

## ***Sviluppo del sistema artero-venoso nel feto***

### **SISTEMA ARTERIOSO**

Nel feto, dopo la terza settimana di sviluppo, è presente l'abbozzo del tubo cardiaco, posto inferiormente all'intestino cefalico. Da questo tubo cardiaco, durante la 4° e 5° settimana, si diparte dal **sacco aortico** un ramo arterioso impari che rimonta verso l'alto superando l'intestino cefalico, dopo essersi aperto nella **aorta ventrale dx** e **aorta ventrale sx**, che presentano un percorso ascendente. Queste contorniano la faringe. In corrispondenza degli archi faringei si formano gli **archi aortici**, ovvero rami anastomotici che collegano le aorte ventrali ascendenti con i rami della **aorta dorsale dx** e i rami della **aorta dorsale sx**, che hanno percorso discendente.

Durante lo sviluppo, si formano 6 coppie di archi, di cui il 5° è quello che regredisce prima e, in molti casi, non si forma proprio; gli effettivi archi aortici sono 5: **I, II, III, IV e VI**.

Gli archi I e II regrediscono. L'arco III forma l'**arteria carotide comune**. Il tratto di aorta dorsale che fa da ponte tra l'arco II e l'arco III si oblitera e così le aorte ventrali saranno le **arterie carotidi esterne** e le aorte dorsali le **arterie carotidi interne**. Questo passaggio è consentito grazie alle trasformazioni subite dall'arco IV. Quest'ultimo, infatti, a sx determina la formazione dell'**arco aortico**, continuandosi, poi nell'arteria succlavia e collegandosi con la carotide comune. A dx si continua con la **VII arteria segmentaria**, che si collega con l'arteria carotide comune. L'arco VI, infine, detto anche **arco polmonare**, forma l'abbozzo delle **arterie polmonari**, legandosi a sx con l'arco aortico mediante il **dotto arterioso del Botallo**; si continua negli abbozzi polmonari.

Altre arterie sono le **arterie vitelline** che sono un certo numero di arterie che vascolarizzano il sacco vitellino. Con la regressione del sacco vitellino, si trasformeranno nelle arterie del tubo digerente quali le **arterie celiaca, mesenterica sup. e mesenterica inf.**

Le arterie **ombelicali** si dipartono dai rami ventrali dell'aorta e si dirigono alla placenta insieme all'allantoide. Ciascuna di queste presenta un ramo anastomotico con le arterie iliache comuni, i rami ventrali degenerano e queste saranno alimentate solo dalle arterie degli arti inferiori. Degenereranno per formare i **legamenti ombelicali mediali** e le **arterie vescicali superiori**.

### **SISTEMA VENOSO**

Il sistema venoso consta, principalmente, delle **vene cardinali**, atte al drenaggio del feto. Queste vene sono divise in 2 coppie, le **vene cardinali superiori o anteriori** e le **vene cardinali inferiori o posteriori**. Le prime decorrono dalla zona branchiale sulla cavità pleuro-pericardica fino alla faccia posteriore del cuore; le seconde risalgono dorsalmente dall'estremità caudale dell'embrione.

Le vene cardinali si fondono mediante le **vene del Cuvier** nel **seno venoso**. Tra le vene card. Ant. Si forma una anastomosi che corrisponderà alla vena anonima di sx. dalla vena card. ant. dx si forma la vena cava superiore. Con l'allungamento del feto

la vena card. ant. sx si allunga parimenti e poi si oblitera. Parte della vena rimarrà sulla superficie posteriore del cuore come **seno coronario**.

Le vene card. inf. si svilupperanno rispettivamente quella dx nella **vena azygos** e quella sx nella vena **emiazygos**.

Immediatamente al di sotto delle vene del Cuvier, nel **seno venoso** confluiscono, contemporaneamente allo sviluppo del sistema venoso cardinale, le **vene ombelicali** e le **vene onfalomesenteriche** o **vitelline**. Le **vene vitelline** si trovano ai lati degli abbozzi dei **sinusoidi epatici**, mentre le **vene ombelicali** si trovano lateralmente ad esse. Le vene vitelline si sviluppano all'interno dei sinusoidi epatici, legandosi al seno cavernoso mediante il **canale epatocardiaco dx** e **sx**, le vitelline, inoltre, avvolgono il tubo digerente in via di sviluppo, che si trova immediatamente al di sotto dei sinusoidi epatici, mediante due anelli anastomotici.

