

Université de Constantine
Faculté de médecine. Département de médecine.
Laboratoire d'anatomie humaine. Médecin chef PR B BOUSSAFSAF.

EMBRYOLOGIE DU CŒUR ET DES VAISSEaux SANGUINS

DR AMRANE CHAFIKA YASMINA.

Cours destiné aux étudiants de deuxième année médecine

ANNEE UNIVERSITAIRE 2014-2015

I-INTRODUCTION :

1) Développement de l'appareil circulatoire :

Le développement de l'appareil cardiovasculaire passe par trois stades essentiels :

- Le stade vitellin (Fig. 1) où l'embryon vit sur ses réserves nutritives contenues dans la vésicule vitelline.
- Le stade placentaire (Fig. 2) où s'est développé un organe intermédiaire, appelé placenta, entre les organismes maternel et fœtal.
- Le stade néo-natal où l'organisme assure sa survie de façon autonome.

a. Le stade vitellin :

Il va de la 3^e semaine au début du deuxième mois. La circulation vitelline au niveau de la vésicule ombilicale est prédominante. La circulation intra-embryonnaire primitive et la circulation allantoïdienne se mettent en place.

b. Le stade placentaire :

Il va de la fin du premier mois à la naissance. La circulation vitelline disparaît à la fin du deuxième mois. Le seul vestige qu'elle laisse, sera à l'origine des vaisseaux mésentériques supérieurs. La circulation allantoïdienne devient placentaire et prédomine, dès le 30^{ème} jour. Elle est assurée par les vaisseaux ombilicaux. Elle accomplit à la fois l'oxygénation, la nutrition et

Université de Constantine
Faculté de médecine. Département de médecine.
Laboratoire d'anatomie humaine. Médecin chef PR B BOUSSAFSAF.

l'épuration. La circulation intra-embryonnaire est marquée par un développement privilégié au niveau du foie, du cerveau et du mésonéphros.

c. Le stade néonatal :

La circulation placentaire est interrompue. Son rôle est relayé dans la circulation néonatale par des organes qui opèrent une division des fonctions.

- Une zone privilégiée pulmonaire, se met à fonctionner pour assurer l'oxygénation du sang. C'est-à-dire l'hématose consistant en une transformation du sang veineux en sang artériel.
- Le métanéphros fonctionnel depuis le troisième mois fœtal, assure l'épuration du sang des déchets métaboliques. L'urine est ainsi produite.
- Le réseau mésentérique ou système porte, qui draine le sang veineux du tube digestif, assure la nutrition.

II- FORMATION EN DES VAISSEAUX SANGUINS ET EXTRA-EMBRYONNAIRES :

Le système vasculaire de l'embryon humain apparaît au milieu d'une troisième semaine lorsque l'embryon ne peut plus satisfaire à ses besoins nutritionnels par simple diffusion. A ce stade les cellules mésenchymateuse (CM) du chorion (CH), du pédicule embryonnaire (PE) et de la paroi de la vésicule vitelline (VV) se multiplient et constituent des amas cellulaires isolés que l'on appelle amas cellulaires angio-formateurs (AF).

Secondairement, par apparition de fissures intercellulaires qui confluent ensuite. Les ilots angio-formateurs se creusent d'une lumière. Les cellules situées à la périphérie s'aplatissent pour former le revêtement épithélial du futur vaisseau. Celles situées au centre deviennent libres et deviennent des cellules sanguines. C'est le stade d'ilots sanguins. Les ilots sanguins confluent et forment

Université de Constantine
Faculté de médecine. Département de médecine.
Laboratoire d'anatomie humaine. Médecin chef PR B BOUSSAFSAF.

un réseau plexiforme qui se transforme en petits vaisseau sous l'effet de facteurs hémodynamiques.

I- FORMATION DES VAISSEAUX SANGUINS INTRA-EMBRYONNAIRES :

Les vaisseaux sanguins intra-embryonnaires se développent de façon indépendante à partir des amas cellulaires anglo-formateurs qui apparaissent dans la splanchnopleure à la fin du présomitique.

