



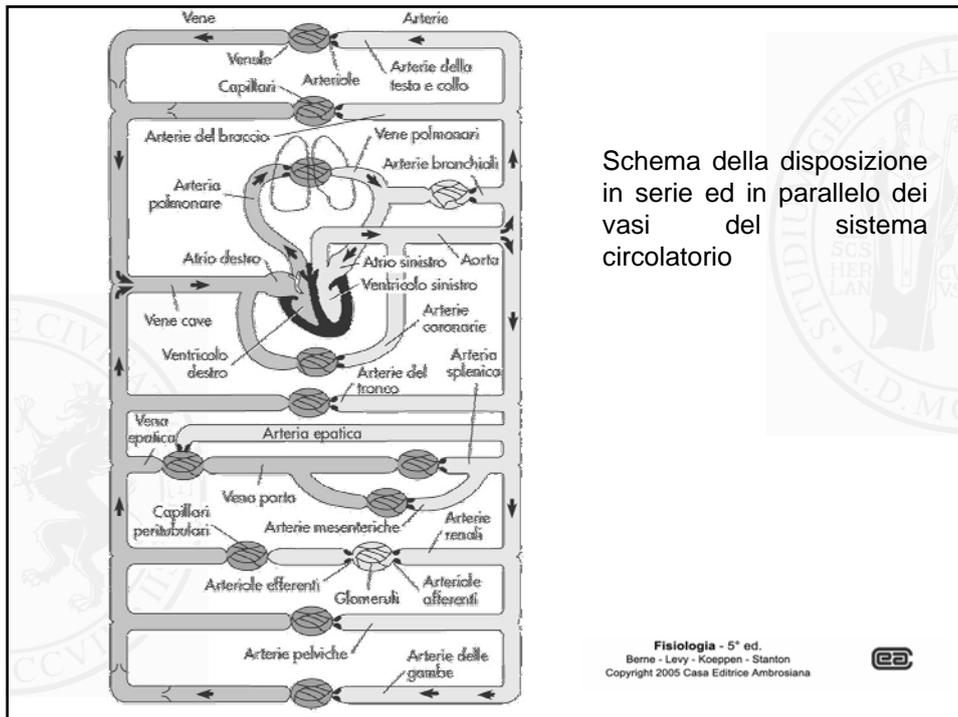
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
PERUGIA

Sistema cardio-circolatorio

- Permette il trasporto, attraverso il sangue, di gas, sostanze nutritive ed 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 ($\cong 5l$).

- E' formato da un insieme di condotti elastici (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.

