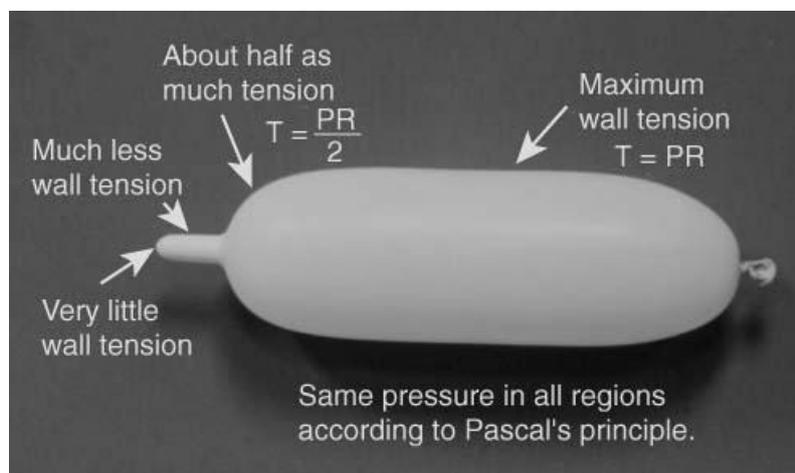


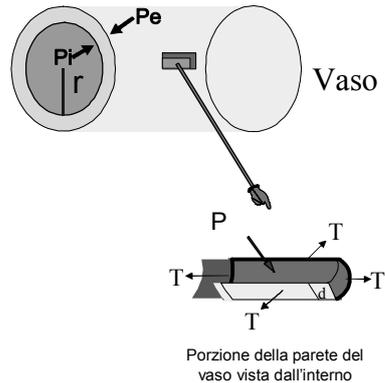
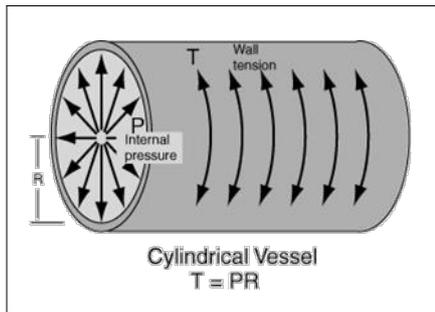
Le Pressioni in emodinamica sono:

- Pressione di propulsione Pa-Pv, responsabile del flusso
- Pressione trasmurale (P_{tm}). Poiché i vasi sono distensibili la P_{tm} può influenzare il raggio del vaso e per la Legge di Poiseuille modificare la resistenza al flusso.

La legge di Laplace

In contenitori con parete distensibile (organi cavi, vasi), il riempimento deforma la parete, che sviluppa una tensione in risposta all'allungamento.

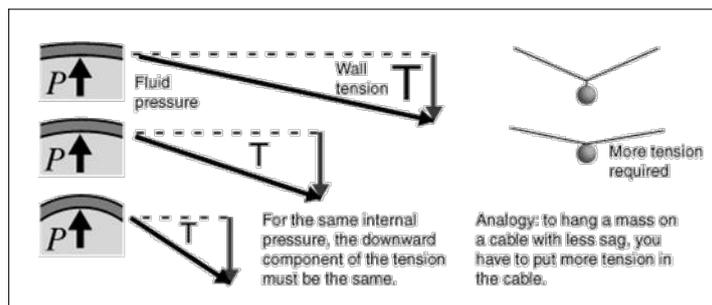




Secondo la **LEGGE DI LAPLACE**, la tensione parietale, T , dipende dalla pressione trasmurale, P_{tm} , e dal raggio del contenitore, r secondo l'equazione:

