

UE13 : Système cardiovasculaire

Michel HELLER – Maître de Conférence

Le 09/02/17 à 13h30

Ronéotypeur : Heng Lucie

Ronéolecteur : Bodineau Galhiane

# UE13 Système cardiovasculaire

## Cours n°7 : Histologie des vaisseaux sanguins

## SOMMAIRE

### I. Endothélium et cellules endothéliales – Histologie

### II. Capillaires sanguins

- A. Structure
- B. Classification
- C. Organisation fonctionnelle

### III. Artères

- A. Artères élastiques
- B. Artères musculaires
- C. Artères à parois particulières
- D. Innervation et nutrition artérielles

### IV. Artérioles

### V. Veines

### VI. Valvules veineuses

## INTRODUCTION :

Le système vasculaire est constitué par **un réseau de tubes**, d'origine mésoblastique, disposés en **circuit fermé**, contenant le sang. Il comprend les capillaires constituant des zones d'échanges aux interfaces air-sang ou sang-tissu, ainsi que d'artères et de veines constituant les voies de transit de la masse sanguine, et du cœur qui est la pompe.

En général, **toutes les cavités vasculaires sont recouvertes sans exception par l'endothélium**. L'ajout de couches tissulaires, localisés sous l'endothélium et adaptées à une fonction précise, permettent de définir les différents types de vaisseaux.

Dans notre corps, il y a deux circulations différentes : la circulation générale et pulmonaire.

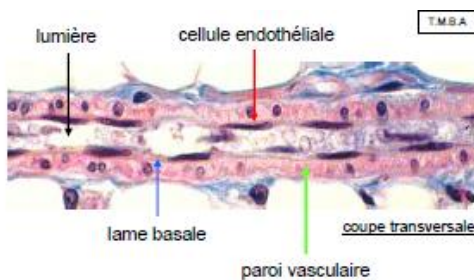
Dans la circulation générale (grande circulation), les artères permettent de distribuer le sang oxygéné nécessaire à tout l'organisme. Les veines caves inférieure et supérieure, ramènent le sang chargé en gaz carbonique (sang vicié) au cœur droit.

Dans la circulation pulmonaire (petite circulation), les artères pulmonaires apportent le sang vicié (chargé en CO<sub>2</sub>) aux poumons, où aura lieu l'hématose, puis les veines pulmonaires conduisent le sang oxygéné vers le cœur gauche.

L'analyse systématique permet d'envisager méthodiquement la structure des différents types de vaisseaux d'un système (capillaire, artériel ou veineux) selon un mode de raisonnement commun. On décrit un vaisseau **de l'intérieur vers l'extérieur**, donc de la lumière vers la périphérie :

- on a d'abord un élément présent dans tous les vaisseaux : l'**endothélium**, auquel peuvent être associés les composants suivants :
- la **lame basale** (continue ou parcellaire)
- **muqueuse** simple ou valvulaire (forme spécialisée)
- fibres de collagène, réticuline et élastiques
- **péricytes** (cellules périphériques aux cellules endothéliales)
- muscle lisse (tuniques concentriques, coussinets, ou cellules spécialisées)
- nerfs qui innervent la paroi vasculaire (nervi-vasorum)
- vaisseaux sanguins (vasa-vasorum)

### I. Endothélium et cellules endothéliales



L'endothélium est un épithélium pavimenteux simple, composé de cellules endothéliales orientées dans le sens du courant sanguin, et qui reposent sur une lame basale continue en général.

Au microscope électronique, on observe:

- un noyau encoché
- **vésicules intracytoplasmiques de micropinocytose** reflétant les échanges gazeux intenses
- organites classiques : mitochondries, Golgi périnucléaire et REG, nécessaires aux synthèses
- cytosquelette riche en vimentine et **actine** (propriétés contractiles)
- corps de Weibel-palade avec le facteur Von Willebrand.

Les cellules endothéliales, effilées et plates, possèdent de nombreux rôles :

- déclenchent la **coagulation sanguine**,
- produisent de la **prostacycline** empêchant l'**adhésion des plaquettes avec l'endothélium** qui pourrait créer un caillot intravasculaire spontané (risque d'embolie),
- sécrètent des **facteurs vasoconstrictifs** (endothéline) et **vasodilatateurs** (oxyde nitrique) **régulant l'action des léiomyocytes** des parois vasculaires, selon les situations,
- facilitent la **migration transendothéliale des neutrophiles** lors des réactions inflammatoires,
- participent à l'**angiogénèse** (rôle de réparation) souvent initiée à partir d'un vaisseau pré-existant.

