

Organizace a funkce mozku

Zdrojem textu i obrázků je učebnice Memorix anatomie, 3. vydání.

Tato část knihy byla poskytnuta se souhlasem pořadatele knihy MUDr. Radovanem Hudákem.

Autoři textu: MUDr. Ondřej Volný, MUDr. Radovan Hudák a doc. MUDr. David Kachlík PhD.

Ilustrátor obrázků: MUDr. Jan Balko

Tento studijní dokument je určen pouze pro studenty předmětu:

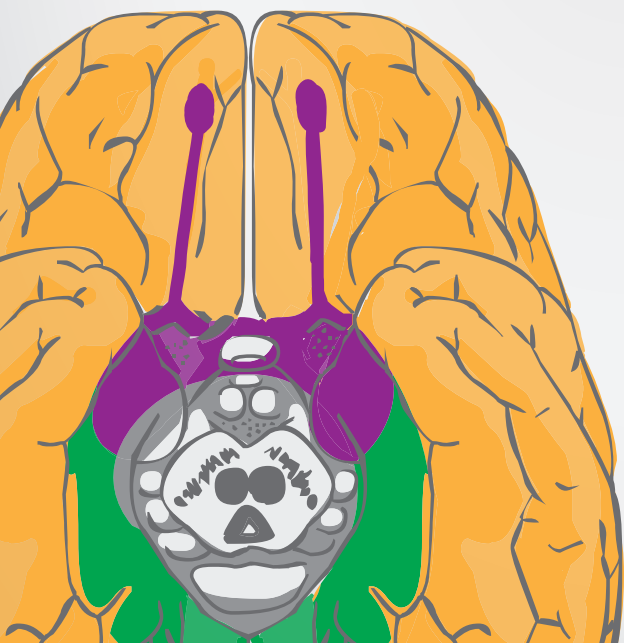
Neurologie a neurofyzologie – pro studenty přírodních věd
(Lékařská fyzika a Biofyzika, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity)
na I. neurologické klinice Lékařské fakulty Masarykovy univerzity.

Dokument obsahuje základní informace pro výše uvedené
studijní obory týkající se **Organizace a funkce mozku.**

*Tato část knihy nesmí být dále kopírována, rozmnožována ani jinak šířena mimo cílovou skupinu
studentů zmiňenou výše bez písemného souhlasu pořadatele nebo vydavatele.*

© MEMORIX, 2015

© Stanislav Juhaňák – TRITON, 2015



1. Obecná stavba CNS 2

2. Funkce CNS 6

3. Funkce mozečku 8

4. Koncový mozek 10

5. Bazální ganglia 17

6. Senzitivita 19

7. Motorika 20

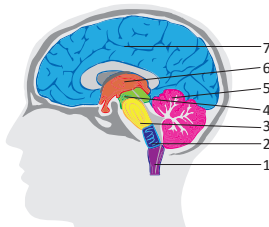
8. Limbický systém 22

Poděkování a použitá literatura 24

Centrální nervová soustava (CNS) je složená z **míchy a mozku**. Na míchu navazuje **mozkový kmen**. Mozkový kmen se skládá z **prodloužené míchy, mostu a středního mozku**. Dalším oddílem je **mezimozek**, který převádí informace do největšího a vývojově nejmladšího oddílu – **koncového mozku**. Nad mozkovým kmenem je v zadní lebeční jámě uložen **mozeček**.

Základní části

- 1 **Medulla spinalis** – mícha
- 2 **Medulla oblongata** – prodloužená mícha
- 3 **Pons** – most
- 4 **Mesencephalon** – střední mozek
- 5 **Cerebellum** – mozeček
- 6 **Diencephalon** – mezimozek
- 7 **Telencephalon** – koncový mozek

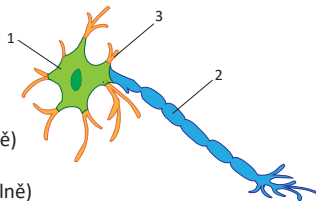


Mikroskopická stavba – neurony

Nervové buňky (neurony) jsou **základní stavební a funkční jednotkou nervového systému**. Jsou tvořeny buněčným **tělem a výběžky**. Neurony **tvorí, vedou a předávají vzruchy**. S tím souvisí elektrický nestabilní (vzrušivá) membrána schopná změny membránového potenciálu. Komunikace neuronů navzájem a komunikace s cílovými orgány je uskutečňována na **synapsi** (zápoji) pomocí **neurotransmiterů** (přenašečů).

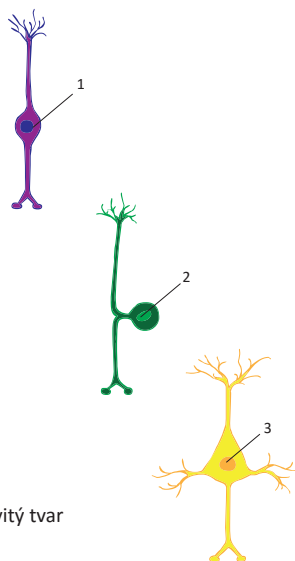
Stavba

- 1 **Perikaryon** – tělo neuronu
 - přijímá, odesílá a vytváří nervové vzruchy
- 2 **Axon** (neurit) – jeden dlouhý výběžek
 - vede informace z těla neuronu (centrifugálně)
- 3 **Dendrit** – krátký výběžek (různý počet)
 - vede informace do těla neuronu (centripetálně)



Dělení dle počtu výběžků

- 1 **Bipolární neurony**
 - jeden axon, jeden dendrit s dendritickým větvením
 - výběžky odstupují na opačných pólech těla neuronu
 - tyčinky a čípky v sítnici, čichové neurony a buňky ggl. cochleare et vestibulare
- 2 **Pseudounipolární neuron**
 - jeden axon, jeden dendrit
 - dendrit a axon splývají v blízkosti těla v jediný výběžek (axodendrit)
 - kvůli spojeným výběžkům se označují jako T-buňky
 - aferentní senzitivní neurony uložené ve spinálních gangliích a gangliích hlavových nervů
- 3 **Multipolární neurony**
 - jeden axon, několik dendritů
 - v nervovém systému jsou nejvíce zastoupeny
 - velké množství výběžků určuje jejich hvězdicovitý tvar
 - například eferentní motorické neurony a buňky autonomních ganglií



Neurony jsou rozličného tvaru, funkce a velikosti. Např. pyramidové buňky v mozkové kůře (z nich největší tzv. Betzovy buňky v lamina V), Purkyňovy buňky v mozečku nebo neurony v sítnici.

Membrana limitans glialis perivascularis je tvořena výběžky astrocytů obalujících cévy v CNS. Podílí se na vytvoření hematoencefalické bariéry.

Bazální ganglia jsou ve skutečnosti jádra v CNS. Název ganglia dostala na základě svého vývoje (pars basalis telencephali) a uložení v bílé hmotě hemisfér a v mozkovém kmeni. S ganglii PNS a ANS nemají nic společného. Bazální ganglia jsou zapojena do motorických, limbických a asociačních okruhů.

Klinika

Gliomy jsou nejčastější nádory CNS. Důvodem je zachovaná schopnost buněčného dělení u glii.

Oligodendrocyty myelinizují nervová vlákna v CNS a Schwannovy buňky v PNS. Liší se ve schopnostech regenerovat poškozená nervová vlákna. Oligodendrocyty mají tuto funkci značně omezenou, proto poškození CNS je většinou poškození trvalé (transverzální poškození míchy nebo cévní mozková příhoda). Schwannovy buňky jsou vybaveny lepší schopností regenerovat poškozenou PNS. To je vysvětlením, proč je po chirurgickém sešití poškozeného periferního nervu možná regenerace.

V CNS máme v dětství více než 100 miliard neuronů. V průběhu vývoje podléhá řada neuronů programované buněčné smrti. Jiné neurony se funkčně specializují, jejich výběžky a dendritické trny podléhají procesu pučení („sprouting“). Postupně se vytváří složitá síť, tzv. konektom mozku, a neurony se zapojují do specifických nervových okruhů a drah. Neurony jako vysoce diferencované buňky mají značně omezenou schopnost regenerace. Schopnost buněčného dělení se popisuje u některých hnízd neuronů v hipokampu i v jiných částech mozku (zejména v olfaktorickém systému). Porucha vývoje neuronálních okruhů může být spojena s neurovývojovými chorobami, jako jsou epilepsie, autismus, poruchy chování a schizofrenie. Progressivní úbytek neuronů ve zralém mozku je spojen s chorobami ze skupiny degenerativních onemocnění, např. demence, Alzheimerova choroba.

Neuroglie (glie) jsou podpůrné buňky nervového systému. Existuje několik typů glií: **astrocyty, oligodendrocyty, mikroglie a ependymové buňky**. Kromě **podpůrné role** mají velký význam ve **výživě nervových buněk**, ve schopnosti **fagocytózy**, v **hojení neuronů** a na rozdíl od neuronů jsou **schopny buněčného dělení**.

Neuroglie

1 Astrocyty

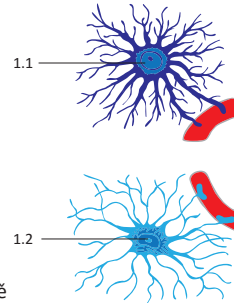
- největší z neurogliových buněk
- vysílají dlouhé výběžky opatřené nožkami (vaskulární pedikly), které se dotýkají cév a vytvářejí membrana limitans gliae perivascularis
- výběžky obalují cévy v CNS a podílejí se na vytvoření „izolační“ hematoencefalické bariéry, která brání přestupu některých látek z krve do CNS a naopak

• 1.1 Plazmatický astrocyt

- má krátké rozvětvené výběžky a nachází se výhradně v šedé hmotě

• 1.2 Fibrilární astrocyt

- má dlouhé méně rozvětvené výběžky a nachází se výhradně v bílé hmotě



• 2 Oligodendrocyty (oligodendroglie)

- myelinizují nervová vlákna v šedé i v bílé hmotě CNS

• 3 Mikroglie

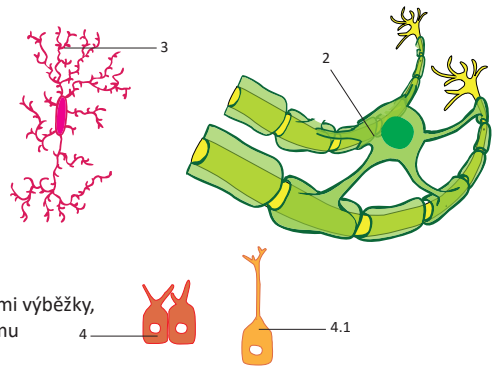
- nejmenší buňky z neurogliových buněk
- mají obrannou funkci a schopnost fagocytózy
- vznikly diferenciací makrofágů a migrací do CNS

• 4 Ependymové buňky (ependymocyty)

- vystylají centrální míšní kanál a mozkové komory, pokrývají vnitřní povrch plexus chorioideus a podílejí se na tvorbě mozkomíšního moku
- napomáhají tvorbě a oběhu mozkomíšního moku a odpovídají na změny v jeho složení
- zapojeny do chemické signalizace v CNS

• 4.1 Tanycyty – jsou ependymové buňky vybavené dlouhými výběžky,

- kterými jsou v kontaktu s buňkami jader v hypotalamu
- zapojeny do signální endokrinní osy hypotalamus-hypofýza-endokrinní žlázy



Rozložení bílé a šedé hmoty

Nervová tkáň je tvořena **šedou a bílou hmotou**. **Šedá hmota** je tvořena **těly neuronů, bílá hmota** jejich **výběžky**. Rozložení šedé a bílé hmoty se liší v koncovém mozku a míše. **V koncovém mozku (a mozečku) je šedá hmota** uložena **na povrchu** v podobě mozkové (mozečkové) **kůry** a v hloubi jako **bazální ganglia** (mozečková jádra). **V míše na povrchu** běží dráhy **bílé hmoty** a šedá hmota je uložena v hloubi v okolí canalis centralis.

• 1 Substantia grisea – šedá hmota, shluky těl neuronů a dendritů

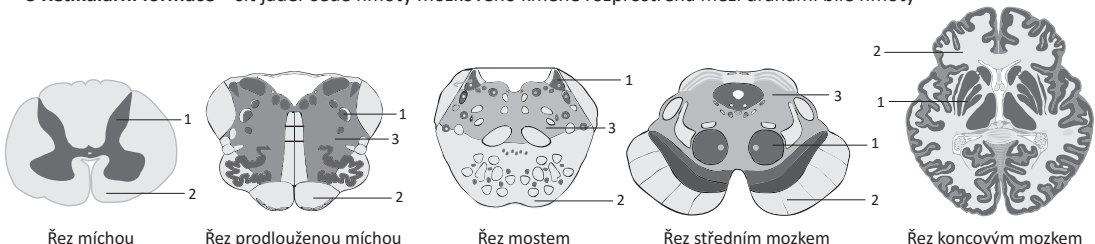
1.1 **Mozková a mozečková kůra** – těla neuronů uspořádaná do vrstev v povrchové části hemisfér

1.2 **Jádra** – těla neuronů v CNS uspořádaná do systému jader s určitou funkcí (motorická, asociační, senzitivní jádra)

1.3 **Ganglia** – těla neuronů uložena v PNS (senzitivní, sensorická, autonomní)

• 2 Substantia alba – bílá hmota

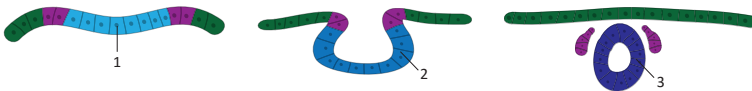
• 3 Retikulární formace – síť jader šedé hmoty mozkového kmene rozprostřená mezi dráhami bílé hmoty



Vývoj nervové soustavy je **komplexní proces**, který začíná ve **3. týdnu** nitroděložního vývoje a **končí** zráním některých struktur až **po narození** (mohutná myelinizace, zrání limbického systému a mozečku). **Nervová soustava je ektodermálního původu (neuroektoderm)**. U člověka je nervová soustava trubcovitá. **Nervová trubice** tvoří základ pro vývoj mozku a míchy.