$$T = P_{tm} r$$

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



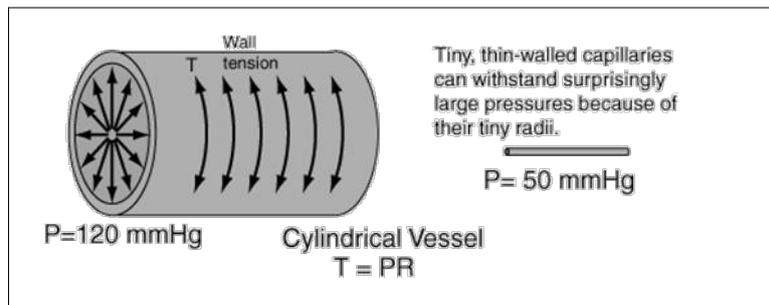
Se la curvatura è minore, la tensione totale deve essere più grande per mantenere la stessa componente della tensione verso il basso

- La parete di un vaso è in equilibrio quando la forza distendente P_{tm} è bilanciata dalla tensione di parete T .

La tensione di parete è in parte passiva (legata all'elasticità del vaso) e in parte attiva (svilupata dalla contrazione della muscolatura liscia della parete).

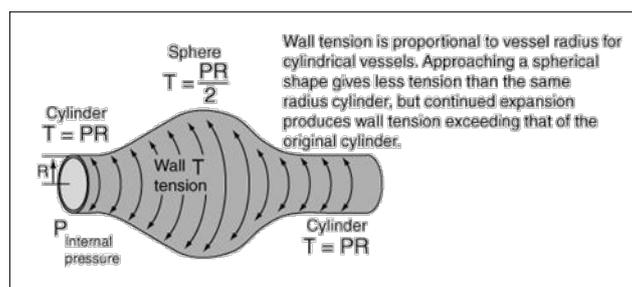
- Se la tensione richiesta per sostenere la P_{tm} è superiore a quella che la parete può sviluppare, la parete si rompe.

La Legge di Laplace applicata ai vasi ematici spiega perché i vasi di calibro ridotto, come i capillari, sono in grado di sostenere pressioni intravasali relativamente elevate, senza rompersi. Infatti per sostenere la P_{tm} è sufficiente una tensione minore.



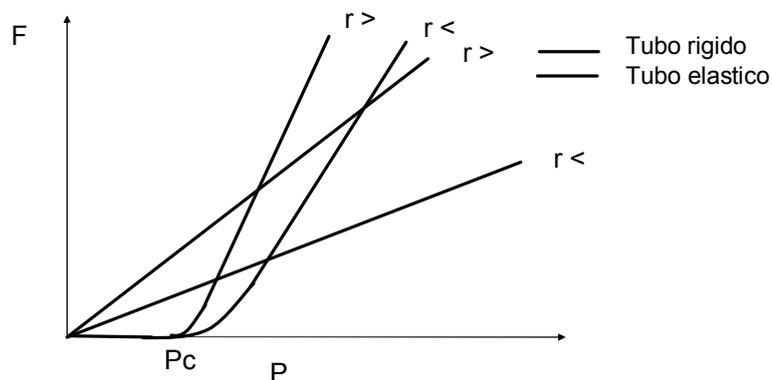
Nell'aneurisma arterioso il vaso si dilata. L'aumento del raggio e la riduzione dello spessore della parete incrementa la tensione richiesta per controbilanciare la P_{tm} . Se la parete non riesce a sviluppare la tensione necessaria, la dilatazione del vaso aumenta ancora, rendendo l'aneurisma permanente.

- Quando la tensione parietale diventa insufficiente a contrastare la pressione interna il vaso va incontro a rottura.