## II. Capillaires sanguins

Les capillaires sanguins sont des vaisseaux de petits calibres disposés en réseau, et intercalés **classiquement** entre une métartériole et une veinule

Ainsi, le sang traverse dans l'ordre les différents vaisseaux suivants (*schéma un peu plus loin*):

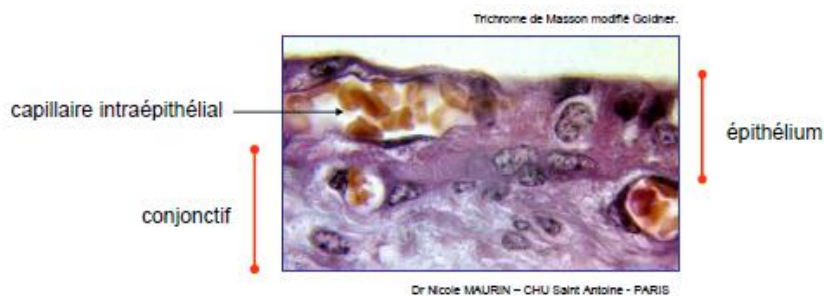
Artère de gros calibre → artériole (diamètre moyen) → métartériole (vaisseau plus fin) → capillaires artériels très fins puis veineux → veinule (vaisseau moyen) → veine (gros troncs veineux)

### A. Structure

Le capillaire le plus simple est constitué d'un endothélium reposant sur une lame basale. Les capillaires peuvent être composés de plusieurs cellules endothéliales, ce sont les gros capillaires (dans les tumeurs par exemple, mais pas seulement). Au contraire, on peut trouver des capillaires très fins seulement composés par une cellule endothéliale, enroulée sur elle-même.

Le microscope électronique nous permet d'observer les **moyens de jonction** qui sont imperméables (une extravasation de sang est pathologique), des **vésicules de micropinocytose**, pour le passage à double sens de gaz dissous, et, à l'intérieur de la lumière, un **film endocapillaire** permanent qui empêche le collapsus luminal.

Les capillaires sont disséminés dans tout l'organisme et irriguent tous les organes et tissus, les épithéliums exceptés à un cas près. La **strie vasculaire (angioïde) de l'oreille interne** est le seul épithélium irrigué dans le corps humain.



## B. Classification

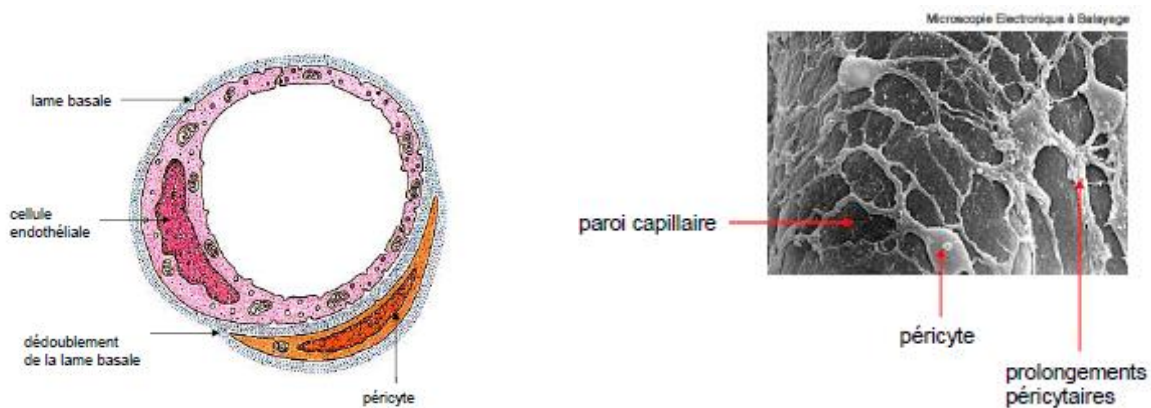
Il existe trois types de capillaires : continus, fenêtrés, discontinus.

### 1) Capillaires continus

Ce sont les plus nombreux dans le corps. En effet, ils sont répartis de façon **quasi-ubiquitaire**. Ils possèdent **un revêtement endothélial et une lame basale continue**. Ils sont classés en deux types :

- **Continus simples** (simples conduits)
- **Continus avec péricyte(s)** :

Les péricytes sont situées dans un dédoublement de la lame basale, en périphérie du capillaire. Ils ont une forme allongée, arachnoïde et des prolongements digitiformes entourant la paroi du capillaire.

