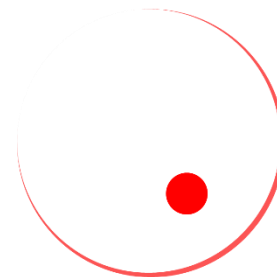


**MUNI**  
**MED**



Department of  
Histology and  
Embryology

# EMBRYOLOGIE

PRO PORODNÍ ASISTENTKY

PODZIM 2024

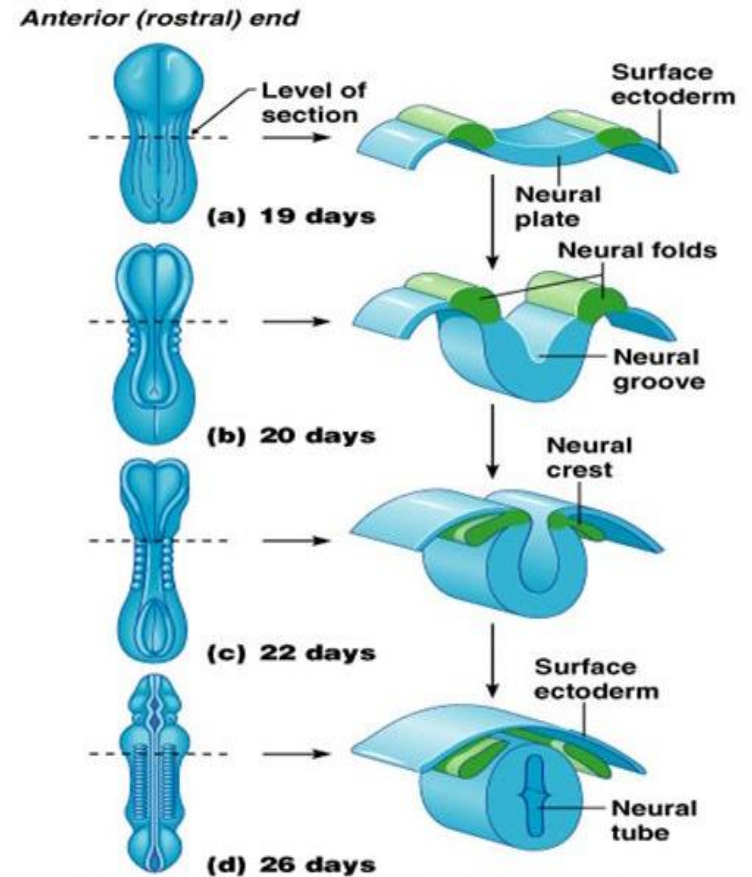
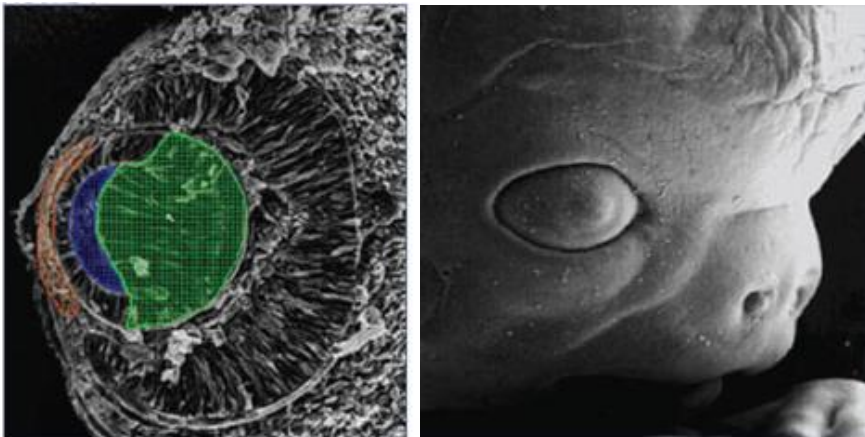
**MUNI**  
LÉKAŘSKÁ  
FAKULTA

Zuzana Holubcová  
zholub@med.muni.cz



# 4.přednáška

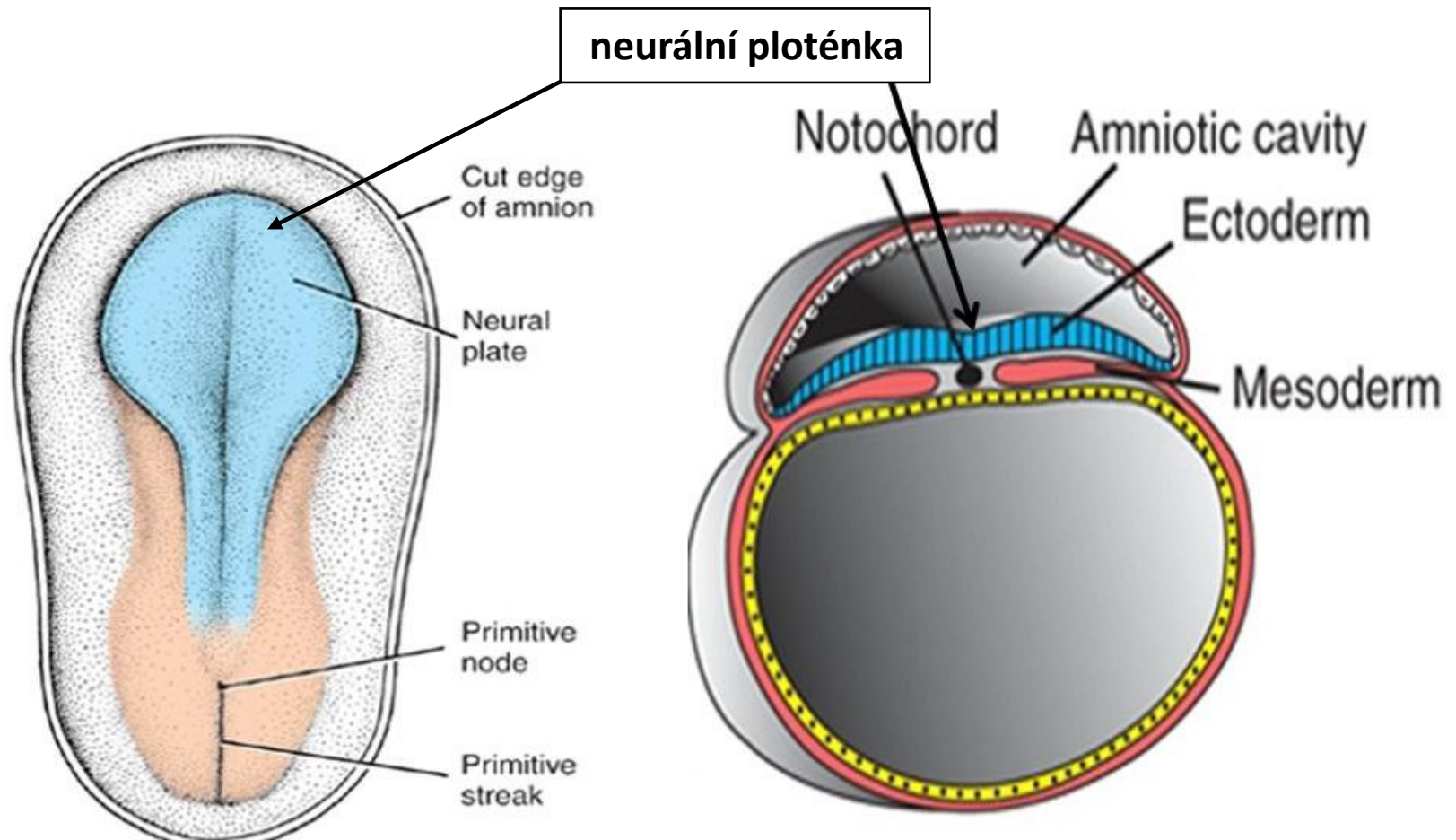
- Vývoj nervového systému
- Vývojové vady mozku a míchy
- Přehled vývoje oka
- Vývojové vady oka



Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

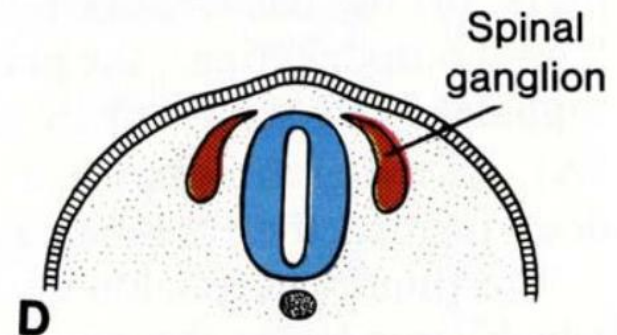
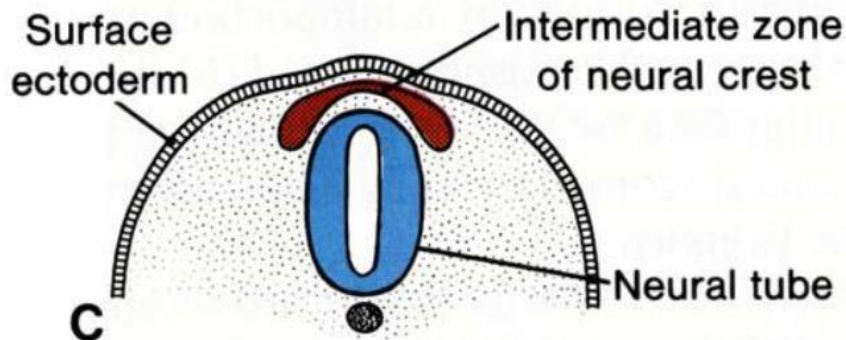
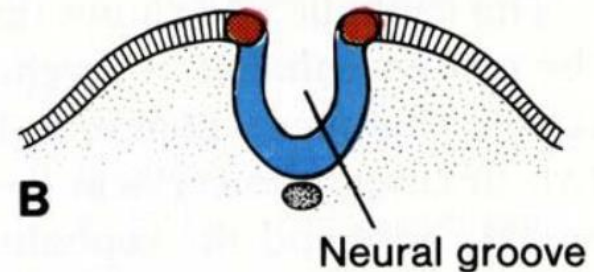
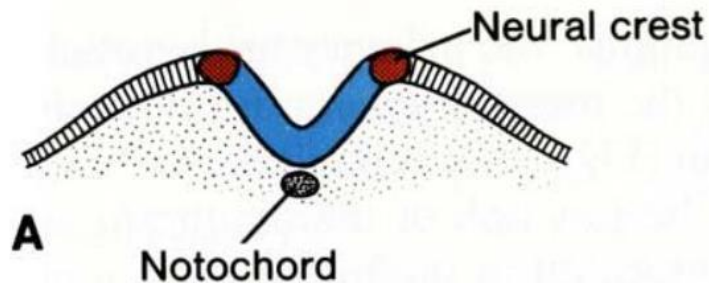
# Neurulace

- **neurální ploténka** (modře) vzniká ze ztlustělého **neuroektodermu** kraniální části zárodečného terčiku **primární indukci 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**

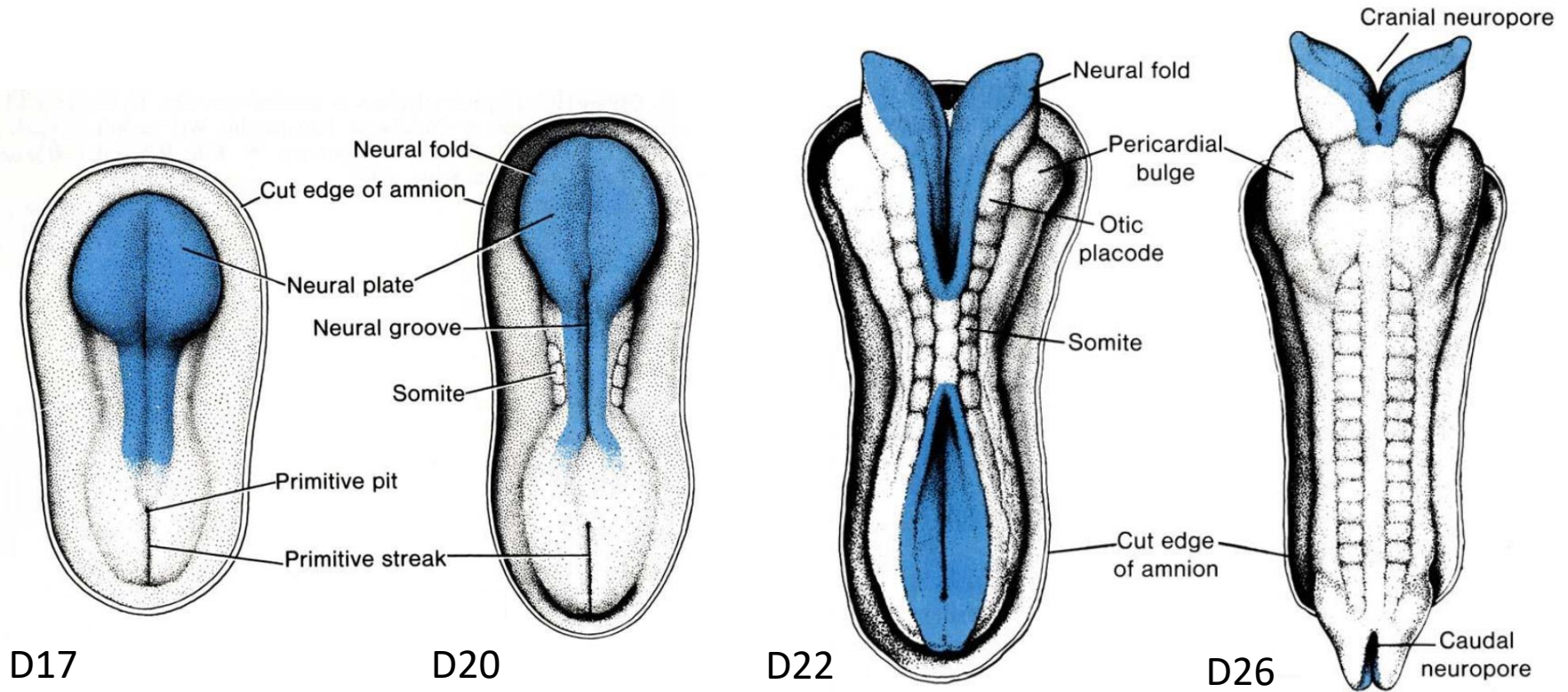


- uzavírání neurální trubice (stadium 17-20 somitů) doprovází odštěpení neurálních valů (červeně) v podobě **neurální lišty (neural crest)**



# Neurulace

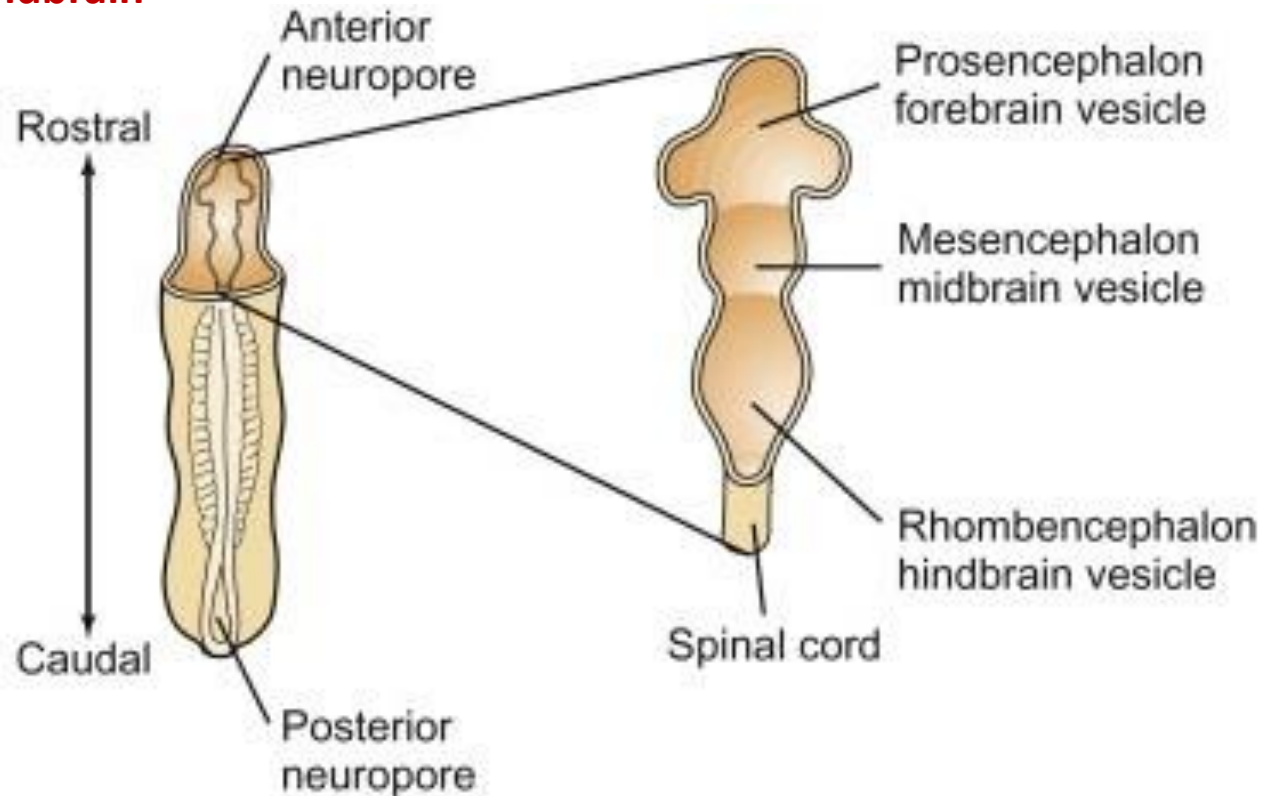
- fúze neurálních valů obvykle začíná na úrovni 4. somitu a šíří se kaudálně i kraniálně
- nejpozději se uzavírají kraniální (*neuroporus anterior*) a kaudální komunikační otvor (*neuroporus posterior*)