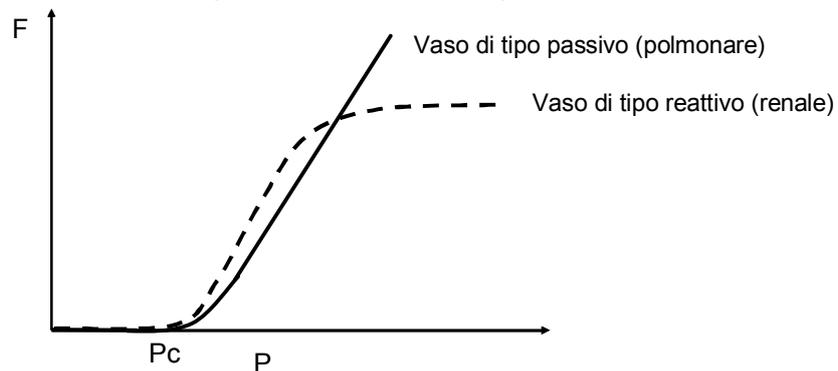
RELAZIONE PRESSIONE-FLUSSO IN VASI RIGIDI ED ELASTICI

Per un fluido che scorre in un tubo rigido, la relazione $\Delta P/F$ è lineare



Nei tubi elastici (vasi) la relazione $\Delta P/F$ non è lineare, esiste un valore minimo di $P = P_c$ (pressione critica di chiusura), al di sotto della quale il vaso tende a chiudersi. Quando il vaso è aperto, l'aumento di P determina un aumento di flusso maggiore rispetto ad un vaso rigido dello stesso diametro, perché le pareti del vaso si distendono con conseguente riduzione della resistenza al flusso.

Relazione pressione-flusso in vasi passivi e reattivi



Nei vasi di **tipo passivo**, (esempio, vasi polmonari) il flusso **F** aumenta all'aumentare della **P** con l'andamento tipico dei vasi elastici.

Nei vasi di **tipo reattivo** (esempio, vasi renali), dopo un iniziale aumento, il flusso **F** tende a stabilizzarsi. In questo caso infatti, il vaso reagisce all'aumento di **P** costringendosi (autoregolazione). La riduzione di diametro determina un aumento della resistenza, che mantiene il flusso costante.

Effetti della forza di gravità sul sistema circolatorio

La pressione esercitata da una colonna di liquido aumenta con l'altezza di questa, secondo la relazione: $\Delta P = \rho \cdot g \cdot h$

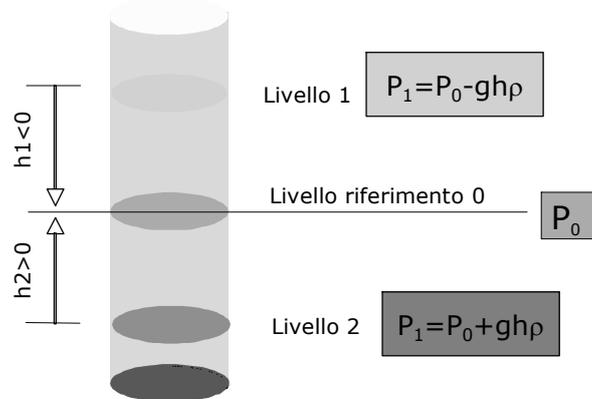
$$\frac{\rho_{H_2O} = 1}{\rho_{Hg} = 13.6}$$

La pressione idrostatica (P_i) esercitata da una colonna di acqua è $1/13.6 = 0.74$ volte quella esercitata da una colonna di mercurio di uguale altezza.