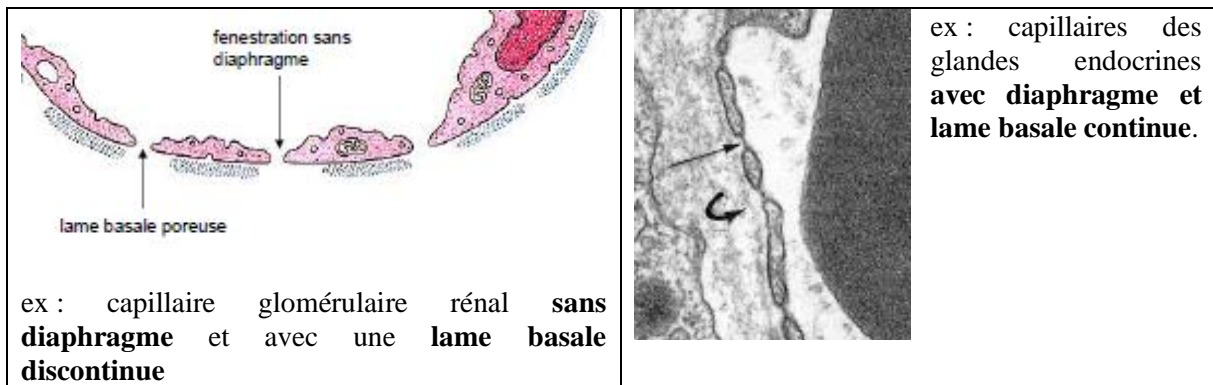


Par ailleurs, ces cellules possèdent des **propriétés contractiles**, ainsi, grâce à leurs prolongements, elles seront capables d'influer localement sur le débit sanguin en modifiant le diamètre du vaisseau. De plus, lors de petites lésions, elles assurent la **néoformation de petits vaisseaux**. Elles sont aussi capables de former de nouveaux léiomyocytes lorsque les parois des artérioles et veinules sont détériorées.

### 2) Capillaires fenestrés

Ils sont caractérisés par la présence de **pores endothéliaux avec ou sans diaphragme**, de 80 à 100µm de diamètre, assurant une **perméabilité sélective**. Ces fenestrations permettent des **échanges rapides et intenses** du sang vers les tissus. On les retrouve dans les reins, les glandes endocrines et les muqueuses digestives.

Ex : Dans le rein, la filtration glomérulaire du sang donne l'urine primitive. Lorsqu'il y a une albuminurie, cela traduit une détérioration de la lame basale de l'endothélium, causant une fuite d'albumine dans l'urine. Physiologiquement, les pores endothéliaux glomérulaires empêchent le passage de l'albumine.



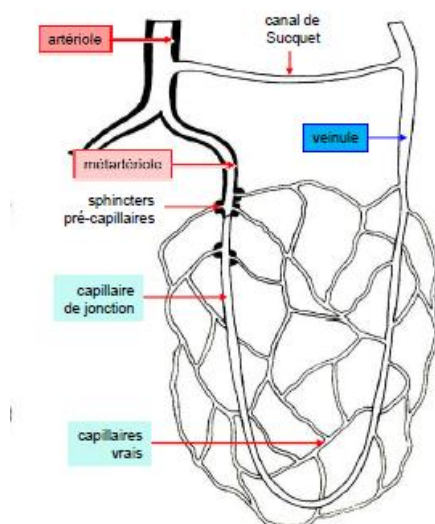
### 3) Capillaires discontinus (sinusoïdes)

Ils possèdent un **endothélium et une lame basale discontinus**, maintenus ensemble par une **armature réticulinique** (les fibres de réticuline sont du collagène de type III) mise en évidence en M.O par imprégnation argentique. Ces fibres de réticuline forment une gaine protectrice et de soutien.

Ces capillaires sont retrouvés dans le foie, la rate et la moelle osseuse. Voici un des intérêts majeurs de ce type de capillaire (*/!\à retenir*): les macrophages sénescents parvenant dans la rate (ex-cimetièrre des globules rouges), passent dans le tissu splénique par extravasation, et sont ensuite dégradés par les macrophages. Cette extravasation est favorisée d'une part par la discontinuité de l'endothélium et de la lame basale, et d'autre part, par la plasticité inhérentes aux hématies.

(à titre de curiosité histologique selon le prof) Ex du foie : absence de lame basale.

### C. Organisation fonctionnelle



Le réseau capillaire naît ici d'un système artériolaire, puis il se résout de l'autre côté par un réseau veinulaire pour aboutir à un réseau veineux.

Dans la majorité des réseaux capillaires, il existe un **système de sécurité**. Il s'agit du **capillaire de jonction** qui naît de la métartériole. Il correspond à une « autoroute » qui relie directement la métartériole à la veinule.

Tout autour du capillaire de jonction, on observe un réseau de **capillaires vrais**, comparables à des routes départementales et qui forment un large réseau de fins vaisseaux. Les routes départementales peuvent être fermées ou non au profit de l'autoroute, selon les situations rencontrées, par le biais des sphincters pré-capillaires.

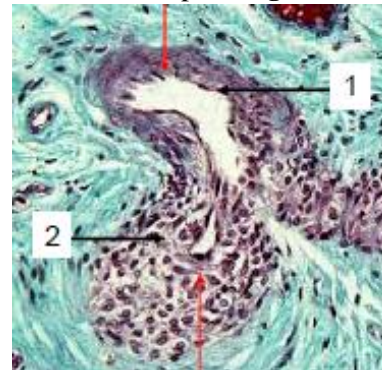
Ex : Les capillaires périphériques de la pulpe digitale réagissent au froid (réaction de défense pour préserver la température corporelle et les organes vitaux) par la fermeture des sphincters pré-capillaires, ce qui bloque l'accès aux capillaires vrais. En conséquence, les extrémités (doigts, orteils) sont froides, et la masse sanguine récupérée circule dans le capillaire de jonction pour aller irriguer les organes centraux. C'est un système de régulation du flux aux extrémités.

