

MOZKOVÝ KMEN; pohled zezadu po odstranění mozečku

- 1 funiculus lateralis
- 2 fasciculus gracilis
- 3 fasciculus cuneatus
- 4 tuberculum gracile
- 5 tuberculum cuneatum
- 6 apertura mediana ventriculi quarti
- 7 apertura lateralis ventriculi quarti
- 8 výchlípka plexus choroideus ventriculi quarti do apertura lateralis ventriculi quarti (tzv. Bochdalkův keřík)
- 9 tela choroidea ventriculi quarti
- 10 prosvítající plexus choroideus ventriculi quarti
- 11 pedunculus cerebellaris medius
- 12 odstřižené velum medullare posterius (spolu s fastigiem)
- 13 pedunculus cerebellaris superior

- 14 velum medullare superius se zbytkem linguly mozečku
- 15 nervus trochlearis
- 16 colliculus inferior tekta
- 17 colliculus superior tekta
- 18 thalamus
- 19 area praetectalis
- 20 otvor do III. mozkové komory po odstranění jejího stropu
- 21 taenia thalami
- 22 corpus pineale
- 23 brachium colliculi superioris
- 24 brachium colliculi inferioris
- 25 pulvinar thalami
- 26 mesencephalon – boční plocha
- 27 frenulum veli medullaris superioris
- 28 dutina IV. komory otevřená odříznutím fastigia a části velum medullare inferius

* Constanzo Varolio (Varolus) (1543–1575), italský profesor anatomie a chirurgie v Bologni a v Římě

TRUNCUS ENCEPHALICUS- MOZKOVÝ KMEN

- je kraniálním pokračováním páteřní míchy a je masivními svazky vláken spojen s cerebelem, mozečkem a přechází do mezimozku, diencefala. Kmen a mozeček jsou uloženy v tzv. zadní lebeční jámě a pokryty seshora duplikaturou dura mater (tvrdé pleny). Stejně jako mícha je mozkový kmen složen ze šedé (neurony a glie) a bílé hmoty (provazce) s převahou myelinizovaných vláken). Šedá hmota mozkového kmene převažuje v jeho dorzální části, zatímco bílá hmota převažuje v bazálních oblastech kmene nebo v jeho povrchových partiích. Mozkový kmen se dělí na tři části.

1. Příným pokračováním míchy je prodloužená mícha - medulla oblongata (dříve popisovaná jako **bulbus medullae spinalis**, proto ve složeninách dosud např.

kortikobulbální-“korověprodlouženímíšní” dráhy, sulcus bulbopontinus, viz dále aj.).

2. Prostřední část kmene tvoří Varolův most (pons Varoli), dorzálně překrytý mozečkem.

Mezi mozkovým kmenem a mozečkem je prostor vyplněný likvorem, označovaný jako IV. mozková komora- ventriculus quartus. Strop IV. komory je tvořen mozečkem, spodina je utvářena dorzálními povrchy prodloužené míchy a pontu. Spodina IV. mozkové komory má rombický tvar (kosočtverečný) a označuje se jako **fossa rhomboidea**.

3. Kraniální část mozkového kmene tvoří střední mozek - **mesencephalon**.

Zevní popis mozkového kmene

Medulla oblongata - prodloužená mícha

Na ventrální ploše prodloužené míchy jsou patrné dva protáhlé valy - pyramides medullae oblongatae, podmíněně povrchově uloženou pyramidovou dráhou (tractus corticospinalis). Oba valy odděluje fissura mediana ventralis, která je na rozhraní prodloužené míchy a hřbetní míchy (v úrovni kořenů C1) přerušena **křížením** pyramidové dráhy - **decussatio pyramidum**. Laterálně od pyramidového překřížení je **zářez - sulcus ventrolateralis**, z něhož vystupují vlákna n. hypoglossus (fila radicularia nervi hypoglossi).

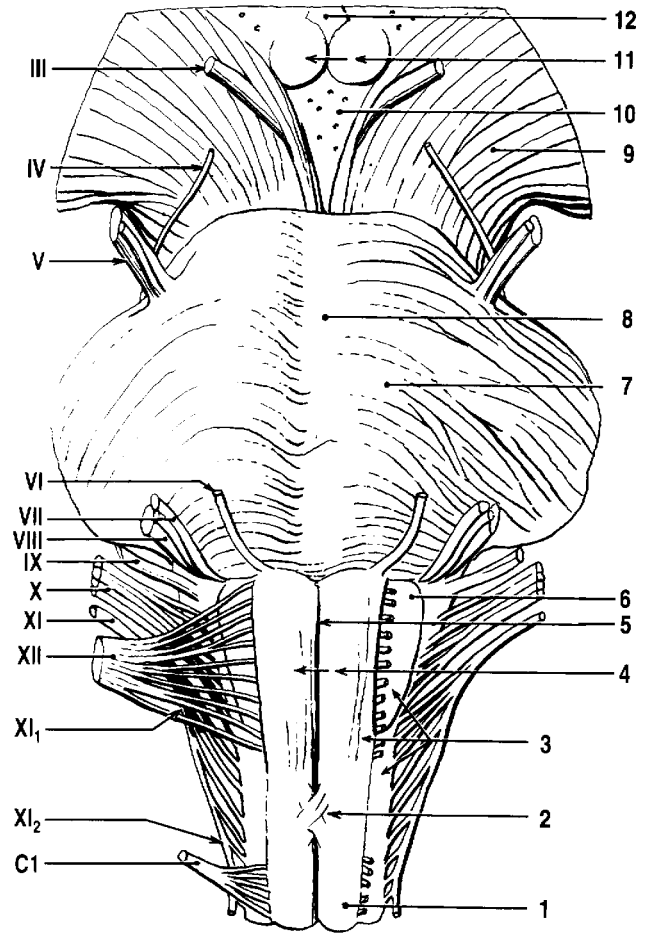
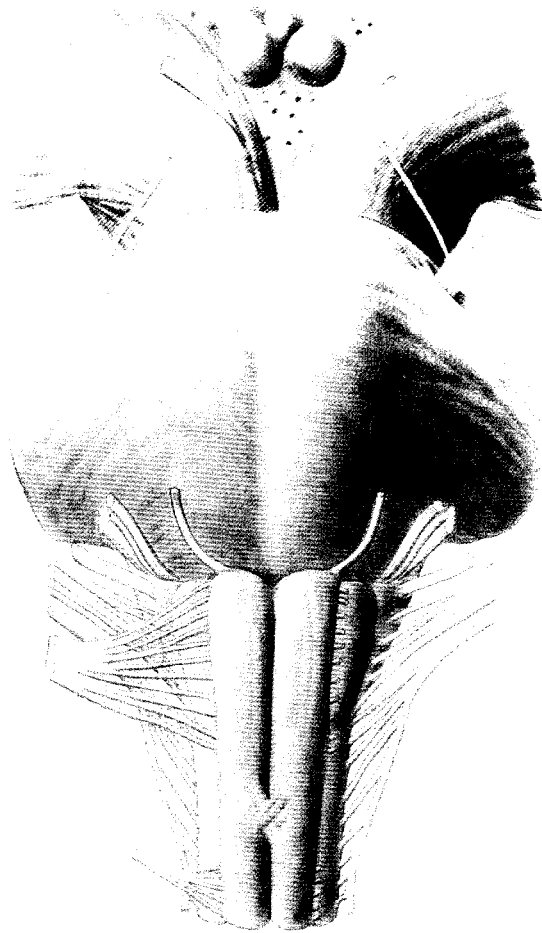
Mezi sulkus ventrolateralis a sulkus dorsolateralis je **vyvýšenina šedé hmoty- OLIVA, nucleus olivaris inferior**. Dorzálně od olivy vystupují ze sulkus dorsolateralis vlákna tří hlavových nervů: n. accessorius, n. vagus a n. glossopharyngeus (nervy postranního smíšeného systému). Rozhraní mezi prodlouženou míchou a pontem tvoří sulcus bulbopontinus. Na laterální ploše medulla oblongata je patrný **pedunculus cerebellaris inferior (caudalis)**, označovaný také jako corpus restiforme.

Na dorzální ploše medulla oblongata je viditelný sulcus medianus dorsalis, oddávající poslední úsek zadních míšních provazců (funiculus dorsalis dexter et sinister). **Zadní míšní provazce** jsou rozděleny na **fasciculus gracilis (Golli) a na fasciculus cuneatus (Burdachi)**. Fasciculus gracilis je zakončen hrbolkem tuberculum gracile (clava), fasciculus cuneatus končí hrbolkem tuberculum cuneatum. Laterálně od tuberculum cuneatum je viditelné tuberculum trigeminale (cinereum). Tyto hrbolky a vyvýšeniny jsou tvořeny povrchově uloženými jádry zadních míšních provazců a jádrem **V. n. trigeminus**.

Mezi clava a tuberculum cuneatum pravé a levé strany zasahuje dolní část fossa rhomboidea. Na jejím okraji (taenia ventriculi quarti) se **upíná ztenčený strop IV. mozkové komory - velum medullare caudale ventriculi quarti**. S dorzální plochou velum medullare srůstá pia mater (tela choroidea ventriculi quarti), obsahující cévní pletěň - plexus choroideus ventriculi quarti. **Úhel**, v němž se stýká taenia ventriculi quarti pravé a levé strany, se označuje jako **obex**. (Obex se používá jako orientační bod při některých neurochirurgických výkonech v této oblasti.)

Na příčném řezu prodlouženou míchou jsou makroskopicky viditelná některá **jádra šedé hmoty** a svazky bílé hmoty. V kaudální části medulla oblongata jsou to jádra zadních míšních provazců - nuclei fasciculorum dorsalium (ncl. gracilis a ncl. cuneatus) - a ventrolaterálně od nich nucleus spinalis nervi trigemini. Pod těmito jádry jsou jádra hlavových nervů a jádra retikulární formace. Při střední čáře jsou viditelná vlákna vystupující z ncl. gracilis a ncl. cuneatus - **fibrae arcuatae internae**. Jejich křížení ve střední čáře se označuje jako **decussatio lemniscorum**. Po zkřížení tato vlákna stoupají mozkovým kmenem jako **lemniscus medialis**. Jde o křížení druhého úseku (neuronu) senzitivní dráhy zadních míšních provazců (**lemniskový systém**). Ventrálně se na povrchu vyklenují dva mohutné svazky vláken **pyramides medullae oblongatae**, obsahující pyramidovou dráhu (tractus corticospinalis), která zde sestupuje do míchy.

Řezy rostrální částí prodloužené míchy mají odlišnou úpravu. Dorzálně, těsně pod povrchem IV. mozkové komory, jsou uložena jádra hlavových nervů a pod nimi jádra retikulární formace. V bazální části řezu je nápadné zprohýbané jádro - **oliva inferior**. Ventrálně od



1. MOZKOVÝ KMEN; pohled zředu zdola

- 1 medulla spinalis
- 2 decussatio pyramidum
- 3 medulla oblongata
- 4 pyramides medullae oblongatae
- 5 fissura mediana anterior
- 6 oliva
- 7 pons
- 8 sulcus basilaris pontis
- 9 crus cerebri
- 10 fossa interpeduncularis se substantia perforata posterior
- 11 corpora mamillaria (součást hypothalamu)
- 12 tuber cinereum (součást stopky hypofysy)

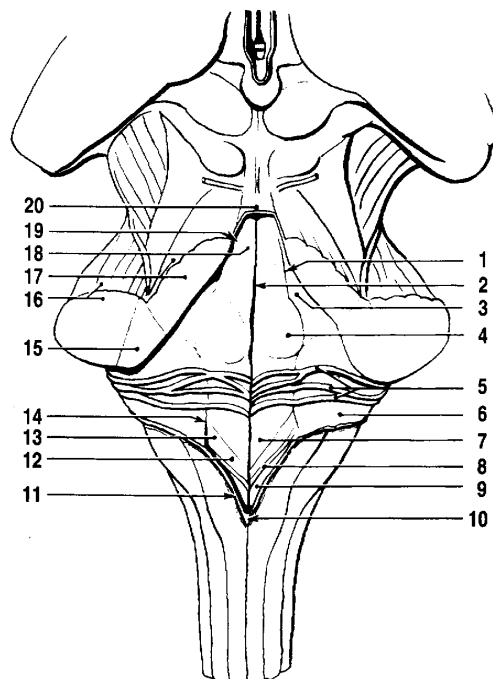
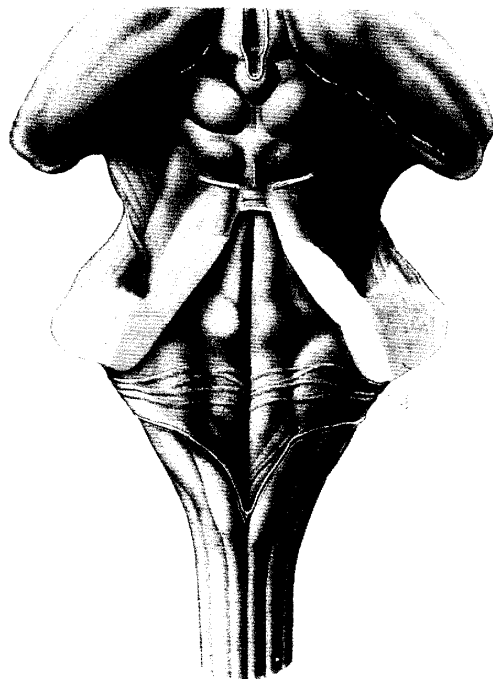
- III – nervus oculomotorius
- IV – nervus trochlearis
- V – nervus trigeminus
- VI – nervus abducens
- VII – nervus facialis
- VIII – nervus vestibulocochlearis
- IX – nervus glossopharyngeus
- X – nervus vagus
- XI – nervus accessorius
- XI₁ – radix cranialis nervi accessorii
- XI₂ – radix spinalis nervi accessorii
- XII – nervus hypoglossus
- C1 – nervus cervicalis I (první míšň nerv)

olivy jsou na řezu pyramides medullae oblongatae a mediálně od olivy lemniscus medialis. V dorzolaterální části řezu je **mohutný svazek vláken - pedunculus cerebellaris inferior**, který obsahuje svazky vláken vystupující z míchy a z mozkového kmene a končící v kůře **mozečku**.

Most - pons (Varoli)

je nápadný široký val na ventrální ploše mozkového kmene. Ve střední čáře tohoto valu je mělký žlábek - **sulcus basilaris pontis**, obsahující a. basilaris. Pons laterálně a dorzálně přechází do mohutných **pedunculů cerebellares medii (brachií pontis)**, které jej spojují s **mozečkem (obr.)**. Stonky obsahují vlákna vystupující z pontinních jader a končící v kůře druhostranné hemisféry mozečku. Na rozhraní pontu a brachu pontis vystupuje silný **n. tri**

geminus. Na rozhraní pontu a medulla oblongata ze sulcus bulbopontinus vystupují tyto hlavové nervy: nejmediálněji **n. abducens**, dále laterálně **n. facialis** a **n. vestibulocochlearis**. Spojnice výstupu n. facialis a n. trigeminus se označuje jako **trigeminofaciální čára**, která je



FOSSA RHOMBOIDEA A OKOLNÍ ÚTVARY; označeny útvary ve IV. komoře, ostatní označeno na obr.

- 1 sulcus limitans
- 2 sulcus medianus
- 3 fovea superior
- 4 colliculus facialis
- 5 striae medullares ventriculi quarti
- 6 area vestibularis
- 7 trigonum nervi hypoglossi
- 8 funiculus separans
- 9 area postrema
- 10 obex (malý pravolevý můstek při kaudálním konci velum medullare inferius)

- 11 taenia rhombencephali (proužek zbývající po odstranění velum medullare inferius)
- 12 trigonum nervi vagi
- 13 fovea inferior
- 14 sulcus limitans
- 15 pedunculus cerebellaris inferior
- 16 pedunculus cerebellaris medius
- 17 pedunculus cerebellaris superior
- 18 eminentia medialis
- 19 locus caeruleus
- 20 velum medullare superius (odříznuté)

konvenční hranicí mezi poutem a brachia pontis.

Dorzální plocha poutu spolu s dorzální plochou medulla oblongata (obě dorzální plochy hledí k mozečku) tvoří spodinu **fossa rhomboidea (obr.)**.

Fossa rhomboidea

- je tvořena dorzální plochou Varolova mostu a prodloužené míchy a zároveň je spodinou IV. mozkové komory. Je ohraničena vpředu pedunculi cerebellares craniales (brachia conjunctiva), uprostřed pedunculi cerebellares medii (brachia ponos) a kaudálně pedunculi cerebellares caudales (corpora restiformia). Je rozdělena na dvě symetrické poloviny mělkým žlábkem - sulcus medianus. Po stranách tohoto žlábků jsou patrné protáhlé vyvýšeniny - eminentiae mediales, které jsou laterálně ohraničeny pomocí sulci limitantes. (Sulci limitantes jsou hranicí mezi bazální ploténkou (mediálně od sulcus limitans) a alární ploténkou (laterálně od sulcus limitans). Na spodině IV. mozkové komory jsou patrné další drobné vyvýšeniny, které naznačují polohu některých jader hlavových nervů. V kaudální části fossa rhomboidea (odpovídající prodloužené míše) je to trigonum nervi vagi (pod ním je dorzální jádro n. vagus) a trigonum nervi hypoglossi (pod ním je jádro n. hypoglossus). Kaudálně od trigonum nervi vagi je malá vyvýšenina - **area postrema**, patřící mezi cirkumventrikulární orgány.

Ve střední části fossa rhomboidea je mediálně od sulcus limitans patrný colliculus facialis,

jenž je podmíněn vlákny n. facialis, která zde obtáčejí jádra n. abducens. Pod colliculus facialis jsou viditelné jemné světlé proužky - striae medullares, které obtáčejí pedunculus cerebellaris cranialis a míří mediálně přes area vestibularis a eminentia medialis. Zanořují se do sulkus medianus a obsahují **část vláken sluchové dráhy**. Laterálně od colliculus facialis vybíhá fossa rhomboidea do recessus lateralis ventriculi quarti, kde je patrná vyvýšenina, označovaná jako area vestibularis. Pod area vestibularis jsou uložena jádra n. vestibulocochlearis. V rostrální části fossa rhomboidea je vidět **namodralé místo - locus coeruleus**. Pod ním je uloženo jádro - **nucleus coeruleus**, obsahující noradrenergní, pigmentované neurony.

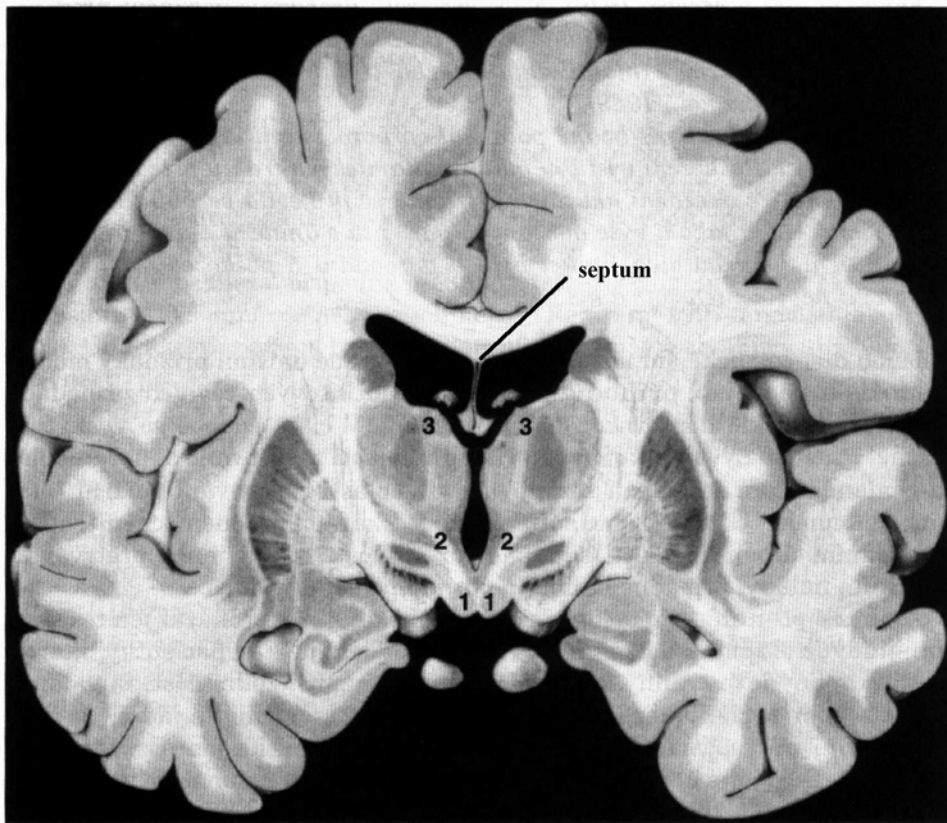
Na řezu mostem jsou patrné dvě základní části: dorzální část - **pars tegmentalis pontis** (tegmentum pontis) - a ventrální část - pars basalis pontis. Tegmentum pontis obsahuje jádra hlavových nervů a jádra retikulární formace. Pars basalis pontis obsahuje velké množství drobných jader, která se souhrnně označují jako nuclei pontis. Mezi ncll. pontis sestupují kaudálně vlákna pyramidové dráhy, která se v pontu označují jako "roztříštěné svazky pyramid". Z ncl. pontis pak vystupují vlákna, která **kříží** střední čaru a jako fibrae pontis transversae míří laterálně do mohutného svazku - **brachii pontis** (pedunculi cerebellares medii). Brachia pontis tedy obsahují pontocerebelární vlákna, která vystupují z ncll. pontis a končí v kůře mozečku. Pontocerebelární vlákna jsou pokračováním kortikopontinní dráhy, která vystupuje z mozkové kůry a končí ve stejnostranných ncll. pontis.

Na rozhraní mezi pars basalis pontis a pars tegmentalis pontis je viditelný horizontálně orientovaný svazek vláken **lemniscus medialis** a slabší svazek **corpus trapezoideum**, který je součástí **sluchové dráhy**.

Mesencephalon - střední mozek

-je nejkratší částí mozku kmene (v průměru 2-3 cm). Spojuje Varolův most s mezimozkem. Na spodní ploše středního mozku jsou viditelné **dva mohutné valy - crura mesencephali (pedunculi mesencephali)**, rozbíhající se od poutu k diencefalu. Mezi nimi je hluboká **fossa intercruralis (interpeduncularis)**, ze které vystupuje pravý a levý n. oculomotorius.

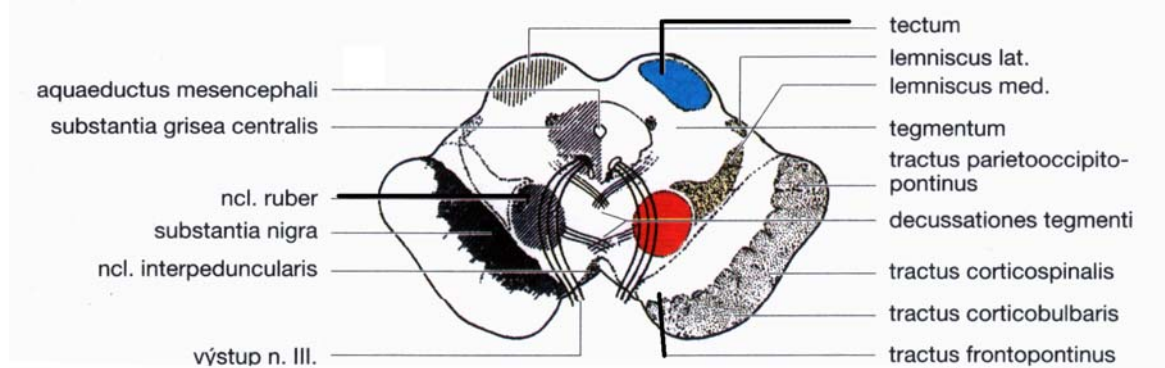
Fossa intercruralis je vpředu zakončena velmi dobře viditelnými **párovými hrbolky - corpora mamillaria**, které jsou **již součástí mezimozkového hypotalamu** a obsahují stejnojmenná hypotalamická jádra. Na přechodu mezencefala a diencefala jsou viditelné dva hrbolky - **corpus geniculatum mediale et laterale, které jsou součástí mezimozku (talamu)** a obsahují stejnojmenná jádra.



1 corpus mamillare
2 tractus mamilothalamicus
3. nc. anterior thalami

Na dorzální ploše středního mozku jsou dvě párové vyvýšeniny, označované jako **čtverohrbolí (lamina tecti)**. Dolní pár tvoří **colliculi caudales (inferiores)**, horní pár **colliculi craniales (superiores)** (viz obr.).

Z colliculi caudales odstupují pásy bílé hmoty brachium colliculi caudalis, které míří ke corpus geniculatum mediale. Obdobně z colliculi craniales je to brachium colliculi cranialis, které jde ke corpus geniculatum laterale. Colliculi caudales jsou přepojovací stanicí sluchové dráhy, zatímco colliculi craniales jsou součástí zrakové dráhy. Pod colliculi caudales vystupuje **n. trochlearis** (jediný hlavový nerv vystupující z dorzální plochy kmene!).



Příčný řez mezencefalem

Na řezu středním mozkem je viditelný **kanálek aquaeductus mesencephali**, který spojuje III. a IV. mozkovou komoru. Rovina proložená tímto kanálkem odděluje dorzální část mezencefala (tzv. tectum mesencephali) od části ventrální, označované tegmentum. Tektum se skládá ze čtverohrbolů (colliculi caudales, colliculi craniales). Aquaeductus je obklopen šedou hmotou - **substantia grisea centralis mesencephali**. V mediální části tegmenta je nápadné **růžovošedé jádro - nucleus ruber**. Laterálně od ncl. ruber je svazek vláken přicházející z prodloužené míchy - **lemniscus medialis** - a laterálně od něj tractus **spinothalamicus**. Oba svazky procházejí středním mozkem a končí v talamu.

Dorzálně od ncl. ruber jsou **jádra mezencefalických hlavových nervů - ncl. oculomotorius, ncl. trochlearis**, přiléhající těsně k substantia grisea centralis mesencephali, a laterálně od nich **jádra retikulární formace mezencefala**. Ventrální okraj tegmenta obsahuje nápadné, **černě zbarvené jádro - substantia nigra**. Jádro se skládá ze dvou částí. Dorzální, černě zbarvená část - tzv. *pars compacta* - se skládá z obsahujících pigment - neuromelanin. Ventrální část je světlejší a označuje se jako *pars reticularis*.

Ventrálně od substantia nigra jsou mohutné svazky vláken, tvořící tzv. **crura cerebri (pedunculi cerebri)**. Uprostřed crura cerebri sestupuje **pyramidová dráha (tractus corticospinalis)** a po jejích stranách sestupují kortikopontinní svazky. Kortikopontinní svazky vystupují z mozkové kůry a končí v ncl. pontis. Jejich pokračováním je tractus pontocerebellaris (obr. mezencefalu, řez).

Mikroskopická stavba mozkového kmene

Mozkový kmen se skládá z šedé hmoty, která je rozdělena do mnoha jader, a z bílé hmoty, která má podobu kompaktních (často makroskopicky viditelných) nebo difuzních svazků. Tyto svazky jsou součástí vzestupných a sestupných drah, které mozkovým kmenem procházejí.

Šedé hmoty mozkového kmene se dělí na:

- **jádra hlavových nervů** - nucleii nervorum cranialium (senzitivní, motorická, parasympatická),
- **jádra retikulární formace** (dále se člení na jádra prodloužené míchy, mostu a mezencefalické části retikulární formace),
- **jádra specifická** pro jednotlivé oddíly kmene.

Nuclei nervorum cranialium - jádra hlavových nervů jsou uspořádána do longitudinálních pruhů a jsou uložena pod spodinou fossa rhomboidea (pod spodinou IV. mozkové komory). Mediálně od sulcus limitans jsou jádra motorická (somatomotorická a visceromotorická), laterálně od sulcus limitans jádra senzitivní (somatosenzitivní a viscerosenzitivní).

Longitudinální pruhy jader odpovídají **základnímu vývojovému členění** nervové trubice na zónu **somatomotorickou, visceromotorickou, viscerosenzitivní a somatosenzitivní**.

Somatomotorická jádra hlavových nervů.

Somatomotorická jádra jsou uspořádána do dvou řad. Mediální řada jader je pod povrchem IV. mozkové komory a inervuje svaly, které pocházejí ze somitů. Laterální řada jader je uložena hlouběji a inervuje svaly, které vývojově pocházejí ze žaberních oblouků. Mediální řadu tvoří následující jádra:

- Ncl. nervi *hypoglossi* je uložen pod trigonum nervi hypoglossi. Axony jeho neuronů procházejí retikulární formací a vystupují z prodloužené míchy mediálně od olivy (mezi ncl. olivaris caudalis a pyramis medullae oblongatae).
 - Ncl. nervi *abducentis* je jádro uložené pod colliculus facialis a otáčejí se okolo něj vlákna n. facialis. Axony vystupující z jádra jdou mediálně v sulcus bulbopontinus, na rozhraní prodloužené míchy a poetu.
 - Ncl. nervi *trochlearis* je jádro uložené ve středním mozku, při okraji substantia grisea centralis mesencephali. Vlákna tohoto nervu vystupují na dorzální ploše mozkového kmene, pod colliculi caudales.
 - Ncl. nervi *oculomotorii* je v mezencefalu před jádrem n. trochlearis, při okraji substantia grisea centralis. Mezi pravým a levým jádrem je uloženo nepárové Perliovo jádro a rostrálně od jádra n. oculomotorius párové jádro - **ncl. Edinger-Westphali** (ncl. accessorius nervi oculomotorii). Toto jádro patří mezi **parasymptická** (visceromotorická) jádra hlavových nervů. Vlákna n. oculomotorius po výstupu z jádra prorážejí mediální oblast ncl. ruber a vystupují z mozkového kmene ve fossa intercruralis (z mediální plochy crura mesencephali). Laterální řada motorických jader je tvořena jádry, která jsou uložena v mozkovém kmene hlouběji než jádra mediální.
 - Ncl. *ambiguus* je jádro uložené v medulla oblongata a je společným motorickým jádrem pro n. glossopharyngeus a pro n. vagus. Vlákna z kaudálního pólu jádra vstupují do radix cranialis nervi accessorii. Po spojení radix cranialis s n. vagus se tato vlákna vrací zpět do sestavy n. vagus.
 - Ncl. *nervi facialis* je jádro uložené v tegmentu Varolova mostu. Axony vystupující z jádra obloukovitě obtáčejí jádro n. abducens (colliculus facialis) a vystupují laterálně v sulkus bulbopontinus na rozhraní mostu a prodloužené míchy. Z jádra jsou inervovány mimické svaly obličeje, platysma, m. stapedius, m. stylohyoideus a venter posterior musculus digastrici.
 - Ncl. *motorius nervi trigemini* je jádro uložené v hloubce pod spodinou IV. mozkové komory. Z jádra jsou inervovány žvýkácké svaly.
- Motorická jádra hlavových nervů s výjimkou jader inervujících okohybné svaly (n. III, n. IV., n. VI) dostávají sestupná korová vlákna prostřednictvím tractus corticonucleares. Kortikonukleární spojení umožňuje volní ovládní svalových skupin, které příslušné hlavové nervy inervují (např. volní pohyby jazyka, bleble).

Visceromotorická jádra hlavových nervů

Visceromotorická jádra tvoří kranální část parasymptiku (**hlavový parasymptikus**). Z hlediska organizace autonomního nervového systému jde o pregangliové neurony, jejichž axony mají synaptické kontakty na neuronech parasymptických ganglií (postgangliové neurony).

Jsou to následující jádra:

- ncl. *dorsalis nervi vagi*, uložený v medulla oblongata, těsně pod spodinou IV. komory. Jeho vlákna se přidávají k vláknům vystupujícím z ncl. ambiguus. Z kranální části tohoto jádra (ncl. salivatorius inferior) míří vlákna do n. IX. (parasymptická inervace gl. parotis), z kaudální části do n. X. (parasymptická inervace srdce, jícnu, bronchů, plic, žaludku a střeva, až po flexura coli sinistra, jater, žlučníku a pankreatu);
- ncl. *salivatorius superior*, vysílající vlákna, která se dostávají do periferie cestou n. facialis, a inervující gl. submandibularis et sublingualis a drobné slinné žlázy ústní dutiny;
- ncl. *parasympticus nervi oculomotorii* (ncl. *Edinger-Westphali*) - malé párové jádro uložené mediálně od motorických jader n. III. Vlákna se přidávají k somatomotorickým

vláknům n. III. a v očnici se oddělují a končí v gangl. ciliare. Po přepojení v tomto parasympatickém gangliu pokračují postgangliová parasympatická vlákna do očního bulbu, kde končí v m. ciliaris a v m. sphincter pupillae.

Viscerosenzitivní jádra hlavových nervů

Jsou uložena laterálně od sulcus limitans. Končí v nich vlákna, která vedou signály z vnitřních orgánů. Tato vlákna jsou axonálními výběžky pseudounipolárních neuronů uložených v gangliích příslušných hlavových nervů (n. VII, n. IX., n. X.). Mozkový kmen obsahuje jedno viscerosenzitivní jádro, uložené pod spodinou IV. mozkové komory.

· *Ncl. solitarius* je protáhlé jádro, které se promítá do laterální části trigonum nervi vagi a kaudálním koncem zasahuje do krční míchy. Jádra obou stran se kaudálně spojují (ncl. commissuralis) a mají tak konfiguraci písmene V. Aferentní vlákna z n. VII, n. IX. a n. X. tvoří uvnitř jádra podélný svazek - **tractus solitarius**.

Těmito vlákny přicházejí do jádra viscerosenzitivní signály z trávicího a dýchacího ústrojí, ze srdce a z baroreceptorů a chemoreceptorů cévního systému. Kraniální část jádra se označuje jako ncl. gustatorius a končí v něm chuťová vlákna z n. VIII, n. IX. a n. X.

Vlákna vystupující z ncl. solitarius vedou viscerosenzitivní a chuťové signály do retikulární formace, do talamu a do hypotalamu. Chuťové signály jsou kromě toho vedeny cestou ncl. parabrachialis **do amygdaly** (viz chuťová dráha).

Somatosenzitivní a speciální jádra hlavových nervů

Somatosenzitivní jádra jsou reprezentována komplexem jader n. trigeminus. Vlákna n. trigeminus se po vstupu do pontu dělí na vzestupnou a sestupnou kolaterálu. Sestupná vlákna tvoří dlouhý svazek - *tractus spinalis nervi trigemini*, který zasahuje do krční míchy (C2-C3). Tractus spinalis obsahuje kromě trigeminových vláken i vlákna z n. VIII, n. IX. a n. X.

Trigeminová vlákna končí u dvou základních terminačních jader:

· u ncl. pontinus nervi trigemini, uloženého v kraniální části pontu. V tomto jádru končí vlákna vedoucí signály dotyků, diskriminace a vibrací z inervační oblasti n. V. Kaudálně od ncl. pontinus je ncl. spinalis nervi trigemini. Laterálně od tohoto jádra je uložen tractus spinalis nervi trigemini. V ncl. spinalis končí vlákna vedoucí signály bolesti, tepla a chladu z inervační oblasti n. V. Kraniálně od ncl. pontinus nervi trigemini je

· ncl. mesencephalicus nervi trigemini, zasahující z pontu až do středního mozku. Toto jádro je složeno z pseudounipolárních neuronů a představuje tedy ganglion, jehož neurony nevycestovaly z mozkového kmene. Dendrity neuronů tohoto jádra tvoří na jeho laterální straně svazek - *tractus mesencephalicus nervi trigemini*. Tímto svazkem jsou do jádra vedeny proprioceptivní signály z fixačního aparátu zubů, z čelistního kloubu a ze svalových vřetének okohybných, žvýkacích a mimických svalů. Axony míří do retikulární formace, do motorických center n. V. a n. VII a do mozečku.

Signály zpracované v ncl. pontinus a v ncl. spinalis nervi V. jsou odváděny do talamu dvěma svazky. Z ncl. pontinus vystupuje lemniscus trigeminalis, který se přidává k lemniscus medialis a končí v ncl. ventralis posteromedialis talamu. Tato projekce je srovnatelná s lemniskovým systémem míchy. Z ncl. spinalis nervi V. vystupují vlákna označovaná jako tractus spinothalamicus, který vede signály bolesti, tepla a chladu rovněž do ncl. ventralis posteromedialis thalami. Tato dráha je analogická spinothalamické míšní dráze. Z ncl. ventralis posteromedialis pak pokračují vlákna do somatosenzitivní korové oblasti (součást tractus thalamocorticalis) uložené v gyrus postcentralis.

Laterálně od trigeminových jader, v laterálním cípu IV. mozkové komory, jsou uložena jádra n. vestibulocochlearis.

· *Ncll. vestibulares* jsou čtyři jádra, v nichž končí vlákna vestibulárního nervu (axony bipolárních neuronů gangl. vestibuli). Popisují se jako ncl. **vestibularis medialis**, ncl. **vestibularis lateralis (Deitersi)**, ncl. **vestibularis cranialis (superior)** a ncl. **vestibularis caudalis (spinalis)**. Z ncl. vestibularis lateralis začíná většina vláken tractus

vestibulospinalis.

· *Ncl. cochleares* jsou dvě jádra uložená při horním okraji corpus restiforme. Dělí se na *ncl. cochlearis dorsalis* (tvoří hrbolek - tuberculum acusticum) a na *ncl. cochlearis ventralis*. V obou jádrech končí vlákna *n. cochlearis*, která přivádějí signály ze sluchových receptorů hlemýždě. Z kochleárních jader pokračují vlákna sluchové dráhy ve dvou svazcích - corpus trapezoideum a lemniscus lateralis (viz sluchová dráha).

Jádra retikulární formace

· **Formatio reticularis** - retikulární formace (RF) - je dlouhý “vývojově” starý soubor jader uložených v centrální oblasti tegmenta mozkového kmene, od medulla oblongata až po rostrální mezencefalón. **Dřívější představa, že RF je difuzní kontinuum neuronů, byla opuštěna.** Ze studia struktury a spojů vyplývá, že jádra RF lze členit do **tří** longitudinálních pruhů (systémů), prostupujících celou délkou tegmenta. Tyto systémy se označují jako *rafeální, mediální a laterální*. V každém pruhu se dále rozlišují *oblongátová, pontinní a mezencefalická jádra RF*.

· **Rafeální systém** tvoří jádra rafeálního systému uložená ve střední čáře (v raphe) mozkového kmene. Většina neuronů tohoto systému je serotoninergních. Serotoninergní skupiny se označují jako skupiny B1-B9. Dlouhými axony transportují **serotonin téměř do všech struktur CNS**.

· **Mediální systém** tvoří jádra mediálního systému, která jsou velkobuněčná. Vystupuje z nich většina dlouhých spojů RF.

· **Laterální systém** tvoří jádra v medulla oblongata a v poutu. Jsou to malobuněčná jádra s krátkými spoji, která míří nejčastěji k jádrům mediálního systému.

· **Cerebelární systém** tvoří jádra RF vysílající axony do mozečku. Jsou uložena hlavně v prodloužené míše a v poutu. Převádějí do mozečku signály z mozkové kůry, z vestibulárních jader a z míchy (viz spoje mozečku).

· **Chemické systémy** tvoří jádra, která se liší od ostatních jader RF produkcí funkčně významných mediátorů. Dělí se na jádra **monoaminergní a cholinergní**.

Monoaminergní jádra se dále dělí na *katecholaminergní a serotoninergní*.

Katecholaminergní jádra jsou tvořena neurony, které produkují **noradrenalin nebo dopamin**, a označují se jako A1-A10. Nejvýznamnějším kmenovým noradrenergním jádrem je **ncl. coeruleus** (A6, uložený pod locus coeruleus spodiny IV. mozkové komory).

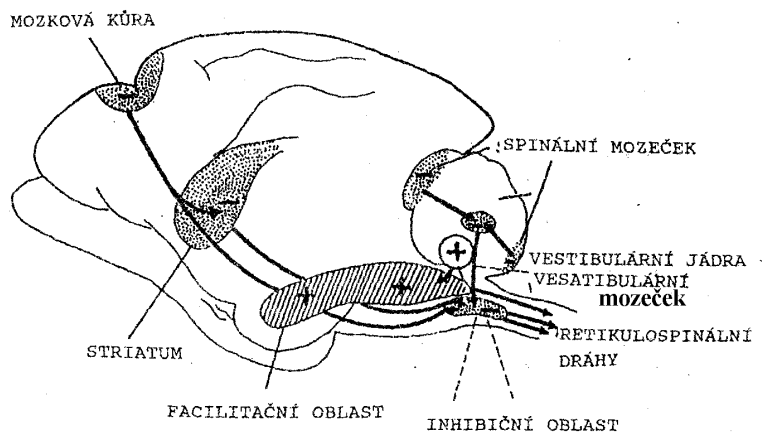
Nejvýznamnějším kmenovým dopaminergním jádrem je substantia nigra - pars compacta (A9), produkující dopamin, který je transportován do bazálních ganglií a do mozkové kůry.

Serotoninergní jádra produkují **serotonin**. Jsou uložena v rafeálních jádrech RF a označují se jako B1-B9.

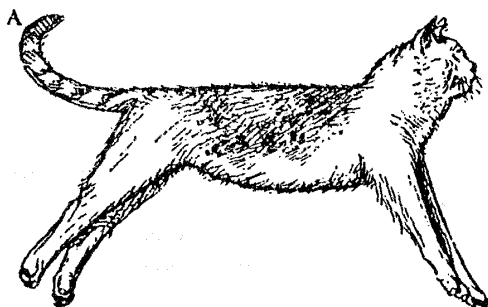
Cholinergní jádra jsou tvořena neurony, které produkují **acetylcholin**. Cholinergní neurony tvoří jádra, která jsou rozložena v bazální oblasti mozkových hemisfér a v mozkovém kmeni. Označují se jako Ch1-Ch6. V **mozkovém kmeni jsou dvě** cholinergní jádra na přechodu poutu a mezencefala (*ncl. laterodorsalis, ncl. pedunculo pontinus, Ch5 a Ch6*).

Ze studií provedených Golgiho impregnační metodou je zřejmé, že RF obsahuje mnoho neuronů, jejichž axony se dělí na dlouhé ascendentní a descendentní kolaterály, probíhající v ose mozkového kmene. Tyto kolaterály se dále větví a vydávají velké množství terminací. Z takového uspořádání axonů vyplývá, že neurony RF rozvádějí impulzy do blízkých, ale i vzdálených struktur.

Spoje retikulární formace



Descendentní systém retikulární formace.



Decerebrační rigidita u kočky.

Retikulární (sít'ovitá) formace mozkového kmene. Připomeňme si, že retikulární formace (RF) mozkového kmene je nejvýznamnější nespecifický systém v centrální nervové soustavě, mající i některé specifické funkce (řízení a reflexní ochrana dýchání, krevního oběhu, zažívání atd. Nespecifické funkce RF je možno rozdělit podle směru působení na **descendentní a ascendentní, viz jádra.**

Descendentní systém retikulární formace (RF) se dělí na **inhibiční a facilitační.**

Descendentní inhibiční systém RF je uložen ventromediálně v pontobulbární oblasti RF (obr.). Při jeho podráždění nastane útlum monosynaptických i polysynaptických míšních reflexů. Je aktivován z některých oblastí mozkové kůry (např. B. Area 4s), ze spinálního mozečku a z bazálních ganglií. Descendentní facilitační systém RF je umístěn v laterodorzální části prodloužené míchy a v mostu, nejvýznamnější jeho část však leží ve středním mozku a zasahuje až do mezimozku. Jeho aktivace zesiluje míšní reflexy prostřednictvím gama-motoneuronů. Je aktivován z vestibulárních jader, z jader vestibulárního mozečku, zejména prostřednictvím nc. fastigii, z kolaterál specifických sensorických drah a z mozkové kůry. Retikulární formace mozkového kmene je sídlem důležitých posturálních (postojových) mechanismů. Aktivita descendentního aktivačního systému RF zvyšuje tonus antigravitačních svalů. Inhibiční descendentní systém RF tonus antigravitačních svalů tlumí. Paleostriatum (spolu se substantia nigra) aktivuje tento inhibiční systém čímž vytváří rovnováhu, zajišťující normální postoj. Přeruší-li se spojení mezi tímto diencefalickým a ponto-bulbárním stupněm řízení antigravitační statiky, vzniká decerebrační rigidita. Tento stav popsal poprvé na začátku 20. století Sherrington u kočky s přerušným kmenem uprostřed čtverohrbolí (mezi colliculi superiores a inferiores) a nazval jej "karikaturou stoje": končetiny jsou strnule nataženy, hlava zvrácena dozadu, ocas zdvižený. Decerebrační rigidita je v podstatě přehnaná, nekoordinovaná postojová reakce, při níž jsou zesíleny napínací reflexy v antigravitačních svalech.

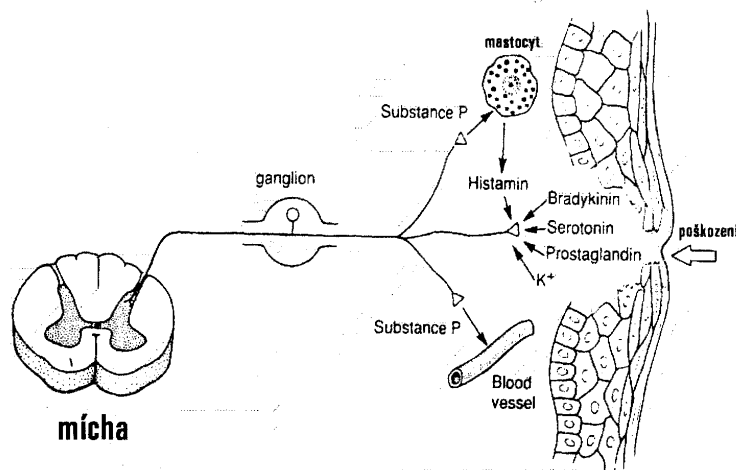
Aferentní spoje retikulární formace

· *Tractus spinoreticularis* tvoří zkřížená i nezkřížená vlákna vystupující ze IV.-VII. míšní

Rexedovy lamely. Končí hlavně v oblongátové a pontinní RF (v mediálním a laterálním systému). Převažují vlákna z cervikálních segmentů. Na nezkřížená spinoretikulární vlákna navazuje *retikulotalamická dráha*, která končí v intralaminárních a mediálních jádrech talamu a je součástí *ascendentního aktivačního systému RF*. Spinoretikulární dráhou jsou přiváděny **senzitivní signály a signály bolesti**.

· *Tractus nucleoreticulares* tvoří krátké spoje vystupující ze senzitivních jader hlavových nervů. Navazují na ně retikulonukleární spoje končící v motorických jádrech hlavových nervů. Tyto spoje jsou anatomickou i funkční obdobou míšních reflexních oblouků.

· *Tractus cerebelloreticulares* tvoří vlákna vystupující ze všech mozečkových jader, ale hlavně z ncl. Fastigii???? Končí v pontinní a v oblongátové části RF. Navazují na ně retikulospinální dráhy, které převádějí vliv **mozečku** na míšní segmenty.



Vstup bolestivého podnětu do míchy.

Oba typy vláken vstupují v laterální části zadního kořene (obr. 60) do **substantia gelatinosa** zadního rohu, kde končí. Mediátor, přenášející informaci z primárních afferentních vláken (mají těla ve spinálních gangliích) na sekundární (spino- thalamicke) neurony je peptid **substance P**. Je syntetizována v tělech neuronů ve spinálních gangliích a do místa synaptických zakončení (zadní rohy míšní) je dopravována rychlým axonovým transportem.

*V míše vlákna sekundárních neuronů přinášejících bolestivou informaci ihned po vstupu přecházejí na protilehlou stranu, přičemž procházejí blízko centrálního kanálu . Proto chorobné procesy, lokalizované v okolí centrálního kanálu (např. syringomyelie), narušují vnímání bolesti (a tepla a chladu) při neporušeném vnímání dotyku v oblasti příslušného segmentu, což se nazývá **dissociace čítí** syringomyelitického typu.*

Dráha pro bolest pak pokračuje v kontralaterálním tractus spinothalamicus a končí zčásti ve vzestupném bulbárním retikulárním systému, zčásti v nc. ventralis posterior thalamu. Rozlišujeme tudíž dráhy **paleospinothalamicke** (spino - retikulo - thalamicke), komunikující s dalšími kmenovými, hypothalamickeými a limbickými strukturami, které vedou pomalou, tupou a pálivou bolest, a dráhy **neospinothalamicke**, vedoucí přímo do thalamu a přenášející pocity ostré, lokalizované bolesti.

