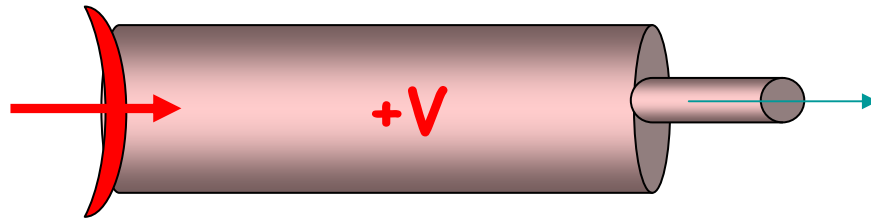


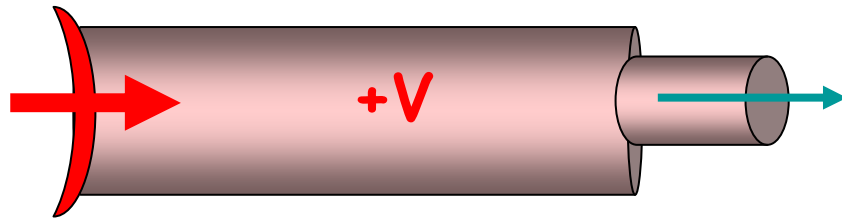
Condizioni che aumentano il volume di sangue nelle arterie determinano aumenti della Pa:

Ventricolo sn

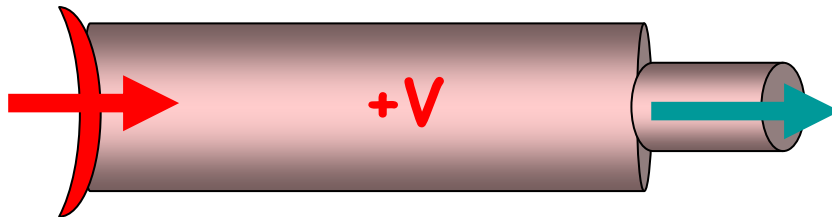
Arteriole



Aumento delle resistenze arteriolari (vasocostrizione)

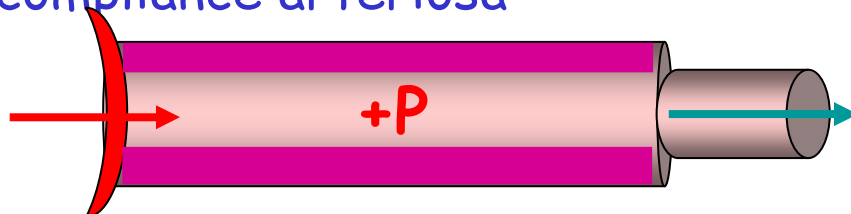


Aumento della GC

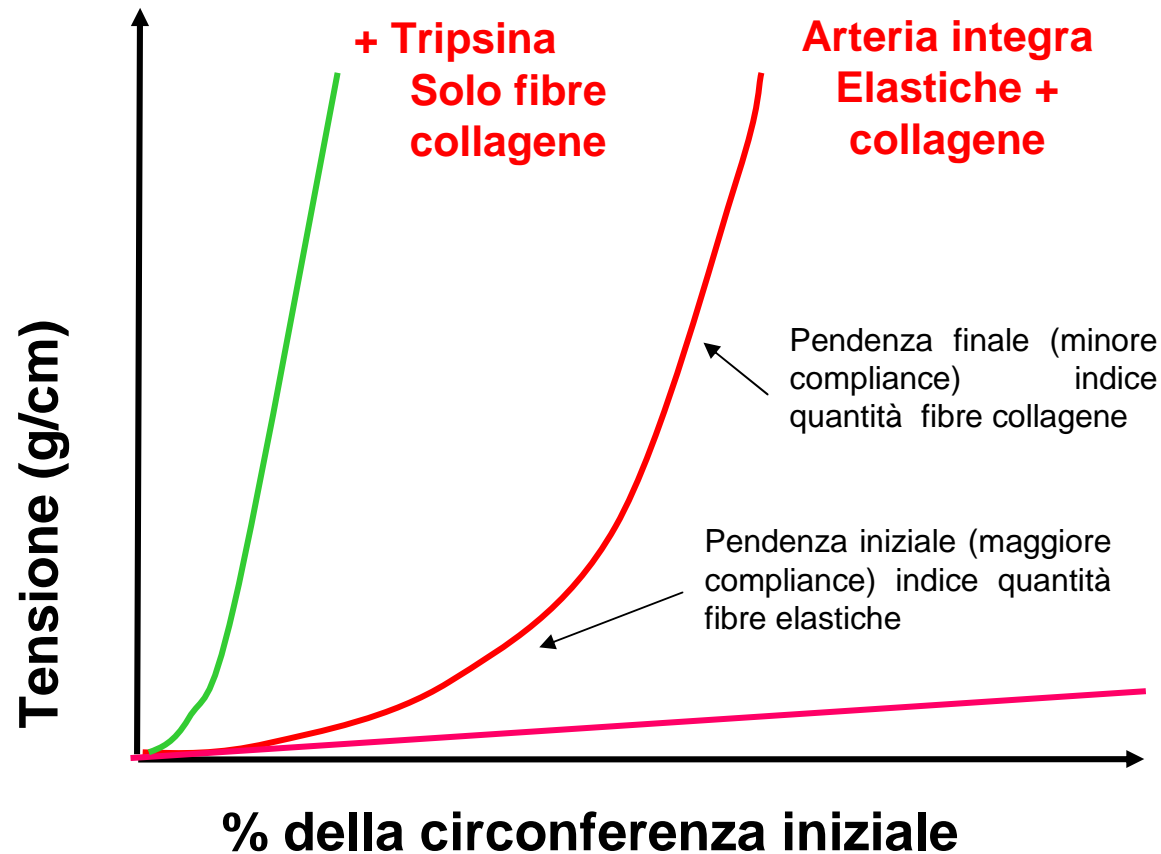


Aumento della volemia

Aumenti della Pa si verificano anche quando, a parità di volume, si riduce la compliance arteriosa

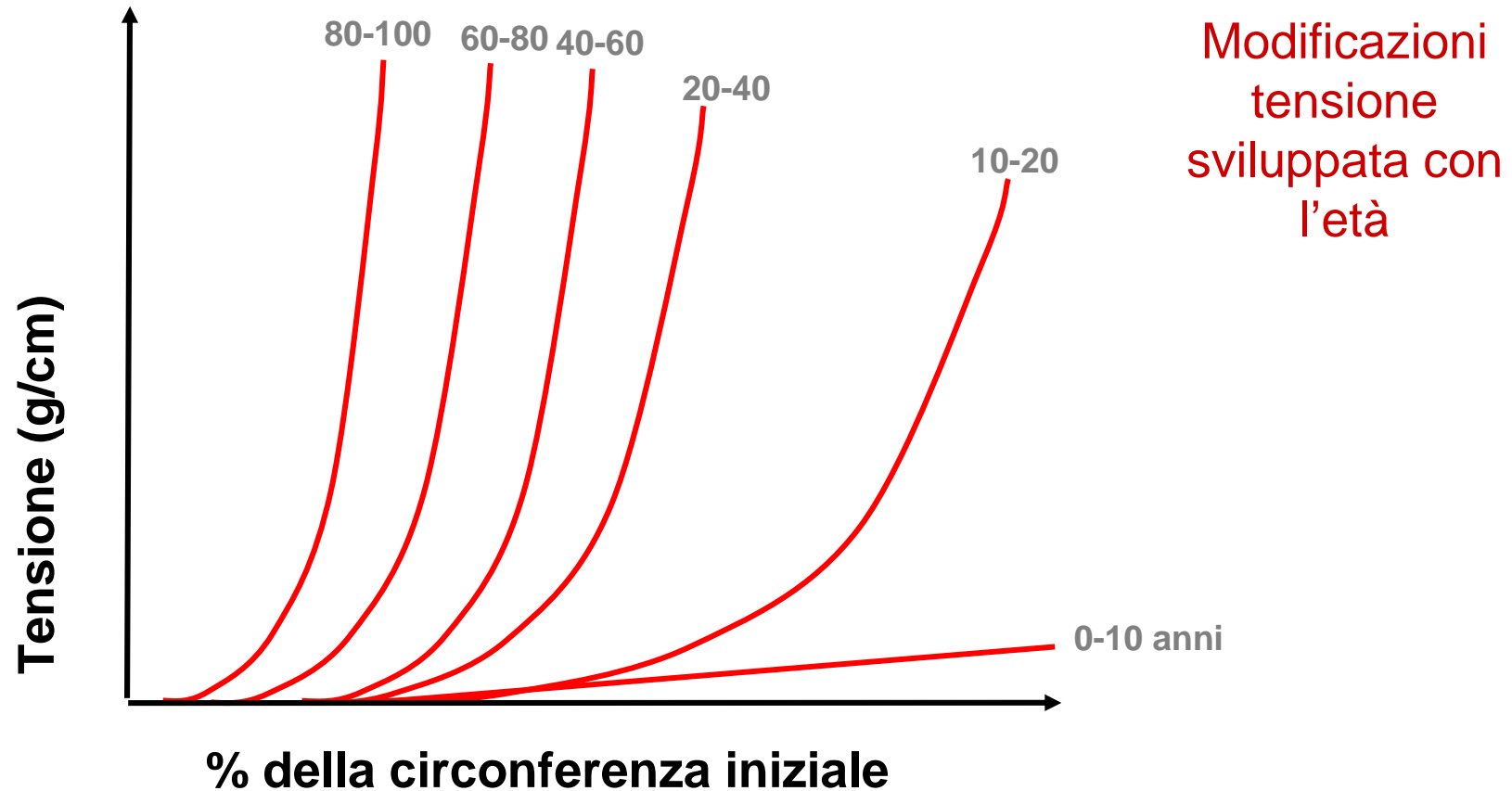


Diminuzione della compliance vasale



L'arteria integra sviluppa, per ogni incremento unitario di volume, tensione crescente.

La curva lunghezza-tensione dell'arteria integra è il risultato della diversa resistenza all'allungamento delle componenti elastiche e collagene. All'inizio dello stiramento, le fibre elastiche cedono in modo proporzionale alla forza deformante (**elevata compliance**), mentre le fibre collagene sviluppano tensione per allungamenti maggiori (**bassa compliance**) e contribuiscono all'impennarsi della curva.