Au niveau de la pulpe des doigts, ce système de régulation est assuré par les **glomus de Masson**.  
 En 1, la lumière du glomus est bordée par l'endothélium.

En 2, c'est la paroi du capillaire composée de cellules musculaires, permettant de réguler le flux sanguin par vasoconstriction ou vasodilatation.

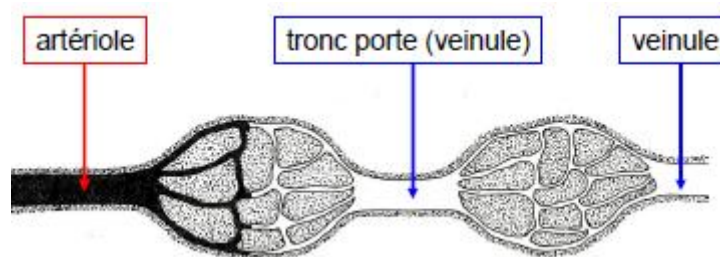
En cas de froid, ( /!\erreurs sur la diapo corrigées en cours), les glomi sont fermés par contraction, donc le sang récupéré va irriguer les organes centraux au détriment des extrémités.

Quand ils sont ouverts, la température aux extrémités est de 37.5°C.



On a vu précédemment qu'un réseau capillaire, en général, est encadré par un système artériolaire et veineux. Il existe deux exceptions à bien connaître : les **capillaires glomérulaires du rein** et le **système porte hypophysaire**.

- Le **réseau capillaire glomérulaire**, lieu de filtration du sang pour donner l'urine primitive, est **encadré par deux artérioles** : une artériole afférente qui amène le sang et une efférente qui reprend ce sang filtré.
- Le **système porte hypophysaire** est composé de **deux réseaux capillaires reliés par un tronc porte**. Le 1<sup>er</sup> réseau naît d'un système artériolaire, alors que le 2<sup>nd</sup> a pour origine le tronc porte qui est une veinule. Ainsi, **ce 2<sup>nd</sup> système capillaire est situé entre deux veinules**.



*Complément de cours n°1 (pas à apprendre) :*

*La couperose (rosacée) est la conséquence d'une altération du système capillaire superficiel.*

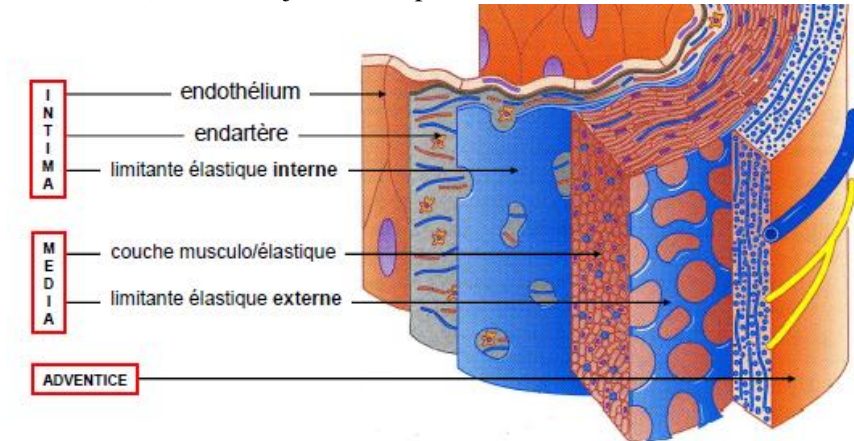
*Dans le 1<sup>er</sup> cas, on observe un érythème (rougeur) assez important due à une vasodilatation accrue des capillaires les plus superficiels, sous-cutanés. Pour des raisons inconnues, ces vaisseaux s'élargissent, ce qui amène un afflux sanguin anormal. La fragilité capillaire est un facteur de risque.*

*Dans le 2<sup>e</sup> cas, un œdème de la peau s'ajoute à la rosacée. Ce gonflement du tissu conjonctif par du liquide favorise le développement de certaines bactéries ou parasites (ex : demodex folliculorum) entraînant une infection des follicules pileux. On peut alors observer la formation de petits boutons associés à des rougeurs.*

### III. Artères

La paroi artérielle est composée de trois couches, de l'intérieur vers l'extérieur :

- ❖ L'**intima** composé de l'**endothélium**, l'**endartère** et la **limitante élastique interne**
- ❖ La **media** avec la **couche musculo/élastique** et la **limitante élastique externe**
- ❖ L'**adventice** (couche conjonctive la plus externe)



