

APPAREIL *cardio-vasculaire*

OBJECTIF PRINCIPAL

- ▶ **Décrire l'organogenèse, la structure histologique et histophysiologie de l'appareil cardio-vasculaire**

Introduction

L'appareil circulatoire est constitué par un ensemble de canaux ou vaisseaux, disposés en circuit fermé assurant la propulsion du sang et de la lymphe à travers tout le corps.

Il comprend :

- Appareil circulatoire sanguin
- Appareil circulatoire lymphatique..

De ce fait, il a une fonction motrice qui permet d'assurer la distribution des métabolites vers les tissus, le rejet des catabolites et les échanges gazeux.

Appareil cardio-vasculaire est un ensemble des structures assurant la circulation du sang dans l'organisme, il est formé par :

- Le cœur ayant un rôle de propulsion.
- Les vaisseaux: qui sont les Artères et veines, dont le rôle est la distribution du sang. Ils sont divisés en :

- Artères = vaisseaux efférents, amènent le sang du cœur vers les tissus
- Veines = vaisseaux afférents, ramènent le sang des tissus vers le cœur
- Les capillaires: Secteur d'échanges disposés en réseau.

Développement embryologique des vaisseaux et du cœur

Plan :

- I. Généralités
- II. Mise en place des vaisseaux
- III. Formation du tube cardiaque primitif
 - A. Formation du tube cardiaque primitif pairs

B. Formation du tube cardiaque primitif impair

C. Transformation du tube cardiaque

Les malformations du développement

I. Généralités

Lorsque l'embryon ne peut plus satisfaire à ces besoins nutritionnels par simple diffusion. Il y a la mise en place du système vasculaire.

Ce système cardio-vasculaire apparaît au milieu de la 3^{ème} semaine du développement embryonnaire (DE).

II. La mise en place des vaisseaux

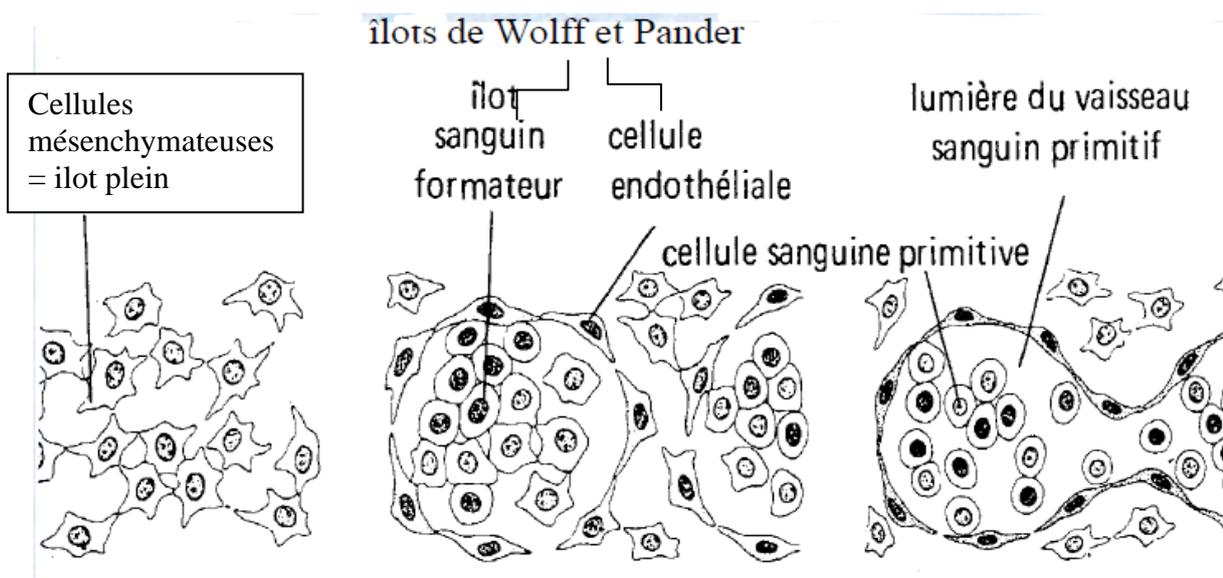
Les premiers ilots angioformateurs/sanguins apparaissent dans le **Mésenchyme extra-embryonnaire (MEE)**. On les retrouve au niveau :

- LA splanchnopleure **extra-embryonnaire**.
- la partie inférieure de la lame chorale
- Le pédicule embryonnaire
- et **plus tard**, dans le **Mésenchyme Intra-Embryonnaire**

Aux environs du 17^{ème} jour, des cellules mésenchymateuses de la **splanchnopleure intra-Embryonnaire** se mettent à proliférer pour constituer des amas cellulaires angioformateurs

Ces îlots sont :

- D'abord pleins ;
- Se creusent rapidement d'une lumière bordée de cellules mésoblastiques appelées **angioblastes** qui s'aplatissent pour donner des cellules **endothéliiformes** ; le reste des cellules occupant le centre de l'îlot, perdent leurs contacts intercellulaires, s'arrondissent, deviennent basophiles, se sont les **hémangioblastes primordiaux**, se sont les premiers éléments cellulaires sanguins (globules rouges nucléés).

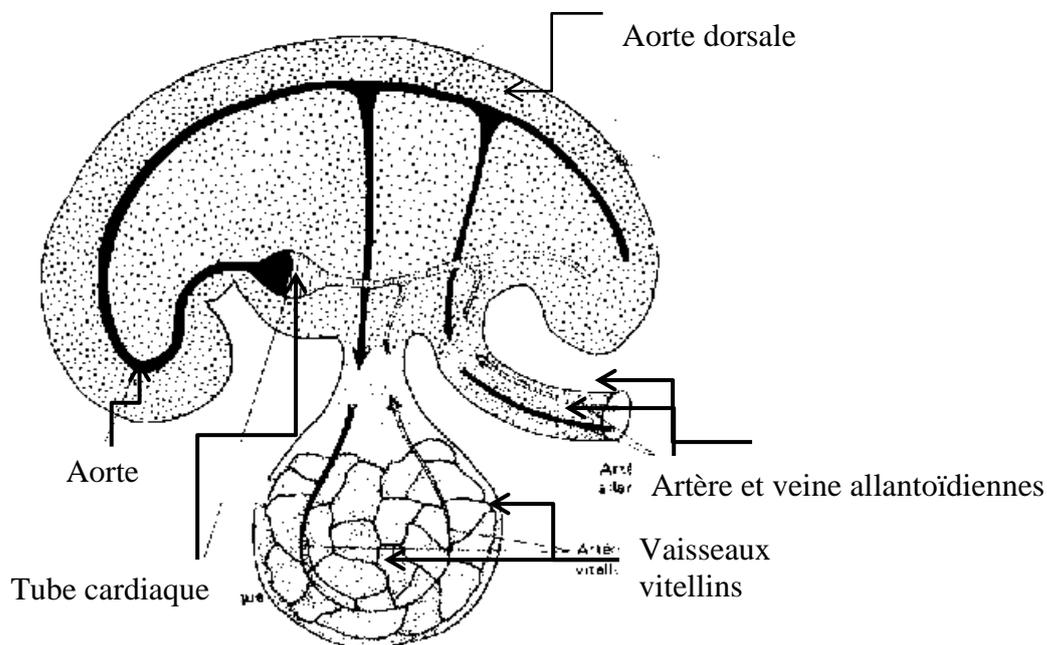


Formation des ébauches vasculaires extra-embryonnaire à la 3^{ème} Semaine du développement embryonnaire (18^{ème} J)

Tous les vaisseaux qui en dérivent s'anastomosent et réalisent un très riche réseau vasculaire au 20^{ème} jour du DE intra et extra-embryonnaire.