Au début, les amas cellulaires sont situés dans les parties latérales de l'embryon, mais ils se développent rapidement en direction céphalique. Par la suite, ils se creusent d'une lumière, se réunissent et forment un plexus de petits vaisseaux sanguins. Ce plexus prend progressivement une forme en fer à cheval.

Les parties latérales du plexus se réunissent en un seul tube endothélial, mais sa portion centrale conserve temporairement sa forme de plexus. La portion de la cavité coelomique intra-embryonnaire qui recouvre cette portion antérieure et centrale du plexus deviendra la cavité péricardique.

En plus du plexus en fer à cheval, d'autres amas cellulaires anglo-formateurs apparaissent de chaque côté près de la ligne médiane et parallèlement à elle. Les amas se creusent également d'une lumière et forment une paire de vaisseaux longitudinaux ; les aortes dorsales.

A un stade ultérieur, ces vaisseaux entreront en connexion avec le plexus en fer à cheval gauches représentés.

Université de Constantine
Faculté de médecine. Département de médecine.
Laboratoire d'anatomie humaine. Médecin chef PR B BOUSSAFSAF.

II- LES VAISSEAUX EXTRA-EMBRYONNAIRES SONT LES SUIVANTS :

- Ceux de la vésicule vitelline (VO) sont représentés par la veine et l'artère vitelline (VV) et (AV).
- Ceux du pédicule embryonnaire (PE) et du chorion (CH) avec les villosités choriales (VCH) sont représentés par l'artère ombilicale (AO) et la veine ombilicale (VO).

Les vaisseaux intra-embryonnaires sont les suivants :

- Ceux qui arrivent au cœur, ce sont les veines cardinales antérieure et postérieure, les veines ombilicales (VO), les veines vitellines (VV).
- Ceux qui partent du cœur, ce sont les deux aortes ventrales (AV) qui se recourbent en donnant le premier arc aortique et qui se continuent par les deux aortes dorsales. Chaque aorte dorsale donne une artère ombilicale. La continuité entre les vaisseaux extra-embryonnaires et intra-embryonnaire se fait selon les niveaux suivants :
 - La vésicule vitelline vers l'embryon assurés par les artères vitellines et les veines vitellines.
 - Le chorion et pédicule embryonnaire par les artères et les veines ombilicales.

III- CIRCULATION SANGUINE CHEZ L'EMBRYON DE 28 JOURS :

Le cœur est représenté à ce stade par le tube endocardique avec un pôle artériel et un pôle veineux.

C'est au niveau des villosités choriales que le sang veineux des capillaires artériels se transforme en sang artériel pris en charge les capillaires veineux. Ces derniers se continuent par des veinules qui à leur tour vont constituer par réunion

Université de Constantine
Faculté de médecine. Département de médecine.
Laboratoire d'anatomie humaine. Médecin chef PR B BOUSSAFSAF.

successive les veines ombilicales. Ces dernières empruntent le pédicule embryonnaire pour pénétrer à l'intérieur de l'embryon. Les veines ombilicales contenant du sang artériel vont se jeter dans le pôle veineux du tube cardiaque.

Les veines cardinales antérieure et postérieure drainent le sang veineux du corps de l'embryon.

Les veines vitellines drainent le sang veineux de la vésicule vitelline. Les veines cardinales et vitellines se jettent dans le pôle veineux du tube cardiaque.

C'est à ce niveau donc que s'effectue le mélange entre le sang artériel venu de la veine ombilicale et le sang veineux provenant des veines vitellines et cardinales.

Ce sang mélangé traverse le tube cardiaque et sort par le pôle artériel. Le sang mélangé passe dans les aortes ventrales puis dorsales et va être distribué d'une part à tout le corps de l'embryon et d'autre part à la vésicule vitelline par l'artère vitelline et au chorion par les artères ombilicales.

Ces dernières sortent de l'embryon par le pédicule embryonnaire et vont donner des capillaires artériels au niveau des villosités choriales, lieu d'échange nutritionnel. Ensuite ils se continuent par des capillaires veineux.

