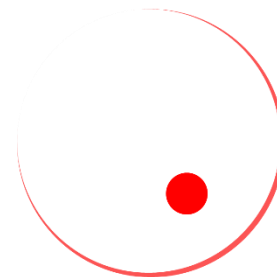


MUNI
MED



Department of
Histology and
Embryology

EMBRYOLOGIE

PRO PORODNÍ ASISTENTKY

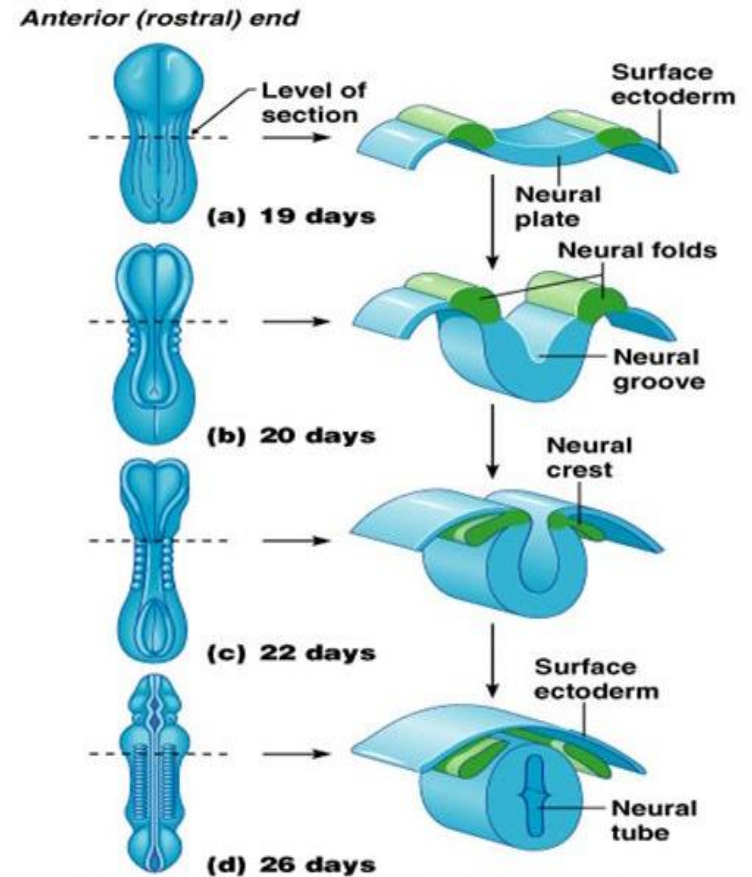
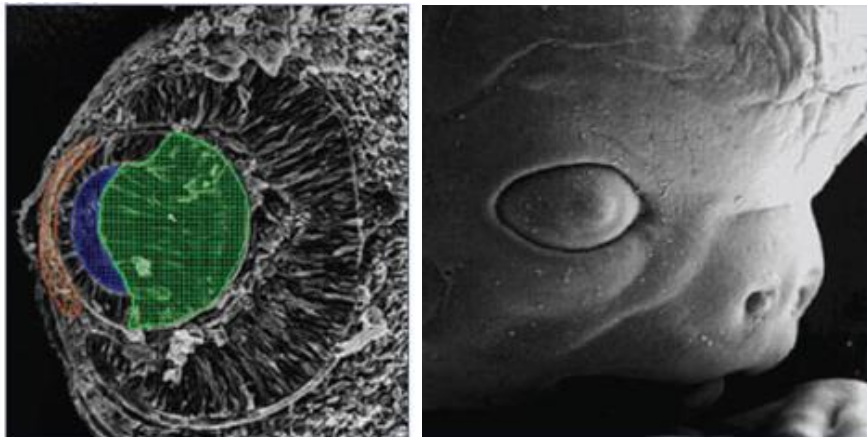
PODZIM 2023

MUNI
LÉKAŘSKÁ
FAKULTA

Zuzana Holubcová
zholub@med.muni.cz

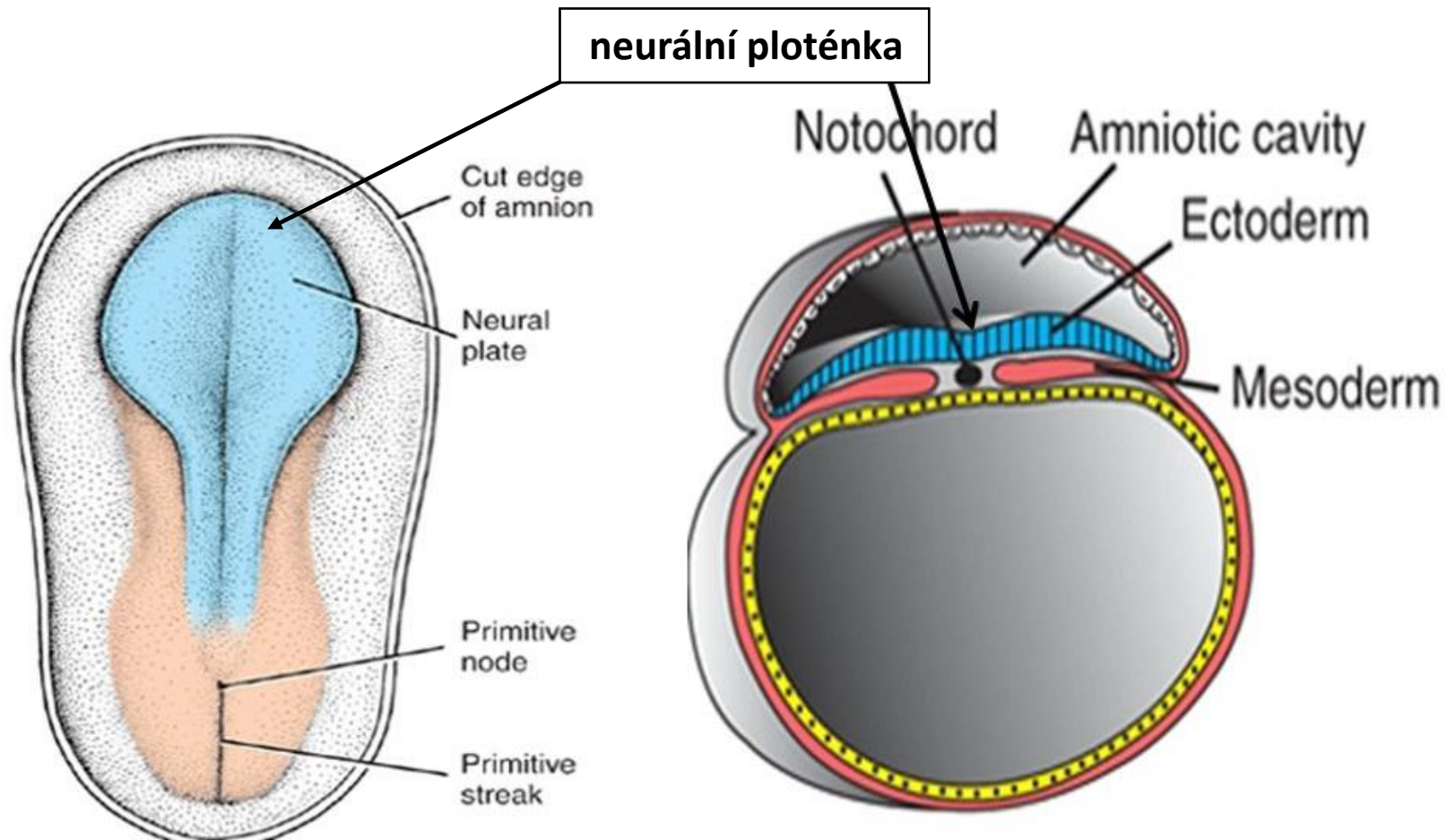


- Vývoj nervového systému
- Vývojové vady mozku a míchy
- Přehled vývoje oka
- Vývojové vady oka



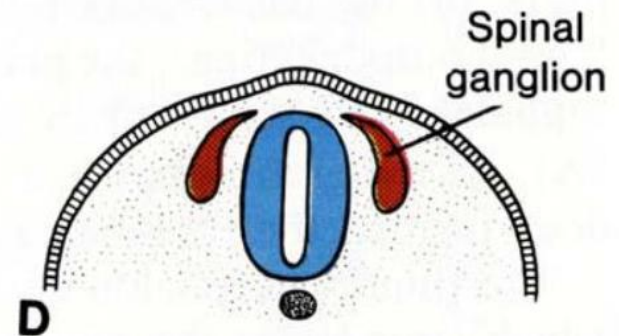
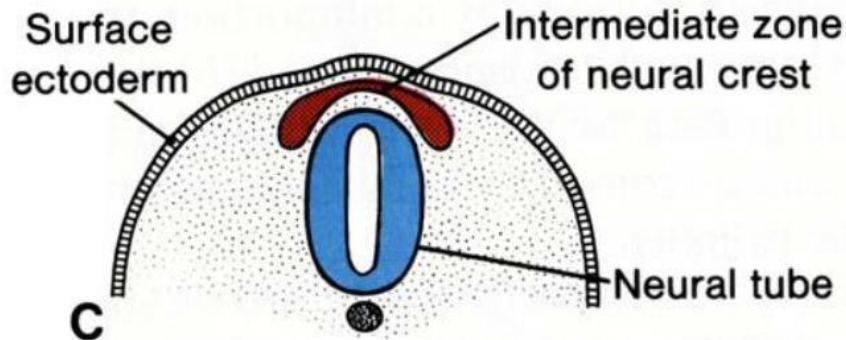
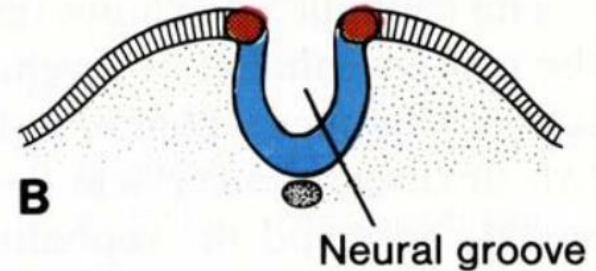
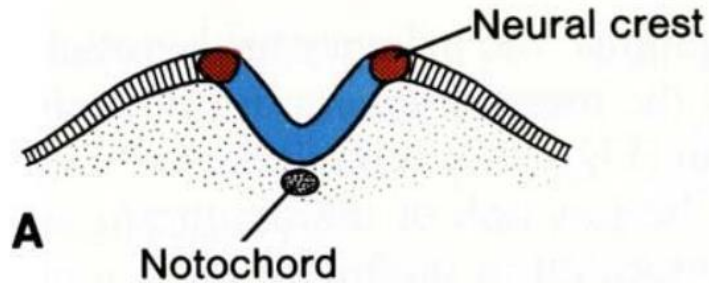
Neurulace

- **neurální ploténka** (modře) vzniká ze ztlustělého **neuroektodermu** kraniální části zárodečného terčiku **primární indukcí z *chorda dorsalis (notochord)***
- od 3 týdne vývoje



Neurulace

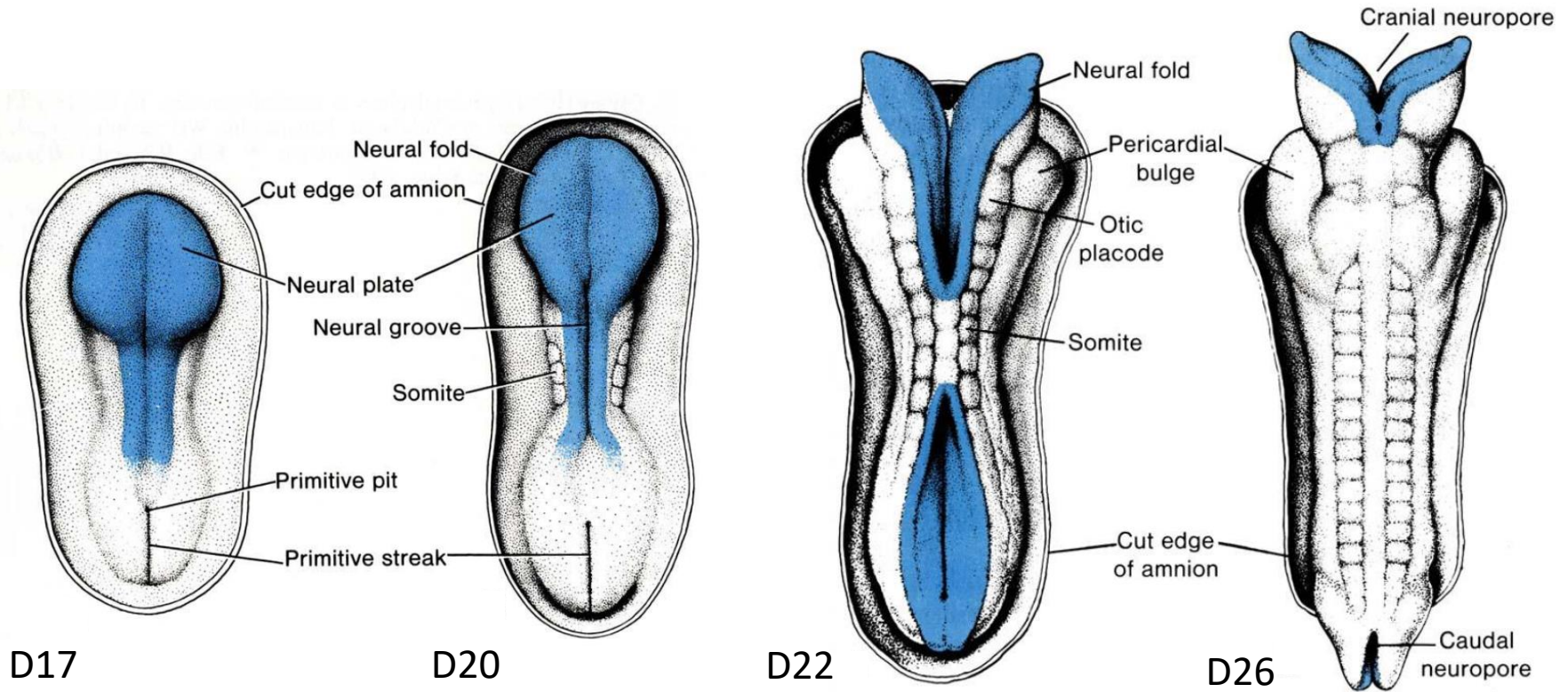
- **neurální ploténka** (modře) se postupně prohlubuje a zanořuje za vzniku **neurální brázdy**
- po stranách se zvedají **neurální valy**
- uzavřením neurální rýhy vzniká **neurální trubice**



- uzavírání neurální trubice (stadium 17-20 somitů) doprovází odštěpení neurálních valů (červeně) v podobě **neurální lišty (neural crest)**

Neurulace

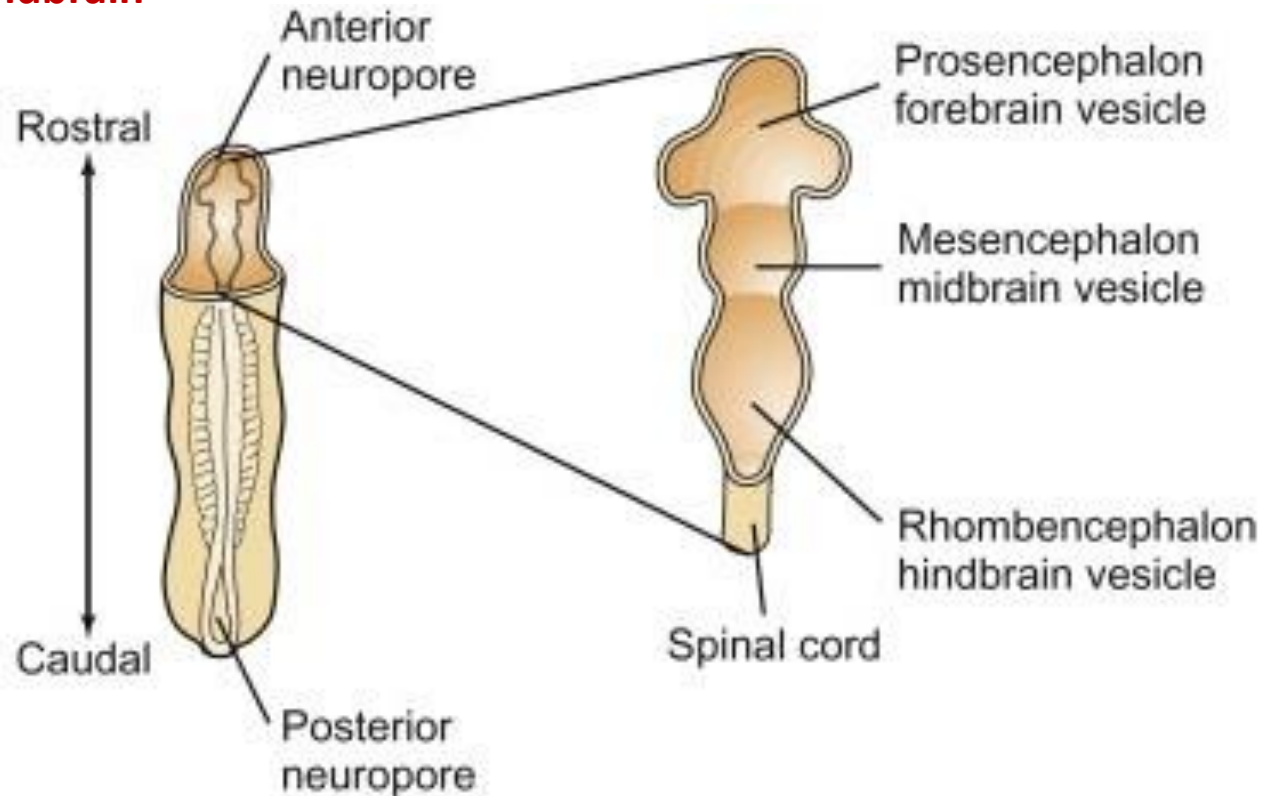
- fúze neurálních valů obvykle začíná na úrovni 4. somitu a šíří se kaudálně i kraniálně
- nejpozději se uzavírají kraniální (*neuroporus anterior*) a kaudální komunikační otvor (*neuroporus posterior*)



