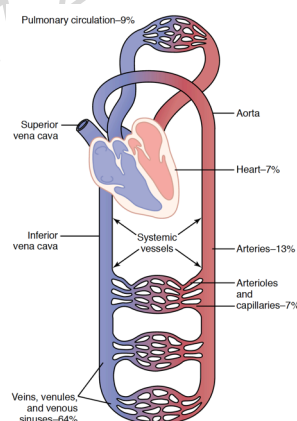


PHYSIOLOGIE CARDIO VASCULAIRE

Bases de physiologie cardiovasculaire



Pr G. LEFTHERIOTIS
2017-2018



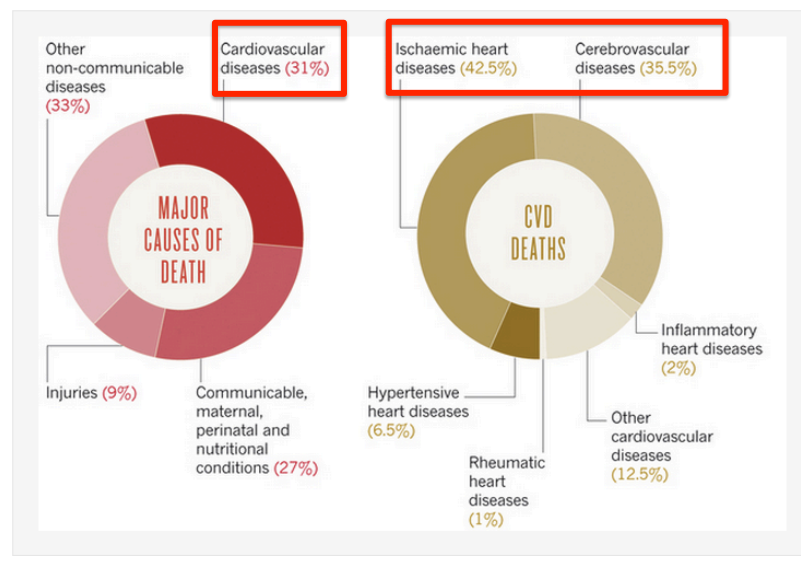
préambule

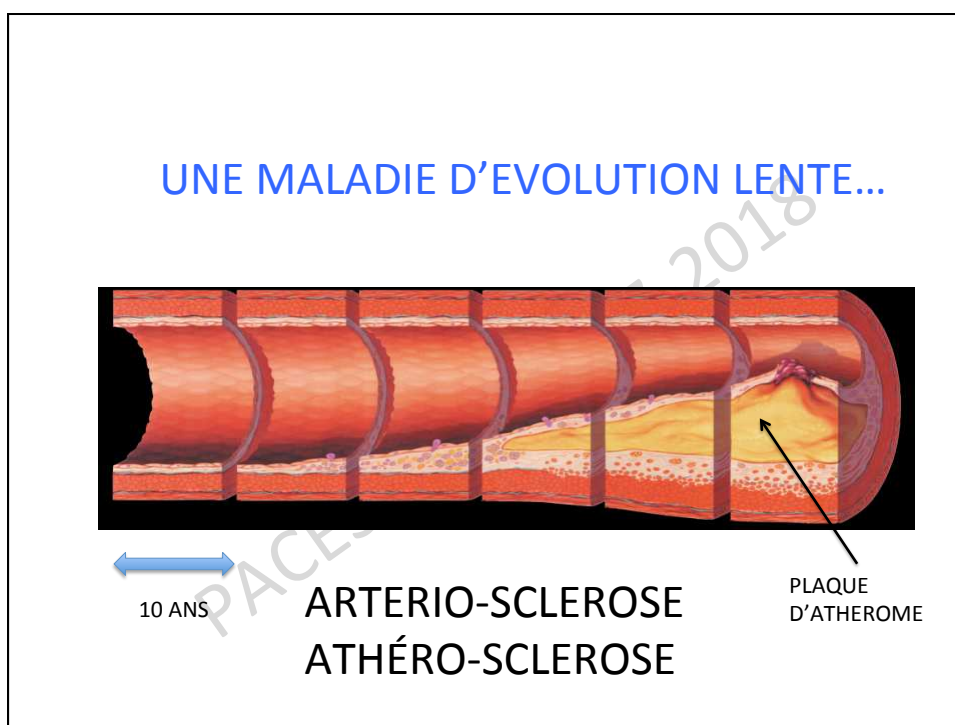
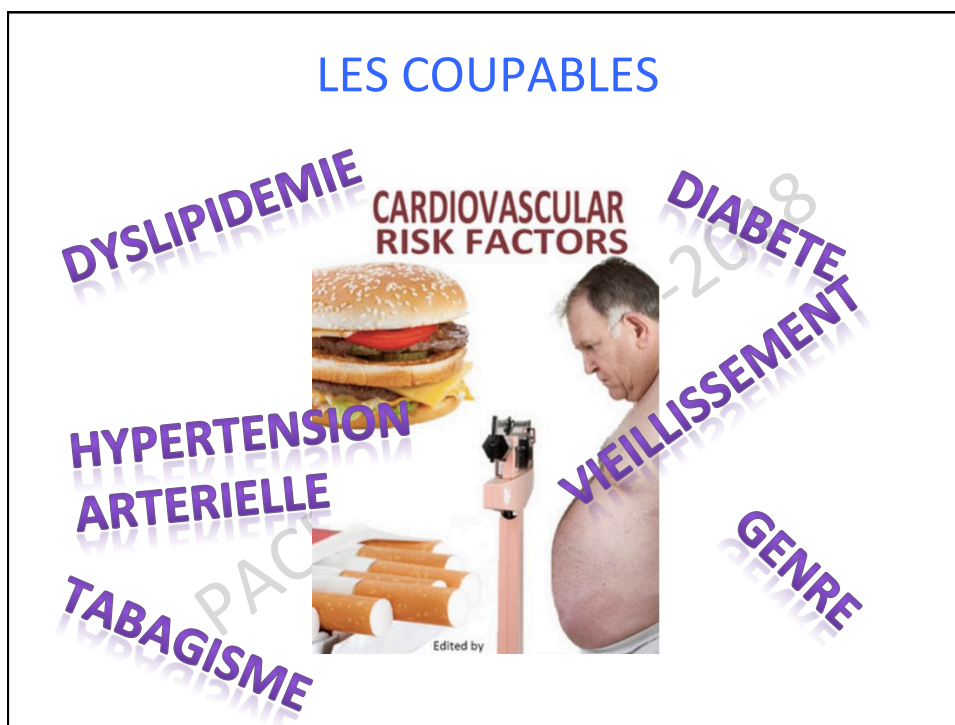
- Attention: certaines photos ou schéma de ce cours sont soumis à droits d'auteurs et ne peuvent donc pas être reproduit sans l'autorisation de leurs auteurs
- Les mots en rouge sont les mots clés indispensables à connaître