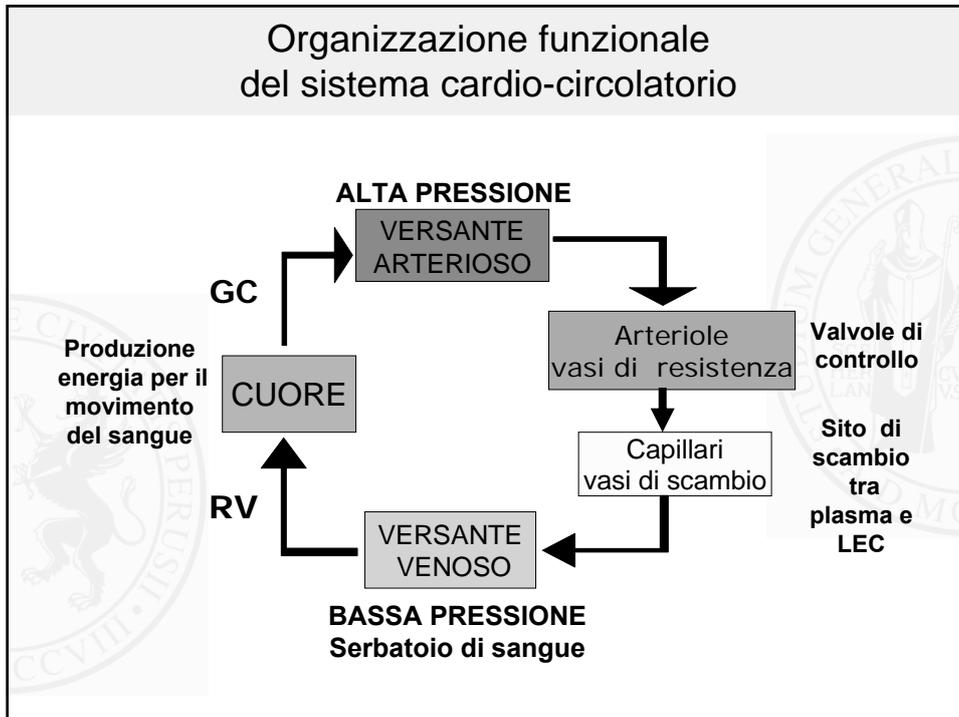


Schema della disposizione in serie ed in parallelo dei vasi del sistema circolatorio

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.
Hanno pareti robuste ed elastiche
- **Arteriole:** funzionano da valvole di controllo attraverso le quali il sangue passa ai capillari
Hanno pareti con componente muscolare che consente la variazione del calibro del vaso
- **Capillari:** permettono gli scambi tra plasma e LEC
Hanno pareti sottili e permeabili
- **Venule:** raccolgono il sangue refluo dai capillari
- **Vene:** funzionano da serbatoi di volume
Hanno pareti sottili ed elastiche con componente muscolare che consente la regolazione del calibro

	Diametro medio	Spessore medio della parete	Endotelio Tessuto elastico Muscolo liscio Tessuto fibroso	
Arterie	4,0 mm	1,0 mm		
Arteriole	30,0 µm	6,0 µm		
Capillari	8,0 µm	0,5 µm		
Venule	20,0 µm	1,0 µm		
Vene	5,0 mm	0,5 mm		



VOLUME DI SANGUE CONTENUTO NELLE DIVERSE SEZIONI

Vene + Venule 64%

Arterie 13%

Arteriole + Capillari 7%

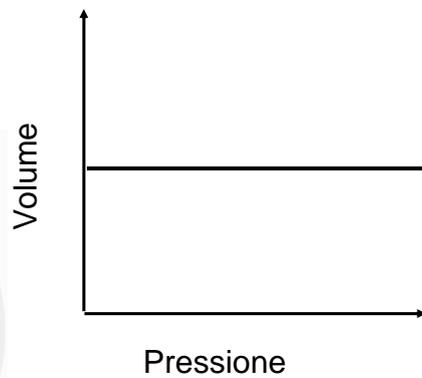
Cuore 7%

Circolazione polmonare 9%

Distensibilità dei vasi sanguigni

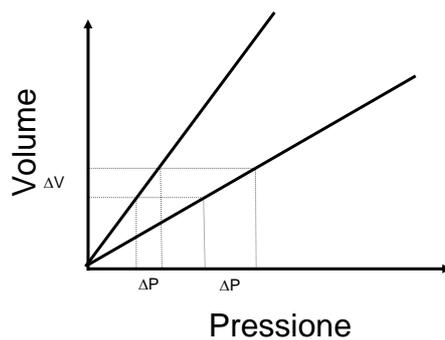
- Le variazioni di volume in un vaso sanguigno dipendono dalla distensibilità della sua parete.
- In generale, il grado di distensibilità di un condotto si valuta analizzando le variazioni di volume provocate da modificazioni della pressione che si esercita sulla parete del condotto stesso.

Condotti con parete rigida



In condotti con pareti rigide, al variare della P, il volume non varia

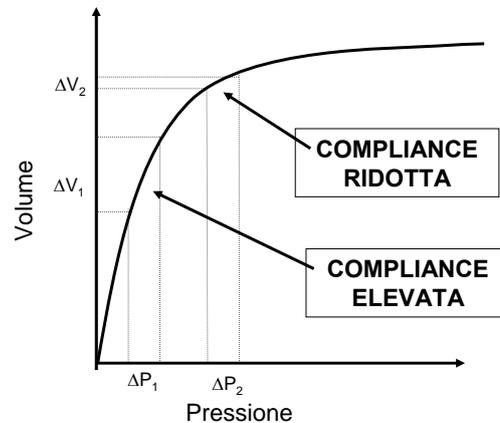
Condotti con parete elastica



In condotti con parete elastica, come i vasi sanguigni, il volume aumenta linearmente con la pressione. La pendenza della curva misura il grado di distensibilità indicato come:

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

Vasi con parete ad elasticità variabile



- 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 volumi e minore ad alti volumi.