Neurulace

- na kraniálním konci jsou patrné **3 primární mozkové váčky**

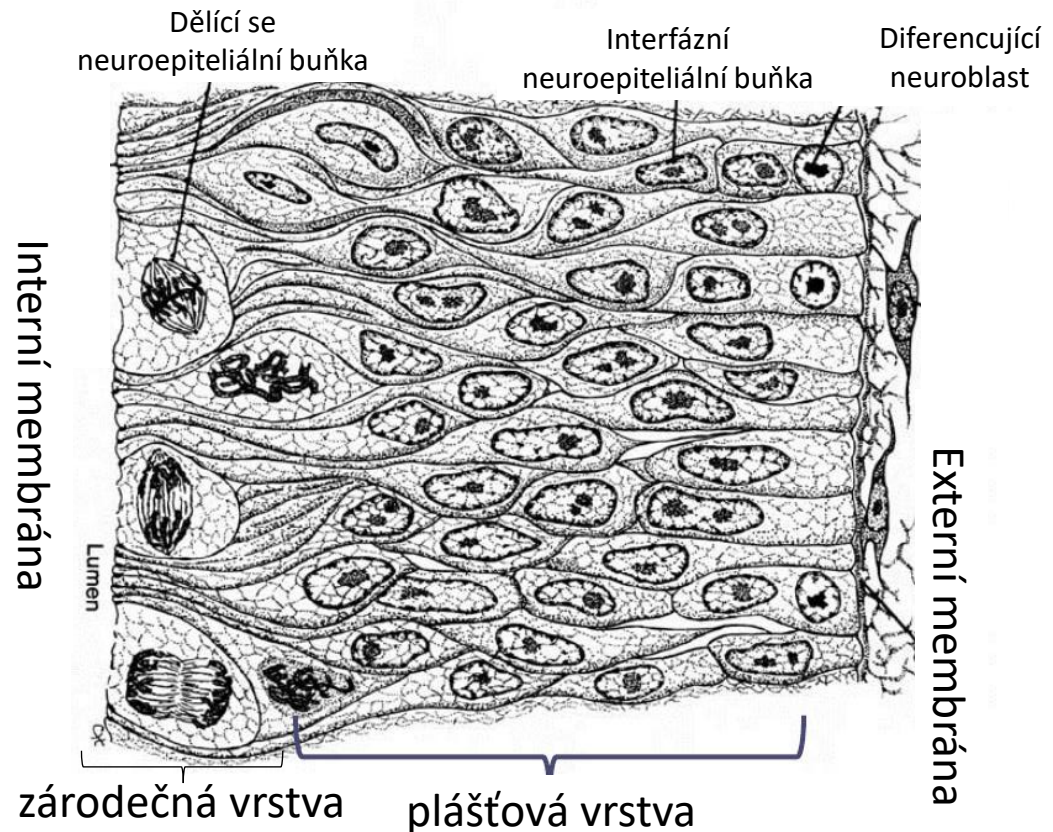
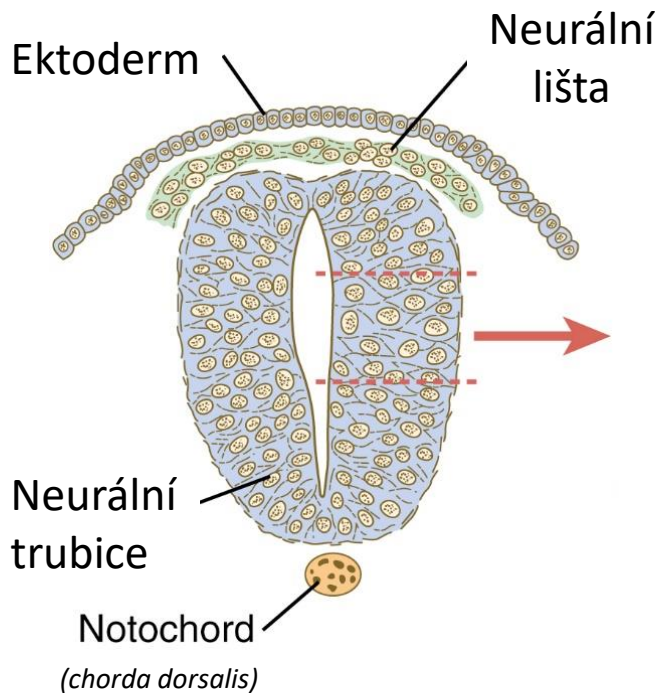
- **Proencephalon - forebrain**
- **Mezencephalon - midbrain**
- **Rhombencephalon - hindbrain**



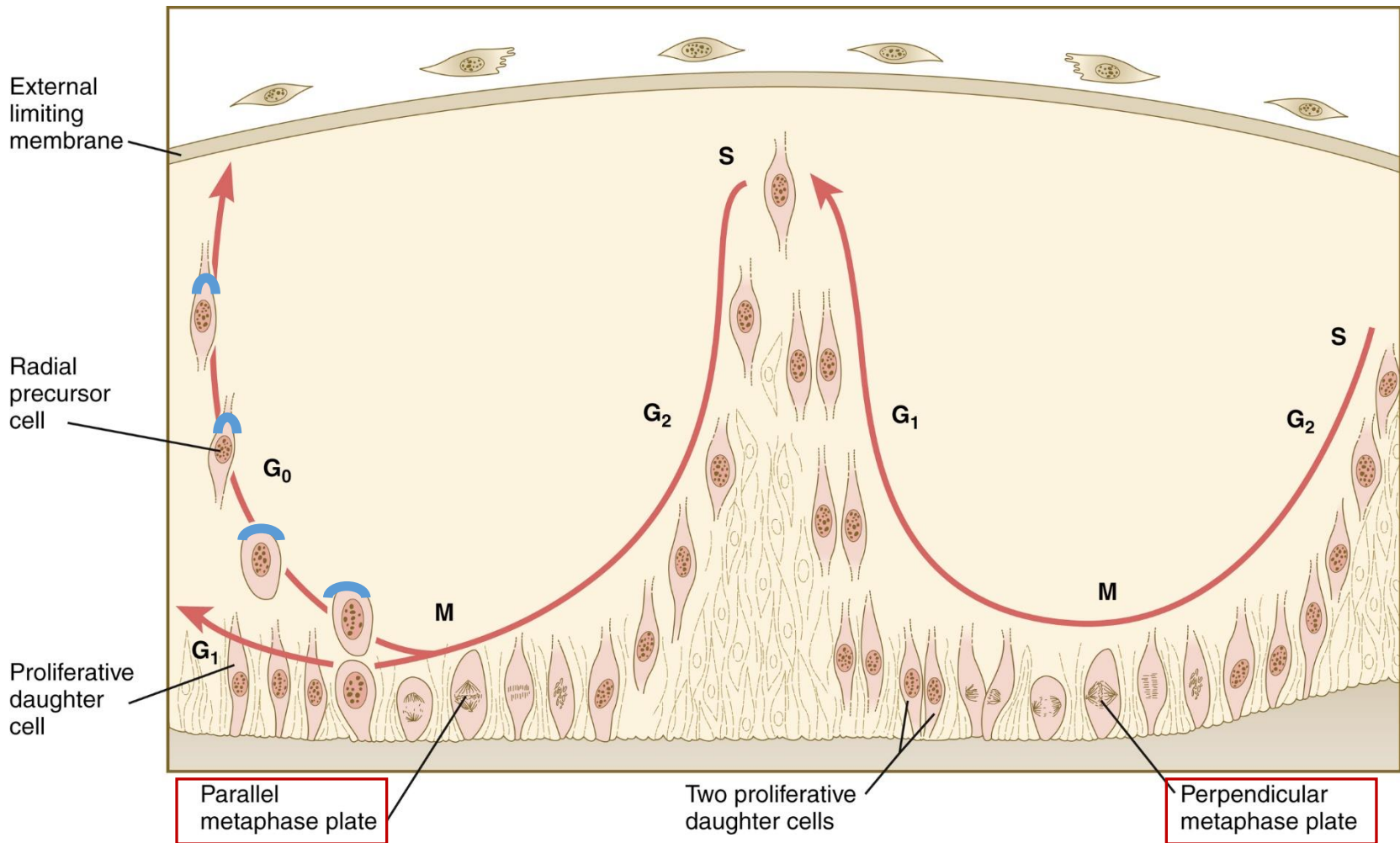
- kaudální oddíl
dává vzniknout
hřbetní míše

Histogeneze nervové trubice

- Pseudostratifikované epitelium (= migrace jader elongovaných neuroepiteliálních buněk)
 - **vrstva germinální (zárodečná)**
 - u vnitřní hraniční membrány (*membrana limitans interna*)
 - mitotické dělení **multipotentních neuroepiteliálních kmenových buněk**
 - **vrstva okrajová**
 - u vnější hraniční membrány (*membrana limitans externa*)
 - proliferativní (S-fáze) i postmitotické buňky migrují periferně → **plášťová vrstva**



Histogeneze nervové trubice



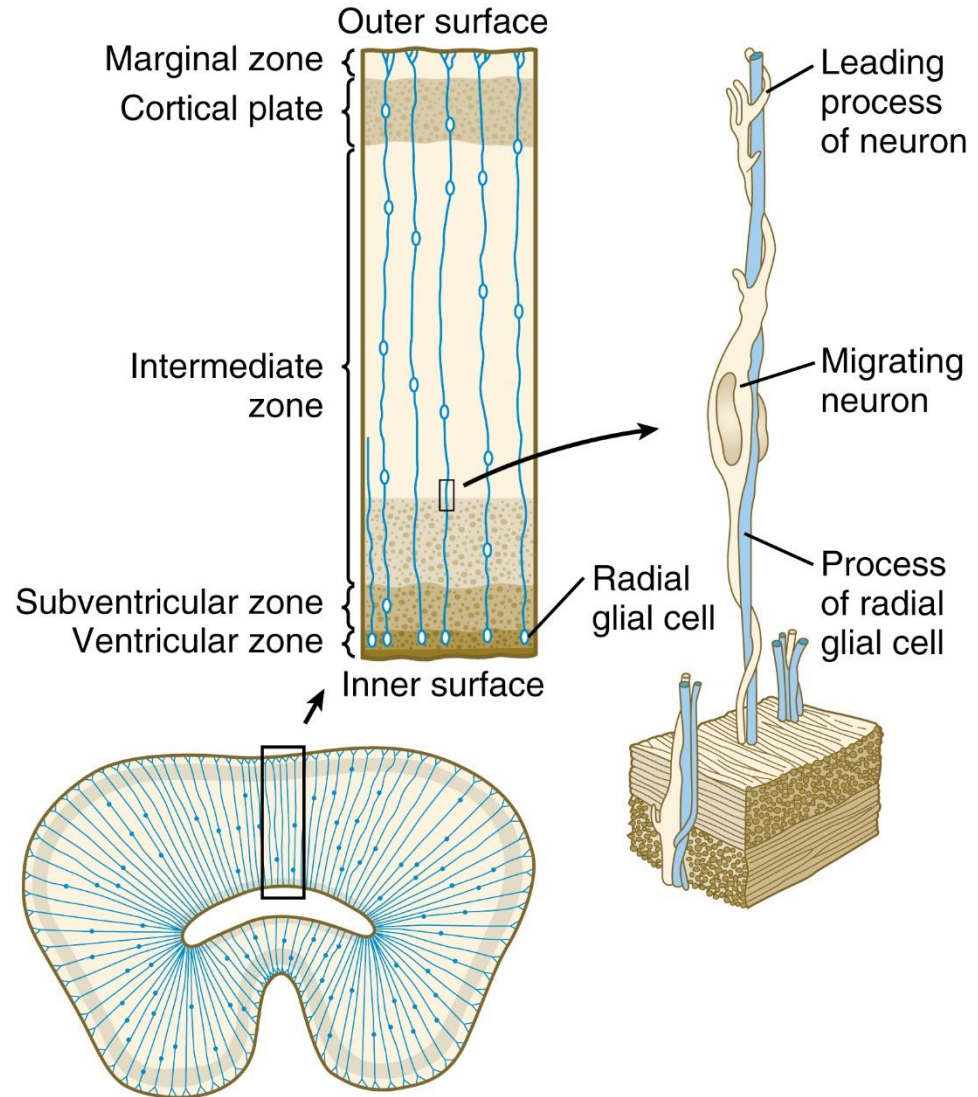
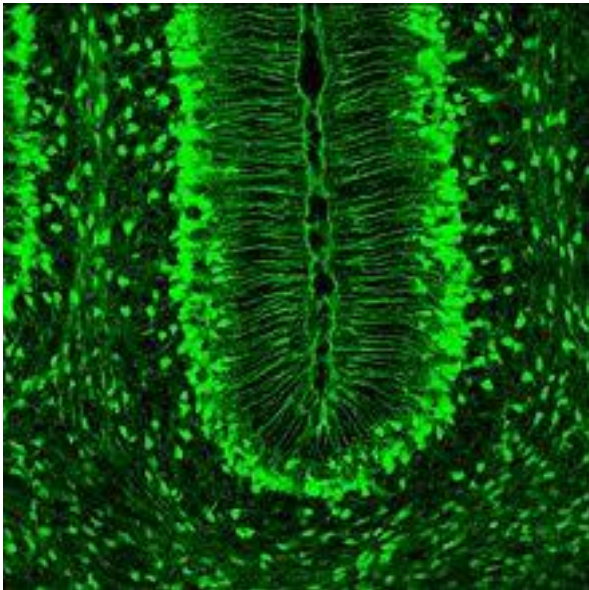
- Asymetrické dělení
→ 1 proliferativní dceřinná buňka
+ 1 radiální prekurzorová buňka

- Symetrické dělení
→ 2 proliferativní dceřinné buňky

Histogeneze nervové trubice

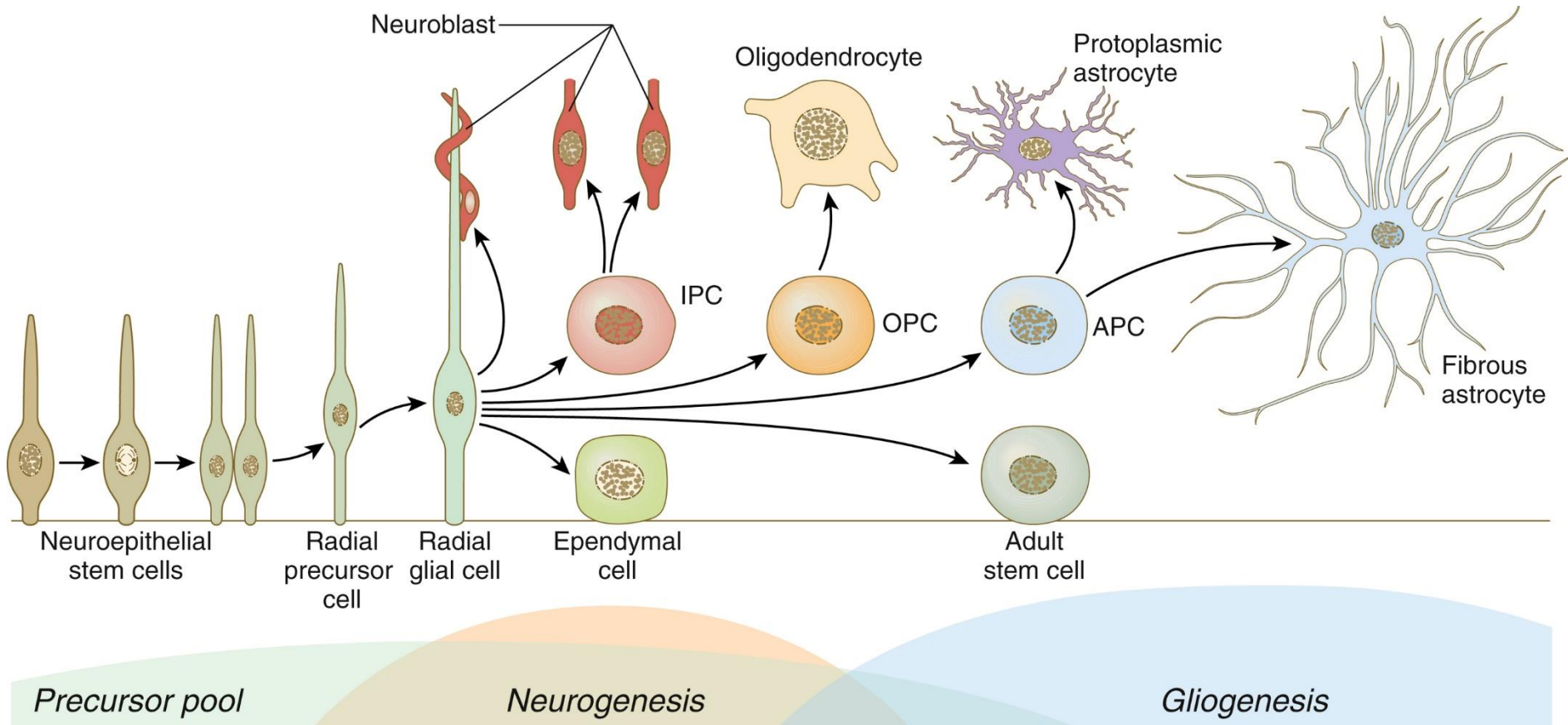
❖ Radiální gliální buňky

- bipolární buňky
- slouží jako vodící systém pro migraci neuronů
- progenitory neuroblastů, astrocytů, oligodendrocytů, ependymálních buněk a speciálních gliálních buněk



