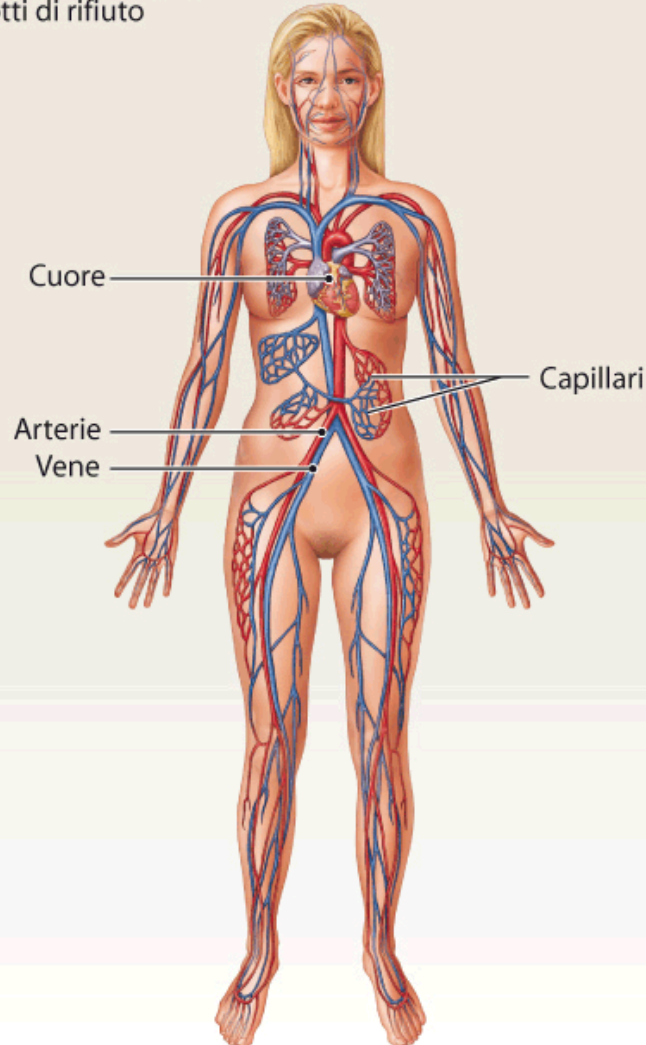


Apparato cardiovascolare

Trasporta cellule e sostanze disciolte, compresi gas, nutrienti e prodotti di rifiuto



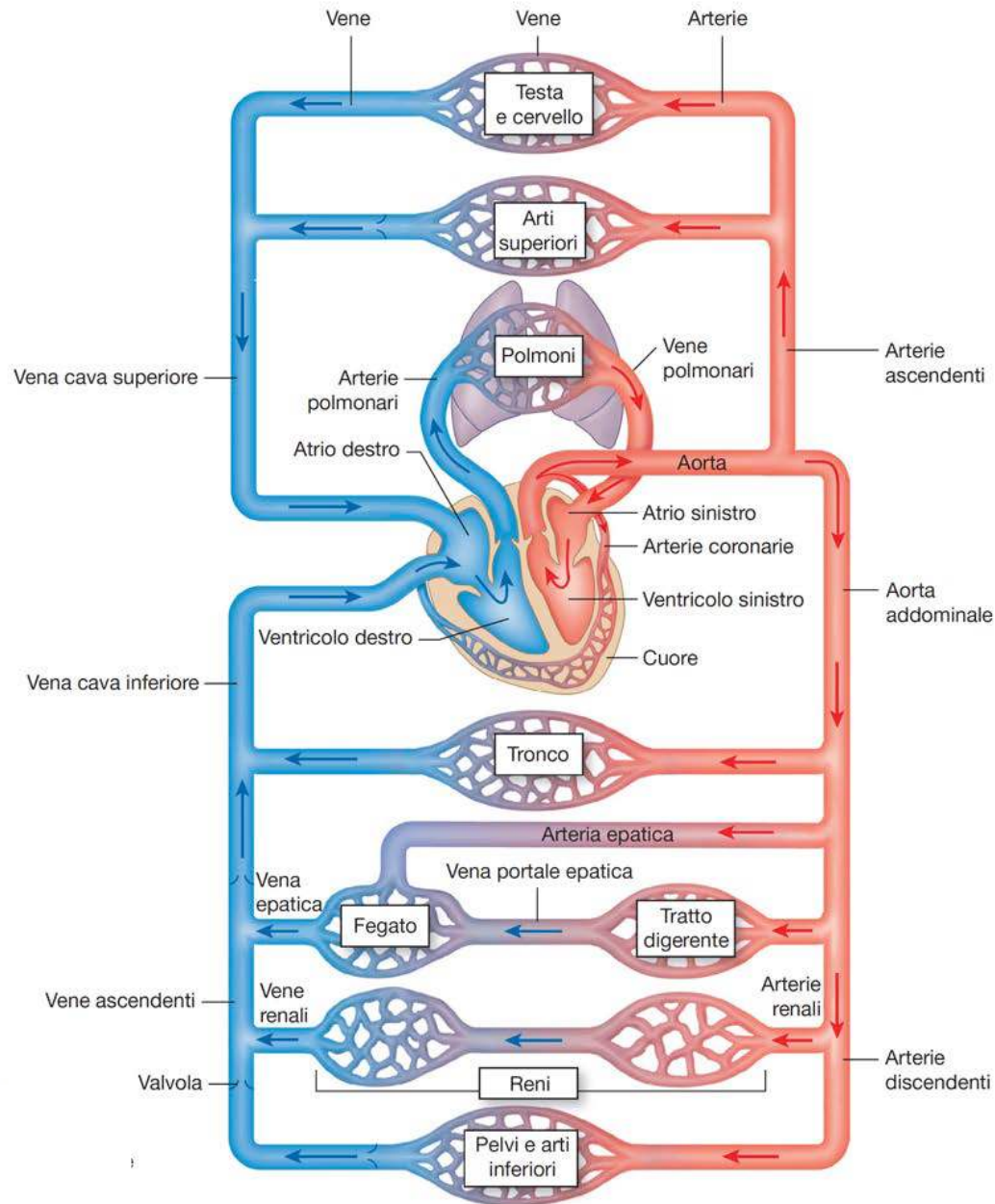
Componenti principali:

- ✓ fluido circolatorio (**sangue**)
- ✓ sistema vascolare (**arterie, capillari, vene**)
- ✓ organo propulsore (**cuore**)

Funzione principale: **trasporto attraverso il corpo** di:

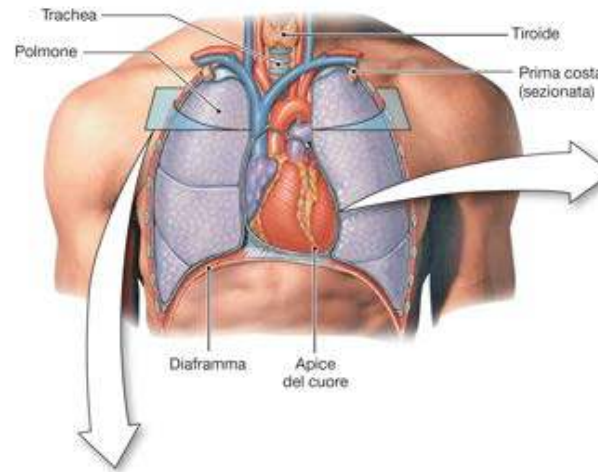
- ✓ cellule e proteine ematiche
- ✓ gas respiratori
- ✓ nutrienti e acqua
- ✓ prodotti di rifiuto del metabolismo
- ✓ calore
- ✓ ormoni
- ✓ anticorpi
- ✓ ioni e altre sostanze

L'apparato cardiocircolatorio

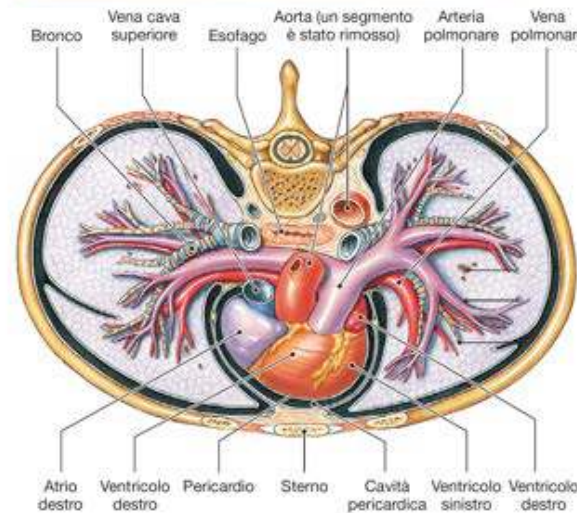


Anatomia della cavità toracica

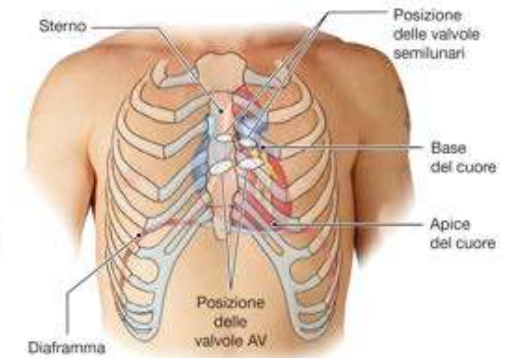
(c) Il cuore si trova sul letto ventrale della cavità toracica, localizzato fra i due polmoni.



(d) Vista dall'alto del piano trasversale in (b).



(a) Il cuore si trova al centro della cavità toracica.



L'apparato circolatorio si sviluppa in una **circolazione polmonare** (piccola circolazione) e una **circolazione sistemica** (grande circolazione).

Entrambe sono collegate al cuore che è posto all'interno della cavità toracica.

Da cosa dipende il movimento del sangue attraverso il corpo?

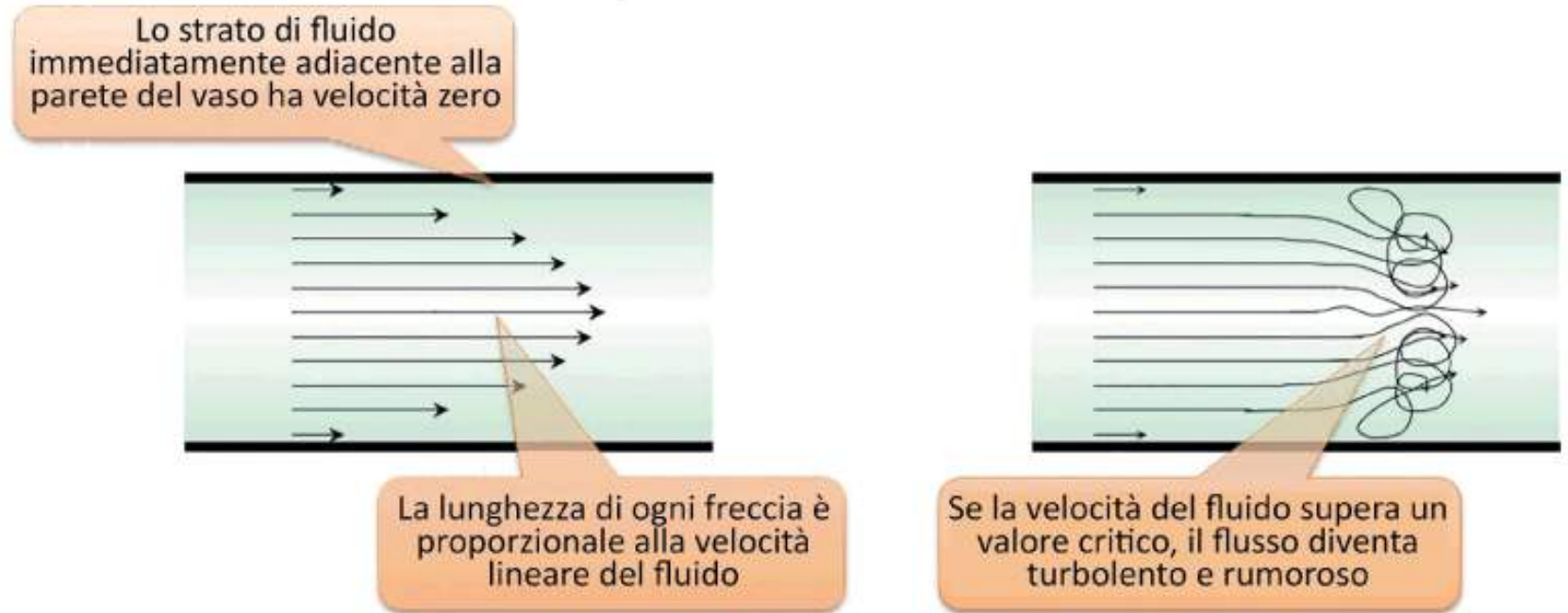
PROPULSIONE

- ✓ Contrazioni ritmiche del cuore
- ✓ Elasticità dei vasi arteriosi
- ✓ Compressione dei vasi (movimenti del corpo)
- ✓ Contrazione della muscolatura liscia dei vasi

DIREZIONE

- ✓ Presenza di valvole e/o setti

La circolazione del sangue è sottoposta alle **leggi della dinamica dei fluidi** e alle **proprietà fisiche delle pareti vascolari e dei fluidi stessi**.