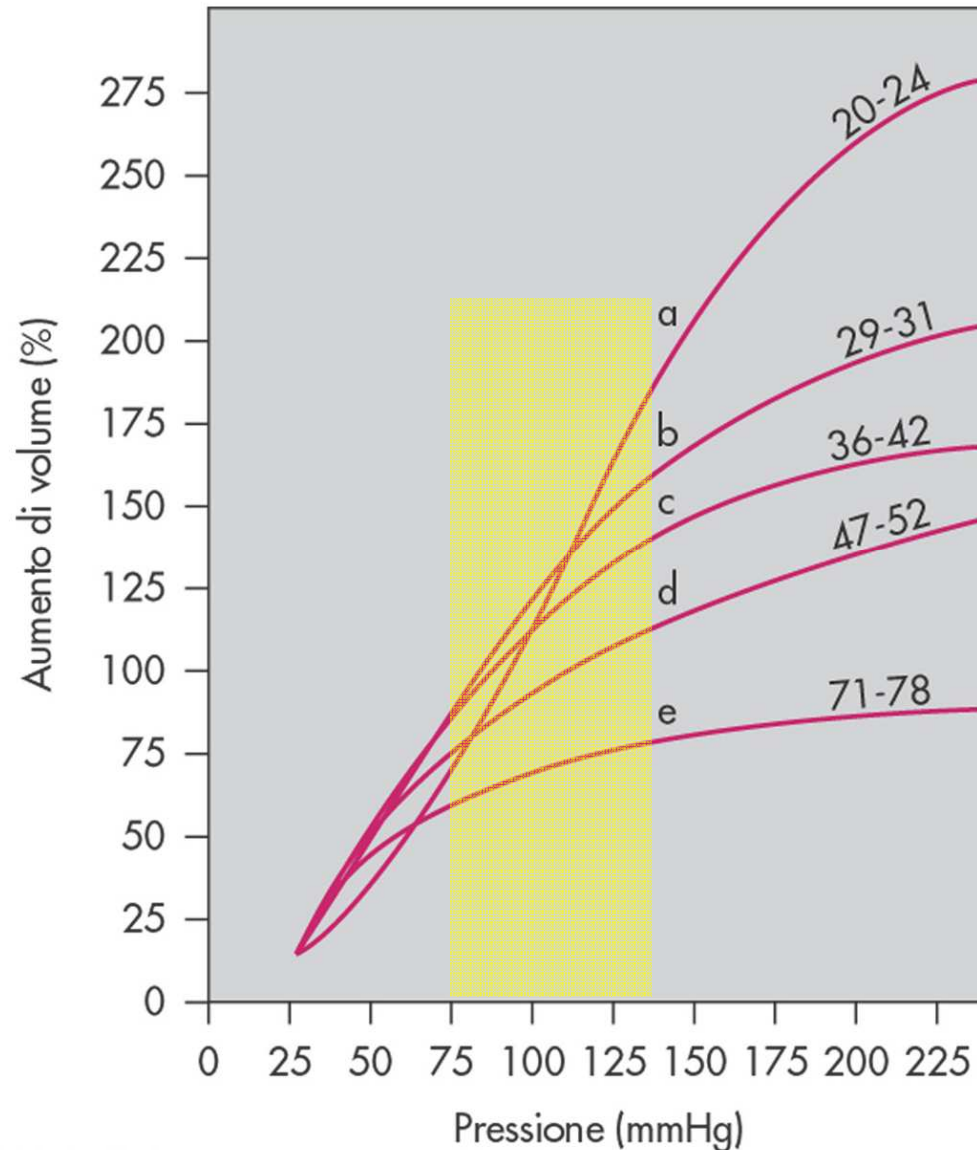
< 10 anni → prevalenza componente elastica → curva simile a quella ottenuta sperimentalmente dopo denaturazione con acido formico.

10-40 anni → progressivo aumento componente collagene → progressivo impennarsi della curva nella seconda parte.

> 40 anni , una dilatazione di entità costante → tensione maggiore.

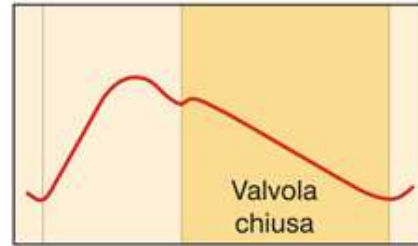
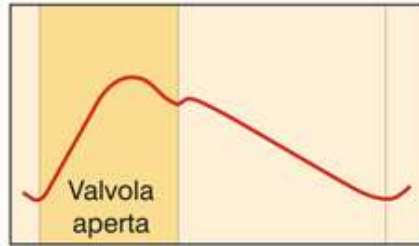
Nell'anziano, riduzione fibre elastiche, le fibre collagene entrano in tensione per distensioni minori → progressivo impennarsi della curva nella prima parte.

## Relazione Pressione-Volume per aorte ottenute da autopsie di individui di età diversa

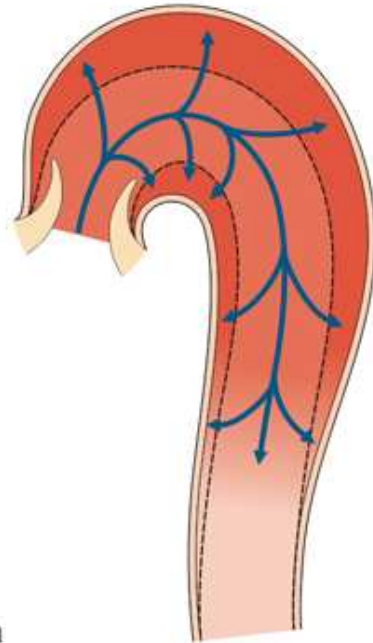


Negli individui normali la compliance aortica è minima per P molto basse o alte ed è massima per P nell'intervallo fisiologico (75-140 mmHg).

↓ compliance con l'età per  
↑ rigidità dovuta alla  
progressiva modificazione  
(contenuto di collagene ed  
elastina) delle pareti arteriose.

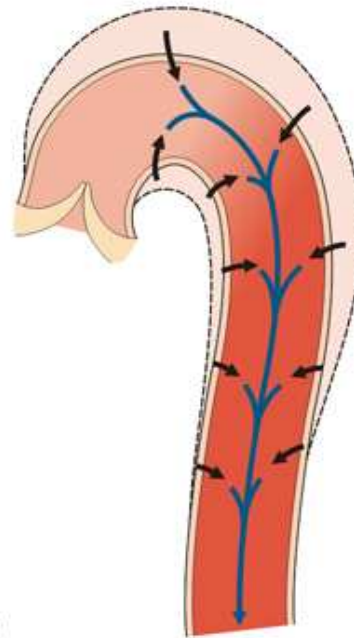


a) Durante la sistole, solo una parte della  $G_s$  riesce ad andare in periferia, il volume che rimane nelle arterie distende la parete e determina un rialzo della  $P_a$ , pressione sistolica (120 mmHg)