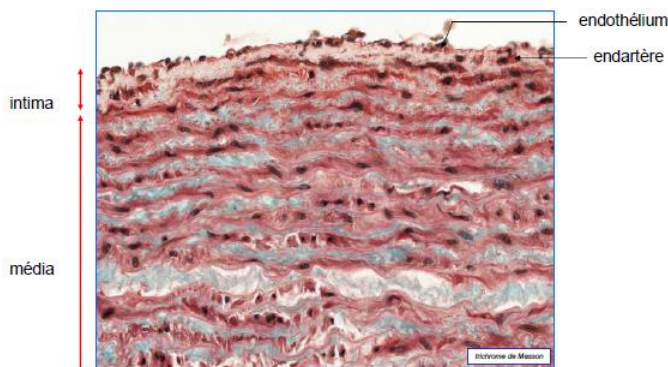
*\*(petites remarques : - l'endartère se nomme aussi la couche conjonctivo sous endothéliale  
- dans la media, les proportions de fibres musculaires et élastiques varient selon le type d'artères, mais les deux composantes sont toujours présentes  
- en général, la media est encadrée en avant par la limitante élastique interne et en arrière par la limitante élastique externe)*

Les artères sont classées en fonction de leur structure et de leur calibre :

- Élastiques (rôle conducteur)
- Musculaires (rôle de distribution)
- Artérioles (rôle de résistance pour la régulation du flux)

#### A. Artères élastiques

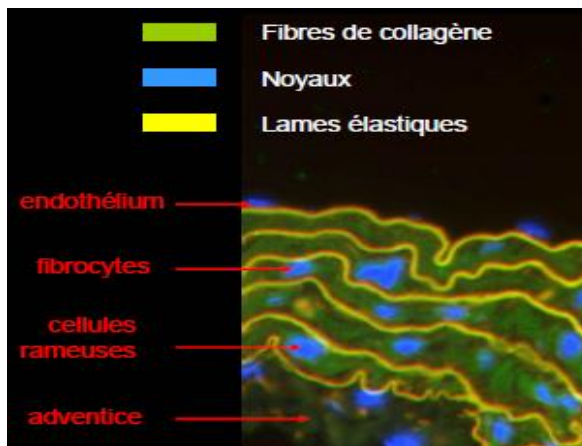
La plus caractéristique des artères élastique est l'aorte, notamment au niveau de sa crosse, située à la sortie du cœur. On trouve également une constante élastique importante dans le tronc artériel brachio-céphalique, les artères pulmonaires, les carotides primitives, les sous-clavières et les iliaques primitives. Ce sont des **artères conductrices**,



On retrouve les éléments de l'intima : l'endothélium et l'endartère (bande rose clair sur la coupe) composé de fibres de collagènes longitudinales, quelques fibroblastes et de rares cellules musculaires lisses.

Dans les artères élastiques, la media est spécifique. En effet, elle est composée d'un **système de lames élastiques épaisses et fenestrées, à disposition concentriques** (environ 50 lames dans l'aorte qui se superposent).





Ce système assure la **distension pariétale de la crosse de l'aorte lors de l'éjection systolique**, suivie d'une rétractation des fibres musculaires lisses assurant d'une part et en aval de la crosse de l'aorte, la conduction du sang vers les fractions thoraciques et abdominales de l'aorte, alors qu'en amont, elle favorise une « aspiration » du sang ventriculaire : l'aorte joue ainsi le rôle d'une **pompe accessoire**.

De plus, ces lames sont reliées entre elles par des **lamelles élastiques plus fines** à disposition oblique. On trouve entre ces lames, des **cellules rameuses** qui participent à la contraction de la paroi, et du tissu conjonctif.

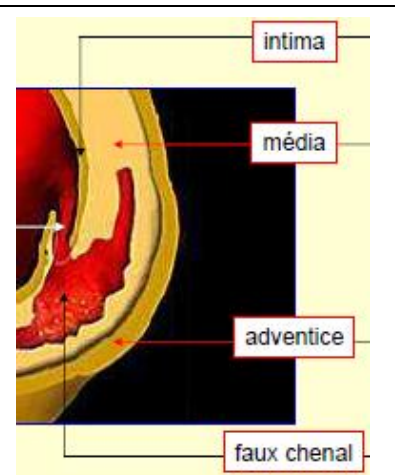
Ensuite, l'adventice est un tissu conjonctivo-élastique peu épais, où circulent côte à côte les **vasa-vasorum** (de type capillaire continu) et les **nervi-vasorum**. Ceux-ci assurent la vascularisation et l'innervation de la paroi vasculaires des vaisseaux.