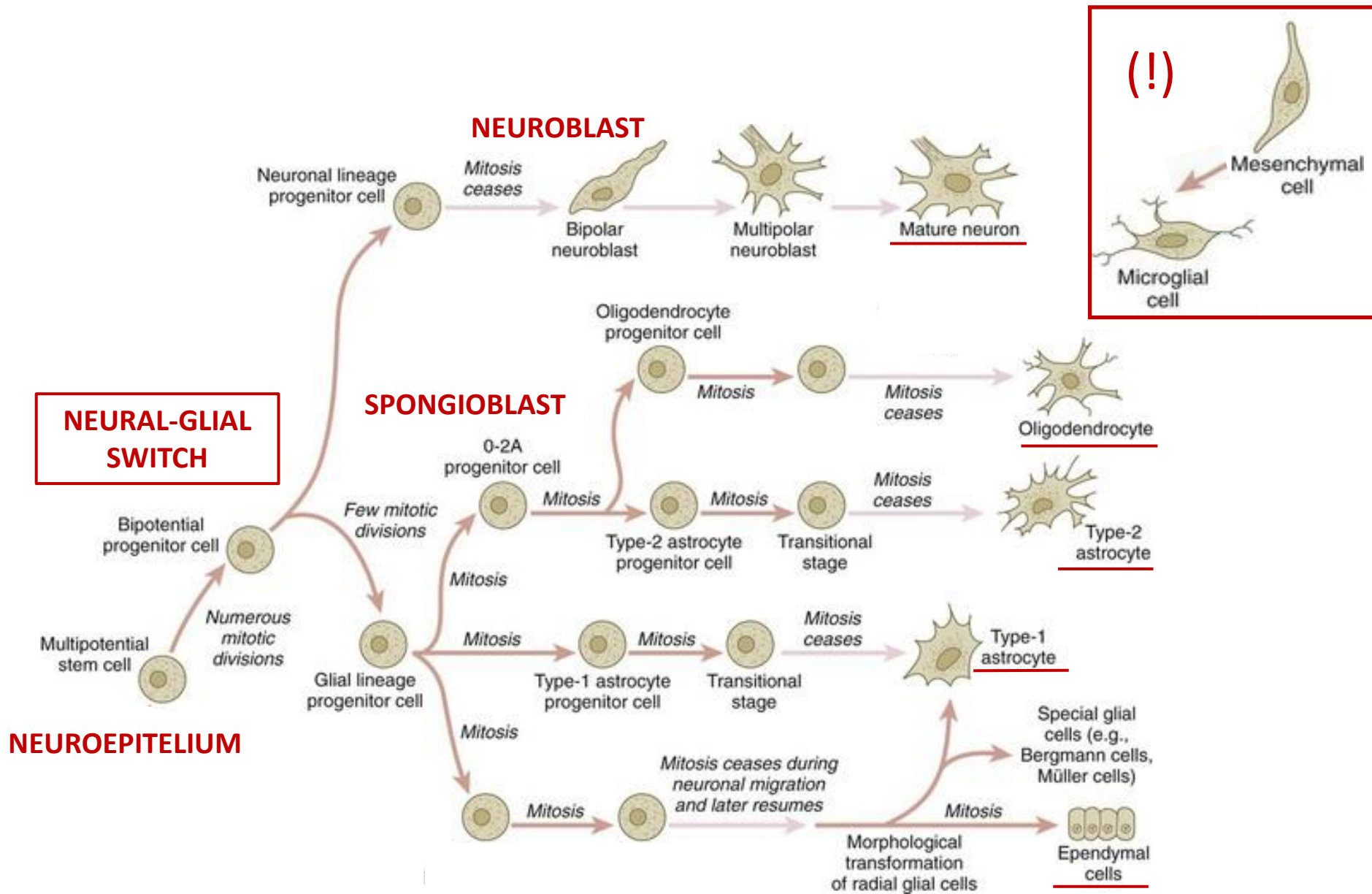
Histogeneze nervové trubice

- z multipotentních kmenových buněk neuroepitelia vznikají **radiální prekurzorové buňky** = bipotenciální progenitory **neuroblastů** (mateřské buňky neuronů) a **spongioblastů** (dávají vzniknout podpůrným buňkám CNS)



APC-astrocyte progenitor cell; IPC -intermediate progenitor cell; OPC-oligodendrocyte progenitor cell.

Histogeneze nervové trubice



Histogeneze nervové trubice

1.VRSTVA VENTRIKULÁRNÍ

= vrstva zárodečná (germinální)

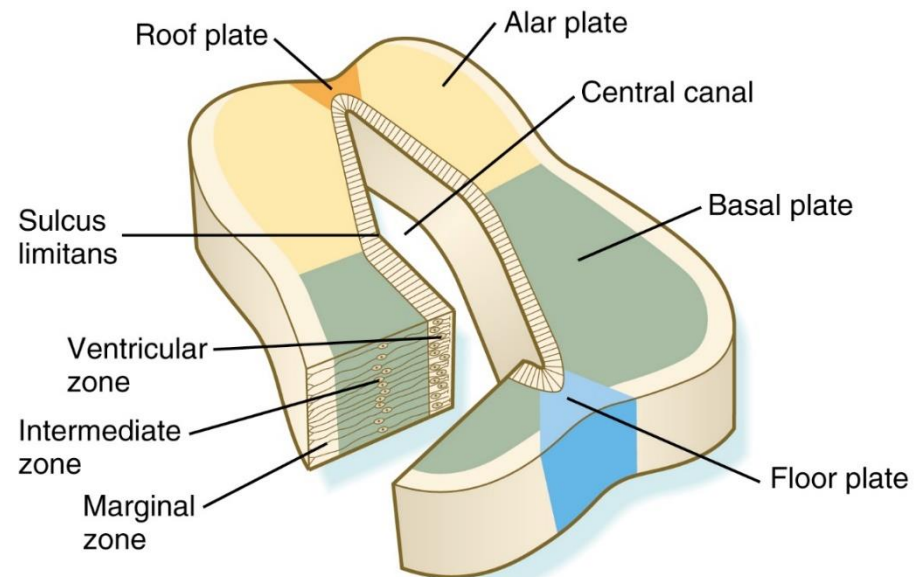
- proliferativní neuroepitel (neuroektoderm)
- základ pro **ependym** (výstelka dutin CNS)

2.VRSTVA PLÁŠŤOVÁ

- základ šedé hmoty
- diferenciaci na
 - **neuroblasty**
= progenitory neuronů
 - **spongioblasty**
= progenitory gliových buněk

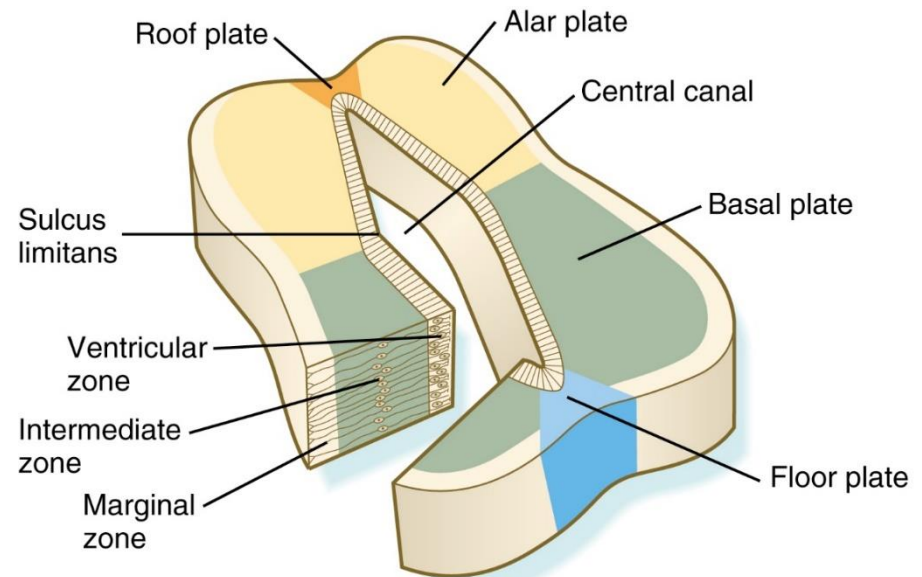
3.VRSTVA OKRAJOVÁ (MARGINÁLNÍ)

- základ bílé hmoty
- z počátku tenká, později zesílí
(apozice nervových vláken)



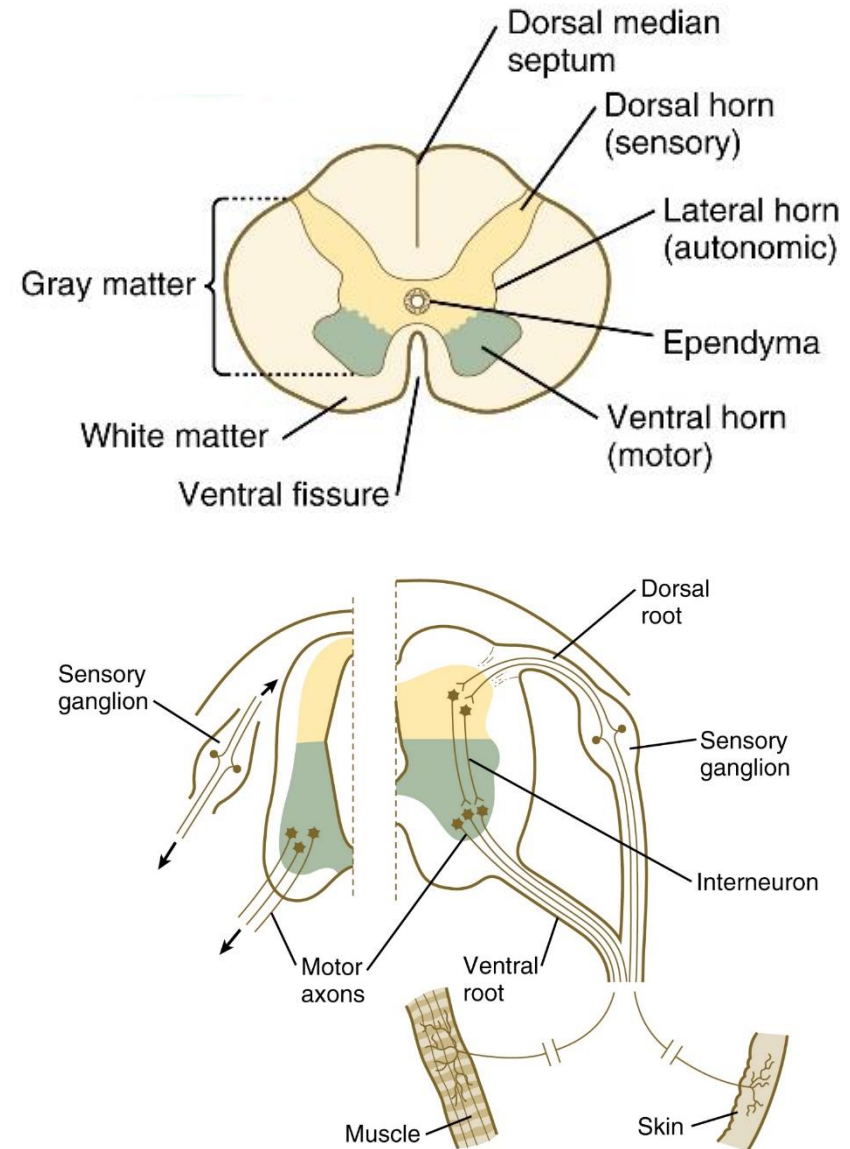
Vývoj míchy a periferiálního nervstva

- hřbetní mícha se vyvíjí z kaudálního úseku nervové trubice, který je původně tenkostěnný s centrálním kanálkem
- ventrální a dorzální stěna míchy je tvořena pouze ependymovou vrstvou
- množením buněk laterálních stěn vznikají 3 vrstvy:
ependymová, plášťová a laterální
- podélný žlábek *sulcus limitans* míchu podélně rozdělí na **bazální (motorickou) a alární (senzitivní) ploténku**



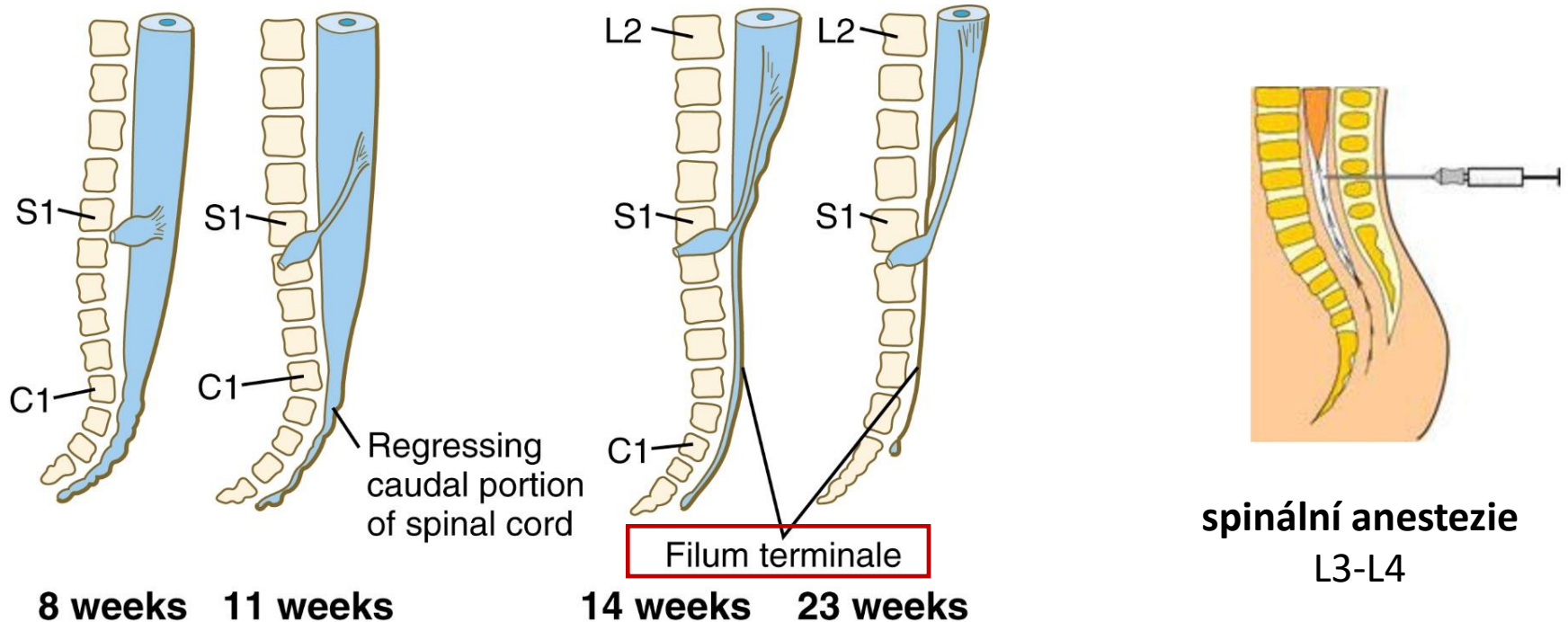
Vývoj míchy a periferiálního nervstva

- z **neuroblastů** plotének se vytvářejí **motoneurony a senzitivní neurony**
→ **přední a zadní míšní rohy**
- apozice neuritů na povrchu okrajové hmoty → tloušťnutí laterálních stěn
→ **bílá hmota**
- neurity neuroblastů předních sloupců se spojí s výběžky neuroblastů spinálních ganglií a opouštějí páteřní kanál jako **spinální nerv**



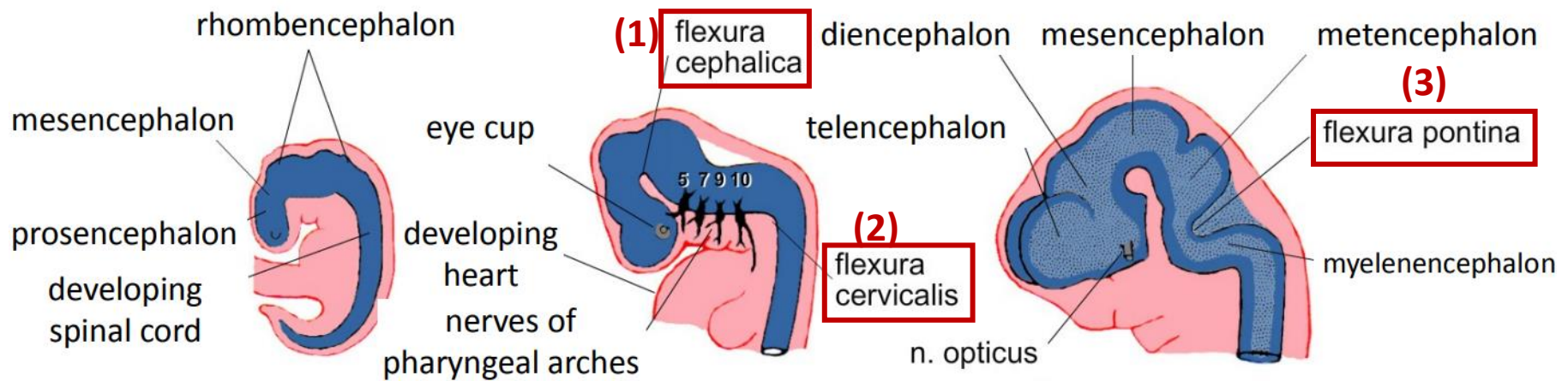
Vývoj míchy

- do 8 tt vyplňuje mícha celý páteřní kanál, k jeho kaudálnímu konci fixována mezenchymem
- od 3 měsíce: nepoměr rychlosti růstu páteře a míchy → vzestup kaudálního konce míchy
- **cauda equina** - kořeny spinálních nervů probíhající bederní a křížovou částí páteřního kanálu
- **filum terminale** – trvalé spojení mezi koncem míchy a dnem páteřního kanálu
- u novorozence se nachází konec míchy v úrovni L3, v dospělosti na úrovni L1