# Neurulace

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

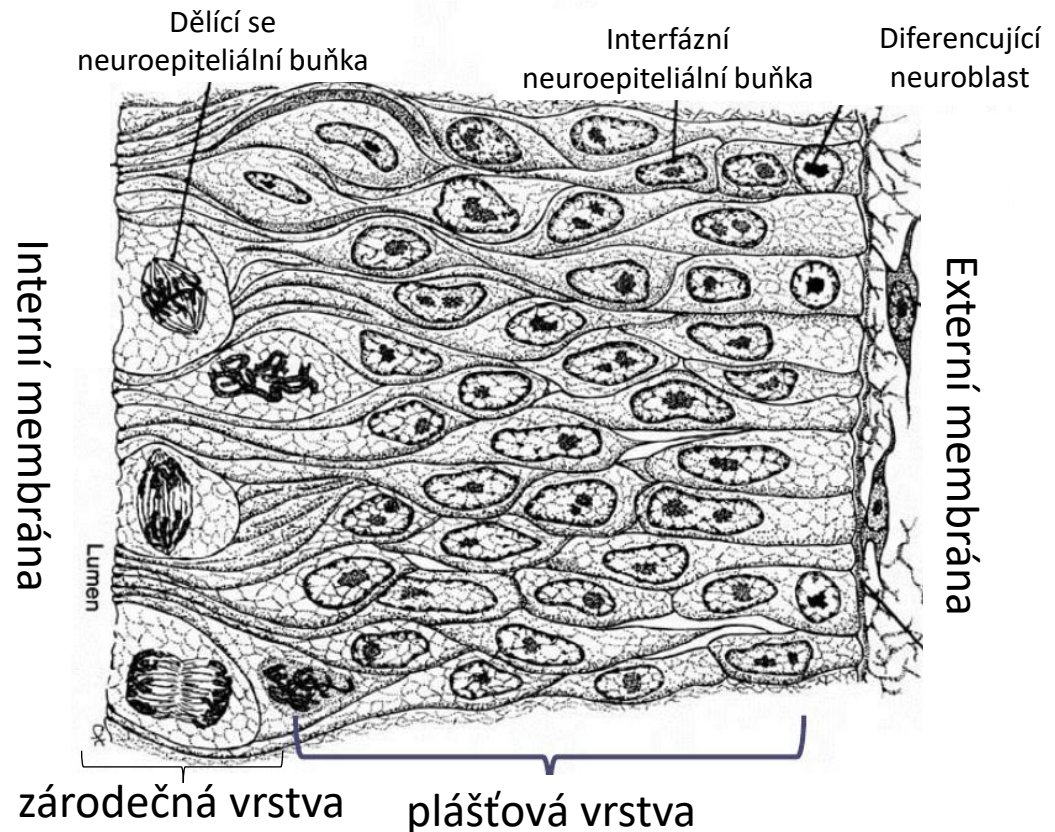
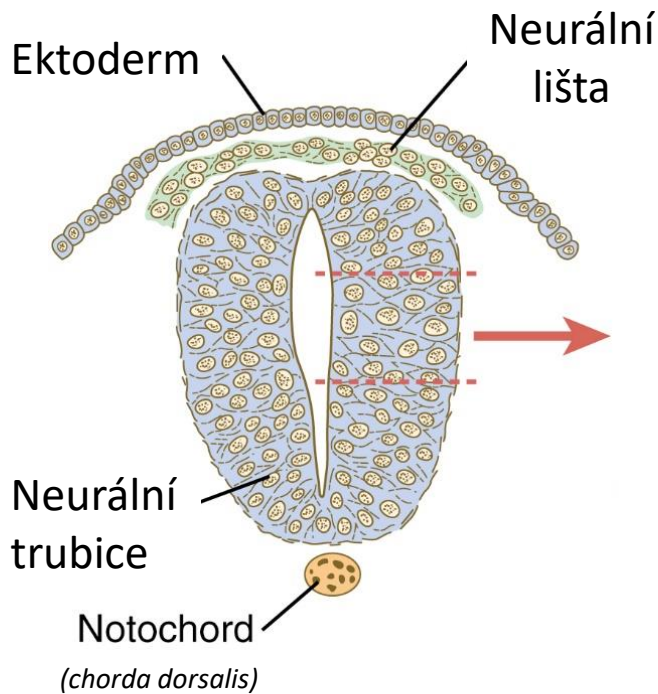
- **Prosencephalon - forebrain**
- **Mesencephalon - midbrain**
- **Rhombencephalon - hindbrain**



- kaudální oddíl  
dává vzniknout  
**hřbetní míše**

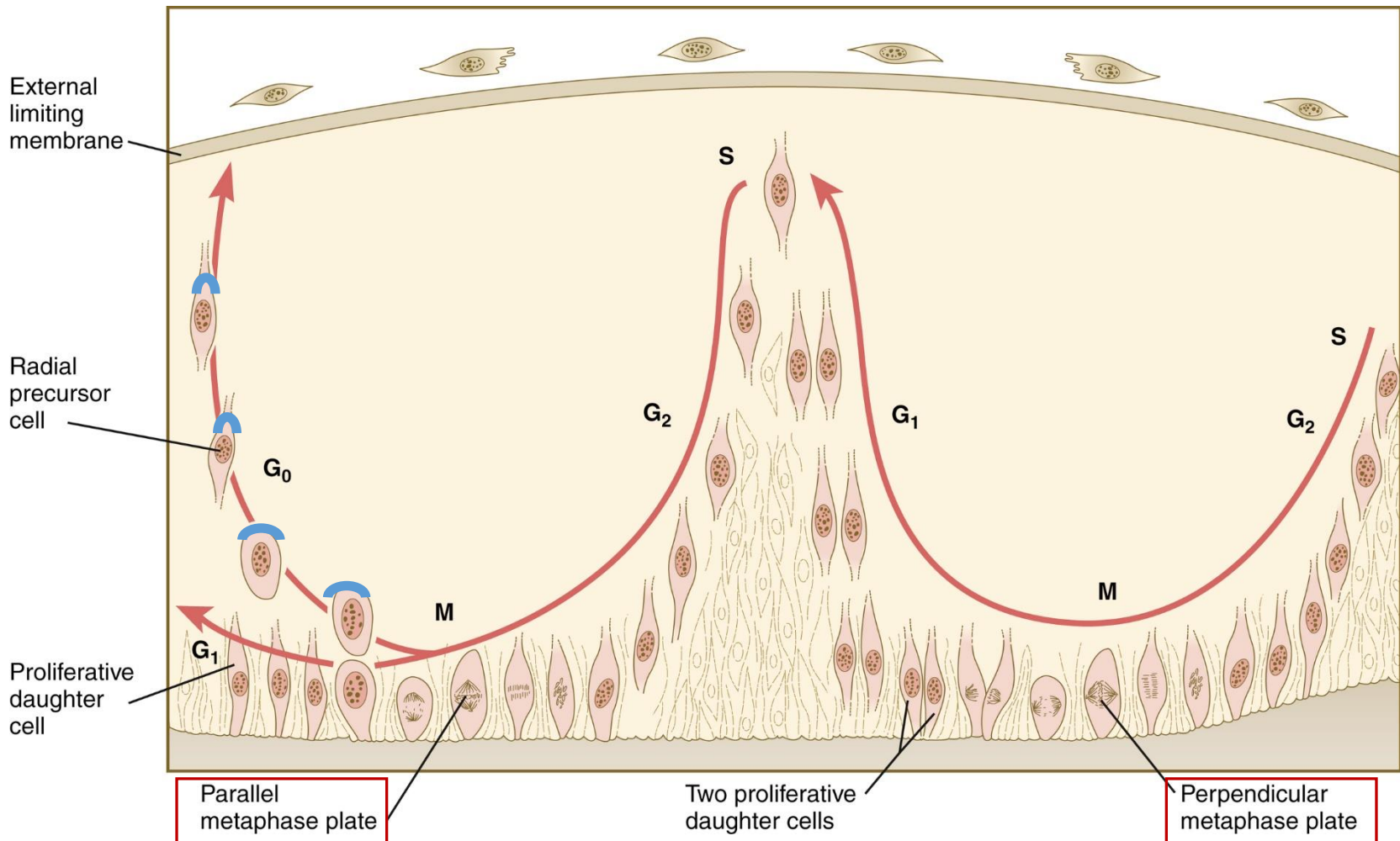
# Histogeneze nervové trubice

- 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

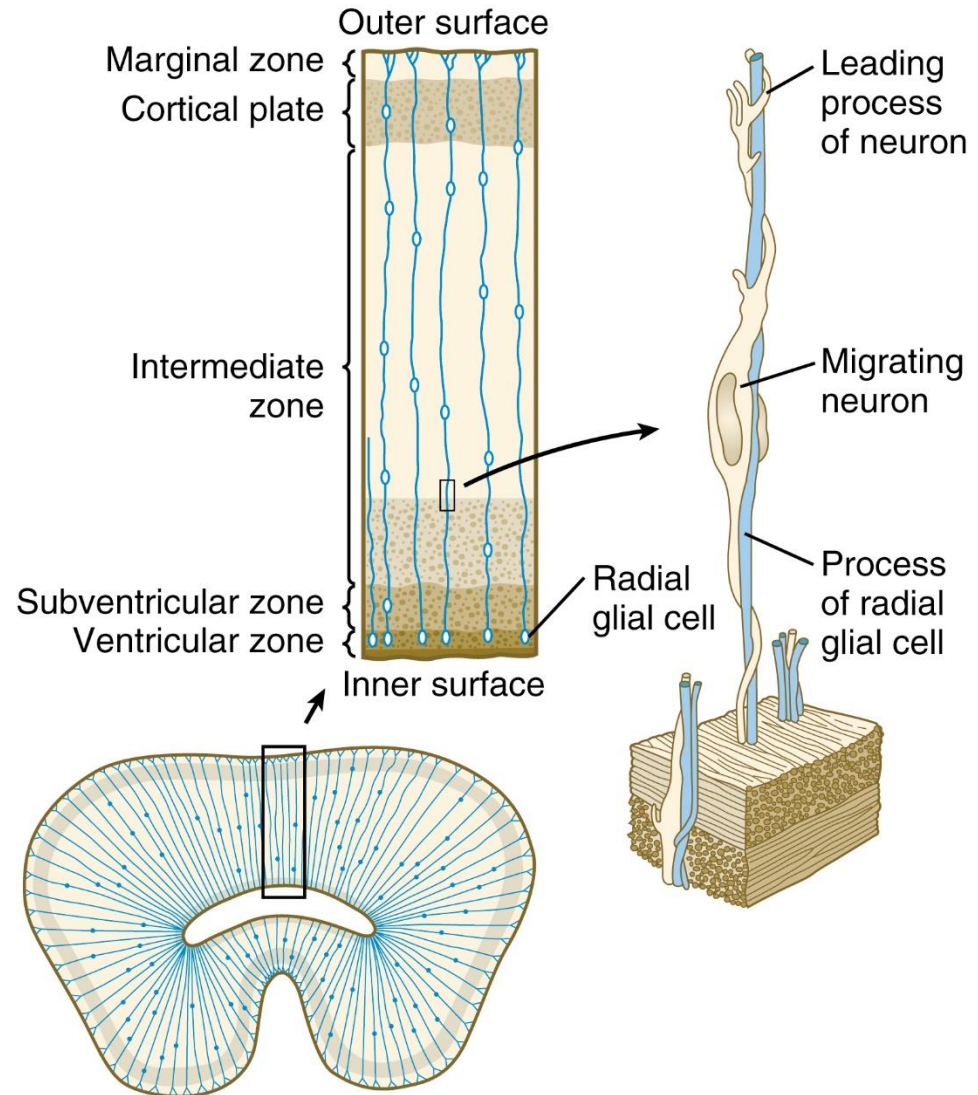
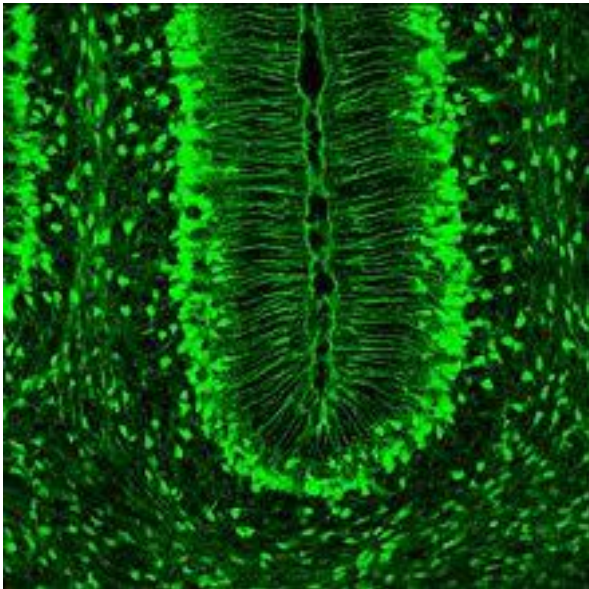
- Symetrické dělení  
→ 2 proliferativní dceřinné buňky