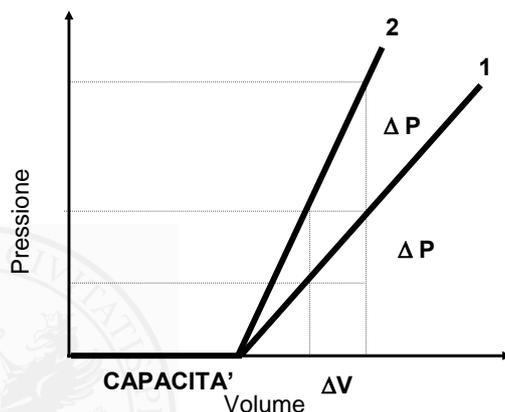
Lo stato di distensione di un vaso è determinato principalmente dalla pressione trasmurale P_{tm} , che risulta dalla differenza tra pressione interna (P_i) ed esterna (P_e) al vaso:

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

Quindi, anche variazioni della pressione esterna ad un vaso possono determinare variazioni del suo calibro.

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

All'interno di un vaso sanguigno, la pressione esercitata da un certo volume di sangue, dipende dalla **compliance** della sua parete

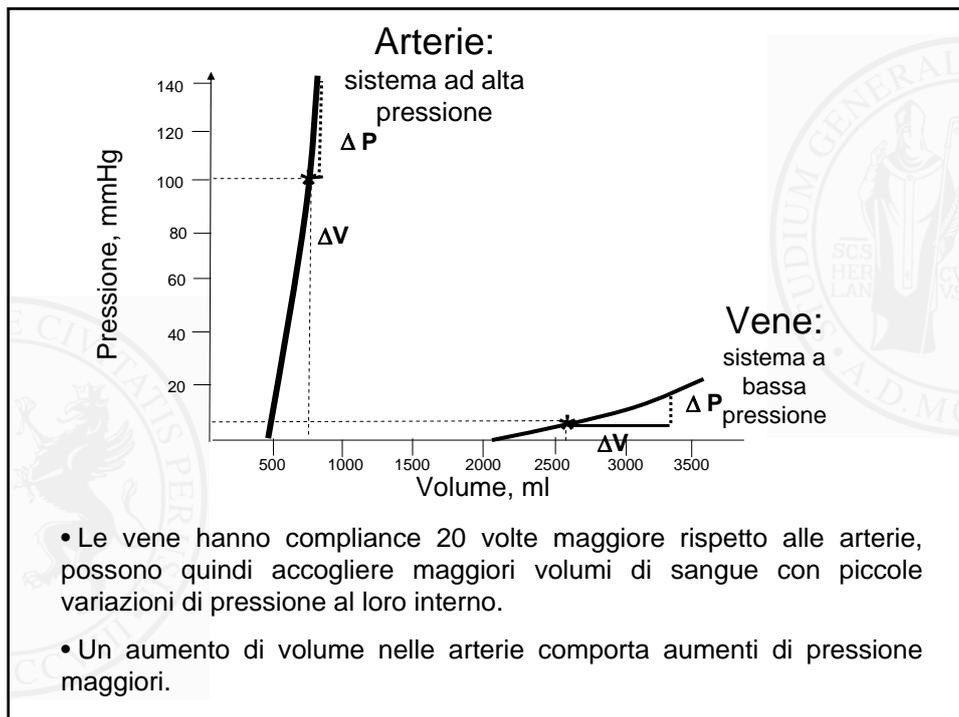


All'interno di un contenitore elastico non si sviluppa pressione finché il volume di liquido contenuto non distende le pareti del contenitore.

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

Volumi maggiori della capacità, distendono la parete sviluppando pressione.

