

11. Vývoj nervové soustavy

MAREK HAMPL

26. 4. 2023

Funkce nervové soustavy

- řízení ostatních tělních tkání
- Vnímání polohy těla a polohy končetin
- Vnímání podnětů z okolí a reakce
- Vnímání podnětů z vnitřního prostředí těla a reakce
- schopnost učení a vytváření paměti

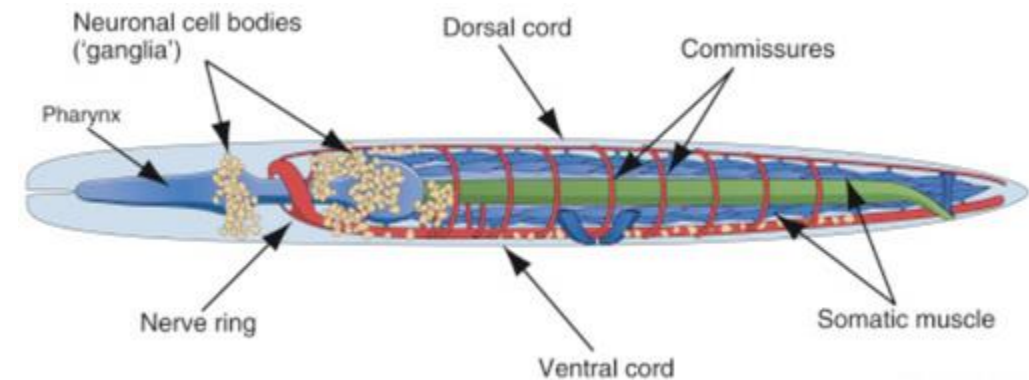
Vývoj nervové soustavy háďátka

- Nejkomplexnější a nejvíce různorodý systém:

- 302 neuronů, 56 gliových buněk (37 % všech buněk)
- 118 morfologicky rozdílných neuronů

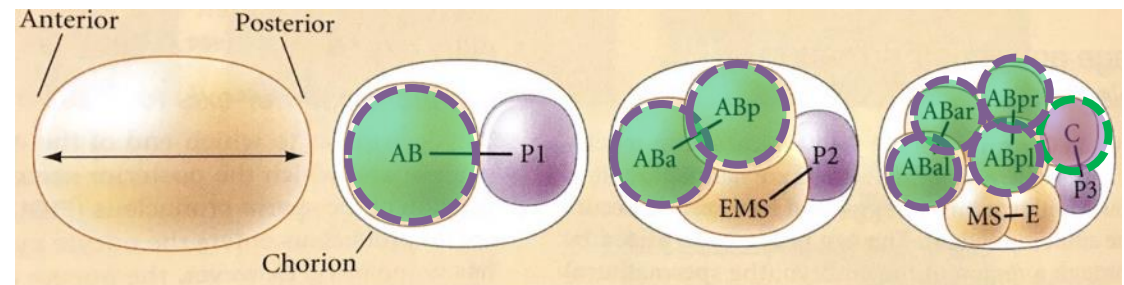
- Organizace:

- hlavová ganglia (spojena do nervového prstence – primitivní mozek; a ocasní ganglia
- ventrální a dorzální neurální provazce podobné míše



- vývoj ze stejných blastomer, jako hypodermis:

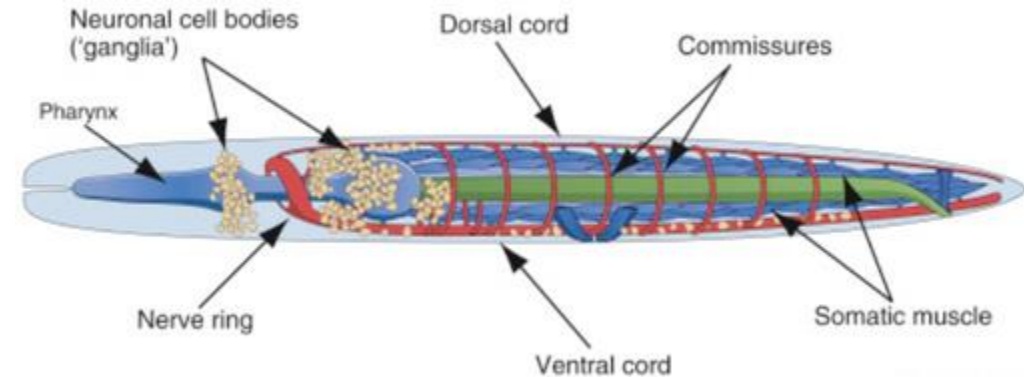
- blastomera **AB** – ABa a ABp – ABal, ABar, ABpl, ABpr
- 2 neurony z blastomery **C** – vznik z **P1**



Scott Gilbert. Developmental Biology 10th edition

Vývoj nervové soustavy háďátka – samčí nervový systém

- Nejkomplexnější a nejvíce různorodý systém:
 - 387 neuronů/1031 celkový počet buněk (37 % buněk)
 - 60 neuronů hermafrodita, navíc 52 samčích specifických neuronů
 - specifické samčí neurony vznikají z gliových buněk

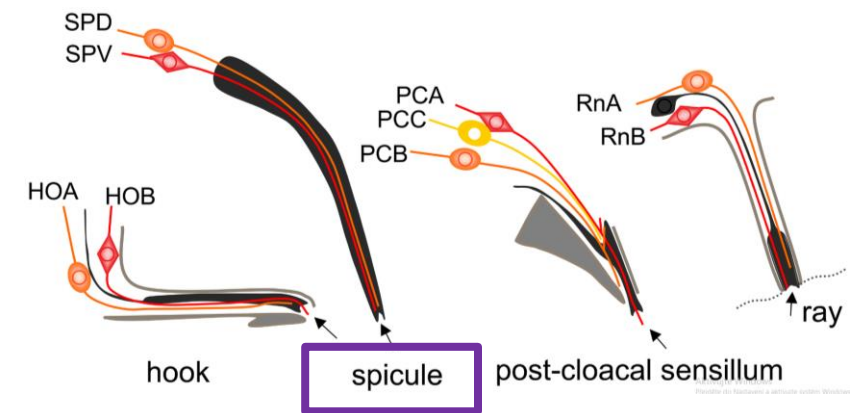


Scott Gilbert. Developmental Biology 10th edition

- Samčí chování při páření:
 - 4 neurony vznikají z gliových buněk
 - zodpovědné za typické samčí chování při páření
 - tvorba tzv. **spikuly (spicule)** v ocasní části obsahující senzory

- VIDEO

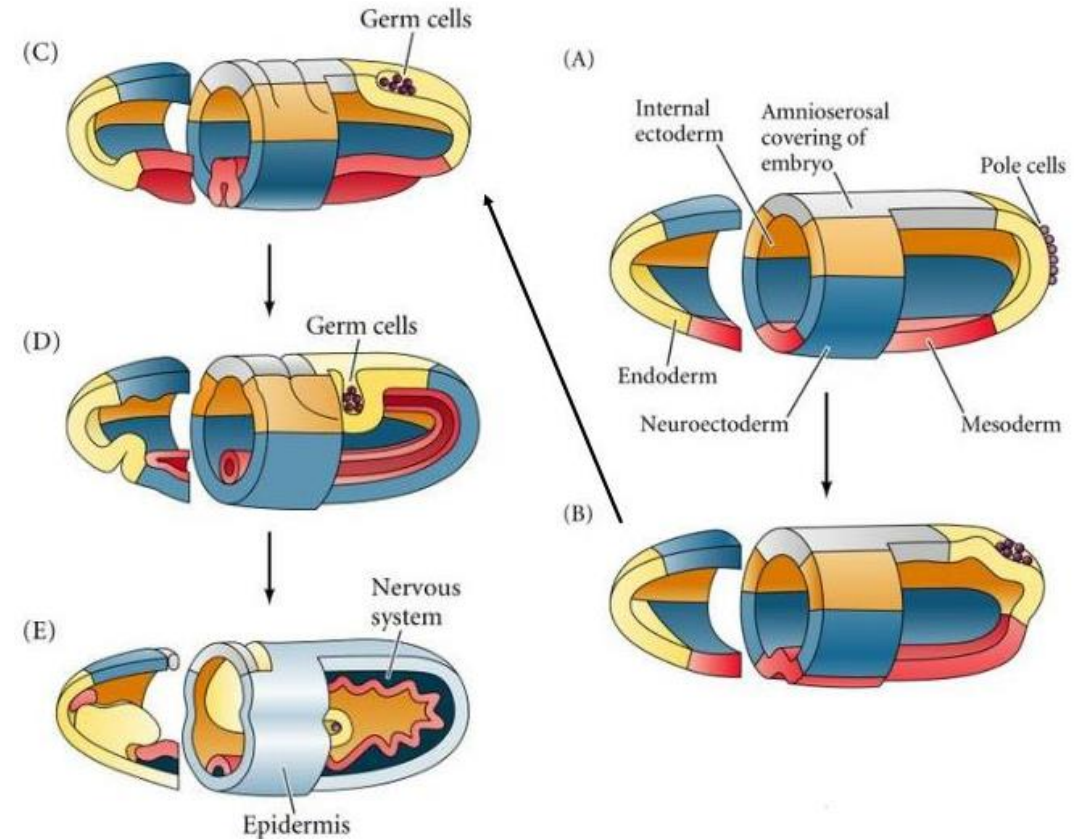
- <https://archive.eurekalert.org/multimedia/pub/67818.php>



Male Development. Worm Book

Vývoj nervové soustavy *D.melanogaster*

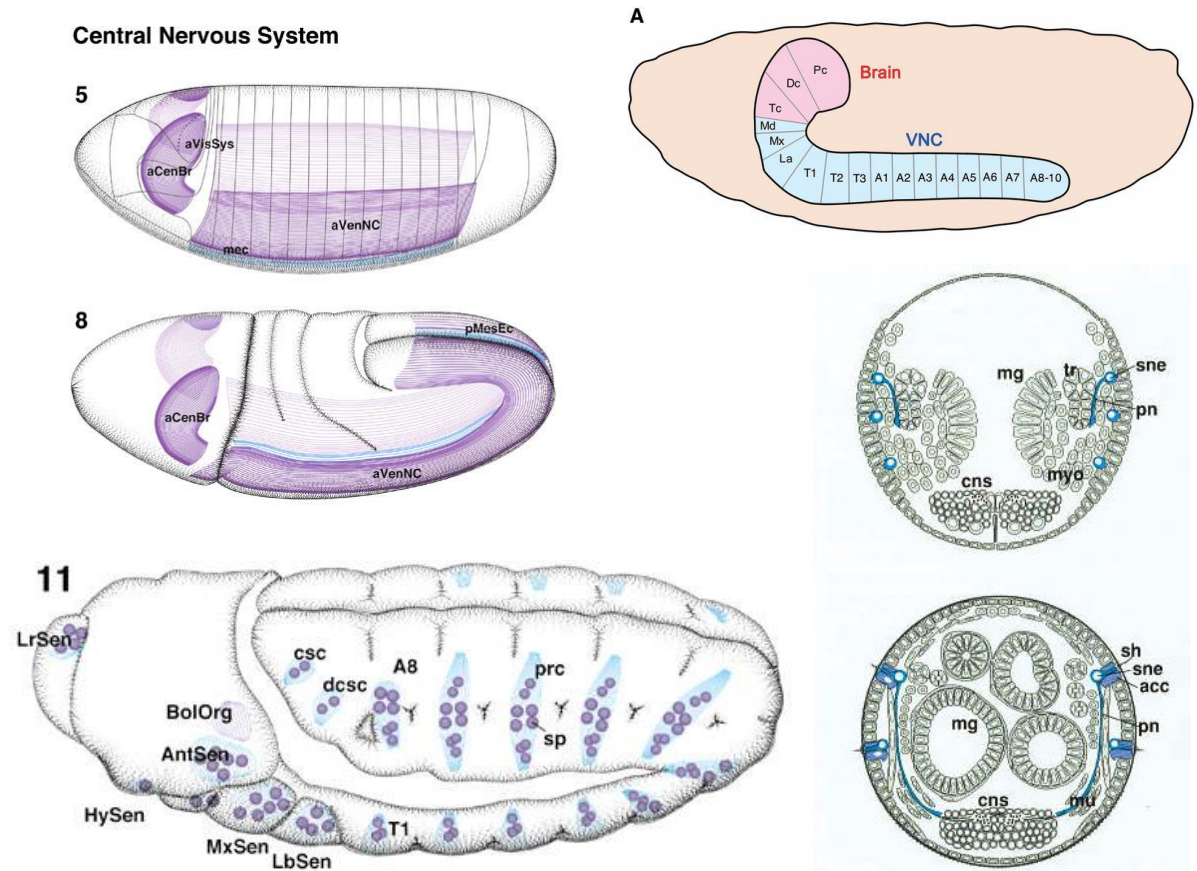
- vznik z **neuroektodermu** na ventrální straně
- rozdělení:
 - mozek
 - ventrální neurální ploténka
- embryonální mozek a neurální ploténka tvořeny částmi, tzv. neuromery:
 - mozek – 3 neuromery
 - nervová ploténka – 16 neuomer