Les ébauches tubulaires creuses sont les deux tubes cardiaques droit et gauche qui sont logées dans la zone cardiogène qui se trouve entre l'ectoblaste et l'entoblaste, juste en avant de la membrane pharyngienne.

Ces deux tubes, symétriques, s'allongent et forment chacun, en direction céphalique, une artère.



Mise en place des ébauches vasculaires intra et extra-embryonnaires :

19^{ème} – 20^{ème} S du DE

III. Formation du tube cardiaque primitif

Au 20^{ème} - 21^{ème} jour du DE, l'embryon perd l'aspect discoïde et planiforme pour s'arrondir. Il y a la formation un tube cardiaque unique qui est le tube cardiaque primitif. Ce tube subit des transformations qui aboutira plus tard à la constitution du cœur définitif.

Le développement du cœur e fait en trois étapes :

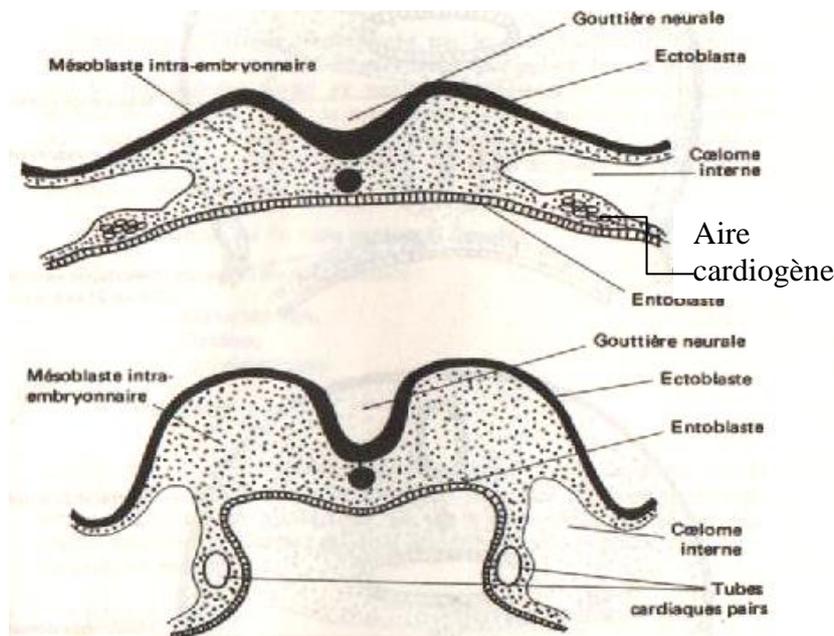
- réalisation ou formation des tubes cardiaques pairs

- réalisation du tube cardiaque impair :

- transformation du tube cardiaque

A. Formation des tubes cardiaques pairs

Elle commence très tôt puisque dès le 18^{ème} jour, les îlots mésoblastiques situés dans une zone latéro-pharyngienne, appelée zone cardiogène constituent les tubes cardiaques paires.



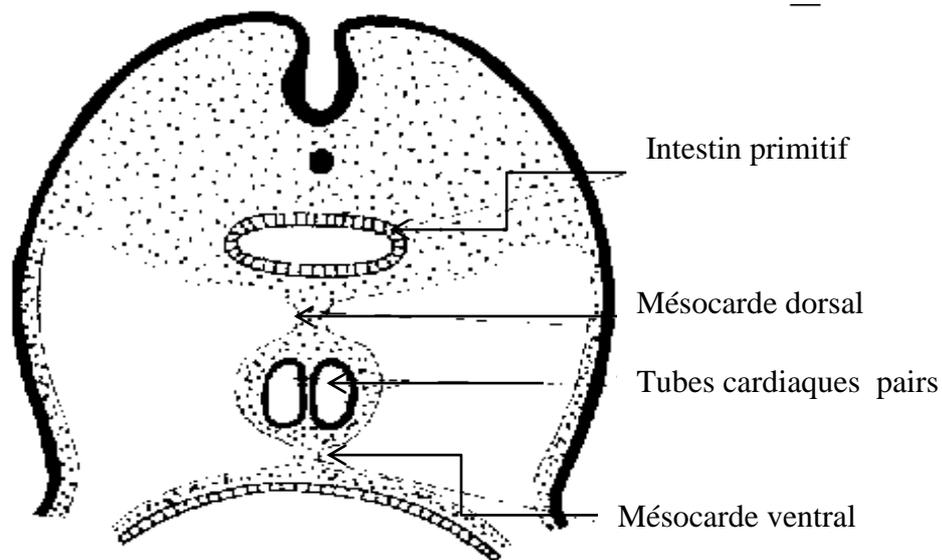
Formation des tubes cardiaques pairs au 20^{ème} jour

B. Formation du tube cardiaque impair

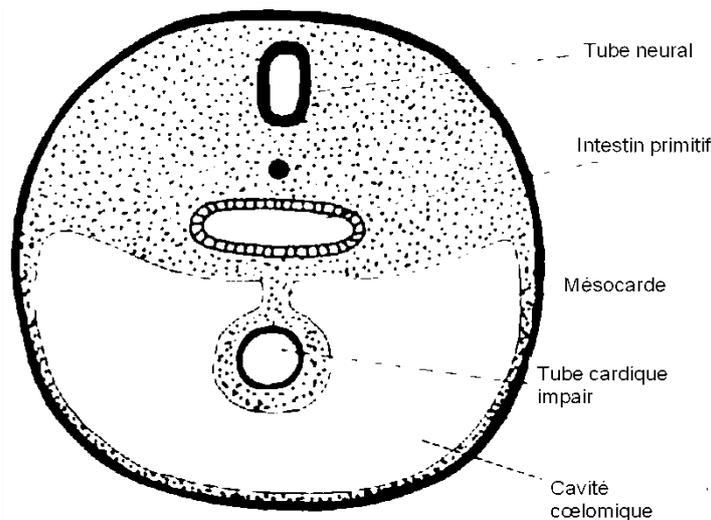
Le développement de l'embryon et en particulier du Système Nerveux Central, entraîne le soulèvement de la partie dorsale par rapport à la partie ventrale. Mécaniquement, les deux tubes cardiaques vont gagner la ligne médiane ventrale et fusionner en réalisant un seul tube (Tube cardiaque impair),

- ▶ **En direction de la tête**, ce tube se prolonge par deux vaisseaux, les aortes dorsales primitives.
- ▶ **À l'opposé de la tête**, on trouve deux veines, les veines cardinales communes

Ce tube présente une organisation : la lumière tapissée par des cellules endothéliales qui dérivent des cellules angioformatrices ; c'est l'endocarde.



Rapprochement des tubes cardiaques au 21^{ème} jour



Fusion des deux tubes cardiaques

Autour de l'endocarde, le **mésoblaste**, se différencie en **couche myo-épicardique** qui reste éloigné de l'endocarde par **une gelée cardiaque** ; espace semi-liquide contenant des cellules mésoblastiques indifférenciées. La couche myo-épicardique différencie, dans sa portion profonde, le muscle cardiaque ou myocarde, et dans sa portion périphérique, le feuillet viscéral du péricarde appelé épicarde.