- La P sviluppata, a parità di incrementi di volume, dipende dalla **COMPLIANCE** della parete del contenitore.
- Nel contenitore 1 il ΔP è minore rispetto al contenitore 2
- Il contenitore 1 ha quindi una compliance maggiore del contenitore 2, ha cioè una parete più distensibile



- La diversa compliance delle pareti arteriose e venose dipende dalla diversa quantità di fibre elastiche (elevata compliance) e di fibre collagene (bassa compliance).

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 $E_c = 1/2\rho v^2$. In un fluido, l' E_c è generata dalla Pressione.

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

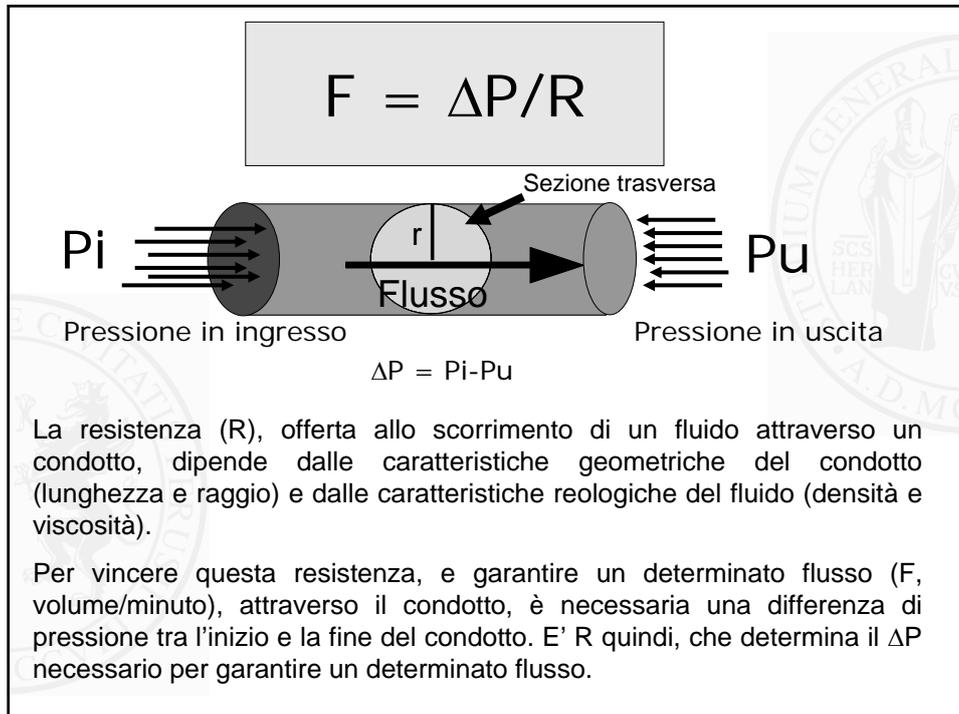
FLUSSO (F)

PRESSIONE (P)

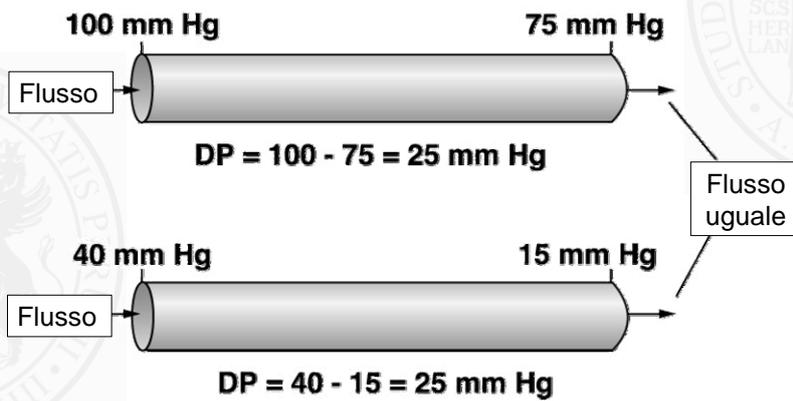
RESISTENZA (R)