# Histogeneze nervové trubice

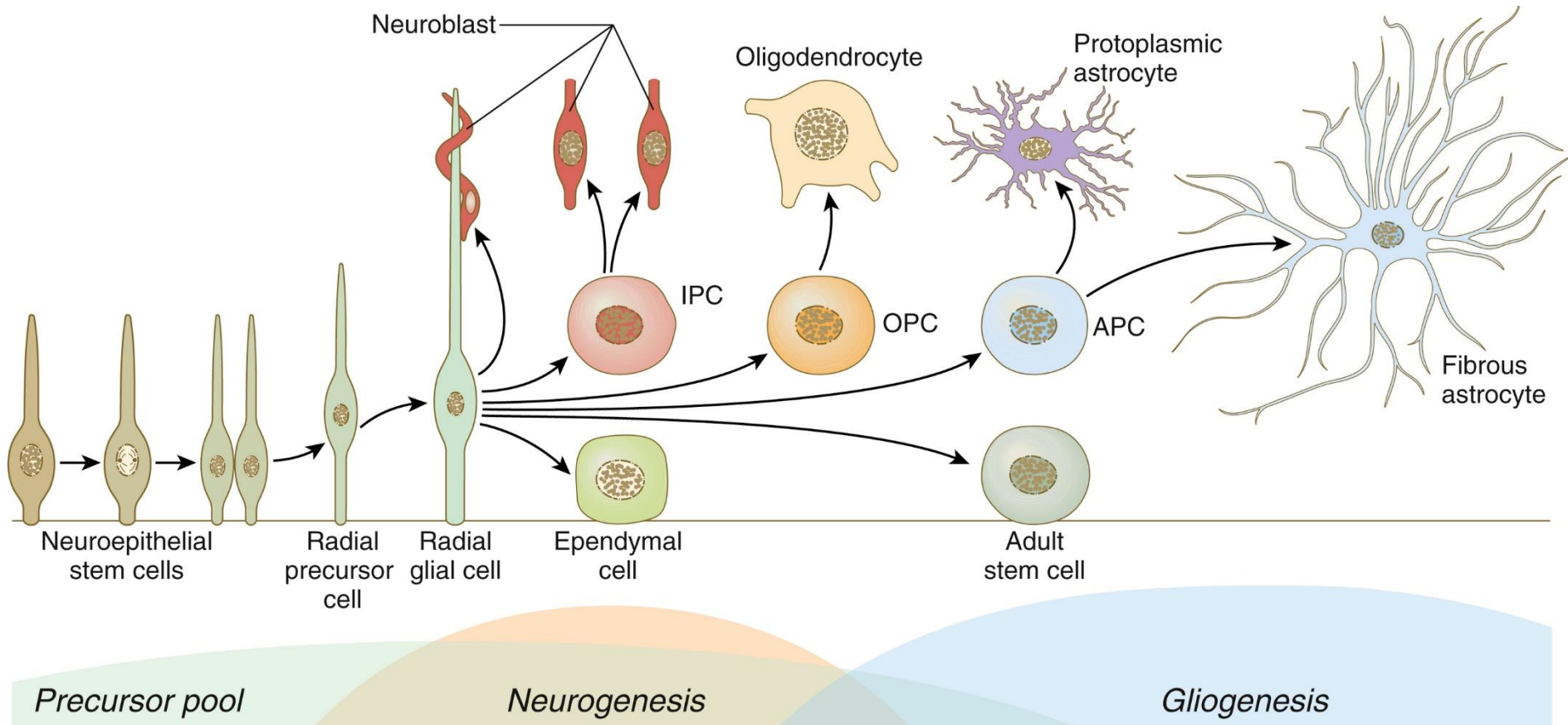
## ❖ Radiální gliální buňky

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



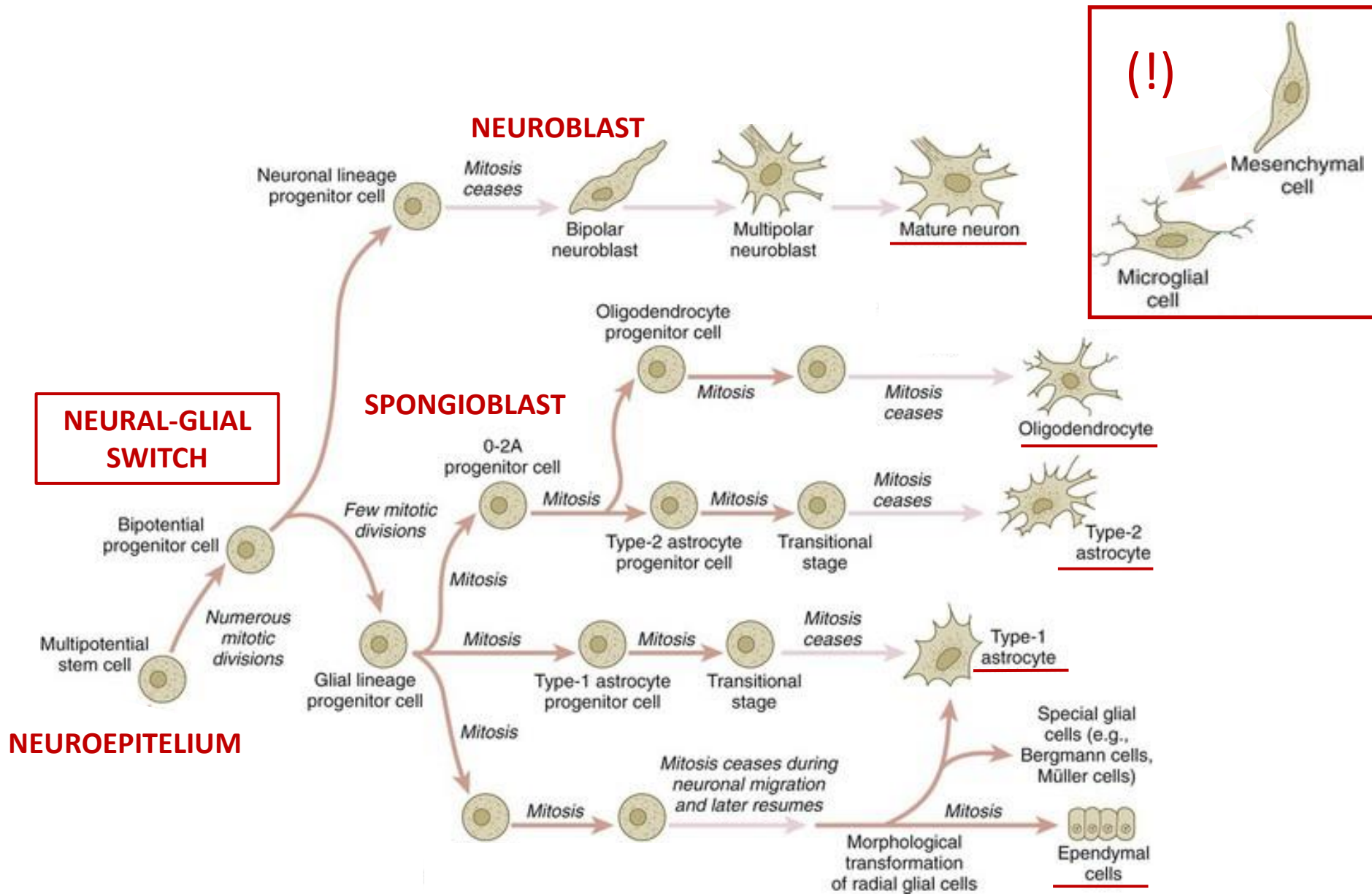
# Histogeneze nervové trubice

- 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)

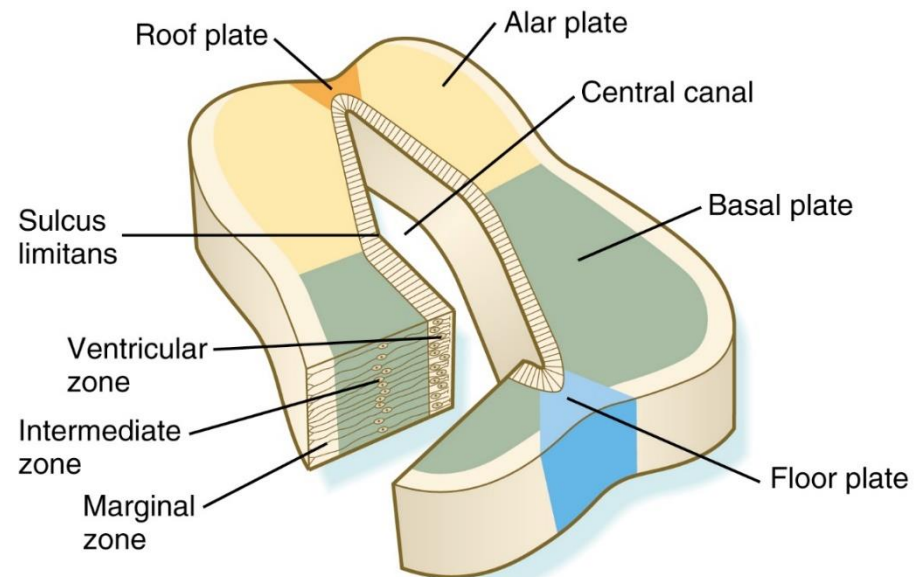
- proliferativní neuroepitel (neuroektoderm)
- základ pro **ependym** (výstelka dutin CNS)

## 2. VRSTVA PLÁŠŤOVÁ

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

## 3. VRSTVA OKRAJOVÁ (MARGINÁLNÍ)

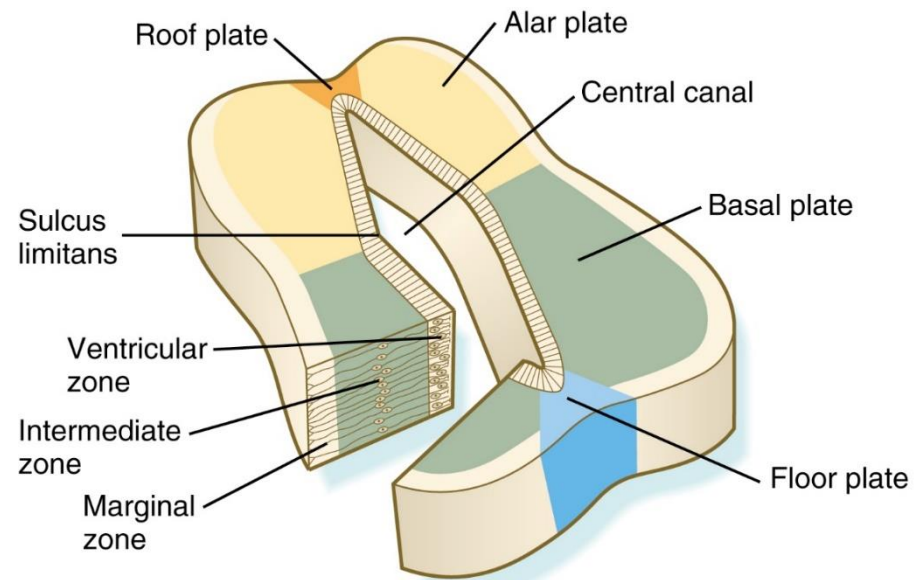
- základ bílé hmoty
- z počátku tenká, později zesílí  
(apozice nervových vláken)





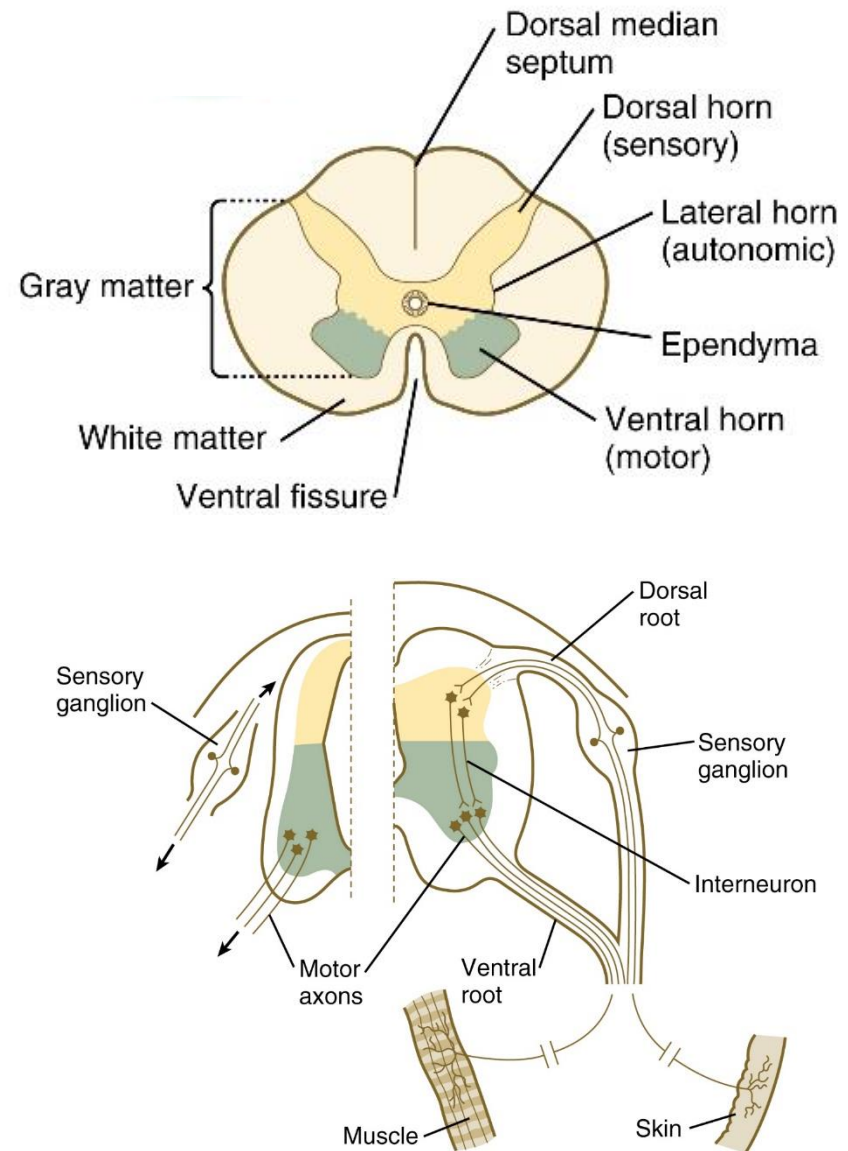
# Vývoj míchy a periferiálního nervstva

- 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
- množением buněk laterálních stěn vznikají 3 vrstvy: ependymová, plášťová a laterální
- podélný žlábek *sulcus limitans* míchu podélně rozdělí na **bazální (motorickou) a alární (senzitivní) ploténku**



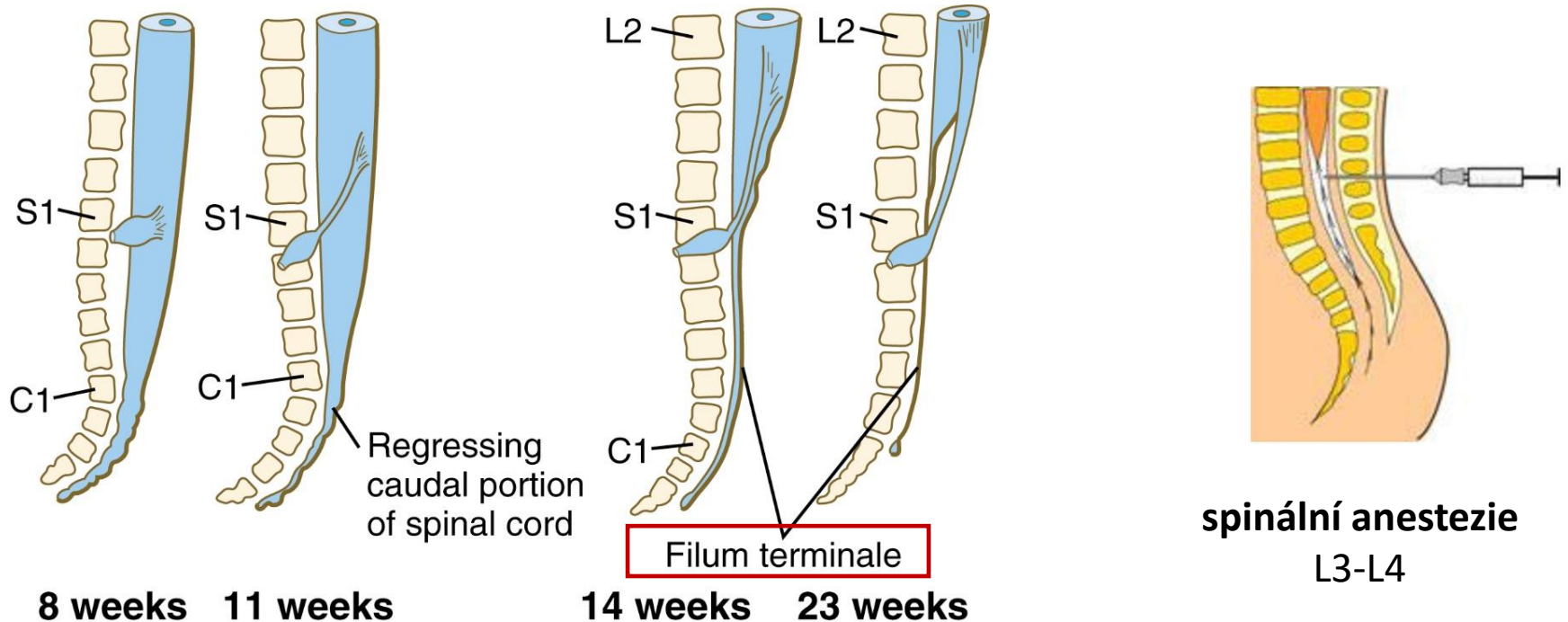
# Vývoj míchy a periferiálního nervstva

- 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**



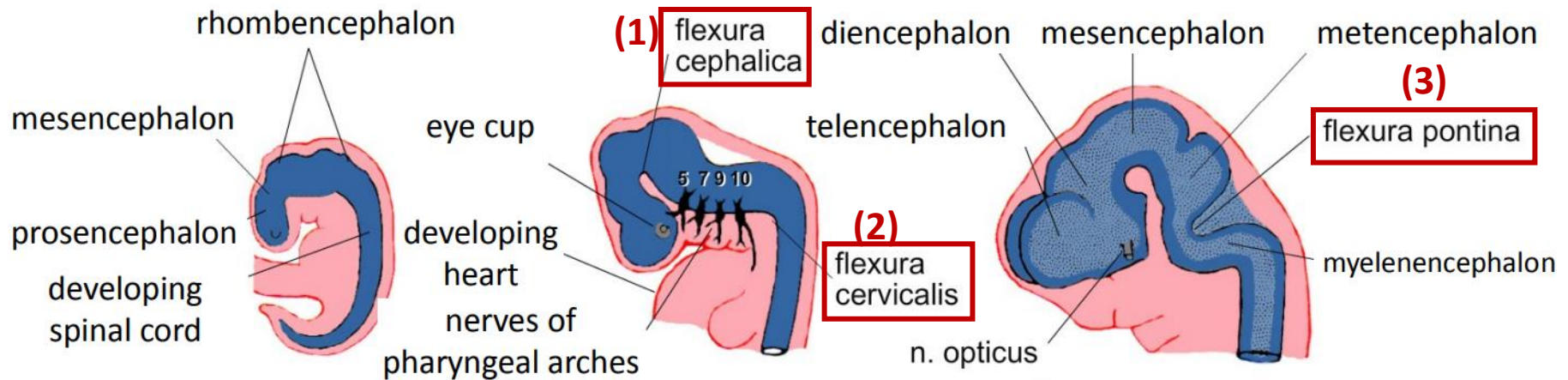
# Vývoj míchy

- 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)

