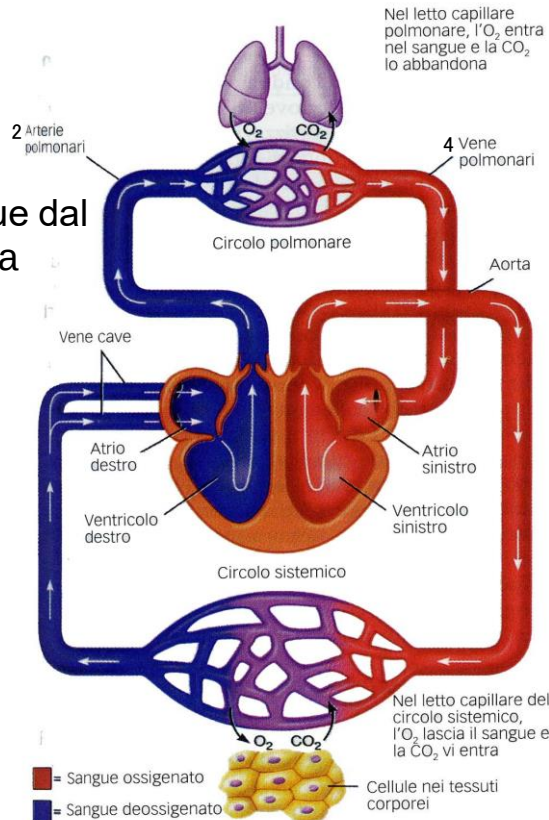


Il CUORE: doppia pompa idraulica

che spinge il sangue attraverso due sistemi chiusi: circolo sistemico e polmonare

DX

L'arteria porta il sangue dal cuore alla periferia



SX

GITTATA CARDIACA 5 L / min

Volume di sangue che il cuore pompa/min

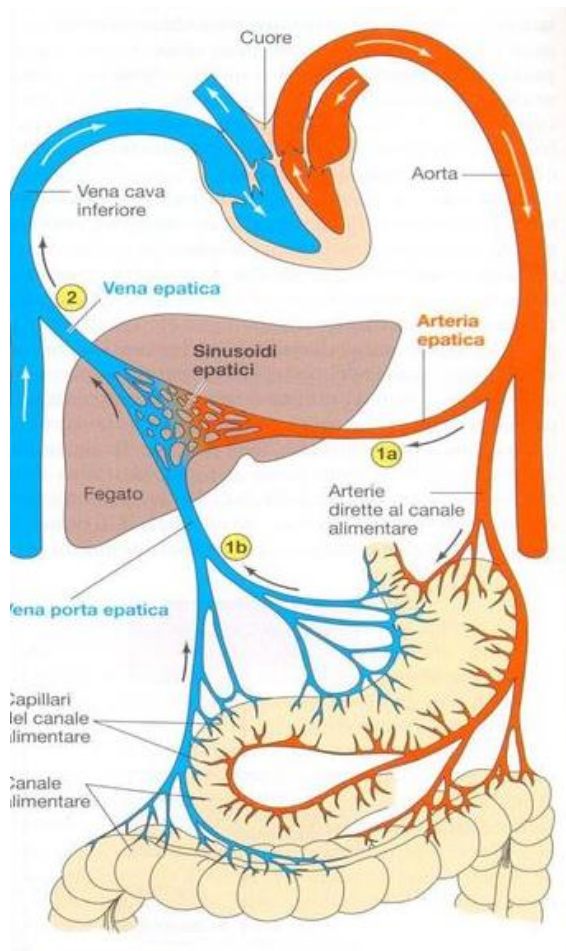
GITTATA SISTOLICA 70 mL

Quantità di sangue espulsa dal ventricolo sinistro ad ogni battito

Goldman and Stanfield, Fisiologia umana, EdiSES

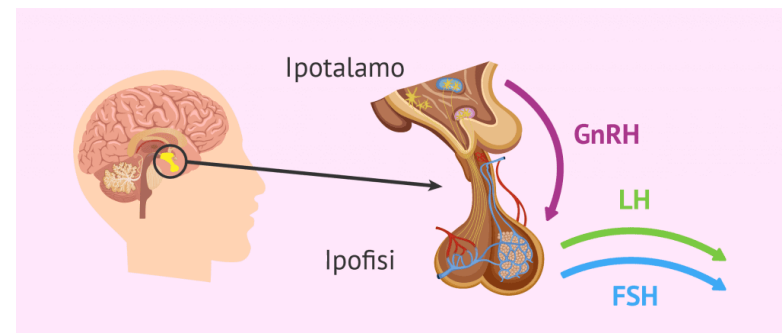
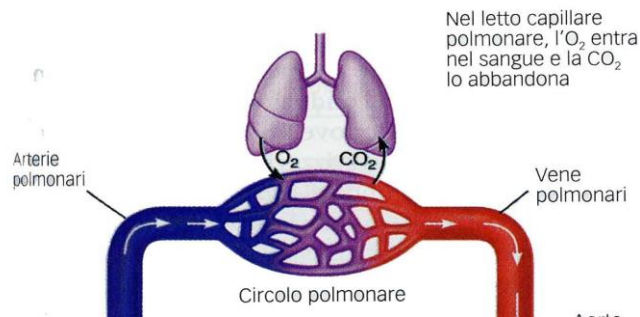
La contrazione del ventricolo SX (**SISTOLE**) spinge il sangue nell'aorta; da questa nelle medie e piccole arterie, nelle arteriole, nei capillari.

Attraverso le pareti dei capillari **scambi gassosi** (O₂ contro CO₂) e **nutrizionali** (AA, glucosio, acidi grassi, ormoni, vitamine, sali minerali contro prodotti del catabolismo tissutale).

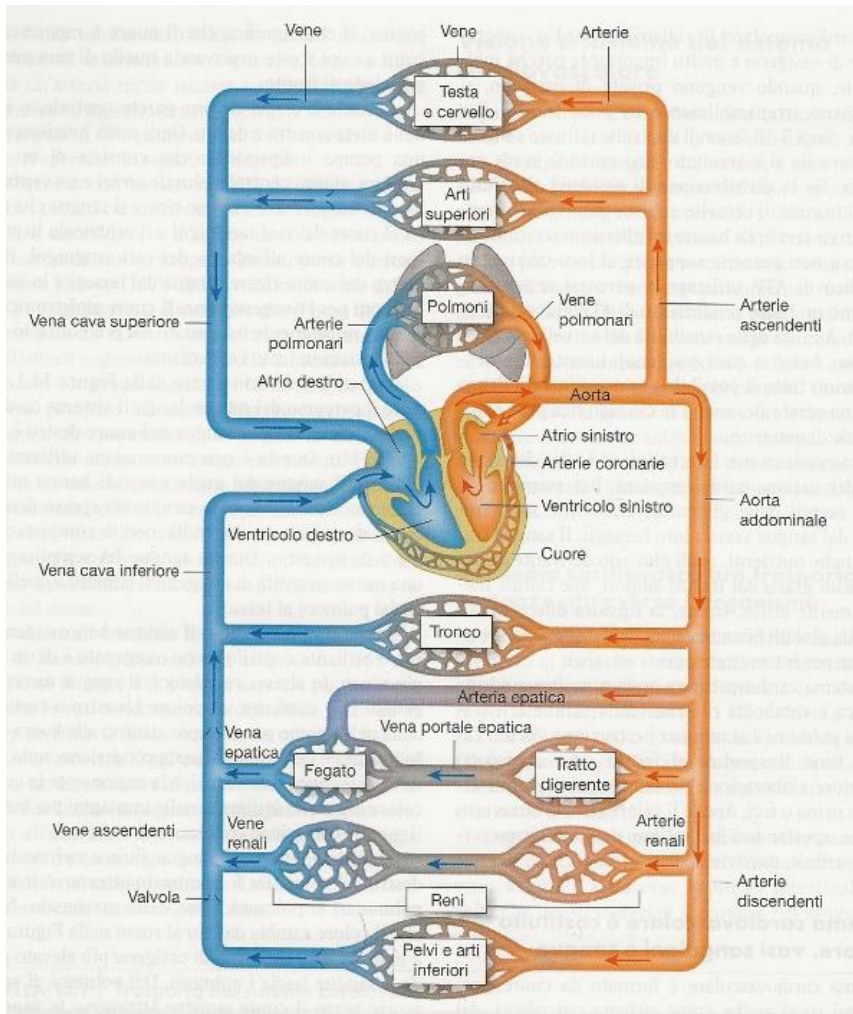


Funzioni del sistema cardiovascolare:

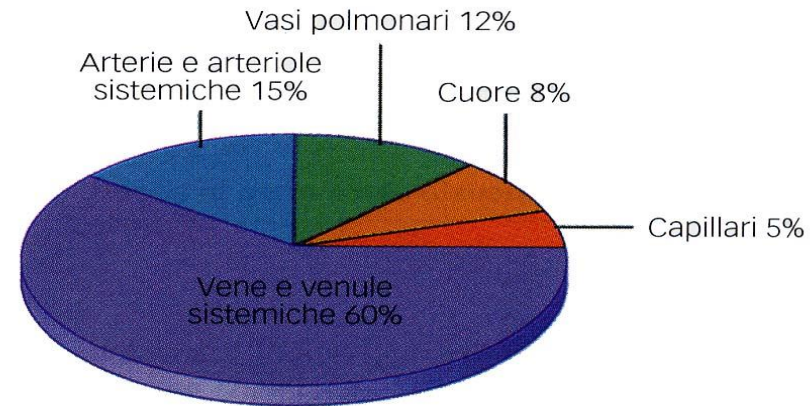
1. Trasporto di O_2 / CO_2
2. Trasporto di nutrienti/ cataboliti
3. Veicolazione di ormoni
TSH, GH, T3, T4, insulina, glucagone, aldosterone
4. Omeostasi temperatura/osmolarità, pH
L'ipotalamo sente i cambiamenti di osmolarità e regola vasocostrizione o vasodilatazione liberando ormoni
5. Difesa da agenti patogeni e lesioni tissutali
grazie a leucociti, antibiotici, citochine



Il sistema cardiovascolare è un circuito chiuso



Silverthorn, Fisiologia umana, Ed. Pearson



Goldmann e Stanfield, Fisiologia umana, EdiSES

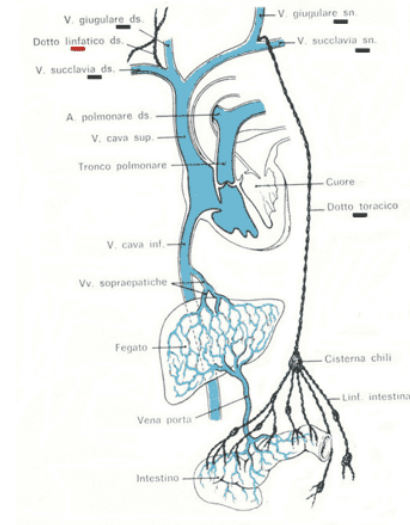
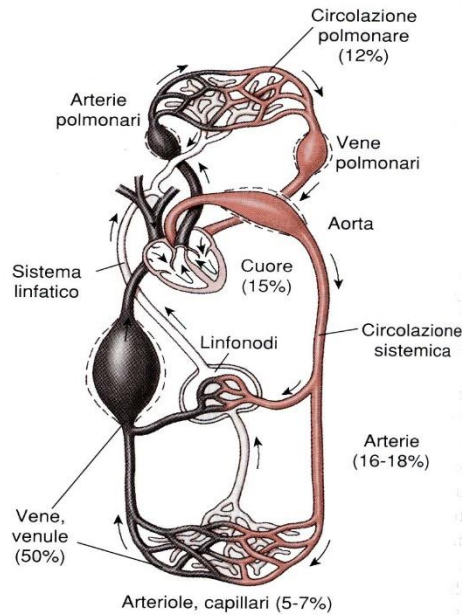
Distribuzione del volume ematico

Sangue, 5 L : Plasma +
parte corpuscolata (ematocrito).

60% nella parte venosa, sistemi
a bassa pressione

40% nella parte arteriosa

Il sistema vascolare lavora con il SISTEMA LINFATICO



Vasi di calibro maggiore si svuotano attraverso il **dotto toracico** nella **vene succlavie**.

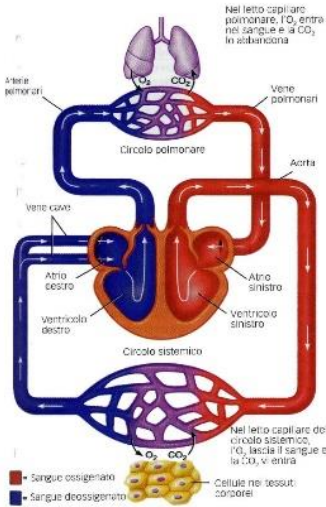
- Rete di capillari e vasi: per il trasporto dei linfociti e linfa derivata dal siero e dai fluidi interstiziali
- gli organi linfoidei: linfonodi e milza

Drena i liquidi in eccesso dai tessuti, li filtra nei linfonodi dove i linfociti distruggono i microrganismi patogeni.

Il cuore: una pompa autoritmica la cui attività è guidata da una sequenza di contrazioni periodiche.

