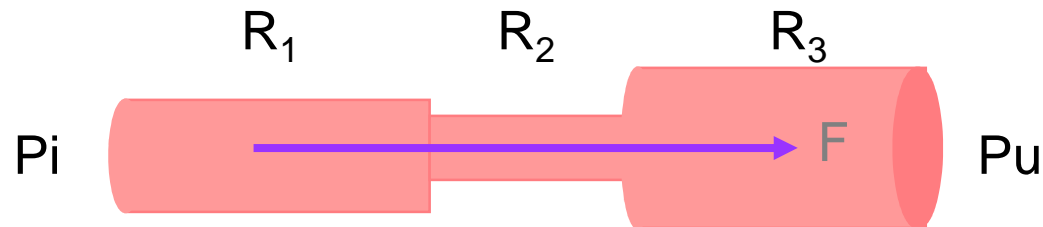


RESISTENZA VASCOLARE E DISPOSIZIONE DEI VASI: IN SERIE O IN PARALLELO

RESISTENZE IN CONDOTTI POSTI IN SERIE

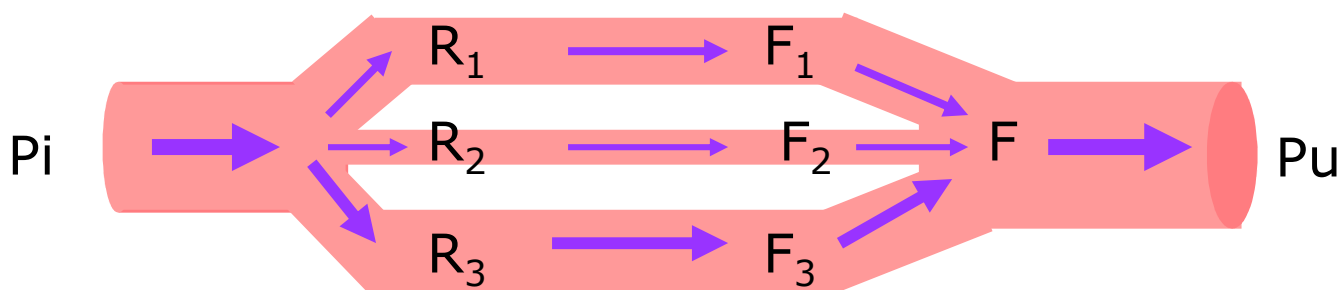


Il flusso F , generato dal ΔP , deve vincere una **Resistenza totale**, che è la somma delle singole resistenze.

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

Le resistenze dei singoli segmenti della circolazione sistemica si sommano e determinano la **Resistenza vascolare totale** del circolo sistemico.

RESISTENZE IN CONDOTTI POSTI IN PARALLELO



Essendo il ΔP uguale in tutti i condotti, ed il flusso, F la somma dei flussi attraverso i singoli elementi, risulta:

$$\mathbf{1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3}$$

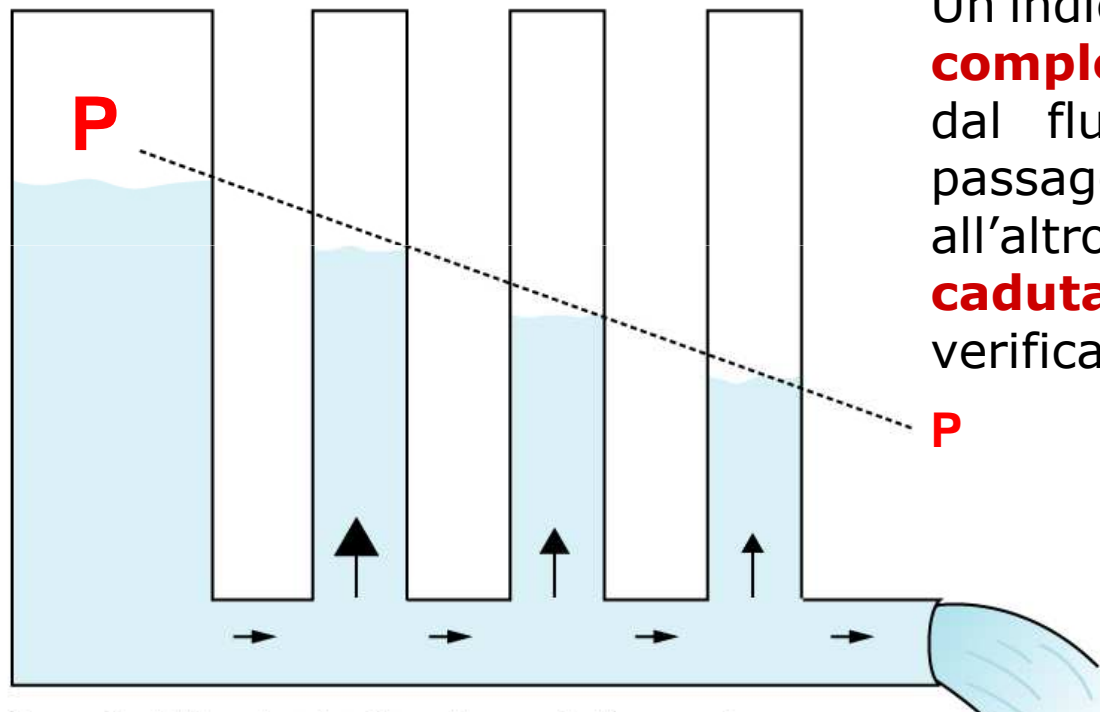
La **Resistenza totale** è inferiore alle resistenze dei singoli segmenti e si riduce proporzionalmente al numero dei condotti in esame.