Il **canale epatocardiaco dx** si trasforma nella **porzione epatocardica della vena cava**. Il segm. sx non è sfruttato e si oblitera. La porzione epatocardica della vena cava si anastomizza con la vena ombelicale di sx mediante la vitellina sx., determinando la formazione del **dotto venoso di Aranzio**. La vena ombelicale dx si oblitera. La vena vitellina dx determina la formazione della **vena porta**, ove si porteranno le vene mesenteriche e la vena lienale. La via dei sinusoidi epatici resta indipendente allo sviluppo delle anastomosi tra le vitelline e le ombelicali. Dopo la nascita la vena ombelicale si trasforma in **legamento rotondo del fegato** e il dotto venoso si trasforma in **legamento venoso**.

### **Arterie e Vene**

Il flusso sanguigno, perenne, attraversa un circuito chiuso caratterizzato dal cuore, dalle arterie, arteriole, metarteriole, capillari, venule, ed infine, vene. Il flusso è continuo, ma la sua velocità e la sua pressione non sono costanti. Sappiamo, infatti, che il cuore determina una variazione di pressione, e conseguentemente, di velocità nel torrente sanguigno. Ma non basta. Bisogna tener conto anche della struttura anatomica del sistema cardiocircolatorio in toto per comprendere come il sangue possa muoversi. Macroscopicamente il ritorno sanguigno è facilitato dalla contrazione muscolare e dalla pressione negativa che si sviluppa nel torace durante l'inspirazione. Microscopicamente il flusso del sangue varia anche secondo la struttura vasale e secondo la distensione sistolare e contrazione diastolare vasale.

I vasi sono caratterizzati da:

- **tonaca esterna o avventizia** costituita da *connettivo*;
- **tonaca media** costituita da *elastico* prevalentemente nelle *arterie*, *muscolare liscia* nelle *arteriole* (e per questo le arteriole sono responsabili maggiormente della resistenza periferica, perché le fibre sono innervate da fibre noradrenergiche o colinergiche), *muscolare liscia* nelle *venule* e *vene* anche se in quantità minore rispetto alle arteriole. Si possono distinguere le arterie e arteriole dalle vene e venule proprio dallo spessore della tonaca media. Proprio quest'ultima è la responsabile dell'alta pressione del sistema arterioso rispetto a quello venoso. La

tonaca media, infine, è ricoperta internamente ed esternamente da uno strato di connettivo elastico.

- **Tonaca interna o intima** costituita da un leggero strato basale e da uno sottile strato di cellule endoteliali.

Di particolare interesse sono i **capillari**, caratterizzati solo da endotelio. Le arteriole si suddividono prima in *metarteriole* che precedono i capillari. Le metarteriole collegano arteriole e venule mediante un vaso sempre pervio, il *vaso preferenziale*. Le arteriole, ulteriormente, sono collegate anatomicamente alle venute mediante capillari con l'ausilio di sfinteri piazzati sulla metarteriola prossimale.

I capillari permettono il passaggio di sostanze nutritive attraverso gli spazi intercellulari di due cellule endoteliali o mediante *fenestrazioni*. I capillari sono, infine, avvolti da *periciti*. Queste cellule avvolgono con la loro membrana le cellule endoteliali e le collegano alla membrana basale di cui sintetizzano parti importanti.

Le *vene*, infine, sono caratterizzate da ripiegamenti dell'endotelio che formano delle valvole in modo tale da permettere il flusso del sangue in un'unica direzione.

### ***Circolazione nei capillari e linfatici***

In qualsiasi momento solo il 5% della massa sanguigna circola nei capillari. È importante questa quantità, anche se può sembrare piccola, perché è fondamentale per la sopravvivenza.

La pressione nei capillari si misura calcolando la pressione necessaria ad occludere un capillare ungueale o, la pressione necessaria per far fluire dall'esterno verso l'interno, soluzione fisiologica da una siringa in un capillare. In media la pressione all'estremità arteriosa si aggira intorno ai **32 mmHg** e, all'estremità venosa, intorno ai **15 mmHg**. La pressione pulsatoria si aggira intorno ai **5 mmHg** all'estremità arteriosa di un capillare ed è quasi nulla all'estremità venosa. La *velocità di scorrimento* è di circa **0,07 cm/s**.

La parete dei capillari è composta solo da endotelio. Le sostanze attraversano i capillari o, attraverso gli spazi intercellulari o, attraverso le fenestrazioni o, mediante vescicole o, attraverso il citosol, se liposolubili. Diversi fattori influenzano il trasporto delle sostanze, oltre al trasporto vescicolare. Sono la **diffusione** (che si ottiene mediante gradienti di concentrazione) e la **filtrazione**.