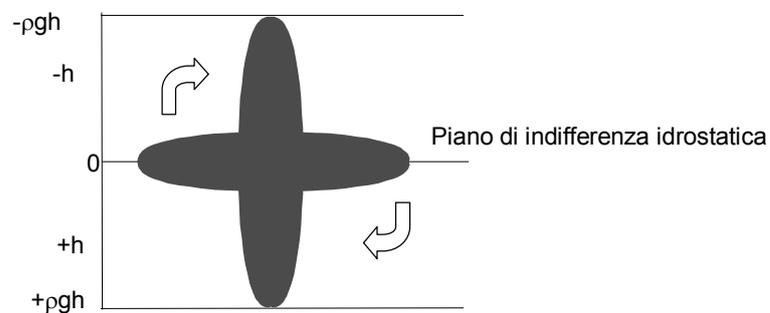
colonna acqua 1 cm, $P_i = 0.74$ mmHg

poiché sangue=acqua

$$P_i = [(h \text{ cm}) \cdot 0,74] \text{ mmHg}$$

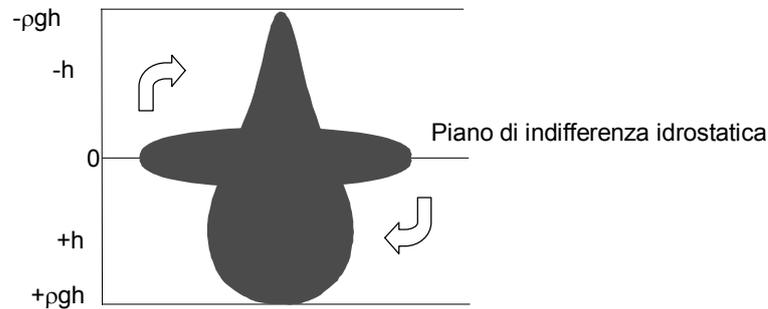


Effetto della pressione idrostatica nei cambiamenti di posizione di un recipiente pieno di liquido con pareti rigide



In posizione verticale, la P al di sopra e al di sotto del piano di indifferenza idrostatica rispettivamente aumenta e diminuisce di un valore pari alla P_i esercitata della colonna di liquido di altezza h , pgh .

Effetto della pressione idrostatica nei cambiamenti di posizione di un recipiente pieno di liquido con **pareti distensibili**



Le variazioni di P determinate dalla gravità comportano uno spostamento di volume dalle porzioni superiori a quelle inferiori rispetto al piano di indifferenza idrostatica.

Effetti della Pressione idrostatica in ortostatismo

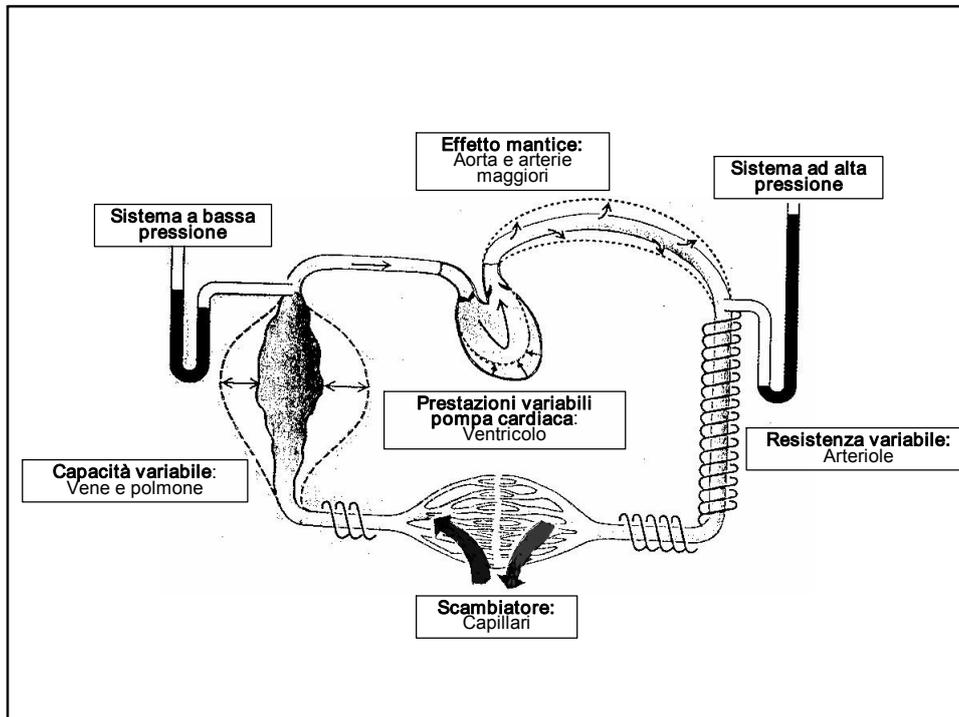
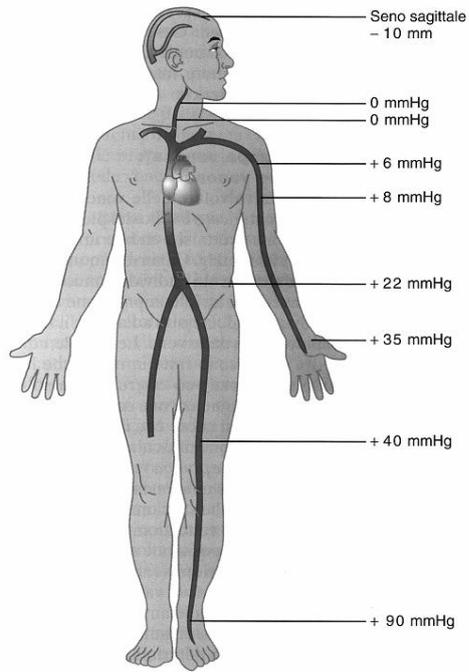
Passando dalla stazione supina (clinostatismo) a quella eretta (ortostatismo) si verifica un aumento della P nei vasi al di sotto del cuore (piano di indifferenza idrostatica), per effetto della P_i causata dalla colonna di sangue che “pesa” verso il basso.