Se n vasi posti in parallelo hanno la stessa resistenza R :

$$\mathbf{R_t = R/n}$$

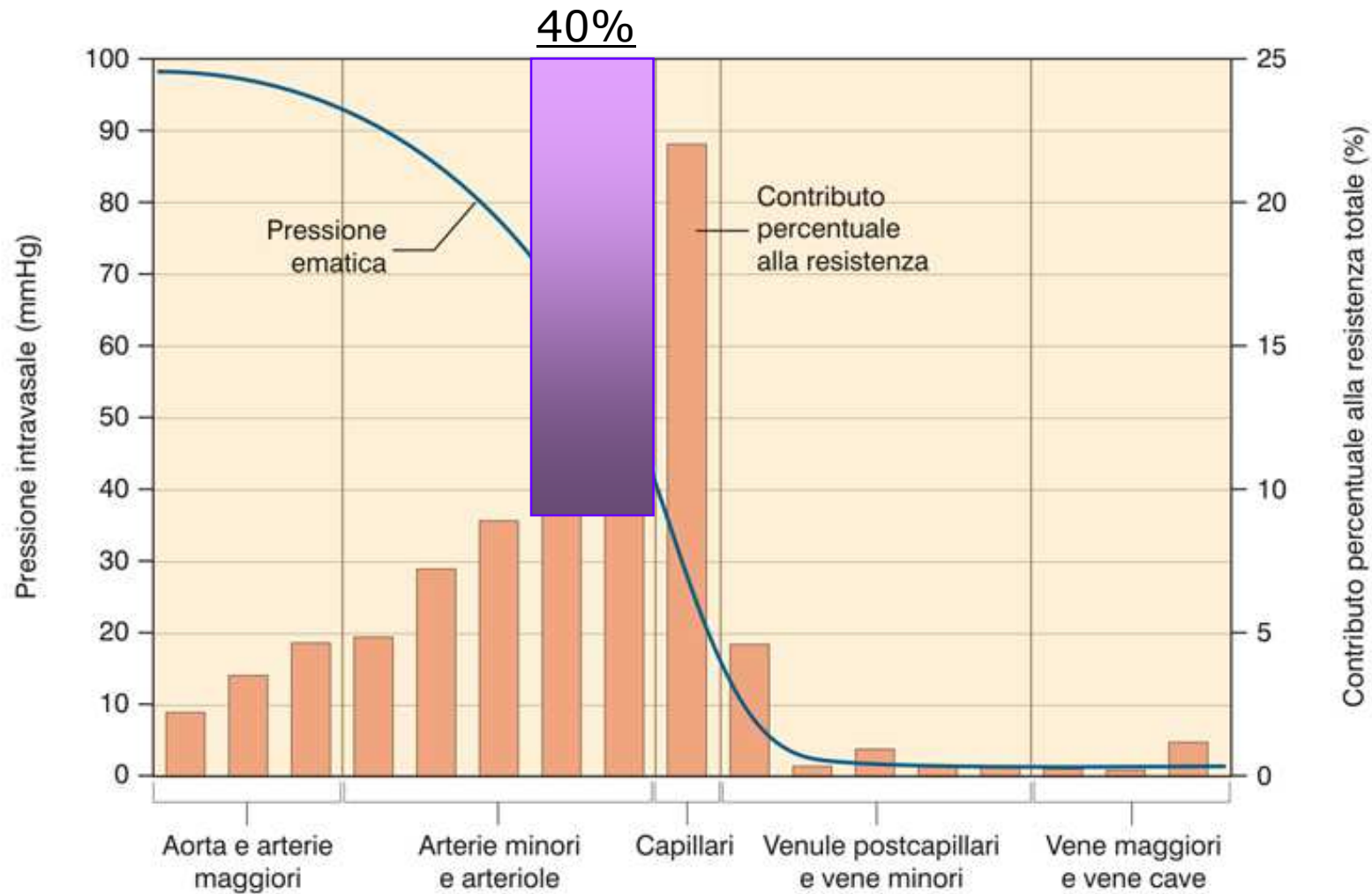
La **Resistenza vascolare sistemica totale** è inferiore ad ogni singola resistenza degli organi (sistemi vasali in parallelo).

- Nel sistema circolatorio, la maggiore **Resistenza** al flusso è determinata dalle **arteriole**, che hanno diametri inferiori a quelli delle arterie.
- I **capillari**, pur essendo in assoluto i vasi con diametro minore, offrono bassa **Resistenza** perché sono disposti in parallelo ed il loro numero è molto superiore a quello delle arteriole.