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

$$F = \Delta P / R$$



Il flusso dipende da ΔP e non dal valore assoluto della P



Secondo l'equazione:

$$F = \Delta P / R$$

si può calcolare la resistenza al flusso come:

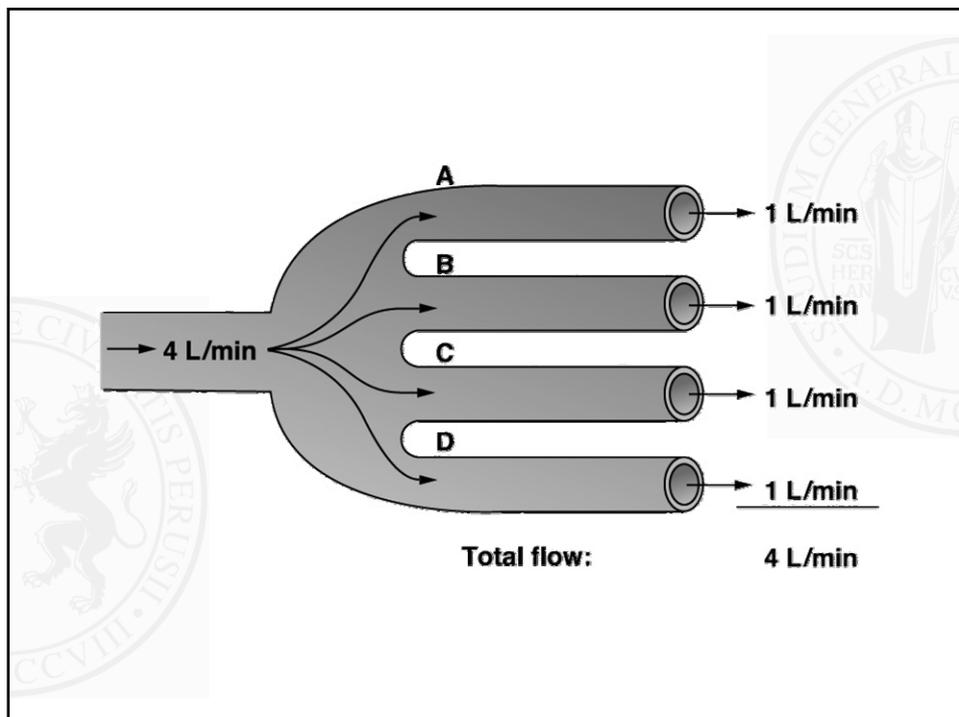
$$R = \Delta P / F$$

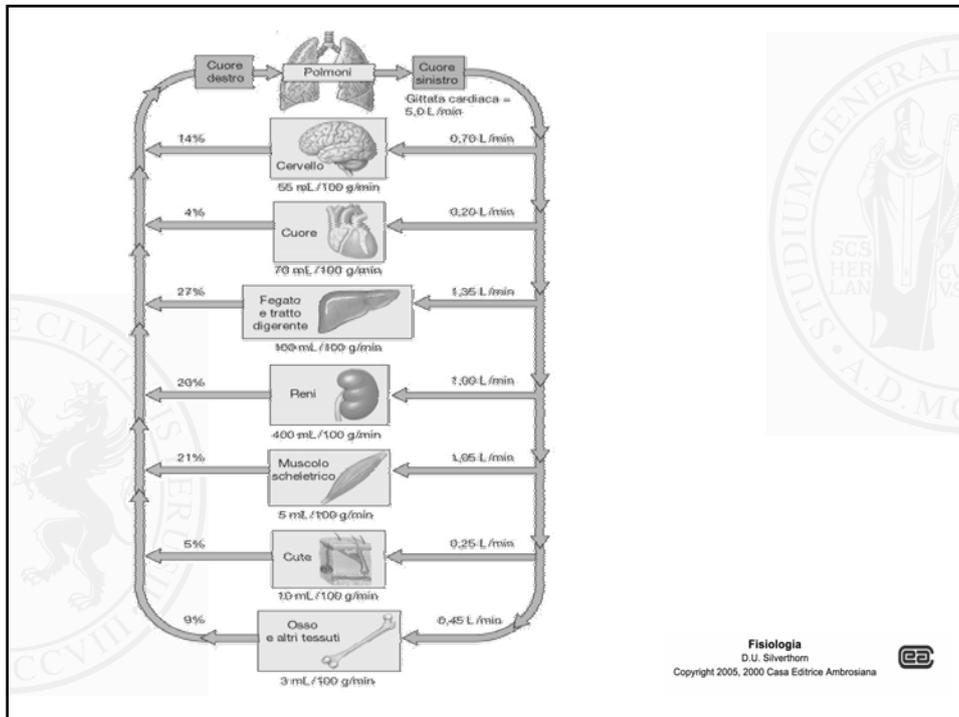
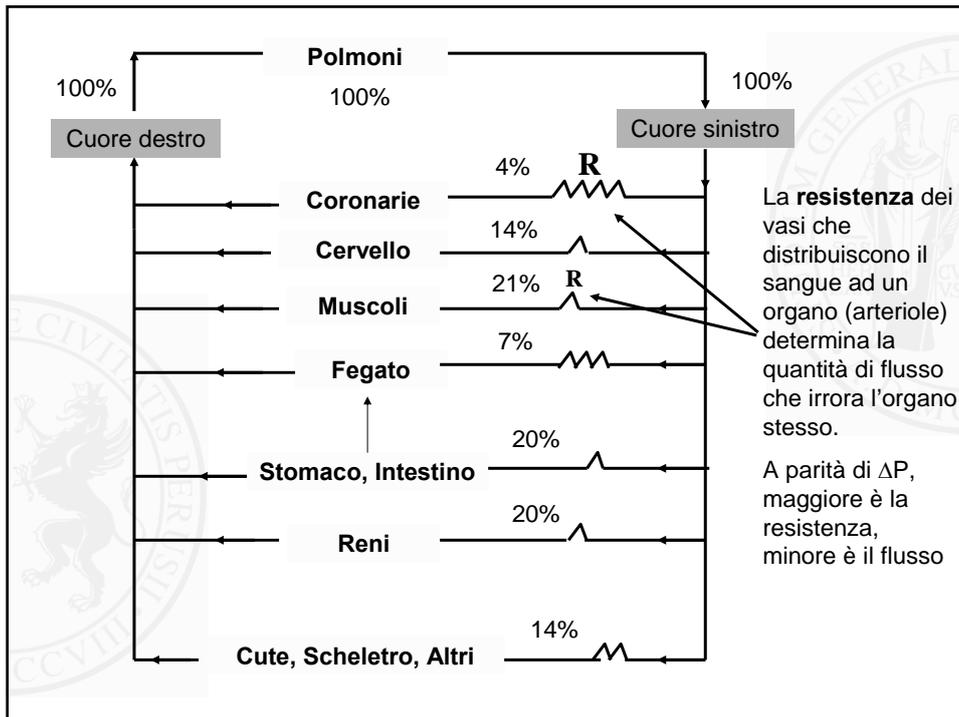
- Le richieste metaboliche basali dell'organismo impongono al sistema circolatorio la creazione di un **FLUSSO (V/min) di 5 l/min**