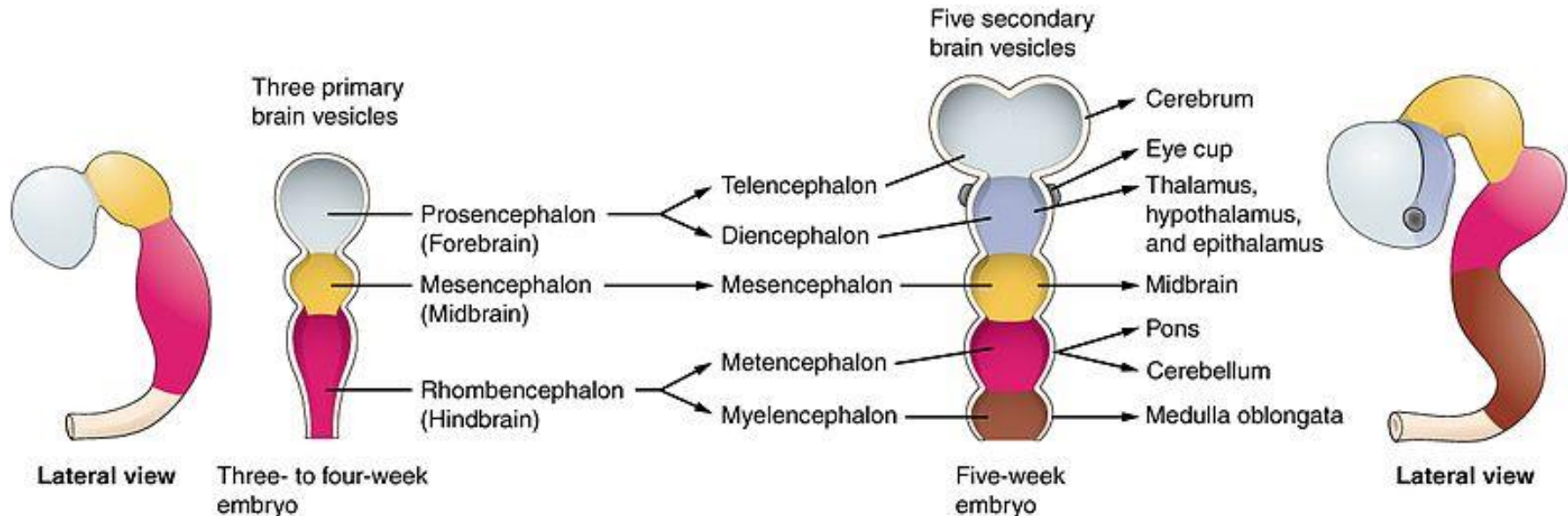
→ **Diencephalon** mezimozek (thalamus, hypothalamus) a III. komora

## (2) Mesencephalon - střední mozek)

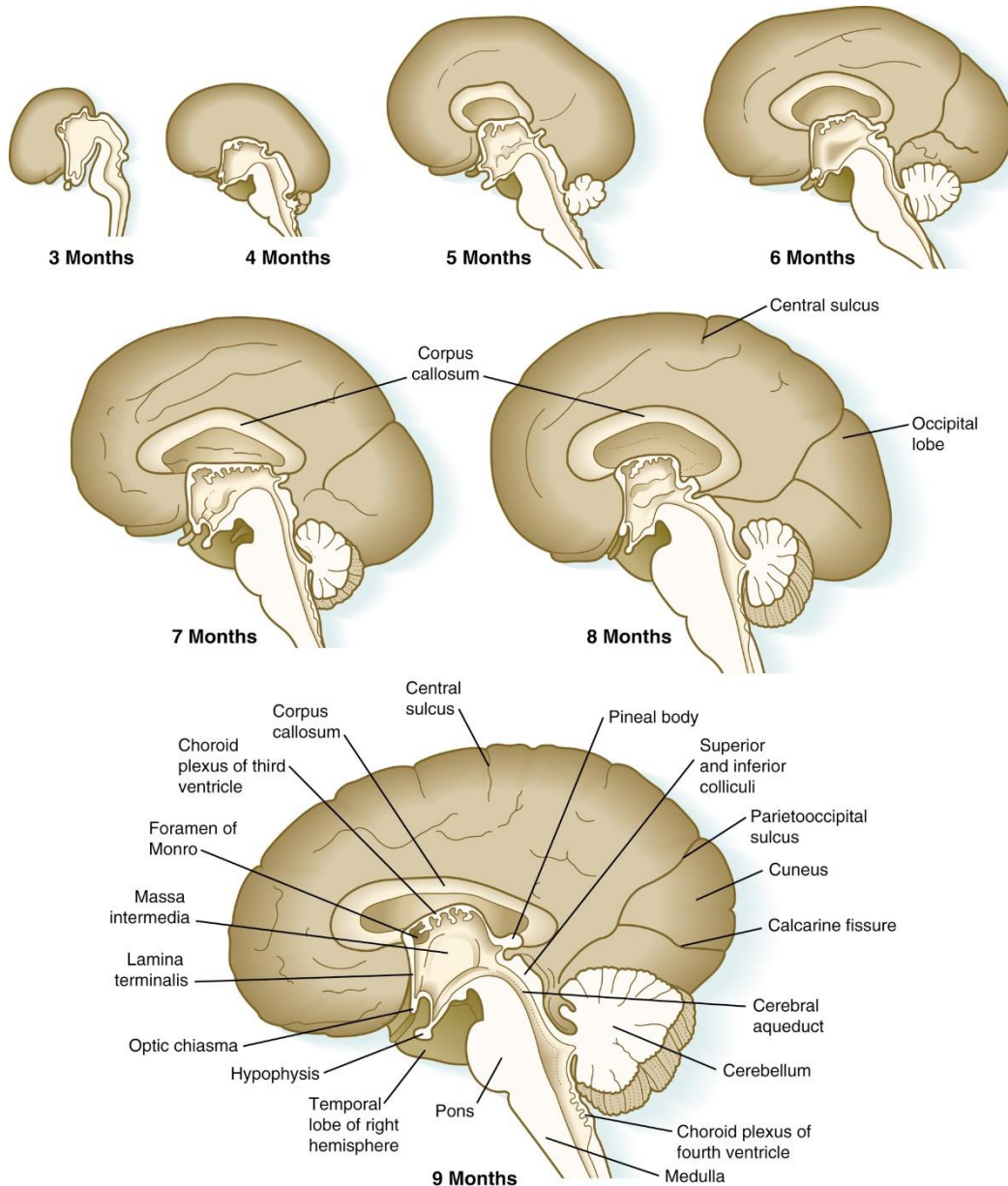
## (3) Rhombencephalon

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

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

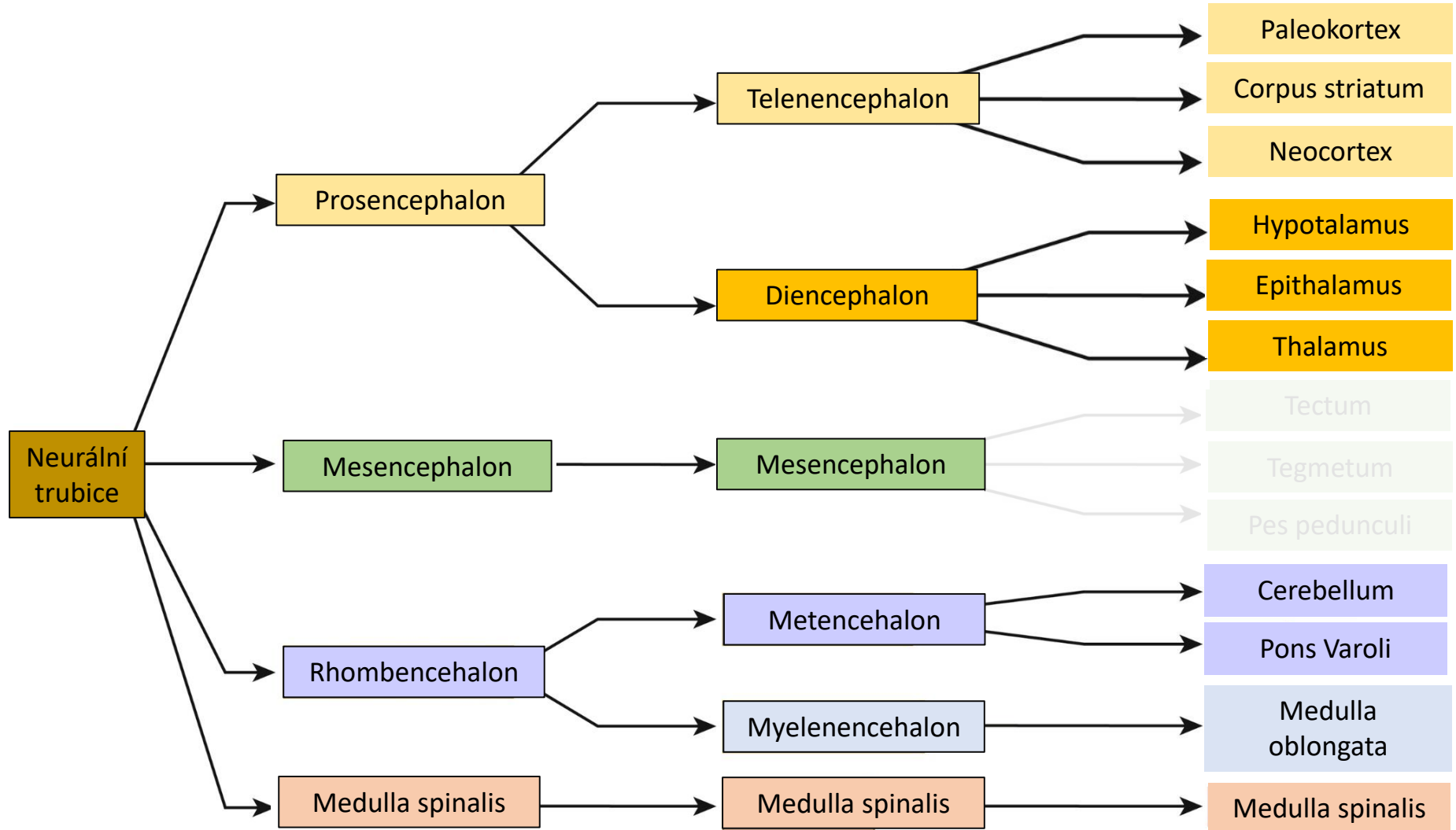


# Vývoj mozku



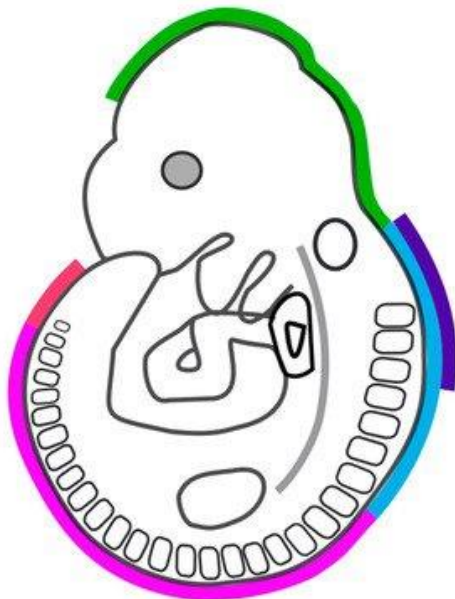
- od 2 měsíce vývoje se výrazně zvětšují laterální části telencefala - vznik hemisfér
- souběžně s vývojem mozkových váčků se ze společné mozkové dutiny vyvíjejí mozkové komory
- vývoj korových částí mozku pokračuje postnatálně
- **Gyrifikace** - zvětšení povrchu hemisfér

# Přehled vývoje nervového systému

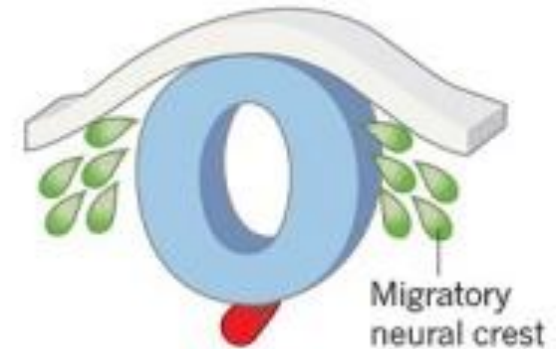
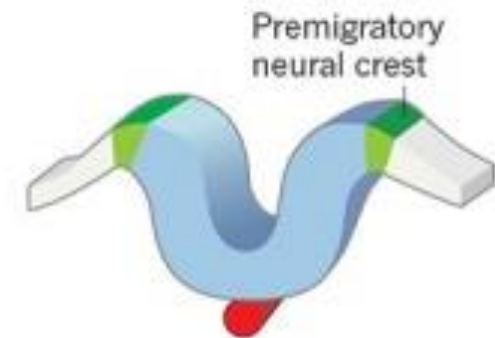
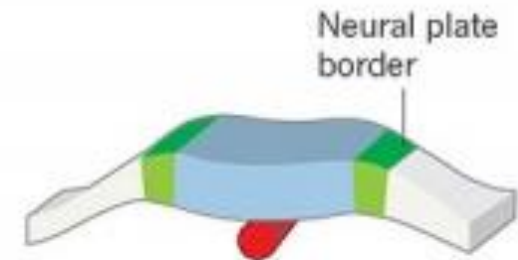


# Buňky neurální lišty – NEURAL CREST

- 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	Smooth muscle cells Cardiac septa Pericytes
Trunk	Ganglia Mesenchyme Pericytes
Sacral	Dorsal root ganglia Sympathetic ganglia Adrenal medulla Schwann cells Melanocytes
	Enteric ganglia Sympathetic ganglia

