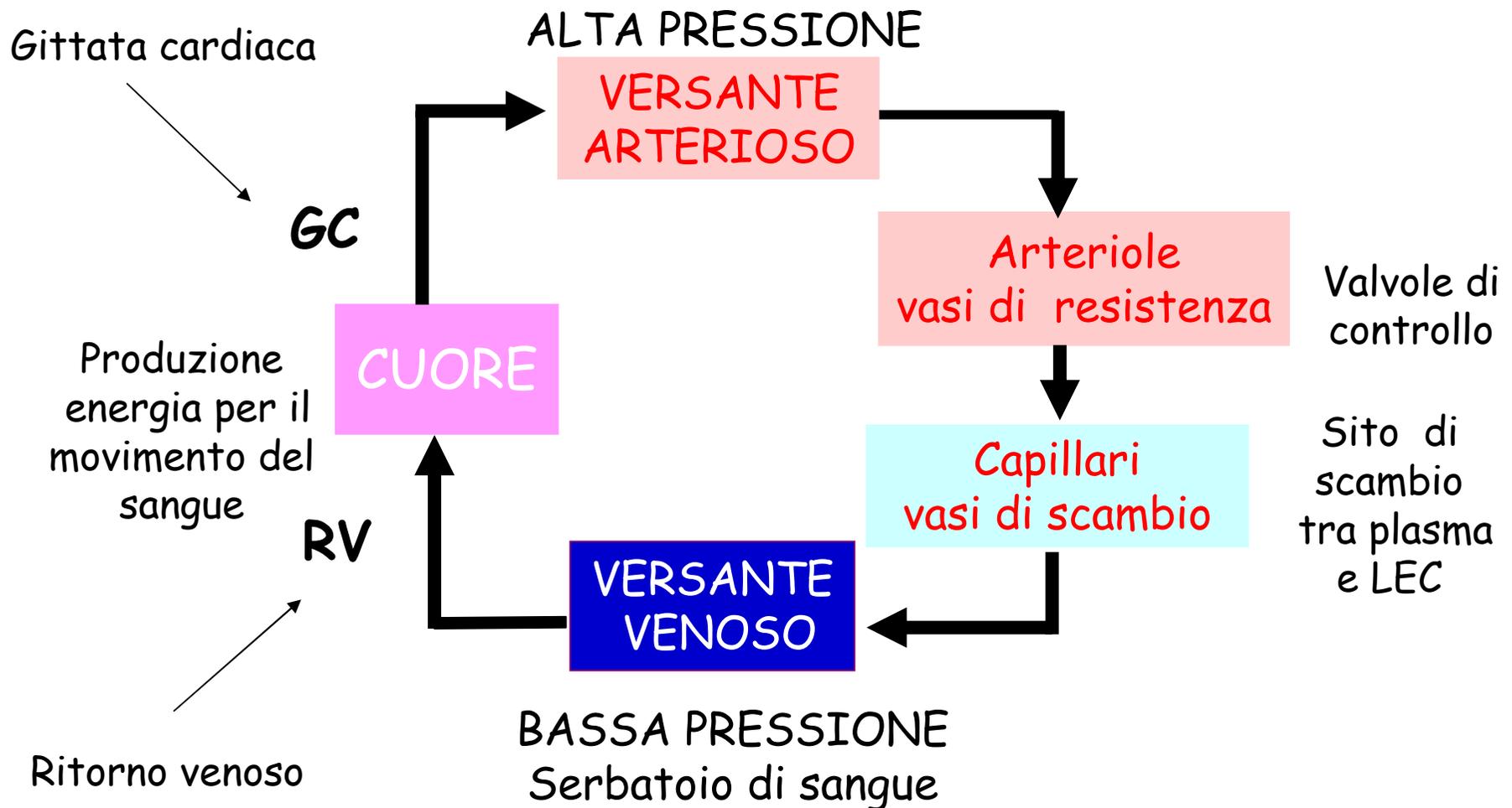
- Venule: raccolgono il sangue refluo dai capillari

- Vene: funzionano da serbatoi di volume

pareti sottili ed elastiche con componente muscolare che consente la regolazione del calibro

	<i>Mean diameter</i>	<i>Mean wall thickness</i>	<i>Endothelium</i> <i>Elastic tissue</i> <i>Smooth muscl</i> <i>Fibrous tissue</i>	
Artery	4.0 mm	1.0 mm		
Arteriole	30.0 μm	6.0 μm		
Capillary	8.0 μm	0.5 μm		
Venule	20.0 μm	1.0 μm		
Vein	5.0 mm	0.5 mm		

Organizzazione funzionale del sistema cardio-circolatorio





VOLUME DI SANGUE CONTENUTO NELLE DIVERSE SEZIONI:

Vene + Venule 64%

Arterie 13%

Arteriole + Capillari 7%

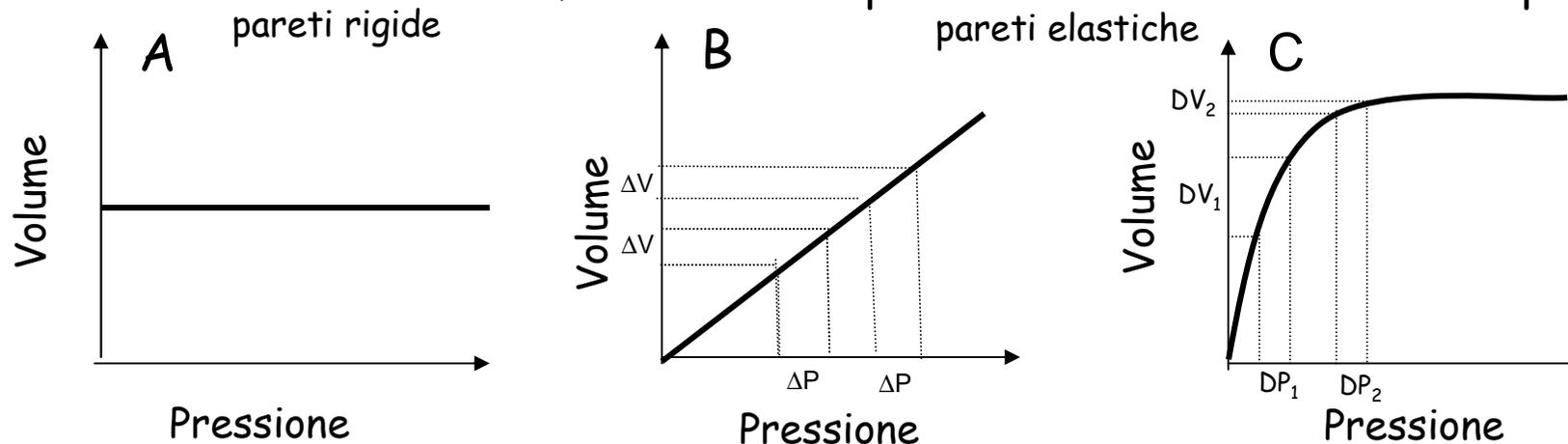
Cuore 7%

Circolazione polmonare 9%

Distensibilità vasi sanguigni

La variazione di volume in un vaso dipendono dalla distensibilità della sua parete.