Distensione della parete per effetto del volume di sangue emesso dal ventricolo

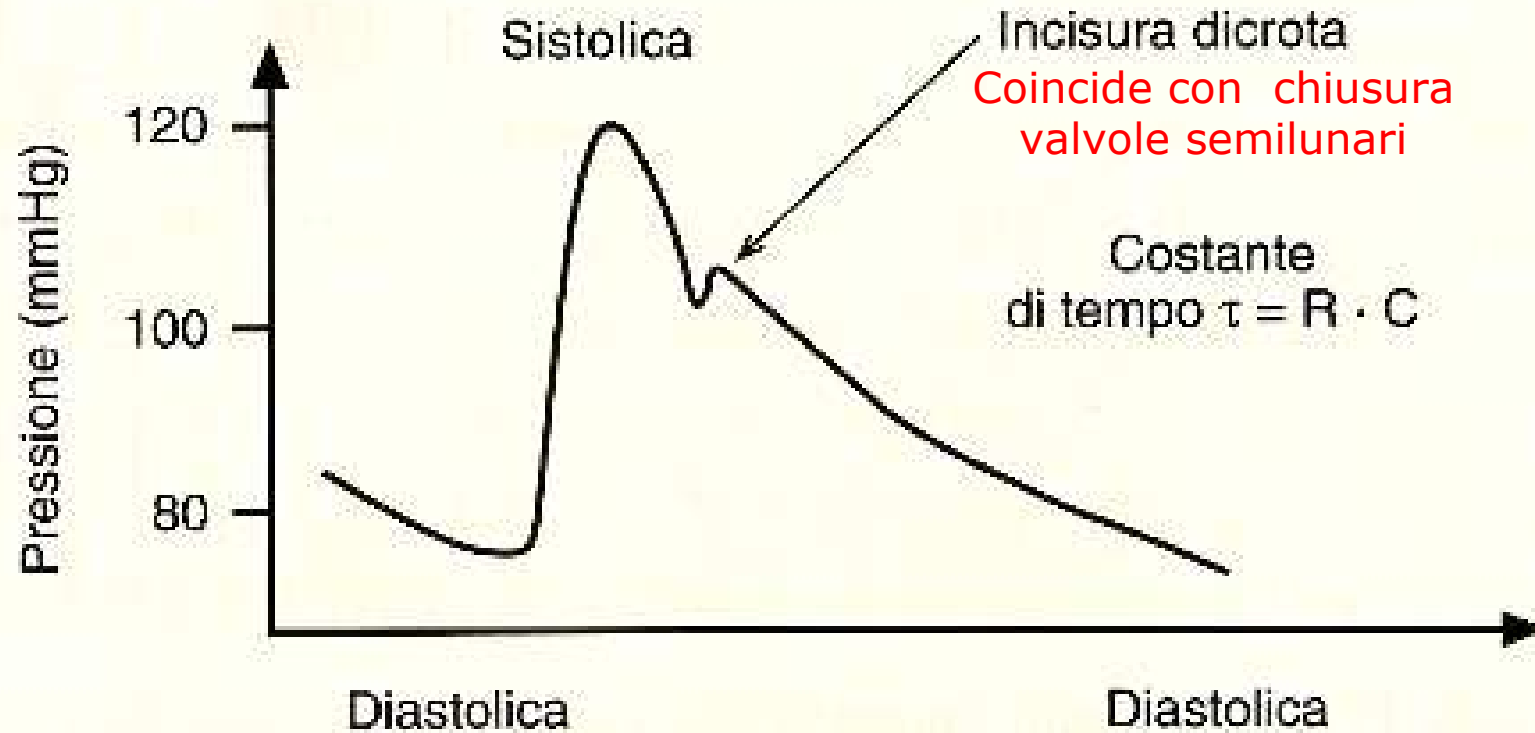
© 2005 edi.ermes milano



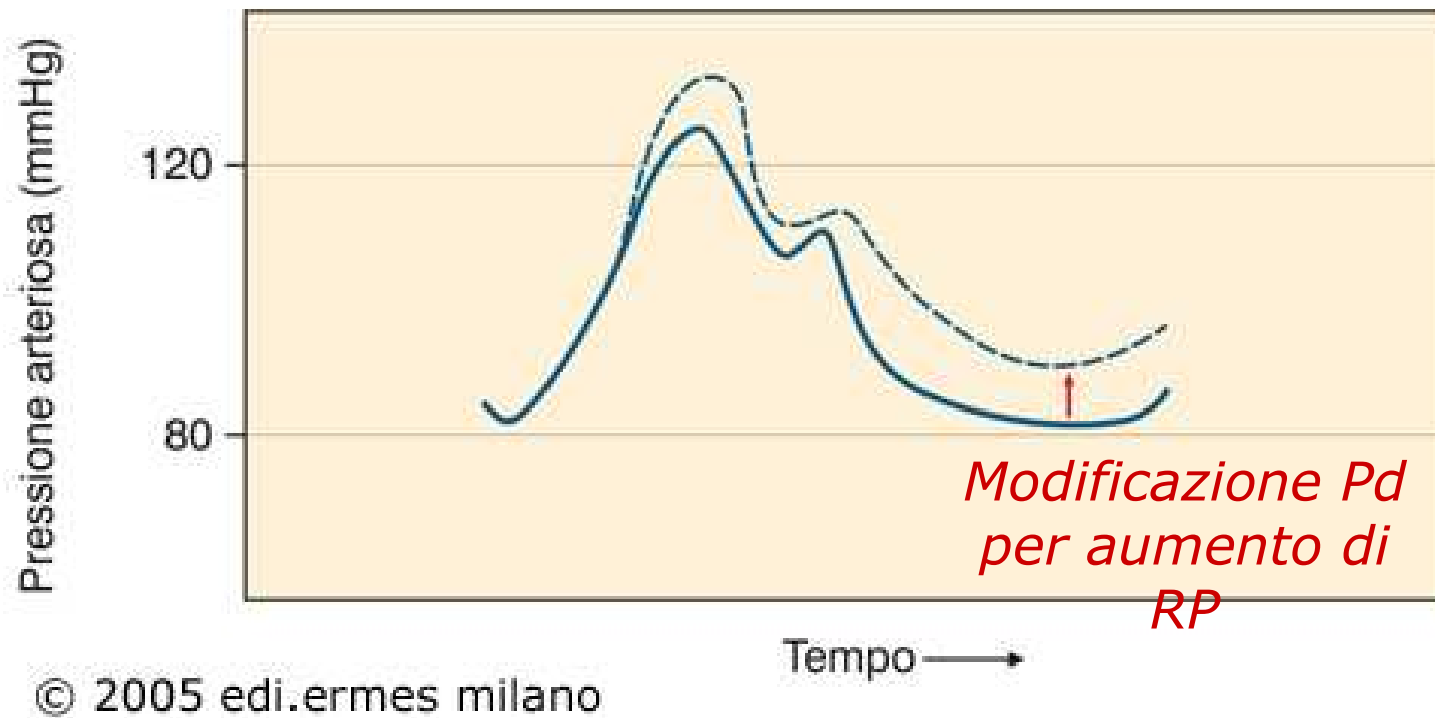
Ritorno elastico della parete favorente il flusso ematico verso la periferia

b) Durante la diastole, la  $P_a$  diminuisce, perché il ritorno elastico della parete arteriosa spinge sangue in periferia. La  $P_a$  raggiunge un valore minimo, pressione diastolica (80 mmHg)

## Andamento P in aorta durante il ciclo cardiaco

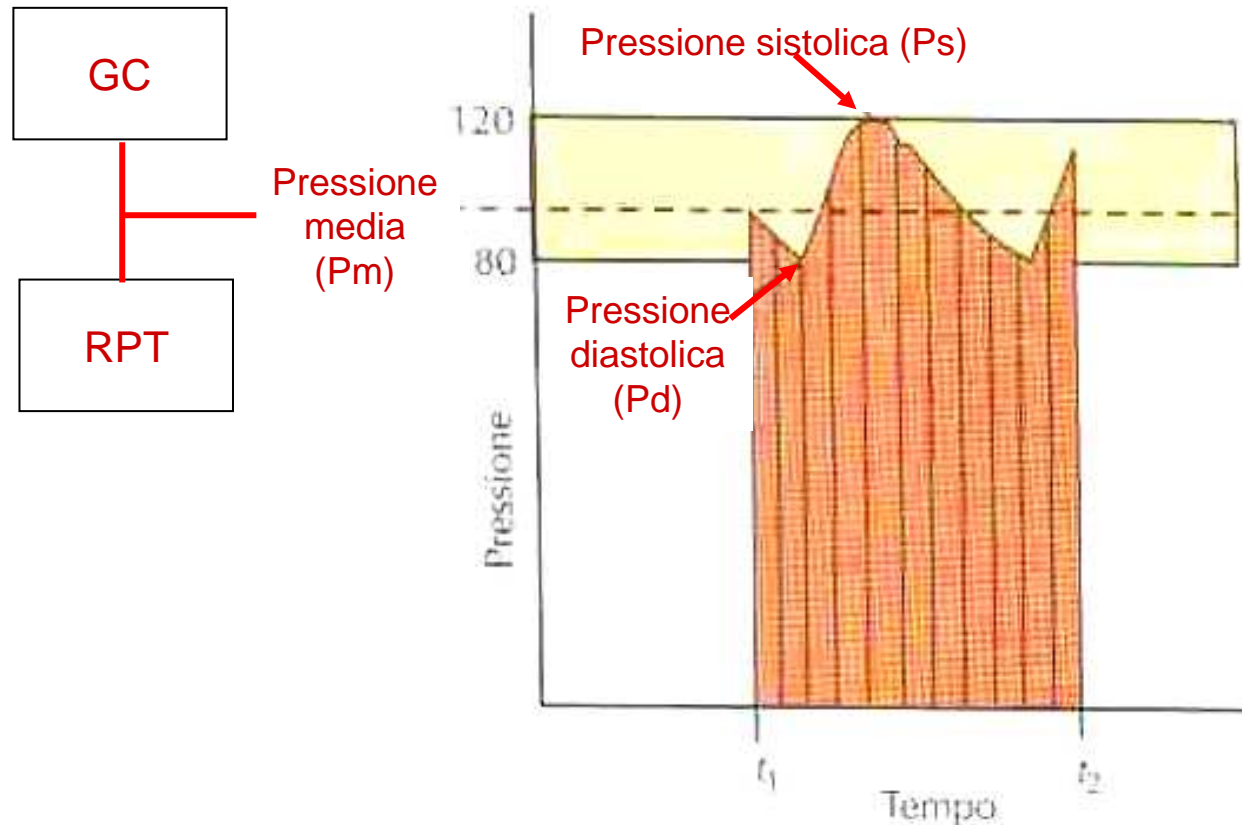


La velocità con cui  $P_a$  scende durante la diastole dipende dalla costante di tempo  $\tau = R \cdot C$ , ( $R = R_{PT}$  e  $C =$  compliance arteriosa).



La P sistolica dipende dalla Gs.  $\uparrow Gs \rightarrow \uparrow Ps$  soprattutto se è ridotta la compliance arteriosa.

La P distolica dipende dal ritorno elastico della parete arteriosa e dalle Resistenze periferiche.  $\uparrow RP \rightarrow \uparrow P$



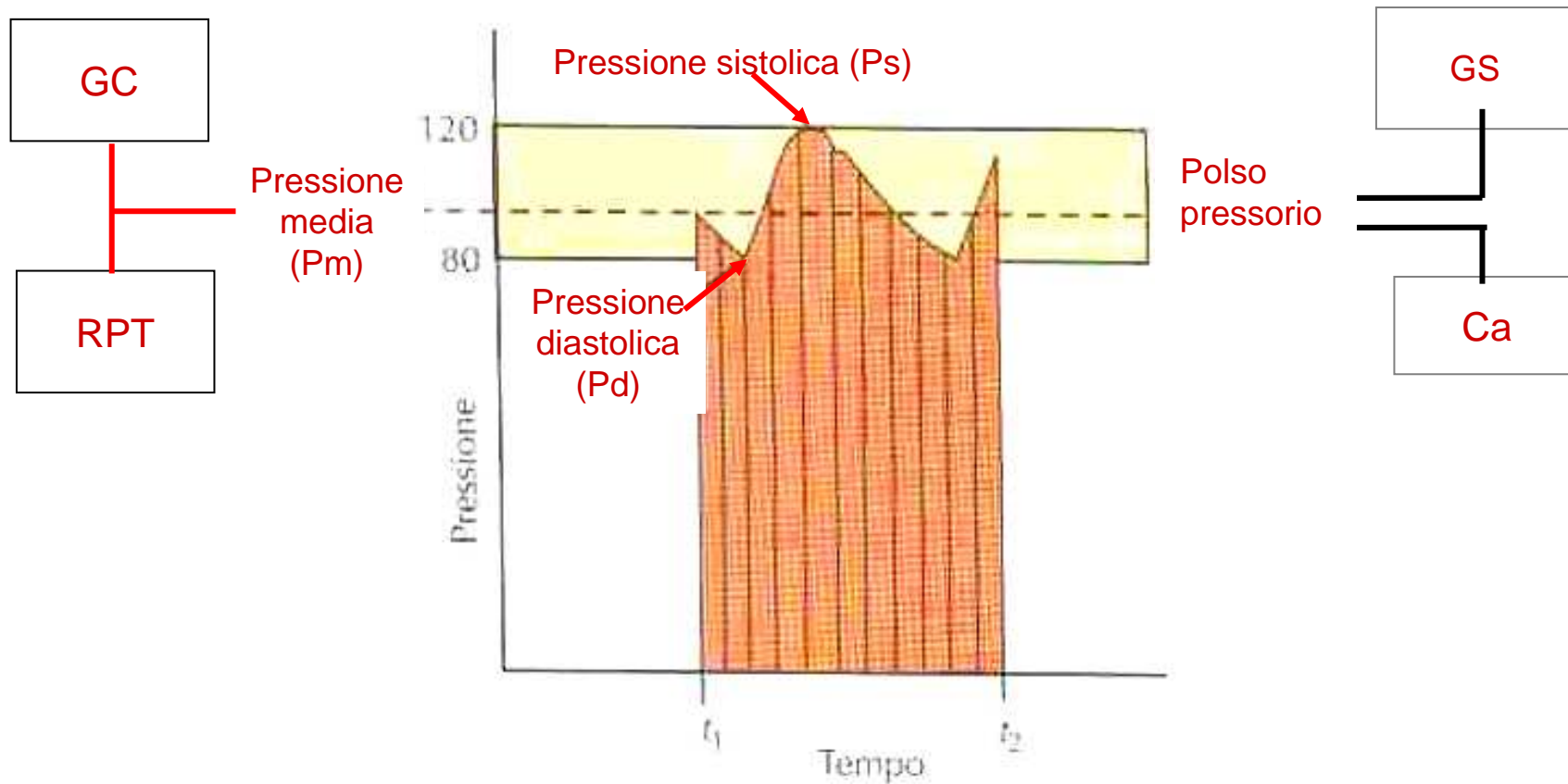
La **pressione media (Pm)** durante un ciclo cardiaco, è la media degli infiniti valori della Pa tra il valore massimo e minimo. Si determina integrando la curva del polso pressorio nel tempo e dividendo il valore ottenuto per la durata di un ciclo cardiaco.