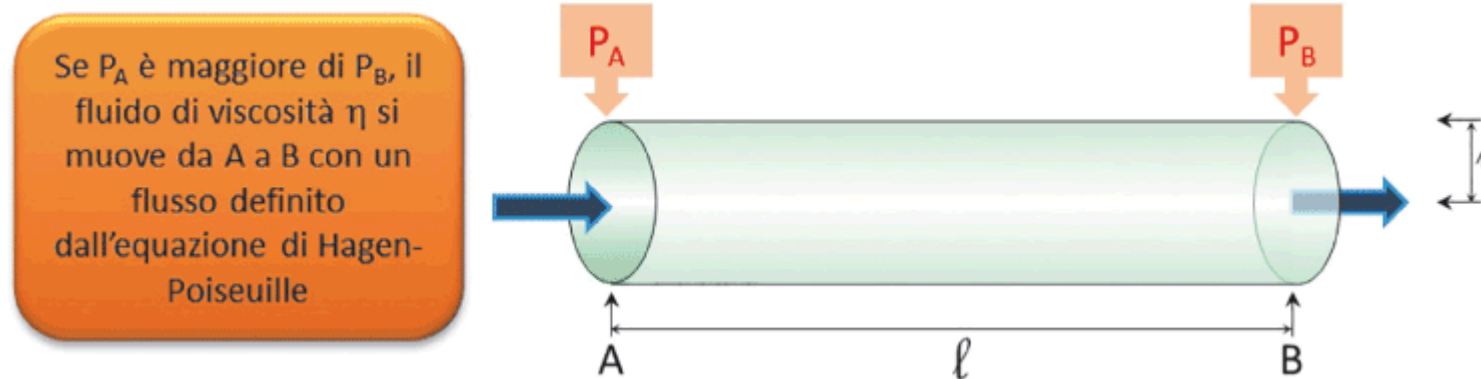


L'**energia dissipata** dal **flusso laminare** è dovuta a 3 fattori:

- ✓ diminuzione progressiva della pressione interna
- ✓ trasformazione dell'energia potenziale pressoria in energia cinetica
- ✓ forza di gravità (solo per il sangue che scorre verso l'alto) e attriti

La **portata** (Q) è il volume di sangue che passa in un determinato punto del sistema nell'unità di tempo ed è direttamente proporzionale alla **differenza di pressione** (legge di Poiseuille).

$$Q = (\pi r^4 / 8\eta l) \Delta P$$



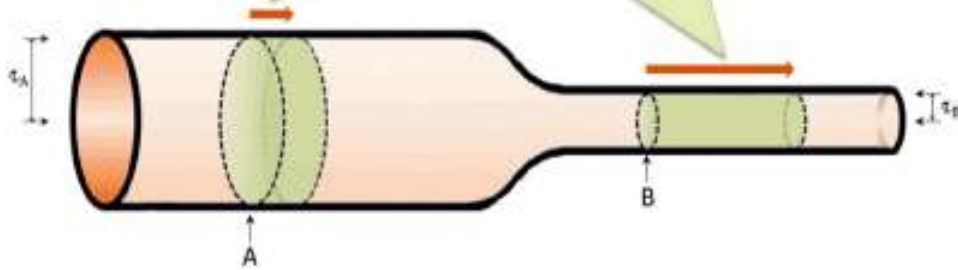
$$Q = (\pi r^4 / 8\eta l) \Delta P$$

Se consideriamo l'equazione $8\eta l / \pi r^4$ come la **resistenza al flusso** (R) dipendente dal **raggio del vaso** (r) e dalla viscosità del fluido (η) la legge di Poiseuille assumerà la seguente formulazione

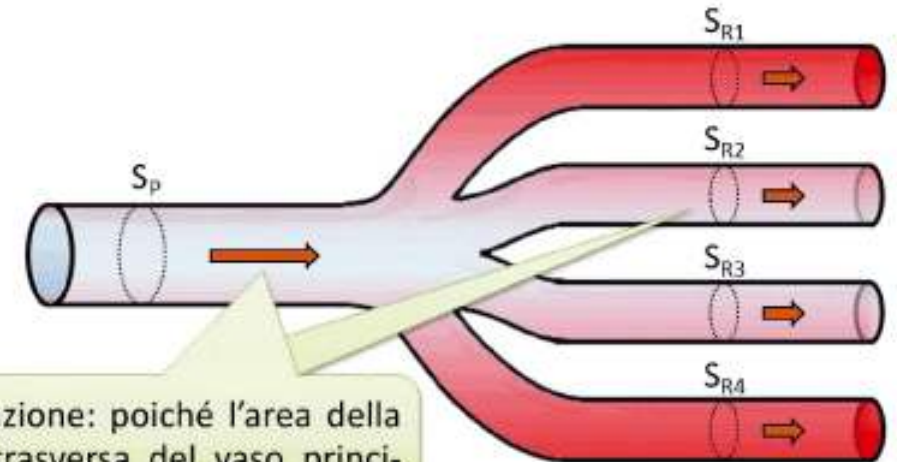
$$Q = \Delta P / R$$

Aumentando il diametro del vaso, per effetto della distensione delle pareti, **diminuisce la resistenza al flusso e aumenta la portata**

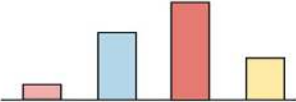
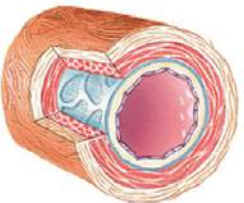







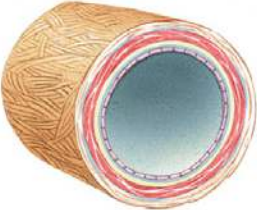
Il volume di fluido che passa in 1 s in A è uguale a quello che passa in 1 s in B, e può essere rappresentato da un cilindro di fluido, la cui base è l'area della sezione trasversa del vaso e l'altezza è la distanza percorsa dal fluido in 1 s (velocità). Poiché l'area della sezione trasversa è maggiore in A che in B, la velocità è maggiore in B che in A.

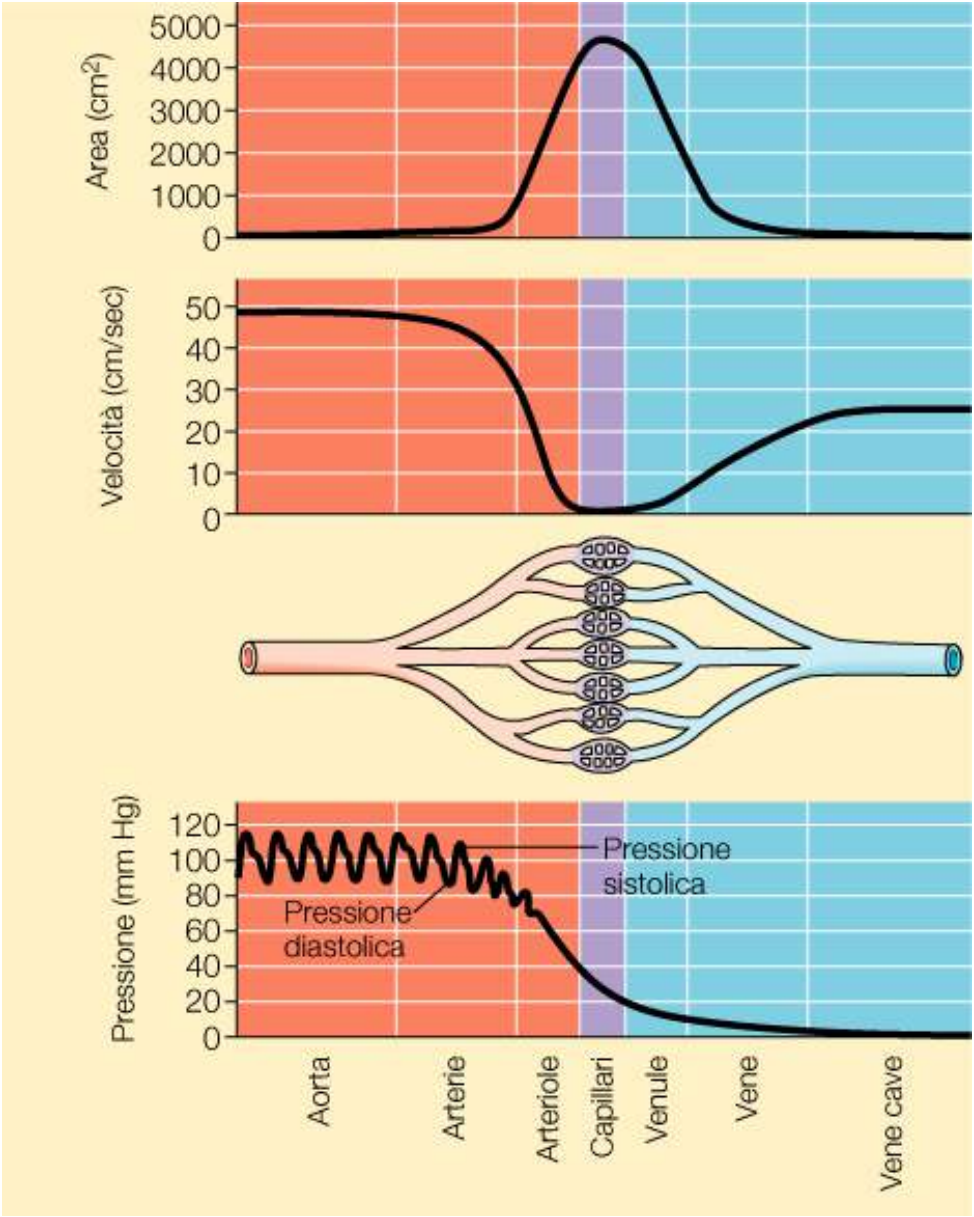


In ogni punto del sistema circolatorio la **velocità del flusso ematico è inversamente proporzionale al diametro del vaso** (e quindi all'area trasversale) in quanto la portata è costante (**Principio di Bernulli**)



Arborizzazione: poiché l'area della sezione trasversa del vaso principale (S_p) è minore della somma di quelle dei rami secondari ($S_{R1} + S_{R2} + S_{R3} + S_{R4}$), la velocità del fluido nei rami diminuisce.

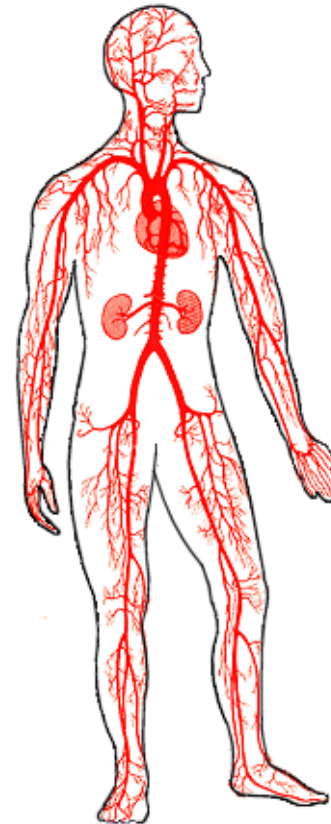
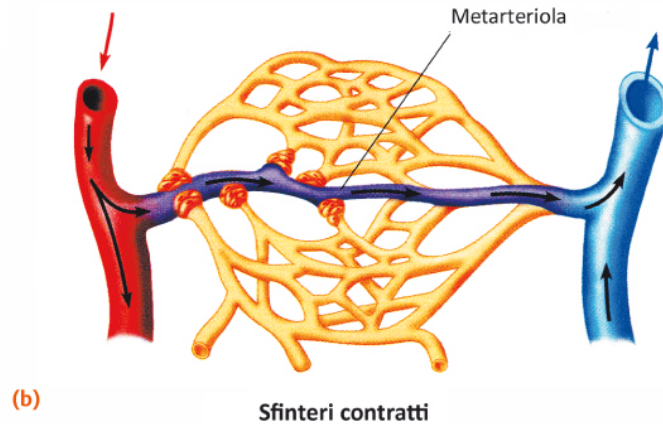
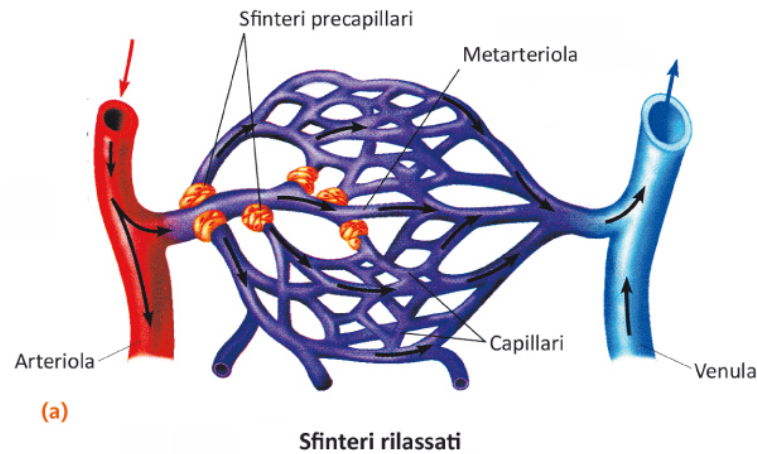
	Diametro medio	Spessore medio della parete	Endotelio Tessuto elastico Muscolo liscio Tessuto fibroso	
Arterie	4,0 mm	1,0 mm		
Arteriole	30,0 µm	6,0 µm		
Capillari	8,0 µm	0,5 µm		
Venule	20,0 µm	1,0 µm		
Vene	5,0 mm	0,5 mm		



Il sistema arterioso

- ✓ Corrisponde all'insieme dei vasi che convogliano il sangue **dal cuore ai tessuti**
- ✓ Le arterie hanno il ruolo di **riserva pressoria**
- ✓ Le grandi arterie ammortizzano le variazioni di pressione legate all'attività cardiaca (**passaggio dal regime discontinuo al regime continuo**)
- ✓ All'interno delle grosse arterie rimane un'oscillazione di pressione residua rappresentata dalle **pressioni sistolica e diastolica** (circa 120 e 80 nell'uomo)
- ✓ Le arterie periferiche controllano la distribuzione del sangue ai capillari

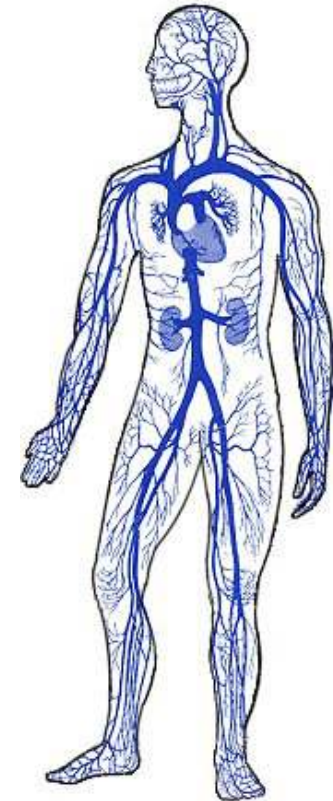
Le **metarteriole** sono ricche di fibre muscolari lisce che formano degli **sfinteri precapillari**. Mediamente solo il 30-50% dei capillari sono aperti.