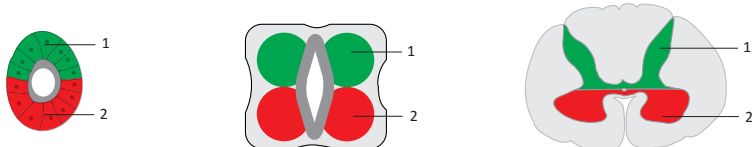
Stupně vývoje

- **1 Neurální ploténka** (lamina neuralis/medullaris) – 1. stupeň vývoje
 - jedná se o podélný pruh přeměněného ektodermu (neuroektodermu)
 - probíhá ve střední čáře na dorzální straně zárodku
 - ventrálně od neurální trubice leží **notochord** (chorda dorsalis), který zpevňuje zárodek jako „primitivní páteř“ a zároveň indukuje její správný vývoj působením specifických růstových faktorů
- **2 Neurální rýha** (sulcus neuralis) – 2. stupeň vývoje
 - vzniká v dalším vývoji prohloubením neurální ploténky po celé její délce
 - okraje rýhy jsou lemovány vyvýšenými valy spojenými ve střední čáře
 - po stranách neurální trubice se odděluje párová **neurální lišta (crista neuralis)**
 - z buněčného materiálu neurální lišty se tvoří základ míšních a autonomních ganglií a paraganglií (glomus caroticum, glomus jugulare, dřeň nadledviny)
 - z buněk neurální lišty vznikají Schwannovy buňky, melanocyty a Merkelovy buňky, odontoblasty, parafolikulární (C buňky) štítné žlázy tvořící kalcitonin a pravděpodobně buňky difuzního endokrinního systému
- **3 Neurální trubice** (tubus neuralis)
 - vzniká spojením neurálních valů
 - neurální rýha se úplně vchlípí dovnitř a stane se z ní primitivní **canalis centralis**, z kterého vznikají mozkové komory a centrální kanál míchy
 - uvnitř na boční stěně probíhá párový podélný **sulcus limitans**, jenž vývojově odděluje bazální ploténku a alární ploténku



Ploténky a jádra

- **1 Alární ploténka** (lamina dorsolateralis)
 - leží dorzálně a je základem senzitivních a sensorických jader
 - v míše se jedná o senzitivní jádra v cornu posterius, která přijímají různé modality čítí (teplo, chlad, bolest, vibrace, polohocit)
 - v mozkovém kmeni se jedná o senzitivní jádra nervu trigeminus a sensorická jádra (teplo, chlad, bolest, vibrace, polohocit z hlavy a informace z chuťových, sluchových, rovnovážných receptorů a vnitřních orgánů)
- **2 Bazální ploténka** (lamina ventrolateralis)
 - leží ventrálně a je základem motorických jader
 - v míše jsou uložena somatomotorická jádra v cornu anterius pro inervaci kosterních svalů a visceromotorická jádra sympatiky a parasympatiky v cornu laterale pro inervaci hladkých svalů, srdeční svaloviny a žláz
 - v mozkovém kmeni jsou uložena somitová motorická jádra (n. III, IV, VI, XII) pro inervaci svalů, které vznikají ze somitů
- 2.1 Branchiomotorická jádra**
 - v mozkovém kmeni uložena branchiomotorická jádra (n. V, VII, IX, X a XI) pro inervaci svalů, které vznikají ze žaberních oblouků



Buňky CNS vznikají z **neuroektodermu**. Výjimku představují mikroglie, které jsou mezenchymového původu.

Zjednodušený vývoj nervové soustavy:

1. vnější zárodečný list (ektoderm)
2. ztlustění v neuroektoderm
3. vznik ploché neurální ploténky
4. prohloubení v neurální rýhu
5. vyklenutí bočních neurálních valů
6. uzavření neurální trubice a odštěpení neurální lišty

„**Vývojové pravidlo**“ CNS – čím jsou struktury vývojově mladší, tím jsou blíže mozkové kůře.

Vývoj limbického systému:

1. **vývoj corpus amygdaloideum** – 1. rok života (nezralé corpus amygdaloideum odpovídá za extrémní oralitu; typickým znakem dozrávání je strach a nedůvěra)
2. **gyrus cinguli a septum verum** – vývoj ukončují v batolecím a předškolním období (odpovídají za vývoj socializace a lidských vztahů).
3. **orbitofrontální a asociální kůra** – vývoj se ukončuje kolem 12. roku (vývoj exekutivních funkcí, myšlení, plánování atd.)

Fossa rhomboidea (spodina čtvrté komory) dostala název podle kosodélního tvaru, od něž se odvíjí i vývojový termín rhombencephalon pro zadní mozek.

Postranní komory mají podkovovitý tvar s výběžky zasahujícími do jednotlivých laloků, jelikož během vývoje kopírují růst mozkových hemisfér.

Vývoj lobus insularis je odlišný od ostatních laloků, proto tento nejmenší mozkový lalok neobsahuje komoru.

Z hlediska vývojové ontologie lze nahlížet na vývoj mozku v jiných hierarchických úrovních. Koncový mozek lze pak rozdělit na tři části: telencefal, hypothalamus s očním váčkem a diencefal. Telencefal a hypothalamus tvoří sekundární proencefal. V tradiční ontologii náleží však hypothalamus do diencefala.

Encefalizace je složitá přestavba kraniálního úseku nervové trubice, při které se vyvíjí koncový mozek. Prvním stadiem je **mozkový váček**, který se dále diferencuje ve tři oddíly: **rhombencephalon**, **mesencephalon** a **prosencephalon**. V dalším vývoji se z **rhombencephalon** diferencuje **metencephalon** a **myelencephalon**. Z těchto mozkových váčků **vzniká mozkový kmen a mozeček**. Z **prosencephalon** se diferencuje **diencephalon** a **telencephalon**. Jediný **mesencephalon** se dále **nediferencuje**. Vývoj mozku je spojen se **vznikem ohybů (flexurae)** základu mozku. Vznik ohybů původně rovného základu CNS je způsoben **rychlým růstem mozku** v relativně **omezeném prostoru lebeční dutiny**.

Diferenciace mozkových váčků

- 1 **Prosencephalon** – přední mozek
 - diferencuje se v:
 - 1.1 **Diencephalon** – mezimozek
 - centrální kanál se rozšiřuje v dutinu, z níž vzniká III. komora (ventriculus tertius)
 - 1.2 **Telencephalon** – koncový mozek
 - z centrálního kanálu vznikají párové postranní komory (ventriculi laterales), které svým tvarem kopírují růst mozkových hemisfér
- 2 **Mesencephalon** – střední mozek
 - dále se nediferencuje
 - z centrálního kanálu, který jím probíhá, vzniká aqueductus mesencephali *Sylvii* spojující III. a IV. komoru
- 3 **Rhombencephalon** – zadní mozek
 - diferencuje se v:
 - 3.1 **Metencephalon** – vzniká z něj cerebellum a pons
 - 3.2 **Myelencephalon** – vzniká z něj medulla oblongata
 - rozšířením centrálního kanálu zadního mozku vzniká dutina, jež je základem IV. mozkové komory (ventriculus quartus)

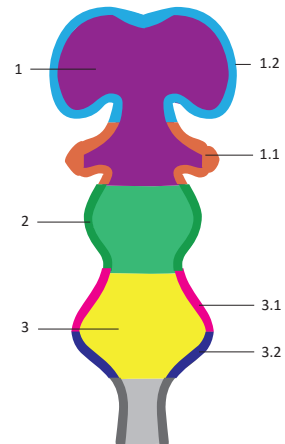
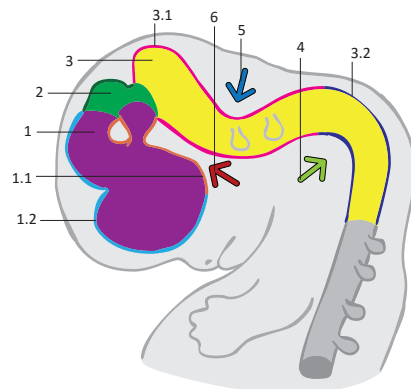


Schéma diference



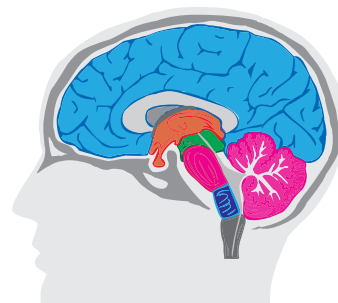
Diferenciace mozkových váčků u plodu

Ohyby základu mozku

- 4 **Flexura cervicalis**
 - ventrálně konkávní ohnutí
 - mezi míchou a budoucím mozgovým kmenem
- 5 **Flexura pontina**
 - ventrálně konvexní ohnutí v oblasti mostu
 - vyvíjí se později než flexura mesencephalica
 - tvoří prostor pro vývoj a růst mozečku nad základem mostu a prodloužené míchy
- 6 **Flexura mesencephalica**
 - ventrálně konkávní ohnutí v oblasti středního mozku

Vznik koncového mozku

- 1 **Telencephalia lateralia**
 - párové výchlipky z původního předního mozku
 - jsou základem mozkových hemisfér
 - v každé z nich se nachází jedna dutina (postranní komora), vzniklá rozšířením původního centrálního kanálu
- 2 **Telencephalon impar (medianum)**
 - malá nepárová střední část
 - mění se v lamina terminalis, která ventrálně ohraničuje III. komoru



Analogické části mozku vzniklé diferenciací

Funkce CNS je hierarchická a vychází z vývoje nervového systému. U člověka můžeme zjednodušeně rozdělit **CNS na 4 úrovně**. **Vývojově mladší úrovně jsou nadřazené** vývojově starším. Každá úroveň má **senzitivní i motorickou část**. Senzitivní a motorické oddíly spolu komunikují a umožňují reflexní i složitější reakce. Zároveň jsou **všechny úrovně mezi sebou spojeny dráhami**, které propojují sousední úrovně (I. úroveň s II. úrovní) nebo vzdálené úrovně (I. úroveň se IV. úrovní). **První tři úrovně jsou podvědomé**. **Čtvrtá úroveň** (mozková kůra) je **oblast vědomí**.

- I. **Mícha** – uskutečňuje základní monosynaptické a vícesynaptické reflexy
 - pomocí **31 párů míšních nervů** uskutečňují komunikaci CNS s periferií
 - **senzitivní část (jádra v zadních rozích)** přijímají informace z receptorů
 - **motorická část (motoneurony v předních rozích)** vysílají signály k efektorům
- II. **Mozkový kmen** – umožňuje složitější kmenové reflexy, řídí životně důležité funkce
 - pomocí **10 hlavových nervů** uskutečňuje komunikaci CNS s periferií
 - **propojuje ostatní části CNS s mozečkem**, který se podílí na řízení motoriky, koordinace a svalového tonu
 - **senzitivní část** se nachází především v **jádrech uložených laterálně**
 - **motorická část** se nachází především v **jádrech uložených mediálně**
 - **retikulární formace** je komplexní síť neuronů a jader uložených v mozkovém kmeni, která zajišťuje obranné a obživné reflexy, reflexy hlavových nervů, aktivaci CNS a další komplexní funkce zapojené do senzitivních i motorických drah
- III. **Podkorové struktury** (podkoří) – významné řídicí funkce
 - **senzitivní část (senzitivní jádra talamu)** rozhoduje o tom, které informace vstoupí až do kůry
 - **somatomotorická část (motorické okruhy bazálních ganglií a motorická jádra talamu)** programuje pohyby dle pokynů motorické kůry a tím se podílí na motorických vzorcích a programech
 - **visceromotorická část (hypotalamus)** řídí autonomní nervový systém působením na sympatikus a parasympatikus, zároveň reguluje endokrinní systém prostřednictvím hypofýzy
- IV. **Mozková kůra** – oblast vědomí, vnímání, myšlení, plánování, řízení volního pohybu
 - **primární senzitivní oblasti** – umožňují vnímání senzitivních podnětů
 - **primární sensorické oblasti** – umožňují vnímání sensorických podnětů
 - **primární motorická oblast** – řídí vůli ovladatelnou motoriku
 - **sekundární oblasti** – navazují na primární oblasti
 - podílejí se na podrobnějším zpracování vjemů (např. sekundární zrakové oblasti)
 - sekundární motorické oblasti jsou zapojeny do přípravy a kontroly pohybů
 - **asociační oblasti** – nepřijímají přímé senzitivní informace ani nevydávají motorické odpovědi, mají však reciproční spoje s primárními oblastmi
 - u člověka jsou bohatě vyvinuty, jsou centrem nejvyšších nervových funkcí
 - umožňují myšlení, paměť, plánování, koncentraci, vnímání sebe sama

Víceúrovňové systémy

Retikulární formace, limbický systém a mozeček

- významné struktury mozku, které však nelze jednoznačně zařadit do konkrétní úrovně CNS
- všechny tři systémy jsou propojeny komplexními dráhami téměř se všemi částmi CNS

Limbický systém – tvoří jej části mozkové kůry i podkorové struktury

1 Části v mozkové kůře

- vědomé prožívání emocí a ukládání paměťových stop
- např. gyrus cinguli, gyrus parahippocampalis, hipokampální formace

2 Podkorové části

- podvědomé prožívání a projevy emocí a ukládání paměťových stop
- např. jádra talamu a hypotalamu, corpus amygdaloideum

Prostřednictvím smyslů přijímáme z okolí mnoho informací, avšak uvědomujeme si z nich jenom nepatrnou část. Velká část informací se zpracovává podvědomě nebo je brána jako šum a není použita.

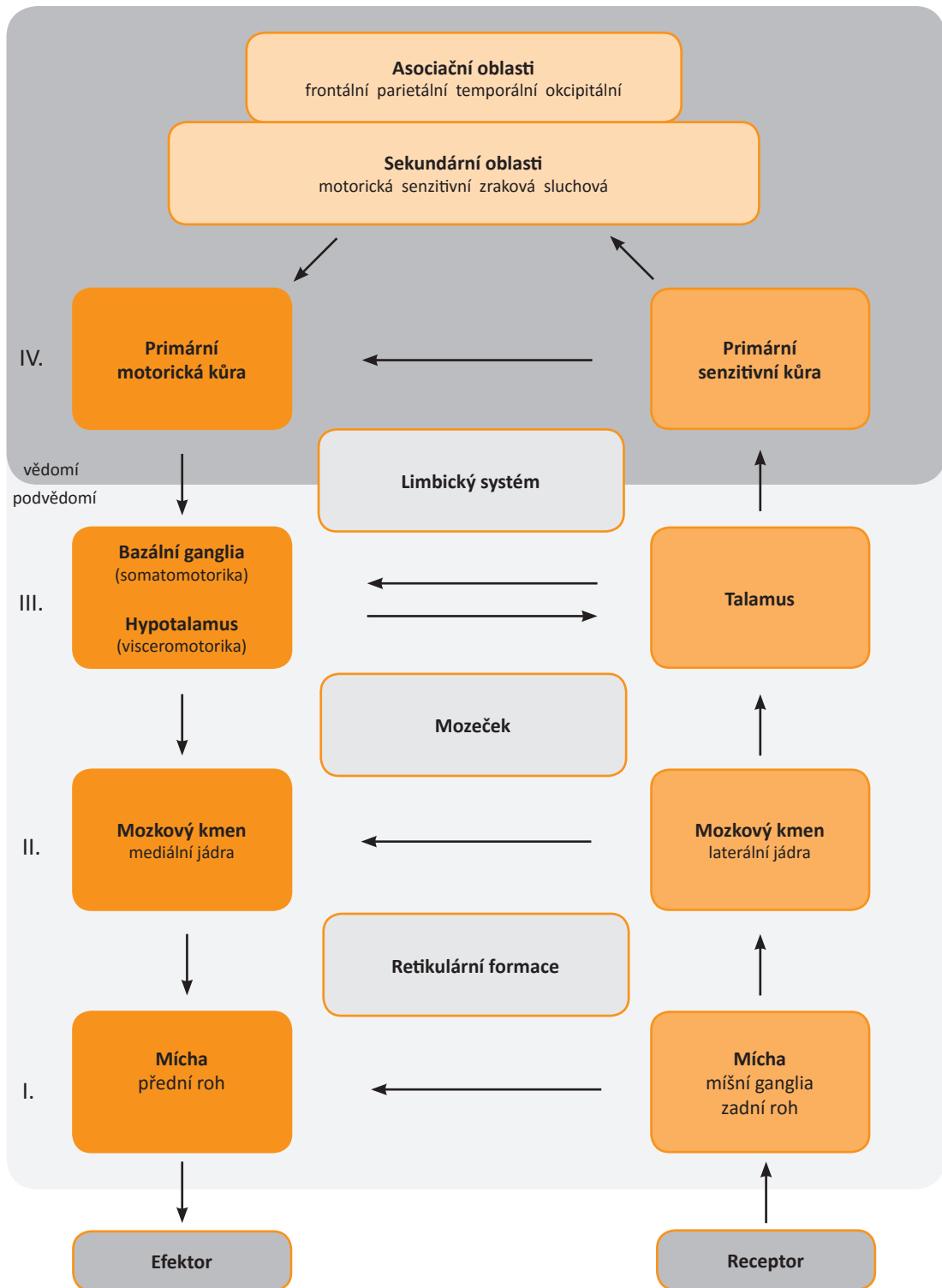
Zjednodušený příklad řízení CNS a nadřazenosti úrovní:

Pokud při chůzi bosí stoupneme na hřebík, tak dojde okamžitě k flexi dolní končetiny (I. úroveň – míšní reflex). Postižená noha se vzdaluje od bolesti a poškození a dochází k reflexní aktivaci extenzorů druhé končetiny.