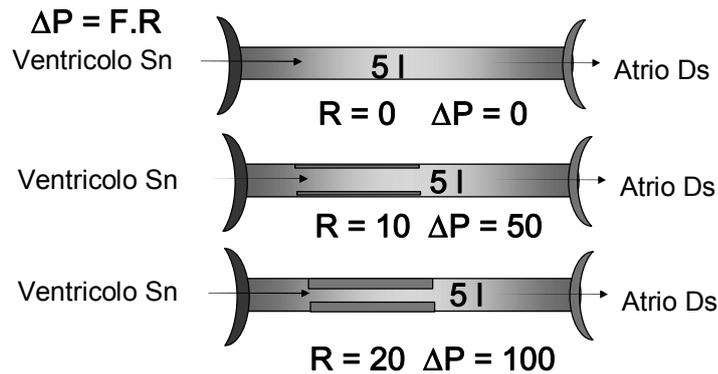
P_a e P_v cambiano della stessa entità, quindi il ΔP non si modifica, ma le vene altamente distensibili accolgono la colonna di sangue dilatandosi passivamente, con conseguente momentaneo arresto di flusso. Solo dopo che le vene si sono riempite il conseguente aumento di pressione ristabilisce il normale ritorno venoso.

In ortostatismo, il ritorno venoso è comunque facilitato dalla presenza delle valvole venose, dalla pompa muscolare e dalla venocostrizione.

Riduzione della P al di sopra del cuore (piano di indifferenza idrostatica), significa riduzione dell'apporto di sangue al cervello.

Intervengono meccanismi di regolazione cardio-circolatori che assicurano il flusso





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

- Per la presenza delle resistenze del circolo si sviluppa anche energia potenziale (P)