INTRODUCTION

3

LE “FARDEAU” des MALADIES CV

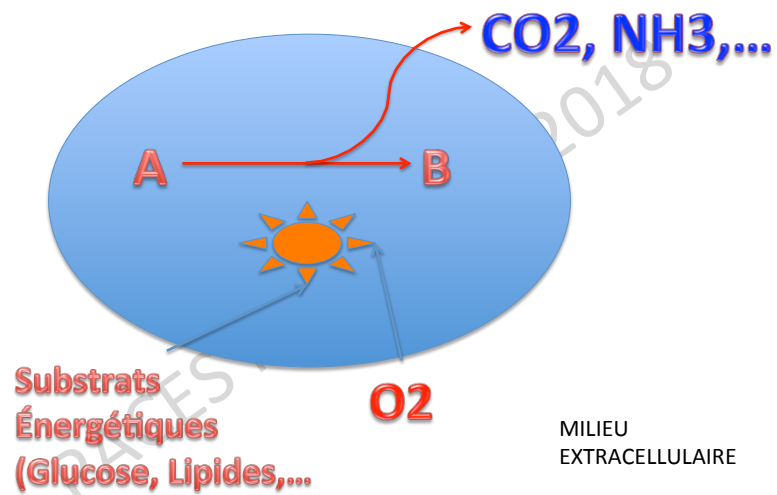


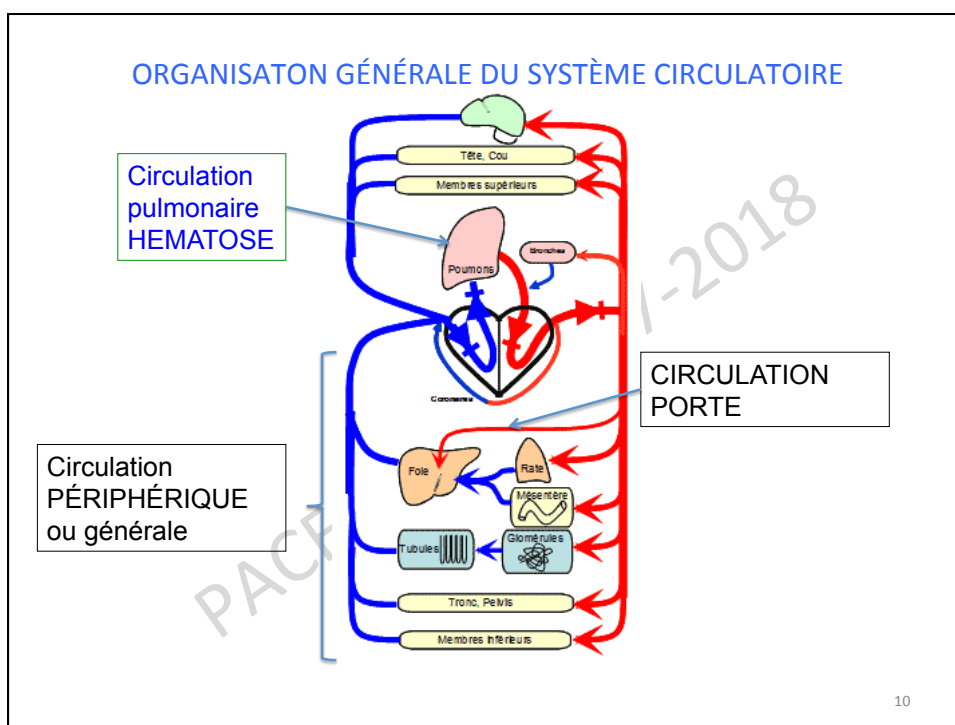
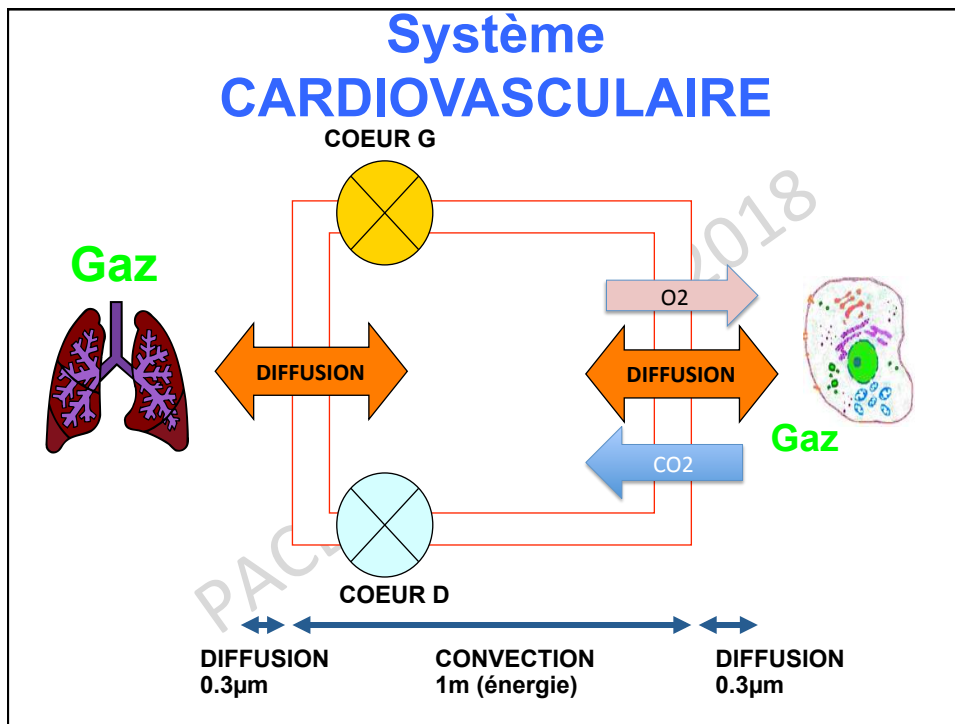


LES BASES DE LA PHYSIOLOGIE CARDIO-VASCULAIRE

7

METABOLISME CELLULAIRE





Organisation anatomique du circuit vasculaire

• Macrocirculation

– RÉSEAU DE DISTRIBUTION

• ARTERES:

- DISTRIBUTION DU SANG AUX ORGANES
- DIAMETRE $> 200\mu\text{m}$

• VEINES

- RETOUR DU SANG AU CŒUR DROIT
- SYSTÈME CAPACITIF (70% du volume circulant)

• Microcirculation

– RÉSEAU D'ÉCHANGE et de RÉPARTITION

- artérioles ($< 200\mu\text{m}$) + capillaires
 - = RÉSEAU RESISTIF +++
- veinules

11

Un système en perpétuelle adaptation...