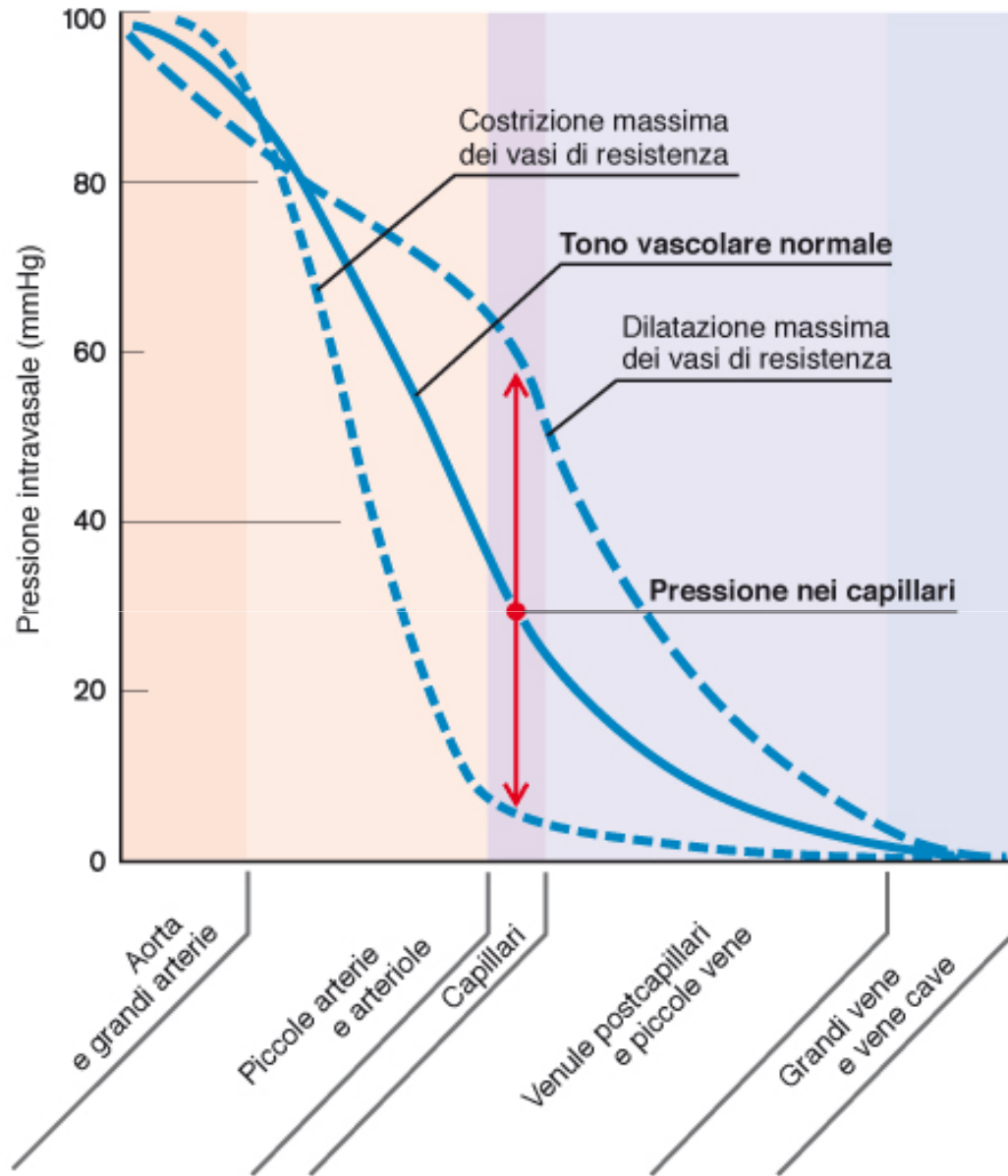
Un'indicazione della **R complessiva** incontrata dal flusso di sangue nel passaggio da un distretto all'altro, si ha misurando la **caduta pressoria**, che si verifica nei vari distretti.

Man mano che il fluido scorre nel sistema, la pressione diminuisce con la distanza, poiché l'energia viene persa per vincere le resistenze. Questa è la situazione che si verifica nel sistema circolatorio.



© 2005 edi.ermes milano

La maggiore caduta pressoria e quindi la maggior **Resistenza** si verifica a livello delle **arteriole**. I capillari anche se di minor diametro offrono minore resistenza perché disposti in parallelo e in numero superiore alle arteriole.



