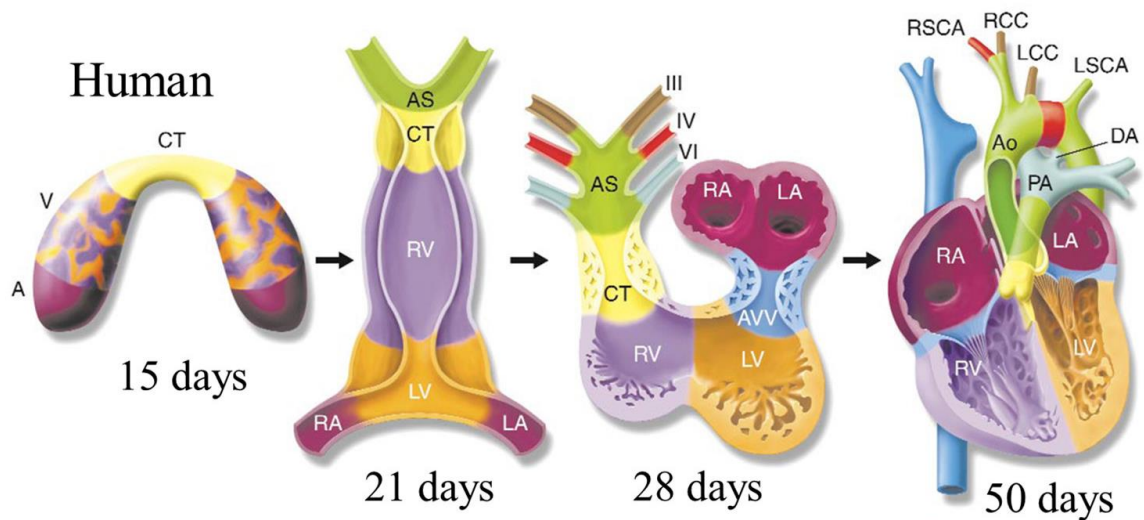


VÝVOJ KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU



Petr Vaňhara

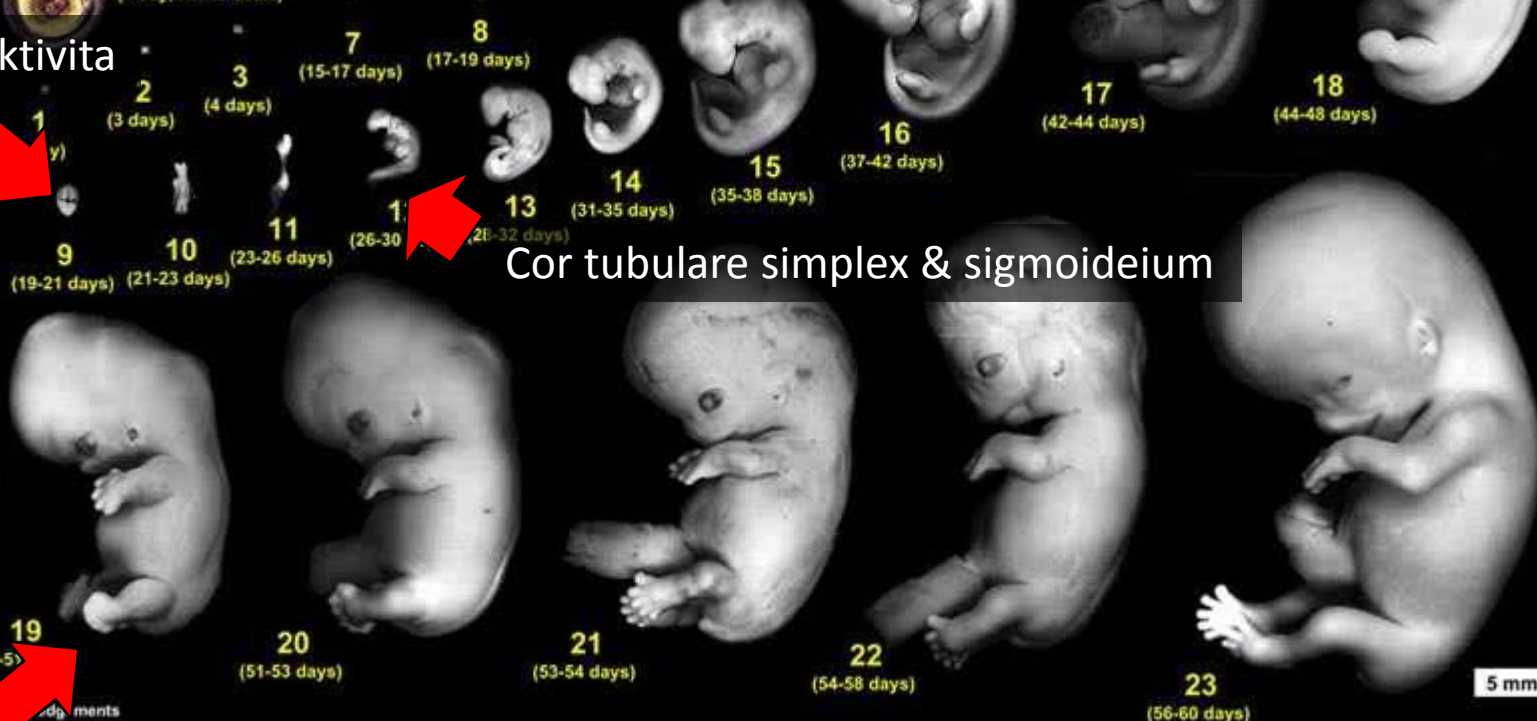
VÝVOJ KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU

První morfologické známky vývoje budoucího srdce

Carnegie Stages of Human Development

Dr Mark Hill, Cell Biology & Anatomy of Medical Sciences (Anatomy), UNSW

Stage 1 Zygote
(1 day, not to scale)



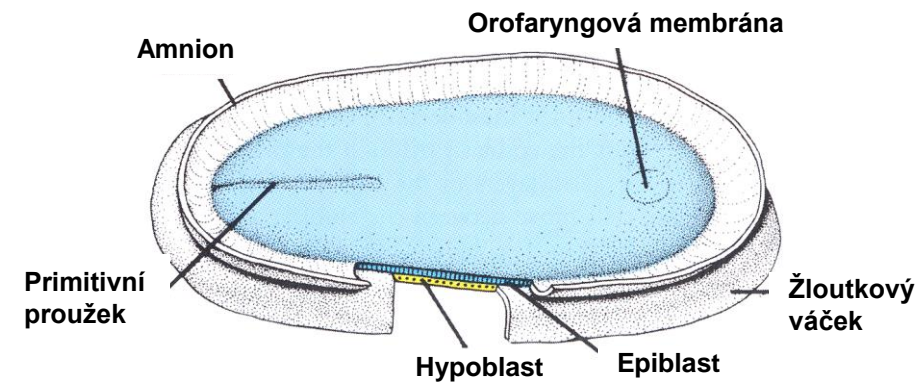
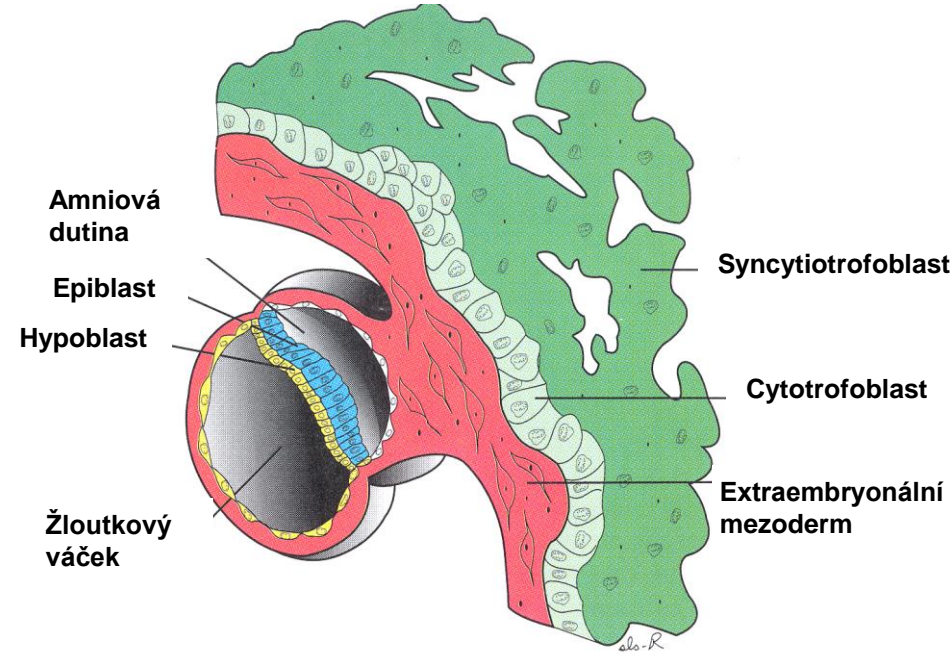
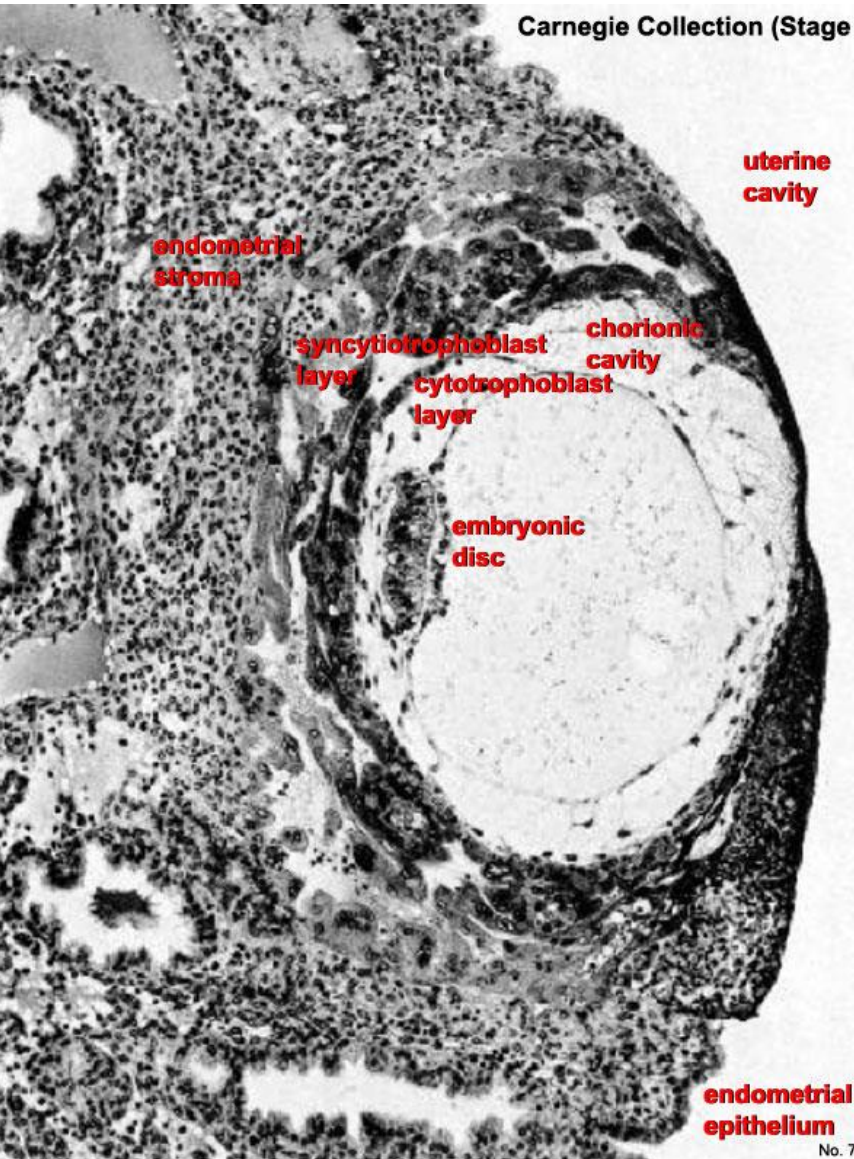
První srdeční aktivita

Cor tubulare simplex & sigmoideum

Plně funkční srdce se čtyřmi oddíly

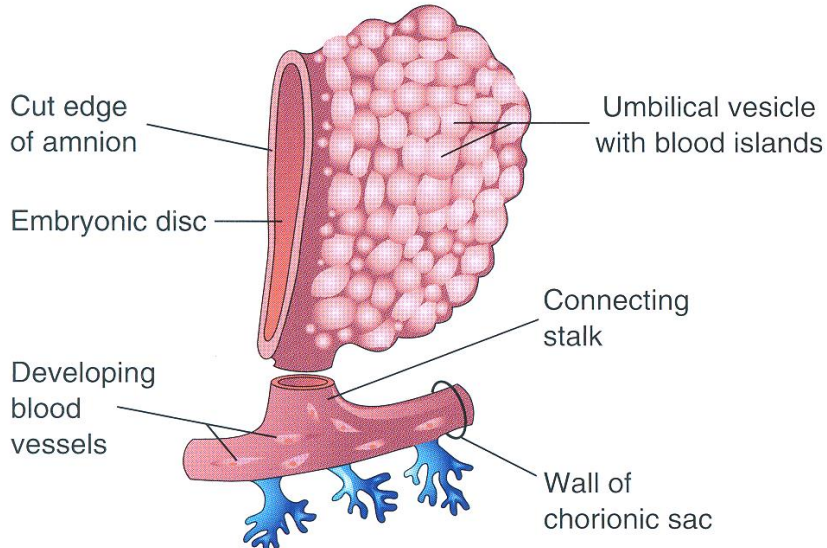
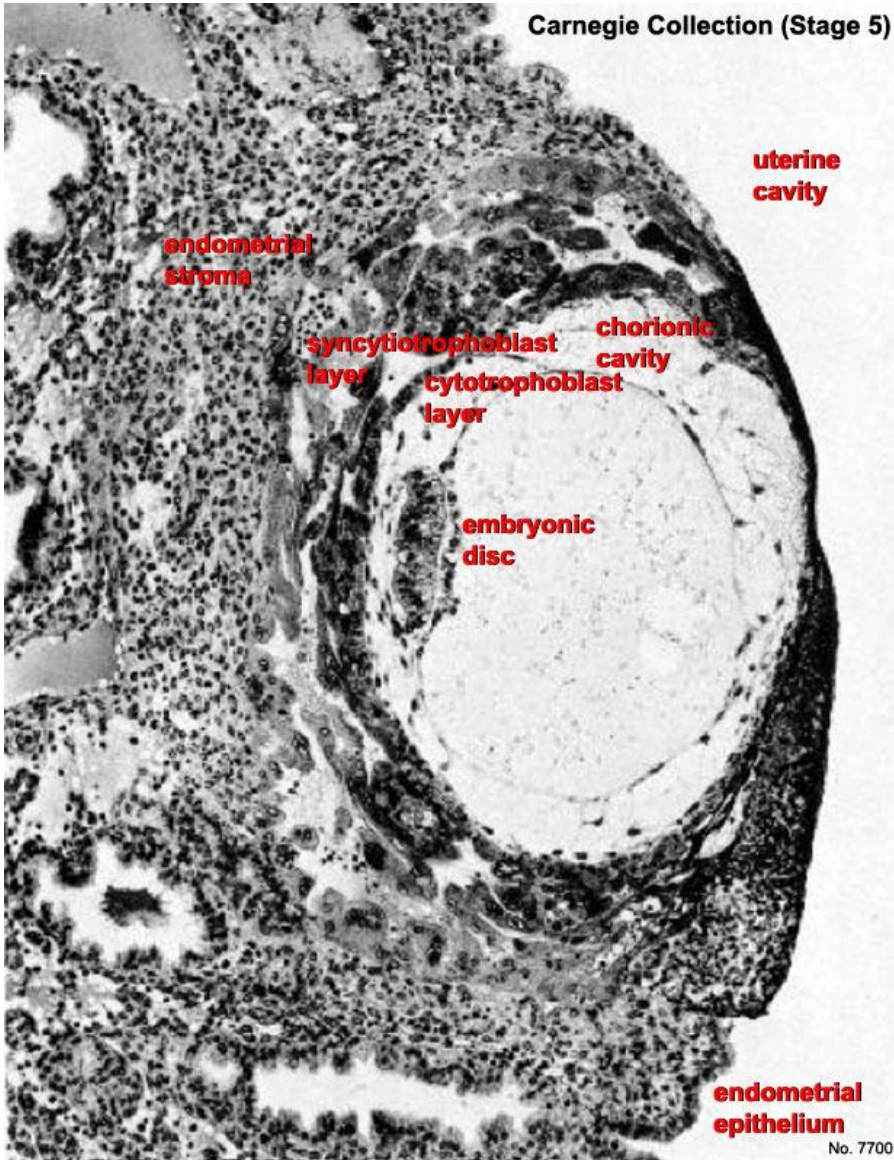
Special thanks to Dr S. J. DiMarzo and Prof. Kohel Shiota for allowing reproduction of their research images and material from the Kyoto Collection and Ms B. Hill for image preparation.
© M.A. Hill, 2004

