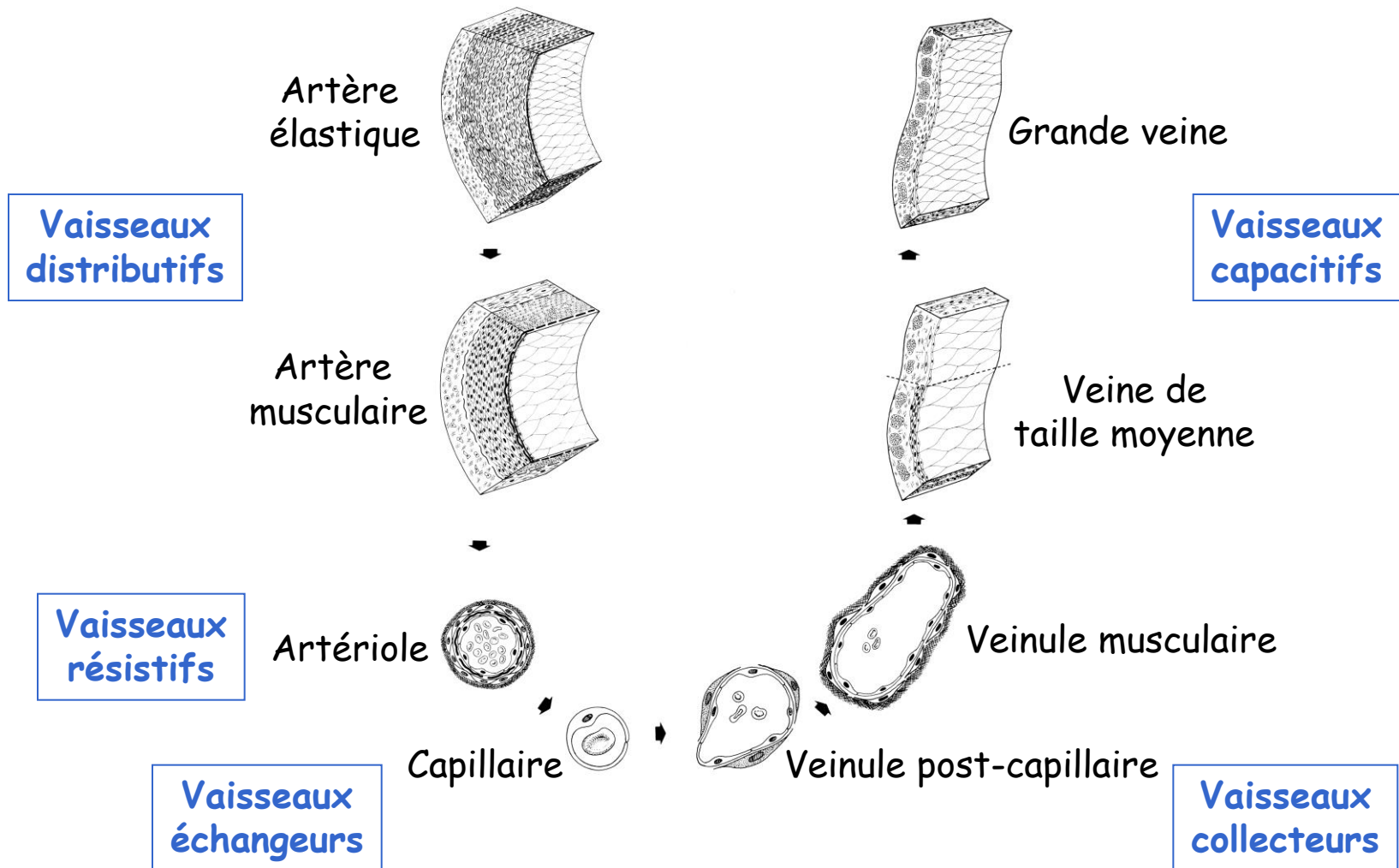

Circulation périphérique

Objectifs du cours

- Comprendre ce qu'est l'effet Windkessel
- Comprendre ce qu'est la compliance
- Comprendre la relation pression-volume-compliance
- Comprendre la pression artérielle différentielle
- Pourquoi entendons-nous parfois le bruit du sang ?
- Comprendre la force de Starling
- Comprendre les facteurs influençant le retour veineux
- Comprendre la structure et fonction du système lymphatique
- Comprendre les diverses formes d'oedème

Les vaisseaux sanguins - 5 groupes fonctionnels



Les artères élastiques

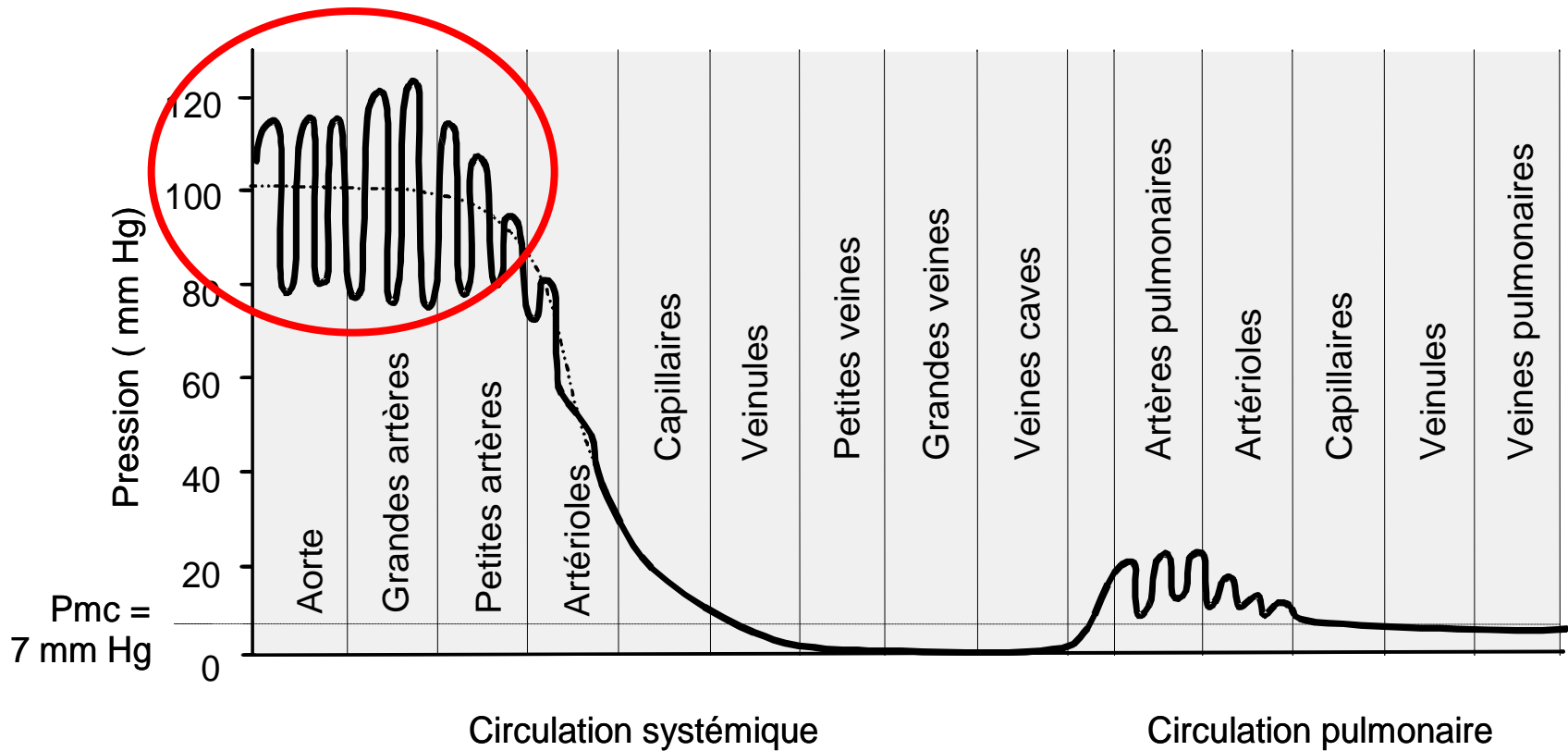
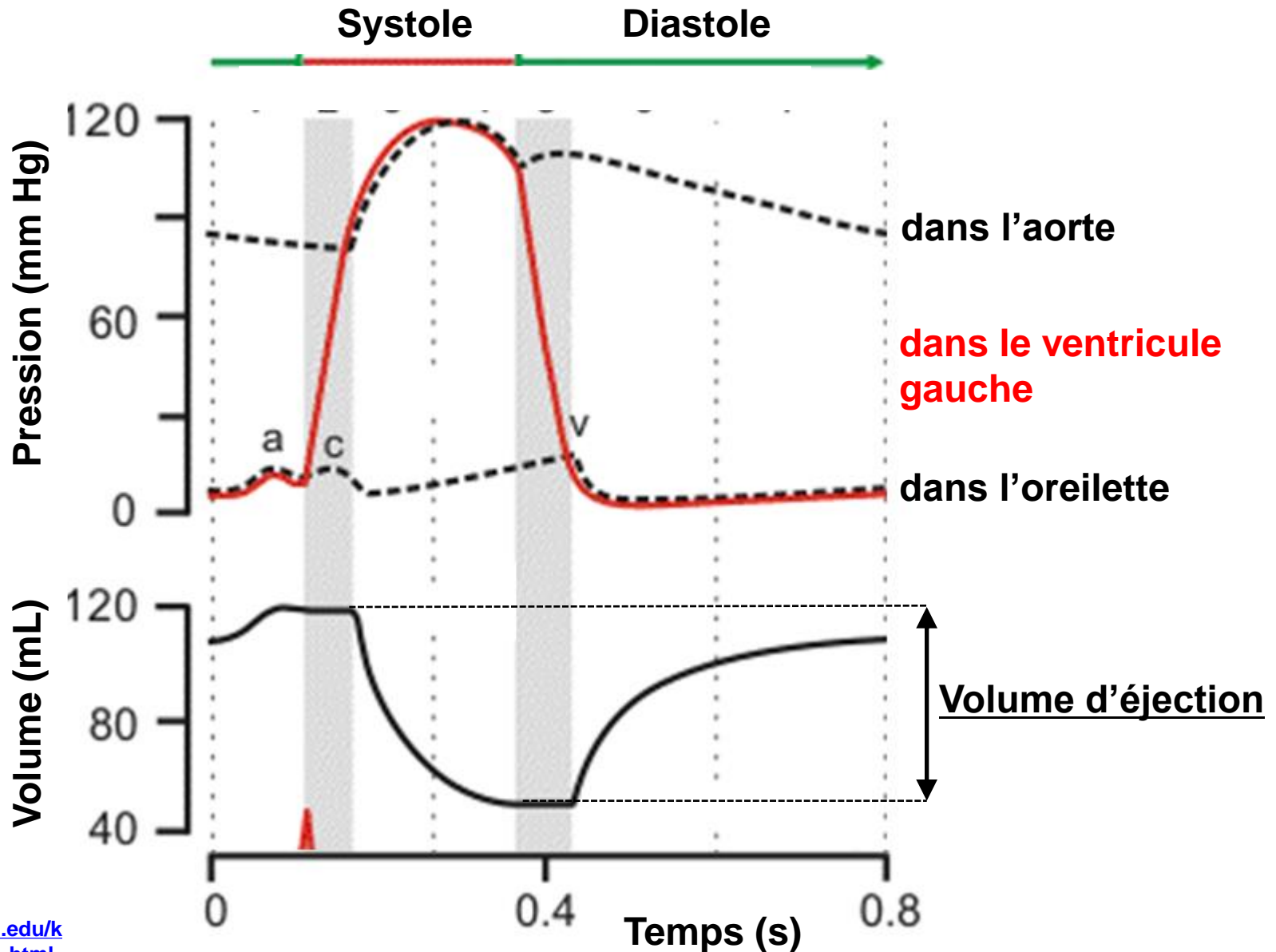
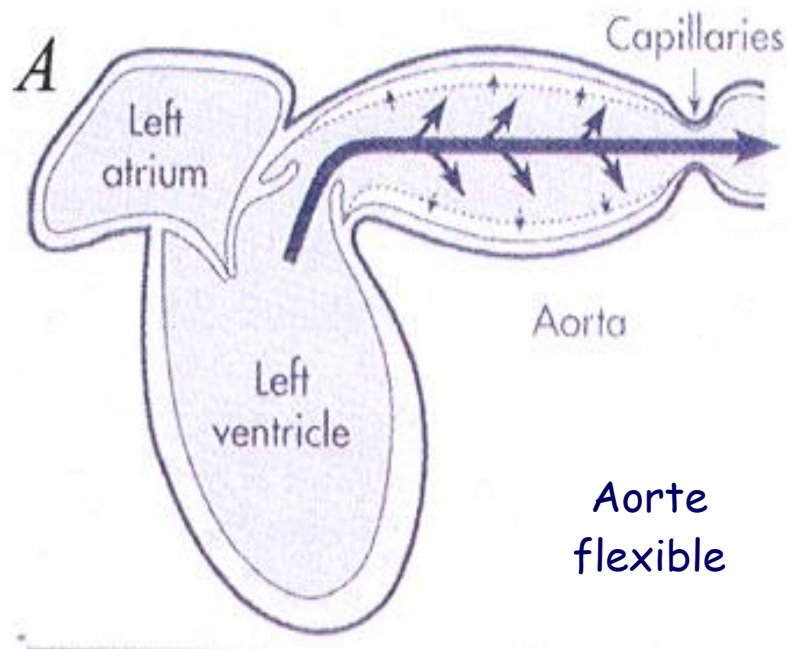


Diagramme de Wiggers (simplifié)