Tímto obranním reflexem se změni těžiště a mozkový kmen ve spolupráci s mozečkem aktivuje posturální (postojové) svaly, aby udržely rovnováhu (II. úroveň).

Poté se dostává bolest do talamu. Bazální ganglia se podílejí na zastavení chůze a spolu s limbickým systémem odpovídají za změnu pohybového vzorce a emoční složku bolesti. (III. úroveň)

Následně informace dorazí do oblasti vědomí (talamus, mozková kůra). Poté záleží na nás, jestli zapojíme racionálně kůru a sedneme si a ošetříme ránu nebo necháme dominovat limbický systém a budeme křičet o pomoc a brečet (IV. úroveň).



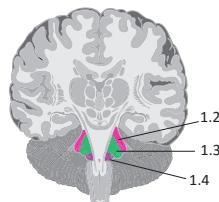
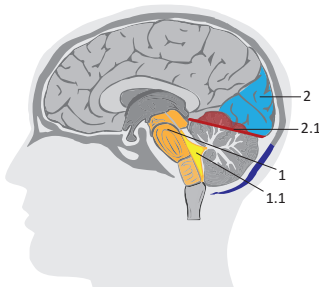
Retikulární formace, limbický systém a mozeček jsou propojeny dráhami téměř se všemi částmi CNS. Pro přehlednost schématu nejsou těmto strukturám přiřazeny šipky.

Tento studijní dokument je určen pouze pro studenty předmětu: Neurologie a neurofyzologie – pro studenty přírodních věd (Lékařská fyzika a Biofyzika, PF MU) na I. neurologické klinice LF MU.

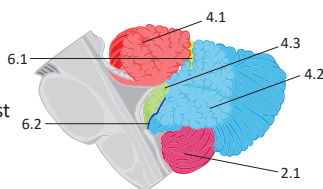
Mozeček se nachází v zadní lebeční jámě. Od týlních laloků ho odděluje tentorium cerebelli. Přes pedunculi cerebellares komunikuje s mozkovým kmenem. Mezi mozečkem a mozkovým kmenem se nachází IV. komora. Mozeček je jedním z hlavních regulačních center motoriky. V průběhu pohybu dostává četné aferentní informace (hmat, polohocit, pohybovit) a podněty z mozkové kůry. Ve spolupráci s mozkovou kůrou, bazálními ganglii, talamem a motorickými jádry mozkového kmene tvoří a kontroluje vědomý i podvědomý pohyb. Mozeček má nezastupitelné místo v koordinaci pohybů a stabilitě těla při stoji i pohybu. Snaží se vykonávat co nejpřesnější pohyby. Podílí se na motorické paměti.

Topografie

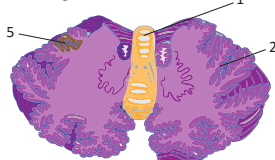
- 1 **Ventrálně:** je truncus encephali
 - 1.1 **IV. komora** – leží mezi mozečkem a mozkovým kmenem
 - 1.2 **Pedunculus cerebellaris superior** – spojení se středním mozkem
 - 1.3 **Pedunculus cerebellaris medius** – spojení s mostem
 - 1.4 **Pedunculus cerebellaris inferior** – spojení s prodlouženou míchou
- 2 **Dorzálně:** jsou lobi occipitales telencephali
 - 2.1 **Tentorium cerebelli** – duplikatura tvrdé pleny mezi mozečkem a týlními laloky
- 3 **V ostatních směrech:** mozeček naléhá na fossae cerebellares ossis occipitalis



Frontální řez mozkem



Sagitální řez mozečkem



Transverzální řez mozečkem

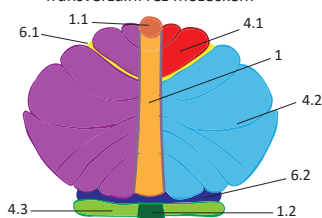


Schéma mozečku

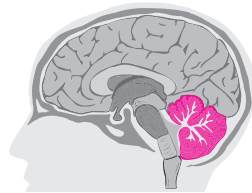
Vnější stavba

Makroskopické dělení:

- 1 **Vermis cerebelli** – červ je nepárová střední část
 - 1.1 **Lingula** – nejventrálnější část vermis
 - 1.2 **Nodulus** – nejdorzálnější část vermis
- 2 **Hemispheria cerebelli** – párové mozečkové polokoule
 - 2.1 **Tonsilla** – nejkaudálnější část při foramen magnum

Útvary na povrchu:

- 4 **Lobi cerebelli** – laloky
 - 4.1 **Lobus cerebelli anterior**
 - 4.2 **Lobus cerebelli posterior**
 - 4.3 **Lobus flocculonodularis**
- 5 **Folia cerebelli** – lístky (závitky) mozečkové kůry
- 6 **Fissurae cerebelli** – rýhy dělí laloky i lístky
 - 6.1 **Fissura prima** – mezi lobus anterior a lobus posterior
 - 6.2 **Fissura posterolateralis** – mezi lobus flocculonodularis a lobus posterior



Klinika

Vyšetření funkcí mozečku:

1. **Taxe (pohyb)** – zkouška „prst-nos“ a „pata-koleno“ při zavřených očích, poškození se projeví poruchou taxe ipsilaterálně.
2. **Diadochokineze** – rychlé střídání pronace a supinace na obou končetinách, sledujeme symetrii.
3. **Rebound fenomén** – neschopnost rychle zastavit pohyb při povolení protitlaku vyšetřujícím.
4. **Zkouška retroflexe trupu (velká asynergie)** – ve stoji – prohnání v zádech, které nenásleduje flexe dolních končetin a nastává pád dozadu.
5. **Malá asynergie** – nelze se posadit z lehu bez pomoci horních končetin a zdvihnutím dolní končetiny na straně postižení.
6. **Zkouška boční chůze** – narušená.

Při poškození vestibulárního a spinálního mozečku vznikají poruchy rovnováhy zahrnující nejistý stoj a chůzi, závrať, nystagmus, tendence k pádům dozadu a titubace.

Při poškození lobus flocculonodularis vznikají poruchy rovnováhy a chůze s tendencí k pádům, může se objevit i nystagmus (mimovolní konjugované pohyby očí).

Při poškození cerebrálního mozečku (neocerebelární syndrom) vznikají:

Ataxie a poruchy svalového napětí. **Dysmetrie** je přestřelování pohybů a obtížné cílení pohybů.

Intenční tremor je třes končetin, narůstá při provádění pohybů (není přítomen v klidu).

Dysdiadochokineze je narušení svalové koordinace, neschopnost rychle provádět protichůdné pohyby (např. pomalé střídání pronace a supinace, zpomalené žvýkání).

Sakadované pohyby jsou poruchy plynulosti a ladnosti pohybů, poruchy řeči a písma. Pohyby jsou rozkouskované, řeč je skandovaná.

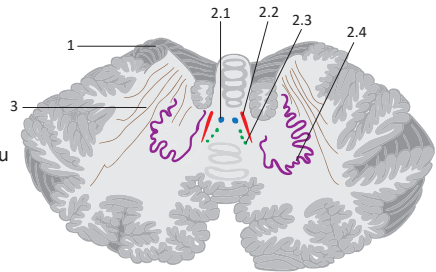
Vnitřní stavba

Šedá hmota

- 1 **Cortex cerebelli** – kůra mozečkových hemisfér a vermis
- 2 **Nuclei cerebelli** – jádra uvnitř mozečku
 - 2.1 **Nucleus fastigii** – koncové jádro vestibulárního mozečku
 - 2.2 **Nucleus emboliformis** – koncové jádro spinálního mozečku
 - 2.3 **Nucleus globosus** – koncové jádro spinálního mozečku
 - 2.4 **Nucleus dentatus** – koncové jádro cerebrálního mozečku

Bílá hmota

- 3 **Tractus cerebri** – dráhy mozečku



Transverzální řez mozečkem

Ecclesovo schéma – histologická stavba mozečkové kůry

- mozečkové aferentní dráhy převažují nad eferentními dráhami v poměru přibližně 40:1
- nepoměr je vysvětlením výsledné inhibiční funkce mozečkové kůry
- jediným výstupem z mozečkové kůry jsou Purkyňovy buňky

Funkční zapojení mozečkové kůry:



Neurony mozečkové kůry jsou uloženy ve 3 vrstvách:

- 1 **Stratum moleculare** – povrchová vrstva obsahuje hvězdicové a košičkové buňky a paralelní vlákna
- 2 **Stratum purkinjese** – úzká střední vrstva obsahuje Purkyňovy buňky
- 3 **Stratum granulosum** – nejhlubší vrstva obsahuje granulórní a Golgiho buňky

Buňky

- 1 **Granulórní buňky** (neura granulosa)
 - **jediné excitacní neurony** mozečkové kůry, aferentaci mají z mechových vláken
 - jejich axony tvoří paralelní vlákna (neurofibræ parallelæ) ve stratum moleculare, v němž se rozvidlí pod pravým úhlem a spojují se s košičkovými, hvězdicovými, Golgiho a Purkyňovými buňkami (koordinují jejich činnost)
 - jejich dendrity jsou součástí mozečkového glomerulu
- 2 **Golgiho buňky** (neura stellata magna)
 - **inhibiční neurony**
 - aferentace je z mechových a granulórních buněk
 - eferentace je do mozečkového glomerulu
- 3 **Hvězdicové a košičkové buňky** (neura stellata et corbiformia)
 - **inhibiční neurony (GABA)**
 - aferentace je z granulórních buněk
 - eferentace je na Purkyňovy buňky
- 4 **Purkyňovy buňky** (neura purkinjensa)
 - **inhibiční neurony**
 - aferentace je z hvězdicových a košičkových buněk a ze šplhavých a multilaminárních vláken
 - eferentace na mozečková jádra jako jediný výstup z mozečkové kůry

Vlákna

- 5 **Mechová vlákna** (neurofibræ muscosæ)
 - nejpočetnější aferentní vlákna mozečkové kůry z rozličných zdrojů
 - končí na granulórních buňkách
- 6 **Šplhavá vlákna** (neurofibræ ascendentes)
 - axony neuronů complexus olivaris inferior
 - končí na dendritech Purkyňových buněk, které aktivují
 - mají důležitou roli v řízení motoriky, podílejí se na signalizaci chybných motorických vzorců a na správném načasování pohybu a motorickém učení
- 7 **Multilaminární vlákna** (neurofibræ multistratificatæ)
 - mají modulační vliv na funkci většiny buněk mozečkové kůry
 - aferentace přichází z locus caeruleus, ncll. raphes a hypotalamu

Mozečkový glomerulus

- 8 **Mozečkový glomerulus** (glomerulus cerebelli) – složitá síť synapsí tvořená z mechových vláken, dendritů granulórních buněk a axonů Golgiho buněk v granulórní vrstvě

Vývojově nejmladší a nejrostrálnější oddíl CNS. Vzniká z předního mozkového váčku (prosencephalon). Objemem i počtem neuronů tvoří největší část mozku. Mozkové hemisféry jsou párové polokoule koncového mozku sestávající z pláště a bazální části. Mozková kůra je vrstva šedé hmoty pokrývající povrch mozkové hemisféry. Je rozbrázděna závití (gyrifikace) a tvoří vnější vrstvu pláště. Funkcemi koncového mozku je schopnost vědomí a vnímání, volního pohybu a kognitivní funkce (paměť, koncentrace atd.).

Mozkové hemisféry

Části

- 1 Pláštová část (pallium, pars pallialis)
 - 1.1 Cortex cerebri – mozková kůra
 - vnější vrstva složená z těl neuronů
 - 1.2 Corpus medullare telencephali
 - bílá hmota hemisféry
 - vnitřní oddíl, skládá se z myelinizovaných výběžků neuronů
- 2 Bazální část (pars basilaris)
 - 2.1 Nuclei basales – bazální ganglia
 - jádra šedé hmoty uložená uvnitř hemisféry

Plochy

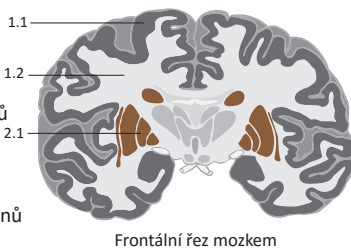
- 1 Facies inferior – dolní plocha
 - naléhá na lebečnici spodinu
 - v oblasti týlních laloků naléhá na tentorium cerebelli
- 2 Facies medialis – mediální plocha
 - naléhá na falx cerebri
- 3 Facies superolateralis – vnější plocha
 - naléhá na lebečnici klenbu

Štěrbiny

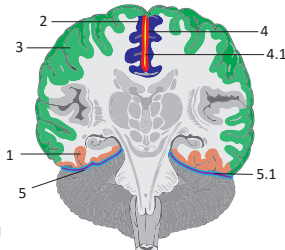
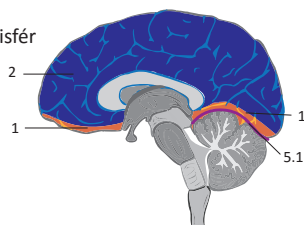
- 4 Fissura longitudinalis cerebri
 - podélná štěrbina odděluje pravou a levou hemisféru
 - 4.1 Falx cerebri – duplikatura tvrdé pleny zasahující mezi hemisféry
- 5 Fissura transversa cerebri
 - příčná štěrbina odděluje hemisféry od mozečku
 - 5.1 Tentorium cerebelli – duplikatura tvrdé pleny vyplňující štěrbinu vzadu mezi koncovým lalokem a mozečkem

Laloky

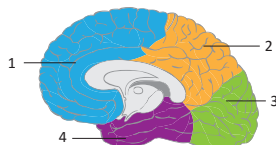
- 1 Lobus frontalis – čelní lalok, leží před sulcus centralis a naléhá na os frontalis
 - 1.1 Polus frontalis – nejrostrálnější oblast koncového mozku
- 2 Lobus parietalis – temenní lalok, leží za sulcus centralis a naléhá na os parietale
- 3 Lobus occipitalis – týlní lalok
 - naléhá na os occipitale a tentorium cerebelli
 - 3.1 Polus occipitalis – nejokcipitálnější oblast koncového mozku
- 4 Lobus temporalis – spánkový lalok
 - naléhá na os temporale
 - 4.1 Polus temporalis – nejrostrálnější část spánkového laloku
- 5 Lobus insularis – ostrovní lalok
 - leží ve fossa lateralis cerebri mezi spánkovým, čelním a temenním lalokem



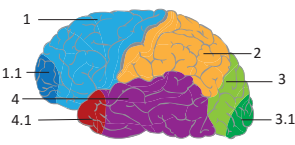
Frontální řez mozku



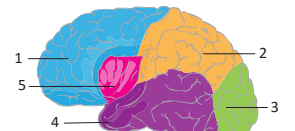
Sagitální a frontální řez mozku



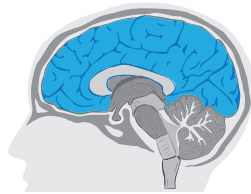
Mediální plocha koncového mozku



Vnější plocha koncového mozku



Vnější plocha (otevřený sulcus lateralis)



Plocha mozkové kůry dosahuje u dospělého člověka asi 0,25 m².