2.-3. týden



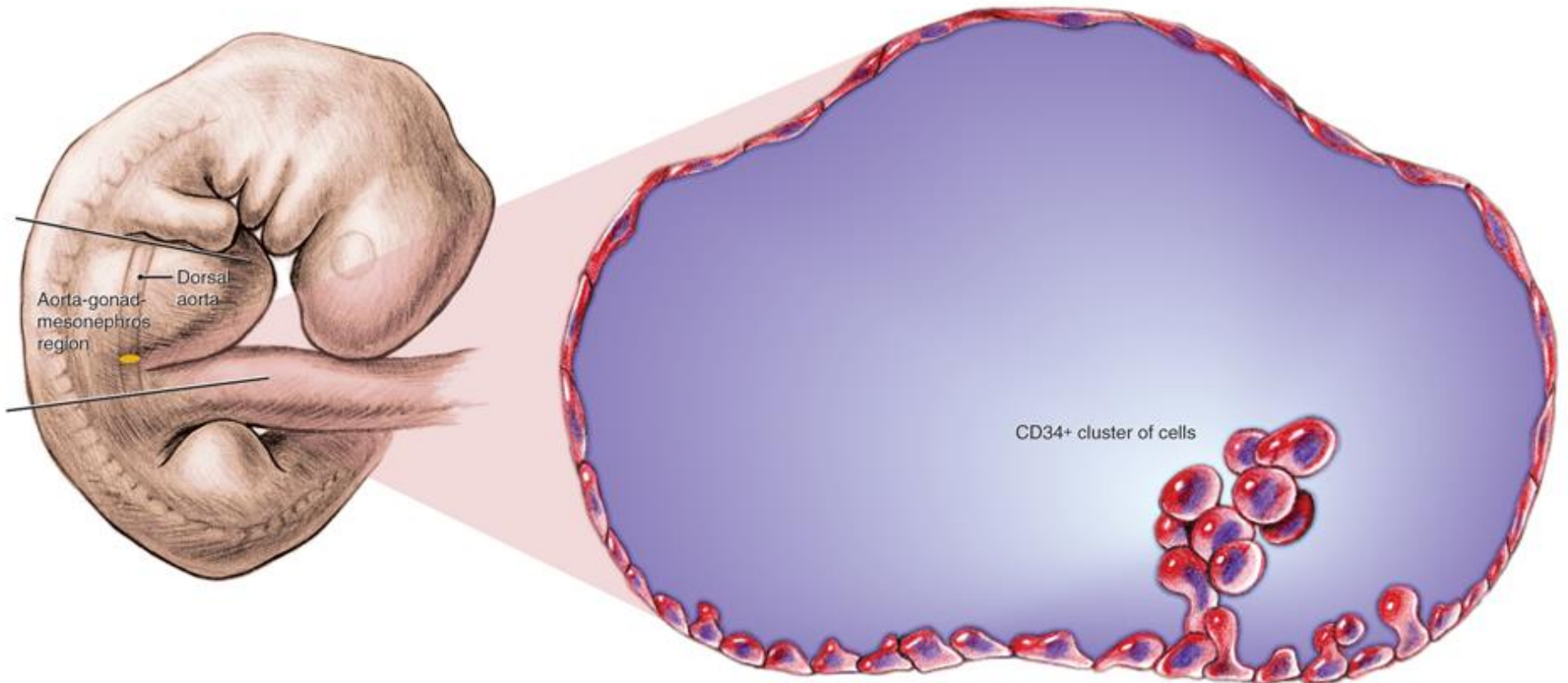
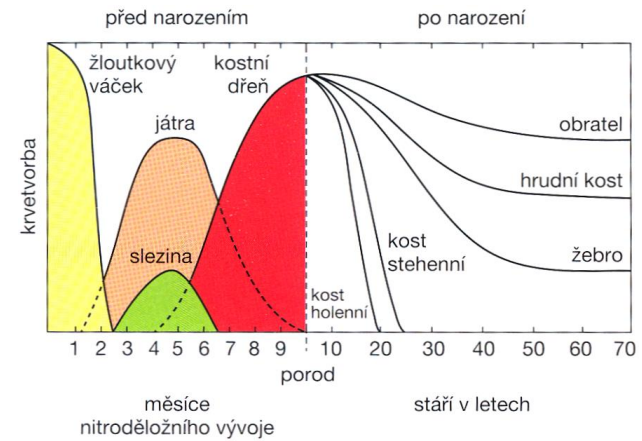
2.-3. týden

- rychlý růst embrya
- difúze limitovaná
- první vaskularizace **extra-embryonálně** – žloutkový vak, chorion zárodečný stvol
- bipotentní (hem)angioblasty
- krevní ostrůvky
- vasculogeneze a angiogeneze, hematopoeze



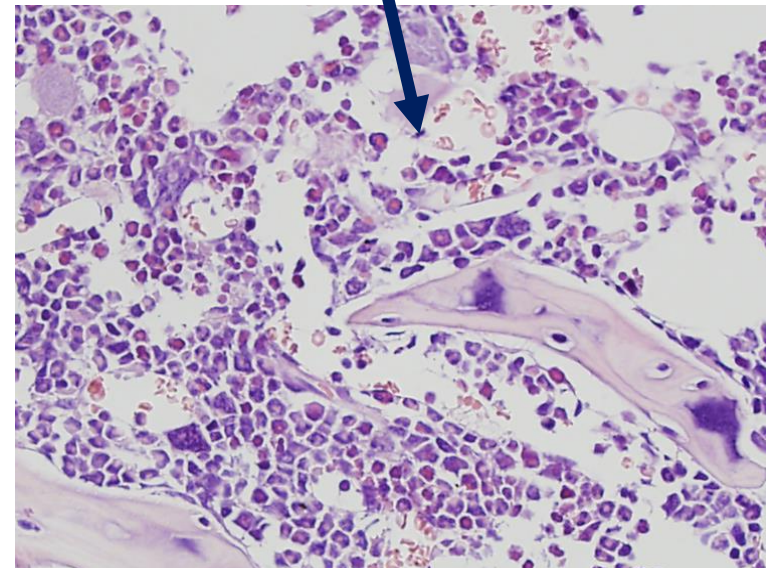
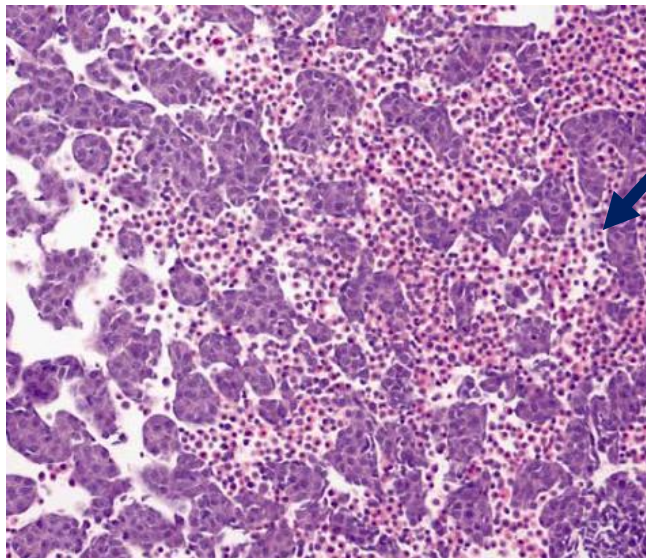
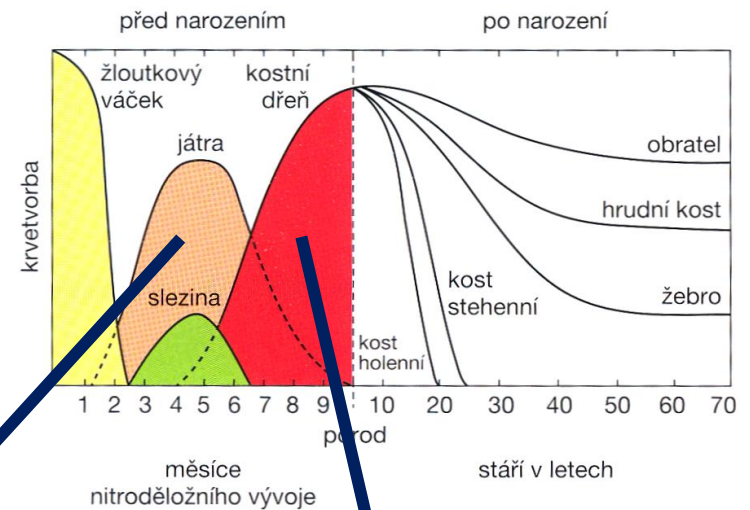
EMBRYONÁLNÍ KRVETVORBA

- **extraembryonální mezoblastická perioda (16-20. den – 8. týden)**
 - žloutkový váček
 - klasický model – **hemangioblasty** (bipotentní buňky)
 - velké jaderné erytroidní buňky
- **aorta-gonad-mesonephros (28. den – 4. týden)**
 - para-aortické clustery v mezodermu splanchnopleury
 - zdroj embryonálních krvetvorných kmenových buněk



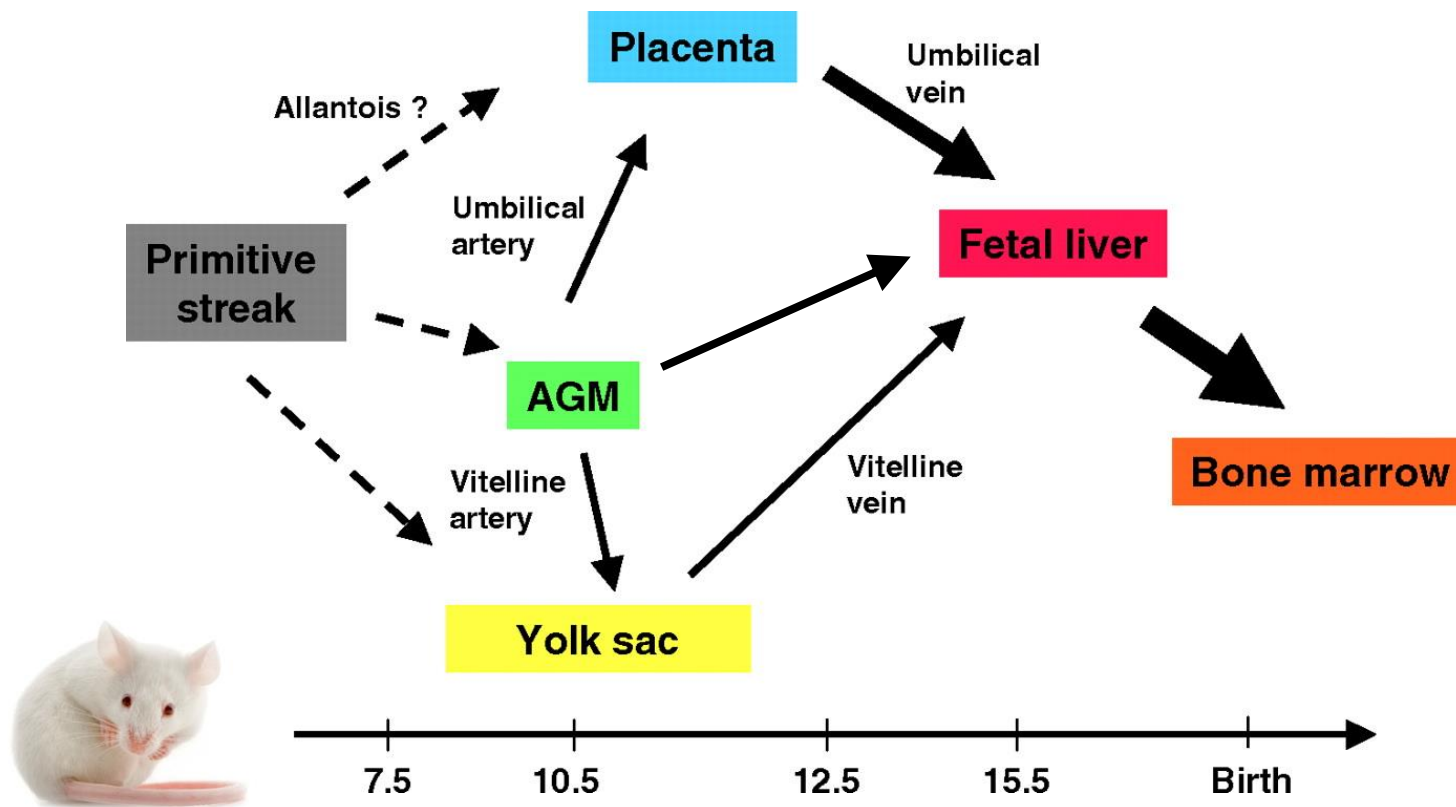
EMBRYONÁLNÍ KRVETVORBA

- **extraembryonální mezoblastická perioda (16-20. den – 8. týden)**
 - žloutkový váček
 - klasický model – hemangioblasty (bipotentní buňky)
 - velké jaderné erytroidní buňky
- **aorta-gonad-mesonephros (28. den – 4. týden)**
 - para-aortické clustery v mezodermu splanchnopleury
 - zdroj embryonálních krvetvorných kmenových buněk
- **hepatolienální perioda (1. měsíc – krátce po porodu)**
 - kolonizace fetálních jater a sleziny
- **medulární perioda (4-6. měsíc – celý život)**
 - kostní dřeň



Embryonální

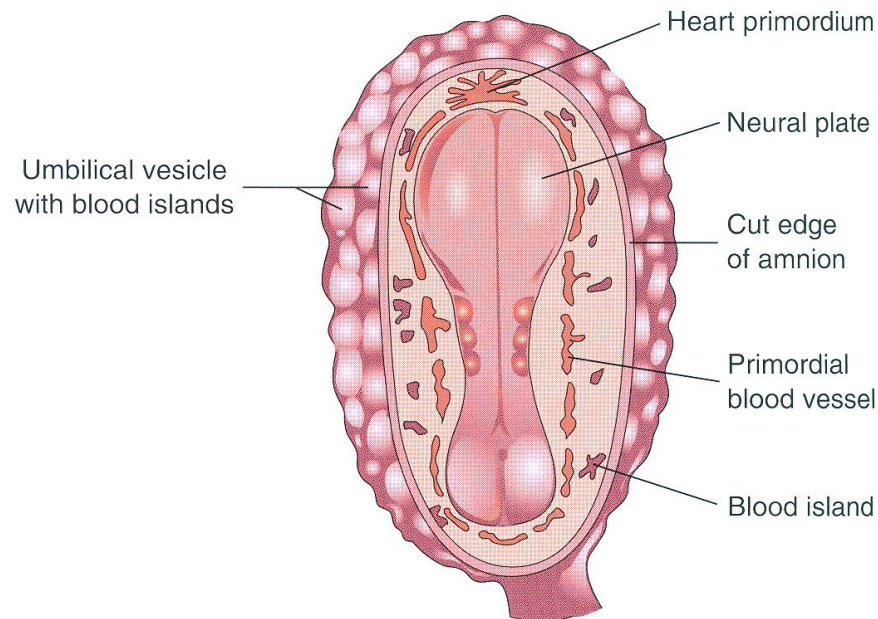
- žloutkový váček
- AGM
- játra a slezina
- kostní dřeň



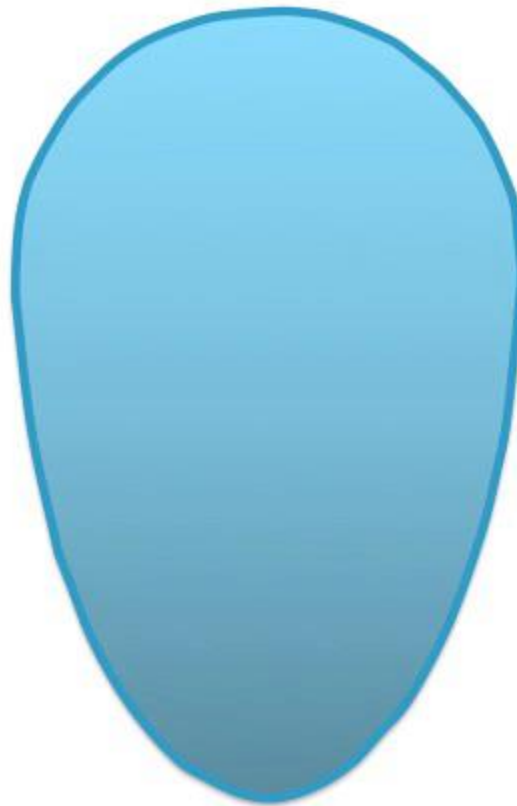
Adultní

- kostní dřeň
- červená/žlutá
- extramedulární hematopoéza výjimečně (patologicky)

- **embryonální vaskulogeneze** cca 2 dny po založení
extraembryonální vaskularizace
- primordiální krevní cévy
- srdeční primordium v kardiogenní oblasti
- embryonální hematopoeze z para-aortálních klastrů v AGM