Scott Gilbert. Developmental Biology 10th edition

Vývoj nervové soustavy *D.melanogaster*

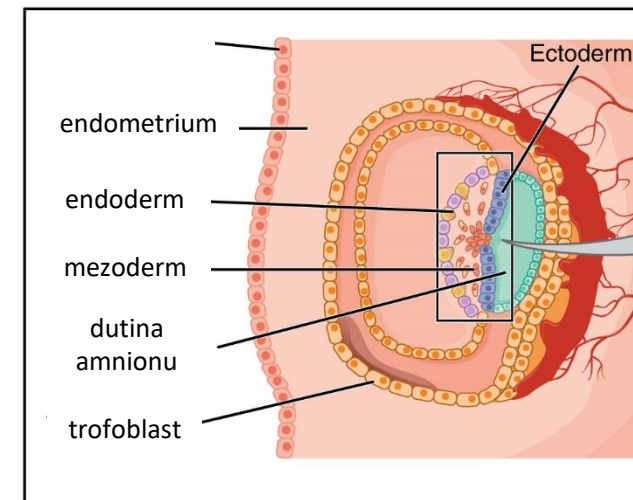
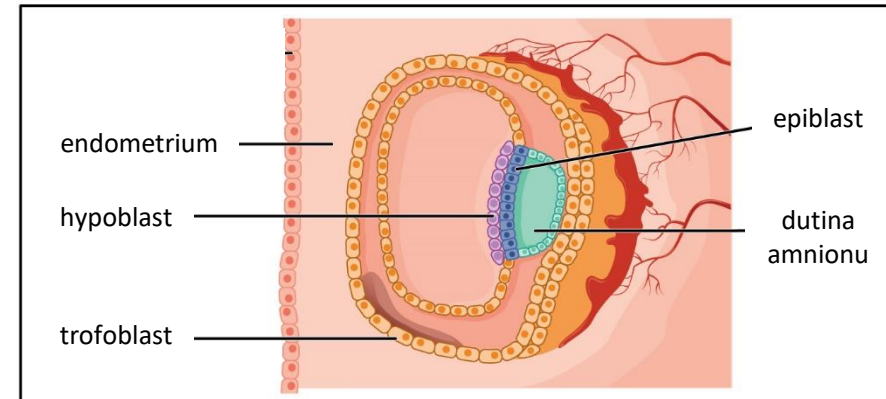
- o vznik z ektodermu – **neurogení oblasti**
- o vznik mozku anteriorně:
 - o protocerebrum
 - o deutocerebrum
 - o tritocerebrum
- o ventrální neurální ploténka:
 - o 3 subesofageální neuromery – maxilární, mandibulární, labiální
 - o 3 hrudní (T1 – T3)
 - o 7 břišních (A1 – A7)
 - o 3 koncové (A8 - A10), redukované
- o Periferní nervový systém
 - o základ v ektodermu – tzv. **proneurální klastry (PRC)**
 - o prekurzory **receptorových neuronů (SP)** – prekurzory epidermis
 - o tzv. **senzila** – tvořena **bipolárním senzoryckým neuronem (SNE)** a **přídavné buňky (ACC)** obalující nervová vlákna
 - o senzila – vnější (povrchová – vnější stimuly) a vnitřní
 - o **senzorycký axon (PN)** spojuje s CNS



Hartenstein. Atlas of Drosophila Development

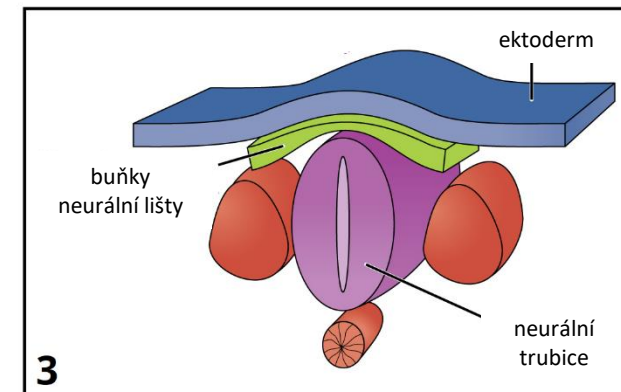
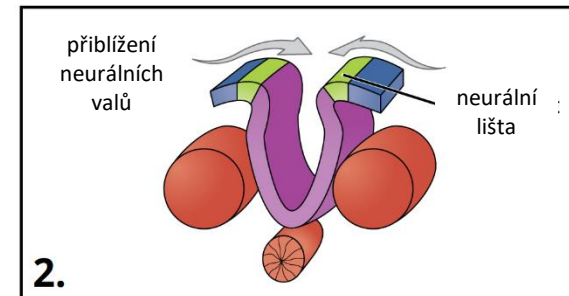
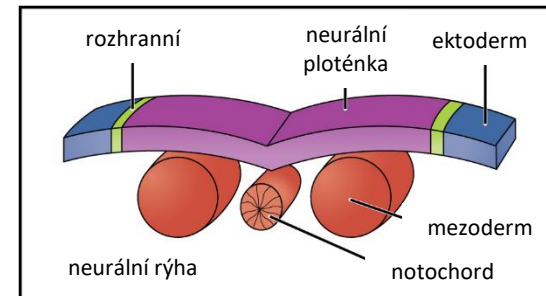
Embryonální původ nervového systému

- vznik **primitivního proužku** ve vrstvě **epiblastu** bilaminárního disku
- **migrace** buněk **epiblastu** primitivním proužkem do prostoru mezi epiblast a hypoblast a nahrazení buněk hypoblastu
- vznik trilaminárního disku:
 - **Endoderm** – vnitřní vrstva
 - **Mezoderm** – prostřední vrstva
 - **Ektoderm** – vnější vrstva
- **nervový systém** vzniká z **ektodermu**, původně vrstva epiblast



Neurulace

- **ektoderm** je **ovlivňován** faktory produkovanými **notochordem** (centrálně uložená struktura původem z mezodermu)
- **diferenciace** přilehlého ektodermu do **neuroektodermu**
- vzniká zesílená vrstva neuroektodermu, tzv. **neurální ploténka**
- v nervové ploténce vznikají **laterálně** tzv. **neurální valy**, mezi nimi **neurální rýha** → **pohyb** nervových valů **proti sobě**, **fúze** mediálně – vznik **nervové trubice** (základ centrálního nervového systému)
- **rozhraní** mezi ektodermem a neuroektodermem – **oblast fúze neurální trubice** – vznik populace buněk **neurální lišty** (základ periferního nervového systému)

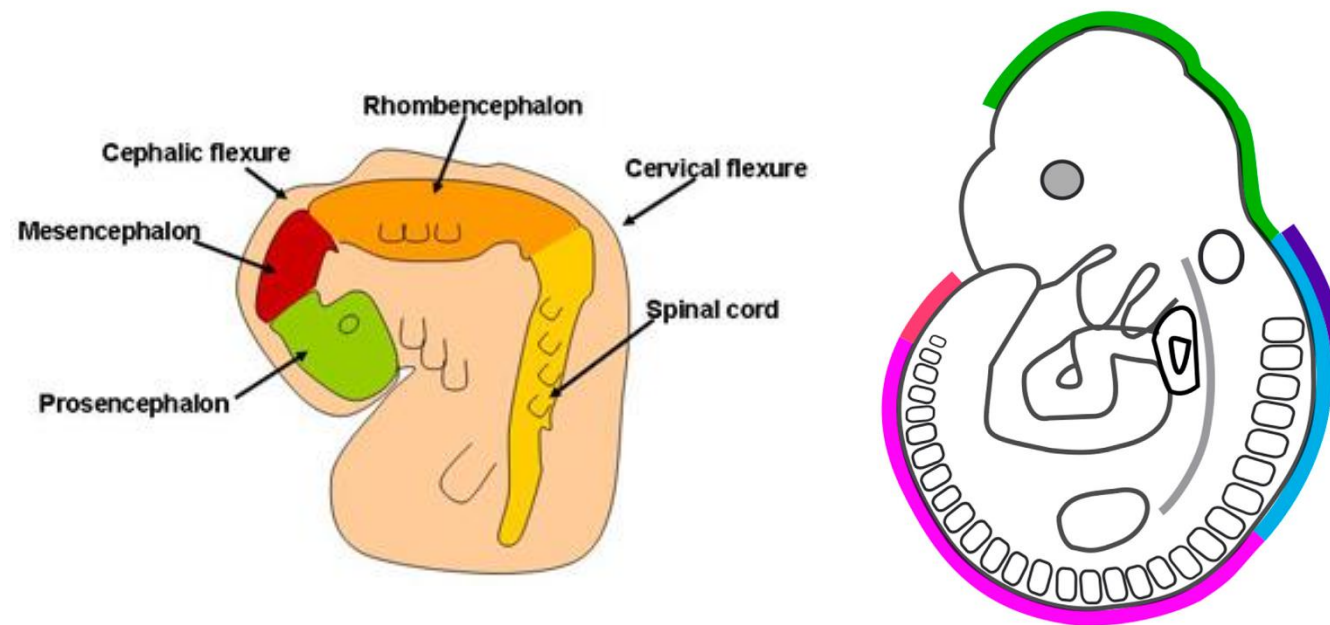


Nervový systém

- neurulací vzniká:
 - neurální trubice – základ pro vývoj centrálního nervového systému
 - neurální lišta – základ pro vývoj periferního nervového systému

- Neurální trubice:
 - mozek
 - mícha

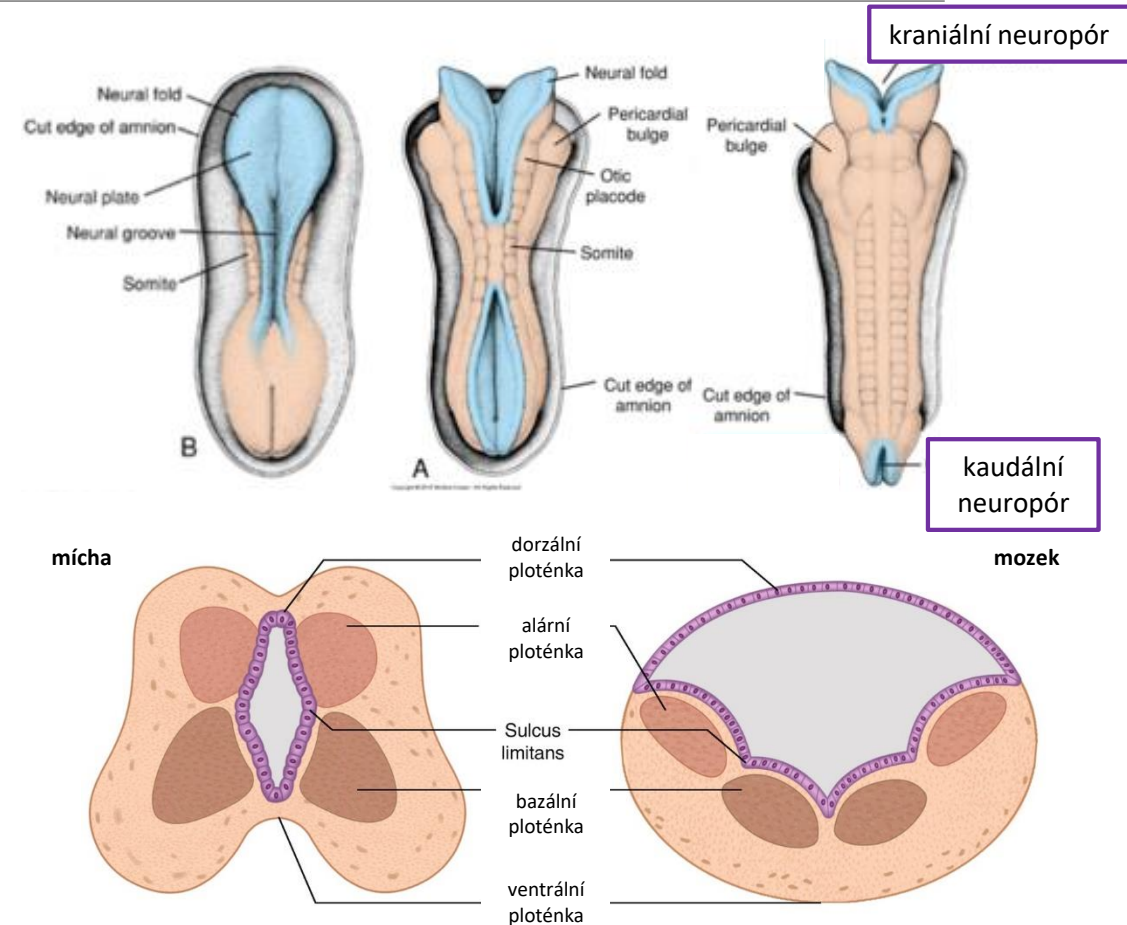
- Neurální lišta:
 - periferní neurony
 - enterické neurony
 - gliové buňky



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

Vývoj neurální trubice

- o **mozek** se vyvíjí z **kraniální** části neurální trubice, **mícha** z **kaudální**
- o **uzavírání** neurální trubice z **kraniální** oblasti (4. somit) do **kaudální** – kraniální a kaudální části zůstávají prozatím otevřené, vznik tzv. kraniálních a kaudálních **neuroporů** (komunikace trubice s amniem)
- o uzavření kraniálního neuropóru následováno uzavřením kaudálního neuropóru
- o uzavřená neurální trubice se rozlišuje dorzoventrálně:
 - o **ventrálně** – **ventrální ploténka (floor plate)**, vývoj ovlivněn vlivem notochordu
 - o **ventrolaterálně** – **bazální ploténka (basal plate)**
 - o **dorzolaterálně** – **alární ploténka (alar plate)**
 - o **dorzálně** – **dorzální ploténka (roof plate)**, vývoj ovlivněn vlivem povrchového ektodermu (epidermis)
 - o **Sulcus limitans** – oddělení bazální a laterální ploténky

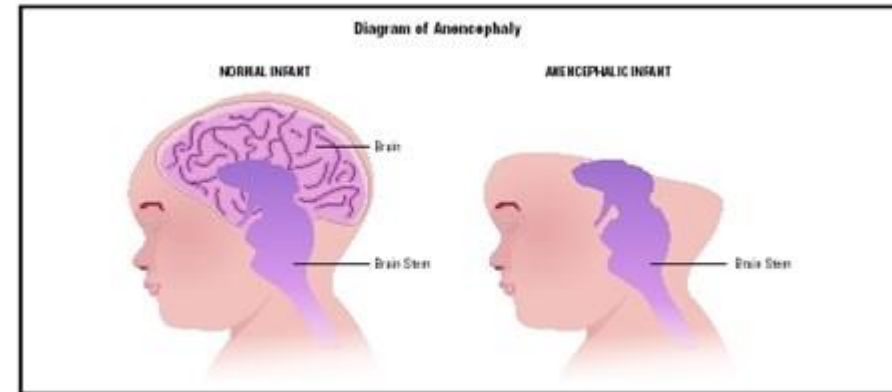


O`Kane and Begg. Clinical Embryology

Vývojové vady uzavírání nervové trubice

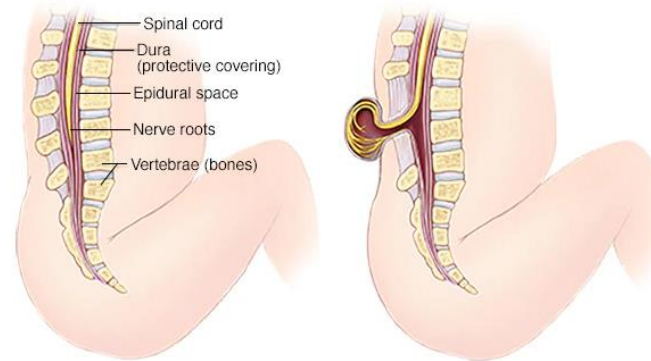
○ Anencefalie

- defekt v uzavření kranálního neuropóru
- nedochází k vývoji celého mozku nebo části mozku (telencefala)
- většinou letální