Il grado di distensibilità di un sistema si valuta analizzando le variazioni di volume indotte da modificazioni della pressione che si esercita sulla parete.



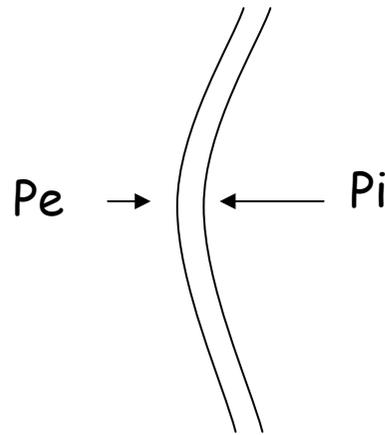
A. Volume non varia al variare della P

B: Volume cresce linearmente con la pressione (la parete cede gradualmente alla forza pressoria). La pendenza della curva misura il grado di distensibilità o $COMPLIANCE = DV / DP$

C: La stessa variazione pressoria produce differenti variazioni di volume. La diversa pendenza, nei due tratti della curva, indica il diverso grado di $COMPLIANCE$, cioè una parete la cui distensibilità risulta maggiore a bassi che non ad alti volumi.

Lo stato di distensione di un vaso è determinato principalmente dalla pressione trasmurale P_{tm} , che risulta dalla differenza tra pressione intra- ed extravasale.

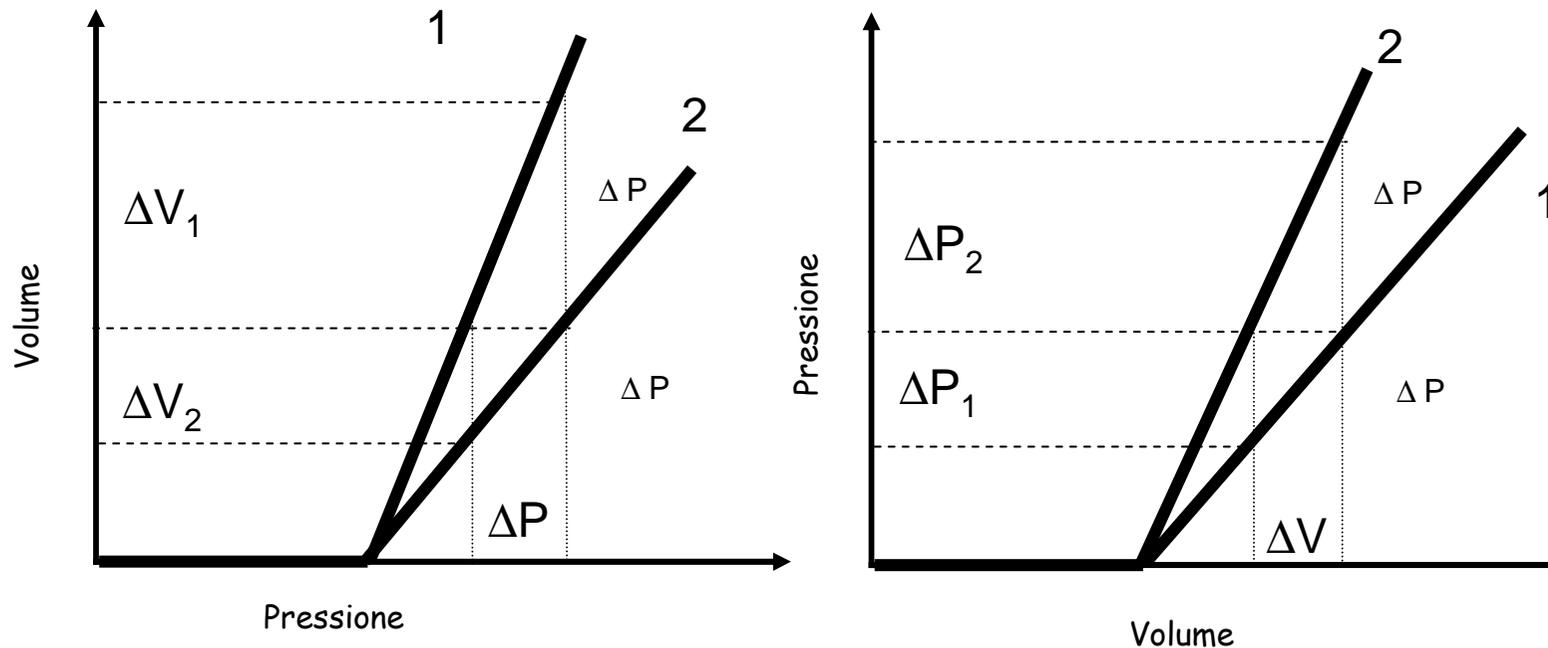
$$P_{tm} = P_i - P_e$$





$$\text{COMPLIANCE} = \Delta V / \Delta P$$

La pressione esercitata da un certo volume di sangue all'interno di un vaso dipende dalla compliance della sua parete