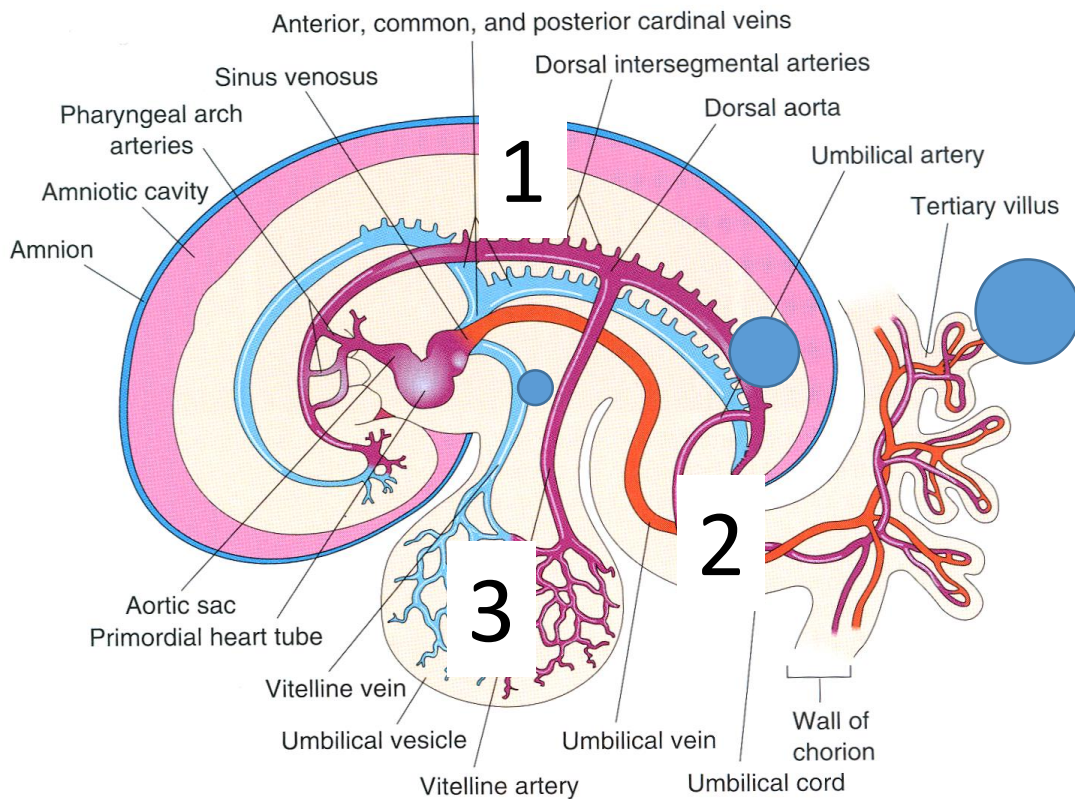


3. týden

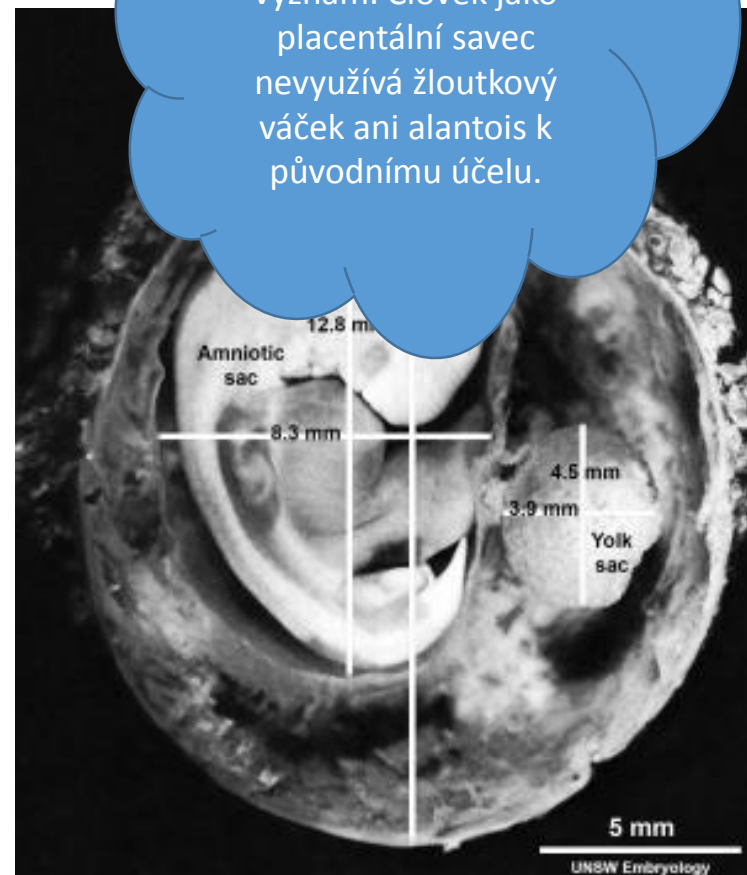


Epiblast
18 days, dorsal surface

4. týden



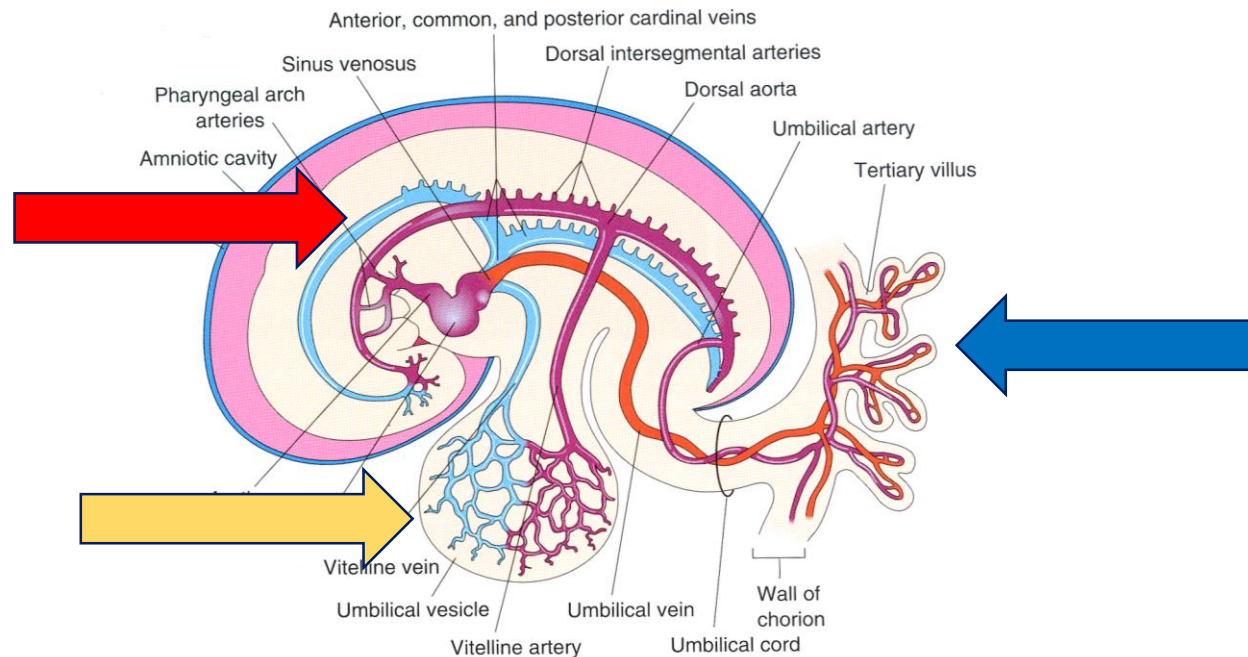
Tři základní okruhy embryonální cirkulace – mají svůj evoluční význam. Člověk jako placentální savec nevyužívá žloutkový váček ani alantois k původnímu účelu.



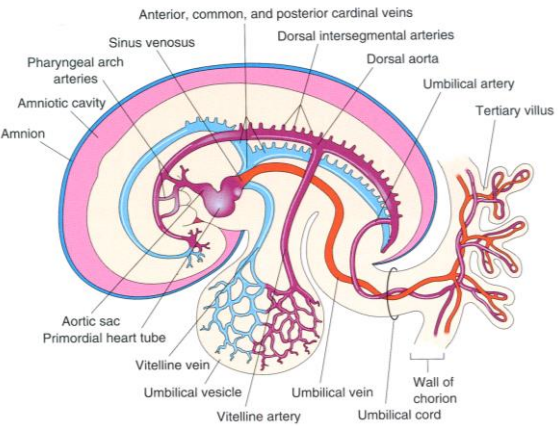
VÝVOJ KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU

4. týden

- embryonální oběh:** srdeční trubice → *truncus arteriosus* → aortální oblouky → dvě dorsální aorty → splývají v jednu aortu dorsalis → kapiláry → párové kardinální vény (do kterých ústí pre- a postkardinální vény) → *ductus Cuvieri* → *sinus venosus*
- vitelinní oběh:** dorsální aorty → *aa. omphalomesentericae* → splývají v jednu *a. omphalomesenterica* → *vv. omphalomesentericae* + *vv. umbilicales* → párový *truncus vitelloumbilicalis* → *sinus venosus*
- umbilikální oběh:** dorsální aorty → *aa. umbilicales* → chorion → *vv. umbilicales* + *vv. omphalomesentericae* → párový *truncus vitelloumbilicalis* → *sinus venosus*

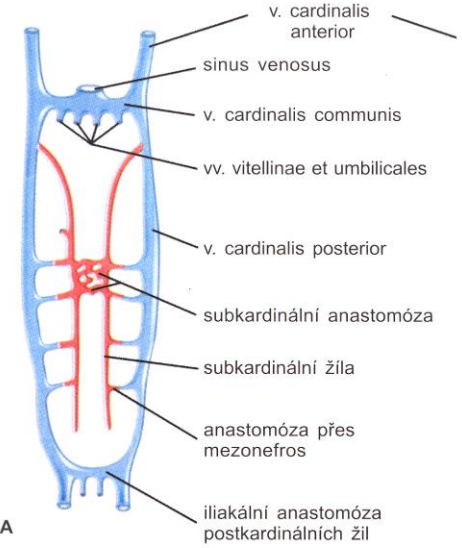


VÝVOJ KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU



4. týden

6. týden

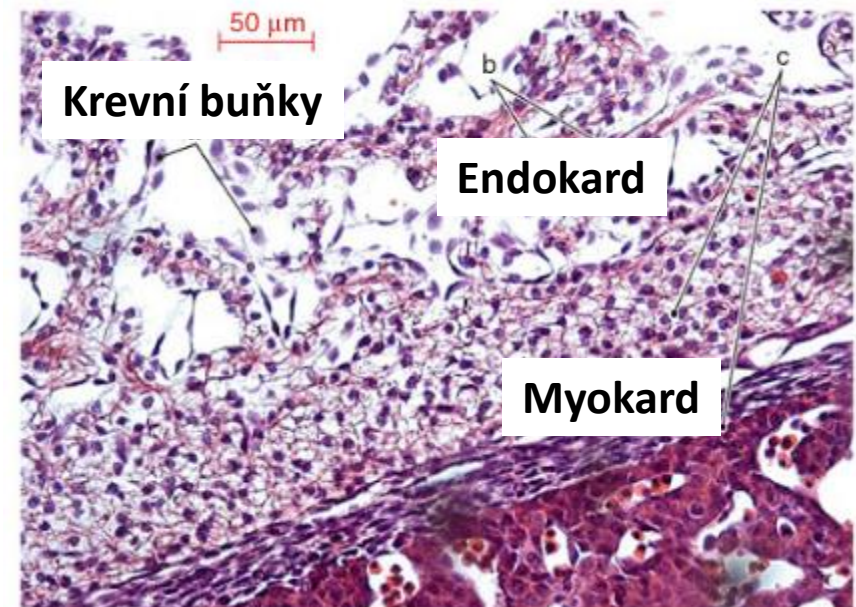
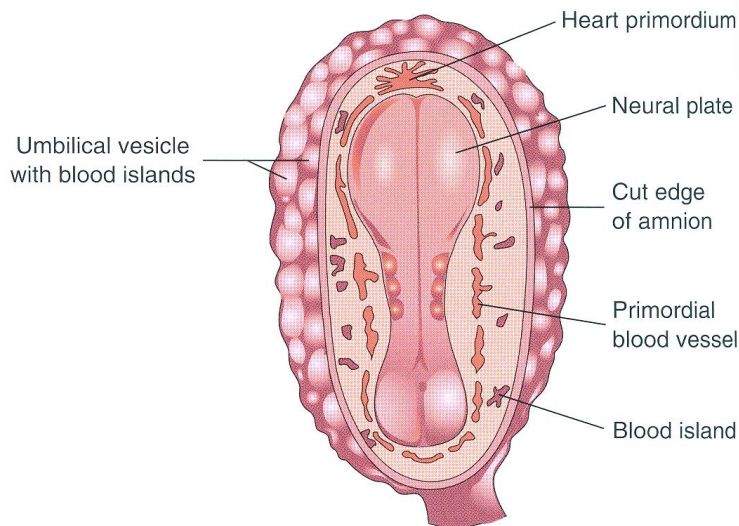


Vývoj vén dobře ilustruje změnu symetrického embryonálního systému na definitivní (fetální, postnatální-adultní) - srovnajte anatomii. Details of this slide are not necessary to memorize.

- kardinální, umbilikální a vitelinní vény
- subkardinální vény
- suprakardinální vény
- hepatický segment
- v. - véna
w. - vény

Vývoj primitivního srdce

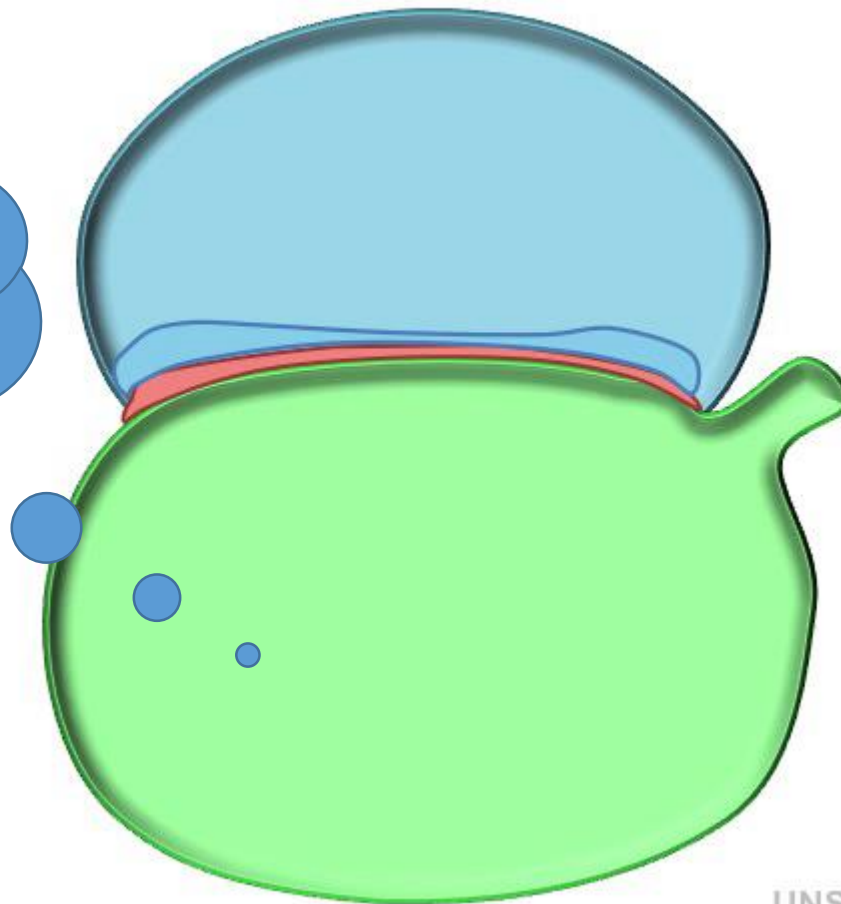
- párové **endoteliální trubice** (cor tubulare duplex) z embryonální splanchnopleury v kardiogenní oblasti
- flexe → mediálně fúzují: **jednoduché trubicovité srdce** (cor tubulare simplex)
- viscerální mezoderm: **myoepikardový plášť: myokard a epikard**
- **srdeční rosol** (cardiac jelly) → subendokardové vazivo
- srdeční kontrakce 21-22. den (5.týden podle LMP)
- uzavřená cirkulace ~ 4.týden (gestační)



3-4. týden

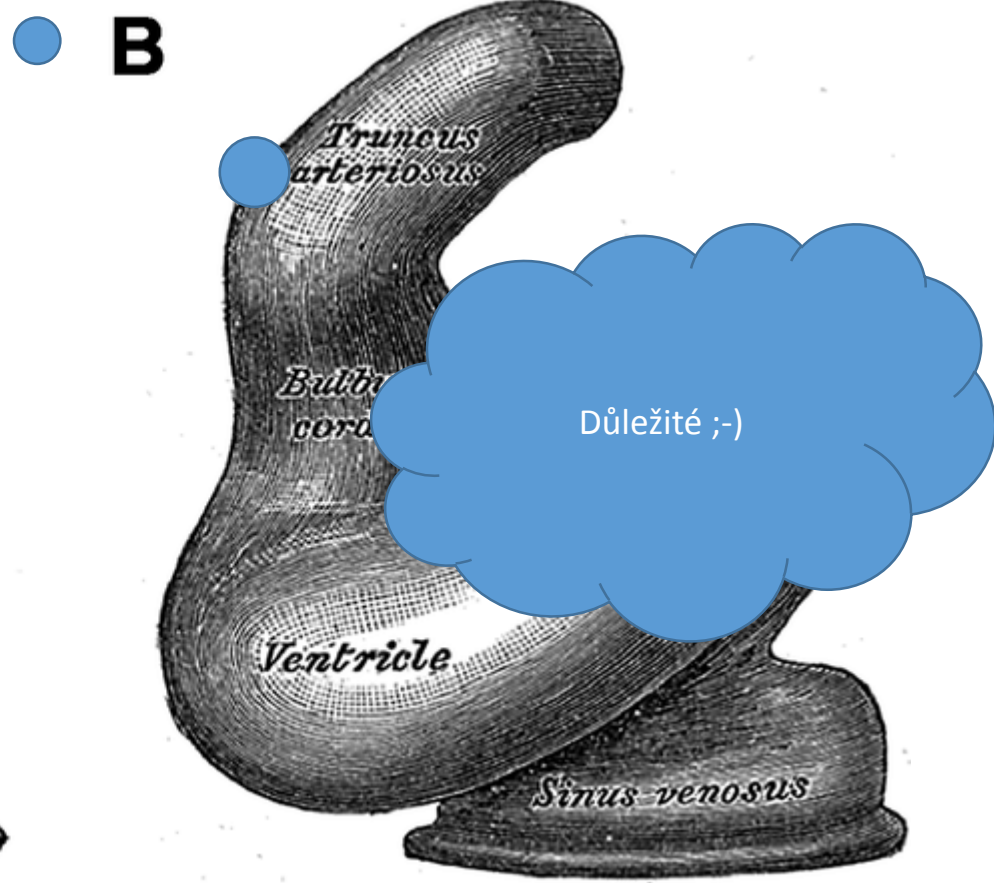
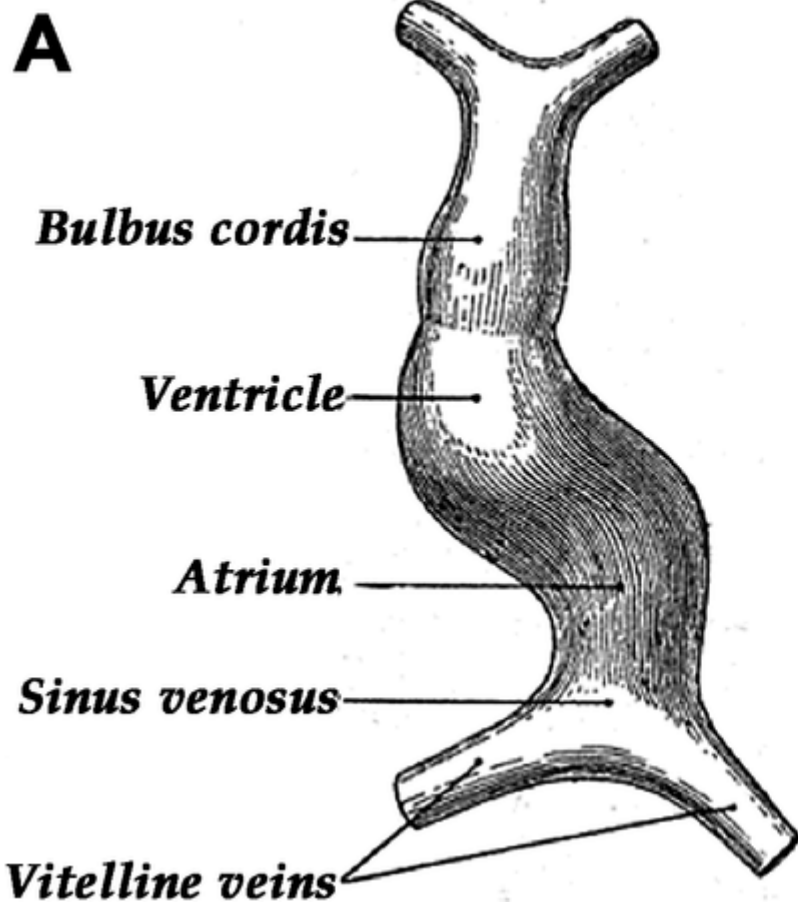
Folding and Fusion of the Heart Tubes

Srdce se vyvíjí z jednoduché trubice, která se skládá, formuje a vytváří základ srdce se 4 oddíly.