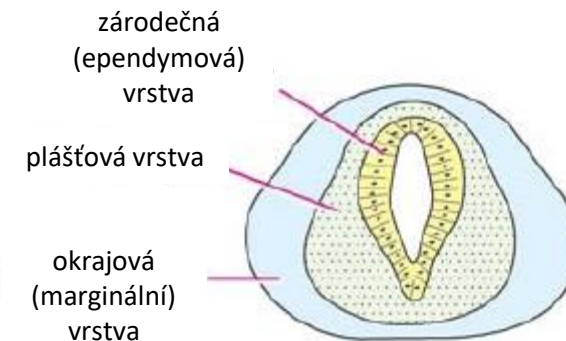
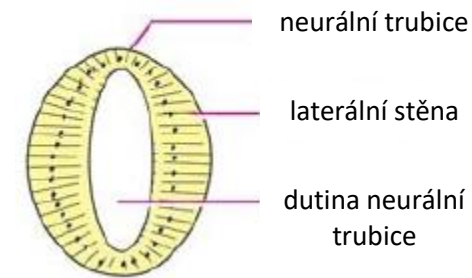
○ Spina bifida

- defekt v uzavření kaudálního neuropóru
- rozštěp a výhřez míchy a míšních obalů
- řešitelné chirurgicky



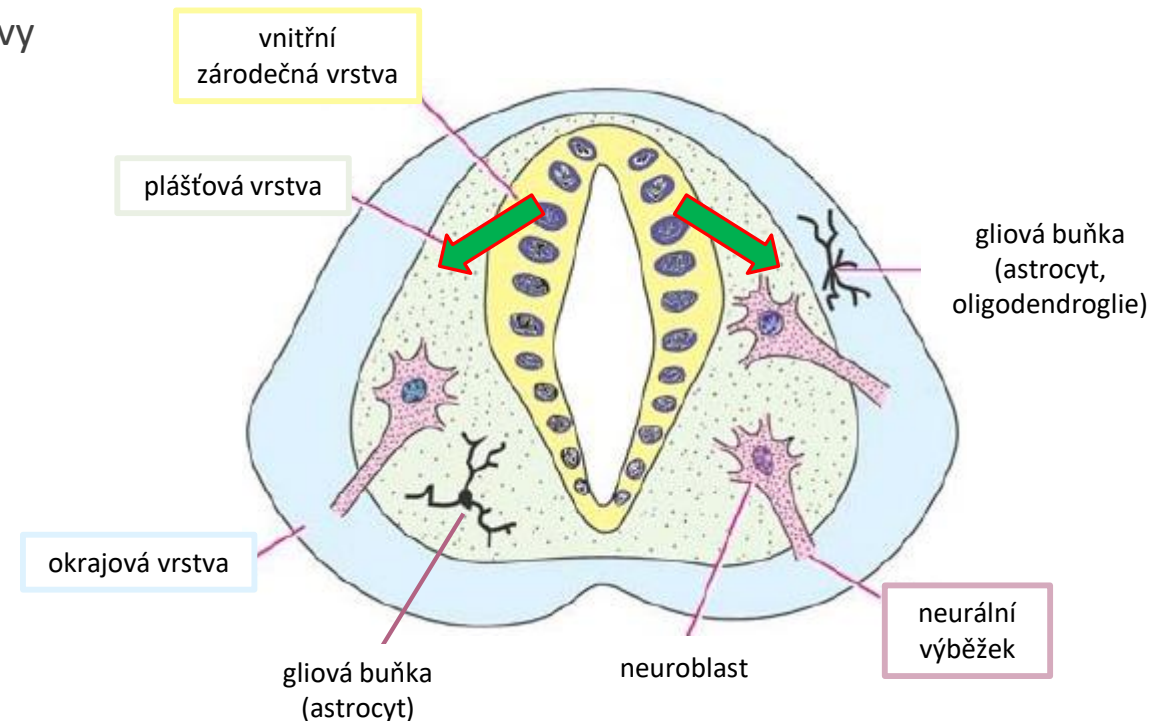
Počáteční diferenciace buněk neurální trubice

- neurální trubice vystlána **pseudovrstevnatým cylindrickým** epitelem
- diferenciace neuroepitelu do dvou základních progenitorových typů:
 - neuronální progenitory (neuroblasty)** – základ pro buňky centrálního nervového systému
 - gliové progenitory (glioblasty)** – základ pro podpůrné buňky CNS
- neurální trubice se po diferenciaci neuroepitelu dělí do **tří** vrstev:
 - vnitřní zárodečná** (ventrikulární) – epitel dutiny neurální trubice
 - střední plášťová** – vznik míšní šedé hmoty
 - vnější okrajová** (marginální)



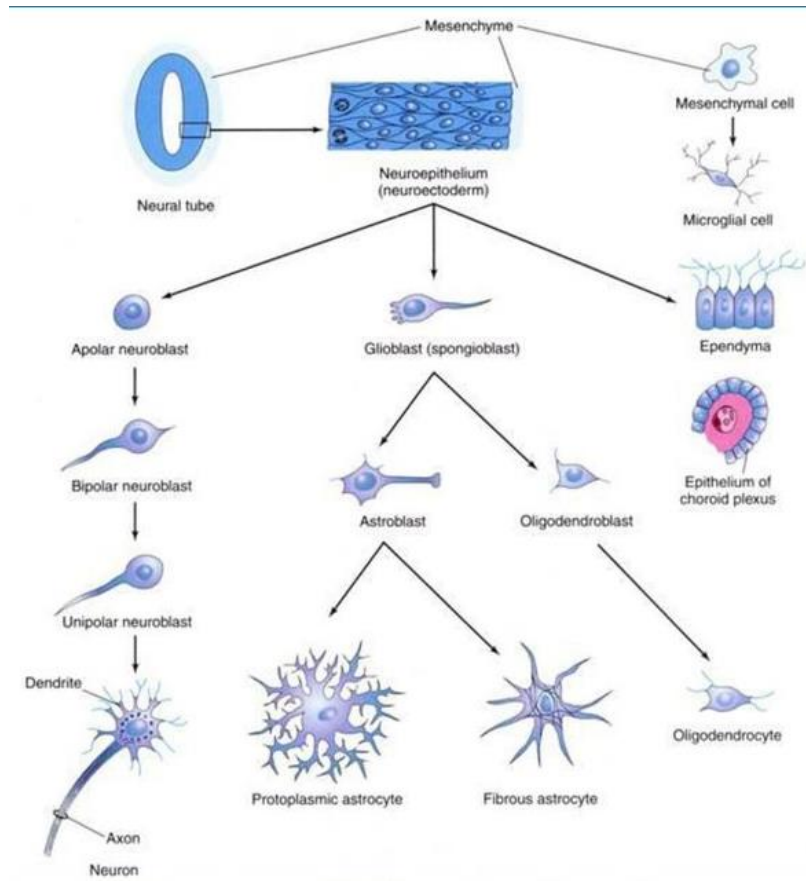
Vznik vrstev neurální trubice

- neuroblasty **migrují** ze **zárodečné** vnitřní vrstvy do **plášťové** vrstvy
- **neuroblasty** vysílají **výběžky** z **plášťové** vrstvy laterálně – tvorba **okrajové** (marginální) vrstvy
- z **glioblastů** vznikají:
 - astrocyty – tvorba v plášťové i okrajové vrstvě
 - oligodendroglie – především v okrajové vrstvě
- **neuroepitelové** buňky vystylající dutinu **diferencují** do **ependymových** buněk – budoucí **výstelka** mozkových komor a centrálního kanálu míchy



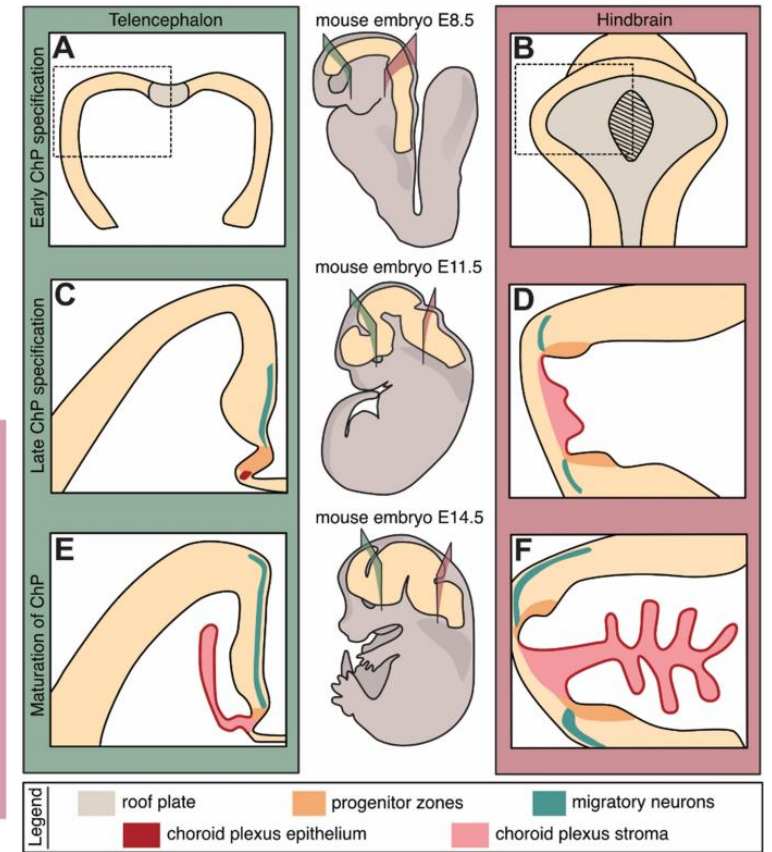
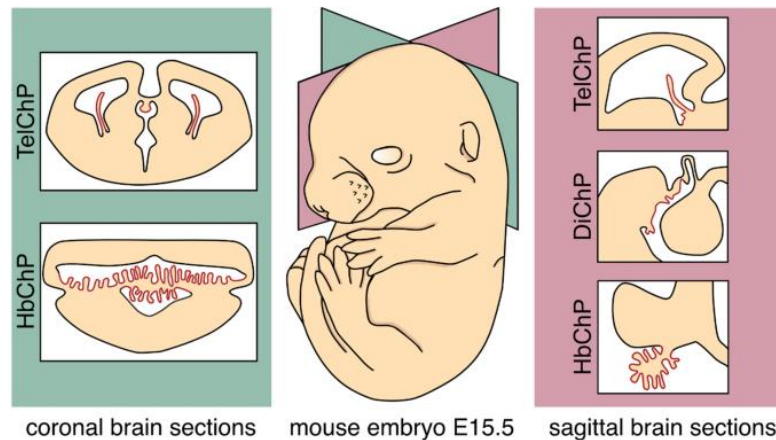
Histogeneze neurální trubice

- o diferenciace buněk neurální trubice – ze zárodečného neuroepitelu
- o **Neuroblastová** linie – vývoj neuronů
 - o Apolární neuroblast – progenitor bez výběžků
 - o Bipolární neuroblast – tvorba dvou výběžků
 - o Unipolární neuroblast – jeden výběžek mizí
 - o Neuron – z jednoho výběžku vzniká axon, vývoj dendritů
- o **glioblastová** linie – vývoj podpůrných buněk
 - o Spongioblast – progenitor gliových buněk
 - o Astroblast – progenitor astrocytů (krevně-mozková bariéra, udržování extracelulární homeostázy)
 - o Oligodendroblast – progenitor oligodendrocytů (myelinizace neuronů CNS)
- o **ependym** – buňky výstelky neurální trubice
- o základ pro vývoj epitelu choroidního plexu
- o mezenchym – vývoj mikroglie (monocytární buňky nervového s.)



Vývoj Choroidního plexu

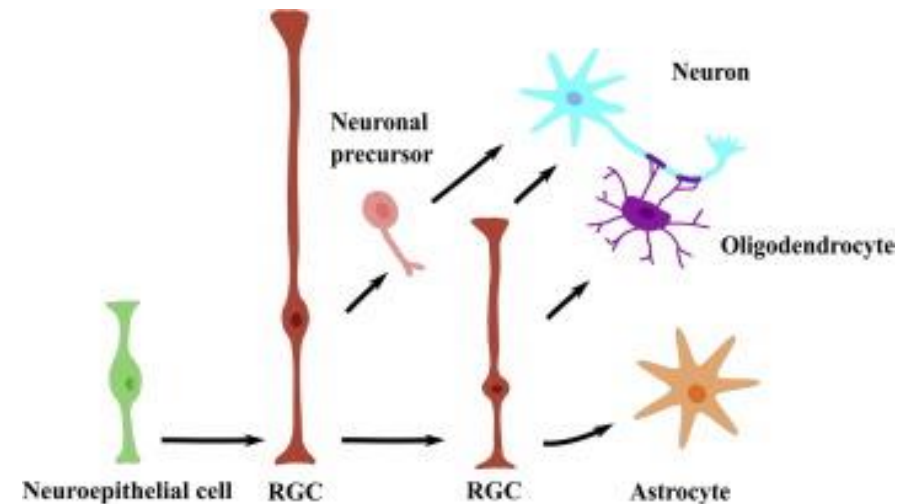
- o vaskularizovaná tkáň vystupující do mozkových komor
- o „epitelové“ pokrytí (ependym) a podkladové stroma
- o produkce mozkomíšního moku
- o Vzniká ve 3 oblastech mozku:
 - o Telencefalon (laterální)
 - o Diencefalon (3.)
 - o Zadní mozek – (4., mezencefalický)