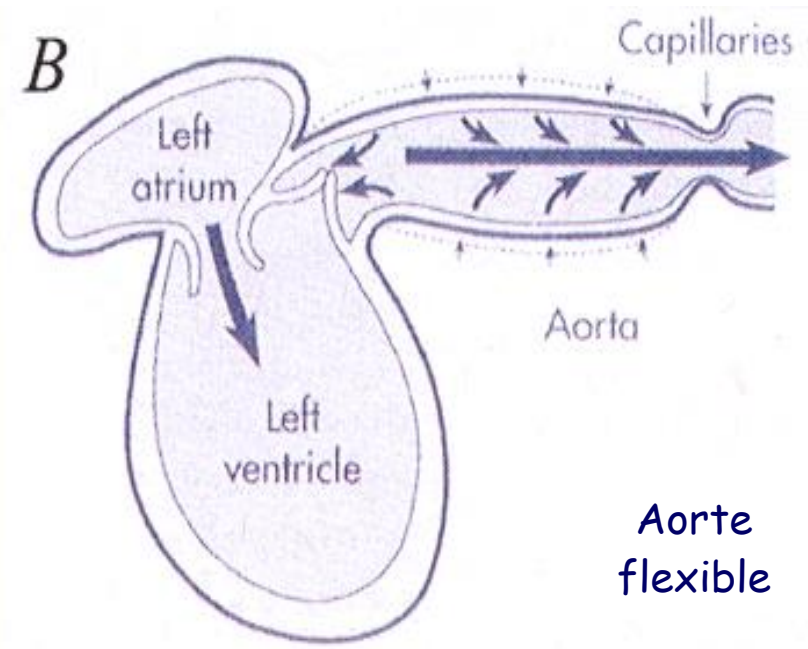


Rôle de l'aorte dans le maintien du flux sanguin pendant la diastole

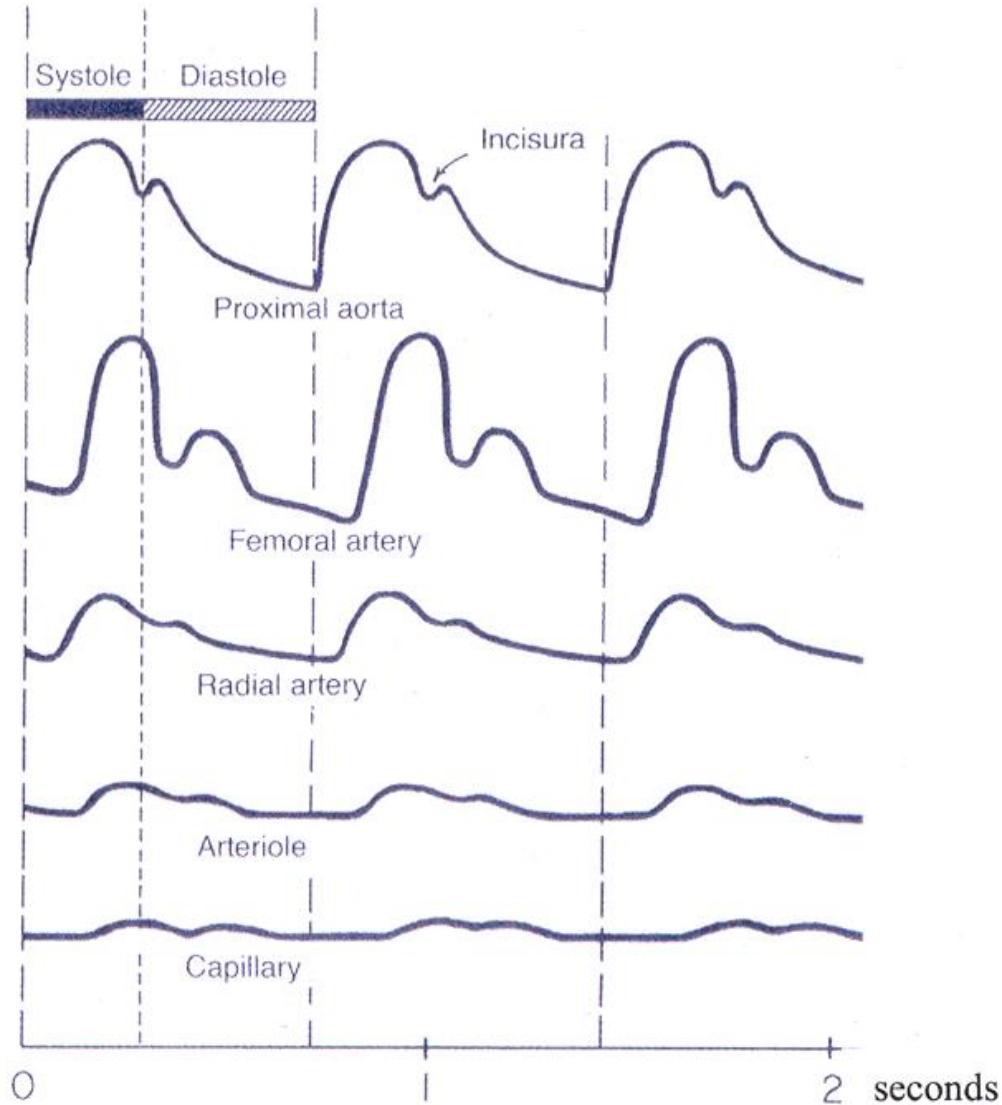
Systole



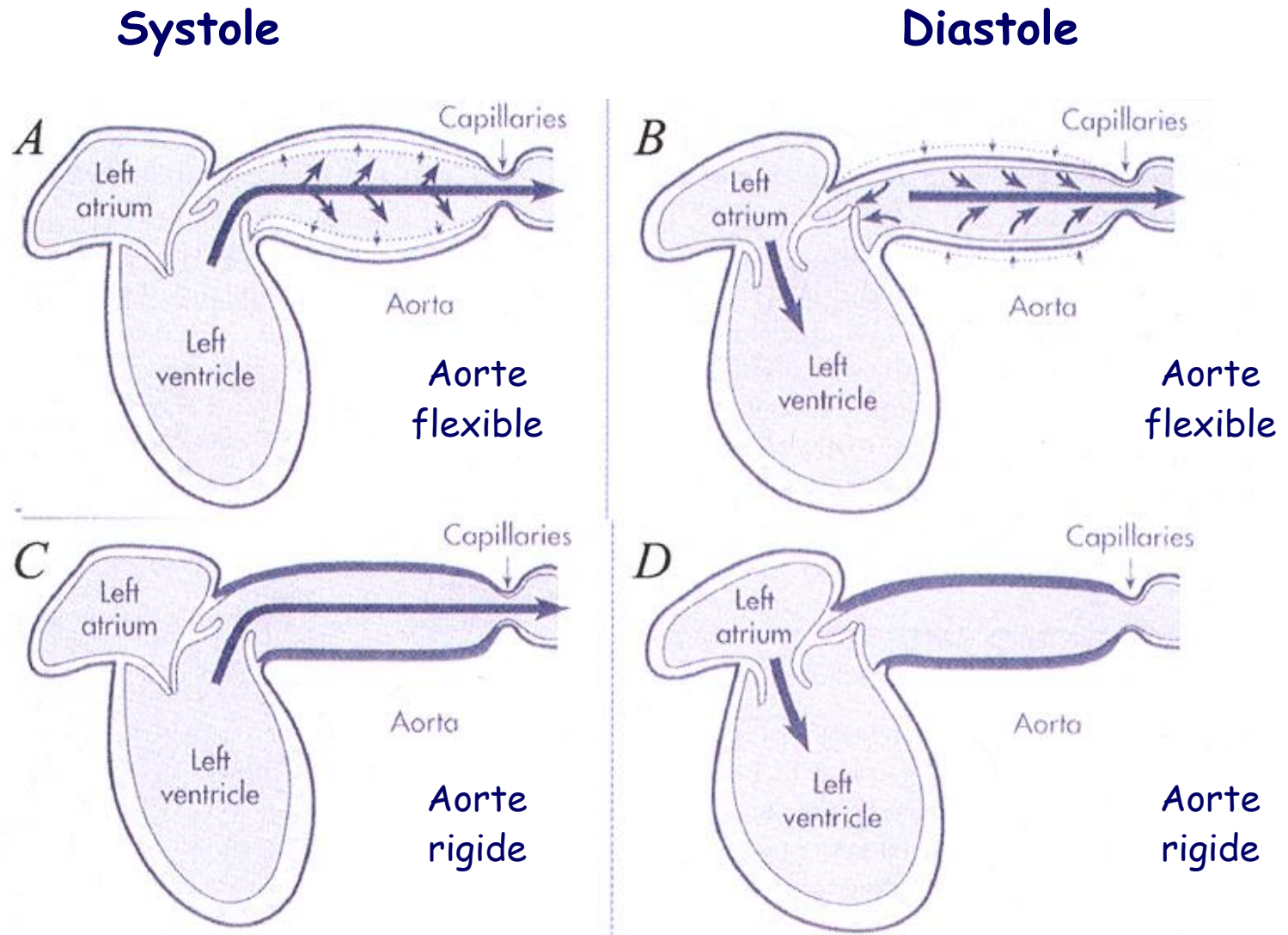
Diastole



Vaisseaux distributifs - effet Windkessel



Vaisseaux distributeurs - rigidification avec l'âge



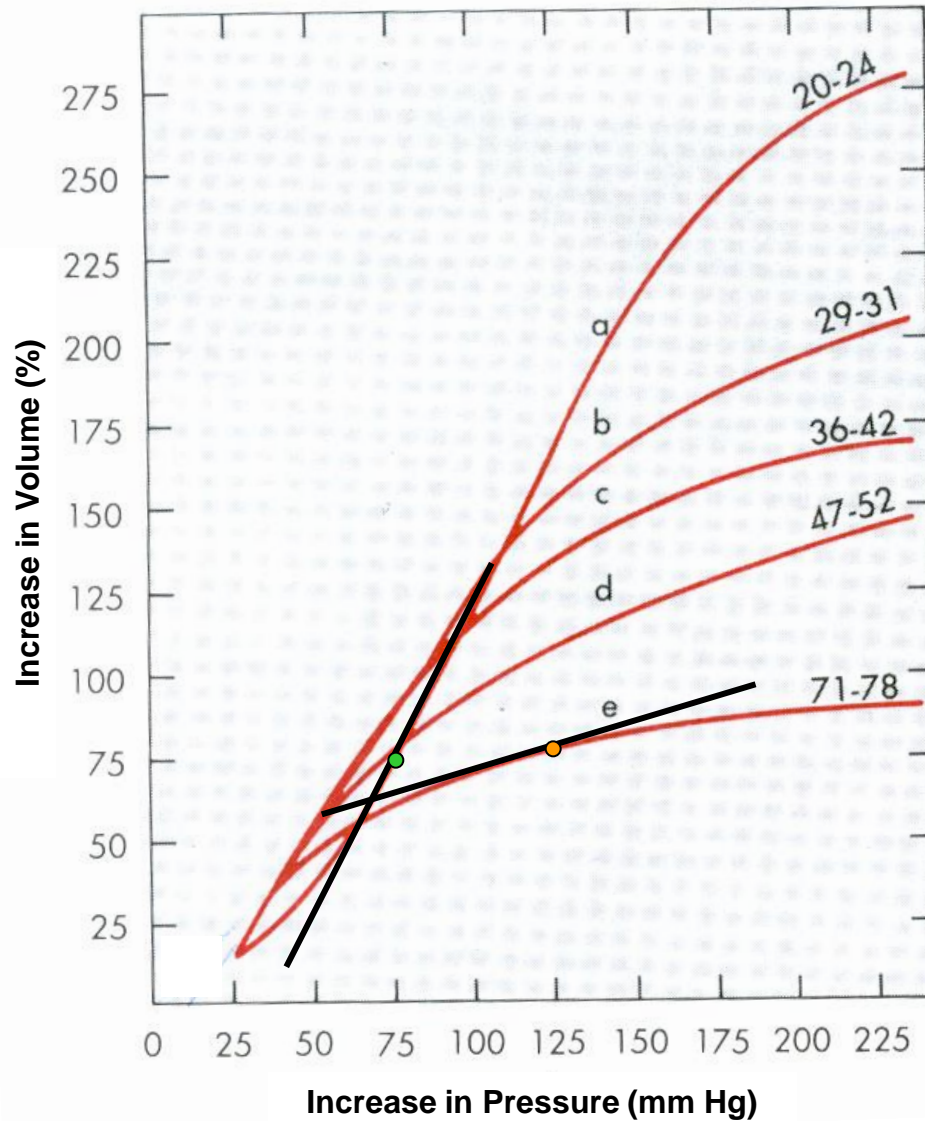
La compliance

Les facteurs déterminant de la pression dans l'aorte:

1. Volume sanguin
2. La facilité à laquelle ses parois peuvent être distendues

Compliance = $C = \Delta V / \Delta P$ (ml/mm Hg)