Cerebrum je synonymum pro koncový mozek.

Encephalon je termín pro celý mozek.

Vynikající matematici mají více vyvinutý levostranný gyrus angularis a sulcus intraparietalis.

Všechny mezizávitové rýhy jsou na stránce 488.

Klinika

Výhřez (herniace) mozkové tkáně vzniká posunutím části mozku v lebce při otoku mozkové tkáně (ischemie, infekce, krvácení, úrazy).

Interhemisférická herniace vzniká posunutím gyrus cinguli pod volný okraj falx cerebri. Typické jsou poruchy vědomí, dýchání a mióza.

Transtentoriální herniace (temporální konus) vzniká vtlačením uncus gyri parahippocampalis pod volný okraj tentorium cerebelli. Typická je mydriáza na straně postižení z útlaku parasympatických vláken n. III (nejčastěji epidurálním hematomelem z a. meningea media), druhostranná obrna a poruchy vědomí.

Herniace tonsilla cerebelli (okcipitální konus) vzniká při expanzivních procesech v zadní lebečnici. Vtlačením mozečkových tonzil do foramen magnum je utlačena prodloužená mícha s následnou bolestí v záhlaví, diplopií, slabostí končetin a ataxií. Rychle vede k poruše vědomí, poruchám kardiovaskulárního systému, dýchání a hrozí smrtí.

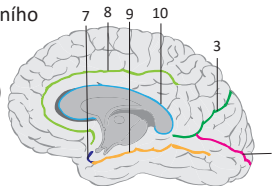
Sulci – Rýhy

Mezilalokové rýhy (sulci interlobares)

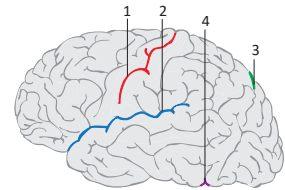
- 1 **Sulcus centralis Rolandi** – mezi lobus frontalis a lobus parietalis (na facies superolateralis et medialis)
- 2 **Sulcus lateralis Sylvii** – odděluje lobus temporalis od lobus frontalis et parietalis (na facies superolateralis), přechází do hloubi jako fossa lateralis cerebri, v níž je uložen lobus insularis
- 3 **Sulcus parietooccipitalis** – mezi lobus parietalis a lobus occipitalis (na facies medialis)
- 4 **Incisura preoccipitalis** – mezi lobus temporalis a lobus occipitalis
- 5 **Sulcus calcarinus** – oblast primární a sekundární zrakové oblasti (na facies medialis týlního laloku)
- 6 **Sulcus circularis insulae Reili** – obkružuje lobus insularis na spodině fossa lateralis cerebri a odděluje jej od ostatních laloků

Mezizávitové rýhy

- 7 **Sulcus rhinalis** – rýha oddělující paleokortex od neokortexu (na facies inferior)
- 8 **Sulcus collateralis** – rýha oddělující gyrus occipitotemporalis medialis a gyrus parahippocampalis od laterálně uloženého gyrus occipitotemporalis lateralis
- 9 **Sulcus cinguli** – rýha oddělující gyrus cinguli od čelního a temenního laloku (na facies medialis)
- 10 **Sulcus corporis callosi** – rýha oddělující corpus callosum a gyrus cinguli (na facies medialis)



Mediální plocha koncového mozku



Vnější plocha koncového mozku

Lobi et gyri – Laloky a závitý

1 Lobus frontalis

Facies superolateralis:

- 1.1 **Gyrus precentralis** – primární motorická oblast
- 1.2 **Gyrus frontalis superior, medius, inferior** – motorické a prefrontální oblasti

Facies medialis:

- 1.3 **Gyrus frontalis medialis** – motorické a prefrontální oblasti

Facies inferior:

- 1.4 **Gyri orbitales** – prefrontální oblasti
- 1.5 **Gyrus rectus** – prefrontální oblasti
- 1.6 **Bulbus olfactorius** – součást čichového mozku
- 1.7 **Tractus olfactorius** – součást čichového mozku
- 1.8 **Trigonum olfactorium** – součást čichového mozku

2 Lobus parietalis

- 2.1 **Gyrus postcentralis** – primární somatosenzitivní oblast
- 2.2 **Lobulus parietalis superior** – sekundární somatosenzitivní a asociační oblasti
- 2.3 **Lobulus parietalis inferior** – Wernickeovo centrum v řečové hemisféře, asociace somatosenzitivních a zrakových podnětů
 - 2.3.1 **Gyrus supramarginalis**
 - 2.3.2 **Gyrus angularis**
- 2.4 **Lobulus paracentralis** – gyrus precentralis et postcentralis na mediální ploše hemisféry
- 2.5 **Precuneus** – asociační oblasti

3 Lobus temporalis

- 3.1 **Gyrus temporalis superior, medius et inferior** – sekundární sluchová, limbické a asociační oblasti
- 3.2 **Gyri temporales transversi Heschli** – primární sluchová oblast
- 3.3 **Gyri occipitotemporales mediales et laterales** – limbické a asociační oblasti

4 Lobus occipitalis

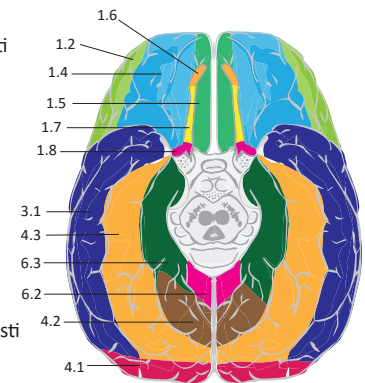
- 4.1 **Gyri occipitales superiores et laterales** – zraková primární a asociační oblasti
- 4.2 **Gyrus occipitotemporalis medialis (lingualis)** – zrakové asociační oblasti
- 4.3 **Gyrus occipitotemporalis lateralis (fusiformis)** – zrakové asociační oblasti
- 4.4 **Cuneus** – primární a sekundární zrakové oblasti

5 Lobus insularis

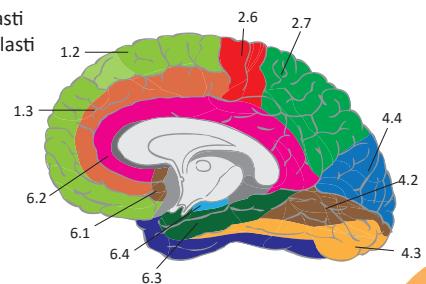
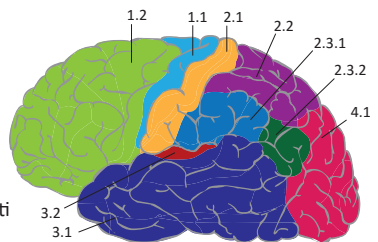
- 5.1 **Gyri insulares breves** – limbické oblasti
- 5.2 **Gyrus insularis longus** – limbické oblasti

6 Lobus limbicus

- 6.1 **Area subcallosa** – limbická oblast
- 6.2 **Gyrus cinguli** – limbická kůra
- 6.3 **Gyrus parahippocampalis** – limbická kůra
- 6.4 **Gyrus dentatus** – limbická kůra



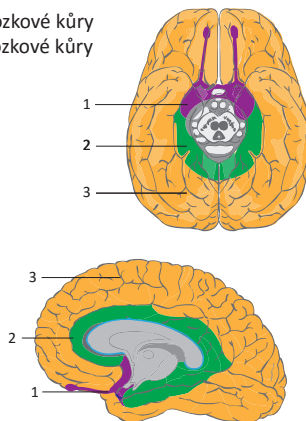
Dolní plocha koncového mozku



Mozková kůra obsahuje na průřezu 3 až 6 vrstev neuronů patrných v mikroskopickém obraze. Počet vrstev se odvíjí od fylogenetického stáří dané části mozkové kůry. Vývojově nejmladší kůra (neocortex) obsahuje 6 vrstev neuronů a tvoří většinu mozkové kůry.

Vývojové dělení

- **1 Paleocortex** – je fylogeneticky nejstarší část mozkové kůry
 - má 3 vrstvy neuronů a zabírá 1 % povrchu mozkové kůry
 - tvoří rhinencephalon („čichový mozek“)
- **2 Archicortex** – má méně než 6 vrstev neuronů
 - zabírá 4 % povrchu mozkové kůry
 - je hlavní součástí limbické kůry („limbický přední mozek“)
 - má těsné anatomické a synaptické vztahy s paleocortexem
- **3 Neocortex** – je fylogeneticky nejmladší částí mozkové kůry
 - má 6 vrstev neuronů,
 - zabírá 95 % povrchu mozkové kůry
 - je sídlem nejvyšších nervových funkcí (vědomí, paměť, volní motorika atd.)



Spodní a mediální plocha koncového mozku

Vrstvy neocortexu

I Lamina molecularis

- na povrchu kůry, obsahuje méně neuronů než ostatní vrstvy
- obsahuje převážně nervová vlákna, interneurony a glie
- vrstva je v kontaktu s pia mater prostřednictvím membrana limitans glialis superficialis

II Lamina granularis externa

- obsahuje hvězdicové buňky
- buňky vytvářejí především asociační spojení

III Lamina pyramidalis externa

- obsahuje malé pyramidové buňky a interneurony
- buňky vytvářejí komisurální dráhy

IV Lamina granularis interna

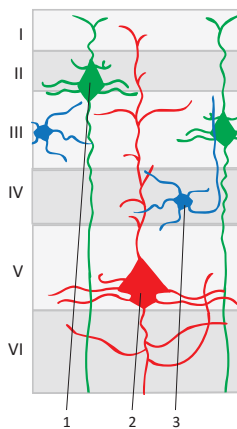
- obsahuje především hvězdicové buňky
- končí zde většina vláken vstupujících do kůry
- vrstva převládá v senzitivní a sensorické oblasti

V Lamina pyramidalis interna

- obsahuje velké pyramidové buňky
- vrstva je zdrojem eferentace do jiných částí CNS
- vrstva převládá v motorické oblasti

VI Lamina multiformis

- v hloubce kůry obsahuje asociační interneurony



Buňky

Pyramidové buňky (neura pyramidalia)

- **1 Buňky II. a III. vrstvy** – axony neuronů tvoří asociační a komisurální dráhy
 - **2 Buňky V. vrstvy** – axony neuronů vedou eferentní informace z kůry
- převládají v agranulárních motorických korových oblastech
 - jdou do bílé hmoty hemisféry, k bazálním gangliím, do jader mozkového kmene a do míchy

Hvězdicové (granulární) buňky (neura stellata)

- **3 Buňky II. až IV. vrstvy neokortexu**
- převládají v granulárních senzitivních a sensorických korových oblastech
- plní funkci korových interneuronů
- přijímají informace z talamu, z komisurálních a asociačních drah

Allocortex je společný termín pro paleocortex a archicortex. **Isocortex** je termín pro označení neocortexu.

Mesocortex je označení přechodných oblastí. **Peripaleocortex** je přechod paleocortexu do neocortexu. **Periarchicortex** je přechod archicortexu do neocortexu.

Archicortex se vyvinul jako významné centrum pudových a emočních reakcí. Právě pudy a emoční projevy jsou u nižších obratlovců (u člověka méně) asociované s čichovými podněty a vjemy. Pro živočichy s dobrým čichem je čichová aferentace hlavním zdrojem informací potřebných k orientaci v prostředí a významně ovlivňuje jejich chování.

Základní šestivrstevná stavba neokortexu se na různých místech hemisféry více či méně liší podle funkční specializace korových oblastí.

Primární motorická oblast tvoří pyramidovou dráhu pouze ze 60 %. Zbylou část tvoří axony senzitivních, asociačních a premotorických oblastí.

Z makroskopického hlediska jsou obě hemisféry podobné, avšak liší se svojí funkční aktivitou a asociačními oblastmi. U řady funkcí obvykle jedná hemisféra převažuje a nesprávně je označovaná jako dominantní.

Hemisféry spolupracují, ale jsou rovněž schopny samostatného fungování (např. po operačním přetěžení drah corpus callosum u neléčitelných epilepsií, tzv. kalozotomie).

Pravá hemisféra se u většiny lidí uplatňuje v neverbálních schopnostech (trojrozměrné vidění a představitivost, rozpoznávání tváří, emoční obsah řeči, estetické a umělecké vnímání).

Levá hemisféra je více zapojena při schopnostech verbálních, vyžadujících analýzu situace, je centrem logického myšlení. Jsou v ní uložena řečová centra u praváků a u 70 % leváků.

V neokortexu se kromě pyramidových a hvězdicových buněk nacházejí další typy neuronů. Jedná se o kortikální interneurony plnicí asociační funkce: větvenovité neurony (neura fusiformia), Martinottiho buňky (neura pyramidalia inversa), horizontální Cajalovy buňky (neura horizontalia), košičkové buňky (neura corbiformia), gliiformní buňky (neura neurogliaformia) a další.

Dělí se na **primární** (s jasně definovanou funkcí) a **asociační**. **Asociační** lze dělit na **sekundární** a **terciární**. **Primární oblasti** (motorické, senzitivní, sensorické) **přijímají základní informace**, **sekundární oblasti** (motorické, senzitivní, sensorické) **analyzují komplexní vjemy**. Nakonec se informace dostanou do **asociačních (terciárních) oblastí**, v nichž jsou **propojovány s ostatními oblastmi mozkové kůry**. Specifické jsou limbické, inzulární a řečové oblasti. Kůra se dle histologické stavby dělí na **47 prokázaných laminárních oblastí** zvaných **Brodmannovy arey**, které dohromady vytvářejí **cytoarchitektonickou mapu mozkové kůry**.