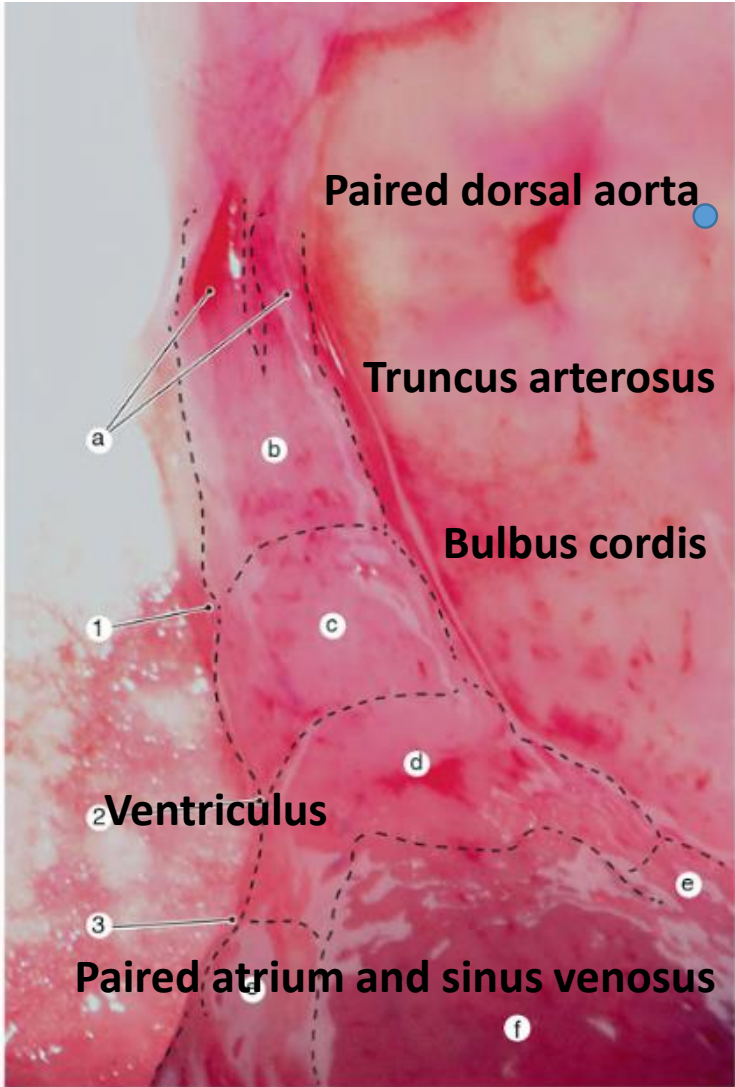
4. týden

- jednoduché tubulární srdce (cor tubulare simplex a cor tubulare sigmoideum)
- **sinus venosus → atrium → ventriculus → bulbus cordis → truncus arteriosus**



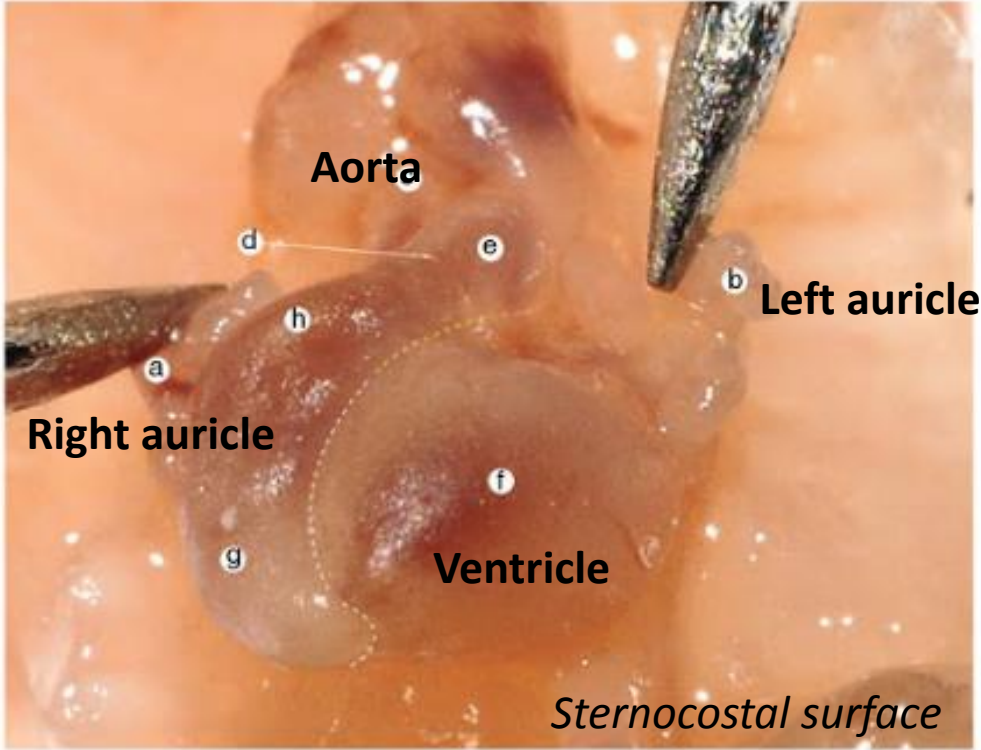
4. týden

Cor tubulare simplex

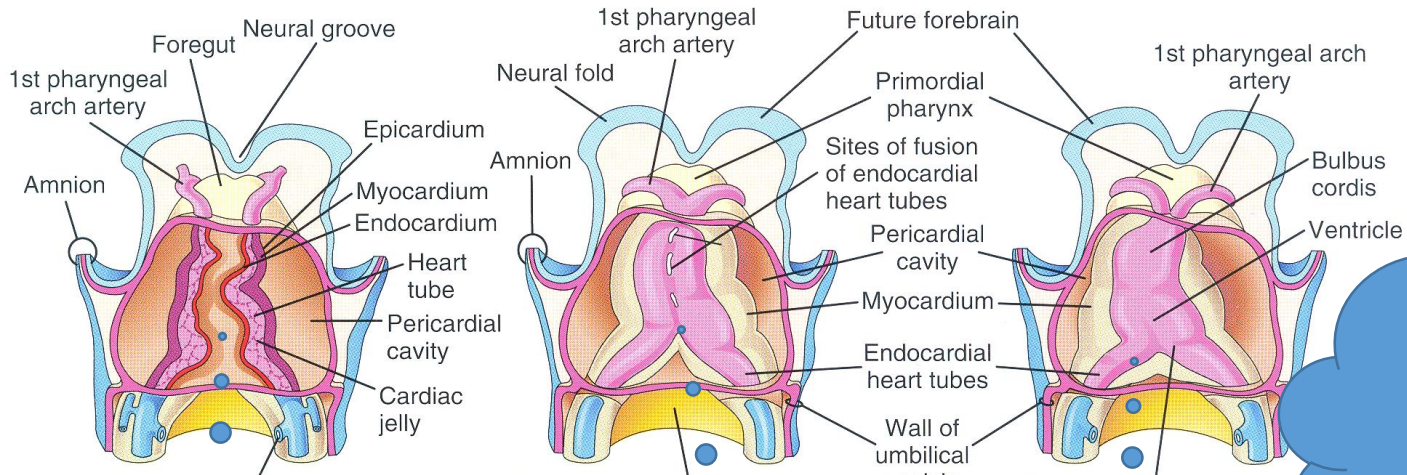


Cor tubulare simplex/sigmoideum není teoretická struktura.

Cor tubulare sigmoideum



VÝVOJ KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU

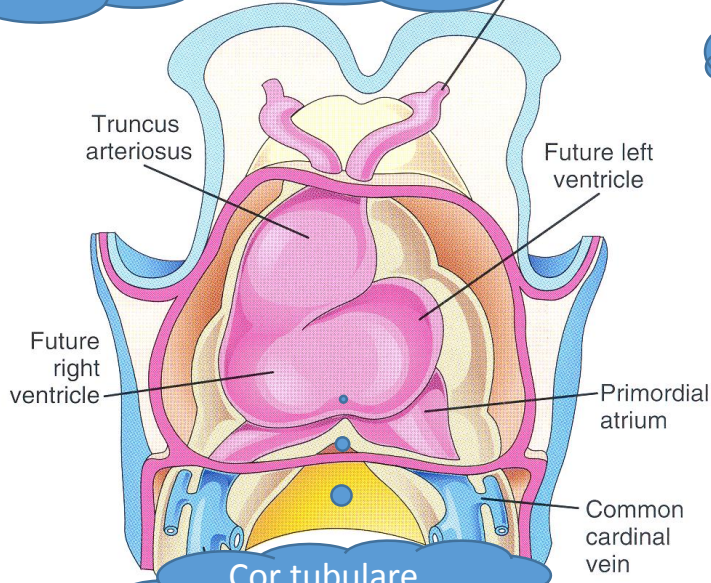
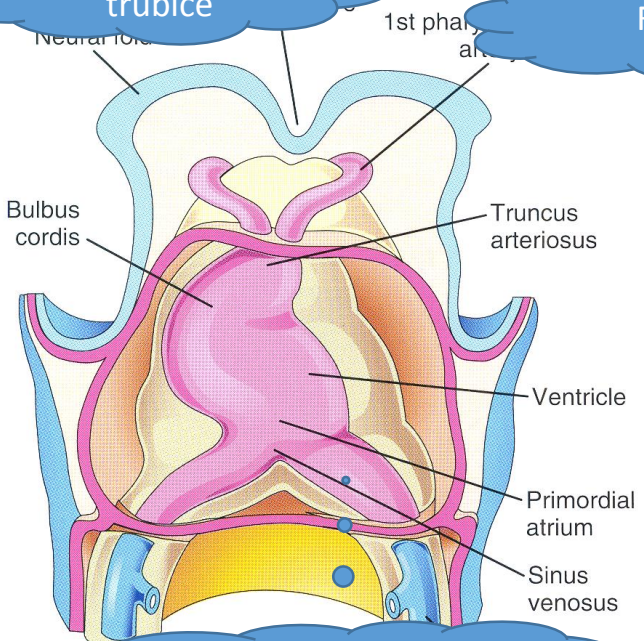


2 endoteliální trubice

B Fúze

C Cor tubulare simplex

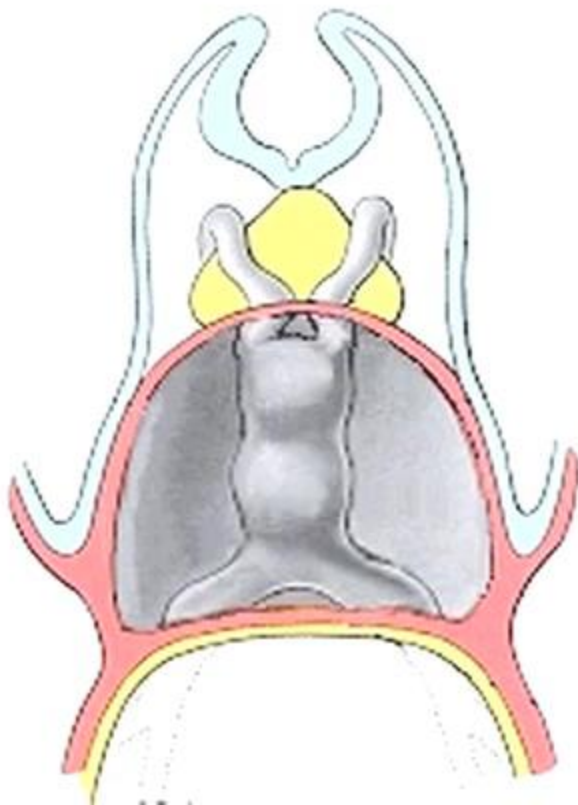
Složité jen na první pohled.



D Skládání cor tubulare simplex

E Cor tubulare sigmoideum

4. týden



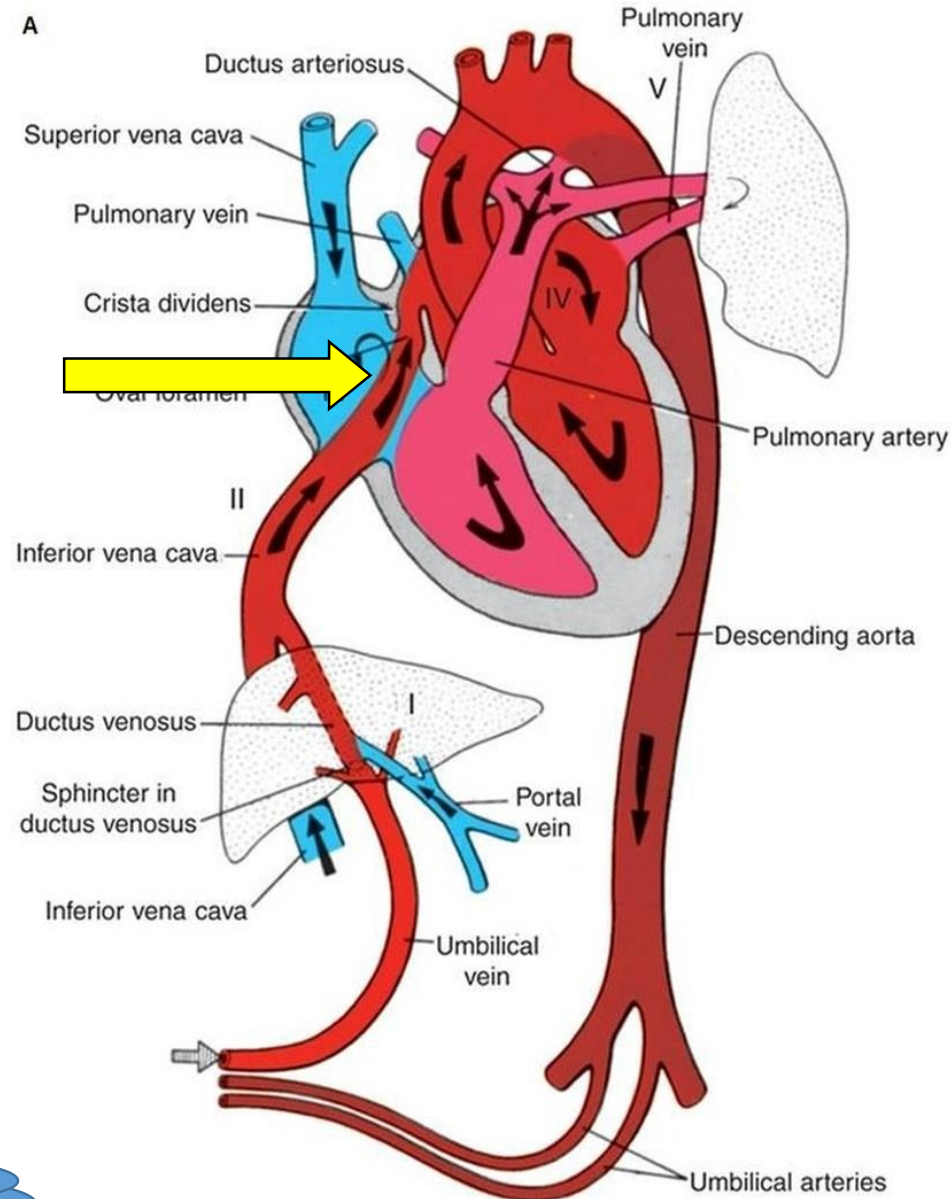
VÝVOJ KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU

Rozdělení společného atria (atrium communis)

- septum primum z dorso-kraniální stěny směrem k endokardovým polštářům (endocardial cushions)
- neúplné uzavření → **foramen (ostium) primum**
- apoptóza → **foramen secundum**
- **septum secundum** → **foramen ovale**
- valvula foraminis ovalis z septum primum
- foramen ovale: kritická embryonální spojka
- foramen ovale patens