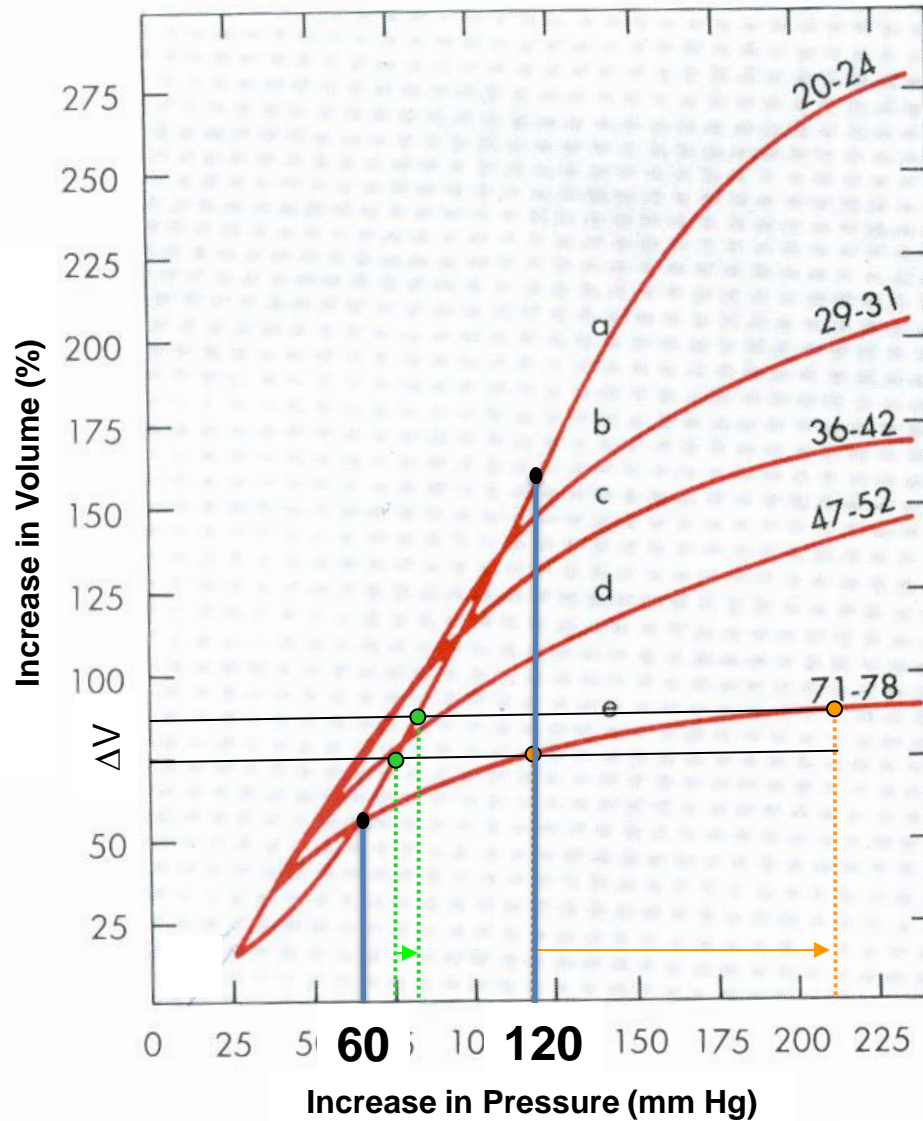
La compliance de l'aorte



personne jeune

personne âgé

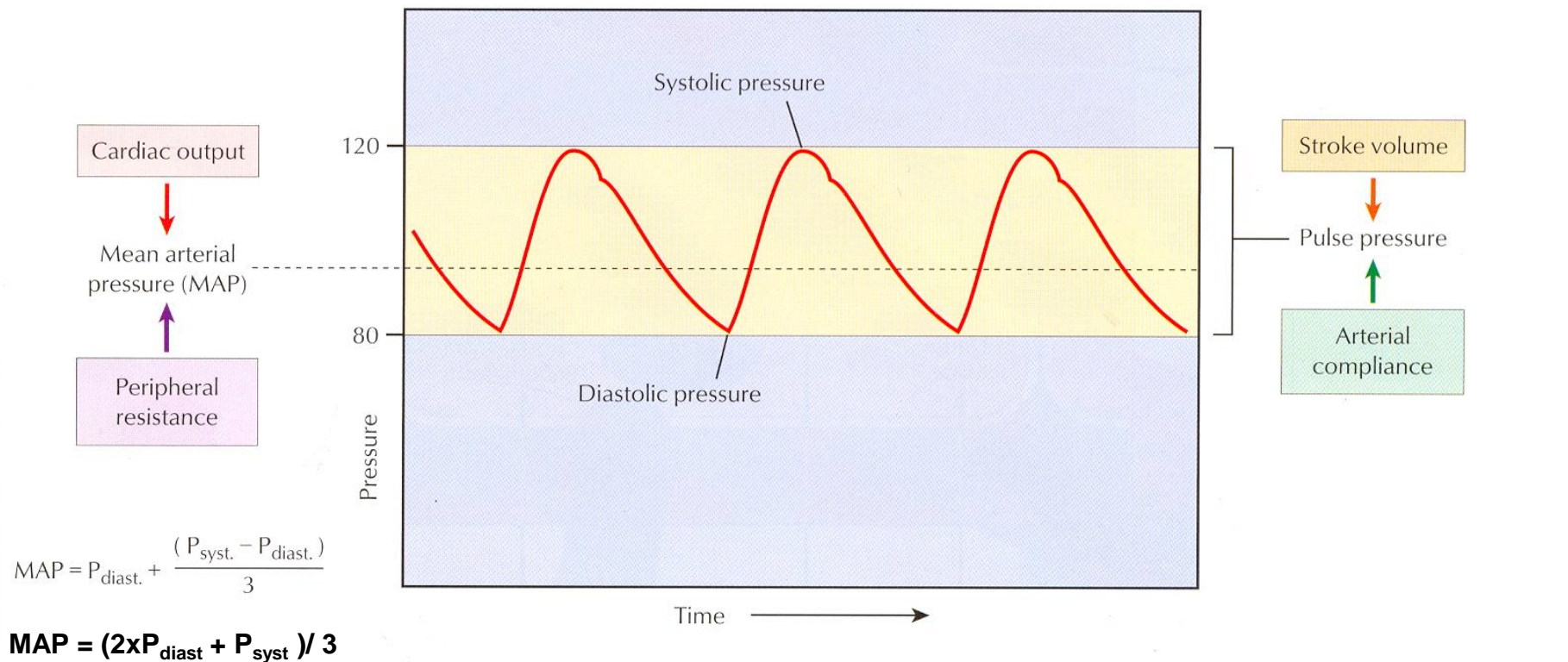
La compliance de l'aorte



ΔP jeune

ΔP âgé

Les déterminants de la pression moyenne et de la pression différentielle



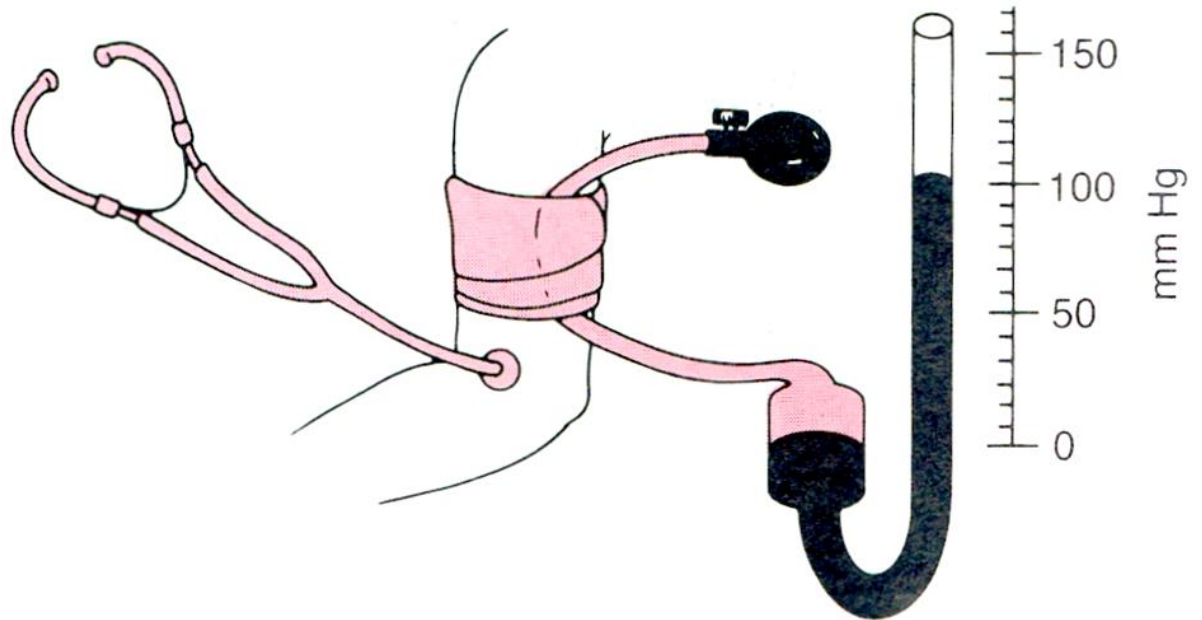
Pression artério-veineuse

Pression différentielle systolo-diastolique

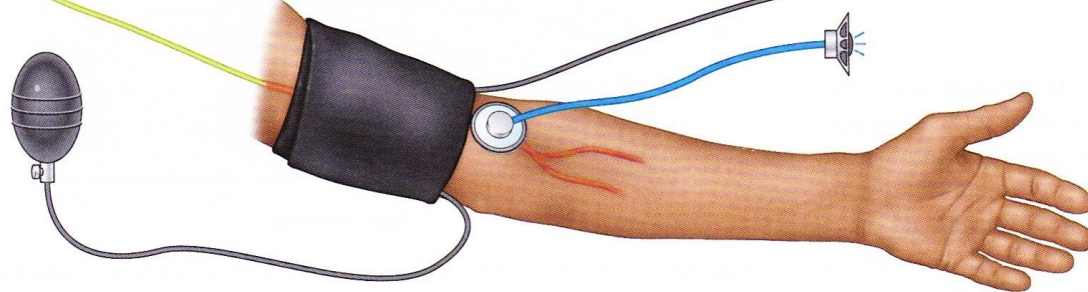
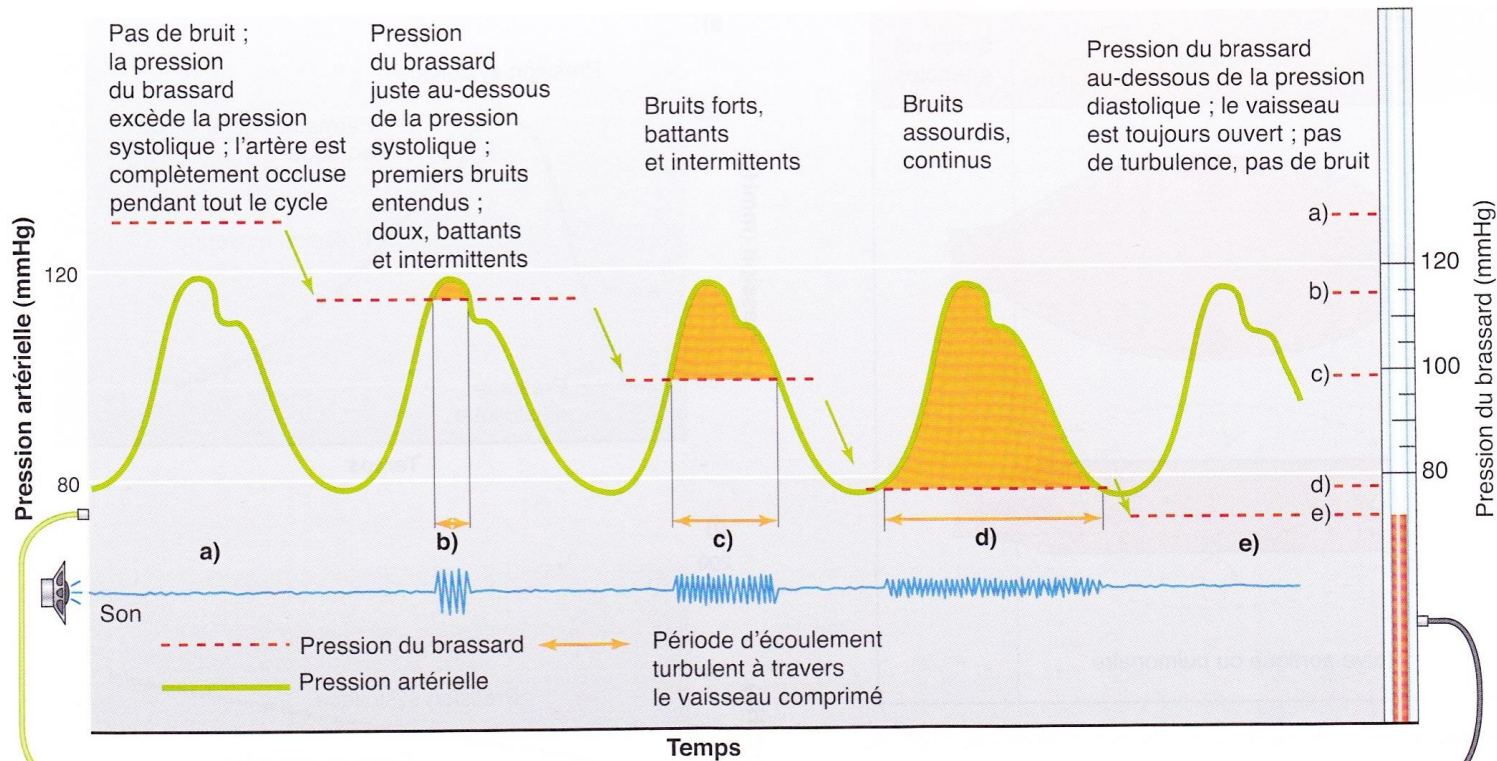
Mesure de la pression artérielle systémique



Sphygmomanomètre



Mesure de la pression artérielle systémique



Flux laminaire vs. flux turbulent

Pour un flux turbulent:
Nombre de Reynold's

$$N_R = \rho D v / \eta$$

Si $N_R < 2000$: flux laminaire

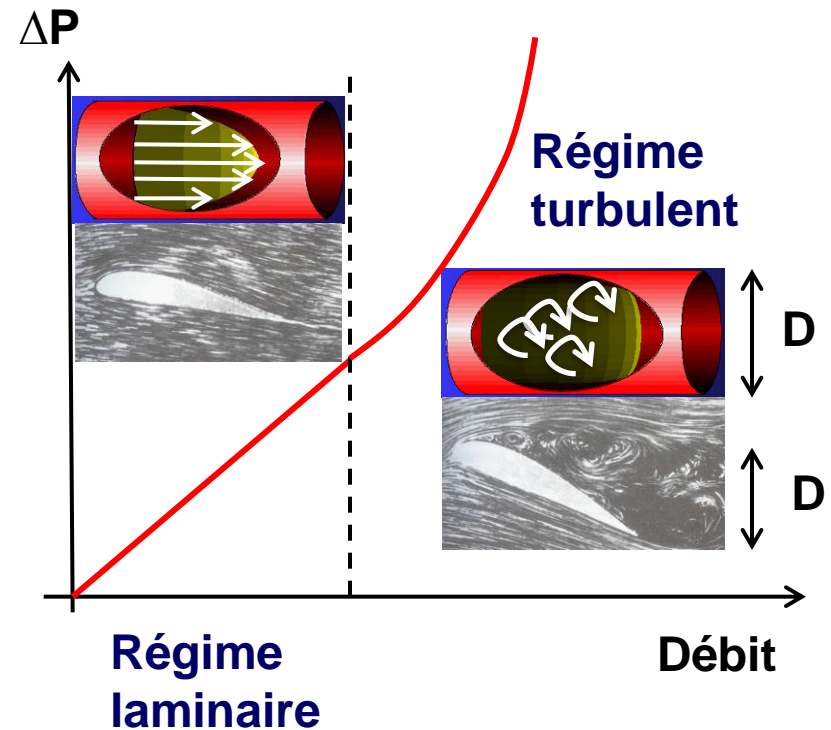
Si $N_R > 3000$ flux turbulent

ρ = densité

D = diamètre du conduit

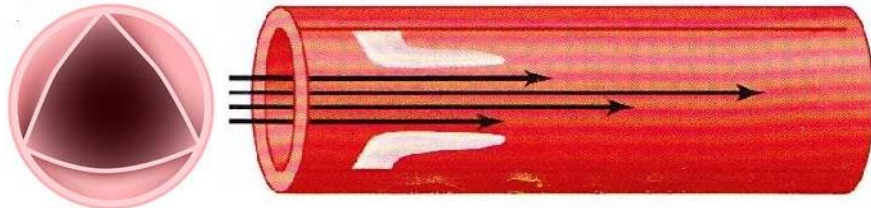
v = vitesse (moyenne)

η = viscosité du liquide



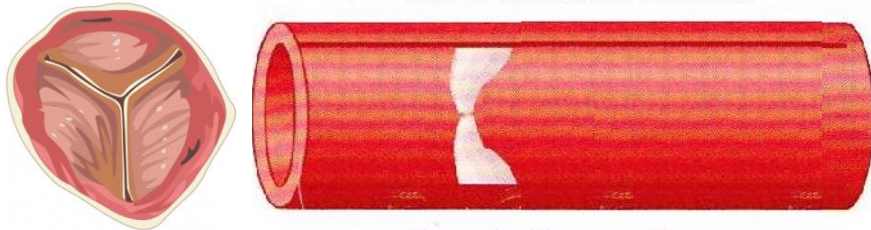
Anomalies valvulaires engendrant un flux sanguin turbulent et des souffles