Contrazione = sistole
Rilassamento = diastole

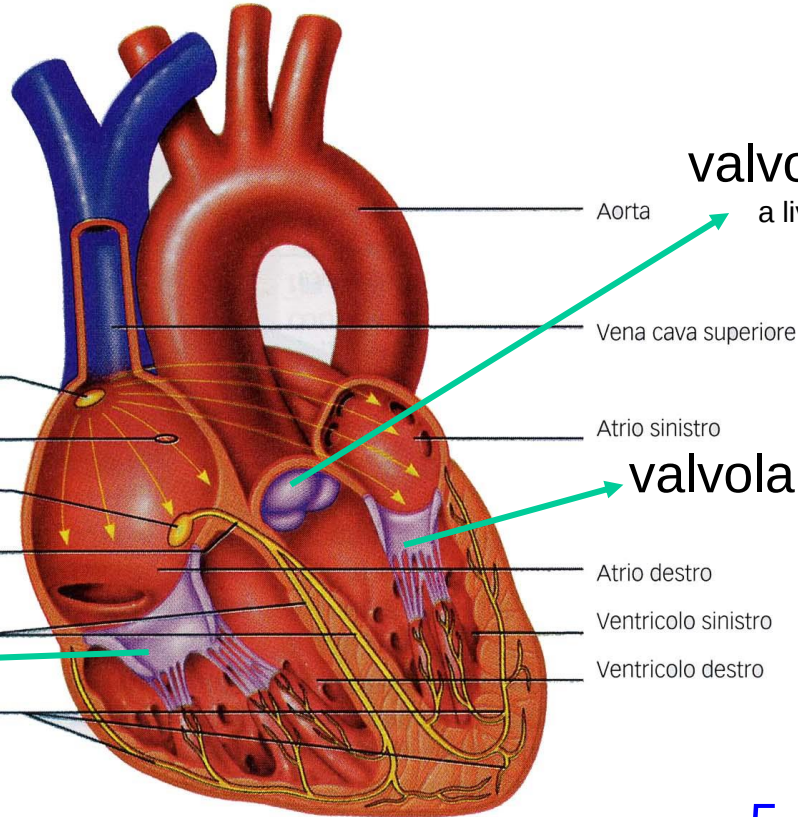
Il sangue scorre seguendo un gradiente pressorio



valvola tricuspidale

DX

- ① Nodo senoatriale (SA)
Via internodale
- ② Nodo atrio-ventricolare (AV)
- ③ Fascio atrio-ventricolare (fascio di His)
- ④ Branche destra e sinistra del fascio
- ⑤ Fibre del Purkinje



valvole semilunari
a livello dei ventricoli

valvola mitralica, bicuspidale

5 L / min

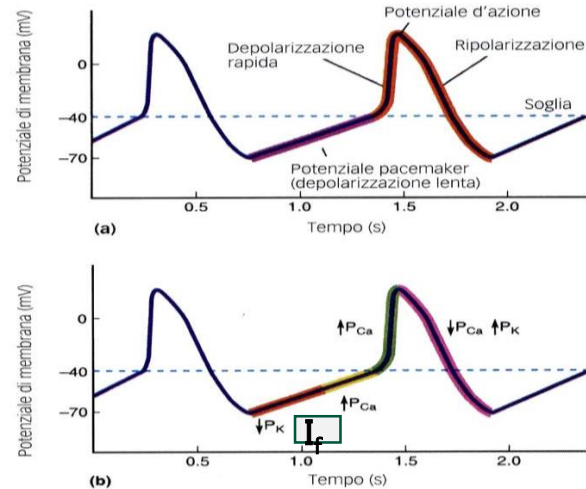
Goldmann e Stanfield, Fisiologia umana, EdiSES

La frequenza del nodo SA può variare per influenza del SNA, ormonale, temperatura, farmaci..

Nelle cellule del nodo SA e AV Potenziale d'azione a risposta lenta

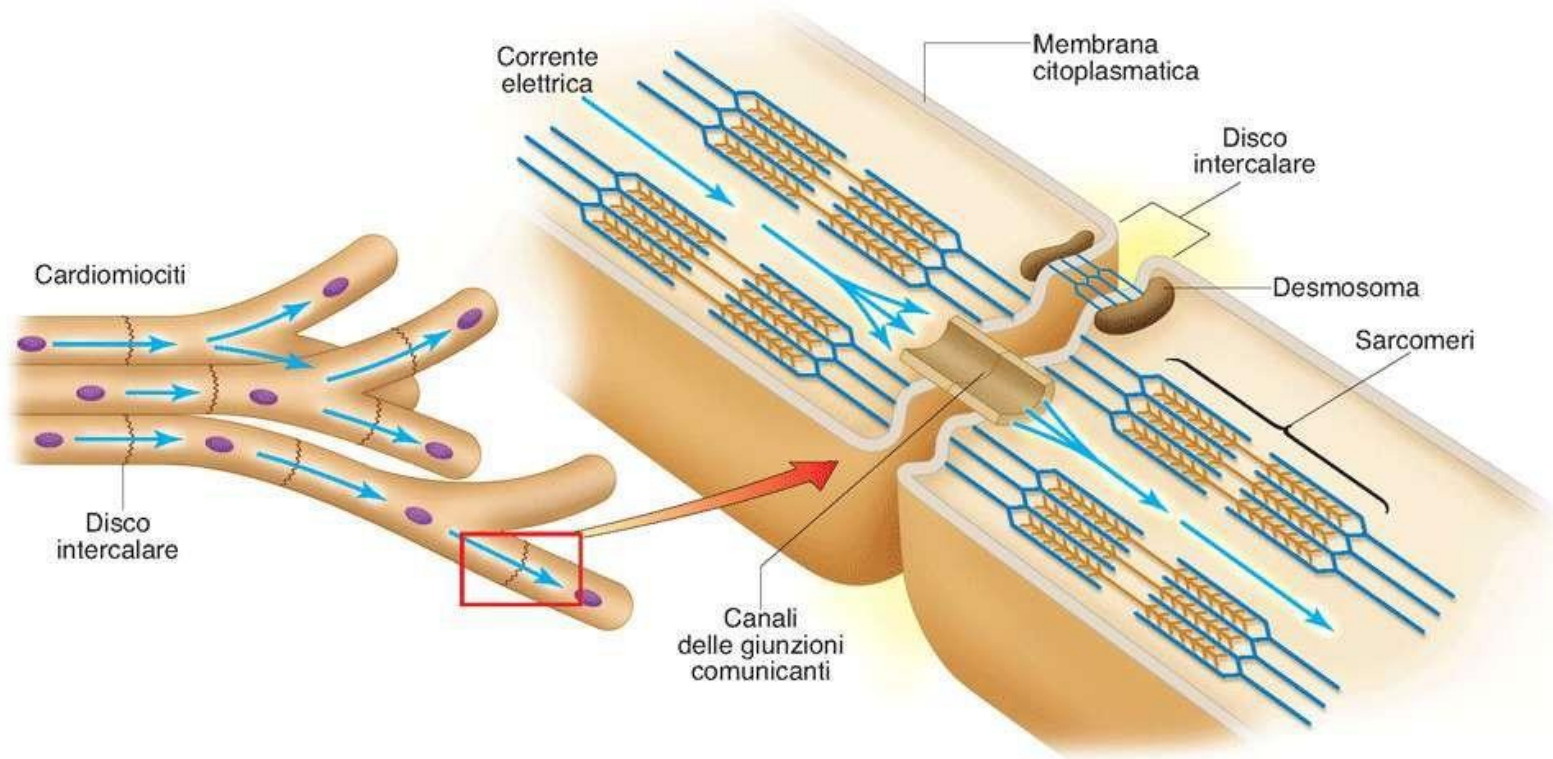
If corrente mista Na-K

(Di Francesco, 1986)

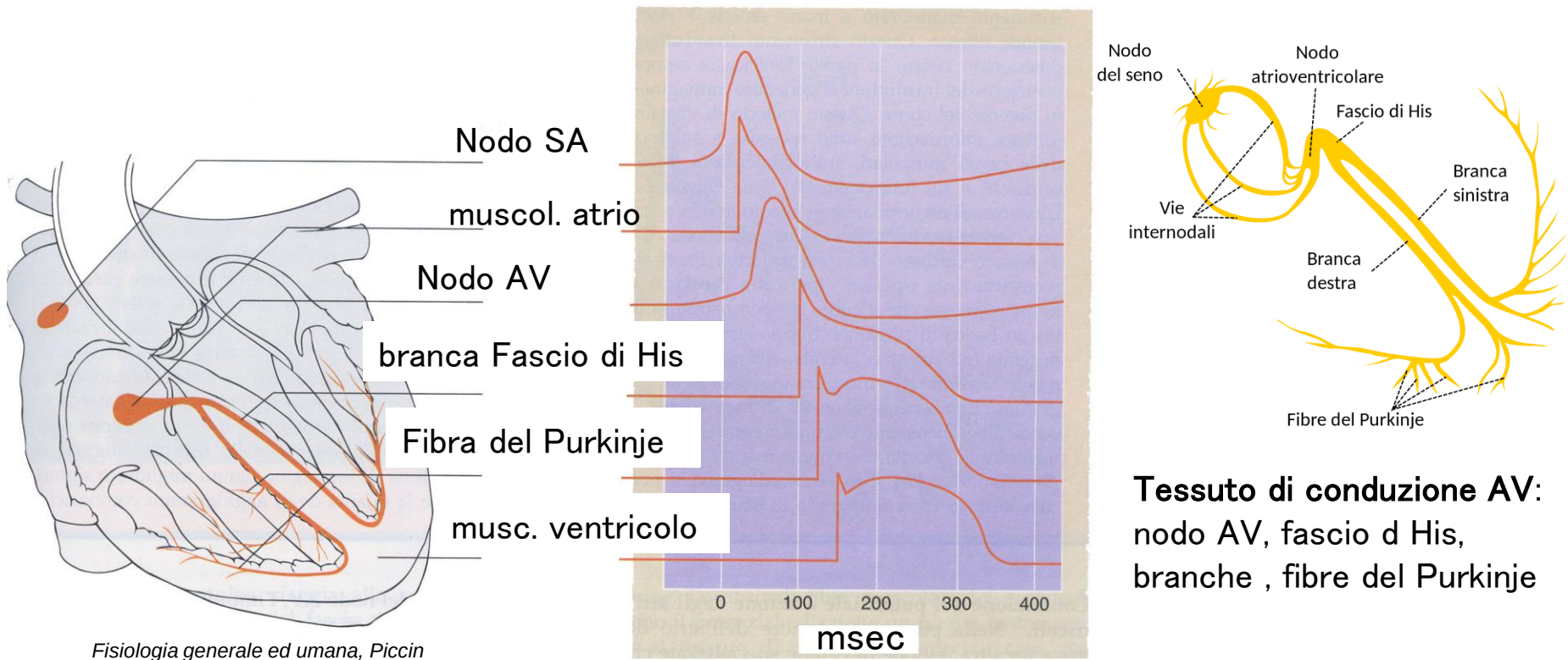


Nelle cellule pacemaker E_{rest} = tra -40 e -70 mV,
a -60 mV si attiva la corrente I_f (canale misto Na^+ , K^+) e il canale Ca^{2+} di tipo T
-40 mV soglia per attivazione canali Ca^{2+} tipo L

Nei **dischi intercalari** tra due fibre contigue si trovano **desmosomi** e **giunzioni elettriche** che garantiscono rispettivamente la comunicazione meccanica ed elettrica



Sequenza dei potenziali d'azione nelle diverse parti del cuore durante un battito cardiaco: propagazione tra le cell atriali tramite gap junction, fibre di conduzione degli atri, nodo A-V, fascio di His



NSA

70/90 battiti / min

AV

40-60 battiti / min

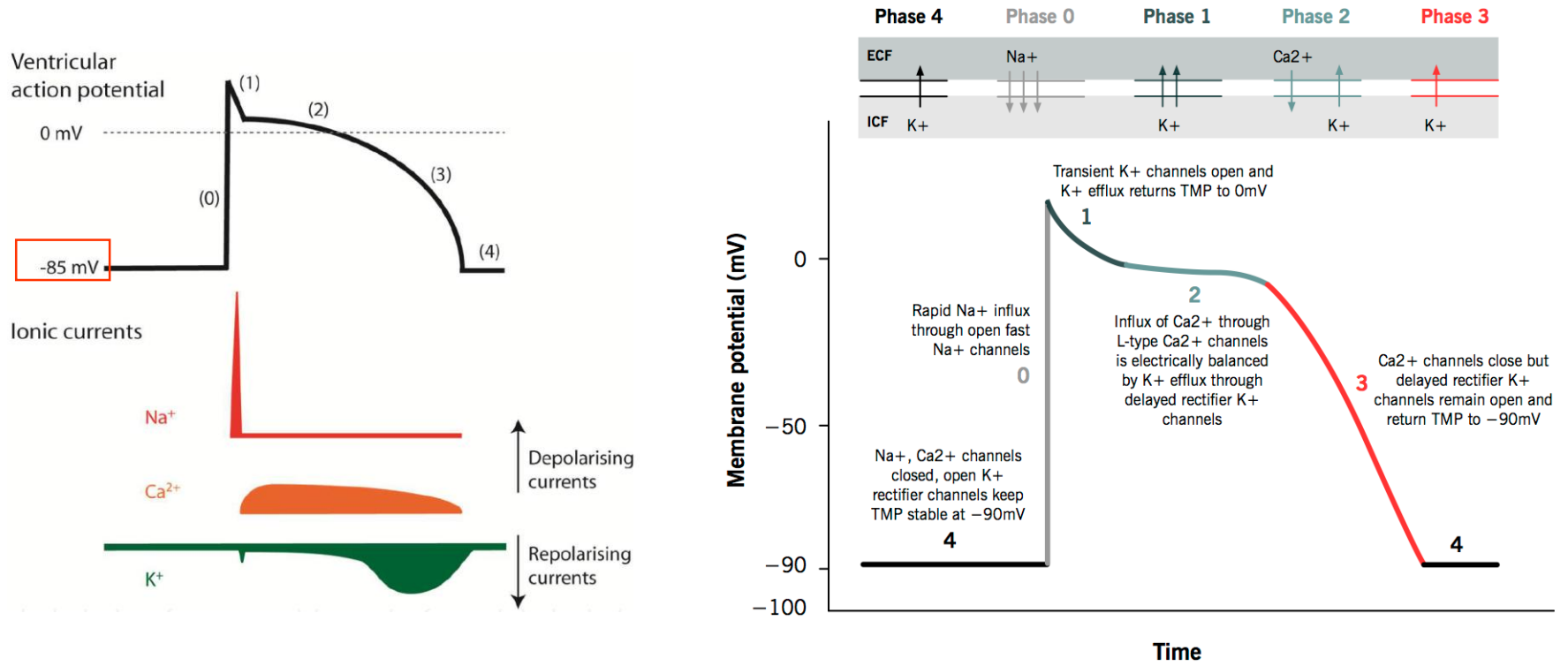
Rete di Purkinje

24-40 battiti / min

I pacemaker sono connessi elettricamente, dominanza del ritmo più alto

Ritardo di 120-160ms tra contrazione di atri e ventricoli. **Contrazione asincrona**

Potenziale d'azione a risposta rapida nei ventricoli e nel tessuto di conduzione



Grigoriy Ikonnikov and Eric Wong

0. Attivazione $I_{Na1.5}$, a -65mV, in 1-2 ms picco a +20 mV,
1. Ripolarizzaz iniziale per I_{Na} inattiv e attivaz K^+
2. Plateau 0/20 mV per 200-250 ms, attiv Ca^{2+} L controbilanciati da K^+
3. Aumento K^+ *delay rectifier*, calo Ca^{2+}
4. riposo

Caratteristiche del PA cardiaco

- ad ogni PA corrisponde una contrazione muscolare che mantiene lo stesso ritmo
- in generale, nelle fibre cardiache il PA ha durata maggiore rispetto alle altre cellule eccitabili
- la durata della contrazione è maggiore rispetto al muscolo scheletrico, necessaria per pompare sangue

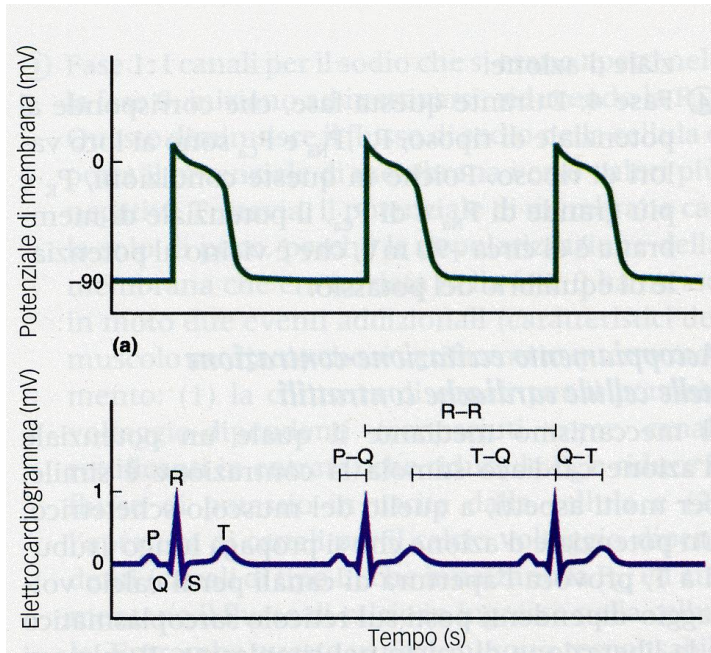
Forza

Il muscolo cardiaco è progettato per lavorare in modo continuo senza affaticamento.