IV- FORMATION DU TUBE CARDIAQUE :

A partir du 20^e jour et au niveau de la splanchnopleure des cellules mésenchymateuses se différencient et se regroupent en amas cellulaires angioformateurs.

Ces amas cellulaires se disposent en deux cordons cellulaires situés dans les parties latérales de l'embryon. Mais ils se développent rapidement en direction céphalique pour se réunir en avant de la membrane pharyngienne.

Les deux cordons prennent une forme en fer à cheval et se creusent d'une lumière se transformant ainsi en deux tubes dits tubes endocardiques. La portion

Université de Constantine
Faculté de médecine. Département de médecine.
Laboratoire d'anatomie humaine. Médecin chef PR B BOUSSAFSAF.

antérieure et centrale des tubes endocardiques sera recouverte par la partie antérieure des cavités coelomiques internes qui deviendra la cavité péricardique.

La délimitation de l'embryon dans le sens transversal va rapprocher les deux tubes et place en avant de l'intestin pharyngien.

Les deux tubes s'accolent par la suite pour former le tube endocardique.

Des cellules mésenchymateuses viennent de se grouper autour du tube endothélial et lui constituent un manchon est le futur myocarde.

Le tube endothélial deviendra alors le tube cardiaque.

Vers le 22^e jour les deux tubes endocardiques s'accolent. C'est la délimitation de l'embryon qui rapproche les deux tubes et les place en position ventrale.

Les deux tubes endocardiques fusionnent dans le sens un crânio-caudal en un seul tube.

Le mésoblaste entourant le tube endocardique, s'épaissit et forme une gaine myo-épicardique qui donnera le myocarde et le péricarde viscéral (épicardique).

Le tube cardiaque, impair et médian situé dans la cavité péricardique commence à battre vers le 23^e jour.

C'est entre le 27^e et le 29^e jour que s'établit la véritable circulation embryonnaire.

Les deux schémas représentent des coupes transversales de l'embryon de 22 jours.

V- EVOLUTION DU TUBE CARDIAQUE :

1) Le tube cardiaque primitif est rectiligne :

Il a une direction crânio-caudale et se continue à son extrémité céphalique par les deux aortes ascendantes ou ventrales et reçoit à son extrémité caudale les veines vitellines, ombilicales et les canaux de Cuvier qui débouchent dans une partie renflée appelée sinus veineux.

Université de Constantine
Faculté de médecine. Département de médecine.
Laboratoire d'anatomie humaine. Médecin chef PR B BOUSSAFSAF.

Le tube cardiaque va subir les transformations suivantes : il s'allonge, se dilate en certaines zones, subit des phénomènes de flexion et se cloisonne.

2) Dilatation et allongement :

Le tube cardiaque, tout en s'allongeant, va présenter des zones dilatées séparées par des zones rétrécies. Nous avons ainsi, d'arrière en avant :

- a. Le sinus veineux : c'est une portion dilatée dans laquelle débouchent latéralement les deux canaux de Cuvier et caudalement les deux veines ombilicales et les deux veines vitellines ou omphalo-mésentériques.
- b. L'oreillette primitive zone dilatée.
- c. Le canal auriculo-ventriculaire zone rétrécie.
- d. Le ventricule primitif zone dilatée.
- e. Le détroit de Haller zone rétrécie.
- f. Le bulbe artériel zone dilatée se continue avec les deux aortes ventrales.

3) Flexion du tube cardiaque :

La portion veineuse passe en arrière et à gauche, la portion artérielle se déplace en avant et à droite.

Le ventricule primitif tend à recouvrir l'oreillette primitive qui devient postérieure. C'est l'inflexion du tube en S.

4) Flexion :

Située en arrière du ventricule, l'oreillette subit un déplacement vers la droite. Le ventricule s'abaisse et se place en avant et à gauche de l'oreillette primitive.

Déplacement de l'oreillette primitive vers la droite. Deux ventricules de l'oreillette apparaissent : ce sont auricules qui entourent l'origine du bulbe artériel et qui prennent contact avec la face antérieure du ventricule primitif.