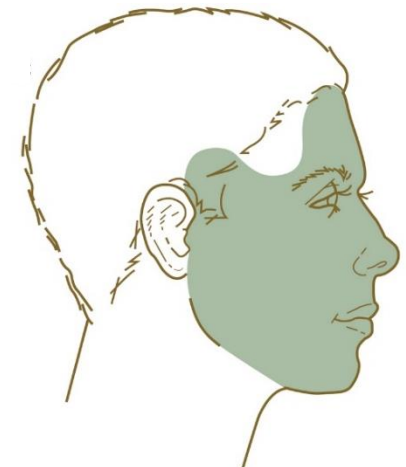
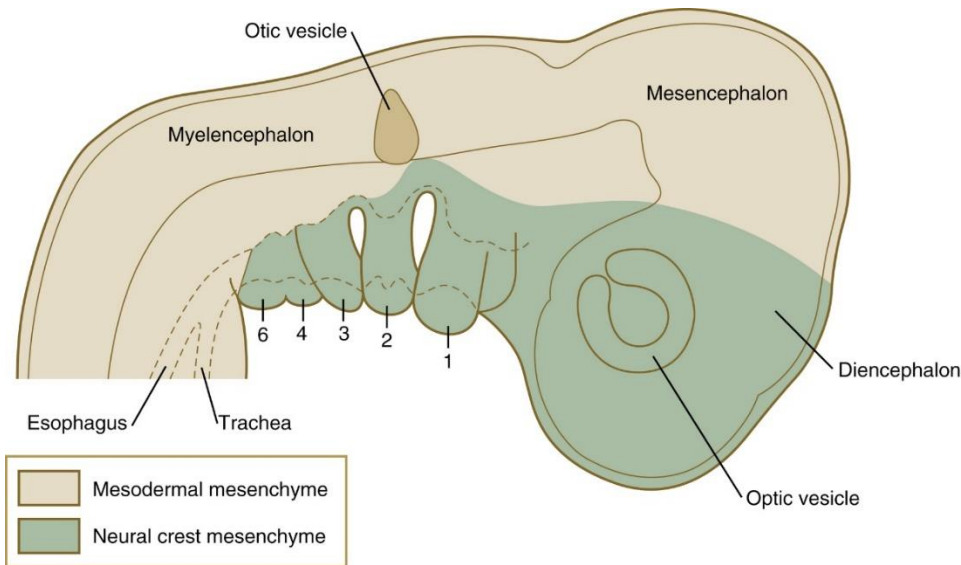




# Buňky neurální lišty – NEURAL CREST

## ❖ KRANIÁLNÍ NEURAL CREST

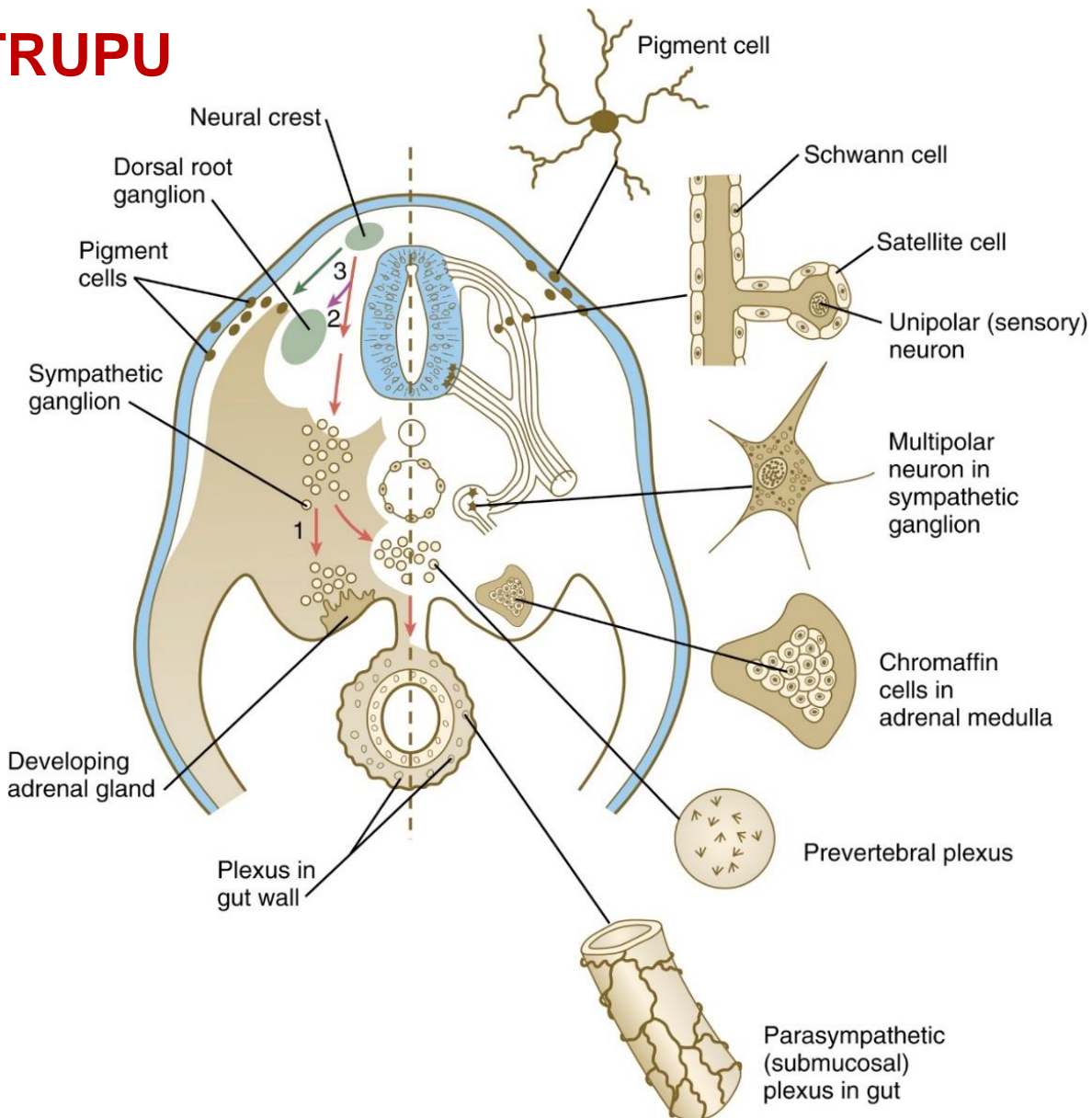
- kraniální konec *criastae neurales* je tvořen izolovanými buněčnými skupinami
- dávají vzniknout kraniofaciálnímu mezenchymu, který dále diferencuje na **kraniální ganglia a kraniální chrupavku a kosti lebky**, podílí se i na vývoji **oka**
- v oblasti hltanu přispívají ke vzniku **brzlíku, kostí středního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



# Buňky neurální lišty – NEURAL CREST

## ❖ NEURAL CREST TRUPU

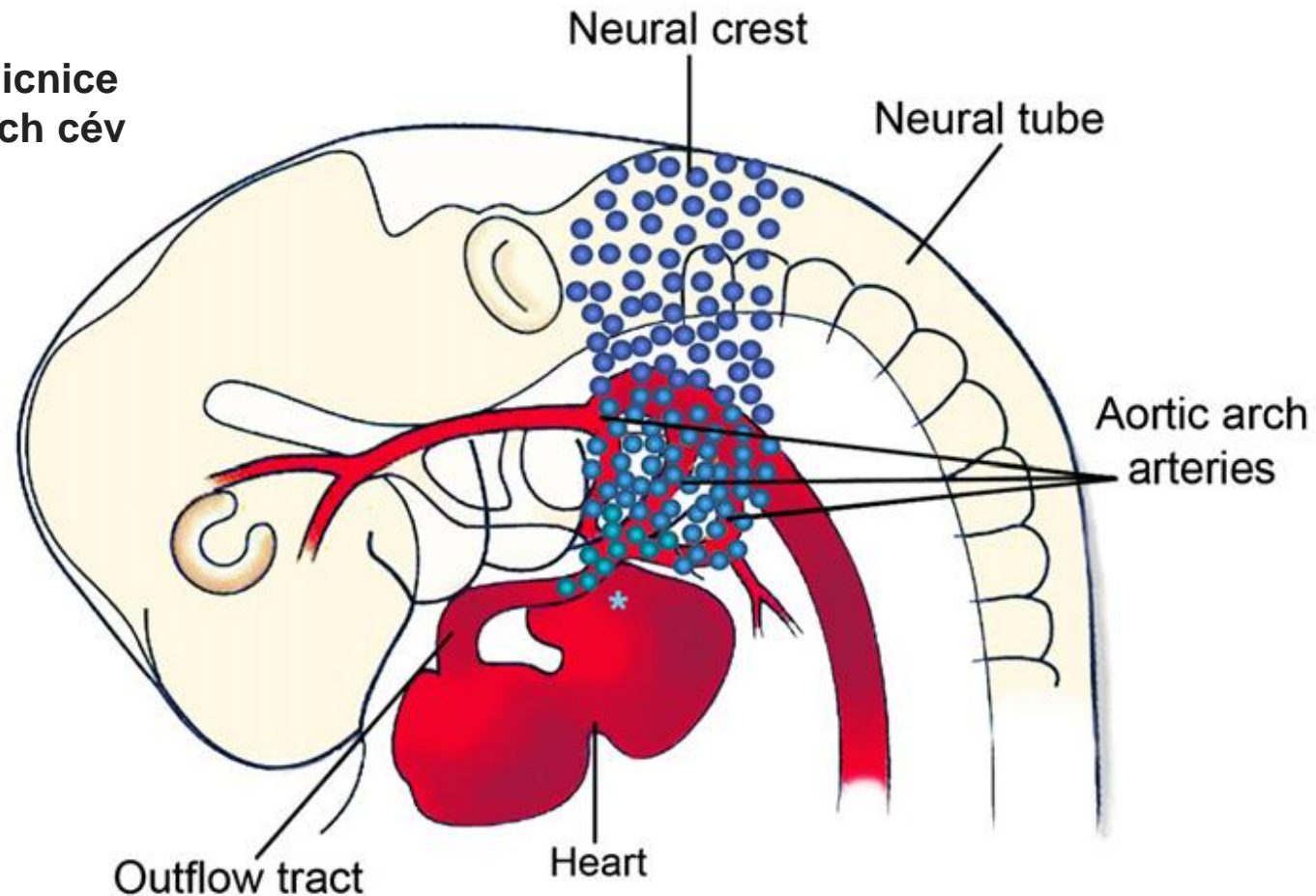
- **Spinální ganglia**
- **Sympatická ganglia**
- **Parasympatický plexus střeva**
- **Senzorické nervy**
- **Nadledvina**
- **Schwannovy buňky**
- **Pigmentové buňky (melanocyty)**
- **Neurosekreční buňky srdce a plic**
- **atd...**



# Buňky neurální lišty – NEURAL CREST

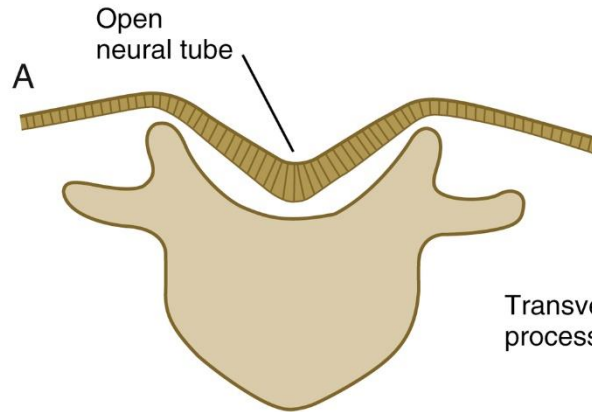
## ❖ KARDIÁLNI NEURAL CREST

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

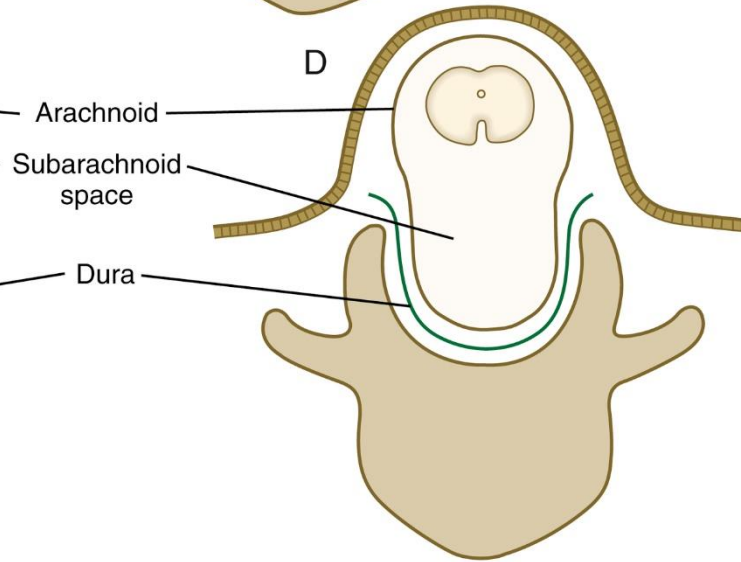
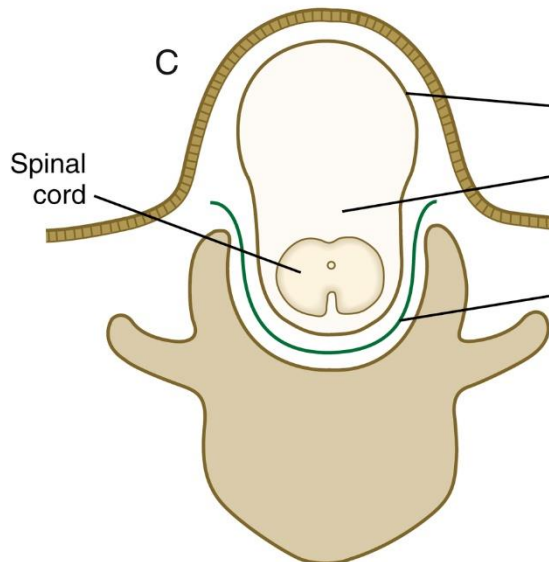
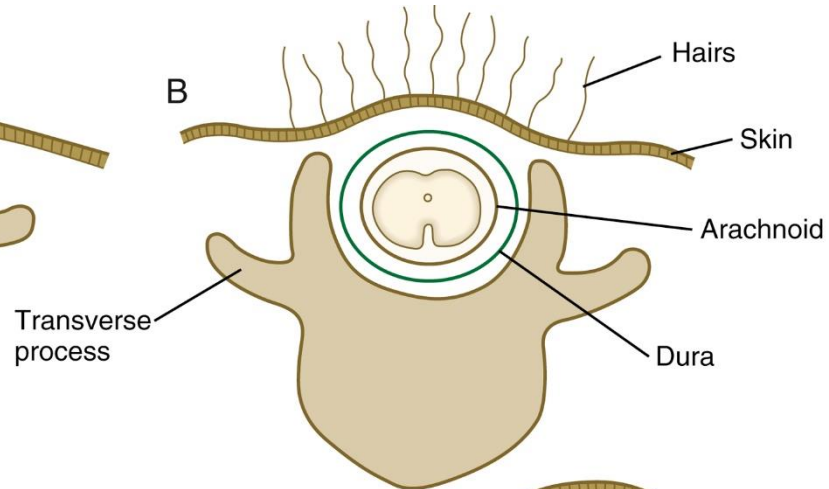