Pro vznik vlastního pocitu bolesti má největší význam thalamus. Ukazuje se, že různé struktury thalamu kódují různé aspekty bolesti. **V pulvinaru** (nc.posteriores) je přichozí signál pravděpodobně identifikován **jako bolestivý**.

- *Tractus nigroreticulares* tvoří vlákna vystupující ze **substantia nigra (pars compacta)** a končí v ncl. pedunculopontinus. Jde o **inhibiční (GABAergní)** projekci.
 - *Tractus pallidoreticularis* tvoří vlákna vystupující z vnitřního segmentu **globus pallidus** (pallidum internum). Vlákna končí stejně jako vlákna předchozí dráhy a jejich vliv na RF je inhibiční.
 - *Tractus tectoreticularis* vystupuje z hlubokých vrstev colliculus cranialis. Většina vláken je **nezkřížených**. Tektoretikulární dráha končí v RF poutu a medulla oblongata. Navazuje na ni retikulospinální spojení. Tektoretikulospinální projekce doplňuje mnohem slabší, zkříženou projekci tektospinální.
 - *Tractus hypothalamoreticularis* tvoří vlákna vystupující z hypotalamu a končí v rafeálním a mediálním systému RF. Na tato vlákna navazují tractus reticulonucleares, končící v parasympatických jádrech hlavových nervů, a tractus reticulospinales, končící v ncl, intermediolateralis (sympatikus, torakolumbální systém).
 - *Tractus corticoreticularis* tvoří vlákna vystupující hlavně z motorické a senzitivní korové oblasti a končí ve všech systémech RF. Na kortikoretikulární dráhu navazuje v RF celá řada drah, z nichž nejvýznamnější jsou:
 - tractus reticulospinalis, ovlivňující míšní interneurony (a jejich prostřednictvím α -motoneurony) a γ -motoneurony. Kortikoretikulospinální spojení je jedním z nejmohutnějších systémů vláken;
 - *tractus reticulonuclearis*, ovlivňující motoneurony hlavových nervů;
 - *tractus reticulocerebellaris*, převádějící korové vlivy na mozeček.
- Další systémy vláken přicházejí do RF ze subtalamu, z talamu a z amygdaly.

Eferentní spoje retikulární formace

Mezi eferentními spoji RF převažují spoje dlouhé, vycházející z mediálního systému RF a **rozdávající signály** do vzdálených struktur a oblastí CNS.

- *Tractus reticulospinales* vystupují hlavně z pontinní a oblongátové oblasti RF. Sestupují předními míšními provazci a končí převážně v lamina V-VII šedé míšní hmoty. Ovlivňují aktivitu interneuronů a prostřednictvím interneuronů činnost motoneuronů a i y. Obsahují zkřížená i nezkřížená vlákna. Navazují na kortikoretikulární, cerebeloretikulární, hypothalamoretikulární a další aferentní spoje RF. Obsahují vývodné dráhy z životně důležitých center RF.
- *Tractus reticuloreticulares* je systém krátkých i delších spojů uvnitř RF. Tyto dráhy spojují jednotlivé systémy RF a jednotlivé etáže RF. Například jádra mediálního systému RF jsou navzájem spojena sestupnými i vzestupnými spoji. Uvnitř laterálního systému převažují vzestupné spoje aj.
- *Tractus reticulonucleares* končí u senzitivních a motorických **jader hlavových nervů**. Funkcí těchto spojů je převádět:
 - signály ze senzitivních jader na jádra motorická (reflexní oblouky pro oblast hlavy),
 - signály z hypothalamoretikulární dráhy na parasympatická jádra hlavových nervů,
 - korové vlivy na motorická a senzitivní jádra hlavových nervů. RF zpravidla aktivuje motorická jádra, ale inhibuje senzitivní jádra hlavových nervů.
- *Tractus reticulocerebellares* tvoří vlákna začínající v cerebelárním systému RF. Těmito dráhami se do kůry mozečku přivádějí míšní signály, signály z vestibulárních jader a signály korové.
- *Tractus reticulohypothalamicus* tvoří vlákna vystupující hlavně z rafeálních jader RF. Většina těchto spojů je serotoninergních. Těmito spoji je ovlivňována činnost nejvyšších vegetativních center hypotalamu a činnost hypofýzy.
- *Tractus reticulohypothalamicus* tvoří vlákna vystupující hlavně z mediálního systému RF, která končí v intralaminárních jádrech talamu. Tyto spoje jsou hlavní součástí aktivačného systému RF a účastní se i přenosu signálů bolesti. Součástí retikulotalamických drah jsou i projekce z

cholinergních jader RF (ncl. laterodorsalis, ncl. pedunculopontinus), která končí hlavně v intralaminárních a předních jádrech talamu.

Na eferenci RF se dále významně podílejí noradrenergní (ncl. coeruleus) a serotoninergní (rafeální) jádra RF. Přehled jejich eferentních spojů bude uveden v oddílu chemické systémy a dráhy CNS.

Z velkého množství aferentních a eferentních spojů RF a z bohatosti spojů intraretikulárních je zřejmé, že jádra RF a retikulární formace jako celek mají **mnoho funkcí**. Na RF se můžeme dívat jako na soubor jader, která se liší strukturou, spoji a produkcí mediátorů. Z toho vychází členění RF do jednotlivých systémů. Kromě toho má RF funkcí mnohočetného reflexního centra: mrkací reflex, reflex slzný, sací, kašlací, dávivý, polykací, slinivý a další. Jádra RF nebo jejich části jsou kromě toho součástí životně důležitých center, jakými jsou dýchací centrum (expirační a inspirační), centrum pro regulaci srdeční činnosti a centrum vazomotorické.

Několik jader mediálního systému RF převádí signály bolesti v dráze spinoretikulotalamické. Jde o vedení pomalé, difuzní a špatně lokalizovatelné bolesti.

Specifická kmenová jádra - Nuclei fasciculorum dorsalium

K jádrům zadních míšních provazců patří ncl. gracilis, ncl. cuneatus medialis a ncl. cuneatus lateralis. Tato jádra jsou uložena při dorzálním okraji medulla oblongata. V ncl. gracilis a v ncl. cuneatus medialis (jádra vytvářející vlastně hrbolky clava a tuberculum cuneatum) končí vlákna zadních míšních provazců vedoucí čítí dotyků, vibrací a diskriminace. Z těchto jader vystupují vzestupná vlákna - fibrae arcuatae internae, která kříží střední čáru v decussatio lemniscorum medialis a jako makroskopicky viditelný svazek stoupají mozkovým kmenem a vstupují do ventrálních jader talamu.

Ncl. cuneatus lateralis převádí proprioceptivní signály z horní končetiny a z horní poloviny trupu do mozečku. Tato vlákna vystupují z jádra, přidávají se ke corpus restiforme a spolu s tímto svazkem vstupují do mozečku.

===Nuclei olivares

Olivární jádra se dělí na ncl. olivaris **caudalis** a na ncl. olivaris accessorius **dorsalis et medialis**.

Ncl. olivaris caudalis má na řezu tvar **zprohýbaného váčku** s dorzomediálně orientovaným hilem. Akcesorní olivární jádra mají tvar pásků šedé hmoty.

Olivární jádra **dostávají** aferentní spoje z mnoha struktur. Aferentní vlákna přicházejí z míchy, z ncl.

ruber, z RF, z Darkševičova jádra a z dalších struktur. Eferentní vlákna procházejí olivárním hilem - kříží se - a cestou druhostranného corpus restiforme vstupují do mozečku, kde končí jako šplhavá vlákna přímo na dendritech Purkyňových buněk.

===Nuclei pontis

Představují nahromadění drobnějších jader v bazální části Varolova mostu. Střední části pontinních jader prostupují vlákna kortikospinální dráhy, rozdělená na větší počet svazečků (tzv. roztržštěné svazky pyramid). Pontinní jádra dostávají hlavní aferentní **vlákna z mozkové kůry** mohutnými kortikopontinními svazky - tractus frontopontinus a tractus occipitoparietopontinus.

Eferentní vlákna kříží střední čáru a jako fibrae pontocerebellares vstupují do pedunculi cerebellares medii (brachia pontis). Končí v druhostranné hemisféře mozečku.

Pontinní jádra jsou *přepojovacími jádry* v masivní kortikopontocerebellární dráze.

===Nucleus ruber

Jde o oválné jádro ležící mediálně, v tegmentu mezencefala. Jádro má **načervenalou barvu** a na řezu okrouhlý tvar. Skrze kaudální oblast jádra procházejí vlákna n. III. Menší kaudální část jádra obsahuje velké neurony (velkobuněčná část); převažující rostrální část je malobuněčná.

Aferentní vlákna dostává ncl. ruber hlavně z mozkové kůry a z mozečkových jader. Eferentní vlákna vstupují do několika svazků - tractus rubrospinalis, tractus rubroreticularis, tractus rubrobulbaris, rubroolivaris et rubrothalamicus.

Ncl. ruber ovlivňuje aktivitu míšních segmentů a aktivitu v jádrech RF. Projekce z malobuněčné části do oliva caudalis je součástí **Papezova mozečkového okruhu** (mozeček - ncl. ruber - oliva caudalis - mozeček).

Rubroolivární, rubroretikulární a rubrobulbární vlákna sestupují mozkovým kmenem silným svazkem vláken - tractus centralis tegmenti. Načervenalá barva ncl. ruber je podmíněna obsahem lipofuscinu v neuronech jádra.

===**Substantia nigra**. Jde o mediolaterálně protáhlé jádro černé barvy, uložené na rozhraní tegmentum mesencephali a pedunculi cerebri. Dělí se na dorzální, tmavší pars compacta a ventrální, světlejší pars reticularis.

Pars compacta je tvořena shluky tmavě pigmentovaných neuronů. Tyto neurony produkují **mediátor dopamin**, který je mechanismem intraaxonálního transportu rozváděn do cílových struktur. Vedlejším produktem při syntéze dopaminu je **pigment neuromelanin**. S postupujícím věkem množství pigmentu v neuronech přibývá.

Hlavním svazkem eferentních vláken pars compacta je nigrostriatická dráha (s odbočkami do globus pallidus a do mozkové kůry - viz chemické systémy mozku).

Pars reticularis je tvořena řídko rozloženými neurony, které jsou z funkčního hlediska inhibiční (mediátor GABA). Hlavní aferentní vlákna přicházejí do pars reticularis ze striata. Eferentní vlákna (inhibiční, GABAergní) míří do RF, do colliculus cranialis a do talamu (viz bazální ganglia).

===**Nucleus interpeduncularis**

Je to malé jádro uložené pod spodinou fossa interpeduncularis. Dostává aferentní vlákna z tractus habenulointerpeduncularis. Eferentní vlákna míří do RF.

===**Substantia grisea centralis**

Je to šedá hmota obkružující aquaeductus mesencephali. Má bohaté aferentní a eferentní spoje, které připomínají zapojení RF. Substantia grisea centralis svými sestupnými spoji **ovlivňuje přenos signálů bolesti** ve spinoretikulotalamické dráze.

V oblasti rostrálního mezencefala se k substantia grisea centralis přikládají dvě jádra-ncl. interstitialis (Cajali) a ncl. Darkschewitschi. Obě jádra dostávají vlákna z fasciculus longitudinalis medialis (vlákna z vestibulárních jader). Eferentní vlákna z obou jader míří k jádrům okohybných hlavových nervů, k vestibulárním jádrům a k RF. Uvnitř substantia grisea centralis probíhá fasciculus longitudinalis dorsalis. Je to svazek vláken vystupující z hypotalamu a vedoucí vlákna do parasymptických jader hlavových nervů.

===**Colliculus inferior**

Patří mezi **sluchová podkorová centra**. Obsahuje centrální jádro - ncl. centralis - a periferní ncl. dorsalis a ncl. externus. Čistě sluchovou strukturou je centrální jádro, které je tonotopicky organizováno.

Colliculus inferior je přepojovací stanicí sluchové dráhy. Končí zde vlákna lemniscus lateralis. Většina eferentních vláken směřuje do brachium colliculi inferioris a tímto svazkem do corpus geniculatum mediale.

===**Colliculus superior**

Obsahuje čtyři vrstvičky šedé hmoty a tři vrstvičky bílé hmoty. Do povrchových vrstev směřují vlákna ze zrakové dráhy (z tractus opticus). Do hlubších vrstev jdou vlákna z mozkové kůry, ze substantia nigra (pars reticularis) a z mozečku. Hluboké vrstvy jsou rovněž zdrojem eferentních vláken, která končí v RF, v míše a v talamu. Colliculus superior se považuje za podkorové zrakové centrum, kde jsou zrakové signály integrovány se signály z dalších oblastí CNS.

===**Pretektální oblast**

Těsně před colliculi superiores je malá oblast obsahující pretektální jádra - ncll. praetectales. Tato jádra doostávají odbočky ze zrakové dráhy (z tractus opticus) a jsou přepojovací stanicí pupilárního reflexu.

BÍLÁ HMOTA MOZKOVÉHO KMENE.

Na řezech mozkovým kmenem je kromě šedé hmoty, tvořící jádra, viditelná i bílá hmota.

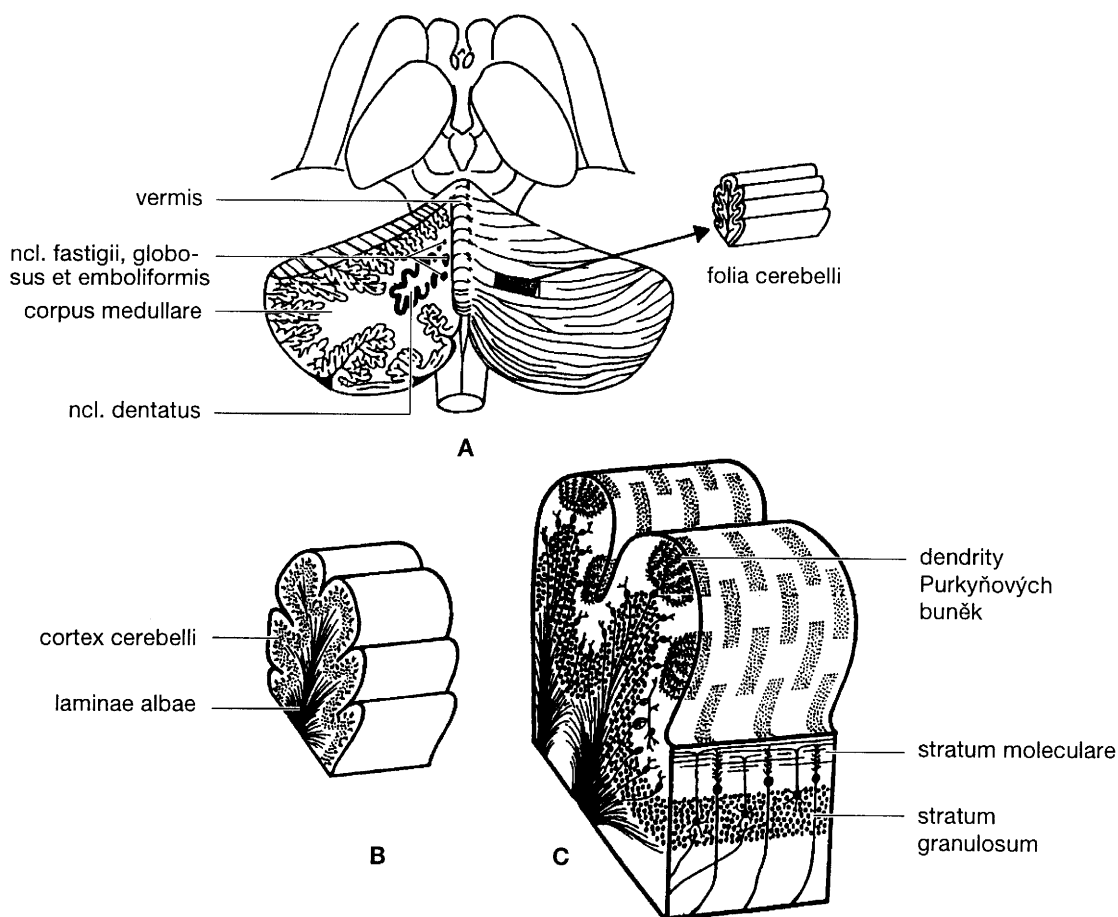
Bílá hmota je tvořena myelinizovanými i nemyelinizovanými vlákny, která se člení do těchto drah:

- **Lemniscus medialis** - vystupuje z jader zadních míšních provazců (ncl. gracilis et ncl. cuneatus). Po zkřížení v prodloužené míše (decussatio lemniscorum) prochází pontem a mezencefalem a končí v talamu. Lemniscus medialis představuje druhý neuron dráhy zadních míšních provazců (lemniskového systému), tzv. tractus bulbothalamicus.
- **Lemniscus lateralis a corpus trapezoideum** - jsou uloženy v pontu (mezi tegmentum pontis a pars basilaris pontis). Tato vlákna jsou součástí sluchové dráhy.
- **Pedunculus cerebellaris caudalis** (corpus restiforme) - svazek vláken směřujících z prodloužené míchy do mozečku. Obsahuje vlákna z míchy, z jader zadních míšních provazců, z oliva inferior a z vestibulárních jader.
- **Pedunculus cerebellaris medius** (brachium pontis) - mohutný svazek směřující z pontu do mozečku. Obsahuje pontocerebelární vlákna vystupující z ncl. pontis a končící v kůře mozečku.
- **Pedunculus cerebellaris cranialis** (brachium conjunctivum) - vede vlákna z mozečku (z mozečkových jader) do mozkového kmene (ncl. ruber, RF) a do talamu.
- **Crura cerebri** - párové svazky uložené na spodině mezencefala. Obsahují kortikopontinní dráhy, kortikonukleární dráhy a kortikospinální (pyramidovou) dráhu.
- **Fasciculus centralis tegmenti** - vystupuje z mezencefala, prochází tegmentem pontu a končí v oblasti oliva inferior.
- **Fasciculus longitudinalis medialis** - začíná v rostrálním mezencefalu, ventrálně od substantia grisea centralis. Prochází mozkovým kmenem a zasahuje do předních míšních provazců. Obsahuje vzestupná i sestupná vlákna a propojuje jádra oko-hybných nervů, vestibulární jádra a Darkševičovo a Cajalovo jádro.
- **Fasciculus longitudinalis dorsalis** - vystupuje z hypotalamu a sestupuje mozkovým kmenem těsně pod spodinou IV. mozkové komory. Většina vláken končí v parasymptických jádrech hlavových nervů.

CEREBELLUM -MOZEČEK

Mozeček je uložen v zadní lebeční jámě, nad prodlouženou míchou a nad Varolovým mostem. Horní plocha mozečku je kryta řasou tvrdé mozkové pleny - tentorium cerebelli, která odděluje mozeček od týlních laloků mozku. Mozeček tvoří *podstatnou část stropu IV. mozkové komory*, která do něj cípovitě vybíhá jako fastigium. Hmotnost mozečku je 130-150 g. Mozeček se skládá ze střední červovité části **vermis cerebelli** - a ze dvou mozečkových polokoulí hemisphaeria cerebelli. Části hemisfér přiléhající k vermis se označují jako paravermální (intermediární) oblast (obr.mozečku).

Dorzální plocha mozečku je plošší a vermis zde plynule přechází do hemisfér. Na spodní ploše mozečku jsou hemisféry vyklenuté a vermis je mezi nimi zanořena. Mozeček spojují s mozkovým kmenem tři páry svazků bílé hmoty, S prodlouženou míchou je spojují pedunculi cerebellares caudales (corpora restiformia), s Varolovým mostem pedunculi cerebellares medii (brachia pontis, jsou nejmohutnější) a se středním mozkem pedunculi cerebellares craniales (brachia conjunctiva).



Cerebellum: A – mozeček, mozkový kmen a mezimozek, B – folia cerebelli (zvětšená), C – vrstvy mozečkové kůry

Povrch mozečku je rozdělen dvěma hlubokými rýhami **na tři laloky - lobi**:

Fissura prima odděluje **lobus cranialis** od **lobus caudalis**. Fissura dorsolateralis odděluje lobus caudalis od **lobus occulonodularis**. Každý lalok mozečku je rozdělen hlubšími rýhami - fissurae - na lobuli, které jsou mělkými rýhami - sulci - dále členěny na folia.

- **Lobus flocculonodularis (archicerebellum)** je údajně vývojově nejstarší částí mozečku, která je napojena na jádra vestibulárního nervu. Je uložen na spodní ploše mozečku, přivrácené k prodloužené míše. Člení se na dvě části. V oblasti vermis je to nodulus, v oblasti hemisfér flocculus. Označuje se také jako **vestibulární mozeček**.

- **Lobus cranialis (palaeocerebellum)** je uložen rostrálně od fissura prima. Tato část mozečku dostává hlavně vlákna z míchy (signály z proprioreceptorů a z kůže) a označuje se jako **spinální mozeček**.

- **Lobus caudalis (neocerebellum)**. U primátů a u člověka je to nejobtímější část mozečku. Dostává vlákna hlavně z pontinních jader (ncl. pontis), která jsou pod přímým korovým vlivem (tractus corticopontinus). Označuje se jako pontinní neboli cerebrální mozeček. Na povrchu mozečku je tenká (1 mm) vrstva šedé hmoty - mozečková kůra - **cortex cerebelli**. Pod kůrou je bílá hmota mozečku, která stroměkovitě zasahuje do jednotlivých folia (stroměkovité větvení bílé hmoty se označuje jako **arbor vitae**). V bílé hmotě jsou zanořena jádra mozečku - **nuclei cerebelli**.

Mikroskopická stavba mozečku

Vzhledem ke své členitosti (folia) představuje povrch kůry mozečku asi 40 % povrchu hemisfér velkého mozku. Kůra mozečku se dělí na tři vrstvy:

· *Stratum moleculare* je povrchová vrstva kůry, obsahující dva typy neuronů. Hvězdčité buňky jsou uloženy v povrchových dvou třetinách vrstvy. Jejich axony končí na dendritech Purkyňových buněk. Košičkové buňky jsou uloženy hlouběji v molekulární vrstvě. Jejich axony vydávají kolaterály, které se košičkovitě větví v blízkosti těl 10-12 **Purkyňových buněk**. Oba typy neuronů mají na Purkyňovy buňky inhibiční vliv,

· **Stratum gangliosum** (vrstva Purkyňových buněk) je složena z velkých neuronů (50-60 μm) s hruškovitým buněčným tělem. Z buněčného těla odstupují dva až tři kmenové dendrity, které vstupují do molekulární vrstvy, kde se opakovaně dělí. Bohatá dendritická arborizace je orientovaná do sagitální roviny (anteroposteriorně, kolmo na folia), ale její mediolaterální rozsah je velmi malý. Axony Purkyňových buněk jsou myelinizované, vstupují do bílé hmoty mozečku a končí v mozečkových jádrech. **Purkyňovy buňky jsou inhibiční neurony** jejich mediátorem je GABA.

Poprvé (v r. 1837) popsal hlavní neurony mozečku **J. E. Purkyně**. Na svých preparátech však rozlišil pouze jejich buněčné tělo. Popis dendritické arborizace přidal později pomocí vlastní impregnační metody C. Golgi.

· **Stratum granulare** obsahuje velké množství drobných granulárních buněk, které patří mezi nejmenší neurony CNS. Jejich dendrity jsou krátké a vstupují do tzv. "mozečkových glomerulů". Axony granulárních buněk stoupají do molekulární vrstvy, kde se dělí bifurkacemi na paralelní vlákna. (Probíhají kolmo na dendritické arborizace Purkyňových buněk, kolmo na sagitální rovinu, tj. mediolaterálně.) Paralelní vlákna jsou dlouhá (3-4 mm) a mají synaptické kontakty s dendrity Purkyňových buněk a dále s buňkami molekulární vrstvy a s Golgiho buňkami. Jedno paralelní vlákno může synapticky ovlivnit až 500 Purkyňových buněk. Granulární buňky jsou **excitační** a jejich mediátorem je **glutamát**.

Kromě granulárních buněk obsahuje tato vrstva **Golgiho buňky**. Jejich dendrity se větví ve všech vrstvách kůry mozečku a jejich axony vstupují do mozečkových glomerulů.

Vzhledem ke způsobu zapojení se *mozečkové neurony dělí na interneurony a projekční neurony*. Jediným **projekčním** neuronem mozečkové kůry jsou **Purkyňovy buňky**. Ostatní buňky mozečkové kůry mají charakter interneuronů (jejich axony neopouštějí mozečkovou kůru). Kromě granulárních buněk jsou všechny neurony mozečkové kůry inhibiční.

Mozečkový glomerulus

V okrouhlých mezerách mezi granulárními buňkami jsou uloženy složité synaptické komplexy - glomeruly. Základem glomerulu je presynaptické zakončení mechového vlákna (viz dále), které je v kontaktu s dendrity 10-20 granulárních buněk. Do glomerulu dále vstupují axony Golgiho buněk, které zde mají kontakty s dendrity granulárních buněk. Celý útvar je od okolí izolován tenkou gliovou vrstvou.

Mechová vlákna (mossy fibres) mají v glomerulu **excitační vliv** na granulární buňky (mediátorem je glutamát), zatímco Golgiho buňky je inhibují.

Vlákna mozečkové kůry

Do kůry mozečku vstupuje velké množství axonů, které se podle zakončení dělí na **mechová vlákna**, **šplhavá vlákna** (climbing) a vlákna multilaminární.

· **Mechová vlákna** jsou **axony neuronů uložených v míše**, v ncl. **gracilis**, v ncl. **cuneatus**, v jádrech **hlavových** nervů v RF a v ncl. **pontis**. Po vstupu do mozečku pokračují do kůry, kde končí v granulární vrstvě v mozečkovém glomerulu.

· **Šplhavá vlákna** jsou axony vystupující z **oliva inferior**. Tato vlákna se **obtácejí** okolo dendritů Purkyňových buněk.

· Multilaminární vlákna jsou axony z monoaminergních systémů RF a z hypotalamu. Z locus coeruleus přicházejí noradrenergní vlákna, z rafeálních jader RF serotoninergní vlákna. Větví

se ve všech vrstvách mozečkové kůry.

Bílá hmota mozečku

Bílá hmota mozečku je tvořena většinou myelinizovanými vlákny, která se do mozečku dostávají cestou pedunculi cerebellares z míchy a z mozkového kmene. Tato vlákna končí v kůře mozečku jako vlákna mechová, šplhavá a multilaminární. Dále bílá hmota obsahuje axony Purkyňových buněk, mířící do mozečkových jader, a na ně navazující vlákna, vystupující z mozečkových jader a mířící do mozkového kmene a do talamu.

Mozečková jádra

Do bílé hmoty každé poloviny mozečku jsou zanořena **čtyři jádra**:

- ***Ncl. dentatus*** je **největší mozečkové jádro**, uložené v hemisféře nejlaterálněji. Má tvar zprohýbaného váčku, s hilem otevřeným mediálně a rostrálně.
- *Ncl. emboliformis* et *ncl. globosus*: *ncl. emboliformis* je uložen v blízkosti hilu *ncl. dentatus*. *Ncl. globosus* je rozdělen do dvou nebo několika buněčných skupin a je uložen mediálně od předchozího jádra.
- *Ncl. fastigii* je nejmediálněji mozečkové jádro, uložené při střední čáře, těsně nad výběžkem stropu IV. mozkové komory (fastigium).

Aferentní vlákna: mezi aferentními vlákny mozečkových jader převažují axony Purkyňových buněk (kortikonukleární vlákna). Dále do mozečkových jader vstupují kolaterály mechových a šplhavých vláken a kolaterály monoaminergních systémů.

Eferentní vlákna mozečkových jader tvoří ve svém úhrnu cerebelofugální projekci, jejímž prostřednictvím ovlivňuje mozeček aktivitu vestibulárních jader, aktivitu RF, jader okohybných nervů a aktivitu talamu. Eferentní vlákna opouštějí mozeček dvěma svazky: vlákna z *ncl. dentatus*, *ncl. emboliformis* a *ncl. globosus* jdou cestou pedunculi cerebellares craniales (*brachii conjunctiva*) a vlákna z *ncl. fastigii* jdou cestou fasciculus uncinatus, který obtáčí *brachii conjunctiva* a sestupuje do pontu.

Spoje mozečku

Aferentní (vzestupné) spoje mozečku

Aferentní dráhy mozečku zajišťují přívod signálů z vestibulárních receptorů, z proprioreceptorů (svalová vřetenka, šlachová tělíska) a z exteroceptorů (kůže, zrakové a sluchové signály) do kůry a jader mozečku. Tyto signály se do mozečku dostávají většinou visceneuronálními dráhami:

- *Tractus vestibulocerebellaris*: vlákna z vestibulárních jader vstupují do mozečku skrze pedunculus cerebellaris caudalis a končí v kůře mozečku, v jeho lobus flocculonodularis (vestibulární mozeček), jako mechová vlákna. Do mozečku přivádějí **signály o poloze a pohybech hlavy**.
- *Tractus spinocerebellaris dorsalis et ventralis* (viz také vzestupné míšní dráhy): oběma trakty jsou do spinálního mozečku (lobus cranialis) přiváděny signály z proprioreceptorů, z kožních receptorů a z míšních interneuronů. Dráhy zajišťují signalizaci z dolní končetiny a z dolní poloviny trupu a jejich vlákna končí v kůře mozečku jako **mechová vlákna (mossy fibres)**.

Tractus cuneocerebellaris (bulbocerebellaris) tvoří vystupující z *ncl. cuneatus externus*. Toto stává vlákna cestou zadních míšních provaz:ejnostranných spinálních ganglií C1-ThS. Vystupující z *ncl. cuneatus externus* se cestou *ilus cerebellaris caudalis* dostávají do lobus, kde končí zejména ve vermis. Touto dráhou jsou do mozečku přiváděny informace z proprioreceptorů a z kožních receptorů horních končetin horní poloviny trupu. *Tractus reticulocerebellares* vystupují z jader cerebelárního systému RF (viz retikulární formace). Vstupují do mozečku cestou pedunculi cerebellares caudales et medii jako vlákna zkřížená i nezkrížená. Končí v téměř celém rozsahu vermis jako mechová vlákna. Přivádějí do mozečku signály z míchy (*tractus spinoreticularis*) a z mozkové kůry (*tractus corticoreticularis*).

Tractus nucleocerebellares tvoří slabší spoje vystupující ze senzitivních jader n. trigeminus a z ncl. solitarius. Těmito vlákna jsou do mozečku přiváděny signály z receptorů kůže a sliznic hlavové oblasti.

Tractus pontocerebellaris je nejmohutnější aferentní systém vláken, končící v kůře mozečku jako mechová vlákna. Vlákna vystupují z ncl. pontis, kříží se a cestou pedunculi cerebellares medii vstupují do cerebella. Většina vláken končí v kůře hemisfér a jen menší část v kůře vermis. Pontocerebelární dráha je pokračováním dráhy kortikopontocerebelární.

Kortikopontinní vlákna vystupují z prefrontální a z premotorické oblasti, z motorické a senzitivní oblasti a dále ze zrakové kůry. Slabší projekce vystupují z temporálního laloku a z limbické korové oblasti. Pomocí masivního kortikopontinního a navazujícího pontocerebelárního spojení se do m. dostávají informace o aktivitě neuronů rozsáhlých korových oblastí a informace související s přípravou a provedením pohybů.

Tr. rapheocerebellaris et tractus coeruleocerebellaris vycházejí ze serotoninergních a noradrenergických jader kmene. Končí v kůře mozečku jako vlákna multilaminární, ve všech vrstvách kůry. Mají modulační působení na aktivitu mozečkové kůry.

Tr. hypothalamocerebellaris. Většina vláken vystupuje ze všech oblastí hypotalamu a končí v kůře (s převahou ve vermis) jako vlákna multilaminární. Tímto traktem se přivádějí do mozečku signály z autonomních vegetativních center a ze struktur koordinujících emoční reakce (limbický s., Papežův okruh).

Tractus olivocerebellaris je mohutný zkřížený svazek vystupující z komplexu jader oliva caudalis (v prodl. míše). Cestou pedunculus cerebellaris caudalis se dostává do druhostranné kůry mozečku, kde končí jako šplhavá vlákna přímo na dendritech Purkyňových buněk. Vlákna vystupující z akcesorních jader olivy končí v celém rozsahu vermis, vlákna z hlavního olivárního jádra končí v kůře hemisfér. **Olivární** vlákna mají na Purkyňovy buňky **excitační** vliv (mediátorem je glutamát). Olivocerebelárními vlákny se do mozečku převádějí signály z míchy, z ncl. ruber, ze substantia grisea centralis, z Darkševičova jádra, ze zona incerta a z mozkové kůry.

Všechna aferentní vlákna vstupující do kůry mozečku (s výjimkou pontocerebelárních vláken) vydávají cestou kolaterály do mozečkových jader. Eferentní spoje mozečku Eferentní dráhy mozečku reprezentují spoje kortikonukleární a spoje mozečkových jader.

· Kortikonukleární spoje: jediným eferentním elementem kůry mozečku jsou Purkyňovy buňky, jejich axony končí v mozečkových jádrech. Kortikonukleární spojení má topografické uspořádání. Vlákna z oblasti vermis končí v ncl. fastigii. Vlákna z paravermální oblasti končí v ncl. emboliformis a v ncl. globosus. Vlákna z hemisfér mozečku mají terminace v ncl. dentatus. **Purkyňovy buňky mají inhibiční vliv** na neurony mozečkových jader a jejich mediátorem je GABA (Cl ionty).

· Spoje mozečkových jader jsou rozsáhlé, končí v mnoha jádrech mozkového kmene a zasahují **až do talamu**. Prostřednictvím těchto spojů uplatňují jádra mozečku svůj vliv na výkonné struktury motorického systému.

Ncl. fastigii: eferentní vlákna končí v druhostranné RF (pontinní a oblongátové) a oboustranně ve vestibulárních jádrech.

Vermis cerebelli prostřednictvím ncl. fastigii ovlivňuje aktivitu neuronů v ncl. vestibularis lateralis (Deitersi). Vlákna vystupující z tohoto jádra a směřující do míchy (tractus vestibulospinalis) mají excitační vliv na motoneurony extenzorů (napřimovačů, natahovačů, včetně šijových a zádových svalů).

Ncl. emboliformis et ncl. globosus: vlákna vystupují z mozečku cestou pedunculi cerebellares craniales. Většina vláken se kříží a končí v ncl. ruber. Slabší zkřížená projekce končí v talamu. Sestupná kmenová jádra jdou do RF a do akcesorních jader oliva caudalis.

Paravermální kůra prostřednictvím ncl. emboliformis et globosus ovlivňuje aktivitu neuronů v kontralaterálním ncl. ruber. Změny aktivity rubrálních neuronů jsou přenášeny

rubrospinalní dráhou do míchy a rubroolivární dráhou zpět do mozečku.

Ncl. dentatus: projekce z tohoto jádra se cestou pedunculus cerebellaris cranialis dostávají do tegmenta, kde se kříží. Po zkřížení část vláken sestupuje mozkovým kmenem a končí v RF poutu a v ncl. olivaris caudalis. Vzestupná vlákna končí v ncl. ruber, v ncl. interstitialis (Cajali), v ncl. Darkschewitschi a v ncl. nervi III (oculomotorius). Většina vláken z ncl. dentatus však končí v druhostranném talamu. Jejich zakončení jsou hlavně v ncl. ventralis lateralis (menší část vláken směřuje do ncl. ventralis posterolateralis, do ncl. ventralis anterior a do intralaminárních jader talamu).

Prostřednictvím dalších spojů z ncl. ventralis lateralis do motorické korové oblasti (area 4) ovlivňuje ncl. dentatus aktivitu korových neuronů. Pyramidovou dráhou (tractus corticospinalis) se korové vlivy přenášejí do míchy, zejména na motoneurony inervující distální svaly končetin.

Funkční organizace mozečku

Do mozečkové kůry vstupují dva mohutné systémy excitačních (glutamatergních) vláken, tj. vlákna mechová (mossy) a vlákna šplhavá (climbing). Tyto systémy jsou doplněny multilaminárními vlákny, která mají na kůru mozečku (a na mozečkové mechanismy obecně) modulační vliv. Vlákna šplhavá končí přímo na dendritech Purkyňových buněk. Vlákna mechová mají v mozečkovém glomerulu synaptické kontakty s granulárními buňkami. Granulární buňky pomocí paralelních vláken aktivují Purkyňovy buňky a všechny mozečkové interneurony (hvězdicovité, košičkové a Golgiho buňky). Mozečkové interneurony inhibují Purkyňovy buňky. **Jediný eferentní neuron mozečkové kůry - Purkyňova buňka - je výlučně inhibičním elementem (GABA).** To znamená, že v mozečkové kůře jsou **prakticky všechny excitační vlivy přeměněny na inhibici.** Zvýšená vzruchová aktivita Purkyňových buněk vede k inhibici mozečkových a vestibulárních jader. Snížená aktivita Purkyňových buněk má za následek zvýšení aktivity neuronů v těchto jádrech.

Informační obsah signálů v mechových a šplhavých vláknech je různý. Mechová vlákna přináší signály z vestibulárních receptorů, z proprioreceptorů, z kožních receptorů, ze zrakové a sluchové dráhy, z RF a z rozsáhlých korových oblastí. Pomocí tohoto systému vláken je mozeček průběžně informován o průběhu pohybu (proprioreceptory, kožní receptory, zrak), ale i o připravované pohybové aktivitě (kůra).

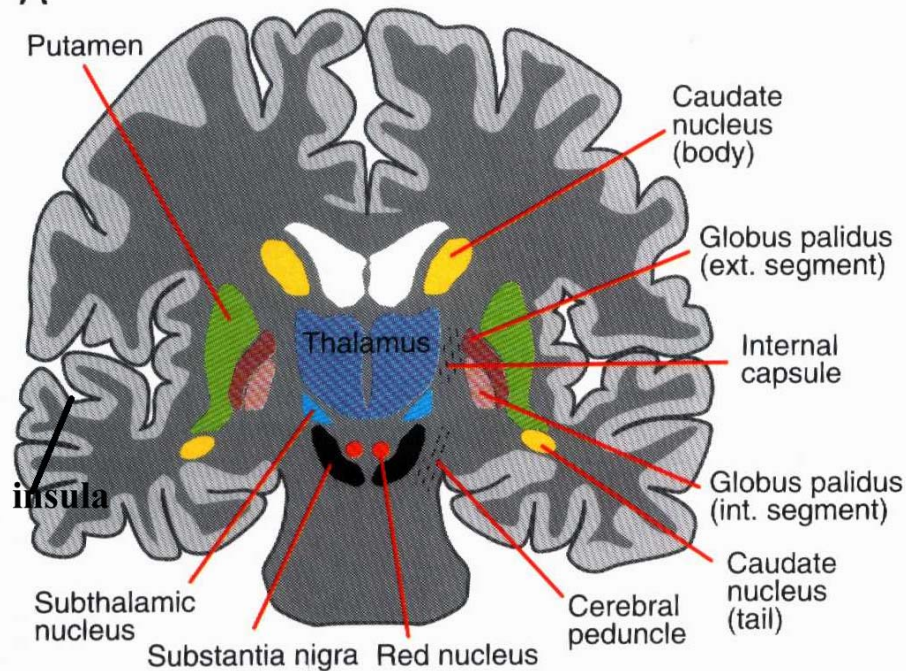
Funkce šplhavých vláken je zatím nejasná. Někteří autoři soudí, že změny aktivity ve šplhavých vláknech signalizují chybné provedení pohybu, který se odchýlil od zamýšleného cíle. Při kontrole svalové činnosti se mozeček uplatňuje tak, že

1. zabezpečuje udržování rovnováhy,
2. reguluje svalový tonus a
3. zajišťuje časovou koordinaci pohybů.

Při udržování ROVNOVÁHY se podílí především VESTIBULÁRNÍ MOZEČEK. Při jeho poškození se objevují poruchy stoje a chůze- nemocný se při stoji kymácí a padá.

Na udržování SVALOVÉHO TONU a reflexní dráždivosti se uplatňuje především SPINÁLNÍ MOZEČEK. Působí tlumivě na antigravitační svalstvo. Při jeho poškození dochází ke zvýšení tonu extenzorů.

Pontinní mozeček (neocerebellum) je prostřednictvím kortikopontinní a pontocerebelární dráhy informován z mozkové kůry o **přípravě pohybu**. O vlastní realizaci pohybu dostává signály z proprioreceptorů (Golgiho šlachová tliska a sval. vřeténka) a z kožních receptorů. Správně fungující mozeček průběžně srovnává korovou a periferní informaci o probíhající pohybu a koriguje jeho chybné provedení. V této fázi se uplatňují i signály z ostatních smyslových orgánů (zejména zrakové). Pontinní mozeček se významně uplatňuje i v regulaci časové koordinace pohybů (nasazení agonistů a antagonistů, např. flexorů a extenzorů, supinátorů [dlaň nahoru] a pronátorů [dl. dolů]).



Při poškození neocerebela se pozoruje neschopnost provádět střídavě opačné pohyby supinační a pronační, dochází k **přestřelování pohybů** (hypermetrie) a objevuje se třes. Mohou být i poruchy řeči a výslovnosti. Řeč je neplynulá, trhaná, skandovaná (cerebelární dysartrie). Vzhledem k charakteru mozečkových lézí (krvácení, nádory) a k anatomickým poměrům v zadní lebeční jámě bývá mozečková symptomatologie kombinovaná, tzn., že pacienti mají zpravidla příznaky z poškození jak vestibulárního, tak i spinálního a pontinního mozečku.

Diencephalon - mezimozek

"Je masochismus neschopnost prožít rozkoš jinak než jako bolest, nebo získat rozkoš i z bolesti?" (K. Kraus, 1874-1936)

Diencephalon navazuje na mozkový kmen. Vzniká z předního mozkového váčku (prosencefalon), který se rozdělí na diencefalon a telencefalon (koncový mozek). Diencefalon má tvar trubice, jejíž stropová ploténka se ztenčuje na lamina epithelialis. Uvnitř této trubice je III. mozková komora. Na hranici mezi diencefalem a telencefalem se vychlipují oční váčky (základ pro n. opticus a nervový oddíl oční koule) a hemisférové váčky, které jsou základem šedé a bílé hmoty hemisfér. U všech obratlovců se diencefalon člení na tyto oddíly:

epithalamus (epifýza-šišinka, melatonin), THALAMUS (vč. corpora geniculata later. et medial. zvaný též metathalamus), subthalamus (kam zasahuje z mezimozku nc. ruber a subst. nigra, corpus Luysi) a HYPOTHALAMUS. U primátů a v lidském mozku je patrná EXPANZE TALAMU, který se tak stal nejobtímější diencefalickou strukturou.

Thalamus – talamus

Talamus je párový, ovoidní útvar, jehož struktura a topografické vztahy jsou patrné na frontálních nebo horizontálních řezech mozkovými hemisférami, do nichž je talamus zanořen (viz tyto obr.). Mediální plocha talamu hledí do III. mozkové komory. Na jejím horním okraji je patrný svazeček vláken - stria medullaris. Mělký sulkus hypothalamicus tvoří rozhraní mezi talamem a hypothalamem. Mediální plochy obou talamů jsou spojeny můstkem šedé hmoty - **adhaesio interthalamica**.

Dorzální plocha talamu je vpředu užší a vybíhá v tuberculum anterius thalami, dozadu a laterálně vybíhá ve val označovaný jako **pulvinar thalami** (lehátko, lože). Pod pulvinar thalami jsou dva hrbolky - **corpus geniculatum mediale et laterale**.

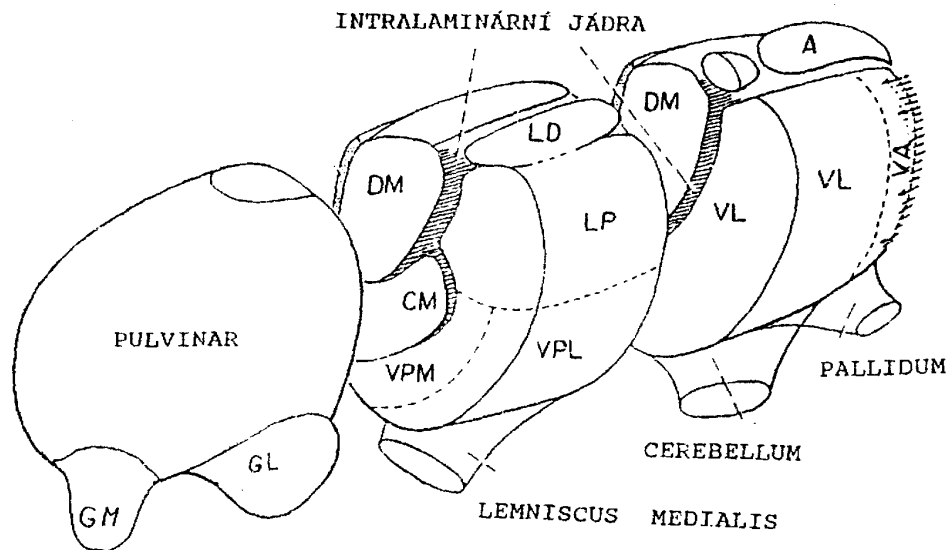
Na dorzální ploše talamu se rozlišují dvě části. Větší, mediální část sahá od stria medullaris až po úpon ztenčené stěny telencefala - taenia choroidea. Laterální část dorzální plochy je krytá a srůstá se ztenčenou stěnou telencefala. Na laterálním okraji je sulcus terminalis a pod ním svazeček vláken - stria terminalis. Zde je talamus **v kontaktu s ncl. caudatus** (podkovovité ocasaté bazální ganglion koncového mozku).

Laterální plocha talamu je přivrácena k bílé hmotě-**capsula interna**, která odděluje talamus od bazálních ganglií koncového mozku. V přímém kontaktu s vlákny capsula interna je ploché talamické jádro nueleus reticularis thalami. Ncl. reticularis se bazálně šíří do lamely šedé hmoty - zona incerta (součást subtalamu). Ncl. reticularis je od ostatních talamických jader oddělen lamelou bílé hmoty - lamina medullaris lateralis thalami. Tato lamela přechází bazálně ve fasciculus thalamicus (Forelovo pole H₁), který odděluje zona incerta od talamu. Opět bazálně od zona incerta je uloženo další, subthalamické jádro **nucleus subthalamicus (Luysi)**. Mezi ncl. subthalamicus a zona incerta je pásek bílé hmoty - fasciculus lenticularis (Forelovo pole H₂).

Uvnitř talamu je viditelná lamela bílé hmoty, oddělující mediální a laterální jádra talamu - **lamina medullaris medialis**. Tato lamela obsahuje drobná, ale funkčně významná **intralaminární jádra**.

Jádra talamu a jejich zapojení

Thalamus se významně podílí na vnímání bolesti. Při některých jeho poruchách je snížený práh pro bolest, čímž vzniká tzv. "thalamická bolest", která je obtížně zvládnutelná.



Prostorové znázornění pravého thalamu.

A = nc. anteriores CM = centrum medianum
 VL = nc. ventralis lateralis VA = nc. ventralis anterior
 DM = nc. dorsalis medialis LP = nc. lateralis posterior
 VPL = nc. ventralis posterior lateralis
 VPM = nc. ventralis posterior medialis
 GL = corpus geniculatum lateralis
 GM = corpus geniculatum medialis

Složitost talamu demonstruje i počet jader. Podle použité klasifikace lze rozpoznati 40-50 jader a tato jsou dále členěna na podjádra. Dělení talamu na jádra a jejich další funkční analýza je stále předmětem intenzivního výzkumu. Talamická jádra obsahují dva základní typy neuronů. Jsou to jednak **projekční neuron**, které přijímají signály různých modalit (somatosenzitivní, viscerosenzitivní, zrakové a sluchové) z podkorových struktur. Po zpracování v talamických jádrech jsou tyto signály dále vedeny do mozkové kůry k další analýze. Mediátorem projekčních neuronů, jež jsou převážně **excitační**, je **glutamát**. Kromě projekčních neuronů obsahují talamická jádra **interneuron**. Většina interneuronů talamických jader je **inhibiční** a jejich mediátorem je **GABA**. Pro pochopení funkcí je nutné znát, či si alespoň být vědom aferentních a eferentních spojů talamických jader. *Ncl. anteriores* jsou jádra uložená pod tuberculum anterior thalami. Aferentní vlákna dostávají z hypotalamu (tractus mamillothalamicus), z hipokampové formace (cestou fornixu) a z gyrus cinguli. Většina eferentních vláken směřuje zpět do gyrus cinguli (area 23, 24, 32). Anteriorní jádra jsou součástí limbického systému mozku (viz limbický systém). *Ncl. mediodorsalis* je objemné jádro uložené dorzálně mezi lamina medullaris interna a III. mozkovou komorou. Aferentní vlákna dostává jádro z amygdaly, z hypotalamu a hlavně z prefrontální korové oblasti. Eferentní vlákna směřují zpět do prefrontální kůry. Spojí mezi

ncl. mediodorsalis a prefrontální kůrou jsou mimořádně silné a jsou topograficky organizované.