A ce stade, plusieurs remarques peuvent être faites :

Université de Constantine
Faculté de médecine. Département de médecine.
Laboratoire d'anatomie humaine. Médecin chef PR B BOUSSAFSAF.

- a. L symétrie initiale a disparu, mais les différents segments du tube cardiaque restent placés en série les uns par rapport aux autres.
- b. Le massif auriculaire qui est rejeté en arrière des futures cavités ventriculaires, n'est encore en communication qu'avec le seul ventricule primitif (futur ventricule gauche) grâce à l'orifice auriculo-ventriculaire primitif.
- c. Le tronc artériel primitif se détache uniquement du bulbus cordis (futur ventricule droit) situé à droite du ventricule primitif.
- d. La plicature du cœur : entraîne la rupture du mésocarde dorsal et la formation du sinus transverse de Theile ; tunnel péricardique qui, plus tard est compris entre le pôle veineux et le pédicule artériel.

5) Cloisonnement :

Après avoir subi l'inflexion, le tube cardiaque se cloisonne.

a. Cloisonnement du canal auriculo-ventriculaire :

Grâce au septum intermedium le canal auriculo-ventriculaire donne deux orifices :

- L'orifice et tricuspide à droite.
- L'orifice mitral à gauche.

b. Cloisonnement de l'oreillette primitive :

Le cloisonnement auriculaire commence au cours de la cinquième semaine de la vie intra-utérine.

L'oreillette primitive, unique, représente, le stade initial. Le schéma montre l'oreillette coupée horizontalement et privée de sa partie supérieure. Les encoches visibles sur la paroi antérieure représentent les orifices atrio-ventriculaires, séparés par le septum intermedium. Le système veineux est représenté à son stade à son état définitif (veine cave supérieure et inférieure, veines pulmonaires).

Université de Constantine
Faculté de médecine. Département de médecine.
Laboratoire d'anatomie humaine. Médecin chef PR B BOUSSAFSAF.

Apparition sur la paroi postéro-supérieure d'une cloison falciforme (jaune) mince dont les pointes convergent en avant et en bas (flèches rouges) vers le septum intermedium. C'est le septum primum.

Le septum primum continue à se développer. Il se dirige vers le septum intermedium, il délimite avec le septum intermedium, un orifice temporaire, L'OSTIUM PRIMUM, dont le diamètre diminue rapidement.

Pendant la fermeture de l'ostium primum apparaissent des déhiscences (petits orifices) à la partie supérieure du septum primum. Ces orifices vont confluer pour former l'ostium secundum.

c. Cloisonnement 7^{ème} semaine :

Lorsque l'ostium primum est fermé, l'ostium secundum, largement ouvert maintient un passage libre entre deux oreillettes droite et gauche à travers l'ostium secundum.

A droite du septum primum apparaît sur la paroi antéro-supérieure de l'oreillette droite, une épaisse cloison dont les pointes convergent, en bas et en arrière vers l'orifice de la veine cave inférieure. C'est le septum secundum (7^{ème} semaine de la vie intra-utérine).

Le septum secundum recouvre l'ostium secundum, mais il reste lui-même incomplet. Il ménage dans la cloison inter-auriculaire un passage qui se trouve juste dans l'axe du courant sanguin venu de la veine cave inférieure : c'est le canal de Botal ou foramen ovale.

Le canal de Botal est constitué par :

- Un orifice droit délimité par le septum secundum près de l'abouchement de la veine cave inférieure dans l'oreillette droite.
- Une fente ou espace compris entre le septum primum et le septum secundum.

Université de Constantine
Faculté de médecine. Département de médecine.
Laboratoire d'anatomie humaine. Médecin chef PR B BOUSSAFSAF.

- Un orifice gauche qui est l'ostium secundum qui s'ouvre dans l'oreillette gauche.

d. Cloisonnement du bulbe artériel et du ventricule primitif :

Dès la cinquième semaine de la vie intra-utérine apparaît, sur la paroi ventriculaire antérieure, une crête dans son plan médian. C'est l'amorce de la cloison inter-ventriculaire. Cette cloison se développe et se dirige vers la paroi ventriculaire inférieure constituant le septum inferius. Mais cette cloison est incomplète et laisse persister en regard du bulbe artériel une communication inter-ventriculaire.