Kompanikova and Bryja. 2022. *Cell Mol Life Sci*

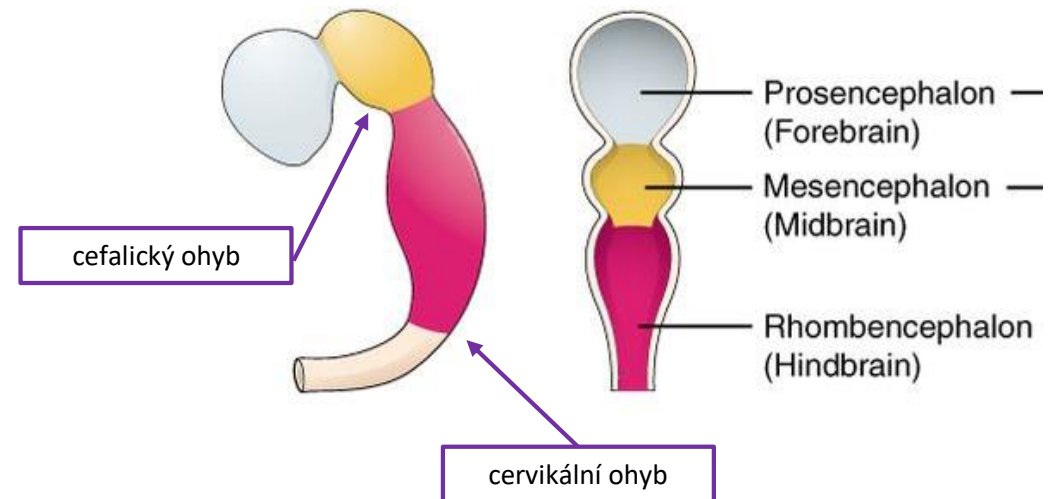
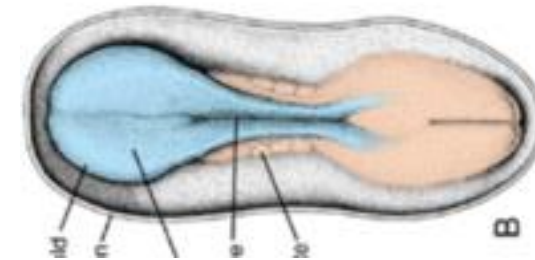
Radiální glie

- specializované neurální buňky (**bipolární** morfologie – stejně jako neuroepitelové buňky)
- **dlouhé výběžky** z ventrikulární zóny (zárodečný epitel) až do okrajové zóny
- **podpůrné** buňky pro **migraci** nezralých neuronů ze zárodečného epitelu do okrajových vrstev vyvíjející se neurální trubice
- **progenitorová** buňka pro vývoj:
 - neuronů
 - gliových buněk
- důležité pro **rozrůžňování** buněk ve specifických oblastech CNS



Vývoj mozku – primární mozkové váčky

- vývoj mozku z kraniální oblasti – oblast **rozšíření** neurální ploténky
- z oblasti rozšířené neurální ploténky vznikají tři **primární mozkové váčky**:
 - **proencefalon** – přední mozek
 - **mezencefalon** – střední mozek
 - **rhombencefalon** – zadní mozek
- kompaktnost mozku a relativně malý prostor pro vývoj →
- vznik dvou **ohybů** neurální trubice:
 - **cervikální** – ohyb mezi zadním mozkem a míchou
 - **cefalický** – ventrální ohyb v oblasti prostředního mozku



Vývoj mozku – sekundární mozkové váčky

- tři primární váčky se dělí na **pět sekundárních** mozkových váček

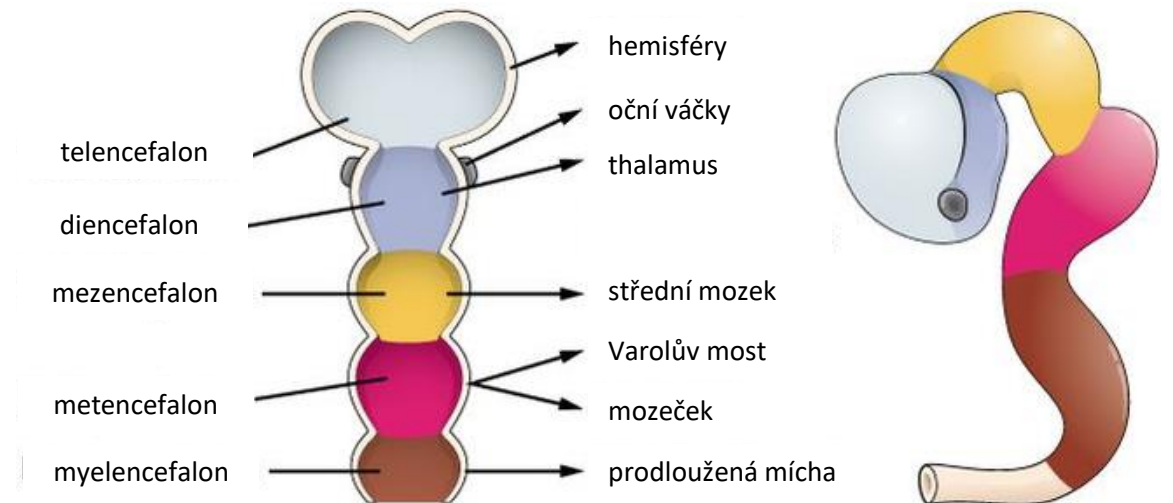
- **Prozencefalon:**

- Telencefalon – kraniální část; mozkové hemisféry, čichový lalok
- Diencefalon – kaudální část; oční váčky, thalamus, neurohypofýza, epifýza

- **Mezencefalon** – nedochází k rozdělení na další části

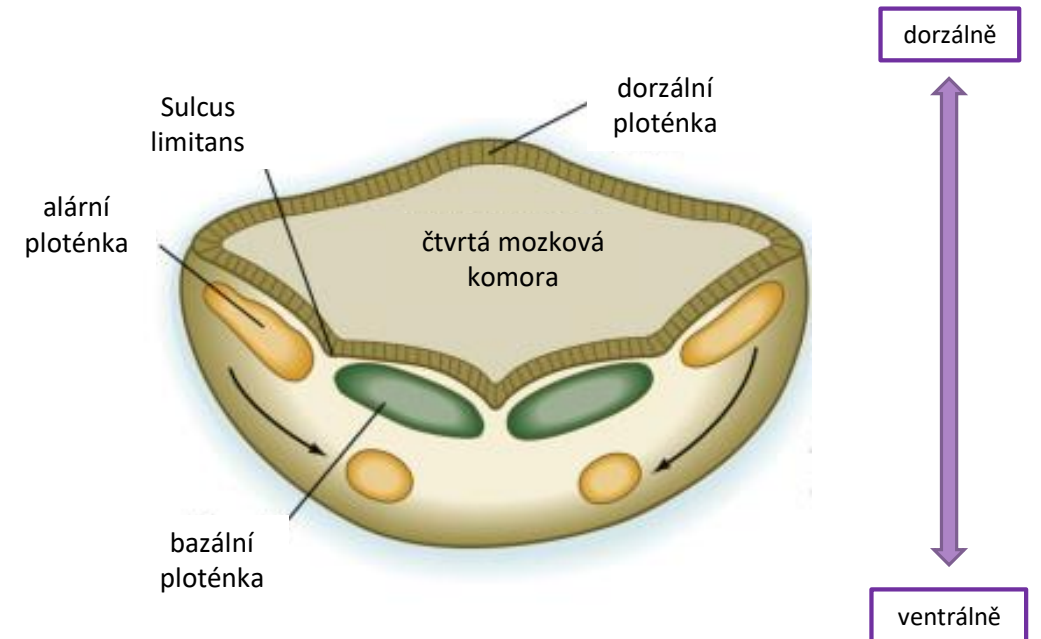
- **Rhombencefalon**

- Metencefalon – kraniální část; Varolův most, mozeček
- Myelencefalon – kaudální část; prodloužená mícha



Vývoj mozku - rhombencefalón

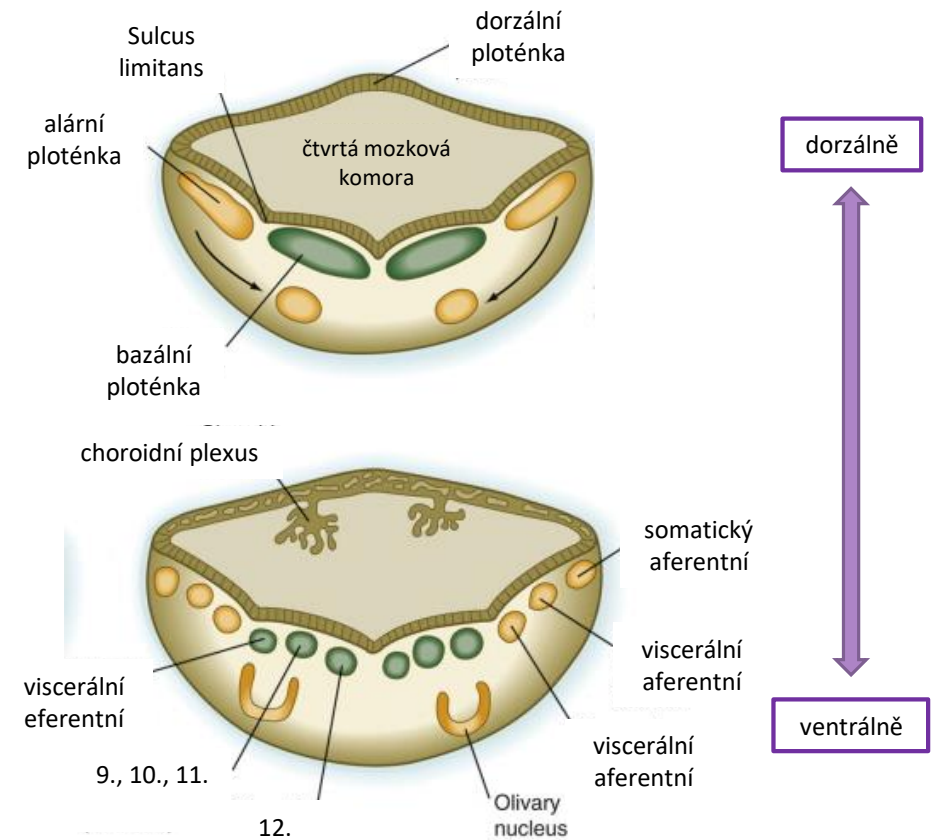
- o po uzavření **neuroporu** – roztahování laterálních **stěn** rhombencefala **dorzálně**
- o protahování **dorzální ploténky** do stran a **dorzálně** – vznik **kosočtvercového** útvaru – čtvrtá mozková komora
- o mozková komora kryta tenkou vrstvou **ependymových** buněk
- o kraniálně – vznik **metencefala**
- o kaudálně – vznik **myelencefala**



Sadler, 1990. Langmanova lékařská embryologie

Vývoj mozku - myelencefalon

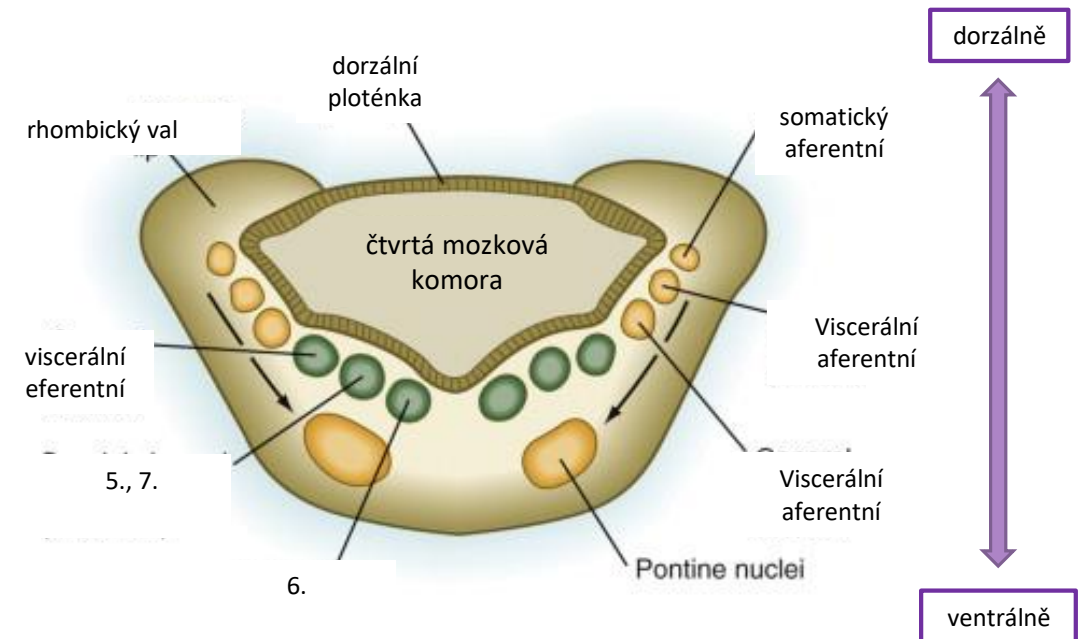
- **myelencefalon** – kaudální část rhombencefala
- **myelencefalon** – propojení míchy a mozku → **prodloužená mícha**
- roztahování stěn do stran – alární ploténky uloženy laterálně, bazální ploténky mediálně
- dorzální a ventrální ploténky **vytvořeny**
- **dorzální ploténka** tvořena jednou vrstvou **ependymových** buněk krytých buňkami vznikajících **cév** (mezoderm) – **pia mater (omozočnice, prokrvený obal přiléhající těsně k mozku)**
- **ependym a pia mater čtvrté komory** → **tela choroidea, invaginace do čtvrté komory** – vznik **choroidního plexu** (tvorba mozkomíšního moku)
- **vývoj kraniálních nervů** - VI. odtahující, VII. lícní, VIII. sluchově-rovnovážný, IX. jazykohltanový, X. bloudivý, XI. přídatný, XII. podjazykový



Sadler, 1990. Langmanova lékařská embryologie

Vývoj mozku - metencefalon

- o **metencefalon** – kraniální část rhombencefala
- o **metencefalon** – vývoj dorzálně uloženého mozečku a ventrálně uloženého Varolova mostu
- o vývoj stejně jako u myelencefala - roztahování stěn do stran – alární ploténky uloženy laterálně, bazální ploténky mediálně
- o dorzolaterálně – vznik **rhombických valů** (základy mozečku)
- o vývoj V. hlavového nervu - **trojklanný**