Sistema arterioso

Gli organi più irrorati sono:

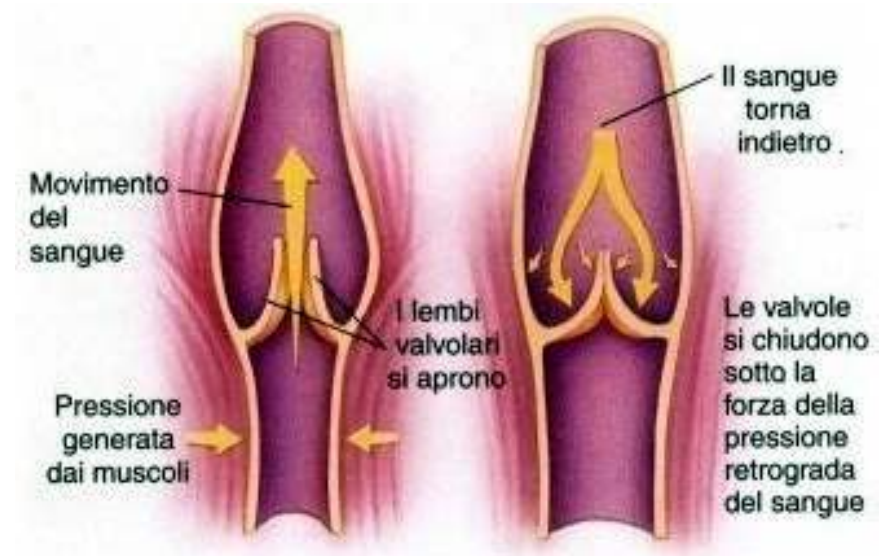
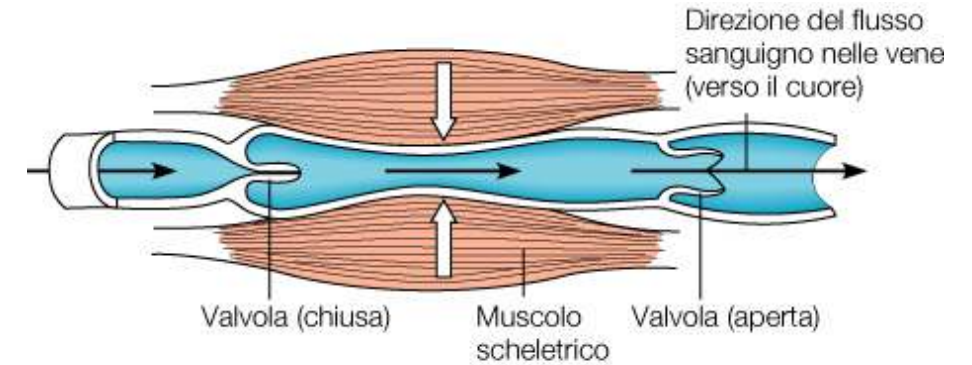
- **Reni** (per unità di peso 100 volte più del muscolo)
- **Fegato**
- **Cuore**
- **Cervello**



Sistema venoso

Il sistema venoso

- ✓ Corrisponde all'insieme dei vasi che convogliano il sangue **dai tessuti al cuore**
- ✓ La pressione sanguigna è molto bassa e le vene hanno il ruolo di **serbatoio di volume**
- ✓ La circolazione del sangue nelle vene dipende, oltre che dall'attività cardiaca, dal movimento degli arti e del diaframma e dalla presenza di **valvole**.

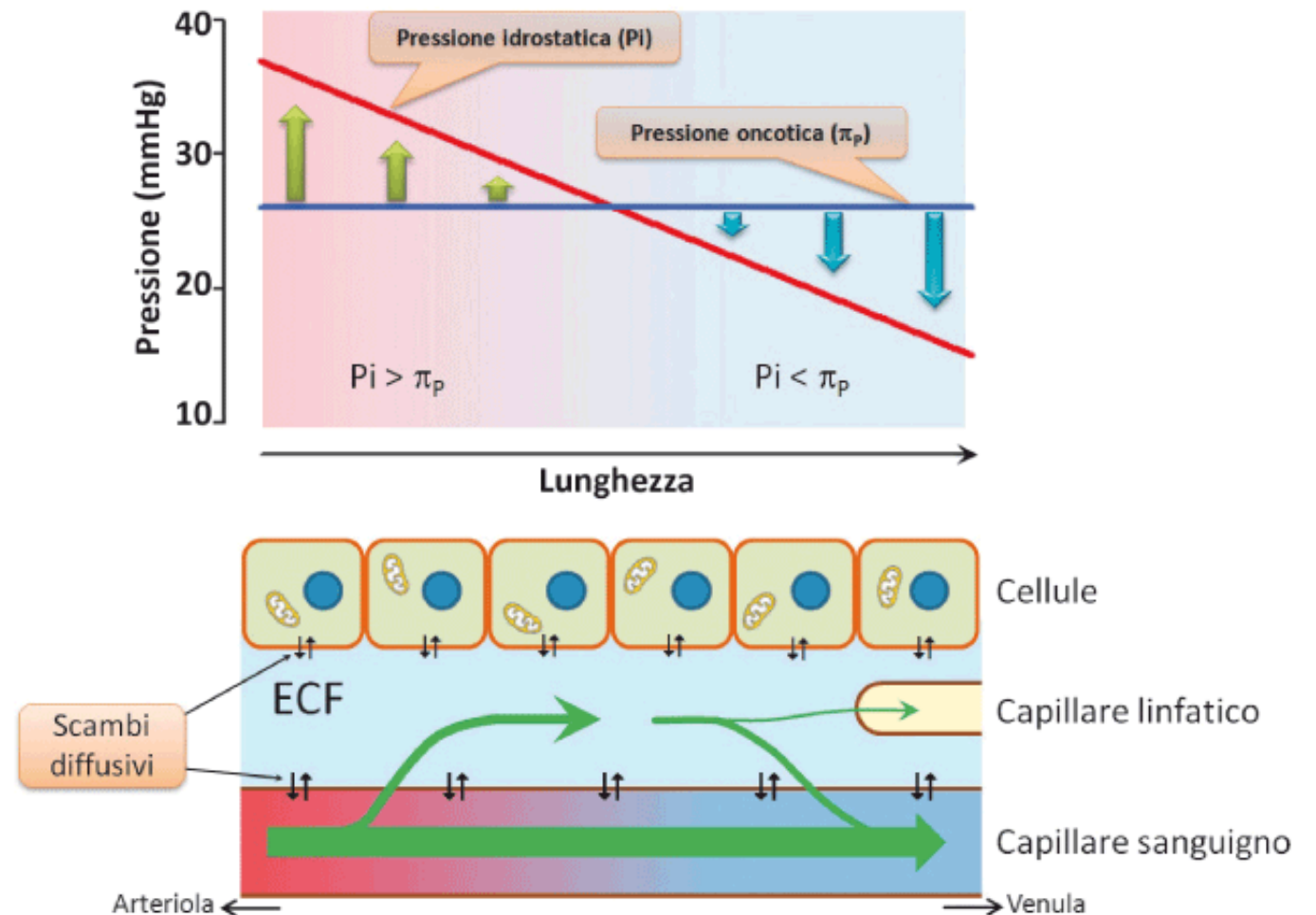


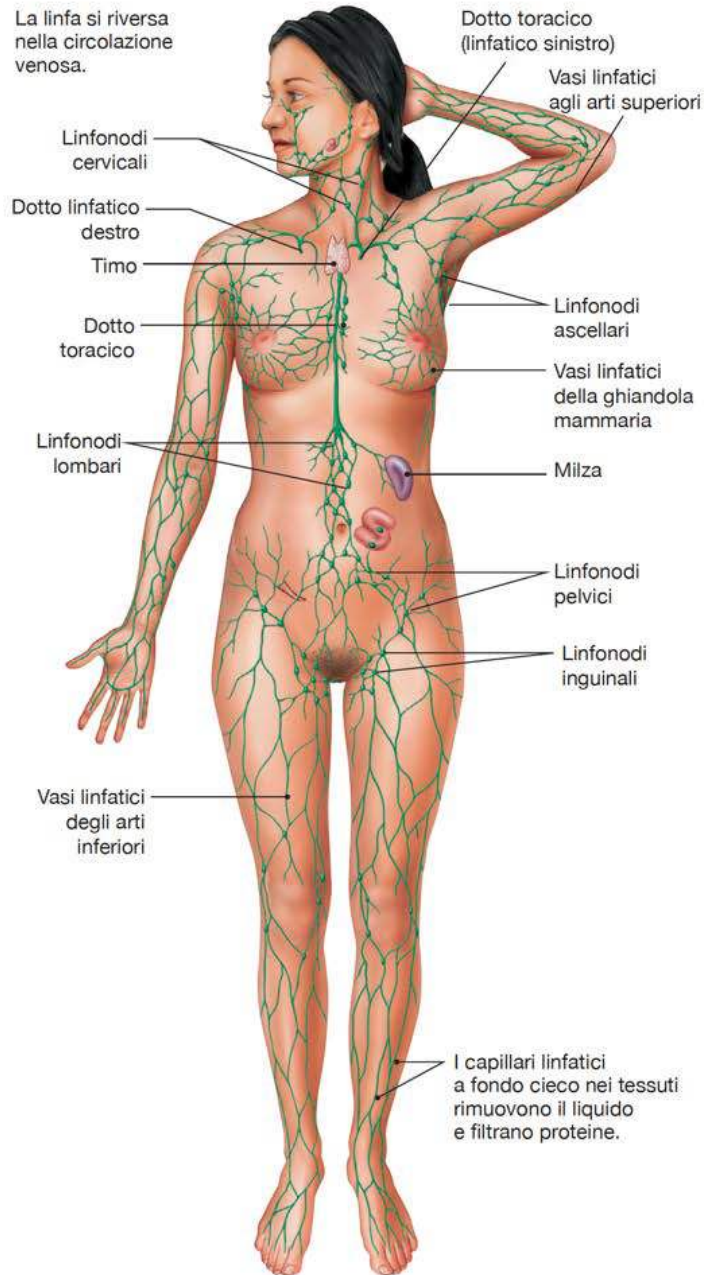
La rete capillare

- ✓ Corrisponde all'insieme dei vasi che **collegano arterie e vene**
- ✓ I capillari sono generalmente **lunghi 1 mm** con un **diametro di 3-10 μm**
- ✓ La parete dei capillari è costituita da **un singolo strato di cellule endoteliali** che poggiano su una **membrana basale** (collagene e glucosamminoglicani).
- ✓ Nei **capillari muscolari** il citoplasma delle cellule endoteliali contiene numerose vescicole **pinocitotiche** per il passaggio di sostanze idrofile.
- ✓ I **capillari del sistema nervoso** possiedono **sistemi di trasporto per amminoacidi e glucidi** ma la diffusione tra le cellule è limitata dalla barriera ematoencefalica.
- ✓ **Nei glomeruli renali e nell'intestino** sono presenti **capillari fenestrati** attraverso i quali filtrano tutte le sostanze eccetto le cellule ematiche e grosse proteine.
- ✓ **Nel fegato e nelle ossa** il liquido extracellulare ha una composizione analoga al plasma in quanto **i capillari mancano della membrana basale e le giunzioni tra le cellule sono lasse.**

I capillari hanno il ruolo di **superficie di scambio**. Le sostanze passano sia attraverso le cellule che attraverso gli spazi intercellulari.

Un aumento del volume filtrato dovuto ad un aumento della pressione ematica (ipertensione) o ad un calo di proteine nel sangue (malnutrizione, irritazione cutanea locale, patologie epatiche), porta a edemi.





Il **sistema linfatico** è costituito da capillari a fondo cieco che si riuniscono a formare **vasi linfatici** che sboccano nella circolazione sistemica in punti a bassa pressione.

I vasi linfatici si riuniscono nel **dotto toracico** che sbocca nella **vena cava superiore**.

La funzione principale è quella di **drenaggio** del liquido extracellulare e dei lipidi assorbiti nell'intestino (**vasi chiliferi**).

Il sistema linfatico è implicato anche nelle difese immunitarie (macrofagi e linfociti immunocompetenti nei **gangli linfatici**).

La circolazione è favorita da **muscolatura liscia** della parete vasale che si contrae ritmicamente e dalla contrazione dei muscoli scheletrici.

L'ostruzione del sistema linfatico può portare ad **edemi** come quello provocato dalla **filaria** (nematode parassita).



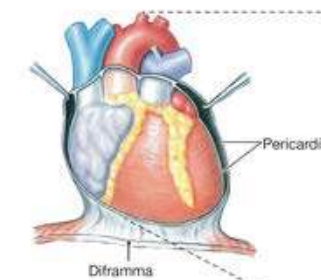
Il cuore

- ✓ È una pompa muscolare munita di **valvole**
- ✓ È costituito da una o più camere collegate in serie
- ✓ È costituito da muscolatura striata

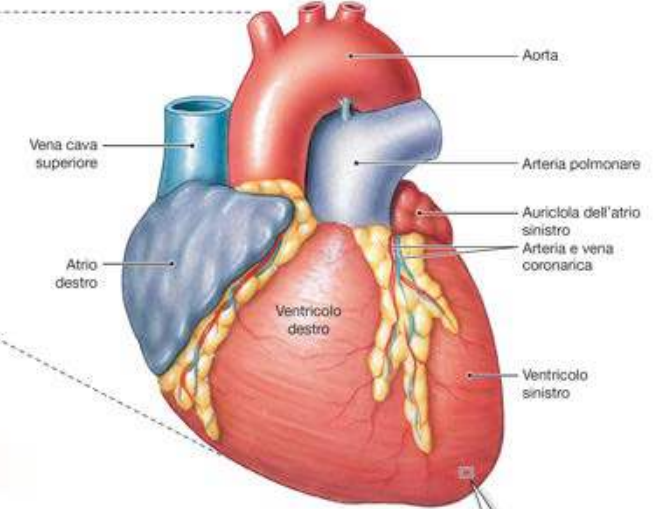
Il muscolo cardiaco (**miocardio**) si differenzia dal muscolo scheletrico in quanto:

- ✓ Non è innervato dal Sistema Nervoso Somatico ma dal Sistema Nervoso Autonomo (**Simpatico** e **Parasimpatico**)
- ✓ L'origine della contrazione non è ad attivazione nervosa ma è ad **attivazione intrinseca**
- ✓ Possiede **giunzioni comunicanti**
- ✓ I **miociti** sono **mononucleati**

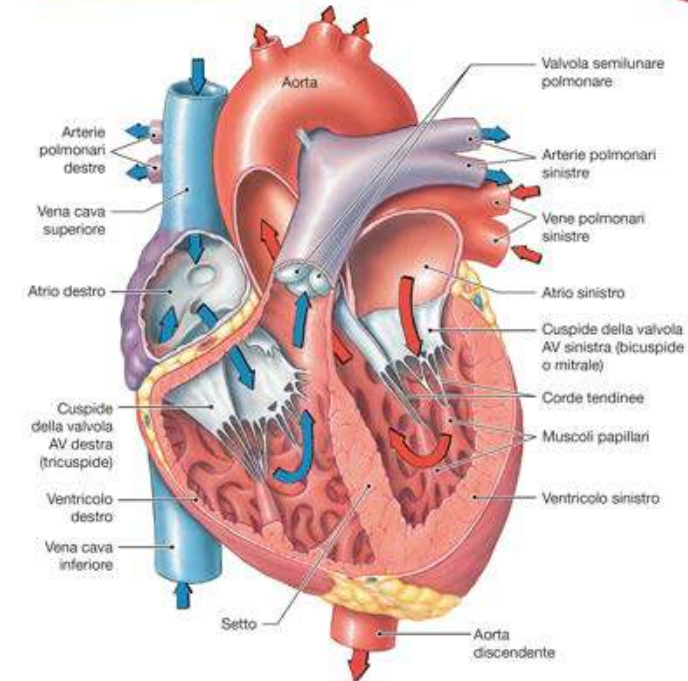
(e) Il cuore è avvolto da un sacco membranoso contenente liquido: il pericardio.