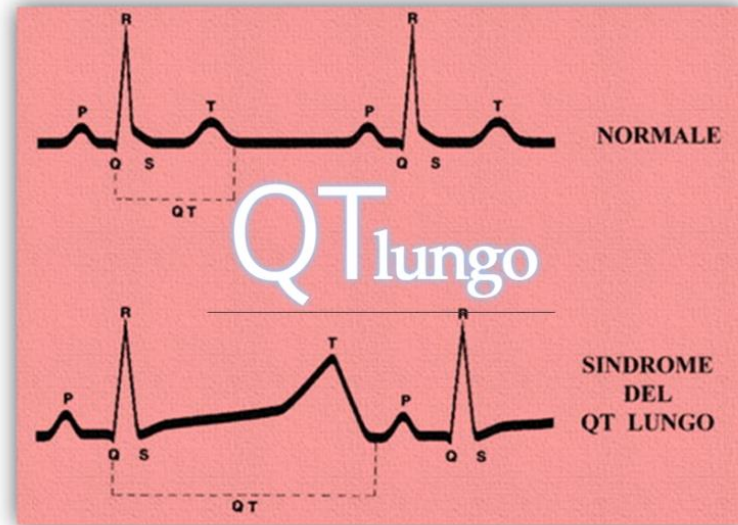
Nel muscolo scheletrico la forza può essere aumentata reclutando più unità motorie.

Nel cardiaco la forza è regolata dal Ca^{2+} , dal volume di sangue nel ventricolo e dal SN simpatico

ECG: segnala la variazioni di voltaggio nel tempo



Fisiologia umana, EdiSES



N.B Attivazione dei ventricoli 100 ms dopo l'attivazione atriale !!.

L'ECG mostra generalmente due tipi di onda caratteristici:

Onda P, risultato della depolarizzazione atriale

Complesso QRS espressione di depolarizzazione ventricolare, la ripolarizzazione degli atri viene mascherata da questo complesso

Onda T dovuta a ripolarizzazione ventricolare

Si utilizzano 10 elettrodi a 12 derivazioni, prospettive elettriche, combinazioni di dV

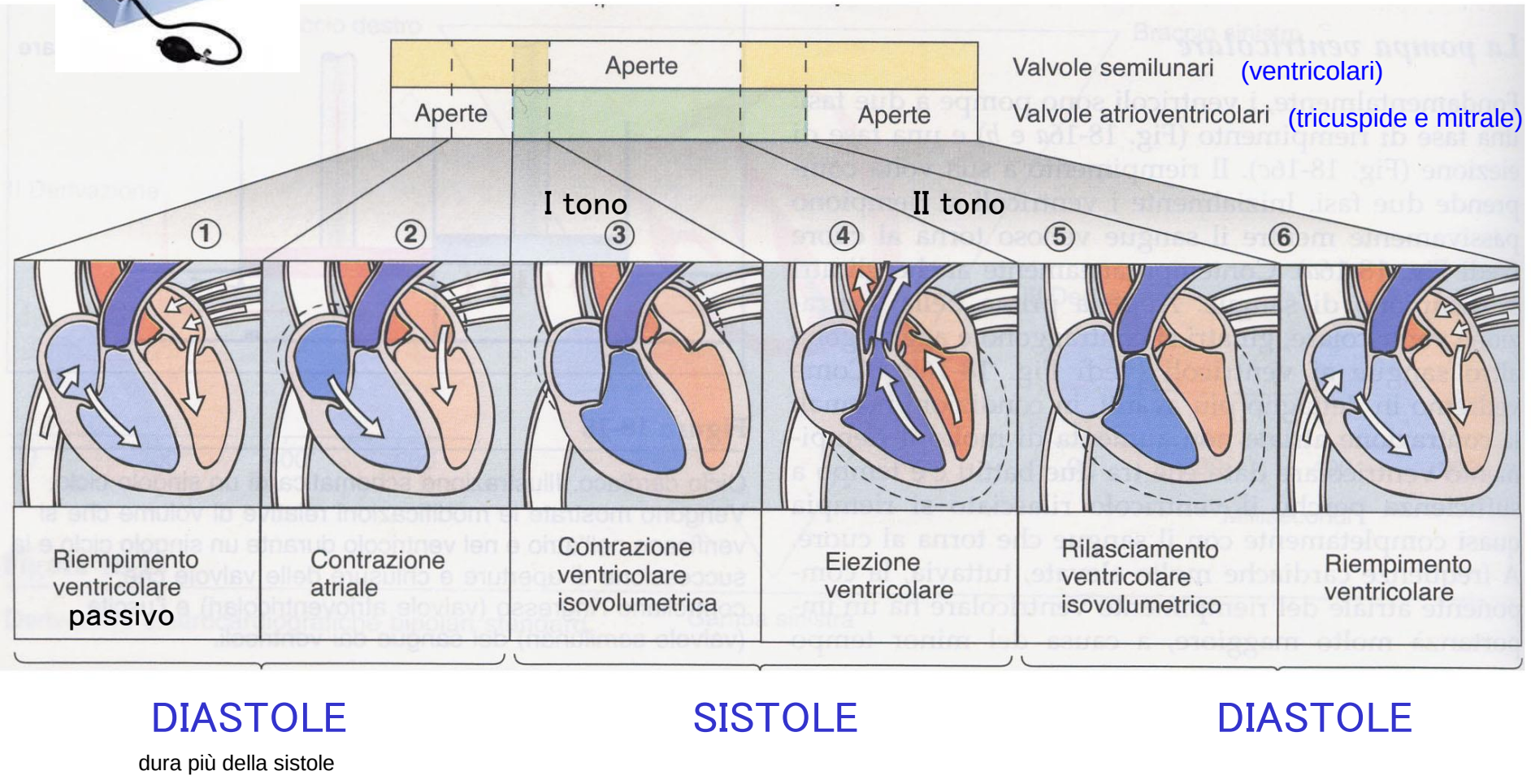
In aorta e grandi arterie la pressione oscilla tra 80 e 120 mmHg

In passato sfigmomanometri al mercurio

(pressione colonna di mercurio di 100 mm, 1 mmHg = 133.32 Pa)



CICLO CARDIACO



I toni che si ascoltano con lo stetoscopio sono dovuti alla chiusura delle valvole

Il ritorno venoso viene garantito da:

- Differenza di pressione
- Valvole unidirezionali nelle vene degli arti inferiori
- La contrazione degli arti inferiori che comprime le vene (*pompa muscolare scheletrica*)
- La compressione del diaframma nella zona addominale (*pompa respiratoria*).

Meccanica del cuore

GITTATA CARDIACA (GC): volume di sangue espulso da un ventricolo nell'unità di tempo (L / min). **Parte DX e SX del cuore devono avere stessa gittata cardiaca.**

GITTATA SISTOLICA (GS): volume di sangue espulso durante ogni battito, circa 70 ml

$$GC = f \times GS$$

$$GC = 72 \text{ battiti / min} \times 0.070 \text{ L / battito} = 5 \text{ L / min}$$

$$GC = \text{pressione arteriosa media (Pa)} / \text{resistenza periferica tot. (RPT)}$$

$$PA_M = GC \times RPT$$

Aumento di **f** per attività fisica, adrenalina, NA, febbre

Aumento di **GS** per aumento della contrattilità, sangue nei ventricoli, riduz resistenza all'eiezione

Riduzione di **f** in individui allenati, parasimpatico più attivo, sonno

Riduzione di **GS** per ipotensione e insufficienza cardiaca

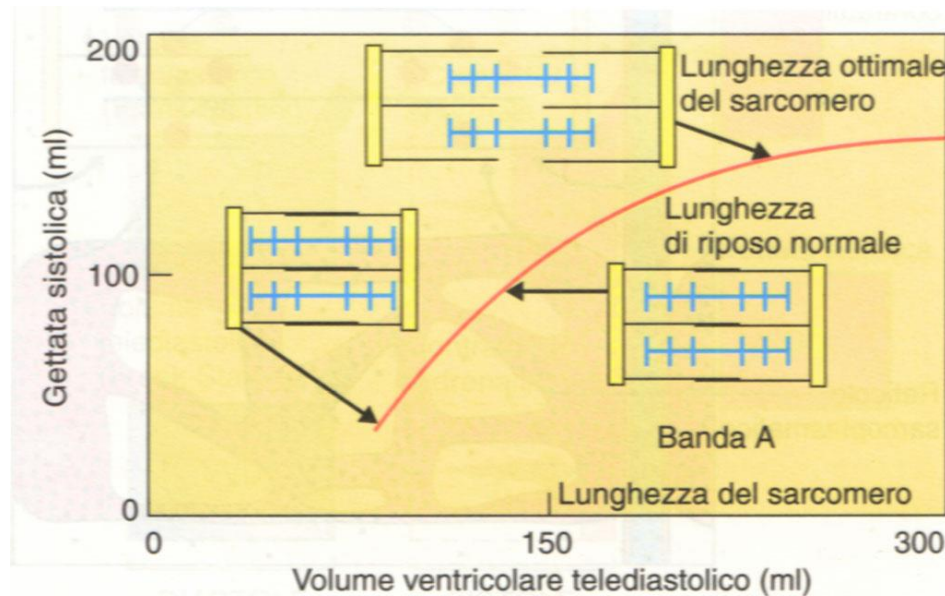
Meccanismo miogeno di regolazione intrinseca
che adatta la GC alle esigenze metaboliche

Risposta allo stiramento dovuta all'allungamento del sarcomero
quando le fibre si stirano

LEGGE DEL CUORE DI FRANK-STARLING

Maggiore il ritorno venoso, maggiore la forza di contrazione
quindi la **gittata sistolica**

Nel cuore a riposo le fibre miocardiche hanno una lunghezza del sarcomero inferiore rispetto alla loro lunghezza ottimale per la contrazione. Lo stiramento porta all'allungamento delle fibre quindi lunghezza del sarcomero più vicina a quella ottimale, maggiore sviluppo di forza.



Negli atri e ventricoli anche un RIFLESSO NERVOSO

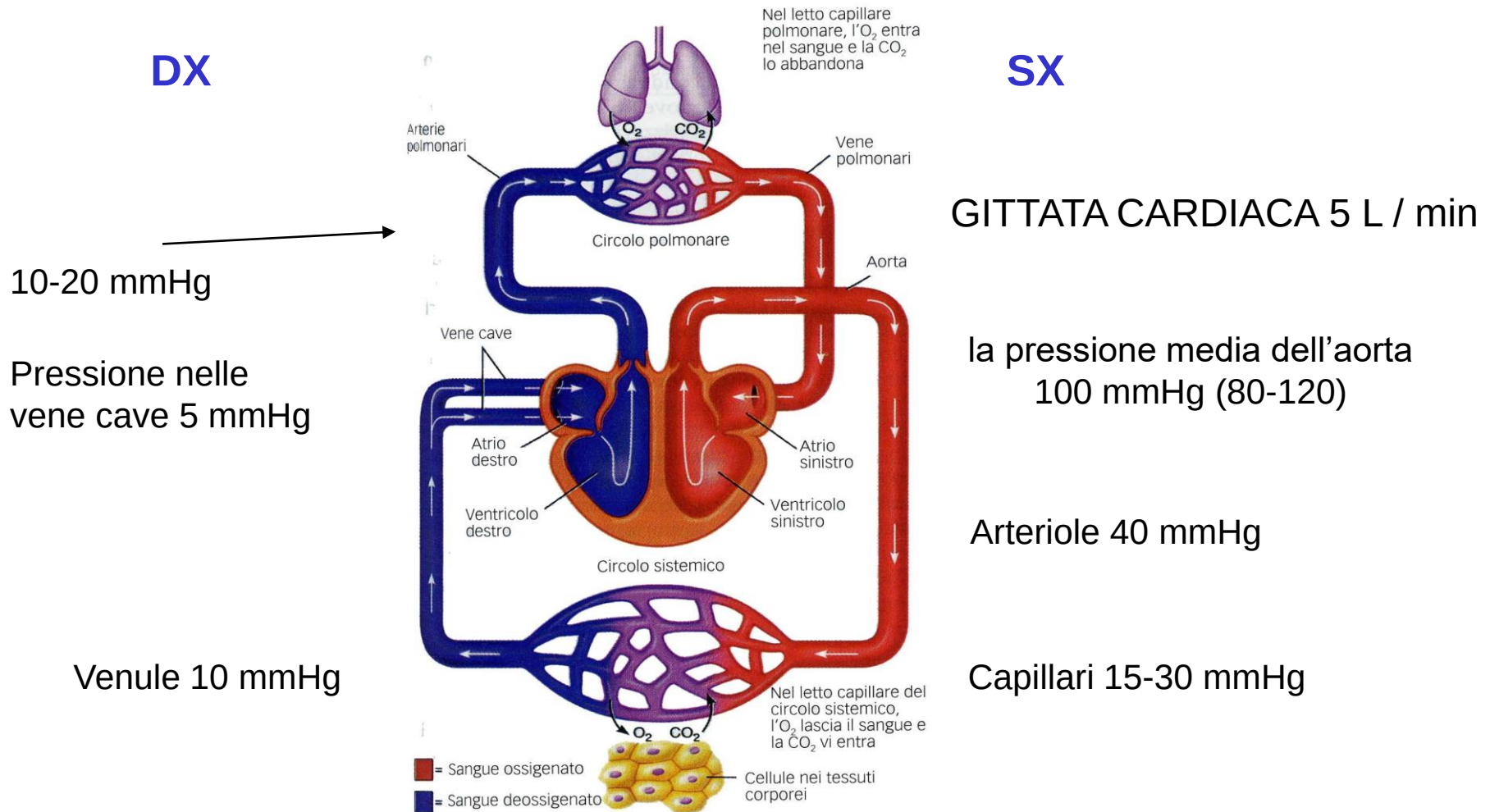
Meccanocettori = terminazioni nervose presenti nella parete muscolare sono **attivate dalla pressione venosa** e registrano le variazioni del volume del cuore durante l'attività cardiaca inviando segnali al centro vasomotore quindi attivando le risposte del SNA simpatiche e parasimpatiche

Se l'aumento del ritorno venoso è eccessivo, cellule secernitrici atriali rispondono allo stimolo meccanico liberando nel sangue ANP che riduce volume e pressione sanguigna

ANP (peptide natriuretico atriale, vasodilatatore) riduce la Resistenza periferica e abbassa Pa. $Pa = GC \times R_{pt}$
ANP stimola escrezione di urina e Na^+ da parte dei reni riducendo il volume e la pressione sanguigna.