Valve normale ouverte



Flux laminaire = silencieux

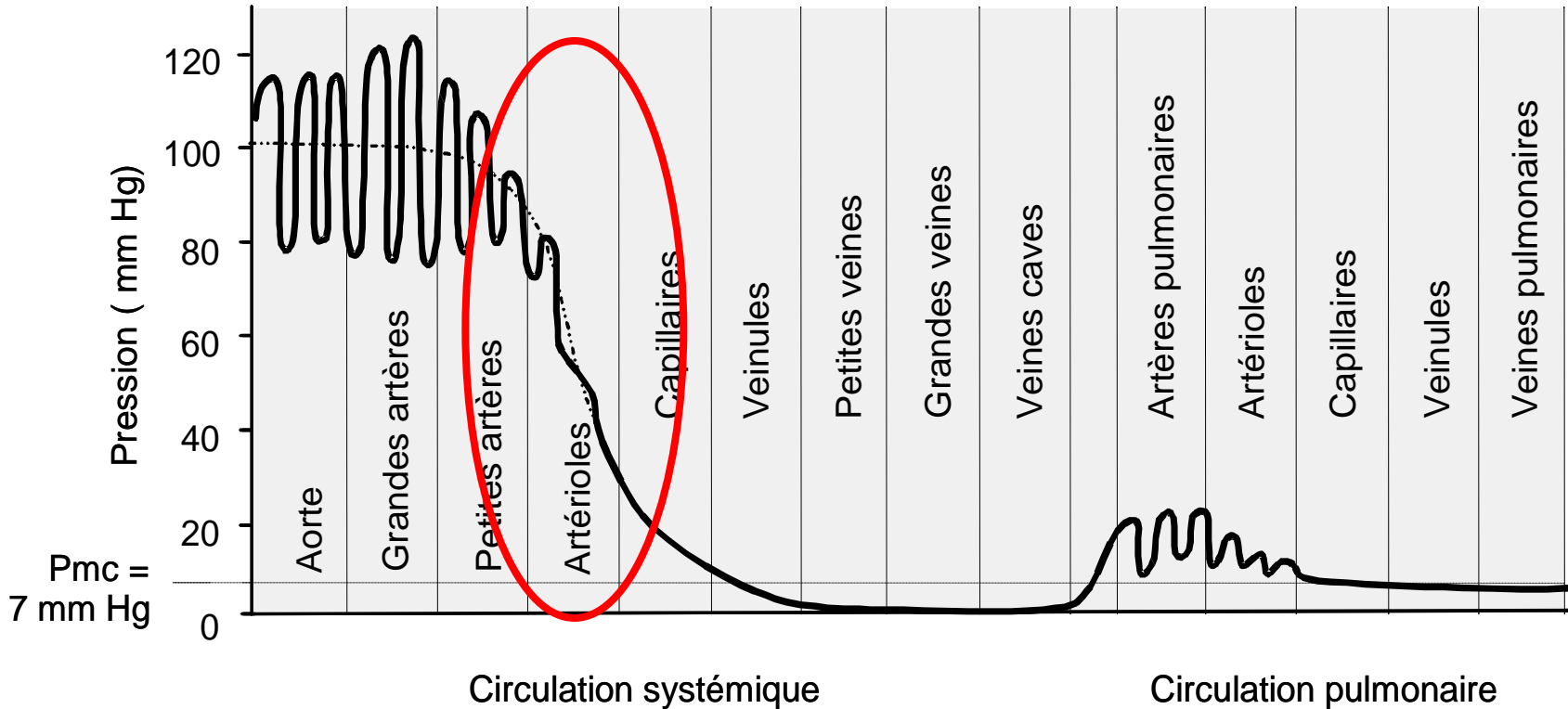
Valve normale fermée



Pas de flux = silence



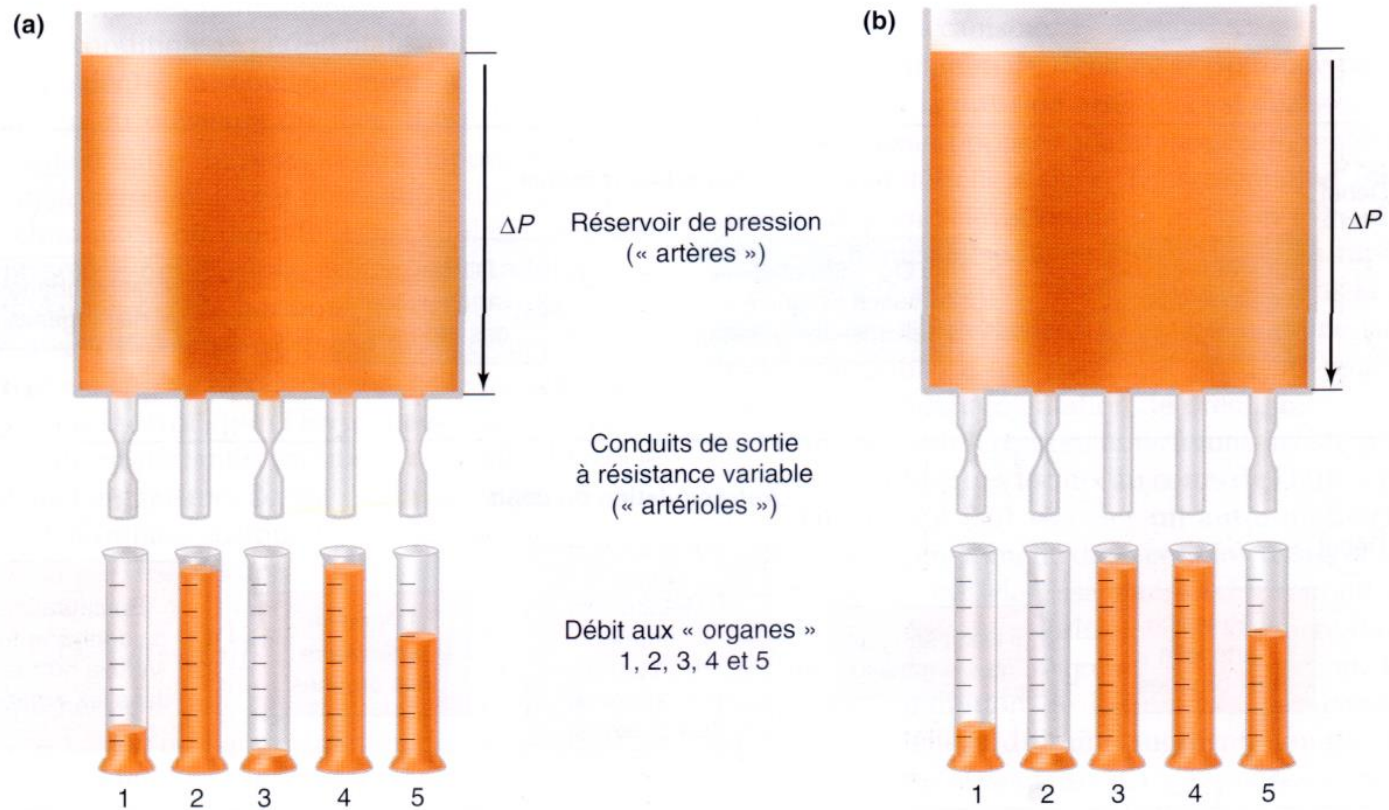
Vaisseaux résistifs - artérioles



$$\text{Débit (cardiaque)} = P_{am} / (\text{résistance périphérique totale})$$

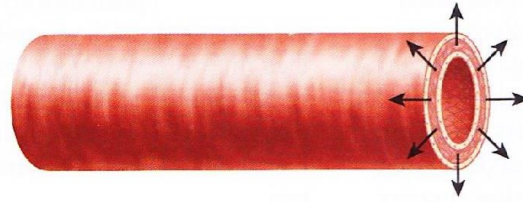
$$\text{Débit (organe)} = (P_a (\text{début}) - P_v (\text{fin})) / (\text{résistance organe})$$

Vaisseaux résistifs - artérioles



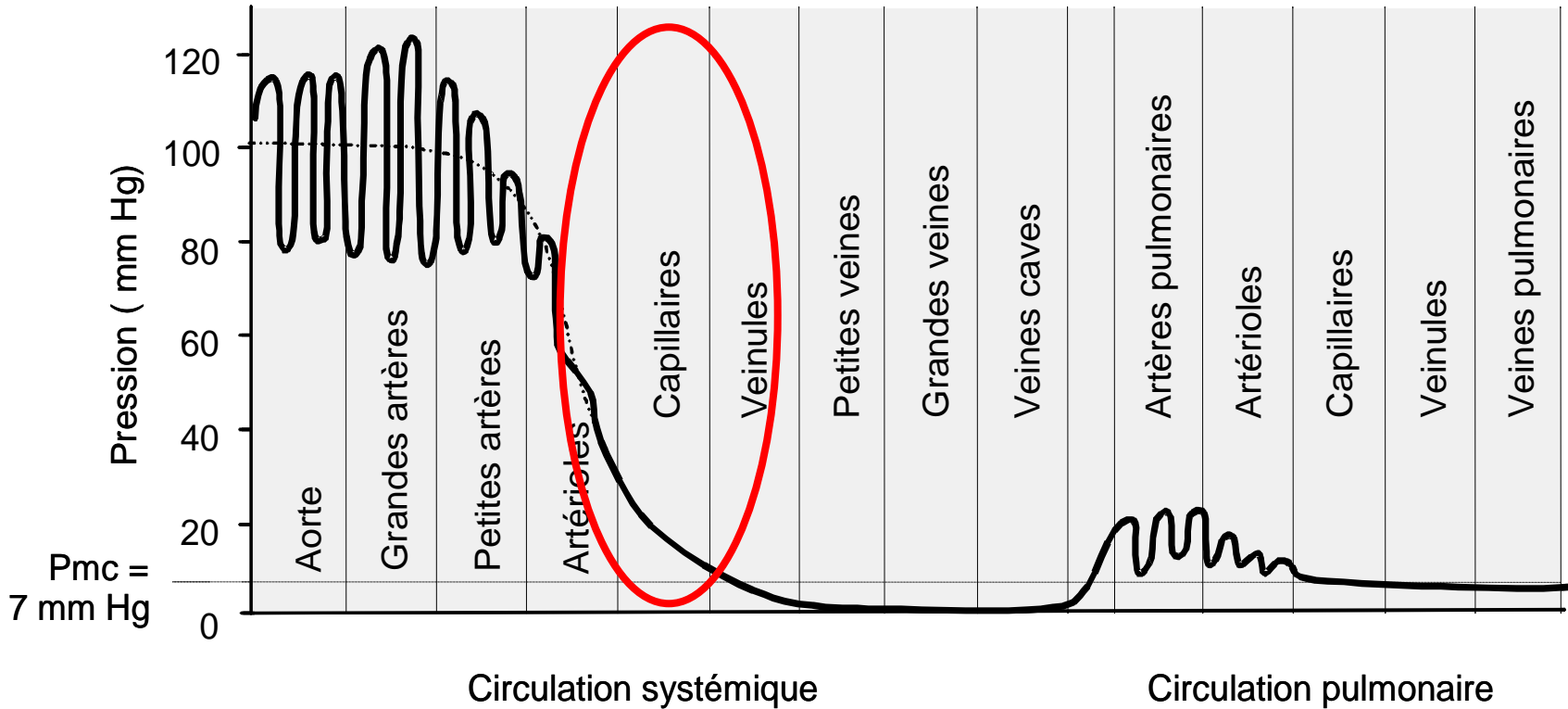
$$\text{Débit (organe)} = \frac{P_a (\text{début}) - P_v (\text{fin})}{\text{résistance (organe)}}$$

Vaisseaux résistifs - modulable

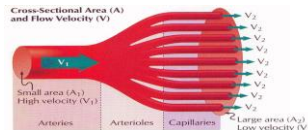


Ohm: $Q = \Delta P / R$
Poiseuille: $R = \eta l / \pi r^4$

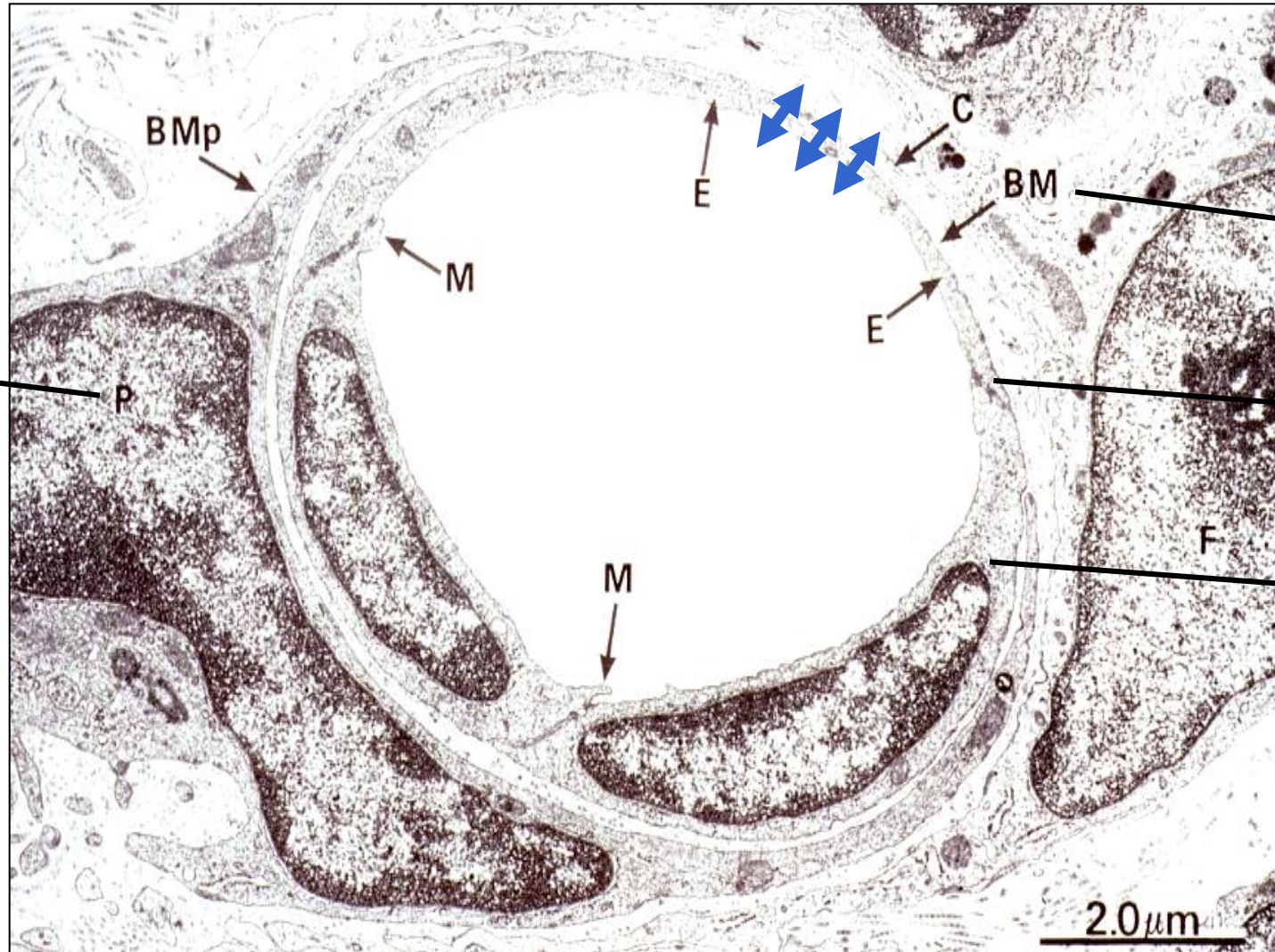
Vaisseaux échangeurs - capillaires



$$\text{Débit (organe)} = (P_a \text{ (début)} - P_v \text{ (fin)}) / (\text{résistance organe})$$



Vaisseaux échangeurs - capillaires



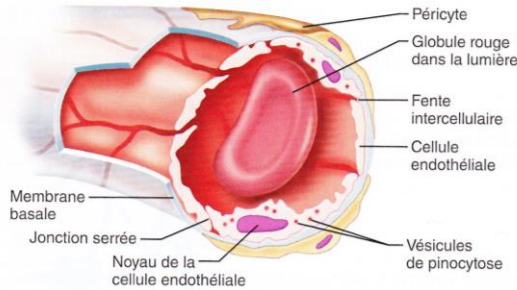
Membrane basale fine

Jonction serrée

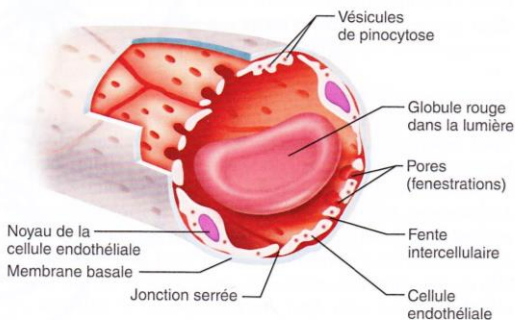
Endothélium

Pas de média

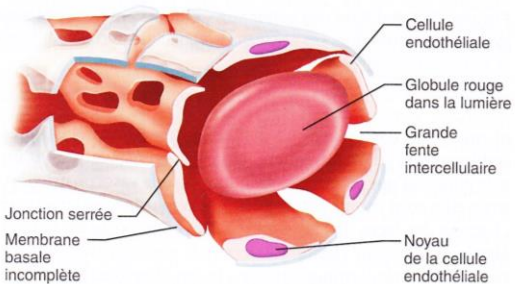
Structure - fonction des capillaires



(a) **Capillaire continu.** Le moins perméable et le plus répandu (dans la peau et les muscles, par exemple).



(b) **Capillaire fenestré.** Les grandes ouvertures (pores) augmentent la perméabilité. Présent à des endroits particuliers (les reins et l'intestin grêle, par exemple).



(c) **Sinusoïde, ou capillaire discontinu.** Le plus perméable. Présent à des endroits particuliers (le foie, la moelle osseuse et la rate, par exemple).