$$Pm = \frac{\int_{t_1}^{t_2} Pa dt}{t_2 - t_1}$$

Si calcola più semplicemente

$$Pm = Pd + 1/3 (Ps - Pd)$$

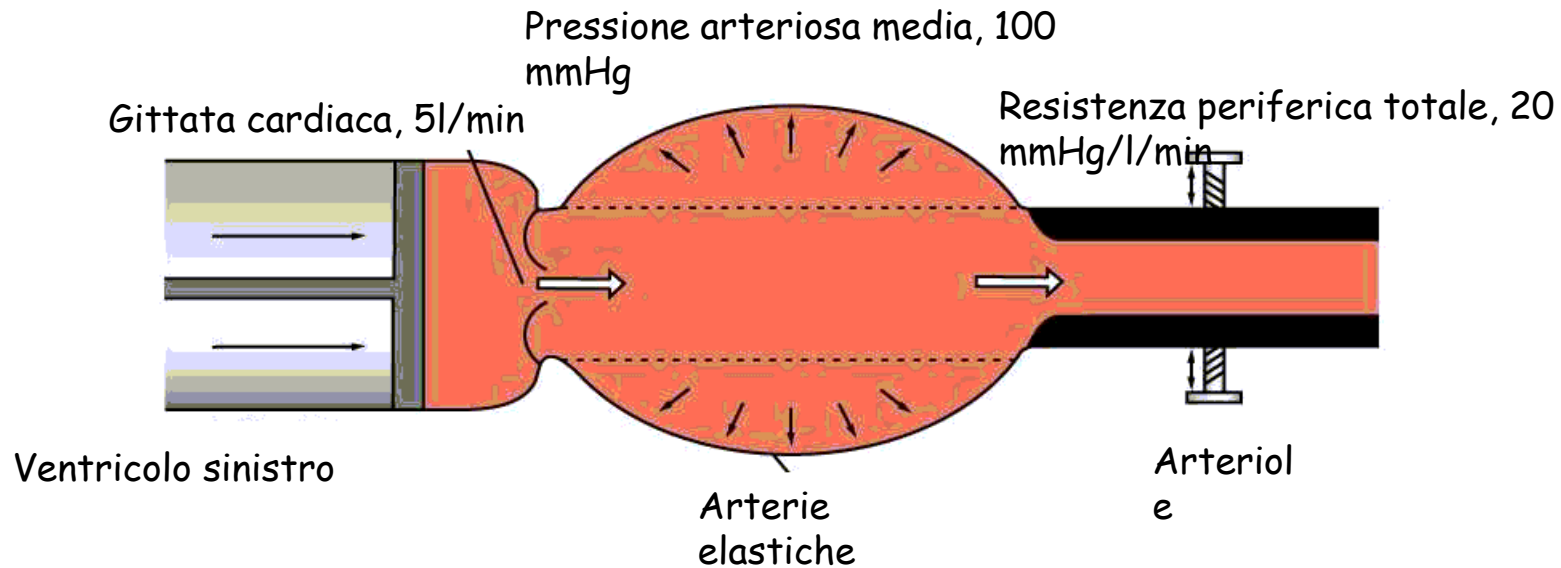




- La **pressione differenziale (polso pressorio)** è la differenza fra il valore di Ps e Pd ( **$120 - 80 = 40$  mmHg**). Dipende dalla **Gs** e dalla **Compliance** arteriosa.
- A parità di Ca, aumenta con l'aumento della Gs.
- A parità di Gs, aumenta con la diminuzione della Ca.

Dall'equazione del flusso si ricava la P arteriosa come il prodotto del flusso (GC) per la resistenza (RPT):

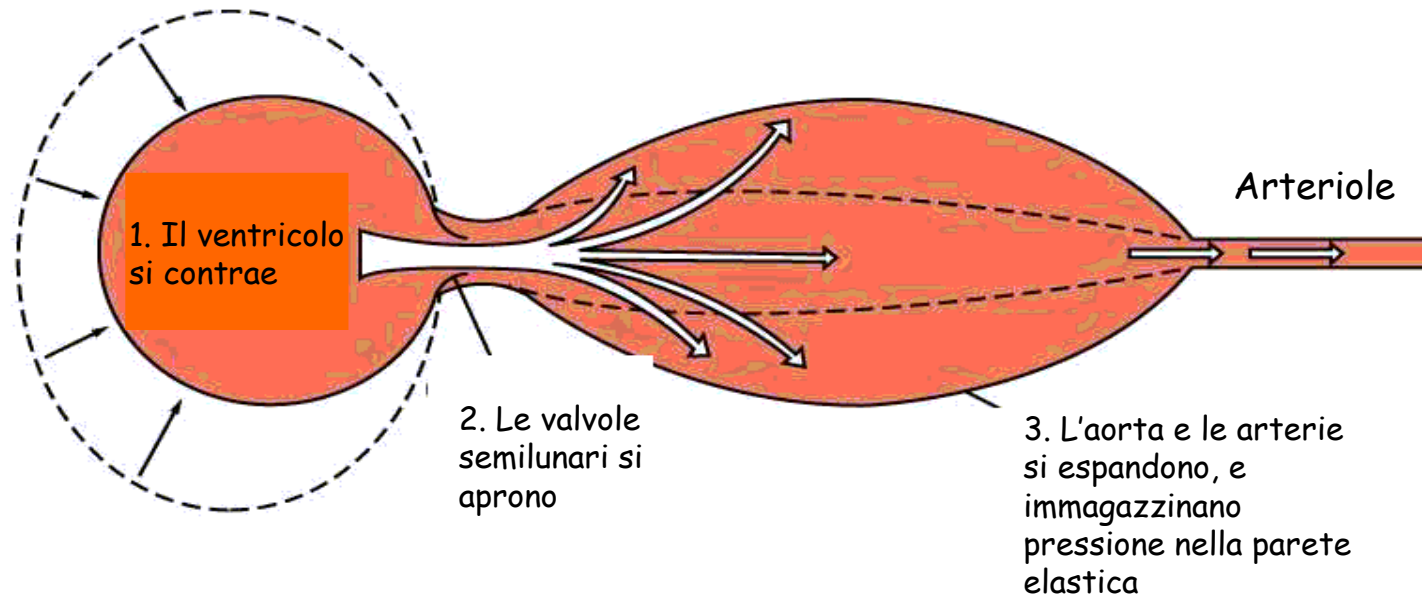
$$P_a = GC \cdot RPT$$



Il volume di sangue nelle arterie determina il valore di  $P_a$ . Esso dipende dal volume immesso nel sistema dal cuore (GC), e dal volume di sangue che riesce ad andare in periferia, a sua volta dipendente dal valore delle RPT

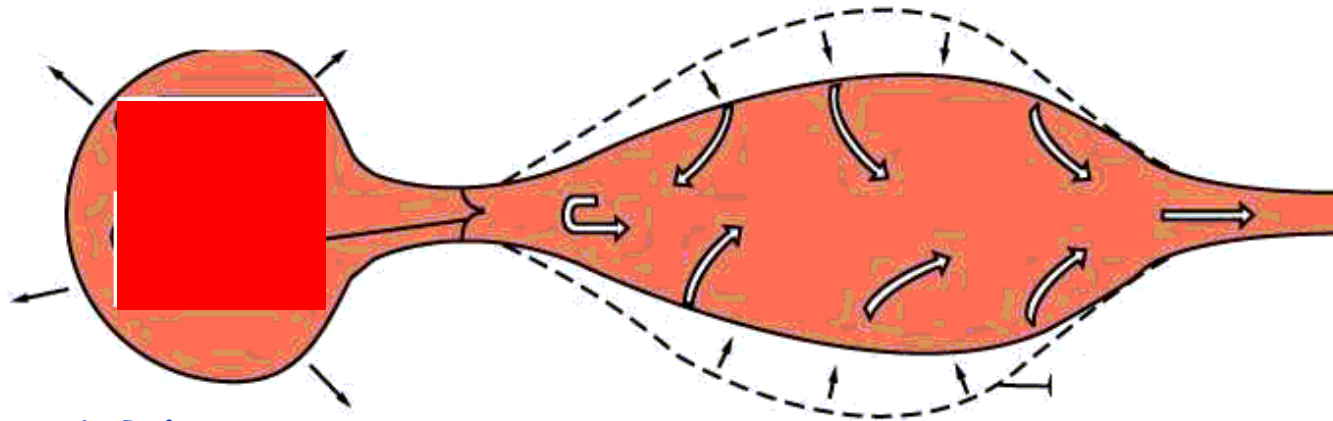
Durante la sistole solo una parte della *Gs* riesce ad andare in periferia, il volume che rimane nelle arterie distende la parete del vaso e determina un rialzo della *Pa*, pressione sistolica (120 mmHg)

Contrazione ventricolare



Durante la diastole, la Pa diminuisce progressivamente perché il ritorno elastico della parete arteriosa spinge sangue in periferia. La Pa raggiunge un valore minimo, pressione diastolica (80 mmHg)