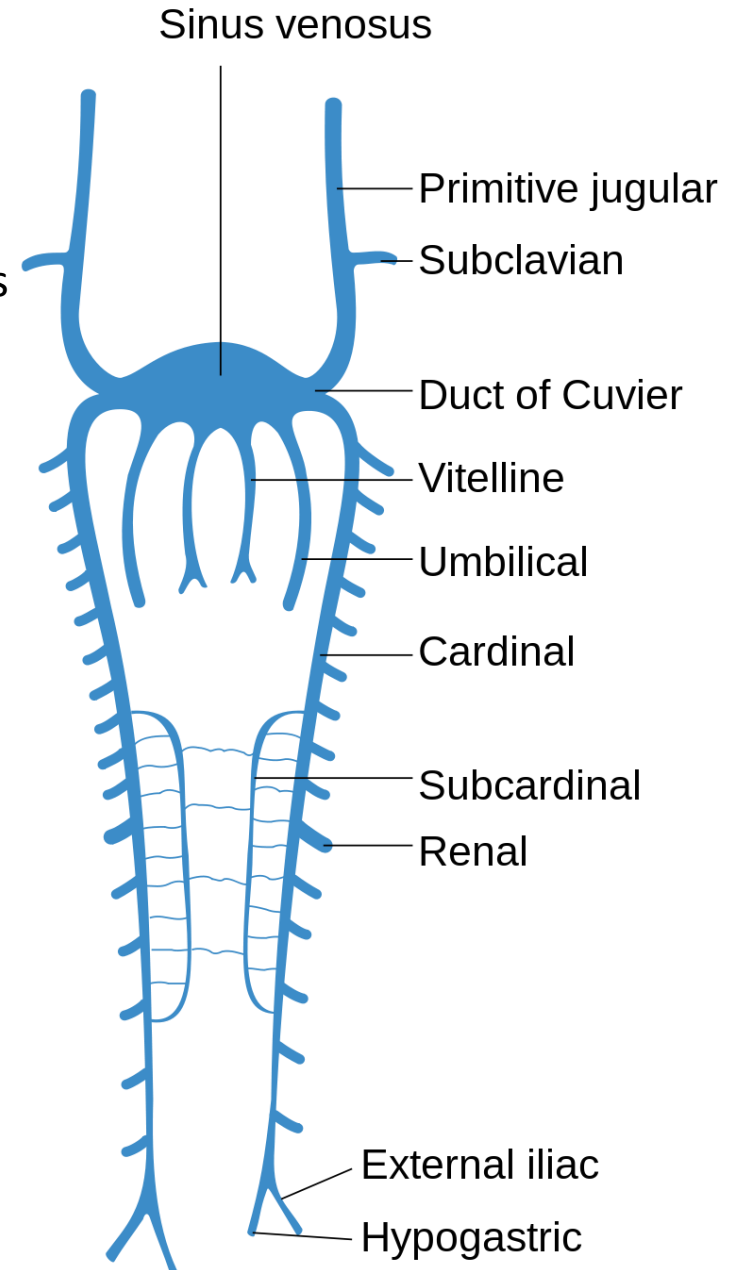
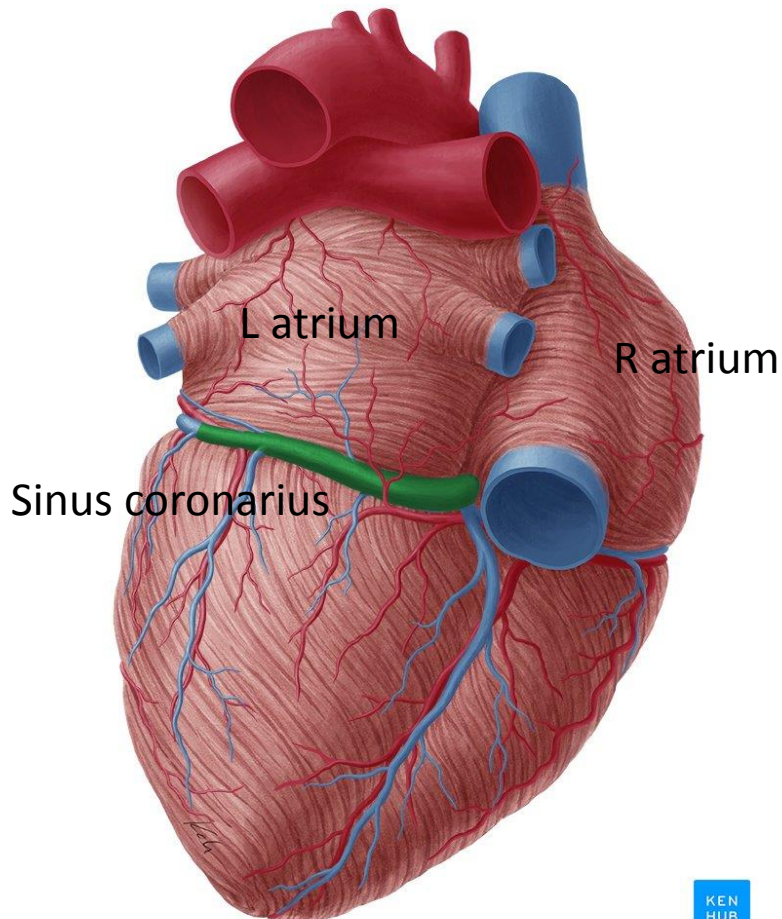


Primitivní srdeční trubice se rozdělí na příslušné oddíly

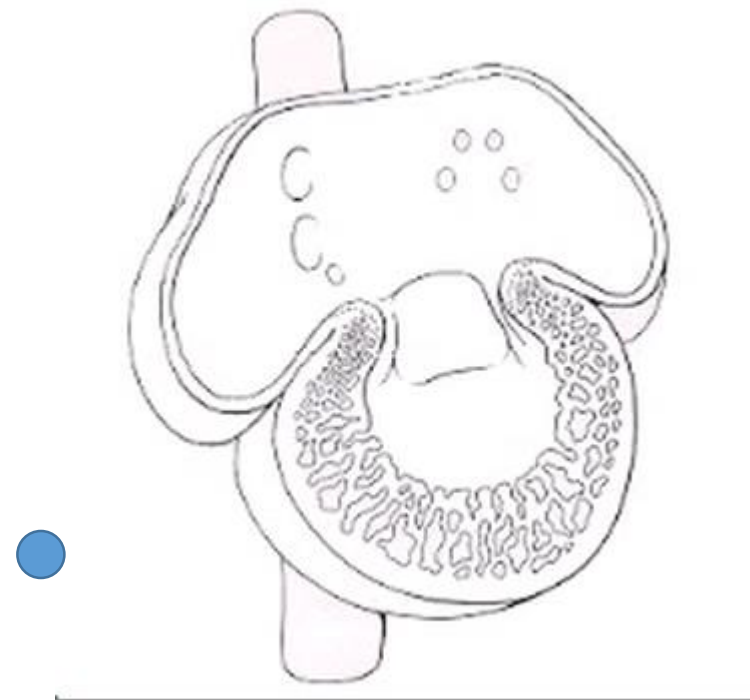
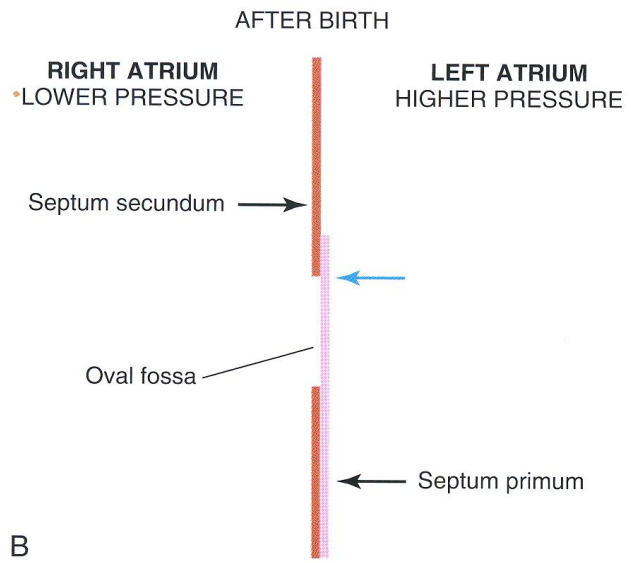
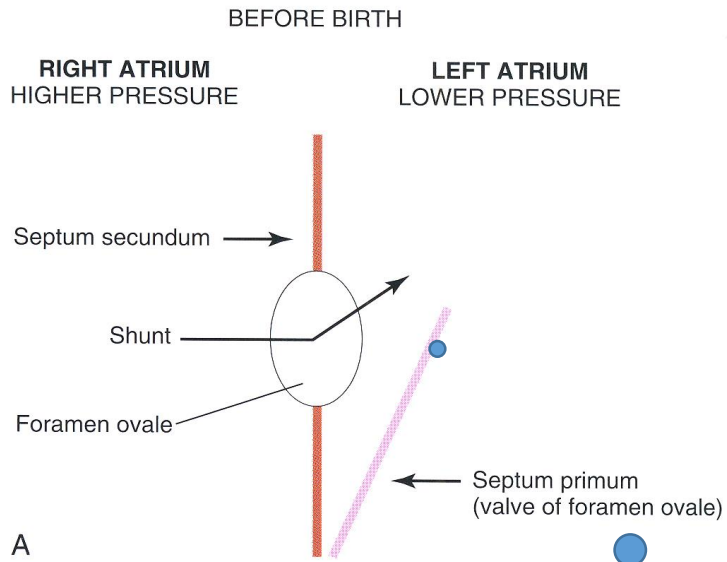


VÝVOJ KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU

- sinus venosus během atriální septace:
 - posun ústí sinus venosus doprava → pravé atrium
 - levá část sinus venosus se odděluje → sinus coronarius



VÝVOJ KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU

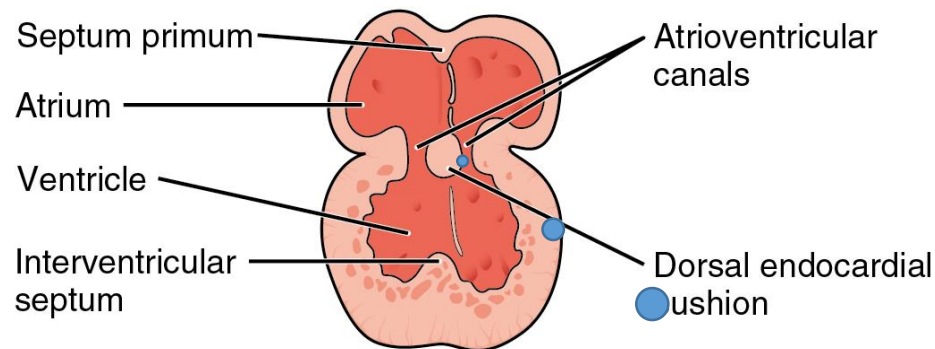


Velmi důležité – septae atria a vznik foramen ovale. Životně důležitý fetální zkrat.

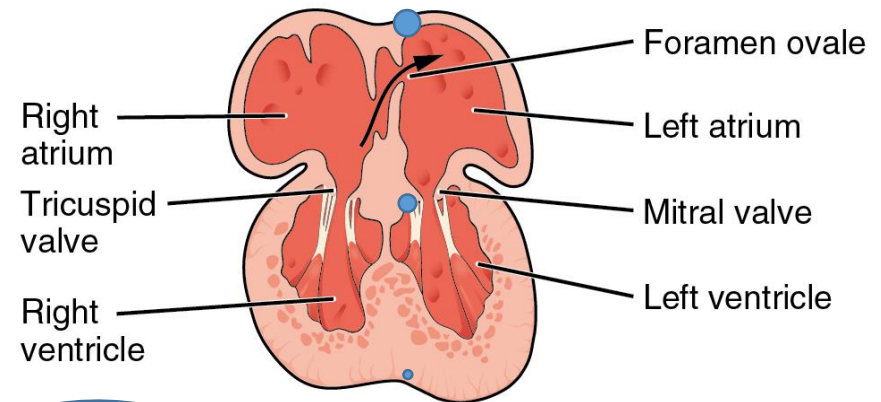
Rozdělení společné komory (ventriculus communis)

- septum interventriculorum primitivum – dočasné
- septum interventriculare na konci 4. týdne – kraniálně, sagitálně směrem k foramen atrioventriculare
- foramen interventriculare – uzavírá se během tvorby aorto-pulmonálního septa
- pars membranacea septi interventricularis

Mějte přehled o vývojovém čase



28 days



8 weeks

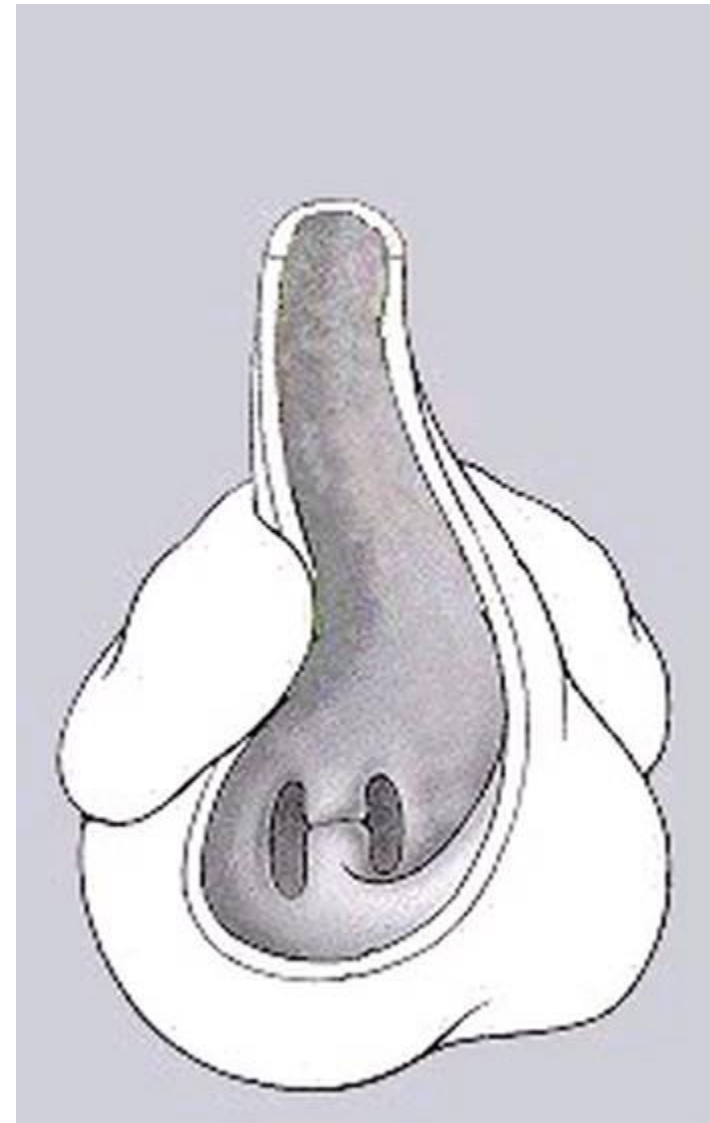
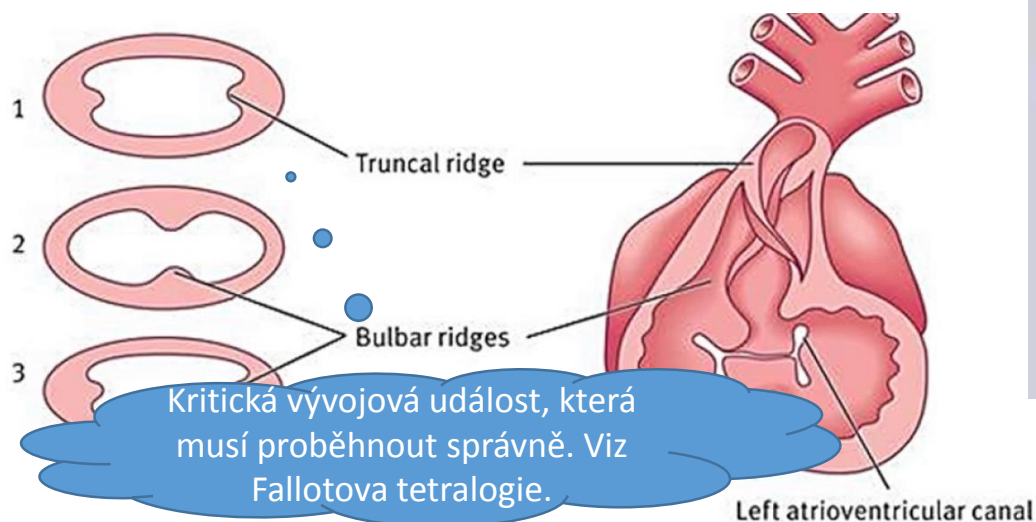
Chybná septace atrii i komor
může být podkladem závažných
VVV KVS

VÝVOJ KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU

- Rozdělení **bulbus cordis** a **truncus arteriosus**
- 5. týden – bulbární a trunkální valy
- vazivo původem z neurální lišty
- 180° otočení – spirálovité aorto-pulmonární septum
- plicní kmen a aorta se otáčí kolem sebe
- bulbus cordis je součástí definitivních komor:

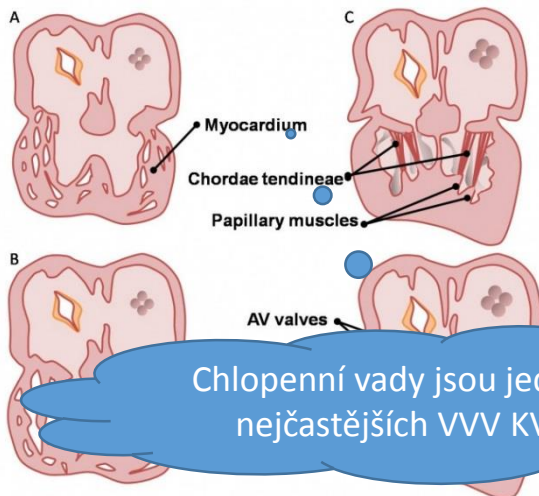
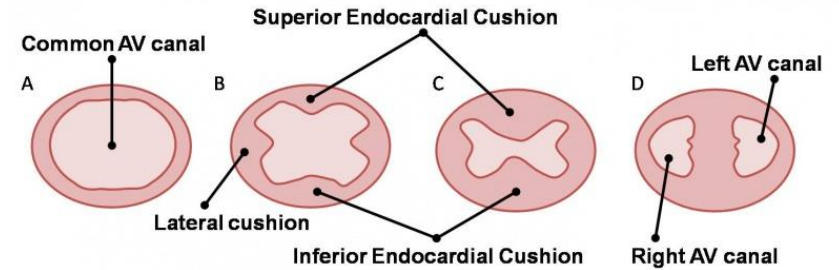
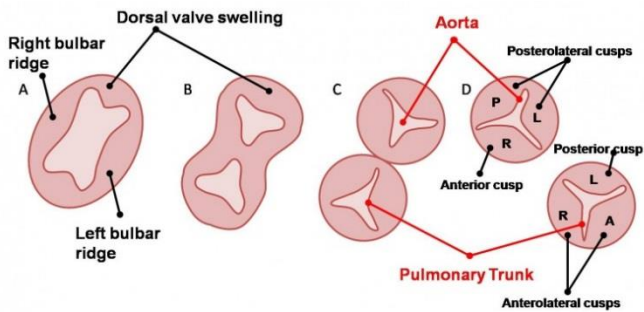
pravá komora: conus arteriosus (infundibulum) → plicní kmen