Vývoj mozku

- Flexe zárodku → **2 ohnutí** kraniální části nervové trubice:
- **1. temenní (*flexura cephalica*)** - hranice rhombencephala a mesencephala
- **2. týlní (*flexura occipitalis/cervicalis*)** - přechod rhomencephalon a hřbetní míchy
- později **3. ohnutí mostu (*flexura pontina*)** - přechod metencephalon a myelencephalon



Vývoj mozku

Původně 3 později 5 mozkových váček:

(1) prosencephalon

→ **telencephalon** → hemisféry (postranní komory)

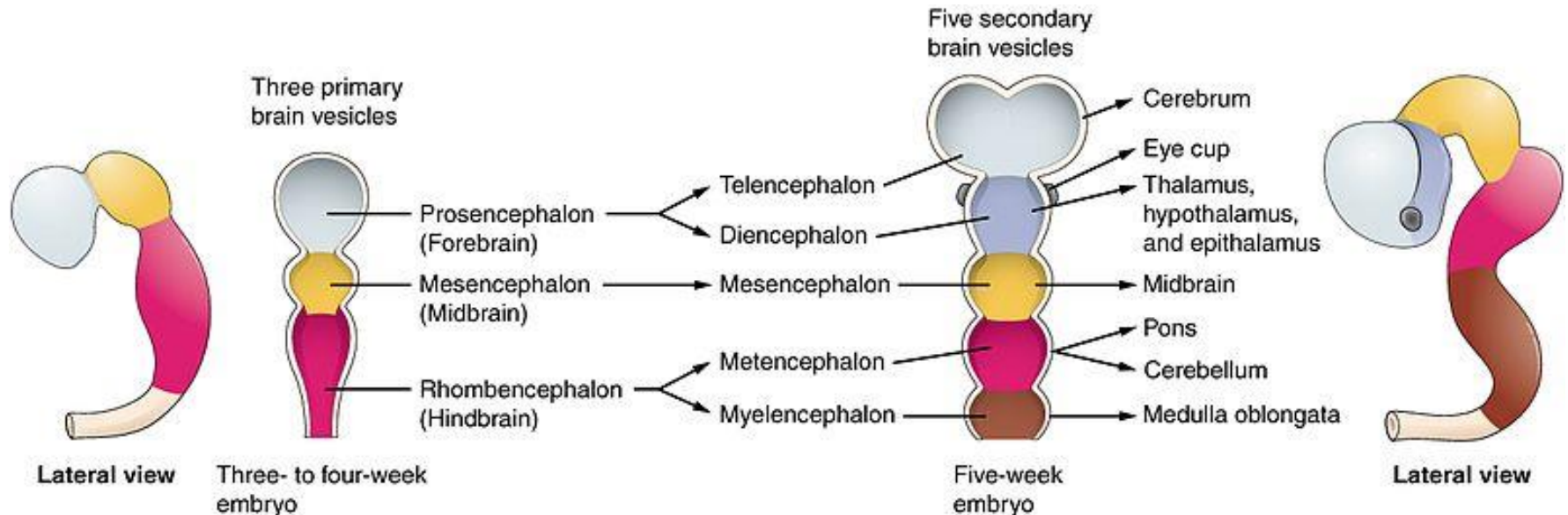
→ **diencephalon** mezimozek (thalamus, hypothalamus) a III. komora

(2) Mesencephalon - střední mozek)

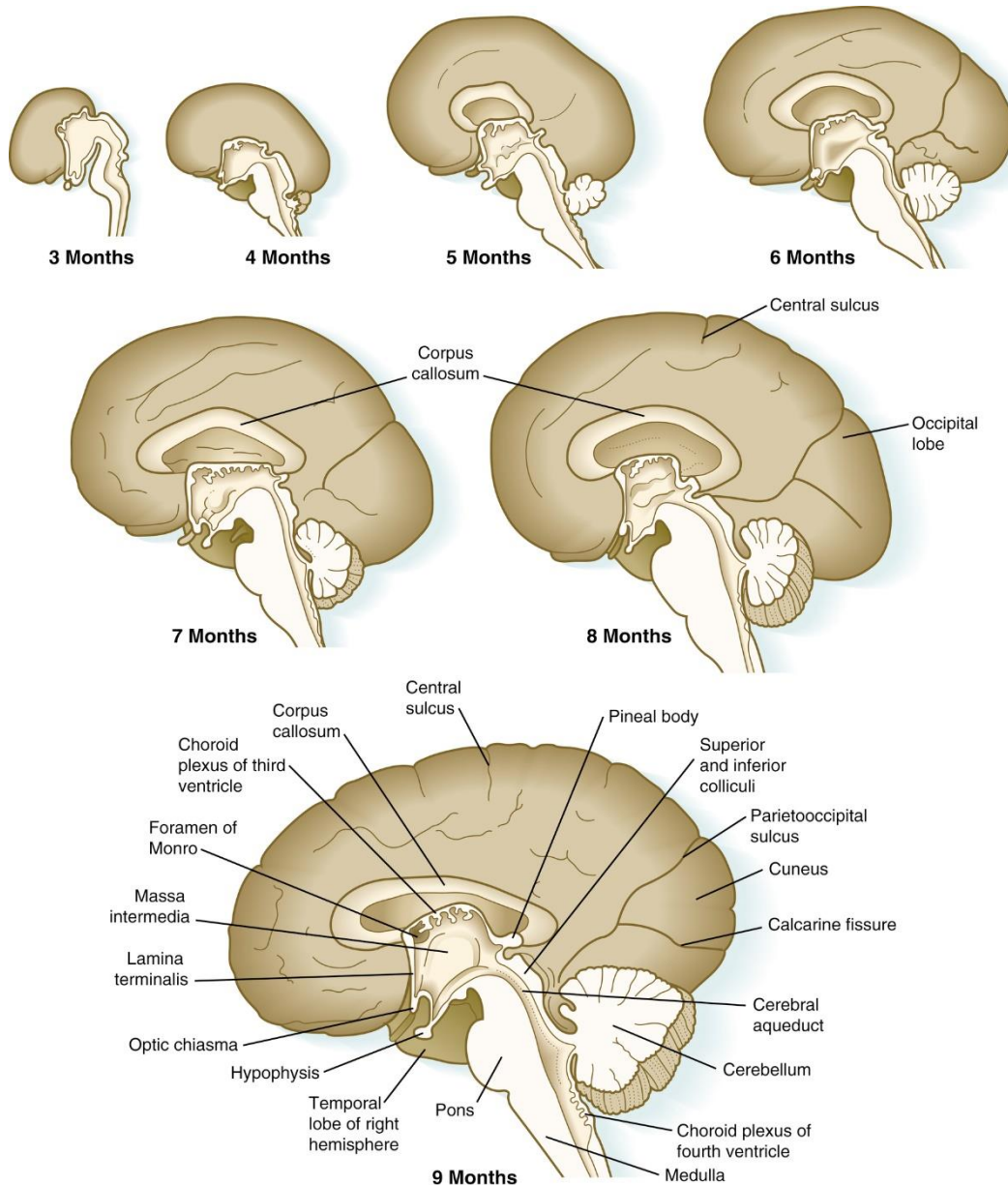
(3) Rhombencephalon

→ **metencephalon** → pons Varoli (Varolův most), cerebellum (mozeček) a IV. komora

→ **myelencephalon** → medula oblongata (prodloužená mícha)

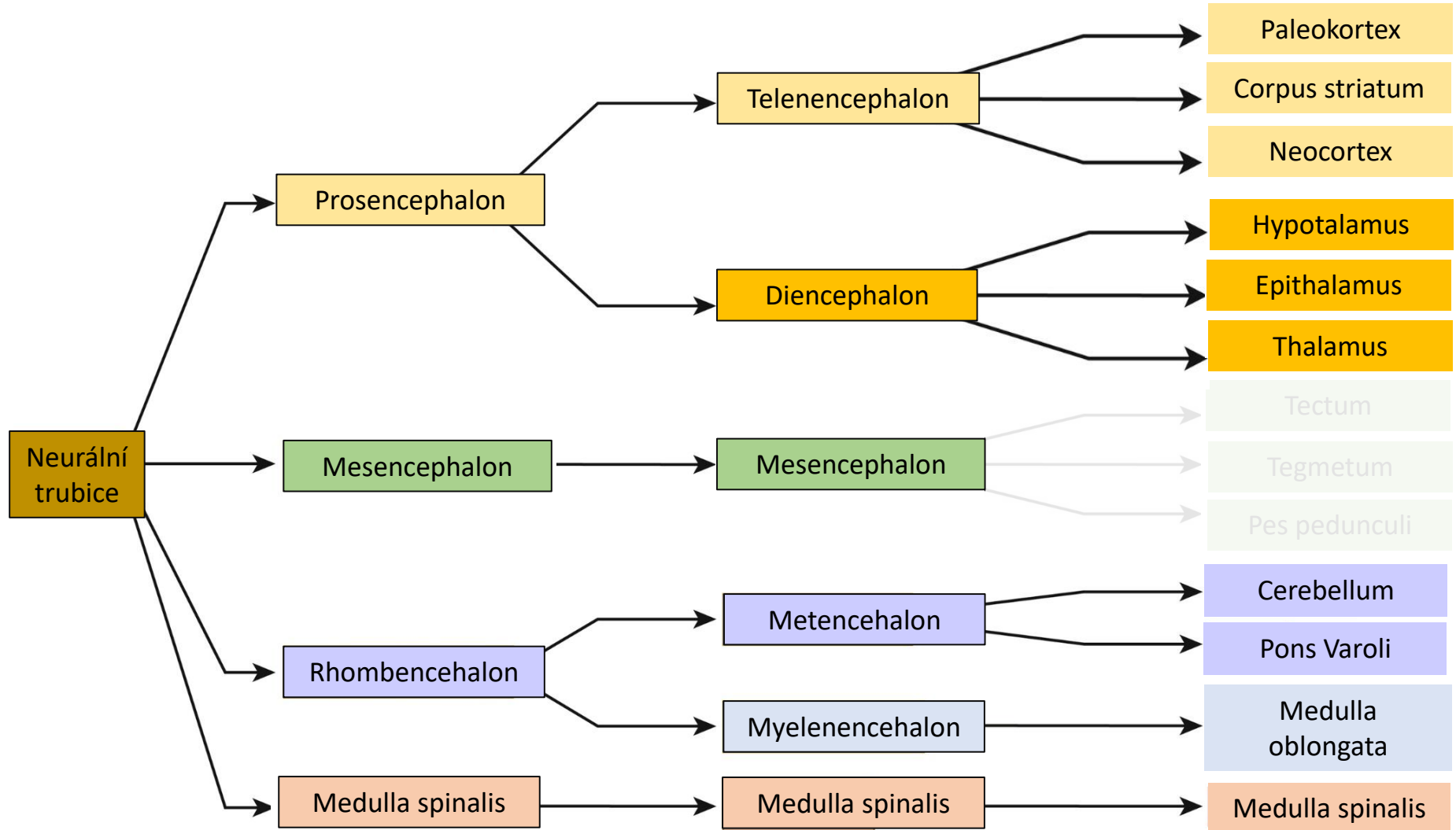


Vývoj mozku



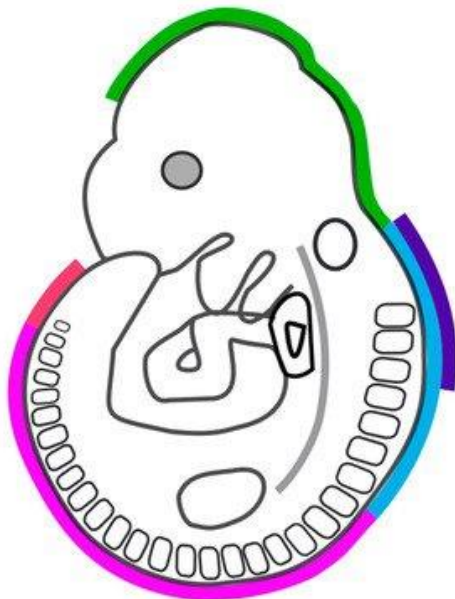
- od 2 měsíce vývoje se výrazně zvětšují laterální části telencefala - vznik hemisfér
- souběžně s vývojem mozkových váčků se ze společné mozkové dutiny vyvíjejí mozkové komory
- vývoj korových částí mozku pokračuje postnatálně
- **Gyrifikace** - zvětšení povrchu hemisfér

Přehled vývoje nervového systému

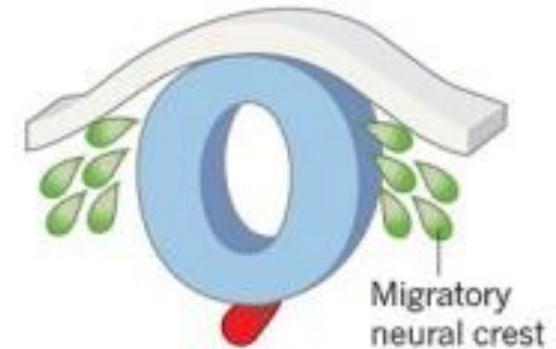
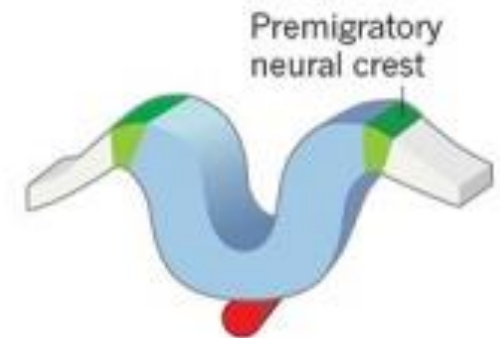
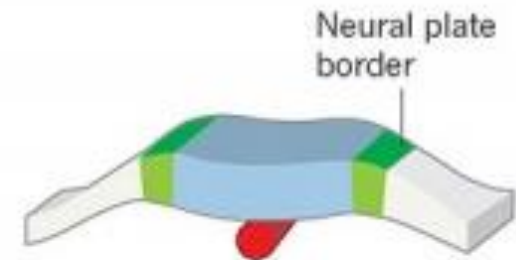


Buňky neurální lišty – NEURAL CREST

- uzavírání neurální trubice doprovází odštěpení neurálních valů (zeleně) v podobě **neurální lišty (neural crest, *cristae neurales*)**
- *cristae neurales* dosahují až k přednímu konci rhombencephala
- neurulací vzniklé buňky neurální lišty **migrují do různých oblastí, kde dávají vznik specifickým populacím diferencovaných buněk**
- někdy nazývané „4. zárodečná vrstva“



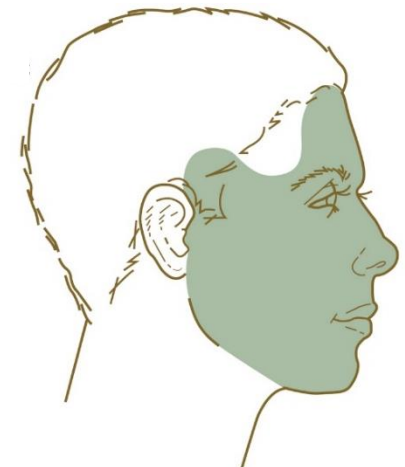
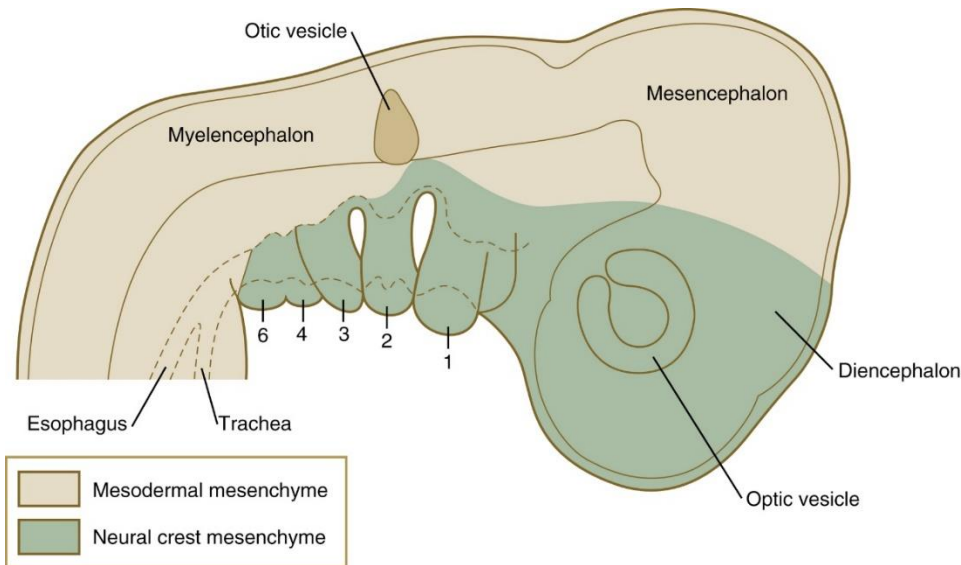
Cranial	Chondrocytes Osteocytes Cranial sensory ganglia Ciliary ganglia Odontoblasts Thyroid cells
Vagal	Cardiac Smooth muscle cells Cardiac septa Pericytes
Trunk	Ganglia Mesenchyme Pericytes Dorsal root ganglia Sympathetic ganglia Adrenal medulla Schwann cells Melanocytes
Sacral	Enteric ganglia Sympathetic ganglia