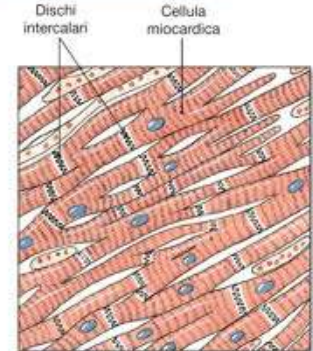
(f) Il ventricolo occupa la maggior parte del volume del cuore. Le arterie e le vene sono connesse alla base del cuore.



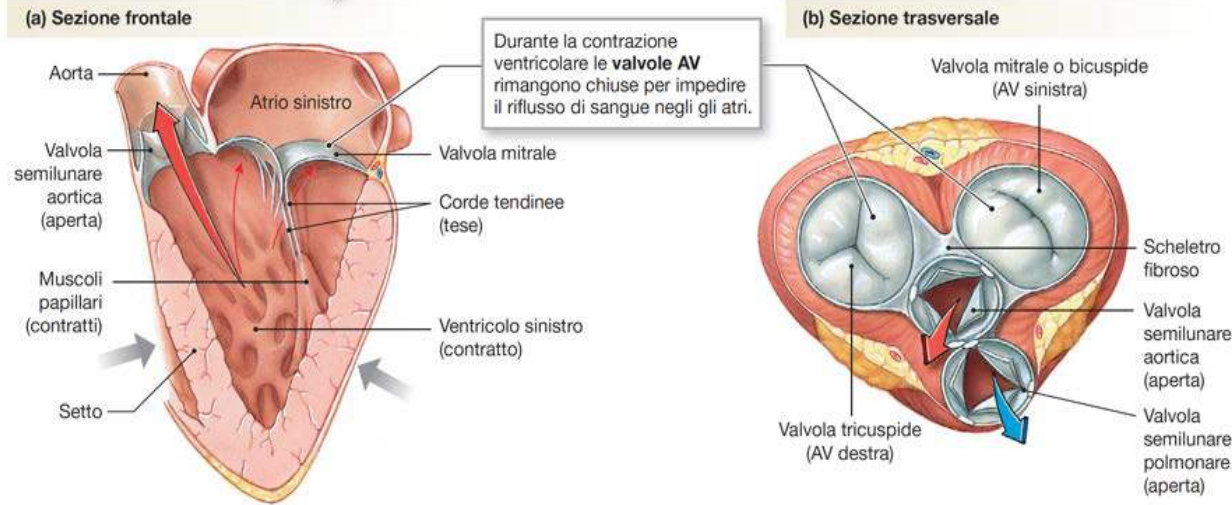
(g) Il flusso unidirezionale nel cuore è garantito da due gruppi di valvole.



(h) Le cellule miocardiche sono ramificate, hanno un solo nucleo e sono unite tra loro per mezzo di giunzioni specializzate note come dischi intercalari.

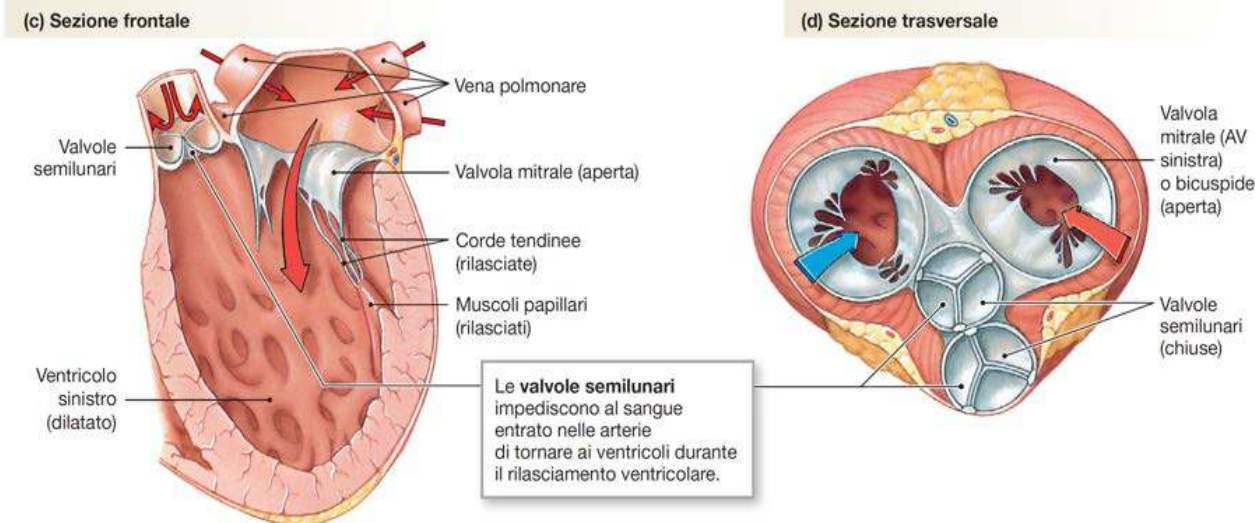


SISTOLE VENTRICOLARE

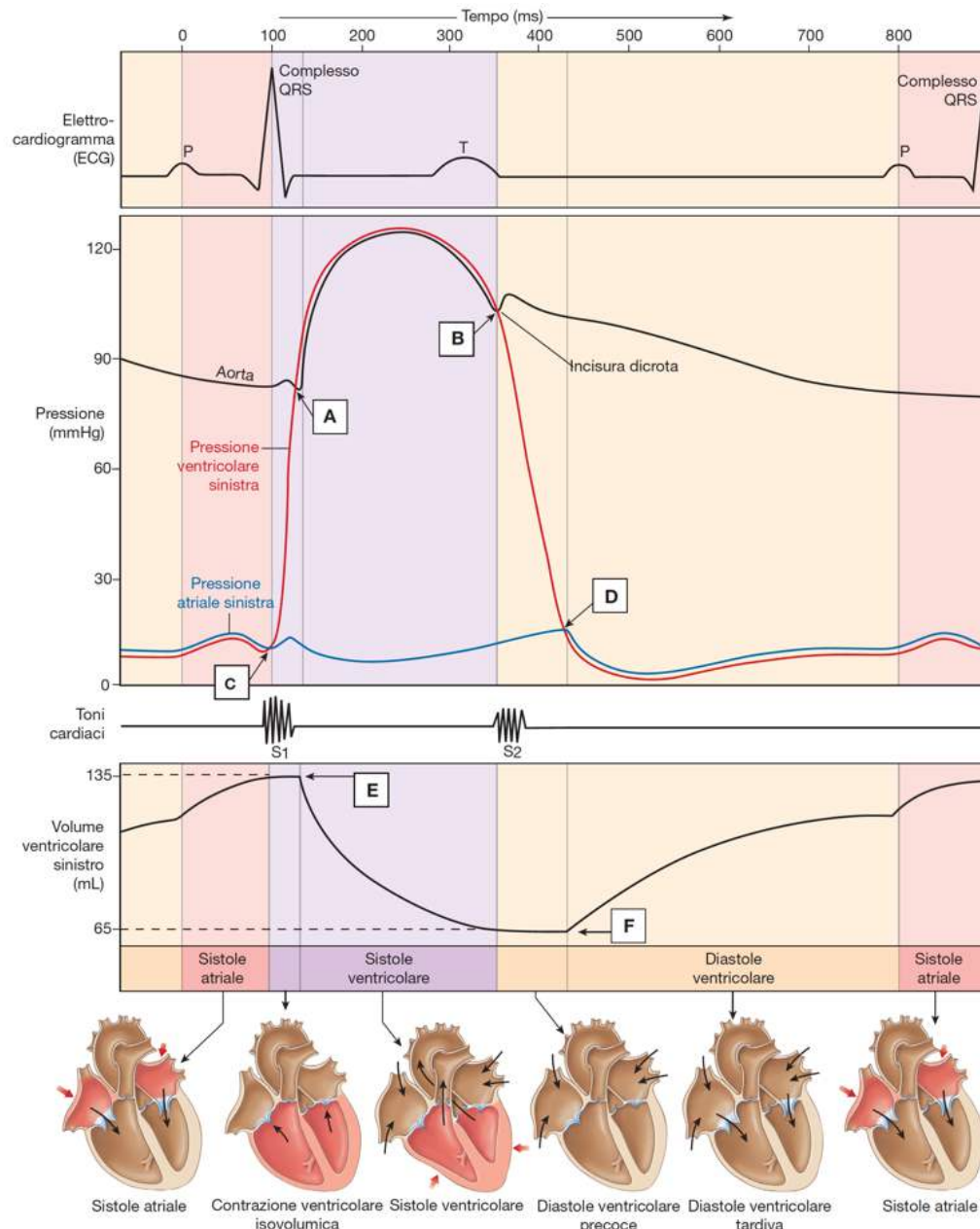


L'attività cardiaca consiste nella contrazione (**sistole**) e nel rilasciamento (**diastole**) dell'intera massa muscolare cardiaca

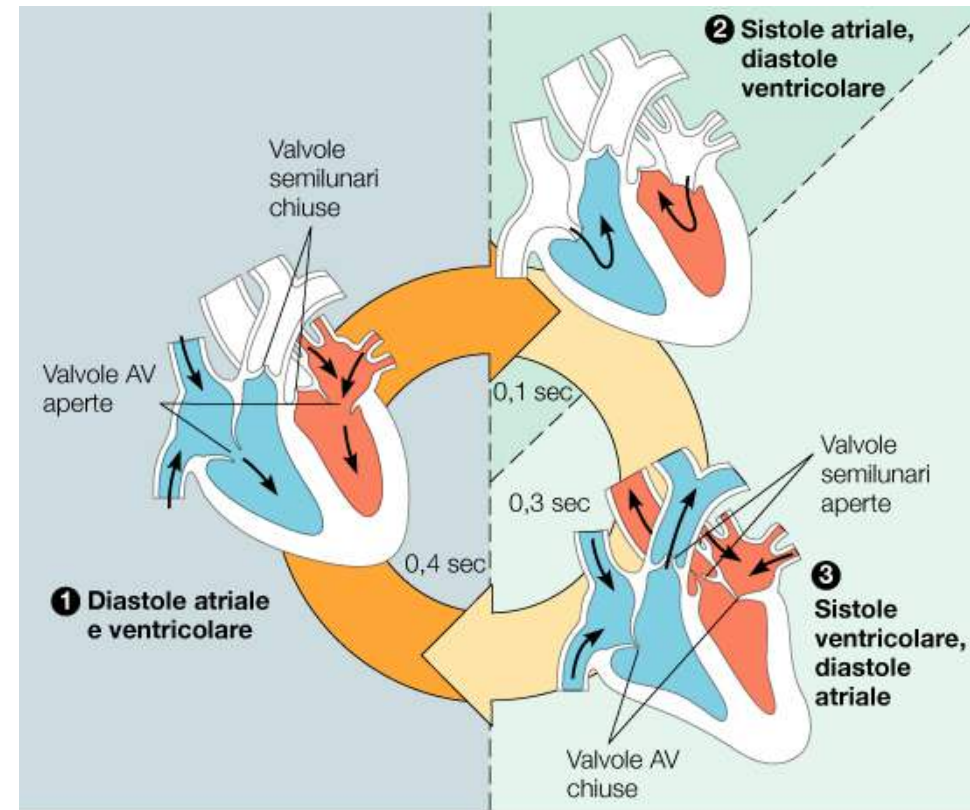
DIASTOLE VENTRICOLARE



L'apertura e chiusura delle valvole cardiache dipende dai cambiamenti di pressione all'interno degli atri e dei ventricoli.



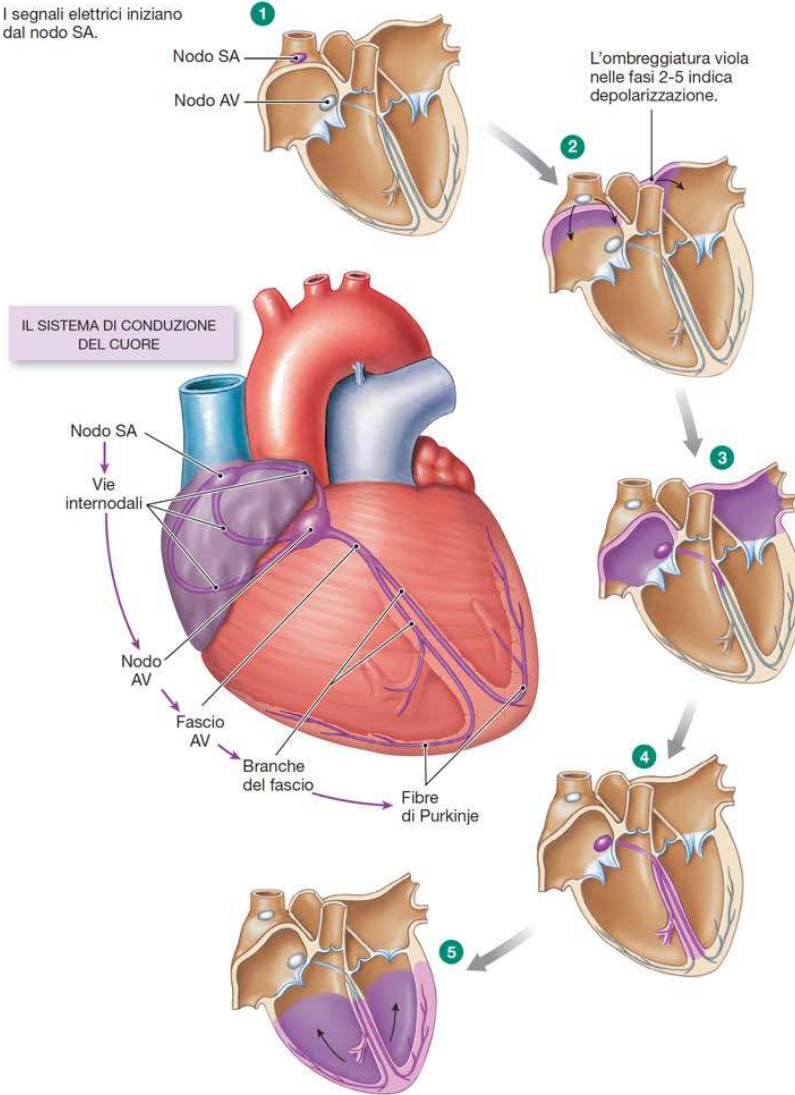
Il diagramma di Wiggers descrive la serie di eventi che riguarda la parte sinistra del cuore e la pressione aortica.