La structure des capillaires varie suivant les différents sites

- le degré de continuité de l'endothélium
- le degré de continuité de la membrane basale

1) Couche endothéliale continue

Ex: muscles, cœur, poumons, peau, ...
Transcytosis (fluides et molécules)
et échanges CO_2/O_2

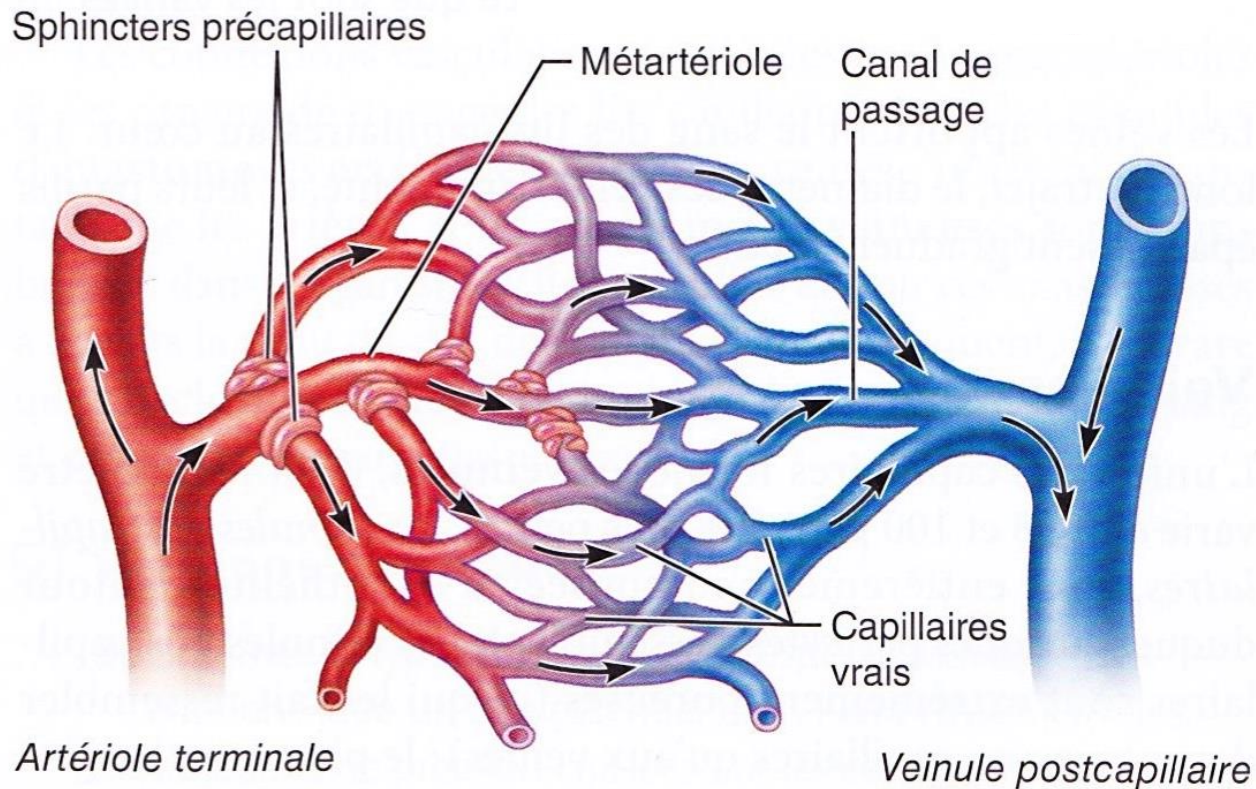
2) Couche endothéliale fenestrée

Ex: glandes endocrines,
glomérules rénaux, tube digestif
Transports plus rapides des fluides
et molécules plus volumineuses (pores)

3) Sinusoïdes = Endothélium discontinu

+ membrane basale partielle/absent
Ex: rate, moelle osseuse
Passages de molécules volumineuses
et cellules

Vaisseaux échangeurs - capillaires



1. Contraction des artérioles pour ajuster la distribution du sang
2. Lenteur du flux favorise échanges diffusionnels

Echange d'eau à travers la paroi des capillaires

Vue d'ensemble

C'est à l'extrémité artérielle des capillaires que le liquide est filtré, puis il s'écoule dans l'espace interstitiel. La majeure partie du liquide est réabsorbée à l'extrémité veineuse.

Artériole

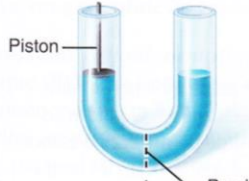
Pour l'ensemble des lits capillaires, 20 L de liquide sont filtrés chaque jour vers le liquide interstitiel, soit presque 7 fois le volume plasmatique total !

Le liquide traverse vers le compartiment interstitiel.

La pression nette de filtration (PNF) détermine la direction du déplacement du liquide. Deux types de pression permettent l'écoulement des liquides :

Pression hydrostatique (PH)

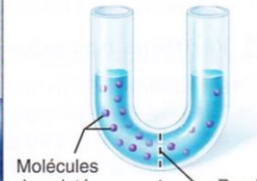
- La PH est causée par la pression que le liquide exerce contre la paroi.
- Elle « pousse » le liquide pour lui faire traverser la paroi.
- Dans les vaisseaux sanguins, elle est due à la pression du sang.



« Poussée »

Pression colloïdoosmotique (PO)

- La PO est causée par la présence de solutés non diffusibles (les protéines plasmatiques, par exemple).
- Elle « tire » le liquide pour lui faire traverser la paroi.
- Dans les vaisseaux sanguins, elle est due aux protéines plasmatiques.



« Attraction »

Chaque jour, 17 L de liquide sont réabsorbés dans les capillaires à l'extrémité veineuse.

Chaque jour, le système lymphatique retire environ 3 L de liquide (et toute protéine qui a traversé) (voir le chapitre 20).

Veinule

Capillaire lymphatique

Filtration = 20 L / jour

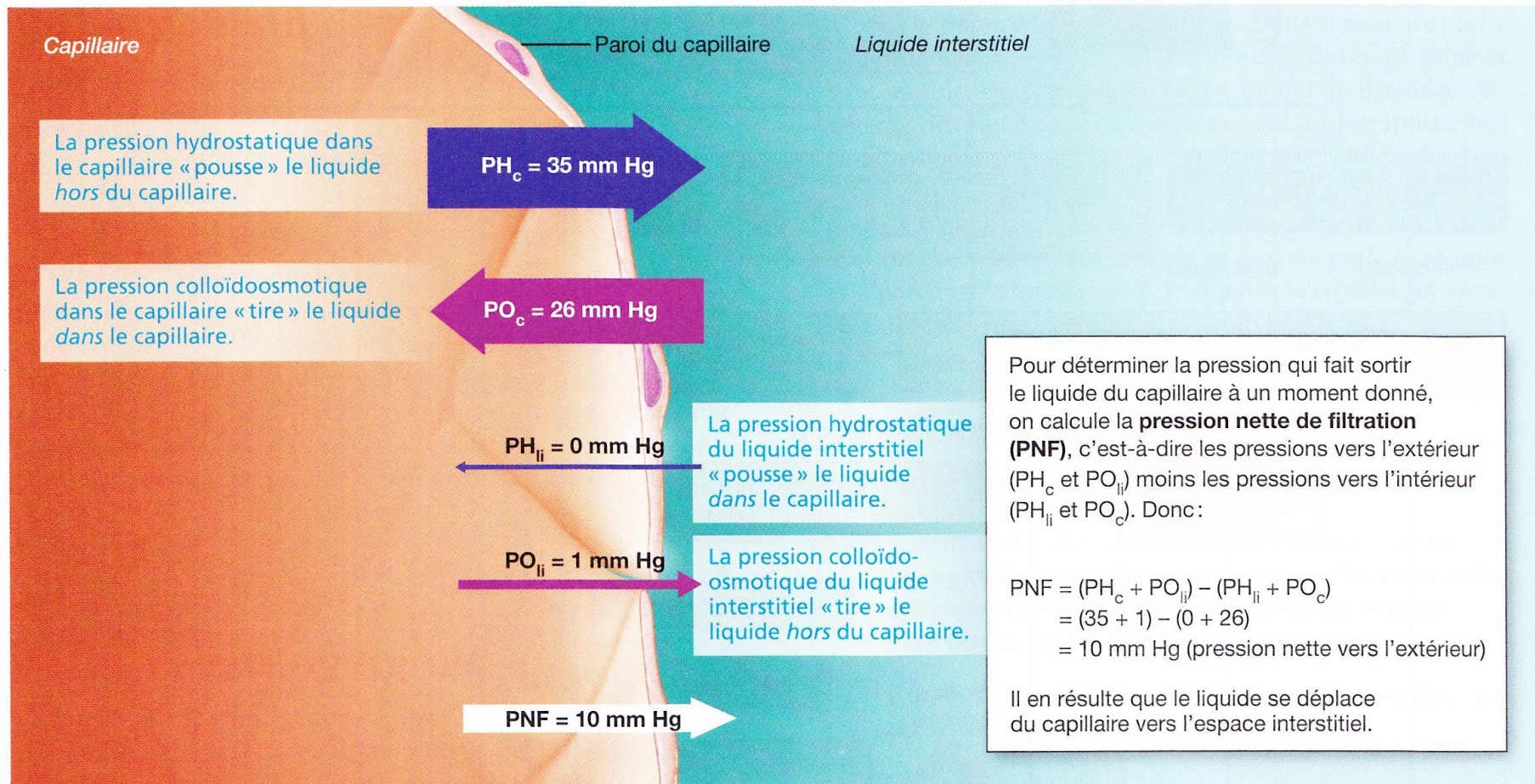
Absorption = 17 L / jour

Lymphatiques = 3 L / jour

Echange d'eau à travers la paroi des capillaires

Forces de Starling

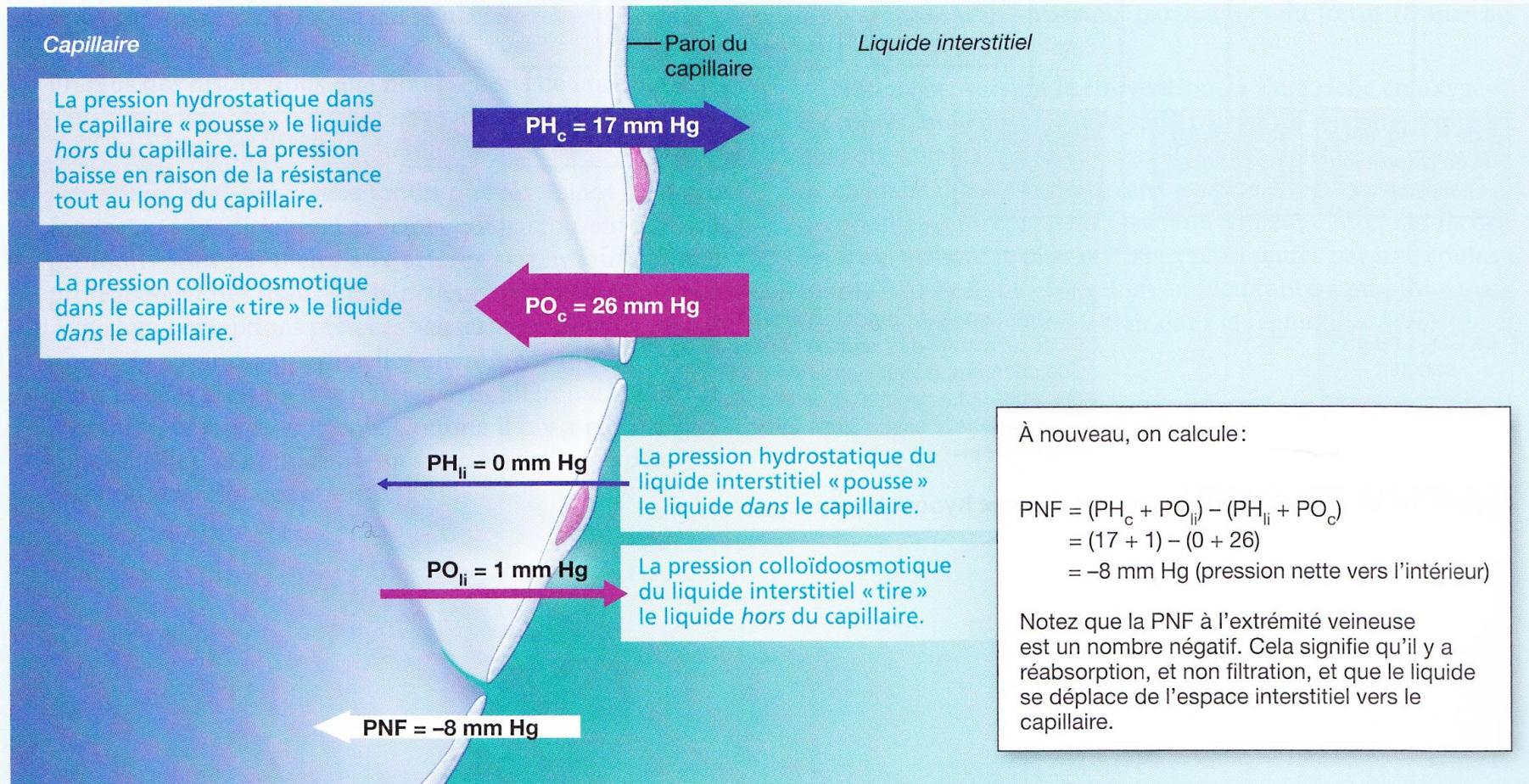
Filtration nette à l'extrémité artérielle d'un capillaire.



Echange d'eau à travers la paroi des capillaires

Forces de Starling

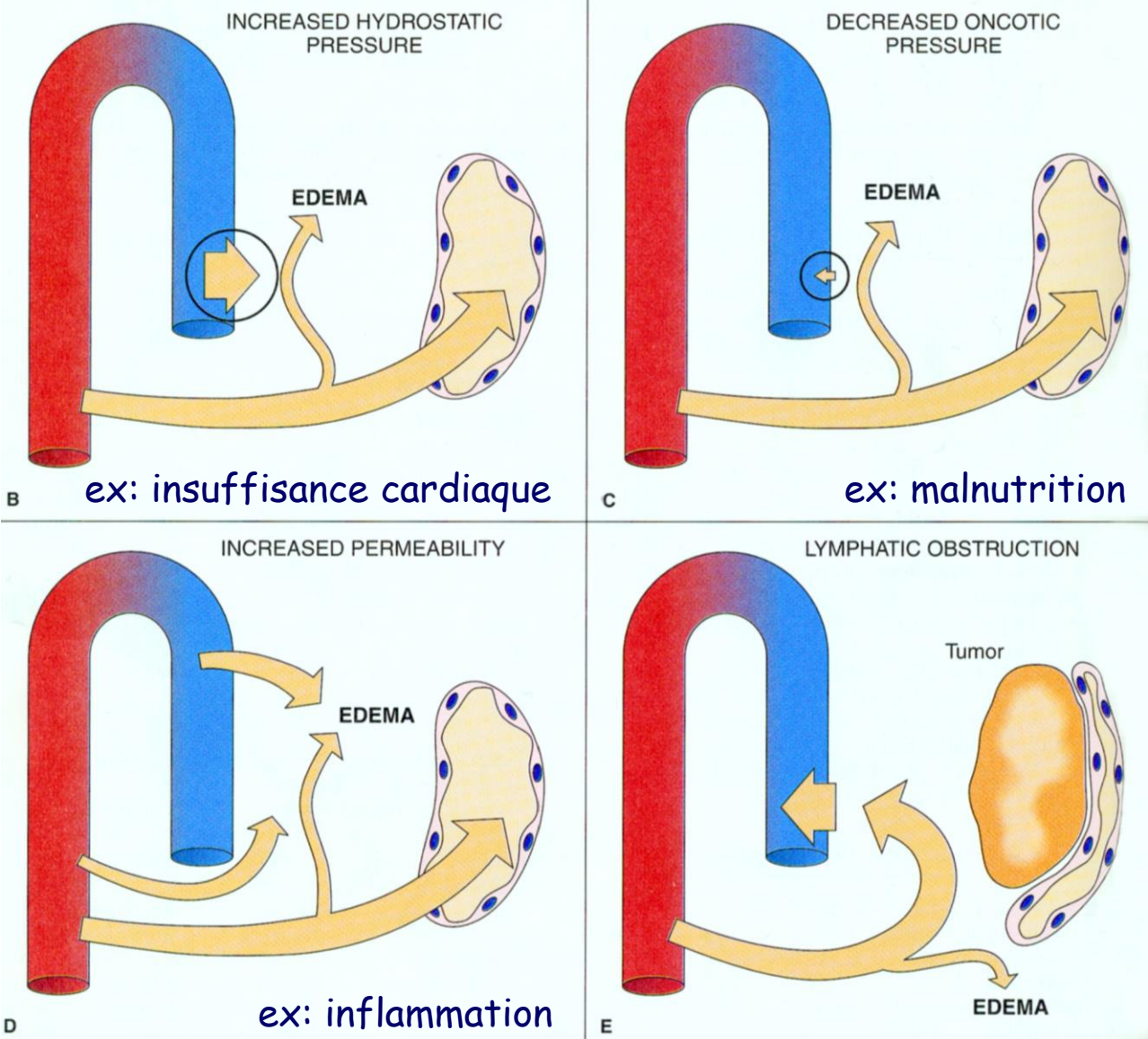
Réabsorption nette à l'extrémité veineuse d'un capillaire.