# Vývojové vady míchy

## ❖ RACHISCHISIS



## ❖ SPINA BIFIDA OCULTA



## ❖ MENINGOKÉLA

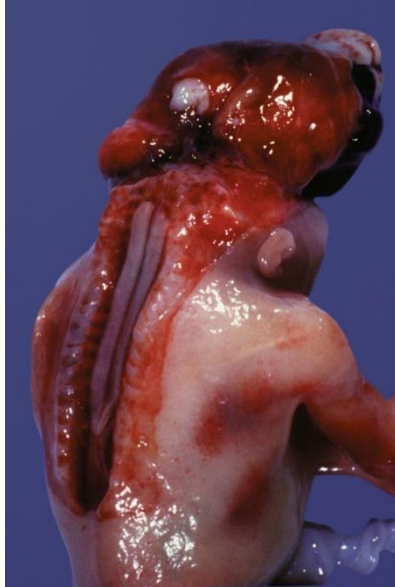
## ❖ MYELOMENINGOKÉLA



# Vývojové vady míchy

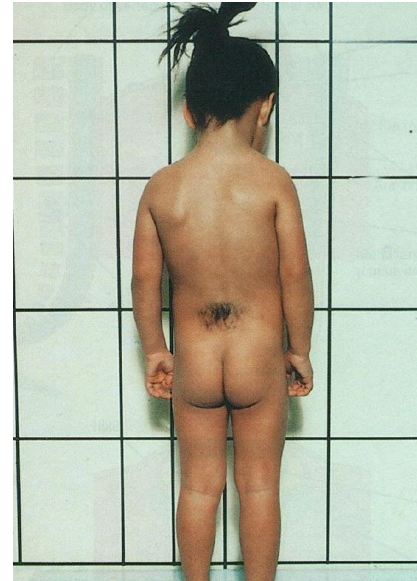
## ❖ RACHISCHISIS

- Spojeno s anencefalií
- Neslučitelné se životem



## ❖ SPINA BIFIDA OCULTA

- v rozsahu 1-2 obratlů bez neurologických příznaků



- Herniace arachnoidei
- Mírné projevy



## ❖ MENINGOKÉLA

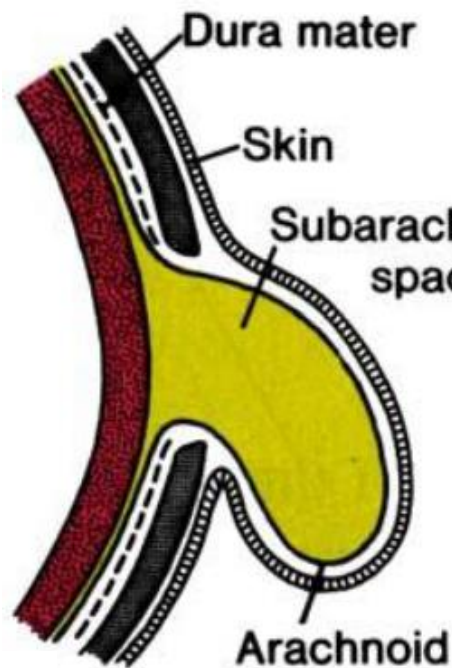


- Vyhřezlá nervová trubice
- Závažné projevy

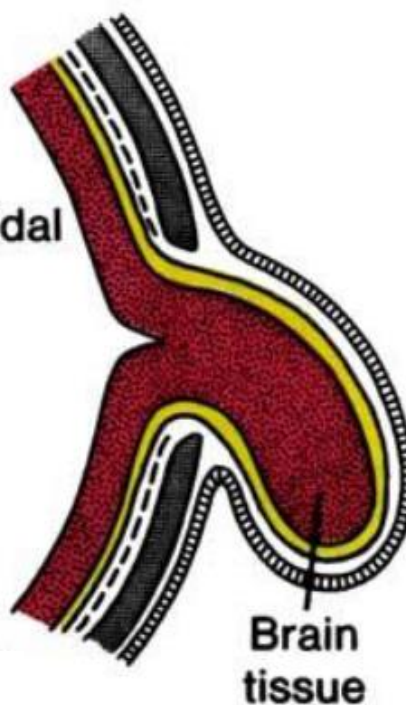
## ❖ MYELOMENINGOKÉLA

# Vývojové vady mozku

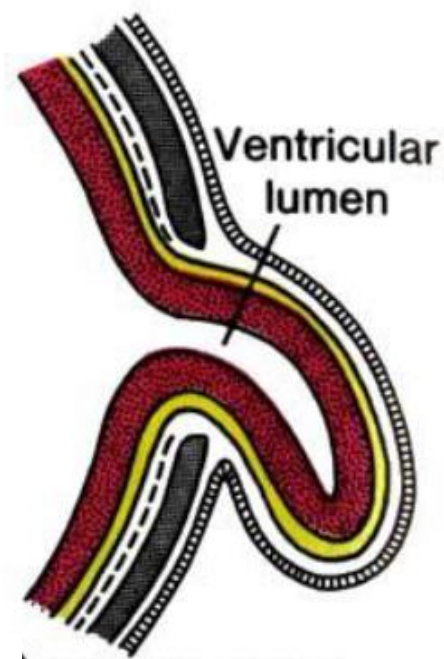
- výhřez mozkových obalů, nervové tkáně mozku, případně i komor defektem v kostech lebky



❖ **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



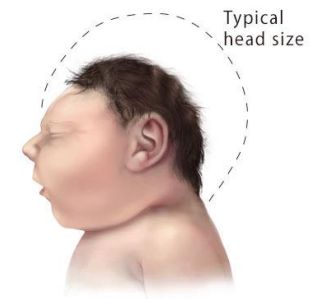
- Duševní i tělesné poruchy
- Syndrom „Cri du chat“ (del 5p)
- Infekce virem ZIKA



Baby with Typical Head Size



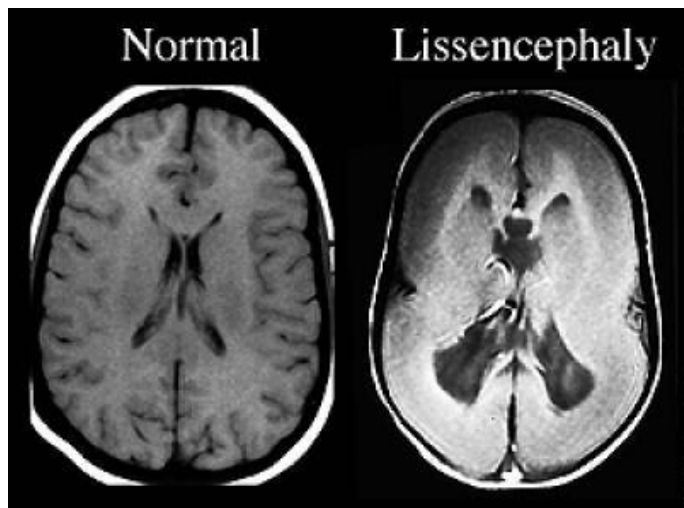
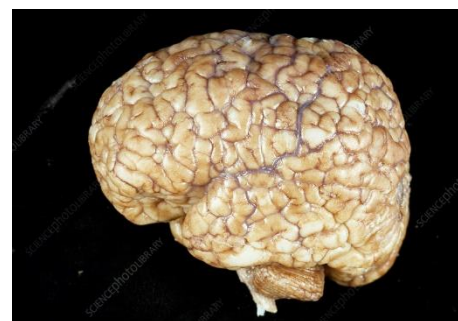
Baby with Microcephaly



Baby with Severe Microcephaly

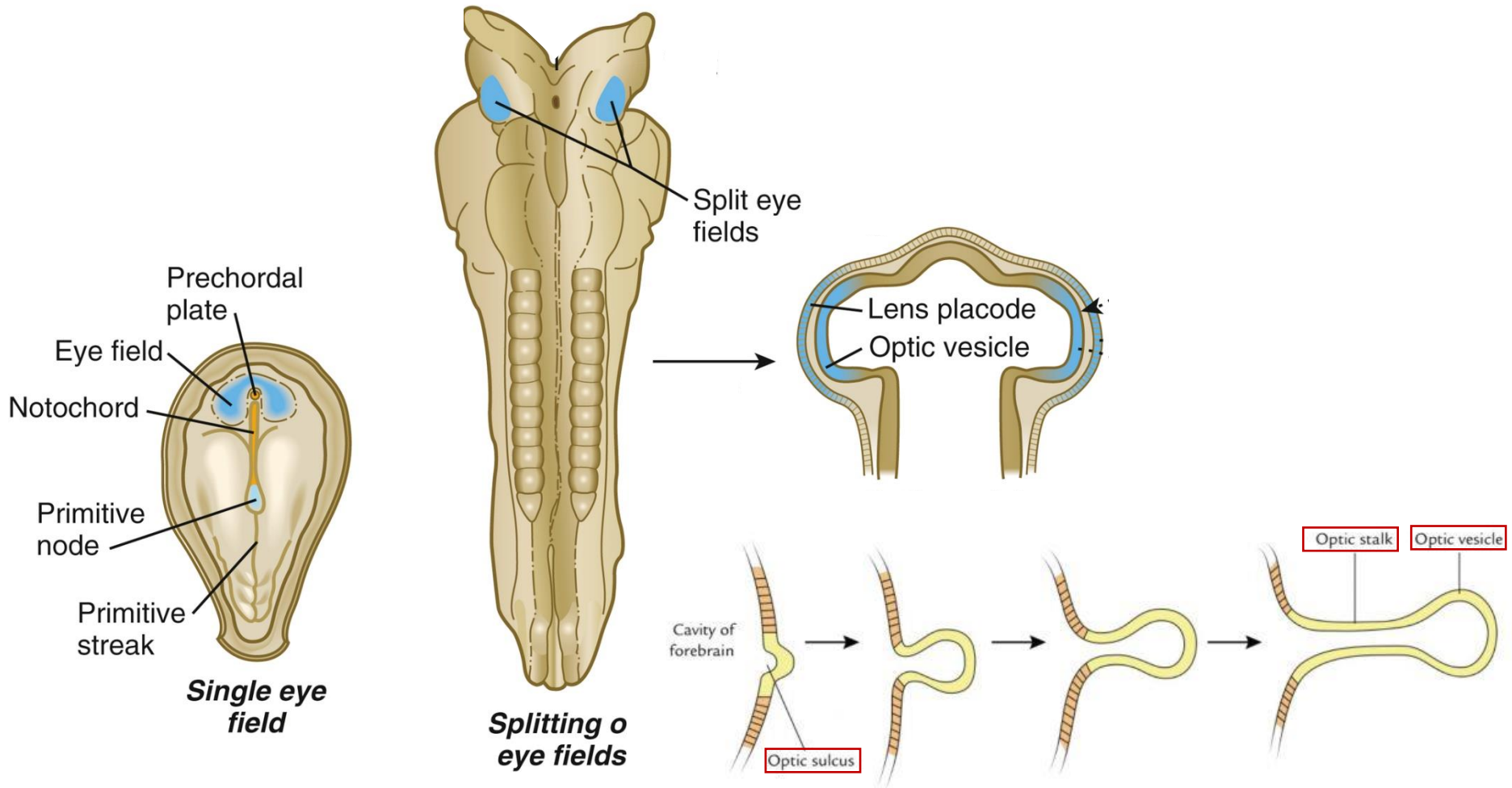
## POVRCHOVÉ MALFORMACE MOZKOVÝCH HEMISFÉR

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



# Vývoj oka

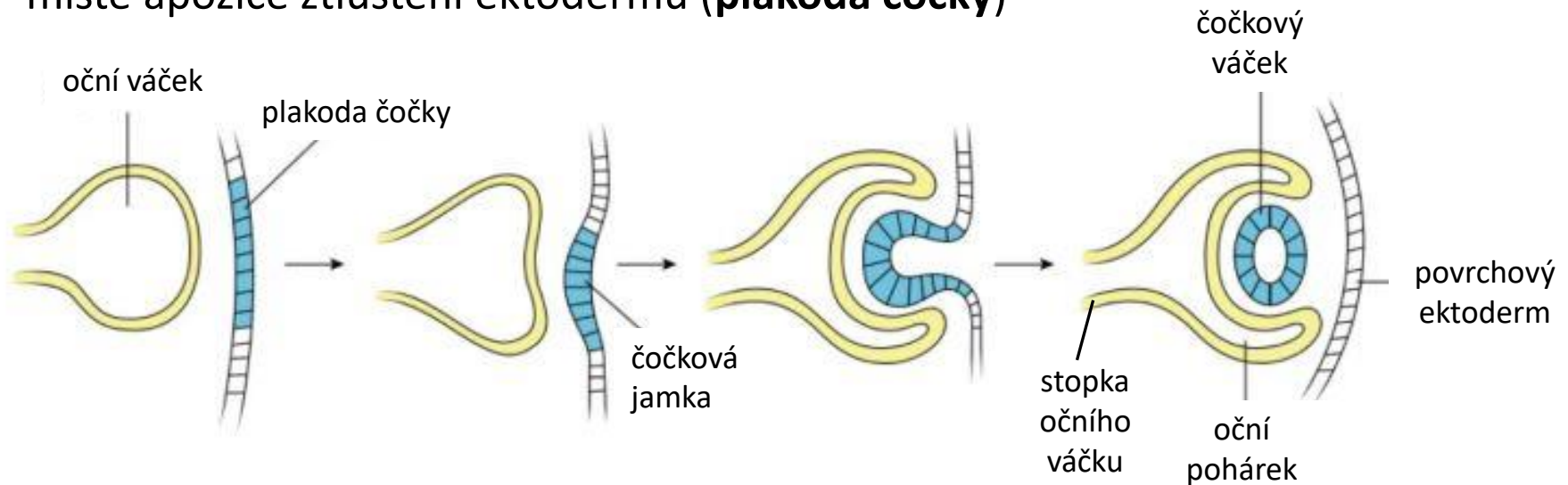
- vývoj oka začíná ve stadiu 6-8 somitů
- **oční váčky** se utvářejí jako **laterální výchlípky primárního proencefala** (později diencephalon, tj. **neuroektoderm**) v podobě dvou mělkých rýh (***sulci optici***)





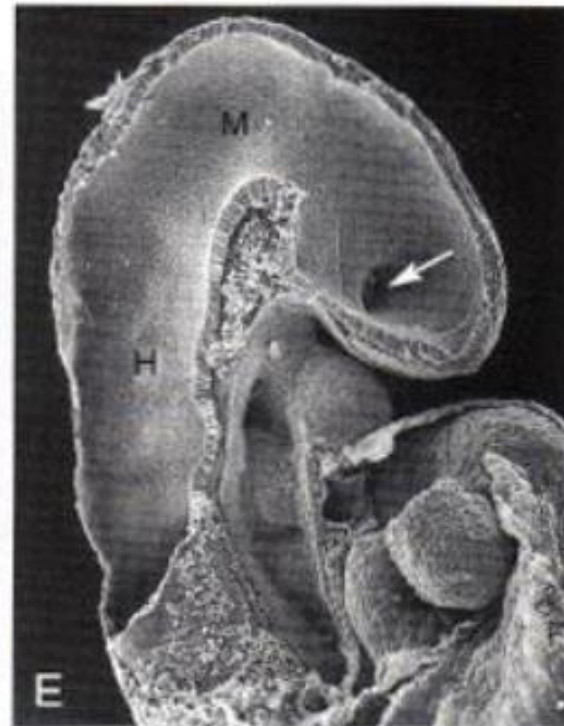
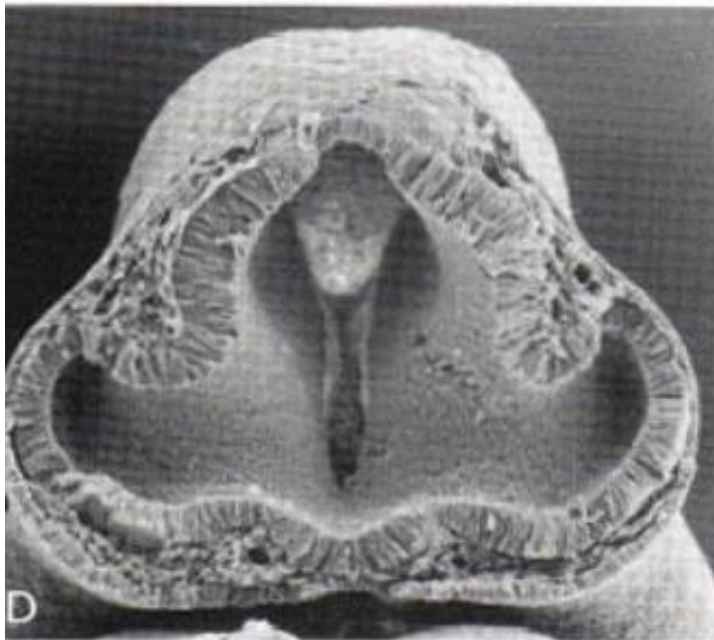
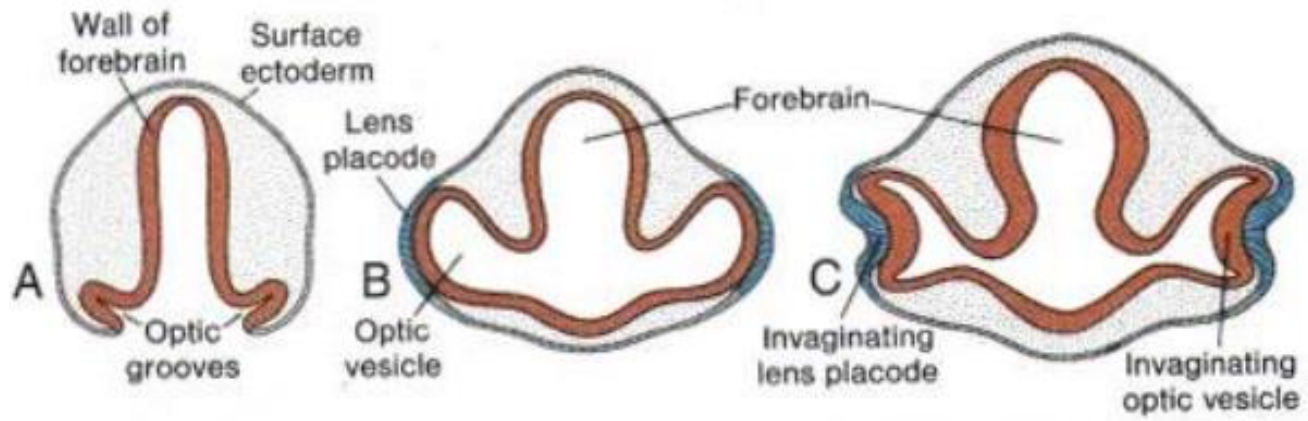
# Vývoj oka

