

Vývoj mozku

Základ centrální nervové soustavy tvoří na začátku **3. týdne** ploténka ztlustělého ektodermu – **neurální ploténka**. Má tvar pantoflíčku ležícího ve střední čáře na dorzální straně embrya před primitivním uzlem (Hensenovým). Laterální okraje ploténky se zvedají a vytvářejí neurální valy. Nakonec se neurální valy přibližují k sobě až srostou, a vytvoří neurální trubici. Srůstání začíná v krční krajině a pokračuje kraniálním i kaudálním směrem, neurální trubice má otvory *neuroporus anterior et posterior*. Uzavírání neuroporů postupuje kraniálně i kaudálně a v stádiu 18–20 somitů dochází k úplnému uzavření předního neuroporu (25. den), uzávěr zadního neuroporu se uskutečňuje o dva dny později.

Na hlavovém konci neurální trubice se tvoří 3 **primární mozkové váčky**

1. Přední mozek neboli **prosencephalon**.
2. Střední mozek neboli **mesencephalon**.
3. Zadní mozek neboli **rhombencephalon**.

Současně se tvoří **ohbí**

1. Týlní ohbí neboli **flexura cervicalis** – hranice zadního mozku a míchy.
2. Temenní ohbí neboli **flexura cephalica** – oblast středního mozku.

Změny v 5. týdnu

1. Prosencephalon se skládá ze 2 částí:
 - **telencephalon** neboli koncový mozek;
 - **diencephalon** neboli mezimozek.
2. Mesencephalon.
3. Rhombencephalon:
 - **metencephalon**;
 - **myelencephalon**.

Na jednotlivých oddílech mozku můžeme v 5. týdnu rozlišit tato struktury:

- telencephalon – **lamina terminalis** (střední část) a dvě postranní vyklenutí, **základy mozkových hemisfér**;
- diencephalon – vyrůstají z něho **oční váčky**;
- **isthmus rhombencephali** – zúžení, které odděluje mesencephalon a rhombencephalon;
- **flexura pontis** – hranice mezi metencephalon a myelencephalon.

Medulla spinalis, hřbetní mícha, má uvnitř kanálek, canalis centralis, který pokračuje do dutiny v mozkových váčkách

- v rhombencephalon – **4. mozková komora**;
- v diencephalon – **3. mozková komora**;
- v telencephalon, resp. mozkové hemisféry – **laterální komory** jsou spojeny se třetí komorou pomocí **foramen interventriculare (Monroi)**;
- v mesencephalon – **aqueductus mesencephali (Sylvii)**.

Bazální a alární ploténka, resp. motorická a senzitivní oblast, odděluje sulcus limitans v rhombencephalu i mesencephalu. V prosencephalu je toto rozdělení setřeno velkým rozvojem alární ploténky a redukcí ploténky basální.

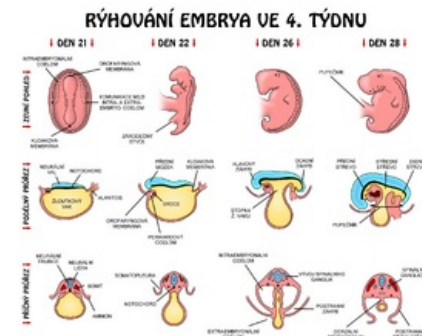
Rhombencephalon

Myelencephalon

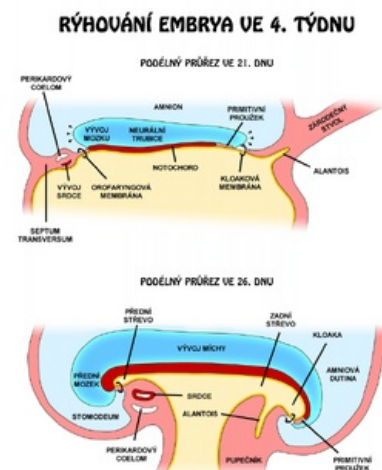
- **Myelencephalon** je mozkový váček, ze kterého vzniká prodloužená mícha.
- Odlišnost od míchy spočívá v rozevření, při kterém alární ploténky leží více laterálně.

Bazální ploténka

- obsahuje motoneurony seskupené v jádrech, které dělíme na 3 skupiny:
 1. Mediální somatomotorická jádra.
 2. Laterální somatomotorická jádra.
 3. Visceromotorická jádra.
- Mediální somatomotorická jádra – **mediální řada somatomotorických jader**.
 - Představuje rostrální pokračování motoneuronů předních rohů míšních, pokračuje až do mesencephala.
 - Jádro n. hypoglossus (XII) – svaly jazyka.
- Laterální somatomotorická jádra – **laterální řada somatomotorických jader**.