L'oedème

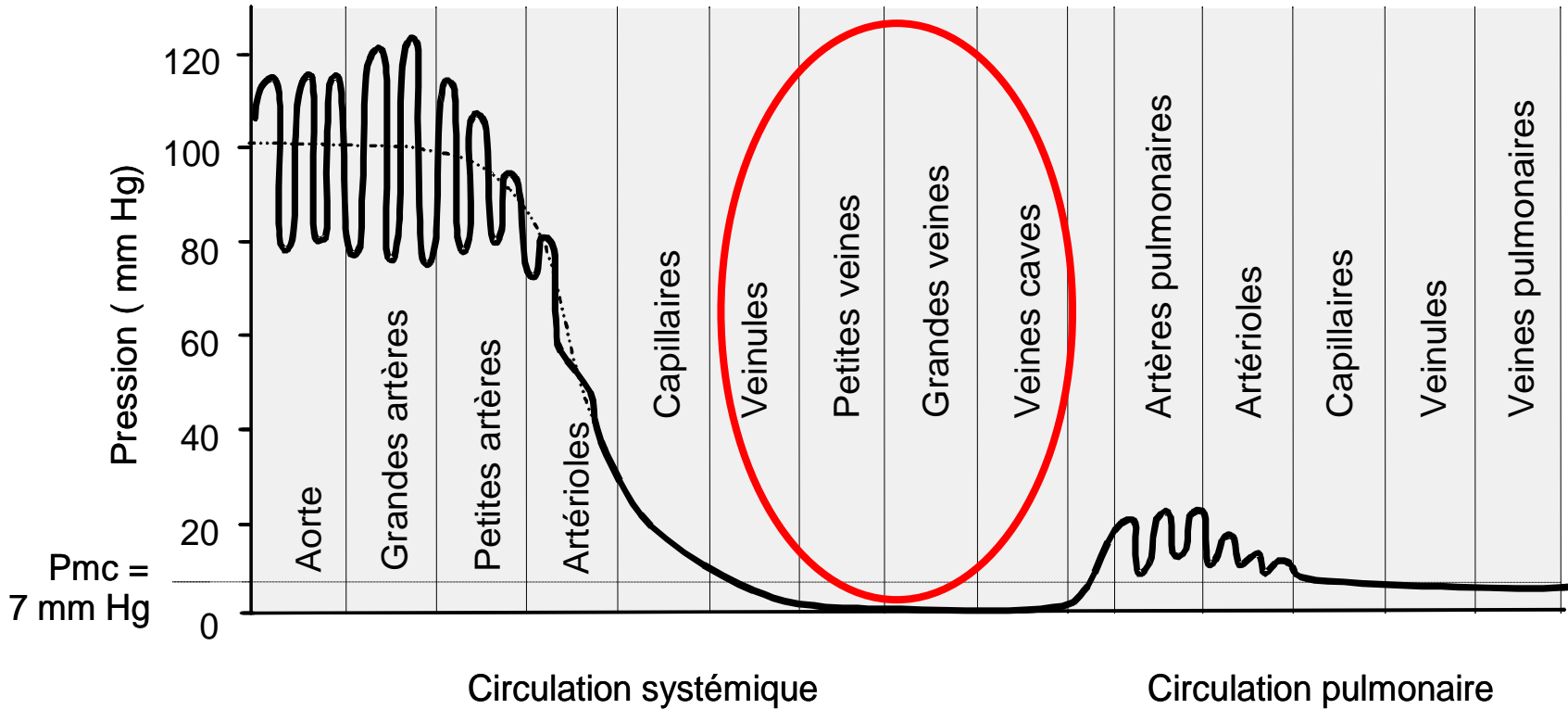


Etiologie des oedèmes

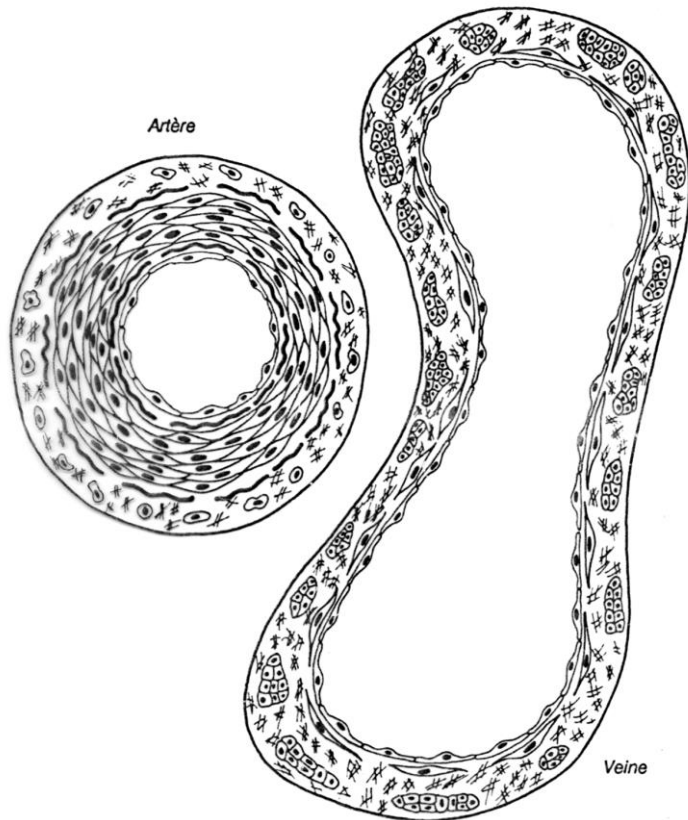


From "Rubbin, Pathology, 3rd edition"

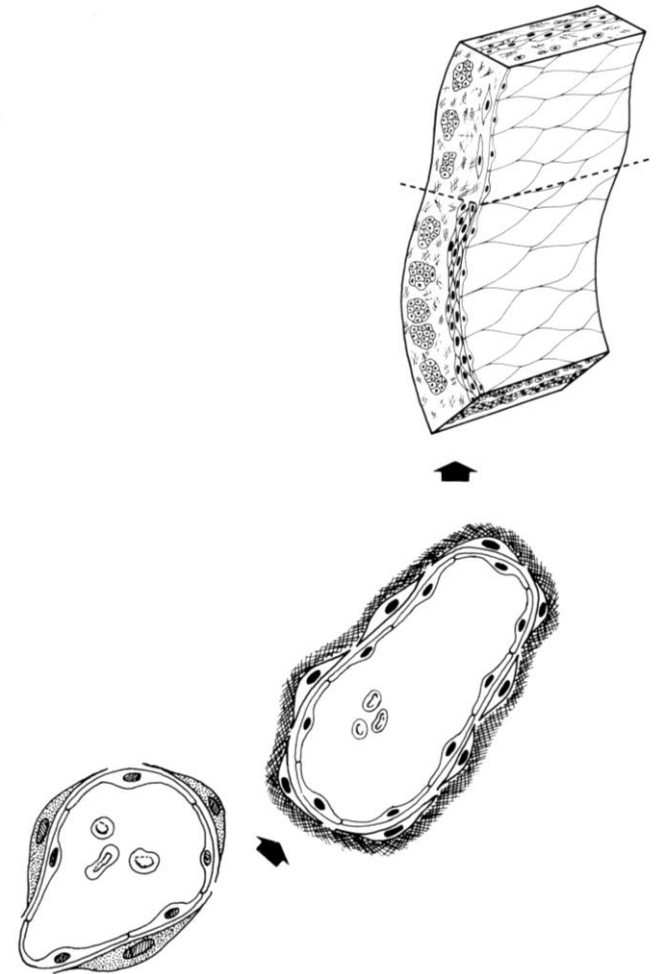
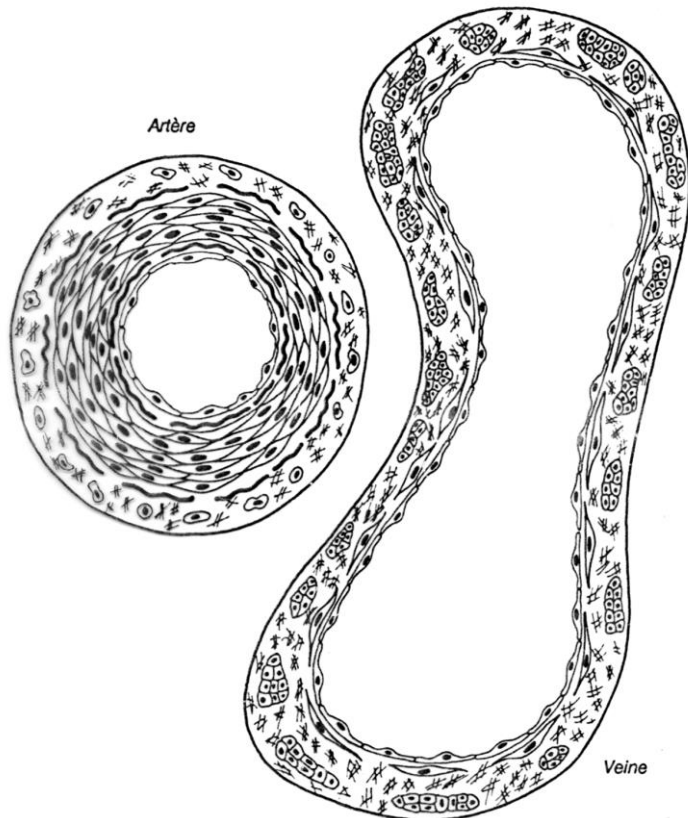
Vaisseaux capacitifs - veines



Systeme veineux



Système veineux



Systeme veineux

Vaisseaux distributeurs

Vaisseaux résistifs

Vaisseaux échangeurs

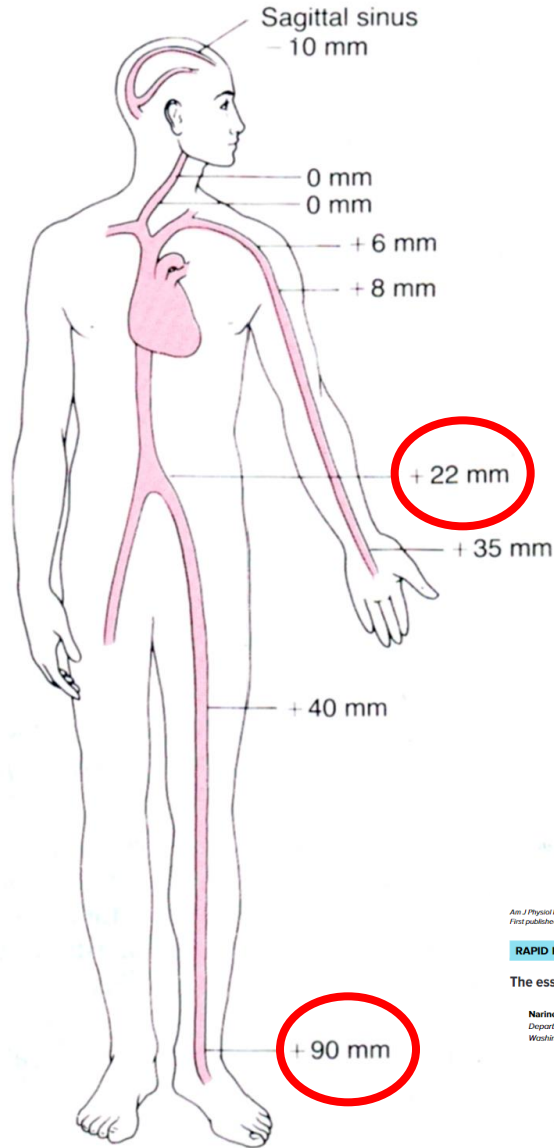
Vaisseaux collecteurs

Vaisseaux capacitifs

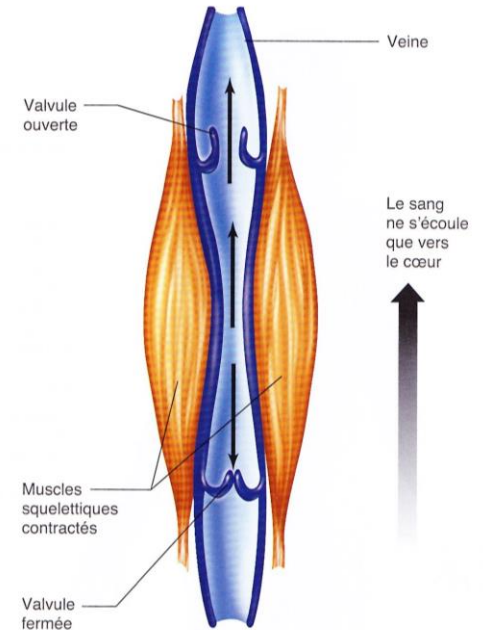
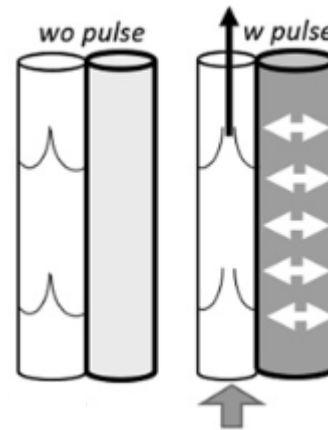
	aorta	artery	arteriole	precapillary sphincter	capillary	postcapillary venule	muscular venule	vein	vena cava
cross-section (not drawn to scale)									
lumen diameter	25 mm	4 mm	30 μm	35 μm	8 μm	20 μm	20 μm	5 mm	30 mm
wall thickness	2 mm	1 mm	20 μm	30 μm	1 μm	2 μm	2 μm	0.5 mm	1.5 mm
endothelium									
elastic tissue									
smooth muscle									
fibrous tissue									

Vaisseaux capacitifs

Guyton: Textbook of Medical Physiology, 1981



Veines → >60-65% du volume sanguin



AMERICAN JOURNAL OF PHYSIOLOGY
REGULATORY, INTEGRATIVE AND COMPARATIVE PHYSIOLOGY

RAPID REPORT

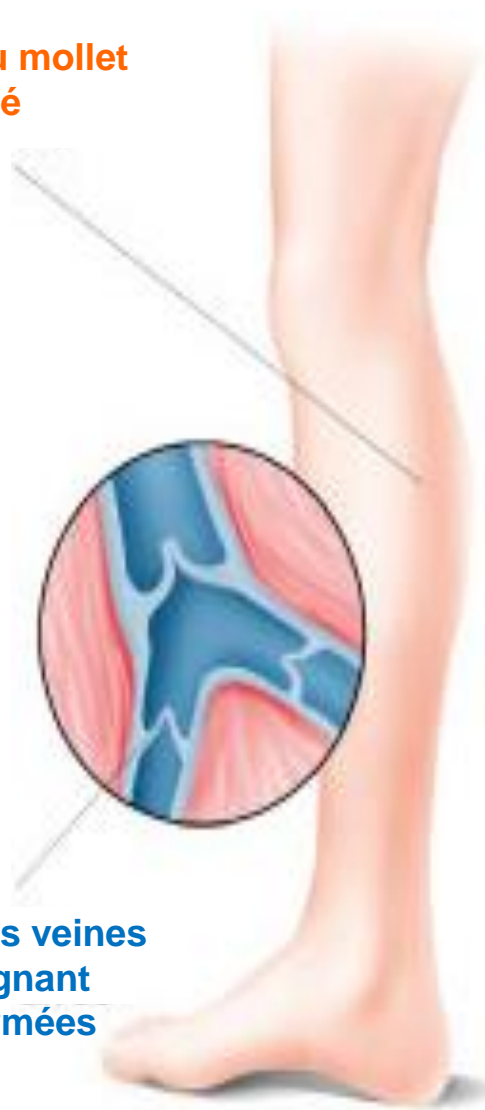
The essential role of arterial pulse in venous return

Narine M. LeFevre and Narine Sarvazyan
Department of Pharmacology and Physiology, School of Medicine and Health Sciences, The George Washington University, Washington, District of Columbia