Funkční korové oblasti

1 Motorické oblasti

- 1.1 Primární motorická oblast (area 4)
- 1.2 Premotorická oblast a suplementární motorická oblast (area 6)
- 1.3 Frontální okohybné pole (area 8)

2 Somatosenzitivní oblasti

- 2.1 Primární somatosenzitivní oblast (area 3, 1, 2)
- 2.2 Asociační somatosenzitivní kůra (area 5, 7)

3 Sensorické oblasti

- 3.1 Primární zraková oblast (area 17)
- 3.2 Sekundární zraková oblast (area 18, 19)
- 3.3 Primární sluchová oblast (area 41, 42)
- 3.4 Sekundární sluchová oblast (area 22)
- 3.5 Chuťová oblast (area 43)
- 3.6 Čichová oblast (area 28)
- 3.7 Vestibulární oblast (area 2)

4 Řečové oblasti

- 4.1 Brocovo motorické centrum řeči (area 44, 45)
- 4.2 Wernickeovo sensorické centrum řeči (area 22, 39 a 40)

5 Multifunkční oblasti

- 5.1 Inzulární oblast (area 13–16)

6 Asociační oblasti

- 6.1 Frontální asociační oblast (area 9–12, 46, 47)
- 6.2 Parietální asociační oblast (area 5, 7, 39, 40)
- 6.3 Temporální asociační oblast (area 20–22, 37, 38)
- 6.4 Okcipitální asociační oblast (area 18, 19)

- 7 Limbická oblast (area 23–36)

Brodmannovy arey s funkčními oblastmi

Area 3, 1, 2 – primární somatosenzitivní oblast

Area 4 – primární motorická oblast

Area 5, 7 – sekundární somatosenzitivní oblast

Area 5, 7, 39, 40 – asociační parietální oblasti

Area 6 – premotorická a suplementární motorická oblast

Area 8 – frontální okohybné pole

Area 9–12, 46, 47 – prefrontální asociační oblasti

Area 13–16 – inzulární oblast

Area 17 – primární zraková oblast

Area 18, 19 – sekundární zraková oblast

Area 20–22, 37, 38 – asociační temporální oblasti

Area 22, 39, 40 – Wernickeovo sensorické centrum řeči

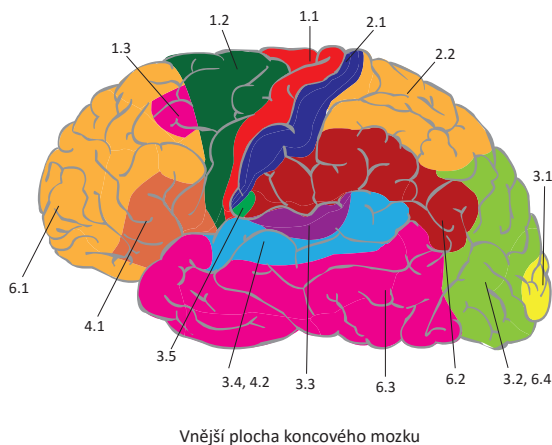
Area 23–36 – limbická kůra

Area 41, 42 a 22 – primární a sekundární sluchová oblast

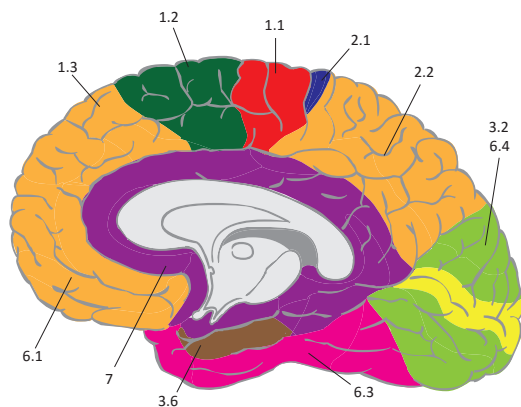
Area 43 – chuťová oblast

Area 44, 45 – Brocovo motorické centrum řeči

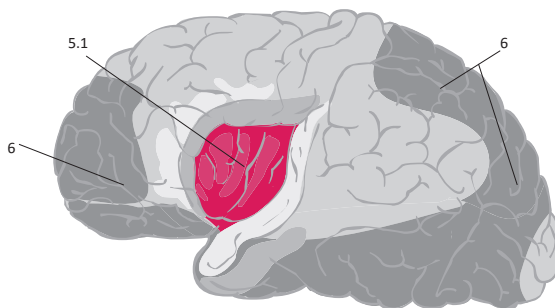
Area 28 – čichová oblast



Vnější plocha koncového mozku



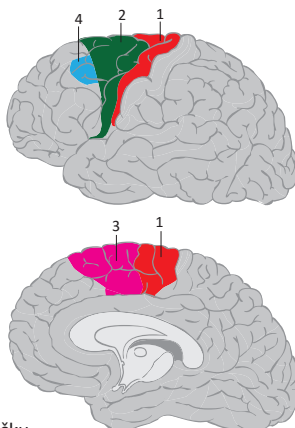
Mediální plocha koncového mozku



Vnější plocha (otevřený sulcus lateralis)

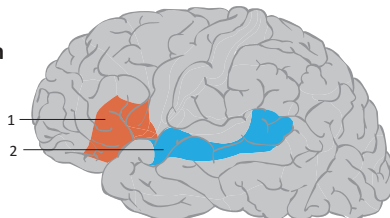
Motorické oblasti

- **1 Primární motorická oblast (M1)** – area 4
Uložení: v gyrus precentralis
Aferentace: z premotorické oblasti, primární somatosenzitivní oblasti a z nucleus ventralis lateralis thalami
Eferentace: cestou pyramidové dráhy (tr. corticospinalis) do míchy a k jádrům hlavových nervů (tr. corticonucleares)
Funkce: dráha volní motoriky
- **2 Premotorická oblast (PM)** – area 6
Uložení: v předním oddílu gyrus precentralis a zadních oddílech gyri frontales
Aferentace: z nucleus ventralis anterior thalami a asociačních oblastí
Eferentace: do primární motorické oblasti, mozečku, bazálních ganglií, retikulární formace a nucleus ruber
Funkce: zapojena do přípravy motorických vzorců a následných změn pohybu
- **3 Suplementární motorická oblast** – area 6
Uložení: na mediální ploše čelního laloku (ventrálně od lobulus paracentralis)
Aferentace: z nucleus ventralis anterior thalami a asociačních oblastí
Eferentace: do primární motorické oblasti, mozečku, bazálních ganglií, retikulární formace a nucleus ruber
Funkce: zapojena do přípravy motorických vzorců a následných změn pohybu
- **4 Frontální okohybné pole (FEF – frontal eye field)** – area 8
Uložení: v gyrus frontalis medius (sousedí s premotorickou oblastí)
Aferentace: z primární a sekundární zrakové oblasti a ncl. dorsomedialis thalami
Eferentace: do tectum mesencephali a area pretectalis, přes retikulární formaci k jádrům okohybných nervů (n. III, IV a VI) a pravděpodobně do mozečku
Funkce: volní a reflexní oční pohyby – zapojeno do okulomotorického okruhu bazálních ganglií



Řečová centra

- **1 Brocovo motorické centrum řeči** – area 44, 45
Uložení: v gyrus frontalis inferior, pars triangularis
Propojení: s Wernickeovým sensorickým centrem řeči a s motorickými a asociačními oblastmi
Eferentace: do primární motorické oblasti, zpětnově do Wernickeova centra a do asociační kůry
Funkce: podílí se na tvorbě slov, vět a na psaném projevu
- **2 Wernickeovo sensorické centrum řeči** – area 22, 39 a 40
Uložení: v dominantní hemisféře (většinou levá hemisféra) v gyrus temporalis superior a v přilehlé parietální kůře (lobulus parietalis inferior)
Aferentace: přichází ze sluchových a zrakových korových oblastí
Propojení: s Brocovým motorickým centrem řeči (cestou fasciculus arcuatus)
Funkce: zajišťuje porozumění slyšeného slova a psaného textu



Primární motorická oblast je somatotopicky uspořádána s projekcemi k motoneuronům jednotlivých částí těla. Strana 459.

Klinika

Poškození premotorické oblasti se neprojeví obrnou, ale nemožností provést složitější pohyby – ideomotorickou apraxií (pacient není schopen napodobit používání kladiva, odemykání dveří apod.).

Poškození frontálního okohybného pole vede k stočení očních koulí (deviace bulbů) na stranu postižení.

Poškození primární somatosenzitivní oblasti vede především k druhostranné hypestézii až anestezii, porušení taktilního (dotyk, tlak, vibrace) a diskriminačního čítí. Čítí bolesti, tepla a chladu nebývá porušeno, jelikož probíhá i na úrovni limbického systému.

Poškození primární zrakové oblasti vede ke korové slepotě.

Poškození sekundární zrakové oblasti způsobí vizuální agnozií – pacient vidí, je si vědom, že vidí, ale nedokáže viděné předměty pojmenovat.

Jednostranné poškození primární sluchové oblasti vede k oboustranné poruše sluchu. Poškození přední části postihuje nízké frekvence a poškození zadní části frekvence vysoké.

Poškození sekundární sluchové oblasti se projevuje poruchou interpretace zvuků a hlasů (senzorickeu neboli percepční afázií).

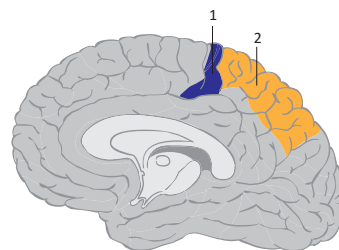
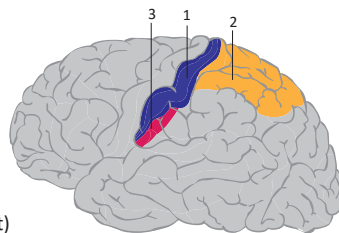
Poškození Brocova motorického centra řeči způsobí expresivní (motorickou) afázií. Pacient rozumí mluvenému i psanému slovu. Řeč je zpomalená, zkomolená, ale smysluplná.

Poškození Wernickeova sensorického centra řeči vede k percepční (senzorickeu, receptivní) afázií. Pacient slyší, ale nerozumí významu slov a vět, má pocit, že slyší cizí řeč. Může mluvit, avšak řeč je nesrozumitelná – tzv. „slovní salát“.

Fasciculus arcuatus propojuje Brocovo a Wernickeovo centrum. Při jeho poruše vzniká **kondukční afázie** – dobré porozumění a dobrá spontánní řeč, avšak porucha opakování a verzance.

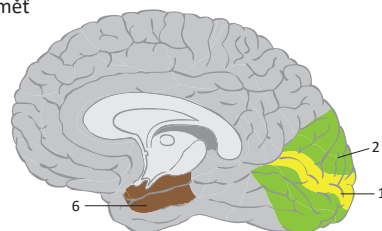
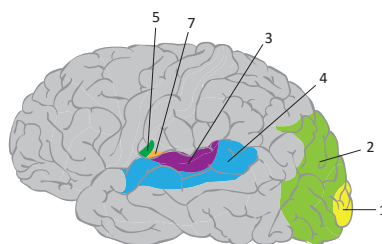
Somatosenzitivní oblasti

- **1 Primární somatosenzitivní oblast (S1)** – area 3, 1, 2
Uložení: v gyrus postcentralis a zadní části lobulus paracentralis
Aferentace: přichází z těla (přes ncl. ventralis posterolateralis a ncl. ventralis posteromedialis thalami), z hlavy (přes ncl. ventralis posteromedialis thalami) a z asociačních jader thalamu
Eferentace: do primární motorické oblasti, sekundární somatosenzitivní oblasti a do asociačních oblastí
Funkce: zajišťuje uvědomování pocitů z celého těla (hmat, polohocit, rychlá bolest)
- **2 Asociační somatosenzitivní kůra** – area 5, 7
Uložení: v lobuli parietales
Aferentace: ze senzitivních a asociačních oblastí kůry a thalamu (nuclei posteriores a nucleii intralaminares thalami)
Eferentace: zpětnovazebná do výše uvedených struktur
Funkce: analyzuje a integruje somatosenzitivní aferentaci hmatu a polohocitu a vytváří prostorovou představu o vzájemných vztazích jednotlivých částí těla, vnímání pohybu a orientace v prostoru
- **3 Sekundární somatosenzitivní kůra (S2)**
Uložení: malá oblast v gyrus postcentralis ležící v sousedství sulcus lateralis
Aferentace: primární somatosenzitivní oblast a thalamus
Funkce: méně významná než S1, reaguje především na stimulaci kůže



Senzorické oblasti

- **1 Primární zraková oblast (V1)** – area 17
Uložení: v oblasti sulcus calcarinus (podél, nad i pod)
Aferentace: z nucleus corporis geniculati lateralis thalami (cestou radiatio optica)
Eferentace: do sekundární zrakové oblasti
Funkce: zajišťuje vnímání viděných předmětů
- **2 Sekundární zraková oblast (V2)** – area 18 a 19
Uložení: nachází se v okolí primární zrakové oblasti
Aferentace: z primární zrakové oblasti
Eferentace: do area pretectalis, premotorické oblasti, frontálního okohybného pole
Funkce: probíhá v ní podrobná analýza viděného – nachází se v ní zraková paměť
- **3 Primární sluchová oblast (A1)** – area 41 a 42
Uložení: gyri temporales transversi (Heschlovy závitě) na horní ploše gyrus temporalis superior (v sulcus lateralis)
Aferentace: z nucleus corporis geniculati medialis thalami (cestou radiatio acustica)
Eferentace: do sekundární sluchové oblasti
Funkce: zajišťuje uvědomování jednotlivých tónů a zvuků
- **4 Sekundární sluchová oblast (A2)** – area 22
Uložení: v gyrus temporalis superior
Aferentace: z primární sluchové oblasti a z nucleus corporis geniculati medialis thalami
Eferentace: do asociačních a řečových oblastí
Funkce: zajišťuje rozeznávání, analyzování a komplexní vnímání zvuků a hlasů
- **5 Chuťová oblast** – area 43
Uložení: v gyrus postcentralis (pars opercularis) a v přilehlé kůře lobus insularis
Aferentace: z nucleii tractus solitarii (přes ncl. ventralis posteromedialis thalami)
Funkce: zajišťuje chuťové vnímání
- **6 Čichová oblast** – area 28
Uložení: v gyrus parahippocampalis (area entorhinalis)
Aferentace: z bulbos olfactorius (cestou tractus olfactorius) a stria olfactoria lateralis
Propojení: s orbitofrontální asociační oblastí
Funkce: zajišťuje uvědomování a rozlišování vůní a pachů
- **7 Vestibulární oblast** – area 2v
Uložení: malý oddíl gyrus postcentralis poblíž sulcus lateralis, leží naproti sluchové kůře
Aferentace: z nucleii ventrales posteriores
Funkce: zajišťuje uvědomování pohybu hlavy v prostoru, jakož i pohyby hlavy vůči tělu



Multifunkční oblasti

1 Inzulární oblasti – area 13–16

Uložení: v lobus insularis (4–6 závitů)

Aferentace a eferentace: z ncl. ventralis posteromedialis a ncl. ventralis posterolateralis thalami, z nuclei intralaminaris thalami a z frontálního, parietálního a temporálního laloku, gyrus cinguli, corpus amygdaloideum, entorhinální a periamygdalární kůry čichových oblastí

Funkce:

1 Visceroenzitivní část

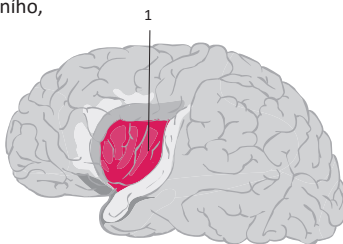
- ventrální část
- vnímání chutí a zapojení do čichového vnímání a regulace imunitní odpovědi

2 Motorická část – prostřední část

- vliv na dýchací pohyby, artikulační pohyby spojené s řečí a vliv na pohyby zažívacího traktu (peristaltika)