Jádro a jeho projekční korová oblast se podílejí na vytváření emočních reakcí.

Ncl. mediani (také tzv. jádra střední linie) jsou málo objemná jádra přiléhající ke III. mozkové komoře a v adhaesio interthalamica. Aferentní vlákna dostávají z retikulární formace kmene (RF) a z hypotalamu. Eferentní vlákna míří zpět do hypotalamu a dále do amygdaly a do čichové korové oblasti.

Ncl. intralaminares jsou jádra uložená v lamina medullaris interna. Aferentní vlákna přicházejí z RF, z mozečkových jader, odbočky ze senzitivních drah a z mozkové kůry (area 4, 6). Eferentní spoje jsou rozsáhlé a končí ve basálních gangliích, t.j. striatu (ncl. caudatus, putamen) a v mozkové kůře (frontální a parietální lalok). Intralaminární jádra jsou součástí ascendentního aktivačního systému RF, který převádí vzruchové aktivity z RF do rozsáhlých korových oblastí.

• ***Ncl. ventrales*** jsou objemná a funkčně velmi významná jádra, uložená laterálně od jader intralaminárních.

V rostrokaudálním pořadí následují takto:

• *Ncl. ventralis anterior* dostává aferentní vlákna z globus pallidus a z korové area 4 a 6. Eferentní vlákna míří do premotorické korové oblasti (area 6). Převádí vzruchovou aktivitu z bazálních ganglií (globus pallidus) do premotorické korové oblasti.

• *Ncl. ventralis lateralis* je objemné jádro, které dostává hlavní podkorový přívod z druhostranných mozečkových jader (hlavně z ncl. dentatus). Korová vlákna přicházejí z area 4 a 6. Většina eferentních korových vláken končí v primární motorické oblasti (area 4). Jádro převádí vzruchové aktivity mozečkových jader do motorické korové oblasti. *Ncl. ventralis anterior* a *ncl. ventralis lateralis* se pro svá zapojení do okruhu bazálních ganglií a do mozečkových projekcí považují za „motorická jádra talamu“.

• *Ncl. ventralis posterolateralis* je objemné jádro, ve kterém končí většina vláken z lemniscus medialis a z tractus spinothalamicus. Velké množství vláken dostává ze senzitivní korové oblasti (area 3, 1, 2). Eferentní vlákna z *ncl. ventralis posterolateralis* směřují do senzitivní korové oblasti (area 3, 1, 2). *Ncl. ventralis posterolateralis* převádí do kůry senzitivitu z trupu a z končetin.

• *Ncl. ventralis posteromedialis*: v laterální části jádra končí zkřížená vlákna z tractus trigeminothalamicus. V mediální části jádra končí zkřížená vlákna z *ncl. solitarius*. *Ncl. ventralis posteromedialis* je konečnou stanicí senzitivních signálů z oblasti hlavy. V mediální části jádra končí signály z chutových receptorů. Eferentní vlákna z jádra končí v dolní třetině gyrus postcentralis, v reprezentační oblasti pro hlavu, jazyk a ústní dutinu.

• *Ncl. laterales* jsou jádra uložená pod dorzálním povrchem talamu. Mají reciproční spojení s kůrou parietálního laloku (area 5, 7) a s kůrou gyrus cinguli.

• *Ncl. posteriores* jsou jádra uložená v pulvinar thalami. Končí zde vlákna z míchy, z colliculus superior, z pretektální oblasti a z corpus geniculatum mediale et laterale. Jádra pulvinaru jsou recipročně spojena s asociačními korovými oblastmi.

Dochází zde k integraci senzitivních (bolest), zrakových a sluchových signálů.

• *Ncl. reticularis thalami*: končí zde kolaterály všech kortikotalamických a talamokortikálních vláken, která jádrem procházejí. Z jádra vystupují inhibiční (GABAergní) spoje do řady talamických jader.

• *Ncl. corporis geniculati medialis* je jádro uložené pod stejnojmenným hrbolkem. Končí zde vlákna z colliculus caudalis a neurony zde uložené odpovídají na akustické podněty - jsou tonotopicky uspořádány. Eferentní vlákna vytvářejí *radiatio acustica* a směřují do temporálního laloku, kde končí v gyrus temporalis superior (area 41, 42). Z téže korové oblasti přicházejí vlákna zpět do corpus geniculatum mediale.

• *Ncl. corporis geniculati lateralis* je jádro uložené pod stejnojmenným hrbolkem. Skládá se ze šesti vrstev šedé hmoty, oddělených proužky bílé hmoty. Končí zde vlákna tractus opticus. Ve 2., 3. a 5. vrstvě corpus geniculatum laterale končí nezkřížená vlákna ze stejnostranné sítnice (z její temporální poloviny). V 1., 4. a 6. vrstvě končí zkřížená vlákna z druhostranné sítnice (z nazální poloviny). V corpus geniculatum laterale dále končí vlákna ze zrakové korové oblasti (area 17). Eferentní vlákna tvoří svazek **radiatio optica**, který směřuje do týlního laloku, kde končí hlavně v area 17 (má i slabší projekce v area 18 a 19). Jádra uložená v corpus geniculatum mediale et laterale se označují za jádra metatalamu.

Funkční členění talamických jader

Na základě aferentních a eferentních spojů a dalších funkčních charakteristik se talamická jádra dělí na:

- **NESPECIFICKÁ JÁDRA** (ncll. intralaminares, ncll. mediani), která dostávají spoje z RF (retikulární formace) a jejichž eferentní vlákna končí v kůře frontálního a parietálního laloku a v bazálních gangliích. Jsou součástí aktivačního systému RF;
 - **SPECIFICKÁ SENZORICKÁ JÁDRA** (ncl. ventralis posteromedialis, ncl. ventralis posterolateralis, corpora geniculata), která zajišťují převod signálů z kožních, slizničních, zrakových a sluchových receptorů a z proprioreceptorů do příslušných funkčních kovových oblastí. Jsou součástí příslušných senzitivních drah, pro které je charakteristická přesná somatotopická, retinotopická a kochleotopická organizace;
 - **MOTORICKÁ JÁDRA** (ncl. ventralis anterior, ncl. ventralis lateralis), což jsou jádra zapojená do okruhů bazálních ganglií a do projekcí mozečku. Účastní se regulace pohybové aktivity;
 - **SPECIFICKÁ NESENZORICKÁ JÁDRA** (ncll. anteriores, ncl. mediodorsalis), což jsou jádra, která mají masivní a reciproční spoje s kůrou a jsou zapojena do různých funkčních systémů;
 - **ASOCIAČNÍ JÁDRA** (ncll. laterales, ncll. posteriores), která dostávají spoje z corpora geniculata, z tractus spinothalamicus a z asociačních kovových oblastí. Jejich projekce míří zpět do asociačních kovových oblastí parietálního, okcipitálního a temporálního laloku.
- Talamus je vysoce organizovaný komplex jader, jejichž hlavní funkcí je integrovat signály z míchy, z mozkového kmene, z mozečku, z bazálních ganglií a ze zrakové a sluchové dráhy a převádět je do mozkové kůry. Tento převod je ovlivněn zpětným vlivem mozkové kůry (kortikotalamické projekce).

Epithalamus - epitalamus

Epitalamus je dorzokaudální oblastí diencefala. Tvoří jej malá **habenulární jádra** uložená v **trigonum habenulae a šišinka**.

• **Nuclei habenulae**: vlákna do nich přicházejí cestou stria medullaris. Jsou to vlákna ze septum verum, z čichové kovové oblasti, z hypotalamu a z pallidum internum. Část aferentních vláken se kříží v **commissura habenularum** a končí v druhostranných jádrech habenuly.

Eferentní vlákna se cestou **tractus habenulointerpeduncularis** (fasciculus retroflexus Meynerti) dostávají do ncl. interpeduncularis a do RF.

Jádra epitalamu a jejich spoje jsou **součástí limbického systému**.

• **Corpus pineale** - šišinka - je plochý ovoidní útvar související se stropem III. mozkové komory. Skládá se z epitelových buněk (pinealocytů) a z gliových buněk (viz obr. dorsální plochy m. kmene).

Pinealocyty produkují hormon **melatonin**, který se účastní regulace cirkadiálních rytmů a regulace spánkové aktivity (jeho syntéza roste v noci, klesá ráno). Šišinka má snad tlumivý vliv na vývoj pohlavních žláz. U dospělých obsahuje šišinka vápenné konkrementy (acervulus cerebri), viditelné na rtg snímku lebky.

• **Commissura posterior** obsahuje vlákna spojující ncll. posteriores thalami a jádra

rostrálního mezencefala (ncl. Darkschewitschi, ncl. interstitialis - Cajali, pretektální jádra a

colliculi craniales).

Subthalamus - subthalamus

Subthalamus je diencefalická oblast uložená ventrálně od talamu a laterálně od hypotalamu. Obsahuje **ncl. subthalamicus (Luysi)** a **zona incerta**. Touto oblastí prochází několik svazků vláken spojujících bazální ganglia a talamická jádra.

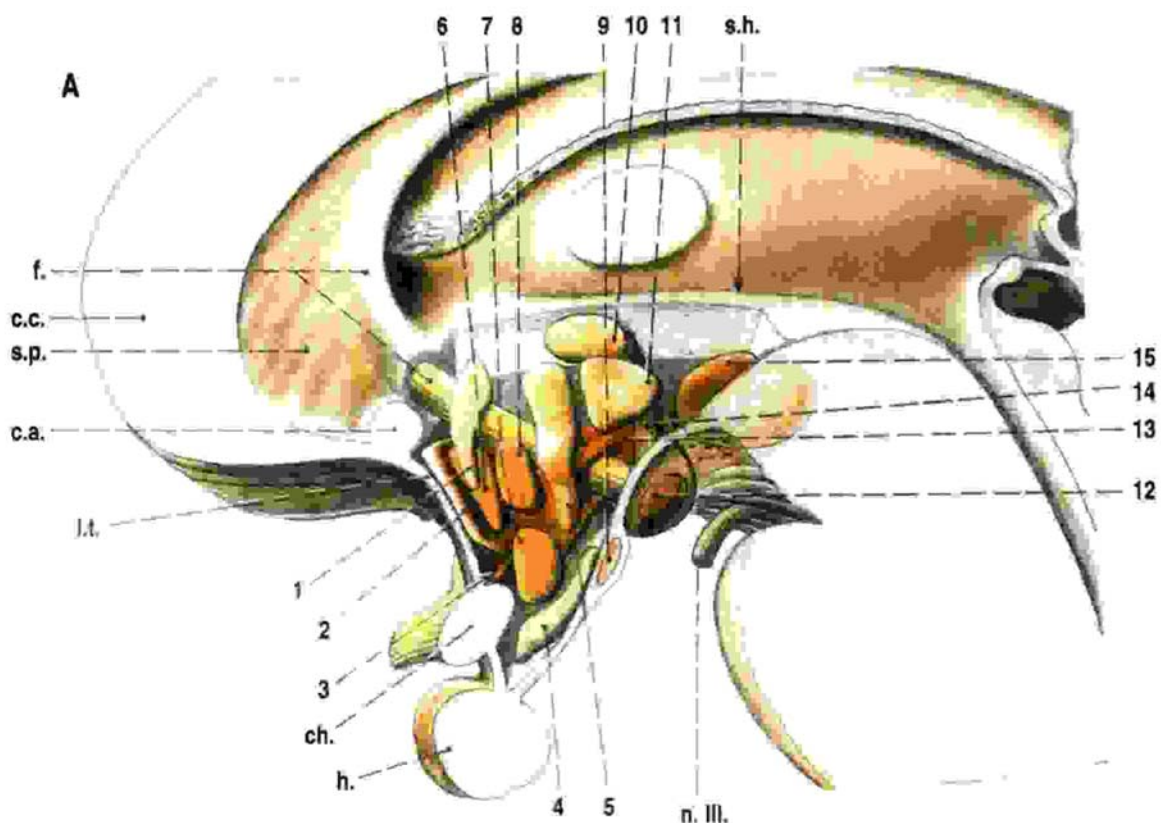
• **Nucleus subthalamicus (Luysi)** je jádro čočkovitého tvaru. Dorzálně od něj je zona incerta, oddělená svazkem vláken - fasciculus lenticularis (HZ). Jádro je zapojeno do okruhu bazálních ganglií. Inhibiční (GABAergní) aferentní vlákna dostává z pallidum externum, excitační vlákna z motorické a z premotorické kovové oblasti (area 4, 6). Excitační vlákna míří zpět do obou segmentů palida. Destrukce jádra má za následek hrubé, prudké a nekoordinované pohyby kontralaterálních končetin, označované jako hemibalismus.

• **Zona incerta** je proužek šedé hmoty, uložený pod talamem jako mediální pokračování ncl. reticularis thalami. *Aferentní spoje* dostává z kůry frontálního laloku, ze zrakových podkorových center, z RF, ze substantia grisea centralis, ze senzitivního jádra n. V. (trigeminus) a z míchy. *Eferentní spoje* jsou rozsáhlé a připomínají spoje retikulární formace.

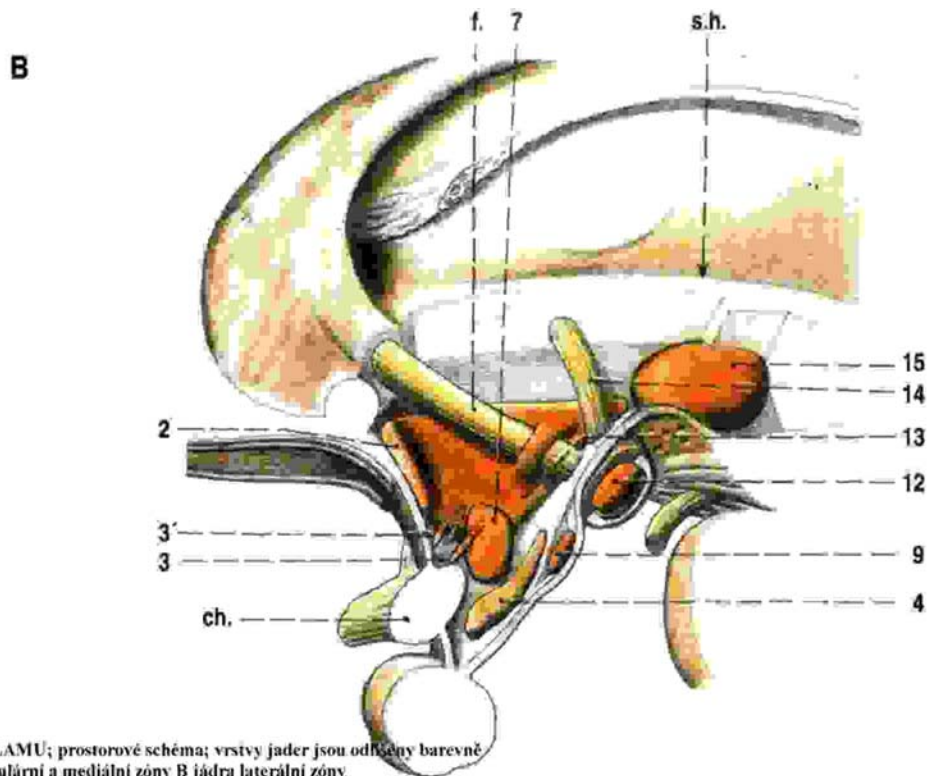
Subthalamickou oblastí procházejí svazky vláken vystupujících z globus pallidus a směřujících do talamu - *ansa et fasciculus lenticularis* - svazek vláken spojujících ncl. subthalamicus a globus pallidus - *fasciculus subthalamicus*.

DIENCEPHALON – JÁDRA A SPOJE

první polovina



HYPOTHALAMUS – HYPOTALAMUS



JÁDRA HYPOTHALAMU; prostorové schéma; vrstvy jader jsou odlišeny barevně

□ A jádra periventrikulární a mediální zóny B jádra laterální zóny

□ 1 nucleus paraventricularis 2 nucleus praeopticus

□ 3 nucleus suprachiasmaticus 3'' nucleus supraopticus

□ 4 nucleus infundibularis

□ 5 nucleus hypothalamicus posterior 6 nucleus hypothalamicus anterior

□ 7 nucleus hypothalamicus ventromedialis 8 nucleus hypothalamicus dorsomedialis 9 nuclei tuberales

□ 10 nucleus hypothalamicus dorsalis 11 nucleus hypothalamicus posterior 12 nuclei mamillares

□ 13 area hypothalamica lateralis 14 fasciculus mamillothalamicus 15 nucleus ruber (mesencephalon) c.a. - commissura anterior

□ c.c. - corpus callosum C - fornix

□ h. - hypophysis

□ ch. - chiasma opticum Lt. - lamina terminalis

□ s.h. - sulcus hypothalamicus s.p. - septum pellucidum

□ n. III. - nervus oculomotorius

□ nucleus supraopticus

4 nucleus infundibularis

s nucleus hy

Hypotalamus je soubor jader uložených mediálně pod talamem. Na jeho ventrální ploše je viditelné nálevkovité **infundibulum (nálevku)**, které přechází ve **stopku hypofýzy**. Přední stěna infundibula se vyklenuje a tvoří eminentia mediana. Za infundibulem se ventrální strana hypotalamu vyklenuje v tuber cinereum. Za tuber cinereum jsou viditelné párové kulovité útvary corpora mamillaria. Laterálně se hypotalamus dotýká capsula interna, mediálně tvoří stěnu III. mozkové komory (pod sulcus hypothalamicus). Přední hranicí hypotalamu je lamina terminalis.

Vývojově je hypotalamus derivátem bazální ploténky.

Jádra hypotalamu a jejich zapojení

Neurony hypotalamu jsou seskupeny do jader a polí. Jádra jsou z hustě uspořádaných neuronů, *políčka areae* - mají neurony rozložené řídké. Jádra převažují v mediálním hypotalamu, areae tvoří laterální hypotalamus.

Hranici mezi mediálním a laterálním hypotalamem tvoří svazek vláken **-fornix**.

Mediální hypotalamus se dělí na čtyři části:

- **Přední hypotalamus** obsahuje area praeoptica medialis, area hypothalamica anterior, ncl. paraventricularis, ncl. supraopticus a ncl. suprachiasmaticus. Všechna tato jádra leží v úrovni chiasma opticum.
- **Střední hypotalamus** (tuberální hypotalamus) obsahuje ncl. hypothalamicus ventromedialis a ncl. hypothalamicus dorsomedialis. Pod ncl. ventromedialis jsou uložena ncll. tuberales,

kteřá vyklenují *tuber cinereum*. Při zadním okraji infundibula je ncl. infundibularis (arcuatus). Dorzálně od jader předního a středního hypotalamu je area hypothalamica dorsalis.

- *Zadní hypotalamus* (mamilární hypotalamus) se skládá z ncl. hypothalamicus posterior a z komplexu mamilárních jader (ncl. corporis mamillaris medialis et lateralis).

- *Laterální hypotalamus* je z větší části tvořen area hypothalamica lateralis. Před ní je area praeoptica

lateralis. Laterální hypotalamus obsahuje podélně probíhající svazek vláken - *fasciculus telencephalicus medialis* (medial forebrain bundle - MFB).

Svazky vláken v hypotalamu tvoří:

- *fasciculus telencephalicus medialis* - probíhá laterálním hypotalamem. Obsahuje sestupná i vzestupná vlákna. Svazek začíná v čichové korové oblasti a vede až do mezencefala;

- *fornix* - silný svazek probíhající na hranici mezi mediálním a laterálním hypotalamem. Začíná v hipokampové formaci, podbíhá corpus callosum a zanořuje se do hypotalamu, kde končí v corpus mamillare;

- *stria terminalis* - přivádí do hypotalamu vlákna z amygdaly;

- *fasciculus mamillaris princeps* - krátký svazek vystupující z corpus mamillare. Dělí se na dvě části *tractus mamillothalamicus* (k předním jádrům talamu) a *tractus mamillotegmentalis* (k RF poutu);

- *pedunculus mamillaris* - vstupuje do mezencefala a pokračuje do pontu. Vede oboustranné spoje mezi corpus mamillare a jádry RF;

- *fasciculus longitudinalis dorsalis* (Schiitzzi) z mediálního hypotalamu sestupuje skrze substantia grisea centralis do poutu a prodloužené míchy. Některá vlákna pokračují do míchy;

Zapojení hypotalamu je zajišťováno aferentními a eferentními dráhami.

Aferentní dráhy hypotalamu

- *tractus corticohypothalamicus* - vystupuje z vývojově starých korových oblastí (hippocampus, subiculum a piriformní kůra)

- *tractus septohypothalamicus* - projekce ze septum verum do mediálního hypotalamu

- *tractus amygdalohypothalamicus* - z mediálního a kortikálního jádra amygdaly do ncl. hypothalamicus ventromedialis et dorsomedialis a do area praeoptica medialis

- *tractus retinohypothalamicus* - do ncl. suprachiasmaticus

- *tractus reticulohypothalamicus* - vlákna z rafeálních jader RF (serotoninergní vlákna), vlákna z locus coeruleus (noradrenergní vlákna) a vlákna z pedunculus mamillaris

- *kolaterály senzitivních drah* - z tractus spinothalamicus, z tractus reticulohypothalamicus a vlákna z ncl. tractus solitarii

Eferentní dráhy hypotalamu

- *tractus hypothalamocorticalis* - do čichové korové oblasti

- *tractus mamillothalamicus* - z corpus mamillare do předních talamických jader

- *tractus hypothalamothalamicus* - do mediálních a intralaminárních jader talamu

- *tractus hypothalamohabenularis* - do habenuly cestou stria medullaris

- *tractus hypothalamoseptalis* - z předního a středního hypotalamu, cestou MFB

- *tractus hypothalamoamygdalaris* - cestou stria terminalis do mediálního a centrálního jádra amygdaly

- *tractus mamillotegmentalis* - do RF cestou stejnojmenného svazku nebo cestou pedunculus mamillaris

- *tractus hypothalamoreticularis* - z jader mediálního hypotalamu cestou MFB do RF

- *tractus hypothalamospinalis* - do ncl. intermediolateralis šedé míšní hmoty

- *periventrikulární systém* - z mediálního hypotalamu, cestou fasciculus longitudinalis dorsalis do substantia grisea centralis a do parasympatických jader hlavových nervů

Hypotalamus má vzhledem k bohatým aferentním a eferentním spojům a těsným vztahům k hypofýze mnohočetné funkce. **Je nejvyšším centrem autonomního (vegetativního) systému.** Jádra předního hypotalamu mají vztah k parasymptatiku, jádra středního hypotalamu k sympatiku a jádra zadního hypotalamu k limbickému systému. **Ncl. supraopticus, ncl. paraventricularis, ncl. tuberales a ncl. infundibularis jsou nadřazeny hypofýze, odtud transportovány látky do neurohypofýzy.** Ncl. suprachiasmaticus se účastní regulace spánkových a cirkadiálních cyklů.

HYPOPHYSIS CEREBRI - PODVĚSEK MOZKOVÝ, HYPOFÝZA - A HYPOTALAMO -HYPOFYZÁRNÍ SYSTÉM

Podvěsek mozkový - hypophysis cerebri - je oválné tělíčko o hmotnosti 0,6-0,8 g, uložené ve fossa hypophysialis ossis sphenoidalis. Hypofýza je kryta duplikaturou tvrdé pleny (diaphragma sellae), ve které je otvůrek pro stopku hypofýzy. Člení se na **větší lobus anterior (adenohypophysis - adenohypofýza)** a **menší lobus posterior (neurohypophysis - neurohypofýza).**

Lobus anterior je endokrinní žláza z epitelových buněk (vzniká jako Rathkeho výchlípka, ze stropu stomodea). **Lobus posterior vzniká jako výběžek hypotalamu,** skládá se z modifikovaných gliových buněk (pituicytů). Oba laloky obsahují síť kapilár a sinusoidy.

Funkční oběh hypofýzy

Hypofýza je zásobována dvěma tepnami z a. carotis interna:

· A. hypophysialis superior přichází zepředu k infundibulu a dělí se na větve, které vstupují do stopky hypofýzy. Zde se větve rozpadají na spirálovité kapilární pleteně. Tyto pleteně sestupují stopkou kaudálně a spojují se do několika silnějších cév, které vstupují do adenohypofýzy. V adenohypofýze se znovu rozpadají do kapilárních sítí, ze kterých je žilní krev odváděna do žil hypofýzy ústících do sinus cavernosus. A. hypophysialis inferior vstupuje do hypofýzy zdola, na rozhraní adenohypofýzy a neurohypofýzy. Tvoří kapilární pleteně v neurohypofýze, ale její kapilární řečiště je spojeno s kapilárami adenohypofýzy. Zvláštní uspořádání cévního zásobení, arterie - primární kapilární pleteň - sběrná céva - sekundární kapilární pleteň - žíla, připomíná uspořádání kořenů v. portae (hepatis) ve střevě a v játrech. Označuje se proto názvem **hypofyzoportální systém.**

Adenohypophysis - adenohypofýza

Buňky adenohypofýzy produkují hormony, které jsou uvolňovány do sekundární kapilární sítě a odtud odváděny do cirkulace. Jsou to **ACTH** (adrenokortikotropní hormon), **STH** (somatotropní hormon, růstový hormon), **TSH** (tyrotropní hormon), **FSH a LH** (folikulostimulační a luteinizační hormon) a **MSH** (melanostimulační hormon). Produkce a uvolňování hormonů adenohypofýzy je řízeno v zásadě nervovou a humorální cestou z nadřazených jader hypotalamu. Některá hypotalamická jádra (ncl. arcuatus, ncl. ventromedialis, area praeoptica a další) produkují "releasing faktory" [sám ACTH se dnes často označuje jako kortikoliberin CRH (41 aminokyselin), tyrotropin regulující hormon tyreoliberin, TRH (3 aminokyseliny), gonadotropin regulující hormon gonadoliberin GnRH (10 aminokyselin), prolaktin stimulující hormon (prolaktoliberin), PRH a j.)] a "inhibiting faktory, statiny" [somatotropin inhibující hormon (somatostatin), prolaktin inhibující hormon (prolaktostatín) aj.], které jsou pro jednotlivé hormony specifické. Tyto faktory jsou dopravovány axonálním prouděním svazkem vláken (**tractus tuberoinfundibularis**) do oblasti primárních kapilár ve stopce hypofýzy, kde jsou uvolňovány. Hypofyzoportálním cévním systémem jsou dále transportovány do předního laloku, kde stimulují či inhibují produkci hormonů.

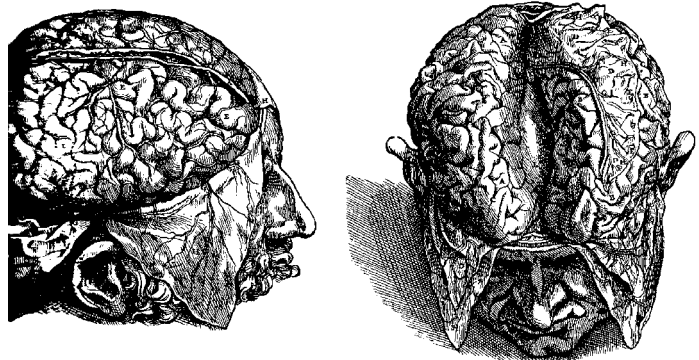
Neurohypophysis - neurohypofýza

V neurohypofýze hormony nevznikají, ale jsou do zadního laloku transportovány

axonálním prouděním z hypotalamu. V neuronech **ncl. supraopticus** a **ncl. paraventricularis** vznikají hormony zadního laloku (**ADH** - antidiuretický hormon - a **oxytocin**). Cestou tractus supraopticohypophysialis jsou dopravovány do neurohypofýzy, kde z axonálních zakončení přestupují do fenestrovaných kapilár a do cirkulace. Antidiuretický hormon zvyšuje resorpci vody v ledvině a tak snižuje množství definitivní moči. Oxytocin v závěru těhotenství vyvolává kontrakce děložního svalstva. Hypotalamo-hypofyzární systém není autonomní, ale je řízen nadřazenými strukturami CNS - v závislosti na potřebách organismu. Kromě nadřazených hypotalamických jader jsou to hlavně struktury limbického systému, hipokampová formace, amygdala, septum a katecholaminergní a serotoninergní jádra mozkového kmene.



Andreas Vesal (1514–1564) s preparátem horní končetiny. Ilustrace Stephana Calcara k Vesalově učebnici anatomie „De humani corporis fabrica“ z r. 1543



The surface structure of the cerebral cortex. The cortex is thrown into folds (gyri) separated by grooves (sulci). From Vesalius, 1543.

Koncový mozek - telencephalon

"Mozek je aparát, jehož pomocí si myslíme, že myslíme." (J. Tuwim, 1894-1953).

Jeden z objevitelů lidského těla, Andreas Vesal, 1514-64 se sice zajímal především o srdce popravených, ale jeho nákresy mozku jsou jistě také pěkné (De humani corporis fabrica libri septem).

Nejrostrálnější mozkový oddíl, vzniká rozdělením prosencefala na diencefalon a telencefalon. Během embryonálního vývoje se telencefalon člení na **střední, nepárovou část** (telencephalon medium) a na **dvě rychle rostoucí laterální části** (mozkové váčky), které tvoří základ hemisfér. Ze střední části vzniká tenká lamina terminalis, spojující obě hemisféry a bazální část předního diencefala.

Mozkové váčky, které jsou základem hemisfér, se časně diferencují na tři oddíly:

- bazální část telencefala (pars basilaris), která je nejtlustší a v níž se formují bazální ganglia;
 - dorzální část telencefala (pars pallialis), která je tenčí a v níž se diferencuje mozková kůra.
- V mediální části je základem pro archikortex, v laterální části základem pro paleokortex.

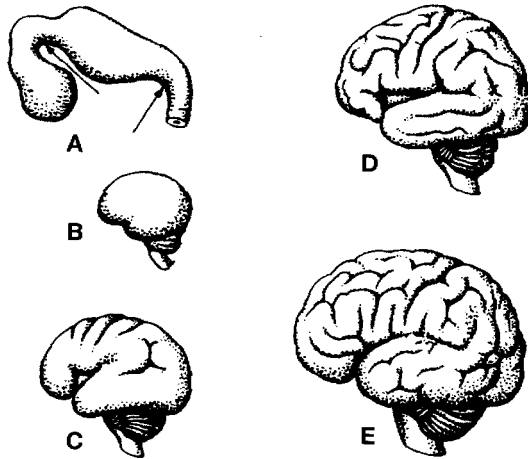
Mezi nimi je základ pro neokortex;

- mediální část telencefala (lamina epithelialis).

Zevní popis mozkových hemisfér

Pravá a levá hemisféra jsou od sebe odděleny hlubokým zářezem -**fissura longitudinalis cerebri (fissura interhemisphaerica)**. Do tohoto zářezu zasahuje srpkovitý výběžek tvrdé mozkové pleny - *falx cerebri*. Na spodině fissura interhemisphaerica je mohutný svazek vláken spojující obě hemisféry -**corpus callosum**.

Do **3. měsíce** nitroděložního života je povrch hemisfér **hladký**. U menších savců se hladký povrch hemisfér udržuje trvale nebo jsou na hemisféře patrné jen náznaky brázd. Tento stav se označuje jako lisencefálie. U větších savců a u člověka se již v embryonální době tvoří na povrchu hemisfér brázdy (sulci), které je rozdělují na závitky - gyri. Takový typ hemisféry se označuje jako gyrencefalní (obr.).

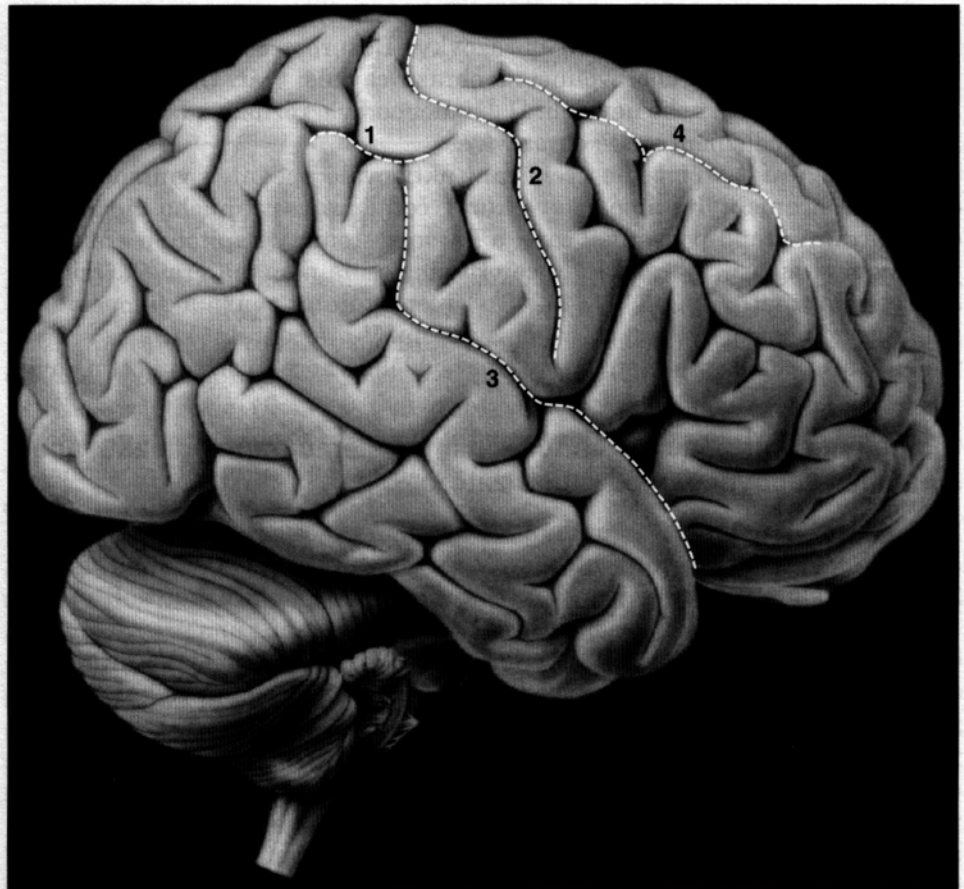


Vývoj mozku: **A** – zárodek na konci 1. měsíce (tři mozkové váčky), **B** – zárodek na konci 2. měsíce, **C** – šestiměsíční plod, **D** – novorozenec, **E** – roční dítě

Koncem 3. měsíce intrauterinního vývoje se objevuje na konvexně hemisféry vkleslina - **insula**, která je náznakem budoucí **fossa cerebri lateralis**. Postupným zvětšováním a přerůstáním okrajů frontálního, parietálního a temporálního laloku, které jako víčka (opercula) postupně zakrývají **inzulu**, se tvoří sulcus lateralis cerebri. K zakrytí inzul dochází v průběhu 7. intrauterinního měsíce. V průběhu 6. měsíce se na konvexně objevuje sulcus centralis. Do 8. prenatálního měsíce je vytvořena většina významných brázd a u novorozence je vývoj gyrifikace v podstatě ukončen.

Průběhem sulcus centralis, sulcus lateralis a sulcus parietooccipitalis jsou od sebe odděleny frontální, parietální, temporální a okcipitální **laloky-lobi**. Na mediální ploše hemisféry je průběhem **sulcus cinguli** a **sulcus collateralis** oddělen limbický lalok **lobus limbicus**.

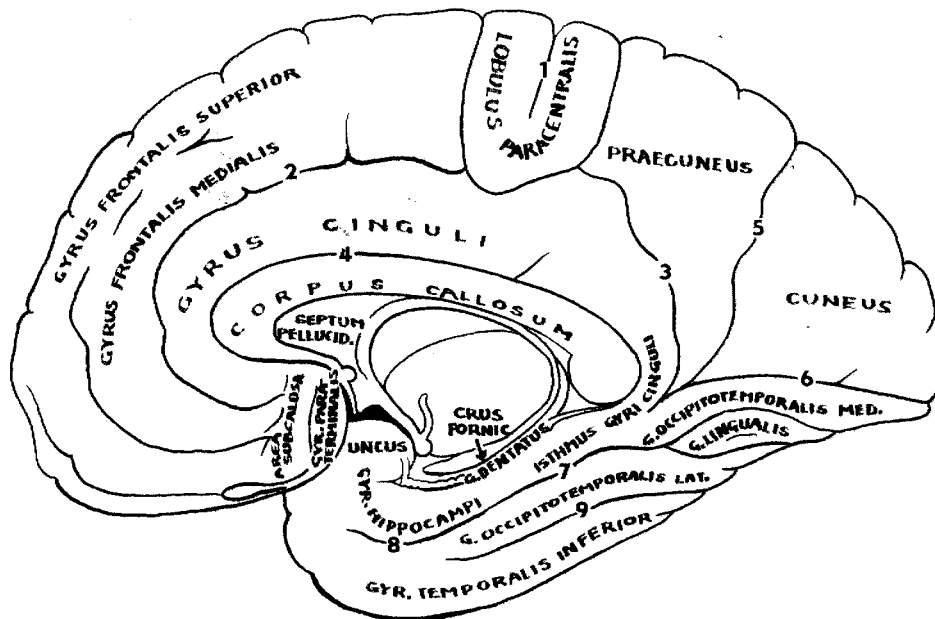
Poloha sulcus intraparietalis



1. poloha sulcus intraparietalis
2. poloha sulcus centralis Rolandi (Rolandova rýha)
3. poloha fissura lateralis Sylvii (Sylviova rýha)
4. poloha sulcus frontalis superior

Lobus frontalis - čelní lalok

Čelní lalok - lobus frontalis - je největším lalokem lidského mozku. Sahá od frontálního pólu hemisféry až **k sulcus centralis**. Sulkus centralis a před ním probíhající (někdy nesouvisle) sulkus praecentralis vymezují **gyrus praecentralis**. Konvexita frontálního laloku je dále rozdělena průběhem **sulcus frontalis superior et inferior** na **gyrus frontalis superior, medius et inferior**. Na mediální ploše frontálního laloku jsou před lamina terminalis dva drobné závitě - **gyrus paraterminalis** (septum verum - viz níže) - a před ním **gyrus subcallosus**. Ke corpus callosum přiléhá dlouhý **gyrus cinguli** (cingo=opásat, součást limbického systému) a před ním a nad ním **gyrus frontalis superior**. Orbitální (spodní) plocha frontálního laloku je rozčleněna na **gyri orbitales**. Na jejím mediálním okraji je úzký **gyrus rectus**, oddělený od orbitálních závitů pomocí **sulcus olfactorius**. K sulcus olfactorius přiléhá **bulbus olfactorius** a z něho vybíhající **tractus olfactorius** (útvary *paleokortexu*). Tractus olfactorius se dělí na dva proužky - **striae**. Stria olfactoria **lateralis** se vytrácí na povrchu **uncus (hák) gyri parahippocampalis** a stria olfactoria **medialis** zahýbá na mediální plochu hemisféry do **gyrus paraterminalis**. Striae ohraničují trojúhelníkovité políčko - **trigonum olfactorium**, kde vstupuje do báze čelního laloku anteromediální skupina bazálních tepen.

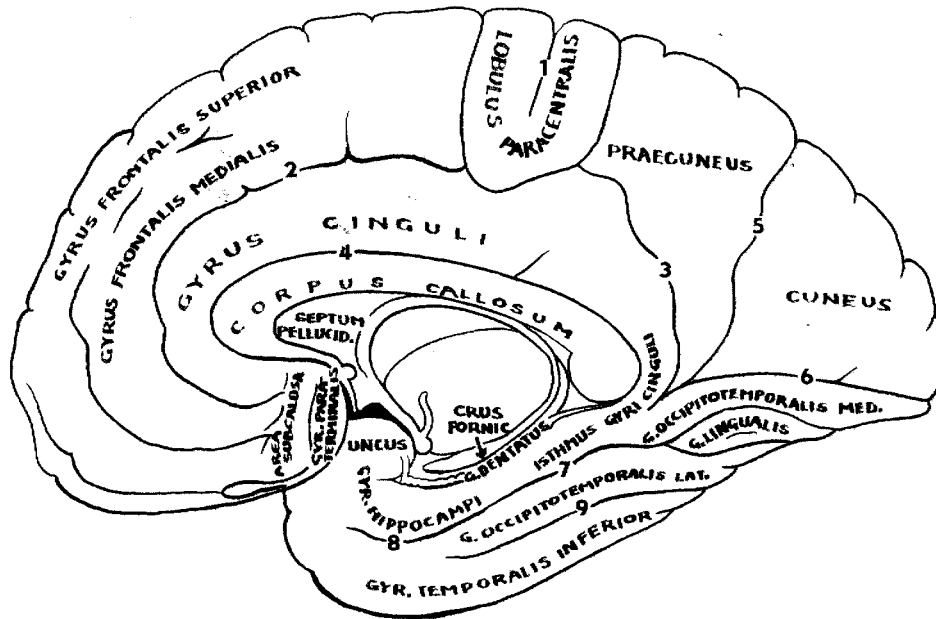


FACIES MEDIALIS HEMISPHAERII DEXTRI

- | | |
|--|-----------------------------|
| 1 sulcus centralis (přesahující z facies superolateralis hemisphaerii) | 5 sulcus parietooccipitalis |
| 2 sulcus cinguli | 6 sulcus calcarinus |
| 3 sulcus subparietalis | 7 sulcus collateralis |
| 4 sulcus corporis callosi | 8 sulcus rhinalis |
| | 9 sulcus occipitotemporalis |

Lobus parietalis - temenní lalok

Temenní lalok - lobus parietalis - je uložen mezi **sulcus centralis (Rolandi)** a sulcus parietooccipitalis. Od spánkového laloku jej odděluje zadní část **sulcus lateralis (Sylvii)**. Za sulcus centralis je **gyrus postcentralis** a za ním předozadně probíhající **sulcus intraparietalis**, který odděluje *dvě skupiny závitů*. Při mediálním okraji hemisféry je **lobulus parietalis superior** a pod ním **lobulus parietalis inferior**, který je dále rozdělen na přední **gyrus supramarginalis** a zadní **gyrus angularis**. Oba tyto závitů plynule přecházejí do temporálního laloku



FACIES MEDIALIS HEMISPHERII DEXTRI

- | | |
|--|-----------------------------|
| 1 sulcus centralis (přesahující z facies superolateralis hemisphaerii) | 5 sulcus parietooccipitalis |
| 2 sulcus cinguli | 6 sulcus calcarinus |
| 3 sulcus subparietalis | 7 sulcus collateralis |
| 4 sulcus corporis callosi | 8 sulcus rhinalis |
| | 9 sulcus occipitotemporalis |

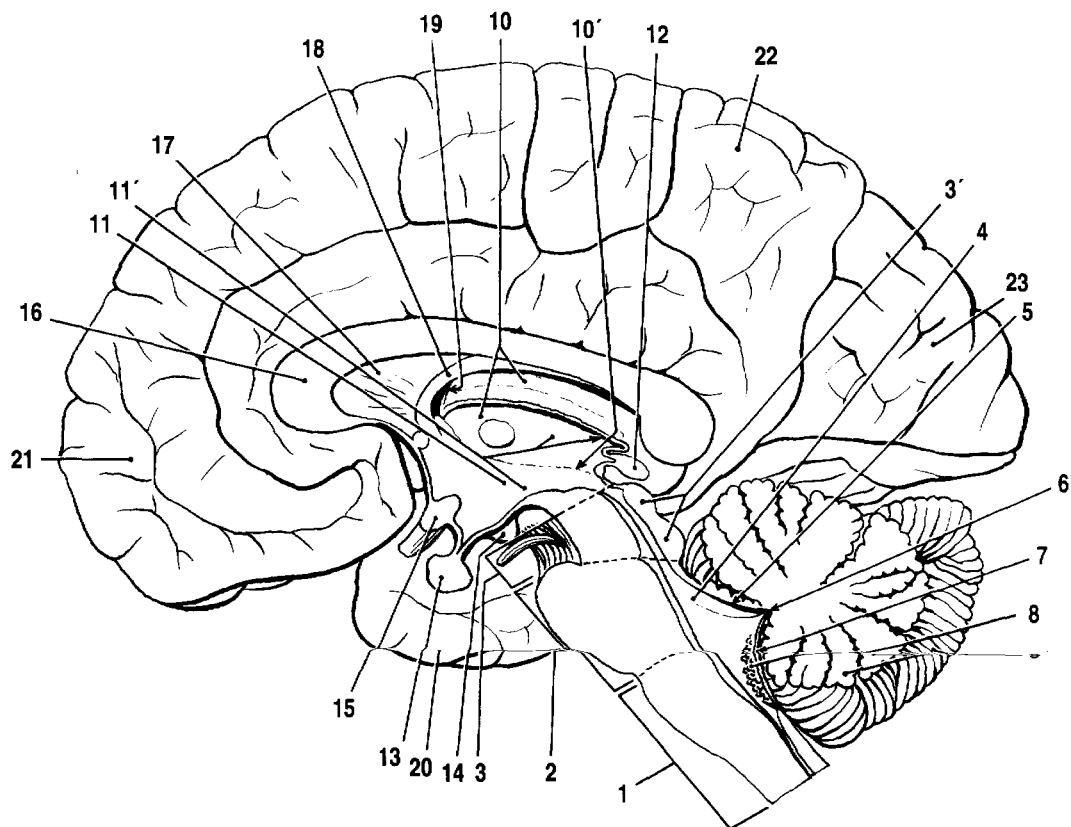
Na mediální ploše parietálního laloku je patrný **lobulus paracentralis** a za ním skupinka závitů, označovaná jako **praecuneus**.

Lobus occipitalis - týlní lalok

Týlní lalok - lobus occipitalis - je na konvexně hemisféry oddělen od parietálního a temporálního laloku pomyslnou čarou spojující sulkus parietooccipitalis a sulcus praeoccipitalis. Na konvexně se popisují variabilní **gyri occipitales** a na mediální ploše ve výši corpus callosum hluboký **sulkus calcarinus** (ostruhový). Mezi sulcus calcarinus a sulkus parietooccipitalis je **klínovitá skupinka závitů - cuneus**. Pod sulcus calcarinus a souběžně s ním je uložen **gyrus occipitotemporalis medialis (gyrus lingualis)**.

Lobus temporalis - spánkový lalok

Spánkový lalok - lobus temporalis - má na své konvexitě souběžně probíhající **gyrus temporalis superior, medius et inferior**. Na horní ploše gyrus temporalis superior jsou 2-3 příčně uložené závitě, označované jako **gyri temporales transversi**. Přední z nich (**Heschlův závit**) je **sídlem primární sluchové oblasti**. Na mediální ploše probíhá hluboký sulkus collateralis a v jeho prodloužení mělký a krátký sulkus rhinalis, který tvoří laterální hranici uncus gyri parahippocampalis. Mediálně od sulcus collateralis je gyrus parahippocampalis, který je vpředu rozšířen do uncus gyri parahippocampalis.