## Rilasciamento ventricolare



1. Rilasciamento isovolumetrico

2. Chiusura valvole semilunari

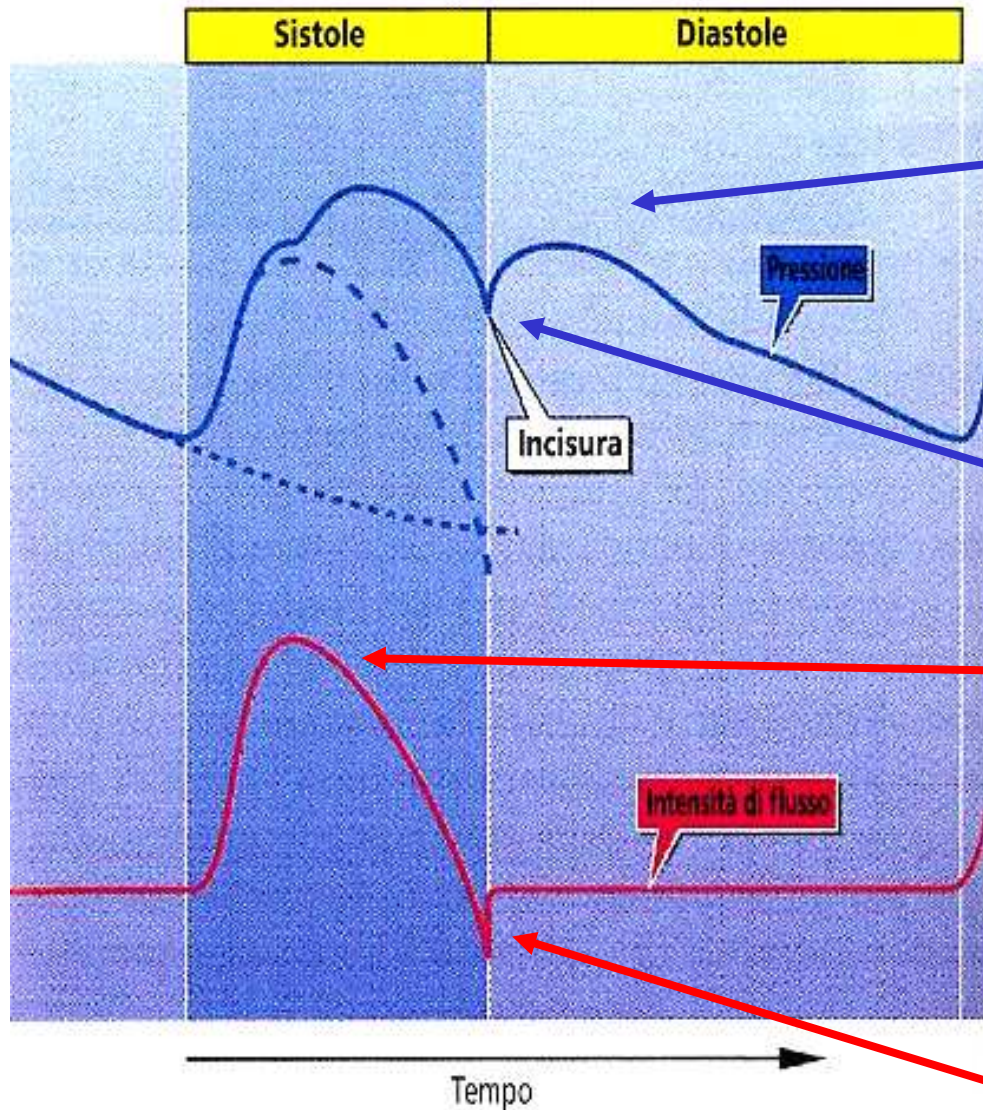
3. La parete arteriosa restituisce energia sotto forma di energia cinetica, il sangue continua a fluire in periferia

- Pressione sistolica
- Pressione diastolica
- Pressione differenziale
- Pressione media

- Gli eventi di immagazzinamento di sangue nelle arterie durante la sistole, di successivo svuotamento e propulsione del sangue, si ripetono in modo continuo lungo tutte le arterie dando origine all'onda sfigmica.
- L'onda sfigmica si trasmette lungo le pareti elastiche delle arterie ad una velocità dieci volte superiore a quella del sangue.
- L'onda sfigmica può essere percepita come pulsazione a livello di arterie periferiche.
- In ogni luogo percorso dall'onda sfigmica si possono osservare due fenomeni:

**Il polso di pressione (4-10 m/sec)**

**Il polso di flusso (120 cm/sec, max)**

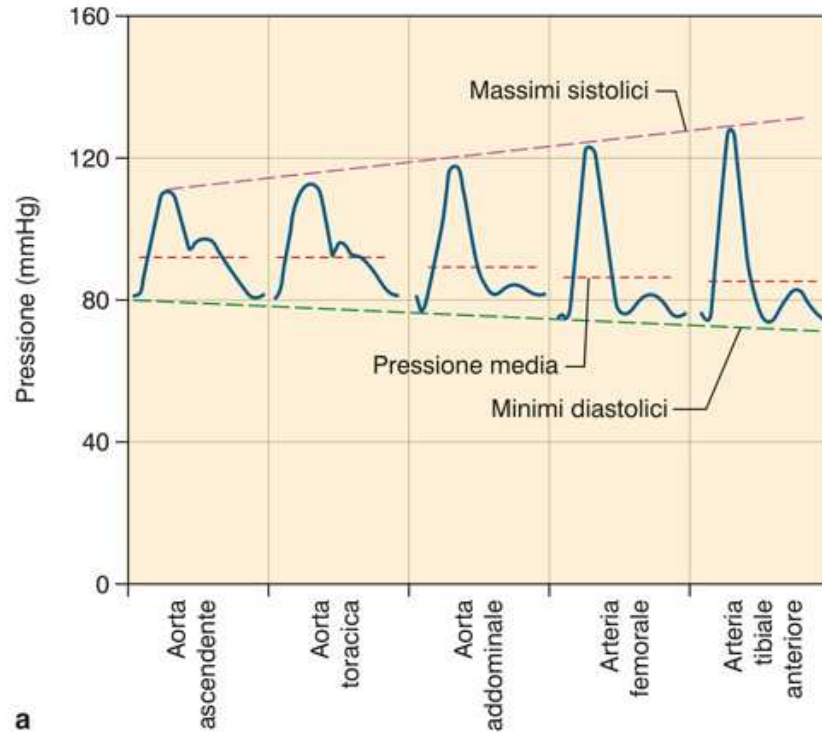


- L'eiezione intermittente di sangue dal cuore e il comportamento elastico della parete del vaso contribuiscono alla creazione nell'aorta di un polso di pressione.

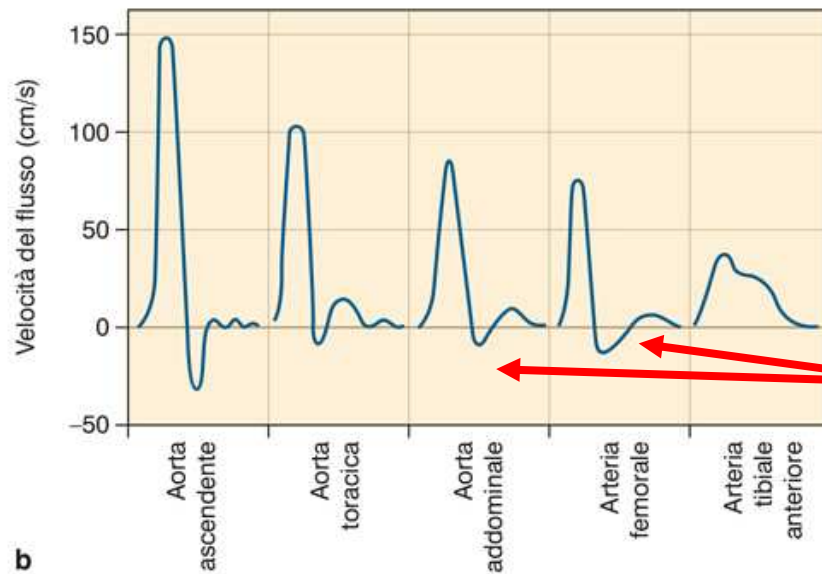
- Reflusso di sangue verso la valvola aortica

- L'eiezione intermittente di sangue dal cuore crea nell'aorta un polso di flusso.

- Il reflusso di sangue verso la valvola aortica crea un'inversione di flusso



a



b

I polsi di pressione e di flusso si modificano lungo l'albero arterioso

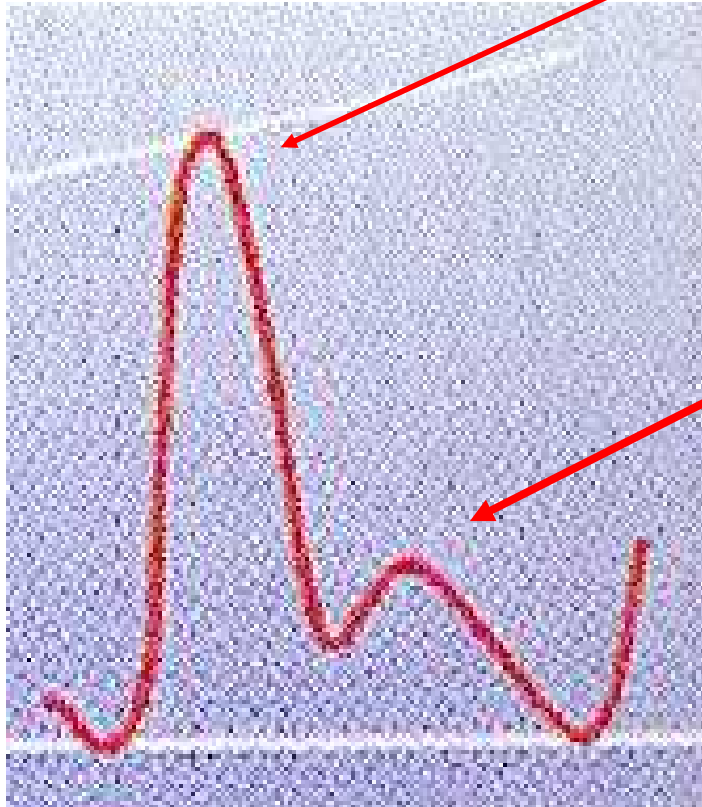
Le resistenze periferiche (arterie terminali e arteriole) determinano riflessioni dell'onda sfigmica, che causano aumento dell'ampiezza dei polsi di pressione (sovrapposizione onde dirette con quelle riflesse) e riduzione dei polsi di flusso (per sottrazione di flusso).

**Flusso retrogrado**



Caratteristica tipica del polso di pressione delle arterie delle gambe è la cosiddetta dicrotia (presenza di due punte)

**Può crescere fino a 160 mmHg**



**Dicrotica:** l'onda di polso primaria, riflessa in periferia, percorre il sistema arterioso in senso retrogrado. L'onda retrograda viene riflessa dalla valvola aortica, ormai chiusa, e ritorna in periferia causando la seconda punta nel tratto diastolico del polso.