*Complément de cours n°2 :*

*Dans la dissection aortique, le sang s'infiltré dans l'épaisseur de la paroi aortique, par déchirure de l'intima et de la media, avec création d'un faux chenal où s'engouffre le sang.*

*Cette déchirure intimale peut s'étendre sur toute la longueur de la media. De plus, le faux chenal parallèle à la lumière aortique, fragilise la paroi et augmente le risque de rupture de l'aorte.*

*Les facteurs de risque sont l'hypertension artérielle et les maladies des fibres élastiques.*



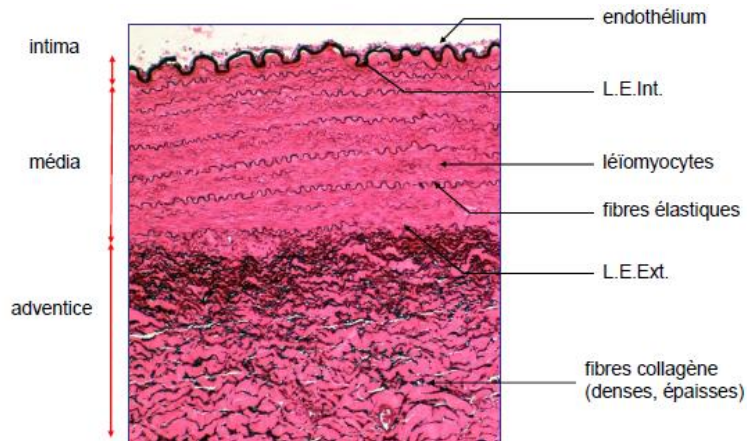
## B. Artères musculaires

Les artères musculaires sont des **artères distributrices** contenant peu de fibres élastiques. De la même façon, on décrit les trois couches à ce type d'artère.

D'abord, l'intima est toujours composée par l'endothélium, l'endartère et **la limitante élastique interne plus épaisse, réfringente et d'aspect ondulé** (aspect observé après prélèvement, aspect-post mortem, car à l'état vivant elle est plutôt linéaire).

Ensuite, dans la media, on trouve de nombreux **léiomyocytes à disposition concentrique** (organisés en manchon dans la paroi), permettant le rétrécissement le diamètre du vaisseau lorsqu'ils se contractent. On remarque aussi quelques fibres de collagène entre ces cellules musculaires, et très peu de fibres élastiques avec la limitante élastique externe fragmentaire.

Enfin, il y a une adventice bien développée et épaisse.



Complément de cours n°3 (à lire chez soi) :

La plaque d'athérome détruit l'intima par accumulation de lipides et de nombreux autres éléments, dans l'épaisseur de cette couche, ce qui est à l'origine de la plupart des maladies cardiovasculaires. En effet, suite à l'augmentation de cette surcharge lipidique, l'intima se rompt et les lipides se répandent dans la lumière du vaisseau : c'est la thrombose.

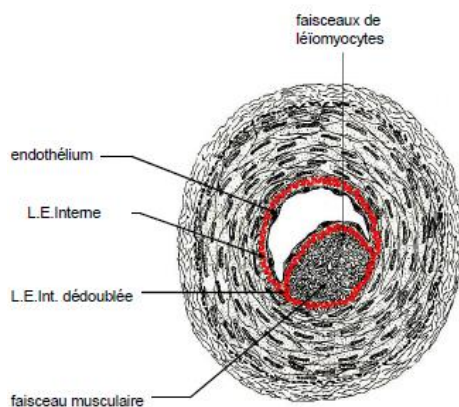
Une étude américaine a été menée pour savoir quel est l'impact des cheese burgers sur la charge lipidique d'un individu.

Après un cheese burger, on fait une prise de sang puis on centrifuge, et on observe un surnageant limpide : l'organisme a encaissé le choc sans conséquences majeures..

Après un double cheese burger (sans oublier les frites, **le ketchup**, le coca **et le milk-shake !**), on a, dans le tube après centrifugation, un surnageant rempli de triglycérides. Ces lipides sont donc libres dans le sang et peuvent avec le temps contribuer à altérer l'intima.

### C. Artères à parois particulières : artères à coussinet (ou érectiles)

Elles sont localisées dans les corps spongieux et caverneux et permettent l'érection. La particularité de ces artères se trouve dans l'intima : on observe un **dédoublé de la limitante élastique interne contenant un faisceau musculaire lisse** (il s'agit du coussinet).



Etant donné que les artères érectiles sont des artères musculaires particulières, il faut noter les différences existant dans l'orientation des fibres musculaires lisses de la paroi et celles du coussinet.

En effet, les cellules musculaires lisses du coussinet ont une direction longitudinale, alors que les léiomyocytes de la media ont une répartition concentriques. Il y a perpendicularité.

Ainsi, suite à un stimulus nerveux, voire hormonal, les différentes fibres musculaires de la paroi et du coussinet se contractent simultanément ce qui provoque l'emprisonnement d'un lac sanguin et donc l'érection.

#### D. Innervation et nutrition artérielles

- ★ L'innervation artérielle est sous la dépendance du système nerveux sympathique. Elle est assurée par des fibres nerveuses amyéliniques, qui pénètrent l'adventice et s'enfoncent plus ou moins profondément dans la paroi du vaisseau. Ainsi, **les terminaisons nerveuses sont en étroit rapport avec la limitante élastique externe**. Les médiateurs classiques sont ceux du stress : adrénaline et noradrénaline.
- ★ Les artères possèdent leur propre système de nutrition, nécessaire à leur fonctionnement. En général, pour les artères de petit calibre, la nutrition est réalisée par imbibition (= pénétration passive d'un liquide au travers d'une structure).  
Au niveau de l'**intima**, le sang oxygéné va nourrir la partie haute de cette couche par **imbibition**, comme pour la **media**. En revanche, pour l'**adventice**, les éléments nutritifs sont apportés par des branches issues des **vasa-vasorum**.  
On a donc une vascularisation propre et systémique des artères, qui est issue du sang passant dans le vaisseau, ainsi que du sang circulant dans les vasa-vasorum.