ŘEZ MOZKEM V MEDIÁNNÍ ROVINĚ; je patrný vztah mozečku k mozkovému kmeni a vztah kmene k ostatním částem mozku

1–3 mozkový kmen
1 medulla oblongata
2 pons

3 mesencephalon

3' lamina quadrigemina
4 ventriculus quartus
5 velum medullare anterius
6 fastigium IV. komory
7 velum medullare posterius
8 tela choroidea ventriculi quarti
9 cerebellum

10–15 útvary patřící k diencephalon
10 thalamus

10' sulcus hypothalamicus ve stěně III. komory jakožto hranice thalamu a hypothalamu

11 hypothalamus

11' pravá boční stěna III. komory a odřeznutá tela choroidea ventriculi tertii (strop III. komory)

12 corpus pineale

13 hypophysis

14 corpus mamillare

15 chiasma opticum (zkřížení zrakových svazků)

16 corpus callosum

17 septum pellucidum

18 fornix

19 foramen interventriculare (mezi III. a postranní mozkovou komorou)

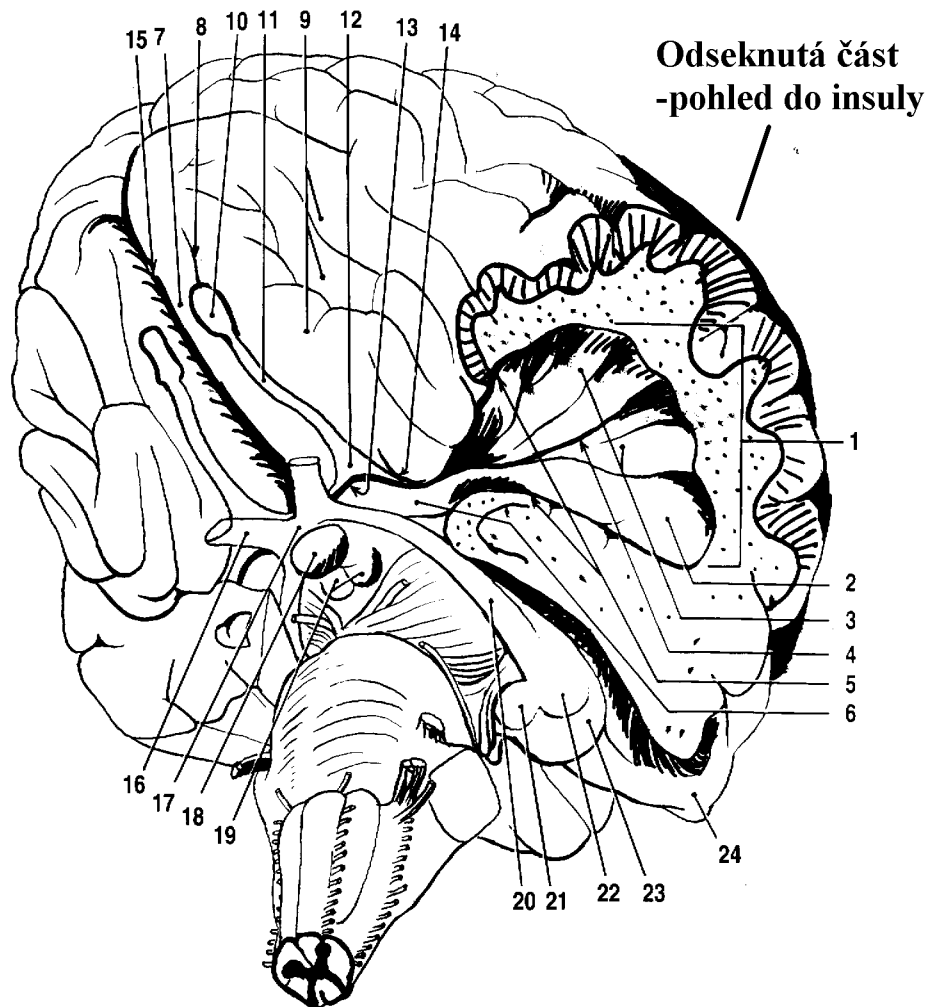
20 spánkový lalok koncového mozku

21 čelní lalok koncového mozku

22 temenní lalok koncového mozku

23 týlní lalok koncového mozku

Lobus limbicus



INSULA A FACIES INFERIOR ČELNÍCH LALOKŮ;
na obraze jsou ještě části diencefála a mozkový kmen; pohled
zleva zdola a zpředu; odstraněn levý temporální lalok a části fron-
tálního a parietálního laloku

- 1 insula
- 2 gyrus longus insulae
- 3 gyri breves insulae
- 4 sulcus centralis insulae
- 5 sulcus circularis insulae
- 6 limen insulae
- 7 gyrus rectus
- 8 sulcus olfactorius
- 9 gyri orbitales
- 10 bulbus olfactorius

- 11 tractus olfactorius
- 12 trigonum olfactorium
- 13 stria olfactoria medialis
- 14 stria olfactoria lateralis
- 15 fissura longitudinalis cerebri
- 16 fasciculus opticus
- 17 chiasma opticum
- 18 hypophysis
- 19 corpora mamillaria
- 20 tractus opticus
- 21 corpus geniculatum mediale
- 22 corpus geniculatum laterale
- 23 pulvinar thalami
- 24 lobus occipitalis hemisphaerii

Je složen z **gyrus cinguli** a z gyrus **parahippocampalis**. Dále k němu **počítáme gyrus dentatus a hippocampus**. **Lobus insularis (insula)** je část hemisféry zanořená do fossa cerebri lateralis a **zakrytá operkuly**. V inzulárním laloku se popisuje několik vějířovitě uspořádaných gyri insulares breves a nazad skloněný gyrus insularis longus.

Septální oblast telencefala. Septum je samostatná součást hemisféry, která je umístěná na její mediální ploše. Dorzální, gliová část septa je tenká a označuje se jako **septum pellucidum**. (Tvoří mediální stěnu předního rohu postranní mozkové komory.) Bazální část septa je ztlustělá a je tvořena šedou hmotou, která se dělí na několik jader a nemá korový charakter. Tato část septa se označuje jako **septum verum**. Septum verum má na frontálním řezu tvar trojúhelníku a jeho mediální plocha odpovídá drobnému závitě - **gyrus paraterminalis**. Laterální plocha hledí do postranní mozkové komory.

Zapojení septa

Aferentní vlákna dostává septum verum z hipokampové formace (hipocampus, subiculum) a z hypotalamu.

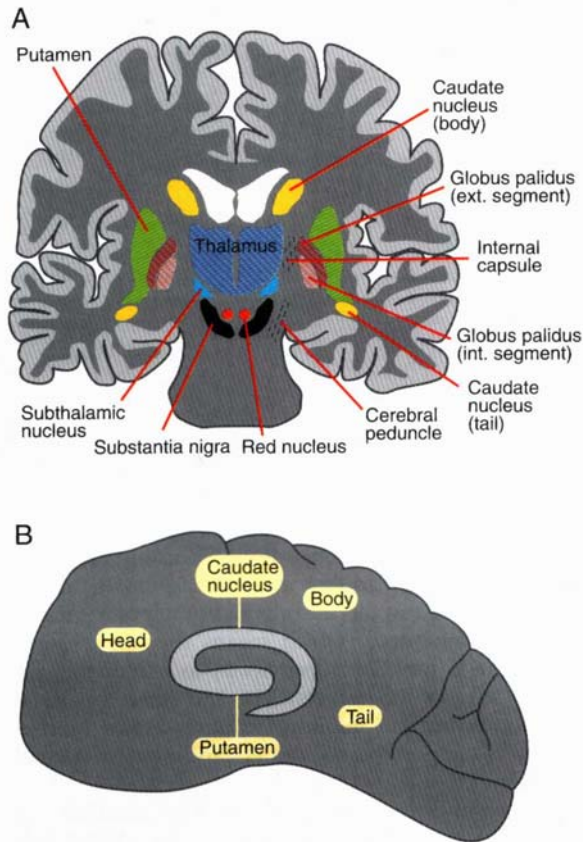


FIGURE 34.1 The location of the basal ganglia in the human brain. (A) Coronal section. (B) Sagittal section.

Eferentní vlákna vstupují do fornixu a končí v hipokampové formaci. Tato projekce je cholinergní a slouží transportu acetylcholinu ze septa do hipokampu. Další vlákna směřují do talamu (ncl. mediani), do hypotalamu, do jader habenuly (epitalamu) cestou stria medullaris, do amygdaly a do RF.

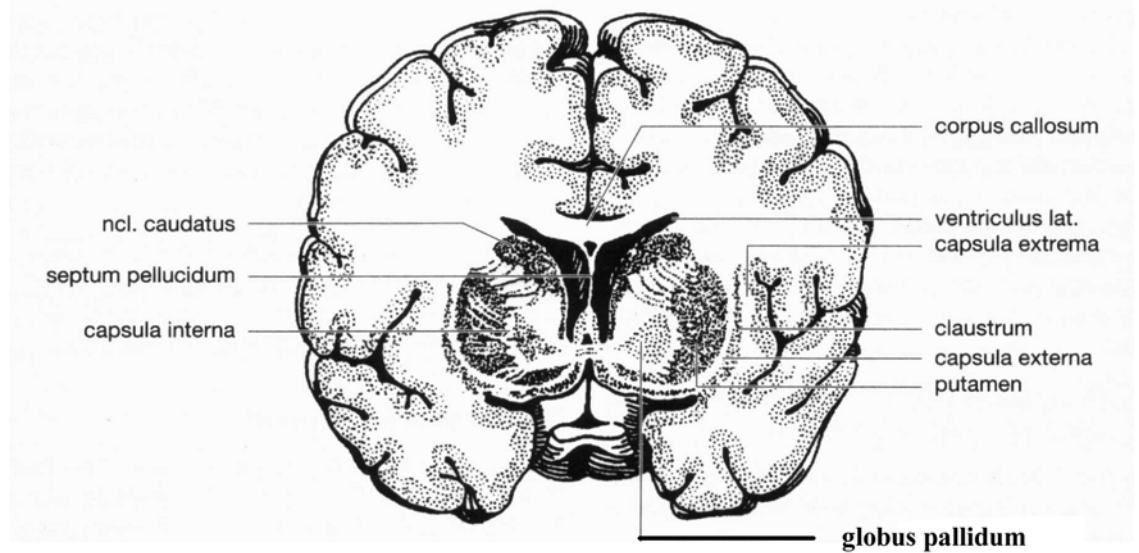
Rytmická aktivita septálních neuronů se přenáší septohipokampovou projekcí do **hipokampu**, kde vyvolává tzv. theta aktivitu elektroencefalografického záznamu (pomalý rytmus ve spánku a patologii). Experimentální poškození septa vede ke zvýšené spotřebě tekutin a k projevům hyperaktivity. Stimulace vede ke snížené spotřebě tekutin i potravy a k inhibici řady vegetativních funkcí. Septum patří mezi struktury, jejichž stimulací lze vyvolat pocity spokojenosti.

Bazální ganglia

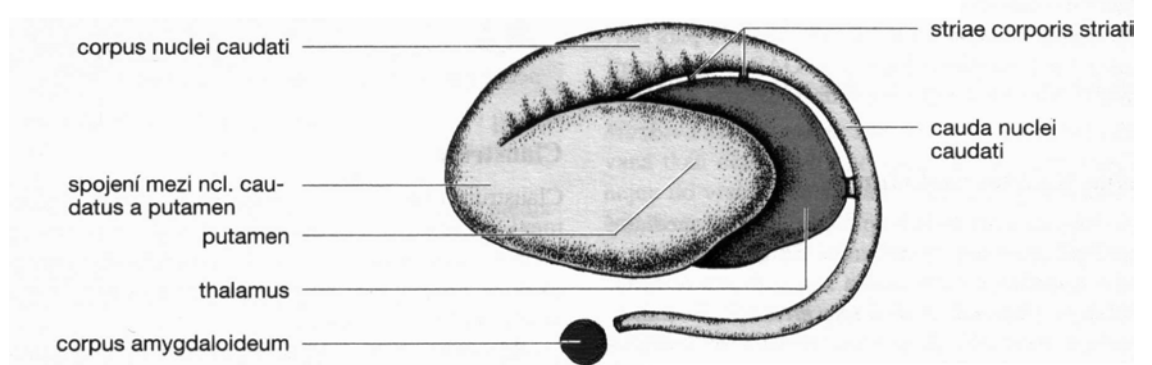
Ve spodní (bazální) části frontálního laloku jsou uloženy objemné útvary šedé hmoty (jádra, ganglia). Počítáme k nim:

- corpus striatum (ncl. caudatus a putamen),
- globus pallidus (pallidum externum a pallidum internum),
- nucleus basalis (Meynerti –cholinergní-Alzheimer),
- claustrum a
- nucleus amygdalae.

Jejich tvar, uložení a vztahy k ostatním strukturám telencefala a diencefala jsou patrné na frontálních nebo horizontálních řezech hemisférou



Bazální ganglia – frontální řez



Nuclei basales (pohled z laterální strany)

Bazální ganglia jsou rovněž dobře rozlišitelná při vyšetření mozku pomocí CT a MR. Vzhledem k tomu, že putamen a globus pallidus k sobě těsně přiléhají a na horizontálních (nebo šikmých) řezech hemisférou mají tvář bikonkávní čočky, užívá se pro ně název **nucleus lentiformis**.

Corpus striatum (striatum)

Tímto názvem se označují nejobjemnější bazální ganglia - **ncl. caudatus a putamen**. Obě jádra jsou **spojena proužky** šedé hmoty - **striae** - odtud je i název pro celý útvar.

- Nucleus caudatus je **frontálně rozšířen** v caput nucleii caudati. **Dorzálně** se zužuje do **corpus et cauda nucleii caudati**. Hlava je uložena před thalamelem a svou mediální plochou se vyklenuje do předního rohu postranní mozkové komory. Tělo je uloženo dorzálně od thalamu. V dalším průběhu ocas obtáčí zadní část thalamu a vstupuje do spánkového laloku, kde je patrný ve stropu postranní mozkové komory. Laterální plocha hlavy a těla hledí proti capsula interna

- **Putamen** je laterální částí striata a zároveň laterální částí ncl. lentiformis. Frontobazálně **splývá s caput nucleii caudati**. Od globus pallidus jej odděluje lamina medullaris lateralis, od claustra **capsula externa**.

Ncl. caudatus a putamen mají podobnou stavbu. **Obsahují dva základní typy neuronů:**

- **malé** projekční neurony, jejichž axony opouštějí striatum a končí v globus pallidus a v substantia nigra (pars reticularis). Dendrity jsou hustě pokryty **trny** ("spiny neurons"). Jde o inhibiční neurony, které produkují **GABA**;

· **interneurony**, jejichž axony se větví uvnitř striata. Dělí se do několika skupin. Velké interneurony (40–60 μm) jsou cholinergní, malé interneurony jsou GABAergní a dále se dělí do několika skupin. Tyto neurony mají dendrity hladké, bez trnů (“**aspiny neurons**”).

Z neurochemického hlediska se striatum člení na dvě základní složky - **striozomy a matrix**. Převažující částí striata je matrix (asi 80 % objemu jádra). Striozomy tvoří trojrozměrný labyrint uvnitř matrix. Oba oddíly striata **se liší výskytem mediátorů**, peptidů a dalších neuroaktivních látek. Byly také prokázány rozdíly v jejich aferentních a eferentních spoji.

Část striata a palida zasahující pod commissura anterior se označuje jako **striatum ventrale**. Tato část striatopalidového komplexu se liší od dorzálního striata svými spoji, které jsou orientované do limbického systému.

Zapojení striata

Aferentní spoje dostává striatum z **mozkové kůry, z talamu a z mozkového kmene**.

· **Kortikostriatické** projekce jsou **nejmohutnějším aferentním systémem**. Vystupují ze všech korových oblastí, **ale převažují vlákna z frontálního a parietálního laloku**. Do ncl. caudatus přicházejí vlákna převážně z asociálních korových oblastí, do putamen z motorické a senzitivní korové oblasti. Korová vlákna mají excitační vliv na neurony striata a jejich mediátorem je **glutamát**.

· **Talamostriatická** projekce: tato vlákna vystupují převážně z intralaminárních jader talamu. Slabší projekce jdou z mediálních a z ventrálních jader talamu. Prostřednictvím intralaminárních jader je do striata převáděna aktivita neuronů RF. Talamostriatická projekce je excitační -mediátorem je glutamát.

· **Nigrostriatická** projekce: vlákna vystupují ze substantia nigra (pars compacta). Těmito vlákny je do striata transportován dopamin (syntetizovaný nigrálními neurony), který je nutný pro normální funkci striata.

Při **sníženém přísunu dopaminu do striata** se objevují příznaky **parkinsonismu**.

· **Rafestriatická** projekce: vlákna vystupují z ncl. raphe dorsalis. Těmito vlákny je do striata transportován **serotonin**.

Eferentní spoje striata vystupují ze striata a končí v globus pallidus a v substantia nigra.

· Striatopalidová projekce končí v obou segmentech **globus pallidus**. Většina vláken vystupuje z putamen.

· Striatonigrální projekce: vlákna vystupují převážně z ncl. caudatus a končí v substantia nigra (v pars reticularis). Striatofugální vlákna jsou GABAergní a mají inhibiční vliv na neurony palida a na nigrální neurony.

Globus pallidus (pallidum)

Je to jádro diencefalického původu, které je mediální a světlejší částí ncl. lentiformis. Skládá se ze dvou částí - z pallidum **externum** a z pallidum **internum**, oddělených lamina medullaris medialis. V palidu převažují velké (40–50 μm), řídké rozložené neurony, které jsou GABAergní a v cílových strukturách mají inhibiční vliv.

Zapojení palida

Aferentní spoje dostává palidum především ze striata a z ncl. subthalamicus.

· **Striatopalidová vlákna** - viz eferentní spoje striata. · Subtalamopalidová vlákna vystupují z ncl. subthalamicus a končí v obou segmentech palida. Mediátorem této projekce je glutamát. Palidum je tedy pod inhibičním vlivem striata a pod excitačním vlivem ncl. subthalamicus.

· **Nigropalidová vlákna** - slabší dopaminergní projekce ze substantia nigra (z pars compacta). Eferentní spoje palida se liší podle toho, zda jde o zevní, nebo o vnitřní segment palida.

Zevní segment vysílá vlákna hlavně do ncl. subthalamicus. Projekce z vnitřního segmentu je divergentní a končí v talamu a v RF. Vlákna směřující do talamu (cestou fasciculus et ansa lenticularis) končí hlavně v ncl. ventralis anterior. Menší množství vláken končí v ncl.

ventralis lateralis, v intralaminárních jádrech a v habenule. Sestupná vlákna končí v RF (v ncl. pedunculopontinus).

Spojením striatum - pallidum - thalamus - cortex (premotorická korová oblast) je vytvořen funkčně významný okruh, kterým je regulována aktivita korových neuronů.

Nucleus basalis (Meynerti)

Jde o jádro tvořené skupinou velkých neuronů, které jsou uloženy v bílé hmotě hemisfér, bazálně od ncl. lentiformis (substantia innominata). Neurony tohoto jádra jsou cholinergní (produkují acetylcholin). Jádro je významné eferentními spoji, které končí **ve všech korových oblastech, v amygdale a v ncl. reticularis thalami a tvoří cholinergní svorníky naší mysli**: Spojí bazálního jádra je v neokortexu vylučován acetylcholin, bezpodmínečně nutný pro normální funkce mozkové kůry, protože reguluje (presynapticky) přenos na mnoha dalších typech synapsí.

Clastrum (závora) je ploténka šedé hmoty, uložená mezi putamen a inzulární kůrou. Od putamina jej odděluje capsula externa a od inzulární kůry capsula interna. Bazální část klastra přiléhá k čichové korové oblasti (paleokortexu).

Aferentní spoje dostává klastrum ze všech neokortikálních oblastí. V bazální části končí vlákna z **čichové** korové oblasti. Eferentní spoje míří zpět do všech neokortikálních oblastí.

Nucleus amygdalae (amygdala)

Je to jádro mandloňovitého tvaru (to je krásný anatomický blábol, že? –co je to mandloňovitý tvar?? Mandloň je strom. Shluk jader vypadá prostě jako mandlička), které je uloženo v dorzomediální části spánkového laloku, těsně před cornu inferius postranní mozkové komory. Dělí se na vývojově starší kortikomediální část a vývojově mladší bazolaterální část. Obě části se dále dělí na několik jader. V amygdalových jádrech byla prokázána řada mediátorů, což je jistě pěkné. Zatímco bazolaterální část je bohatší na monoaminy (dopamin, noradrenalin, serotonin), v kortikomediální části byla prokázána řada peptidů. O jejím významu při emocích viz dříve, u limbického systému.

Zapojení amygdaly

Aferentní spoje přicházejí do amygdaly z řady oblastí: · **Kortikoamygdalová** projekce vystupuje z frontálního a temporálního laloku a z inzulární kůry. Kromě neokortikálních spojů končí v amygdale mohutné projekce z **čichové korové** oblasti (paleokortexu).

· Projekce z ncl. basalis Meynerti - těmito vlákny je v amygdale vylučován acetylcholin.

· Talamoamygdalová projekce - vlákna vystupují z ncl. mediani.

· **Hypotalamoamygdalová projekce** je funkčně **velmi významné spojení**, vystupující z laterálního hypotalamu, z ncl. ventromedialis a z ncl. dorsomedialis.

Další spoje dostává amygdala z mediální části substantia nigra, z rafeálních jader RF, z locus coeruleus a z ncl. parabrachialis (odbočka chuťové dráhy),

Eferentní spoje opouštějí amygdalu dvěma svazky - ventrálním a dorzálním:

· Dorzální svazek, označovaný jako stria terminalis, probíhá obloukovitě mezi talamem a ncl. caudatus. Obsahuje většinu vláken z kortikomediální části amygdaly, která **končí převážně v hypotalamu**.

· Ventrální svazek obsahuje vlákna vystupující z bazolaterální části amygdaly. Tato vlákna se v sublentikulární oblasti rozbíhají **a míří do mozkové kůry, talamu, hypotalamu a mozkového kmene**.

Jde o tato vlákna:

· amygdalohypotalamická projekce - končí v preoptické oblasti, v ncl. ventromedialis, v ncl. dorsomedialis a v area hypothalamica lateralis;

· amygdalotalamická projekce - končí v ncl. mediani a v ncl. mediodorsalis thalami;

· amygdalová projekce do ncl. basalis;

· amygdalokortikální projekce - končí převážně ve frontálním a temporálním laloku a v inzule. Další vlákna končí ve vývojově starých korových oblastech (v paleokortexu, v

hipokampové formaci a v entorinální korové oblasti - area 28);

· amygdalová projekce do mozkového kmene - dlouhé spoje končí v substantia nigra, v RF a v jádrech n. IX. a n. X.

Corpus striatum. Poškození striata vyvolává u člověka **mimovolní, nadbytečné** pohyby (hyperkineze). Mimovolní pohyby mají **choreatický charakter** (rychlé, neúčelné a nepravidelné pohyby mimického svalstva, jazyka, svalů horní končetiny) nebo atetoidní pohyby (kroutivé, plazivé a šplhavé pohyby).

Při stimulaci striata dochází k zástavě pohybů, k zástavě řeči a ke **krátkodobé (poststimulační) ztrátě paměti.**

Globus pallidus. U jednostranných nebo oboustranných destrukcí palida se popisuje omezení až zástava pohybů, zástava řeči, ospalost až kataleptický stav.

Funkcí striatopalidového komplexu je **potlačení nežádoucí pohybové aktivity při realizaci motorického programu a výběr optimálních motorických programů** k dosažení předem stanoveného cíle.

Nucleus amygdalae. Vzhledem k zapojení amygdaly je pochopitelné, že stimulace nebo naopak vyřazení amygdalových jader vede k vyvolání, resp. k potlačení řady motorických a vegetativních reakcí, ke změnám produkce hormonů a ke změnám v emoční sféře. Z těchto důvodů jsou **jádra amygdalového komplexu řazena mezi struktury limbického systému.** Bilaterální **zničení amygdaly vede ke snížení agresivity** a k normalizaci sociálního chování. **Stimulace** amygdalových jader vyvolává u pokusných zvířat reakci "zvýšené pozornosti", projevy strachu nebo naopak **agrese.** Součástí těchto změn v chování jsou i vegetativní reakce (mydriáza, změny krevního tlaku, změny srdeční akce), motorické reakce (pohyby jazykem, žvýkání, polykání, vrčení apod.) a vyplavení hormonů do oběhu (zejména ACTH a gonadotropních hormonů).

CORTEX CEREBRI - MOZKOVÁ KŮRA

Mozková kůra - cortex cerebri - je vysoce organizovaná tkáň centrálního nervstva, která je uspořádána nejen do vrstev, ale je dále vertikálně i horizontálně organizována.

Povrch kůry lidského mozku je asi 0,25 m², přičemž třetina kůry je uložena na volném povrchu závitů a zbytek je ukryt v brázdách mezi gyry. Ze studií struktury, zapojení a funkčních charakteristik bylo odvozeno základní členění mozkové kůry na:

- **starou kůru - allocortex**, která má tři vrstvy a dále se člení na palaeocortex (palaeopallium) a archicortex (archipallium). Paleokortex zaujímá 1 % a archicortex asi 3,5 % povrchu kůry;
- **novou kůru - neocortex** (isocortex, neopallium). Tento typ kůry se vyskytuje pouze u savců, je šestivrstevný a zaujímá převážnou část korové plochy;
- **přechodnou kůru - mesocortex** (intermediární kůru). Takto označujeme přechodné oblasti mezi neokortexem a paleokortexem (peripaleokortex) a mezi neokortexem a archicortexem (periarchicortex).

Peripaleokortex je uložen při bázi inzulárního laloku; **periarchicortex se člení na entorinální korovou oblast (area 28) a praesubiculum.** Entorinální oblast pokrývá mediální plochu uncus gyri parahippocampalis, praesubiculum je uloženo za entorinální oblastí na mediální ploše gyrus parahippocampalis. Obě periarchikortikální oblasti jsou v zásadě šestivrstevné, liší se však od neokortexu redukcí a zvláštní úpravou některých vrstev.

Allocortex

1. Palaeocortex

Paleokortex je vývojově stará **třívrstevná** korová oblast, uložena na spodní (orbitální) ploše **čelního laloku.** Zasahuje až do spánkového laloku, kde pokrývá anterolaterální část uncus gyri parahippocampalis (area SI) a dotýká se zde entorinální korové oblasti (area 28). K paleokortikálním útvarům počítáme: bulbus olfactorius, tractus olfactorius, striae olfactoriae, trigonum olfactorium a anterolaterální část uncus gyri parahippocampalis. Paleokortex není ve své stavbě jednotný a dělí se do několika korových polí.

• **Bulbus olfactorius** je oploštělý, oválný útvar ležící na lamina cribrosa ossis ethmoidalis. Končí v něm fila olfactoria (čichový nerv). Eferentním neuronem čichového bulbu jsou **mitrální (dvoucípé) buňky**, jejichž **axony tvoří tractus olfactorius**.

• Tractus olfactorius je uložen v sulcus olfactorius. Dělí se na stria olfactoria medialis, mířící ke gyrus paraterminalis, a na stria olfactoria lateralis, směřující k uncus gyri parahippocampalis. Laterální stria rozvádí axony mitrálních (dvoucípých) buněk do celé paleokortikální oblasti. Korová oblast, ve které končí vlákna z čichového bulbu, se označuje jako "primární (paleokortikální) čichová oblast". Zahrnuje všechna paleokortikální pole a část entorinální korové oblasti.

Čichová dráha

Signály z receptorů čichové sliznice se do čichové oblasti kůry dostávají dvouneuronovou dráhou: receptorové buňky čichové sliznice - mitrální buňky čichového bulbu - neurony čichové korové oblasti.

Z čichové oblasti kůry jsou čichové signály dále rozváděny do hipokampové formace, do hypotalamu (area hypothalamica lateralis), do amygdaly a do talamu (incl. mediodorsalis).

Pravá a levé čichové korové oblasti jsou spojeny komisurálními vlákny, která probíhají v pars olfactoria commissurae anterioris.

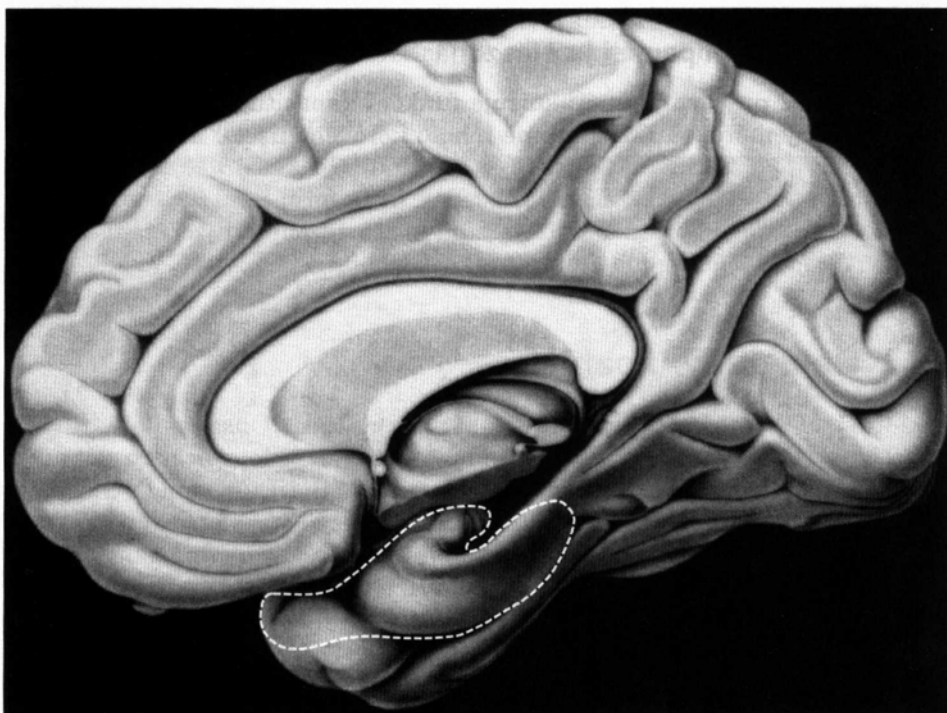
1. Archicortex (hipokampová formace)

Archicortex je vývojově stará třívrstvevná korová oblast, uložená hluboko na mediální ploše **temporálního laloku**.

Archikortex se člení na **tři korová pole**, označovaná jako **subiculum**, **hippocampus (cornu Ammonis)** a **gyrus dentatus**. Subikulum je uloženo na horní ploše gyrus parahippocampalis a mediálně přechází do presubikula. **Hipokampus (cornu Ammonis)** se vyklenuje na spodině postranní mozkové komory, kde tvoří asi **5 cm dlouhý val**. Na jeho mediální okraj nasedá svazek vláken - fimbria fornicis. Hipokampus se člení **na tři pole** (CA 1, CA 2, CA 3), která se liší strukturou a zapojením. Pod fimbria fornicis a mediálně od hipokampu se vyklenuje **gyrus dentatus**. Oboustranné poškození sektoru **CA1** vede ke vzniku středně těžké **anterográdní amnesie** (porucha deklarativní paměti, buď epizodické nebo sémantické události **po** vzniku poruchy či úrazu), odstranění celé hipokampální formace (pacient H.M. 1953 kvůli epilepsii) vč. amygdaly a entorhinální kůry vede ke globální anterográdní a částečnou retrográdní amnesií, není ale postižena pracovní paměť, zůstává i učení se jednodušším hybným dovednostem.

Poškození paměti v souvislosti s poškozením vnitřních částí spánkových laloků bylo opakovaně popsáno od počátku našeho století (Von Bechterev, 1900). K bližšímu pochopení však přispěl až pacient H. M., o němž se píše, že je nejsledovanějším a nejznámějším amnestickým pacientem všech dob.

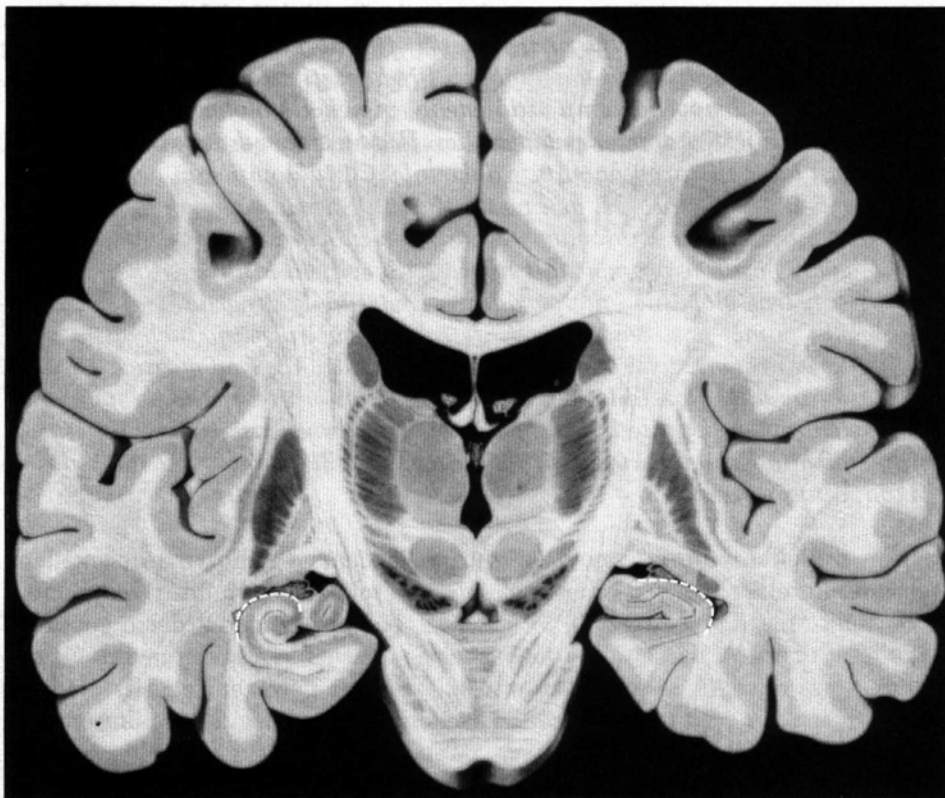
Přibližný rozsah odňaté mozkové tkáně u pacienta H. M.



Pacient H. M. a hipokampální amnézie

Pacientovi H. M. byly roku 1953 oboustranně odňaty vnitřní části obou spánkových laloků počínaje temporálními póly v délce, jak nyní dokazuje magnetická rezonance, asi pěti centimetrů, včetně hipokampální formace, amygdaly a entorhinální kůry. Důvodem operace byla jinak neléčitelná epilepsie.

Po operaci se četnost epileptických záchvatů snížila, ale „tento mladý muž nebyl schopen poznat ošetřující personál, nenašel cestu do koupelny a zdálo se, že si z každodenních události svého života vůbec nic nepamatuje. Objevila se také částečná porucha paměti zasahující do minulosti. Nepamatoval si na smrt svého strýce, kterého měl rád. Koukolík (2000)



Diencefalická amnézie

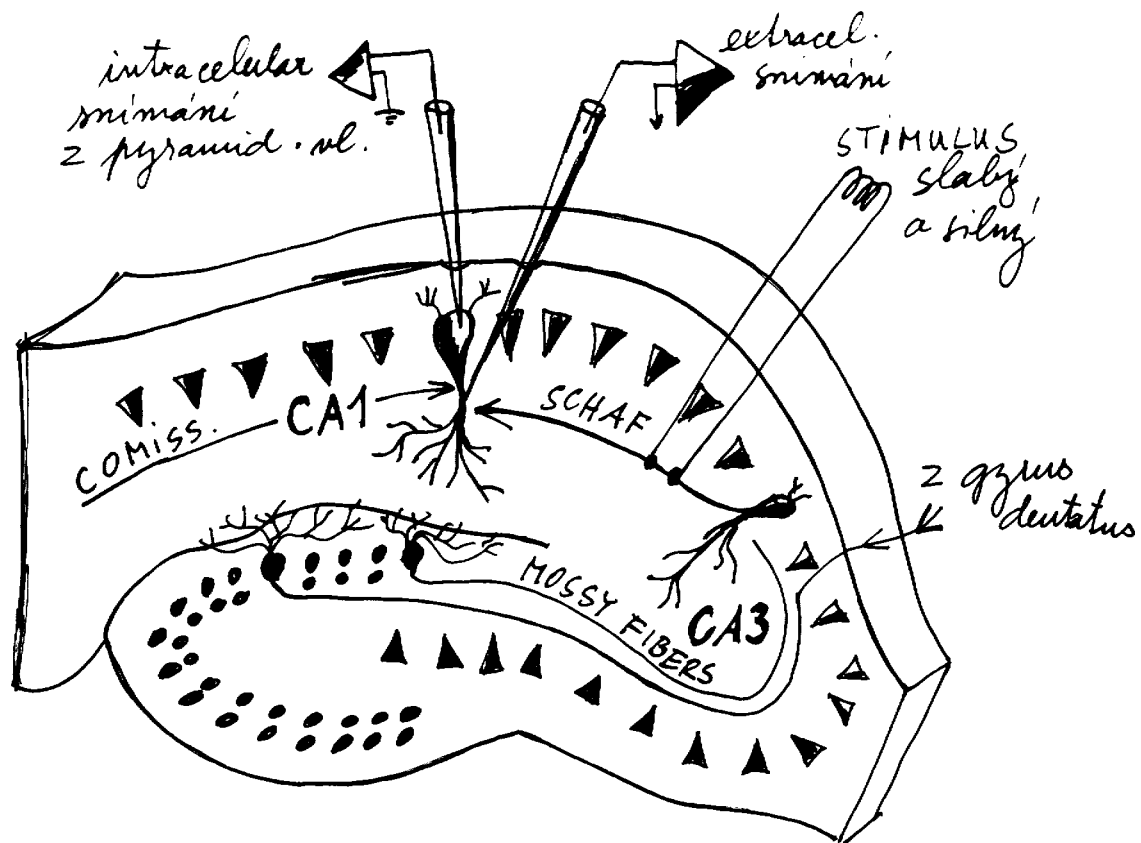
Diencefalickou amnézií může způsobit jak poškození talamu, tak hypotalamu, případně jejich kombinace. Příčinou bývá Wernickeův-Korsakovův syndrom, vzácně trauma, v současnosti se tato amnézie často popisuje v souvislosti s ložiskovými ischemickými změnami.

Wernickeův-Korsakovův syndrom je důsledkem nedostatku vitamínu B1 (thiaminu). Nepostihuje tedy jen chronické alkoholiky, ale i lidi trpící malnutrií z jakéhokoli důvodu. Histologické změny v mozku jsou charakteristické: starší a čerstvější ložiska krvácení, zduřelé kapiláry, glióza, drobná ložiska nekrotizace. V případech chronických se najde jen glióza a úbytek neuronů.

Změny postihují řadu struktur kolem střední čáry: bazální telencefal, paraventriculární a periduktální šedou hmotu mozkového kmene, spodinu IV. komory, mozeček. Kritické místo pro vznik klinicky typické amnézie doprovázené konfabulacemi je porušení předních talamických jader Koukolík 2000

V hipokampu převažují velké **pyramidové neurony**, mezi nimiž jsou rozptýleny interneurony. V gyrus dentatus převažují drobné granulózní buňky, rovněž s příměsí interneuronů. Pyramidové a granulózní neurony jsou excitační. Interneurony jsou převážně inhibiční (mediátorem je **GABA, příp. glycin**).

Pyramidové řezy in vitro (makový závit) se staly experimentálním modelem long-term potenciace a celé řady studií synaptické plasticity a učení na molekulární úrovni (schéma na obr.).



Pyramidové buňky jsou propojeny Shafferovými kolaterálami které lze dráždit a snímat intracelulárně z těl a extracelulárně z oblasti synapsí.

Zapojení hipokampové formace

Z hlediska zapojení je hipokampová formace **na rozhraní mezi neokortexem a diencefalem**.

Aferentní spoje představují především **vlákna z entorinální oblasti a z gyrus parahippocampalis**. Tato projekce je excitační (mediátorem je **glutamát**) a většina vláken končí v **gyrus dentatus**. Entorinální oblast a kůra gyrus parahippocampalis dostávají vlákna z gyrus cinguli a z mnoha asociačních korových oblastí.

V hipokampové formaci tedy dochází k významné konvergenci multimodálních a integrovaných signálů. Vlákna z gyrus dentatus (axony granulárních neuronů) směřují do hipokampu, kde končí na dendritech pyramidových neuronů. Rovněž toto spojení je excitační (mediátorem je glutamát).

Z hipokampu *vystupují* vlákna do subikula a do septa (septum verum). Vlákna ze subikula opouštějí hipokampovou formaci a končí v hypothalamu, v talamu a v přilehlých korových oblastech (v entorinální kůře, gyrus parahippocampalis). Většina eferentních vláken opouštějících hipokampovou formaci vystupuje tedy ze subikula.

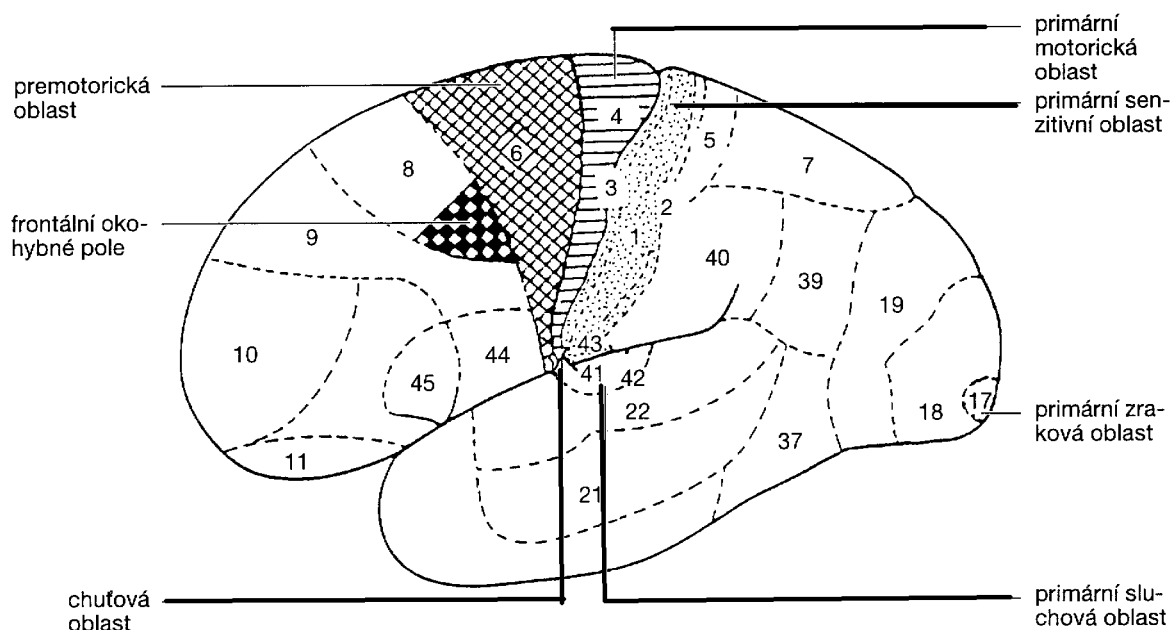
Mezi asociačními oblastmi neokortexu a hipokampovou formací (archikortexem) je silné reciproční spojení. Toto spojení je víceneuronové a je uspořádáno takto: primární senzitivní korové oblasti ~ asociační korové oblasti ~ gyrus cinguli, gyrus parahippocampalis, entorinální oblast ~ hipokampová formace. Na začátku této víceneuronové dráhy jsou senzitivní korové oblasti (somatosenzitivní, zraková, sluchová kůra apod.), na konci je hipokampová formace.

Hipokampová formace je důležitou součástí limbického systému mozku (viz dále). Z mnoha klinických i experimentálních pozorování vyplývá, že je sídlem emočních a paměťových mechanismů. Poškození hipokampové formace (krvácením, tumorem) vede k poruše krátkodobé paměti.

Neocortex - nová kůra

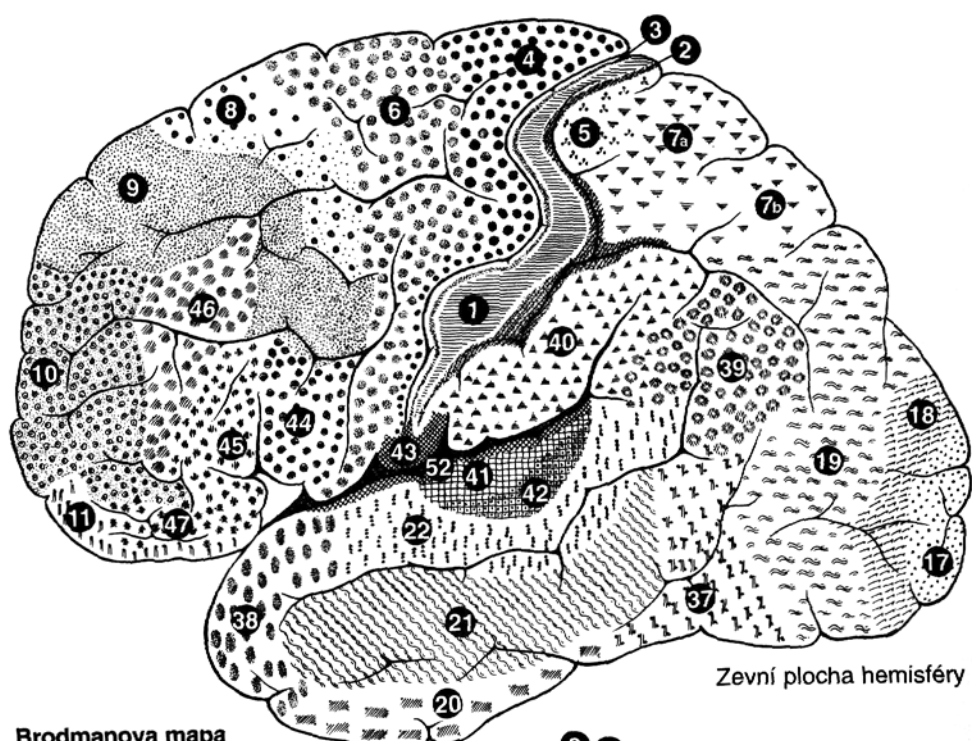
Neocortex (isocortex, neopallium) je **typicky savčí struktura**, která dosáhla vrcholu strukturního a funkčního rozvoje v mozku primátů a zejména v lidském mozku.

Ve srovnání s vývojově staršími korovými formacemi má lidský neokortex mnohem komplikovanější stavbu. Skládá se ze šesti vrstev



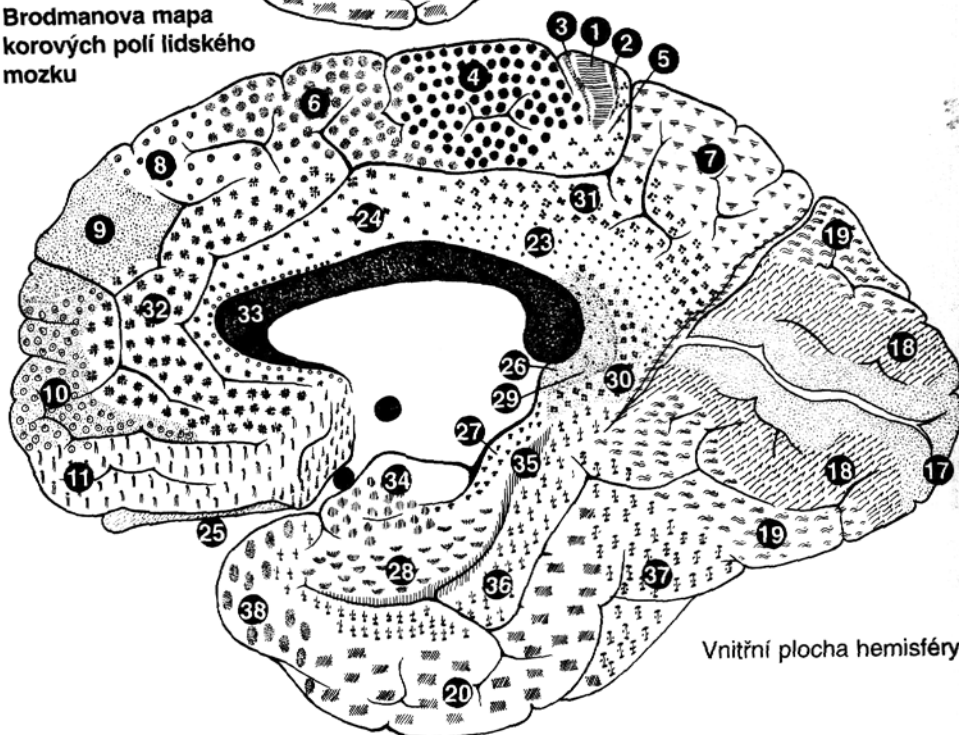
Cytoarchitektonické členění neokortexu (podle Brodmana); hlavní funkční oblasti kůry

I. vrstva (lamina zonalis) obsahuje hlavně vlákna a malé množství neuronů;
 II. vrstva (lamina granularis externa) obsahuje hvězdicovité a malé pyramidové neurony;
 III. vrstva (lamina pyramidalis externa) je složena převážně z menších pyramidových neuronů. Neurony II, a III. vrstvy jsou hlavním zdrojem asociačních a komisurálních vláken;
 IV. vrstva (lamina granularis interna) obsahuje hvězdicovité (granulární) neurony. V této vrstvě končí většina talamokortikálních vláken;
 V. vrstva (lamina pyramidalis interna) obsahuje převážně pyramidové neurony a je hlavním zdrojem sestupných (kortikofugálních) vláken končících v podkorových strukturách (bazální ganglia, mozkový kmen, mícha);
 VI. vrstva (lamina multiformis) obsahuje několik druhů neuronů s převahou vřetenovitých buněk. Z této vrstvy vystupuje většina kortikotalamických vláken.
 Neokortex není homogenní strukturou a mezi jeho oddíly existují významné rozdíly. Tyto rozdíly se týkají tloušťky celé kůry, tloušťky jednotlivých vrstev, buněčné výbavy jednotlivých vrstev, aferentních a eferentních spojů, enzymatické a mediátorové výbavy a funkčních vlastností neuronů. Strukturální rozdíly byly podkladem pro detailnější cytoarchitektonické členění mozkové kůry. Z navržených cytoarchitektonických map se v Evropě nejvíce vžila mapa **Brodmanova (1907)**. Brodman rozčlenil kůru lidského mozku na 11 regiones, které se dále dělí na 52 areae



Zevní plocha hemisféry

Brodmanova mapa korových polí lidského mozku



Vnitřní plocha hemisféry

Stavba mozkové kůry

Mozková kůra - cortex cerebri - se skládá z mnoha typů neuronů, které se liší tvarem buněčného těla, větvením dendritů (přítomností dendritických trnů), délkou a větvením axonů. Důležitým kritériem pro rozlišení korových neuronů je produkce (exprese) mediátorů, peptidů, proteinů vázajících kalcium a dalších neuroaktivních látek. Tato kritéria nejsou pochopitelně omezena jen na mozkovou kůru, ale používají se pro klasifikaci neuronů celého CNS.