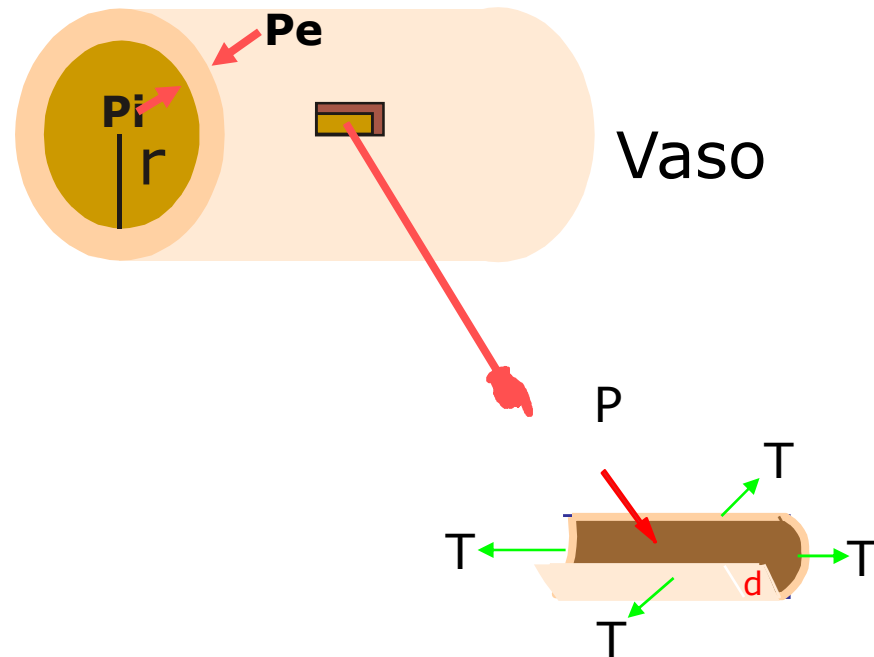
L'andamento della Pressione lungo l'albero circolatorio è modificato da variazioni del tono vascolare che determina il calibro dei vasi e quindi la **Resistenza**.

Relazione P_{tm} - Tensione di parete: La legge di Laplace

In contenitori con parete distensibile (organi cavi, vasi), la parete sottoposta ad una forza distendente (P_{tm}) sviluppa una forza resistente, tensione (T).

Per la **LEGGE DI LAPLACE**:
la tensione parietale (T), dipende da: P_{tm} , spessore della parete (d) e raggio del contenitore (r) secondo l'equazione:

$$T = \frac{P_{tm} \cdot r}{d}$$



Porzione della parete del vaso vista dall'interno

La parete di un vaso è in equilibrio se la forza distendente, P_{tm} è bilanciata da T (in parte passiva, elasticità del vaso; in parte attiva, generata dalla contrazione della muscolatura liscia).

La parete di un vaso si rompe se la T sviluppata non è sufficiente a sostenere P_{tm} .

Legge di Laplace applicata ai vasi ematici spiega perché:

- Vasi di piccolo calibro (capillari) possono sostenere pressioni intravasali relativamente elevate senza rompersi.
Per sostenere la P_{tm} è sufficiente infatti una T bassa.
- Si può verificare rottura di un aneurisma arterioso:
Aneurisma arterioso = vaso dilatato \rightarrow \uparrow raggio + \downarrow spessore.
E' necessaria una $\uparrow T$ per controbilanciare la stessa P_{tm} .
Se la parete non riesce a sviluppare la T richiesta \rightarrow
 \uparrow dilatazione vaso \rightarrow aneurisma diventa permanente.
- Quando la T diventa insufficiente a contrastare la P_{tm} , il vaso si rompe.

LA DISTENSIBILITÀ DELLE PARETI DEI VASI RENDE IL CIRCOLO DIPENDENTE DALLA FORZA DI GRAVITÀ

La pressione esercitata da una colonna di liquido aumenta con l'altezza secondo la relazione:

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot h$$

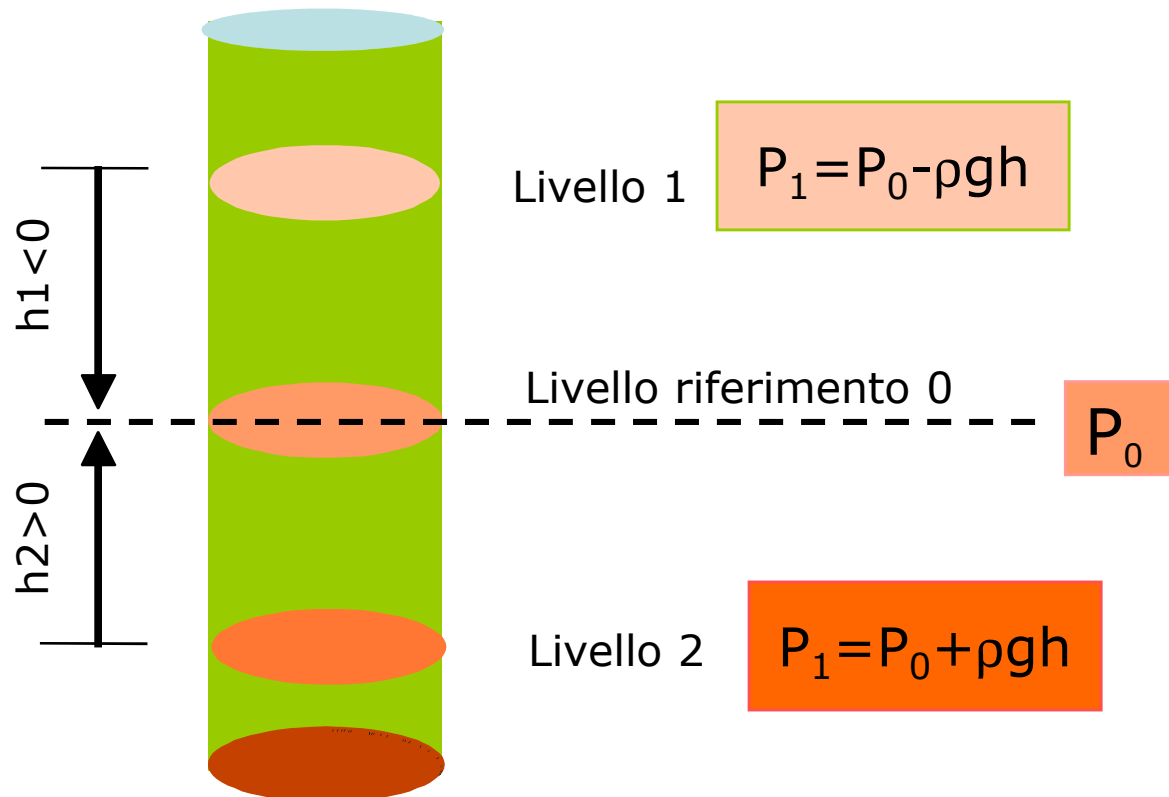
$\rho_{H_2O} = 1$
 $\rho_{Hg} = 13.6$

La pressione idrostatica (P_i) esercitata da una colonna di acqua è $1/13.6 = 0.074$ volte quella esercitata da una colonna di mercurio di uguale altezza.

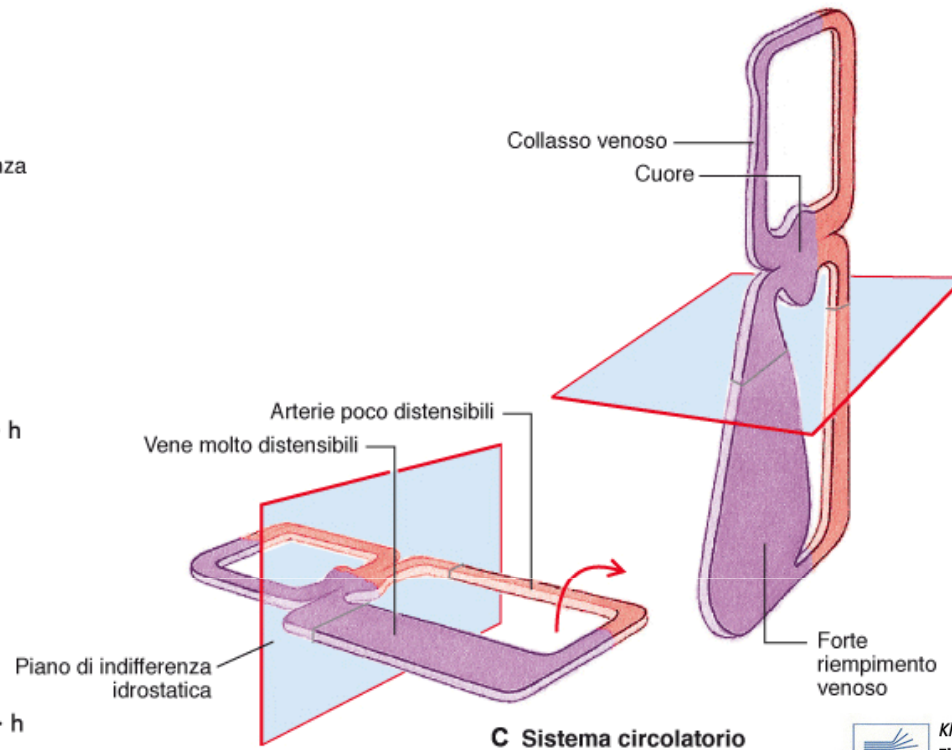
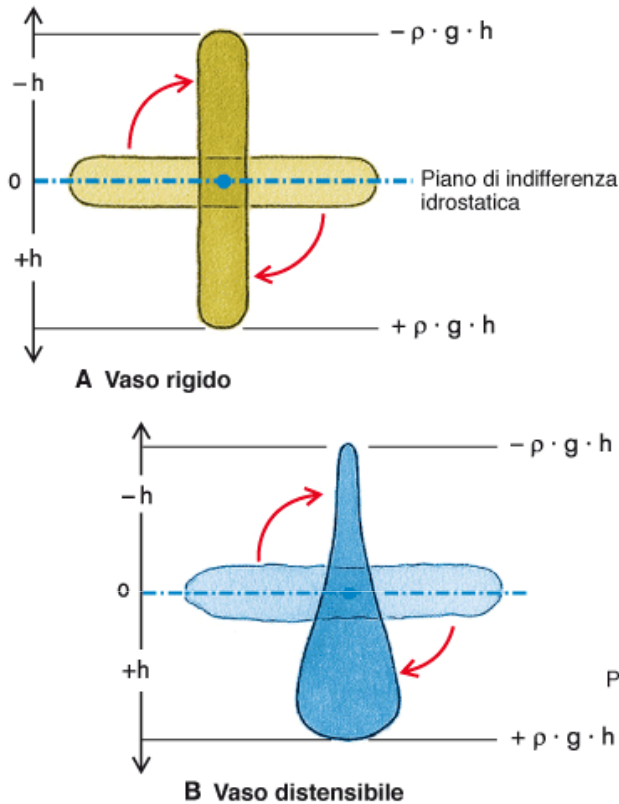
colonna acqua 1 cm, $P_i = 0.74$ mmHg