levá komora: vestibulum aortae



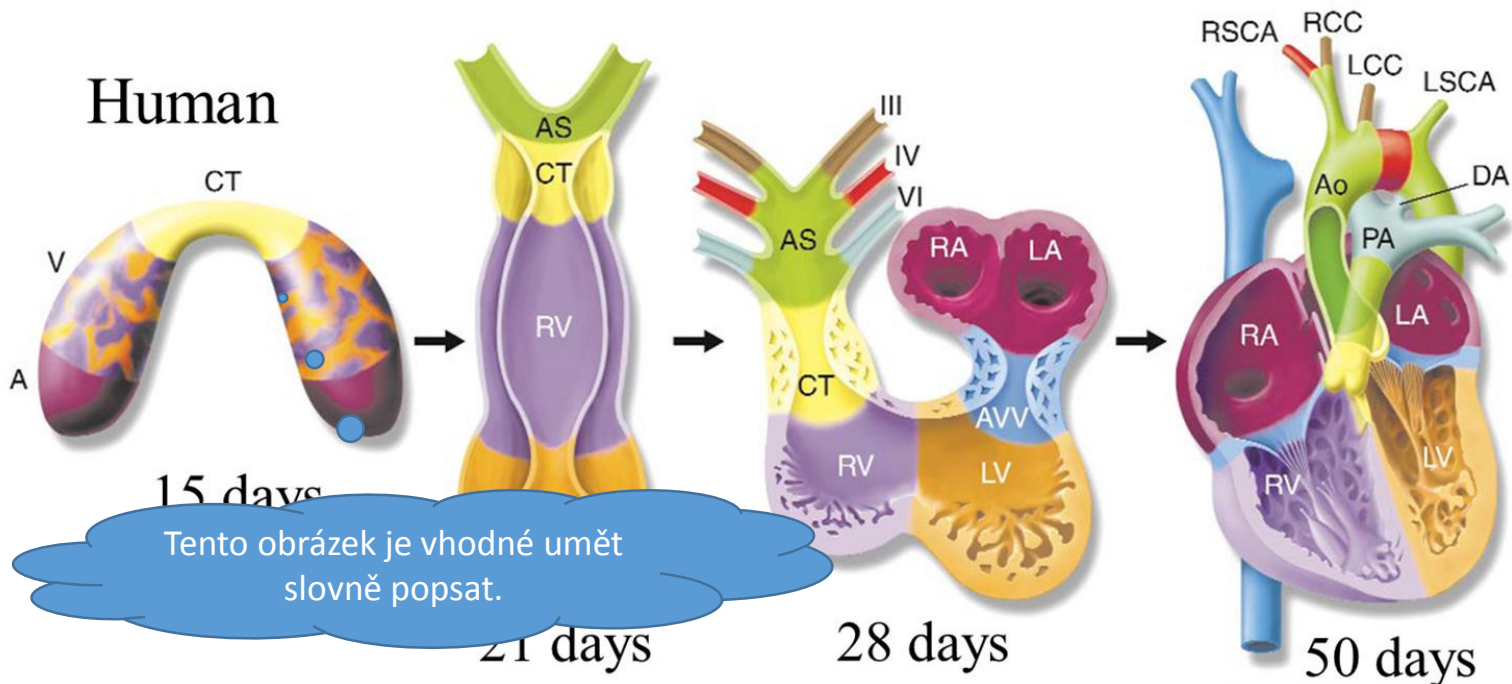
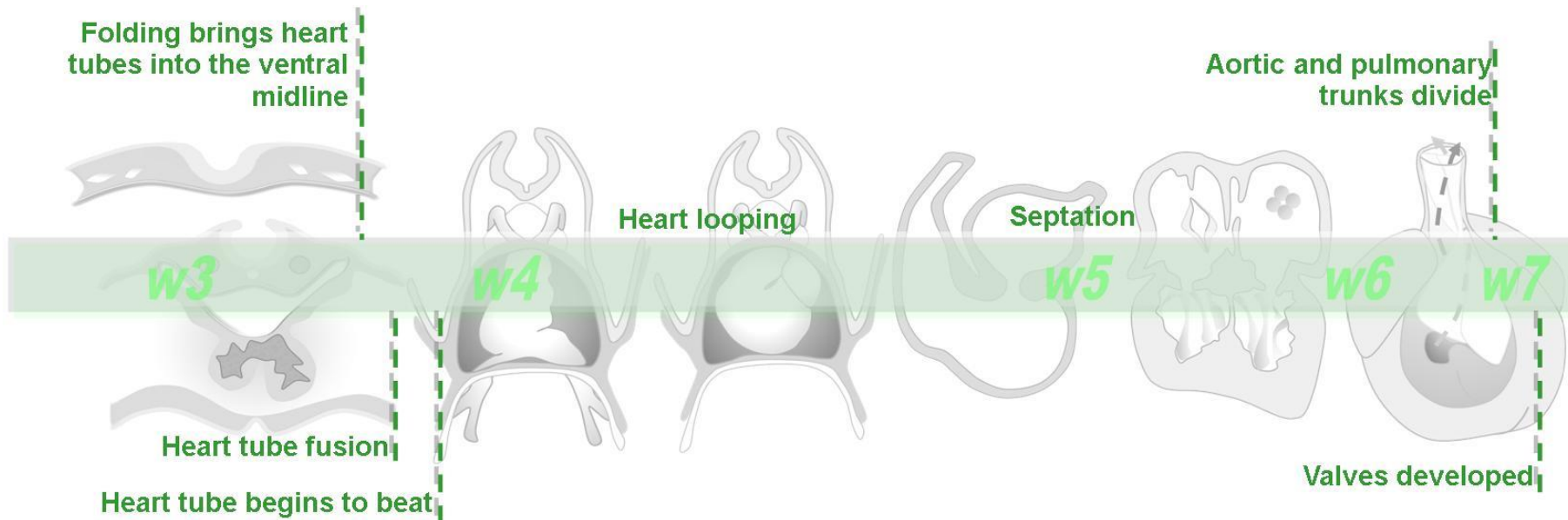
VÝVOJ KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU

- Vývoj srdečních chlopní
- **semilunární chlopně** během septace truncus arteriosus z endokardových polštářů atriopulmonárního septa
- **atrioventrikulární chlopně** z endokardových polštářů a myokardu ve foramen atrioventriculare commune

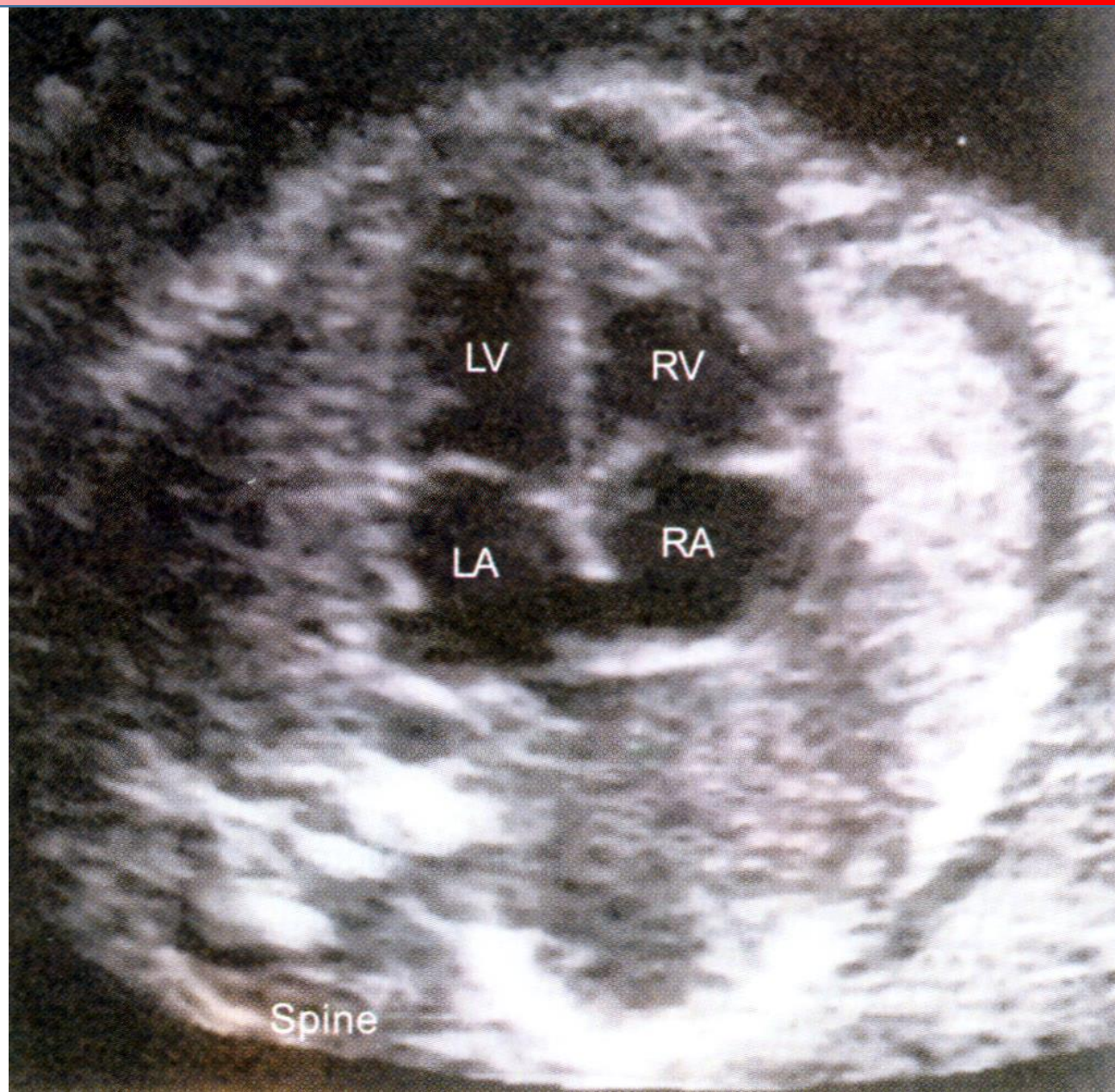


Chlopenní vady jsou jedny z nejčastějších VVV KVS

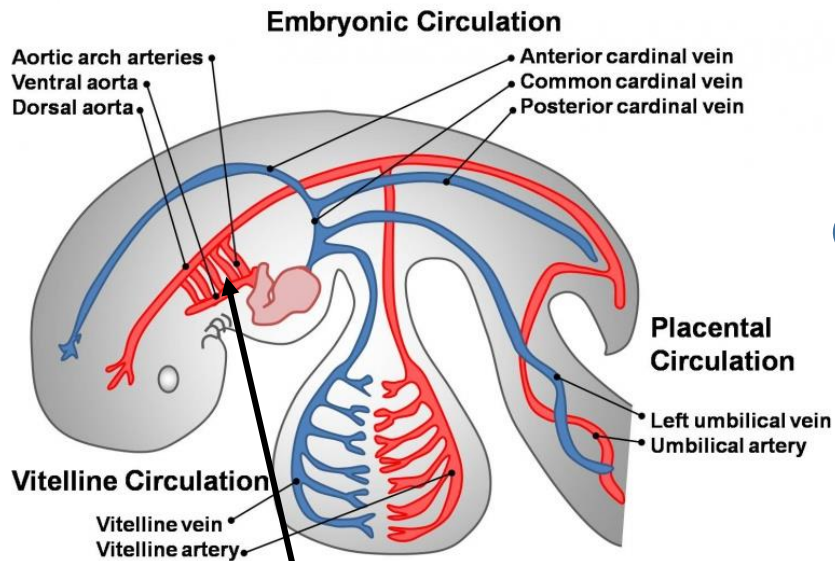
VÝVOJ KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU



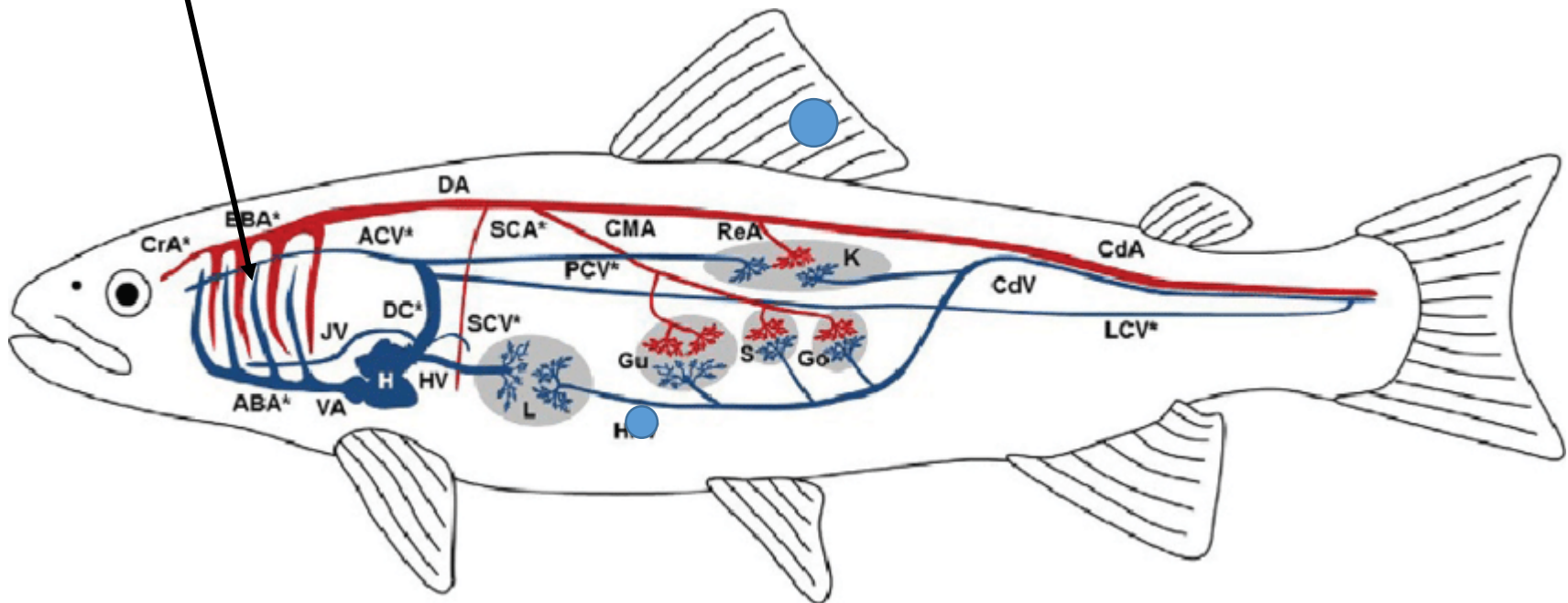
20. týden



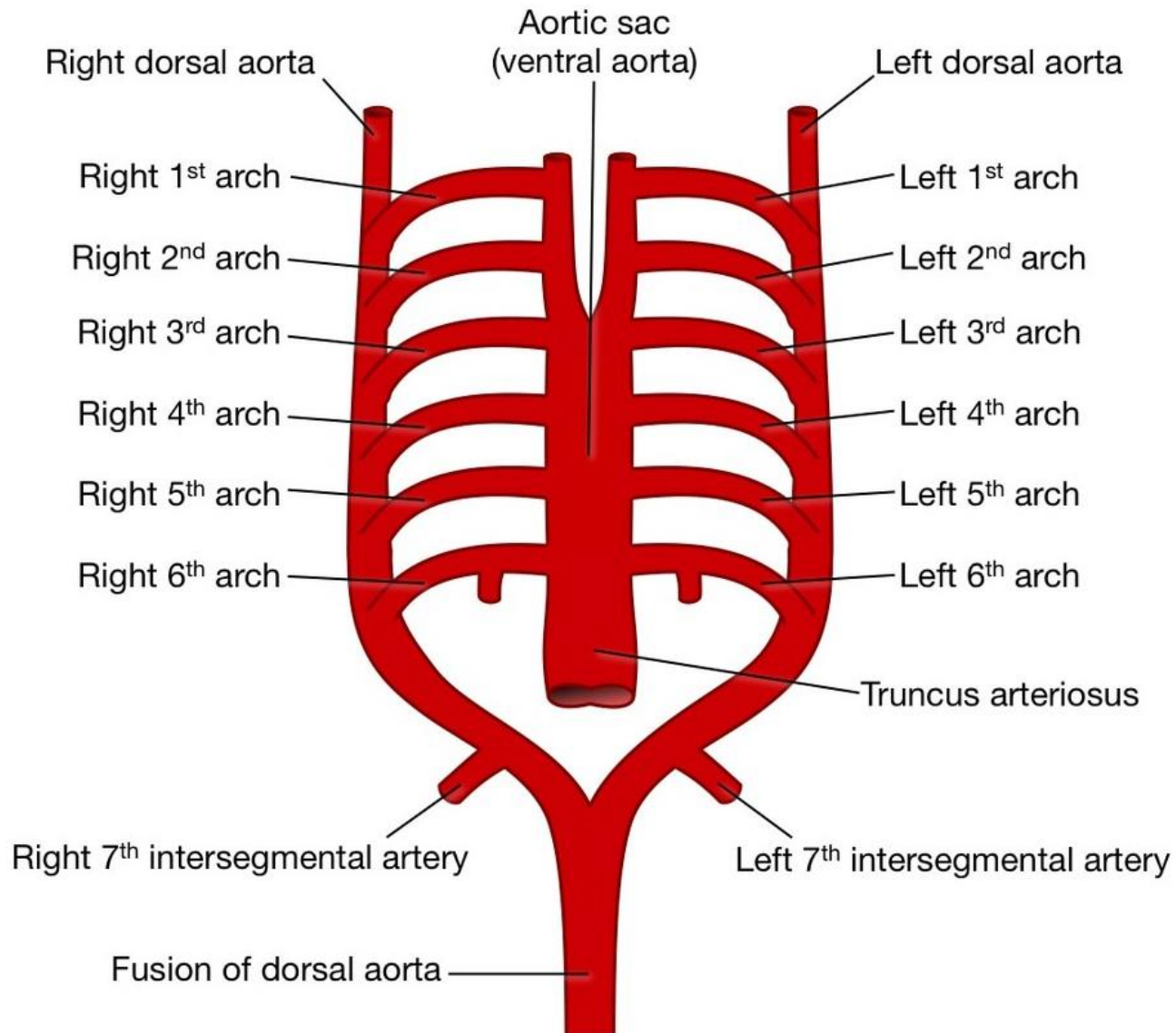
VÝVOJ KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU



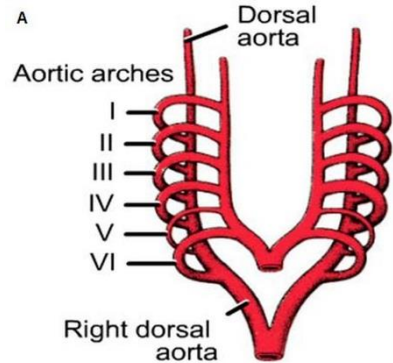
Vývoj KVS lidských emrbyí připomíná v určité etapě vývoj KVS nižších obratlovců