Častým typem neuronů jsou neurony pyramidové, které převažují ve III. a v V. korové vrstvě. Patří do kategorie excitačních elementů a jejich mediátorem je glutamát. Patří mezi projekční korové neurony a zajišťují asociační, komisurální a kortikofugální projekce.

Nejpočetnějšími korovými neurony jsou **neurony hvězdicovité**, označované také jako **granulární**. Jsou typickými **korovými interneurony**. Vyskytují se ve II., ale hlavně ve IV.

korové vrstvě. Většina z nich patří do kategorie **inhibičních** neuronů a jejich mediátorem je GABA.

Inhibiční korové interneurony se dělí do několika kategorií - podle produkce neuropeptidů a proteinů vázajících kalcium. Tvarově odlišnými interneurony jsou košičkové buňky (II-IV. vrstva), buňky Martinottiho (VI. vrstva), Cajalovy-Retziusovy buňky (I. vrstva) a další buněčné typy.

Podle zastoupení dvou základních typů neuronů (tj. neuronů pyramidových a granulárních) se neokortex dělí na **granulární a agranulární kůru**.

V granulární kůře převažují drobné hvězdicovité (granulární) buňky. Jejich hustota je mimořádně vysoká ve II. a IV. korové vrstvě. Granulární typ kůry převažuje v senzitivních korových oblastech.

Agranulární kůra naproti tomu obsahuje málo granulárních buněk a převažujícím typem neuronů jsou pyramidové buňky. Mimořádně je rozvinuta III. a V. korová vrstva. V V. korové vrstvě dosahují pyramidové neurony značné velikostí (až 100 μm v gyrus praecentralis).

Kromě těchto krajních typů existují i další typy kůry, ve kterých se v různém stupni kombinují znaky granulárních a agranulárních korových polí.

Zapojení mozkové kůry

Mozková kůra je **cílem** několika systémů vláken. **Největším zdrojem aferentních spojů jsou talamická jádra**. Další projekce přicházejí z **ncl. basalis (Meynerti)** jako vlákna cholinergní, z jejichž zakončení se uvolňuje acetylcholin do celého neokortexu. Tato cholinergní vlákna jsou **svorníky naší mysli** a jejich degenerace při Alzheimerově chorobě vede k rozpadu osobnosti. Důvod je m.j. následující: Na rozdíl od periferních synapsí (např. motor. ploténky, kde ACh receptory jsou na **postsynaptické** membráně další buňky a jejich reakcí s acetylcholinem vznikají excitační postsynaptické potenciály) končí cholinergní vlákna převážně na **presynaptických** zakončeních jiných neuropřenaškových systémů. Neboli ACh receptory nikotinových podtypů jsou na presynaptických butonech a jejich aktivací se tato zakončení depolarizují a tím zvyšují vtok Ca^{2+} při depolarizaci impulsem a tak i výlev příslušného **jiného** neuropřenašeče (prokázáno pro dopamin v substantia nigra, noradrenalin v hipokampu, samotný ACh a glumát v habkulárních jádrech epithalamu v dorzokaudální oblasti diencefala.) Tím se "váha" těchto synapsí zvyšuje v okamžiku časové či prostorové sumace cholinergního.

Do kůry frontálního a temporálního laloku míří vlákna z amygdaly a do všech korových oblastí míří vlákna z klaustra (závory). **Dopaminergní vlákna** přicházející z mediální části **substantia nigra** (pars compacta) zásobují motorickou korovou oblast a asociační oblasti kůry. **Serotoninerční projekce** z rafeálních jader **RF (retikul. formace kmene)** končí hlavně v senzitivních korových oblastech. **Noradrenergní vlákna z locus coeruleus** končí v motorické a somatosenzitivní oblasti, kde ovlivňují senzomotorickou integraci.

Eferentní vlákna sestupná vycházejí z **neokortexu převážně z V. a ze VI. korové vrstvy**. Z V. korové vrstvy vystupují vlákna končící v **bazálních gangliích, v mozkovém kmeni a v míše**, přičemž jednotlivé struktury jsou preferenčně zásobovány z určitých korových oblastí. Ze VI. korové vrstvy vystupují vlákna kortikotalamická. Eferentní korová vlákna jsou z funkčního hlediska **excitační** a jejich mediátorem je **glutamát**.

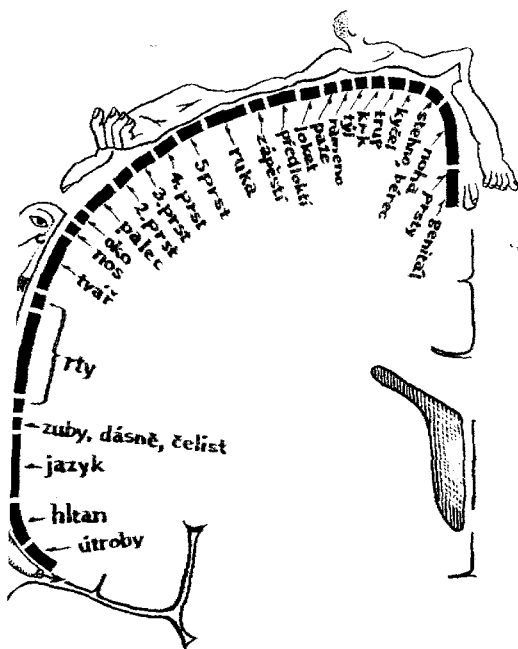
Funkční korové oblasti

Je jasné, že tyto korové oblasti jsou určeny funkčními vlastnostmi neuronů, skladbou aferentních a eferentních vláken. Zvláštní význam mají **talamokortikální projekce**.

Primární motorická oblast

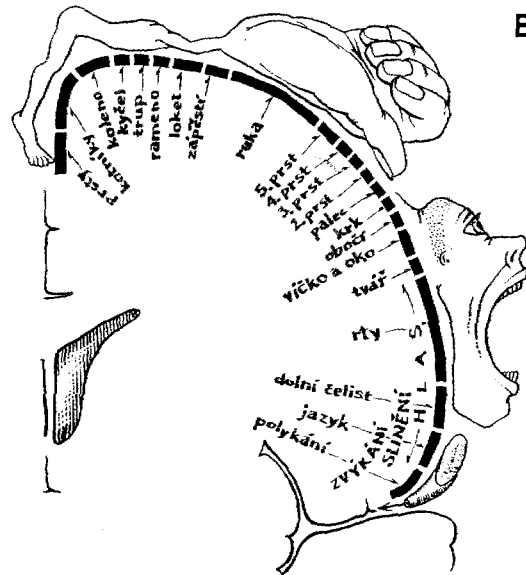
Primární motorická oblast (M 1) je uložena v **gyrus praecentralis** a na předním svahu sulkus centralis. Kryje se s Brodmanovou areou 4. S ohledem na funkční zpětnou vazbu je provázána M1 oblast s primární somatosensorickou kůrou S1 (gyrus postcentralis), a tak se mluví někdy o **sensoricko-motorické kůře**. Jde o typickou agranulární kůru s převahou pyramidových neuronů ve všech vrstvách. V V. korové vrstvě se vyskytují velké **Becovy**

Sensitivní



ROZSAH KOROVÝCH OKRSKŮ PRO JEDNOTLIVÉ ČÁSTI TĚLA; schéma na frontálních řezech primární senzitivní korové oblasti v gyrus postcentralis a primární motorické korové oblasti v gyrus praecentralis

Motorické



Plošné rozsahy kůry pro jednotlivé okrsky těla a jejich vzájemné poměry jsou vyjádřeny různou délkou silných černých čar podél povrchu závitů; figura člověka překreslená podle proporcí zastoupení částí těla v kůře se označuje jako „korový homunculus“.

pyramidové neurony, dosahující velikostí až 100 μm .

Při dráždění této oblasti dochází ke kontrakcím svalů **opačné** poloviny těla. Reprezentační okrsky pro jednotlivé skupiny svalů jsou uspořádány takto: na mediální ploše hemisféry jsou okrsky pro svaly nohy a bérce. Na konvexně pak následují okrsky pro svaly stehna a pleť dolní končetiny, pro svaly trupu, pleť horní končetiny, paže, předloktí a ruky. V dolní čtvrtině gyrus praecentralis jsou okrsky pro svaly hlavy (tzv. **motorický homunculus**). Tento homunculus vznikl r. 1937 (Penfield a Boldrey) a je směsí skutečnosti a představivosti. Při pohybech, např. prstů a zápěstí se příslušné oblasti ruky překrývají a homunculovi

topograficky neodpovídají. Nicméně je pedagogicky vhodné a snad i pravivě dál tvrdit, že svaly vykonávající jemné pohyby (svaly mluvidel a svaly ruky) jsou zastoupeny většími korovými okrsky než svaly trupu a svaly dolní končetiny. Drážděním motorické korové oblasti lze vyvolat pouze jednoduché pohyby flexního nebo extenzního charakteru.

Novinka: Nyní se používá k vyvolání evokovaných odpovědí při neurologickém vyšetření (ale i léčebně-deprese) **transkraniální magnetickou stimulaci (TMS)**, kdy jediným či opakovanými (repetitive TMS = RTMS) magnetickými pulsy (výboj kondensátoru přes kovovou smyčku, přiloženou k hlavě) se inhibují či aktivují korové oblasti.

Aferentní spoje přicházejí především z **ncl. ventralis LATERALIS thalami**.

Prostřednictvím tohoto jádra je motorická oblast pod vlivem kontralaterálních mozečkových jader (opilci nevládnou).

Aferentní spoje primární motorické oblasti zajišťuje především **area 4**, která se významně podílí na projekci do míchy. Vystupuje z **ní 30 % vláken kortikospinální (pyramidové) dráhy**. Jednoduchý pohyb prstu aktivuje řadu korových oblastí, i v opačné hemisféře sensoricko-motorickou kůru, doplňkovou motor. kůru a zevní premotorickou kůru a také kůru mozečku na stejné straně. **Učení** visuomotorické pohybové sekvenci (prsty na klávesnici, houslích, píánu), se podle fMR (funkční magn. resonance) aktivuje **čelní korové oblasti** (především dorsolaterální prefrontální kůru DSPK), ale **vybavení** v době, kdy jsou již naučeny, vyžaduje aktivitu **temenní kůry** (precuneus a kůra sulcus intraparietalis, viz dále) Dále směřuje somatotopická projekce z M1 do zevní části bazálních ganglií – putamen. Z putamen směřují vlákna do pars externa globus pallidus a ventromedilní části téhož jádra, dále do kaudolaterální části substantia nigra.

Poškození motorické oblasti vede k druhostranné chabé obrně svalů, která se projevuje zvláště na končetinách.

Premotorická oblast

Premotorická oblast (PM) je uložena **před** primární motorickou oblastí na předním okraji gyrus praecentralis a v přilehlé části frontálních gyrů. Odpovídá Brodmanově area 6. Je uspořádána obdobně jako area 4.

Aferentními spoji premotorické oblasti **jsou talamická vlákna** přicházející z **ncl. ventralis ANTERIOR thalami**. Prostřednictvím tohoto jádra je celá oblast pod vlivem striatopalidového komplexu.

Aferentní spoje míří hlavně do retikulární formace (**RF**) mozvého kmene, do **ncl. ruber** (mezimozek) a **do primární motorické korové oblasti (area 4)**. Většina neuronů je aktivních při změnách motorického programu a při přípravě pohybu. Jsou rovněž pod silným vlivem zrakových korových oblastí.

Poškození premotorické oblasti se projevuje slabostí ramenních a kyčelních svalů druhostranných končetin.

Doplňková motorická oblast (SMA-supplementary motor area)

Doplňková motorická oblast (sekundární, M II) se kryje s částí area 6, uloženou na **mediální, vnitřní** ploše hemisféry. Je somatotopicky uspořádána (homunkuloidně). Oblast pro motorickou reprezentaci hlavy je uložena rostrálně (k čumáku), oblast pro dolní končetiny leží kaudálně (k vocásku).

Aferentní spoje dostává doplňková oblast z ncl. ventralis anterior thalami a obdobně jako předcházející oblast je pod vlivem striatopalidového komplexu.

Aferentní spoje končí hlavně v ncl. ruber, v RF a v míše. Drážděním doplňkové oblasti lze vyvolat složité bilaterální pohyby. Před provedením pohybu se v této oblasti zvyšuje metabolická aktivita, tj. průtok krve, utilizace kyslíku a glukózy.

Oboustranné poškození této oblasti vede k dlouhotrvající zástavě pohybů (akinezi) a k zástavě řeči, vzácně k syndromu **odcizené ruky** (alien hand s.) – nekontrolovatelné pohyby hor. končetiny spojené s pocitem, že osobě ruka nepatří. Ruka vůlí neovládnutelná, škrtí, tluče,

tahá za šaty, pacient si ji na noc přivazuje, ve dne na ní sedí.

Frontální okohybné pole

Tato korová oblast je v zadní části gyrus frontalis medius (area 8). Aferentní spoje dostává ze zrakových korových polí (area 17, 18, 19). Eferentní vlákna končí v pretektální oblasti a v colliculus superior. Elektrická stimulace vyvolává kontralaterální konjugované pohyby očních bulbů.

Brocovo centrum řeči

Jde o korovou oblast uloženou v zadní třetině gyrus frontalis inferior (area 44, 45) dominantní hemisféry. U praváků je v levé hemisféře.

Při poškození Brocova řečového centra nemocný není schopen vyjádřit své myšlenky artikulovanou řečí nebo písmem. Jde o tzv. **motorickou, resp. expresivní afázii**. Porucha řeči závisí na stupni poškození oblasti. Při mírnější formě postižení je řeč zpomalená, nemocný málo hovoří a často opakuje jednotlivá slova nebo slabiky. Řeč může být zkomolená a s gramatickými chybami.

Prefrontální korová oblast

Prefrontální kůra zaujímá **přední část čelního laloku** (area 9, 10, 11, 12). Jde o granulární kůru s dobře rozvinutou II. a IV. vrstvou a s převahou hvězdčovitých (granulárních) neuronů. Prefrontální korová oblast je vývojově **velmi mladá oblast kůry**. Na základě funkčních charakteristik neuronů a vzhledem k rozsahu korových a podkorových spojů se považuje **za asociační kůru**.

Aferentní spoje přicházejí z asociačních oblastí parietálního, temporálního a okcipitálního laloku a z entorinální kůry. Podkorové aferentní spoje jdou hlavně z talamu, z ncl. mediodorsalis, ncl. intralaminare a z amygdaly. Rovněž zde končí vlákna z monoaminergních jader RF **a cholinergní projekce z ncl. basalis (Meynerti)**.

Eferentní spoje směřují zpět do asociačních korových oblastí a do gyrus cinguli. Podkorové spoje míří do ncl. caudatus a do ncl. mediodorsalis thalami. Kromě toho je prefrontální kůra pod vlivem konečného úseku ascendentního aktivačního systému RF, který je tvořen talamokortikálními vlákny vystupujícími z intralaminárních jader.

Při poškození prefrontální oblasti jsou v popředí psychické a emoční poruchy (Alzheimer). PETem bylo u afektivních vrahů (impulsivní jednání) zjištěno snížení využití glukózy v p.k.o. a lalocích spánkových a temenních, více na levé hemisféře (byli to holt praváci). Naopak byla zjištěna vyšší činnost podkoří (amygdala, tlamus, hipokampus). Tím vzniká převaha podkorových agresivních impulsů které nevykonná prefrontální kůra neutlumí. U neagresivních typů se objevuje nezáměr o okolí, apatie, úbytek iniciativy a poruchy paměti (Pineas Gage a jeho pěchovadlo, viz zde jinde). Součástí obrazu může být i zanedbávání zevnějšku a osobní hygieny a ztráta společenských zábran.

Primární senzitivní korová oblast

Primární senzitivní korová oblast (somatosenzitivní, S I) je uložena v **gyrus postcentralis**. Cytoarchitektonicky je členěna na area 3, 1 a 2. Area 3 je v hloubce sulkus centralis, area 2 na konvexitě gyru a area 1 na jeho zadním svahu. Jde o typickou granulární kůru s převahou hvězdčovitých (granulárních) neuronů ve všech vrstvách.

Druhostranný povrch těla (kožní a slizniční receptory) a pohybový aparát (proprioceptory) se promítají do gyrus postcentralis disproporčně (tzv. senzitivní homunkulus). Na mediální ploše hemisféry je senzitivní oblast pro nohu a bérce a na konvexně následují okrsky pro stehno, trup, horní končetinu, krk a hlavu. Největší plochy kůry zaujímají korové okrsky pro senzitivní reprezentaci jazyka, rtů a ruky.

Senzitivní údaje z kontralaterálního povrchu těla a z pohybového aparátu přicházejí cestou lemniscus medialis, tractus spinothalamicus a tractus trigeminothalamicus. Po přepojení v talamu (ncl. ventralis posterolateralis a ncl. ventralis posteromedialis) se senzitivní signály dostávají do gyrus

postcentralis prostřednictvím talamokortikální projekce.

Senzitivní korová oblast je dále propojena recipročními spoji s oblastí M I a s okolními korovými oblastmi. Sestupná vlákna končí v bazálních gangliích, v talamu (ncl. ventralis posterolateralis, ncl. ventralis posteromedialis), v RF, v ncl. ruber, v ncl. gracilis a v ncl. cuneatus, v senzitivních jádrech hlavových nervů, v ncl. pomis a v míše (část tractus corticospinalis končící v zadním míšním rohu).

Poškození gyrus postcentralis vede k druhostranné hypestezii (snížené citlivosti) až anestezii. Postiženo je zejména čítí dotyku a diskriminace a polohocit, tj. cit pro polohu a držení končetin. Čítí bolesti a tepla nebývá výrazněji postiženo.

Primární zraková korová oblast

Primární zraková korová oblast (V-I, od "visual") se svým rozsahem kryje s area 17. Je uložena na mediální ploše hemisféry v hloubi a podél fissura calcarina. V malém rozsahu přesahuje i na laterální plochu hemisféry. **Gyri: lingualis, cinguli, fusiformis (u báze), část parahippocampalis.** Jde o typickou granulární kůru s velkým množstvím drobných granulárních neuronů ve všech vrstvách (tzv. koniokortex). Parvo a Magno neurony. Velmi silná je IV. korová oblast, která se dělí do několika podvrstev.

V area 17 končí silný svazek vláken vystupující ze stejnostranného **corpus geniculatum laterale (radiatio optica)**. Do primární zrakové oblasti se dostávají informace ze stejnostranných polovin sítnice, tj. z druhostranných polovin zrakových polí. Primární zraková oblast je retinotopicky uspořádána. Znamená to, že **horní poloviny sítnic** se promítají do kůry **nad fissura calcarina**, dolní poloviny sítnic pod fissura calcarina. Centrální oblasti sítnic mají projekci do zadní části area 17, periferie sítnic do přední části area 17. **Monokulární vrstvy corpus geniculatum laterale se promítají do area 17 tak, že zde vytvářejí střídavé pruhy se stejnou okulární dominancí.** Jinými slovy, střídají se pruhy neuronů odpovídajících na zrakové podněty z levé sítnice s pruhy neuronů odpovídajících na podněty z pravé sítnice. Pro neurony area 17 je optimálním podnětem světlý nebo tmavý pruh, který má určitou orientaci a rychlost pohybu ve zrakovém poli.

Z area 17 vystupují asociační korové projekce do area 18 a 19. Podkorové spoje míří do pretektální oblasti, do colliculus superior a do ncl. pontis. Jednostranná destrukce area 17 vede k homonymní hemianopsii, tj. ke slepotě stejnostranné nazální a druhostranné temporální poloviny zrakového pole (zde vzhledem k zornému poli nasální – na straně nosu, temporální- na straně opačné). Při dráždění area 17 jsou popisovány záblesky a barevné skvrny ve zrakovém poli.

Sekundární zraková korová oblast

Sekundární zraková korová oblast (V II, "visual" II,) odpovídá polím 18 a 19. Všechna zraková políčka jsou recipročně spojena asociačními vlákny. Area 18 a 19 kromě toho vysílají dlouhé asociační spoje do parietálního, temporálního a frontálního laloku, tj. do premotorické oblasti, prefrontální oblasti a frontálního okohybného pole.

Prostřednictvím area 18 a 19 jsou zrakové signály rozváděny do dalších asociačních oblastí. Multineuronální spoje z area 17 vedené prostřednictvím sekundární zrakové oblasti do parietálního laloku zajišťují **prostorové vidění** a analýzu pohybu ve zrakovém poli. Spoje vedené do temporálního laloku zajišťují analýzu tvarů a barev. Area 18 a 19 jsou považovány za asociační oblasti okcipitálního laloku.

Při poškození oblasti V II dochází k **vizuální agnozii**. Pacient vidí předmět, ale není schopen jej pojmenovat. Při dráždění oblasti nemocní popisují ve zrakovém poli složitější obrazy a výjevy.

Primární sluchová korová oblast

Primární sluchová korová oblast (A I "auditory") je uložena na horní ploše **gyrus temporalis superior v rozsahu gyri transversi (tzv. Heschlovy závitě)**. Její rozsah se kryje s area 41 a 42. Je tvořena kůrou granulárního typu. Končí zde masivní **svazek vláken (radiatio**

acustica) vystupující z **corpus geniculatum mediale**. Podobně jako většina jader sluchové dráhy je i primární sluchová oblast **tonotopicky organizována, ale jen v levé kůře**. Neurony odpovídající na nízké frekvence (hluboké tóny) jsou uloženy anterolaterálně, neurony odpovídající na vysoké frekvence (vysoké tóny) leží posteromedálně. **Pravá kůra je citlivá na intenzitu**. Při nízké intenzitě je aktivována i zadní část dlouhého g. cinguli (nad kalosem) Oblast A I je spojena recipročně s okolními asociačními sluchovými oblastmi. Sestupné projekce míří **zpět** do corpus geniculatum mediale a do colliculus inferior. Jednostranné poškození oblasti A I vede k částečné hluchotě. Při dráždění oblasti se udává bzučení, pískání, zvonění apod.

Sekundární sluchová korová oblast

Sekundární sluchová korová oblast (A II) se klade do gyrus temporalis superior, do area 22. Sekundární sluchová kůra je součástí Wernickeho řečové oblasti. Je recipročně spojena asociačními vlákny s primární sluchovou oblastí. **Planum temporale**-trojúhelníková plocha mozkové kůry na horní ploše spánkových laloků za gyrus temporalis transversus. Větší u praváků na levé straně, ještě větší u hudebníků a lidí s dobrým hud. sluchem. Oboustranné poškození nebo poškození sekundární oblasti v dominantní hemisféře vyvolává senzickou afázii. Nemocný dobře slyší, ale nerozumí mluvené řeči.

Wernickeho řečové centrum

Wernickeho řečové centrum je uloženo v zadní části area 22 a v area 39 a 40. Je situováno pouze v dominantní hemisféře. Při poškození této oblasti dochází k senzické (receptivní) afázii. Nemocný zcela či částečně nerozumí mluvené řeči a nedokáže slova opakovat. Mluví zkomoleně, nesrozumitelně, zaměňuje pojmy.

Chuťová korová oblast

Chuťová korová oblast se klade do parietálního operkula (víčka) a odpovídá area 43. Vlákna dostává z ncl. ventralis posteromedialis, tj. z terminační oblasti vláken přicházejících z ncl. gustatorius (součást ncl. solitarius). Novější výzkumy ukazují na další chuťové oblasti, lokalizované v přední části inzuly a v kaudální části orbitální kůry. Poškození chuťové korové oblasti vede ke snížení chuťového cití. Dráždění kůry vyvolává chuťové halucinace.

Primární čichová korová oblast

Čichová korová oblast je rozsahem shodná s rozsahem paleokortexu (area 51). Neurony této oblasti odpovídají na více podnětů (zápachů, vůní). Další čichové oblasti jsou lokalizovány do neokortikálních oblastí, na orbitální plochu hemisféry a do inzulární kůry. Při poškození čichového bulbu (area 51, včetně uncus gyri parahippocampalis) dochází k hyposmii až anosmii. Dráždění v této oblasti vyvolává čichové halucinace.

Inzulární korová oblast

Vzhledem k malé přístupnosti je tato zanořená, vkleslá korová oblast málo morfologicky i fyziologicky prostudována. Insula = ostrov. Člení se na area 13, 14, 15 a 16. Spojení inzulární kůry jsou mimořádně bohaté. Kovová vlákna přicházejí do inzuly ze všech senzitivních inzulárních kovových oblastí, z asociační kůry, z čichové kůry a z limbických oblastí (entorinální kůra, gyrus cinguli).

Podkorové spojení přicházejí hlavně z amygdaly a z několika talamických jader. Většina spojů inzuly je reciproční.

Z funkčního hlediska se inzulární kovová oblast člení na **dvě části**. Anteroventrální část obsahuje centra gastrointestinální motility, chuťová a čichová centra. Posterodorzální část inzuly je pod vlivem signálů ze sluchové a somatosenzitivní kůry.

Limbická korová oblast

Limbická kovová oblast je pruh kůry na mediální ploše hemisféry, obkružující corpus callosum. K této oblasti počítáme **gyrus subcallosus, gyrus cinguli, gyrus parahippocampalis a zanořené archikortikální**

oblasti **hipokampové formace (subiculum, gyrus dentatus a hippocampus)** (obr.).

Spoje a funkční význam hipokampové formace byly popsány.

· Gyrus cinguli (area 23, 24, 32) dostává korové aferentní spoje z asociačních korových oblastí a z gyrus parahippocampalis.

Aferentní spoje jdou především z ncll. anteriores thalami. Tímto spojením je uzavřen tzv. "**velký limbický Papezův okruh**": hipokampová formace ~ fornix ~ corpus mamillare ~ tractus mamillothalamicus ~ ncll. anteriores thalami ~ gyrus cinguli ~ gyrus parahippocampalis ~ hipokampová formace.

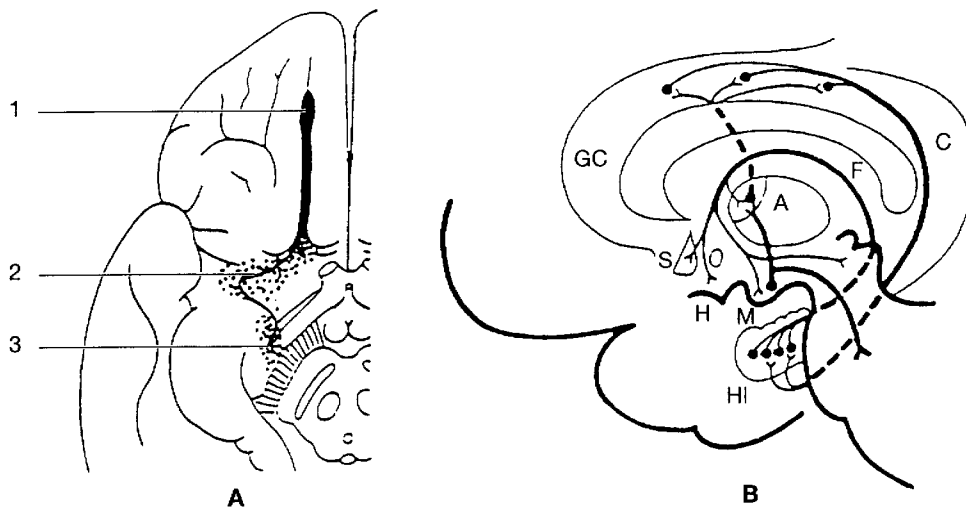
Eferentní spoje končí v podkorových strukturách (v bazálních gangliích, v ncll. anteriores thalami, v hypotalamu, v RF) a v kůře (v asociační korové oblasti, v gyrus parahippocampalis a v hipokampové formaci).

· Gyrus parahippocampalis dostává nejvýznamnější aferentní spoje z asociačních korových oblastí a z gyrus cinguli. Eferentní spoje směřují do entorinální korové oblasti (area 28). Neokortikální okruhy limbického laloku tedy slouží jako přepojovací centra mezi asociačními korovými oblastmi na jedné straně a entorinální kůrou a hipokampovou formací na straně druhé. Takové uspořádání naznačuje účast limbické korové oblasti v mnoha funkčních okruzích hemisféry.

Experimenty a klinická pozorování svědčí pro účast limbické korové oblasti v **regulaci emocí a v mechanismech paměti**.

Limbický lalok a limbický systém

Oba tyto pojmy se často zaměňují. Limbický systém je širší pojem a zahrnuje kromě korových struktur limbického laloku i podkorové útvary. K podkorovým útvarům patří



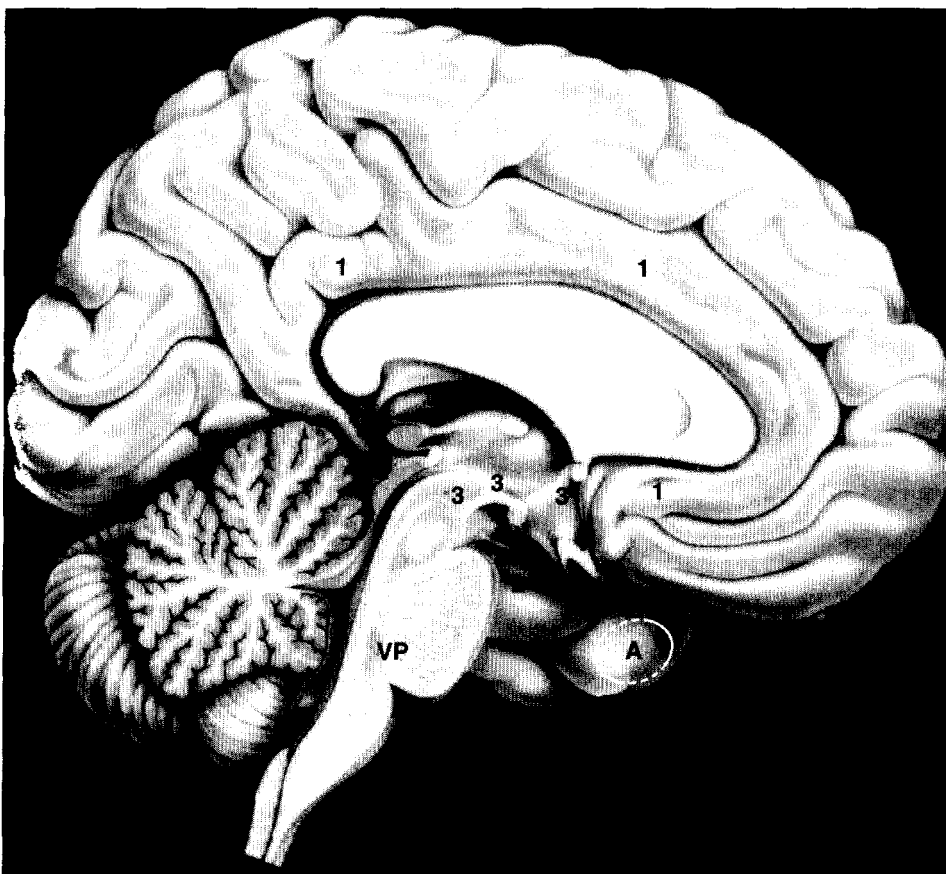
Limbický systém: A – terminální oblast vláken z čichového bulbu (1), která odpovídá piriformní korové oblasti v okolí stria olfactoria lateralis (2) a piriformní korové oblasti a entorinální kůře v uncus gyri parahippocampalis (3); B – schéma hlavních spojů limbického systému (Papezův okruh)

A – ncll. anteriores thalami, C – cingulum, M – corpora mamillaria, F – fornix, GC – gyrus cinguli, H – hypothalamus, HI – hipokampová formace, S – septum verum

amygdala, ncll. anteriores thalami, hypothalamus, septum verum a habenula. Ve vymezení podkorových struktur není jednotota a mezi podkorové struktury limbického systému bývají zařazována i některá jádra RF.

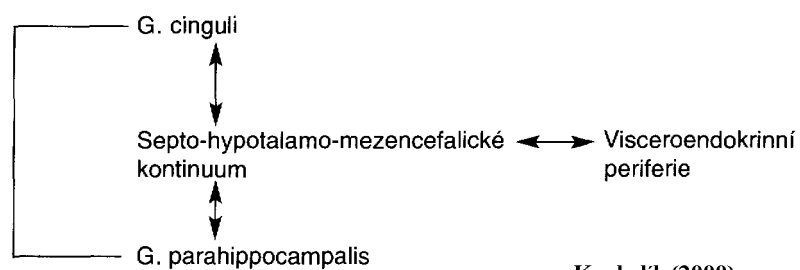
Limbický systém se postupně dává do souvislosti s kontrolou emočních reakcí, s regulací složitých forem chování v sociální, sexuální a maternitní oblasti a s regulací homeostázy organismu, a to prostřednictvím kontroly hypotalamo-hypofysální osy.

Limbický systém dle Nauty



- 1. gyrus cinguli
 - 2. gyrus parahippocampalis
 - 3. septo-hypotalamo-mezencefalické kontinuum
- VP viscerοendokrinní periferie
A amygdala

Limbický systém v Nautově pojetí



Emoce (podle Koukolíka, tam jsou i citace pův. prací, lze je hledat i v databázi MedLine)

Emoce jsou složitým pocitovým stavem, jehož psychická, somatická i behaviorální součást má vztah k afektu a náladě. Byly ještě nedávno považovány za jev, objektivně zkoumatelný jen obtížně.

Funkční zobrazovací metody ale dokazují, že i zde lze získat objektivní poznatky nabízejí cesta k pochopení emocí jako projevu činnosti mozku

Jamesova-Langova teorie (1890) považovala emoce za pocity odpovídající činnosti vnitřních orgánů.

Cannon (1927) však dokázal, že úplné oddělení vnitřních orgánů od mozku základní projevy emočního chování **nemění**. Proměny činnosti různých vnitřních orgánů jsou navíc při odlišných emočních stavech stejné. Jsou také příliš pomalé na to, aby mohly být zdrojem emocí. Změny činnosti vnitřních orgánů, které doprovázejí intenzivní emoce, je možné navodit uměle. Takto navozené změny jejich činnosti příslušné emoce nevyvolávají. Cannon a Bard proto vypracovali **talamickou teorii emocí**. Podle ní jsou **emoce dány činností talamu**, kdežto **vyjadřování** emocí je podmíněno činností **hypotalamu**.

Cannonovu-Bardovu teorii nahradila **teorie Papezova a MacLeanova** (1937, 1950), která považuje základní emoce na projev činnosti limbického systému. Teorie byla zdokonalována pomocí experimentů se zvířaty a funkčních zobrazovacích metod. Podle současné představy se na tvorbě a prožívání emocí podílejí podle Pribrama (1980):

1. Některé struktury **mozkového kmene**, jejichž činnost odpovídá za epikriticko-protokritický rozměr emocí, jinak řečeno za schopnost rozlišení emočního signálu.
2. **Limbický systém a bazální ganglia**, jejichž činnost odpovídá za jejich afektivní-efektivní rozměr, tedy za schopnost dodat emočnímu signálu příslušný obsah, i za schopnost na tento obsah nějakým způsobem odpovědět.
3. **Mozková kůra**, jejíž činnost odpovídá za etický a estetický rozměr emocí.

Jinými slovy za schopnost **rozlišit vlastní emoční stav** odpovídají systémy **mozkového kmene**, jejich přenašeči jsou **monoaminy**. Za schopnost dodat tomuto stavu „obsah“ a za schopnost odpovědět odpovídají jejich projekce do limbického systému a bazálních ganglií, za „vyhodnocení“ emočního stavu, například ve vztahu k sociokulturnímu rámci, odpovídá činnost mozkové kůry.

Limbický systém. Ve zjednodušeném pojetí vzhledem k emocím je limbický systém tvořen třemi vzájemně nezávislými, ale funkčně spjatými oblastmi:

1. Korovou část tvoří dorzálně **gyrus cinguli**, ventrálně **gyrus parahippocampalis**. Oba závitě společně tvoří „podkovu“, která se jmenuje **gyrus fornicatus**, také velký limbický lalok Brocův. K této korové oblasti se připojuje **amygdala**, složitý podkorový systém tvořený mnoha neuronálními skupinami („jádry“) v přední části spánkových laloků. Amygdala je arbitrární označení systému, jenž není jednotný.
2. **Septo-hypotalamo-mezencefalické kontinuum**, neuronální „oblak“, v němž se místy diferencují mikroskopicky patrná nakupení neuronů („jádra“), například hypotalamická. V rostrokaudálním pořadí je kontinuum tvořeno preoptickou a septální oblastí, navazuje hypotalamus a limbické oblasti středního mozku.
3. **Visceroendokrinní periferie** jsou autonomní jádra mozkového kmene a jejich spojení s neuronálními sítěmi vnitřních orgánů. Do visceroendokrinní periferie je možné počítat šedou hmotu kolem mokovodu v oblasti mezencefala (periaikveduktální šed) která je anatomicky i funkčně organizovaná (schéma, obr.).

Mapování činnosti mozku spjaté se zevně navozenými a niterně vybavenými emocemi je v plném proudu. Pojem základních (primárních) emocí vytvořil Darwin (1872), ale lze vzpomenout i legračních ksichtů J.E.Purkyně. V průběhu tohoto století je rozpracovala řada autorů, například Tomkins (1962), Izard (1972) a Plutchik (1980). **Základní emoce**, za něž se považují **hněv, strach, štěstí, smutek, překvapení a hnus**, jsou transkulturní. Podle výrazu ve tváři je s vysokou přesností rozlišují příslušníci všech dosud studovaných kultur (Ekman a Friesen, 1971). Mimické výrazy základních emocí rozvíjejí děti již v průběhu prvního roku, takže jde nejspíše o projev vrozených mechanismů chování, nikoli výsledek učení.

George a kol. (1995) pomocí PET (positronové emisní tomografie) vyšetřovali aktivity mozku spjaté se základními pocity smutku a štěstí u zdravých žen. Úlohou bylo vybavit si dvě události, jejichž prožití vyvolalo smutek, a další dvě události, jejichž prožití vyvolalo pocit štěstí. Kontrolními úlohami byly „klid“ a „neutrální pocit“.

Přechodný pocit smutku v porovnání s „neutrálním pocitem“ aktivoval oboustranně mediální prefrontální a spánkovou kůru, gyrus cinguli, talamus, nc. caudatus a putamen a mozkový kmen. **Přechodný pocit štěstí** naproti tomu aktivitu **žádné** mozkové oblasti nezvyšoval, krevní průtok poklesl zejména v pravostranné prefrontální kůře a v kůře spánkových a temenních laloků oboustranně.

Přechodný pocit smutku a štěstí, které jsou vybavovány z paměti, tedy mění aktivitu jak limbického systému, tak dalších korových oblastí, například čelní a temenní kůry v mnoha místech. Proměna činnosti mozkové kůry a dalších oblastí při pocitu smutku **není zrcadlovým** opakem proměny, která doprovází pocit štěstí,

Lane a kol. (1997) vyšetřovali činnost mozku zdravých žen při prožívání základních emocí štěstí, smutku a hnusu v průběhu sledování němých barevných filmových sekvencí. Pociť štěstí byl navozen sekvencí, v níž probíhalo smíření milenců. Pociť smutku byl navozen prožitkem smutku nad přítelem, jenž spáchal sebevraždu. Pociť hnusu navozovala sekvence krys pobíhajících po těle spícího muže (ženy nebyly bioložky). Kontrolní filmové sekvence obsahovaly klidné záběry mořského pobřeží a lesa.

Prožitek štěstí aktivoval prefrontální kůru (Brodmannova Area 9), střední a zadní spánkovou kůru (BA 21, 22, 23, 37 a 39) a talamus. Prožitek smutku aktivoval stejné oblasti jako prožitek štěstí, kromě toho aktivoval přední spánkovou kůru (BA 38, BA 28), hypothalamus, striatum, střední mozek, zevní části a vermis (v mozečku). Prožitek hnusu aktivoval, stejně jako předchozí emoce, prefrontální kůru a talamus, přední temporální kůru (BA 38), stejně jako prožitek štěstí, nadto ještě střední mozek. Míra aktivace jednotlivých oblastí kolísala podle toho, zda šlo o prožívání emoce při sledování filmové sekvence, nebo její prožívání v průběhu vybavování sekvence z paměti. Pociť štěstí se při tomto uspořádání pokusu lišil od pocitu smutku pouze vyšší aktivitou přední prefrontální kůry.

V tomto uspořádání pokus **nepotvrdil** předpokládanou lateralizaci tvorby základních emocí, podle níž za ně odpovídá pouze pravá hemisféra (Tucker, 1981), ani to, že za pozitivní emoce odpovídá hemisféra levá, za negativní pravá (Sackheim a kol., 1982; Davidson a kol., 1992). V navazující studii skupina porovnála činnost mozku při pocitech štěstí, smutku a hnusu navozených opět filmovými sekvencemi s činností mozku při stejných pocitech, které si vyšetřované zdravé ženy vybavovaly z paměti. Jak emoce navozené filmovými sekvencemi, tak emoce vybavované z paměti aktivovaly **mediální prefrontální kůru a talamus**, z čehož plyne, že tyto oblasti se podílejí na zpracování emočních informací bez ohledu na povahu podnětu.

Emoce navozené filmovými sekvencemi aktivovaly v porovnání s emocemi vybavovanými z paměti oblasti BA 19, 21, 22 a 37 v týlní a temenní kůře oboustranně, kromě toho kůru předních částí spánkových laloků (BA 21, 28 a 38), amygdalu, hipokampus, hypothalamus a zevní části mozečku. Emoce vybavované z paměti významně zvyšovaly aktivitu mediální

prefrontální kůry (BA 9), přední spánkové a spodní čelní kůry (BA 38, BA 47, talamu a kůry, přední části inzuly, kterou významně aktivoval zejména prožitek smutku (Reiman a kol., 1997).

Aktivita limbického systému zdravých lidí ve věku 55-78 let při navození pocitu štěstí, strachu a hnusu byla zkoumána v dalším pokusu rovněž PET. Uvedené základní emoce byly opět navozovány filmovými sekvencemi. V průběhu pokusu se podle očekávání aktivovaly zrakové korové oblasti a rozsáhlé oblasti spánkové kůry oboustranně, což patrně souvisí se vstupem zrakových informací. Rozdílné emoce charakterizovaly rozdíly v aktivitě jednotlivých částí limbického systému. Filmové sekvence navozující pocit štěstí více aktivovaly entorhinální kůru, strategicky významné místo vstupu senzorních informací do hipokampu. Sekvence navozující pocit hnusu významně aktivovaly vnitřní části talamu. Sekvence navozující pocit **hnusu a strachu** významně aktivovaly levostrannou spodní čelní (**orbitofrontální**) kůru (Paradiso a kol., 1997).

V pokusu, jenž využil fMR(funkční magnet. Resonance), sledovali zdraví lidé neutrální obrázky, pod nimiž byly nápisy probouzející pozitivní, nebo negativní citovou odpověď. Obrázky s nápisy budícími negativní citovou odpověď v porovnání s neutrální kontrolou aktivovaly na pravé straně střední čelní závit, gyrus cinguli a talamus. Obrázky s nápisy budícími pozitivní emoce v porovnání s neutrální kontrolou aktivovaly pravý dolní čelní závit, kůru inzuly na obou stranách a levý precuneus (obr.).

Poloha precuneu (1) a cuneu (2)



Obrázky s pozitivními nápisy v porovnání s obrázky s nápisy negativními aktivovaly střední čelní závit oboustranně, pravý precentrální závit, přední část pravého gyrus cinguli a levý nc. caudatus.

Z této studie, podobně jako z předchozích prací, plyne, že jak citově negativní podněty- a jejich referenční dvojice obrázk/nápis, tak citově pozitivní podněty a jejich referenční dvojice obrázk/nápis aktivují distribuovanou neuronální síť, jejíž součástí je kůra středního

čelního závitu oboustranně (BA 9) a přední část pravého gyrus cinguli (BA 24, BA 32). Aktivace BA 9 je topograficky totožná s aktivací stejné oblasti zjištěné při odlišné emoční zátěži PET. BA 9 je tedy jedním z klíčových uzlů funkčního systému emotivity, jenž řeší význam emoční informace bez ohledu na to, zda jde o emoci, kladnou nebo zápornou, tedy bez ohledu na její valenci (Teasdale a kol., 1999).

Které oblasti mozku se podílejí na rozlišování mimického vyjádření základních emocí? Adolfs a kol. (1996) vyšetřili velkou skupinu lidí buď s levostranným, nebo pravostranným stabilním ložiskovým poškozením mozku, které určili CT a MR. Úkolem pacientů bylo rozlišovat mimické vyjádření základních emocí štěstí, překvapení, smutku, hněvu, strachu a hnusu na standardně užívaných fotografiích. Všichni pacienti bez obtíží rozlišili výraz štěstí, někteří pacienti špatně rozlišovali mimický výraz strachu a smutku. Tito nemocní měli poškozenou pravostrannou dolní temenní kůru a zrakovou kůru na vnitřní ploše pravé hemisféry pod předním úsekem sulcus calcarinus. Levostranné hemisferální ložiskové poškození poruchu rozlišování mimického vyjádření základních emocí nezpůsobilo.

Aktivitu mozku při vybavování emočně významných vzpomínek vyšetřoval PET Fink a kol. (1996). Úkolem zdravých lidí bylo: 1. Naslouchat větám obsahujícím neosobní informace ze života jiných lidí, které vyšetřovaní jedinci neznali. Tyto informace v průběhu vyšetřování PET poslouchali podruhé, prvně je slyšeli hodinu před vyšetřením. 2. Naslouchat větám obsahujícím významné informace z vlastního životopisu. Kontrolní úlohou byl „klid“, v jehož průběhu vyšetřovaní lidé nedostávali žádné podněty, leželi se zavřenýma očima. V porovnání se stavem klidu aktivovalo naslouchání neosobním informacím korové oblasti pólů, horní a střední závit spánkových laloků oboustranně. Naslouchání osobním informacím aktivovalo stejné korové oblasti, pravá strana se však aktivovala výrazněji. Společně se dále aktivovaly vnitřní oblasti spánkového laloku, dorzolaterální prefrontální kůra (DSPK) a zadní část gyrus cinguli na straně pravé, k tomu levá hemisféra mozečku. Z porovnání aktivace mozku při naslouchání osobním vůči neosobním informacím vyplynula převážně pravostranná aktivace prefrontální, zevní i vnitřní spánkové kůry, inzuly a zadní části gyrus cinguli při naslouchání osobním, emočně významným informacím. Součástí aktivace vnitřních částí pravého spánkového laloku byla aktivace amygdaly, hipokampu a parahipokampálního závitu.

Pacientka D. O.: Aktivita mozku při vybavování emočně významných vzpomínek, které si pacientka uvědomuje jenom zčásti. Aktivaci kůry pólu a dalších oblastí pravého spánkového laloku při vybavování jen částečně uvědomovaných emočně významných vzpomínek ověřili ve významné kazuistické práci (kazuistika-popis případu) Markowitsch a kol. (1997). Pacientka D. O., vysokoškolačka, pravačka, 35 let, byla v dětství opakovaně sexuálně zneužita.

Důsledkem zneužívání jsou traumatizující vzpomínky, které se jí od té doby vybavují dosud, čímž se její stav odlišuje od případného syndromu falešné paměti. D. O. někdy, u závislosti na svém citovém stavu, maluje barevné obrázky znázorňující události z dětství, na nichž jsou interakce s dospělými v průběhu uvedených zraňujících událostí.