Buňky neurální lišty – NEURAL CREST

❖ KRANIÁLNÍ NEURAL CREST

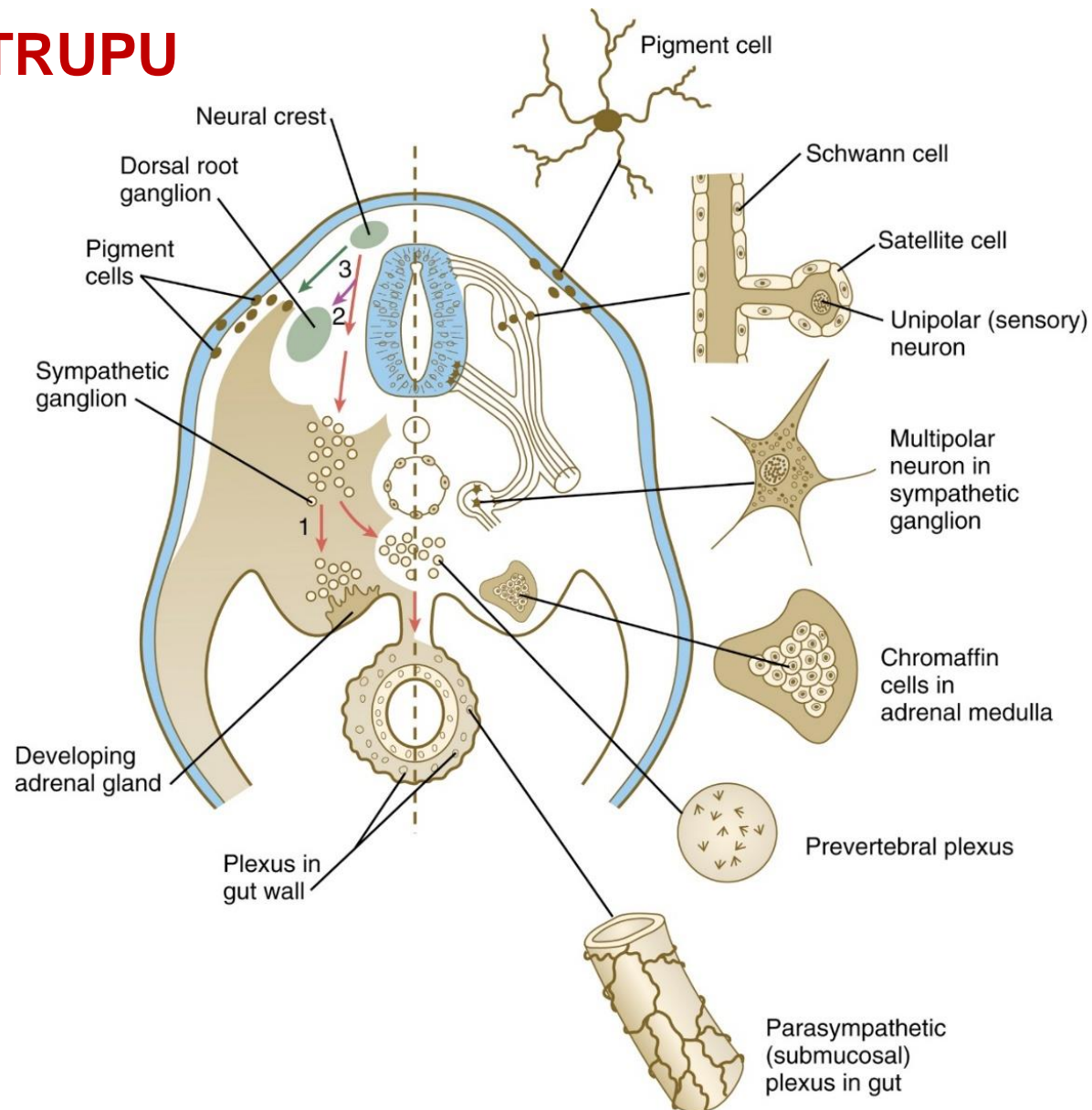
- kraniální konec *criastae neurales* je tvořen izolovanými buněčnými skupinami
- dávají vzniknout kraniofaciálnímu mezenchymu, který dále diferencuje na **kraniální ganglia** a **kraniální chrupavku a kosti lebky**, podílí se i na vývoji **oka**
- v oblasti hltanu přispívají ke vzniku **brzlíku, kostí středního ucha, čelistí a odontoblastů (zubní dentin)**



Buňky neurální lišty – NEURAL CREST

❖ NEURAL CREST TRUPU

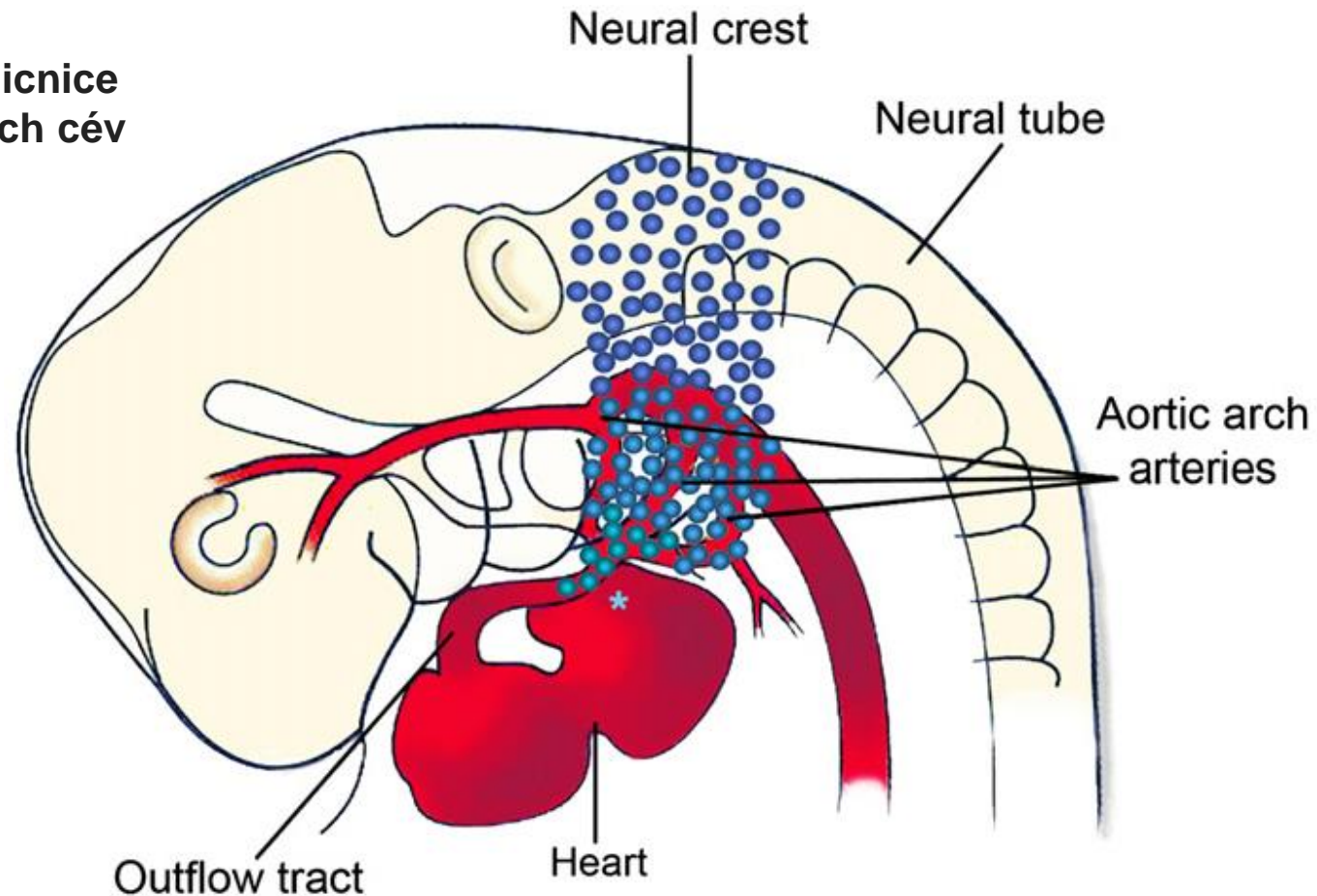
- Spinální ganglia
- Sympatická ganglia
- Parasympatický plexus střeva
- Senzorické nervy
- Nadledvina
- Schwannovy buňky
- Pigmentové buňky (melanocyty)
- Neurosekreční buňky srdce a plic
- atd...



Buňky neurální lišty – NEURAL CREST

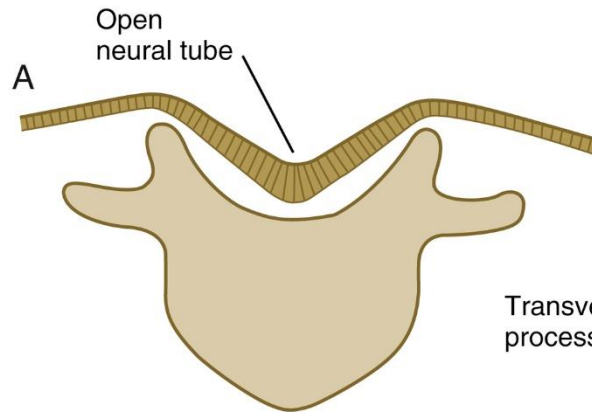
❖ KARDIÁLNI NEURAL CREST

- srdeční septa
- srdeční chlopně
- hladký sval aorty, plicnice a velkých koronárních cév

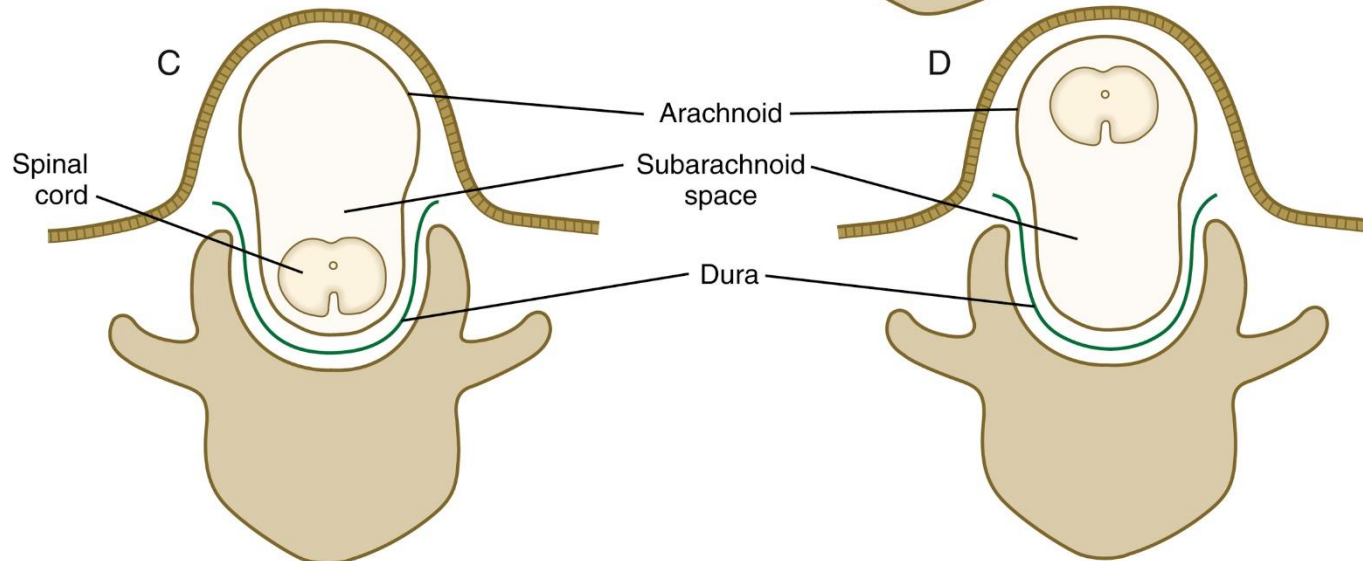
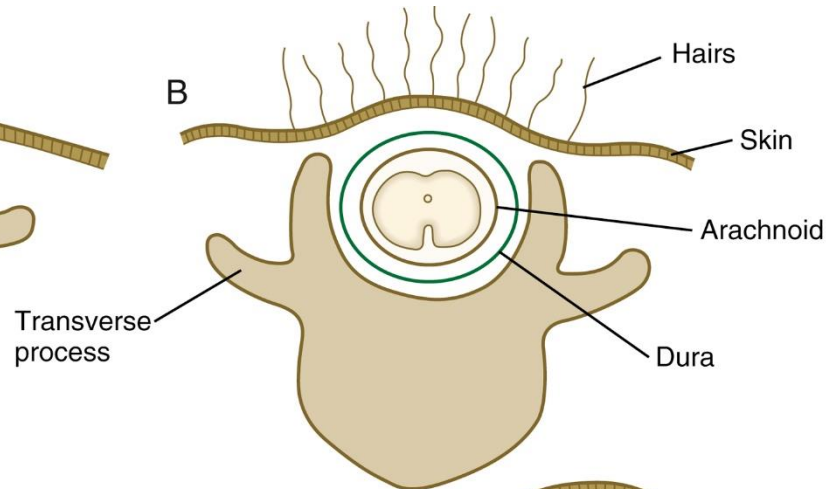


Vývojové vady míchy

❖ RACHISCHISIS



❖ SPINA BIFIDA OCULTA



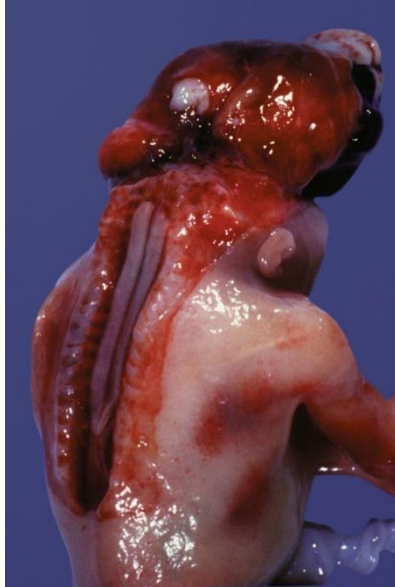
❖ MENINGOKÉLA

❖ MYELOMENINGOKÉLA

Vývojové vady míchy

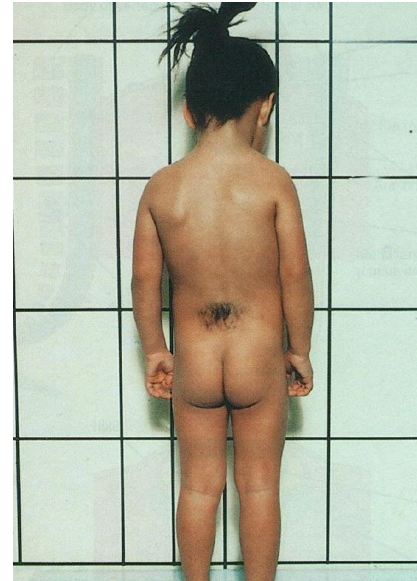
❖ RACHISCHISIS

- Spojeno s anencefalií
- Neslučitelné se životem



❖ SPINA BIFIDA OCULTA

- v rozsahu 1-2 obratlů bez neurologických příznaků



- Herniace arachnoidei
- Mírné projevy



❖ MENINGOKÉLA

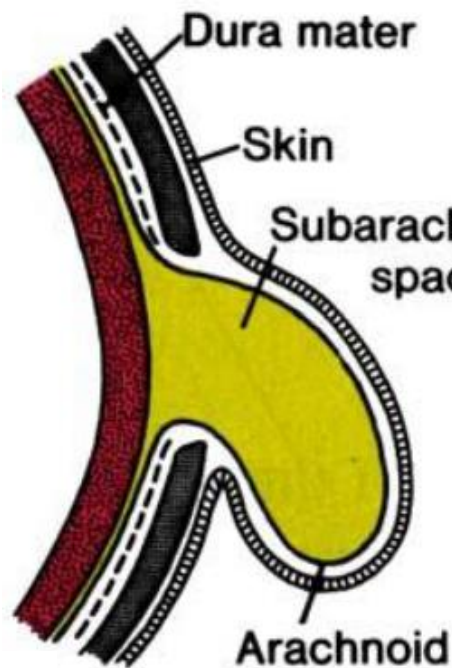


- Vyhřezlá nervová trubice
- Závažné projevy

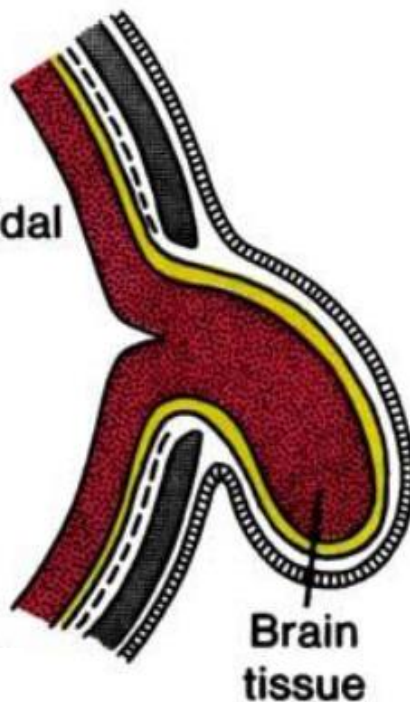
❖ MYELOMENINGOKÉLA

Vývojové vady mozku

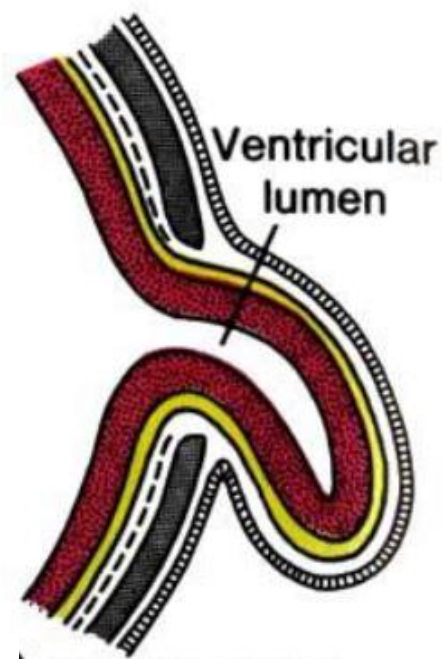
- výhřez mozkových obalů, nervové tkáně mozku, případně i komor defektem v kostech lebky