#### IV. Artérioles et métartérioles

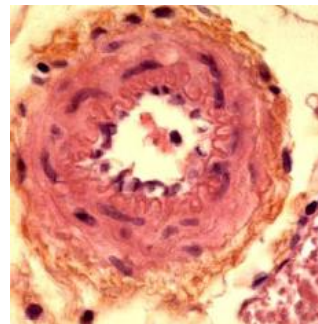
Les artérioles sont des **vaisseaux de résistance**, qui modulent l'afflux massif de sang débouchant sous haute pression des artères. Ce sont des branches terminales du système artériel qui régulent la distribution de sang dans le réseau de capillaires, par le biais de leurs propriétés vasoconstrictrices et vasodilatatrices. Pour cela, elles possèdent une charpente peu épaisse de **cellules musculaires lisses** : les artérioles sont donc les dérivés des artères musculaires lisses.

L'intima des artérioles possède un endothélium et une limitante élastique interne sinueuse.

La media contient quelques couches de léiomyocytes mais **pas de limitante élastique externe** car l'artériole est très fine.

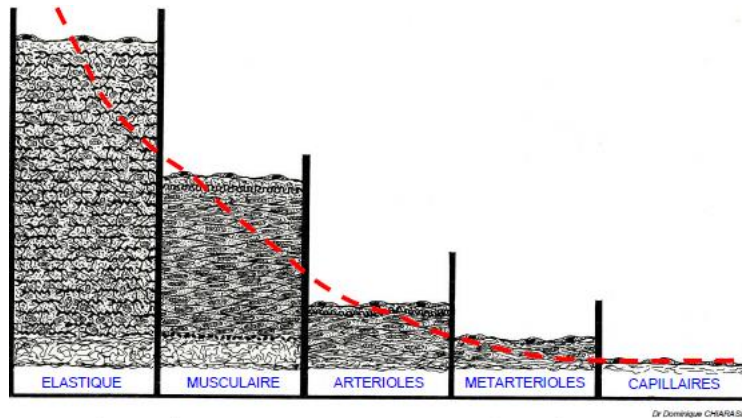
L'adventice est ici assez mince.

Le but de l'artériole est de préserver les capillaires périphériques d'un éclatement qui résulterait d'un afflux massif de sang artériel. Elles contribuent également à l'établissement d'un flux sanguin laminaire.



Les métartérioles dérivent des artérioles et supportent les sphincters pré-capillaires. (*plus de détails dans le II.C.*)

Voici un récapitulatif des parois artérielles, artériolaires et capillaires. Il faut bien avoir en tête l'évolution des proportions et des diamètres qui permettent de passer d'un système à un autre.



Evolution de l'épaisseur de la paroi vasculaire en fonction du type de vaisseau

(la diapo62 a été passée par le prof car ce sont des notions déjà évoquées dans le III.A.)

## V. Veines

Ce sont des **vaisseaux réservoirs** de grande capacité qui naissent du lit capillaire par la veinule post capillaire. Elles recueillent le sang chargé en gaz carbonique dans la grande circulation, et elle le conduise jusqu'au cœur droit.

On décrit la paroi veineuse de la même façon que la paroi des artères : intima, media et adventice. On envisagera 5 types de veines :

- ∞ les **veinules et veines de petit calibre**
- ∞ **musculaires**
- ∞ **fibreuses**
- ∞ **fibro-élastiques**
- ∞ à parois spécifiques : **veines régulatrices à sphincter et celles à paroi riche en muscle**

### a) Veinules et veines de petit calibre



Il s'agit de veinules postcapillaires (à ne pas confondre avec les capillaires) composés d'un endothélium et d'une mince couche conjonctive sous endothéliale.

**(il n'existe pas de structure correspondant à une « endoveine »).**

Puis, avec l'augmentation progressive du diamètre de la lumière et l'épaississement de la paroi vasculaire, la structure d'une veine se met en place. On observe donc, petit à petit, la formation d'une couche continue, plus ou moins épaisse, de cellules musculaires lisses dans la media. En périphérie, on observe une adventice conjonctivo-élastique.

b) Veines musculaires

Les veines musculaires sont les **veines des membres et des viscères**.

L'intima, toujours composée d'un endothélium et d'une couche conjonctivo sous endothéliale, se caractérise par une limitante élastique interne inconstante, voire fragmentaire.

La media est plus épaisse, avec une couche concentrique de léiomyocytes et **une part importante de tissu conjonctif** entre les fibres musculaires.