Pacientce D. O. byly předvedeny dva soubory jejích vlastních obrázků. První soubor znázorňoval události, jejichž obsahu a smyslu si pacientka byla plně vědoma. Druhý soubor znázorňoval události, jejichž obsahu a smyslu si D. O. byla vědoma jen částečně a nedokázala je slovně dostatečně dobře popsat. Při sledování obou skupin obrázků byla vyšetřována činnost jejího mozku PET. Předvádění obou obrázkových souborů vyvolávalo osobní, citově významné vzpomínky. V průběhu předvádění prvního souboru se u porovnání s klidovým stanem významně aktivovala kůra pólu a přilehlých oblastí pravého spánkového laloku. V průběhu předvádění druhého souboru se aktivovala kůra a přilehlé oblasti pólu spánkových laloků obou hemisfér nadto zadní část parahipokampálního závitu vlevo a levý hipohampus.

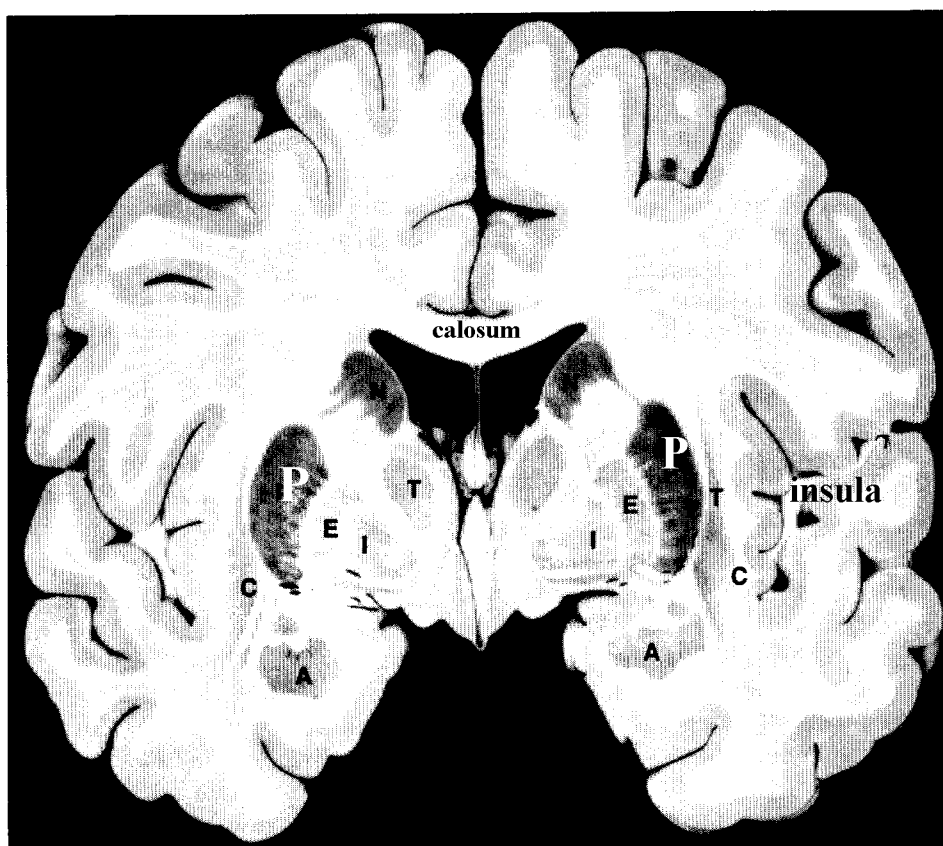
Výsledky funkčních zobrazovacích metod jsou při zkoumání emotivity předběžné a lze se nadíti i různého stupně individuálnosti. Někteří lidé dokáží své pocity sledovat a rozlišovat

lépe než jiní lidé. Udaje o prožitém citovém stavu jsou subjektivní a závislé na sebehodnocení. Objektívni měřítko „emočního výkonu“ na rozdíl od výkonu „inteligence“ neexistuje. Další otázkou je, zda je prožívaný stav jednotná, nebo vícesložková záležitost. Mnoho vzpomínek je **emoční směs**. Smutek a štěstí se nemusí vzájemně vylučovat, často se prožívají současně. V průběhu emoční aktivity navozené pokusným modelem mohou být činné odlišné oblasti mozku než v průběhu aktuálně prožívaných emocí.

Na druhé straně je zřejmé, že emotivita je spjatá s činností kmene, limbických, paralimbických a korových oblastí, kterou předpokládal výše uvedený trojsložkový Pribramův model (Pribram, 1981). **Objevem je aktivita zevních částí mozečku.** (viz Cerebelární kognitivně-afektivní syndrom v části Hybnost, praxie, apraxie).

Amygdala a emoční učení. Amygdala (viz ji dále při system. popisu) je prostým okem patrné mandličkovité nakupení mnoha neuronálních skupin v pólu spánkových laloků. Od Burdachova popisu (1819-1822) byla přibližně sto let chápána jako jednotný systém. Další

Poloha amygdal



N nucleus caudatus (tělo)

P putamen

T talamus

E globus pallidus – zevní část

I globus pallidus – vnitřní část

A amygdala

C claustrum

srovnajte s

obr. Coronal

section through

brain v 1.48sti

poznání, které se stále vyvíjí, zjistilo, že amygdala je arbitrární označení plynoucí z historické tradice, podobně jako je zcela arbitrární označení např. nc. lentiformis (obr.). Neuronální skupiny, které tvoří amygdalu, jsou součástí mozkové kůry, claustra i striata. Vytvářejí informační uzly čtyř funkčních systémů: hlavního

a akcesorního (přídavného) čichového, autonomního a korového frontotemporálního. Stavba, funkce i zapojení amygdaly jsou vývojově konzervativní. U krysy se centrální jádro amygdaly považuje za motorickou oblast striata (nc. caudatus společně s putamen ve ventrální části), což je specializovaná **motorická oblast** projikující do autonomního systému. Laterální a přední bazolaterální jádro se považují za ventromediální část claustra, která rozsáhle projikuje do čelních a spánkových laloků. Zbylé skupiny jsou součástí hlavního a akcesorního čichového systému. Je nutné mít na mysli, že amygdala není strukturální ani funkční jednotka (Swanson a Petrovich, 1998). S ohledem na prostorové a časové rozlišovací schopnosti současných zobrazovacích metod se však i nadále amygdala jako jednotka uvádí, což jistě zlepšené rozlišování jistě změní.

Je známou klinickou i pokusnou zkušeností, že se **emočně významné vzpomínky**, které lze uvést do vědomí - jsou tedy součástí *deklarativní paměti* -, **ukládají i vyvolávají snadněji** než vzpomínky emočně neutrální. Emočně významné události se dokáží, jak lidé říkají, do paměti vrýt navždy. Amygdala přitom není součástí neurokognitivní sítě velkého rozsahu, jejíž aktivita odpovídá deklarativní paměti. Činnost amygdaly tedy musí být modulována činností hipokampální formace a dalších kurových oblastí a naopak (Cahill a McGaugh, 1998).

Amygdala a emoční paměť. Aktivitu amygdal při ukládání emočně významných a neutrálních informací a jejich vybavování z paměti prokázal pokus se zdravými lidmi, jimž bylo v časovém rozestupu tří až sedmi dnů promítáno dvanáct emočně výrazných a stejný počet emočně neutrálních filmových sekvencí. Míra emoční reakce byla měřena po každé filmové sekvenci. Po třech týdnech byli vyšetřovaní lidé vyzváni, aby si filmové sekvence, které spatřili, vybavovali. Podle očekávání si lidé vybavili větší počet emočně významných než emočně neutrálních sekvencí. Aktivita pravé amygdaly měřená spotřebou glukózy v PET při sledování emočně výrazných filmových sekvencí byla přímo úměrná počtu emočně výrazných sekvencí, který si lidé vybavili s třítydenním odstupem. S počtem emočně neutrálních sekvencí, které si lidé po uvedeném časovém odstupu vybavili, aktivita amygdal v korelaci nebyla. Z pokusu plyne, že se **pravá amygdala podílí na ukládání a tvorbě emočně významných obsahů deklarativní paměti** (Cahill, 1996).

Pozorování tváří s **výrazem štěstí** a tváří s **výrazem strachu** vyvolává u zdravých lidí v levé a pravé amygdale odlišnou míru odpovědi (měřeno PET). Míra odpovědi levé amygdaly byla při sledování výrazu strachu vyšší než při sledování výrazu štěstí. Kromě toho pozorování postupně zvýšené míry mimicky vyjádřeného strachu vyvolávalo v pozorovatelově levé amygdale větší odpověď než pozorování postupně zvýšené míry mimicky vyjádřeného štěstí - v tomto případě míra odpovědi pozorovatelovy levé amygdaly klesala (Morris a kol., 1996). Další pokus tento objev potvrdil a zpřesnil. Předvede-li se pozorovatelům jako cílový podnět obrázek rozhněvané tváře na dobu, která je kratší než 40 ms, přičemž následuje okamžité předvedení masky bez citového výrazu, vypovídají pozorovatelé o masce, nikoli o cílovém podnětu. Toto krátkodobé předvedení rozhněvané tváře je možné pavlovovským způsobem spojit s nepodmíněným nepříjemným signálem, jenž způsobí autonomní odpovědi. Jakmile vznikne reflex, vyvolá krátkodobé předvedení rozhněvané tváře tuto autonomní odpověď rovněž, přičemž si pozorovatelé nejsou vědomi, že rozhněvanou tvář spatřili. Jde tedy o nevědomé emoční učení. Aktivitu amygdaly je přitom možné sledovat PET. Zjistilo se, že na 40 ms trvající předvedení rozhněvané tváře následované maskou odpoví u dobrovolníků naučených uvedenému podmíněnému reflexu výrazně pravá amygdala. Vědomé pozorování této rozhněvané tváře bez maskování aktivovalo výrazně amygdalu levou. Lidské amygdaly tedy odpovídají na zrakově sledovanou rozhněvanou tvář na základě toho, zda si pozorovatel podnětu je, nebo není vědom (Morris, 1998).

Dosud byla aktivita amygdaly zkoumána při sledování tváře s výrazem strachu, hnsu a štěstí. Aktivitu amygdaly při pozorování smutné a zlostné tváře vyšetřovali PET Blair a kol.

(1999). Sledování narůstajícího výrazu smutku v obličeji zvyšovalo u pozorovatelů aktivitu levé amygdaly a kůry pravého pólu pravého spánkového laloku. Naproti tomu sledování narůstajícího výrazu zlosti a hněvu aktivitu amygdal neměnilo, zato zvyšovalo aktivitu orbitofrontální a přední singulární kůry. Na zpracování negativních citových informací v pozorované tváři se tedy podílejí odlišitelné, byť vzájemně propojené systémy.

Činnost lidské amygdaly při zpracovávání nelibých čichových podnětů vyšetřovali PET Zald a Pardo (1997). Zdrojem podnětů byla směs sulfidů. Tento velmi nelibý čichový podnět je spjat s výrazným zvýšením krevního průtoku v obou amygdalách a v levé orbitofrontální kůře. Změny průtoku v levé amygdale a v levé orbitofrontální kůře byly ve výrazné vzájemné korelaci. Kromě toho míra změny krevního průtoku levou amygdalou odpovídala subjektivní míře nepříjemnosti podnětu. Expozice méně nepříjemným čichovým podnětům zvýšila krevní průtok orbitofrontální kůrou, nikoli amygdalami. Z pokusu plyne podíl činnosti amygdaly na zpracování emočně významných čichových podnětů.

Kognitivní a emoční důsledky poškození amygdal jsou poučné. Oboustranné selektivní poškození amygdaly vzácnou Urbachovou-Wietheovou nemocí (viz nějaké lékařské repetitorium) způsobilo u třicetileté pacientky S. M. poruchu schopnosti rozlišit výraz strachu v pozorované tváři. Rozlišování mimických výrazů dalších základních emocí přitom zůstalo zachováno, stejně jako schopnost rozlišit identitu tváře (Adolfs a kol., 1994).

Mezi rozlišováním výrazu strachu v pozorované tváři a určením identity tváře byla doložena dvojí disociace, takže rozlišování výrazu strachu a určení identity tváře je projevem činnosti dvou do jisté míry nezávislých neuronálních systémů (Adolfs a kol., 1995). Dvojí disociace byla rovněž doložena v případě poruchy deklarativní paměti (amnésie) a emočního podmíněného pavlovovského reflexu:

U pacientky s oboustranně poškozenou amygdalou - jde o pacientku z předchozího případu - a intaktními hipokampy nebylo možné navodit emočně podmíněnou autonomní pavlovovskou reflexní odpověď. Vazby podmiňujícího a nepodmíněného podnětu si přitom byla plně vědoma.

Pacient s oboustranným poškozením hipokampu v důsledku ischemicko-anoxického poškození si podněty nepamatoval. Podmíněnou emoční autonomní odpověď se podařilo vyvolat.

Pacient s oboustranným poškozením hipokampu a amygdal v důsledku encefalitidy, jejíž příčinou byl virus herpes simplex, byl amnestický a zmíněnou reflexní odpověď se vyvolat nedařilo (Bechara a kol., 1995).

Poruchu schopnosti rozlišovat výraz strachu ve tváři zřejmě vyvolává poškození amygdal v dětství. Vznikne-li oboustranné poškození amygdal až v dospělosti, může být rozlišování tohoto mimického výrazu bez poruch. Dokazuje to vyšetřování pacientů E. P. a G. T., kteří utrpěli oboustranné poškození amygdaly včetně přilehlých struktur spánkového laloku počínaje temporálním pólem v důsledku encefalitidy, jejíž příčinou byl virus herpes simplex. Oba nemocní rozlišovali emoční výrazy v pozorovaných tvářích bezchybně (Hamann a kol., 1996).

Porucha zrakového rozlišování mimického výrazu strachu ve tváři se po oboustranném částečném odnětí amygdaly může projevit i ve sluchové modalitě. Pacientce D. R. byly odnety obě amygdaly při chirurgické léčbě epilepsie, což vedlo k tomu, že přestala rozlišovat výraz strachu ve tváři. Kromě toho přestala rozlišovat základní zvukové vyjádření strachu, a to jak ve slovech, kdy byl strach vyjádřen intonací, tak v neslovních zvucích, jakým byl šťastný smích. Porucha rozlišování této základní emoce je tedy **senzoricky transmodální** (Scott a kol. 1997).

Amygdaly a sociální chování. Z uvedených pokusů a klinických zkušeností plyne, že amygdaly jsou součástí distribuované neuronální sítě, která rozlišuje strach a agresi, podílí se na rozlišování příjemných a nepříjemných signálů a na ukládání emočně významných

informací do dlouhodobé paměti. Z pokusů na zvířatech plyne i podíl při zpracovávání informací, které souvisí se sociálním chováním.

Adolphs a kol. (1998) zjišťovali, zda se na zpracování sociálních informací podílí i lidská amygdala. Třem lidem s oboustranně zničenou amygdalou a sedmi lidem s amygdalou poškozenou na jedné straně předváděli tváře neznámých lidí. Úkolem vyšetřovaných bylo posoudit, zda pozorovaná tvář vypadá důvěryhodně a zda by jejího nositele dokázali oslovit. Pacienti s oboustranně zničenou amygdalou posuzovali tváře jako důvěryhodné a jejich nositele za oslovitelné podstatně více než lidé s jednostranným poškozením amygdaly nebo lidé zdraví. Rozdíl byl nejvýraznější u tváří, které obě kontrolní skupiny považovaly za tváře nejméně důvěryhodné patřící lidem, které je obtížné oslovit. Tato porucha se u lidí s oboustranně poškozenou amygdalou týká jen zrakového sledování tváří, slovní popis vlastností těchto tváří pacienti rozlišují bez poruch. Činnost amygdaly je tedy součástí funkčního systému, který také u lidí získává sociálně významné informace z dlouhodobé paměti na základě pozorování jejich tváře.

Dva paralelní systémy emoční paměti. Z počátku 20. století je znám slavný Claparédův pokus. Jeho pacientka byla těžce amnestická. Lékaře, kterého vídala denně, nepoznávala. Claparède ji jednoho dne při podání ruky lehce bodl do prstu špendlíkem, který sám skryl v dlani. Poté vyšel z místnosti, vrátil se, pacientka si jej opět nepamatovala, byl pro ni novým, neznámým člověkem. Jakmile jí Claparède opět podal ruku, pacientka svou ruku skryla. Proč tak učinila, nebyla schopna vysvětlit.

Pacientčino chování je projevem činnosti dvou paralelních, vzájemně spolupracujících systémů emoční paměti: jeden je **implicitní** (vědomě nerozvinutý), odpovídá za nevědomé zpracování, ukládání a vybavování emočně významných informací. Zúženým profilem informačního chodu tohoto systému je **amygdala**. Druhý systém je **explicitní** (zřejmý, jasný, výslovný) odpovídá funkčnímu systému *deklarativní paměti*. Zúženým profilem chodu informace je **hipokampus**. První systém měla pacientka nepoškozený, druhý měla poškozený, což se projevvalo amnézií. (LeDoux, 1996).

Posttraumatická stresová porucha. Diagnostická kritéria posttraumatické stresové poruchy uvádějí: A. Jde o stav člověka, jenž prožil, stal se svědkem nebo byl konfrontován s událostí nebo událostmi, jejichž součástí bylo bezprostřední nebo možné ohrožení na životě, případně těžké zranění nebo ohrožení tělesné integrity týkající se jeho samého nebo druhých lidí. Součástí psychické reakce tohoto člověka byl intenzivní strach, pocit bezmocnosti nebo hrůza. U dětí se tento stav může projevit neklidným nebo zmateným chováním.

B. Traumatizující události postižený jedinec prožívá znovu jedním nebo větším počtem následujících způsobů. Objevují se u něho:

1. opakované, stresující vzpomínky na události, včetně jejich vizualizace, myšlenek a vjemů, u malých dětí se stav může projevit opakovanou hrou, v níž se objevuje téma nebo jednotlivé stránky traumatu;
2. opakované, stresující sny, v nichž se objevuje traumatizující událost, u malých dětí se mohou objevovat děsivé sny bez obsahu;
3. jednání a pocity, které vypadají, jako by se traumatizující událost vracela, pocity jejího znovuprožívání, iluze, halucinace, disociativní vzpomínkové epizody návratu události, které se objevují při probouzení nebo při intoxikaci. Malé děti se za tohoto stavu mohou chovat podobně, jako se chovaly v průběhu, události;
4. intenzivní duševní stres, setká-li se postižený jedinec se zevními nebo niternými podněty, které jsou připomenutím nebo symbolem traumatizující události.

C. Postižení lidé se vyhýbají podnětům, které mají k traumatu vztah, zároveň sdělují, že jsou otupělí, což před traumatizující událostí nebylo. Stav se projevuje třemi nebo větším počtem následujících znaků:

1. postižení lidé vyvíjejí úsilí, aby se vyhnuli myšlenkám, pocitům nebo konverzaci, která má k traumatu vztah;
2. snaží se vyhnout činnostem, místům i lidem, kteří vzpomínky na traumatickou událost probouzejí;
3. nejsou schopni vyvolat do paměti důležité okolnosti traumatu; 4. výrazně klesá jejich zájem a účast na významnějších činnostech; 5. mají pocit odcizení nebo odloučení od druhých lidí;
6. mají zúžený rozsah afektu, nejsou schopni pociťovat lásku;
7. mají pocit zkrácené budoucnosti, neočekávají, že by něčeho dosáhli v zaměstnání, neuvažují o manželství a dětech, nepředpokládají, že by se dožili průměrného věku.

D. Dvěma nebo větším počtem následujících příznaků se projevují trvalé příznaky nabuzení, které před traumatem nebyly:

1. pacienti špatně usínají, spánek je přerušovaný;
2. jsou podráždění, snadno vybuchnou;
3. špatně se soustředí;
4. mají pocit nadměrné bdělosti;
5. objevují se přehnané odpovědi na nepatrný podnět.

E. Příznaky poruchy (kritéria B, C, D) trvají déle než jeden měsíc.

F. Porucha je příčinou klinicky významných obtíží nebo poškození v zaměstnání, v sociálních vztazích nebo jiných důležitých funkčních oblastech. Jestliže tato porucha trvá méně než tři měsíce, označuje se jako akutní, trvá-li déle, označuje se jako chronická. Porucha se může objevit i s odstupem šesti a více měsíců od události.

Kimberly a kol. (1995) v tomto ohledu prospektivně sledovali veterány 2. světové války po dobu padesáti let. Jejich duševní stav byl znám před nasazením do bojů a po návratu. Příznaky posttraumatické stresové poruchy souvisely s délkou nasazení v boji a počtem příznaků, které se u pacientů objevovaly při stresu prožívaném v průběhu bojových akcí. Míra stresu v boji odpovídala příznakům posttraumatické poruchy v celém dalším poválečném období let 1946-1988. Příznaky byly závislé pouze na bojové zátěži, nikoli na struktuře pre-morbidní osobnosti (před onemocněním). Za variantu posttraumatické stresové poruchy je možné považovat **syndrom přežití** (survival syndrome) u lidí, kteří prošli holocaustem. Je pravděpodobné, že se porucha přenáší z rodičů na potomky. Jestliže děti těchto lidí prošly traumatizující událostí, byly jejich příznaky ve vztahu k příznakům posttraumatické poruchy i její závažnosti u rodičů. (Yehuda a kol., 1998).

Posttraumatická porucha nemusí být vzácná a často přetrvává. Vyšetření reprezentativního vzorku současné americké populace, celkem 5877 lidí ve věku 15-54 roků, zjistilo celoživotní prevalenci posttraumatické stresové poruchy ve výši 7,8 %. Nejčastější příčinou poruchy byla u mužů účast ve válečných operacích, u žen znásilnění. Porucha se často sdružuje s dalšími druhy duševních onemocnění. U třetiny postižených porucha přetrvává ještě po letech od duševního poranění. (Kessler a kol., 1995).

Aktivitu mozku při prožívání příznaků posttraumatické stresové poruchy je možné u dobrovolníků sledovat pomocí pozitronové emisní tomografie, PET nebo SPET. Šesti ženám a dvěma mužům, u nichž psychofyzikální vyšetření doložilo, že jsou vnímaví na slovní provokaci příznaků poruchy, bylo neutrálním hlasem předneseno několik různých krátkých traumatizujících scénářů a několik scénářů neutrálních. Ženy byly oběťmi sexuálního zneužití, násilí v rodině a svědky úmrtí partnera či dítěte, jeden muž byl veterán vietnamské války, další muž, hasič, byl svědkem lidské smrti v plamenech.

Prožívání příznaků vyprovokovaných traumatizujícími scénáři zrychlilo pulz a zvýšilo pocity úzkosti, strachu, smutku, hněvu, viny a hnusu, které pacienti vyjadřovali analogovou stupnicí. V mozku se prožití příznaků projevilo zvýšením krevního průtoku pravostranné střední a zadní orbitofrontální a inzulární kůry, kůry přední části spánkového pólu, středního spánkového závitu, přední části gyrus cinguli, amygdaly a týlní zrakové korové oblasti odpovídající Brodman.Area 18. Oboustranně se zvýšilo prokrvení sensoricko-motorické

kůry. Z toho plyne, že prožívání příznaků **posttraumatické stresové poruchy** odpovídá aktivaci **pravostranných paralimbických, limbických a zrakových korových oblastí**. Aktivace zrakové oblasti může souviset se zrakovými představami události. (Rauch a kol., 1996)

Hypotéza glukokortikoidové kaskády. Důsledkem dlouhodobého přetrvávajícího stresu jsou poruchy poznávacích funkcí. Negativní vliv dlouhodobého stresu na učení a paměť byl doložen u mnoha živočišných druhů, počínaje rybami, konče člověkem (Kim a Yoon, 1998). Mediátorem vlivu stresu na hipokampální neurony je kortizol (hydrokortizon). U krysu stačí několikadenní zvýšení hladiny kortizolu ke zvýšení citlivosti hipokampálních neuronů na ischemii nebo na důsledky epileptického záchvatu. V průběhu několika týdnů způsobí vyšší hladina kortizolu reverzibilní poškození dendritů hipokampálních neuronů. Trvá-li tato zátěž měsíce, začnou zdejší neurony zanikat. Je pravděpodobné, že k podobným jevům dochází i v hipokampu primátů včetně lidí (Landfield a Eldridge, 1994). Klinickým modelem poškození hipokampu kortizolem je asi polovina pacientů trpících depresí, pacienti s posttraumatickou stresovou poruchou a nemocní s Cushingovým syndromem (zvýšení produkce kortikosteroidů často v důsledku benigní či maligní hyperplasie kůry nadledvin, Sapolsky, 1996).

U **poloviny** pacientů trpících **depresí** se zjišťuje **vysoká hladina kortizolu**. U některých z nich bylo MR zjištěno zmenšení objemu hipokampu o 12 % na straně pravé, o 15 % na straně levé, přičemž objem celého mozku se nezměnil. Možný vliv alkoholu, elektrokonvulzivní terapie i farmak tato studie vyloučila. U veteránů vietnamské války trpících posttraumatickou stresovou poruchou byla zjištěna statisticky významná osmiprocentní atrofie pravého hipokampu, na hranicích statistické významnosti byla doložena i atrofie levého hipokampu (Bremner a kol., 1995). Opakované vyšetřování hladiny hormonu kortikoliberinu, jenž uvolňuje kortikotropin (CRH - corticotropin releasing hormone), u válečných veteránů trpících posttraumatickou stresovou poruchou dokázalo vysokou bazální hladinu této látky v mozkomíšním moku a současně normální vylučování volného kortizolu močí (Baker a kol., 1999), což se považuje za unikátní, diagnosticky specifickou kombinaci. Je tedy pravděpodobné, že dlouhodobá aktivace stresové hypotalamo-pituitární-adrenální osy, jejímž důsledkem je vysoká hladina kortizolu, poškozuje hipokampální neurony u lidí podobně jako u pokusných zvířat (O'Brien, 1997).

Asociační korové oblasti

K asociačním oblastem kůry koncového mozku počítáme všechny korové okrsky, které nejsou součástí primární senzitivní kůry (somatosenzitivní, sluchová, zraková, čichová a chuťová projekce) a motorické kůry (primární motorická, premotorická a doplňková motorická oblast). Z funkčního hlediska jde o oblasti, ve kterých dochází ke sdružování - asociaci - vzruchů dvou nebo více kvalit, například senzitivních a zrakových, zrakových a sluchových modalit apod. Velké množství neuronů reagujících na dva nebo více druhů (modalit) signálů nebo na signály komplexní povahy umožňuje účast těchto oblastí na tzv. "asociačních funkcích", tj. na analýze senzitivních signálů, integraci senzitivních signálů a jejich využití v plánování a v přípravě motorické odpovědi.

Bílá hmota hemisfér

Vnitřní hmotu mozkových hemisfér tvoří především bílá hmota - corpus medullare. Na horizontálním řezu hemisférou má bílá hmota tvar polovičního oválu - centrum semiovale. Obsahuje mnoho systémů myelinizovaných a nemyelinizovaných vláken, přičemž převažují myelinizovaná vlákna, gliové buňky a řídké síť krevních kapilár. Na fixovaném mozku má centrum semiovale nažloutlou barvu, na čerstvém mozku je narůžovělé.

Vlákna bílé hmoty hemisfér lze rozdělit na **vlákna projekční (kortikopetální a**

kortikofugální), asociační a komisurální.

Projekční vlákna

Projekční vlákna obousměrně spojují podkorové struktury CNS s mozkovou kůrou.

· *Kortikopetální* vlákna vystupují z podkorových struktur hemisféry a kmene a končí v mozkové kůře. Převažují vlákna talamokortikální. Mezi kortikopetální vlákna dále patří vlákna přicházející z bazálních ganglií - z amygdaly a z klaustra - a cholinergní vlákna z ncl. basalis. Z mozkového kmene přicházejí také dopaminergní vlákna ze substantia nigra, serotoninergní vlákna z rafeálních jader RF a noradrenergní vlákna z locus coeruleus.

618 Nervový systém - systema nervosum

· *Kortikofugální* vlákna vystupují z V. a z VI. korové vrstvy a končí v bazálních gangliích, v talamu, v subtalamu, v mozkovém kmeni a v míše.

Asociační vlákna

Asociační vlákna spojují různé korové okrsky **těže hemisféry**.

Umožňují tak součinnost sousedních i vzdálených okrsků nebo funkčních oblastí mozkové kůry. Dělíme je na krátká a dlouhá asociační vlákna.

· **Krátká** asociační vlákna probíhají těsně pod kůrou a zajišťují obousměrné spojení sousedních gyrů. Příkladem mohou být početné spoje mezi gyrus praecentralis a gyrus postcentralis. Označují se také jako "U-vlákna".

· **Dlouhá** asociační vlákna tvoří kompaktní svazky uložené hlouběji v hemisféře. Spojují vzdálené korové oblasti nebo jednotlivé laloky.

Fasciculus longitudinalis superior probíhá nad inzulou (a spojuje kůru frontálního laloku s parietálním lalokem a s lalokem okcipitálním).

Fasciculus longitudinalis inferior spojuje kůru okcipitálního laloku s kůrou temporálního laloku. *Fasciculus frontooccipitalis superior* jde podél horního okraje ncl. caudatus.

Obsahuje vlákna spojující frontální lalok s parietálním a okcipitálním lalokem.

Fasciculus frontooccipitalis inferior probíhá podél dolního okraje inzuly a obsahuje vlákna spojující frontální a okcipitální lalok.

Fasciculus uncinatus (uncus=hák) spojuje kůru orbitální a laterální plochy frontálního laloku s temporálním lalokem.

Cingulum je svazek uložený v hloubi gyrus cinguli a přecházející obloukovitě do gyrus parahippocampalis. Spojuje kůru mediální plochy frontálního, parietálního a temporálního laloku.

Organizace asociačních spojů

Každá primární senzitivní oblast (např. somatosenzitivní, zraková nebo sluchová kůra) vysílá vlákna do sousední, blízké asociační oblasti - například area 17 projikuje do area 18 atd.

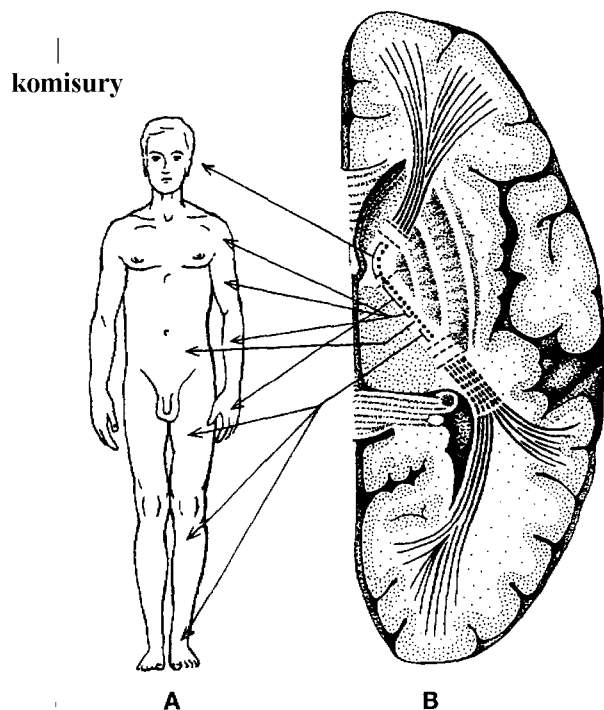
Blízké asociační oblasti projikují do vzdálenějších asociačních oblastí, například area 5 do area 7, area 18 do area 19 a do premotorické korové oblasti (area 6). Vzdálenější asociační oblasti parietálního, okcipitálního a temporálního laloku jsou navzájem recipročně spojeny a vysílají dlouhá asociační vlákna do prefrontální a do limbické oblasti (gyrus cinguli a gyrus parahippocampalis). Z limbické oblasti jsou signály vedeny do hipokampové formace a zpět do asociačních neokortikálních oblastí.

Komisurální vlákna

Komisurální vlákna spojují **stejná místa obou hemisfér**.

Vlákna spojující kůru pravé a levé hemisféry umožňují interhemisférický přenos vzruchů a funkční součinnost obou hemisfér. Komisurální vlákna se dělí na:

· homotopní vlákna, spojující stejné, zrcadlové okrsky pravé a levé hemisféry, a



Capsula interna: A – základní svalové skupiny, B – horizontální řez pravou hemisférou s vyznačením průběhu vláken kortikonukleárních (genu) a kortikospinálních (crus posterius)

· heterotopní vlákna, spojující odlišné okrsky obou hemisfér. Heterotopní vlákna jsou vlastně zkřížená asociační vlákna.

Korová komisurální vlákna **tvoří tři makroskopické svazky**:

· **Corpus callosum** je největší mozková komisura, obsahující **200-300 milionů vláken**.

Přední část, přiléhající k lamina terminalis, se nazývá **rostrum**. Následuje ohyb - **genu**, na který navazuje **truncus** corporis callosi. Ztlustělý zadní konec se popisuje jako **splenium** corporis callosi. Vlákna v corpus callosum jsou topograficky uspořádána. Vlákna spojující frontální laloky tvoří dopředu otevřený oblouk (forceps frontalis). Vlákna spojující okcipitální laloky formují oblouk otevřený dozadu (forceps occipitalis) a jsou uložena ve splenium corporis callosi. Corpus callosum spojuje všechny laloky s výjimkou temporálního laloku. Ze spánkového laloku vstupují do corpus callosum pouze vlákna ze sluchové korové oblasti.

Komisurálními vlákny **nejsou spojeny okrsky** pro motorickou a senzitivní reprezentaci distálních částí končetin a část zrakové korové oblasti určené pro periferii zrakového pole.

· **Commissura rostralis** přiléhá k přední stěně III. mozkové komory (lamina terminalis). Skládá se z menší pars anterior (olfactoria), spojující čichové korové oblasti obou hemisfér, a ze silnější pars posterior, která směřuje laterálně a bazálně pod ncl. lentiformis. Tato část spojuje kůru temporálních laloků s výjimkou sluchové korové oblasti (corpus callosum) a gyrus parahippocampalis.



· **Commissura fornicis** je trojúhelníková ploténka uložená pod splenium corporis callosi mezi oběma fornixy. Obsahuje vlákna spojující gyrus parahippocampalis a hipokampovou formaci pravé a levé hemisféry.

Capsula interna - vnitřní pouzdro

Kortikofugální a kortikopetální projekční vlákna korových oblastí se vějířovitě sbíhají do **oblasti mediálně ohraničené talamem a ncl. caudatus a laterálně ncl. lentiformis**. Zde tvoří kompaktní svazek vláken, popisovaný jako vnitřní pouzdro - capsula interna. Uložení a vztahy capsula interna jsou nejlépe patrné na horizontálních řezech hemisférou. Zde má capsula interna tvar široce otevřeného písmene V, hrotem obráceného mediálně (obr.). Vnitřní pouzdro dělíme na přední raménko - trus anteriorius, koleno genu - a zadní raménko - trus posteriorius.

V předním raménku probíhá tractus frontopontinus, v genu jde tractus coriiconuclearis (součást pyramidové dráhy jdoucí k jádrům hlavových nervů) a v zadním raménku sestupuje tractus corticospinalis (pyramidová dráha!), tractus corticorubralis a tractus corticoreticularis.

V retrolentikulární části capsula interna je zbytek kortikopontinní projekce - tractus parietooccipitopontinus, radiatio acustica a radiatio optica (tzn. poslední úseky sluchové a zrakové dráhy).

Capsula interna dále obsahuje vlákna spojující thalamus a neokortikální oblasti.

Po průchodu přes capsula interna směřují kortikofugální vlákna do crura cerebri nebo do tegmenta mozkového kmene. Capsula interna a její okolí (ncl. lentiformis, thalamus) jsou často **postiženy krvácením**. Krvácením jsou destruovány dráhy, které v pouzdru probíhají, s následnými funkčními výpadky. Nejzávažnější je přerušení vláken pyramidové dráhy.

Bílá hmota mezi putamen a klaustrem tvoří capsula externa. Bílá hmota mezi klaustrem a inzulární kůrou formuje capsula extrema. Tyto svazky obsahují asociační a projekční korová vlákna.

Lateralizace funkcí hemisfér-pravý a levý mozek

Mozek je anatomicky i funkčně stranově nesouměrný. Levá strana mozku se od strany pravé odlišuje v řadě míst makroskopicky, histologicky i chemicky.

Mozkové hemisféry nejsou z funkčního hlediska rovnocenné. Funkční asymetrie byla prokázána pro řečová centra (Brocova, Wernickeho) a pro pravorukost. U praváků jsou řečová centra a centrum pro hybnost pravé ruky umístěna v levé hemisféře. Proto je levá

hemisféra u praváků označována jako **dominantní** a pravá podřízená (subordinovaná) nebo nedominantní.

V případě dalších funkcí ale již nejde o nadřízenost a podřízenost některé z hemisfér, ale o kooperaci - součinnost - obou hemisfér. Každá hemisféra je specializována na jiné funkce. Pouze jejich koordinovaná funkce zajišťovaná komisurálními vlákny umožňuje optimální analýzu signálů z periferie, vypracování adekvátních motorických odpovědí a zabezpečení tzv. duševních nebo psychických funkcí.

Sručně řečeno, levá hemisféra obsahuje centra pro motorickou a senzitivní složku řeči a řídí pohyby pravé poloviny těla. V levé hemisféře převládá postupné, **analytické zpracování signálů**. Hemisféra zajišťuje vyšší symbolické procesy.

Pravá hemisféra umožňuje vnímání složitých zrakových a sluchových podnětů, jaké představuje hudba nebo výtvarné umění, a při vlastním zpracování signálů v ní převládají syntetické procesy.

Anatomické rozdíly se popisují od dob Heschlových (1878), jenž si povšiml, že většina lidí má **dva příčné spánkové závit vpravo a jeden vlevo**. Řada klasických autorů dokazovala, že pravá hemisféra je těžší než levá, menšina dokládala opak. Pfeifer v roce 1936 zjistil, že trojúhelníkovitá ploška kůry na horní ploše horního spánkového závitů bezprostředně nad Heschlovým závitěm je větší na straně levé a menší na straně pravé. Ploška se jmenuje **planum temporale**. Geschwind a Lewitsky roku 1968 doložili, že planum temporale vlevo je větší (delší) u 65 % mozků, stejně jako napravo u 24 % mozků a napravo je větší u 11 % mozků.

Stranová nesouměrnost hemisfér je prokazatelná od poměrně raných vývojových stadií mozku. V případě planum temporale je zřejmá již v 31. těhotenském týdnu. Ve fetálním období má pravé planum temporale větší než levé 14 % mužských a téměř 18 % ženských mozků. Stejná nesouměrnost se v dospělosti zjišťuje u 6 % mužských a 16 % ženských mozků. Tato skutečnost se vykládá několika možnostmi: Levé planum temporale by mohlo u mužů po narození růst rychleji než u žen, na druhé straně je možné, že perinatálně a dále umírá větší počet chlapců s větším levým planum temporale. Podobná stranová nesouměrnost byla doložena u zadní části pars triangularis dolního čelního závitů, která je rovněž obvykle větší vlevo. Obě nesouměrnosti mají vztah k reprezentanti řečových funkcí a lateralitě (praváctví a leváctví).

Stranové nesouměrnosti stejně jako vysoce individuální rozsah korových cytoarchitektonických polí, například dolní části temenního laloku, byly zjištěny mikroskopicky. Podobné nesouměrnosti byly doloženy i v talamu (Eidelberg a Galaburda, 1982, 1984). Soudobé zobrazovací metody původní představy o individuálním rozsahu korových polí a jejich stranové nesouměrnosti doložily a podstatně rozšířily.

Praváctví a leváctví se považují za kontinuum, nikoli za ostře oddělené vlastnosti. Jejich přesná diagnóza se provádí některým ze standardních testů, například edinburgským. Praváci mají ve většině případů větší pravý čelní lalok než levý, levý spánkový a týlní lalok mají větší než na pravé straně. Stejně velké oba čelní laloky jsou u praváků vzácné, ještě vzácnější je inverze obvyklých poměrů, tj. větší levý čelní lalok než pravý. Týlní roh levé postranní komory mají praváci větší než pravý.

Leváci mají obvykle rovněž větší pravý čelní lalok než levý, ale v jejich sestavách je větší podíl jedinců se stejně velkými čelními laloky nebo větším levým čelním lalokem, než je tomu u praváků. Podobné pravidlo platí i pro týlní lalok a týlní roh levé postranní komory. Sylviova rýha (s. lateralis), která odděluje čelní a spánkový lalok, je u lidí, kteří se sami označili za praváky, vlevo delší a na straně pravé končí výše, než je tomu u lidí, kteří se označili za leváky. Korová oblast reprezentující pravou horní končetinu je v levém sulcus centralis rozsáhlejší, než je stejná oblast reprezentující levou končetinu v pravém sulcus centralis (White a kol., 1994).

Anatomické a funkční nesouměrnosti vyšetřované MR a úlohami, které ověřují praváctví nebo leváctví, doložily, že statisticky nejvýznamnější vztah ke stranovým nesouměrnostem mozku má preference ruky. Praváci mají širší pravý čelní a levý týlní lalok. Dominance levého zrkového pole pro čtení u praváků je doprovázena širším levým týlním lalokem (Kertesz a kol., 1992).

Měření rozsahu planum temporale a pars triangularis dolního čelního závitu MR ověřilo anatomické nálezy: Praváci mají obě tyto oblasti významně větší na straně levé. U leváků tato asymetrie zjištěna nebyla. Objem pars triangularis dolního čelního závitu je v pozitivní korelaci s řečovou reprezentací (Foundas a kol., 1995). Nové měření objemu pars triangularis a pars opercularis dolního čelního závitu obou hemisfér u praváků a leváků pomocí MR doložilo levostrannou asymetrii ve prospěch pars triangularis jak u praváků, tak u leváků. U nich však byla vyjádřena méně. Naproti tomu asymetrie pars opercularis korelovala s lateralitou: praváci měli tuto korovou část signifikantně větší vlevo, leváci ji měli větší napravo (Foundas a kol., 1998). Ve vazbě na praváctví nebo leváctví je lateralizováno i rozlišování chuti. Chutová stimulace znamená u praváků významně vyšší aktivaci spodní části zanořené inzulární kůry levé hemisféry (Cerf a kol., 1998).

Levostranné řečové reprezentaci u mužů odpovídá větší levé planum temporale bez ohledu na to, zda jsou praváci nebo leváci. Muži s pravostrannou řečovou reprezentací stranově nesouměrné planum temporale nemají. Z toho plyne, že pravostranná řečová reprezentace neznámá inverzi fyziologické asymetrie planum temporale. Leváci s levostrannou řečovou reprezentací mají také větší corpus callosum, než mají praváci a leváci s pravostrannou řečovou reprezentací. Je tedy možné, že reprezentace lateralit a řeči v opačných hemisférách může znamenat nutnost většího počtu mezipolárního spojení (Moffat a kol., 1998).

Funkční anatomie chápání mluvené řeči ve vztahu k lateralitě. Funkční anatomie chápání mluvené řeči ve vztahu k lateralitě byla vyšetřována PET. Praváci a leváci naslouchali čtenému příběhu. Kontrolní úlohou bylo naslouchání tichu. U praváků aktivovalo naslouchání mluvené řeči levostrannou Brocovu oblast včetně středního frontálního závitu, kůru na pomezí levého spánkového a temenního laloku. Na pravé straně poklesla aktivace temenní kůry a kůry dolního čelního závitu. U leváků stejná zátěž způsobila přibližně souměrnou aktivaci spánkové kůry, podobně souměrným byl pokles aktivace kůry temenní a kůry dolních čelních závítů.

Porovnání korové aktivace praváků a leváků při naslouchání mluvené řeči prokázalo, že se u praváků více aktivuje levý horní spánkový závit, zejména levé planum temporale, a pól spánkového závitu pravé hemisféry. Leváci kromě toho aktivovali pravý střední spánkový závit. Korová odpověď je u leváků při tomto druhu zátěže variabilní. U dvou leváků se více aktivovala levostranná spánková kůra, u dalších dvou byla aktivace spánkové kůry stranově souměrná, u jednoho se více aktivovala spánková kůra na straně pravé.

Vyšetření fMR tedy odpovídá afaziologickým zkušenostem: Řečová reprezentace leváků je spíše oboustranná než jednostranná (Tzourio a kol., 1998). Větší objem primární motorické kůry reprezentující pohyby ruky ve vztahu k lateralitě - to znamená u praváků v primární motorické kůře levé hemisféry, u leváků opačně - prokázala studie, která užila MEG (Volkman a kol., 1998).

Příčiny lateralitě. Druh *Homo sapiens sapiens* charakterizuje abstraktní myšlení, vzpřímená chůze, řeč a jazyk, dále výrazná, diferencovaná anatomická a funkční asymetrie hemisfér. Naprostá většina praváků má levou hemisféru dominantní pro propoziční aspekty řeči a jazyka (fonologii, syntax a sémantiku), prozodie je reprezentována oboustranně. Početní převaha praváků je dokumentována ve všech písemných dokladech všech kulturních okruhů po celé dějiny. Lze na ni soudit i ze zachovaných nástrojů. Předpokládá se, že se lateralita mohla vyvíjet společně s jazykem a řečí (Reiss, 1998). Podkladem vzniku lateralitě mohla být genová mutace, jejímž výsledkem byla „alela praváctví“, též „D neboli dextral alela“,

kteřá vázala řečové funkce, praváctví a praxii na levou hemisféru. O alternativní alele se předpokládá, že je stranově neutrální, označuje se C (chance). Počítačové modely ukazují, že se D alela mohla v populaci šířit velmi rychle, jestliže poskytovala heterozygotům DC nad homozygoty DD a CC byt jen malou výhodu. Tato lehká výhoda heterozygotů může být důvodem stabilního podílu praváků a leváků v lidských populacích. Je možné, že se tato předpokládaná, čistě lidská alela objevila přibližně před 200 tisíci lety či později v Africe současně se vznikem člověka (Corballis, 1997).

Možnosti, že se na vzniku laterality podílejí zejména genetické vlivy, nasvědčuje i sledování pohybu lidských plodů v třítydenních intervalech mezi 12.-27. týdnem nitroděložního vývoje. Ukázalo se, že v každém z těchto věkových období pohybuje 83 % plodů častěji pravou než levou paží. Počet pohybů vrcholil mezi 15.-18. týdnem gestace, poté klesl. Pozorování dokládá, že si v průběhu nitroděložního vývoje vkládá do úst palec pravé ruky 95 % lidských plodů. Pohyby v takto rané gestační fázi jsou pravděpodobně spíše pod spinální než korovou kontrolou (McCartney a Hepper, 1999).

Metaanalýza většího počtu studií zjistila: Jestliže jsou oba biologičtí rodiče praváci, existuje pravděpodobnost 9,5 %, že budou mít dítě leváka. Jestliže je jeden biologický rodič levák, je pravděpodobnost, že i jejich dítě bude levák, asi 19,5 % (leváctví matek se v tomto ohledu pravděpodobně prosazuje více než leváctví otců). Jestliže jsou oba rodiče leváci, pak existuje pravděpodobnost 26 % že i jejich dítě bude levák. Annettová v klasické práci předpokládá genetickou podmíněnost praváctví (right shift factor). Přibližně 18 % populace tento faktor nemá mít, jsou tedy „nepraváci“, polovina z nich, tj. 9 %, jsou čisti leváci (Annett, 1978).

Corballisova teorie. Důvodem vazby laterality včetně praxe a řeči na stejnou hemisféru je podle Corballise skutečnost, že obě funkce vyžadují jemnou motorickou kontrolu. Tato skutečnost však dobře nevysvětluje, proč je touto hemisférou u většiny lidí právě hemisféra levá. Kromě toho leváci většinou nemají reprezentaci řeči a praxe ve vztahu k pravákům invertovanou, mají je rovněž obvykle vázány levostranně.