- T : orifice tricuspide
- M : orifice mitral
- SI : Septum inferius
- A : bourgeon aortico-pulmonaire droit
- Bourgeon aortico-pulmonaire gauche

Au cours de la cinquième semaine, le bulbe artériel s'épaissit en deux bourrelets : les bourrelets aortico-pulmonaires droit et gauche.

e. Cloisonnement du ventricule primitif (60^{ème} jour) :

Les deux bourrelets aortico-pulmonaires droit et gauche s'unissent par leur bord axial pour former le septum aortico-pulmonaire séparant définitivement l'aorte et l'artère pulmonaire qui sont ainsi enroulées l'une autour de l'autre.

Le cloisonnement sera achevé par la fermeture de la communication inter-ventriculaire par :

- Un bourgeon issu du bourrelet aortico-pulmonaire droit près de l'orifice tricuspide.
- Un bourgeon issu du bourrelet aortico-pulmonaire droit près de l'orifice mitral.

Université de Constantine
Faculté de médecine. Département de médecine.
Laboratoire d'anatomie humaine. Médecin chef PR B BOUSSAFSAF.

- Un bourgeon né du bourrelet endocardique auriculo-ventriculaire postérieur.

La fusion de ses trois bourgeons forme la partie membraneuse de la cloison inter-ventriculaire qui sera achevée vers la fin du deuxième mois : c'est la pars membranacea.

VI- CIRCULATION FŒTALE :

Le sang oxygéné du placenta retourne au fœtus par la veine ombilicale. Au moment où il va atteindre le foie, le courant sanguin est en grande partie dérivé par le canal veineux d'Arantius vers la veine cave inférieure court-circuitant ainsi le foie. Une petite quantité pénètre dans le foie et se mélange avec le sang venant du système porte.

Après un court trajet dans la veine cave inférieure le sang pénètre dans l'oreillette droite. Là, il est canalisé vers le canal de Botal par la valvule de la veine cave inférieure et la majeure partie du courant sanguin passe directement dans l'oreillette gauche. Une petite quantité de sang reste dans l'oreillette droite et se mélange avec le sang désaturé en oxygène, arrivant par la veine cave supérieure de la tête et des membres supérieurs. De l'oreillette gauche le courant sanguin va au ventricule gauche et à l'aorte ascendante.

Le sang désaturé en oxygène provenant de la veine cave supérieure passe dans le ventricule droit, puis dans le tronc de l'artère pulmonaire.

Comme les poumons ne fonctionnent pas, la majeure partie de ce sang passe directement, par l'intermédiaire du canal artériel dans l'aorte descendante où elle se mélange avec le sang venant de la portion proximale de l'aorte ascendante.

De là, le courant sanguin retourne au placenta par l'intermédiaire des deux artères ombilicales.

Université de Constantine
Faculté de médecine. Département de médecine.
Laboratoire d'anatomie humaine. Médecin chef PR B BOUSSAFSAF.

VII- MODIFICATIONS CIRCULATOIRES A LA NAISSANCE :

Le système vasculaire subit après la naissance, les modifications suivantes :

- a. Obturation des artères ombilicales. Le segment distal constituera les ligaments ombilicaux latéraux, le segment proximal reste perméable et constitue les artères vésicales supérieures.
- b. Obturation des veines ombilicales et du canal veineux d'Arantius : la veine ombilicale constitue le ligament rond du foie. Le canal d'Arantius constitue le ligament veineux.
- c. Fermeture du canal artériel pour constituer le ligament artériel.
- d. Fermeture du foramen ovale (Canal de Botal). Lors de la première respiration, la pression sanguine augmente dans l'oreillette gauche et diminue dans l'oreillette droite. Le septum primum, du fait de la pression, s'applique contre le septum secundum fermant ainsi définitivement le canal de Botal.