SE MOUVOIR



PENSER



DIGERER



GROSSESSE



ENVIRONNEMENTS EXTRÊMES



12

Régulation du système cardio-vasculaire

13

Répartition du débit sanguin (1)

- Système en **circuit fermé**
 - Le **volume** est **constant**
 - **Débit** assuré grâce au **gradient de pression** Artère->Veines
- **Adaptation à la demande et aux fonctions**
 - Les organes ont des activités métaboliques différentes à des moments différents
 - Il faut assurer en permanence un apport de nutriment et évacuer les « déchets métaboliques » en fonction des besoins

14

Régulation cardio-vasculaire (2)

- Objectif: Adapter le débit sanguin aux besoins métaboliques
 - Modification de la répartition des débits sanguins en fonction des besoins
 - Apport en O₂ et nutriments
 - Physiologique: Ex: digestion et effort physique
 - Pathologique: Ex: hémorragie
 - Maintenir un gradient de pression Artères/Veines
 - Pression Artérielle Moyenne +++
 - Maintenir le volume circulant constant (homéostasie)
 - Régulation de la volémie: H₂O et NaCl

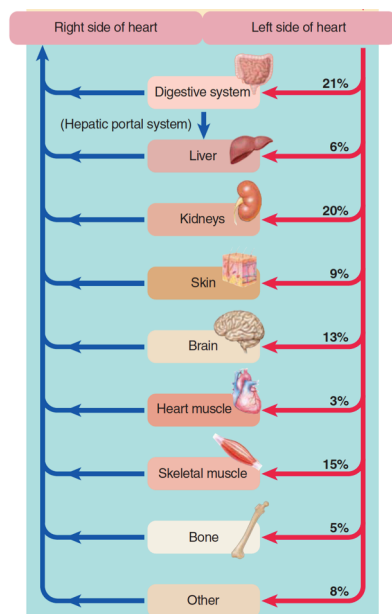
15

Régulation cardio-vasculaire (3)

- Pression artérielle et débit
 - $PA(\text{moyenne}) = \text{DEBIT CARDIAQUE} \times \text{RESISTANCES}$
 - DEBIT CARDIAQUE DEPENDS DE:
 - FREQUENCE CARDIAQUE
 - CONTRACTILITÉ CARDIAQUE
 - REMPLISSAGE DES CAVITÉS CARDIAQUES
 - RESISTANCES PERIPHERIQUES DEPENDS DE:
 - DIAMETRE DES VAISSEAUX
 - Volume circulant (Volémie)
 - REIN
 - Régulation des entrées/pertes d'eau et de NaCl
 - SOIF

16

Répartition du débit systémique



D'après « Human Physiology, from cells to systems 7th edition, Lauralee Sherwood

17

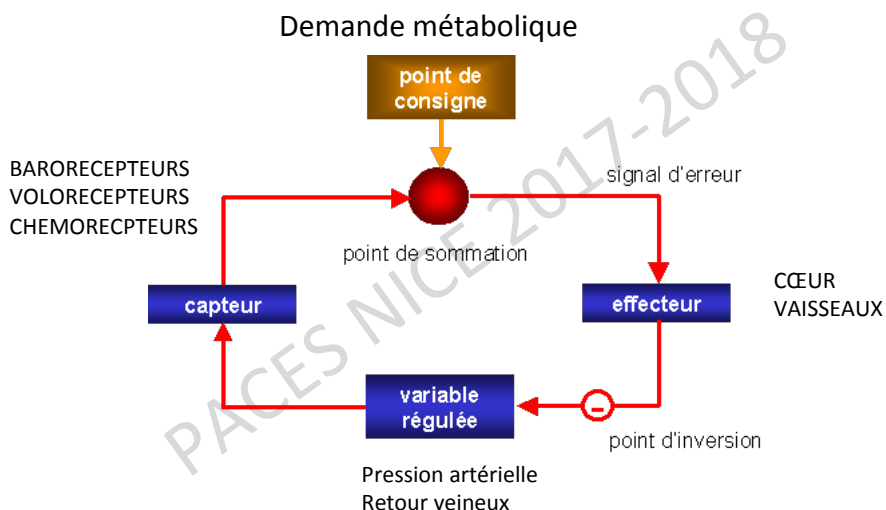
→ **AJUSTEMENT DU DEBIT CIRCULATOIRE**

→ **PRESSION**

→ **VOLUME CIRCULANT**

→ **AJUSTEMENT de la distribution locale par ajustement permanent des résistances vasculaires**

Organisation du système de régulation



18

Régulation cardio-vasculaire (4)

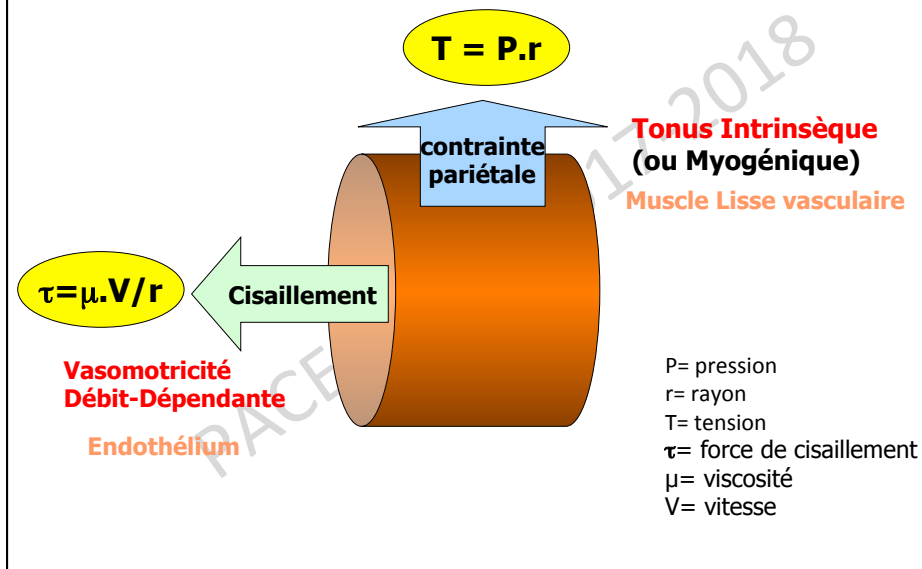
- **Organisation spatiale et temporelle**
 - **Spatiale**
 - **Locale**: régulation intrinsèque du vaisseau
 - **Régionale**: régulation au niveau d'un segment (membre,...)
 - **Centrale**: régulation au niveau de l'organisme entier (Pression artérielle)
 - **Temporelle**
 - **Court terme** (minutes): système **baroréflexe**
 - **Moyen terme** (heures/jours): **hormonal** (médullosurrénale et système rénine-angiotensine)
 - **Long terme** (jours/mois): **REIN**