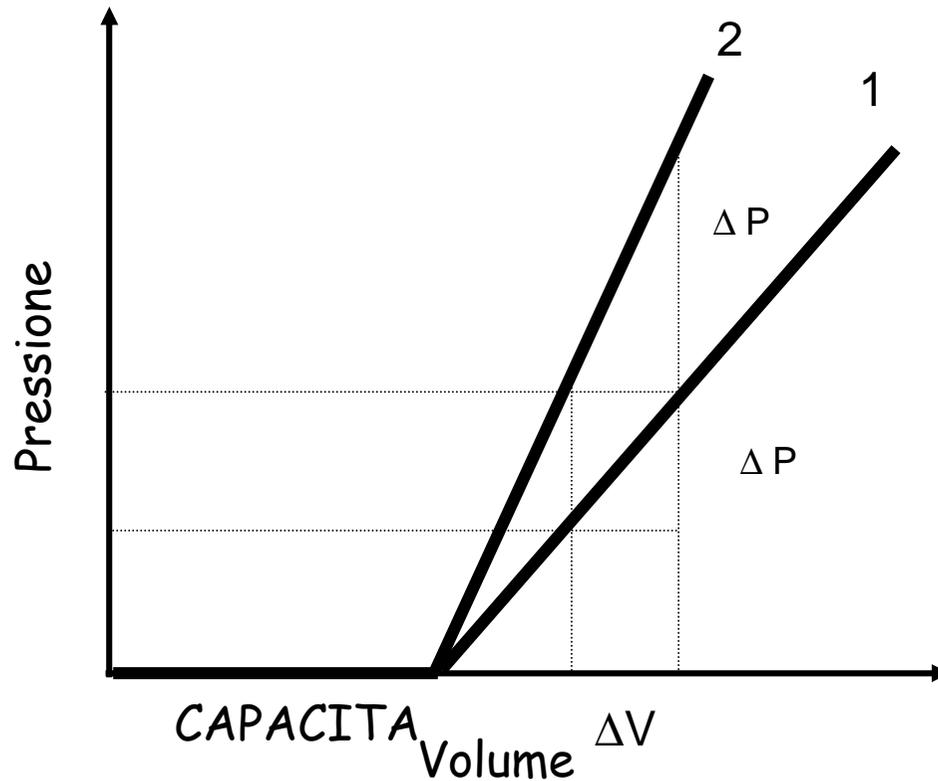


•La Pressione in eccesso sviluppata a parità di volume dipende dalla COMPLIANCE della parete del contenitore. (+ P = - Compl.)

oppure

•Il Volume in eccesso contenuto a parità di pressione dipende dalla COMPLIANCE della parete del contenitore (+ V = + Compl.)

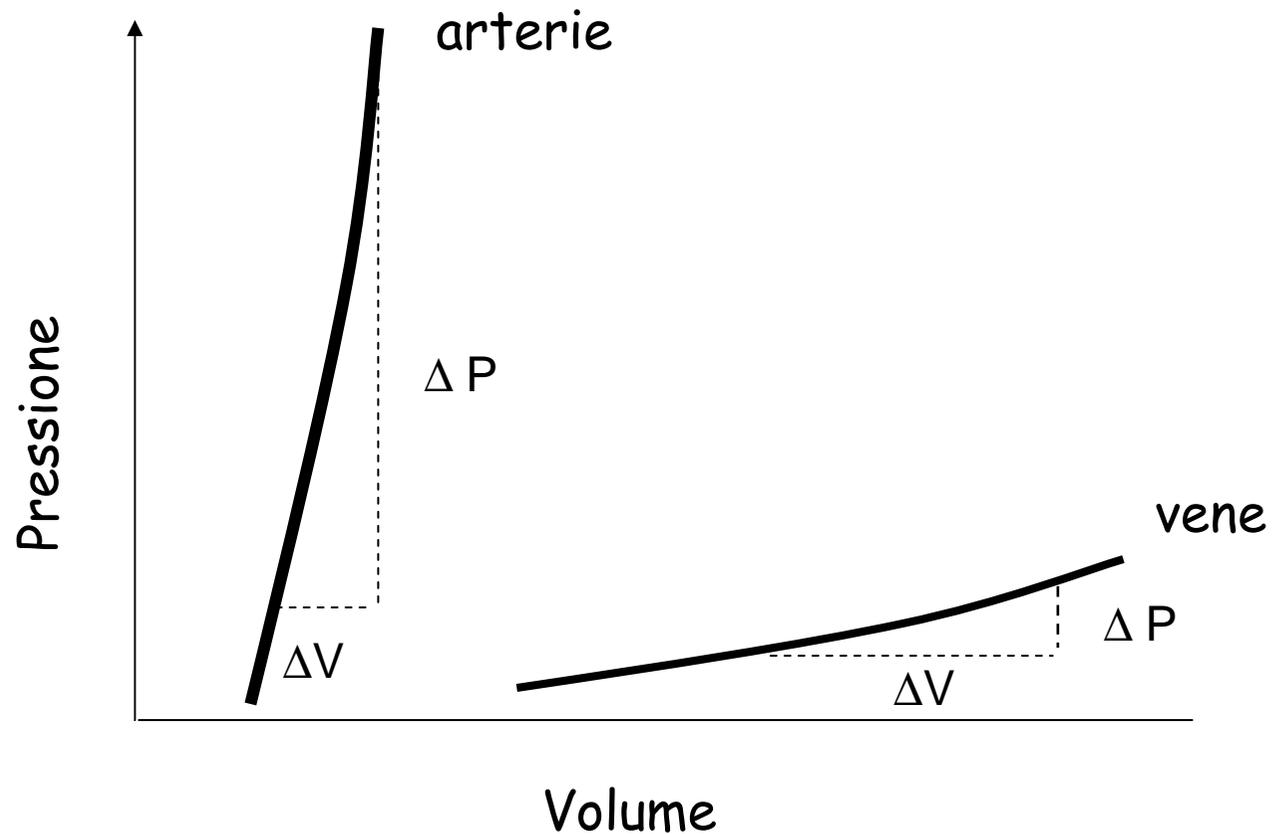
•Il contenitore 1, ha quindi una compliance maggiore del contenitore 2



Finchè il volume di liquido all'interno di un contenitore elastico, non distende le pareti del contenitore, non si ha sviluppo di P.

Il volume massimo a $P = 0$ si definisce *CAPACITA'*

Volumi maggiori della capacità, distendono la parete sviluppando pressione.



- La compliance è 20 volte maggiore nelle vene che nelle arterie. Le vene possono quindi accogliere volumi di sangue maggiori con piccole variazioni di pressione al loro interno
- Nelle arterie l'aumento di volume comporta aumenti di pressione maggiori.

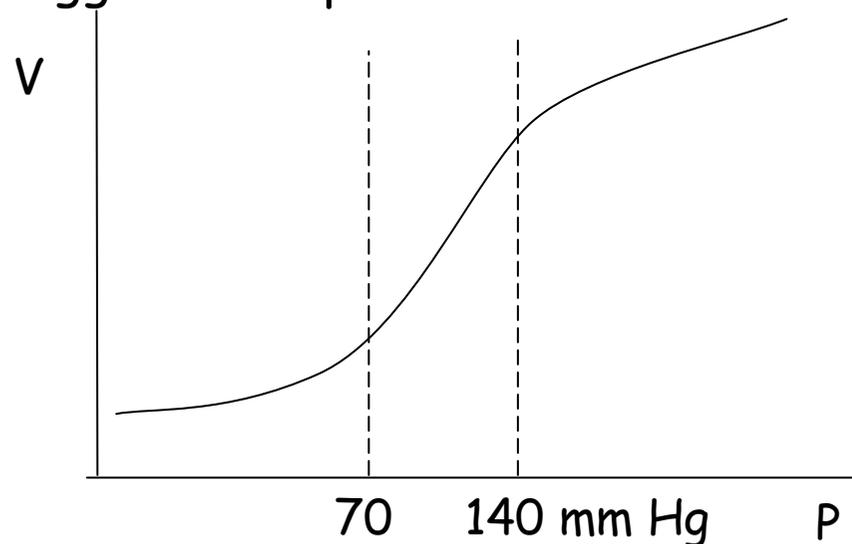
•La diversa compliance delle pareti arteriose e venose dipende dalla struttura delle pareti stesse e dalla presenza di fibre elastiche, collagene e muscolari. (Modulo di elasticità > minore Compliance) $E = \Delta P / (\Delta D / D)$

•Fibre di elastina hanno un alto valore di elasticità mentre quelle collagene e muscolari sono meno distensibili.