Geschwindova-Galaburdova teorie. Vedle genetických vlivů může mít na vznik laterality vliv i nitroděložní prostředí, což je jádrem Geschwindovy-Galaburdovy teorie, která vychází z prací M. Annettové. Jako standardní dominanci hemisfér označuje tato teorie praváctví a vazbu řeči na levou hemisféru. Za anomální dominanci teorie označuje jakkoli odlišný stav. Podíl populace s anomální dominancí hemisfér je podle této teorie asi 30-35 % lidí. Odpovídá podílu mozků, v nichž není levé planum temporale větší než pravé. Teorie předpokládá existenci „faktoru“, například genu nebo genů levostranného přesunu, za něž považují vše, co mění vývoj levé hemisféry tak, že se hemisféry místo statisticky nejčastější nesouměrnosti stávají víceméně souměrnými nebo v nějakém směru vývoje dojde k přesunu levostranné dominance na stranu pravou. V případě řeči a ložiskové poruchy mozku se tento „přesun“ může projevit zkříženou afázií, která postihne praváka s vazbou řeči na pravou hemisféru. Geschwindova-Galaburdova teorie předpokládá, že se na vývoji anomální dominance hemisfér podílí výše nitroděložní hladiny testosteronu ovlivňující vývoj plodu. Nezávisle na vývoji mozku ovlivňuje hladina tohoto hormonu i vývoj tymu. Vysvětluje se tím i zvýšený výskyt imunitních poruch mezi leváky. Součástí Geschwindovy-Galaburdovy teorie je představa relativně rychlejšího intrauterinního vývoje pravé hemisféry než hemisféry levé. Nová práce, která využila SPECT, dokázala, že tento trend pokračuje u dětí do třetího roku věku, poté se, patrně v souvislosti s vývojem řeči a jazyka, funkční asymetrie obrací a relativní funkční převahu nabývá levá hemisféra (Chiron a kol., 1997).

Nevyhraněné praváctví (nepraváctví) a leváctví se častěji vyskytuje mezi profesionálními atlety, výtvarníky, architekty, matematicky a hudebně nadanými lidmi. Geschwindova-Galaburdova teorie v tomto směru mluví o „patologii superiority“ (Geschwind a Galaburda, 1985). Rozbor vztahu výsledků velmi náročných přijímacích zkoušek na lékařskou fakultu Kalifornské univerzity k lateralitě (vyjádřené však jen preferencí ruky, kterou uchazeč/ka

píše) ukázal, že leváci mají lepší výsledky v testech slovního uvažování (Halpern a kol., 1998).

Na druhé straně je možné, že nepraváctví, resp. geny) a další faktory levostranného přesunu, mohou mít vztah ke vzniku řady poruch včetně schizofrenie. Testování uvedené teorie na rozsáhlém souboru mužů ve věku 17-24 let ověřovalo předpověď, že se mezi leváky budou častěji vyskytovat řečové poruchy a alergická onemocnění. Zjistilo se, že leváci častěji koktají, vyšší výskyt alergických onemocnění u nich doložen nebyl. Výskyt alergických onemocnění u vyhraněných praváků však byl významně nižší (Dellatolas a kol., 1990).

Historický význam má „**teorie meče a štítu**“ přičítaná literátovi Thomasu Carlylovi. Podle ní lateralita souvisí s dávnými válkami. Praváci měli v levé ruce štít, jenž lépe chránil jejich srdeční krajinu, leváci tedy měli hynout ve vyšším počtu. Převaha praváků je však doložena i v době před zavedením meče a štítu, kromě toho by měl být větší podíl praváků mezi muži než mezi ženami, o nichž se předpokládá, že s mečem v ruce nebojovaly. Ve skutečnosti je tomu opačně. Podobně historický význam mají teorie perinatálního stresu, teorie matka-dítě a teorie rodičovského tlaku. Podle první je leváctví patologický jev, který má být důsledkem perinatálního poškození mozku. Z teorie plyne, že by v kulturních okruzích, v nichž je vyšší pravděpodobnost perinatálního stresu, měl být vyšší podíl leváků. Podíl leváků je však ve všech dosud zkoumaných kulturních prostředích stejný. Rovněž mezi dětmi, které přijdou na svět císařským řezem, aniž by předcházel jakýkoli perinatální stres, je stejný podíl leváků. Perinatální stresové vlivy, například anoxie, nemají přímou souvislost s leváctvím.

Podle teorie matka-dítě jsou ženy častěji pravačkami proto, že častěji drží dítě hlavičkou u svého levého ramene a pravou ruku si uvolňují. Bylo však zjištěno, že dítě hlavičkou u svého levého ramene drží přibližně stejný podíl pravaček i levaček (83 % vs. 78 %). Rovněž na vyobrazeních matek s malými dětmi drží většina matek dítě hlavičkou u svého levého ramene. Tato skutečnost se vykládala tím, že dítě zklidňuje zvuk mateřského srdce, vyšší citlivostí levé poloviny těla žen včetně oblasti prsu i sociálně-psychologickými vlivy. Je však možné, že tato poloha umožňuje snadnější emoční komunikaci mezi matkou a dítětem: tato poloha dětského obličejce snadněji oslovuje matčinu pravou hemisféru (Sieratzki a Woll, 1996).

Teorie rodičovského tlaku předpokládá, že většina populace jsou praváci v důsledku výchovného tlaku svých rodičů, kteří jsou rovněž praváci. Tato teorie rovněž neplatí, neboť se leváctví, resp. lateralita, objevuje v závislosti na lateralitě biologických rodičů. Asymetrie mozku je patrná již ve fetálním a novorozeneckém období, tedy v době, kdy se ještě žádné kulturní vlivy přímo neuplatňují. Adoptivní dítě, jehož biologický rodič (nebo rodiče) jsou leváci, bude s vyšší pravděpodobností levákem i tehdy, jsou-li jeho adoptivní rodiče praváci, což ovšem nepopírá možnost nátlaku na dítě v případě, kdy je rodič přesvědčen, že leváctví je něco špatného. Leváctví vytrvale existuje i přes mimořádný kulturní protitlak podmíněný magickým myšlením trvajícím celá tisíciletí."

Funkční specializace hemisfér a syndrom rozštěpeného mozku. Objev funkční stranové asymetrie mozku předcházel objevu anatomické asymetrie. Obvykle se přičítá Brocovu popisu afázie pacienta Tan-tan (1865) ve vztahu k poškození zadní a spodní části levého čelního laloku. Vychází však najevo, že neuznávaným Brocovým předchůdcem, jenž popsal řečovou dominanci levé hemisféry, byl v roce 1863 Gustave Dax (Finger a Roe, 1996). Dichotomickou představu o funkci hemisfér měly již autority 19. století. Levou hemisféru považovaly za nositelku humanity, exprese a inteligence, pravou hemisféru za nositelku animality, percepce a emotivity. Na tyto zjednodušené a mylné představy navázalo 20. století, rozšířeny jsou dodnes. Jejich shrnutí podle Gaebela (1989) je v tab.

Dichotomické představy o funkci hemisfér

	Levá hemisféra	Pravá hemisféra
19. století:	Humanita	Animalita

	Exprese	Percepce
	Motorické funkce	Senzorické funkce
	Inteligence	Emotivita
	Rozum	Pomatenost
	Mužská	Ženská
	Objektivní	Subjektivní
20. století:	Verbální	Neverbální, vizuospaciální
	Propozicionální	Apozicionální
	Analytická	Holistická
	Sériová	Paralelní
	Digitální	Analogová
	Abstraktní	Konkrétní
	Racionální	Intuitivní

Přesnější představu o funkční specializaci hemisfér však přinesly výsledky experimentů s komisurotomovanými pacienty. Komisurotomie se provádí pro jinak nezvládnutelnou epilepsii. Protíná se corpus callosum, nejmohutnější oboustranné spojení hemisfér obsahující asi 200 milionů nervových vláken, někdy se protne i commissura anterior. Smyslem operace je zabránit šíření epileptické aktivity z jedné hemisféry do druhé.

Výklad pokusných výsledků vychází z předpokladu standardní dominance hemisfér (praváctví, vazba propoziční řeči na levou hemisféru) a principu křížení většiny vláken motorické a somatosenzorické dráhy (levá hemisféra kontroluje pohyby pravé poloviny těla, odtud přijímá somatosenzorické informace a opačně), dále z organizace zrakové dráhy (pravé poloviny zorných polí dopadají na levé poloviny sítnic obou očí, jejichž informace se dostávají do levé hemisféry, a opačně). Výsledky potvrdily poznatky klasické neurologie a přinášejí poznatky další:

Levá hemisféra je dominantní pro jazyk, řeč a základní postupy při řešení problémů.

Pravá hemisféra je dominantní pro vizuospaciální úlohy, například pro zvládnutí trojrozměrného prostoru, a pro některé rozměry emotivity. Gazzaniga (1995) a Seymour a kol. (1997) potvrdili základní výsledky zjištěné vyšetřováním komisurotomovaných nemocných (L. B., N. G., J. W., V. P., D. R.) v předchozích letech:

Komisurotomovaní pacienti, kteří mají zakryté oči, pojmenují předměty vložené do pravé ruky, nepojmenují předměty vložené do ruky levé (taktilní informace z pravé ruky přicházejí do levé hemisféry, na kterou je vázána řeč. tytéž informace z ruky levé přicházejí do pravé hemisféry, na kterou řeč vázána není).

Oddělená hemisféra je schopna kontrolovat pohyby obou paží a horních částí dolních končetin. Pohyby ruky však kontroluje jen na opačné straně, na své straně je nekontroluje. Naproti tomu oddělená hemisféra kontroluje sakadické pohyby očí v obou směrech (jak „od sebe“, tak „k sobě“). Hemisferální kontrola pohybu končetin a sakadických pohybů očí se tedy odlišuje.

Jednoduchou, krátkodobě do levé nebo pravé hemisféry promítnutou informaci druhá hemisféra není schopna využít. To samé platí o taktilní stereognostické informaci podmíněné vložením nějakého předmětu do ruky diskonektovaného jedince, jenž má zakryté oči. Jedna ruka diskonektovaný ch jedinců poté bez zrakové kontroly nevyhledá z nabídky různých předmětů; objekt totožný s objektem vloženým do druhé ruky. Naproti tomu prostý dotyk kterékoli části těla, jenž nenes stereognostickou informaci, rozlišují obě diskonektované hemisféry.

Stereognozi mají obě hemisféry komisurotomovaných pacientů porušenou, nicméně porucha není symetrická. Pravá a levá hemisféra užívají při poznávání předmětů podle tvaru odlišnou strategii. Pojmenování předmětů vložených do pravé ruky je podle očekávání lepší než pojmenování předmětů vložených do ruky levé zejména u pacientů, kde bylo protětí corpus

callosum neúplné a zbyla část splenia. Pojmenování předmětů vložených do levé ruky bylo lepší než pojmenování předmětů promítnutých do levých polovin zorných polí (tedy do pravé hemisféry).

Pacienti překvapivě dobře řešili úlohy, které zatěžovaly obě hemisféry současně a „zkřížené“: jedna ruka ohmatávala podnět, přičemž druhá hemisféra získávala možnost ve svém zrakovém poli volit z většího počtu podnětů ten správný. Levá hemisféra je v tomto ohledu výkonnější (Zaidel, 1998).

Na rozdíl od zrakových a somatosenzorických informací, které komisurotomovaní lidé nedokáží přenést z jedné hemisféry do druhé, dokáží přenést rámcové informace o poloze předmětů v prostoru zřejmě prostřednictvím zrakových částí talamu (corpus geniculatum laterale) nebo coliculi superiores středního mozku. Kódování (učení) i vybavování informací o poloze předmětů je lateralizováno jak v levé, tak v pravé hemisféře.

Obě hemisféry jsou schopné zaměřit pozornost na bod v levém nebo pravém zorném poli. Jestliže je levá hemisféra stimulována k zaměření pozornosti na bod v pravém zorném poli, pak nedokáží jak zdraví, tak komisurotomovaní lidé upřít pozornost pravé hemisféry na bod v levém zorném poli. Přestože má každá hemisféra „svůj“ funkční systém pozornosti, „zdroje“ mechanismu pozornosti jsou zřejmě společné. Verbální inteligenční kvocient, obecná schopnost řešit problémy a reakční časy na smyslové podněty se u jedinců s oddělenými hemisférami nemění.

Již první pokusy ukázaly, že se u lidí s oddělenými hemisférami objevuje porucha krátkodobé paměti a **porucha volného vybavování z paměti (free recall)**. Znovupoznávání (**recognition**) však poškozeno není. Předpokládá se, že jde o důsledek poškození commissura hippocampi. Nemocní, u nichž jsou prořaty nebo jinak poškozeny jen přední části corpus callosum, touto poruchou netrpí.

Oddělená levá hemisféra chápe všechny stránky jazyka. Na rozdíl od původního výkladu dospěla nyní Gazzanigova skupina k názoru, že pravá hemisféra většiny lidí nezvládá ani jeho rudimentární základy. Proti očekávání však byla doložena existence mimořádné plasticity a individuální variability jazykových funkcí.

Pacient J. W. příklad plasticity jazykových funkcí. Pacient J. W. měl u době protěti corpus callosum řečově dominantní levou hemisféru. Jeho pravá hemisféra chápala jak mluvenou, tak psanou řeč, sama však mluvit nedokázala. Čtrnáct let po operaci se zjistilo, že J. W. je schopen pojmenovat asi čtvrtinu podnětů promítnutých do levého zorného pole (tedy do pravé hemisféry). O rok později pojmenoval těchto podnětů již 60 %. Kromě plasticity se u pacienta J. W. zřejmě uplatňuje i činnost levé hemisféry coby interpreta chování hemisféry pravé (Gazzaniga a kol., 1996).

Interpretační funkce odpojené levé hemisféry. Tato funkce byla zjištěna ve známém pokusu s pacientkou P. S. Do levé, mluvící hemisféry jí byla promítnuta **kuřecí stopa**. Do pravé, nemluvící hemisféry jí byla promítnuta **hromada sněhu** u zasněžené budovy. Poté byly pacientce do obou hemisfér promítnuty obrázky dalších předmětů, včetně obrázku kuřete a lopaty na odhazování sněhu. Paní P. S. měla volit, který z předmětů se vztahuje k tomu, co viděla. Svou levou rukou, řízenou pravou hemisférou P. S. ukázala na lopatu, rukou pravou, kterou řídí levá hemisféra, ukázala na kuře. Na dotaz, proč ukázala právě na tyto předměty, odpověděla levá, mluvící hemisféra paní P. S. slovy: „To je prosté. Kuřecí stopa patří kuřeti, lopatu potřebujete, abyste po kuřatech uklidili nečistotu.“

Levá hemisféra paní P. S. sledovala chování levé ruky řízené odpojenou hemisférou pravou a vyložila neboli interpretovala její chování v rámci svého poznání. Stvořila možnou, leč mylnou souvislost. Podobným způsobem se chová levá hemisféra v průběhu přesmyků nálady daných pokusnými manipulacemi s pravou hemisférou. Při projevech pozitivního emočního ladění interpretuje levá hemisféra neutrální souvislosti pozitivně a naopak (Gazzaniga, 1995).

Modulární organizace čtení a psaní - pacientka V. J. Komisurotomie může ukázat nečekanou modulární organizaci čtení a psaní. Pacientka V. J. (44 let), je levačka s levostrannou řečovou dominancí. Pro neléčitelnou epilepsii se před 5 lety podrobila callosotomii. Důsledkem je disociace mezi mluvenou a psanou řečí. Slova promítnutá do levé hemisféry nahlas přečte, ale nedokáže je napsat. Slova promítnutá do pravé hemisféry nedokáže nahlas přečíst, ale dokáže je napsat levou rukou. V jejím případě je tedy reprezentace čtení vázána na levou hemisféru, reprezentace psaní ruka hemisféru pravou (Baynes a kol., 1998).

Zpracování emočních informací u komisurotomovaných pacientů. Zpracování emočních informací bylo u komisurotomovaných pacientů vyšetřováno pokusem, jenž dokázal, že mozek zpracovává emoční informaci nezávisle na tom, zda si ji uvědomuje nebo neuvědomuje. Podnětem byly obrázky tváří s neutrálním a šťastným mimickým výrazem. Úlohou bylo „podržet obrázek v mysli“, tj. v krátkodobé paměti, po dobu 45 sekund. Reprezentace šťastné tváře v porovnání s reprezentací tváře neutrální aktivovala levou ventrální prefrontální kůru, přední část levého gyrus cinguli a pravý gyrus fusiformis (Dolan a kol., 1996).

Na dotazy, které se týkají emoční paměti, odpovídají hemisféry komisurotomovaných lidí nezávisle. Dokázalo to vyšetření dvou jedinců. První z nich byl v dětství obětí šikany. Pravá hemisféra na tyto vzpomínky odpovídala výrazněji než levá. Rovněž u druhého pacienta prožívala pravá hemisféra výrazněji smutek a osamělost (Schiffner a kol., 1998).

Callosotomie u jedince s pravostrannou řečovou dominancí. Jaké jsou důsledky callosotomie u jedince s pravostrannou řečovou dominancí? Pacientka K. O. je familiární levačka. Z důvodu farmakologicky nezvládnutelné epilepsie byla v jejích devíti letech provedena dvoustupňová callosotomie. Nejprve byla prořezána přední část, s odstupem devíti měsíců zadní část, při operacích bylo zachováno 1,5 cm těla corpus callosum. Po operaci se objevil nový druh epileptických záchvatů, četnost a typ starých záchvatů se nezměnily. Při vyšetření v dívčích patnácti letech se zjistilo, že její pravá hemisféra lépe čte i slovně pojmenovává než hemisféra levá. Slyšenou řeč chápou obě hemisféry stejně dobře. Syntax mluvené řeči je výkonem pouze pravé, nikoli levé hemisféry. Pravá hemisféra rovněž lépe poznává tváře (Lutsep, 1995).

Souhrnný pohled. Ze současného souhrnu uvedených pokusů s komisurotomovanými pacienty, které se trvale vyvíjejí, tedy plyne:

1. **Percepce a pozornost:** Jednoduché percepční interakce mezi oddělenými hemisférami **neprobíhají**. Zrakové informace ze svých dvou polovin zrakových polí pacienti neintegrují. Na druhé straně se mezi oddělenými hemisférami přenášejí základní informace o umístění předmětů v prostoru. Obě hemisféry dokáží zaměřit pozornost na bod v obou polovinách zrakového pole. Vyhledávání předmětů zrakem je v hemisférách reprezentováno nezávisle a odlišně.
2. **Senzoricko-motorická kontrola:** Oddělené hemisféry kontrolují pohyby obou paží, pohyb ruky však jen na opačné straně. Obě hemisféry kontrolují sakadické oční pohyby.
3. **Částečné protěti corpus callosum** prokazuje funkční specifitu: **přední**, nikoli zadní část této komisury se podílí na přenosu sémantických informací.
4. **Paměť:** Diskonekce poruší volné vyvolání dat z paměti (free recall), znovupoznání (recognition) nenarušuje.
5. **Jazyk a řeč:** Na rozdíl od původních představ pravá hemisféra dříve i rentovaným pravákům není nositelem propoziční řeči. Při oboustranné řečové reprezentaci může s ohledem na plasticitu pravá hemisféra začít s odstupem roků mluvit.
6. **Funkční specializace hemisfér:** Levá hemisféra je interpretem chování a podvědomých citových stavů. Vůlí kontrolované mimické výrazy tváře tvoří levá hemisféra, spontánní výrazy ve tváři tvoří hemisféra pravá. **Levá** hemisféra je specialistou pro „**inteligentní**

chování". Její kognitivní funkce se po diskonekci prakticky nemění, zatímco kognitivní funkce pravé hemisféry se zhoršují.

7. Funkční specializace hemisfér a humor: Vyšetřování pacientů s ložiskovým poškozením mozku dokázalo, že hodnocení situace jako humorné závisí na činnosti. Reakce pacientů, kteří mají tuto oblast poškozenou, na humorný podnět, jenž u zdravých lidí vyvolá obvykle úsměv nebo smích, je podstatně snížena. (Shammi a Stuss (1999) dokázali, že hodnocení humorné situace jak slovní, tak neslovní (kreslený vtip) závisí na integritě pracovní paměti. - Schopnost hodnotit slovní humor jako humor závisí na míře slovní abstrakce a na schopnosti přesouvat mentální sety měřitelnou Wisconsinským testem. Schopnost hodnotit kreslený humor je závislá na schopnosti zaměřit pozornost na podrobnosti a na schopnosti zrakového prohledání obrázku. Pravý čelní lalok přitom patrně integruje kognitivní a afektivní stránku jevu. Tato schopnost se netýká jen humoru, ale i epizodické paměti a sebeuvědomování.

Kulturně-historicky: Pro staré Řeky platil příkaz vstupovat do Diova chrámu pravou nohou, vstup levou nohou znamenal prokletí budovy. Pro katolickou církev byli leváci služebníky dábla, v církevních školách byli násilně přeučováni na praváky. . Přesto v bibli žádnou ostrakizaci leváků nenajdeme. Ještě před několika desetiletími bylo v Japonsku leváctví manželky důvodem k rozvodu. V islámském světě se pravá ruka užívá k ošetřování těla od pasu nahoru, levá ruka v opačném směru. V beduínských stanech mají ženy vyhrazenou levou, muži pravou polovinu. Ženy Maorů na Novém Zélandu tkají ceremoniální látku pravou rukou, tkaní levou rukou se trestalo smrtí. V řadě jazyků je označení levé strany synonymem pro označení něčeho špatného, zlověstného, hloupého nebo nešikovného. Naproti tomu, levá ruka houslisty je absolutně rozhodující pro určení tónů na hmatníku, rychlé pasáže a tvbu tónu (vibrato) u klavésistů je naprostá rovnocennost obou rukou podstatou slušného hraní.

Testy kognitivních (rozumových) funkcí. Pro další psychoanatomické poznámky je nutné zmínit se o třech standardních testech:

V průběhu Wisconsinského testu (často používaného jako zátěž pracovní paměti) předkládá počítač nebo vyšetřující osoba vyšetřovanému **120 karet**. Na každé z nich je skupina symbolů, například hvězd, kruhů, kosočtverců nebo křížů v červené, žluté, zelené a modré barvě. Karty je **možné třídit třemi** způsoby podle tvaru, barvy nebo podle počtu symbolů. Vyšetřovaný koreluje karty, které dostane, s jednou ze čtyř „referenčních“ karet, které se mu předloží, a to podle tvaru, barvy nebo počtu znaků. Předkládající osoba způsoby třídění mění. Vyšetřovaný se na konci každé série dozví, zda jeho korelace byla, nebo nebyla správná a vyhodnocuje se počet správných a nesprávných odpovědí a počet perseverací (setrvávání na ideji, slově, na vjemu bez spolupůsobení jiné osoby, utkvělost).

Při testu Londýnská (Hanojská) věž se přesouvají **tři barevné kroužky** navléknuté na první ze tří tyček z jedné tyčky postupně na tyčky další. Úkolem je přesunout kroužky „správným způsobem“, to jest nejmenším počtem kroků v žádaném počtu a uspořádání.

Test vytrvalosti výkonu (CPT, Continuous Performance Test) začíná promítáním jednotlivých velkých **písmen** abecedy na jedno místo obrazovky. Pořadí písmen i jejich barva jsou náhodné, doba promítání trvá 700 milisekund (což je náhodou i doba synaptického zdržení). Vyšetřovaný je instruován, aby odpovídal pouze tehdy, objeví-li se určité pořadí písmen s určitým pořadím barev, například na modré M následované červeným H. Hodnotí se počet správných a nesprávných odpovědí.

PART, Paired Associate Recognition Test studuje deklarativní paměť pomocí poznávání párových asociací.

Peabodyho test spočívá v pojmenovávání objektů na obrázcích

Při vyšetřování pozornosti se často užívá Stroopův test. V jeho průběhu čtou pacienti slova vyjadřující barvu, která mohou být vytištěna barvou odlišnou, například slovo

„červený“ je vytištěno modře. Úkolem je správně pojmenovat barvu, kterou je slovo vytištěno.

FUNKČNÍ SYSTÉMY ČELNÍCH LALOKŮ

S důsledky rozsáhlejšího poškození čelních laloků se během života setkává většina lékařů. Již jsme se zmínili o klasickém případě P.G. v první části. Zde si popis uvedeme ve znění z roku 1868:

Pacient Phineas Gage - klasický popis důsledků poškození prefrontálních funkčních systémů
13. září 1848 utěšňoval Phineas Gage, třidvacetiletý předák shupiny železničních dělníků, kovovou tyčí nálož. Následný výbuch vymrštil 3 cm silnou, 109 cm dlouhou tyč, která mu prošla horní čelistí, očnicí a lebeční klenbou z levé strany a dopadla o mnoho metrů dále.

Gage nabyl vědomí krátce po nehodě, mluvil, s pomocí byl schopen chůze. Následky úrazu přežil, zemřel r. 1861. Jeho lebka se uchovala. Současné vyšetření Gageovy lebky dohazuje, že měl poškozenou jak levou, tak pravou prefrontální oblast a že porucha jeho rozhodování i zpracování emocí souvisela s poškozením těchto oblastí (Damasio a kol. 1994).

Do úrazu byl Gage odpovědný, inteligentní, sociálně zralý jedinec. Tělesně se zotavil.

Poruchami pohybu ani řeči netrpěl, neměl porušenou inteligenci, učení ani paměť; zůstal statný. Změnu jeho chování popsal v Bostonském lékařském věstníku u roce 1868 Dr. J.

Harlow. Jeho zpráva se stala klasickým popisem změny osobnosti související s poškozením čelních laloků mozku:

„Jeho fyzické zdraví je dobré, řekl bych, že se zotavil. Ekvilibrium neboli rovnováha mezi jeho intelektovými a animálními vlastnostmi se však zdá zničená. Je vrtkavý, neuctivý, někdy si libuje v nejhorsích sprostotách, což dříve jeho zvykem nebylo ... je bez jakýchkoli ohledů ke svým bližním, nesnáší korekci nebo radu, jestliže jsou v konfliktu s jeho tužbami. Někdy je tvrdošíjný a zatvrzelý, přesto rozmarný a nerozhodný, vytváří mnoho plánů budoucí činnosti, které stejně rychle, jako je vytvořil, opět opouští ve prospěch plánů dalších, jež se mu zdají vhodnější. Ve své intelektové kapacitě je dětský a přitom má animální vášně silného muže. Před svým poraněním, i když neměl školy, byl vyváženě myslí a lidé, kteří jej znali, jej považovali za chytrého a obratného obchodníka, velmi vytrvalého při výkonu všech činností, které si naplánoval. V tomto smyslu se jeho mysl zásadně změnila, takže všichni jeho přátelé a známí říkají zcela jednoznačně, že tento muž již není Gage.“

TŘI PREFRONTÁLNÍ FUNKČNÍ SYSTÉMY: DORZOLATERÁLNÍ, ORBITOFRONTÁLNÍ A MEDIÁLNÍ

Při výkladu poruch chování pacientů, jako jsou Phineas Gage nebo pacient E. V. R., o němž bude řeč později, lidí s obsedantně-nutkavým syndromem, některých příznaků schizofrenie, stejně jako „bradyfrenie“ pacientů s idiopatickou Parkinsonovou nemocí (Koukolík a Jiráček, 1998) a mnoha dalších, je nutné vyjít z **popisu prefrontálních funkčních systémů**. Nestačí tedy cosi znát o morfologických drahách, které jsou tradičně chápány jako svazky axonů, k spojující jednotlivé etáže nervového systému, např. dráhy vzestupné a dráhy sestupné či spojující struktury v rámci jedné úrovně, například komisurální a asociální dráhy, jež spojují korové oblasti jedné hemisféry nebo zajišťující spojení mezi hemisférami.

Cummings (1993) vymezil tedy tyto tři prefrontální funkční systémy: **dorzolaterální, orbitofrontální a mediální**. Obecnou „kruhovou“ strukturu zapojení mají společnou: **prefrontální kůra striatum - talamus - prefrontální kůra**. Všechny tři obvody jsou otevřené, to znamená jednak vnitřní propojení jednotlivých součástí systému, jednak propojení s jinými funkčními systémy.

Na každý z těchto funkčních systémů je vázána **odlišná množina** různých druhů **chování**. Kromě toho jsou některé druhy chování vázány na všechny tři funkční systémy společně. Poškození součástí jednotlivých systémů a jejich vnitřního propojení vede v případě každého systému ke změnám druhů chování primárně vázaných na tento systém. Poškozené propojení prefrontálních funkčních systémů s jinými funkčními systémy mozku ovlivňuje prefrontální funkční systémy druhotně. Na vyvolávající příčině přitom záleží poměrně málo.

1. Dorzolaterální prefrontální-subkortikální obvod

Stavbu obvodu shrnuje tabulka a schéma.

Tabulka: Stavba dorzolaterálního prefrontálního-subkortikálního obvodu

Dorzolaterální	<i>Aferentní a eferentní zapojení:</i>
Prefrontální kůra	Orbitofrontální kůra, parietální, sluchová a zraková asociační kůra, kůra g. cinguli, retrosplenická kůra, g. parahippocampalis, presubiculum
Dorzální část	<i>Aferentní zapojení:</i>
Nc. caudatus	Parietální, temporální a okcipitální kůra, s. nigra, nc. medialis, dorsalis thalami
Nc. subthalamicus	<i>Aferentní zapojení:</i>
	Frontální asociační kůra
Nc. ventralis ant. a nc.	<i>Aferentní zapojení:</i>
Medialis dorsalis thalami	Frontální kůra, nc. caudatus

Uzlovými neuronálními oblastmi obvodu jsou dorzolaterální prefrontální kůra, dorzální část nc. caudatus, nc. subthalamicus, nc. ventralis thalami ant. a nc. medialis dorsalis thalami. Obvod začíná na konvexitě čelních laloků v Brodmanových oblastech 9 a 10. Vlákná směřují k dorzolaterální části caput nc. caudati. Tato oblast nc. caudatus vysílá vlákna k dorzomediální části pars interna globus pallidus a rostrální části s. nigra takzvanou přímou cestou. Cestou nepřímou směřují vlákna přes pars interna globus pallidus k nc. dorsalis medialis thalami, která vysílají vlákna zpětně do dorzolaterální prefrontální kůry (DSPK). Obvod je otevřený a DSPK (dorzolaterální prefrontální kůra) je zpětnovazebně propojena s orbitofrontální kůrou, asociačními částmi kůry parietální, sluchové a zrakové, s g. cinguli, retrosplenickým kortexem, g. parahippocampalis a presubiculem. Nc. caudatus dostává další vlákna z parietální, temporální a týlní kůry, s. nigra a mediodorzálního jádra talamu. K nc. subthalamicus směřují vlákna z frontální asociační kůry. (Cummings, 1995)

Schéma zapojení dorzolaterálního prefrontálního-subkortikálního obvodu:

Dorzolaterální prefrontální kůra => dorzolaterální část nc. caudatus => laterální dorzomediální část globus pallidus => talamus nc. ventralis ant. => nc. medialis dorsalis a zpět do kůry. Obvod zprostředkovává exekutivní (výkonnostní) funkce a motorické programování. Jeho **poškození** vede k **poruše znovuvybavení** (recall) bez poruchy znovupoznávání (recognition). Porušená je **plynulost řeči** i neřečových činností. Tomu odpovídají výsledky vyšetření zobrazovacími metodami. fMR prokazuje aktivaci zadní části levého g. frontalis medialis při úloze zaměřené na tvorbu slov (word generation task). Jednotlivé druhy úkolu aktivují různé oblasti této části mozkové kůry. Aktivace se účastní i premotorická kůra. Nemocní s poškozením DSPK nejsou schopni tvořit domněnky, zachovávat ani přesouvat uspořádané myšlenkové sestavy (sety, sets), jak to vyžaduje například řešení Wisconsinského testu (podrobnosti o neuropsychologických testech lze najít na internetu na adrese MedLine, kde si lze zadat vyhledání podle autorů a roku- Heilman a Valenstein, 1994). V průběhu řešení testu se aktivuje levostranná dorzolaterální prefrontální kůra (Rezai a kol., 1993). Řešení modifikovaného Wisconsinského testu aktivuje DSPK (dorzolaterální prefrontální kůra)

oboustranně spolu s dolními částmi temenních laloků, zrakovou kůrou, mozečkem a levostrannou týlní kůrou (Nagahama a kol., 1996).

Aktivaci mozkové kůry při řešení Wisconsinského testu, chápaného jako zátěž pracovní paměti, v porovnání s aktivací v průběhu testu, jenž zatěžoval deklarativní paměť (poznávání párových asociací, PART, Paired Associate Recognition Test), vyšetřoval Ragland a kol. (1997) pomocí PET. Aktivace spodních částí čelních laloků, spánkových a týlních oblastí narůstala v průběhu řešení obou testů. Jedinci, kteří řešili Wisconsinský test **nejúspěšněji**, však výrazněji aktivovali **DSPK** (dorzolaterální prefrontální kůra) a **kůru spodních částí čelních laloků**. Lidé, kteří nejúspěšněji řešili test zatěžující **deklarativní paměť**, výrazněji aktivovali kůru **týlních a spánkových** laloků. V průběhu testu PART klesala aktivace dorzomediální prefrontální kůry, zatímco aktivace orbitofrontální kůry vzrůstala.

Za klíčovou vlastnost prefrontální kůry se považuje tlumení nežádoucích nebo kontraproduktivních druhů chování. Nebylo jasné, která oblast se přitom aktivuje. Konishi a kol. (1999) dokázali, že se v průběhu klasického neuropsychologického testu go/no-go, jehož úspěšné řešení vyžaduje tlumení nežádoucí akce, aktivuje kůra v oblasti zadní části pravostranného sulcus frontalis inferior, a to bez ohledu na to, zda vyšetřovaní jedinci užívají pravou nebo levou ruku. **Za tlumení nežádoucí aktivity tedy odpovídá činnost pravostranné dolní prefrontální kůry.**

Charakteristické je, že se tato oblast částečně překrývá s oblastí, která se aktivuje v průběhu přesouvání setů, tedy proměn řešení Wisconsinského testu. V případě go/no-go testu aktivita této korové oblasti vrcholí v páté sekundě po podnětu, v případě přesunu setu ve Wisconsinském testu aktivita vrcholí v sedmé sekundě. Pravostranná dolní prefrontální kůra tedy tlumí nežádoucí odpovědi na podněty v různých časových odstupech podle toho, o jaký druh podnětu se jedná.

Klasická teorie (Baddeley, 1986) popisuje **pracovní paměť** (working memory) jako trojsložkový systém tvořený **dvěma pomocnými podsystémy** (vizuospeciální náčrtník a artikulační smyčka) a **centrálním exekutivním systémem** vázaným (pravděpodobně) na DSPK (dorzolaterální prefrontální kůra).

Výsledkem současného výzkumu na primátech (Goldman-Rakic, 1995) je přesnější model centrálního exekutivního systému: doménově specifické moduly pracovní paměti registrují informaci, podrží ji „on line“ a zároveň ji zpracovávají ve spolupráci se senzory a motorickými korovými oblastmi, s nimiž jsou propojeny. „Procesorem“ prostorové pracovní paměti je prefrontální BA 46 a premotorická BA 8 ve vazbě s parietálně ležící BA 7. V případě lingvistické pracovní paměti spolupracují prefrontální BA 44 a 47 s dolní parietální BA 39 a 40. Poruchu výkonnostních funkcí (**dysexekutivní syndrom**), která se projeví poruchou plánování, přesouvání myšlenkových setů, abstraktního uvažování, slovní plynulosti a pracovní paměti, perseveracemi (chorobným lpěním na určité představě či vytrvalým opakováním slov či gest), poruchami pozornosti, poruchami zrakového rozlišování prostoru včetně poškození tohoto druhu paměti, mohou způsobit jak příčiny postihující DSPK (nádory, cévní příhody, infekce, frontotemporální demence), tak postižení přilehlé bílé hmoty například při roztroušené mozkomíšní skleróze (Foong a kol., 1997).

Dysexekutivní syndrom nazvaný **hypofrontalita** je mezi příznaky **schizofrenie** (Andreasen a kol., 1992) **deprese** (Baxter a kol., 1989) a nepřímo je funkce obvodu postižena při poruchách frontostriatových systémů, například při Huntingtonově nemoci, idiopatické (bez známé příčiny) Parkinsonově nemoci (Farma a kol., 1994) a neuroakantocytóze (Kartsounis a Hardie, 1996).

2. ORBITOFRONTÁLNÍ-SUBKORTIKÁLNÍ OBVOD

Stavbu obvodu shrnuje tabulka a schéma .

Tabulka. Stavba orbitofrontálního-subkortikálního obvodu

Uzlové neuronální oblasti

Orbitofrontální kůra	Aferentní a eferentní zapojení: DSPK, temporální pól, amygdala
Ventrální část nc. caudatus	Aferentní zapojení: Amygdala, s. nigra, area tegmentalis ventralis, nc. raphé, nc. medialis, dorsalis thalami, horní část temp. laloku
Mediální část g. pallidus a s. nigra	Aferentní zapojení: Amygdala, area tegmentalis ventralis
Nc. ventralis ant. a nc. dorsalis medialis thalami	Aferentní zapojení: Prefrontální kůra Aferentní a eferentní zapojení Amygdala

Obvod začíná v inferolaterální prefrontální kůře (Brodmanova area 10) a vysílá vlákna do ventromediálních částí nc. caudatus. Tato oblast vysílá vlákna přímou cestou do dorzomediální oblasti g. pallidus a rostromediální části s. nigra. Nepřímá cesta zahrnuje vlákna směřující do pars externa g. pallidus a nc. subthalamicus, jejich projekci do pars interna g. pallidus a do s. nigra. G. pallidus a s. nigra vysílají vlákna do nc. ventralis ant. a nc. dorsalis medialis thalami, které zpětně promítají do orbitofrontální kůry (Cummings, 1995).

Schéma: Zapojení orbitofrontálního-subkortikálního obvodu

Laterální orbitální kůra => Ventromediální část nc. caudatus => mediální dorzomediální část globus pallidus => Thalamus Nc. ventralis, Nc. medialis dorsalis => zpět l.o.k.

Poškození obvodu doprovázejí výrazné **změny osobnosti**. Tři čtvrtiny pacientů, kteří přežili rupturu aneurysmatu (prasknutí výdutě) a. cerebri anterior a měli poškozenou orbitofrontální kůru, utrpěli poruchu osobnosti projevující se poklesem svědomitosti, iniciativy, zájmu, podrážděností, hypomanickými příznaky a beztaktností (Bogousslavsky a Regli, 1990).
Kasuistika: Muž, jenž si „půjčoval“ auta je příkladem chování, které je důsledkem poškození ventromediální prefrontální kůry. 51letý muž byl do svých 33 let zcela zdravý. Pracoval jako zkušební řidič u automobilové továrny. V tomto věku přežil rupturu aneurysmatu a. cerebri communicans anterior a byl o několik dní později operován. V průběhu operace bylo nutné podvázat a. pericallosa. Měsíc po operaci byl propuštěn z nemocnice, v továrně byl nadále zaměstnán jako hlídač parkoviště. O několik týdnů později odcizil auto, které mělo u zapalování klíčky, odjel domů a zaparkoval u svého domu. V následujících týdnech stejným způsobem odcizil další auta na parkovišti zaměstnavatele i ve svém sousedství. Byl zatčen. Z následujících sedmnácti let prožil z důvodu krádeží aut ve vězení osm roků. Jeho chování bylo stereotypní. Jakmile se nudil nebo mu bylo :rnutno, napil se alkoholu, našel si auto s klíčky u zapalování a odjel na nedlouhou projížďku. Chápal, že se chová nezákonně, ale nebyl schopen toto chování tlumit. Po jízdě cítil úlevu, odcizené vozidlo se nepokoušel prodat, prostě je opustil. Sám odhadl, že si tímto způsobem vypůjčil asi stovku automobilů. Nebyl schopen udržet si zaměstnání déle než několik týdnů, jednak pro nedochvilnost, jednak pro nutkavou potřebu odcizovat auta. Farmakoterapie i psychoterapie byly bez efektu. Vyšetření CT ukázalo nevelké poškození vnitřních částí pravé orbitofrontální kůry. Vyšetření SPECT doložilo výrazně snížené prokrvení stejné oblasti (Cohen a kol., 1999).
Obdobné příznaky se popisují u lidí trpících nádory nebo ischemickými ložiskovými změnami v orbitofrontální oblasti. V souvislosti s oboustranným poškozením zevní orbitofrontální kůry bylo popsáno automatické imitování gest a akcí lidí v pacientově okolí, jakož i nutkavé hmatání po předmětech skolí nebo jejich užívání (Lhermitte a Pillon, 1986). Četnost výskytu tohoto chování při poškození mediobazální prefrontální kůry byla v souboru De Renziho zjištěna v 39 % případů (De Renzi a Cavalleri, 1996), nikoli ale ve všech případech, jak uvádí výše citovaná studie.

Pozoruhodná, často uváděná kazuistika pacienta E. V. R. má pro pochopení orbitofrontálního-subkortikálního syndromu (ale i mediálního frontálního-subkortikálního syndromu) **zásadní význam**. Přispěla k formulování **teorie somatických markerů**, jednoho z výkladů činnosti čelních laloků, viz dále).

Pacient E. V. R. - vzorové pozorování změny v chování, která je důsledkem poškození ventromediální prefrontální kůry Pacient E. V. R. byl do svých pětatřiceti let považován rodinou i okolím za jedince naplňujícího americkou představu životního úspěchu příslušníka střední vrstvy. V tomto věku mu byl po krátkých předchozích příznacích odstraněn meningiom (pomalý nezhoubný nádor z obalů m.) **orbitofrontální** oblasti, který zespolu stlačoval čelní laloky. Důsledkem tlaku nádoru i operace bylo rozsáhlé **poškození této kůry** a přilehlé bílé hmoty. V běžném životě se E. V. R. poté choval tak, jak se chovají pacienti s „frontálním“ syndromem, některé rysy jeho chování připomínají chování Phinease Gage: byl neodpovědný, zároveň nerozhodný a rerealistický. Opakovaně obchodně ztroskotal, dlouholeté manželství se rozpadlo. Nezodpovědně uzavřel další manželství, které se obratem rovněž rozpadlo. Ze všech zaměstnání, která si našel, byl rychle propuštěn. Psychoterapie byla bez efektu.

Všichni pacienti, jejichž čelní laloky jsou poškozené ve stejném rozsahu, jak je má poškozené E. V. R., mají nižší skóre ve výsledcích neuropsychologických testů, zaměřených na činnost této oblasti. Mají-li poškozený i bazální telencefalon, mívají také poruchy dlouhodobé paměti. Pacient E. V. R. se však choval v tomto ohledu paradoxně: ve všech neuropsychologických testech včetně testů zaměřených na funkce čelních laloků dosáhl průměrné nebo nadprůměrné skóre, což indikuje jeho vysoce nadprůměrnou inteligenci i paměť. Jeho katastrofické chování v běžném životě, mimo laboratorní podmínky, se vysvětluje neschopností integrovat složité podněty běžného života. Neschopnost integrace je důsledkem destrukce a diskonexe spodních a vnitřních částí čelní mozkové kůry od naučené informační „databáze“ v temenních, spánkových a týlních lalocích.

Další vyšetřování pacienta E. V. R. narazilo na nečekanou souvislost: Při předvádění fotografií, které zobrazují otřesné násilné chování a jeho důsledky, se zdravým pozorovatelům mění elektrická kožní vodivost (princip detektoru lži). Násilně se chovajícím jedincům se sociopatickou strukturou osobnosti se při pozorování těchto fotografií elektrická kožní vodivost buď nemění, nebo mění jen málo. Jestliže si E. V. R. fotografie pouze prohlíží, jeho elektrická kožní vodivost se rovněž nemění. Jakmile však **začne mluvit** o tom, co je na fotografiích vidět, změní se jeho elektrická kožní vodivost stejně jako lidem, kteří sociopatickou poruchou osobnosti netrpí. Stav pacienta E. V. R. byl nazvá **sekundární psychopatií** (Eslinger a Damasio, 1985; Damasio a kol., 1990). Podobné pozorování drastických změn chování a osobnosti dvou pacient v důsledku oboustranného poranění předních a vnitřních částí čelních lalok popsali Harrington a kol. (1997):

Pacienti M. F. a A. Z. - další příklady změn chování a osobnosti v důsledku poranění ventromediální prefrontální kůry. U pacienta M. F. se s osmiletým odstupem objevila psychóza, jejímž vedoucím příznakem byla paranoidita (vztahovačnost). Autoři ji vzhledem k rodinné a osobní anamnéze (předchorobí) považují za důsledek poranění.

Neuropsychologické testování kromě toho zjistilo poškození výkonnostních funkcí a poruchu orientované pozornosti. Kromě toho byl pacient stížen lehkou levostrannou hemiparézou (částečné ochrnutí) a dysprozodií. Psychóza se v souvislosti s poraněním mozku objevuje úměrně jeho závažnosti: Čím je poranění rozsáhlejší, tím je výskyt psychotických příznaků častější.

U pacienta A. Z. se projevila dezinhibice chování (v praxi to znamená ztrátu společenských zábran), dramatické proměny nálady, žárlivecké bludy, impulzivita, nápadná netrpělivost, začal zanedbávat osobní hygienu, poklesl jeho zájem o jakoukoli činnost, byl snadno unavitelný.

3. MEDIÁLNÍ PREFRONTÁLNÍ-SUBKORTIKÁLNÍ OBVOD

stavbu obvodu opět shrnuje tabulka a schéma.

Tabulka: Stavba mediálního prefrontálního-subkortikálního obvodu

Uzlové neuronální oblastí

Přední část g. cinguli	Aferentní a eferentní zapojení: DSPK, amygdala Aferentní zapojení: Area tegmentalis ventralis
Nc. accumbens	Aferentní zapojení: Mediální orbitofrontální kůra, zadní část inzuly, subiculum, laterální hypotalamus, area tegmentalis ventralis, perirhinální a entorhinální kůra, amygdala, s. nigra, nc. dorsalis medialis thalami, nc. dorsalis raphé Eferentní zapojení: Septum, nc. stria terminalis, šed' kolem mokovodu(periakveduktální šed'), mediální hypothalamus, area tegmentalis ventralis
Ventrální g. pallidus a s. nigra	Aferentní zapojení: Přední inzulární kůra, anteroventrální temporální kůra, kůra g. cinguli, hypotalamus, amygdala, area tegmentalis ventralis, nc. raphé, nc. habenulae lateralis Eferentní zapojení: Ventrální striatum, nc. lateralis habenulae, ř kůra g. cinguli, laterální hypotalamus, amygdala, area tegmentalis ventralis, nc. pedunculopontinus
Mediodorzální jádro talamu	Aferentní zapojení: Amygdala, nc. accumbens Eferentní zapojení: Amygdala

Obvod začíná v area 24, projikuje k ventrálnímu (syn. limbickému) striatu včetně nc. accumbens, tuberculum olfactorium a ventromediální části nc. caudatus a putamen. Do ventrálního striata přicházejí rovněž vlákna ze sousedních částí limbického systému - amygdaly, hipokampu, entorhinální a perirhinální kůry. Ventrální striatum vysílá vlákna do ventrálních a rostrolaterálních částí g. pallidus a rostrodorzální části s. nigra a je oboustranně propojeno s nc. subthalamicus. Pallidální a nigrální části obvodu vysílají vlákna do paramediálních částí nc. dorsalis medialis thalami, ventrální tegmentální oblasti, nc. habenulae, hypotalamu a amygdaly. Nc. dorsalis medialis thalami uzavírá obvod vlákny, která vysílá zpětně do přední cingulární kůry. (Cunmmings, 1995)

Schéma: Zapojení mediálního prefrontálního-subkortikálního obvodu

Rostrální cingulární kůra >Nc. accumbens> Rostrolaterální část globus pallidus

>Mediodorzální jádro talamu> a zpět r.c.k.

Přední části g. cinguli v blízkosti rostrum corporis callosi byly nazvány přední exekutivní oblast. Jejich další dělení vymezilo „afektivní“ část 25, rostrální část BA 24 a BA 33) a „kognitivní“ část (kaudální oblasti BA24 a BA 32, motorické úseky g. cinguli v sulcus cinguli) (Devinsky a kol., 1995).

U lidí je přední část g. cinguli uzlem rostrální části systému orientované pozornosti (anterior attentional system, systém záměru, Posner a Dehaene, 1994). Kromě jiného tomu nasvědčuje užití testu Londýnská věž a Testu setrvalého výkonu (Continuous Performance Test): aktivují- na rozdíl od testu Wisconsinského- mediální prefrontální kůru oboustranně; zřejmě v souvislosti s aktivací systému orientované pozornosti (Rezai a sp. 1993).

Poškození uvedené korové oblasti působí u lidí poruchu exekutivních funkcí (Dum a Strick, 1993), visceromotorické kontroly a vokalizace, efektivity i odpovědi na bolestivé podněty.

Nádory v této oblasti mohou způsobit apatii, dezinhibici chování, depresi, agresivitu, úzkost, obsedantně-nutkové jevy, zvýšenou míru sexuálního vání a bulimii. Podobné jevy mohou doprovázet cingulární epilepsii. Jak ukázala studie PET, doprovází u **zdravých žen** přechodný pocit **štěstí nebo smutku zvýšení perfuze přední částí cingulární kůry**, zvláště BA 25 (George a kol., 1995). I poškození dalších částí obvodu způsobí apatii, pokles motivace a schopnost udržet aktivitu. Při bilaterální těžké lézi se objevuje akinetický mutismus (neschopnost mluvit). Tito nemocní leží s otevřenými očima, spontánně nemluví, pokud vůbec na otázku odpovědí, pak jednoslabičně. Téměř se nepohybují, jsou inkontinentní, jedí a pijí jen tehdy, jsou-li krmeni.