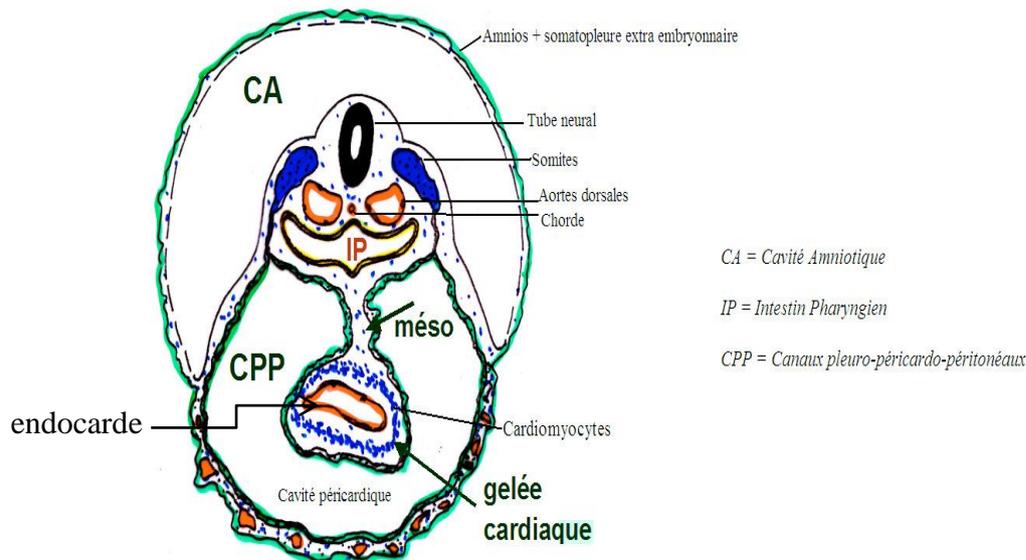
Grace à un facteur **MEF2** qui va induire la myogenèse c'est à dire l'expression des **protéines** myofibrillaires et ainsi ces cellules vont se transformer en **cardiomyocytes contractiles**.

- ▶ A partir du moment où les cardiomyocytes se différencient, ils vont donc commencer à se **contracter de façon très anarchique le long du** tube cardiaque vers J21- J22.
- ▶ Ces cellules sont capables de se contracter toutes seules sans influx nerveux.

L'ébauche cardiaque se situe dans une cavité péricardique, reliée aux parois dorsale et ventrale par le mésocarde dorsal et ventral. Le mésocarde ventral disparaît le premier au 22^{ème} jour, le mésocarde dorsal commence à se perforer puis disparaît au 23^{ème} jour.

Le tube cardiaque se trouve libre dans la cavité péricardique maintenu en place par ses extrémités céphalique et caudale.

A partir du 22^{ème} jour, le Tube Cardiaque est animé de contractions



C. Transformation du tube cardiaque

L'artère qui poursuit chaque tube est une aorte ventrale droite et gauche.

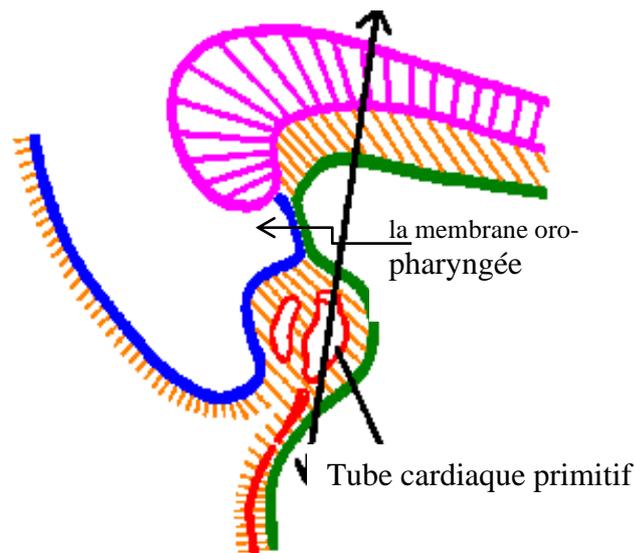
Ces aortes cheminent dans le mésoblaste intra-embryonnaire en décrivant une courbure en arrière, c'est le **premier arc aortique** passant dans le premier arc branchial et se poursuit par l'aorte dorsale, émet des branches qui sont les artères vitellines et ombilicales. La veine issue de la portion caudale de chaque tube cardiaque forme le tronc ombilico-vitellin qui se poursuit en direction de la vésicule ombilicale.

Le tube cardiaque primitif subit trois mécanismes :

- Inflexion
- La rotation
- La division ou le cloisonnement

1. inflexion

Au cours de la plicature cranio-caudale, le tube cardiaque et la cavité péricardique viennent se disposer **ventralement** par rapport à **intestin primitif antérieur** et en arrière de la membrane oro-pharyngée.



A la fin de ce processus d'inflexion, le bulbe se poursuit en avant par les deux aortes ventrales. Sur la face latérale, le bulbe communique avec le ventricule primitif qui lui-même communique en arrière avec l'oreillette primitive. Cette dernière présente deux dilatations latérales, les auricules. L'oreillette communique avec le sinus veineux qui se prolonge par les cornes droite et gauche d'où sont issus les veines vitellines droite et gauche, les veines ombilicales droite et gauche et les canaux de Cuvier droit et gauche.

2. La rotation du cœur

Du fait de la dégénérescence de la partie centrale du mésocarde dorsale, le cœur primitif est attaché que par ces extrémités artérielles et veineuse. Ces dernières sont maintenues en place par les arcs branchiaux et le septum transversum.

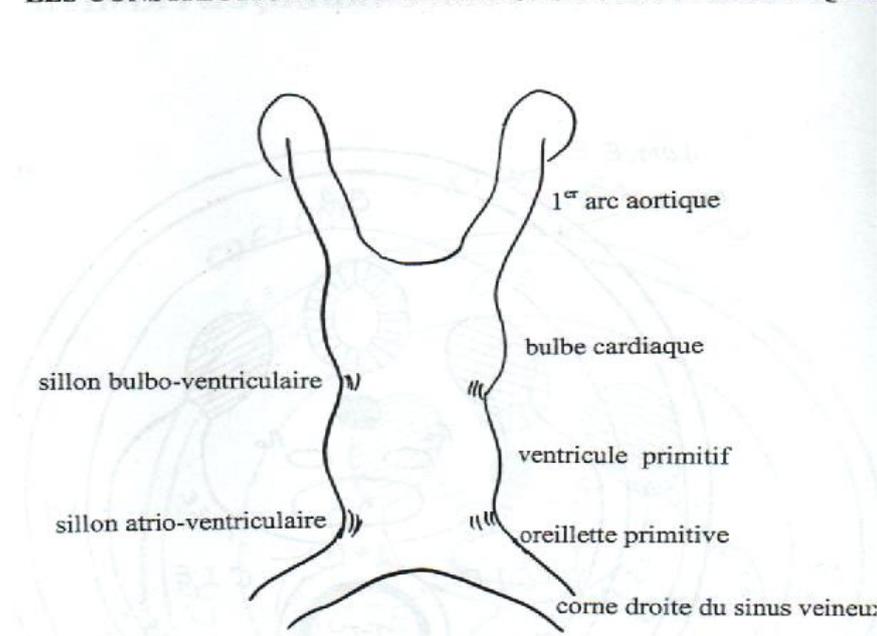
Pendant la croissance du cœur, le tube cardiaque subit une rotation.