❖ **MENINGOCELE CRANIALIS**



❖ **MENINGO-ENCEPHALOCELE**



❖ **MENINGOHYDRO-ENCEPHALOCELE**

Vývojové vady mozku

- výhřez mozkových obalů, nervové tkáně mozku, případně i komor defektem v kostech lebky



OCCIPITÁLNÍ MENINGOKELE



FRONTÁLNÍ ENCEPHALOKELE

Vývojové vady mozku

❖ HYDROCEPHALUS

- nahromadění mozkomíšního moku



Vývojové vady mozku

❖ ANENCEFALIE



- neuzavření nervové trubice
- absence telencefalonu, lebky a pokožky hlavy

Vývojové vady mozku

❖ MIKROCEFÁLIE



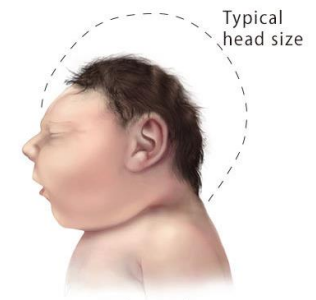
- Duševní i tělesné poruchy
- Syndrom „Cri du chat“ (del 5p)
- Infekce virem ZIKA



Baby with Typical Head Size



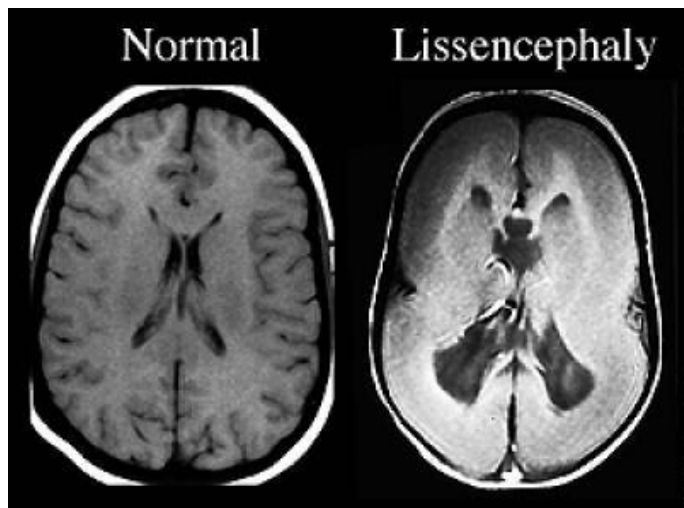
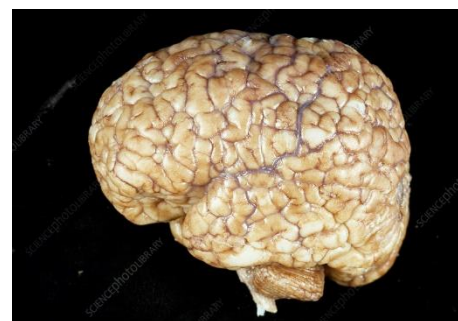
Baby with Microcephaly



Baby with Severe Microcephaly

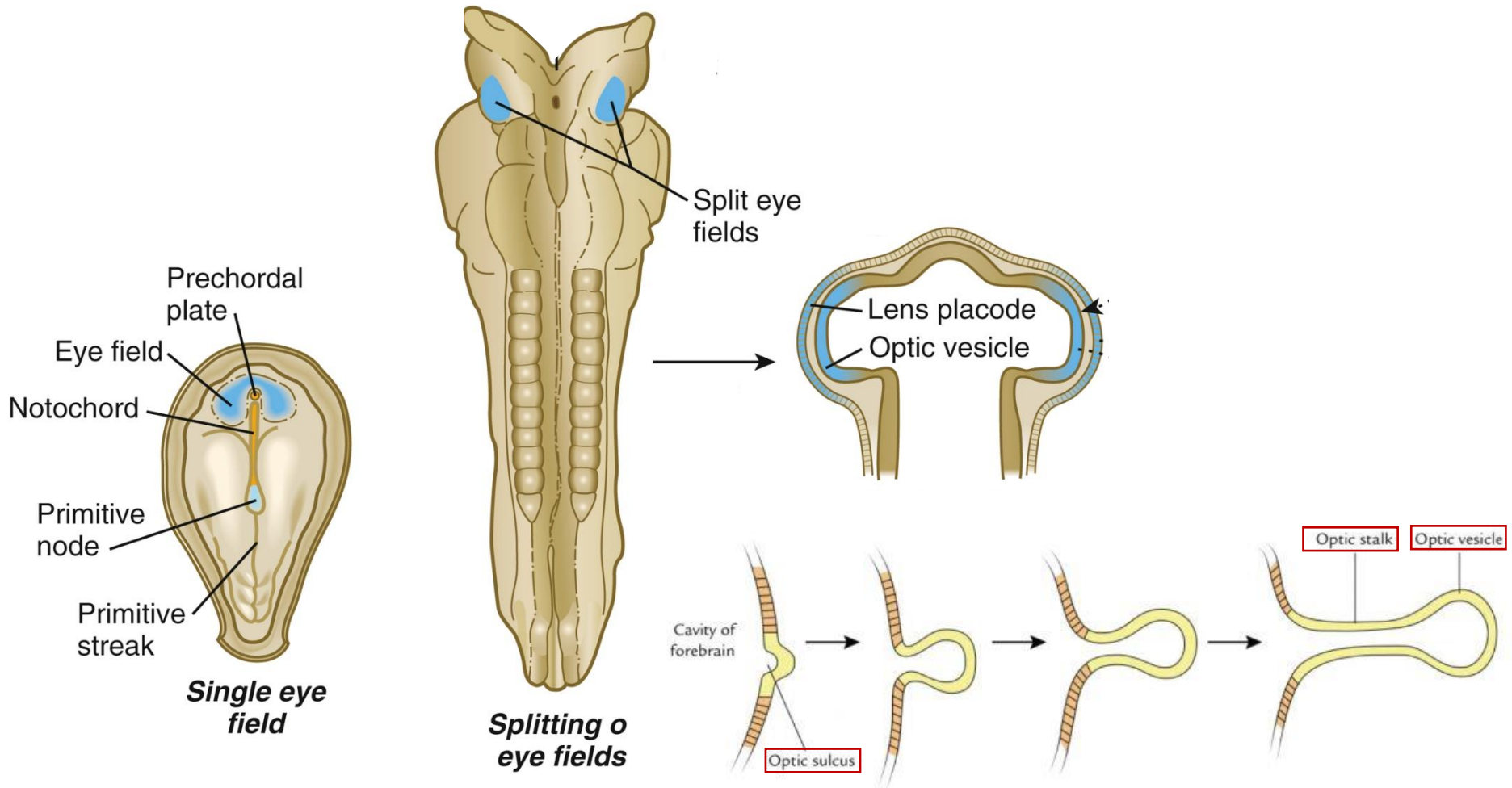
POVRCHOVÉ MALFORMACE MOZKOVÝCH HEMISFÉR

- ❖ **Makrogyrie** – abnormálně velké závit
- ❖ **Mikrogyrie** – abnormálně malé závit
- ❖ **Lissencephalie** – hladký povrch hemisfér



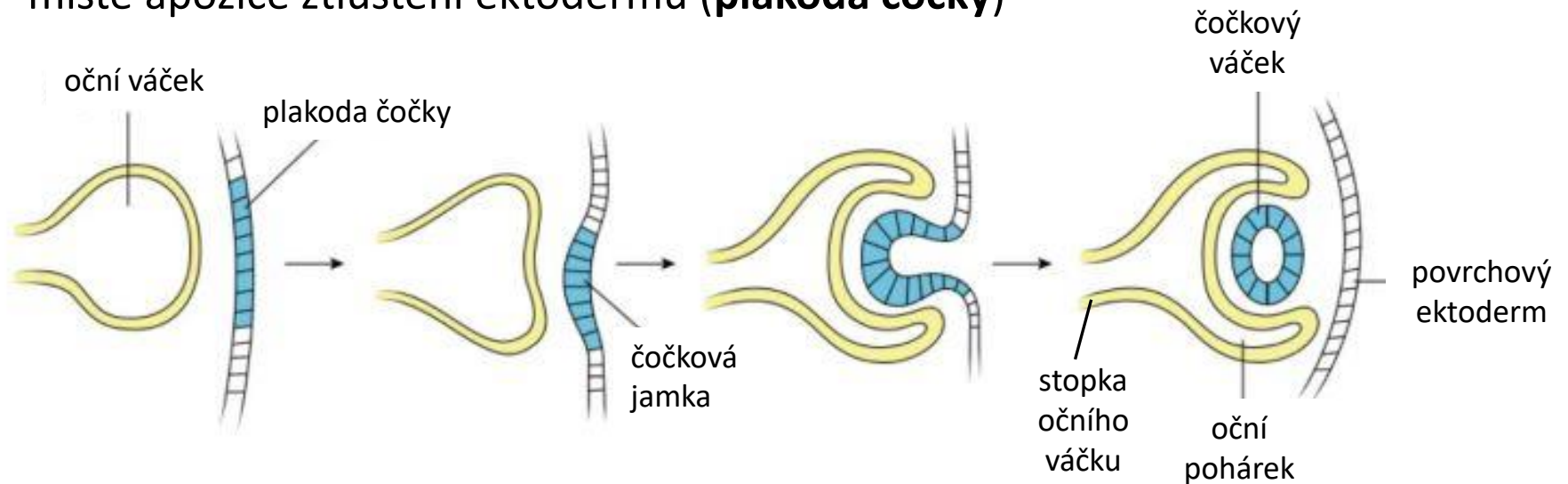
Vývoj oka

- vývoj oka začíná ve stadiu 6-8 somitů
- **oční váčky** se utvářejí jako **laterální výchlípky primárního proencefala** (později diencephalon, tj. **neuroektoderm**) v podobě dvou mělkých rýh (***sulci optici***)



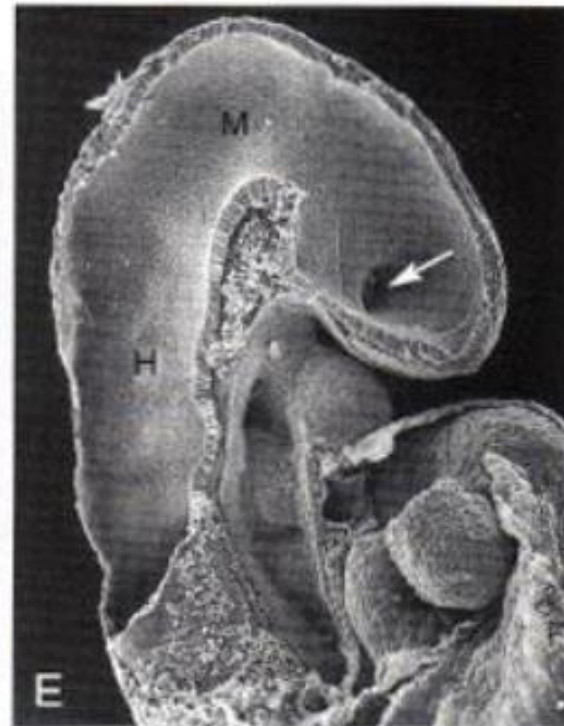
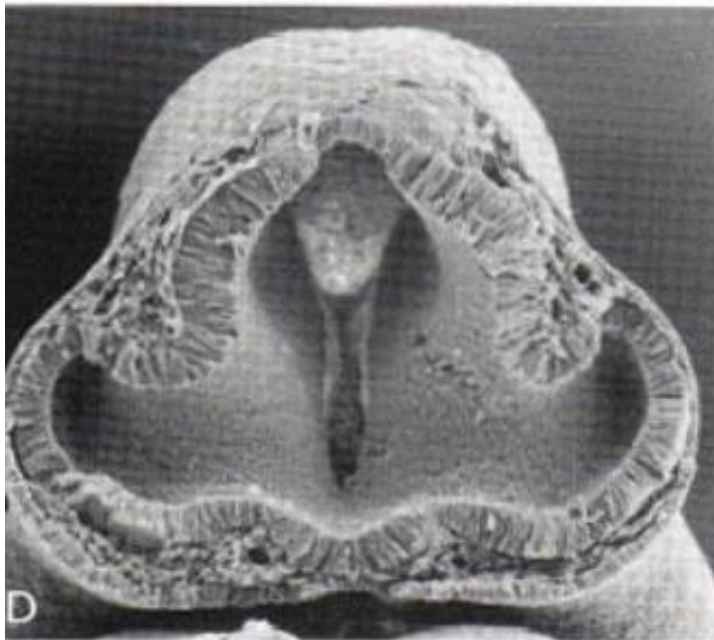
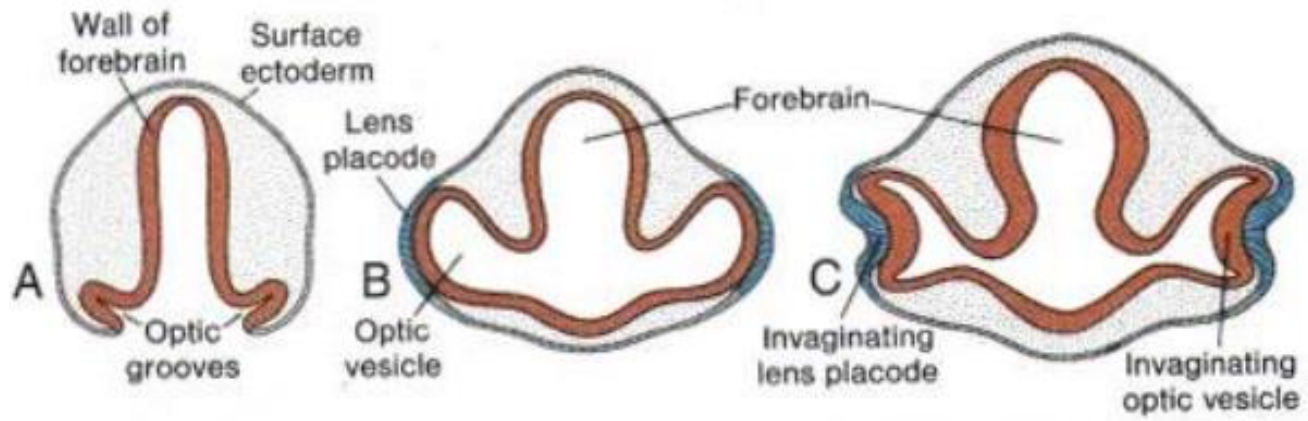
Vývoj oka

- při přiblížení neuroektodermu očního váčku k povrchovému ektodermu vzniká v místě apozice ztlustění ektodermu (**plakoda čočky**)



- vchlípením plakody dovnitř váčku vzniká **oční pohárek**
- dalším vchlíčováním **povrchového ektodermu** se vytvářejí **čočkové jamky**, které se následně odškrtí jako **čočkové váčky**
- vzniklý oční pohárek zůstá spojen s mozkem dutou zúženou **stopkou očního váčku**
- oční pohárek a oční stopka jsou obaleny mezenchymem