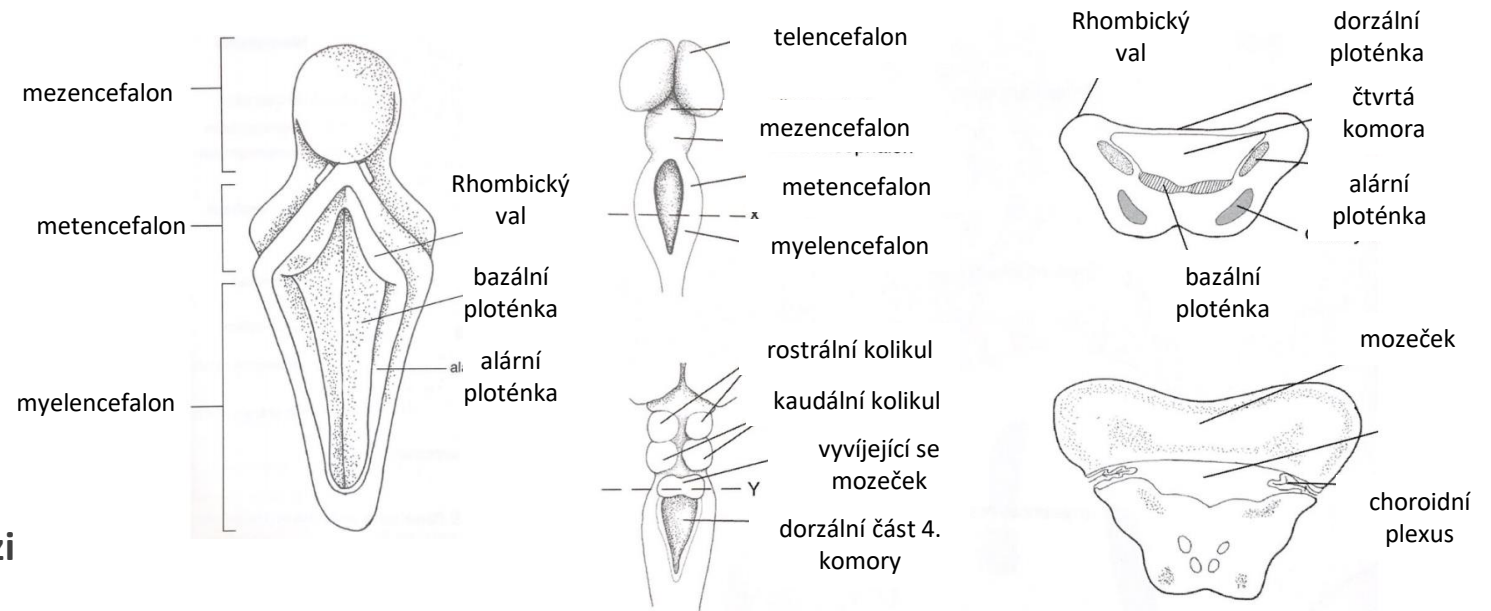
Sadler, 1990. Langmanova lékařská embryologie

Vývoj mozečku

- o původ v dorzolaterálních částech alárních plotének rhombencefala – **rhombické valy**

- o rhombické valy se přibližují v oblasti blízké mezencefalu – proliferací buněk valů vznikají základy **mozečkových hemisfér**

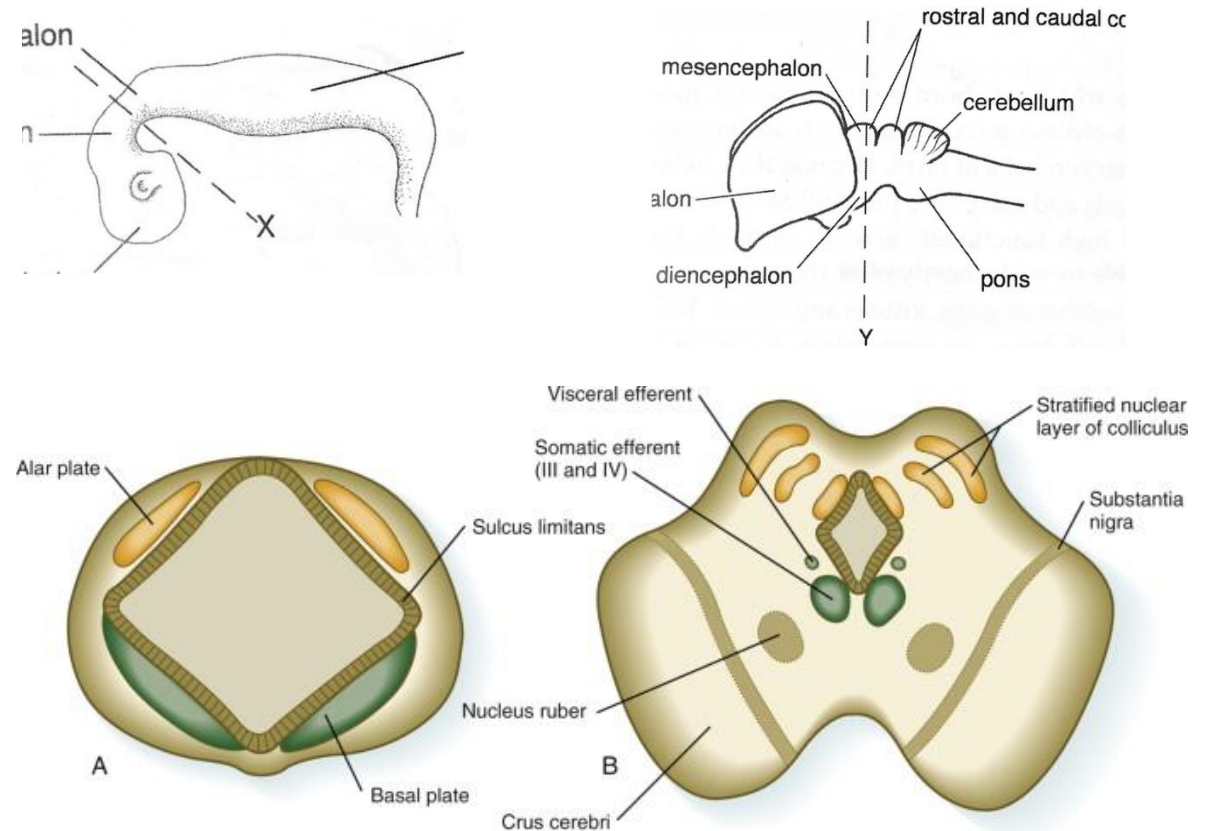
- o další dělení buněk způsobuje spojení základů a **fúzi mediálně** – vznik **jednoho** mozečkového **základu** překrývající čtvrtou komoru



upraveno McGeady et al. Veterinary Embryology. 2009

Vývoj mozku - mezencefalón

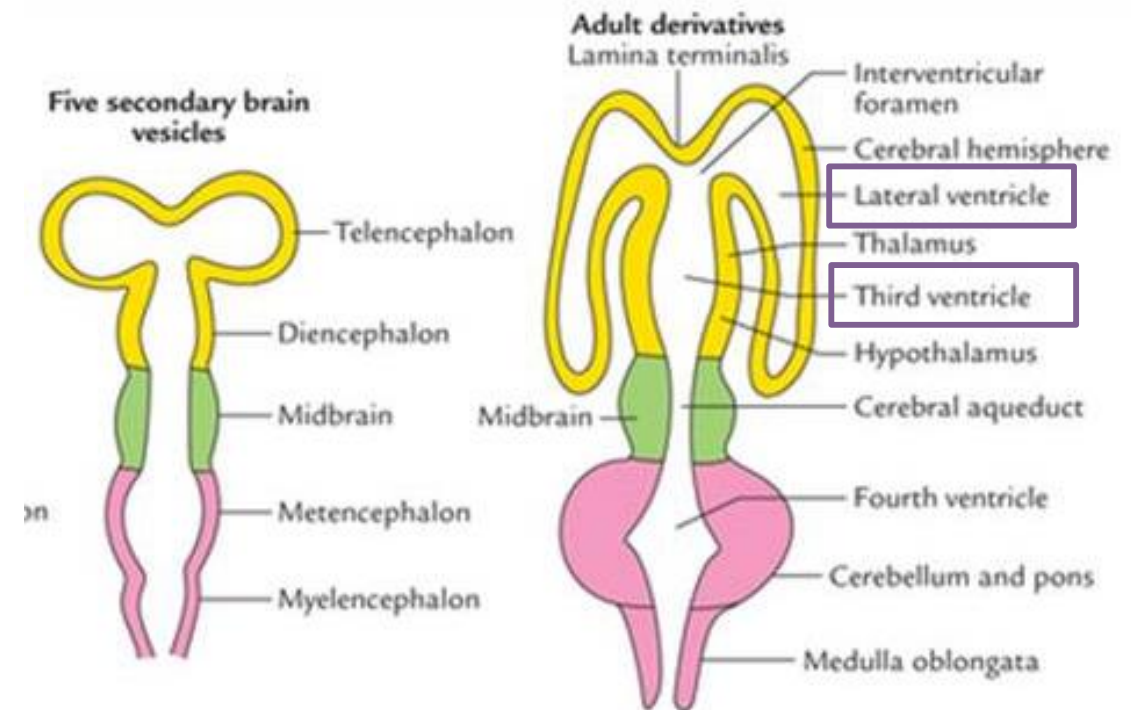
- menší vývojové změny oproti ostatním částem mozku
- **mediální expanze alárních a bazálních plotének** – utlačení ventrální a dorzální ploténky – redukce neurálního kanálu – vznik tzv. **mezencefalického akvaduktu**
- **bazální ploténky** – vznik **motorických jader kraniálních nervů** (III. okohybný, IV. kladkový)
- **crura cerebri** – zvětšení okrajových zón bazálních plotének – cesty pro sestupné nervy z mozečkové kůry do mostu a míchy
- neuroblasty z **alárních plotének** osidlují tektum (dorzální část mezencefala) – vznik čtyř jader se zrakovou a sluchovou funkcí – kraniální a kaudální párové kolikuly
- **substantia nigra** – migrace alárních buněk ventrálně (tvorba dopaminu), motorická funkce



Sadler, 1990. Langmanova lékařská embryologie

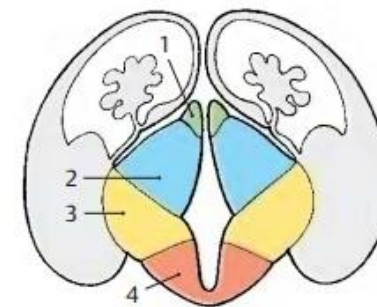
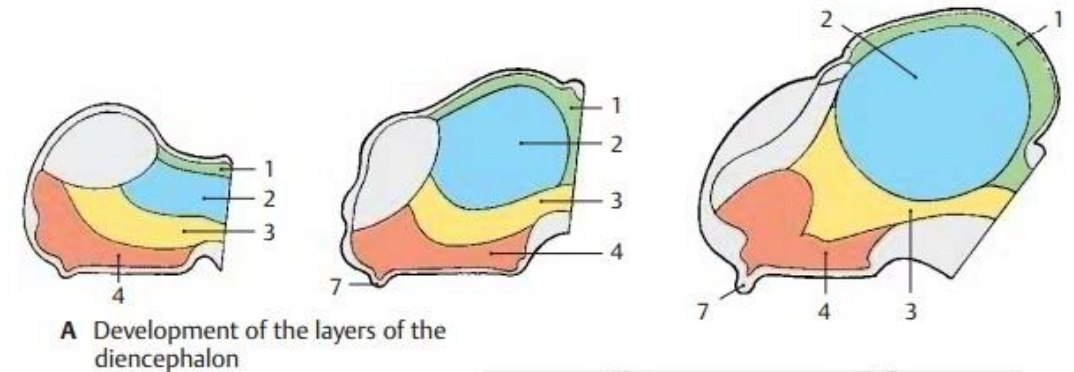
Vývoj mozku - prozencefalon

- nejvíce **rostrální** část **mozku** – rostrálně telencefalon, kaudálně diencefalon
- Prozencefalon:
 - **Telencefalon** – kraniální část; mozkové hemisféry, čichový lalok
 - **Diencefalon** – kaudální část; oční vřetky, thalamus, neurohypofýza, epifýza
- dutina **diencefala** – **třetí** mozková komora
- dutina **telencefala** – párové **laterální komory**

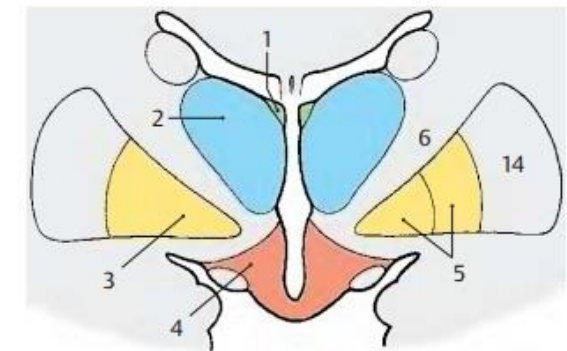


Vývoj mozku - diencefalon

- kaudální část předního mozku
- diencefalon **nevytváří bazální** ploténky – vývoj z **alárních** plotének a z **dorzální** ploténky
- vznik tří mediálních výrůstků z laterálních stěn :
 - dorzálně – **epitalamus** (1)
 - střed – **dorzální thalamus** (2), **subthalamus** (3)
 - ventrálně – **hypotalamus** (4)
- růst **thalamu** (senzorické centrum mozku) mediálně do komory – redukce dutiny
- **hypotalamus** – centrum spánku, trávení, termoregulace, chování
- **ventrálně** – vznik infundibula **neurohypofýzy**
- **kaudální část dorzální** ploténky - **epifýza**