Glucagone, insulina-secreti dal pancreas e **Ormoni tiroidei** aumentano la forza di contrazione del miocardio.

Il CUORE: doppia pompa idraulica che spinge il sangue attraverso due sistemi chiusi



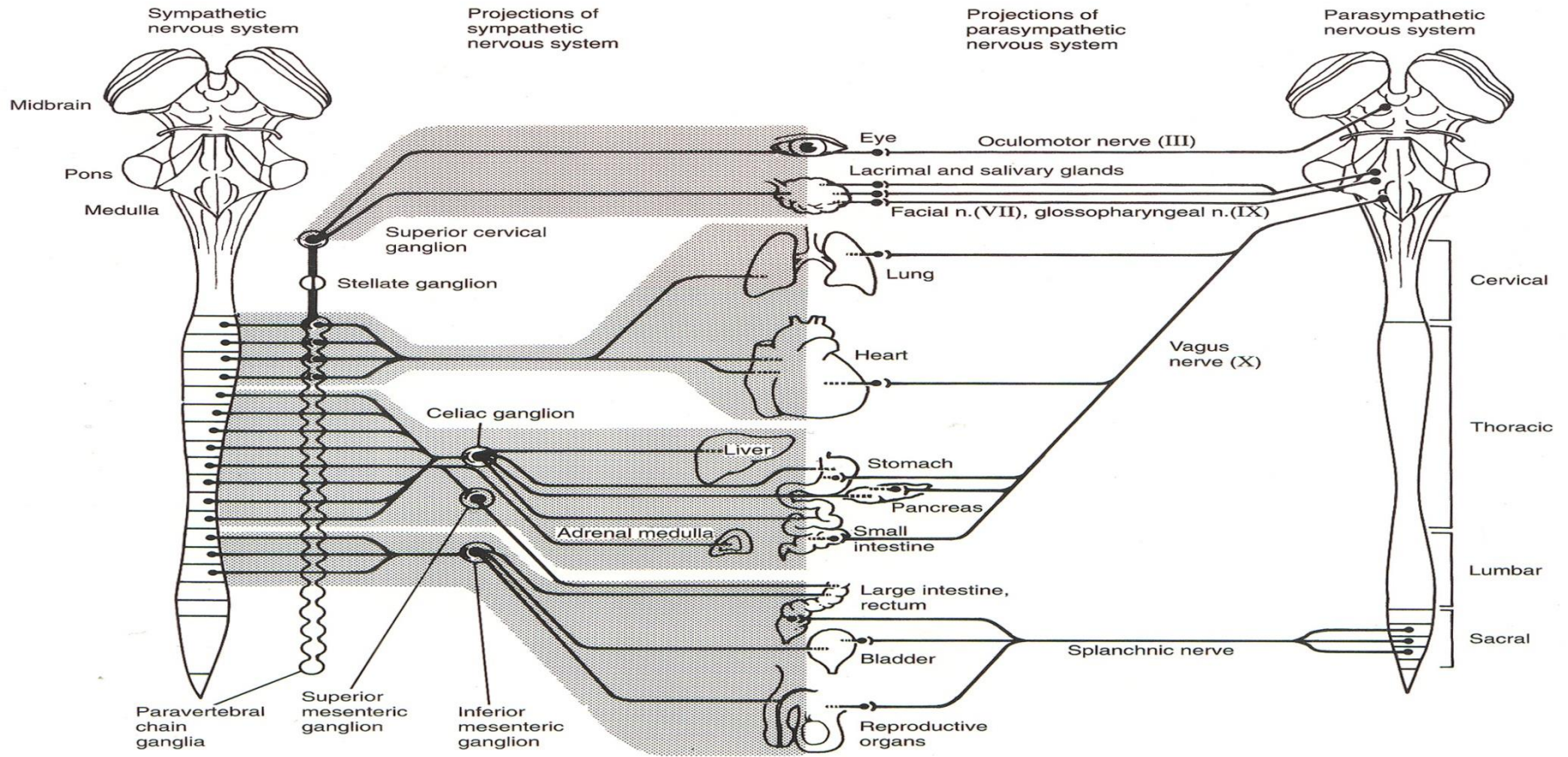
Goldman and Stanfield, *Fisiologia umana*, EdiSES

Aumentando il diametro totale del sistema vascolare nelle arteriole/capillari si riduce velocità e pressione sanguigna. Nelle venule il sangue ha perso energia, sono a bassa R e alta capacità di espansione, ritorno venoso passivo.

SIMPATICO

PARASIMPATICO

Organizzazione del SNA



Kandel et al., Principles of Neural Science, Elsevier

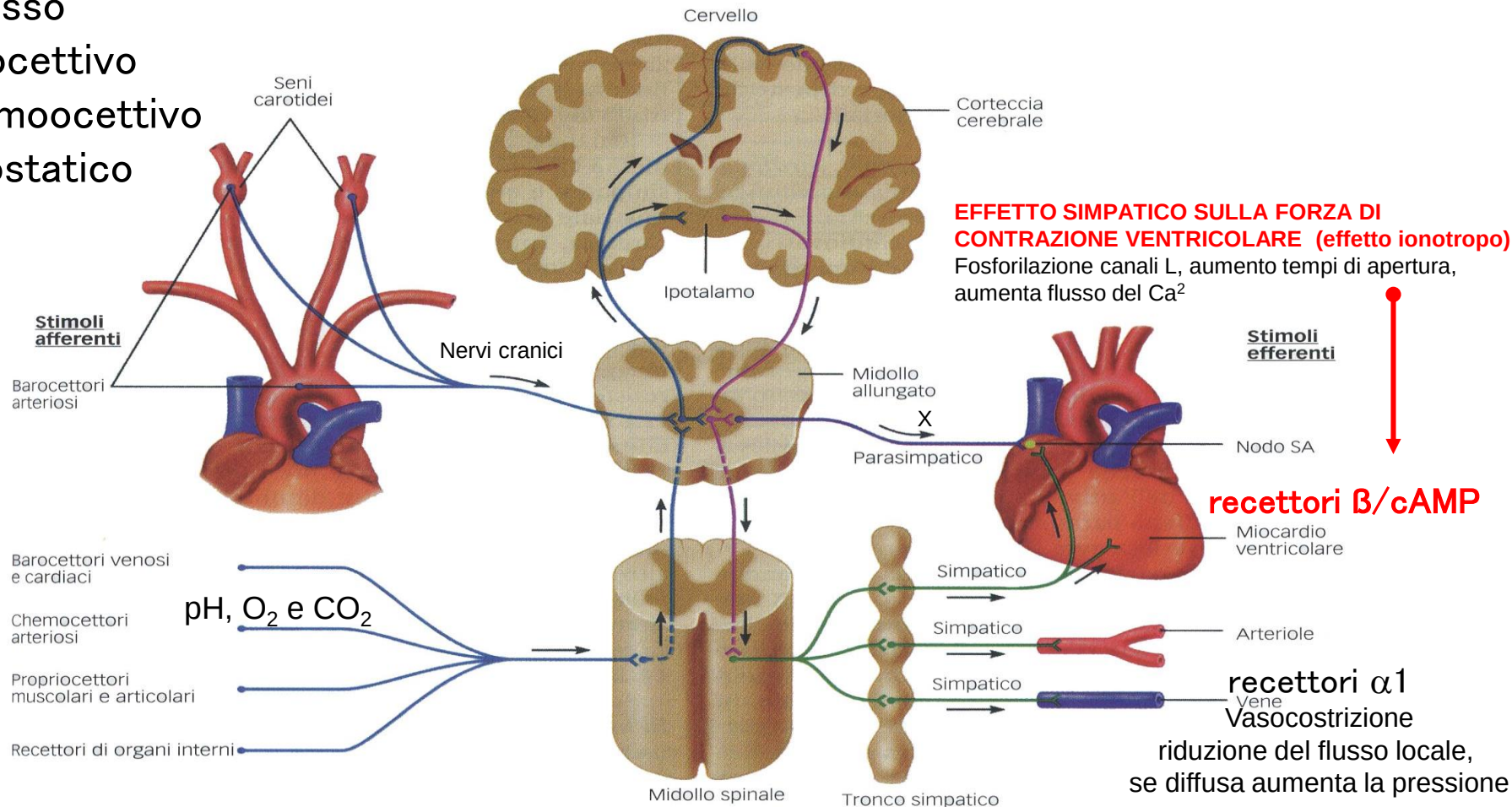
Al SNA appartengono i neuroni che controllano la contrazione dei muscoli lisci, del muscolo cardiaco e l'attività secretoria delle ghiandole.

Fibre pregangliari rilasciano ACh, le postgangliari parasimpatiche ACh, le postgangliari simpatiche NA.

Il SNA simpatico modifica la gittata cardiaca e la resistenza periferica

fattori psichici ed emozionali possono influenzare l'attività cardiaca

Riflesso
Barocettivo
Chemoocettivo
Ortostatico



Goldmann e Stanfield, Fisiologia umana, EdiSES

Vasocostrizione simpatica selettiva = aumento di R,
nelle vene aumenta il ritorno venoso

$$PA_M = GC \times RPT$$

Riflesso ORTOSTATICO

La gravità fa scendere parte del sangue verso le vene delle gambe e addome

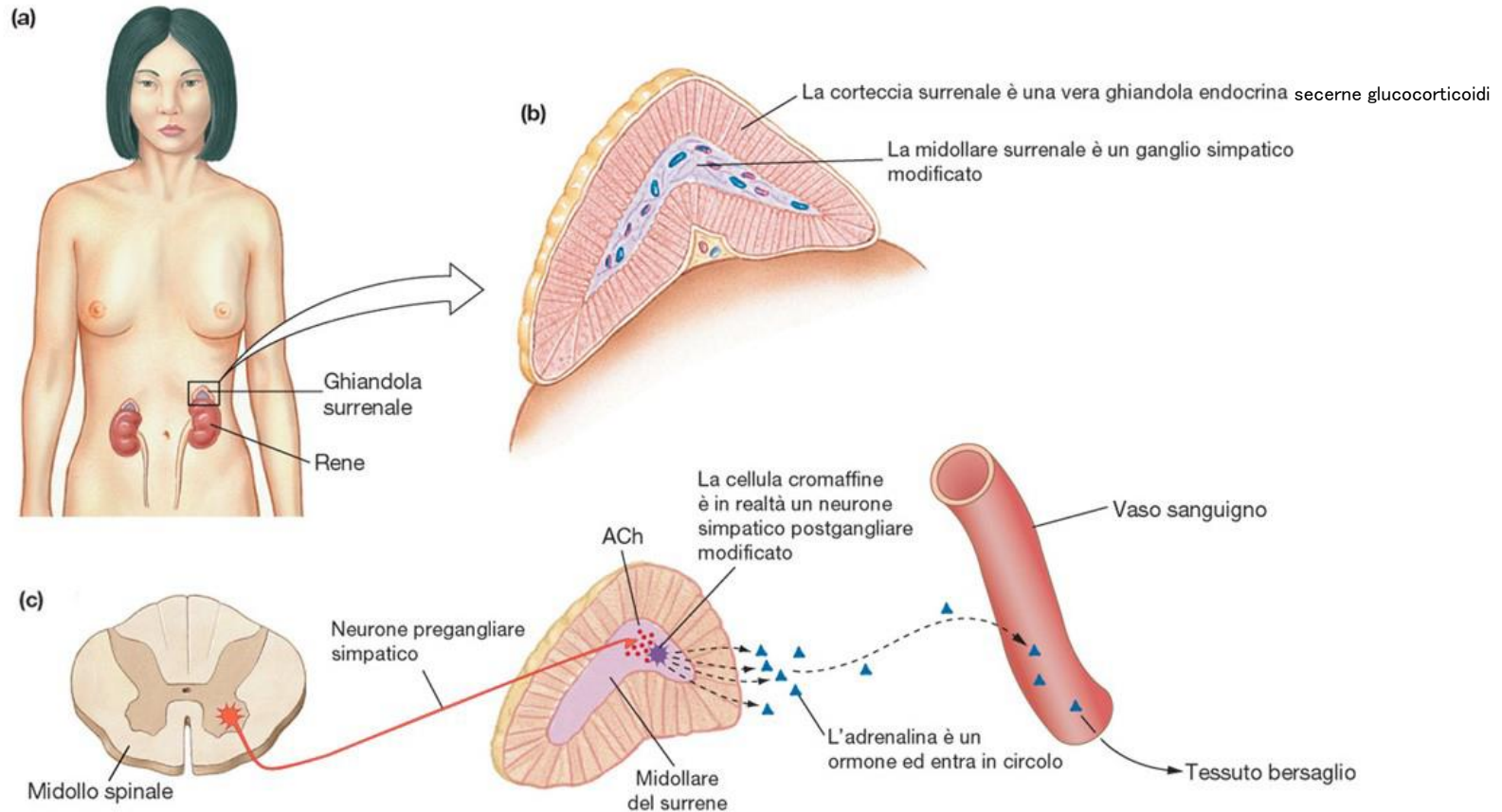
- si riduce il ritorno venoso
- si riduce la gittata sistolica
- si abbassa la pressione arteriosa

I barocettori inviano un segnale al centro vasomotore:

Aumenta l'attività simpatica, aumento della RPT, aumento della PA_M

Si riduce l'attività vagale parasimpatica

La midollare del surrene, può essere considerata come un ganglio simpatico modificato. La funzione delle cellule cromaffini nella midollare, come quello delle cellule post-gangliari, è rilasciare **Adrenalina**, un ormone che non agisce su recettori di cellule bersaglio ma in circolo, nel sangue.