•Riduzione della Compliance nell'anziano

•Effetti sulle resistenze vascolari e sulla pressione

•Range di maggiore compliance nelle arterie





Le leggi dell'idrostatica e dell'idrodinamica, permettono di capire come si genera il movimento del sangue all'interno del sistema cardio-circolatorio. Un fluido in movimento possiede energia cinetica $E_c = 1/2mv^2$ ed una energia potenziale (Pressione). L'energia cinetica resta invariata, mentre quella potenziale si riduce per vincere le resistenze.

Grandezze basilari per studiare il comportamento di un fluido in movimento sono:

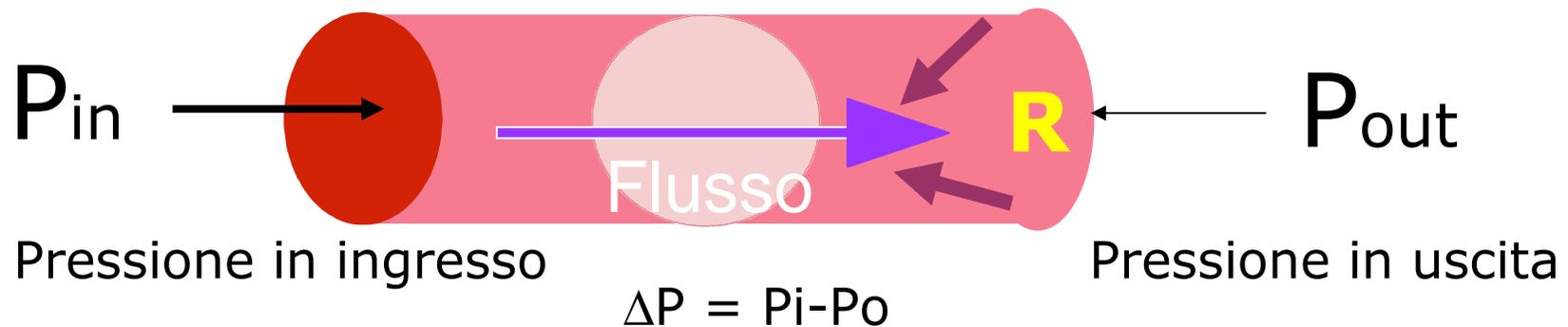
- FLUSSO (F)
- PRESSIONE (P)
- RESISTENZA (R)

Le relazione tra queste grandezze è espressa dall'equazione del flusso:

$$F = \Delta P / R$$

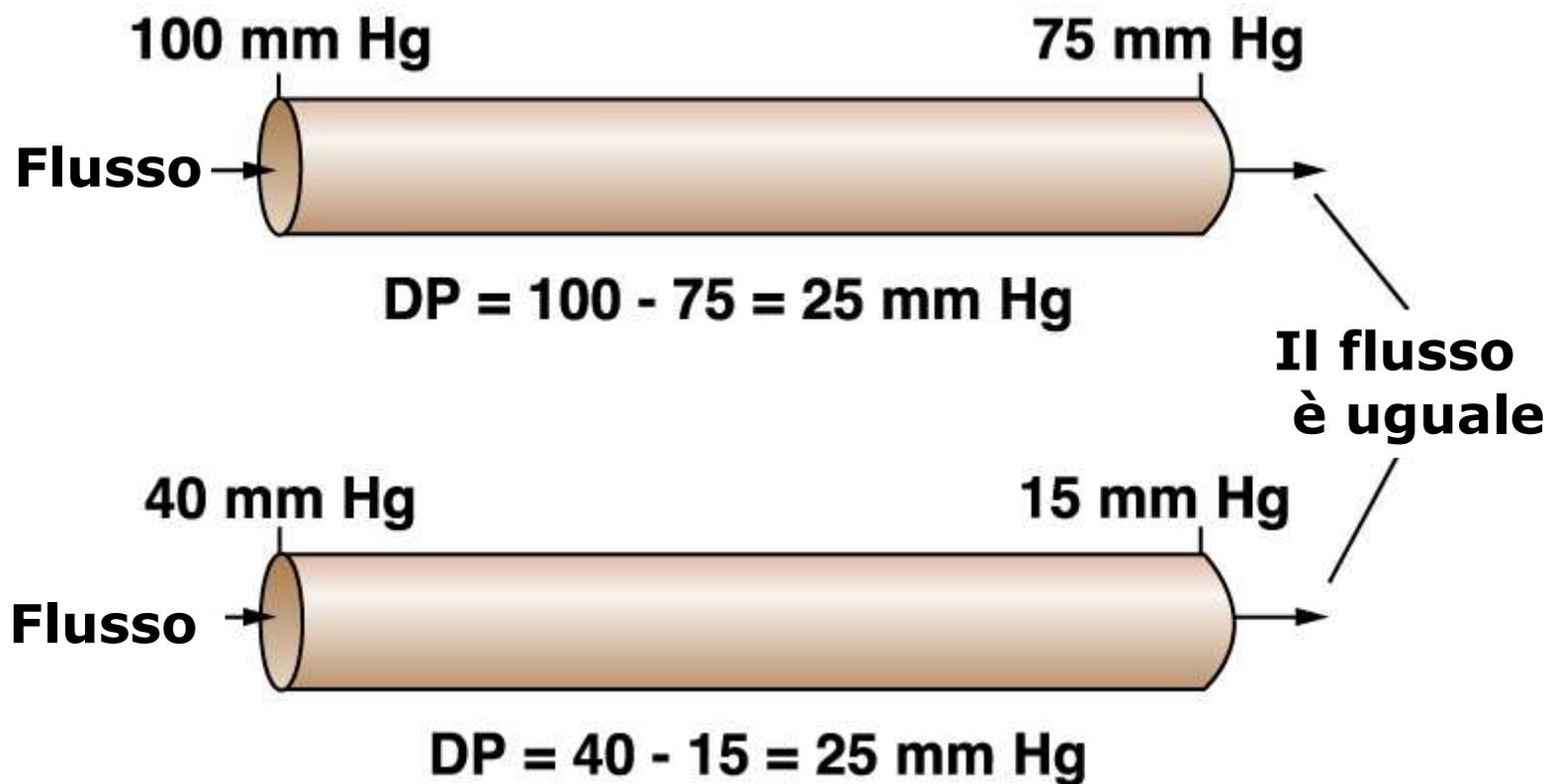
La resistenza (R), offerta allo scorrimento di un fluido attraverso un condotto, dipende dalle caratteristiche geometriche del condotto (lunghezza e raggio) e dalle caratteristiche reologiche del fluido (densità e viscosità).