- 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

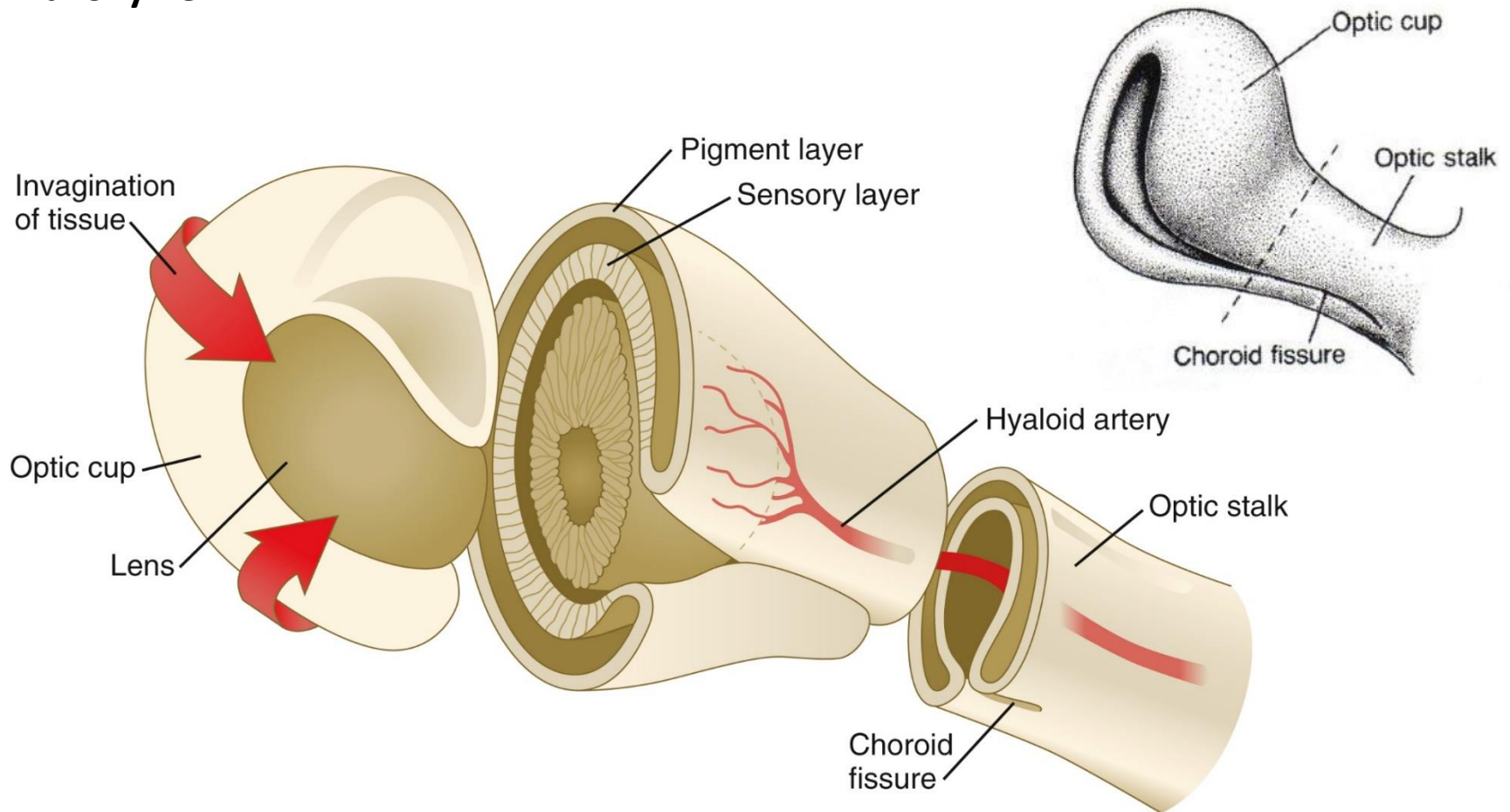


# Vývoj oka



# 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**

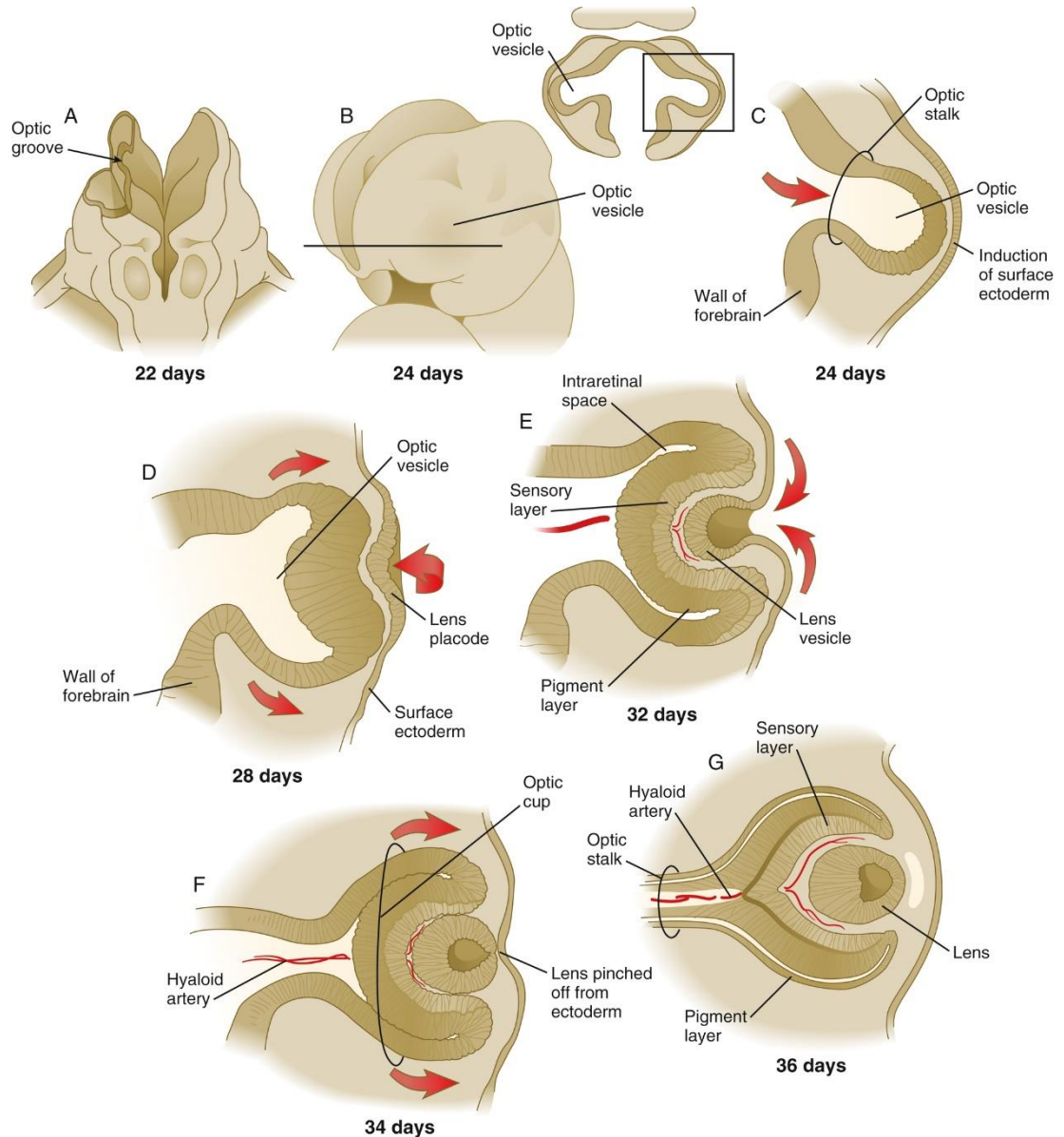




# Vývoj oka

## ❖ Čočka (*lens crystallina*)

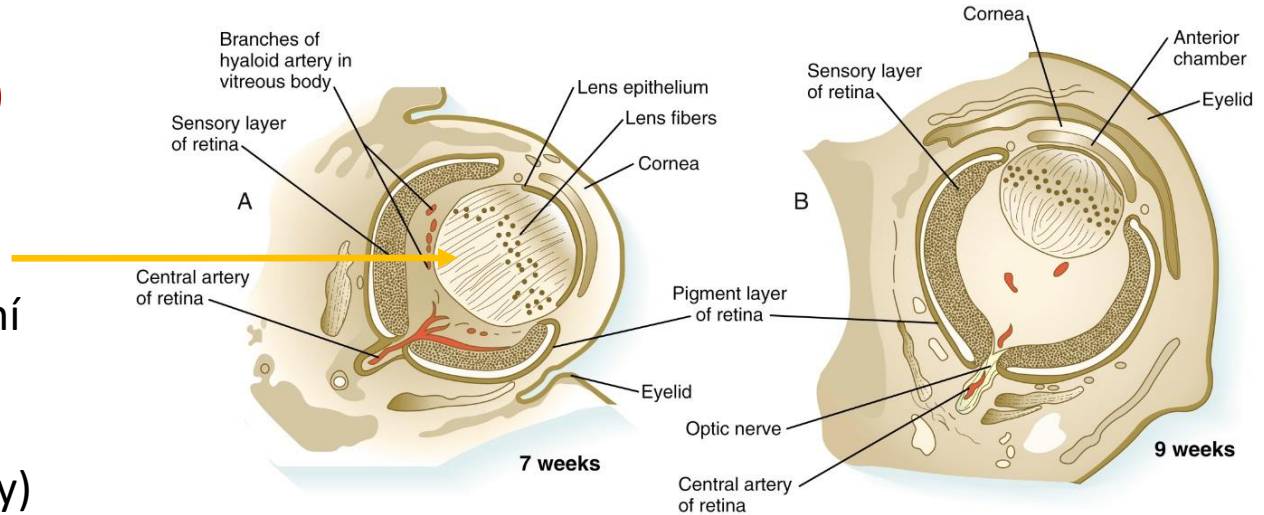
- od ektodermu oddělený čočkový váček má centrální dutinu
- od konce 6.týdne se buňky vnitřního pólu čočkového váčku prodlužují a přetvářejí se v **čočková vlákna** (→ primární jádro čočky)



# Vývoj oka

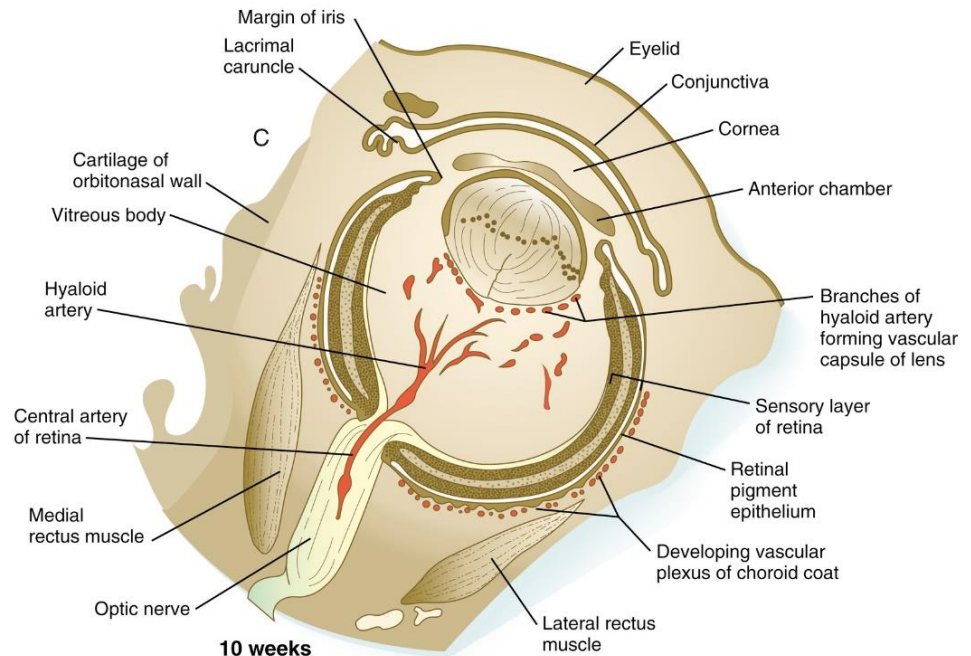
## ❖ Čočka (*lens crystallina*)

- 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

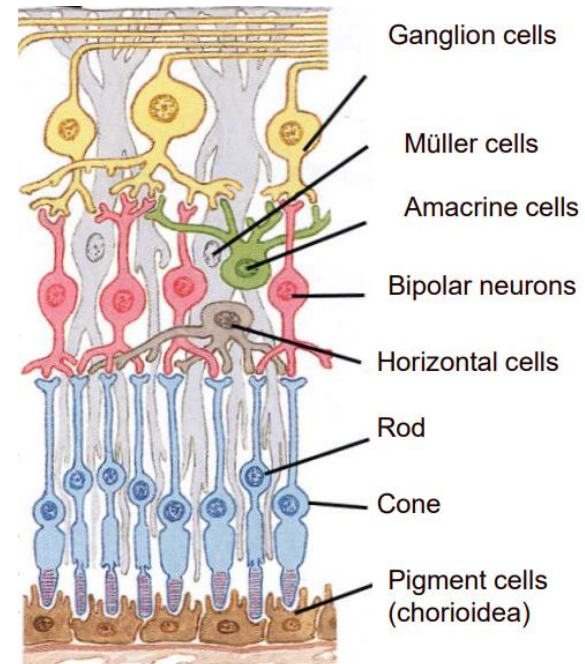
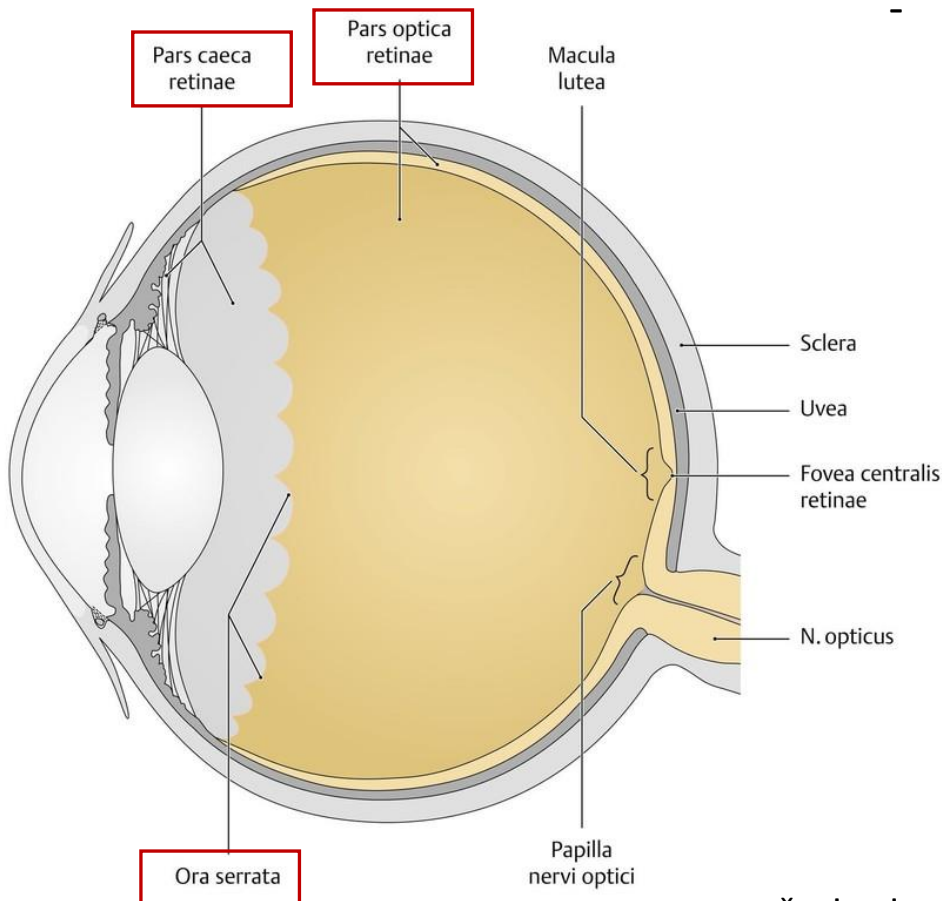
❖ **Sítnice (retina)** se vytváří ze stěny **očního pohárku (neuroektoderm)**