3 Vestibulární oblast – dorzální část

- podílí se na vnímání polohy a pohybů hlavy



Asociační oblasti

– tvoří téměř 75 % mozkové kůry

1 Parietální asociační oblasti (area 5, 7, 39, 40)

Uložení: lobulus parietalis superior, lobus parietalis inferior (gyrus angularis, gyrus supramarginalis)

Aferentace: ze sousedních oblastí (somatosenzitivní, sluchová, zraková) a Wernickeova senzorického centra řeči

Eferentace: do frontálního laloku a do asociačních oblastí ostatních laloků

Funkce: komplexní vnímání předmětů

– podílí se na vytváření prostorové mapy okolí, která napomáhá orientaci v prostoru a motorickému plánování pohybu

– plní roli prostředníka mezi smyslovými vjemy a cílenou motorickou odpovědí

2 Temporální asociační oblasti (area 20–22, 37, 38)

Uložení: lobus temporalis a gyrus occipitotemporalis

Aferentace: především primární zraková kůra (tzv. occipito-temporální projekce)

Funkce: rozeznávání obličejů a rozeznávání druhů předmětů nebo druhů zvířat

3 Okcipitální asociační oblasti (area 18, 19)

Uložení: lobus occipitalis

Aferentace: především primární zraková kůra

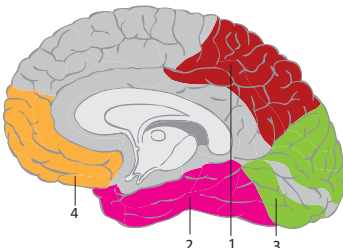
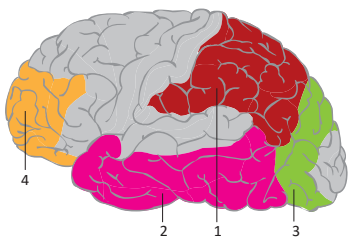
Funkce: podrobná analýza a rozeznávání viděného (vizuální gnozie)

4 Prefrontální oblasti (area 9–12, 46, 47)

Uložení: prefrontální kůra uložená v gyri frontales (rostrální část), gyri orbitales, gyrus rectus, gyrus cinguli

Propojení: se všemi oblastmi mozku

Funkce: korové centrum emocí, chování, plánování, jsoucna a osobnosti
– korové centrum tvůrčího myšlení a paměťových neuronálních okruhů



Ventrální část inzulární oblasti odpovídá fyziologickému stavu těla (teplota, bolest, svědění, senzuální dotyky, viscerální a svalové pocity, vnímání srdeční akce, plného močového měchýře a rozepětí žaludku. Zabezpečuje též integraci sluchových a motorických informací.

Dorzální část inzulární oblasti zabezpečuje funkční podklad pocitů, fyziologické změny v průběhu různých emočních stavů a emoce, regulaci tonu sympatiku a parasympatiku v součinnosti s hypothalamem.

Limbická funkční korová oblast je součástí limbického systému. Strana 444.

Většina bazálních ganglií má telencefalický původ (vývojově patří k pars basalis). Diencefalického původu jsou globus pallidus a substantia nigra. Substantia nigra je během vývoje mozku „odtažena“ z hemisféry do tegmenta středního mozku.

Názvy bazálních ganglií z vývojového pohledu:

Corpus amygdaloideum – vývojově archistriatum

Pallidum – vývojově paleostriatum

Striatum – vývojově neostriatum

Klinika

Poškození lobus insularis může vést ke změnám dechové frekvence, poruchám srdečního rytmu, k útlumu nebo zrychlení peristaltiky nebo k poruchám řeči.

Poškození parietální asociační oblasti se projeví neschopností pojmenovat předmět držený v ruce při zavřených očích na základě jeho tvaru, teploty, povrchu apod. (astereognozie).

Poškození pravé parietální asociační oblasti se projeví **neglect syndromem**. Pacienti ignorují levou polovinu prostoru a svého těla, jedí z pravé poloviny talíře, kreslí jen pravou polovinu ciferníku nebo si oblékají jen pravou polovinu těla.

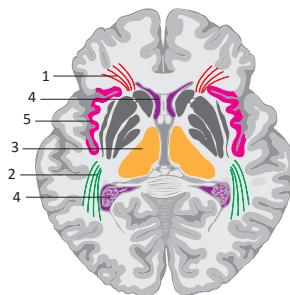
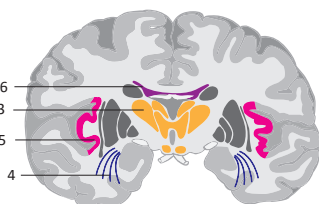
Při těžkém poškození temporální asociační oblasti pacient není schopen rozeznat svůj vlastní obličej. Následkem poškození může být neschopnost rozeznávat barvy.

Pacienti s poškozenou prefrontální kůrou vnímají bolest, ale nevdají jí.

Představují nakupení **šedé hmoty** především **v hloubi bílé hmoty mozkových hemisfér**. Některé struktury, které jsou řazeny k bazálním gangliím, jsou uloženy v mozkovém kmeni. Bazální ganglia jsou vzájemně propojena ve **funkčně oddělené okruhy (smyčky)**. Lze je na základě jejich aferentace a eferentace rozdělit do systémů: **vstupní jádra** (input nuclei), **jádra vnitřních okruhů** (inner/intrinsic nuclei) a **výstupní jádra** (output nuclei). Jsou zapojena především do **řízení a ovlivňování motoriky**. Samotná bazální ganglia však nejsou odpovědná za motorickou eferentaci, ta je pod kontrolou primární motorické oblasti mozkové kůry.

Topografie

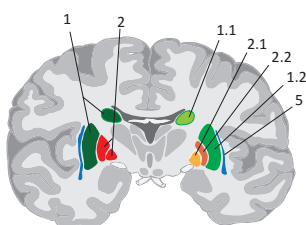
- 1 **Rostrálně**: bílá hmota lobus frontalis
- 2 **Okcipitálně**: bílá hmota lobus occipitalis
- 3 **Mediálně**: diencephalon
- 4 **Bazálně**: bílá hmota lobus temporalis
- 5 **Laterálně**: lobus insularis
- 6 **V okolí**: postranní komory



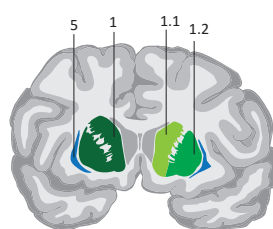
Základní jádra

- 1 **Corpus striatum** (Striatum)
 - 1.1 **Nucleus caudatus** (Caudatum)
 - 1.2 **Putamen**
- 2 **Globus pallidus** (Pallidum)
 - 2.1 **Globus pallidus medialis** (Pallidum internum)
 - 2.2 **Globus pallidus lateralis** (Pallidum externum)

Frontální řez



Transverzální řez



Další jádra

Jádra vývojově patří k bazálním gangliím, funkčně zapojená do limbického systému

- 3 **Corpus amygdaloideum** (amygdala)
- 4 **Nucleus accumbens** (striatum ventrale)

Jádro vývojově patří k bazálním gangliím, funkčně spojeno s mozkovou kůrou (není zapojeno do okruhů bazálních ganglií)

- 5 **Clastrum**

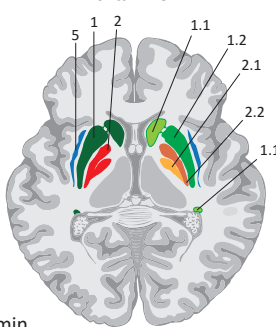
Jádra funkčně napojená na bazální ganglia

- 6 **Nucleus subthalamicus** (corpus Luysi)
- 7 **Substantia nigra – pars reticularis**

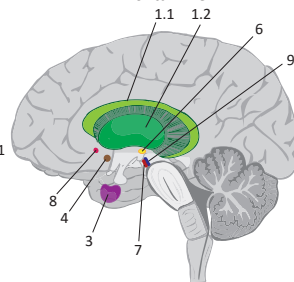
Chemická jádra propojená s bazálními ganglii

- 8 **Nucleus basalis Meynerti** (CH4) – dodává acetylcholin
- 9 **Substantia nigra – pars compacta** (A9) – dodává dopamin

Frontální řez

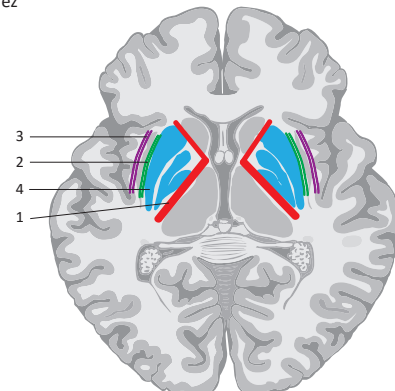


Frontální řez



Bazální ganglia levé strany, pohled zleva

Transverzální řez



Transverzální řez

Bílá hmota mezi jádry

- 1 **Capsula interna** – významná projekční struktura mezi kůrou a podkořím – laterálně od ncl. caudatus a talamu, mediálně od globus pallidus
- 2 **Capsula externa** – mezi putamen a claustrum – laterálně od globus pallidus, mediálně od claustrum
- 3 **Capsula extrema** – mezi claustrum a lobus insularis – mezi claustrum a vnitřní částí lobus insularis

Makroskopicky popisované jádro

- 4 **Nucleus lentiformis**
 - čočkovité jádro na transverzálním řezu mozkem
 - tvořeno globus pallidus (mediálně) a putamen (laterálně)
 - jednotlivé části oddělené pomocí **lamina medullaris medialis et lateralis**

Základní jádra

1 Corpus striatum (Striatum)

- jádro je rozděleno průchodem vláken capsula interna na mediální nucleus caudatus a laterální putamen
- spojení mezi oběma jádry se nazývají pontes grisei caudatolenticulares (zastarale striae), proto má jádro makroskopicky žíhanou strukturu

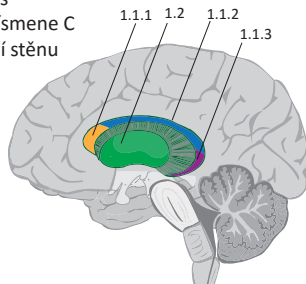
1.1 Nucleus caudatus

- naléhá na mediokaudálně uložený talamus
- má tři části, které dohromady tvoří tvar písmene C

- 1.1.1 **Caput** – největší část, tvoří laterální stěnu předního rohu postranní komory

- 1.1.2 **Corpus** – tělo, tvoří laterální stěnu pars centralis ventriculi lateralis

- 1.1.3 **Cauda** – nejužší část, která se otáčí opět rostrálně a tvoří horní stěnu dolního rohu postranní komory



• 1.2 Putamen

- laterálně od capsula interna
- mediálně jej odděluje lamina medullaris lateralis nuclei lentiformis
- laterálně jej odděluje capsula externa od claustrum

2 Globus pallidus (Pallidum)

- vyvíjí se v oblasti subtalamu
- laterálně od capsula interna
- lamina medullaris medialis nuclei lentiformis ho dělí na globus pallidus medialis et lateralis

2.1 Globus pallidus medialis (Pallidum internum)

- je výstupním jádrem globus pallidus i celého okruhu bazálních ganglií
- má spoje s motorickými jádry talamu a mozkového kmene

2.2 Globus pallidus lateralis (Pallidum externum)

- je vstupním jádrem globus pallidus a jádrem vnitřních spojů bazálních ganglií

Další jádra

1 Nucleus subthalamicus (Corpus Luysi)

- jádro uložené v subtalamu ventrolaterálně od zona incerta
- je zapojeno do nepřímé (inhibiční) dráhy bazálních ganglií, která ruší inhibici bazálních ganglií, a ty mohou inhibovat motorická jádra talamu, a tím ruší či modulují kůrou navržený motorický program

2 Substantia nigra

- jádro ve středním mozku pigmentované neuromelaninem
- je zapojena do motorických okruhů bazálních ganglií a mozkového kmene

2.1 Pars compacta – dodává dopamin do corpus striatum skrz tractus nigrostriaticus

2.2 Pars reticularis – je výstupní jádro okruhu bazálních ganglií

- produkuje GABA a je důležitou inhibiční kmenovou strukturou zapojenou do regulace pohybů
- vysílá dráhy do talamu, retikulární formace a do colliculus superior
- je zapojena do tzv. okulomotorické smyčky (inhibiční projekce z ventromedální části do colliculus superior)

3 Corpus amygdaloideum (Amygdala)

- komplex jader uložený ve spánkovém laloku před dolním rohem postranní komory
- funkčně je zapojeno do limbického systému

4 Nucleus accumbens (striatum ventrale)

- naléhá na oblast septum verum a je zapojeno do okruhů limbického systému

5 Claustrum

- ploténka šedé hmoty mezi capsula externa a capsula extrema
- propojeno téměř se všemi oblastmi kůry
- není zapojeno do okruhů bazálních ganglií
- funkce není přesně známa, patrně hraje roli v asociačních okruzích mozkové kůry

6 Nucleus subbrachialis (Area tegmentalis ventralis Tsai)

- jádro ventrálně v mesencephalon, dodává dopamin do striatum a do ncl. accumbens

Fundus striati je frontobazální splynutí putamen s caput nuclei caudati.

Nucleus basalis Meynerti (angl. basal forebrain nuclei) je šedá hmota bazálně od ncl. lentiformis, dopředu zasahuje až pod caput ncl. caudati, dozadu dosahuje na úroveň zadního okraje talamu. Jedná se o roztroušené skupinky cholinergních neuronů (chemické jádro Ch4) uvnitř **substantia innominata**.

Zjednodušeně lze funkci bazálních ganglií připodobnit k „motorickému“ filtru, který propouští k talamu jen některé motorické vzorce navržené kůrou. Pokud se informace dostane k talamu, je předána motorické kůře. Ta cestou pyramidové motorické dráhy vykoná pohyb. Bazální ganglia společně s mozečkem a strukturami kmene plní úlohu kontroly schváleného a prováděného pohybu a společně udržují potřebný svalový tonus. Pokud bazální ganglia cestou své přímé dráhy talamus inhibují, motorická odpověď se nekoná.

Klínika

Hypotonicko-hyperkinetický syndrom je charakterizován sníženým svalovým napětím a mimovolními neúčelnými pohyby. Patří k němu: **Chorea** vzniká poškozením putamen. Dochází k nadměrné aktivitě dopaminu, která způsobuje mimovolní nepravdivé pohyby a záškluby končetin připomínající tanec.

Huntingtonova chorea je autozomálně dominantně dědičný hyperkinetický syndrom spojený s prohlubující se demencí a poruchami chování.

Hemibalismus vzniká poškozením ncl. subthalamicus. Projevuje se druhostranně prudkými mimovolními pohyby končetin připomínajícími vrhání koulí.

Hypertonicko-hypokinérický syndrom je charakterizován zvýšeným svalovým napětím a sníženými pohybovými možnostmi.

Parkinsonova nemoc vzniká nedostatkem dopaminu tvořícího se v substantia nigra (pars compacta), a nerovnováhou v okruzích BG způsobenou nadbytkem acetylcholinu. Projevuje se ztuhlostí svalů (rigidita), snížením pohybů (hypokinéza), třesem (tremor), hypomimií obličeje (obličej jako maska), monotónní tichou řečí a dalšími různě nápadnými příznaky. Klinicky zajímavý může být příznak ztráty čichu (anosmie) a poruchy chuti, které se často objevují před klinickým propuknutím Parkinsonovy choroby.