Per vincere questa resistenza è necessaria una differenza di pressione tra l'inizio e la fine del condotto da attraversare. R determina quindi il ΔP necessario per garantire un determinato flusso (F), definito come il volume che attraversa la sezione di un condotto nell'unità di tempo.



$$F = \Delta P / R$$

Il flusso dipende dalla diversità tra P_{in} e P_{out}





$$F = \Delta P / R \quad 100 \text{ mg}/20 \text{ mmHg}/l = 5 \text{ l}$$

$$\Delta P = F * R \quad 5l * 20\text{mmHg}/l = 100 \text{ mmHg}$$

$$R = \Delta P / F \quad 100\text{mmHg}/5 \text{ l} = 20 \text{ mg}/l$$

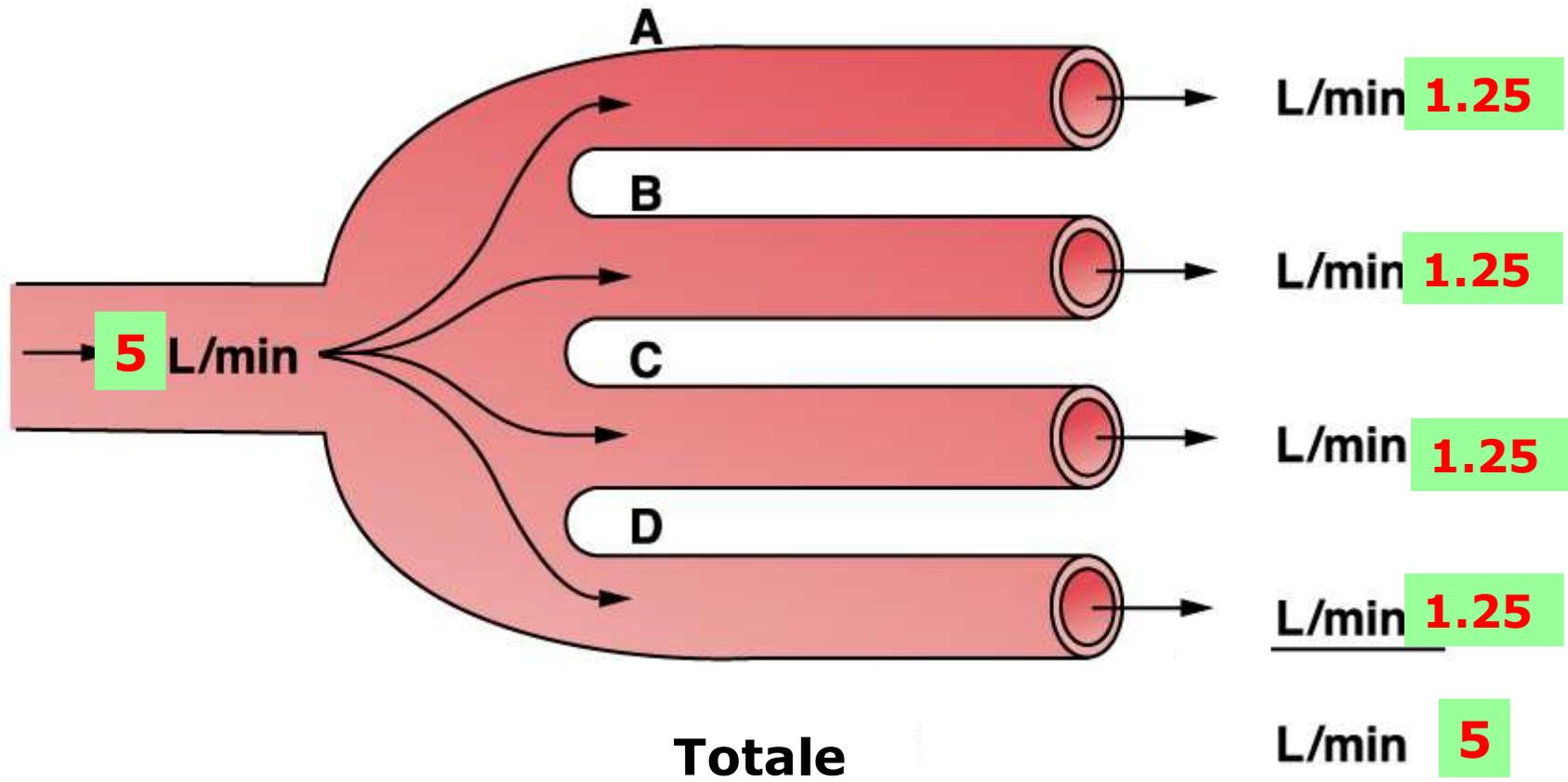


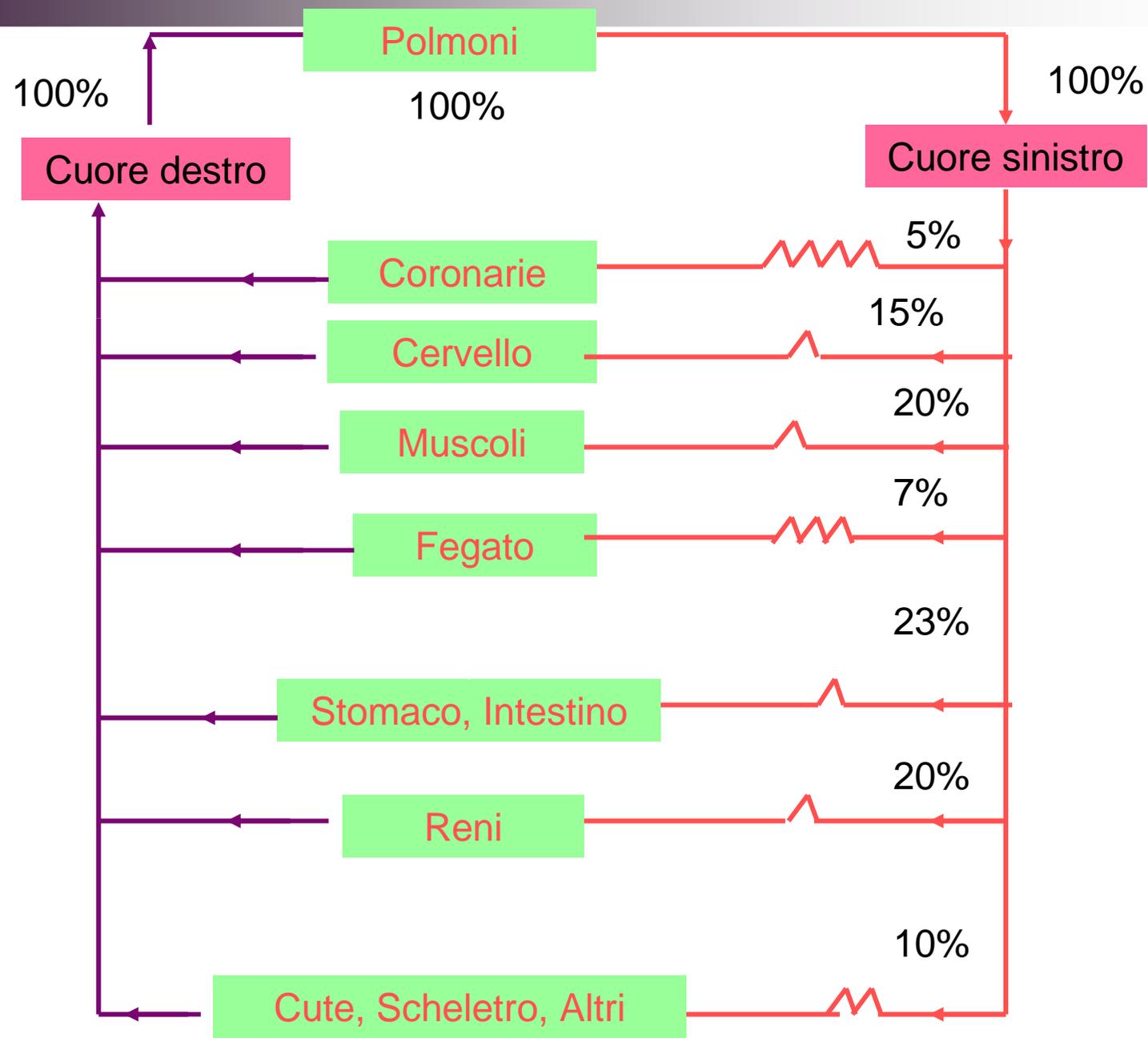
➤ il FLUSSO di sangue che esce dal cuore = **GITTATA CARDIACA** e si distribuisce ai vari tessuti in percentuale diversa a seconda delle singole esigenze metaboliche.

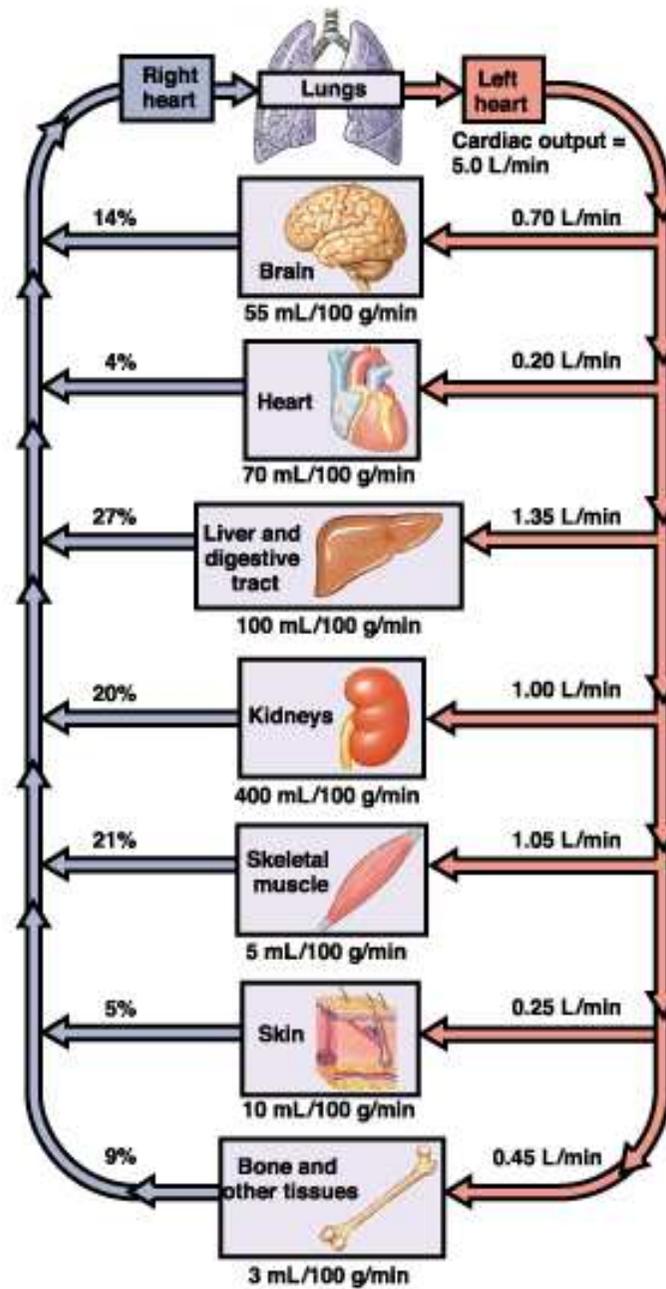
➤ il FLUSSO di sangue che torna dalla periferia al cuore = **RITORNO VENOSO**

➤ Le richieste metaboliche basali dell'organismo impongono al sistema circolatorio la creazione di un **FLUSSO (V/min) di 5l/min**

➤ Quindi, in condizioni basali, il flusso complessivo di sangue, in ogni sezione del sistema circolatorio, è 5l /min.









➤ Una prerogativa funzionale essenziale del sistema cardio-circolatorio è la possibilità di essere regolato per adattarsi alle diverse richieste dell'organismo

➤ Quando il fabbisogno metabolico di alcuni tessuti aumenta, rispetto ad altri, la distribuzione del flusso ai tessuti cambia ed è mirata a rispondere alle esigenze del tessuto che sta lavorando di più.

➤ Quando l'attività metabolica di tutto l'organismo aumenta, come durante l'esercizio fisico, il flusso complessivo aumenta, La *GITTATA CARDIACA* in questi casi può aumentare da 4 a 7 volte il normale


$$F = \Delta P / R$$

è applicabile ad un singolo condotto così come ad un sistema di condotti.

Nel circolo sistemico e polmonare il flusso è determinato da un ΔP che si crea tra l'ingresso, rispettivamente AORTA e ARTERIA POLMONARE, e l'uscita del circolo, ATRIO DESTRO e ATRIO SINISTRO, grazie all'azione del cuore che immette un certo volume di sangue nel sistema arterioso e lo sottrae dal sistema venoso.