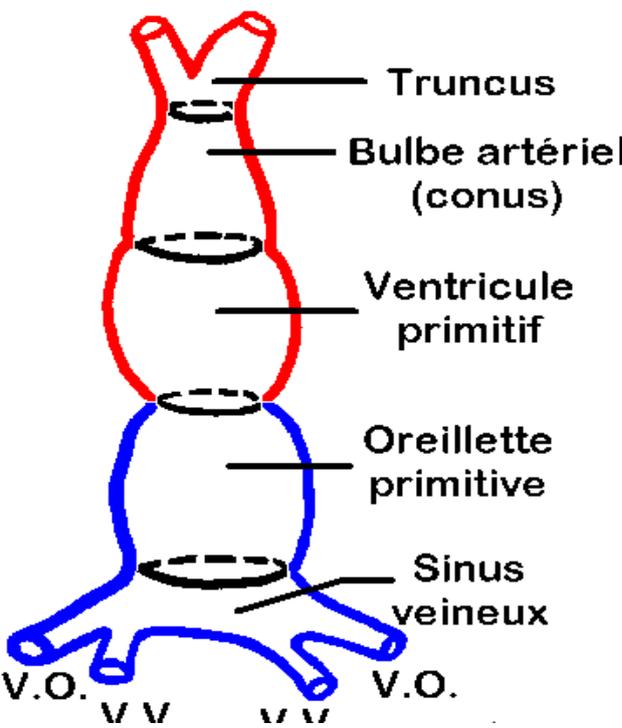
Cinq dilatations apparaissent le long du tube : le tronc artériel, le bulbe artériel le ventricule primitif, l'oreillette primitive et le sinus veineux.

Ces cinq dilatations sont à l'origine des structures cardiaques suivantes:

- ▶ Tronc artériel
- ▶ Bulbe artériel
- ▶ Ventricule primitif
- ▶ Oreillette primitive
- ▶ Sinus veineux

LES CONSTRICTIONS ET DILATATIONS DU TUBE CARDIAQUE





deux aortes ventrales.

Futur aorte et artère pulmonaire

Partie céphalique

Partie caudale

3. La division ou le cloisonnement du tube cardiaque.

Entre le 30^{ème} et 50^{ème} jour du développement, les parois des cavités cardiaques présentent des épaissements appelés **septas** qui, constituent des cloisons. Il en résulte un cœur droit dont les cavités communiquent entre elles. Le cloisonnement intéresse toutes les régions :

- Tronc artériel et du bulbe artériel
- oreillette primitive
- canal atrio-ventriculaire
- ventricule primitif
- du sinus veineux.

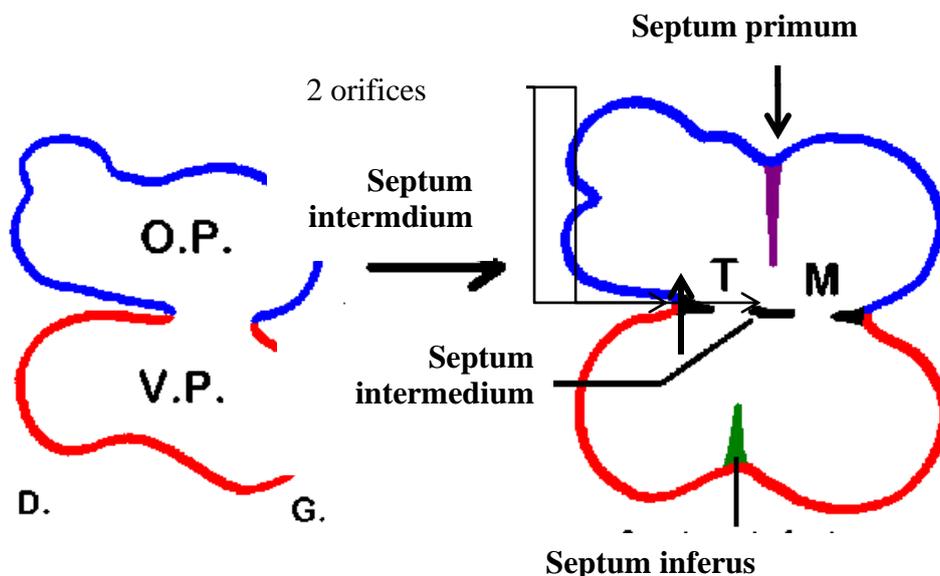
a. Cloisonnement de l'oreillette primitive

Le **cloisonnement** débute tôt.

La paroi postérieure de l'oreillette primitive s'épaissit dans un plan sagittal et réalise un croissant dont le développement en avant forme une cloison, le **septum primum**. Ce dernier clivera l'oreillette primitive en deux parties qui communiquent entre elles par l'**ostium primum**. Cette communication entre les deux atriums droit et gauche qui reste fonctionnelle jusqu'à la naissance.

A la naissance, du fait de l'augmentation de pression dans l'atrium gauche, la valvule s'applique sur le Septum secundum et ferme la communication inter-atriale

Sinus veineux



► Le cloisonnement du ventricule primitif

Il s'effectue grâce au cloisonnement interventriculaire d'une part, mais aussi aux modifications du cône. Il débute vers la fin de la 4^{ème} semaine du développement et s'achève à la fin de la 8^{ème} semaine.

La 1^{ère} ébauche de ce cloisonnement interventriculaire est marquée par l'apparition du « septum inferus » qui est de nature musculaire car il résulte de l'accolement des 2 parois des ventricules de part et d'autre de cette bande tissulaire qui s'est arrêté de proliférer.

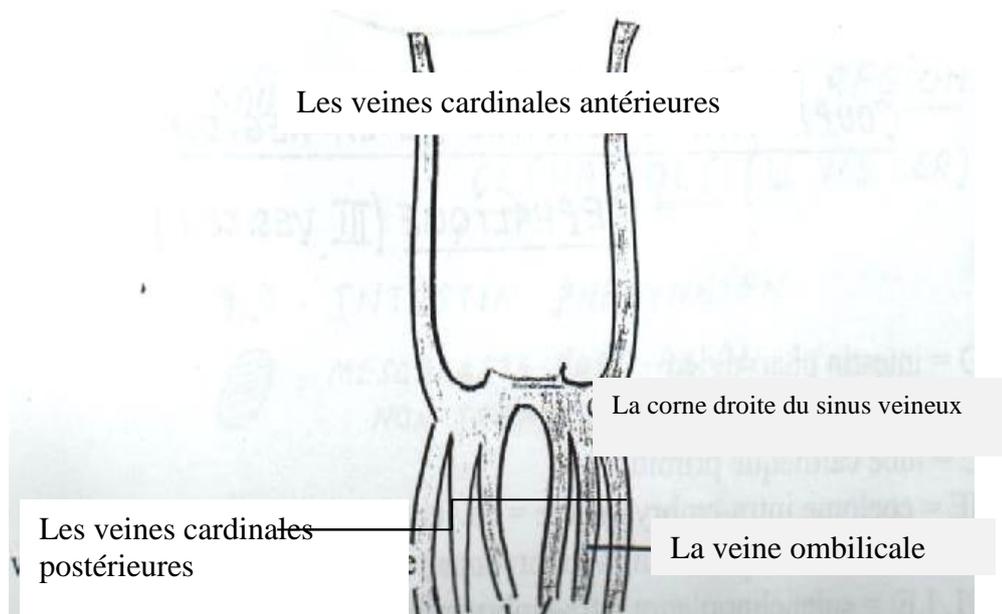
Les 2 ventricules communiquent largement par « le foramen interventriculaire », qui sera comblé dans un 2^{ème} temps.