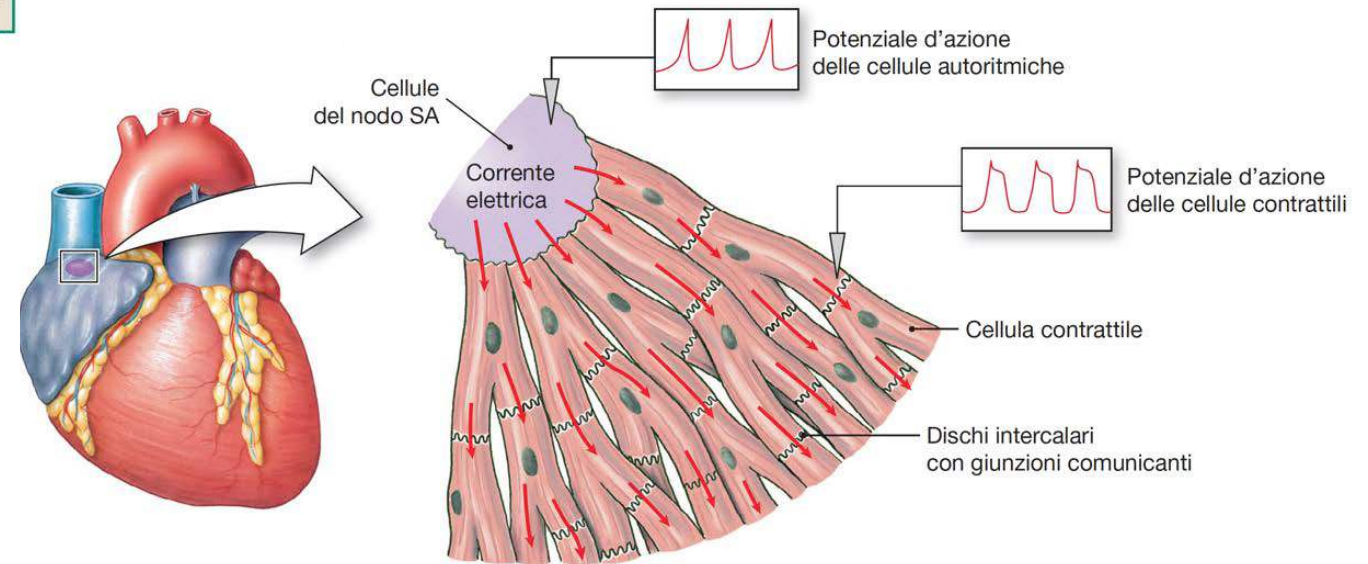
Le fibre muscolari che costituiscono il cuore sono di 3 tipi:

Cellule localizzate nel nodo senoatriale (o nodo di Keith e Flack) e nel nodo atrioventricolare (o nodo di Aschoff-Tawara)	<ul style="list-style-type: none">o di piccole dimensionio debolmente contrattilio autoritmicheo bassa velocità di conduzione
Cellule localizzate nella superficie interna della parete dei ventricoli (fascio di His e fibre di Purkinje)	<ul style="list-style-type: none">o di grandi dimensionio debolmente contrattilio elevata velocità di conduzione
Cellule che costituiscono la massa del miocardio	<ul style="list-style-type: none">o di dimensioni intermedieo fortemente contrattili

I segnali elettrici iniziano dal nodo SA.



La contrazione di ogni singolo miocita è associata ad un **potenziale d'azione** ed è iniziata in una regione del cuore detta **pacemaker**.

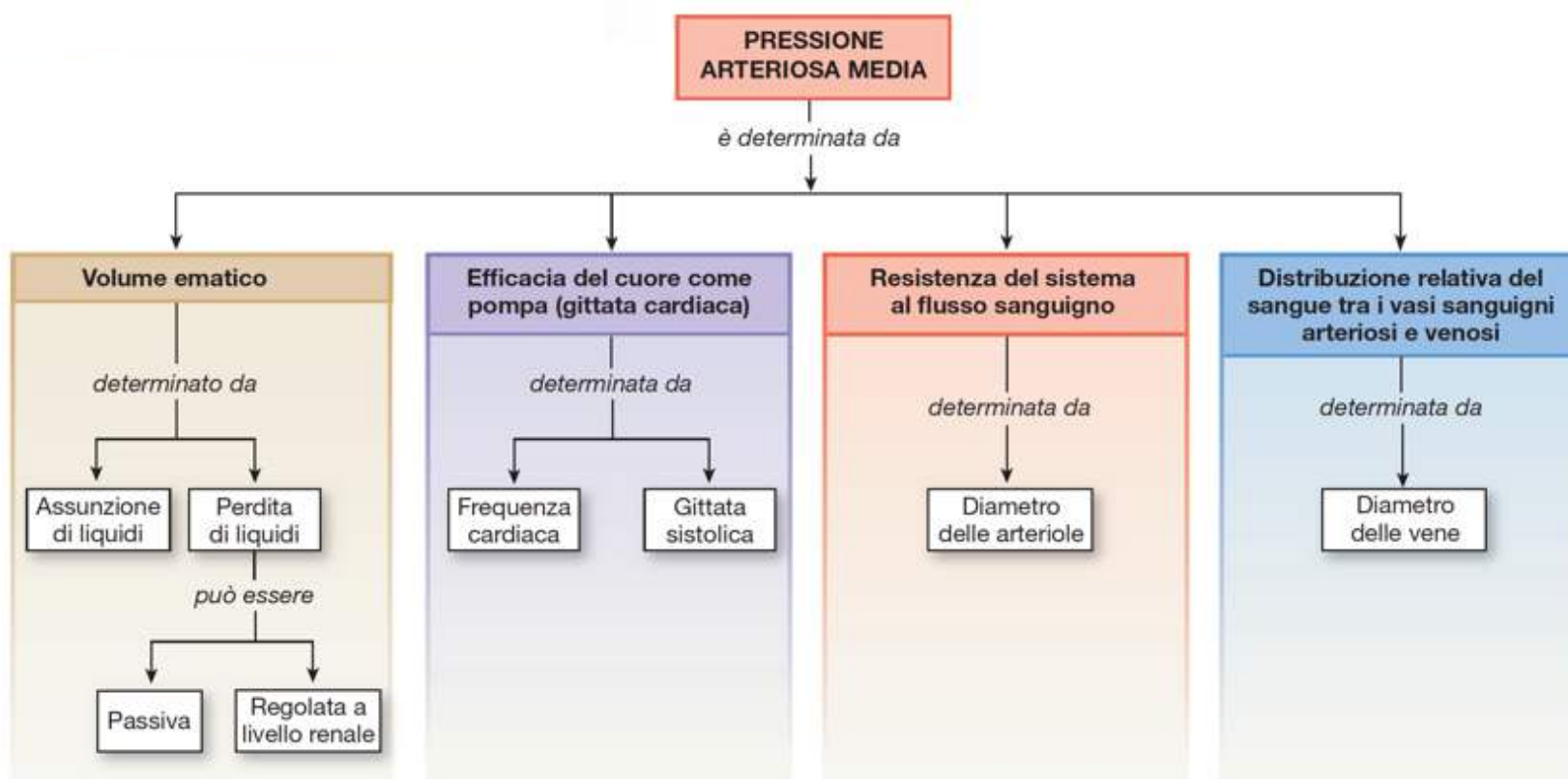


La **gittata sistolica** è il volume di sangue che esce dal ventricolo ad ogni ciclo cardiaco.

Questo volume dipende dalle variazioni del:

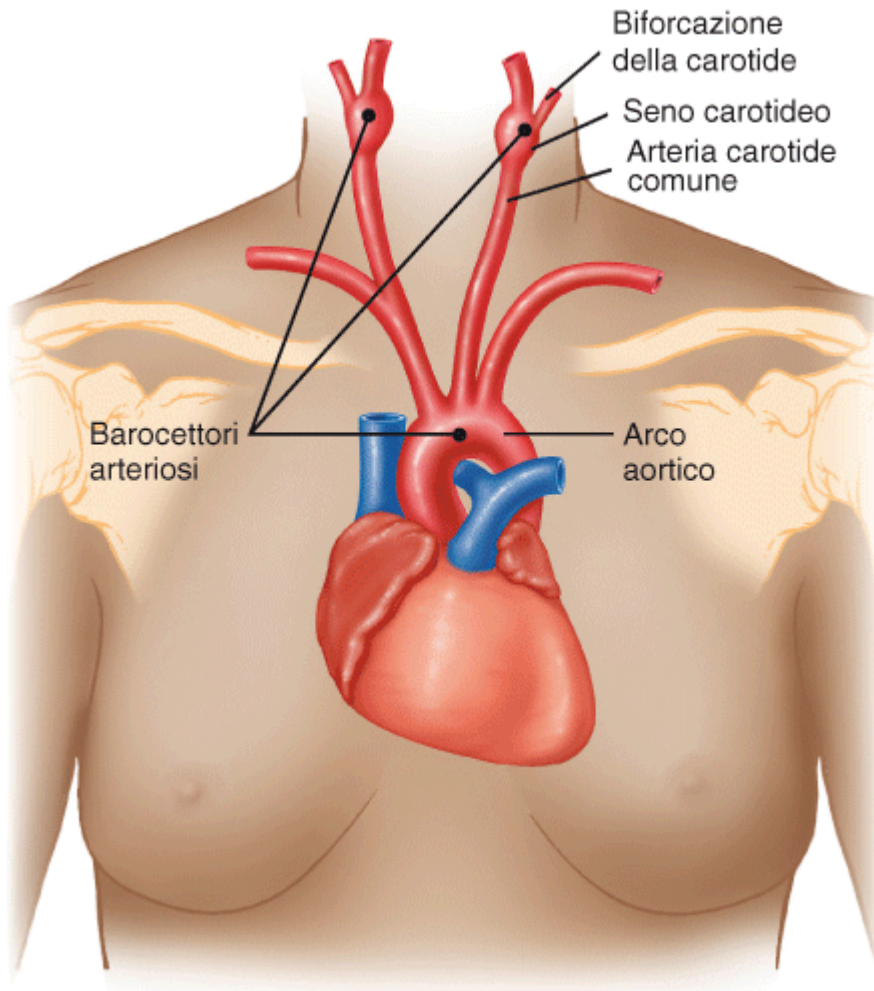
- ✓ **volume sistolico** che dipende dalle pressioni ventricolari e arteriose
- ✓ **volume diastolico** che dipende dalla pressione venosa, dalla pressione atriale, dalla capacità di distensione ventricolare e dal tempo di riempimento

La **gittata cardiaca** è il prodotto tra gittata sistolica e **frequenza cardiaca** (numero di cicli cardiaci al minuto).



I sistemi di controllo che intervengono nel mantenimento della pressione arteriosa sono:

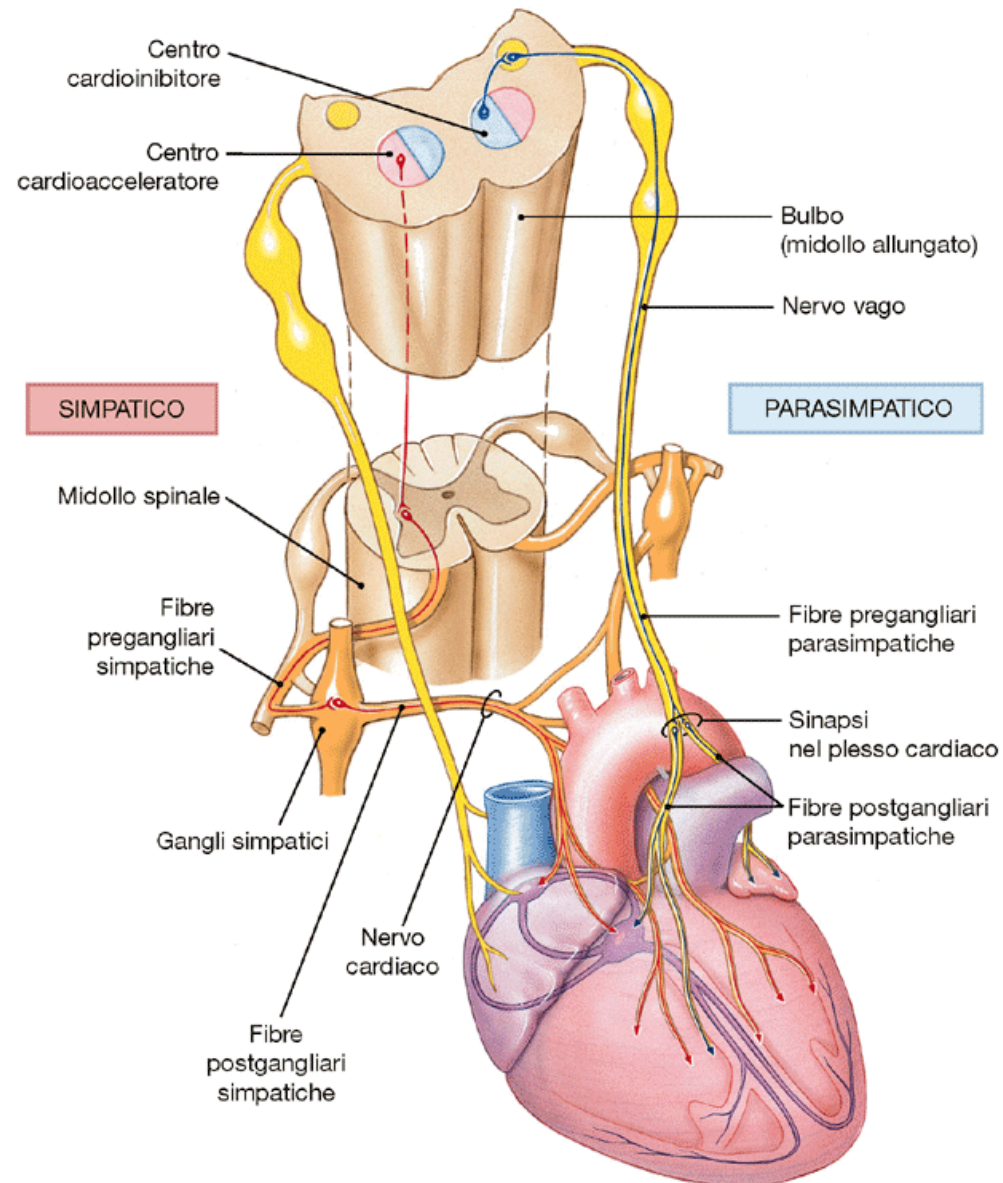
- ✓ Controllo locale della portata capillare
- ✓ Meccanismi di controllo nervoso ed endocrino su cuore, arterie, vene e reni.