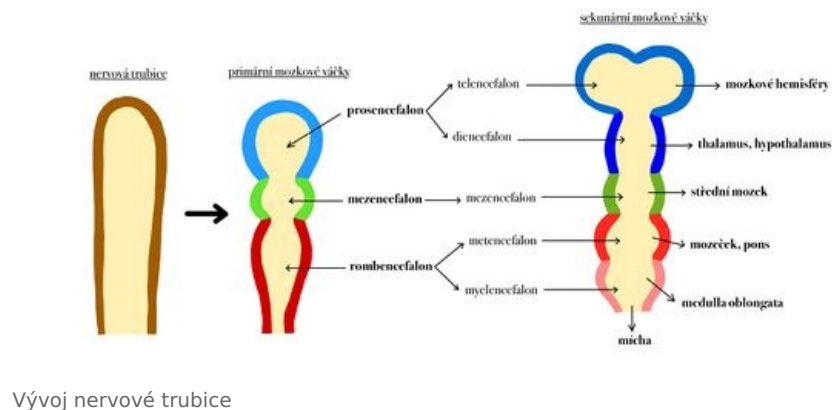


4. týden embryonálního vývoje.



4. týden embryonálního vývoje.

- Jádra:
 - n. glossopharyngeus (IX),
 - n. vagus (X),
 - n. accessorius (XI).
- Visceromotorická jádra – **visceromotorická řada jader**.
 - Inervují srdce, hladkou svalovinu a žlázy DS, TS, MPS (močopohlavní ústrojí).
 - V této řadě leží pregangliové neurony parasympatiku jejichž vlákna běží v:
 1. n. glossopharyngeus (IX),
 2. n. vagus (X).



Alární ploténka

- 3 skupiny jader, které přivádějí sensitivní (aferentní) podněty:
 1. **Somatické aferentní** – *speciální (sensorické)*, ke kterým přicházejí podněty z vnitřního ucha cestou n. vestibulocochlearis (VIII) a *obecné* – vlákna z kůže obličeje, přivádí především n. trigeminus do dlouhého jádra, které zasahuje do hřbetní míchy a do mesencephalu.
 2. **Speciální viscerosensitivní** – sensorické vlákna z chuťových pohárků, přicházejí n. trigeminus (V), n. facialis (VII), n. glossopharyngeus (IX), n. vagus (X), končí v nucleu solitarii těsně u sulcus limitans.
 3. **Obecné viscerosensitivní** – vlákna ze sliznic TS, DS a ze srdce. Spojí se se sensorickými vlákny chuťových pohárků.

Stropová ploténka myelencephala, tela choroidea

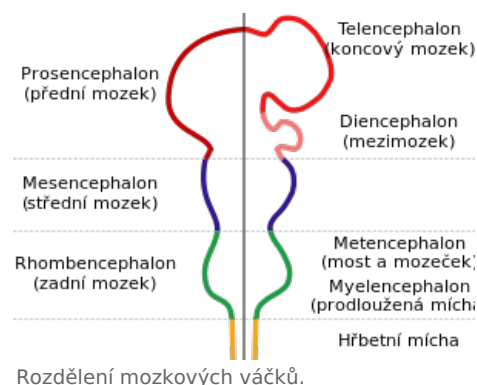
- Stropová ploténka myelencephala se skládá z jedné vrstvy ependymových buněk krytých mesenchymem pia mater obsahujícím cévy.
- Tvoří strop 4. mozkové komory a do její dutiny vystupují plexus choroideus – je místem produkce mozkomíšního moku.

Metencephalon

- **Metencephalon** se člení na Varolův most a mozeček.