Vývoj oka

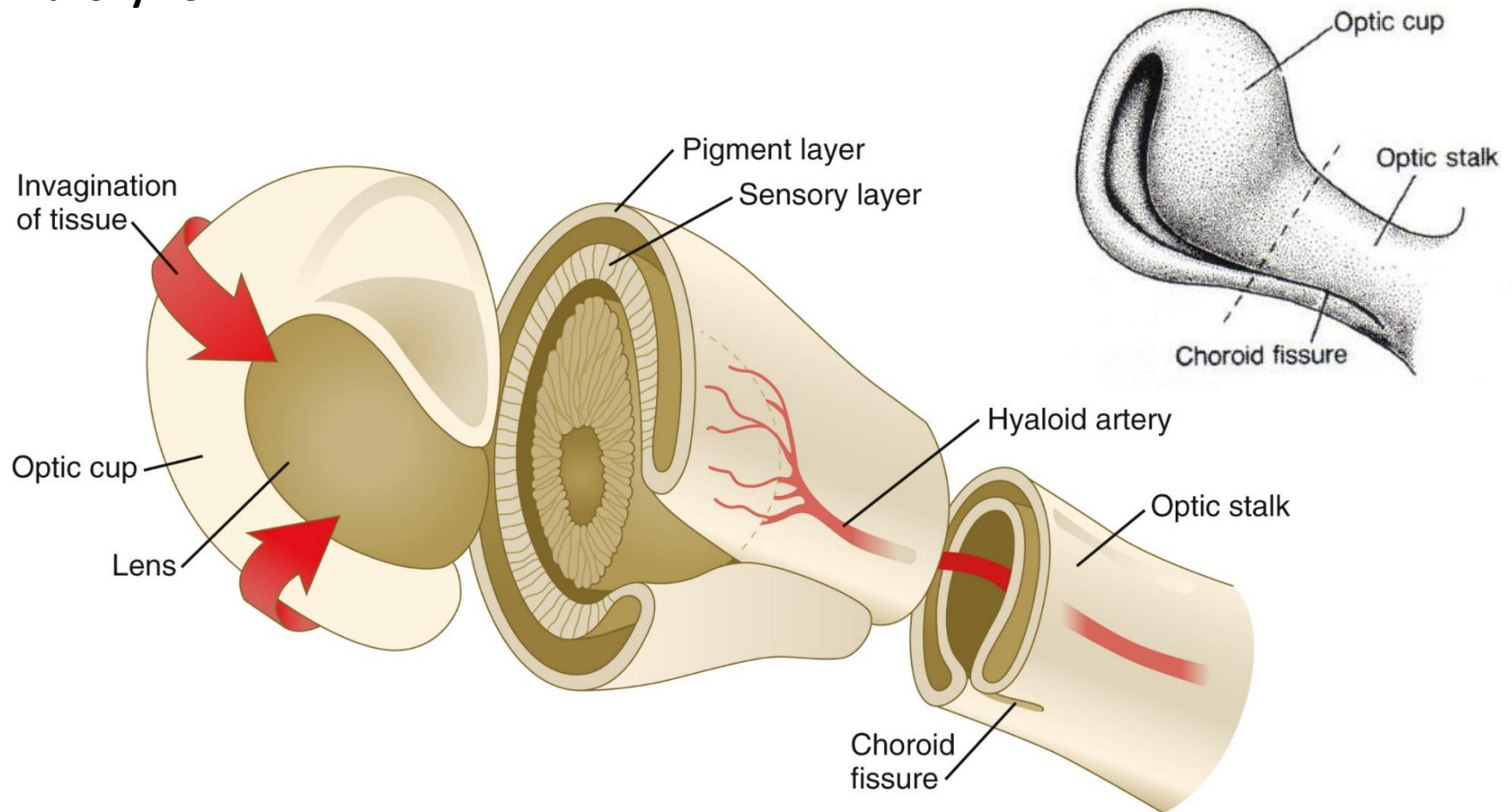


Vývoj oka



Vývoj oka

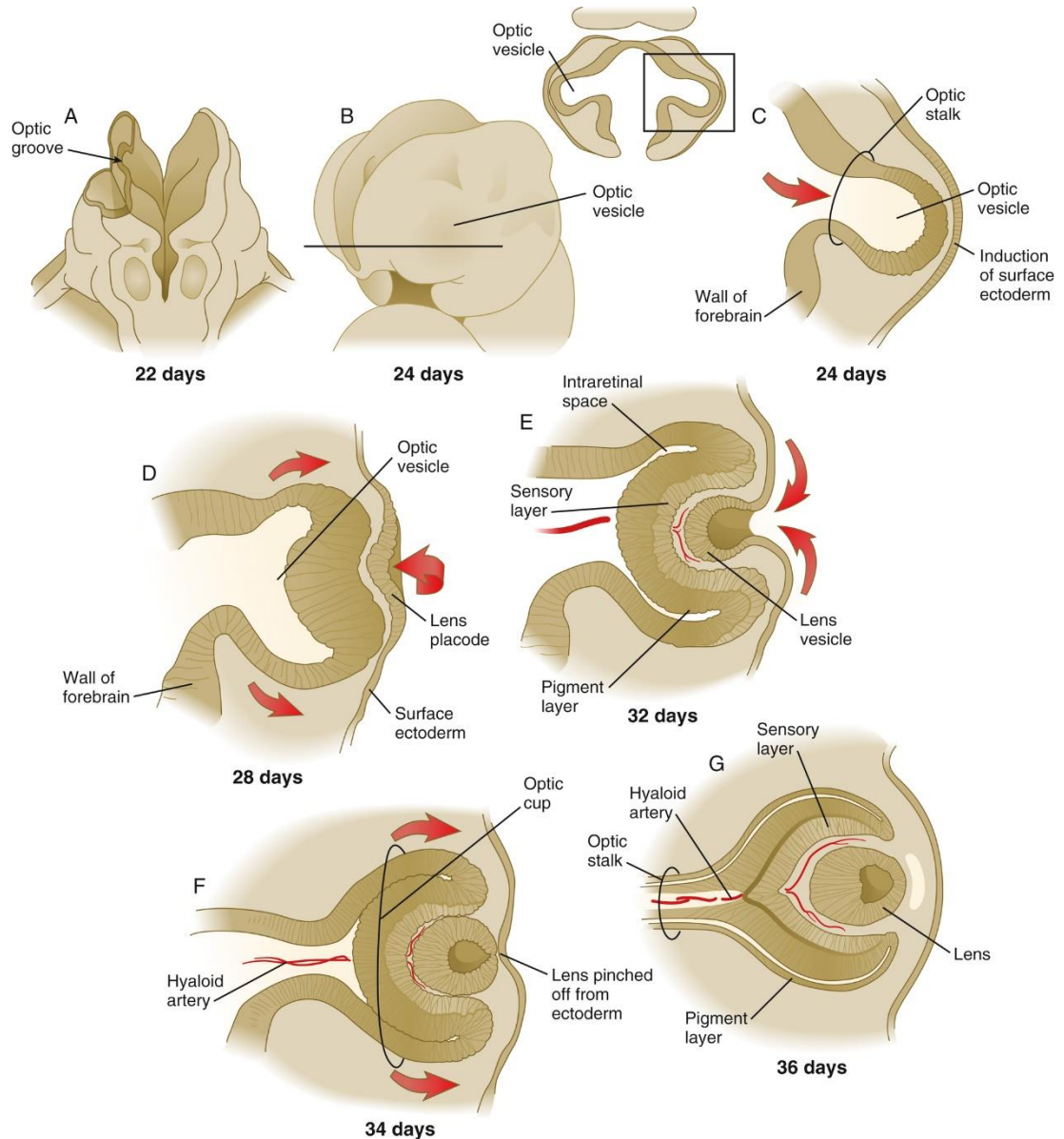
- vchlipovací proces prostupuje přes choroidální štěrbinu (*fissura choridea*) na spodní stranu stopky očního pohárku, po jejím uzavření zde vzniká žlábek, který vyplní mezenchym se základy sklivcových cév sloužících k výživě vznikající čočky
- v 7. týdnu okraje choroidální štěrbiny srostou, oční stopka se uzavře a přemění ve **zrakový nerv**



Vývoj oka

❖ Čočka (*lens crystallina*)

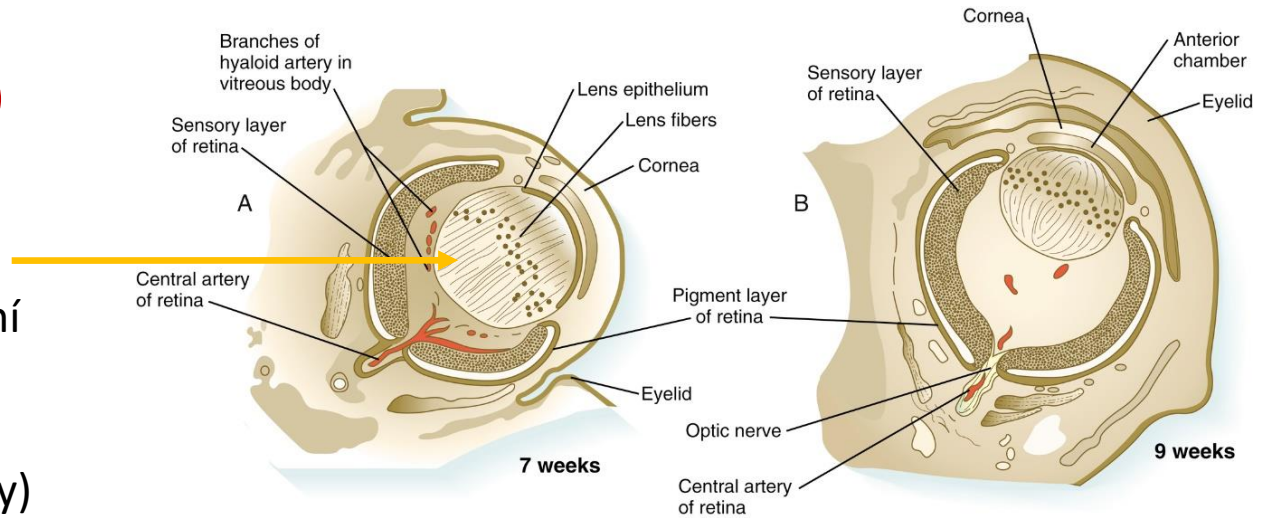
- od ektodermu oddělený čočkový váček má centrální dutinu
- od konce 6.týdne se buňky vnitřního pólu čočkového váčku prodlužují a přetvářejí se v **čočková vlákna** (→ primární jádro čočky)



Vývoj oka

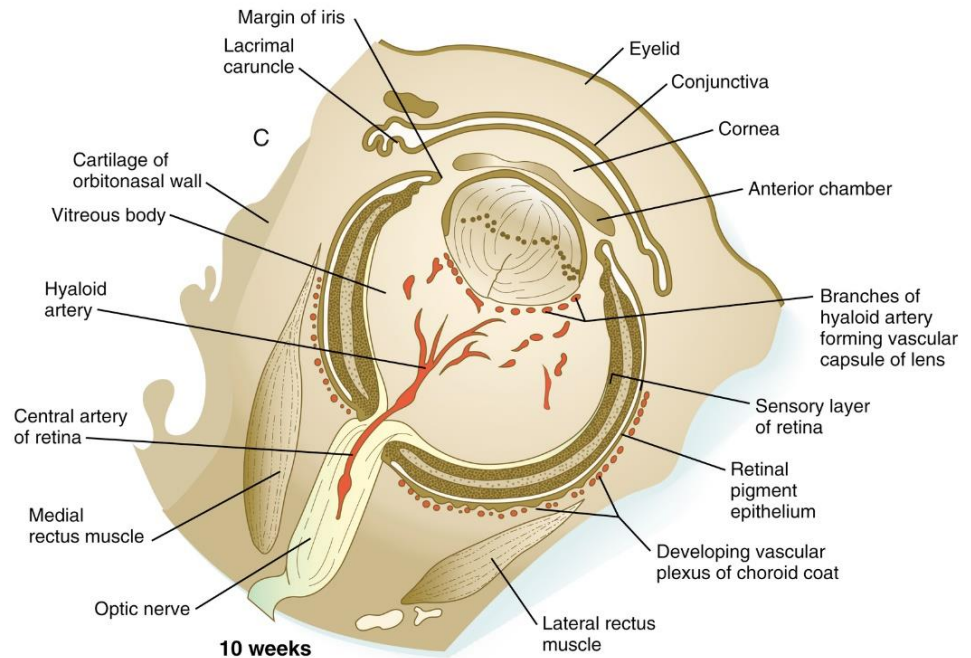
❖ Čočka (*lens crystallina*)

- od ekvátoru primitivní čočky vrůstají mezi přední epitel a jádro čočky nová vlákna (→sekundární jádro čočky)



- růst čočky pokračuje do 20 let věku

- čočková vlákna akumulují **krystalinní proteiny** → průhlednost čočky



Vývoj oka

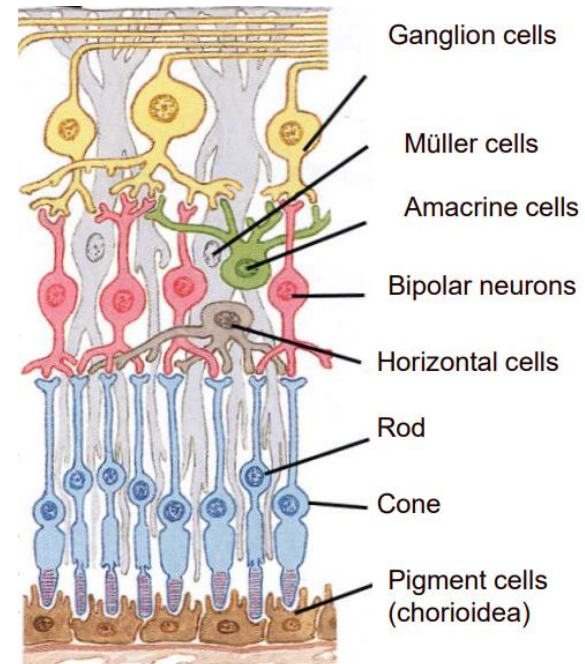
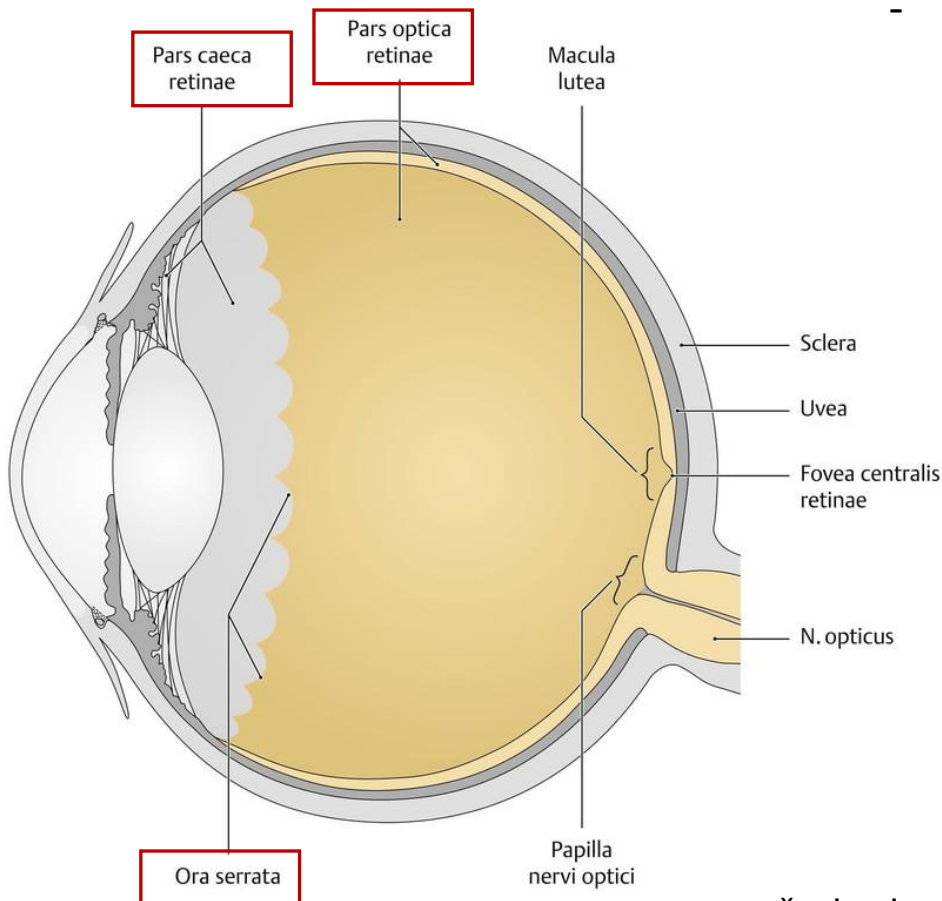
❖ **Sítnice (retina)** se vytváří ze stěny **očního pohárku (neuroektoderm)**

➤ ***pars caeca retinae*** (=slepá část sítnice)

- přední 1/5 očního pohárku
- jednovrtevnatý neuroektodermový **epitel**

➤ ***pars optica retinae*** (=optická část retiny)

- zadní 4/5 očního pohárku
- **pigmentová vrstva**
- diferenciace **neuroblastů** (tyčinky, čípky, bipolární, gangliové a asociační neurony) a **spongioblastů** (podpůrné Müllerovy buňky)



- přechod mezi zónami tvoří vroubkovaná linie (*ora serrata*)

Vývoj oka

kraniální mezenchym (\leftarrow *cristae neurales*)