L'entità del ΔP dipende dalle resistenze offerte dal sistema



MODELLO SEMPLIFICATO:

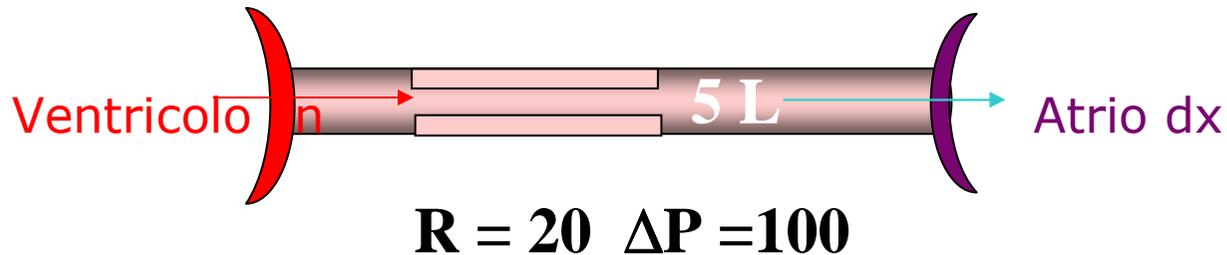
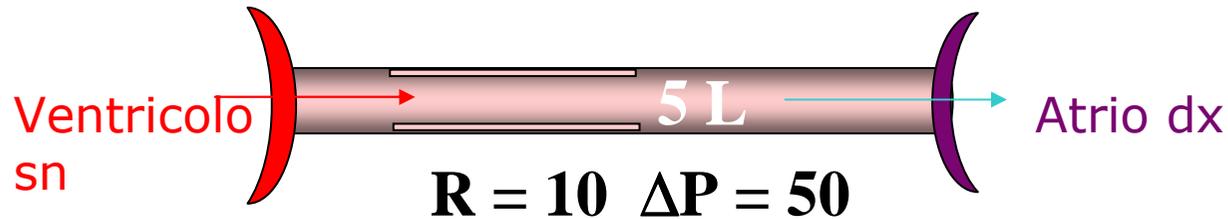
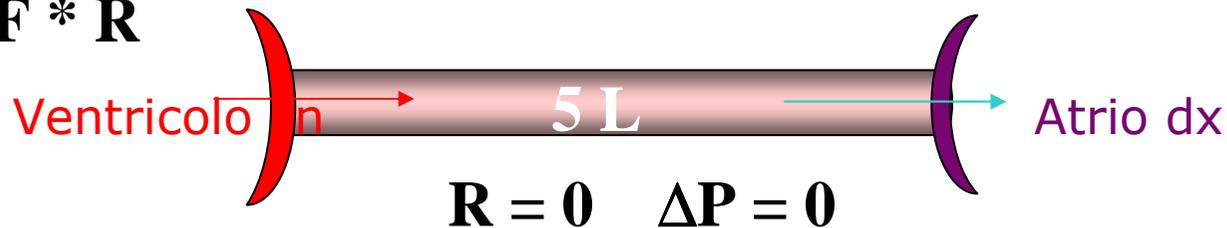
La pompa (cuore) e i vasi sono collegati a formare un circuito chiuso in cui ogni distretto e' rappresentato da un singolo condotto

Il sistema è pieno di sangue

I vasi sono elastici

Esiste una resistenza periferica

$$\Delta P = F * R$$



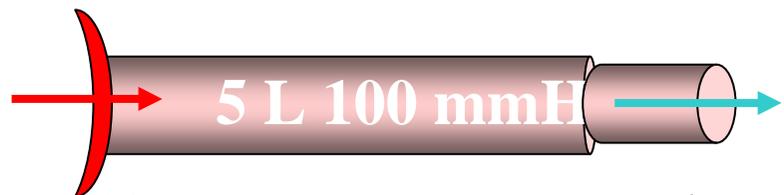
Cuore: pompa a volume che assicura una energia cinetica ($\frac{1}{2} mv^2$) in grado di mantenere un flusso costante in relazione al bisogno energetico.

Per la presenza delle resistenze del circolo deve imprimere al sangue anche energia potenziale (P)