➤ Cloisonnement du sinus veineux

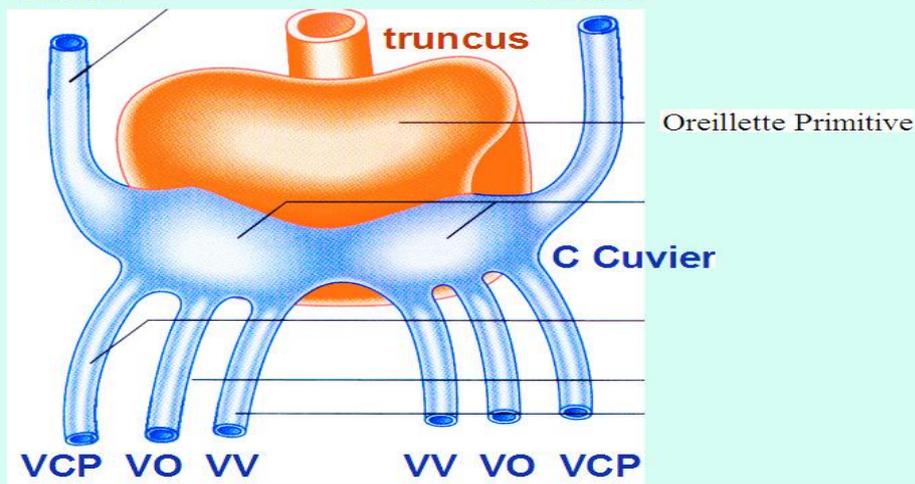
- Le sinus veineux est très court.
- C'est le pôle veineux du cœur = vaisseaux afférences du cœur.

On a :

- **Le réseau veineux cardinal** (les veines cardinales antérieures et postérieures) qui se réunissent pour former les canaux de Cuvier qui vont eux-mêmes se jeter sur le côté du sinus veineux c'est-à-dire les 2 cardinales antérieures et les 2 cardinales postérieures qui fusionnent pour donner les canaux de Cuvier qui se jettent au pôle veineux du cœur.
- **Les 2 réseaux extra embryonnaires :**
 - Le réseau vitellin avec les 2 veines vitellines et
 - Le réseau ombilical avec les 2 veines ombilicales.



La vascularisation afférente du cœur



Le sinus veineux va venir s'incorporer à la paroi postérieure de l'oreillette primitive et donc il va constituer une partie de la future paroi postérieure des oreillettes qui assurera le retour veineux (systémique) du côté droit

Il persistera donc :

- Les **2 veines cardinales antérieures droite et gauche** qui donneront le système de veine cave supérieure
- La veine cardinale postérieure droite** donnera le système de veine cave inférieure
- Les veines vitellines et ombilicales formeront **le système porte**

IV. Les malformations

Ces malformations les plus fréquentes sont :

- Communications inter-auriculaires
- Communications inter-ventriculaires
- Anomalies des valvules
- Anomalies de la position du cœur.

, les malformations sont multiples :

- Facteur génétique
- Facteur infectieux : tel que la rubéole
- Médicaments : Antibiotiques, anticonvulsivants...
- Diabète.

LES CAPILLAIRES SANGUINS

Plan :

Introduction

A. Classification

1. Les capillaires continus
2. Les capillaires fenêtrés
3. Les capillaires discontinus

B. Organisation de la microcirculation

C. Dispositifs vasculaires particuliers

1. Les réseaux admirables et les systèmes portes
2. Anastomoses artério-veineuses

D. Histophysiologie endothéliale capillaire :

1. Un rôle de barrière à perméabilité sélective

2. Un rôle initiateur de l'angiogénèse

Introduction

Sont, par définition, les vaisseaux sanguins au niveau desquels s'effectuent des échanges entre le sang circulant et le milieu interstitiel extracellulaire (700 m²).

Le diamètre varie entre **3 et 10 micromètres** alors que le Globule rouge a un diamètre de **7 µm**

La structure relativement simple avec :

- un endothélium

- une membrane basale.

- **par endroit, quelques cellules musculaires formant une assise discontinue: se sont les péricytes (ou cellules de Rouget) qui peuvent manquer, se sont des cellules indifférenciées de souche mésenchymateuse ressemblant à des cellules musculaires modifiées englobées dans le dédoublement de la membrane basale.**

Trois types principaux de capillaires :

❖ *Les capillaires continus*

❖ *Les capillaires fenêtrés*

❖ *Les capillaires discontinus.*

A. Classification

1. Les capillaires continus

a. Endothélium

Les capillaires continus possèdent par définition des cellules endothéliales aplaties (1-3 μm d'épaisseur) jointives par des jonctions de type Zonula ou occludens, étirées dans le sens du courant sanguin tapissant la lumière du capillaire. Le cytoplasme est réduit en un voile pauvre en organites mais riche en vésicules de pinocytoses assurant le transport des liquides.

b. Lame basale

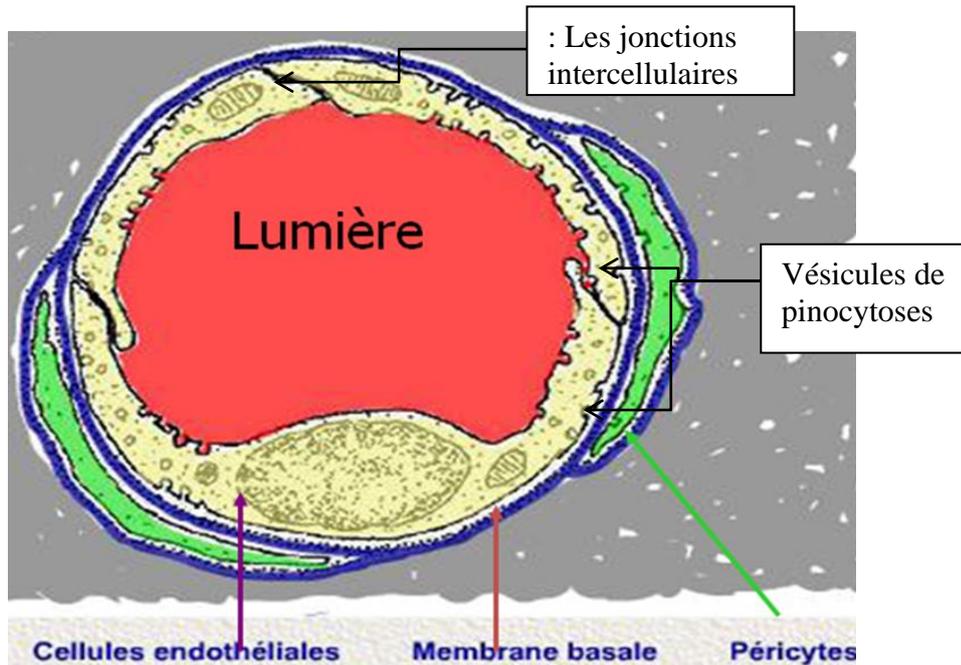
Egalement continue, doublée extérieurement par des fibres de réticulines constituant élément de résistance de la paroi.

c. Les péricytes

Dérivent des cellules mésenchymateuses. Ils sont logés dans le dédoublement de la membrane basale, possédant dans leur cytoplasme des protéines contractiles impliquant une fonction de contractilité.

Ils ont comme rôle dans : contraction \circ homéostasie et développement de la microcirculation (angiogenèse) \circ régénération ce certains tissus comme le muscle

Les capillaires continus sont courants par exemple au niveau des muscles, du tube digestif et des poumons, le thymus et cerveau.



Une particularité :

- ❖ Dans le système nerveux central, l'endothélium des capillaires caractérise la « barrière hémato-encéphalique » formée par 3 points essentiels : importance des dispositifs de jonction (en particulier de type zonula occludens), rareté des vésicules de pinocytose et présence de transporteurs membranaires pouvant agir dans les deux sens, rappelons que les pieds des astrocytes (qui sont associés aux capillaires) interviennent dans la maintenance de la barrière. Les péricytes sont enfin nombreux.