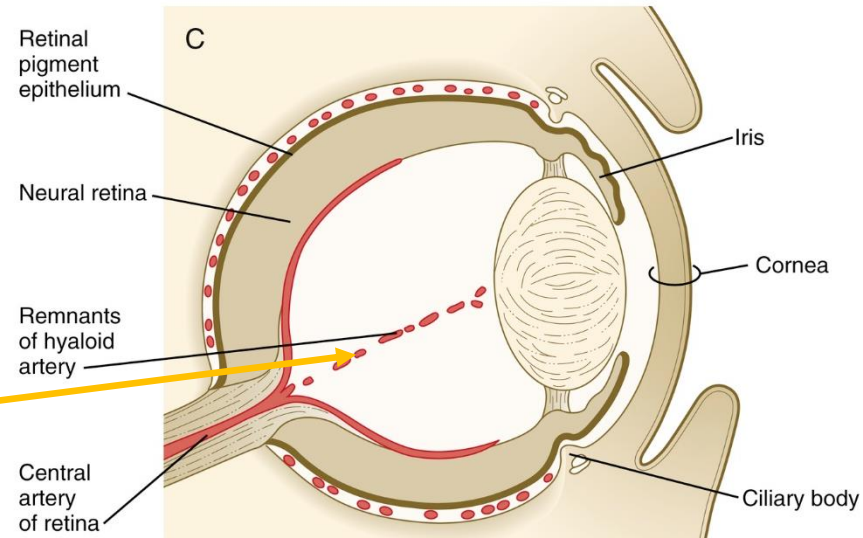
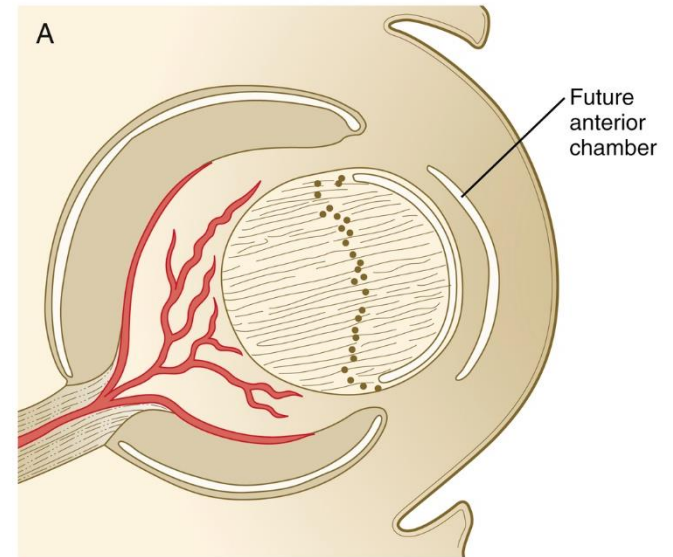


- **Mezenchymový obal pohárku**
 - cévnatka
 - bělima
 - endotel **rohovky** (přední epitel je z ektodermu)
- Rozestoupením mezenchymu vznikají **oční komory**

- **Sklivec**

řidká fibrilární hmota tvořená mezenchymem uvnitř dutiny pohárku se plní sítí kolagenových vláken a hyaluronové kyseliny

Distální část hyaloidní arterie zaniká apoptózou (pozůstatek = *canalis hyaloideus*)
Proximální část perzistuje jako centrální arterie retiny

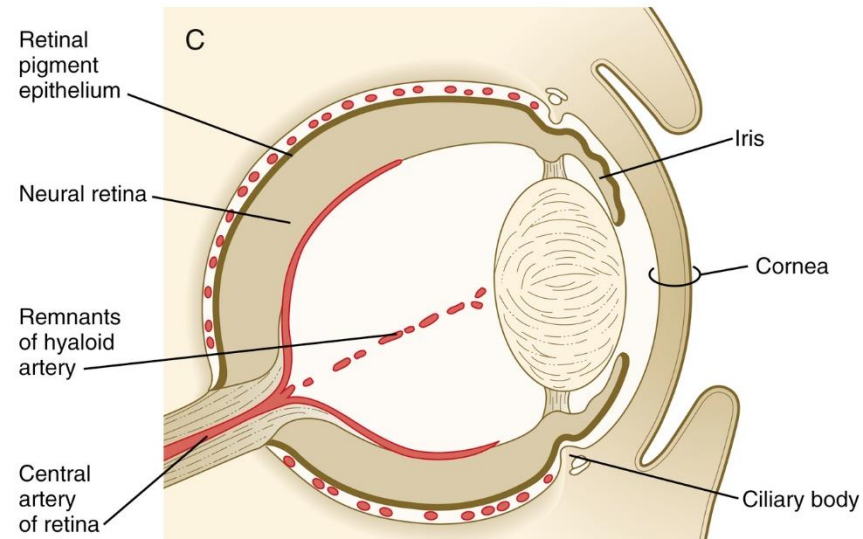
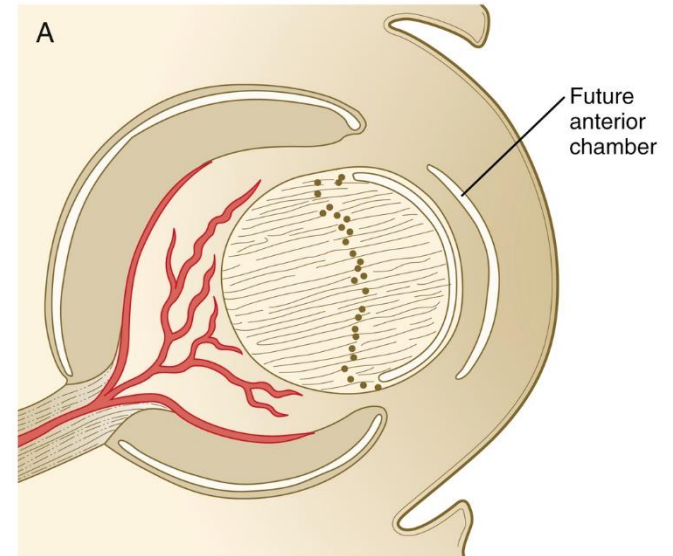


Vývoj oka

kraniální mezenchym (← *cristae neurales*)



- **Řasnaté těleso** - ciliární sval z **mezenchymové** kondenzace obalující v podobě prstence *pars caeca retinae*
- **Duhovka** - membranózní pokračování řasnatého tělesa (**mezenchym** a zevní list očního pohárku - neuroektoderm)
- **Oční víčko**
mezenchymová řasa krytá **ektodermem**
3-6 měsíc srostlá, pak otevření (apoptóza)



Vývoj oka

❖ NEUROEKTODERM

- oční váček (výběžek proencephala) a z něj vzniklý oční pohárek
- základ sítnice
- stopka očního váčku (pohárku)
- základ optického nervu

❖ EKTODERM

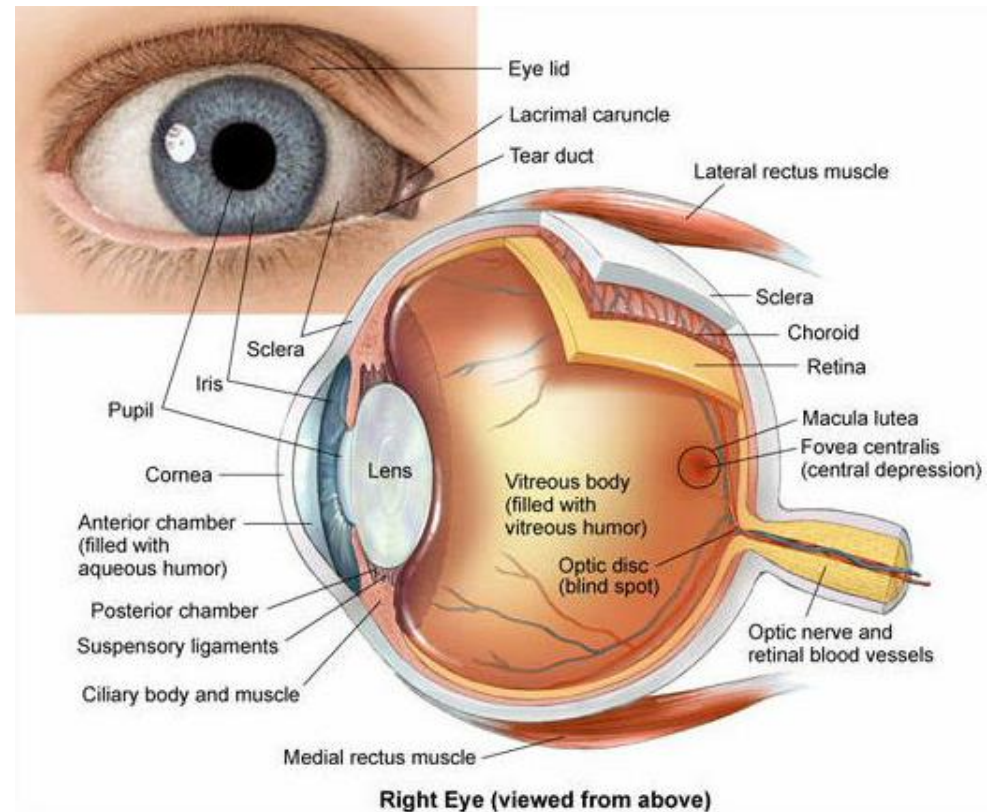
- čočka
- přední epitel rohovky
- oční víčko
- slzná žláza

❖ BUŇKY NEURÁLNÍ LIŠTY

- (hlavový mezenchym)
- řasnaté těleso
- duhovka
- bělima
- cévnatka
- endotel rohovky
- sklivec

❖ MEZODERM

- svaly
- endotel cév cévnatky a bělimy



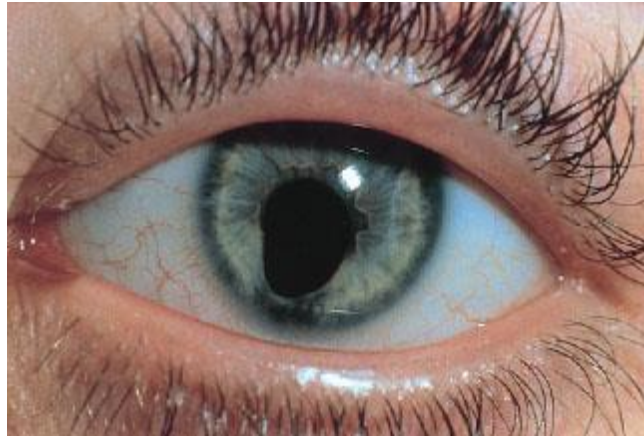
Vývojové vady oka

ANOFTALMIE



Nevyvinutí očních bulv

COLOBOMA IRIDIS



Neuzavření *fissura choroidea*

VROZENÁ KATARAKTA



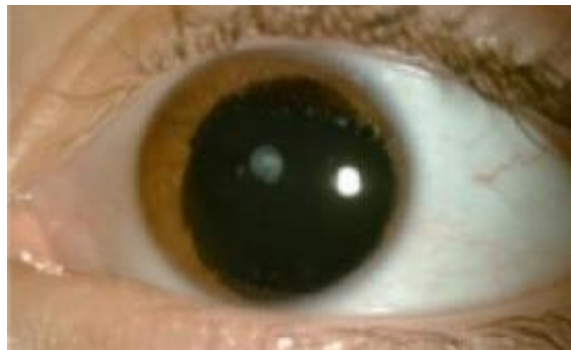
Vrozený zákal oční čočky

MIKROFTALMIE



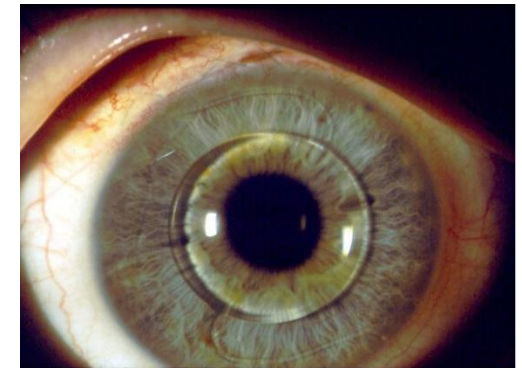
Velmi malé oko

ANIRIDIE



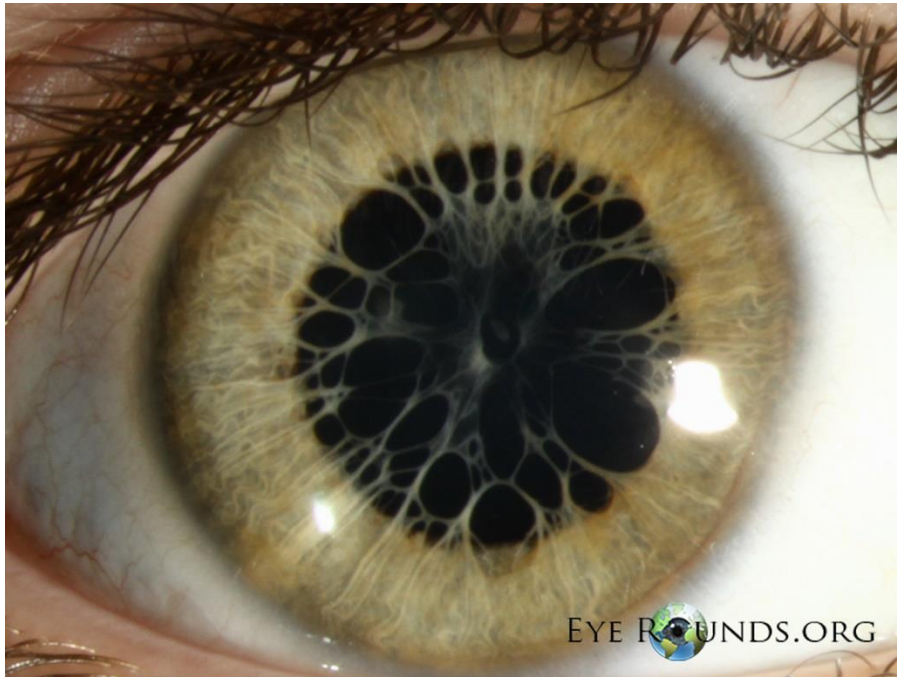
Nepřítomnost duhovky

AFAKIE

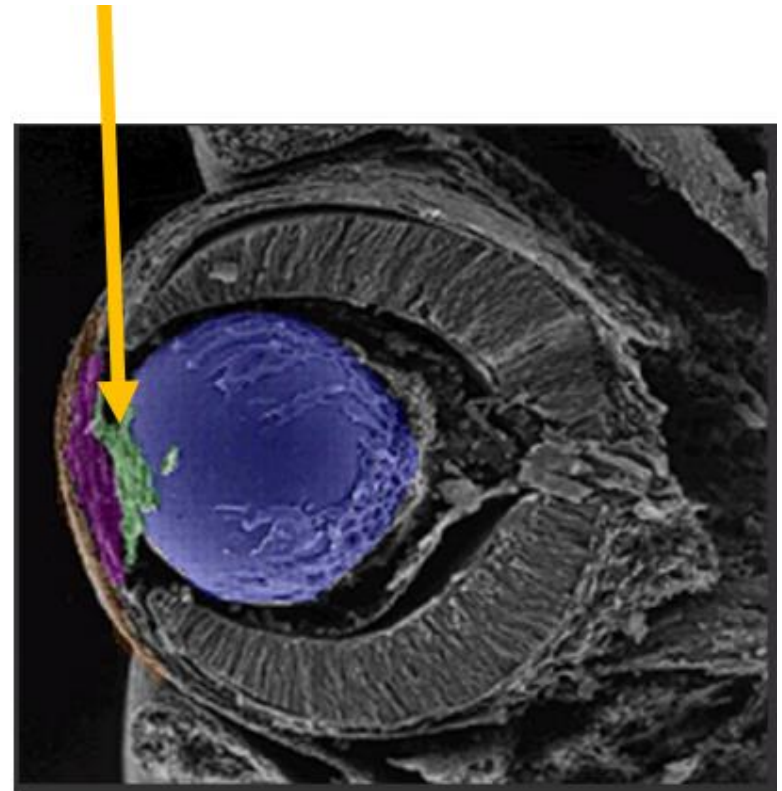


Nepřítomnost oční čočky

Vývojové vady oka



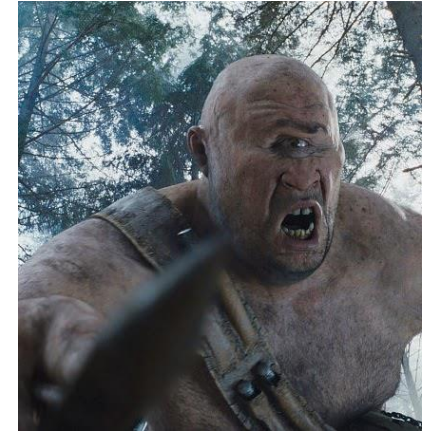
PŘETRVÁVAJÍCÍ IRIDO-PAPILÁRNÍ MEMBRÁNA



Povrcha resorbce papilární membrány,
která probíhá prenatálně (6-8.měsíc)

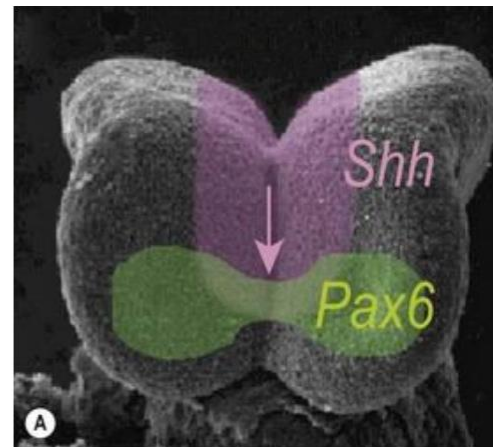
Zbytky membrány často viditelné u
novorozenců (zvláště předčasně narozené
děti), obvykle mizí do 1 roku života

Vývojové vady oka



KYKLOPIE

Nerozdělené oční důlky



Animační videa

- Vývoj nervové soustavy

<https://www.youtube.com/watch?v=C-ZjcxQY6Bs&t=1s>

<https://www.youtube.com/watch?v=IGLexQR9xGs&t=2s>

<https://www.youtube.com/watch?v=lhapeOo6laA>

- Vývoj oka

<https://www.youtube.com/watch?v=I7W0Ed-vCRo>

https://www.youtube.com/watch?v=Qn7FeLrRV_w

<https://www.youtube.com/watch?v=Jp8VhsdrYgw>