Vander: Physiologie humaine, 2013

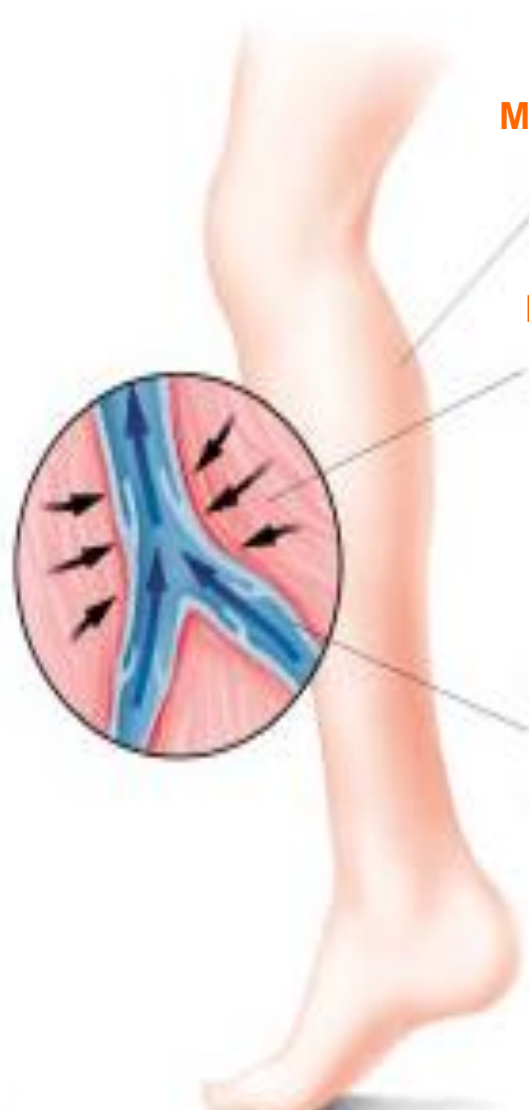
La pompe musculo-veineuse

Muscles du mollet
relaxé



Dilatation des veines
Sang stagnant
Valves fermées

Muscles du mollet
contracté

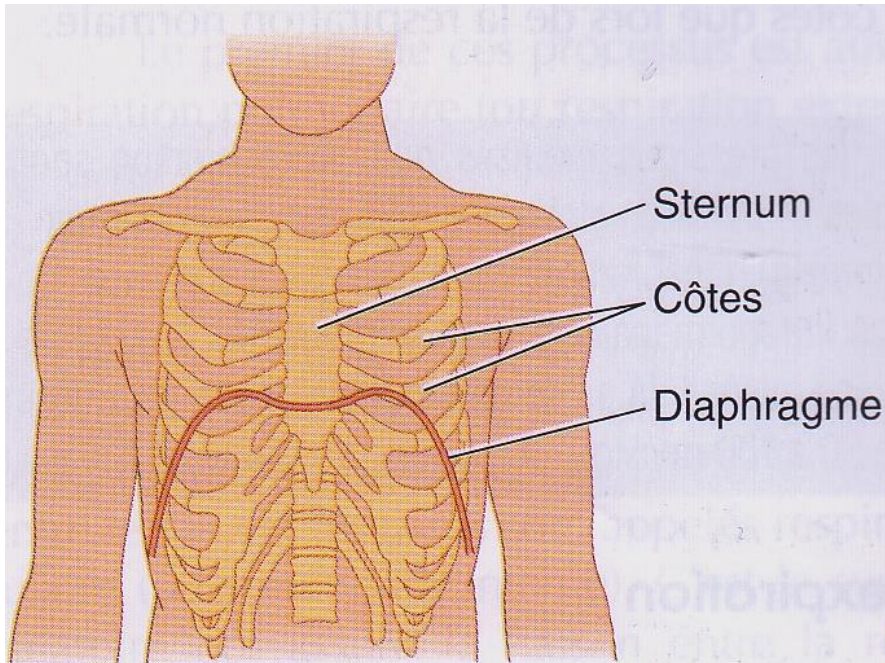


Muscles compriment
les veines

Constriction des veines
Flux sanguin
Valves ouvertes

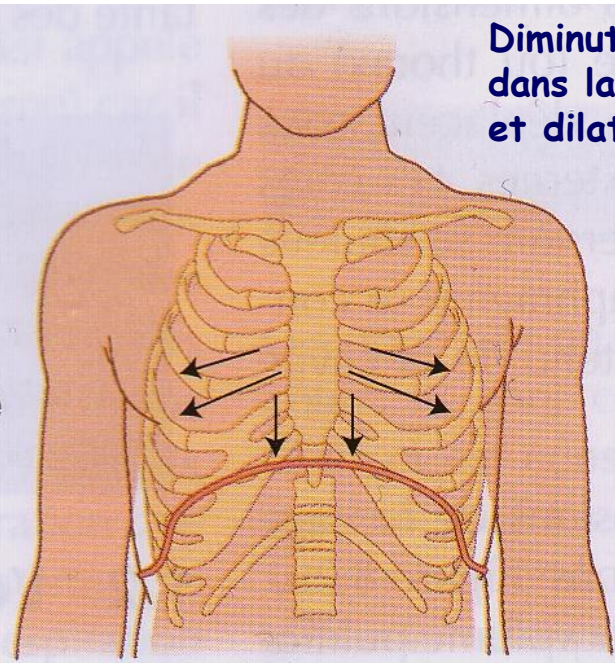
La pompe respiratoire

Expiration



a

Inspiration



b

Diminution de la pression dans la cage thoracique et dilatation des veines.

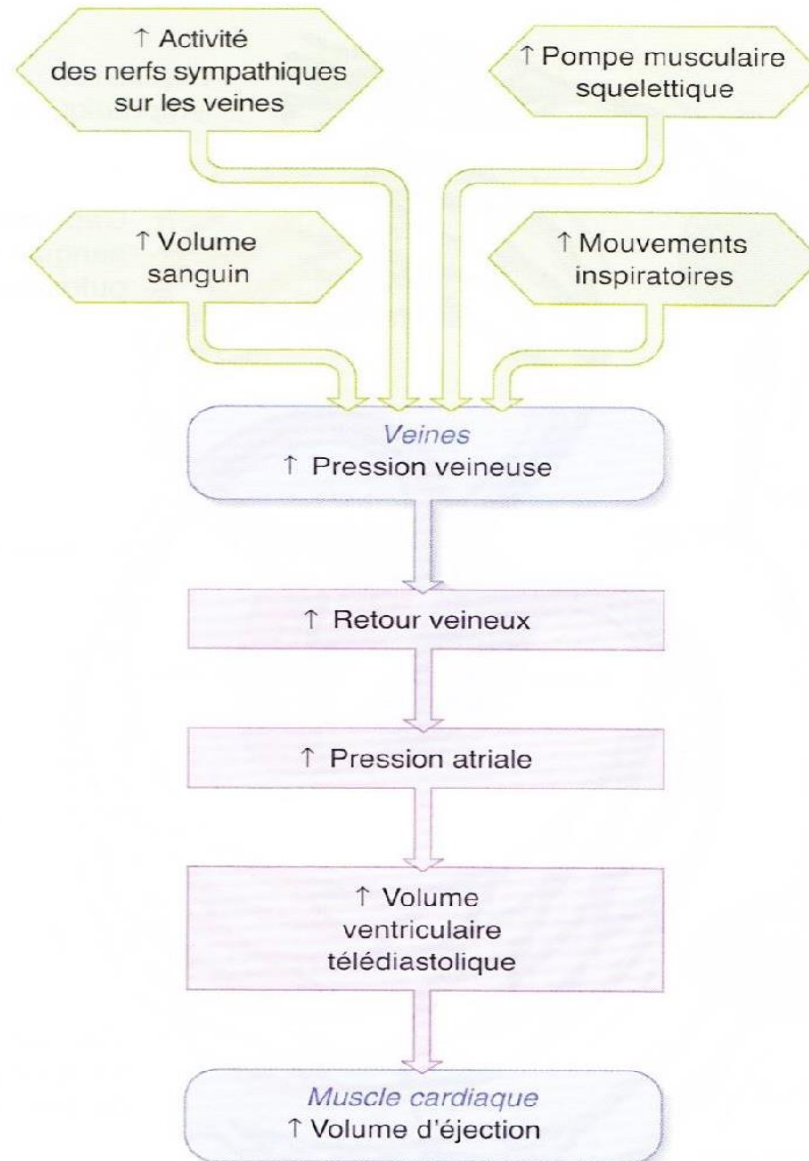


Augmentation retour veineux



Compression des veines de l'abdomen par les organes.

Déterminants de la pression veineuse



Insuffisances veineuses

oedèmes, syncope



Syncope: perte soudaine et transitoire de connaissance et du tonus postural, de récupération spontanée (environ 5-10s)...

- ↘ retour veineux (précharge)
- ↓
- ↘ volume éjection systolique
- ↓
- ↘ débit cardiaque
- ↓
- ↘ pression artérielle moyenne
- ↓
- ↘ débit cérébral

Insuffisances veineuses varices

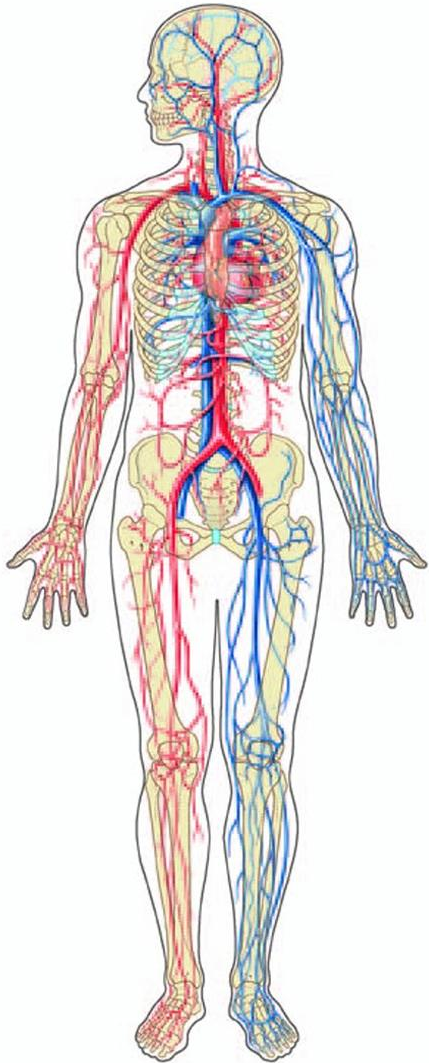
20 à 30% de la population

Après 40 ans:
• 1/5 femmes
• 1/15 hommes

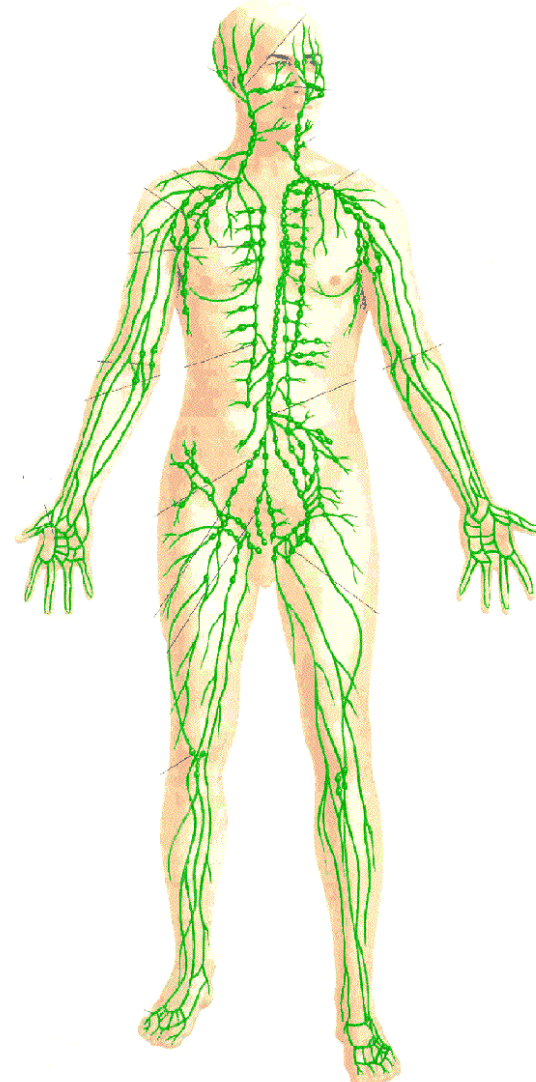
Symptômes:
• Douleur
• Lourdeur
• Gonflement



Systeme lymphatique



**Systeme vasculaire
sanguin**

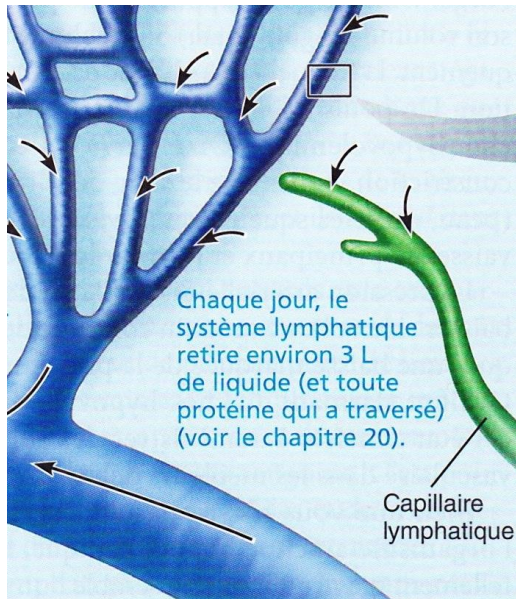


**Systeme vasculaire
lymphatique**

Fonctions physiologiques des vaisseaux lymphatiques

1. Equilibre des fluides

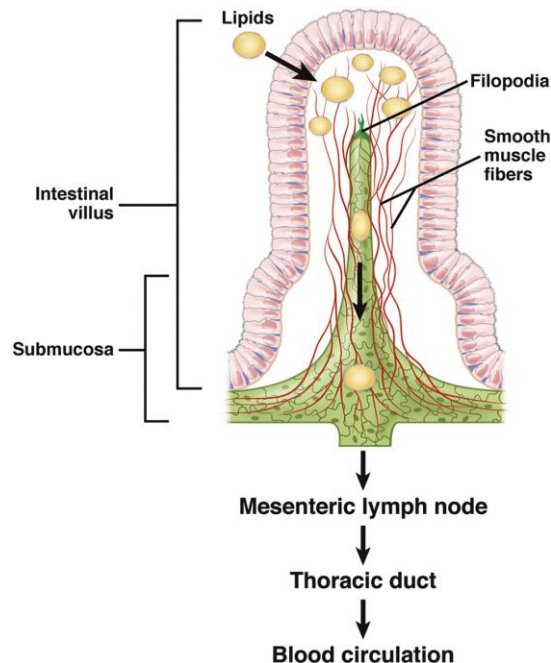
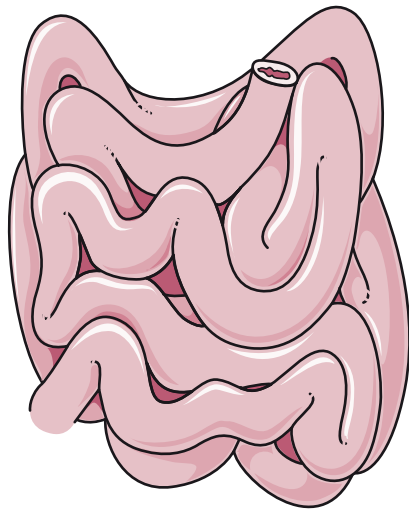
Les vaisseaux lymphatiques drainent l'eau, les macromolécules et les cellules de l'interstitium et les retournent dans la circulation sanguine