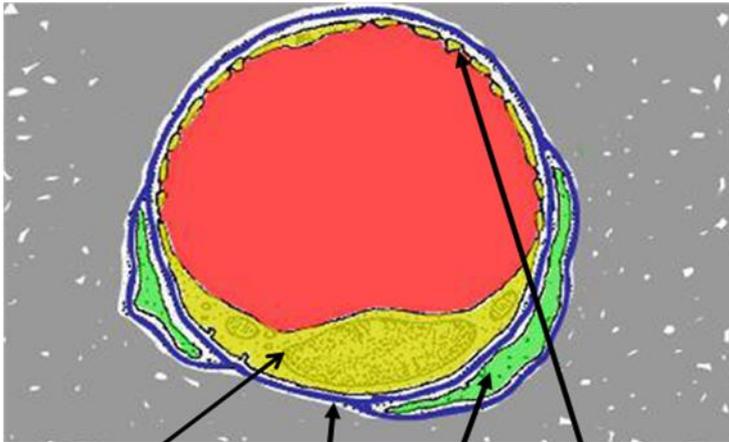
2. Les capillaires fenêtrés

Présence de pores ou fenestrations avec ou sans diaphragme au niveau de l'endothélium (pores de 70 nanomètre).

La membrane basale est continue.

Ils s'observent essentiellement dans les tissus où les échanges moléculaires sont importants (intestin, rein, plexus choroïdes, glandes endocrines).

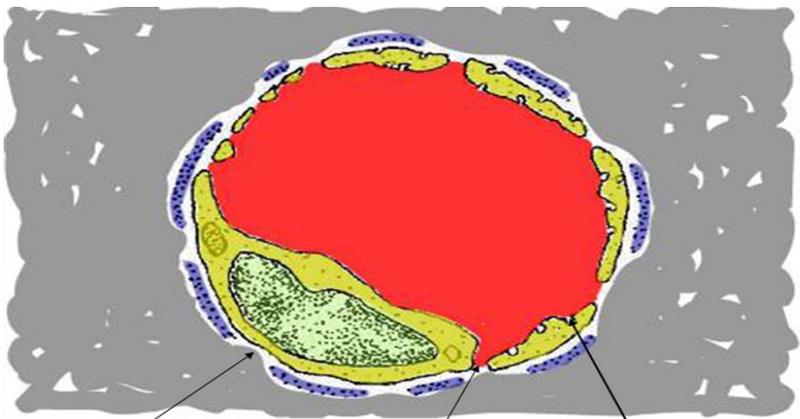
Les techniques de marquage ont montré que les fenestrations permettent le passage rapide des macromolécules.



Cellule endothéliale Membrane Basale Péricyte Pores fenêtrés

3. Les capillaires discontinus

Les capillaires discontinus sont aussi appelés sinusoïdes : de diamètre grand et irrégulier, ils possèdent des orifices ou brèches entre et à l'intérieur des cellules endothéliales (1 à 3 μm) ; leur membrane basale est discontinue, voire absente (foie). Ils ralentissent le courant sanguin et autorisent le passage facile d'éléments figurés du sang ; on les rencontre dans la rate, le foie, la moelle osseuse. On les trouve dans le foie et la rate.



Membrane basale discontinue, cellules non jointives, les orifices transmembranaires

B. Organisation de la microcirculation

Il existe différents modèles d'unités microcirculatoires.

Modèle classique:

Artérioles \longrightarrow métartérioles \longrightarrow veinules.

- Les anses capillaires sont branchées sur les métartérioles. L'existence de sphincters précapillaires permet la régulation du débit sanguin dans le lit capillaire.
- Présence également des anastomoses directes entre artériole et veinule.

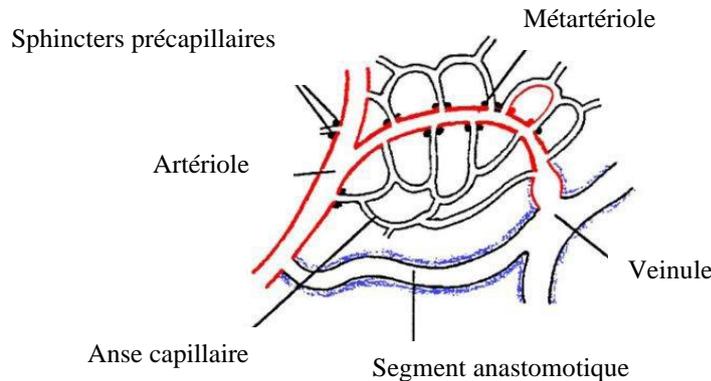


Schéma de la microcirculation

C. Dispositifs vasculaires particuliers

3. Les réseaux admirables et les systèmes portes

- ✓ Un système porte est formé par un réseau capillaire alimenté par une veine afférente et drainé par une veine efférente, c'est le cas du système porte- hépatique.
- ✓ Un réseau admirable est formé par un réseau capillaire alimenté par une artère afférente et drainé par une artère efférente tel que *le glomérule rénal*.

4. Anastomoses artério-veineuses

- **Les anastomoses peuvent être simples** où les artères et les veines sont reliées par un segment intermédiaire dont la structure est très proche de celle de l'artère, la transition avec la branche veineuse se faisant brusquement.

- **Les glomi neuro-vasculaires** sont aussi des anastomoses artério-veineuses se localisant dans le derme. Ils se présentent sous forme de petits organes ovoïdes dont la partie centrale est occupée par un vaisseau anastomotique décrivant un trajet sinueux, L'endothélium du vaisseau anastomotique est le plus souvent cubique, avec absence de limitante élastique interne, la média est formée par des cellules épithéloïdes pauvres en myofibrilles, l'adventice épaisse, riche en fibres nerveuses du système nerveux sympathique. Ils règlent le flux sanguin et interviennent dans la thermorégulation locale par le jeu de leur ouverture et fermeture.