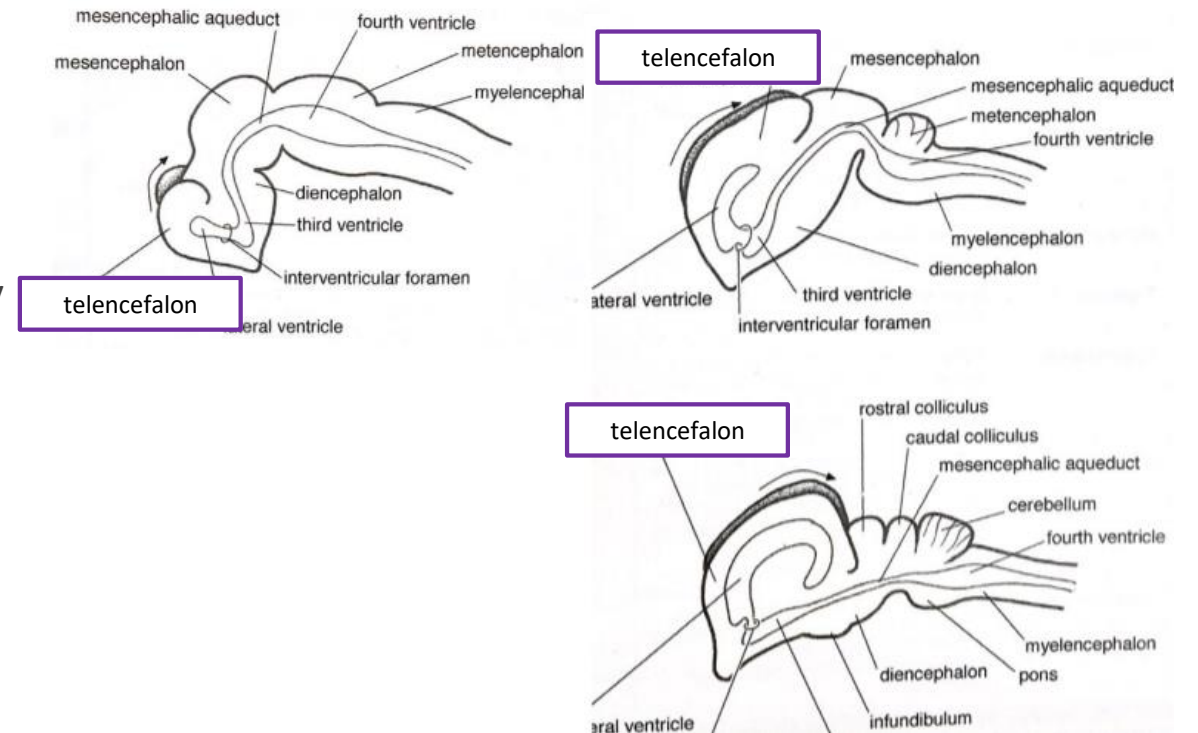
B Structure of the diencephalon in the embryonic brain



C Structure of the diencephalon in the adult brain

Vývoj mozku - telencefalon

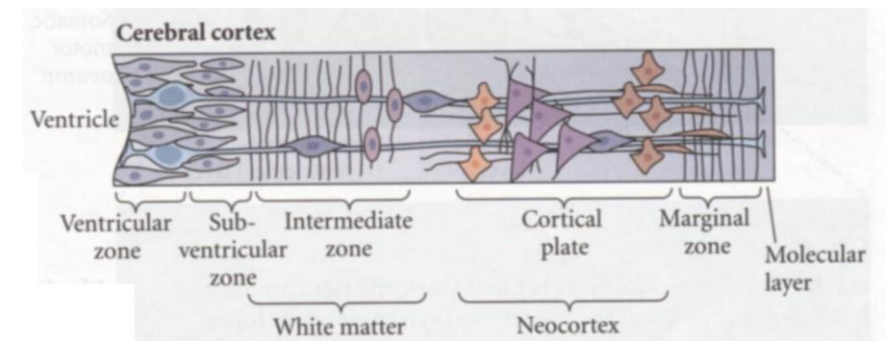
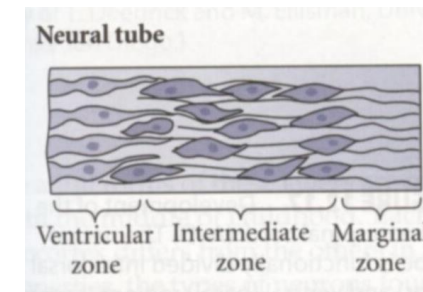
- o **nejvíce rostrální** část mozku – centrální část lamina terminalis, dvě laterální divertikula – vznik **hemisfér**
- o dutiny laterálního divertikula komunikují s třetí komorou diencefala
- o **expanze** hemisfér – **redukce** laterálních komor i třetí komory
- o vývoj telencefala – nejdříve expanze **rostrálně**, následována **dorzální** expanzí, pokračování **kaudální** expanzí, zakončení **ventrální** expanzí – vznik hemisfér tvaru C
- o hemisféry překrývají diencefalon, mezencefalon a rostrální část rhombencefala – rozvoj **mozkové kůry**
- o největší část - rozvoj center pro **učení a paměť, intelekt a emoční reakce**



upraveno McGeady et al. Veterinary Embryology. 2009

Diferenciace buněk mozkové kůry

- 3 základní zóny – ventrikulární, intermediární, marginální
- počátek tvorby kůry – asymetrické dělení radiálních glií – vznik radiálních glií a neuronů
- intermediární progenitory (IP) migrují z ventrikulární do subventrikulární zóny – symetrické dělení IP – vznik identických neuronů
- migrace IP do kortikální zóny přes intermediární zónu (budoucí bílá hmota)
- kortikální vrstva tvořena (od vnitřní po vnější):
 - Fusiformní – menší pyramidové buňky, interneurony
 - Vnitřní pyramidální – větší pyramidové neurony
 - Vnitřní granulární – nahuštěné malé granulární buňky
 - Vnější pyramidální – pyramidové buňky, krátké výběžky
 - Vnější granulární – nahuštěné menší granulární buňky
 - Molekulární – stelátní a košové (basket) buňky



Vývojové vady mozku

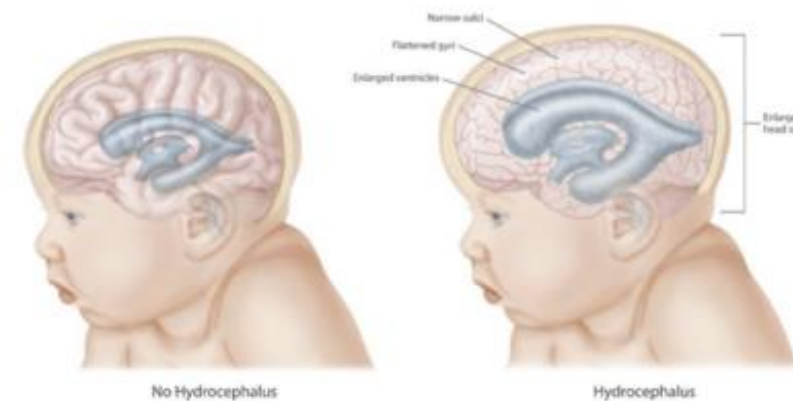
○ Makrocefalie

- Zvětšení částí mozku
- Nejčastěji způsobeno zvýšenou proliferací neuronů a gliových buněk



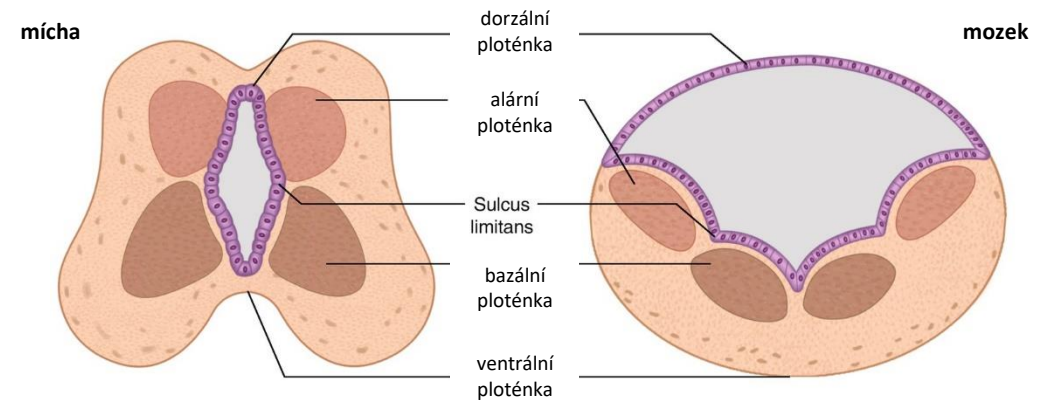
○ Hydrocefalie

- Zvýšená produkce a akumulace mozkomíšního moku v mozku, nejčastěji způsobeno špatným propojením komor
- Zvětšení komor způsobuje zvýšený tlak na mozek
- Zvýšený tlak vede k bolestem hlavy, problémům s rovnováhou, dvojitě vidění, inkontinence, mentální změny

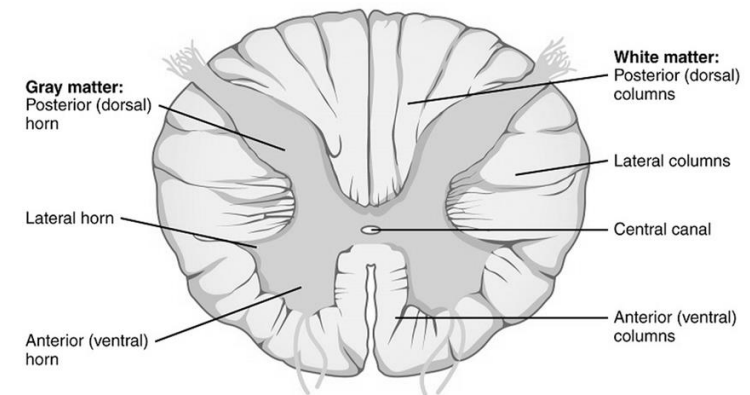


Vývoj míchy

- vývoj míchy z neurální trubice **kaudálně** od rhombencefala
- uzavřená neurální trubice se rozlišuje dorzoventrálně:
 - **ventrálně** – **ventrální ploténka (floor plate)**, vývoj ovlivněn vlivem notochordu
 - **ventrolaterálně** – **bazální ploténka (basal plate)**
 - **dorzolaterálně** – **alární ploténka (alar plate)**
 - **dorzálně** – **dorzální ploténka (roof plate)**, vývoj ovlivněn vlivem povrchového ektodermu (epidermis)
 - **Sulcus limitans** – oddělení bazální a laterální ploténky
- alární a bazální ploténky – vznik **proliferací neuroblastů plášťové vrstvy**
- **dorzální (alární)** – vznik **interneuronů**
- **ventrální (bazální)** – tvorba **motorických neuronů**
- intenzivní buněčné dělení, fúze plotének – typický motýlí tvar šedé hmoty



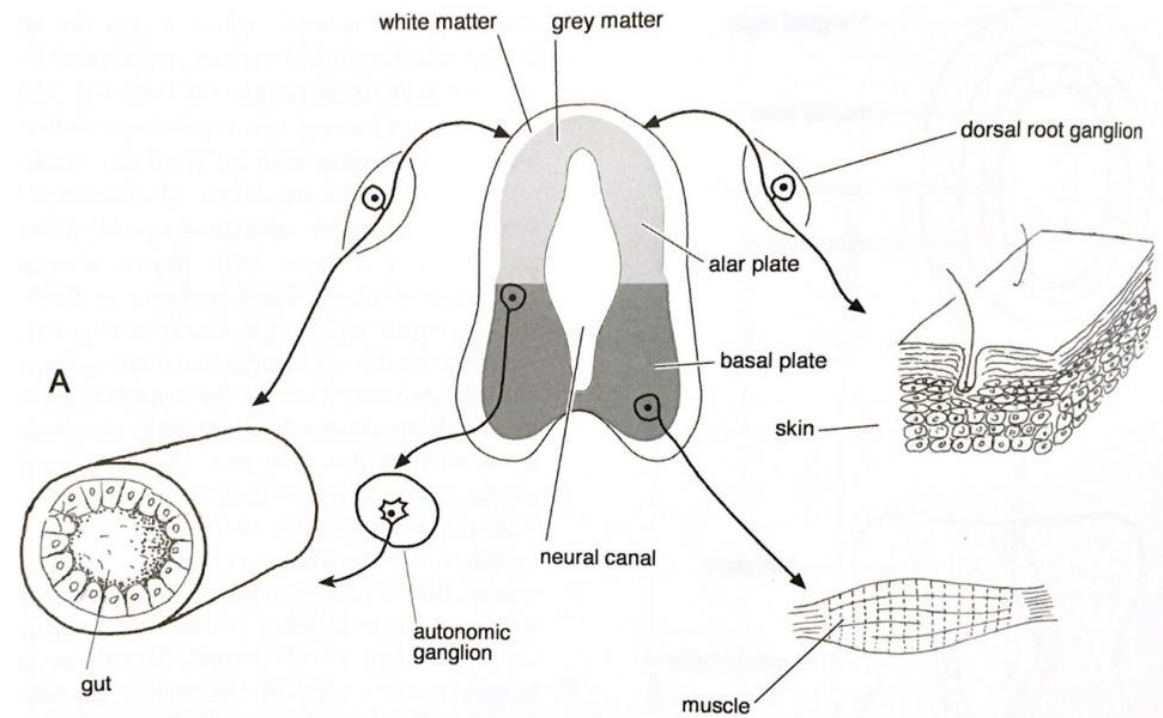
O`Kane and Begg. Clinical Embryology



Vývoj ventrálních a dorzálních míšních rohů

- o vznik **motorických neuronů (bazální ploténka)**:
- o **ventrální roh** - motorický axon vyrůstá z neuroblastu – inervace **efektorového orgánu (sval)**
- o **laterální roh** – motorický axon vyrůstá z neuroblastu k autonomnímu gangliu, axony vyrůstají z neuroblastů autonomního ganglia – inervace autonomního orgánu (střevo)