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

- Questo è il FLUSSO di sangue che torna dalla periferia al cuore = **RITORNO VENOSO**

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





- 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.

L'equazione del flusso: $F = \Delta P / R$ 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

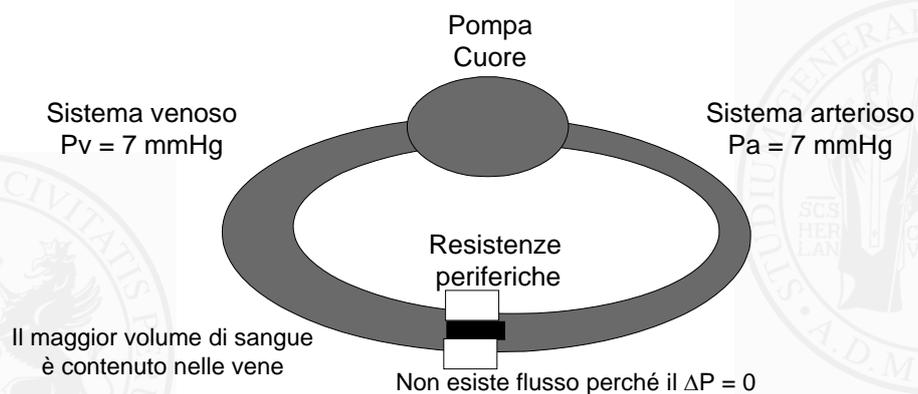
COME SI CREA IL ΔP ?