Senzitivita zahrnuje vnímání několika smyslů – **hmatu, bolesti a polohocitu**. **Povrchové čítí** (exterocepce) zahrnuje **hmat a bolest** (epikritické – diskriminační, protopatické – algické a termické). **Hluboké čítí** (interocepce) zahrnuje **polohocit, pohybovit, hluboké tlakové a bolestivé čítí**. **Podněty jsou vedeny rozdílnými dráhami** (lemniskální nebo antero-laterální systém), sbíhají se v talamu a pokračují do senzitivní mozkové kůry. Jejich kolaterály vedou do mozečku, který potřebuje ke koordinaci pohybu neustálý přísun informací z periferních receptorů, do retikulární formace, k jádrům kmene a do limbického systému.

Čítí

Somatosenzitivita

- dráhy vedoucí informace z receptorů v kůži, svalecth a šlachách do mozku
- tělo prvního neuronu je vždy umístěno v ganglion spinale nebo v příslušném ganglion hlavového nervu
- první neuron je vždy pseudounipolární

1 Hrubé (protopatické) čítí

- receptory jsou volná nervová zakončení a tělíska kůže
- vedeno je vývojově staršími projekčními dráhami

2 Jemné (epikritické) čítí

- dotyk, diskriminační čítí (rozlišování 2 bodů)
- vedeno je vývojově mladšími projekčními dráhami

3 Proprioceptivní čítí – svalové, šlachově-ostkocitové a kloubní čítí

- 3.1 **Statická propriocepce (polohocit)**
- 3.2 **Dynamická propriocepce (pohybovit)**

Senzorika – speciální senzitivita (smysly)

- dráhy vedoucí informace z receptorů zrakových, sluchově-rovnovážných, chuťových a čichových
- axon prvního neuronu je senzoričké hlavový nerv
- tělo prvního neuronu je umístěno v senzoričké ganglion
- výjimkou je chuť (první neuron je pseudounipolární)

1 Čich – chemický podnět

2 Chuť – chemický podnět

3 Sluch – zvukový podnět

4 Zrak – světelný podnět

5 Polohocit a pohybovit hlavy – mechanický podnět

Receptory

- 1 **Volná nervová zakončení** – bolest a hmat
- 2 **Hmatová tělíska kůže a stěn vnitřních orgánů** – hmat a bolest
- 3 **Svalová a šlachová vřeténka** – polohocit a pohybovit

Somatosenzitivní homunkulus

- somatotopické uspořádání primární somatosenzitivní oblasti (area 3, 1, 2) je nerovnoměrně rozloženo dle aferentace
- oblasti rtů a ruky zabírají výrazně větší oblast mozkové kůry, než oblasti s menší koncentrací receptorů



Schéma člověka na frontálním řezu skrz gyrus postcentralis

V anglicky psané literatuře se pojem senzitivita (angl. sensitivity – citlivost, vnímavost) nepoužívá.

1. **Dráhy somatosenzitivní** jsou označovány jako „somatosensory system“ – somatosenzoričké dráhy.
2. **Dráhy viscerosenzitivní** jsou označovány jako „viscerosensory system“ – viscerosenzoričké dráhy.
3. **Speciální senzitivita ze smyslů** (zrak, sluch, čich, chuť) je označována jako „sensory tracts“ – senzoričké dráhy.

Bolest je samostatný smysl. Je to nepřijemná senzoričká a emocionální zkušenost spojená s akutním nebo potenciálním poškozením tkání. Je vždy subjektivní, neplatí u ní přímý vztah mezi intenzitou podnětu a intenzitou vjemu. **Má 4 složky:**

1. **Senzoričké-diskriminační** (algotnostická) – uvědomění, jak a kde vzniká, kudy vede, kde ji cítíme.
2. **Afektivně-emoční** (algotmická) – individuální odlišnost, možnost ovlivnění výchovou, odpovídá subjektivnímu vnímání a prožívání bolesti.
3. **Autonomní** – reakce ANS na bolestivý vjem (změna tepové frekvence, krevního tlaku, např. synkopální stav v návaznosti na bolestivý podnět).
4. **Motorická** („fight or flight“) – úlevová poloha, svalové spazmy, patologické svalové zřetězení, narušení zapojování agonistů/antagonistů.

Nejčastější způsob dělení bolesti:

1. **Somatická (rychlá)** – slabě myelinizovaná vlákna A δ (7–14 m/s), vedení přes tractus spinothalamicus anterior et lateralis.
2. **Viscerální (pomalá)** – nemyelinizovaná vlákna C (0,5–3 m/s), vedení přes tractus spinoreticularis.
3. **Afektivně-emoční** – vedení přes tractus spinoparabrachialis a dále do limbického systému (hypothalamus, corpus amygdaloideum).

Přenesená bolest je bolest na povrchu těla, jejíž původ je ze vzdálenějších orgánů (např. srdce, slinivka, žaludek). Jedná se o konvergenci senzoričké aferentace z vnitřních orgánů a somatické aferentace na společných míšních interneuronech a podráždění somatosenzitivních neuronů a jejich dermatomů.

Fantomová bolest je bolest, která se objevuje v neexistující končetině, typicky po amputacích. Pacienti pociťují bolest v končetině, kterou nemají.

Disociace je porušení kvality čítí, při níž jedna nebo více kvalit jsou porušeny a jiné naopak zachovány.

Volní (cílená) motorika umožňuje provádět vůlí řízené pohyby (uchopení, psaní, chůze atd.). **Opěrná motorika** zabezpečuje vzpřímený postoj, tělesnou rovnováhu a polohu těla v prostoru. Z hlediska kvality se volní motorika dělí na **hrubou motoriku** (hybnost celého těla), **jemnou motoriku** (hybnost ruky) a **motoriku mluvidel**. Na vytváření pohybu se podílejí téměř všechny struktury CNS. **Podnět k provedení** volního pohybu vychází z asocičních korových oblastí. Základem každého pohybu jsou **pohybové vzorce** uložené zejména v bazálních gangliích, asociční mozkové kůře a mozečku. **Příkaz k pohybu** vysílá primární motorická korová oblast. **Prostřednictvím** míšních a hlavových nervů se příkaz dostane ke svalům, které se stáhnou a vykonají pohyb.

Struktury ovlivňující pohyb

- 1 **Somatosenzitivní korové oblasti** – poskytují informace o poloze hlavy a těla, dotyku a bolesti
- 2 **Asociční oblasti** – poskytují komplexní informace ze všech smyslů a informace z paměti
- 3 **Primární motorická oblast** – vysílá příkaz o pohybu k motoneuronům – je somatotopicky uspořádaná
- 4 **Premotorická oblast** – podílí se na přípravě a iniciaci pohybu přes okruhy bazálních ganglií, spolupracuje s motorickou kůrou a mozečkem
- 5 **Suplementární motorická oblast** – je zapojená do příprav pohybu a jeho úprav
- 6 **Gyrus cinguli** (část limbické kůry) – zabezpečuje motorickou pozornost a motivaci k pohybu
- 7 **Lobulus parietalis superior et inferior** – zapojeny do přípravy motorického vzorce a do časování pohybu
- 8 **Bazální ganglia** – zabezpečují motorické vzorce přes své okruhy – vytvářejí možné varianty pohybu – hrubě nastavují svalový tonus
- 9 **Mozeček** – zabezpečuje motorické vzorce – kontroluje a upravuje probíhající pohyb – jemně nastavuje svalový tonus – upravuje jemnou i hrubou motoriku
- 10 **Retikulární formace** – nastavuje svalový tonus – ovlivňuje míšní motoneurony a motorická jádra hlavových nervů
- 11 **Thalamus** – ncl. ventralis anterior et lateralis ovlivňují komunikaci mezi kůrou, bazálními ganglii a mozečkem
- 12 **Tectum** – podílí se na souhybech očí, hlavy a krku
- 13 **Rovnovážná jádra** – podílejí se na udržování rovnováhy a okulomotorických reflexech
- 14 **Míšní motoneurony a motorická jádra hlavových nervů** – přinášejí příkaz k pohybům příčně pruhovaných svalů

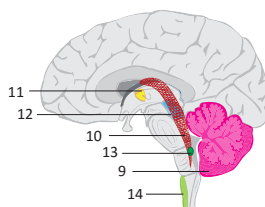
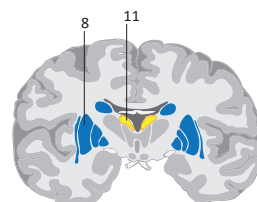
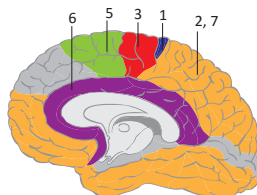
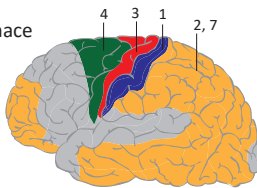


Schéma člověka na frontálním řezu skrz gyrus precentralis

Mobilita (hybnost) znamená všechny pohybové funkce vykonávané kosterním a hladkým svalstvem.

Motilita je souhrn pohybů autonomních systémů prováděných pouze hladkým svalstvem.

Senzomotorika označuje úzkou spolupráci mezi senzitivitou a motorikou. V anglicky psané literatuře se primární somatosenzitivní a primární motorická oblast dohromady nazývají sensorimotor cortex.

Postura znamená aktivní držení pohybových segmentů těla v jakékoli poloze. Vyrovnává působení zevních sil na tělo (zejména tíhové síly). Vytváří opěrnou základnu (punctum fixum) pro vykonání volního pohybu. Představuje základní podmínku pohybu.

Posturální stabilita je schopnost zajistit takové držení těla, aby nedošlo k pádu ani při změnách vnějších a vnitřních sil.

Motorický homunkulus

- somatotopické uspořádání primární motorické oblasti (area 4) je nerovnoměrně rozloženo podle jemnosti pohybu a počtu nervosvalových jednotek
- svaly ruky a mluvidel zabírají výrazně větší oblast mozkové kůry, než svaly trupu nebo končetin

Klinika

Plasticita mozku je schopnost mozku reagovat na měnící se podmínky, např. při poškození může být poškozená oblast nahrazena aktivitou jiné korové oblasti. Proto je po poškození CNS nezbytná rehabilitace, která přispívá k procesu plasticity mozku.

Pohyb

1. Plánování pohybu

- 1.1 v **asociačních oblastech** se zrodí myšlenka na pohyb
- 1.2 **senzitivní a senzorické oblasti** informují o současné poloze těla
- 1.3 **limbický systém** dodává motivaci k pohybu
- 1.4 **mozeček** informuje o možnostech pohybu vzhledem k poloze a pohybu těla
- 1.5 **motorické oblasti** vytvářejí návrh pohybu a posílají ho do bazálních ganglií

2. Tvorba (programování) pohybu

- probíhá v bazálních gangliích
- 2.1 bazální ganglia **přijímají všechny informace**
- 2.2 **vybírají vhodné pohybové vzorce**
- 2.3 mozeček je **informuje o podnětech**, které do něj vstupují; je zapojen i do **výběru motorického vzorce** (motorická paměť)
- 2.4 na základě všech informací **vytvářejí ideální vzorec pohybu**
- 2.5 posílají **návrh do primární motorické oblasti**

3. Příkaz k pohybu

- 3.1 **primární motorická oblast** vysílá příkaz k pohybu cestou pyramidové dráhy, důležité je načasování pohybu (timing), aby pohyb byl vykonán ve správný okamžik

4. Provedení pohybu

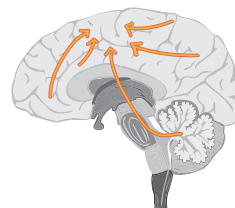
- 4.1 **míšní motoneurony a motorická jádra hlavových nervů** přijímají informace a posílají je do příčné pruhovaných svalů
- 4.2 **svalová a šlachová vřeténka** zpětně informují CNS o změnách ve svalech a šlachách
- 4.3 **proprioceptory, rovnovážné ústrojí a odbočky ze zrakové dráhy** informují mozeček o změnách polohy a pohybu těla v prostoru
- 4.4 **mozeček informuje primární motorickou oblast**, která neustále upravuje směr a kvalitu pohybu
- 4.5 **mozeček informuje i podkorové struktury**, které upravují polohu těla a napětí svalů

5. Kontrola pohybu

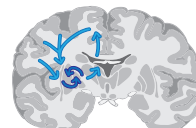
- 5.1 **mozeček během celého pohybu neustále kontroluje** jeho směr, rychlost, přesnost a ukončení

6. Učení pohybu

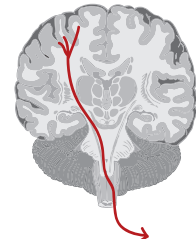
- častým opakováním pohybu a cvičením dochází k jeho učení a zdokonalování
- dochází k tvorbě nových pohybových vzorců nebo úpravě starých vzorců
- do motorického učení jsou zapojeny mozeček, bazální ganglia (především corpus striatum), motorické a asociační oblasti kůry a hipokampus



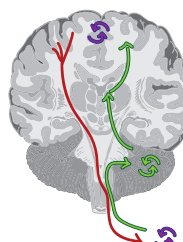
Plánování pohybu
„Chci odpálit míček.“



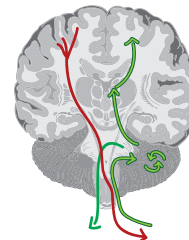
Tvorba (programování) pohybu
„Jak ho můžu nejlépe odpálit?“



Provedení pohybu
„Vyкроčím a použiji forearm.“



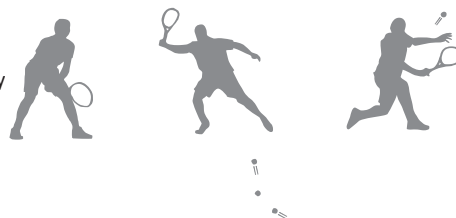
Kontrola pohybu
„Ach, míček se odrazil jinak, než jsem očekával.“



Změna pohybu
„Otočím se, změním polohu těžiště a zahrají backhand.“

Příklad volního pohybu v tenisu

1. **Plánování pohybu** – tenista sleduje míček, drží a cítí raketu v ruce, uvědomuje si svůj postoj, přemýšlí, kam a kdy míček dopadne – chce odehrát míček s největší silou a přesností – vybavuje si, jaké podobné úder y v minulosti zahrál a plánuje pohyby
2. **Tvorba (programování) pohybu** – na výběr je forearm a backhand, krok vpřed i dozadu, úder jednou rukou nebo obouřu atd. – vybírá nevhodnější pohyb z velkého množství pohybových vzorců
3. **Příkaz k pohybu** – nastane správný čas a spustí se pohybový vzorec
4. **Provedení pohybu** – jedna noha vykročí, druhá jde do podřepu, končetina s raketou se natahuje, druhá končetina se zkracuje atd.
5. **Kontrola pohybu** – míček dopadá pod jiným úhlem a s jinou rotací, než mozek tenisty na základě předchozích zkušeností očekával a na základě nově zjištěných informací upravuje pohyb (mění těžiště, natahuje/zkracuje končetinu s raketou atd.)
6. **Učení pohybu** – odehráním nebo zkažením míčku si mozek zapamatoval pohyb – uvědomil si, že míček se může odrazit pod jiným úhlem, než předpokládal, a příště při podobné výměně použije jiný pohybový vzorec



Limbický systém představuje systém **korových a podkorových struktur**. **Korové struktury** koncového mozku se nacházejí zejména na mediální ploše hemisféry. **Podkorové struktury** se nacházejí v bazálních gangliích, mezi mozku, mozkovém kmeni a retikulární formaci. Vzájemně jsou propojeny různými drahami a okruhy, vzájemně spolupracují a podílejí se na **řízení homeostázy organismu**. Limbický systém má vliv na **emoce a chování, motivaci a paměť, na autonomní i somatický nervový systém** a na **endokrinní osu hypothalamus-hypofýza**. Limbický systém se dělí na zóny nebo pásma. **Zóny** odpovídají oblastem kůry dle histologické stavby. **Pásma** odpovídají funkčnímu zapojení struktur.