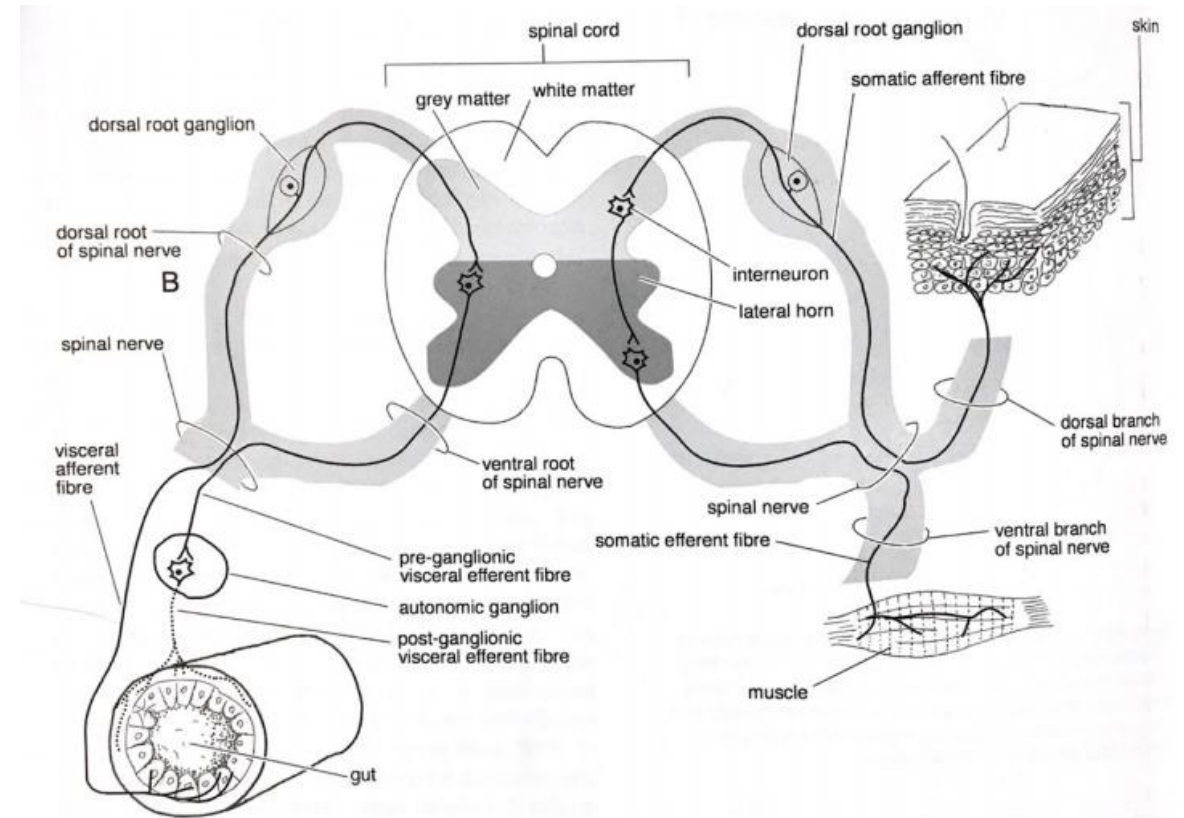
- o vznik **senzorických neuronů (neurální lišta)**:
- o **somatický** neuroblast dorzálního ganglia – jeden výběžek vyrůstá směrem k dorzálnímu rohu, druhý výběžek zakončen v somatickém senzitivním receptoru (kůže)
- o **viscerální** neuroblast dorzálního ganglia - jeden výběžek vyrůstá směrem k dorzálnímu rohu, druhý výběžek zakončen ve viscerálním senzitivním receptoru (střevo)



upraveno McGeady et al. Veterinary Embryology. 2009

Vývoj míšních nervů

- **interneurony** – propojení neuronů v CNS
 - přijímání informací ze sensorických neuronů nebo interneuronů
 - předávání informací motorickým neuronům nebo interneuronům
- **eferentní vlákna** – vedou informace z CNS do tkání a orgánů, vznik z bazálních plotének
- **aferentní vlákna** – vedou informace z periferie do CNS, vznik z buněk neurální lišty
- dohromady – **míšní nerv**, tvořený **dorzálními** (aferentní) a **ventrálními** (eferentní) **vlákn**y



upraveno McGeady et al. Veterinary Embryology. 2009

Vývoj kraniálních nervů

o 12 párů kraniálních nervů (10 párů z mozku, 2 páry mimo)

o senzorké:

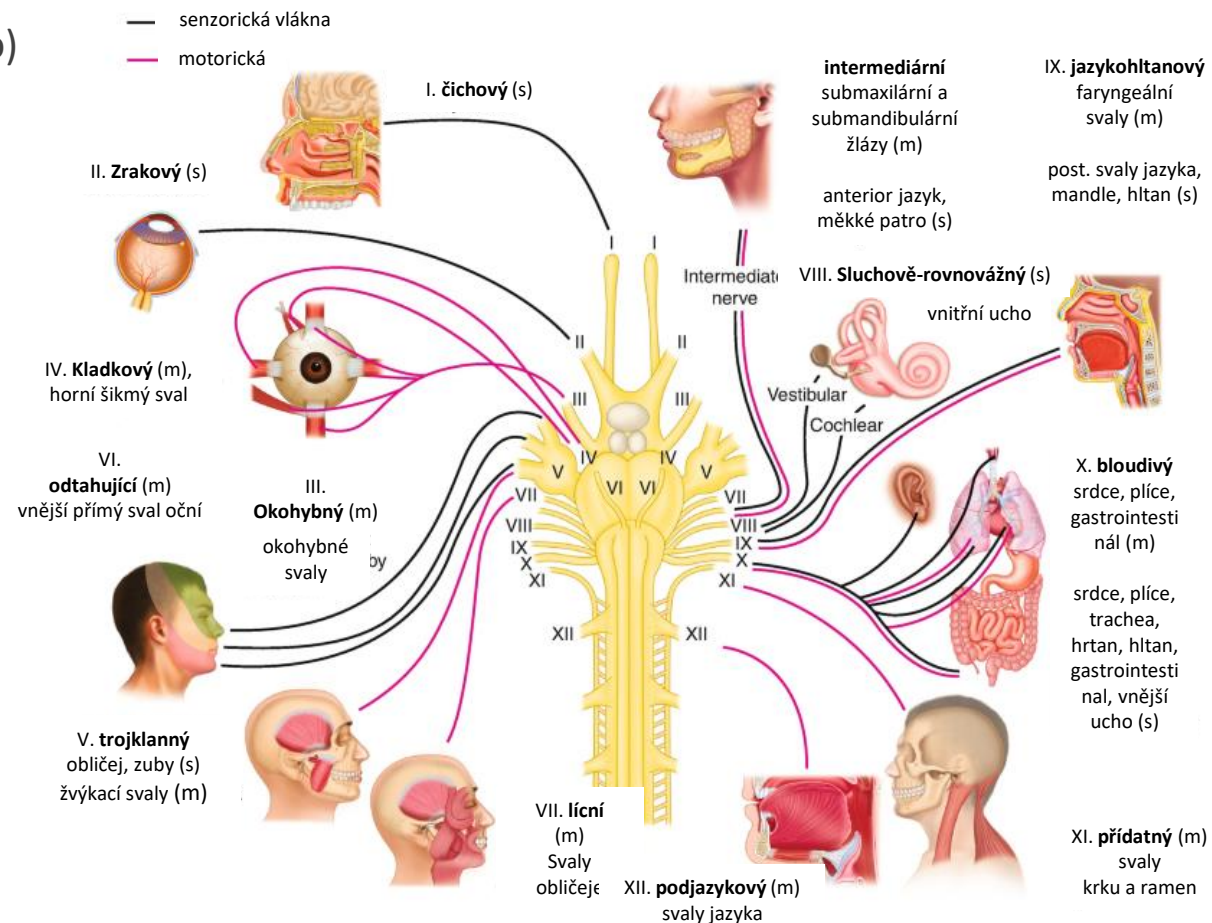
- o I. Čichový – vývoj z čichové plakody (čichový epitel)
- o II. Zrakový – vznik spojením retinálních gangliových buněk oka (původ – optický váček z předního mozku)
- o VIII. Sluchově-rovnovážný

o motorické:

- o III. Okohybný – svaly oka, somatický i viscerální
- o IV. Kladkový – svaly oka, somatický
- o VI. Odtahující – svaly oka, somatický
- o XI. Přídavný – svaly krku a ramen, somatický
- o XII. Podjazykový – svaly jazyka, somatický

o kombinované:

- o V. trojklanný – obličej, zuby, žvýkací svaly
- o VII. lícní – svaly obličeje
- o IX. jazykohltanový – faryngeální svaly, posteriorní svaly jazyka, mandle, hltan
- o X. bloudivý – srdce, plíce, gastrointestinál, vnější ucho



Vývoj periferního nervového systému

- části nervového systému mimo mozek a míchu:

- hlavové a míšní nervy
- senzorická a autonomní ganglia
- podpůrné buňky

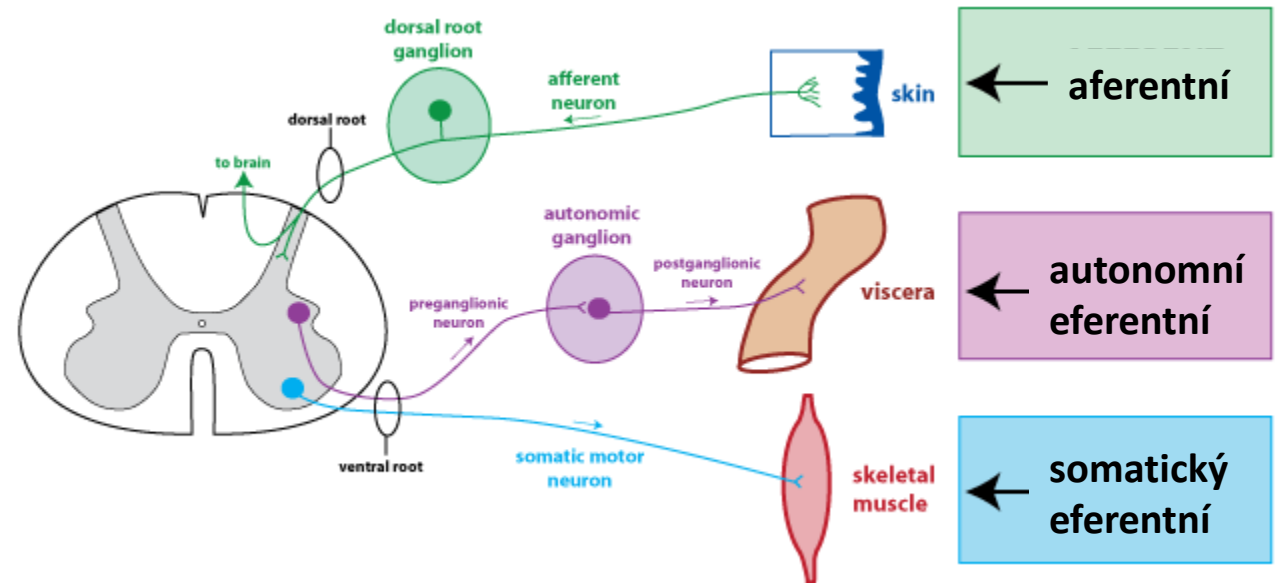
- CNS** – eferentní somatická a autonomní nervová vlákna z bazálních plotének

- neurální lišta:**

- aferentní nervová vlákna
- postgangliové neurony
- míšní, hlavová a autonomní ganglia
- gliové buňky

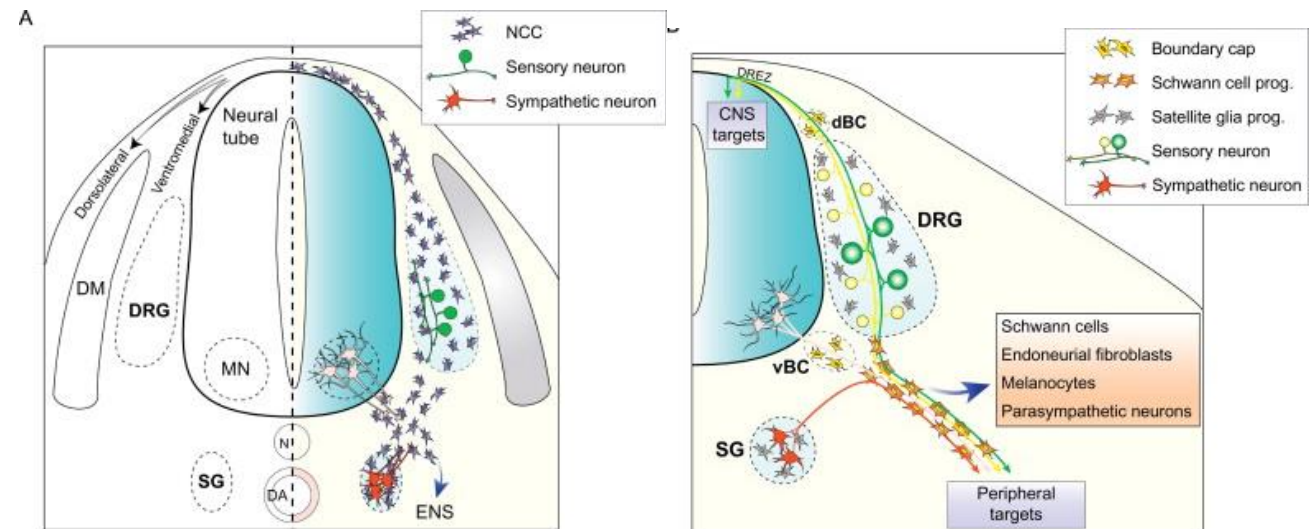
- plakodové tkáně** (ektodermové plakody senzoryckých systémů):

- část hlavových neuronů a ganglií



Vývoj dorzálních kořenových ganglií

- **seskupení těl neuronů** zodpovědných za přenos sensorických informací z receptorů (termoreceptory, nocireceptory, proprioreceptory, chemoreceptory) do CNS
- **těla neuronů oddělena satelitními** gliovými buňkami – zabránění přenosu signálu mezi těly neuronů
- buňky hrudní **neurální lišty migrují** ventrálně
- zastavení **mediálně** od somitů
- vznik dvou populací buněk:
 - **sensorické neurony**
 - **gliové buňky** (satelitové, Schwanovy)
- neuron:
 - výběžek dorzomediálně (nervová trubice)
 - výběžek ventrolaterálně (napojení na vznikající míšní nerv)



Autonomní nervový systém

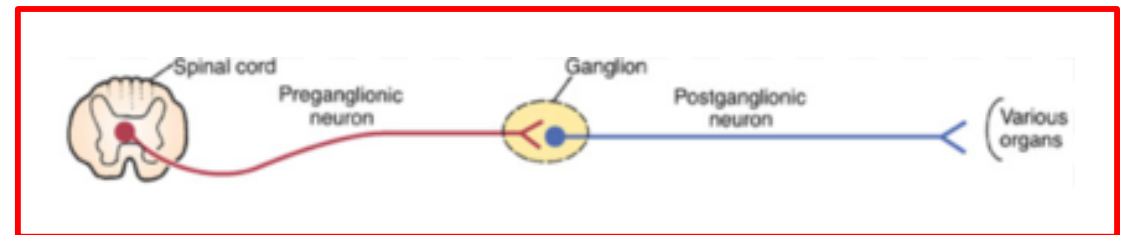
- o obecný viscerální eferentní systém – regulace systémů nezávislých na vůli (hladká a srdeční svalovina, exokrinní a endokrinní žlázy)