MODELLO SEMPLIFICATO

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

- Il sistema è pieno di sangue
- I vasi sono elastici
- Esiste una resistenza periferica
- Il volume di sangue che viene spinto dalla pompa in circolo deve essere uguale alla quantità di sangue che torna dal circolo alla pompa

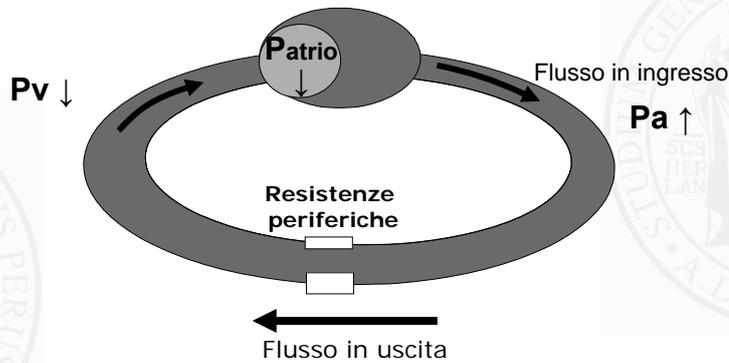
La pompa è inattiva



$P = 7 \text{ mmHg}$, esprime il grado di riempimento del sistema, ed è definita **pressione circolatoria di riempimento**.

La pompa è attiva

A parità di volume spostato, la Pa sale più di quanto scenda la Pv, perché le arterie hanno una compliance minore delle vene.



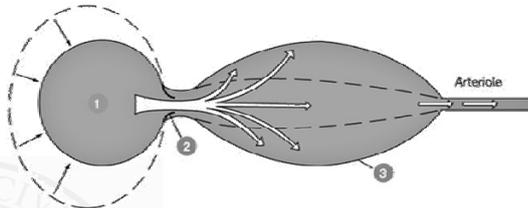
Quando la differenza tra Pa e Pv è tale da vincere le resistenze periferiche, il sangue passa dal versante arterioso a quello venoso, ed il flusso attraverso le resistenze periferiche (Flusso in uscita) risulta uguale al flusso generato dal cuore (Flusso in ingresso).

Il flusso di sangue nel sistema circolatorio è continuo, nonostante la pompa cardiaca abbia attività intermittente.

La continuità di flusso è garantita dal fatto che le arterie funzionano come un serbatoio di pressione.

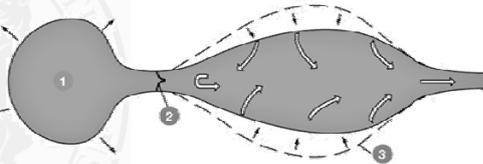
Durante la sistole, il volume di sangue spinto dal cuore nelle arterie distende la parete arteriosa. L'energia potenziale, immagazzinata come energia elastica, viene restituita e trasformata in energia cinetica, durante la diastole cardiaca, assicurando il movimento continuo del sangue.

Contrazione ventricolare



1. Il ventricolo si contrae
2. Il sangue viene spinto nelle arterie
3. A causa delle resistenze periferiche, solo una parte del volume sistolico viene trasferito in periferia, il rimanente distende le pareti dell'aorta.

Rilasciamento ventricolare



1. Il ventricolo si rilascia
2. Le valvole semilunari si chiudono
3. Il ritorno elastico della parete arteriosa rappresenta la forza di spinta sul sangue, che continua a fluire in periferia, nonostante il cuore sia in diastole.

Fisiologia
D.U. Silverthorn
Copyright 2005, 2000 Casa Editrice Ambrosiana