$$E_t = E_c + E_p$$

Ventricolo sn

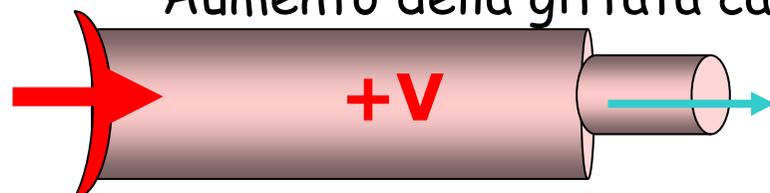
Arteriole



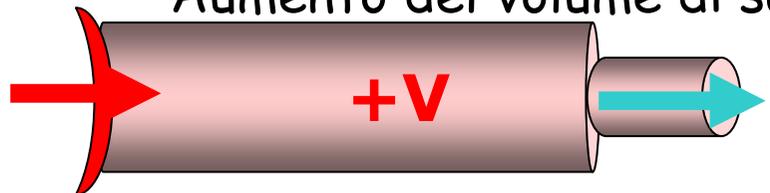
Vasocostrizione arteriolare



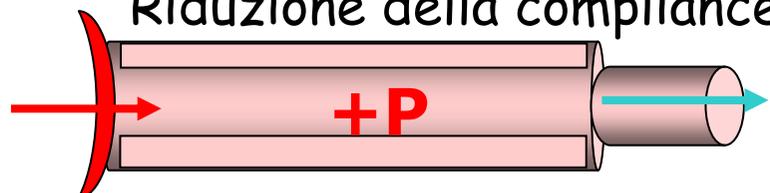
Aumento della gittata cardiaca



Aumento del volume di sangue

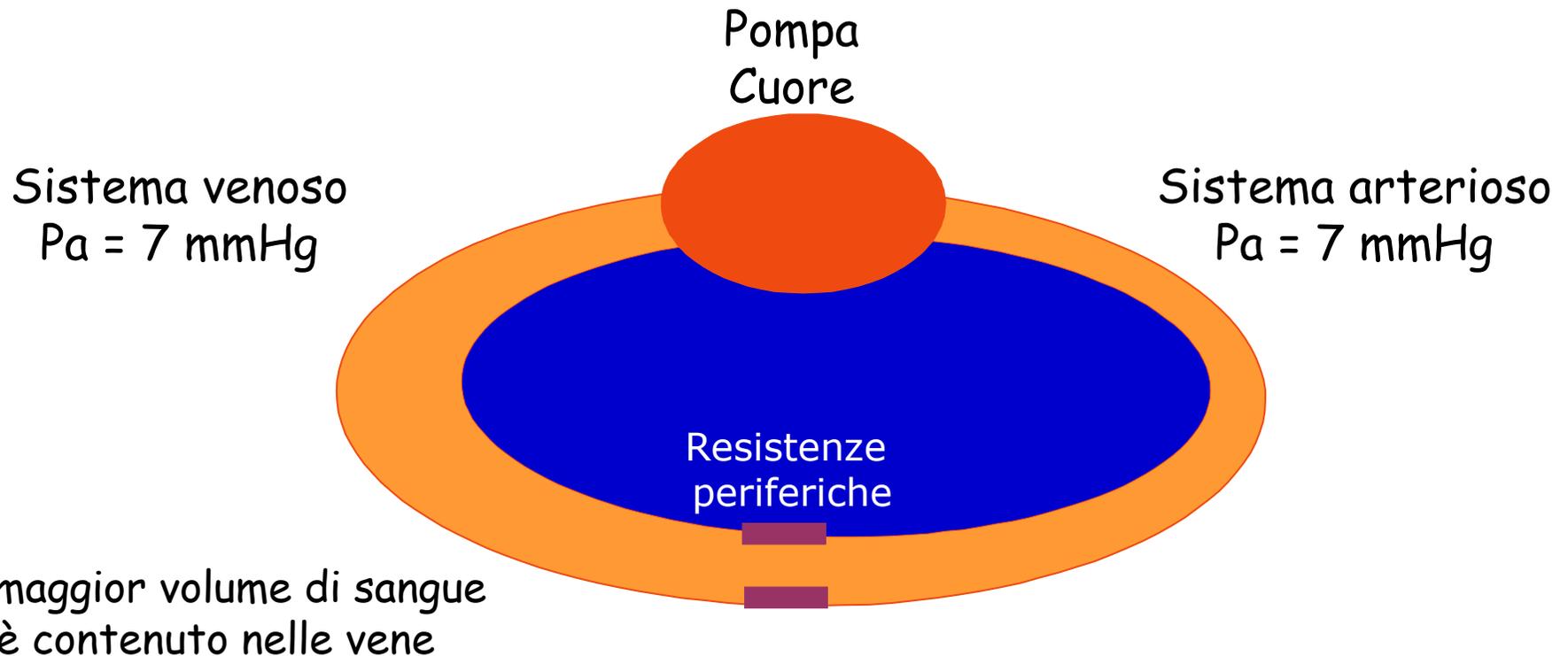


Riduzione della compliance



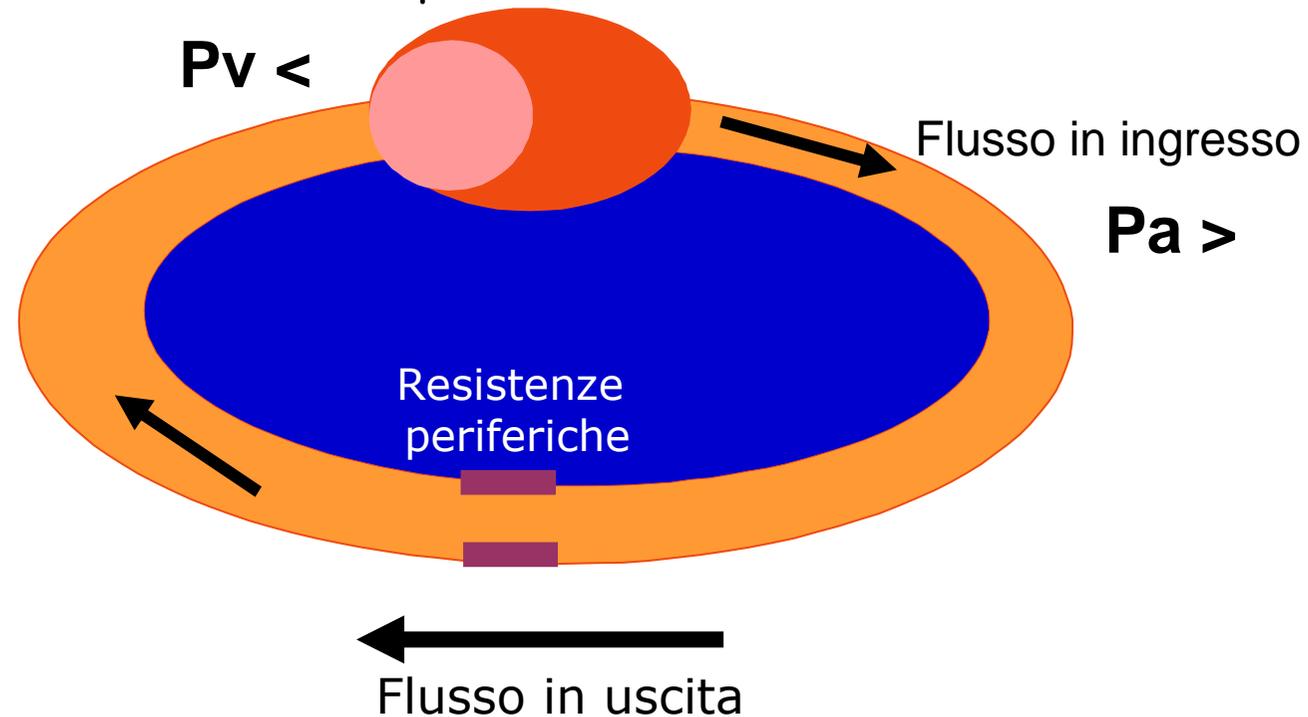
Il valore della pressione arteriosa è determinato da:
resistenze arteriolari,
gittata cardiaca,
volume circolante,
compliance vasale

La pompa è inattiva: Non esiste flusso perché il $\Delta P = 0$



Nel circuito in cui si arresta l'attività della pompa, la pressione risulta uguale in tutti i distretti, $P = 7$ mmHg. Questa pressione esprime il grado di riempimento del sistema ed è definita pressione circolatoria di riempimento. Poiché la P_a è uguale alla P_v , non esiste ΔP e quindi flusso. A parità di P , le vene contengono un volume maggiore di sangue, perché hanno una compliance 20 volte maggiore di quella delle arterie.

La pompa è attiva: Il cuore comincia ad immettere sangue nel sistema arterioso producendo aumento di P_a e diminuzione di P nell'atrio Ds. Il ΔP tra periferia ed atrio Ds spinge il sangue verso il cuore. La P_a sale e la P_v scende. L'entità della variazione pressoria, a parità di volume, dipende dalla diversa compliance del sistema arterioso e venoso.



Quando la differenza tra P_a ed atrio Ds è in grado di vincere le resistenze periferiche, il sangue passa dal versante arterioso a quello venoso ed il flusso attraverso le resistenze periferiche (Flusso in uscita) risulta uguale al flusso generato dal cuore (Flusso in ingresso).