19

REGULATION LOCALE
PROPRIETES INTRINSEQUE ET
LOCALE DU VAISSEAU

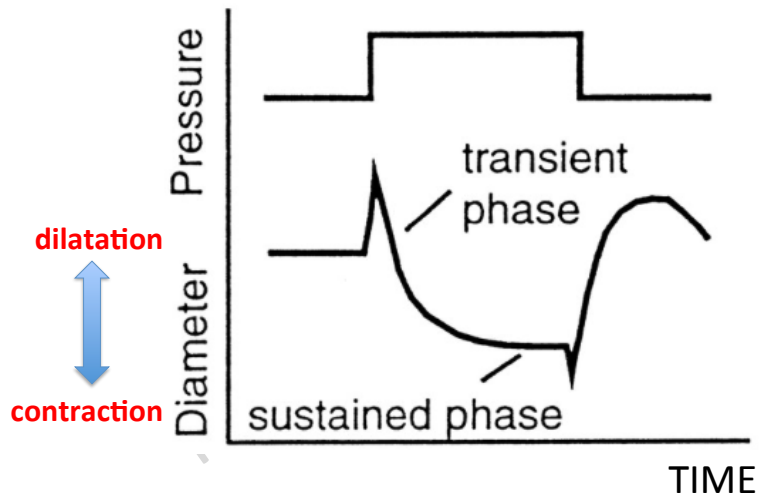
20

Contraintes vasculaires locales



REGULATION LOCALE
PRESSION

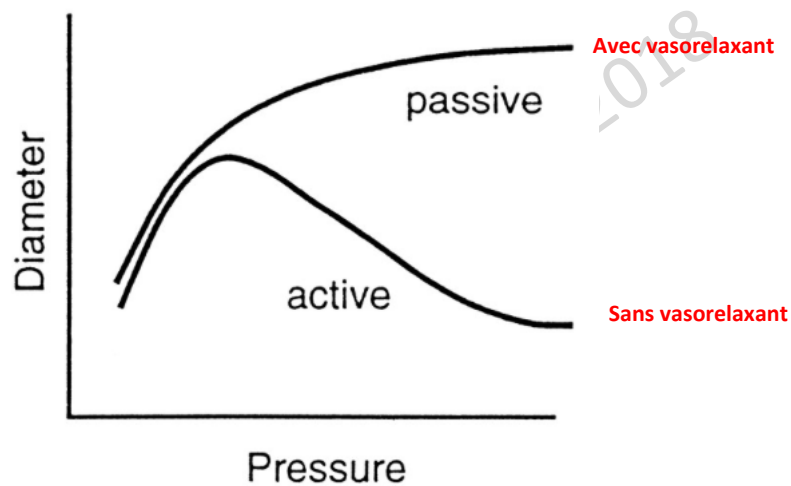
Tonus intrinsèque (=myogénique) (1)



Physiological Reviews 1999 Vol. 79 no. 2, 387-423

23

Tonus myogénique (2)



Physiological Reviews 1999 Vol. 79 no. 2, 387-423

24

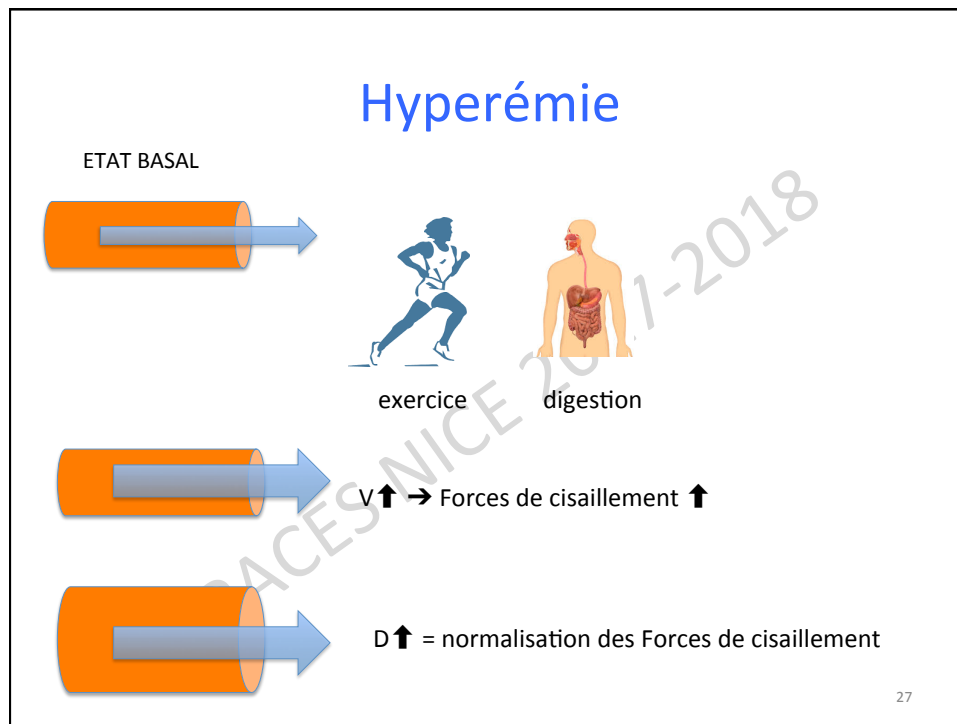
Tonus intrinsèque/myogénique

- Capacité d'un vaisseau isolé à **se contracter** en réponse à une **augmentation locale de pression** (= effet Bayliss)
- Représente environ **40% du tonus** musculaire de base du vaisseau
- Prédomine dans les **artères de résistance**
- Phénomène dynamique = **délai d'activation**