Varolův most

- **Varolův most** je v dorzální části rozdělen na alární a bazální ploténku. Ventrální část mostu obsahuje dráhy propojující mozkovou kůru, míchu a mozeček.
- Bazální ploténka je uspořádána podobně jako v myelencephalu, resp. je jí pokračováním, a obsahuje 3 řady jader hlavových nervů:
 - mediální řada somatomotorických jader: n. abducens (VI), n. trochlearis (IV), n. oculomotorius (III) – inervují okohybné svaly;
 - laterální řada somatomotorických jader: n. facialis (VII), n. trigeminus (V) – inervují 1. a 2. faryngový oblouk;
 - řada visceromotorických jader obsahující parasymptické pregangliové neurony, jejichž axony opouštějí mozkový kmen cestou n. facialis (VII) a n. oculomotorius (III) – zásobují submandibulární a sublinguální žlázu;
 - bazální ploténka obsahuje také jiná jádra, která nejsou pokračováním jader myelencephala, a také obsahuje jádra retikulární formace;
 - okrajová vrstva bazální ploténky narůstá průběhem vláken přicházejících z mozkové kůry do mozečku a do míchy.
- Z alární ploténky pocházejí jádra, nuclei pontis, z nich je část vláken přepojována z kůry do mozečku. Obsahuje také jádra, která jsou pokračováním senzitivních a sensorických jader alární ploténky myelencephala:
 - somatické aferentní – n. trigeminalis (III);
 - speciální viscerosensitivní;
 - obecní viscerosensitivní.



Cerebellum

- **Cerebellum** je částí metencephalonu.
- Dorsolaterální části alární ploténky se ohýbají mediálně a vytvářejí valy, které se těsně pod mesencephalem setkávají ve střední čáře.
- Následkem prohlubenní flexura pontis se valy stlačí a vytvoří mozečkovou ploténku.
- Ve 12. týdně je patrna malá část vermis, a dvě laterální části – hemisféry.

- Koncem 3. měsíce fissura posterolateralis oddělí lobus flocculonodularis, na vestibulární část mozečku, od přední části mozečku.
- Přední část mozečku se počátkem 4. měsíce rozdělí hlubokou rýhou, fissura prima, na lobus anterior (spinální mozeček) a na lobus posterior, pontinní mozeček.
- Později se mozeček člení na jednotlivé folia.
- Mozečková ploténka je tvořena nejdříve 3 vrstvami:
 1. periventrikulární;
 2. plášťovou;
 3. marginální.
- Další vývoj mozečku je komplikován vytvořením dvou germinálních vrstev a až koncem 3. měsíce migrují prekursori jednotlivých buněčných typů do svých definitivních vrstev:
 1. vnitřní germinální vrstva – periventrikulární + plášťová vrstva;
 2. zevní germinální vrstva – vytváří se na povrchu mozečku z buněk vnitřní germinální vrstvy.
- Neuroblasty z vnitřní germinální vrstvy migrují směrem k povrchu mozečku a diferencují se z nich Purkyňovy a Golgiho buňky.
- Z buněk, které nemigrovaly, se diferencují neurony mozečkových jader.
- Neuroblasty ze zevní germinální vrstvy migrují podél radiální glie do hloubi mozečku a diferencují se z nich granulární, hvězdčité a košičkovité buňky.
- Gliové buňky pocházejí z obou germinálních vrstev. Mozečková jádra jsou diferencována ještě před narozením, ale kůra mozečku dosahuje svého definitivního uspořádání až po narození.

Mesencephalon

- **V basální ploténce** se nacházejí dvě skupiny motorických jader:
 - mediální řada somatomotorických jader – vystupují z nich axony inervující okohybné svaly cestou n. oculomotorius (III) a n. trochlearis (IV);
 - malé visceromotorické jádro nucleus accessorius n. oculomotorii – jehož pregangliové axony po přepojení v ggl. ciliare inervují m. sphincter pupillae a m. ciliaris.
- Pod basální ploténkou, v její marginální zóně, se tvoří crura cerebri:
 - sestupují z ní axony z mozkové kůry do center v prodloužené míše.
- **V alární ploténce:**
 - jsou zpočátku patrné jako dva podélné hrbolky oddělené mělkým žlábkem ve střední čáře;
 - příčný žlábek rozdělí podélné hrbolky a vznikne čtverohrbolí s párovými colliculi superiores et inferiores;
 - **colliculi superiores** a oblast před nimi – jsou centrem zrakových reflexů;
 - **colliculi inferiores** – přepojována sluchová dráha;
 - Čtverohrbolí se formuje během několika vln migrace neuroblastů, které směřují vždy do nepovrchovější vrstvy. Výsledkem je vrtevnaté uspořádání patrné v colliculi superiores;
 - **nucleus ruber** a **substantia nigra** pocházejí z neuroblastů alární ploténky.

Prosencephalon

- **Prosencephalon** je vysoce specializovanou částí CNS a soudí se, že telencephalon a diencephalon jsou deriváty alární a stropové ploténky a že basální ploténka není v předním mozku vytvořena. Také segmentace je pouze v předním mozku naznačena a naznačené segmenty se popisují jako **prosomery**.