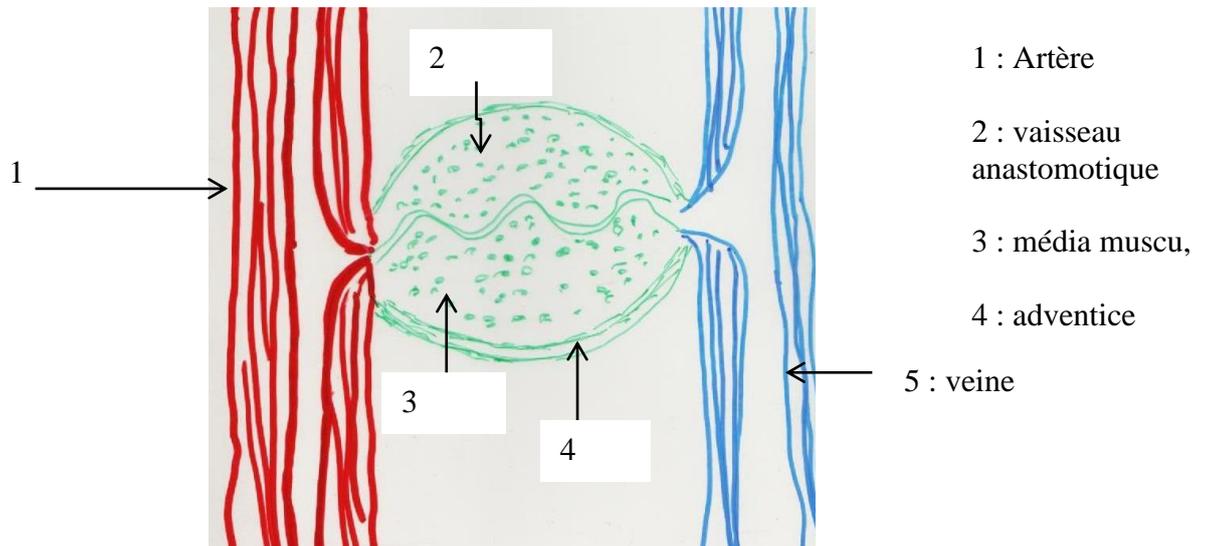


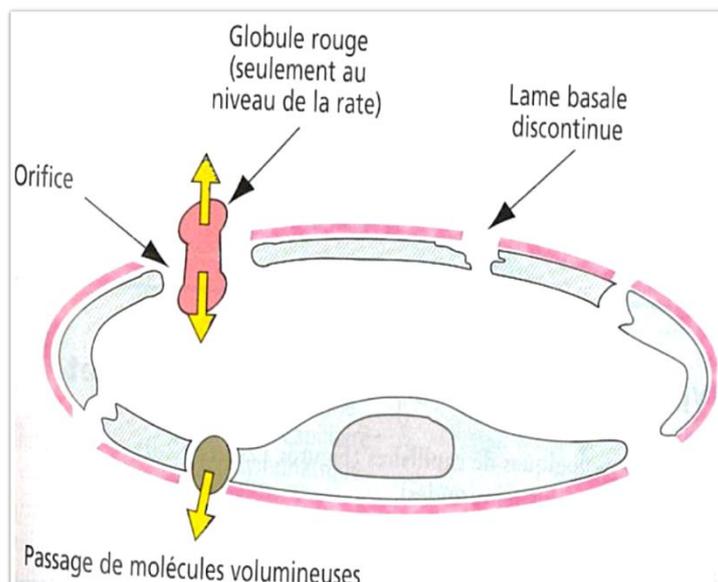
Schéma d'un glomus neuro-vasculaire

D. Histophysiologie endothéliale capillaire :

1. Un rôle de barrière à perméabilité sélective :

Les échanges peuvent se faire par plusieurs façons ;

- ❖ Par diffusion passive cytoplasmique (gaz, ions...)
- ❖ Par transport intracellulaire par pinocytose (protéines, lipides)
- ❖ Par l'espace intercellulaire pour le passage des cellules migratrices (diapédèse).



2. Un rôle initiateur de l'angiogénèse

- ❖ Ce rôle d'élaboration de nouveaux vaisseaux sanguins assure l'aspect majeur de la « plasticité » de la microcirculation, en étant capable d'adapter la morphologie du lit capillaire aux besoins physiologiques. Le lit capillaire n'est donc pas « statique » mais en remodelage permanent en fonction de nos situations physiologiques ou histopathologies au cours de la vie.

- ❖ Certains facteurs induisent la prolifération spécifique des cellules endothéliales ; le chef de file est le VEGF (Vascular Endothelial Growth Factor). Le VEGF reconnaît des récepteurs distribués à la surface des cellules endothéliales et sa fixation sur son récepteur entraîne une cascade de signaux intracellulaires qui conduit à la division de la cellule ; l'hypoxie est un puissant inducteur de la synthèse de VEGF sur les sites productifs (les macrophages sont une des sources cellulaires de VEGF).
Un autre facteur est le FGF (Fibroblast Growth Factor) qui agit aussi bien sur les cellules endothéliales que sur les cellules musculaires lisses.

Actuellement, plusieurs essais cliniques chez l'homme sont en cours d'évaluation en thérapie génique par injection intravasculaire dans les sites altérés de VEGF ou de FGF1

Les artères= Conduits efférents

Plan

- A. Généralités
- B. Classification
 - 1. Artères élastiques
 - 2. Artères musculaires
 - 3. Artères de transitions
 - 4. Les artérioles sont des vaisseaux de résistance
- C. Histophysiologie
 - 1.**Endothélium
 - 2.**Les cellules musculaires
 - 3.**Les lames élastiques
 - 4.**Les modifications artérielles au cours du vieillissement

A. Les généralités

- ❖ Assure la circulation sanguine entre le coeur et les tissus périphériques.
- ❖ La structure générale des vaisseaux sanguins correspond à une lumière centrale, entourée par une paroi en trois couches :
Intima, Média et Adventice.
- ❖ Elles diffèrent les unes des autres par :
 - Leur taille
 - La répartition des cellules musculaires
 - Des lames élastiques
 - Leur fonction.

Pour cela, il existe 03 types d'artères : Artère élastiques, artère musculaire et artérioles.

B. Classifications des artères

1. Les artères élastiques (Exemple ; artère pulmonaire et Aorte)

Les artères élastiques sont les artères proches du cœur de gros calibre, recevant le sang du cœur à haute pression.

La paroi possède une intima, une média et une adventice.

a. Intima

Elle est revêtue d'un endothélium dont les cellules polygonales sont liées les unes aux autres par des jonctions, leur cytoplasme est riche en vésicules de pinocytoses impliquées dans les échanges entre le sang et les tissus. En plus des organites cellulaires, on retrouve des vésicules cylindriques appelées des Corps de Weibel - Palade qui contiennent le facteur de **Von Willebrand** qui est sécrété par les cellules endothéliales de façon continue intervenant dans la formation des agrégats plaquettaires.

Endothélium repose sur une couche sous-endothéliale (c'est une couche de tissu conjonctif faites de fibres de réticulines, de rares myocytes et éventuellement des macrophages contenant parfois des inclusions lipidiques). Cette couche augmente avec l'âge.

b. La média

Elle est formée de lames élastiques qui sont liées les unes des autres par des fibres ou des fibrilles élastiques.

Les deux limitantes (interne et externe) sont mal individualisées. Les espaces qui séparent les lames élastiques sont occupés par un tissu conjonctif riche en protéoglycane contenant des cellules musculaires d'aspect rameuse, des fibres de collagène.

c. Adventice

Elle est faite de faisceaux de collagène, de fin réseau de fibres de réticulines, des cellules conjonctives, des nerfs et des vaisseaux (nervi-vasorum et vasa-vasorum).

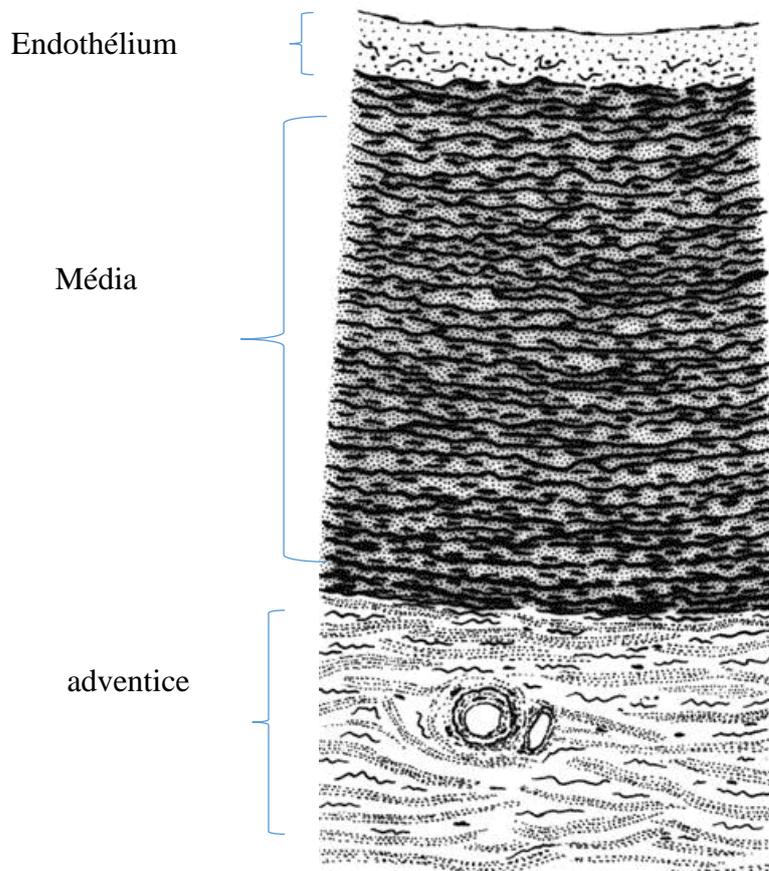


Schéma d'une artère élastique en microscopie optique

2. Les artères musculaires

Artères de plus petit calibre.