25

FORCES DE CISAILLEMENT

26



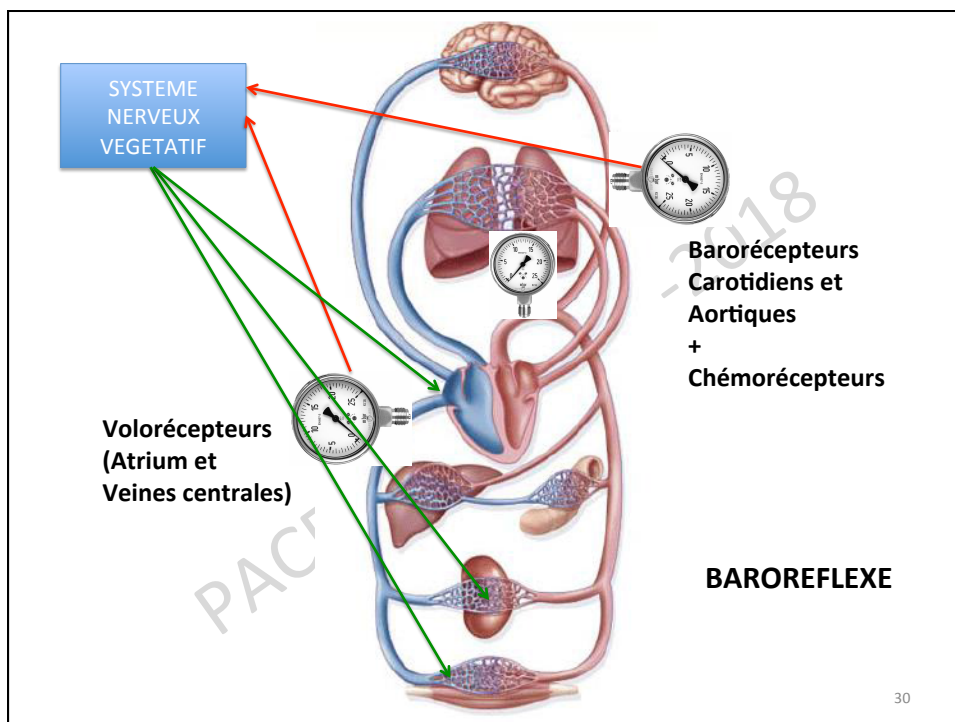
Régulation cardio-vasculaire (4)

- **Organisation spatiale et temporelle**
 - **Spatiale**
 - **Locale**: régulation intrinsèque du vaisseau
 - **Régionale**: régulation au niveau d'un segment (membre,...)
 - **Centrale**: régulation au niveau de l'organisme entier (Pression artérielle)
 - **Temporelle**
 - **Court terme** (secondes/minutes): système **baroréflexe**
 - **Moyen terme** (heures/jours): **hormonal** (médullosurrénale et système rénine-angiotensine)
 - **Long terme** (jours/mois): **REIN**

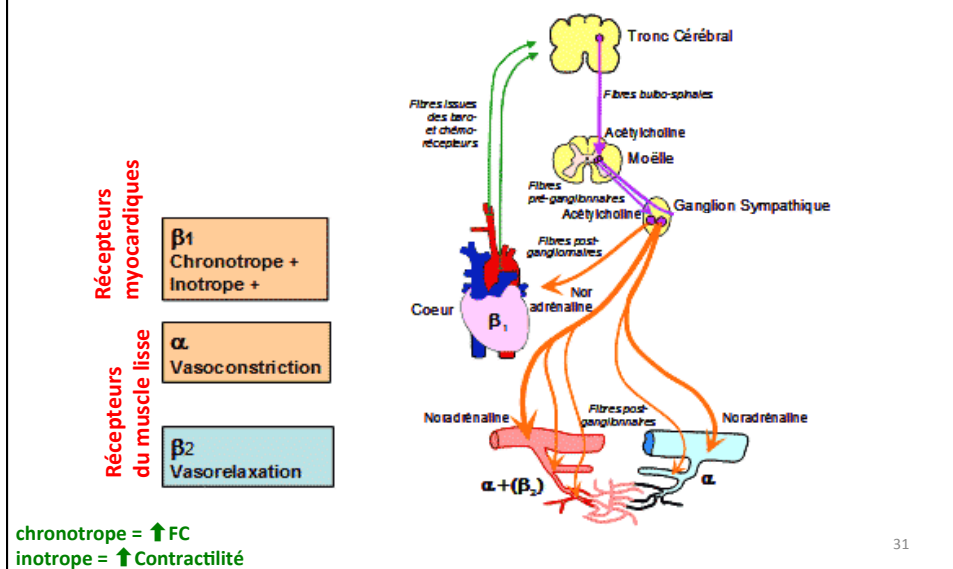
28

REGULATION REGIONALE ET CENTRALE

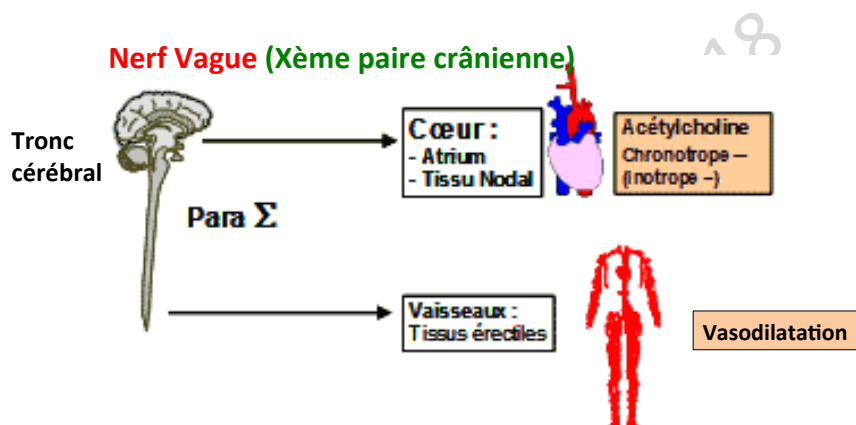
29



Innervation Sympathique



Innervation parasympathique



En dehors des tissus érectiles, il n'y a pas d'innervation parasympathique connue des autres vaisseaux de l'organisme