L'adrenalina è rilasciata in situazioni di stress acuto, esercizio fisico intenso, freddo intenso, paura

Il rilascio di neurotrasmettitore da parte dell'assone del neurone postgangliare del SNA è meno diretto rispetto alle sinapsi centrali.
Il neurotrasmettitore diffonde.
I recettori postsinaptici non sono concentrati sotto le varicosità

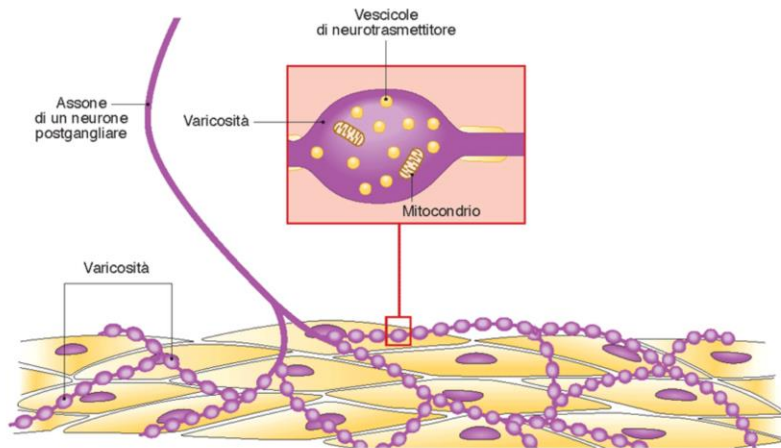
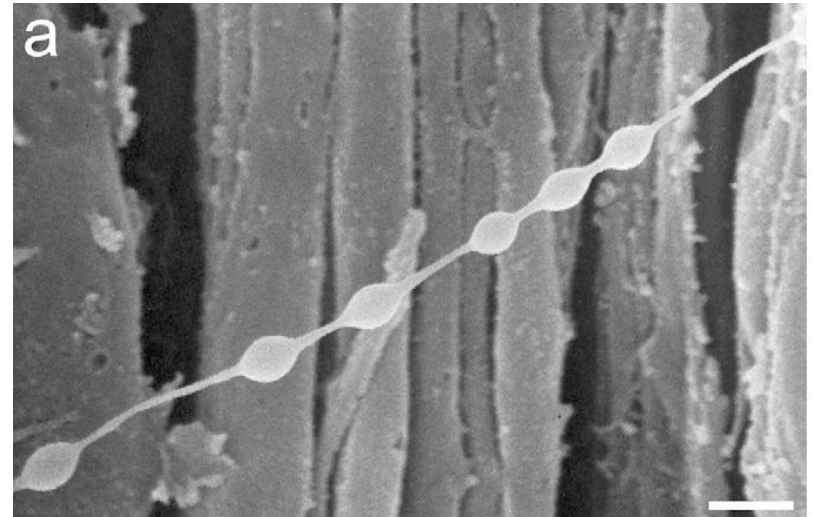


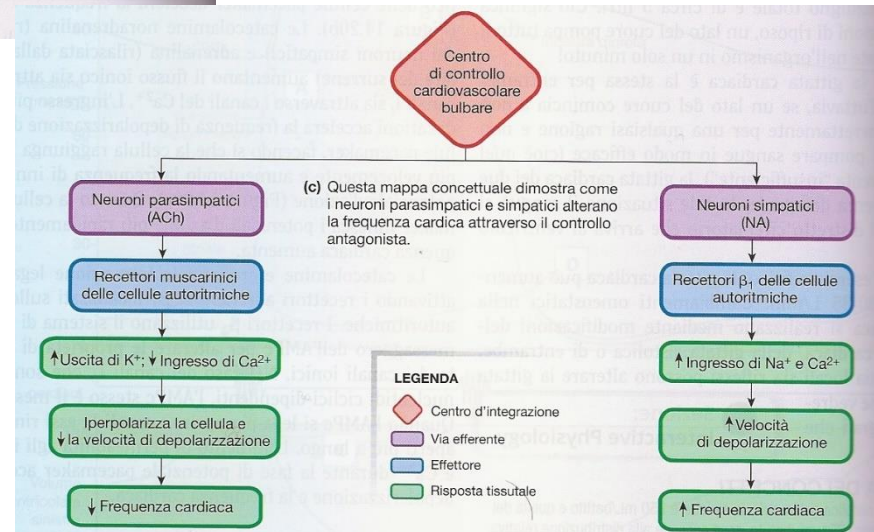
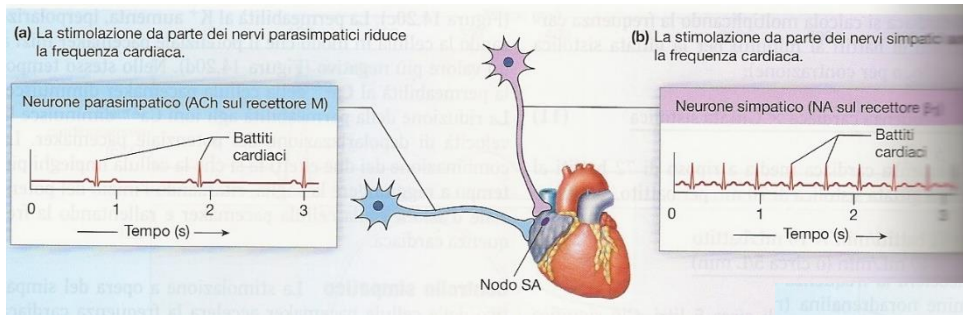
Figura 15.2 Struttura della giunzione neuroeffettrice. Nel riquadro sono evidenti le varicosità presinaptiche che contengono le vescicole con il neurotrasmettitore.



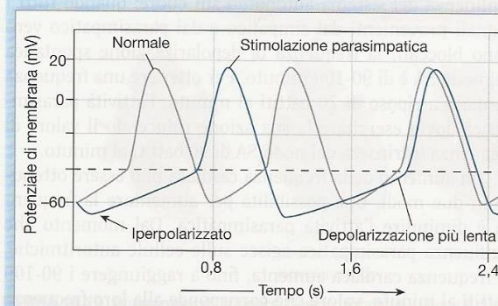
Burnstock, 1988

Controllo del cuore e sistema circolatorio da parte del SNA

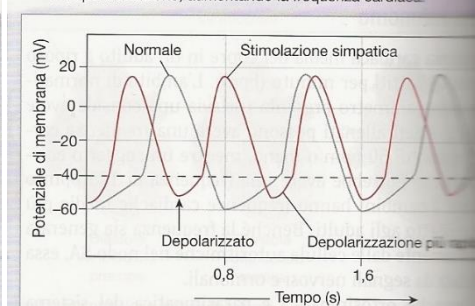
In individui sani a riposo prevale il tono parasimpatico sul nodo SA, mediato dal vago



(d) La stimolazione parasimpatica iperpolarizza il potenziale di membrana della cellula autoritmica e rallenta la depolarizzazione, rallentando la frequenza cardiaca.

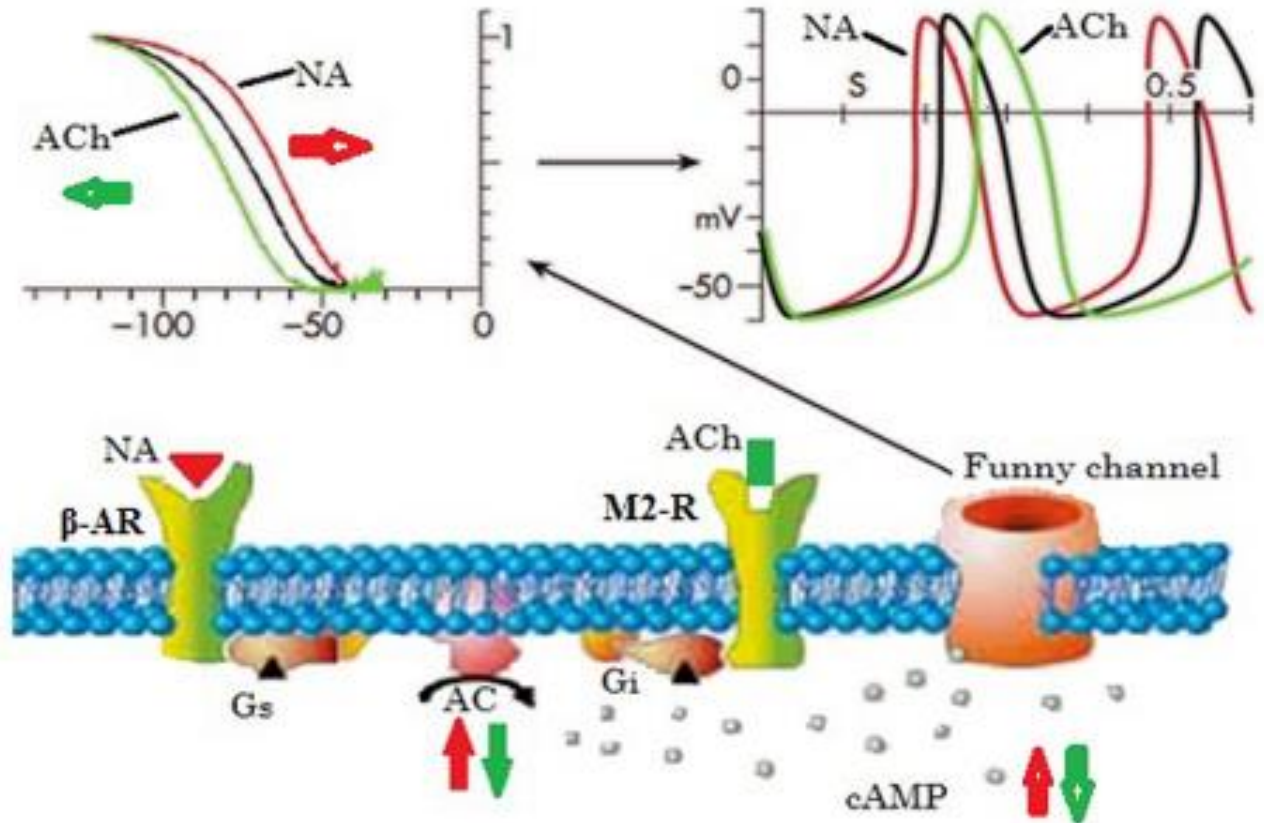


(e) La stimolazione simpatica e l'adrenalina depolarizzano le cellule autoritmiche e aumentano la velocità di depolarizzazione, aumentando la frequenza cardiaca.



All'effetto del SNA su correnti Ca^{2+} e K^{+} si aggiunge quello eccitatorio ed inibitorio sulla corrente «funny» sempre da parte di NA e ACh che agiscono su recettori metabotropici

La corrente «funny» si attiva a voltaggi più positivi e aumenta la frequenza dei potenziali d'azione



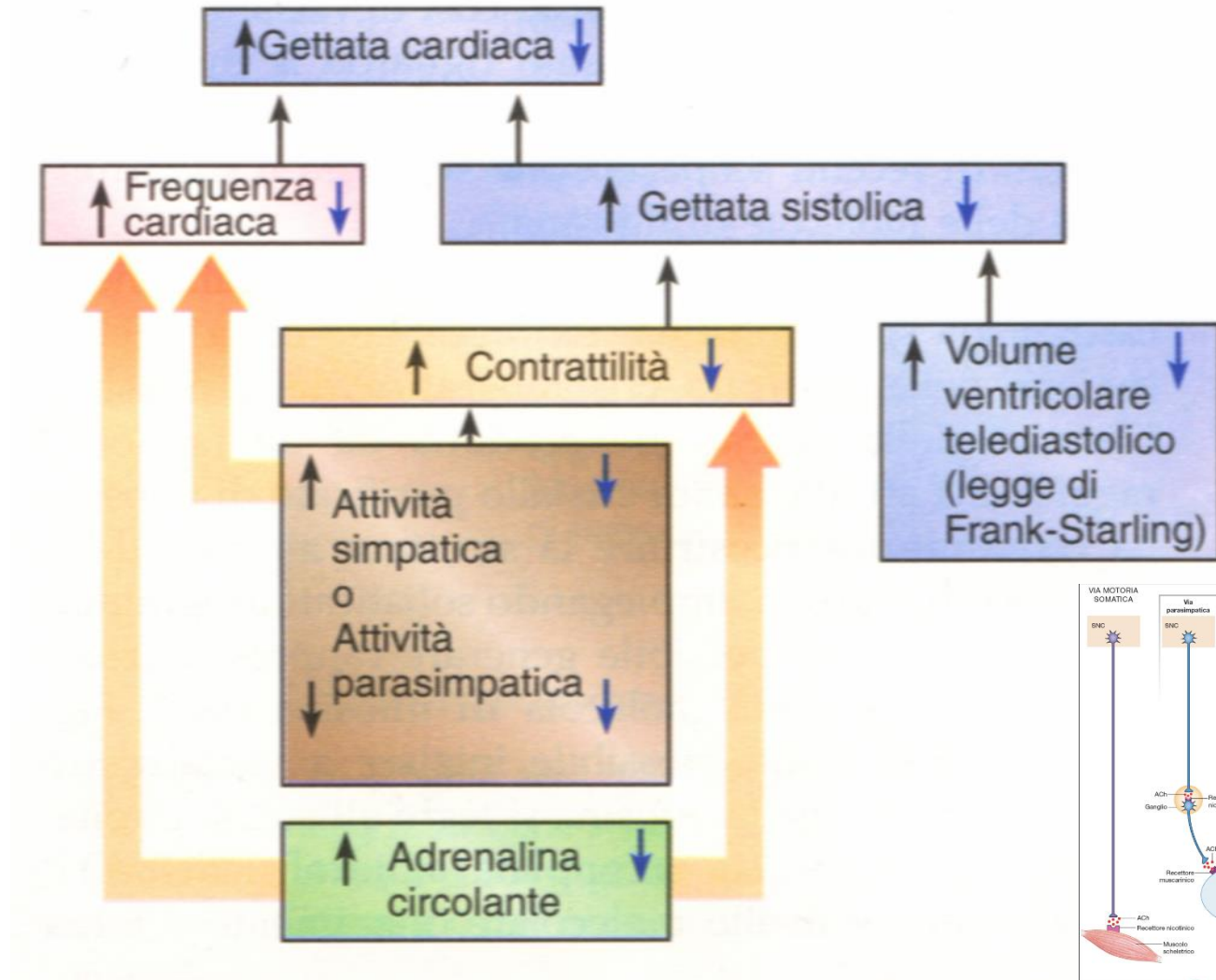
Il SNA SIMPATICO regola anche il tono vascolare