La variazione della pressione arteriosa viene percepita da **barocettori** presenti nell'**arco aortico** e nei **seni carotidei**, attivando una **regolazione riflessa**.

I barocettori sono costituiti da terminazioni nervose libere presenti in zone assottigliate della prima parte dell'aorta e delle carotidi interne, le quali sono sensibili allo stiramento (tensorecettori) della parete delle arterie.

Da qui partono delle vie afferenti che vanno ai nuclei bulbari del **Parasimpatico** (in caso di **ipertensione**) o ai nuclei toracici del **Simpatico** (in caso di **ipotensione**).

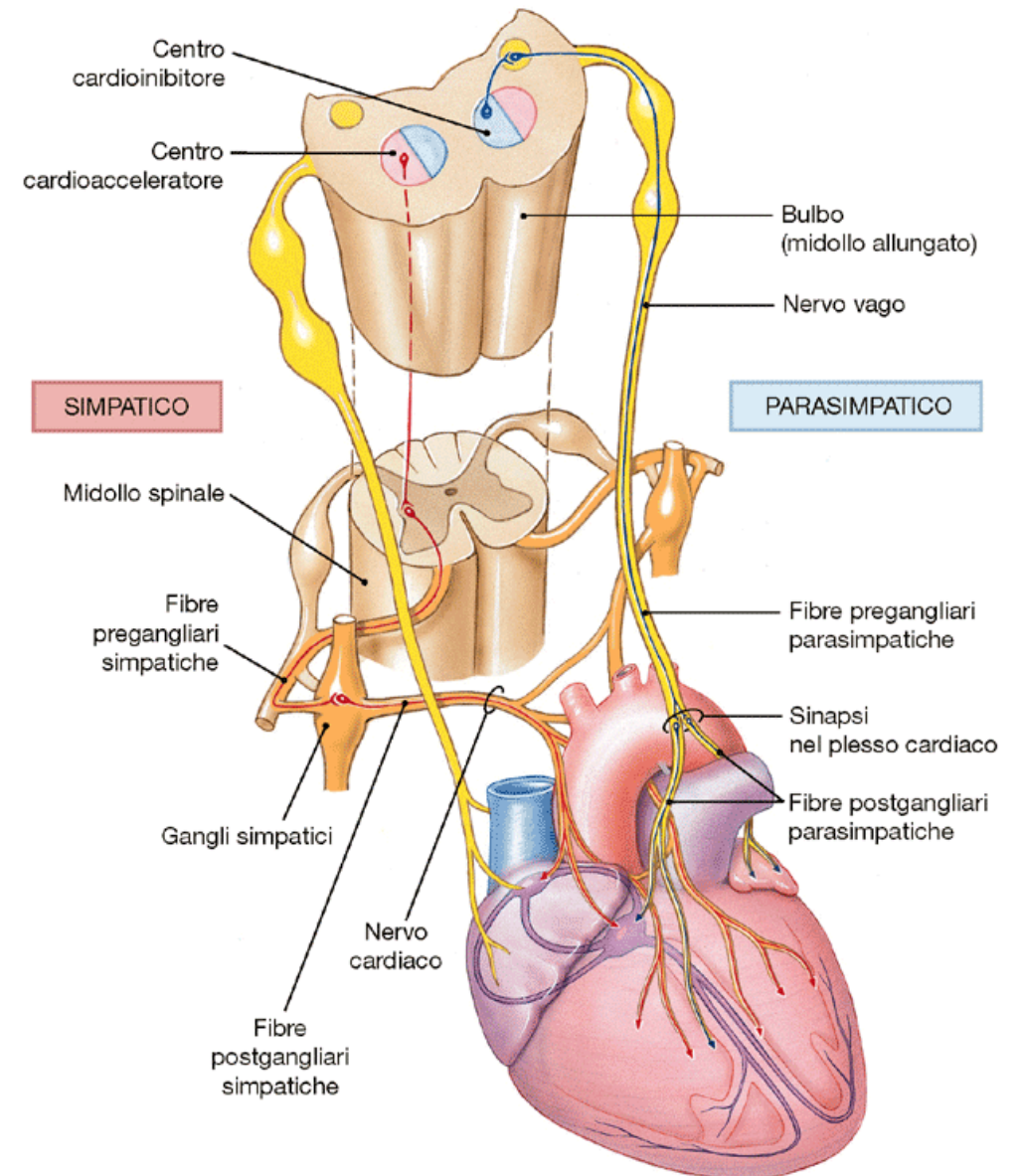


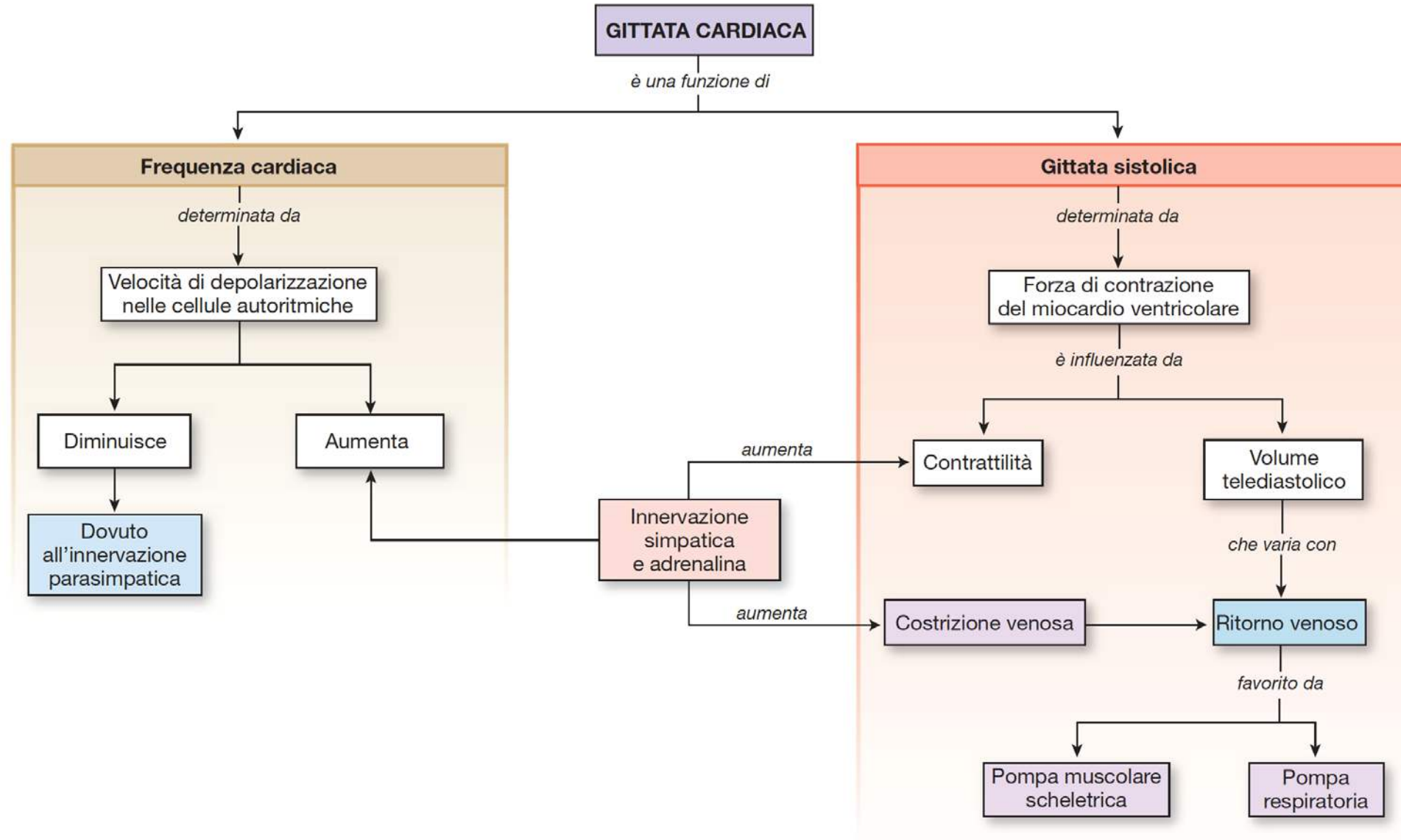
In caso di **ipertensione**, l'aumento dell'attività parasimpatica (nervo Vago) **riduce la frequenza cardiaca** in quanto il neurotrasmettitore (**acetilcolina**) agisce iperpolarizzando la membrana delle **cellule nodali**, aumentando il tempo necessario a raggiungere la soglia di potenziale.

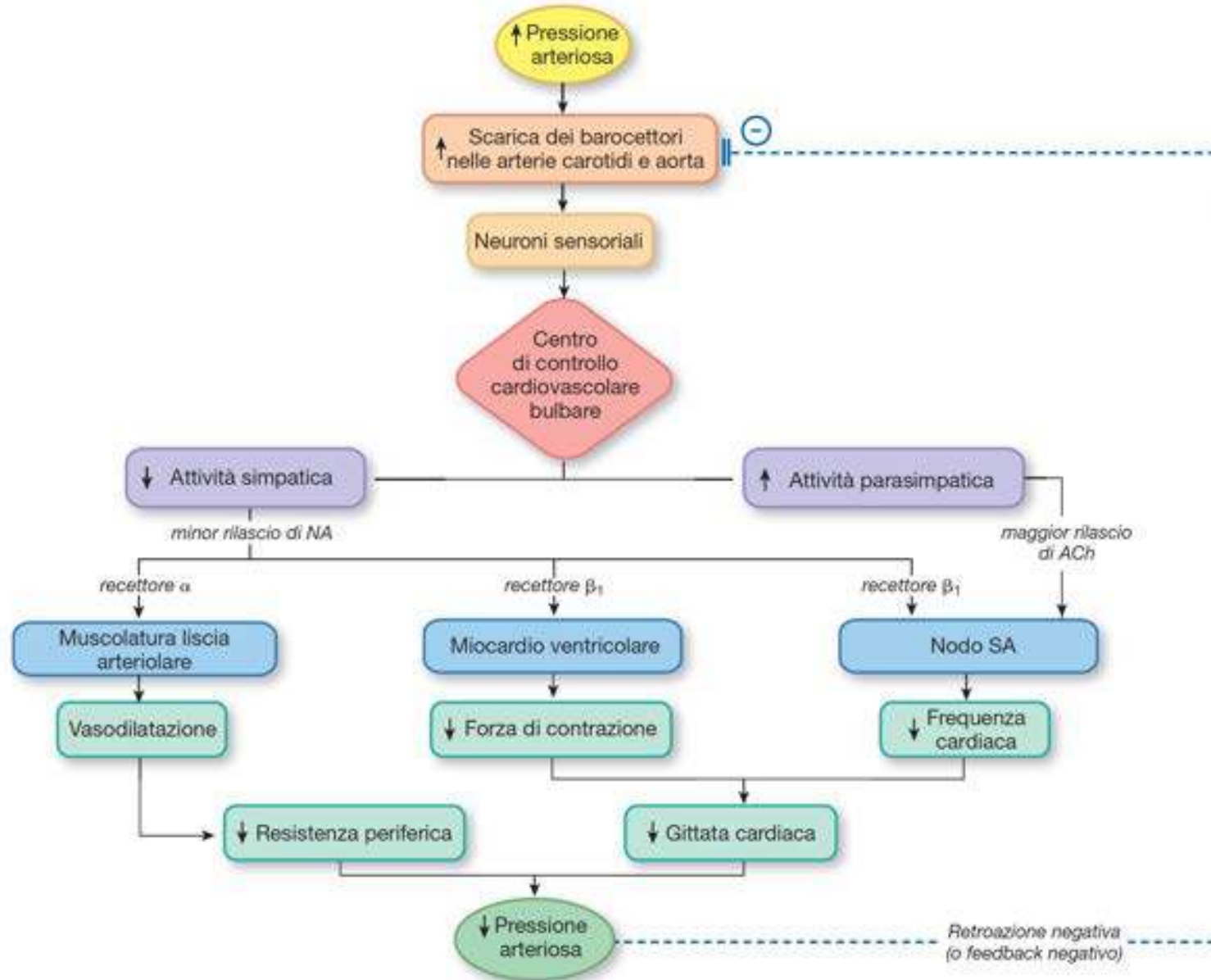
Il risultato è una **riduzione della gittata cardiaca**.

In caso di **ipotensione** viene attivato il Sistema Nervoso Ortosimpatico con produzione di **noradrenalina**:

- 1) a livello delle **cellule nodali** aumenta la depolarizzazione delle membrane, aumentando la frequenza di scarica (**aumenta la frequenza cardiaca**)
- 2) a livello delle **terminazioni del Nervo vago** inibisce la produzione di acetilcolina (**aumenta la frequenza cardiaca**)
- 3) a livello della **muscolatura ventricolare** aumenta la forza di contrazione (**aumenta la gittata sistolica**)
- 4) a livello della **muscolatura vasale** determina vasocostrizione venosa (**aumenta il ritorno venoso**).







I due sistemi autonomi sono antagonisti, e l'attivazione del primo corrisponde all'inibizione del secondo.