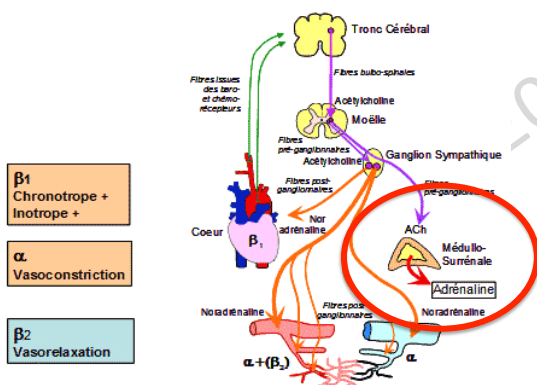
32

Régulation cardiovasculaire à moyen terme

- Système de **régulation neurohumoral**

- Capteur: Baroréflexe
- Effecteur: **MEDULLO-SURRENALE**

- Adrenaline +++
- Relaxant des vaisseaux musculaires



33

Régulation cardiovasculaire à long terme

- **Système Rénine-Angiotensine (+Aldostérone)**

- Régulation de la volémie (et de la pression)

- **Rein :**

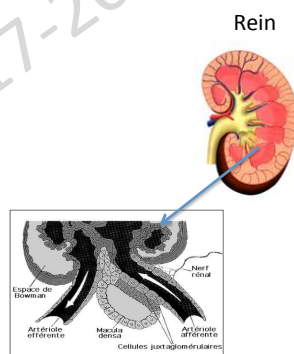
- **Appareil juxta-glomérulaire**

- **Hormones:**

- **Rénine** (App Juxta-glomérulaire)

- **Angiotensine**

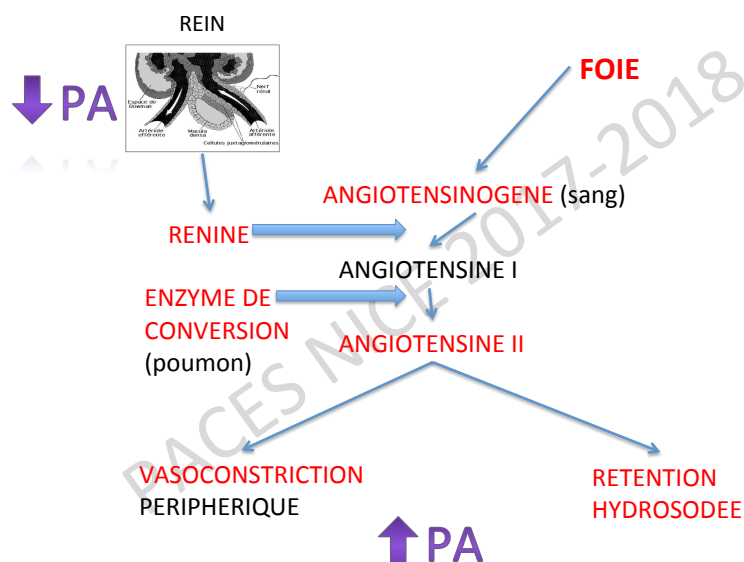
- Vasoconstriction +++
- Rétention du NaCl via **ALDOSTERONE**



Appareil juxta-glomérulaire

34

Système Rénine-Angiotensine

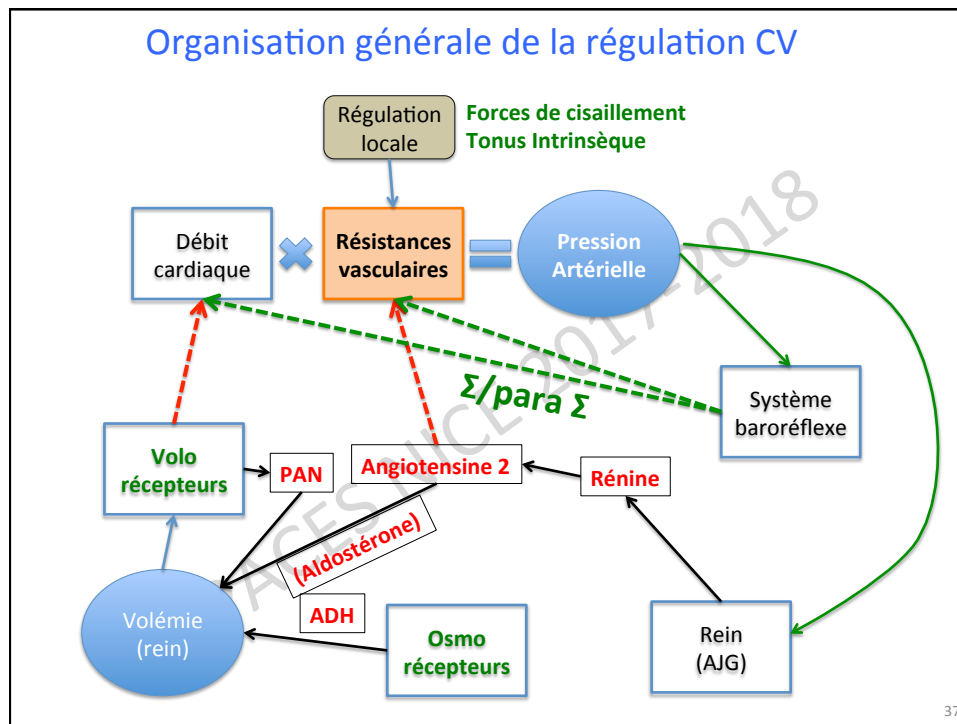


35

Régulation cardiovasculaire à long terme

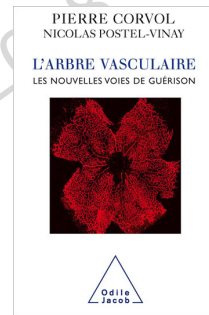
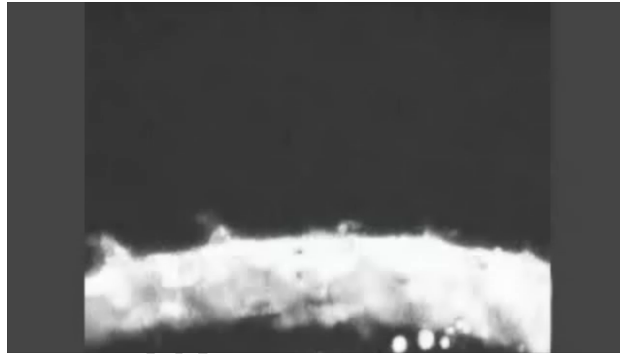
- Régulation du **volume circulant**
- Rein +++: élimination (**diurèse**) ou **rétenion de H₂O et/ou NaCl**
- Régulation hormonale +++
 - **Hormone Anti-diurétique**
 - = ADH (antidiuretic hormon) ou vasopressine
 - **Osmorécepteurs hypothalamiques**
 - **Régulation de la diurèse** +++ par réabsorption de l'eau au niveau du rein
 - Actions sur les vaisseaux
 - **Peptide Atrial Natriurétique (PAN)**
 - Produit par les **myocytes atriaux** en réponse à la pression veineuse (forces de **distension**)
 - Régulation de la réabsorption du **NaCl au niveau rénal** et donc de la diurèse