poiché sangue = acqua

$$P_i = [(h \text{ cm}) \times 0.74] \text{ mmHg}$$

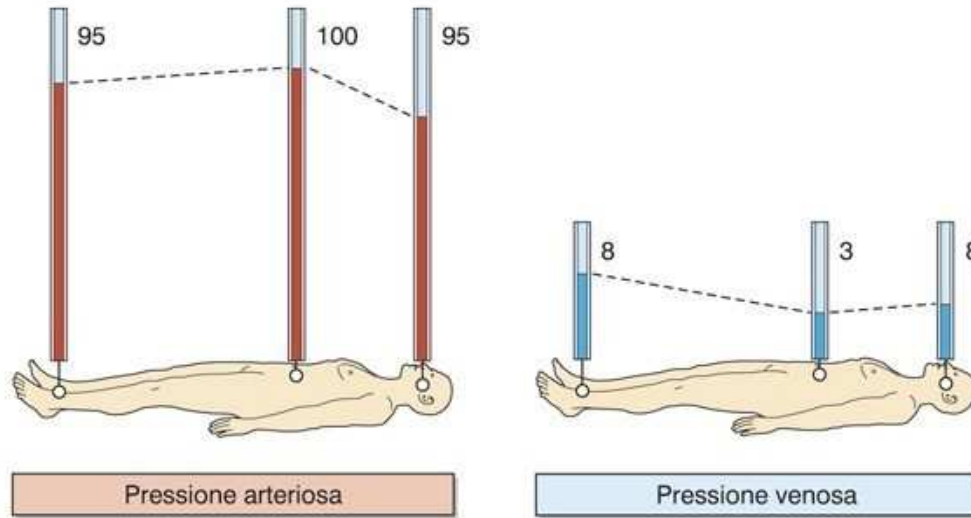


Effetti della P idrostatica nei cambiamenti di posizione di recipienti di liquido a parete rigida o distensibile



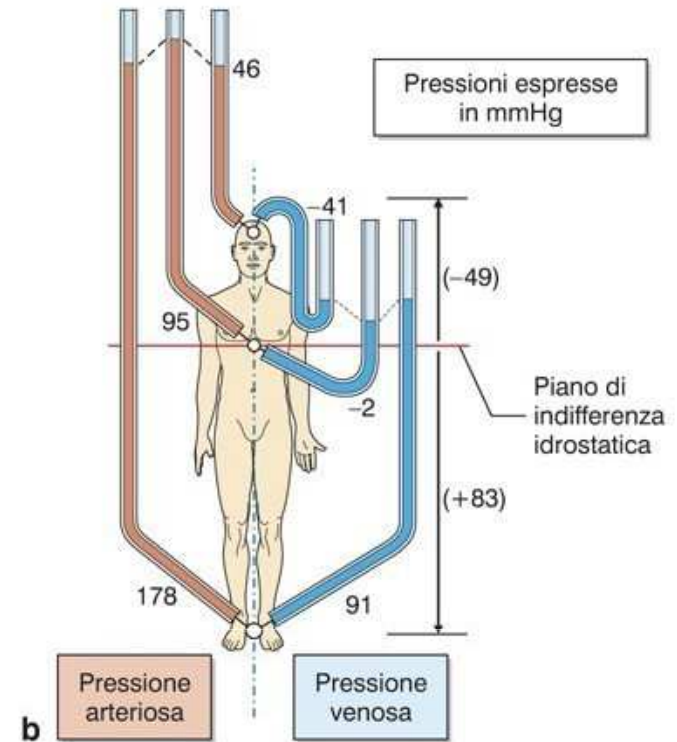
In condotti a parete rigida il passaggio posizione orizzontale-verticale modifica la P sopra (-) e sotto (+) il piano di indifferenza idrostatica di un valore = alla P_i ($\pm \rho gh$) esercitata dalla colonna di liquido di altezza h. Con pareti distensibili le variazioni di P_i causano spostamento di volume dalle zone superiori a quelle inferiori. In un sistema costituito da due elementi comunicanti con diversa compliance (vene ed arterie) il volume si sposta maggiormente verso l'elemento a maggior compliance (vene).