La filtrazione possiede diverse forze e queste regolano il movimento di sostanze:

- **Gradiente di pressione idrostatica**: diff. di pressione tra il capillare e il liquido interstiziale (questa forza regola il traffico da dentro verso fuori);
- **Gradiente di pressione osmotica**: diff. di pressione osmotica tra il capillare e il LEC (questa forza regola il traffico da fuori verso dentro).

$$Q - \text{direzione del movimento} = K (P_c - P_i) - (\pi_i - \pi_c)$$

La costante "k" è il coefficiente di filtrazione capillare e tiene conto della diffusione, ovvero della permeabilità del capillare e dell'area disponibile.

La pressione idrostatica è generalmente maggiore dentro che fuori. La pressione oncologica interstiziale è vicina allo zero ed è trascurabile, dunque è più alta dentro che fuori.

**Ne consegue che si ha una fuoriuscita di liquido per il gradiente di pressione idrostatica e un rientro di liquido per il gradiente di pressione oncologica (o colloidosmotica).**

Nel polmone, in particolare,  $P_c$  è la pressione capillare polmonare, circa **7 mmHg**;  $\pi_c$  è la pressione colloidosmotica intravasale o plasmatici, circa **28 mmHg**;  $P_i$  è la pressione dell'interstizio polmonare, circa **-6 mmHg**;  $\pi_i$  è la pressione colloidosmotica interstiziale, di **16 mmHg**.

La somma delle forze che, pertanto, tendono a far uscire liquido dai capillari è  $7 + 16 = 23$ , mentre le forze che tendono a mantenerlo entro i capillari sono  $28 - 6 = 22$ . In definitiva la pressione di filtrazione è di **1 mmHg**. A questo valore vanno aggiunti i valori di pressione colloidosmotica linfatica, circa **4 mmHg**, e pressione idrostatica endolinfatica, circa **2 mmHg**. Si raggiunge, così, un valore di **6 mmHg**, che sommato a quelli della pressione di filtrazione, in totale **7 mmHg**, determina il **fattore di sicurezza** che mantiene asciutto il polmone.

La fuoriuscita di liquido è maggiore verso la zona prossimale all'arteriola del capillare e, il rientro di liquido è maggiore nella zona prossimale alla venula del capillare (questo perché la pressione idrostatica nell'arteriola è maggiore rispetto a quella della venula). Entrano in gioco anche le anastomosi. ***Circa l'85% di liquido è riassorbito nei capillari, il resto è assorbito dai vasi linfatici.***

I vasi linfatici trasportano il liquido interstiziale grazie alla spinta muscolare, alle contrazioni di arteriole e venule cui sono affiancati e grazie alla pressione negativa del torace durante l'inspirazione e, infine, grazie alla suzione delle vene di sbocco dovuta alla grande velocità.

I vasi linfatici sono divisi in:

- ***Linfatici iniziali***: presentano diametro sottile, non hanno sfinteri, né fibre muscolari che li avvolgono;
- ***Linfatici collettori***: hanno diametro maggiore, presentano sfinteri e fibre muscolari con contrazione peristaltica.

Le sostanze che aumentano il flusso linfatico sono dette ***linfagoghi***.

Quando c'è un blocco del sistema linfatico, si hanno i ***edemi*** (mancato drenaggio) e ***linfoedemi*** (ostruzione dei linfatici), come in caso di ***mastectomia radicale***. Casi sproporzionati, come in ***elefantiasi***.

### ***Circolazione venosa***

Il sangue scorre nelle vene grazie a diversi fattori. Dal punto di vista anatomico, sappiamo che le vene di media grandezza presentano ***valvole*** che impediscono il reflusso verso il basso. La pressione varia per l'effetto della gravità e all'altezza del malleolo è stata calcolata essere circa ***85-90 mmHg***. Il ritorno venoso è facilitato dalle contrazioni muscolari e quest'effetto (***pompa muscolare***) determina un

abbassamento della pressione fino a **30 mmHg**. Ovviamente anche le contrazioni delle arterie e arteriole fiancheggianti le vene facilitano la spinta verso l'alto.

La **depressione pleurica** è un altro fattore importante. All'interno della cavità pleurica la pressione, in media di **-2,5 mmHg**, scende durante l'inspirazione fino a **-6 mmHg**. Questa depressione si trasmette alle vene. Secondariamente, durante l'inspirazione, la pressione diaframmatica sul peritoneo determina una diff. di pressione nei confronti del torace, facilitando il reflusso verso l'alto, impedito verso il basso dalle valvole a nido di rondine.

Infine la pressione nelle venule, che in media si aggira intorno a **12-18 mmHg**, diminuisce con l'altezza per l'aumentare dei diametri dei singoli vasi e la riduzione dell'Area trasversa totale dei vasi fino ad un minimo medio di circa **4,6 mmHg** allo sbocco delle vene cave negli atri.