Diencephalon

- Diencephalon je vytvořen ze střední části prosencephala:
- **spodinová a basální ploténka nejsou patrné;**
- **oblasti stropové ploténky** odpovídá vpředu v diencephalu vrstva ependymových buněk, které pokrývá vaskularizovaný mesenchym – tvoří strop 3. mozkové komory, **tela choroidea ventriculi tertii**. V zadní části stropové ploténky se diferencuje:
 - **epithalamus s epifysou, corpus pineale** – epifysa se zakládá jako ztlustění ependymu, které se v 7. týdně začíná vychlípovat. Nakonec se vyvine v solidní orgán zasahující až mezi colliculi superiores. Produkuje melatonin, který se uplatňuje v regulaci hormonálních a cirkadiálních rytmů jako reakce na střídání světla a tmy.
- **oblasti alární ploténky;**
- tvoří struktury diencephala po stranách 3. komory. Na jejich vnitřní straně je žlábek, **sulcus hypothalamicus**, který tuto část diencephala dělí:
 - na dorsální oddíl, **thalamus**. Proliferační aktivita buněk v oblasti thalamu způsobí jeho vyklenutí do dutiny 3. komory a často i ke srůstu thalamu obou stran, **adhesio interthalamica**. Je to největší část diencephala. Jeho jádra přepojují impulsy z periferních receptorů do příslušné oblasti kůry. Vstup zrakových a sluchových podnětů je přepojován v jádrech metathalamu (corpus geniculatum mediale et laterale);
 - ventrální oddíl, **hypothalamus** se postupně diferencuje v řadu jader a oblastí, které se uplatňují v řízení viscerálních funkcí (trávení, tělesná teplota, emoční chování, spánek), např. jedno z takových jader je corpus mamillare, které je patrné na ventrálním povrchu hypothalamu.
- z výběžku diencephala v oblasti **infundibula** se vyvíjí dorsální část **hypofyzy**. Druhá část, ventrální, vzniká z **ektodermové (Rathkeovy) výchlípků** ve stropu **stomodea**. Ve 3. týdně je Rathkeova výchlípek již patrná, postupně roste dorsálním směrem k infundibulu a koncem 2. měsíce ztrácí spojení s dutinou ústní a vstupuje do kontaktu s infundibulem. Během dalšího vývoje buňky v přední stěně Rathkeovy výchlípků proliferují a

diferencují se v buňky předního laloku hypofysy, **adenohypofysy**. Její malý výběžek, **pars tuberalis**, obklopuje stopku hypofysy. Ze zadní stěny Rathkeovy výchlípky vzniká pars intermedia a zadní lalok hypofysy, neurohypofysis, se diferencuje z **pituicytů**, které jsou modifikovanou neuroglií, obsahuje nervová vlákna z hypothalamu.

Telencephalon

- **Telencephalon** je nejrostrálnější z mozkových váčků.
- Je složen ze dvou laterálních výchlípek hemisfér a střední části, lamina terminalis.
- Uvnitř hemisfér jsou dutiny postranních komor – ventriculi laterales, které komunikují s 3. komorou otvorem foramen interventriculare.
- Hemisféry vznikají na začátku **5. týdne** vývoje jako vyklenutí laterální stěny prosencefala. Basální část hemisfér začíná **v polovině 2. měsíce** růst a vyklenovat se do dutiny postranních komor, ta je základem šedé hmoty basálních ganglií. Jejich největší centrální část se podle žíhaného charakteru v transverzálních řezech nazývá **corpus striatum**.
- Na mediální stěně hemisféry nedochází k tvorbě neuroblastů, a proto je tato tvořena jen ependymovými buňkami. Jsou překryty vaskularizovaným mesenchymem a podílejí se na tvorbě **plexus choroideus** a následkem jejich nerovnoměrného růstu se nakonec vyklenuje z mediální strany do postranních komor jako **plexus choroideus ventriculi lateralis**.
- Stěna hemisféry se ztlusťuje těsně nad plexus choroideus a vytváří hippocampus vyklenutý do postranní komory.
- S dalším růstem naléhá hemisféra shora ze strany na diencephalon a dostává se do těsného kontaktu s thalamem. Nakonec přerůstá i přes mesencephalon a mozeček. Takovým přerůstáním směrem dopředu a dolů vede ke vzniku **čelních, temenních, spánkových a týlních laloků**.
- Corpus striatum, které je součástí hemisféry, narůstá dorsálním směrem. Svazky nervových vláken, které směřují z mozkové kůry do mozkového kmene, rozdělují striatum na dorsomediální **nc. caudatus** a ventrolaterální **nc. lentiformis**. Svazek nervových vláken, který dělí striatum na dvě části, se nazývá capsula interna.
- Oblast kůry, která překrývá striatum, zpomaluje svůj růst a okolní části ji začnou překrývat. To vede k jejímu relativnímu zanoření. Tato oblast se nazývá **insula**, je na konci prenatálního vývoje téměř kompletně překryta okolními oblastmi hemisféry za vzniku **fossa lateralis cerebri**. V této době se povrch mozkových hemisfér rychle zvětšuje a vznikají početná vyklenutí **gyri**, oddělená brázdami, **sulci** a hlubokými brázdami **fissurae**.
- Na povrchu hemisféry je mozkový plášť, **pallium** – základ mozkové kůry, cortex cerebri. Dělí se do tří částí, které se liší vyvojovým stářím:
 - **paleopallium** – těsně laterálně od stratie;
 - **archipallium** – mediální část telencefala;
 - **neopallium** – mezi paleopallium a archipallium se diferencuje.
- Paleopallium a archipallium diferencují se ve třívrstevný **paleocortex** a **archicortex**. Největší část plochy hemisféry, neopallium, se diferencuje v neocortex.