Posizione ortostatica



a

© 2010 edi.ermes milano



b

Al di sotto del cuore:

Pa e Pv aumentano della stessa entità (+83 mmHg), ΔP arterie-vene non cambia (87 mmHg) e il flusso arterie-vene rimane invariato.

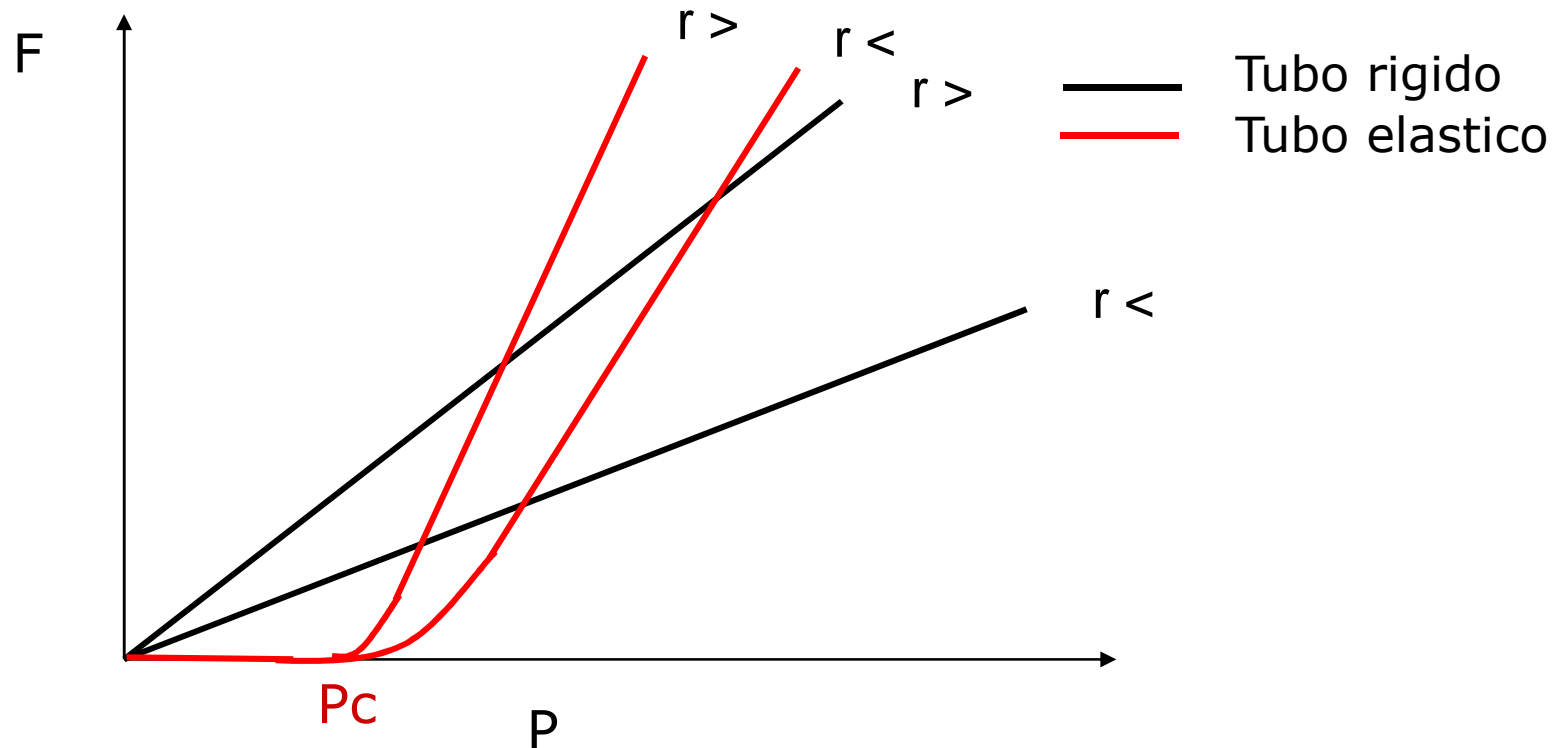
La distensione passiva delle vene causa una momentanea riduzione del ritorno venoso che viene compensata da meccanismi quali venocostrizione, pompa muscolare, valvole venose.

Al di sopra del cuore:

Pa e Pv scendono di 49 mmHg, la riduzione del flusso cerebrale è impedita da meccanismi di compenso rapidi.

RELAZIONE FLUSSO-PRESSIONE IN VASI RIGIDI ED ELASTICI

Poiché i vasi sono distensibili, P_{tm} può influenzare il raggio del vaso e, per la **Legge di Poiseuille**, modificare la **resistenza** al flusso.