- $E_t = E_c + E_p$

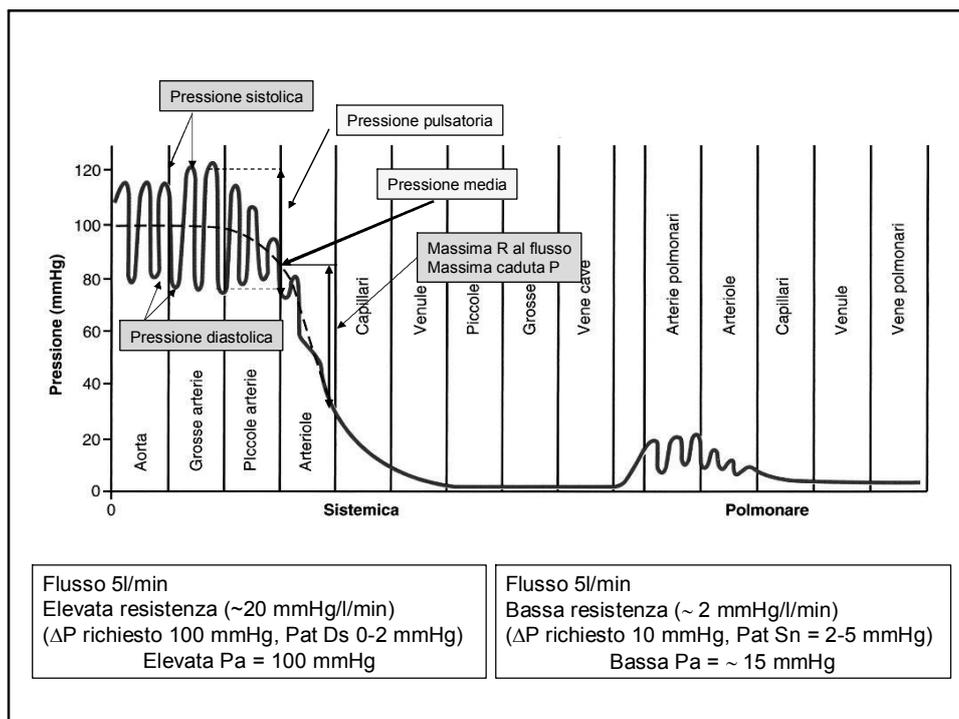
Le RPT a livello del circolo sistemico ammontano a circa 20 mmHg/l/min

per assicurare un Flusso di 5 l/min

deve esistere un ΔP tra sistema arterioso e venoso di 100 mmHg

Questo valore è creato perché il cuore immette sangue nel sistema arterioso e lo sottrae dal sistema venoso

La Pressione arteriosa rappresenta una riserva di energia potenziale disponibile immediatamente per spingere il sangue in periferia.



- VARIARE LE RESISTENZE PERIFERICHE SISTEMICHE SIGNIFICA VARIARE TUTTO IL FLUSSO IN PERIFERIA
- VARIARE LE RESISTENZE AI SINGOLI DISTRETTI SIGNIFICA VARIARE IL FLUSSO IN QUEL DISTRETTO.

Questo meccanismo consente la redistribuzione della gittata cardiaca

RIEPILOGO ARGOMENTI TRATTATI

VELOCITA' DI FLUSSO:

- Dipendenza dalla sezione trasversa
- Cambiamenti di velocità nelle diverse sezioni del sistema circolatorio

■ RELAZIONE PRESSIONE-VELOCITA':

- Principio di Bernoulli

■ DEFINIZIONE DI FLUSSO LAMINARE E TURBOLENTO:

- Numero di Reynolds e passaggio dal flusso laminare a turbolento

■ EQUAZIONE DI POISEUILLE:

- Fattori che determinano la resistenza al flusso
- Importanza del raggio del vaso

■ VISCOSITA' DEL SANGUE:

- Dipendenza dall'ematocrito
- Variazioni della viscosità con la velocità e il diametro del vaso

■ COME LE RESISTENZE IN SERIE E IN PARALLELO DETERMINANO LA RESISTENZA TOTALE AL FLUSSO

■ DISTRIBUZIONE DELLE RESISTENZE NEL SISTEMA CIRCOLATORIO:

- Variazioni della pressione nelle diverse sezioni del sistema circolatorio

■ LA LEGGE DI LAPLACE APPLICATA AI VASI:

- La tensione di parete dipende dalla pressione trasmurale e dal raggio

▪ PRESSIONE IDROSTATICA:

- Influenza sul sistema circolatorio

■ RELAZIONE PRESSIONE-FLUSSO IN VASI ELASTICI:

- Diverso comportamento nei vasi passivi e reattivi