36

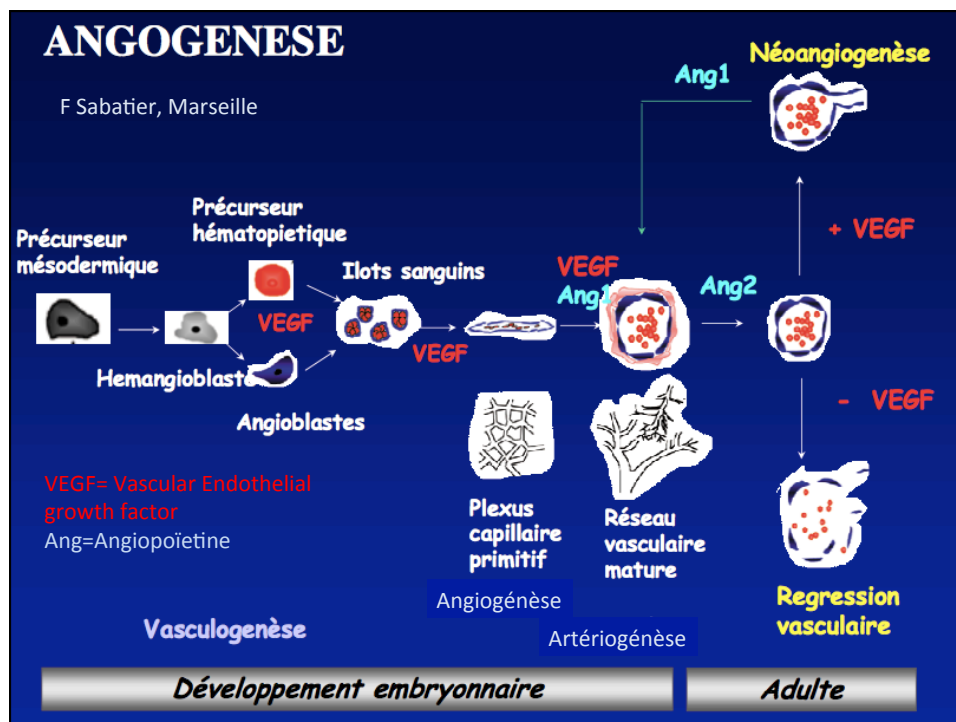


Angiogénèse et Remodelage vasculaire

« L'arbre » vasculaire



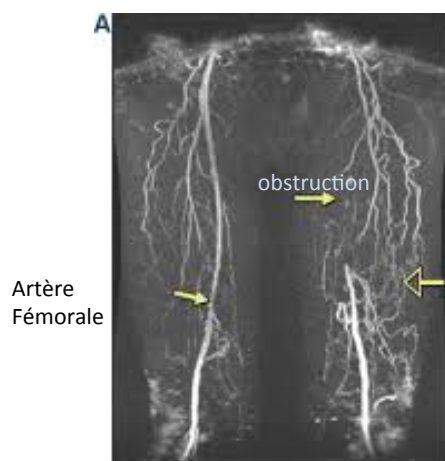
39



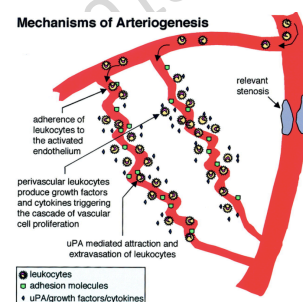
Collatéralisation

- Correspond à un remodelage artériel
- Modification de la structure du vaisseau
 - Diamètre du vaisseau et épaisseur de la paroi artérielle
 - En réponse à un stimulus (ex: augmentation du débit sanguin, hypoxie)

41



Développement d'un réseau collatéral dans le cadre d'une occlusion de l'artère fémorale superficielle gauche