- o rozdělení na:

- o **sympatikus**
- o **parasympatikus**

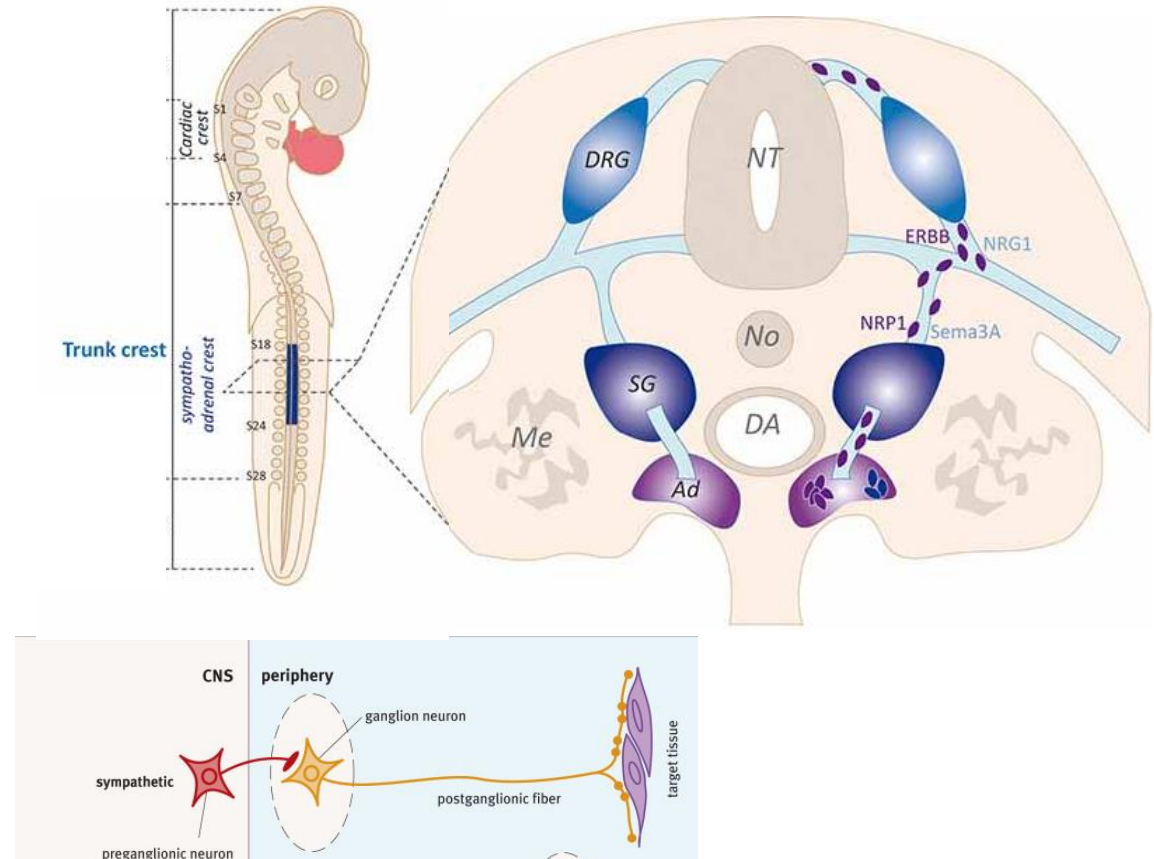
- o na rozdíl od **somatického** eferentního systému (jeden neuron), **autonomní** systém tvořen **dvěma neurony**

- o **přepojení** probíhá v **autonomním gangliu** (neurální lišta)



Sympatický nervový systém

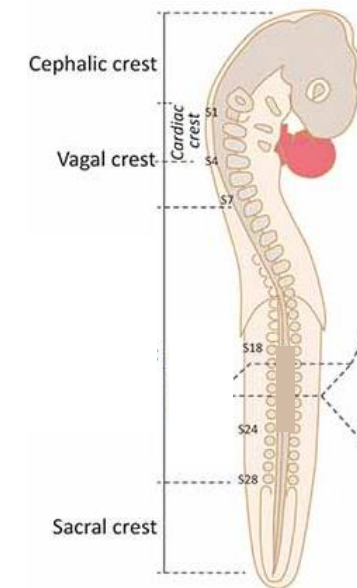
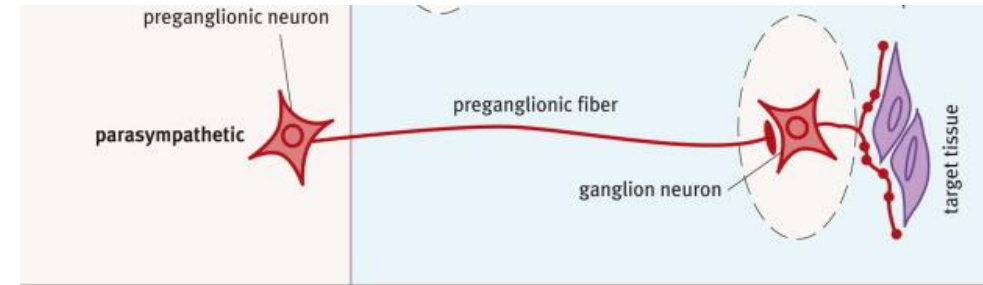
- sympatický systém se vyvíjí:
 - **pregangliové** neurony - **hrudní a lumbální část** míchy
 - **postgangliové** neurony a **ganglia** - **sympatoadrenální** populace hrudní neurální lišty
- Sympatická vlákna:
 - pregangliová - krátká
 - postgangliová - dlouhá
 - ganglia tvořena v blízkosti neurální trubice
- Myelinizace:
 - Vznik myelinové pochvy ze Schwannových buněk
 - Post-gangliový axon není myelinizovaný



Delloye-Bourgeois and Castellani, 2019. Front Mol Neurosci

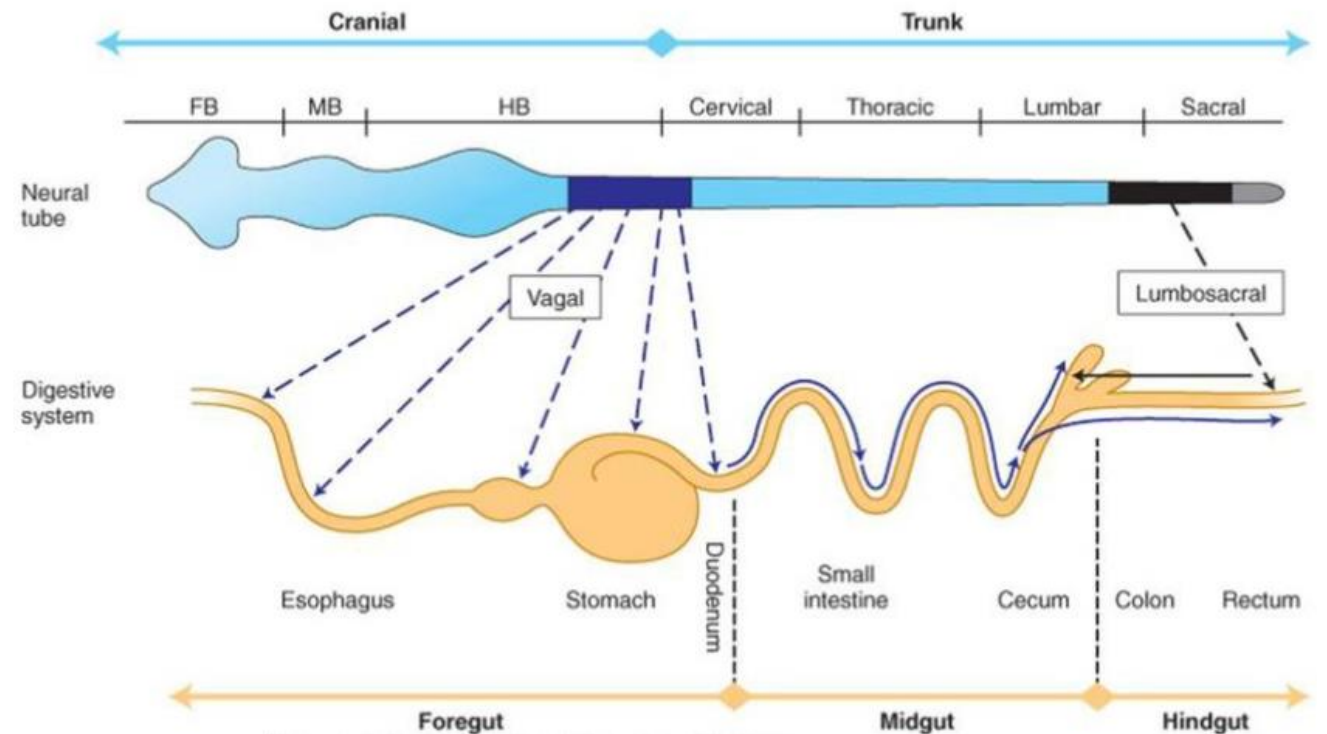
Parasympatický nervový systém

- parasympatický systém se vyvíjí:
 - pregangliové axony – mozkový kmen (součást hlavových nervů – okohybný, lícni, jazykohltanový, bloudivý)
 - ganglia a postgangliové neurony - z kraniální, vagální a lumbosakrální oblasti neurální lišty
- parasympatická ganglia vznikají v blízkosti nebo přímo v inervované tkáni
- parasympatická vlákna:
 - Pregangliová – dlouhá
 - Postgangliová – krátká
- Myelinizace:
 - Vznik myelinové pochvy ze Schwanových buněk
 - Post-gangliový axon není myelinizovaný



Enterický nervový systém

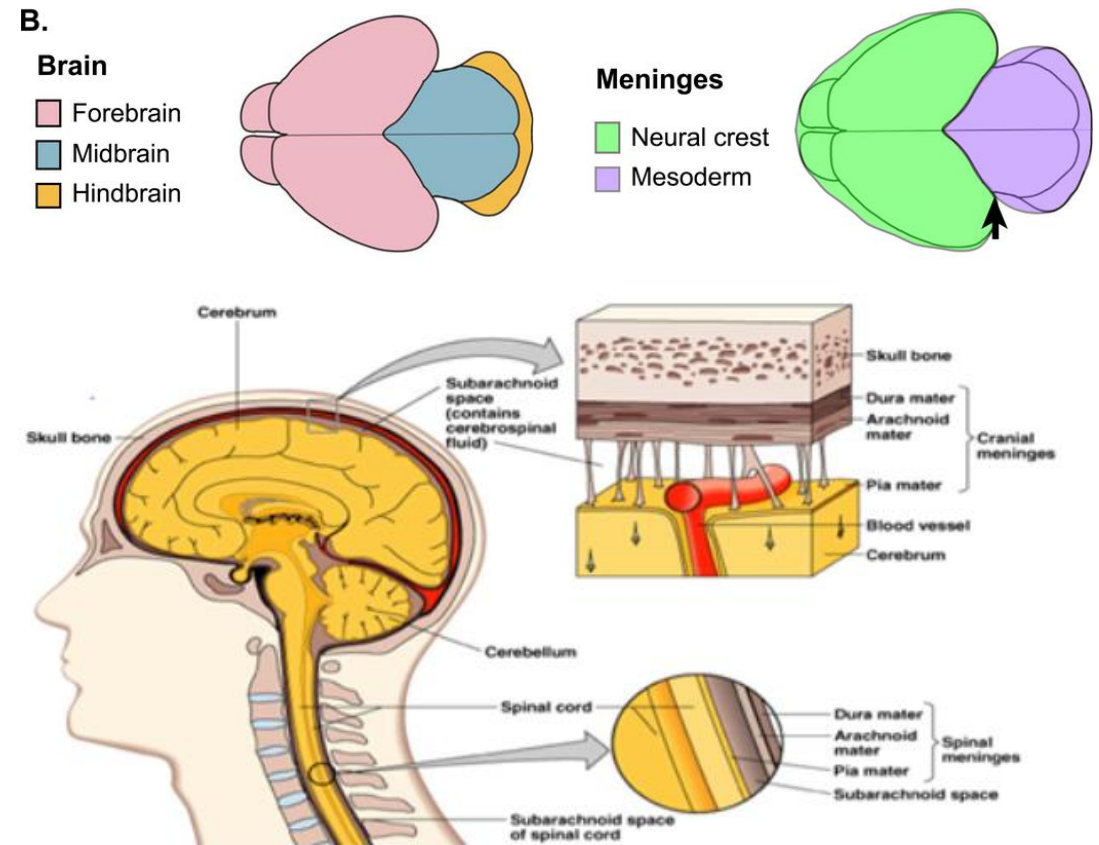
- řízení motility střev, sekrece, transportu vody a elektrolytů, prokrvení sliznice
- vzniká ze dvou zdrojů:
 - **vagální oblast neurální lišty** (koncový mozek), inervace téměř celého střeva až po 2/3 kolonu
 - **lumbosakrální oblast neurální lišty**, inervace poslední 1/3 kolonu a rektu
- **migrace buněk** neurální lišty do stěny vyvíjejícího se střeva, tvorba nervových pletení:
 - Submukoza – **Meissnerova** pletěň
 - vnější svalová vrstva – **Auerbachova** pletěň



Larsen Human Embryology, 2008

Vývoj obalů centrální nervové soustavy

- o ochrana neurální tkáně, připevnění ke kostem (kalva, páteř), proudění mozkomíšního moku
- o původ obalů – rozdílný u mozku a míchy
 - o rostrální část mozku – neurální lišta (přední mozek)
 - o kaudální část mozku a mícha – paraxiální mezoderm
- o mozkové obaly – 3 vrstvy:
 - o Vnější vrstva – **dura mater**
 - o Střední vrstva – **arachnoidea**
 - o Vnitřní vrstva – **pia mater**
- o vývoj z mezenchymové vrstvy, tzv. **primární meninx**
- o Rozrůznění primárního meningu na:
 - o Pachymeninx – dura mater
 - o Leptomeningis – arachnoidea a pia mater



Dasgubta and Jeong, 2019. Genesis

Poznatky z dnešní přednášky

- Původ a vývoj nervové soustavy u bezobratlých
- Původ a vývoj nervového systému u obratlovců
- Neurulace
- Vývoj neurální trubice
- Vývoj mozku
- Vývoj míchy
- Vývoj periferního nervového systému
- Vývojové vady