Popis migrační vlny neuroblastů

- Neuroblasty, které cestují k subpiálnímu povrchu skrze vrstvy již dříve vytvořené, se diferencují v neurony. Neuroblasty, které migrují nejdříve, jsou v kůře uloženy nejhlouběji a tedy poslední vlna neuroblastů je uložena nejbližší k povrchu mozku. Při narození je mozková kůra už stratifikovaná díky pokročilé diferenciaci buněk ve vrstvách.
- **Motorická oblast kůry** obsahuje velké množství pyramidových buněk.
- **Senzitivní oblast kůry** obsahuje granulární neurony.
- **Bíla hmota hemisfér** vzniká růstem a myelinisací drah v prostoru mezi pallidem a basálními ganglii.
- Diferenciace čichové plakody – diferenciace **sensorických neuronů** čichového epithelu a jejich axony vrůstají do bulbus olfactorius na spodině telencephala. V bulbu se vytvářejí synaptická spojení s jeho sekundárními neurony. V sedmém týdnu jsou tyto spojení dobře vytvořena. S postupným růstem mozku se bulbus zvětšuje a axony sekundárních neuronů v tractus olfactorius se prodlužují.
- V mozku se vytváří několik svazků nervových vláken, které propojují korové oblasti pravé a levé hemisféry, **commissurae cerebri**:
 1. jako první komisura – **commissura anterior**, která propojuje čichové korové oblasti a kůru spánkového laloku. Vyvíjí se v tzv. komisurální plotence v 5. týdnu vývoje jako ztlusťování lamina terminalis;
 2. jako druhá – **commissura fornicis**, jejíž vlákna spojují pravý a levý gyrus parahippocampalis a hippocampové formace;
 3. Nejdůležitější je z komisurálních spojů je **corpus callosum** – objevuje se v 10. týdnu a spojuje rozsáhlé oblasti mozkové kůry pravé a levé hemisféry s výjimkou čichové oblasti a spánkových laloků. Zakládá se v komisurální plotence jako malý svazek, ale s expanzí neopallia se nejdříve zvětšuje dopředu a později dozadu;
 4. diencefalické komisury v epithalamu – **commissura posterior** a **commissura habenularum**.

Odkazy

Související články

- Vrozené vady nervové soustavy
- Vývoj míchy

Použitá literatura

- JANČÁLEK, Radim a Petr DUBOVÝ. *Základy neurověd v zubním lékařství* [online]. MEFANET, ©2011. Poslední revize 27.10.2011, [cit. 26.11.2011]. <<http://portal.med.muni.cz/clanek-560-zaklady-neuroved-v-zubnim-lekarstvi.html>>.
- SADLER, Thomas W. *Langmanova lékařská embryologie : Překlad 10. vydání. 1. vydání.* Praha : Grada Publishing, a. s, 2011. 432 s. ISBN 978-80-247-2640-3.
- MOORE, Keith L a T.V.N PERSAUD. *Zrození člověka : Embryologie s klinickým zaměřením. 1. vydání. 2000.* 564 s. ISBN 80-85866-94-3.
- SADLER, T.W. *Langman's Medical Embryology. 10. vydání. 2006. 385 s. ISBN 978-0-7817-9485-5.*