Vasocostrizione (α_1) quindi aumento R e della pressione arteriosa

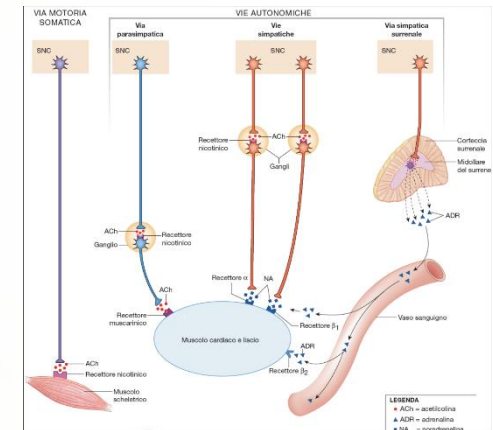
Nei muscoli e arterie coronarie (β_2) vasodilatazione quindi aumento del flusso

Stress, freddo, esercizio fisico intenso

Meccanismi che influenzano la gittata cardiaca



La midollare come un ganglio simpatico modificato



Principi di emodinamica

Il sangue è costituito da ematocrito e plasma quindi non è un liquido omogeneo ma..

applicando in maniera adeguata le stesse leggi fisiche dell'idrodinamica che valgono per i liquidi organici si possono ottenere informazioni su **velocità**, **pressione** e **flusso** nei vari distretti del sistema circolatorio

Considerando un fluido che si muove in moto continuo (non pulsatile), laminare (non turbolento) e in un tubo cilindrico a pareti rigide e calibro e viscosità costanti

ΔP = Caduta di pressione
nell'intero sistema vascolare

$$Q = F = \frac{\Delta P}{R}$$

Q = portata (volume di
sangue che scorre nei vasi
nell'unità di tempo)

$$\Delta P = Q \times R$$

Legge di Poiseuille

$$R = \frac{8L\eta}{\pi r^4}$$

$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8 L \eta}$$

**Piccoli aumenti / riduzioni del raggio del tubo
corrisponderanno a forti cambiamenti della resistenza**

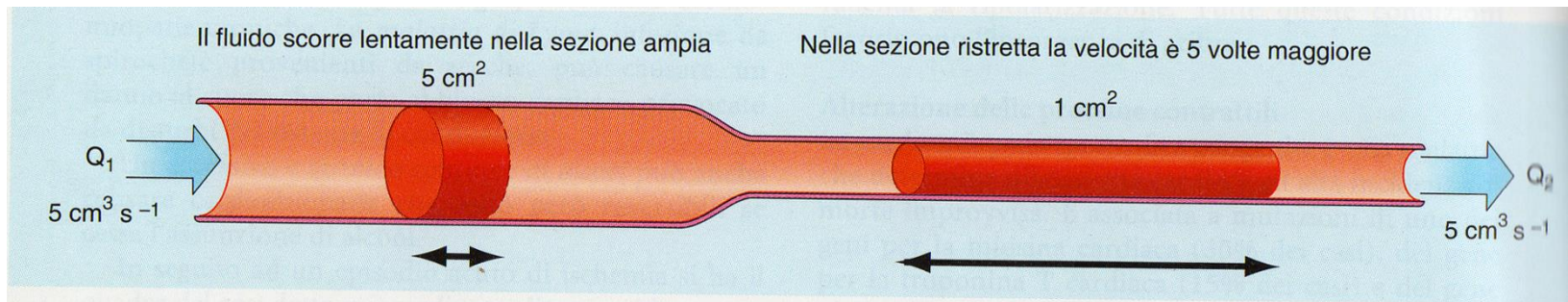
Una riduzione di r del 16%, significa un aumento del doppio di R, quindi un dimezzamento del flusso

Velocità del sangue (legge di Leonardo)

Velocità di flusso = la distanza che un dato volume di sangue percorre nell'unità di tempo $v = \frac{Q}{A}$ (cm / sec).

v = velocità

A = sezione trasversa

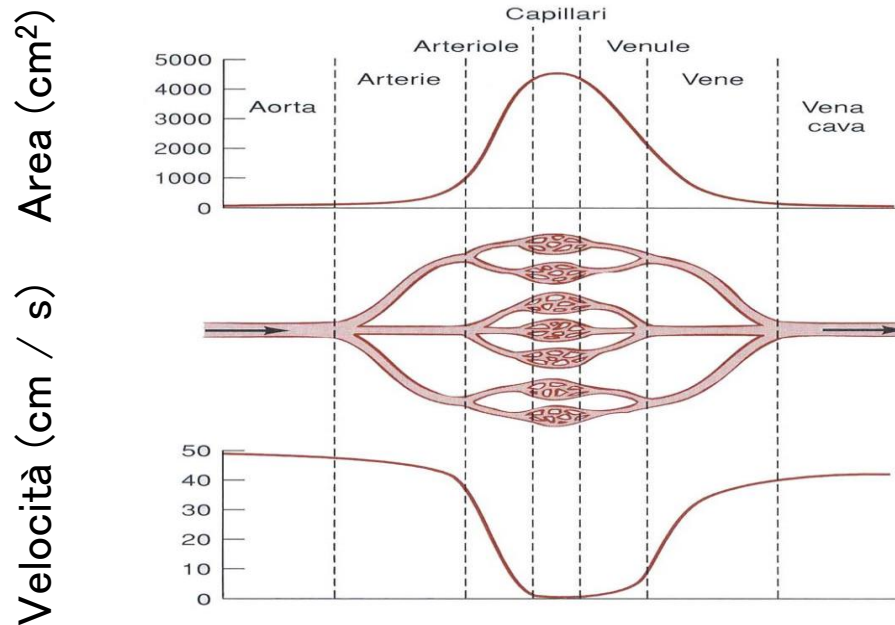


Se la portata è costante e la sezione di un condotto si restringe, la velocità aumenta quindi velocità maggiore in vasi più piccoli

$$Q_{\text{medio}} = v A = \text{costante}$$

$$v_1 A_1 = v_2 A_2$$

Ma l'area totale nei capillari è maggiore di quella dell'aorta, la velocità si riduce !!



In un sistema di vasi

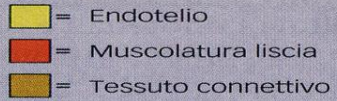
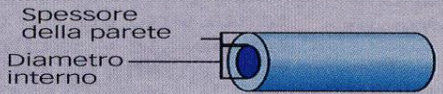
$$v = \frac{Q}{A}$$

A = area tot. Sezione trasversa

I fluidi sono incompressibili quindi la portata Q è costante, lo stesso numero di litri al minuto fluisce attraverso l'insieme delle arterie, dei capillari e delle vene.

La VELOCITA' DEL FLUSSO è inversalmente proporzionale alla sezione trasversa complessiva del distretto circolatorio.

La velocità del sangue nell'aorta è elevata, nei capillari crolla per garantire gli scambi, velocità accelerata nelle vene dove si reduce la sezione tot.

Diametro medio interno (mm)	Spessore medio della parete (mm)		Caratteristiche specifiche
4,0	1,0		Muscolare, altamente elastica
0,03	0,006		Muscolare, ben innervata
0,008	0,0005		Parete sottile, altamente permeabile
0,02	0,001		Parete sottile, un po' di muscolatura liscia
5,0	0,5		Parete sottile (rispetto alle arterie), abbastanza muscolatura, altamente estendibile
		 	Fisiologia umana, EdiSES

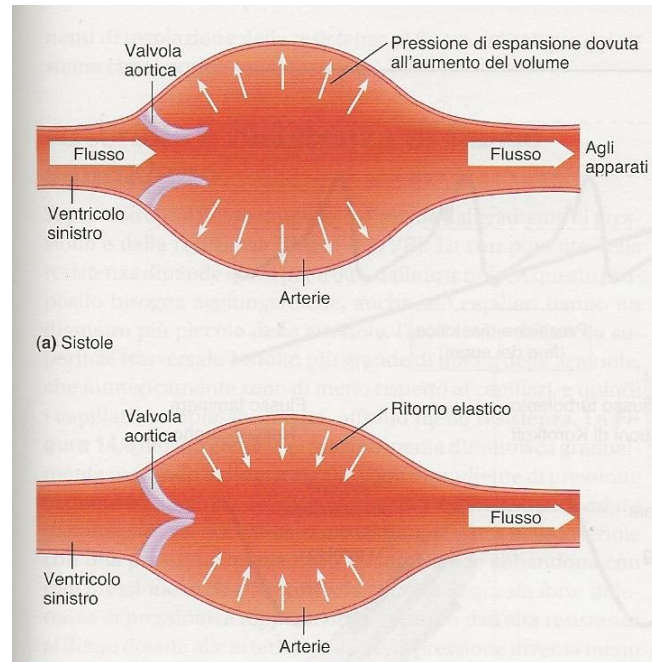
Arterie con pareti compatte ed elastiche: connettivo fibroso (fibre di collagene conferiscono resistenza e stabilità strutturale + elastina che permette espansione e ritorno elastico)

Arteriole: grandi quantità di muscolatura liscia rispetto al loro spessore: la loro attività contrattile è regolata per via: ormonale, SNA, agenti chimici.

Capillari: endotelio + lamina basale

Arterie / filtri idraulici / serbatoi di pressione

Durante la **sistole** l'ingresso del sangue fa aumentare il volume delle arterie, la pressione è accumulata nelle pareti elastiche e poi rilasciata lentamente durante la **diastole** con un ritorno elastico in cui il sangue viene spinto in avanti, data la chiusura della valvola aortica. Ciò smorza le oscillazioni pressorie generate dal ventricolo per mantenere una pressione e un flusso di sangue più continuo.

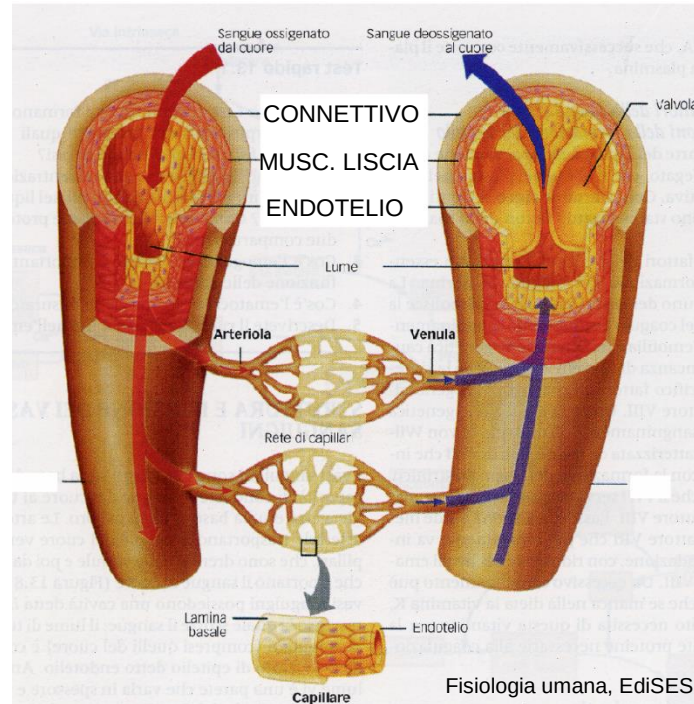


Stanfield, Fisiologia, EdiSES

Anche il cuore per far circolare il flusso in maniera intermittente richiederebbe più lavoro

Vasi sanguigni: dimensione e direzione del flusso ematico

ARTERIA



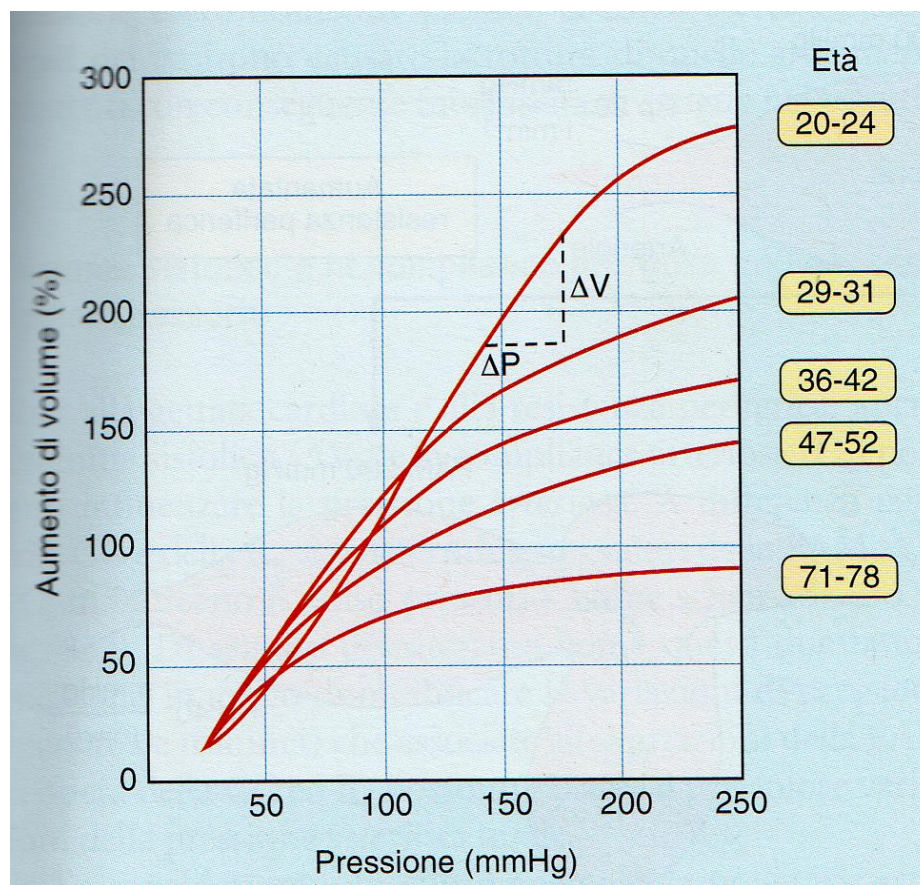
VENA

Le pareti delle arterie (**serbatoi di pressione**) hanno maggiore componente muscolare ed elastica. Moto quindi intermittente del sangue a causa del pompaggio.