## Velocità dell'onda sfigmica

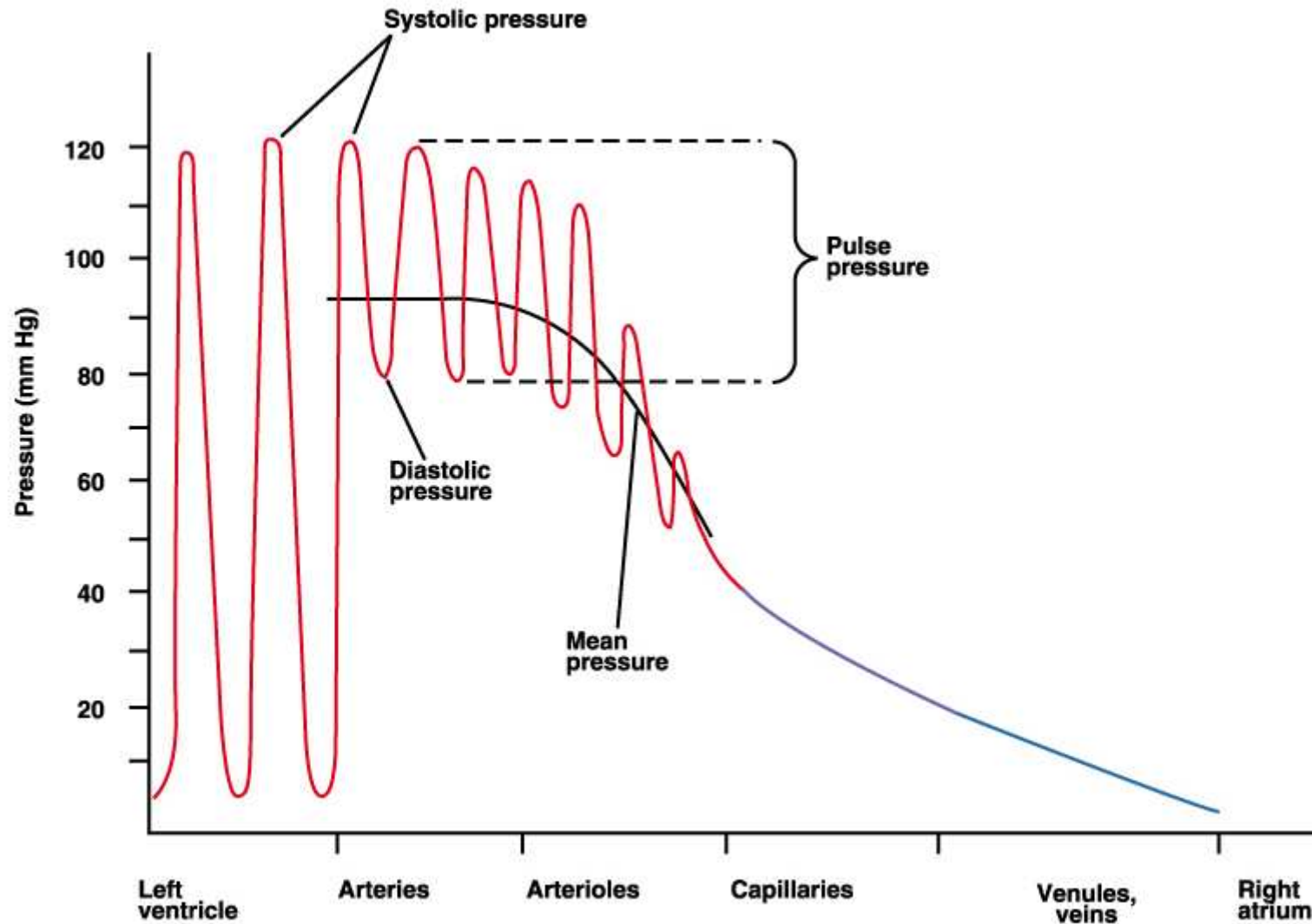
La velocità dell'onda sfigmica aumenta con l'aumentare della distanza dal cuore:

4-5 m/s nell'aorta

7 m/s nella femorale

9-10 m/s nella tibiale

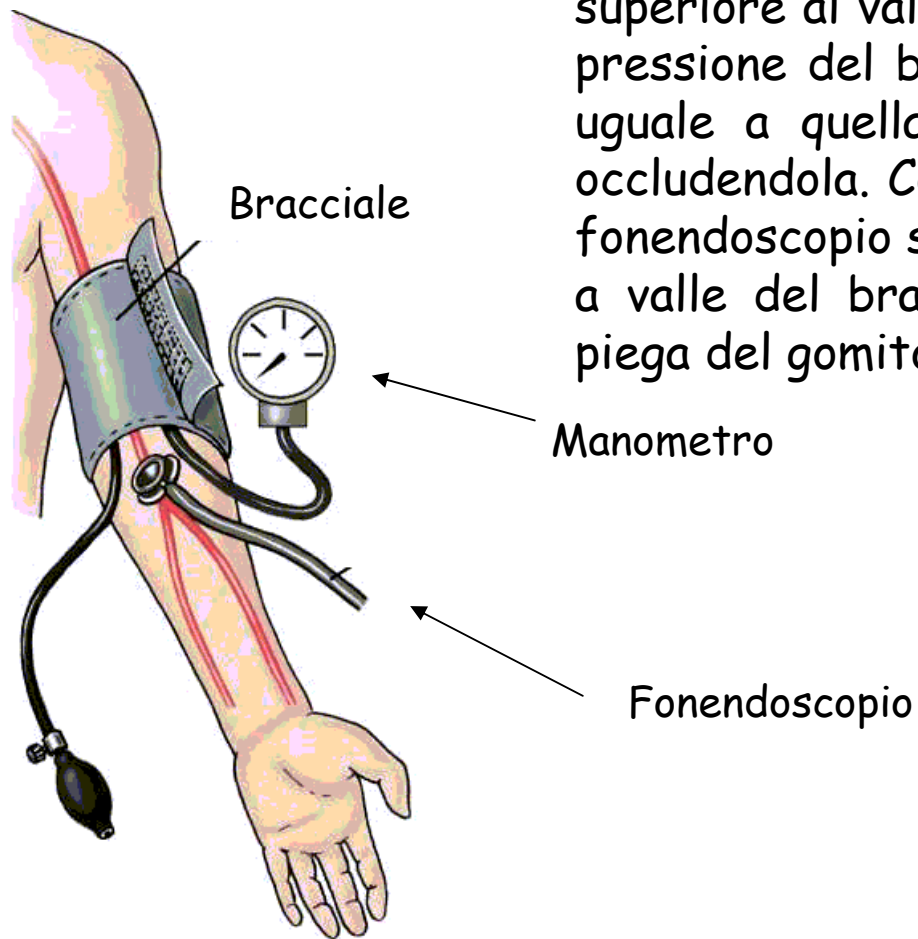
L'aumento di velocità è dovuto alla progressiva riduzione di compliance arteriosa, all'aumento dello spessore della parete vasale, alla riduzione del calibro



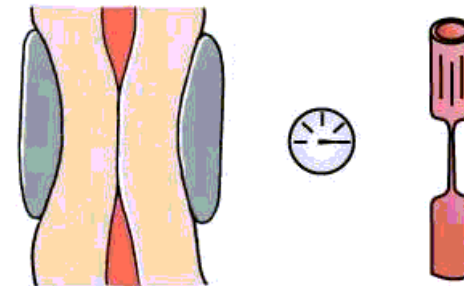
Nel ventricolo sinistro la pressione è fortemente pulsatile (5-120 mmHg), ma nell'aorta la pulsazione diminuisce (80-120 mmHg) perché le valvole semilunari si chiudono in diastole separando l'aorta dal ventricolo sinistro.

La propagazione dell'onda sfigmica è sfruttata per misurare i valori della pressione sistolica e diastolica nell'uomo con il metodo di Riva-Rocci.

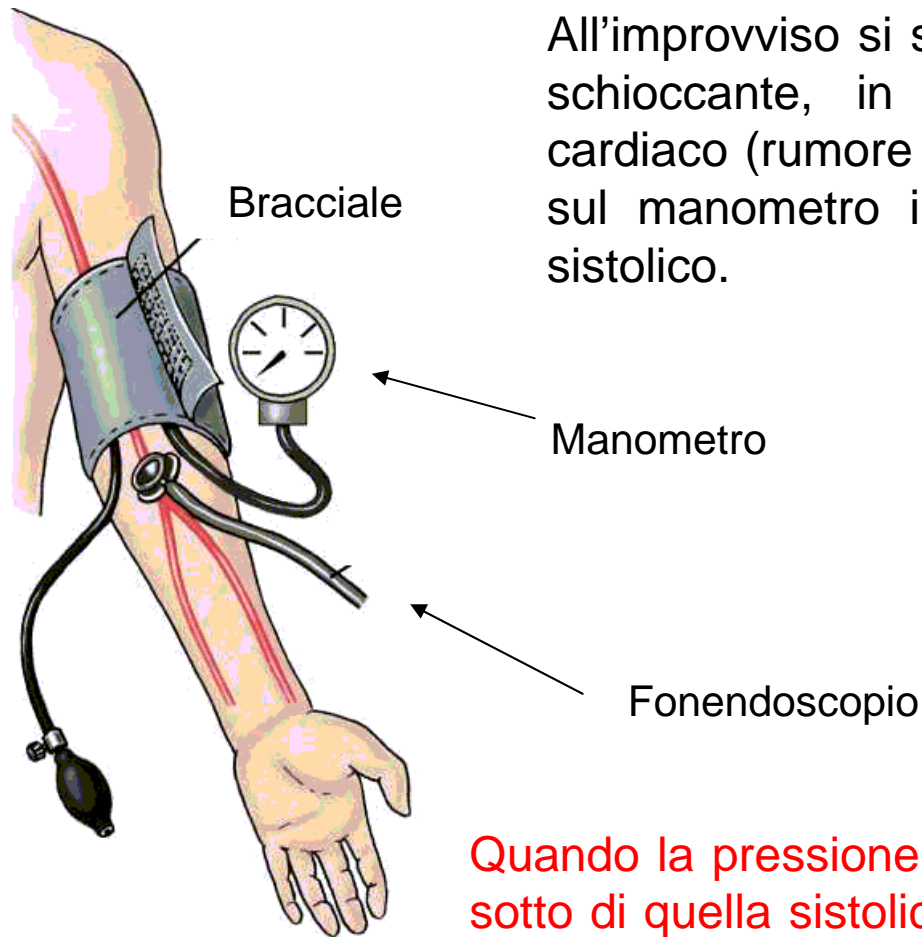
Si gonfia il bracciale, posto intorno al braccio sinistro, con una pressione certamente superiore al valore della pressione sistolica. La pressione del bracciale letta sul manometro è uguale a quella che si trasmette all'arteria, occludendola. Contemporaneamente si posiziona un fonendoscopio sul decorso dell'arteria omerale, a valle del bracciale, in corrispondenza della piega del gomito.