L'adventice est épaisse, avec une limitante élastique externe inconstante, et elle peut contenir des vaisseaux (vasa-vasorum) et des nerfs (nervi-vasorum).

c) Veines fibreuses

Ce sont les veines du cerveau, cervelet et des sinus méningés. **Elles n'ont pas de subdivision en trois couches mais elles possèdent une paroi compacte et fibreuse.**

d) Veines fibro-élastiques

Ces veines sont retrouvées dans l'étage supra-cardiaque, au niveau axillaire et jugulaire, ainsi que dans le petit bassin et au niveau des membres inférieurs.

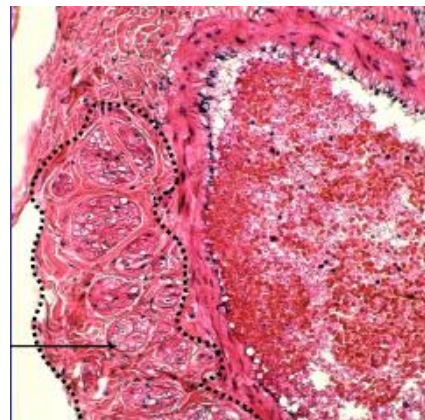
Leur particularité est la **disposition longitudinale des léiomyocytes** dans la media, conférant à ce type de veine, une fonction de propulsion. Cela signifie qu'elles modifient le flux sanguin par contraction de leur paroi, comme un tuyau d'arrosage qu'on pince au bout pour avoir un jet plus fort (et plus long).

e) Veines régulatrices à sphincter

Elles sont localisées dans la médullaire surrénalienne et elles constituent l'appareil sphinctéro propulseur surrénalien.

Dans la zone en pointillés, on observe des fibres musculaires lisses qui forment l'appareil sphinctérien, situé dans la paroi de la veine (ni dans l'intima ni dans la media, mais au niveau adventiciel).

Ces fibres sont perpendiculaires à celles qui constituent la paroi veineuse, ce qui induit une modulation du flux sanguin et une possible rétention sanguine locale.



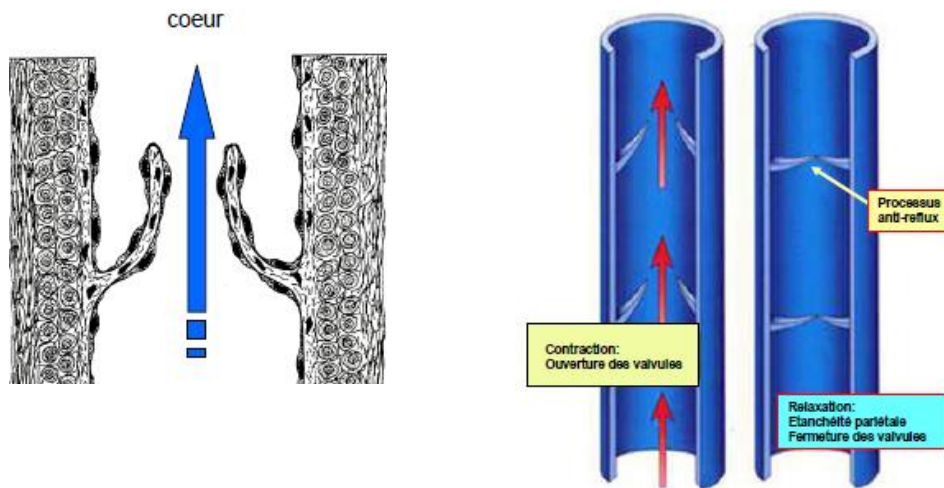
f) Veines à paroi riche en muscle

On les trouve dans l'utérus gravide, le plexus pampiniforme du cordon spermatique et la veine ombilicale. Le **plexus pampiniforme** correspond au réseau vasculaire testiculaire, au sein duquel la température est inférieure à la température corporelle, condition indispensable au bon déroulement de la spermatogénèse.

## VI. Valvules veineuses

La paroi veineuse possède des **replis particuliers de l'intima** qui se font face, disposés **par paires**, appelés des valvules. Elles ont la forme d'une cuillère à café, à **concavité dirigée vers le cœur**.

Lors de la marche, les veines des jambes, enserrées entre les muscles, sont comprimées lors de la contraction musculaire rythmique (marche), ce qui fait progresser la colonne sanguine (sang chargé de CO<sub>2</sub>) vers le haut : c'est une **progression par échelon jusqu'au cœur**. Ainsi, lors de la relaxation des muscles, la colonne sanguine tend à redescendre et se trouve piégée par la fermeture des valvules. Il s'agit d'un **système anti-reflux**.



*Dernier complément de cours :*

*Un dysfonctionnement valvulaire empêche une progression suffisante de la colonne sanguine vers le haut. C'est pourquoi, le sang va redescendre dans les jambes par manque d'étanchéité des valvules, et il peut aussi s'accumuler et stagner pour former des stases veineuses (ce sont les varices, communément opérables après stripping).*