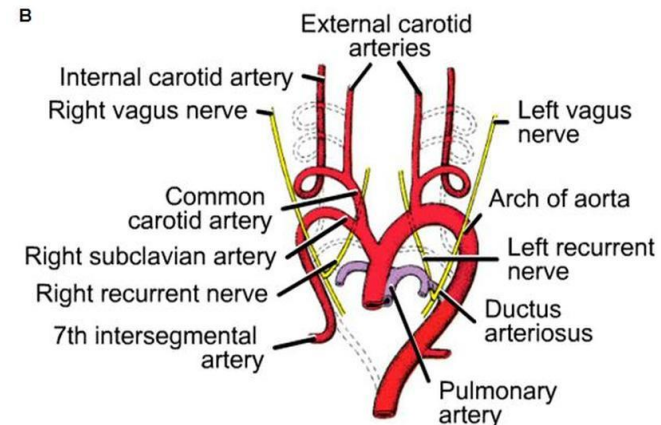
Aortální oblouky



Aortální oblouky

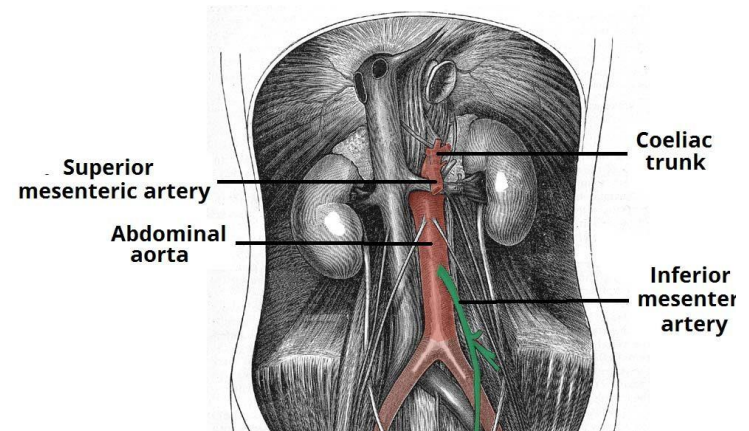
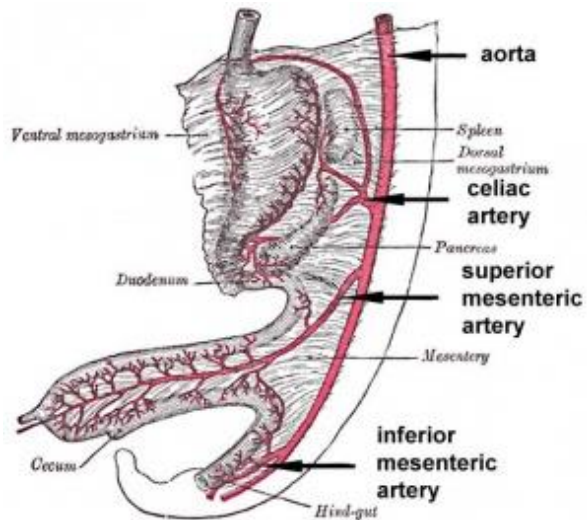
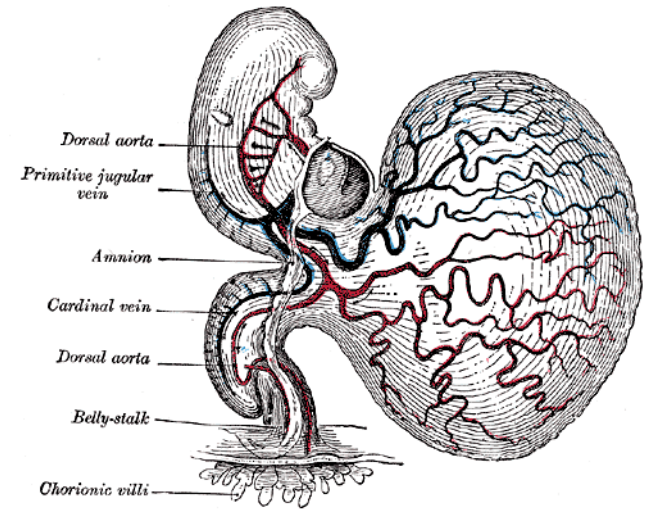


- 1 zaniká, z části **a. maxillaris**
- 2 zaniká, z části **a. stapedia** a **a. hyoidea**
- 3 proximální úseky **aa. carotides communes**, distální **aa. carotides internae**
- 4 pravý dává vznik proximální části **a. subclavia dextra** (distální část pochází z dorsální aorty a ze 7. intersegmentální arterie);
z levého vzniká část **arcus aortae** (aorta samotná vzniká z aortálního vaku a levé dorzální aorty)
- 5 - (buď se nezaloží nebo rychle degeneruje aniž z něj vznikají jakékoli cévy)
- 6 vpravo z proximální části vzniká **a. pulmonalis dextra**, distální část zaniká;
vlevo z proximální části vzniká **a. pulmonalis sinistra**, z distální části vzniká **ductus arteriosus**.



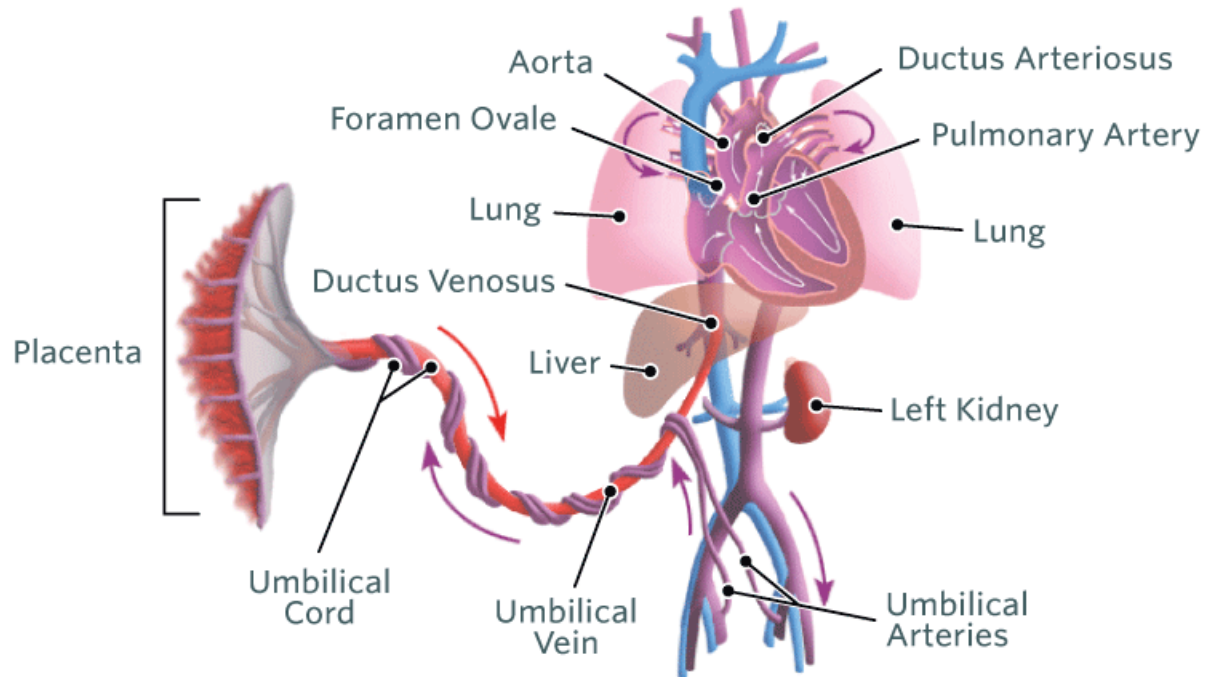
Žlutkové tepny

- aa. vitellinae (aa. omphalomesentericae)
- ventrální větve dorsálních aort
- redukce během vývoje na tři hlavní cévy:
 - 1 **truncus coeliacus**
 - 2 **a. mesenterica superior**
 - 3 **a. mesenterica inferior**



Pupečníkové tepny

- aa. umbilicales
- ventrální větve dorsálních aort, později napojeny na aa. iliacae communes.
- po narození: proximální části a. umbilicales tvoří aa. iliacae internae a aa. vesicales superiores.
distální části obliterují.



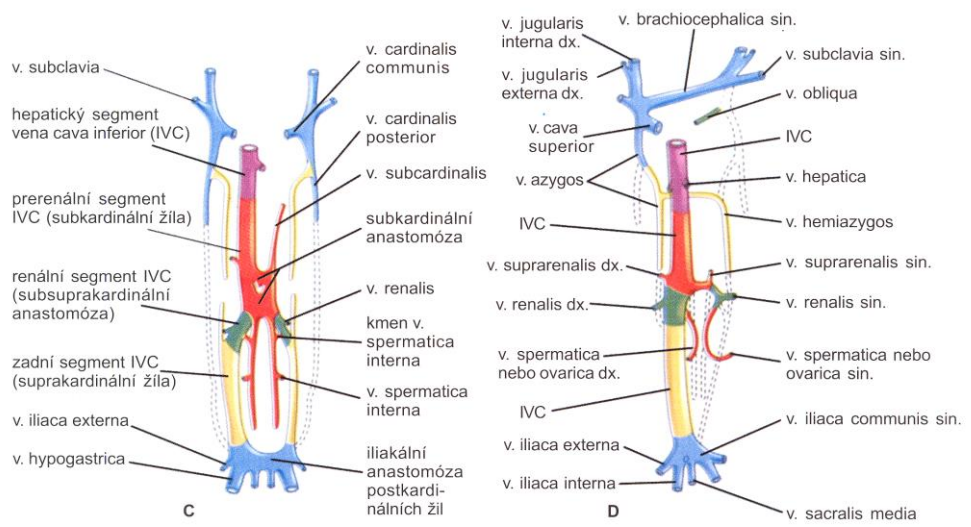
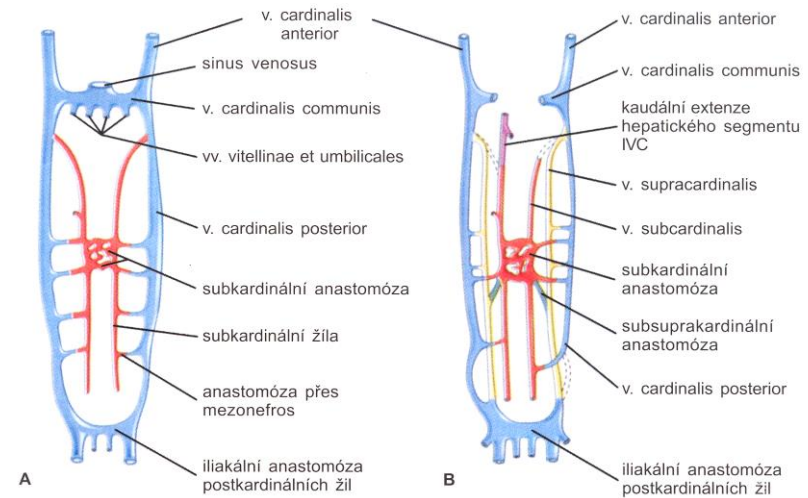
VÝVOJ KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU

Kardinální vény a vývoj vena cava inferior

- čtyři základní segmenty
- 1 hepatický segment (proximální část v. omphalomesenterica = v. hepatica)
- 2 prerenální segment (pravá v. subcardinalis)
- 3 renální segment (anastomóza mezi v. subcardinalis a v. supracardinalis)
- 4 postrenální segment (pravá v. supracardinalis)



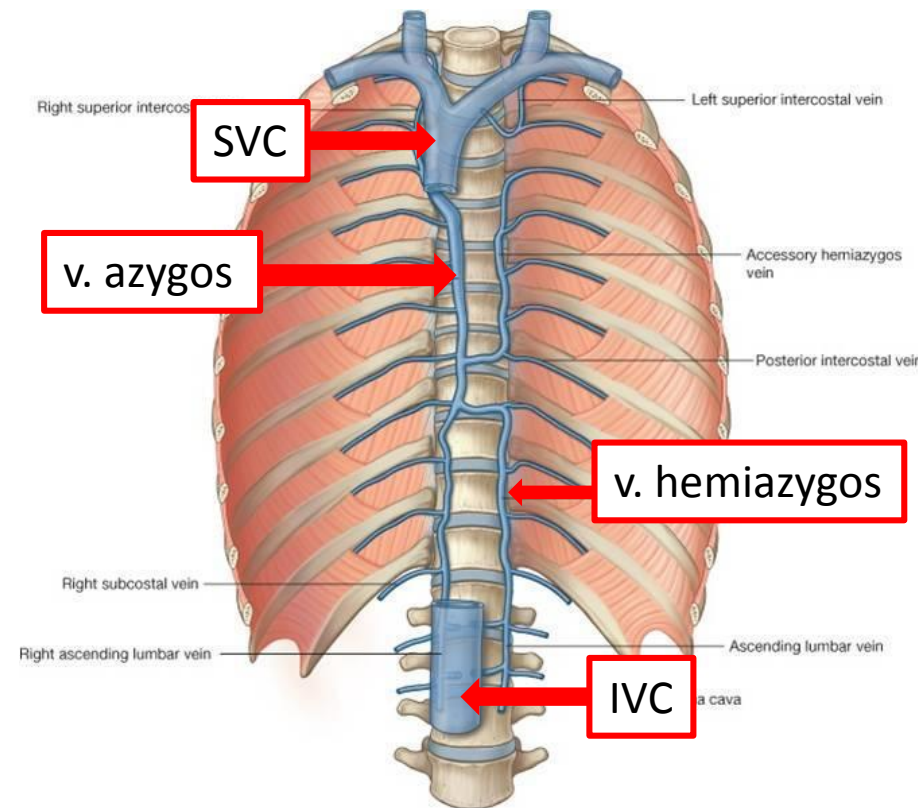
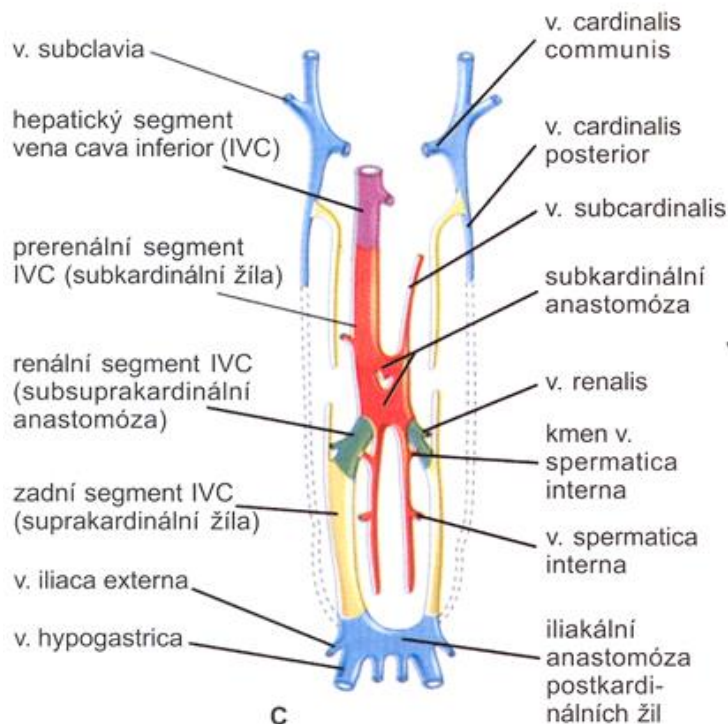
Vena cava superior: pravá v. cardinalis communis a v. cardinalis anterior



 kardinální, umbilikální a vitelinní vény	 subkardinální vény	 suprakardinální vény	 hepatický segment	v. – vena w. – vena
---	--	---	--	---

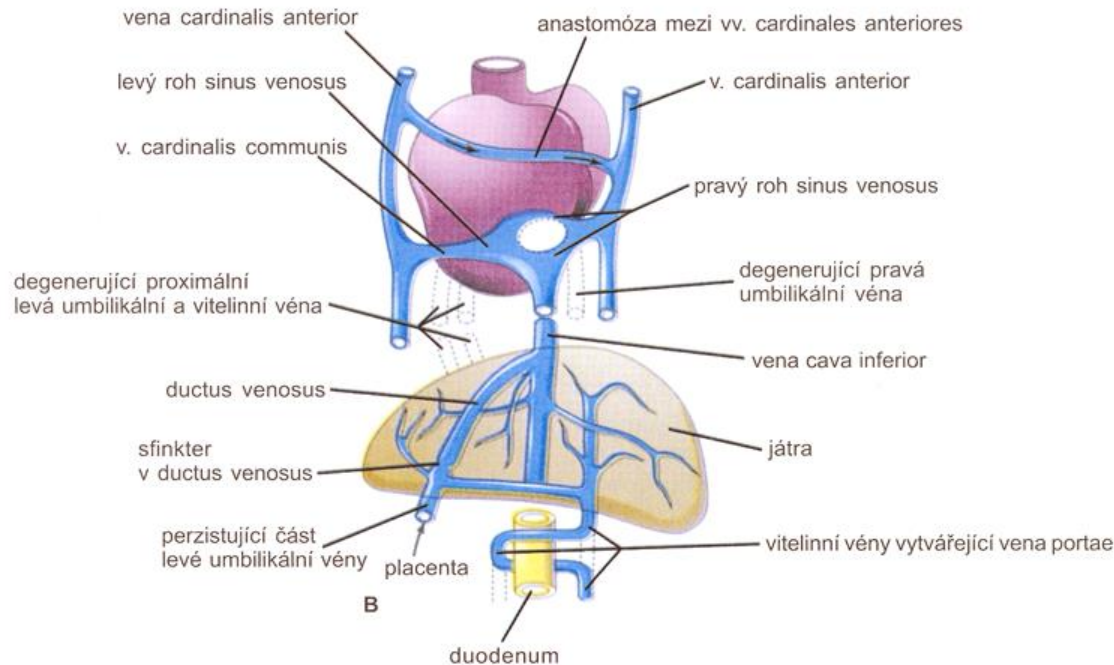
Anomálie velkých dutých žil

- **Dvojitá SVC:** levá přední kardinální žíla perzistuje → levá SVC
- **Levá SVC:** pravá v. cardinalis anterior a v. cardinalis communis degenerují, zůstávají levostranné vény
- **Absence hepatického segmentu IVC:** krev odchází cestou v. azygos a hemiazygos do pravého atria.
- **Dvojitá IVC:** perzistence základů obou IVC v důsledku absence anastomóz mezi kaudálními vénami