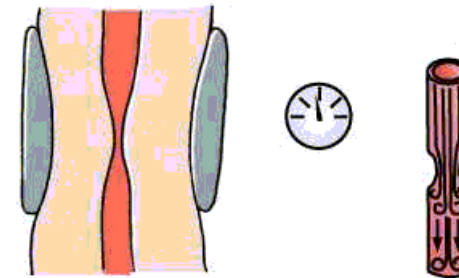
Pressione bracciale > 120 mmHg



Si sgonfia quindi lentamente il bracciale, controllando la pressione sul manometro. All'improvviso si sentirà un primo rumore breve e schioccante, in coincidenza con ogni battito cardiaco (rumore di Korotkow). La pressione letta sul manometro in questo momento è il valore sistolico.

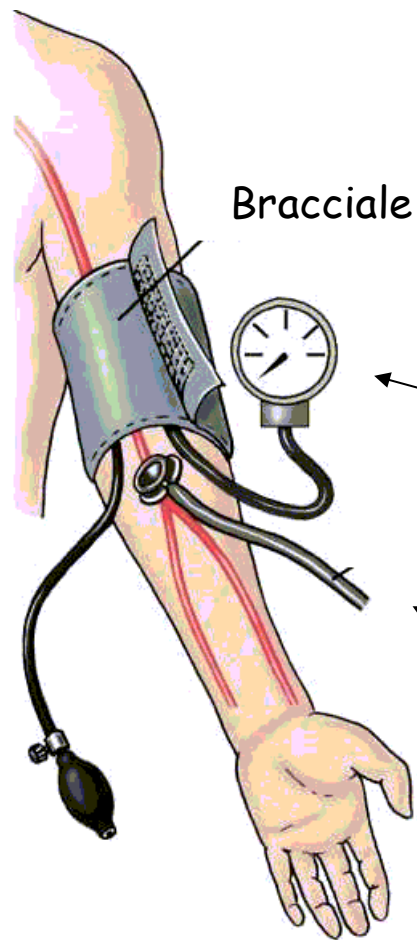


Pressione bracciale < 120 mmHg



Quando la pressione del bracciale scende appena al di sotto di quella sistolica, il vaso si apre di poco e per un istante. Il flusso del sangue che attraversa il vaso ristretto diventa turbolento, generando il rumore udibile con il fonendoscopio. La turbolenza continua fino a quando il bracciale chiude il vaso per una parte del ciclo cardiaco.

Continuando a ridurre la pressione nel bracciale, il rumore diventa più prolungato, fino a trasformarsi in un fruscio continuo, prima di sparire del tutto: La pressione letta sul manometro in questo momento è il valore diastolico.

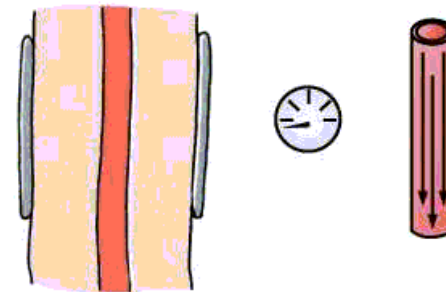


Bracciale

Manometro

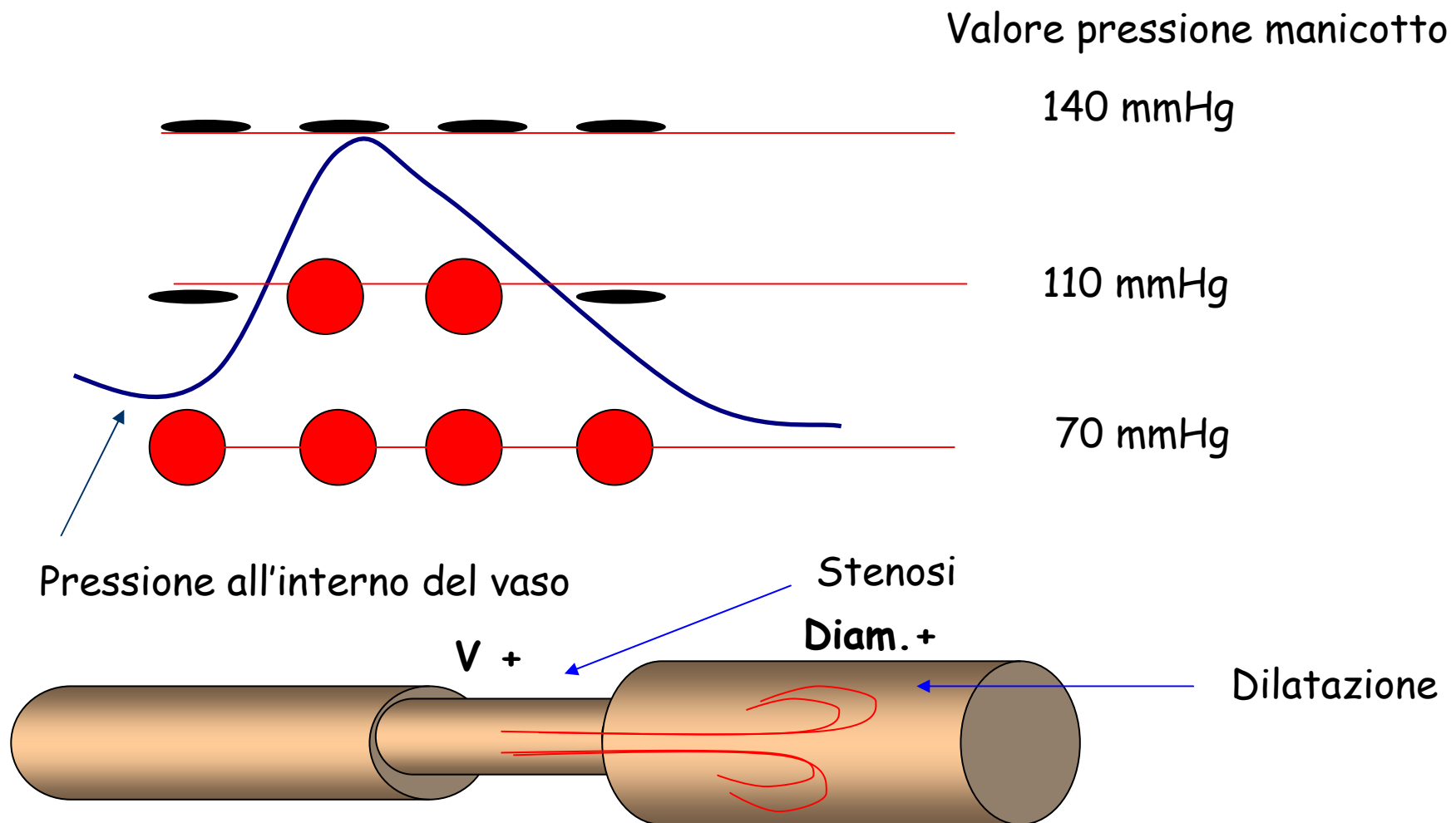
Fonendoscopio

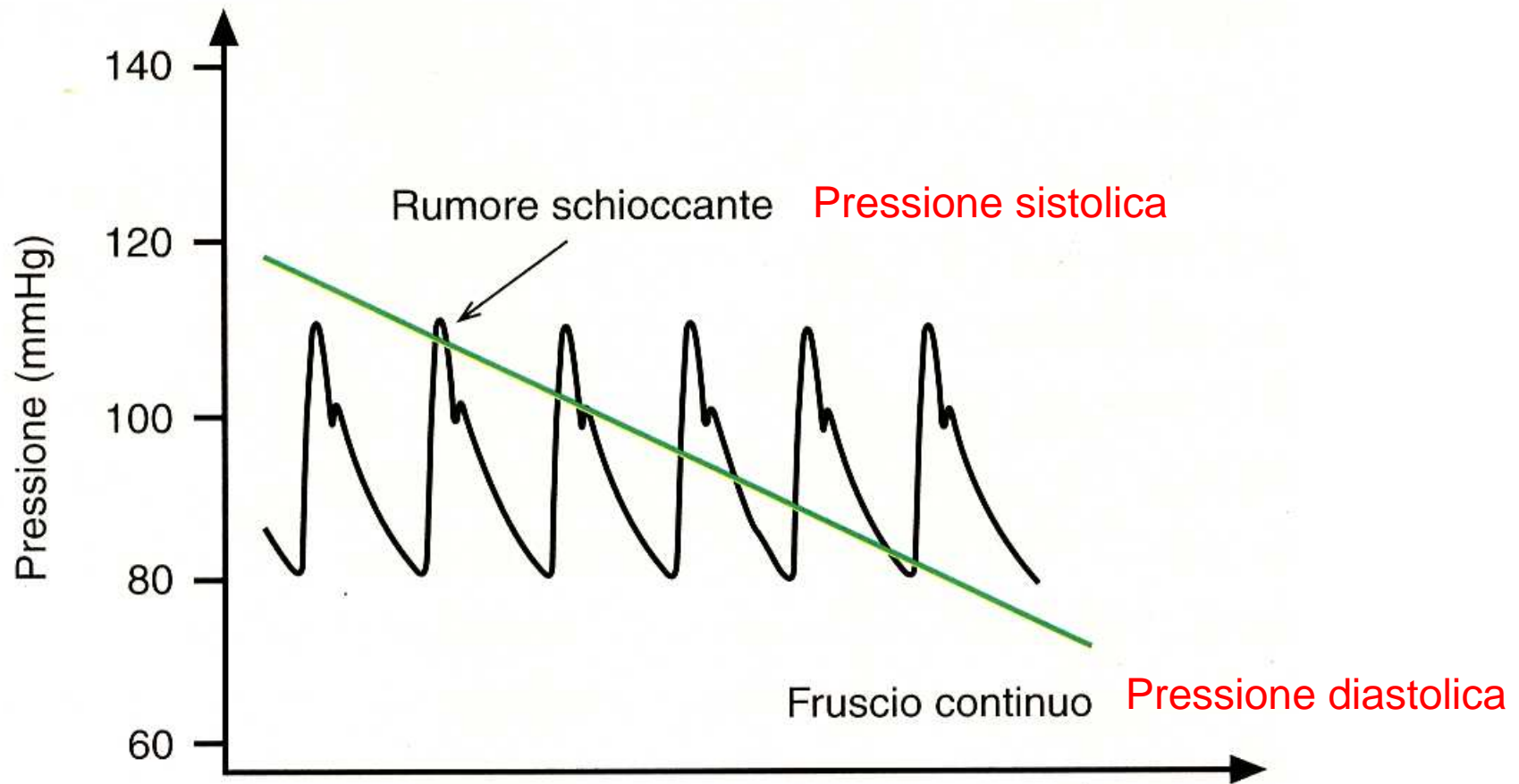
Pressione bracciale < 80 mmHg



Quando la pressione del bracciale scende al di sotto della pressione diastolica, l'arteria rimane sempre aperta, la turbolenza cessa e i rumori scompaiono.