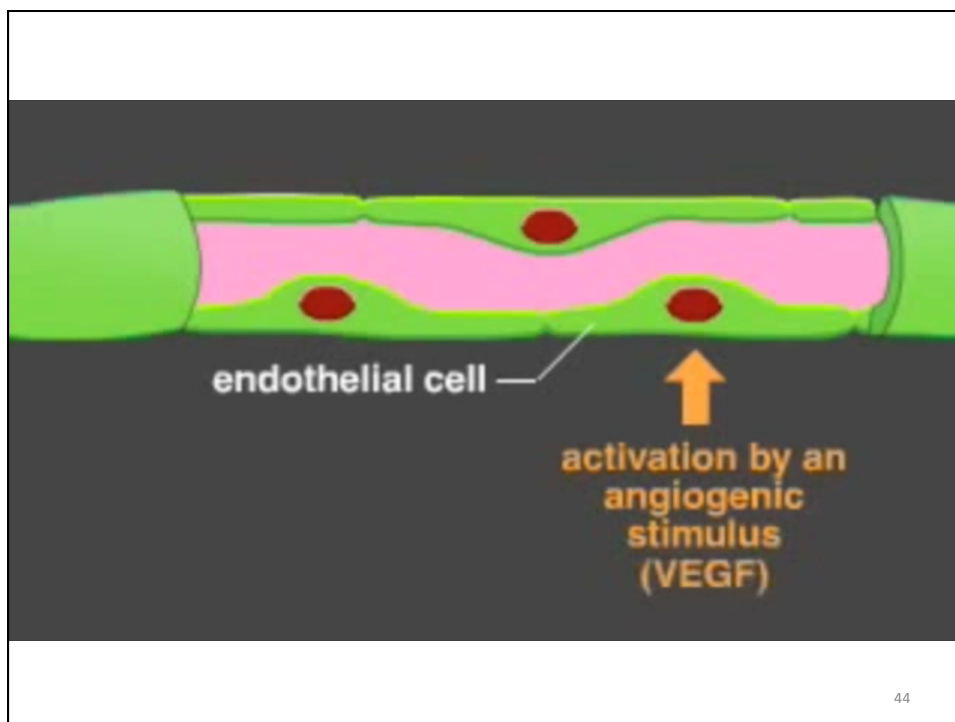


42

Facteurs de l'angiogénicité

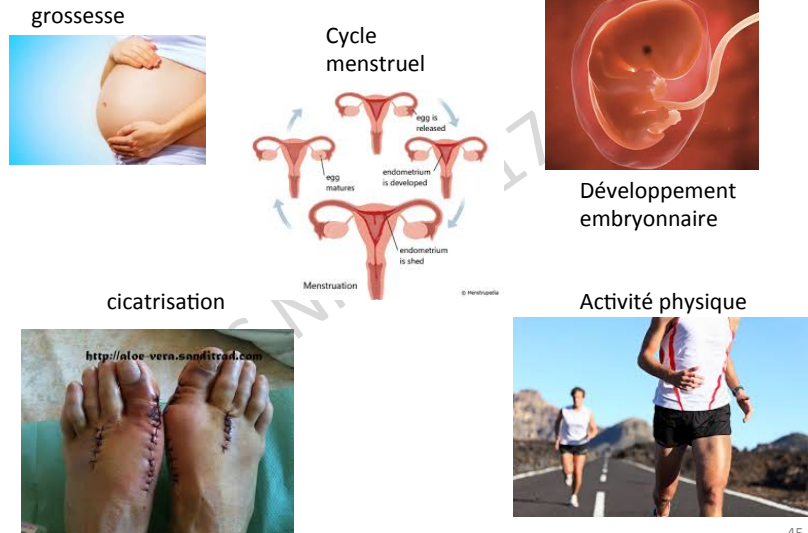
- **HYPOXIE** +++
 - Hétérodimère **sensible à l'oxygène**
 - **facteur de transcription** cellulaire des gènes
 - NO synthase
 - **VEGF** (vascular endothelial growth factor) et VEGFR
 - **Angiopoïétine**
 - **Non fonctionnel** en condition d'oxygénation normale (via le protéasome)
 - **inductible** en condition d'hypoxie/anoxie

43

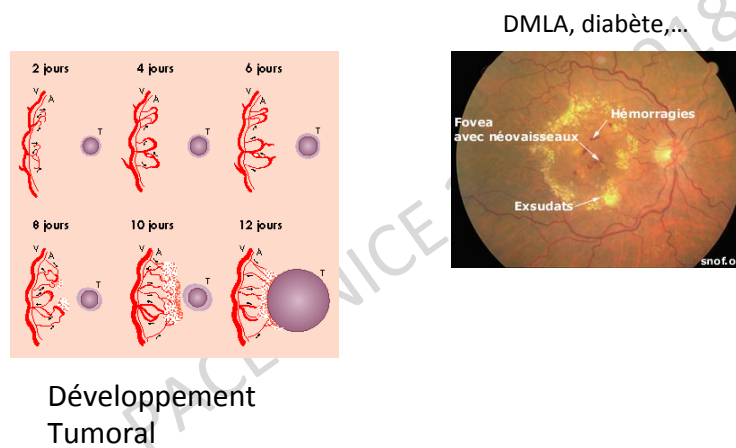


44

Angiogenèse physiologique



(Néo-)Angiogenèse pathologique



ANTI-ANGIOGENIQUES +++

46

Notion de remodelage vasculaire

- Processus **adaptatif morphologique** et/ou **fonctionnel** d'un vaisseau en fonction des **contraintes**
 - **Physiologique** ou **pathologique**
 - Exercice physique, Hypertension artérielle
 - Remodelage de la structure: **épaisseur et rayon**
 - Equation de Lamé (cf Laplace) : $T = P \cdot r / h$ (h=épaisseur)
- Résulte d'**interactions dynamiques** entre
 - **facteurs de croissance** produits localement,
 - substances vasoactives
 - stimuli hémodynamiques (**flux et pression**)

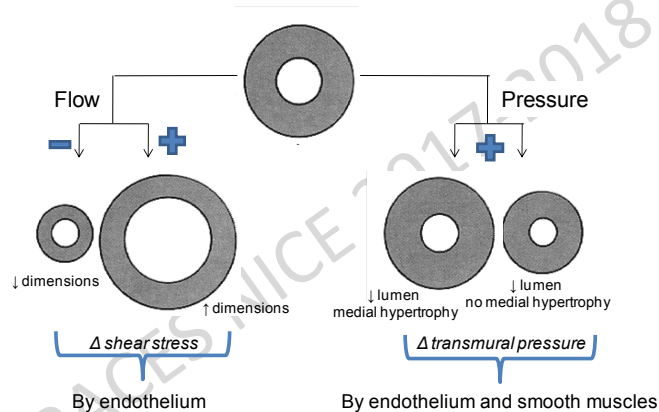
47

Notion de remodelage vasculaire

- Fonction de la **durée** de la contrainte
 - **Court terme** (heures):
 - adaptation fonctionnelle : **tonus intrinsèque** (myogénique)
 - souvent **réversibles**: exercice physique
 - **Long terme** (jours/ans):
 - Adaptation structurale: **hypertrophie de la média**
 - +/- **irréversibles**: ex hypertension artérielle
- Dépend du **type** de vaisseau
 - Artères de conduction \neq artères de résistance
- Principaux facteurs:
 - Age
 - Hypertension artérielle (21%)

48

Facteurs du remodelage vasculaire



-> Normalisation des contraintes de la paroi artérielle

49

Ce qu'il faut retenir...

- Le système cardiovasculaire est un système transversal de communication et de transport
- Système régulé s'adaptant à l'activité métabolique
- Régulation locale = endothélium/muscle lisse
- Régulation centrale = Baroréflexe/SRA/Rein
- Angiogénèse/vasculogénèse/remodelage vasculaire
- La pathologie vasculaire est la principale pathologie des pays développés

Prenez soin de vos artères !

50

Lectures conseillées

- Site de l'université de Montpellier
<https://pathologie-cardiovasculaire.edu.umontpellier.fr/ue-cardio-vasculaire-dfgsm2-montpellier-nimes/physiologie-cardio-vasculaire/>
- Bibliographie
 - Basic and Therapeutic Aspects of Angiogenesis, Cell Volume 146, Issue 6, 16 September 2011, Pages 873–887
 - master-pathologie-humaine.org/IMG/pdf/cours_M1_angiogenese_Fev_2012.pdf

51

FIN DU COURS

52