Il controllo umorale del sistema circolatorio riguarda generalmente la vasocostrizione e la vasodilatazione.

iperemia

TABELLA 15-2 Sostanze chimiche che mediano la vasocostrizione e la vasodilatazione			
SOSTANZA CHIMICA	RUOLO FISILOGICO	FONTE	TIPO
Vasocostrizione			
Noradrenalina (recettori α)	Riflesso barocettivo	Neuroni simpatici	Neurotrasmettitore
Serotonina	Aggregazione piastrinica, contrazione del muscolo liscio	Neuroni, tratto digerente, piastrine	Agente paracrino, neurotrasmettitore
Sostanza P	Dolore, incremento della permeabilità capillare	Neuroni, tratto digerente	Agente paracrino, neurotrasmettitore
Endotelina	Controllo locale	Endotelio vasale	Agente paracrino
Vasopressina	Incremento della pressione arteriosa durante l'emorragia	Ipofisi posteriore	Neurormone
Angiotensina II	Incremento della pressione arteriosa	Plasma sanguigno	Ormone
Vasodilatazione			
Adrenalina (recettori β_2)	Aumento del flusso ematico al muscolo scheletrico, cuore e fegato	Midollare del surrene	Ormone
Acetilcolina (tramite l'NO)	Erezione del clitoride e del pene	Neuroni parasimpatici	Neurotrasmettitore
Peptide intestinale vasoattivo (VIP)	Secrezione digestiva, rilascio del muscolo liscio	Neuroni	Neurotrasmettitore, neurormone
Ossido nitrico (NO)	Mediatore paracrino	Endotelio	Agente paracrino
Bradichinina (tramite l'NO)	Incremento del flusso ematico	Svariati tessuti	Agente paracrino
Adenosina	Aumento del flusso sanguigno per soddisfare le esigenze metaboliche	Cellule in ipossia	Agente paracrino
$\downarrow O_2$, $\uparrow CO_2$, $\uparrow H^+$, $\uparrow K^+$	Aumento del flusso sanguigno per soddisfare le esigenze metaboliche	Metabolismo cellulare	Metaboliti che rispecchiano il lavoro svolto dal tessuto
Istamina	Incremento del flusso ematico	Mastociti	Agente paracrino
Peptidi natriuretici (per esempio, ANP)	Riduzione della pressione arteriosa	Miocardio atriale, cervello	Ormone, neurotrasmettitore

La **volemia** è il volume di sangue totale. Piccole variazioni della volemia (2%) possono provocare rilevanti variazioni della pressione arteriosa (30-50%).

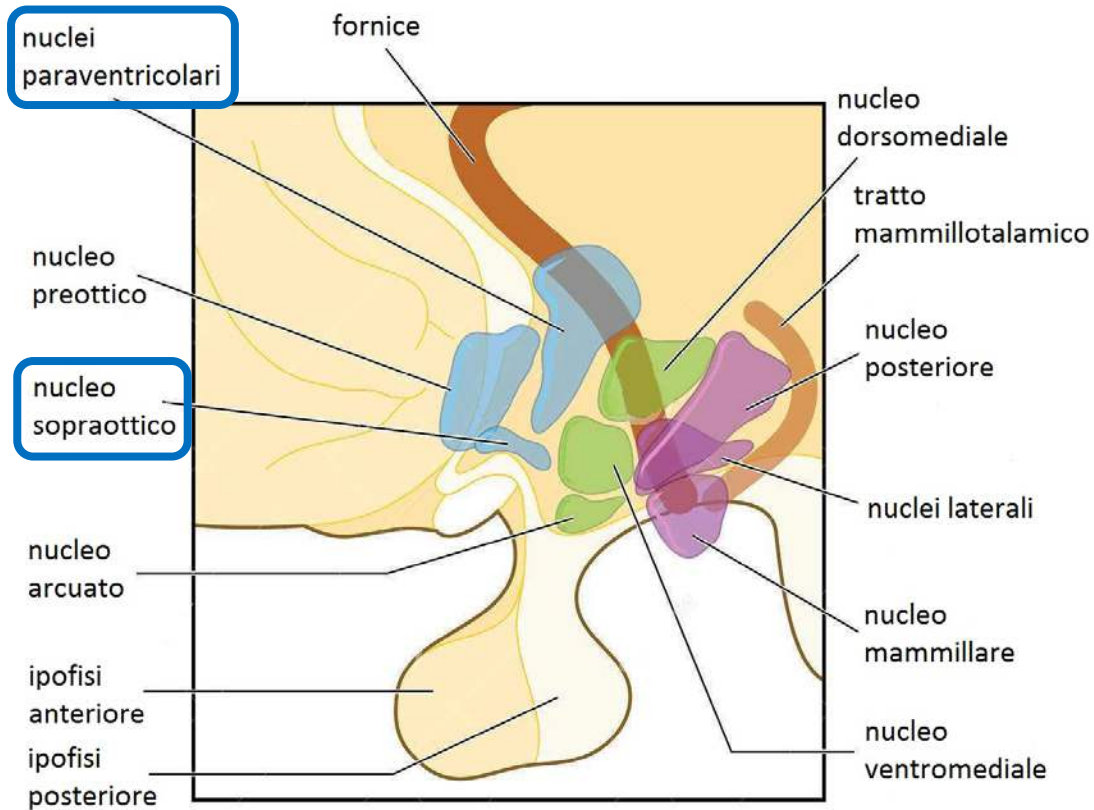
La regolazione della volemia si attua prevalentemente sul controllo del livello di liquidi in uscita dall'organismo e cioè sulla **regolazione della diuresi** (renale).

VOLORECETTORI ATRIALI (controllo diretto)



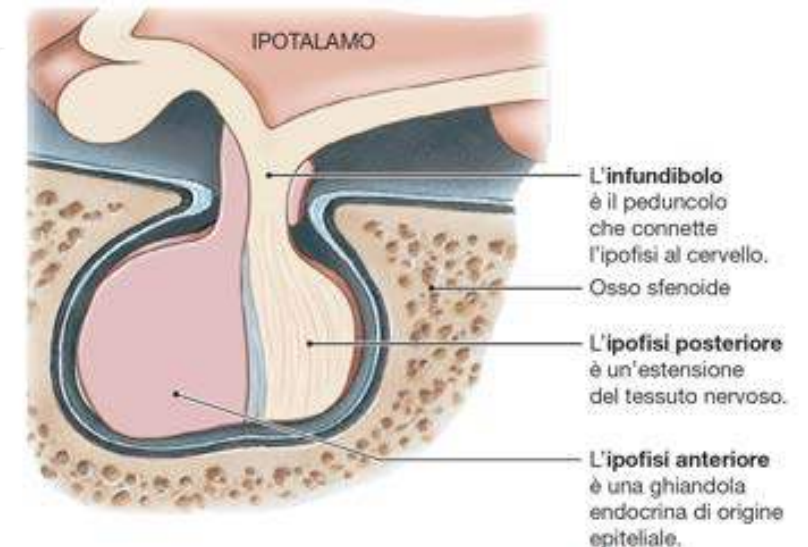
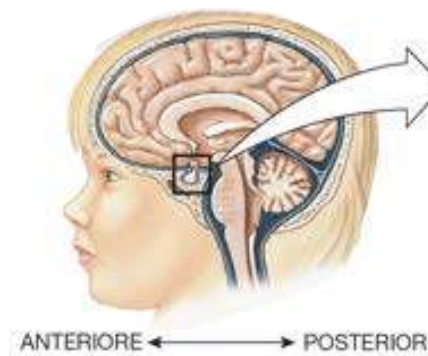
OSMORECETTORI IPOTALAMICI (controllo indiretto).

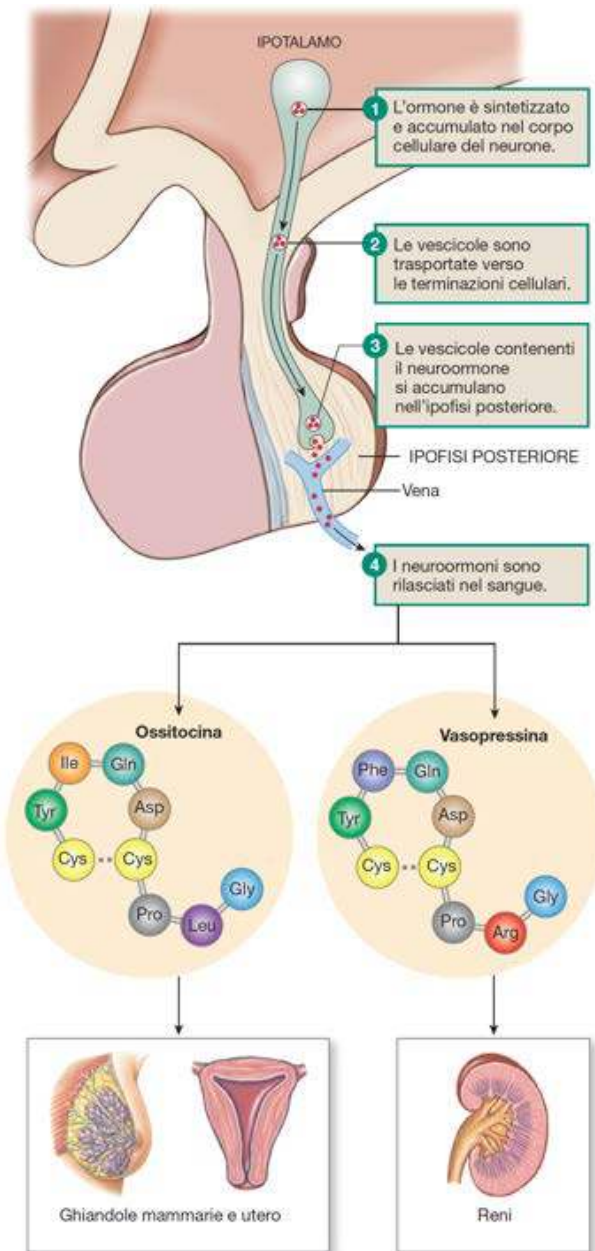
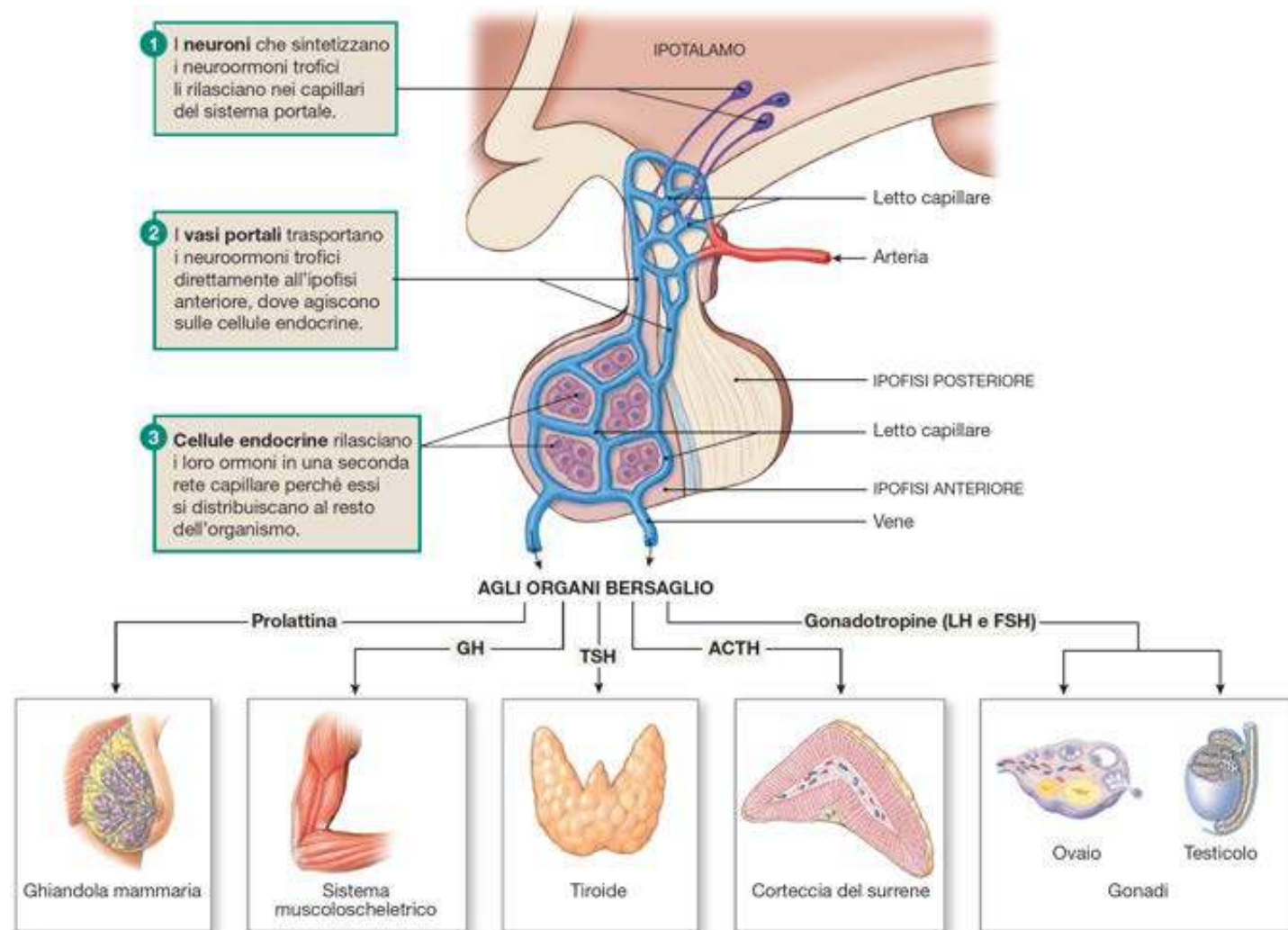




L'ipotalamo svolge una duplice funzione:

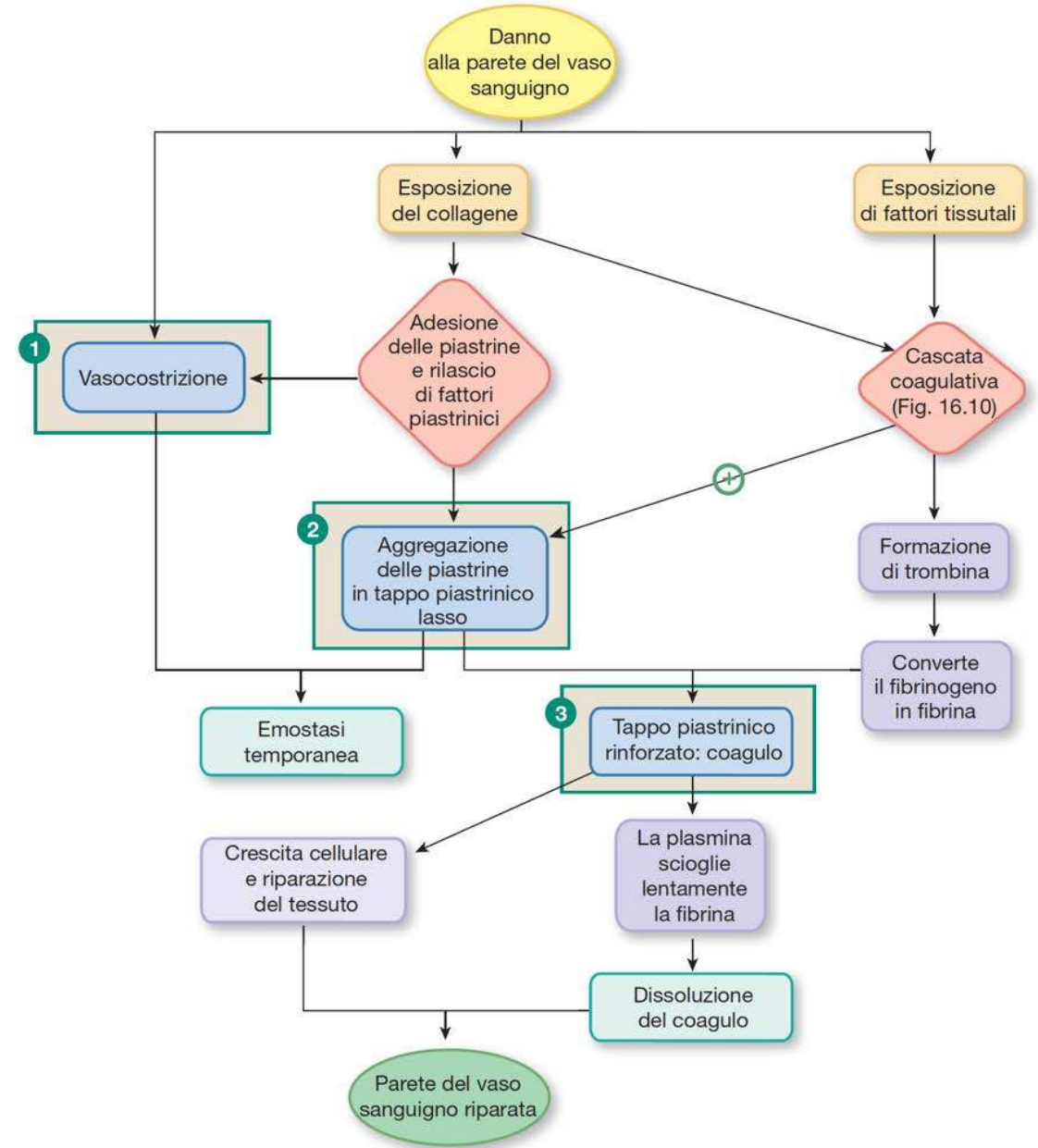
- ✓ **controllo del sistema nervoso autonomo** (regolazione della motilità viscerale, del ritmo sonno-veglia, del bilancio idrosalino, della temperatura corporea, dell'appetito, ecc.)
- ✓ **controllo del sistema endocrino** attraverso due dei nuclei ipotalamici (sopraottico e paraventricolare)





L'emostasi comporta tre fasi:

- 1. spasmo vascolare:**
vasocostrizione seguita da vasodilatazione
- 2. formazione del tappo piastrinico**
- 3. coagulazione del sangue**

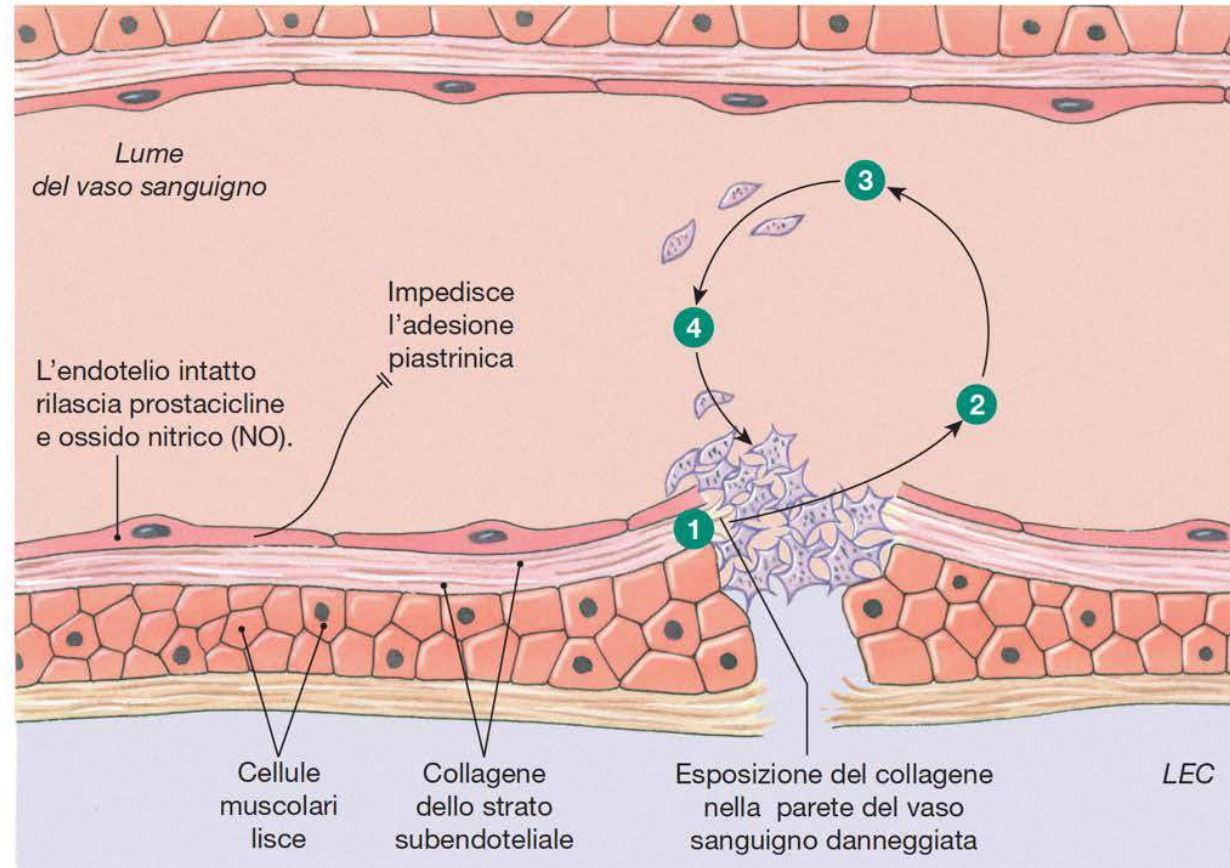


Le piastrine sono in grado di aderire alla parete del vaso dov'è esposto il **collagene** a causa della lesione.

Le piastrine rilasciano **ADP** che rende adesiva la loro superficie e quindi quella dell'aggregato piastrinico.

Le piastrine rilasciano dei potenti vasocostrittori (**serotonina, trombossano A2**).

L'aggregato piastrinico stimola il rilascio di **istamina** e **NO** dall'epitelio intatto, producendo vasodilatazione e inibendo l'ingrandimento dell'aggregato piastrinico.



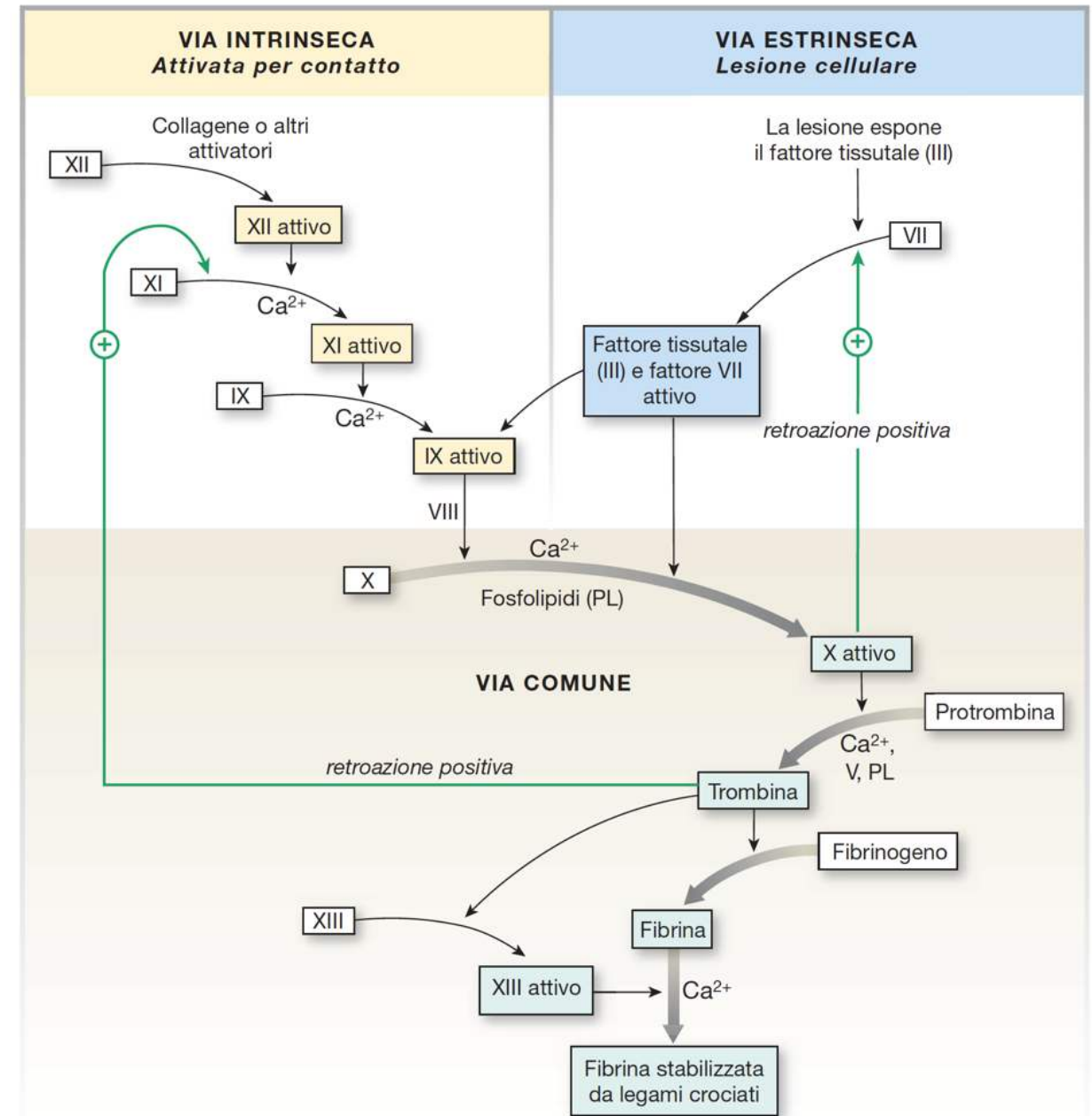
- 1 Il collagene esposto lega e attiva le piastrine.
- 2 Rilascio di fattori piastrinici.
- 3 I fattori richiamano nuove piastrine.
- 4 Le piastrine si aggregano nel tappo piastrinico.

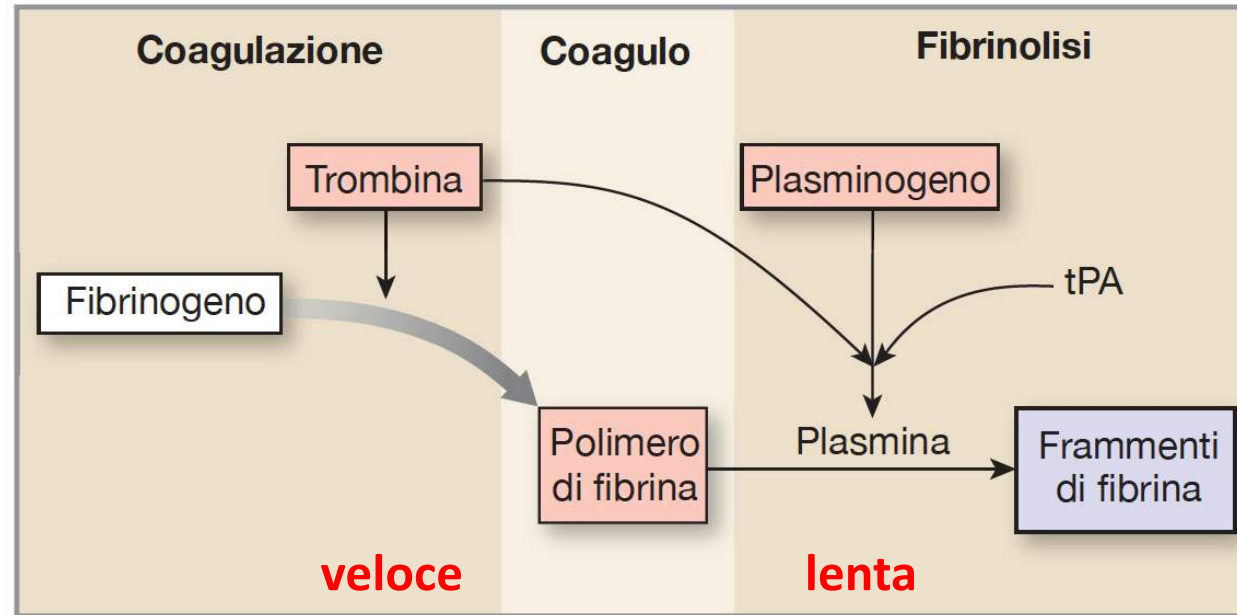
La via **intrinseca** (7 tappe) porta alla coagulazione del sangue nei vasi danneggiati o in contatto con le pareti di una provetta.

La via **estrinseca** (4 tappe) porta alla coagulazione del sangue fuoriuscito dai tessuti danneggiati.

Nella tappa finale della coagulazione il fibrinogeno (prodotto dal fegato) viene convertito in **fibrina** in una reazione catalizzata dalla **trombina**.

La trombina catalizza anche l'attivazione del **fattore XIII**, il quale catalizza la **stabilizzazione della fibrina**.





La trombina catalizza sia la formazione del coagulo (reazione veloce) che la sua dissoluzione (reazione lenta).

Anticoagulanti

EPARINA

inibisce la **trombina**

CITRATO, EDTA, ecc.

legano il **Ca²⁺**

IRUDINA

(*Hirudo medicinalis*)

inibisce la **trombina**

DESMOTEPLASI

(*Desmodus rotundus*)

attiva il **plasminogeno**

NITROFORINA

(*Rhodnius prolixus*)

rilascia **NO**