Nelle vene (**serbatoi di volume a bassa pressione**) la *compliance* ($\Delta V / \Delta P$) cioè variazione di volume per unità di variazione di pressione, è maggiore, sono più distensibili, bassa componente muscolare, possono contenere grandi volumi senza subire grandi variazioni di pressione.

Nelle arterie una piccola variazione di volume porta ad aumenti significativi di pressione.

La compliance ($\Delta V / \Delta P$) arteriosa a diverse età



Notare l'irrigidimento delle arterie nei soggetti più anziani.
La pressione sistolica aumenta infatti con l'età

Il sistema è chiuso. Per la conservazione della massa
la portata è uguale in tutti i distretti

$$\Delta P = Q \times R$$

$$Q = v \times A$$

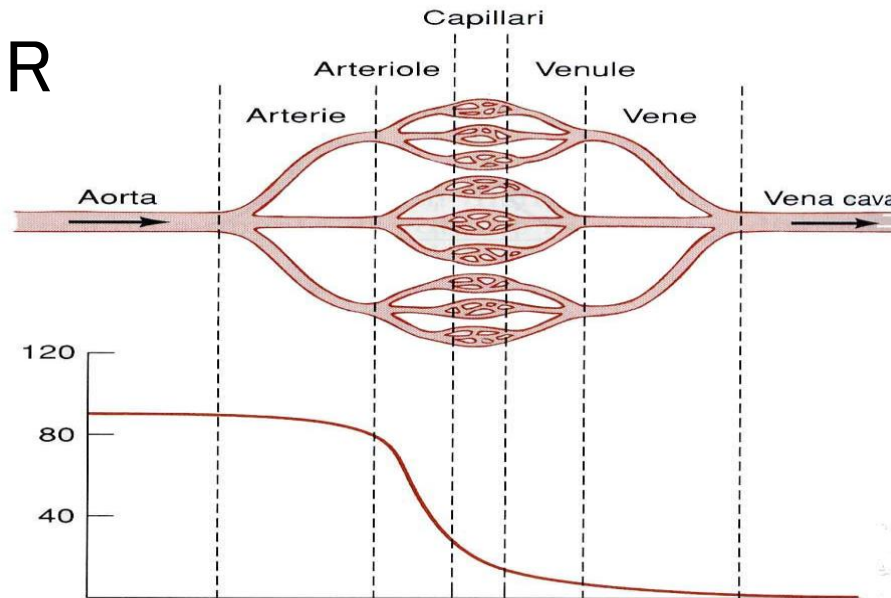


Figura 12.26 La pressione (energia potenziale) generata durante ogni contrazione cardiaca viene dissipata per superare la resistenza al flusso prodotta dai vasi. La maggior caduta di pressione si verifica nelle arteriole, in quanto in queste porzioni del sistema circolatorio è maggiore la resistenza al flusso. [Adattata da Freigl, 1974.]

La pressione sistemica diminuisce dall'aorta alle grosse vene
perchè l'energia potenziale fornita dal cuore è dissipata per vincere le
resistenze incontrate dal sangue fluido nei vasi
Se la Resistenza aumenta, maggiore caduta di pressione ΔP , la pressione
quindi all'interno del vaso diminuisce

Le arteriole, vasi di resistenza

$$\Delta P = Q \times R$$

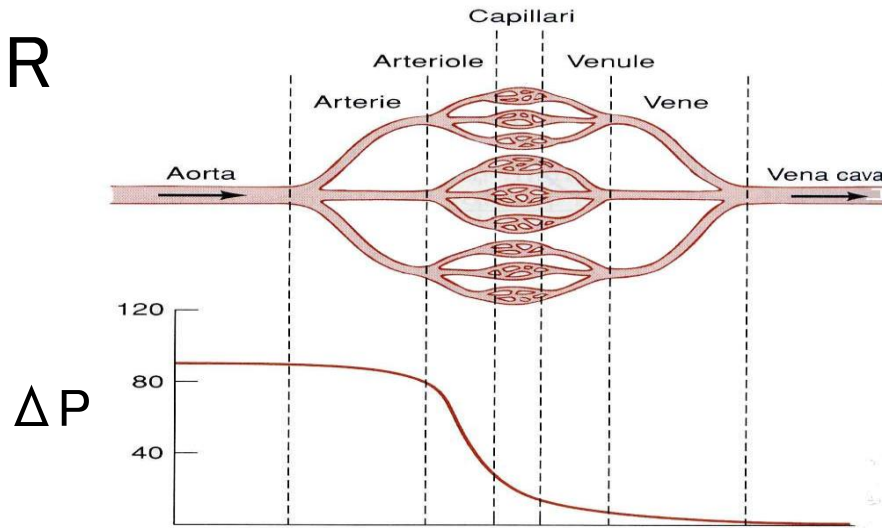
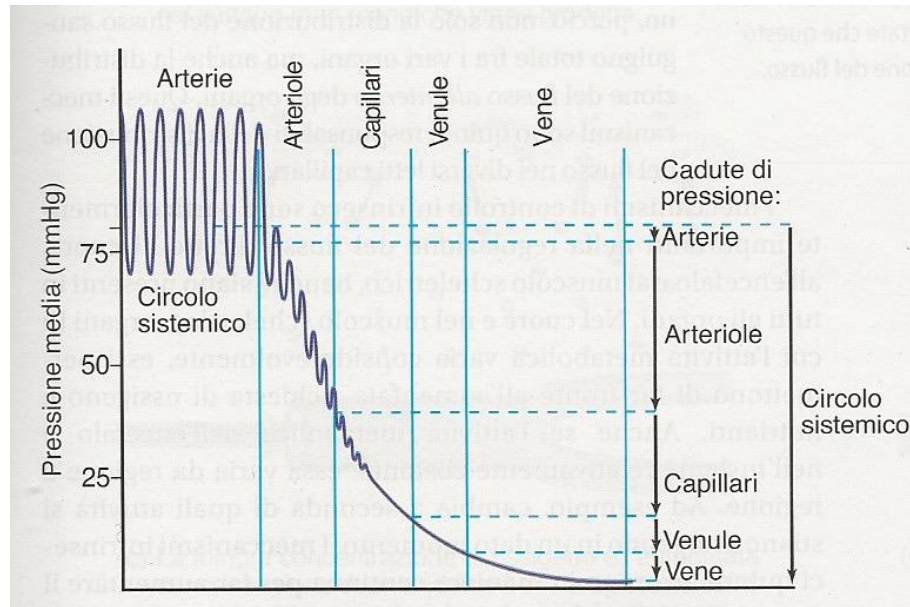


Figura 12.26 La pressione (energia potenziale) generata durante ogni contrazione cardiaca viene dissipata per superare la resistenza al flusso prodotta dai vasi. La maggior caduta di pressione si verifica nelle arteriole, in quanto in queste porzioni del sistema circolatorio è maggiore la resistenza al flusso. [Adattata da Freigl, 1974.]

La resistenza totale che i vasi offrono al flusso non dipende solo dal raggio medio ma anche dal numero dei vasi in parallelo ($1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 \dots$).

Maggiore è il numero di vasi in parallelo, minore è la resistenza
Essendo poi il diametro dei vasi maggiore di quello delle arteriole (resistenza minore) la pressione diminuisce molto più lentamente

Valori di pressione nel sistema vascolare



Stanfield, Fisiologia, EdiSES

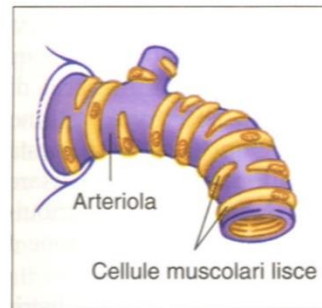
ARTERIOLE

L'alta caduta di pressione nelle arteriole è dovuta all'alta resistenza al flusso. L'elevata resistenza rallenta il flusso e smorza le oscillazioni di pressione tra sistole e diastole in quanto è assente il tessuto elastico.

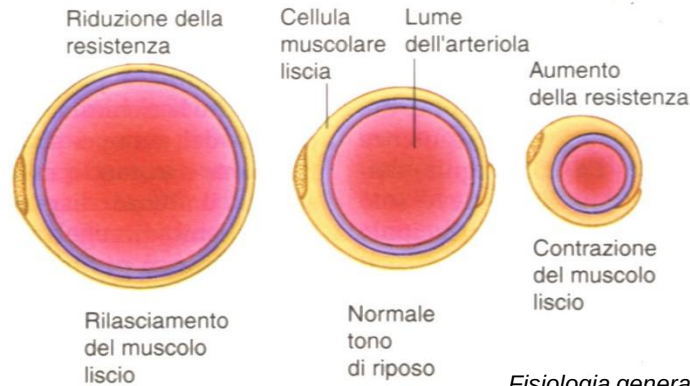
Arteriole, vasi ad alta resistenza

Contrazione e rilassamento delle cellule muscolari lisce nella parete delle arteriole inducono **modificazioni di resistenza dell'arteriola**

$$\Delta P = Q \times R$$



(a)



(b)

Fisiologia generale ed umana, Piccin

Le arteriole offrono più resistenza dei capillari essendo in numero inferiore quindi con minore area totale di sezione trasversa.

L'aumento della **Resistenza periferica** **reduce il flusso locale** ma fa salire la **ΔP sistemica** garantendo che il sangue venga spinto più efficacemente verso i tessuti. Localmente nelle arteriole aumenta il flusso a monte, diminuisce a valle. A livello sistemico aumenta la RPT e aumenta la PA_M anche se il flusso nei tessuti diminuisce.

La resistenza al flusso è proporzionale a $1 / r^4$ quindi
piccole variazioni del raggio corrispondono a grandi variazioni
di resistenza

Per regolare la R arteriolare:

Controllo miogeno (intrinseco) autoregolazione del calibro dei
vasi sanguigni dovuto a **canali meccano-sensibili**:

Aumento della pressione sanguigna

vasocostrizione locale

Riduzione della pressione

vasodilatazione “

Riflessi simpatici: tono basale a riposo

Controllo ormonale attraverso:

Facilita l'escrezione di H_2O e sali a livello renale (ANP)

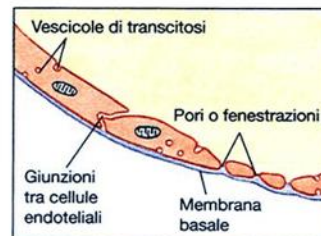
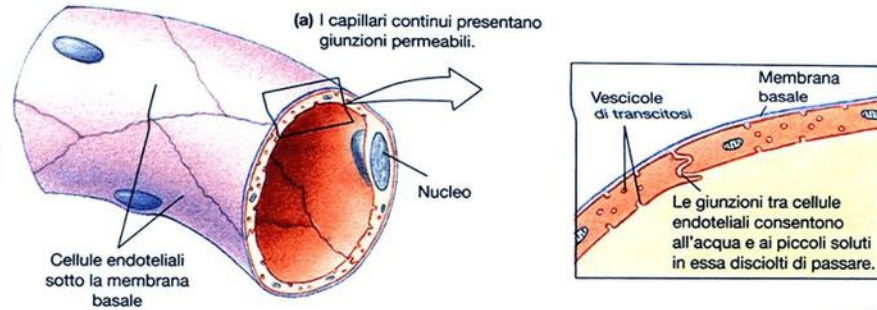
azione diretta sulle arteriole (ANP, angiotensina II, NA, ADH)

Capillari

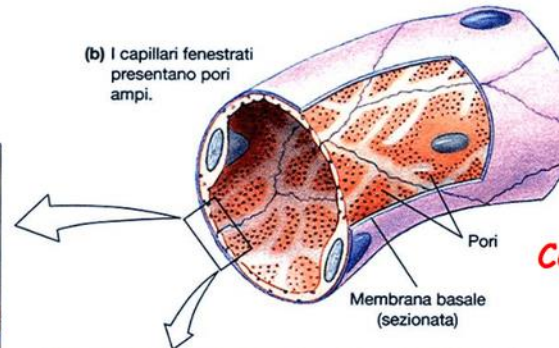
■ Figura 15-16
Tipi di capillari

Capillare continuo

In polmone, muscolo,
SNC

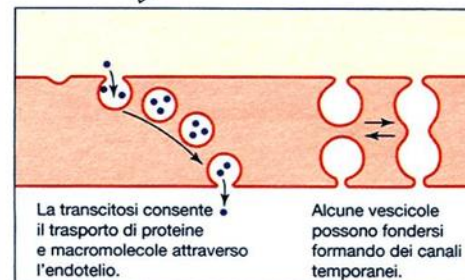


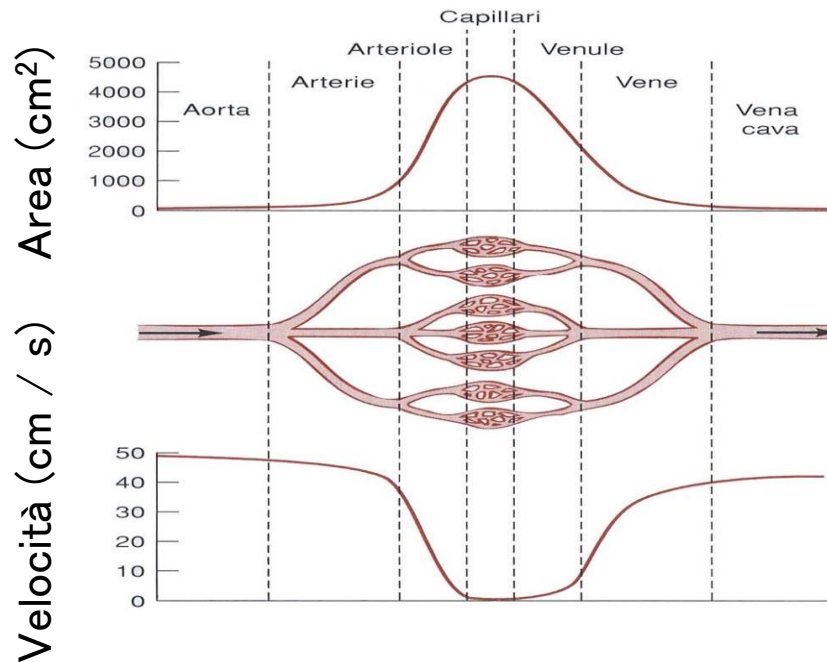
(b) I capillari fenestrati presentano pori ampi.



Capillare fenestrato

in reni, intestino,
ghiandole endocrine





In un sistema di vasi

$$v = \frac{Q}{A}$$

A = area tot. Sezione trasversa

I fluidi sono incompressibili quindi la portata Q è costante, lo stesso numero di litri al minuto fluisce attraverso l'insieme delle arterie, dei capillari e delle vene.