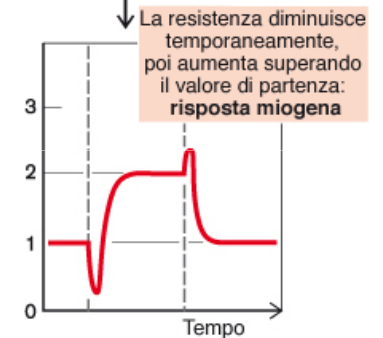
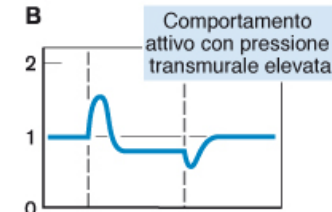
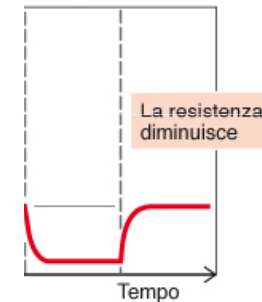
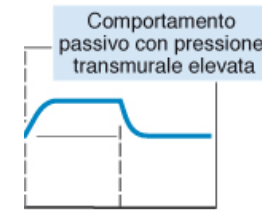
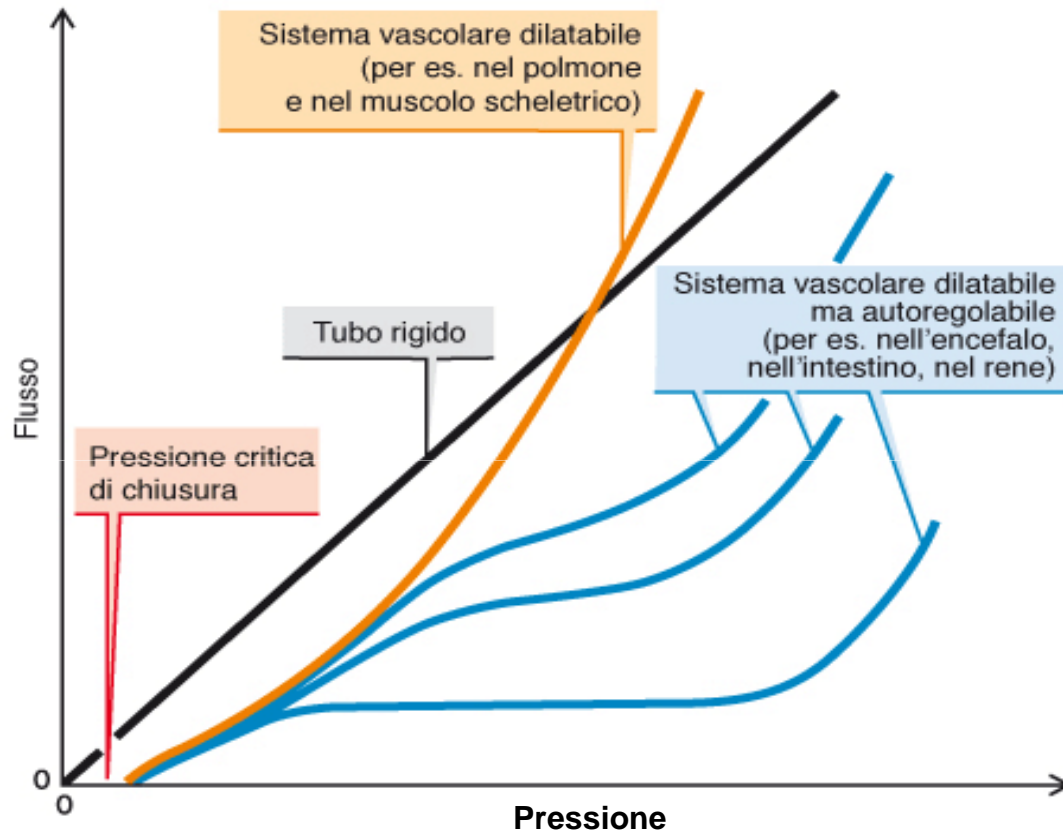
In tubi rigidi la relazione **F-P** è lineare.

In tubi elastici (vasi) la relazione **F-P** non è lineare.

Al di sotto di un dato valore di $P = P_c$ (pressione critica di chiusura) il vaso tende a chiudersi.

Aumenti di P oltre P_c determinano incrementi di F maggiori rispetto a un vaso rigido, perché il conseguente aumento di diametro riduce la **resistenza al flusso**.

Relazione F-P in vasi passivi e reattivi



Vasi **tipo passivo**: $\uparrow P \rightarrow \uparrow F$ (andamento tipico dei vasi elastici).
 Vasi **tipo reattivo**: dopo iniziale aumento **F** tende a stabilizzarsi. Il vaso reagisce all'aumento di **P** costringendosi:
 \downarrow raggio $\rightarrow \uparrow$ resistenza = flusso costante

- Il sistema cardio-circolatorio può adattarsi alle diverse richieste dell'organismo.
- Se aumenta il fabbisogno metabolico di un tessuto, rispetto a quello degli altri, la distribuzione del **flusso** cambia, per 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.

⑩ Variare la **RPT** sistemica significa variare tutto il **flusso** in periferia.

⑩ Variare le **Resistenze** ai singoli distretti significa variare il **flusso** in quel distretto.

Questo meccanismo consente la redistribuzione della gittata cardiaca.