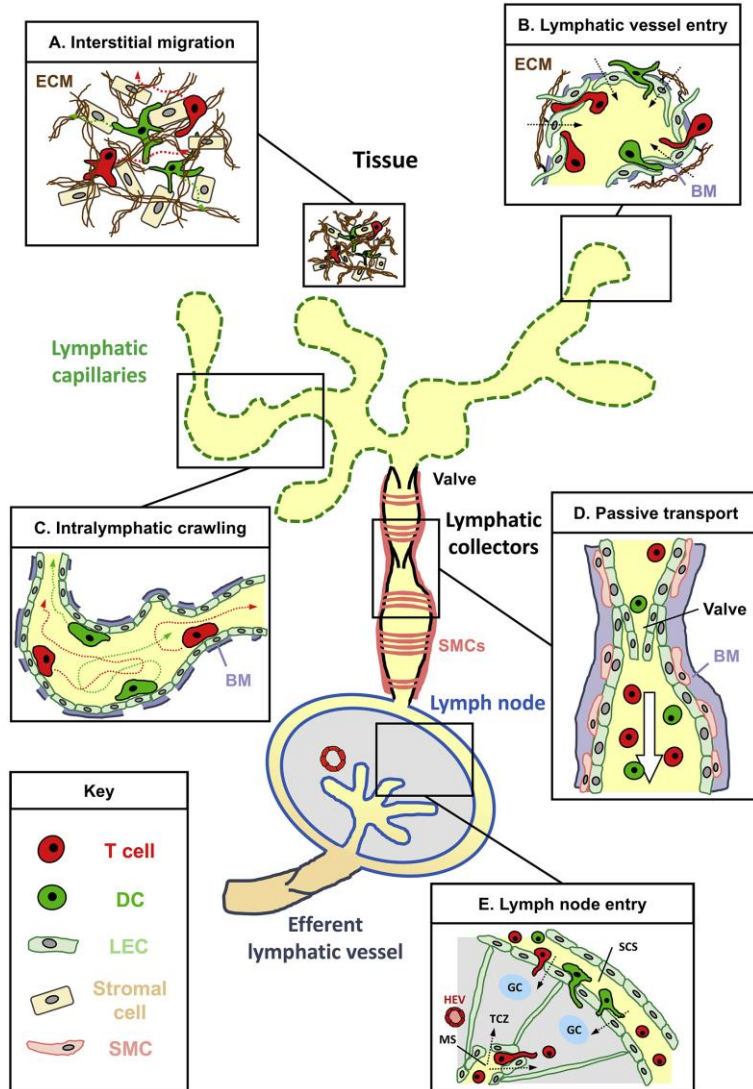
Fonctions physiologiques des vaisseaux lymphatiques

2. Absorption des graisses

Les vaisseaux lymphatiques de l'intestin grêle (vaisseaux chylifères transportant la chyle) sont responsables du transport des graisses alimentaires et de certaines vitamines



Fonctions physiologiques des vaisseaux lymphatiques

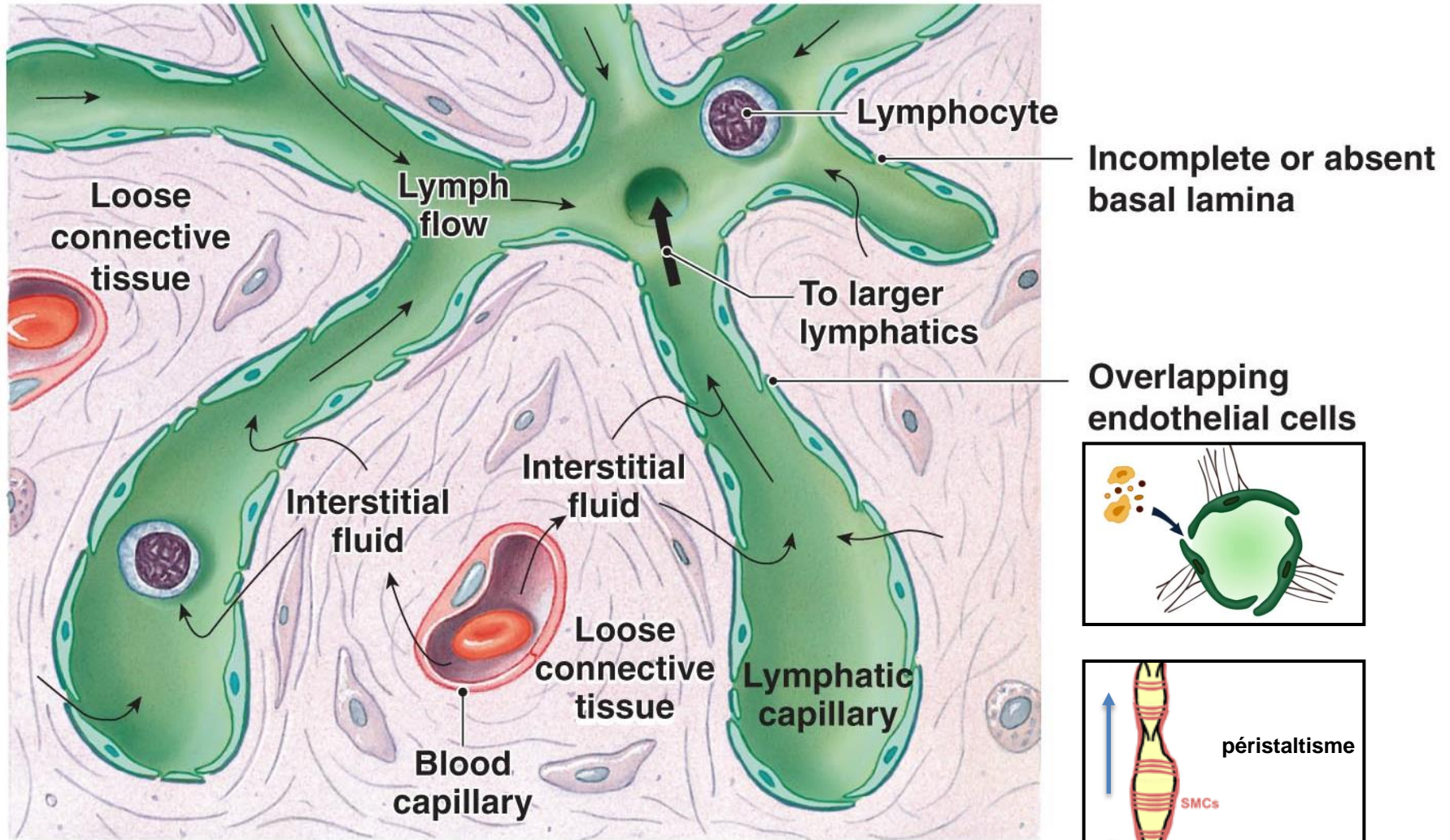


3. Réponse immunitaire

Les vaisseaux lymphatiques transportent les cellules immunitaires des tissus aux ganglions lymphatiques:

- défense contre les infections
- résolution des inflammations

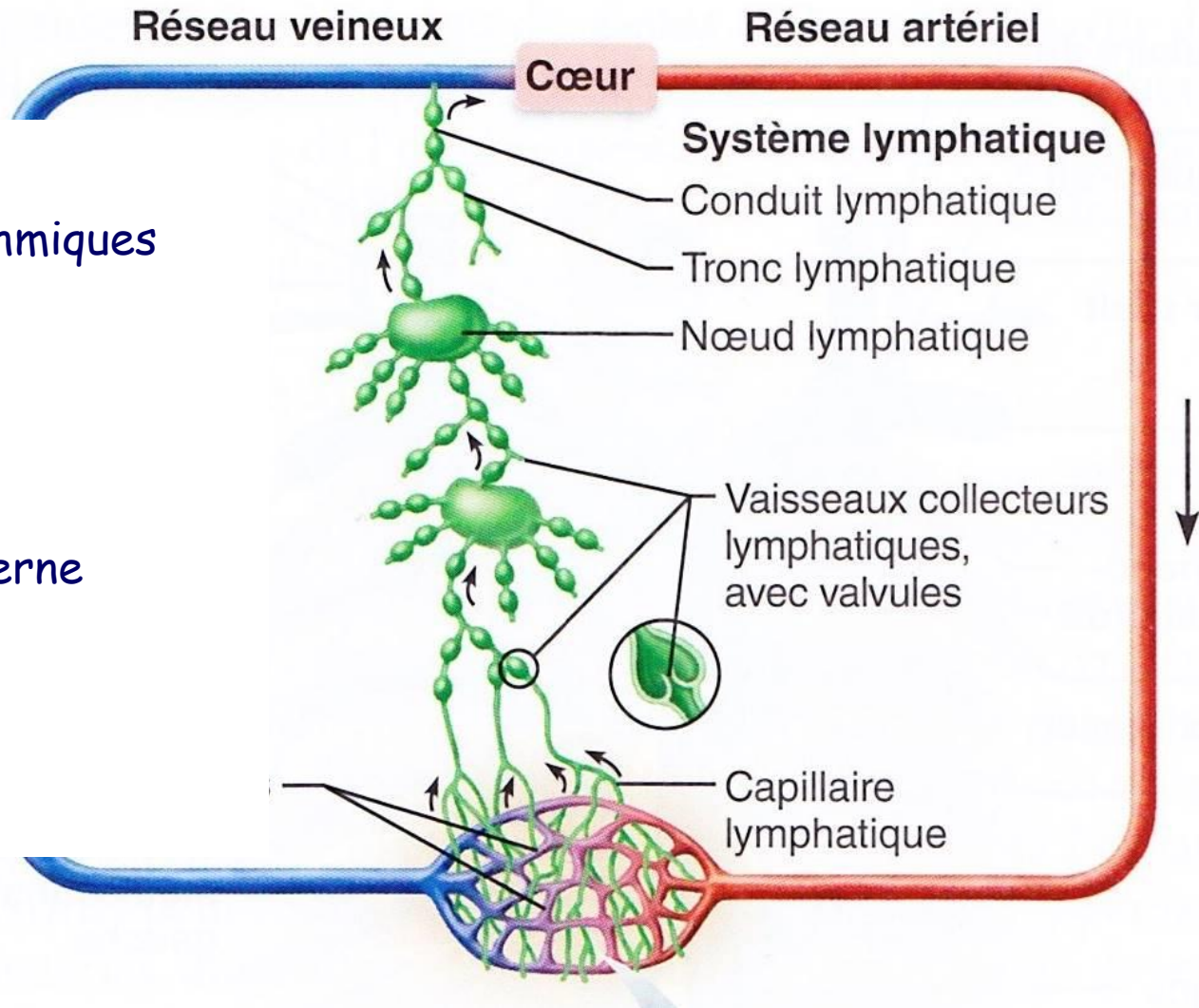
Structure des capillaires lymphatiques



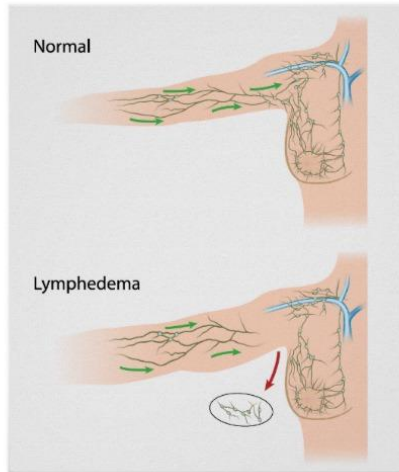
Vaisseaux lymphatiques

Flux par:

- Contractions rythmiques
 - mouvement
 - musculaire
 - artérielle
- Compression externe
- Unidirectionnel



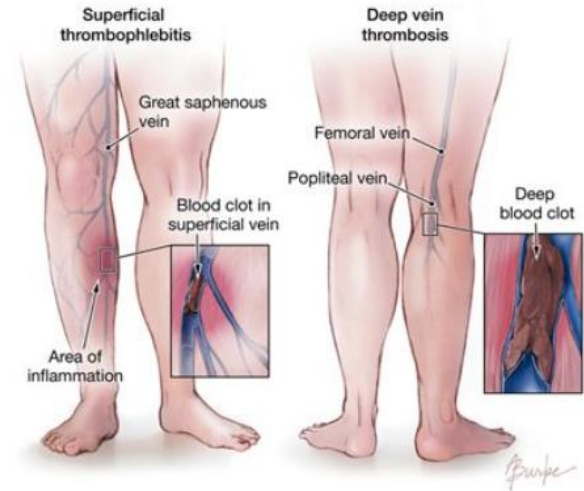
Oedèmes focaux



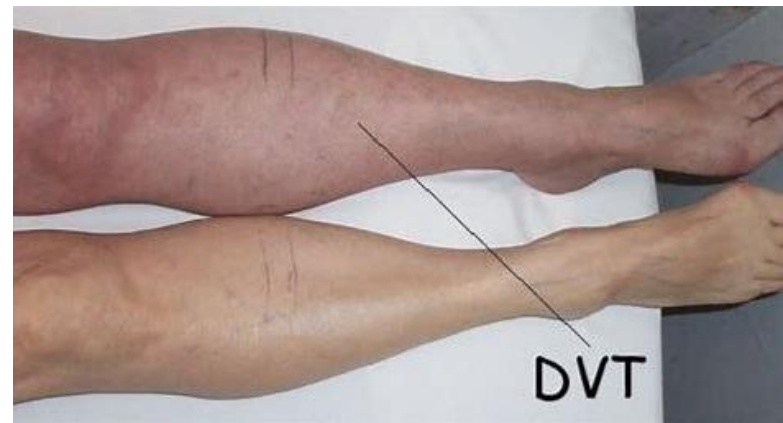
**Blanc / froid / non douloureux
ne prend pas forcément le godet**



**lymphoedème secondaire
du membre supérieur**

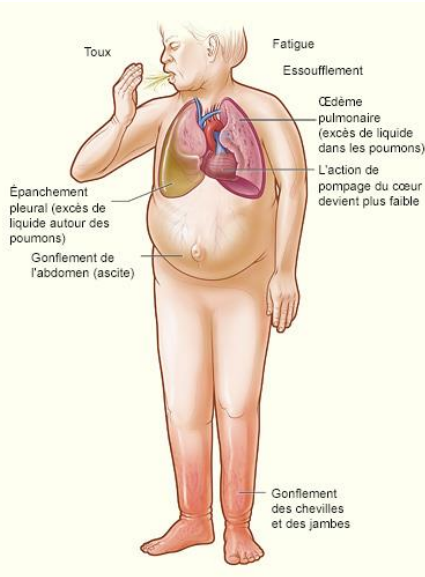


**Rouge / chaud / douloureux
prend le godet**



**oedème secondaire
à une thrombose veineuse**

Différents oedèmes



**Dermite ocre
Godet +**

**Insuffisance
cardiaque**

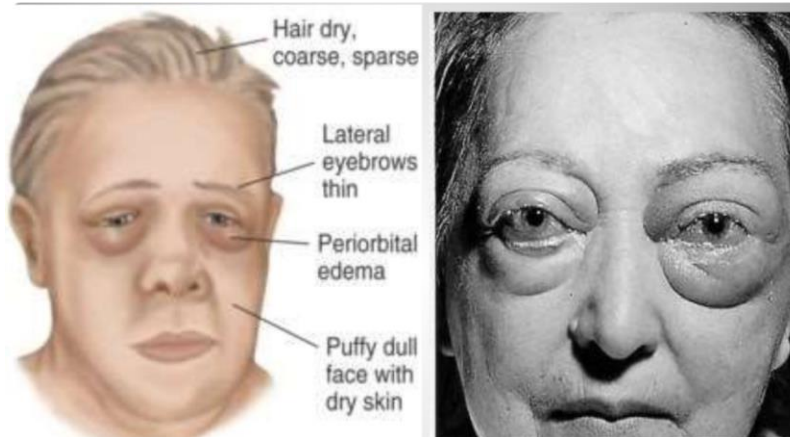
Les différentes stades de l'insuffisance veineuse



Dermite ocre sur insuffisance veineuse



angioedème



myxoedème



lipoedème

Concepts essentiels

- L'effet Windkessel
- La compliance
- Pression artérielle différentielle systémique v syst-diast
- Reynold et flux laminaire et turbulent?
- La force de Starling
- Le retour veineux
- Le système lymphatique
- Les diverses formes d'oedème