La VELOCITA' DEL FLUSSO è inversalmente proporzionale alla sezione trasversa complessiva del distretto circolatorio.

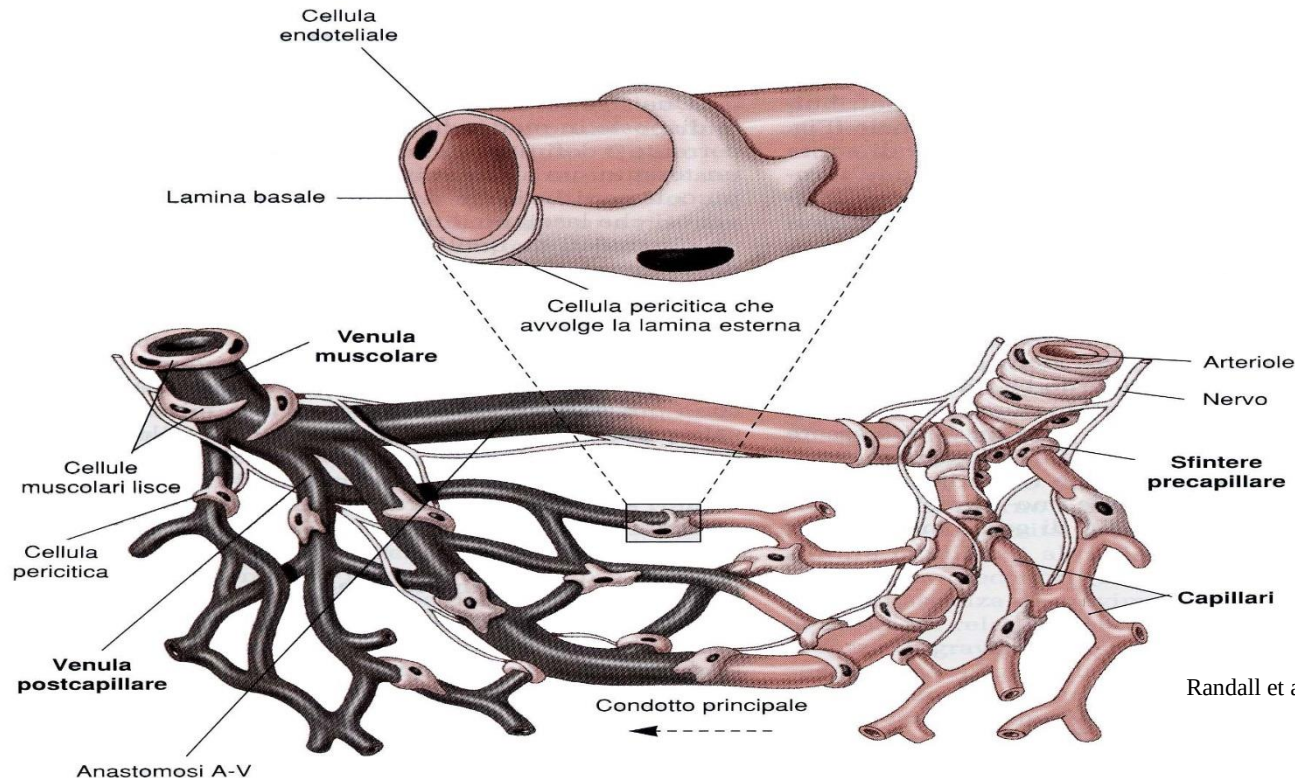
La velocità del sangue nell'aorta è elevata, nei capillari crolla per garantire gli scambi, velocità accelerata nelle vene dove si riduce la sezione tot.

Diminuisce la Resistenza R

$\Delta P = Q \times R$ diminuisce la pressione

Organizzazione del microcircolo

I **periciti** riducono la permeabilità capillare



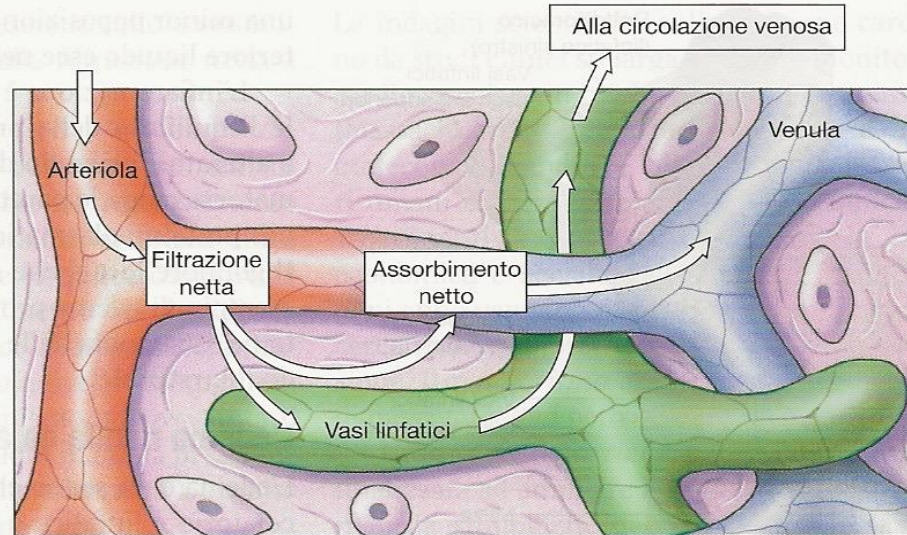
Randall et al., Fisiologia animale, Ed. Zanichelli

In ogni momento **il sangue circola solo nel 30-50 % dei capillari**: il flusso del sangue nei capillari è regolato grazie agli **sfinteri precapillari** regolati dalle fibre nervose e metaboliti, O_2 , CO_2 , pH etc.

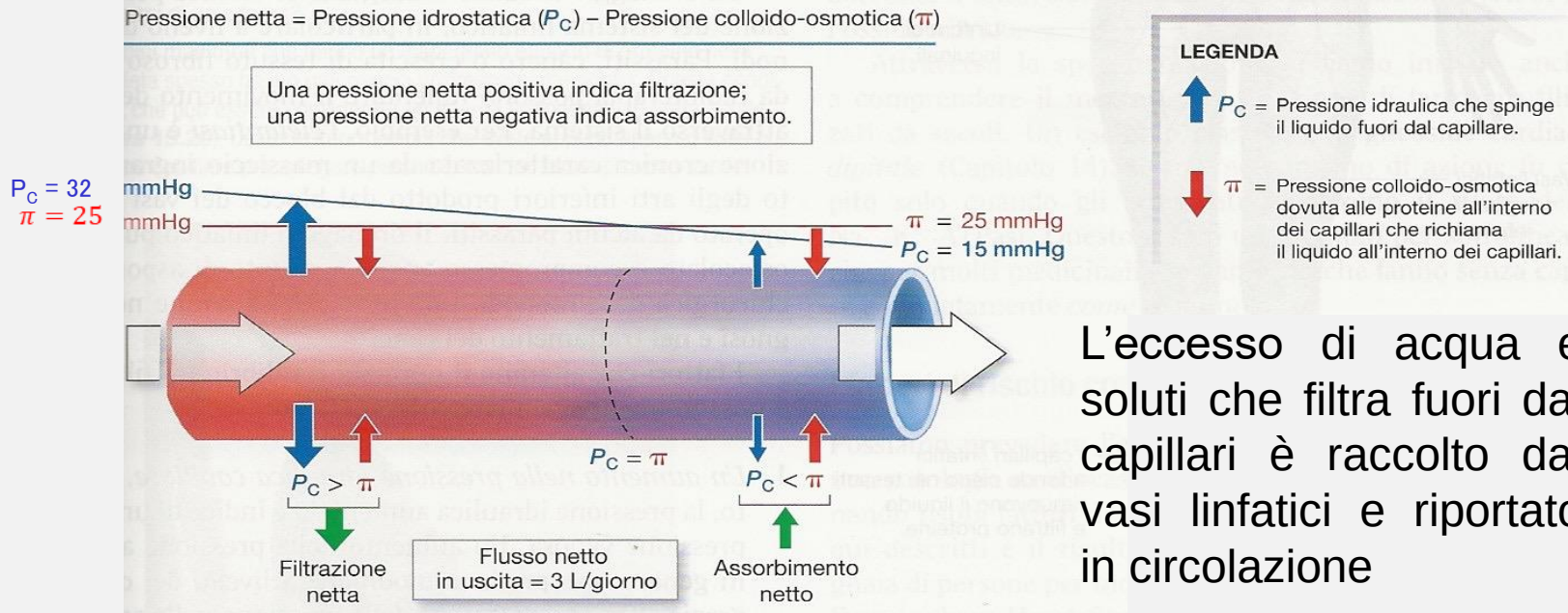
1. Diffusione di gas e glucosio per gradiente di concentrazione

2. Tutti i costituenti del plasma tranne le proteine possono attraversare l'endotelio capillare attraverso i pori. Da una parte nutrienti, ormoni etc, dall'altra acidi, metaboliti

Dai capillari il sangue entra nelle venule dove la resistenza al flusso è minore, diametro maggiore, pareti non muscolari, fanno meno resistenza al flusso, maggiore distensibilità



Scambio di liquidi tra sangue e tessuti a livello capillare



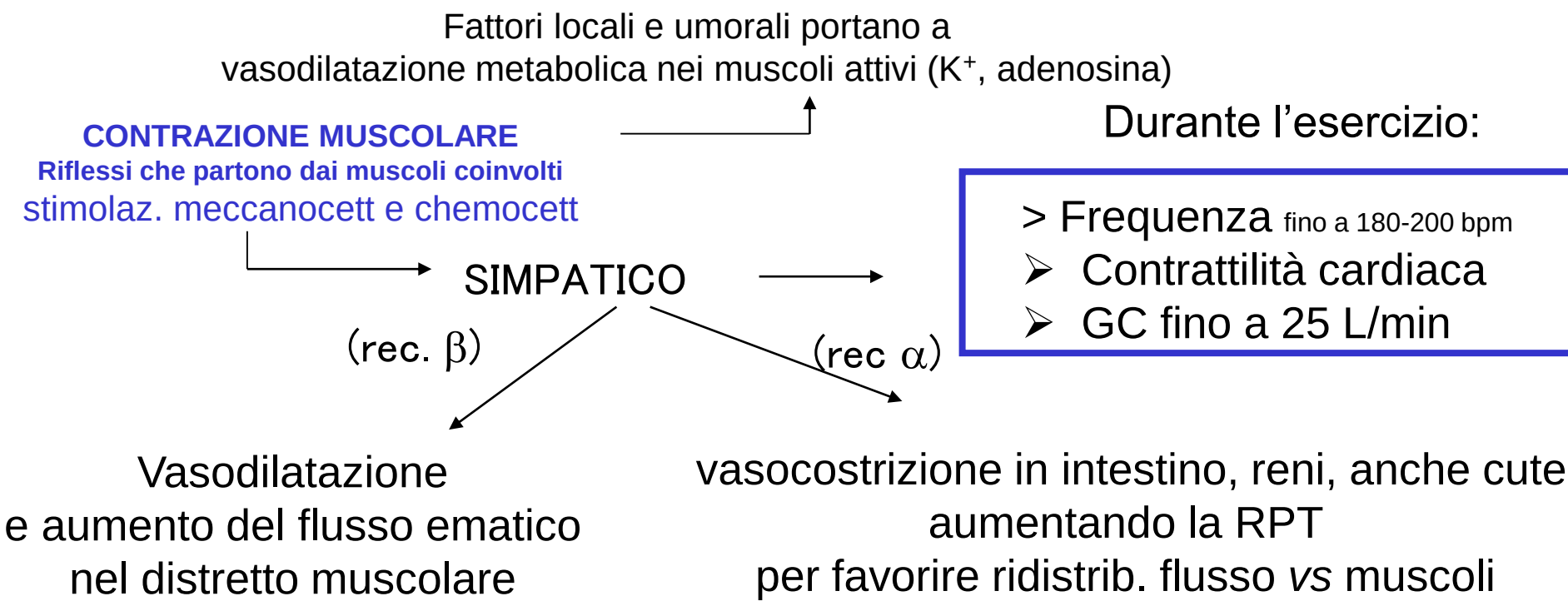
L'eccesso di acqua e soluti che filtra fuori dai capillari è raccolto dai vasi linfatici e riportato in circolazione

REGOLAZIONE DELLA PRESSIONE ARTERIOSA A LUNGO TERMINE

La regolazione della volemia: Il mantenimento del volume di sangue circolante adeguato è compito dei reni (vedi escrezione di acqua e sali dell'organismo) e dell'apparato gastro-intestinale (vedi assunzione di acqua e sali).

Variazioni dei processi di filtrazione e riassorbimento capillare possono compensare temporaneamente alterazioni della volemia.

Esercizio fisico: GC aumenta per soddisfare la richiesta di O_2 e nutrienti dei muscoli



➤ ritorno venoso, aumenta la frequenza e la GC
(> respirazione e > compressione delle vene dai muscoli scheletrici)

$Pa = GC \times RPT$ aumento di pressione arteriosa sistemica

Perché si parla di «bradicardia dell'atleta» a riposo? Un fenomeno di adattamento fisiologico positivo

Un cuore più grande e più forte (ipertrofia fisiologica del ventricolo sinistro) pompa più sangue ad ogni battito

Migliore capacità aerobica

Capillari più numerosi ed efficienti, riduzione della resistenza vascolare periferica

$$PA_M = G \times RPT$$

L'esercizio fisico regolare potenzia il tono parasimpatico

La pressione viene misurata con uno sfigmo-manometro
dall'arteria brachiale
120-80 mmHg
Ipertensione 140-90

In un individuo normale

la pressione media dell'aorta 100 mmHg (80-120)

Pressione nelle vene cave 5 mmHg

Q ossia la GITTATA CARDIACA 5 L / min = 83 ml / s

R sistemica = $\Delta P / Q = (100-5) / 5 \text{ L / min} = 19 \text{ mmHg min/L}$

Durante un intenso esercizio fisico:

Pressione media dell'aorta 150 mmHg (120-180)

Pressione nelle vene cave 5 mmHg

$$P_a = GC \times R_{pr}$$

GC = 15 L / min = 250 ml / s

R sistemica = $(150-5) / 15 = \sim 10 \text{ mmHg min/L}$

Vasodilatazione interessa i muscoli e il cuore

Vasocostrizione nell'apparato digerente e rene.

In un individuo iperteso, ipertrofia ventricolare SX, aumento della pressione sistolica, il cuore deve lavorare tanto per spingere il sangue. Durante la diastole le arterie perdono elasticità, non si restringono abbastanza per mantenere un flusso efficiente. Pressione diastolica più bassa, riduzione di perfusione degli organi.