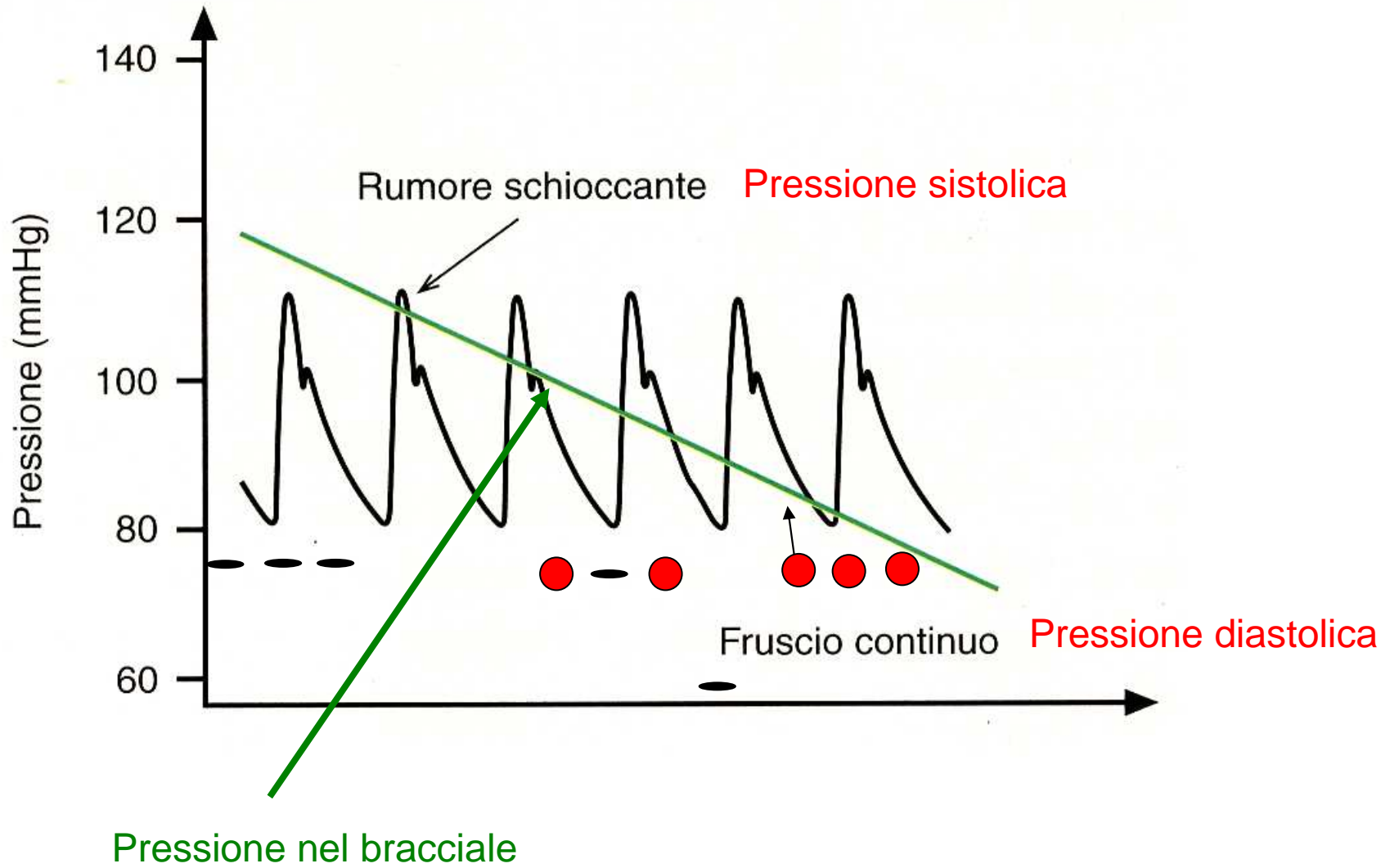
# Effetti della contropressione sul diametro dei vasi





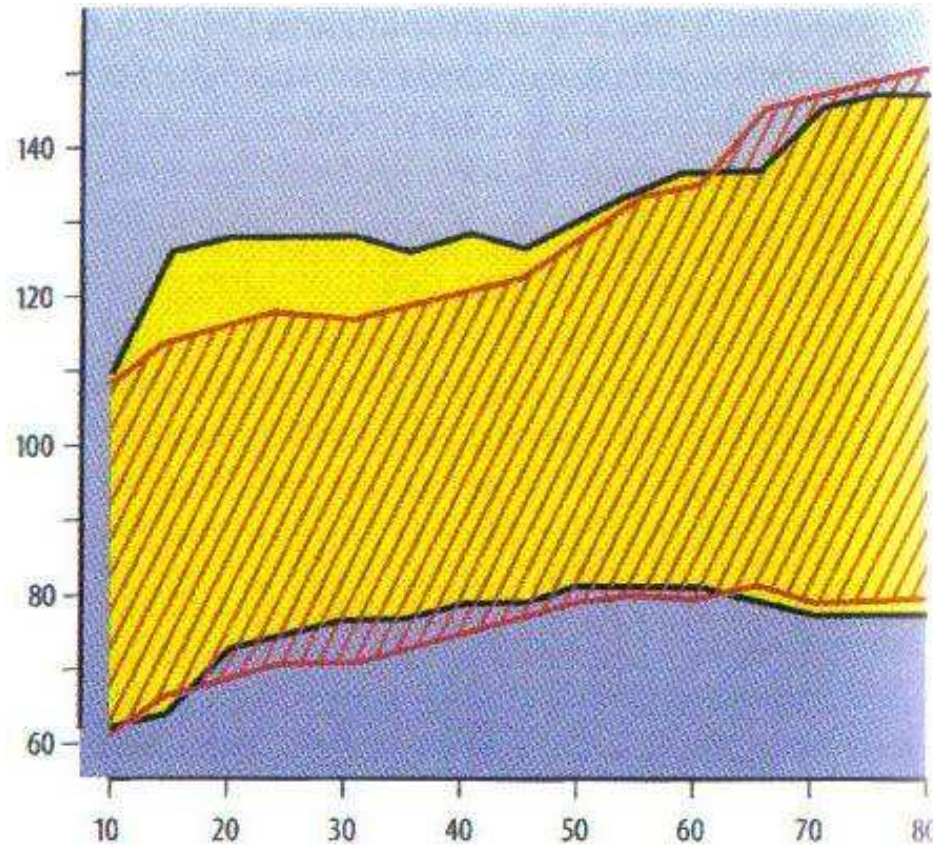
Pressione nel bracciale





## Pressione arteriosa: valori

mmHg

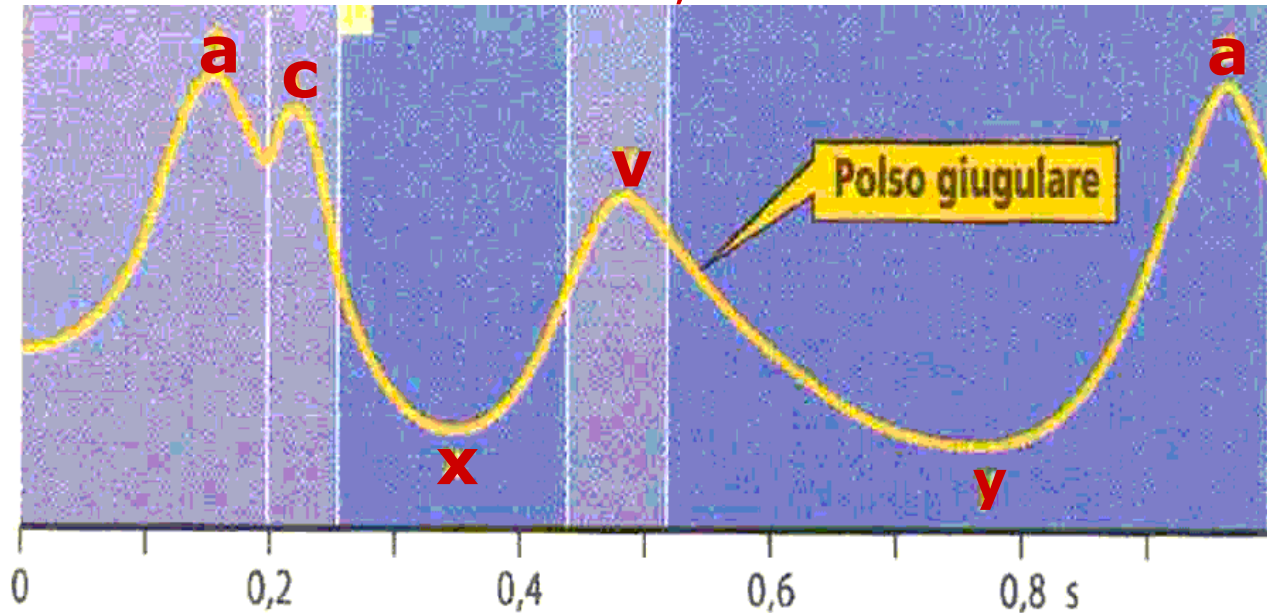


ETA'

Oscillazioni pressorie di:

- I ordine (frequenza cardiaca)
- II ordine (frequenza respiratoria)
- III ordine (oscillazioni del sistema autonomo, 1/min) e circadiane

**Polso giugulare:** P registrate nella giugulare riflettono le modificazioni di P nell'atrio destro, durante il ciclo cardiaco



**Onda a:** sistole atriale, aumento P retrogrado

**Onda c:** sistole isometrica ventricolare, sporgenza valvole A-V nell'atrio, aumento di P retrogrado

**Depressione x:** rilasciamento atrio, diminuzione P

**Onda v:** riempimento atriale, aumento P

**Depressione Y:** apertura valvola A-V, diminuzione P

# Sommario

Pressione media: influenze di  
GC, R, Compliance, Volemia

Formazione dell'onda di polso e l'onda di  
flusso

Pressione sistolica, diastolica e media

Caratteristiche cardiache e vasali che  
influenzano il polso

Misura della pressione arteriosa