Korové oblasti (gyrus limbicus)

1 Neokortikální zóna

- 1.1 Area subcallosa
- 1.2 Gyrus cinguli
- 1.3 Gyrus parahippocampalis

2 Mezokortikální (přechodná) zóna

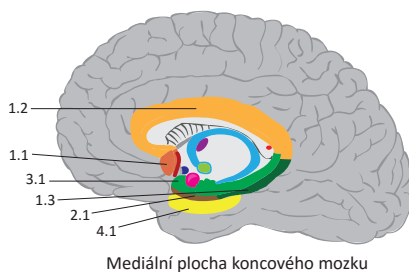
- 2.1 Entorhinální a perirhinální korová oblast
- 2.2 Presubiculum

3 Archikortikální zóna

- 3.1 Hipokampální formace
 - 3.1.1 Hippocampus
 - 3.1.2 Subiculum
 - 3.1.3 Gyrus dentatus

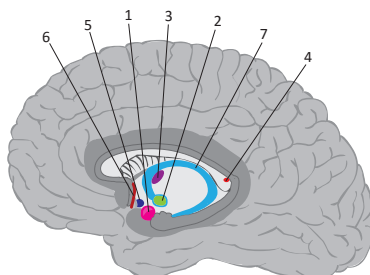
4 Paleokortikální zóna

- 4.1 Čichová korová oblast



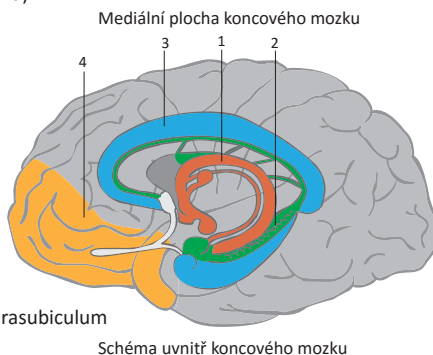
Podkorové struktury

- 1 Corpus amygdaloideum
- 2 Hypothalamus – ncll. mammillares
- 3 Thalamus – ncll. anteriores thalami
- 4 Epithalamus – ncll. habenulares
- 5 Nucleus accumbens
- 6 Septum verum
- 7 Fornix
- 8 Retikulární formace (některá jádra)



Pásma

- 1 Nejvnitřnější pásmo
 - 1.1 Corpora mammillaria
 - 1.2 Fornix
 - 1.3 Fimbria hippocampi
- 2 Vnitřní pásmo
 - 2.1 Hippocampus
 - 2.2 Gyrus dentatus
 - 2.3 Indusium griseum
- 3 Vnější pásmo
 - 3.1 Subiculum, presubiculum, parasubiculum
 - 3.2 Area entorhinalis
 - 3.3 Gyrus parahippocampalis
 - 3.4 Uncus gyri hippocampalis
 - 3.5 Gyrus cinguli
 - 3.6 Area subcallosa
- 4 Neokortikální paralimbická kůra
 - 4.1 Inzulární lalok
 - 4.2 Pól spánkového laloku
 - 4.3 Čelní lalok – mediální a orbitální část



Gyrus limbicus lemuje corpus callosum na mediální straně hemisféry. Korové struktury limbického systému (vývojově archikortex) se na mediální stranu hemisféry přesouvají v souvislosti s vývojem neokortexu. Mohutně vytvořený neokortex zatlačí struktury limbické kůry ke corpus callosumu.

Limbický systém dokáže za určitých situací probudit v člověku emoce zvířete a přiblížit jej alespoň chováním našim předkům. Za normálních situací je limbický systém pod řízením prefrontálního kortexu. Prefrontální kortex je centrem vůle, sebeovládání, koncentrace a sociální empatie. Limbickému systému umožní jen to, co je v dané situaci „společensky“ akceptovatelné. Za určitých situací může být tato vazba utlumena (např. alkoholem, návykovými látkami anebo emočně vypjatou situací).

Funkce gyrus cinguli: emoční reakce (přední část), verbální paměť a prostorová orientace (zadní část).

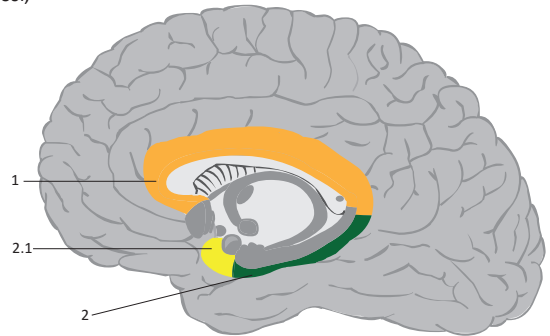
Funkce gyrus parahippocampalis: prostorová paměť, orientace a schopnost rozlišovat a rozpoznávat objekty.

Funkce hipokampální formace: ukládání informací do dlouhodobé paměti, podílí se také na konsolidaci (ukládání) paměťové stopy do dlouhodobých paměťových okruhů.

Funkce amygdaly: zjednodušeně lze amygdalu označit za „centrum emoci a strachu“.

Gyrus cinguli

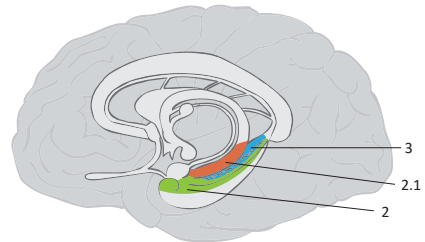
- 1 **Gyrus cinguli** (area 23, 24, 25, 29, 30, 31)
 - Uložení:** začíná v area subcallosa pod rostrum corporis callosi, obtáčí se vně kolem corpus callosum, pokračuje zúžením v gyrus parahippocampalis do spánkového laloku
 - Aferentace:** pochází převážně z asociačních oblastí temporálního, parietálního a frontálního laloku
 - Eferentace:** zpětnovazebná do mozkové kůry a do podkorových struktur (do striata, mozečku, talamu)
 - Funkce:** emoční reakce (přední část), verbální paměť a prostorová orientace (zadní část)
 - 1.1 **Cingulum** – důležitý silný svazek vláken směřující do gyrus parahippocampalis – významná součást Papezova limbického okruhu



Mediální plocha koncového mozku

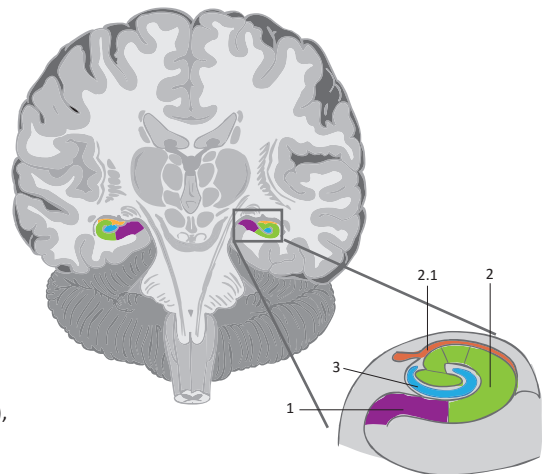
Gyrus parahippocampalis

- 2 **Gyrus parahippocampalis**
 - soubor více Brodmannových areae (entorhinální kůra, perirhinální kortex apod.)
 - je pokračováním gyrus cinguli od úrovně splenium corporis callosi
 - 2.1 **Uncus** – rostrální část
 - 2.1.1 **Gyrus semilunaris** – v něm uložená korová jádra corpus amygdaloideum
 - 2.1.2 **Gyrus ambiens** – rostrální část
 - 2.1.3 **Gyrus dentatus** – koncový oddíl závitů
 - 2.2 **Entorhinální korová oblast** (area 28) – v dolní části uncus gyri parahippocampalis – propojuje neokortex s hipokampální formací
 - 2.3 **Perirhinální korová oblast** (area 35, 36) – podél sulcus rhinalis a sulcus collateralis
- Aferentace:** přichází z asociačních oblastí neokortexu, z prefrontální a čichové kůry, hipokampální formace, corpus amygdaloideum, talamu a dalších struktur
- Eferentace:** především do hipokampální formace a dále do corpus amygdaloideum, talamu (ncl. anteriores) a striatum ventrale
- Funkce:** prostorová paměť, orientace a schopnost rozlišit a rozpoznat objekty



Hipokampální formace

- 1 **Subiculum** – uloženo na horní straně gyrus parahippocampalis
 - 2 **Hippocampus** (cornu Ammonis)
 - je laterálním pokračováním subikula
 - val (asi 5 cm dlouhý) vyklenující se do postranní mozkové komory
 - skládá se ze 4 sektorů (CA 1 – CA 4)
 - 2.1 **Fimbria hippocampi**
 - svazek vláken směřující do fornix
 - spojuje hipokampální formaci se zbytkem limbického systému
 - 3 **Gyrus dentatus** – uložen mediálně od hipokampu
 - je pokračováním gyrus fasciolaris, který vzniká spojením striae longitudinales corporis callosi
- Aferentace:** z entorhinální kůry, talamu, asociačních oblastí neokortexu (přes gyrus cinguli a gyrus parahippocampalis)
- Eferentace:** přes fornix do hypotalamu a talamu a přes entorhinální korovou oblast do neokortexu
- Neurotransmiterová stimulace:** noradrenalin (z locus caeruleus), acetylcholin (ze septum verum), serotonin (z ncl. raphes retikulární formace)
- Funkce:** ukládání informací do dlouhodobé paměti podílí se na tzv. konsolidaci paměťové stopy



Frontální řez koncovým mozem a detail

Děkujeme následujícím **odborníkům a studentům** za jejich cenné rady a připomínky, které významným způsobem přispěly k vylepšení kapitoly **Centrální nervový systém v učebnici Memorix anatomie, 3. vydání.**

Anatomičtí recenzenti

prof. Hans J. Ten Donkelaar, MD, PhD – Radboud University Nijmegen Medical Center, Nijmegen, Netherlands
prof. MUDr. Darina Kluchová, PhD. – Ústav anatomie LF UPJŠ v Košicích
prof. MUDr. Josef Stingl, CSc. – Ústav anatomie 3. LF UK v Praze
doc. MUDr. Václav Báča, Ph.D. – Ústav anatomie 3. LF UK v Praze
doc. RNDr. Ivan Varga, Ph.D. – Ústav histologie a embryologie LF UK v Bratislavě
Assoc. prof. Ayhan Cömert, MD – Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı, Turkey

Kliničtí recenzenti

prof. Andrew M. Demchuk, MD – Foothills Medical Centre, Hotchkiss Brain Institute & University of Calgary
prof. MUDr. Vladimír Komárek, CSc. – přednosta Kliniky dětské neurologie FN Motol a 2. LF UK v Praze
† prof. MUDr. Robert Kuba, Ph.D. – 1. neurologická klinika LF MU a FN u sv. Anny, Brno
doc. MUDr. Robert Mikulík, Ph.D. – 1. neurologická klinika LF MU a FN u sv. Anny, Brno
MUDr. Marek Čierný – Neurologická klinika FN Brno
Aravind Ganesh, MD – Department of Neurology, Foothills Medical Centre and University of Calgary, Calgary, Canada

Studentští recenzenti

Bc. Michaela Pospěchová
Viktor Mariščík
Lucie Olivová
Dominika Jettmarová
Barbora Žemličková
Jan Šmída
Adéla Skoumalová
Frantisek Safar

Viktor Mariščík
Ondřej Heidler
Adam Straka
Klára Kousalová
Jana Žitná
Markéta Polachová
Eduard Navara
Lucie Holubičková

Petr Kala
Zuzana Masárová
Linda Kašičková
Shannon Motsuka, MSc.
Daniel Slovák
Max Cameron
Adam Kubica

Knihy

1. ČIHÁK R. Anatomie 3, vydání 1. Praha: Grada Publishing, 1997. ISBN 80-7169-140-2.
2. DOKLÁDAL M., PÁČ L. Anatomie člověka 3: systém kožní, smyslový a nervový. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita, 1995, ISBN 80-210-1169-6.
3. DRUGA R. et al. Anatomie centrálního nervového systému, 1. vydání. Praha: Galén Karolinum, 2011, ISBN 978-80-7262-706-6.
4. DUBOVÝ P., JANČÁLEK R. Základy neuroanatomie a nervových drah, 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita, 2008, ISBN 978-80-210-4707-5.
5. DYLEVSKÝ I. et al. Funkční anatomie člověka, 1. vydání. Praha: Grada, 2000, s. 664. ISBN 80-7169-681-1.
6. KOUKOLÍK F. Lidský mozek, 3. přepracované a doplněné vydání. Praha: Galén, 2012, s. 400. ISBN 978-80-7262-771-4.
7. NIEUWENHUYNS R., VOOGD J., VAN HUIJZEN Ch. The Human Central Nervous System, 4th edition. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2008, p. 967. ISBN 978-3-540-34684-5.
8. PÁČ L. Základy struktury centrálního nervového systému, 1. Vydání. Brno: Masarykova univerzita, 1997, s. 89. ISBN 80-210-1498-9.
9. PETROVICKÝ P. et al. Klinická neuroanatomie CNS s aplikovanou neurologií a neurochirurgií, 1. vydání. Praha: Triton, 2008
10. ROHEN J.W., YOKOCHI Ch., LUTHEN-DRECOLL E. Anatomie člověka, 6. vydání. Praha: Triton, 2008. ISBN: 978-80-7387-131-4
11. ROWLAND L.P., PEDLEY T.A. Merrit's neurology 12th edition, Lippincott Williams&Wilkins, 2009. ISBN 978-0-7817-9186-1.
12. SNELL R. S. Clinical neuroanatomy for medical students, 5th edition, Lippincott Williams&Wilkins, 2001. ISBN 0-7817-2831-2.
13. VACEK Z. Embryologie: učebnice pro studenty lékařství a oboru všeobecná sestra a porodní asistentka, 1. vydání, Praha: Grada, 2006, s. 256. ISBN 80-247-1267-9.
14. WILLIAMS P.L. Gray's anatomy, 37th edition, Edinburgh: Churchill Livingstone, 1989, p. 1598. ISBN 0-443-02588-6.

Internetové zdroje

1. <http://anatomie.lf3.cuni.cz/studijnimaterialy.htm>
2. <http://www.wikiskripta.eu/index.php/Portál:Anatomie>
3. <http://www.nan.upol.cz/neuro/> – Kikalová K., Machálek L., Holibka V., Kutal M., Bezděková M. Neuroanatomie I, struktury centrálního nervového systému (interaktivní učební text). Olomouc 2008.