Žloutkové vény

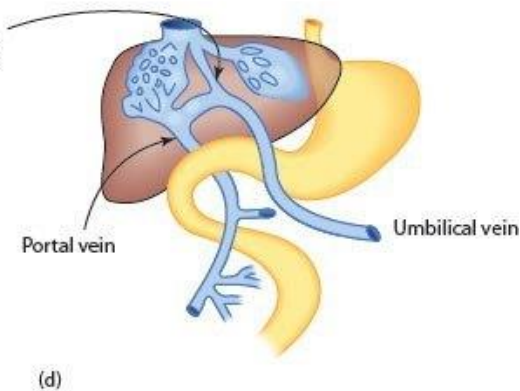
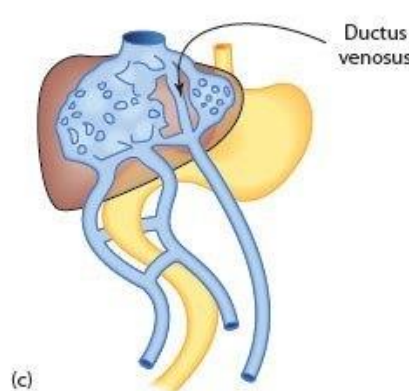
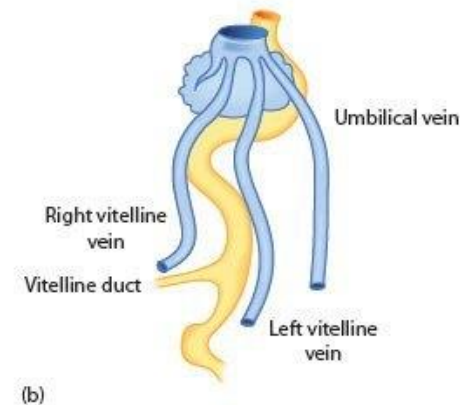
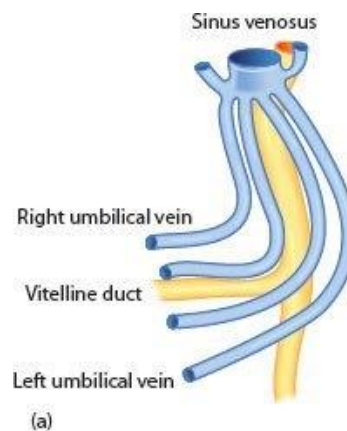
- párové vv. omphalomesentericae, vedou krev ze žloutkového vaku
- septum transversum
- ústí do sinus venosus (spolu s pupečnickovými vénami jako trunci vitelloumbilicales)
- růst jater – rozdělení vv. omphalomesentericae na proximální oddíl (žloutkový vak-játra) a distální část (játra-srdce)
- proximální úsek levé v. omphalomesenterica mizí
- proximální úsek pravé v. omphalomesenterica posthepatický segment IVC
- distální úseky vytvoří dvě anastomózy a následně v. portae



Pupečníkové vény

- párové (na začátku) vv. umbilicales, vedou krev z choriových klků
- v důsledku růstu jater zanikají proximální úseky obou vén
- distální část pravé umbilikální vény mizí
- distální část levé umbilikální vény tvoří ductus venosus

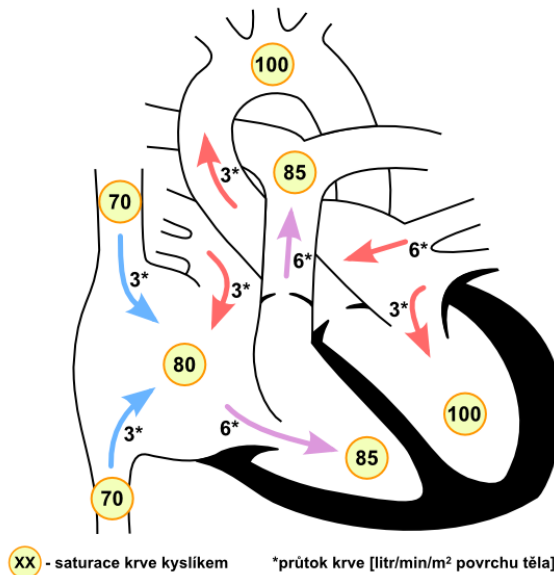
Důležité pro pochopení vzniku ductus venosus



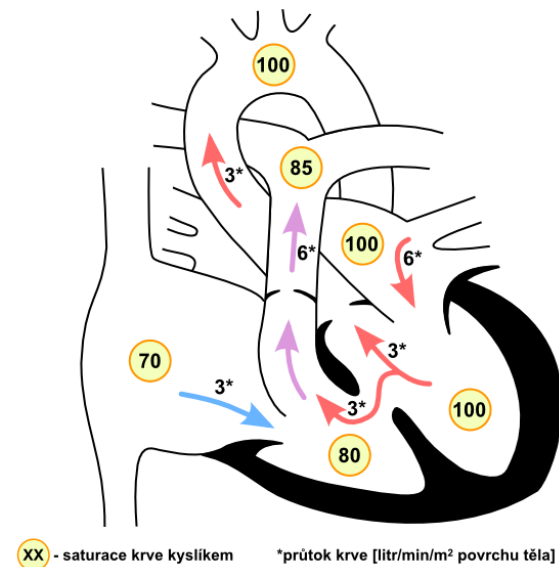
Teratologie

- Acardia
- Ectopia cordis
- Dextrokardie
- Atriální septální defekty
- Ventrikulární septální defekty
- Stenóza truncus pulmonalis
- Fallotova tetralogie (pentalogie)
- Koarktace aorty
- Ductus arteriosus apertus

Defekt síňového septa



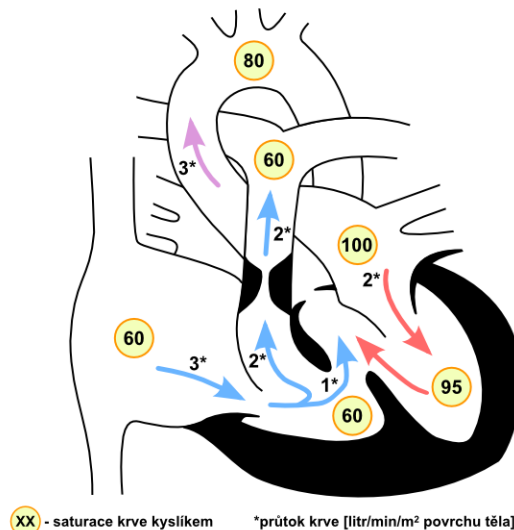
Defekt komorového septa



Koarktace aorty

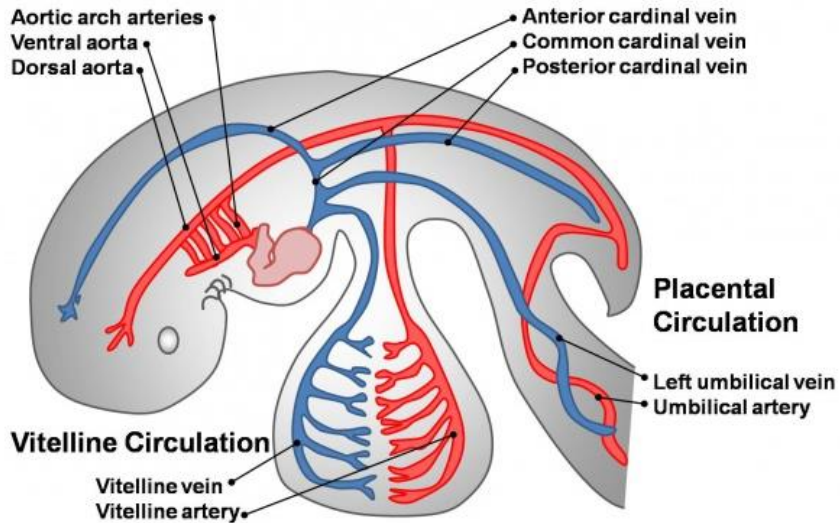


Fallotova tetralogie



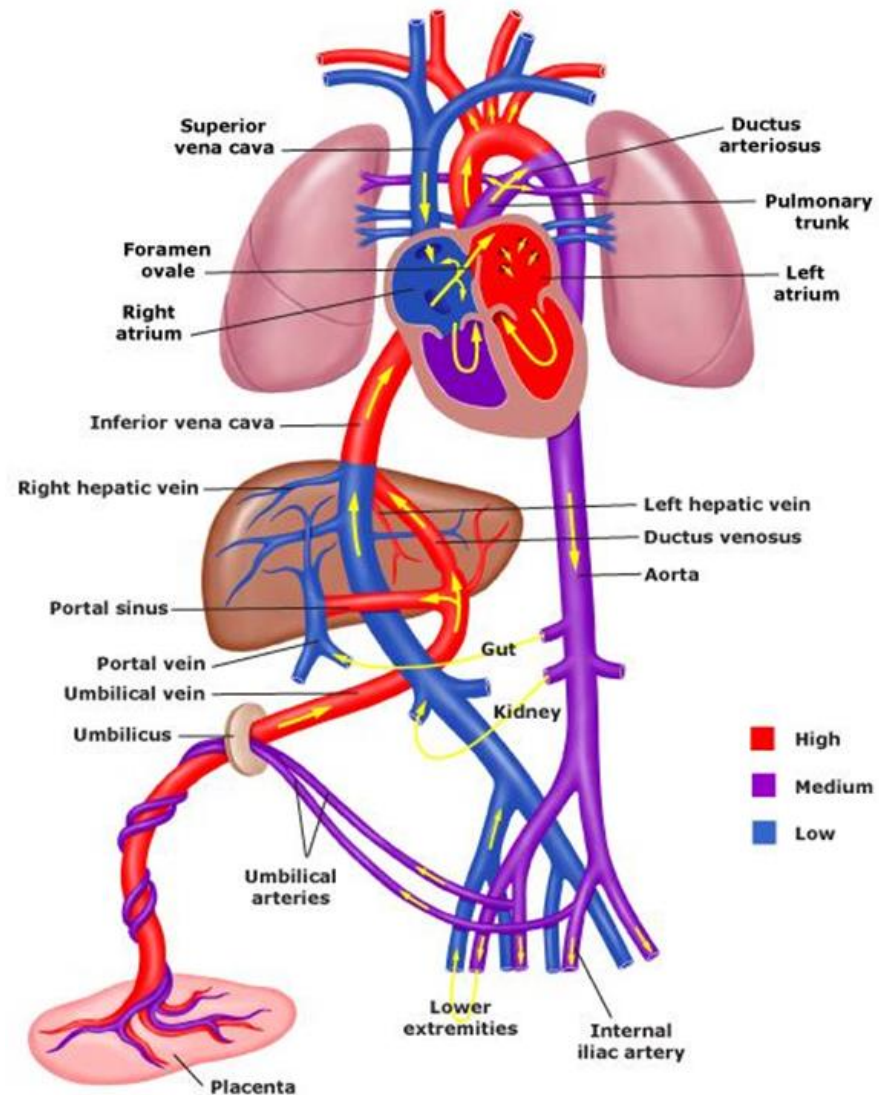
Otevřená tepenná dučej (PDA)



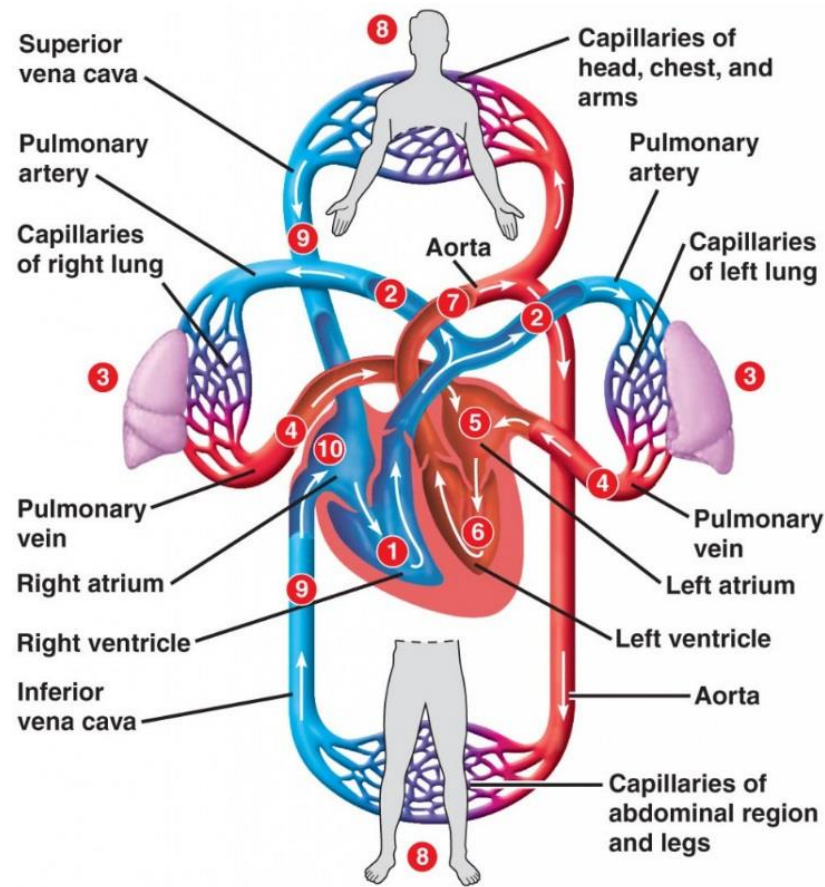
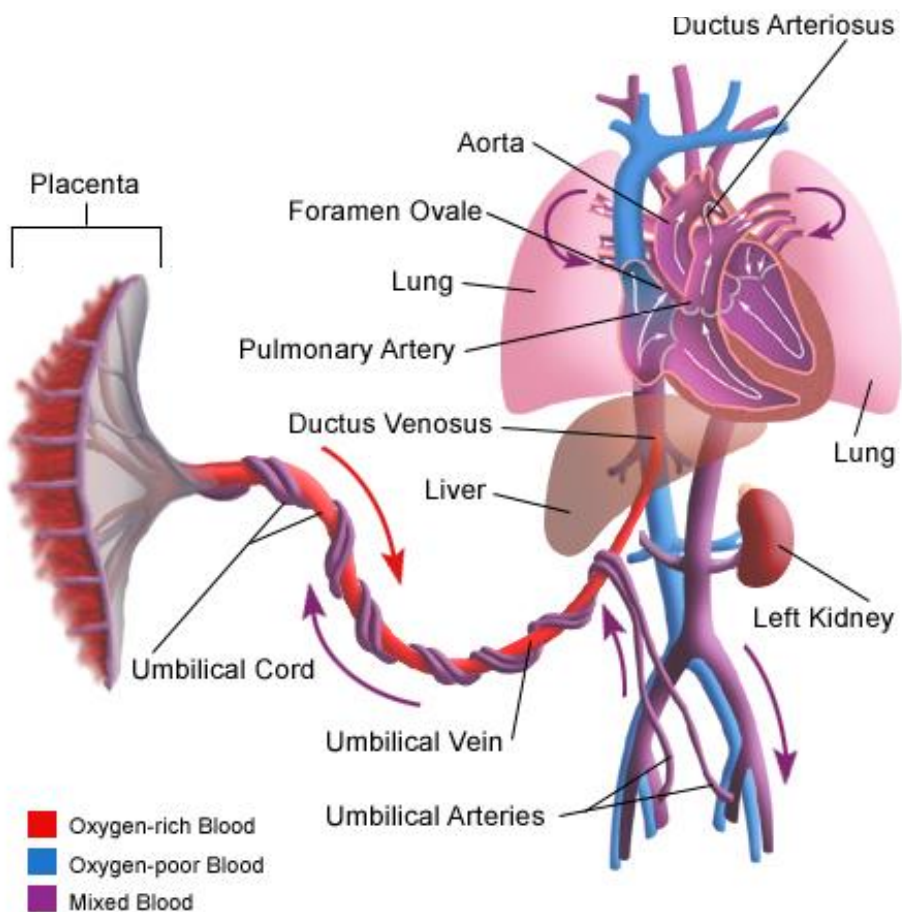


Embryonální oběh

Fetální oběh

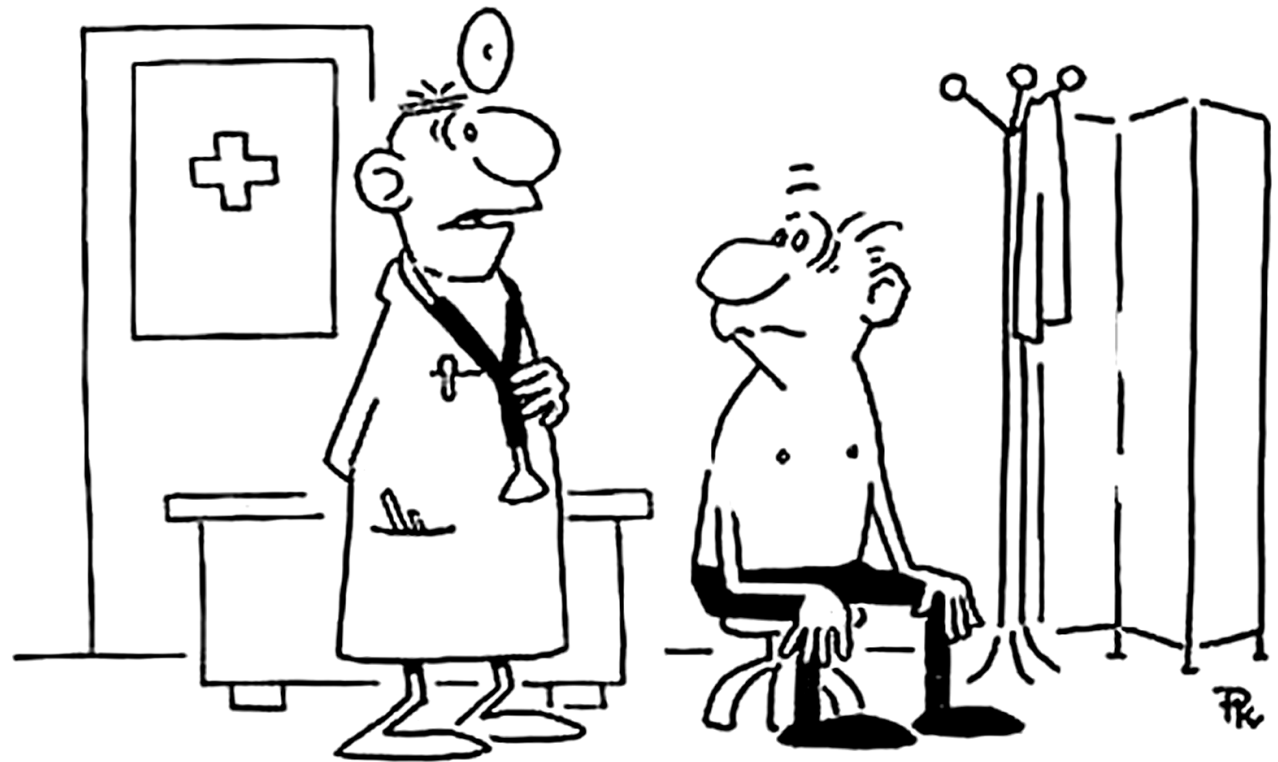


Fetální oběh



Postnatální oběh

Děkuji za pozornost



"No, já bych začal tou dobrou zprávou. Bude se o vás psát v lékařských sbornících."