a. Intima

L'intima est moins épaisse que celle de l'artère élastique, repose sur une limitante élastique interne.

b. La média

La média est constituée de fibres musculaires lisses à disposition circulaire, séparées par un tissu conjonctif (fibres de collagène et fibres élastiques).

L'importance de la média musculaire lisse permet une vasomotricité au niveau de ces artères musculaires. La limitante élastique externe.

c. Adventice

L'adventice ne présente pas de particularités notables.

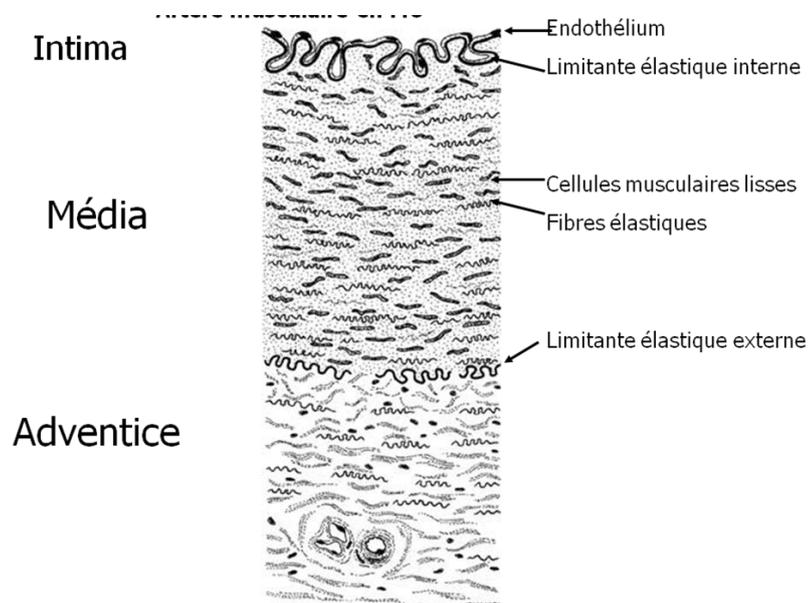


Schéma d'une artère musculaire en microscopie optique

NB : *Plaqué 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*

Deux cas particuliers : les artères intracrâniennes et les artères à dispositif de bloc :

— Les artères intracrâniennes sont des artères de moyen calibre mais s'en distinguent par une paroi mince dépourvue de limitante élastique externe et par une fine adventice.

— les artères à dispositif de bloc comportent des renforcements de faisceaux musculaires lisses au niveau de leur paroi qui, en se contractant, entraînent une Occlusion partielle ou totale de la lumière. On rencontre ce type de vaisseau artériel dans l'appareil génital (tissu érectile) en particulier.

3. Les artères de transitions

C'est le passage d'une artère élastique à une artère musculaire qui peut être soit :

- ❖ Progressif c'est le cas de l'artère sous- Clavière
- ❖ Sans transition au niveau du tronc cœliaque.

4. Les artérioles sont des vaisseaux de résistances

- Diamètre inférieur à 0,5 mm, Intima : pratiquement réduite à l'endothélium.
- Limitante élastique interne uniquement dans les artérioles les plus volumineuses.
- Média : seulement quelques assises de cellules musculaires lisses.
- Il n'y a pas de limitante élastique externe.
- L'adventice est très mince.

Les artérioles subissent des modifications importantes de leurs lumières suite à la contraction ou le relâchement des cellules musculaires lisses de la média : Vasodilatation / Vasoconstriction.

C. Histophysiologie de la paroi artérielle

1. Endothélium

- Un rôle majeur de contrôle de vasomotricité.
- Endothélium est un lieu de passage entre le sang circulant et la paroi des vaisseaux sous-jacents.
- C'est un lieu de transformation de certaines substances vaso-actives élaborées dans d'autres organes et acheminées vers myocytes exemple :
 - Angiotensine I —————> Angiotensine II grâce à une enzyme de conversion (ECA) présente dans les cellules endothéliales et transmise aux myocytes de la paroi artérielle.
 - les cellules endothéliales élaborent des substances qui agissent par effet paracrine sur les myocytes de la paroi :
 - * endothéline : action dans la vasoconstriction
 - * Monoxyde d'azote : action dans la vasodilatation.
- Endothélium contrôle la multiplication des myocytes :
 - * stimulée par endothéline ou AngiotensineII
 - * inhibé par le Monoxyde d'azote.

2. Les cellules musculaires

- Elles sont des propriétés de contractibilités.
- Elles élaborent les constituants de la matrice extra-cellulaire du tissu conjonctif environnant.

3. Les lames élastiques

- Permettent d'amortir l'élévation brutale de la pression sanguine.
- Elles maintiennent la lumière béante même si artère est sectionnée.

4. Les modifications de la paroi au cours du vieillissement

Au cours du vieillissement, l'activité métabolique de endothélium de la paroi perd son importance.

La couche sous-endothéliale s'enrichit en proteoglycanes et fibres musculaires lisses entraînant son épaissement.

Les myocytes reprennent l'activité sécrétoire en élaborant des fibres de collagènes.

Les fibres élastiques perdent leur élasticité ; les fibres musculaires lisses peuvent se multiplier.

Ces complications peuvent se compliquer d'athérosclérose.

Références Bibliographiques

- 1) J. LANGMAN, Embryologie médicale. Développement humain, normal et pathologique, Paris, 1965.
- 2) J.C. Czyba & C. Girod. **Appareils circulatoire, respiratoire, digestif, urinaire, organes lymphoïdes.** 3^{ème} édition. Simep 1979
- 3) Michel maillet et Dominique Chiarasini. **Embryologie spéciale humaine.** Médecine Deug. Edition 1985.
- 4) Jean Pierre Dadoune. **Histologie.** Médecine sciences Flammarion, 1990.
- 5) Georges Grignon. **PCEM d'Histologie.** Edition Ellipses 1997.
- 6) James D.Fix, Ronald W Dudek. **Embryologie humaine.** Traduit et adapté par André Défossez. Edition Prade, Paris, 1998.
- 7) [Ferechté Encha-Razavi](#) , [Estelle Escudier](#). **Embryologie humaine , de la molécule à la clinique,** Elsevier-Masson 2003.
- 8) T.W. Salder, Jan Langman. **Embryologie médicale.** 8ème edition. Editions Pradel 2006.
- 9) A.L. Kieszenbaum, traduction de la 1ère édition américaine par Pierre Validire et Patricia Validire-Charpy. **Histologie et Biologie cellulaire, une introduction à l'anatomie pathologique,** de Boeck 2006.