➤ ***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*)

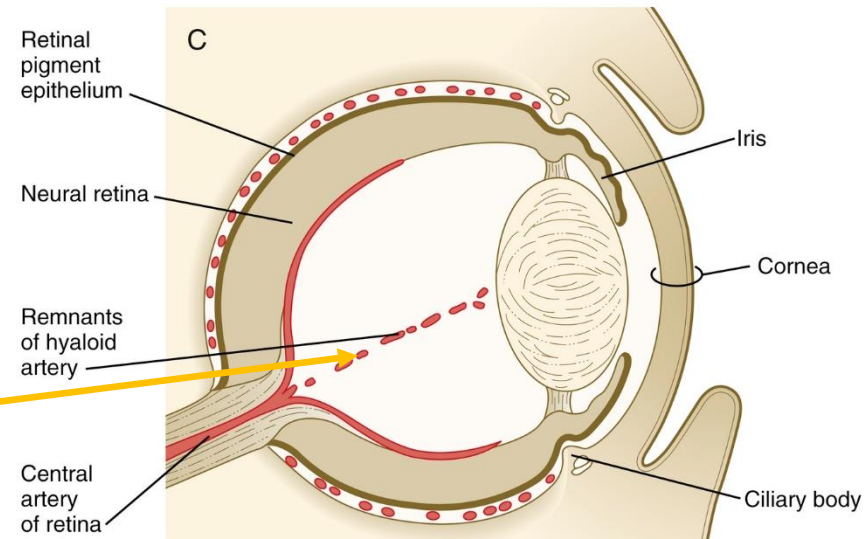
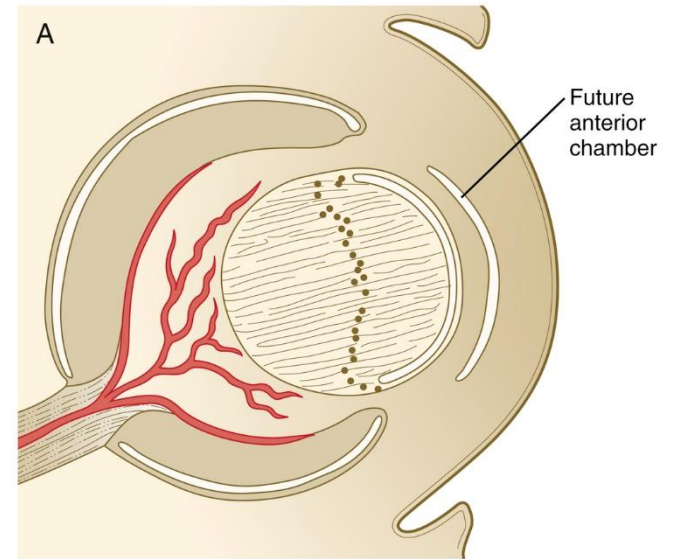


- **Mezenchymový obal pohárku**
  - cévnatka
  - bělima
  - endotel **rohovky** (přední epitel je z ektodermu)
- Rozestoupením mezenchymu vznikají **oční komory**

- **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



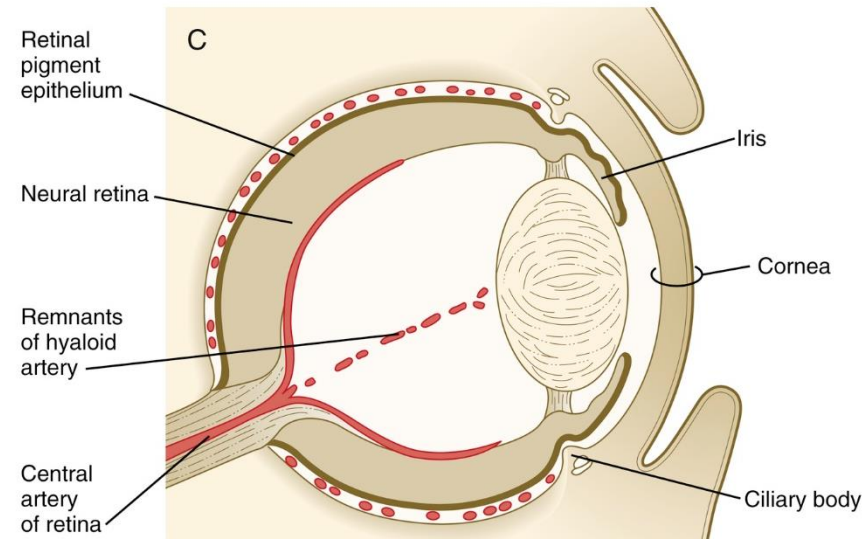
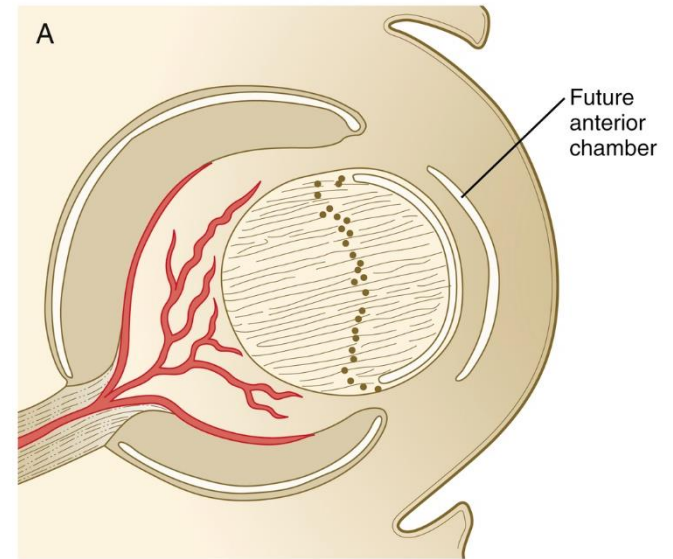


# Vývoj oka

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

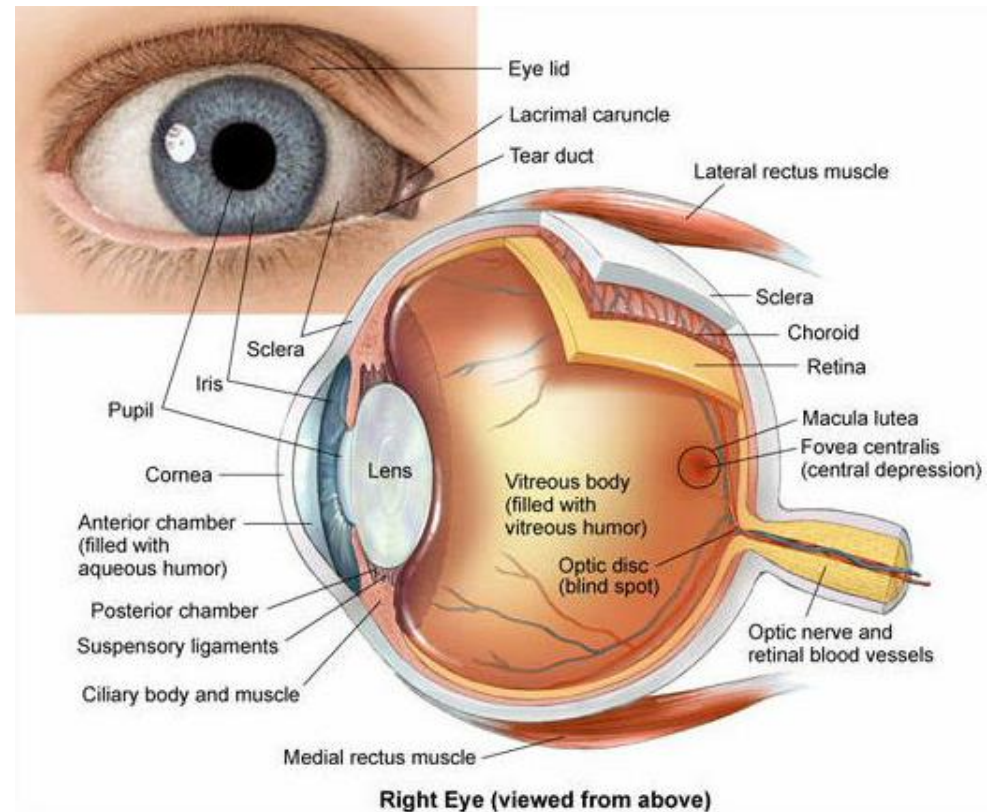
- čočka
- přední epitel rohovky
- oční víčko
- slzná žláza

## ❖ BUŇKY NEURÁLNÍ LIŠTY

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

## ❖ MEZODERM

- svaly
- endotel cév cévnatky a bělimy



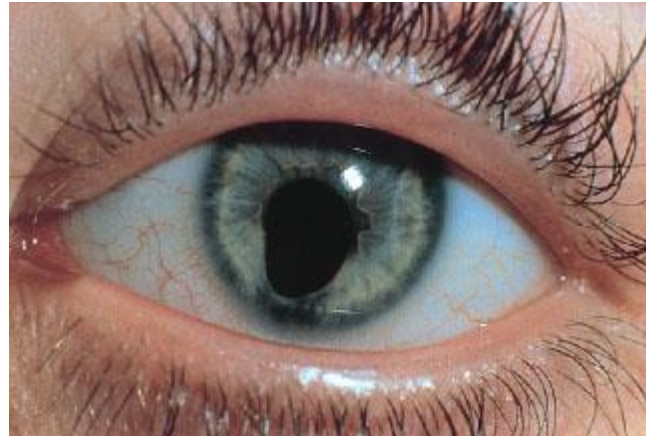
# Vývojové vady oka

ANOFTALMIE



Nevyvinutí očních bulv

COLOBOMA IRIDIS



Neuzavření *fissura choroidea*

VROZENÁ KATARAKTA



Vrozený zákal oční čočky

MIKROFTALMIE



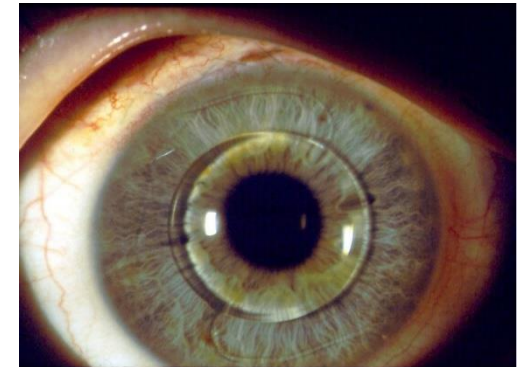
Velmi malé oko

ANIRIDIE



Nepřítomnost duhovky

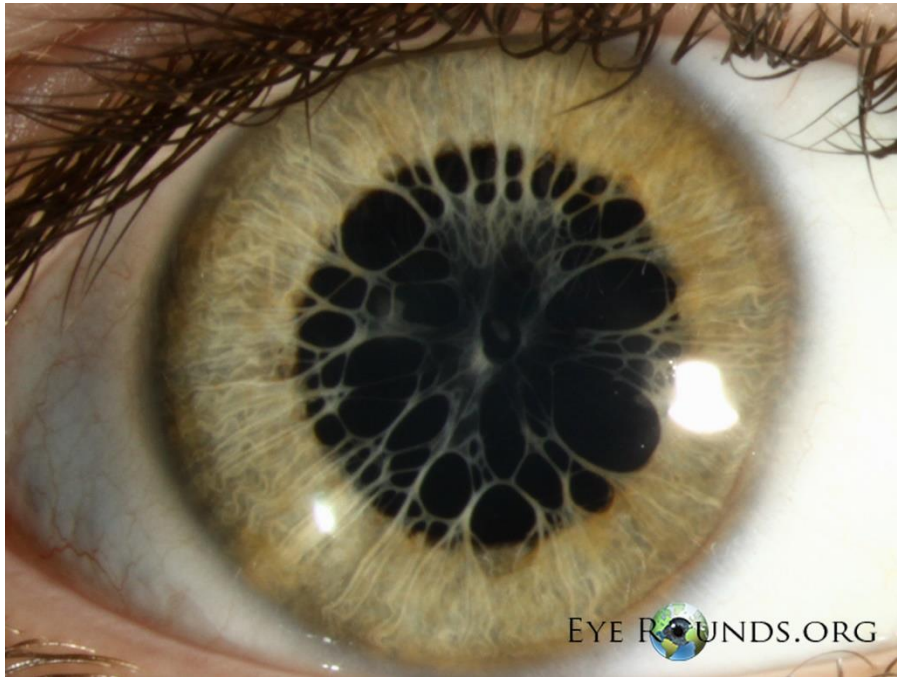
AFAKIE



Nepřítomnost oční čočky



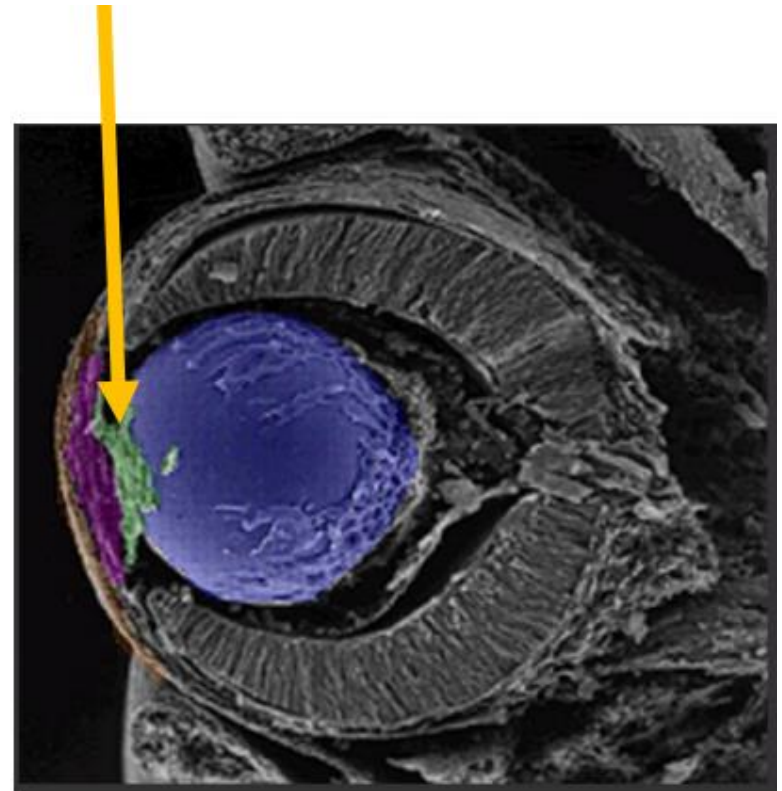
# Vývojové vady oka



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

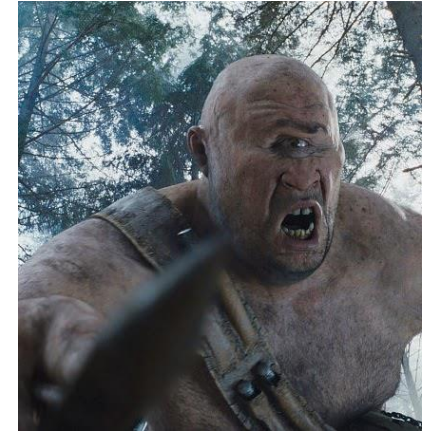
Zbytky membrány často viditelné u  
novorozenců (zvláště předčasně narozené  
děti), obvykle mizí do 1 roku života

## PŘETRVÁVAJÍCÍ IRIDO-PAPILÁRNÍ MEMBRÁNA



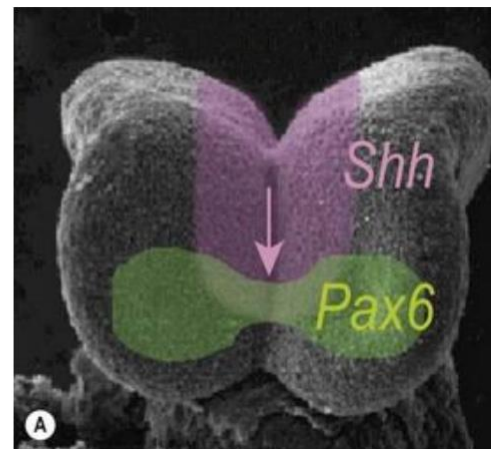


# Vývojové vady oka



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=Qn7FeLrRV_w)

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