Novým objevem je důkaz abnormálního poklesu činnosti kůry ventrálně od genu corporis callosi měřeného PET. Pokles zdejší korové aktivity doprovází jak bipolární, tak unipolární familiární depresi (oblast přibližně odpovídá části area 24, 25 a snad 32; Damasio, 1997; viz Systémové koreláty některých afektivních poruch v části Emoce). MR prokázala u těchto pacientů úbytek šedé hmoty ve stejné oblasti o 39 %, resp. o 48 %. Již dříve se činnost této korové oblasti uváděla do souvislosti emoční a autonomní odpovědí na sociálně významné nebo provokativní podněty (Drevets, 1997; Price a kol., 1997; Damasio, 1995; Damasio a Tranel, 1990).

Systém reprezentující intuici. Pokus prokázal, že **činnost ventromediální prefrontální kůry** je součástí činnosti systému reprezentujícího intuici (Bechara a Damasio, 1997). Intuitivní strategie chování zdravých jedinců v pokusně nejisté situaci je výhodná již v době, kdy její výhodnost ještě nejsou schopni vědomě zdůvodnit. Jedinci poškozením této korové oblasti, tedy jak orbitálního-subkortikálního, tak mediálního prefrontálního-subkortikálního obvodu se chovají náhodně a své chování racionalizují. Pokus spočíval v tom, že zdravým dobrovolníkům a lidem s poškozenými ventrálními a mediálními částmi čelní kůry byla nabídnuta hra. Hrou bylo snímání karet ze čtyř balíčků. Každý hráč přitom dostal faksimile bankovek v hodnotě 2000 dolarů. Smyslem hry bylo vyhrát co nejvyšší částku. Obrácení karty sňaté z balíčku znamenalo zisk nebo ztrátu. Skryté pravidlo zisku a ztráty však hráči neznali. Obrácení karty v balíčcích A a B znamenalo zisk 100 dolarů, v balíčcích C a D 50 dolarů. Balíčky však nečekaně trestaly finanční ztrátou, která byla v balíčcích A a B vysoká, v balíčcích C a D nízká. Soustavná hra s balíčky A a B znamenala celkovou ztrátu, soustavná hra s balíčky C a D znamenala celkový zisk. Počet herních kol, to jest otočení karet, byl 100, což hráči rovněž nevěděli. U hráčů přitom byla sledována anticipační (očekávací) elektrická kožní odpověď (EKO), která předcházela obrácení karty. Vyšetřovaní lidé zprvu dávali přednost balíčků A a B. EKO se jim neměnila. V desátém kole, po prvních ztrátách, se u zdravých lidí ve vztahu k balíčků A a B objevila EKO. Kolem padesátého kola začali zdraví lidé vyjadřovat „pocit“, že balíčky A a B jsou „riskantní“. V osmdesátém kole sedm z deseti zdravých účastníků pochopilo, že balíčky A a B jsou „zlé“, zatímco C a D jsou „hodné“, nicméně i zbylí tři zdraví, kteří tuto skutečnost nepochopili, vytvářeli ve vztahu k balíčků A a B EKO. Pacienti s poškozením ventromediální čelní kůry EKO po celou dobu nevytvářeli. Hráli hazardně se ztrátami i když pochopili, že A a B jsou „zlé“ balíčky. Své chování racionalizoval například výrokem, že jim jde o hru, baví je to, jde o vzrušení (Damasio a kol. 1997).

Frontotemporální demence (FTD). Frontotemporální demence (Koukolík a Jiráček, 1998) je souhrnné označení pro skupinu chorob, které se objevují nejčastěji v šestém deceniu (po 50). Začátek je plíživý, vývoj je pomalý, objevuje se porucha chování, porucha afektivity a řeči. V raném stadiu choroby začínou pacienti zanedbávat osobní hygienu, začínou být beztaktní, hrubí, někdy se začínou dopouštět drobných krádeží. Jindy se v jejich chování projeví násilné prvky nebo netlumená sexualita. Mohou nepřiměřeně vtipkovat. Bývají pohybově neklidní přecházejí sem a tam, své pohyby opakují. Někdy začínou hromadit předměty. Postupně přibývá duševní rigidita, nejsou schopni změnit jakýkoli mechanický návyk. Někteří z nich se

začnou přejídat, jiní začnou nadměrně kouřit nebo pít alkohol. Protože k tomu zkoumají předměty kolem sebe ústy, mluví se o „hyperorálním“ chování. Přitom jsou snadno rozptýlitelní a impulzivní. Nejsou s to u něčeho vytrvat. Náhled na skutečnost, že jsou nemocní, brzy ztrácejí.

S poruchami chování se druzí poruchy afektu. Pacienti bývají depresivní. Někdy jsou nápadně sentimentální. Mohou se vyskytnout myšlenky na sebevraždu. Popisují se prchavé bludy. Někdy jsou nápadně hypochondričtí. Charakteristická bývá citová lhostejnost a chlad. Jestliže byli schopni empatie nebo sympatie, pak o tuto schopnost přicházejí.

Neurologické vyšetření zjistí již v raném vývojovém stadiu choroby primitivní reflexy. Poměrně brzy se objevuje inkontinence (neudržení moči či stolice). Později se omezují pohyby až k akinezii, pacienti ztuhnou, může se objevit třes.

Ve prospěch diagnózy FTD svědčí pozitivní rodinná anamnéza. Stejně onemocnění se často vyskytuje u pacientových příbuzných, kteří s ním byli v prvním stupni příbuzenství.

Diagnózu rovněž podporuje začátek před 65. rokem věku, také příznaky poškození motorického neuronu - například svalová slabost, fascikulace nebo bulbární obrna.

Zobrazovací metody ukáží převážně postižení čelních, případně předních částí spánkových mozkových laloků. EEG záznam je dlouho téměř normální.

Podkladem FTD jsou tři druhy chorob: 1. nespecifická degenerace čelního mozkového laloku, 2. Pickova nemoc (pomalejší Alzeierner), 3. poškození čelního mozkového laloku které je histologicky totožné s nálezem sub 1., ale spolu s ním se objevují příznaky některého ze skupiny neurologických onemocnění, jimž se souhrnně říká onemocnění motorického neuronu (motor neuron disease). Představitelem této skupiny chorob je poměrně častá **amyotrofická laterální skleróza**.

V prvním případě nespecifické degenerace čelního mozkového laloku se najde atrofie závitů čelní a spánkové kůry, kterou může doprovázet atrofie nc. caudatus, putamen a amygdaly. Histologické změny jsou nespecifické, nicméně nápadné. Najde se numerická i prostá atrofie korových neuronů zejména ve II. a III. vrstvě a zmnožení glie. Histologický obraz Pickovy nemoci je podobný až na to, že se u ní prokazují nápadně balonově zduřené neurony a **Pickova tělíska**, což jsou neuronální inkluze dobře prokazatelné při užití impregnace stříbrem. Na genetický podíl při vzniku části případů poukazuje skutečnost, že ve třech generacích jedné rodiny byla prokázána dominantně dědičná podoba FTD vázaná na mutaci genu v chromozomální oblasti 17q21.

Společné znaky poruch prefrontálních-subkortikálních systémů

Základním společným znakem poruch všech tří systémů je **závislost na prostředí** (environmental dependency). Pacienti stížení poškozením dorzolaterálního systému například dokáží úspěšně okopírovat model. Mají-li jej však nakreslit sami, perseverují (ulpívají) podobně jako v průběhu Wisconsinského testu. Jestliže je jim zrakově předveden nějaký předmět, pojmenují jej, sami však dobře pojmy netvoří. Jsou schopni konkrétní, nikoli abstraktní interpretace metafor. Nejsou schopni invertovat výrok, dokáží však stereotypně recitovat. Pacienti s orbitofrontálním syndromem impulzivně a závisle odpovídají na podněty z prostředí. Jsou schopni naučit se instrukci, nicméně imitují chování druhých lidí, nutkavě užívají předměty ve svém okolí. Pacienti s mediálním frontálním syndromem bývají apatičtí, nicméně odpovědí na instrukci. Předpokládá se, že projevy závislosti na prostředí mohou souviset s poruchou pracovní paměti (Cummings, 1995; Damasio, 1995).

Poškození čelních laloků v dětství. Větší poškození čelních laloků v dětství může mít ještě závažnější důsledky než jejich poškození v dospělosti. Důsledky jsou úměrné rozsahu, na vyvolávající příčině příliš nezáleží.

Příkladem jsou tři pacienti, dvě ženy a muž, vyšetření ve stáří 28, 33 a 24 roků. První žena se vyvíjela normálně do čtyř let, kdy ji srazil automobil. Důsledkem byla zlomenina lebky a bezvědomí trvající 48 hodin. Druhou ženu poškodilo krvácení do prefrontální kůry a bílé

hmoty levého čelního laloku ve věku sedmi let, jehož příčina nebyla objasněna. Po neurochirurgickém výkonu byla žena pět dní v kómatu. Muži byl odsát oboustranný subdurální hematom ve věku sedmi dnů po porodu. Poruchy chování všech pacientů se objevily s časovým odstupem a postupně se prohlubovaly zejména v emoční a sociální oblasti.

Muž, jemuž byl odsát subdurální hematom, i žena, kterou srazil automobil, v dětství na pevně rodičovské a školní vedení odpovídali, nicméně své chování nebyli s to kontrolovat. Psychoterapie ani farmaka jim nepomáhala. Paměť, jazyk ani vizuospaciální schopnosti neměli poškozené, těžce poškozené bylo chování, usuzovací schopnosti a náhled. Chovali se impulzivně, podléhali bezprostředním podnětům. Důsledky svého chování nepředvídali. Nebyli se schopni poučit z negativní zkušenosti nebo trestu. Nikdy netrpěli výčitkami svědomí. Chyběla jim empatie. Vůči svým sociálním kontaktům se chovali zcela bezohledně, přitom se sami cítili obětmi (Price a kol., 1990).

U ženy, kterou postihlo mozkové krvácení z neznámé příčiny, se nejprve objevilo zpomalování školní zralosti. Obtíže se prohloubily v průběhu dospívání, kdy se vytváří pocit identity, sexuální postoje, internalizují se morální a sociální hodnoty. Pacientčin vývoj se v těchto směrech zastavil. V dospělosti se poruchy jejího chování podobaly příznakům pacientů, kteří utrpěli poškození čelních laloků až po skončeném dospívání. V jejím případě byla nápadná náladovost, impulzivita, přitom myšlenková rigidita, interpersonální konflikty, neschopnost poučit se ze zkušenosti, neschopnost rozhodnout se.

MR prokázala poškození BA 9, BA 46 a BA 32 společně s přilehlou bílou hmotou až k přednímu rohu postranní komory včetně poškození bílé hmoty pod BA 45 a BA 24. Pravý čelní lalok poškozen nebyl. SPECT zjistila snížené prokrvení obou čelních laloků (Eslinger a kol., 1992).

Vývoj morální zralosti a empatie (vcítění) závisí do značné míry na schopnosti posoudit vzájemně odlišná a protikladá hlediska a větší počet možností i jejich důsledků, tedy obecně **na pružnosti poznávání**. U pacientů, kteří utrpěli poškození čelních laloků, v dospělosti existuje významná korelace mezi výsledky testů měřících pružnost poznávacích funkcí a mírou empatie. Tato korelace je statisticky významnější při poškození levého čelního laloku (Thatcher, 1991; Grattan a Eslinger, 1989, 1990).

Frontální-subkortikální systémy a osobnost

Vymezení pojmu osobnost je velký počet. Jedno ze světově nejrozšířenějších říká:

Rysy osobnosti jsou trvalé způsoby, jimiž jedinec vnímá, přemýšlí a vztahuje se jak k okolí, tak k sobě samému, přičemž tyto způsoby vnímání, přemýšlení a vztahování se jsou zřejmé v širokém rozsahu významných osobních a sociálních souvislostí. (DSM-IV, 1994)

Osobnost je popisována dimenzionálně. Počet rozměrů osobnosti se diskutuje. Například jeden rozšířený model je pětirozměrný. (tzv. „velká pětka“, Big Five, Costa a McCrae 1992, 1997), jiný je sedmírozměrný (Cloninger a kol., 1993). Součástí všech modelů je základní rozměr extraverte-introverze. Považuje se za kontinuum, na jehož jednom konci jsou sociálně aktivní, asertivní, snadno vzrušitelní jedinci, na konci opačném lidé tiší, zahloubaní do sebe, dávající spíše přednost knihám než lidem.

Vyšetření zdravých extrovertních a introvertních jedinců PET a MR naznačuje, že v korelaci s **introverzí** je krevním průtokem měřená aktivita levé prefrontální kůry (BA 10), pravé prefrontální kůry (BA 11), Brocovy oblasti BA 44, 45 vlevo, střední části levého gyrus cinguli (BA 24), pravé přední inzulární kůry a putamen, pravé přední spánkové kůry (BA 20), předních částí talamu oboustranně a levého hipokampu.

V korelaci s **extraverzí** by mohla být aktivita předních částí gyrus cinguli nejprve oboustranně, pravostranně zadní inzulární kůry, levé amygdaly, pulvinar talamu oboustranně, pravé a levé spánkové kůry (BA 39).

Shrnuto: *Introverze by mohla být v korelaci s aktivitou čelních laloků a předních částí talamů, extraverte snad je v korelaci s aktivitou předních částí gyrus cinguli, spánkových laloků a zadních částí talamů* (Johnson a kol., 1999). Tyto výsledky je nutné chápat jako předběžné, budou vyžadovat ověření.

FRONTOSTRIATOVÝ A FRONTOTALAMICKÝ SYNDROM

Klasická představa přímého a nepřímého zapojení bazálních ganglií (fronto-striato-talamický obvod) je na schématu 5.1. Kůra čelních laloků projikuje do striata. „Přímá“ dráha vede přes nc. caudatus a putamen do komplexu pars interna globus pallidus/substantia nigra, poté do příslušných talamických jader a odtud zpět do místa korového výstupu. Součástí této dráhy jsou dvě excitační a dvě inhibiční projekce, takže se dráha považuje za pozitivní zpětnovazební systém. „Nepřímá“ zapojení rovněž vystupuje z kůry čelních laloků, projikuje do striata, poté do pars externa globus pallidus, do nc. subthalamicus a zpět do kůry čelních laloků. Součástí nepřímého zapojení jsou tři inhibiční okruhy, celek se tedy považuje za negativní zpětnovazební systém.

Současná představa se od klasické odlišuje. Pars externa globus pallidus a nc. subthalamicus se považuje za „nepřímý kontrolní systém bazálních ganglií“. Kůra čelních laloků vysílá do tohoto systému excitační vlákna. Pars externa globus pallidus vysílá přímá vlákna do systému pars interna globus pallidus/substantia nigra. Nepřímý obvod rovněž tlumí činnost talamu, čímž nepřímě tlumí talamo-kortikální spojení.

Na mikrostrukturální úrovni jsou součástí striata drobné jednotlivé útvary, pojmenované striozomy, které obklopuje matrix. Neurony striozomů jsou neurochemicky specializované. Jsou mohutně recipročně propojeny s pars compacta s. nigra, zatímco neurony matrix projikují do pars reticularis s. nigra a do palida. Podle současného výkladu dostávají striozomy vstupy ze zadní („paralimbické“) orbitofrontální kůry a z předních částí gyrus cinguli.

Jejich činnost je součástí negativní zpětnovazebné inhibice hlavních frontálních-subkortikálních systémů (Graybiel, 1990; Eblen a Graybiel, 1995).

Frontostriatové syndromy jsou dány poškozením nebo diskonexí dorzolaterální prefrontální kůry a dorzolaterálních částí nc. caudatus nebo orbitofrontální kůry a ventromediálních částí nc. caudatus, případně poškozením nebo diskonekcí předních částí gyrus cinguli, ventrálního striata a nc. accumbens.

Huntingtonova nemoc

Klasickým příkladem důsledků **poruch všech tří jmenovaných frontostriatových spojů jsou příznaky Huntingtonovy nemoci**. Přibližně **třetina** těchto nemocných trpí **poruchami nálady**, podrážděností, chová se výbušně. Častá je **apatie**. Téměř všichni nemocní dříve nebo později trpí poruchami poznávacích funkcí. Asi v 6 % případů se rozvíjejí příznaky antisociální poruchy. Poruchy chování těchto nemocných odpovídají tíži poruchy látkové výměny v **nc. caudatus**, která odpovídá míře jeho **atrofie**. Projevují se i v případě normální látkové výměny v mozkové kůře (Folstein, 1989; Vonsattel, DiFiglia, 1998). Podobný klinický obraz může být důsledkem oboustranného infarktu nc. caudatus. Příkladem je pacient M. C.

Pacient M. C. - porucha chování v důsledku oboustranného infarktu nc. caudatus. Pacient M. C. (67 let), jehož tato cévní mozková příhoda postihla, byl postižen dezorientací v čase, prostoru i osobou, objevila se nepřiměřeně dobrá nálada, nepřiměřené vtipkování, dezinhibice chování, konfabulace, perseverace, poruchy pozornosti, soustředění a pracovní paměti. Následně se objevovaly výbuchy zuřivosti a násilí, které vyprovokovaly nevelké frustrace. (Petty a kol., 1996). Degos a kol. (1993) popsali starší pacientku s kombinací infarktu přední části levého gyrus cinguli a hlavy pravého nc. caudatus. U pacientky se projeví těžké „frontální“ příznaky: **docilita** (projevuje se nápadnou poslušností a učenlivostí na základě

jakékoli sugesce), snadná rozptýlitelnost, poruchy emotivity, utilizační chování, perseverace a anterográdní amnézie. Velmi pravděpodobně geneticky podmíněná.

Pacienti s Parkinsonovou nemocí. Také pacienty s Parkinsonovou nemocí postihuje porucha frontostriatových systémů také. Jeden z testů považovaných za citlivý vůči funkci čelních laloků užívá třídění šestařiceti obrázků znázorňujících různé druhy jídla, zvířat a domácích potřeb. Nementní pacienti s touto nemocí obrázky roztřídí do menšího počtu kategorií než lidé zdraví (Farma a kol., 1994). Tato kategorie nemocných má rovněž v porovnání s lidmi zdravými horší výsledky ve Wisconsinském testu. Pacienti nejsou schopni dobře plánovat, přičemž paměť ani vizuospaciální funkce poškozené nemají (Gelb a kol., 1999). Analogické neuropsychiatrické poruchy byly doloženy u nemocných postižených mnohočetnou systémovou atrofií, progresivní supranukleární obrnou (Steele-Richardson-Olszewského syndrom) a u blízkých „subkortikálních demencí“ (Koukolík a Jiráček, 1998). Poruchy chování, které jsou důsledkem poškození systému ventromediální striatum - nc. accumbens, jsou známy málo. Podobně jako u nemocných s poškozením přední části gyrus cinguli, byla i v tomto případě zaznamenána apatie a poruchy iniciativy. Neuropsychologické vyšetření takto postiženého nemocného zjistilo neporušenou inteligenci, vizuokonstruktivní schopnosti a slovní plynulost. Objevila se však porucha paměti a konfabulace. Autoptické vyšetření doložilo oboustranné ložiskové postižení rostroventrálních částí globus pallidus, nc. accumbens, septálních jader a Brocova diagonálního proužku (Strub, 1989).

Z těchto pozorování plyne, že důsledky **poškození striata** se do značné míry **podobají důsledkům poškození prefrontální kůry**. Například poškození **dorzálních částí nc. caudatus** se projeví **poruchou výkonnostních** funkcí, například poruchou schopnosti úspěšně řešit úlohy Wisconsinského testu. Poškození ventrálních částí nc. caudatus je podobně jako poškození orbitofrontální a mediální prefrontální kůry ve vztahu k dezinhibici chování.

Poškození globus pallidus

Poškození globus pallidus se projeví stejně jako poškození kortiko-striato-palido-nigrálního obvodu. **Globus pallidus** typicky ničí otrava **oxidem uhelnatým a manganem**, jindy jej poškodí cévní mozková příhoda. Pacienta s oboustranným krvácením do globus pallidus postihla apatie, staženost do sebe, ztráta jakéhokoli zájmu o okolí. Přitom byla zachována inteligence, nicméně bylo sníženo skóre ve Wisconsinském testu a porucha deklarativní paměti. Podobné změny jsou důsledkem nekrózy globus pallidus pi-i otravě oxidem uhelnatým (Strub, 1989; Laplane a kol., 1984). Poškození globus pallidus se tedy projevuje směsí příznaků poruch všech tří výše popsaných obvodů, zejména apatií, ke které někdy přistupuje podrážděnost, poruchami paměti a výkonnostních funkcí.

TALAMICKÉ SYNDROMY

Talamické syndromy se týkají paměti a amnézie, řeči, jazyku a afázie. Mohou vzniknout **poškozením** nebo **diskonekcí projekcí z globus pallidus a s. nigra do talamických jader**, stejně jako poškozením **kortikotalamických spojů**. Do nc. ventralis anterior thalami a nc. dorsalis medialis thalami projikuje dorzolaterální prefrontální a laterální orbitální kůra. Přední cingulární kůra je propojena s některými částmi nc. medialis dorsalis. Gentilini a kol. (1987) popsali osm případů infarktů talamu. U některých pacientů se infarkty v povodí a. paramedialis projeví dysforií, podrážděností, dezinhibicí a sociálně nepřijatelným chováním, poruchami paměti a bulimií. Příznaky se částečně podobají důsledkům poškození orbitofrontálního-subkortikálního obvodu. Dlouhodobé sledování a podrobné neuropsychologické vyšetřování pacienta s oboustranným paramediálním infarktem talamu doložilo poruchu výkonnostních funkcí a paměti i v případě, který popsali Crews a kol. (1996). Neuropsychiatrické poruchy, které jsou důsledkem poškození jednotlivých frontálních subkortikálních obvodů, shrnuje tab. 9.4. Vztah onemocnění bazálních ganglií a poruch chování shrnuje tab. 9.5.

Tabulka. Neuropsychiatrické poruchy, které jsou důsledkem poškození jednotlivých frontálních subkortikálních obvodů (Cummings, 1993)

Systém	Nálada	Osobnost	ONS
Dorzolaterální PF kůra	Deprese	Neznámo	Není
Orbitofront. kůra	Manie	Dezinhibice, podrážd.	Je
Přední cingul. kůra	Beze změn	Apatie	Je
Nc. caudatus	Deprese l,o, manie p,o	Dezinhibice, podrážd.	Je
Nc. accumbens	Beze změn	Apatie	Není
G. pallidus	Neznámo	Apatie	Je
Talamus	Manie p	Apatie, podrážděnost	Není

p= pravá strana, l=levá strana
o= obě strany ONS obsedantně-nutkavý syndrom

Tabulka. Vztah onemocnění bazálních ganglií a poruch chování (Cummings, 1993)

Choroba	Změna osobnosti	Manie	Deprese	ONS	Demence
Parkinsonova	je	není	je	není	je
PSO	neznámo	není	je	neznámo	je
Huntintonova	je	je	je	je	je
Wilsonova	je	je	je	není	je
Neuroakantocytóza	je	je	je	je	je
Fahrova	neznámo	je	je	není	je
Tourettův syndrom	není	není	je	je	není

PSO= progresivní supranukleární obrna, ONS= obsedantně-nutkavý syndrom

Obsedantně-nutkavá porucha

Obsedantně-nutkavá porucha se obvykle začne projevovat postupně v průběhu dospívání nebo rané dospělosti, může však začít i v dětství. Vzácně je začátek náhlý. Průběh je u většiny postižených kolísavý, přibližně 5 % nemocných je postiženo epizodicky. Mezi epizodami jsou příznaky malé nebo žádné. Přibližně u šestiny pacientů se onemocnění postupně zhoršuje. Celoživotní prevalence byla určena ve výši 2,5 % populace, jde tedy o velmi častou chorobu (DSM-IV). Současná metaanalýza devíti prací zjistila šestiměsíční prevalenci obsedantně-nutkavé poruchy 0,7-2,1 %. Ženy jsou postiženy častěji a dříve (Bebbington, 1998).

Onemocnění má genetické pozadí, v některých rodinách se vyskytuje častěji. Jestliže je postižen jeden člen páru jednovaječných dvojčat, je postižen druhý člen páru častěji, než je tomu v případě dvouvaječných dvojčat (Carey a Gottesman, 1981). Kromě genetických příčin se uplatňují i biologické negenetické příčiny: ložiskové poškození mozku postihující bazální ganglia (Berthier a kol., 1996) a imunologické důsledky infekce beta-hemolytickými streptokoky (Swedo, 1994).

Diagnóza se zakládá na zjištění obsesí a nutkavých příznaků. **Obsese jsou opakované přetrvávající myšlenky, impulzy nebo obrazy**, které jsou prožívány jako rušivé, nepřiměřené, **působí úzkost nebo stresují**, přitom nejde o běžné životní starosti. Postižený jedinec se je snaží potlačit jinými myšlenkami, impulzy nebo obrazy, případně je

neutralizovat nějakou akcí nebo přemýšlením o něčem jiném, přičemž ví, že jde o projevy činnosti jeho vlastní mysli, nikoli o něco, co by do něj bylo vkládáno.

Nutkové chování, například mytí rukou, počítání, případně nutkové duševní pochody, jejichž příkladem je opakování slov nebo modliteb, úryvků melodií, je prostředek, jímž pacienti odpovídají na obsese, snižuje míru úzkosti a napětí, je prevencí obávaných situací. Pacienti, s výjimkou postižených dětí, přitom chápou, že jejich chování je nerealistické. Obsese a nutkové

chování i prožívání přitom pacienty zatěžují, spotřebovávají víc než jednu hodinu denně a nepříznivě zasahují do pracovních a osobních vztahů. Obsese a nutkové jevy se přitom netýkají jiného druhu psychiatrického onemocnění, například drog v případě závislosti. Metaanalýza výsledků velkého počtu prací, které při studiu obsedantně-nutkové poruchy užily strukturální a funkční zobrazovací metody mozku, dokázala u části těchto nemocných odchylky ve stavbě bazálních ganglií a vyšší aktivitu orbitofrontální kůry, nc. caudatus, talamu a přední části gyrus cinguli.

Patofyziologický výklad příznaků obsedantně-nutkové poruchy vychází ze současné představy o **fronto-striato-talamickém obvodu**. Podle tohoto výkladu jsou příznaky obsedantně-nutkové poruchy podmíněny poruchou rovnováhy mezi činnostmi přímé (orbitofrontální-subkortikální) a nepřímé dráhy (kontrolního systému bazálních ganglií - pars externa globus pallidus + nc. subthalamicus). „Tonus“ přímé dráhy převyšuje nad „tonem“ nepřímé dráhy. Inhibice pars interna globus pallidus je nižší, důsledkem je vyšší míra talamo-kortikální aktivity. Primární porucha by se mohla týkat striozomů zejména ve ventrálním striatu. V jádru funkční nerovnováhy mezi přímou a nepřímou dráhou by mohlo být jejich vývojové i získané poškození nebo zánik (Saxena a kol., 1998).

Aktivitu systému, jehož dysfunkce se považuje za patofyziologický podklad příznaků obsedantně-nutkové poruchy, mění úspěšná kognitivně-behaviorální terapie. U lidí, jejichž příznaky polevily, významně klesla látková výměna oboustranně v nc. caudatus, orbitofrontální kůře, v pravostranném gyrus cinguli a talamu (Schwartz, 1998).

Gilles de la Tourettův syndrom. Pravděpodobně první, a přitom přesný popis příznaků Tourettova syndromu je v příručce inkvizice z roku 1489, podle níž se diagnostikovalo spojenectví s ďáblem (Maleus maleficarum - Kladivo na čarodějnice). Gilles de la Tourette popsal toto podivuhodné onemocnění r. 1884 (Lajonchere a kol., 1996). Klinické příznaky zahrnují mnohočetné motorické tiky včetně tiků **vokálních**, které se objevují několikrát denně v průběhu alespoň jednoho roku, a to bez remise. Počet, frekvence výskytu i anatomické umístění tiků. jejich složitost a tíže se v průběhu onemocnění mění. Onemocnění začíná před 21. rokem života, tiky se obvykle objevují kolem sedmého roku věku, dříve jen vzácně. Postihují obličej, krk i šíji, paže, trup i končetiny. Kromě vokalizací se u části nemocných objevuje i manýrismus. Pacienti se nutkově dotýkají předmětů, napodobují cizí i vlastní pohyby, nutkově bijí do vlastního těla jsou koprolaličtí a kopropraktičtí, což se projevuje obscénními gesty nebo nutkovými dotyky vlastní i cizí genitální a anální oblasti. V japonské studii (Kano a kol., 1998) bylo vyšetřeno 55 mužů a 9 žen, střední věk pacientů byl 17,4 roku, onemocnění začínalo nejčastěji kolem sedmého roku. Tiky postihující celé tělo byly zjištěny u dvou třetin nemocných, polovinu postihla koprolalie. Hlavní komplikací byla obsedantně-nutková porucha, která byla doložena přibližně u dvou třetin nemocných a ADHD (porucha pozornosti s hyperaktivitou), která postihla 17 % nemocných. U rodičů pacientů byl zjištěn Tourettův syndrom v 1,6 % případů, tiková porucha, která nebyla syndromem, postihovala 7 % rodičů. Frekvence familiárního postižení byla nižší, než je v sestavách ze západních zemí.

Nově se zjišťuje, že frekvence syndromu je zejména v jeho neúplné podobě v dětské populaci vyšší, než určovaly dosavadní údaje. Mason a kol. (1998) určili prevalenci syndromu v populaci třinácti- až čtrnáctiletých dětí ve výši 3 %. Studie rodin, dvojčat i adoptivních dětí

svědčí pro genetický podklad syndromu, nicméně vazbu se zatím určit nepodařilo (Barr a Sandor, 1998). I v případě jednovaječných dvojčat je fenotypická variabilita vysoká. U jednovaječných dvojčat diskordantních pro syndrom byly zjištěny rozdíly v počtu dopaminových D2 receptorů v hlavě nucleus caudatus. Čím byl počet vazebných míst větší, tím byly příznaky těžší (Wolf a kol., 1996).

Školní obtíže dětí postižených syndromem působí v tolerantním prostředí spíše méně často, než společně se vyskytující obsedantně-nutkavá porucha nebo porucha pozornosti s hyperaktivitou (ADHD). Otázku, zda se obsedantně-nutkavá porucha, která se vyskytuje společně s Tourettovým syndromem, liší od stejné poruchy, která se vyskytuje bez tohoto syndromu, řešil Petter a kol. (1998). Skupina zjistila, že se mezi těmito dvěma typy onemocnění dají prokázat sice jemné, ale zřejmé rozdíly. Obsese lidí s Tourettovým syndromem a zároveň obsedantně-nutkavou poruchou byly na rozdíl od lidí stížených pouze poruchou nenásilné, týkaly se zejména vzezření pacienta a potřebou tělesné souměrnosti. Někteří nemocní dokáží své tiky alespoň na čas volně potlačit. Peterson a kol. (1998) porovnali aktivitu mozku pacientů se syndromem měřenou fMR v době, kdy tiky volně potlačovali, s aktivitou v době, kdy jim nechali volný průběh. Čím vyšší byla aktivita v bazálních gangliích a talamech, tím nižší byla aktivita tiků a naopak. Tiková aktivita u Tourettova syndromu tedy podobně jako v případě obsedantně-nutkavé poruchy souvisí s odchylkami činnosti fronto-striato-talamo-kortikálního obvodu.

SOUDOBÉ MODELY PREFRONTÁLNÍCH KOROVÝCH FUNKCÍ

Existuje několik modelů prefrontálních korových funkcí. Všechny se vyvíjejí a mají některé společné znaky.

Stussova a Bensonova behaviorálně-anatomická teorie

Stuss a Benson (1986) rozčlenili funkci čelních laloků do dvou skupin: na DSPK (dorzolaterální prefrontální kůru) je vázáno sekvencování informace (tvorba relevantních časoprostorových řad), tvorba setů (volba relevantních informačních skupin ze sekvencí) a jejich integrace. Na ventromediální prefrontální kůru se váže motivace a vůle. Toto jednoduché členění se považuje za **překonané**.

Norman a Shallice. Norman a Shallice (1986) předpokládají, že prefrontální systémy jsou tvůrcem dvou základních mechanismů monitorujících chování. Jeden z nich (contention scheduler) je činný prostřednictvím automatické a **přímé aktivace (priming) informací** uložených v paměti na základě podnětů z prostředí nebo úvahy. Tento systém automaticky vytvoří správné pořadí akcí, jejichž simultánní průběh by byl konfliktní.

Příkladem činnosti tohoto systému je automatické řízení vozidla: zkušený řidič zastavuje na červenou, rozjíždí se na zelenou, aniž by o svém chování v tomto směru uvažoval.

Druhý mechanismus (supervisor attention system, SAS, systém dohledu) je vyššího řádu.

Provádí supervizi, je činný v mezích pracovní paměti. Dovoluje překročit automatismy předchozího mechanismu. Příkladem jeho činnosti je společensky obvyklé chování v průběhu návštěvy cizí pracovny. Zazvoní-li v ní telefon, nezdvihneme jej, přestože mechanismus předchází by vedl k tomu, že bychom jej zdvihli.

Stuss a kol. (1995) tuto teorii rozvinuli. Vycházejí z představy, podle níž mají kognitivní procesy čtyři složky: 1. kognitivní jednotky (moduly), 2. schémata, 3. tvorba pořadí akcí (contention scheduling), 4. systém dohledu (supervisor attention system, SAS). První tři složky poznávacího procesu se týkají rutinních činností. Systém dohledu (SAS) je **výkonnostní** neboli exekutivní systém, jenž může úměrně okolnostem změnit rutinní, automatizovanou akci na akci nerutinní.

Základní kognitivní operace probíhají v modulech. Příkladem může být zrakový nebo sluchový modul. Činnost modulů je kontrolována schématy. Za schéma se považuje sít propojených neuronů, jejíž činnost je naučená, podobá se rutinnímu programu a je aktivována

vstupem smyslových informací, činností jiných schémat nebo činností systému dohledu. Činnost schématu může za účelem dosažení adekvátní odpovědi na podnět ovlivňovat činnost jiných schémat včetně schémat efektorových. Správnou volbu pořadí akcí (contention scheduling) uskutečňují jednotlivá schémata vzájemnou inhibicí v případě soutěže o kontrolu chování nebo myšlení.

Systém dohledu (SAS) dříve chápaný jako jednotný funkční systém **byl rozčleněn**: soudobá teorie má za to, že jeho činnost schémata **aktivuje, tlumí**, spolupodílí se na řazení činnosti schémat do správného pořadí, sleduje úroveň aktivity schémat a **kontroluje logické procesy** „jestliže - pak“. Stussova a kol. (1995) teorie byla testována na činnosti „předního“ ramene systému pozornosti („systému záměru“, viz Vědomí, pozornost a opomíjení).

Teorie somatických markerů

Damasio a kol. (1991, 1994) jsou tvůrci teorie somatických markerů. Teorie vychází z toho, že k tomu, abychom se naučili vztah mezi některými druhy dožitých situací na straně jedné a emoční odpovědi na straně druhé, je nutná nepoškozená **činnost ventrálních a mediálních částí prefrontální kůry**. **Emoční stav je dán předchozí individuální zkušeností, tedy učením** a pamětí. Emoce se podle této teorie vyjadřují proměnami tělesných stavů, například srdeční činnosti či elektrického kožního napětí. Výsledky emočních stavů jsou v mozku reprezentovány v podobně přechodných změn činnosti zejména somatosenzorických struktur, což je důvod, proč jsou emoční změny zahrnuty do rámcového pojmu „somatický stav“. Do somatického stavu jsou kromě odpovědi pohybového ústrojí **zahrnuty i viscerální** odpovědi a proměny vnitřního prostředí.

Jestliže se **emoční zkušenost opakuje**, pak ventromediální prefrontální kůra, která vytvořila spojení mezi situací, emoční odpovědí a nějakým somatickým stavem, tento **somatický stav reaktivuje**. Reaktivace se může týkat jak „tělesného obvodu“, v tomto případě reagují tělesné orgány a vnitřní prostředí a informace se zpětnovazebně znovu dostává do somatosenzorických struktur, tak obvodu „jako by“ (as if, který se týká jen činnosti mozku, tělesné orgány jsou „vynechány“ a informace se dostávají do somatosenzorických struktur mozku přímo. Výsledky obou mechanismů mohou být vědomé čili explicitní (overt) nebo nevědomé čili implicitní (covert).

Ventromediální prefrontální kůra při řešení těchto problémů úzce **spolupracuje s amygdalou**. Poškození amygdal znamená poškozené rozhodování. Vliv ventromediální prefrontální kůry a vliv amygdal na rozhodování je přitom možné v pokusné situaci oddělit (Bechara a kol., 1999).

Proměny činnosti somatosenzorických struktur mozku, at už dané přímou aktivací paměťového záznamu z mozku kůry nebo nepřímou aktivací prostřednictvím „tělesného obvodu“, at už si je uvědomujeme nebo neuvědomujeme, pomáhají omezit počet možných rozhodnutí. Označí je jako „příjemná“, „neutrální“, „nepříjemná“, případně „dobrá“ a „špatná“. V situacích, jejichž vyústění je nejisté a v nichž je rozhodování podmíněno minulou zkušeností (učením), dovolují efektivní rozhodnutí v krátké době. **Pokud somatické markery nejsou**, jsou si všechna rozhodnutí do značné míry rovna, jejich **vyhodnocení** je tudíž **pomalejší**.

Grafmanova teorie

Uvedené teorie činnosti čelních laloků předpokládají, že jsou symbolické reprezentace vázány v parietálních okcipitálních a temporálních lalocích, zatímco činnost prefrontálních kortexů by se dala metaforicky přirovnat k činnosti operačního systému počítače (autor používá i metaforu marionette operator).

Z těchto teorií podle Grafmana (1995) plyne, že by mezi prefrontálními a retrorolandickými kortexy měly existovat základní neuroanatomické, genetické i molekulárněbiologické rozdíly, které by vysvětlovaly tak zásadní funkční rozdíl, což Grafman považuje za nepravděpodobné. Podle Grafmanova názoru **vyjmenované teorie dobře nevysvětlují, jak zdraví lidé plánují**

(Pea a Hawkins, 1987), tvoří a užívají schémata činnosti (Eldridge a kol., 1994) nebo scénáře budoucí činnosti (Corson, 1990).

Grafman má za to, že prefrontální kortexy reprezentují symbolické operace podobně, jako je reprezentují kortexy retrorolandické. Jeho hypotéza předpokládá existenci jednoduchých „jednotek poznání“ (units of knowledge). Jednotky reprezentují jediný informační soubor, například tvar, umístění v prostoru, druh syntaxe nebo slovo. Autor se domnívá, že v průběhu evoluce jednotky poznání nejprve reprezentovaly jediný znak podnětu. Tuto reprezentaci bylo možné aktivovat jen na velmi krátkou dobu. Ve složitějších mozcích jednotky poznání už reprezentovaly sérii událostí. Reprezentace bylo možné aktivovat na dobu delší. Jednotky poznání (single units) se tedy ve složitějších mozcích mohou uložit ve „složené“ podobě pojmenované komplex uspořádané události (Structured Event Complex, SEC).

Zvláštní, hierarchicky nejvyšší typ SEC, jenž slouží plánování, sociálnímu chování a práci s poznáním, je v Grafmanově hypotéze **manažerská jednotka poznání** (Managerial Knowledge Unit, MKU). Grafman ji definuje jako „strukturovanou množinu událostí uloženou v paměti jako jednotka v podobě propozičních/lingvistických výroků, scén v představách nebo v reálném čase. Tato jednotka je podkladem reprezentací pro plány, mentální soubory, schémata a akce.“

Manažerská jednotka poznání může být i reprezentací osobní fantazie. V tomto případě její definice říká, že jde o „strukturovanou množinu událostí uloženou v paměti jako jednotka v podobě propozičních/lingvistických výroků nebo scén v představách, které jsou reprezentací fantazií“.

Grafmanova hypotéza dokazuje, že manažerské jednotky poznání jsou **vázány na prefrontální kortex** (Grafman, 1994). Mezi manažerskými jednotkami poznání existuje hierarchie. Jsou kategoricky specifické. Reprezentují určité druhy poznání. Paralelní aktivace omezeného množství manažerských jednotek poznání je možná. Testování Grafmanovy hypotézy se začalo provádět tradičními postupy kognitivní neuropsychologie u pacientů s lézemi čelních laloků a pacientů s Alzheimerovou nemocí (Grafman a kol., 1991).

SCHIZOFRENIE

Mimo bipolární poruchy (maniodepresivní psychózy, deprese, viz v oddíle 4. Část speciální) je schizofrenie hlavní psychiatrickou indikací poruch funkce CNS. Schizofrenie je klinický syndrom s **rozičnými projevy**. Je možné, že za rozmanitými projevy tohoto onemocnění je společný patofyziologický proces. V současnosti se však považuje za pravděpodobnější, že jde o **několik procesů**. Každý z nich je příčinou svých klinických projevů (Carpenter a Buchanan, 1994).

K diagnóze schizofrenie se dospívá **vylučovací cestou**. Žádný z klinických příznaků ani výsledky biochemických, neurofyziologických, radiologických nebo dalších druhů vyšetření nemají dostatečnou senzitivitu a specificitu, která se vyžaduje pro jednoznačnou diagnózu. Diagnostická kritéria schizofrenie najdou lékaři v MKN-10 a v DSM-IV.

Epidemiologie. Incidence schizofrenie se ve Spojeném království, Austrálii a skandinávských zemích udává ve výši 0,1-0,2 promile, v Kanadě 0,1 promile, v USA, Irsku a Spolkové republice Německo přibližně 0,3-0,7 promile. Rozdíly mohou být podmíněny odlišně užívanými diagnostickými kritérii.

Tři studie zkoumající epidemiologii schizofrenie organizované Světovou zdravotnickou organizací užily jednotná diagnostická kritéria v deseti státech. Dokázaly, že incidence kolísá jen málo a že je syndrom schizofrenie homogenní. Četnost prvních hospitalizací pro toto onemocnění byla v různých zemích blízká. Nejnižší incidence byla zjištěna v Dánsku (7 případů na 100 tisíc obyvatel), ve Spojeném Království byla dvojnásobná.

Přibližně sto let trvající výzkum epidemiologie dokazuje, že incidence, prevalence a celoživotní jednoprocenní riziko onemocnění schizofrenií v nejrůznějších populacích a

geografických oblastech jsou přibližně stejné. Z některých zejména městských oblastí třetího světa je však hlášen růst počtu případů nových onemocnění.

Značnou pozornost vzbudil názor dokazující, že by se výskyt schizofrenie mohl v současnosti snižovat. Byl založen na statistickém rozboru počtu prvních hospitalizací pro tuto diagnózu v Anglii a Walesu, který jak pro muže, tak pro ženy výrazně poklesl (Der a kol., 1990). Kromě klesajícího výskytu onemocnění se uvažovalo také o možnosti, že schizofrenie má benignější průběh. Zjistilo se však, že podstatně poklesl i počet prvních hospitalizací i pro další druhy psychiatrických onemocnění. V průběhu doby se kromě toho změnila diagnostická kritéria a byla zavedena neuroleptická léčba. Podobný pokles prvních hospitalizací pro schizofrenii a další psychiatrická onemocnění byl hlášen i z dalších zemí.

Procopio a Marriott (1998) znovu analyzovali statistická data týkající se možnosti klesající incidence schizofrenie v Anglii a Walesu ve vztahu ke klesajícímu počtu hospitalizací a sezonalitě porodu těchto nemocných. Potvrdili, že se **schizofrenici** s poněkud vyšší četností **rodí v pozdních zimních a časných jarních měsících**, tedy sezonalitu jejich porodů, a zjistili, že se v průběhu doby tato sezonalita nemění. Z toho soudí, že pokles počtu prvních hospitalizací pro schizofrenii nemá vztah k prevalenci neznámého „sezonního etiologického faktoru“. Takže se buď uplatňuje nesezonní příčina, nebo je pokles počtu prvních hospitalizací pro schizofrenii důsledkem jiných faktorů.

Spíše než o poklesu incidence schizofrenie lze tedy uvažovat o možnosti socioekonomických vlivů, které se snaží omezit počet lůžek i hospitalizovaných a přenést tuto zátěž na obce, a také o vlivu léčby a kvality sledování nemocných (Harrison a Mason, 1993).

Dvou- a třírozměrový model příznaků schizofrenie

Počínaje polovinou minulého století byly příznaky onemocnění později nazvaného schizofrenie tříděny na „pozitivní“ a „negativní“. Předpokládalo se, že pozitivní příznaky jsou důsledkem **zvýšené** činnosti neuronů různých mozkových oblastí, negativní příznaky jsou pak důsledkem jejich činnosti **snížené**. V roce 1980 toto členění využil Crow ke klasifikaci schizofrenie na typ I, jenž se vyznačuje pozitivními příznaky, a typ II s příznaky negativními. Příkladem **pozitivních příznaků** jsou bludy, halucinace, porucha formálního myšlení, bizarní nebo dezorganizované chování.

Příkladem **negativních příznaků** jsou oploštění afektu, ochuzení řeči, apatie, anhedonie (ztráta orgasmu při ejakulaci, hedonický=rozkošnický), asocialita a poruchy pozornosti. Současný výzkum má za to, že dvourozměrové třídění příznaků nedostačuje. Z dlouhodobých prospektivních studií a faktorové analýzy plynou **tři odlišné skupiny příznaků**, které mohou být projevem odlišných patofyziologických procesů, za nimiž jsou odlišné neuronální podklady (Liddle, 1987; Andreasen a kol., 1995).

Rozdělení příznaků schizofrenie:

1. **psychomotorické ochuzení** (psychomotoric poverty), které se projevuje ochuzením řeči i spontánních pohybů, ochuzením expresivních gest, oploštěním afektu, monotónním hlasem, zástavami v řeči a poruchami očního kontaktu;
2. **dezorganizace** (disorganization) daná nepřiměřeným afektem, obsahově chudou řečí, tangencialitou a sklouzáváním výroků, řečovými inkoherencemi a snadnou rozptýlitelností;
3. **distorze skutečnosti** (reality distortion), což jsou bludy a halucinace.

Trojrozměrový model tedy rozložil **pozitivní příznaky do dvou skupin**: příznaků dezorganizace a příznaků psychotických (bludy a halucinace). Exacerbace (nové vzplanutí) a remise (ústup) příznaků probíhají ve skupinách odlišně. Psychomotorické ochuzení (negativní příznaky) bývá stabilní. Příznaky dezorganizace a psychotické příznaky (pozitivní příznaky) jsou stabilní méně, v průběhu onemocnění se oslabují. Proměny příznakových skupin jsou vzájemně nezávislé (Arndt a kol., 1995).

Prodromy schizofrenie (příznaky nastupující nemoci)

U většiny nemocných se dají prokázat prodromy, které předcházejí vypuknutí choroby o mnoho měsíců i let. Začátek schizofrenie může být **náhlý i plíživý**. V druhém případě je prognóza horší. Dojde-li k deterioraci, bývá tomu v průběhu prvních pěti až deseti let choroby, poté je poškození poměrně stabilní. U mužů se bludy a halucinace projevují obvykle mezi 17.-30. rokem, u žen mezi 20.-40. rokem. Poruchy pozornosti a formálního myšlení obvykle sledují výskyt bludů a halucinací. V jemnější podobě se tyto příznaky mohou objevit u biologických příbuzných pacientů. Již v dětství je poměrně často možné u budoucích nemocných vystopovat nízkou míru družnosti a citovosti. U další části pacientů se objeví až po propuknutí choroby.

Rizikové faktory

Z epidemiologických studií vyplynuly ve vztahu k chorobě tři rizikové vlivy: 1. genetické vlivy, 2. porod v pozdních zimních a časných jarních měsících, 3. prenatální a perinatální poruchy.

Genetické vlivy

Předpokládá se, že ke vzniku schizofrenie má vztah odchylka většího počtu genů společně s vlivy prostředí. Způsob přenosu odchýlných genů není znám. „Kandidáty“ zvýšeného rizika schizofrenie jsou některé oblasti šestého a osmého chromozomu, vazba však dokázána nebyla (Moldin a Gottesman, 1997).

Konkordance výskytu schizofrenie u dvouvaječných dvojčat je udávána 14 %, u dvojčat jednovaječných kolem 46-48 %. Pro genetické pozadí schizofrenie svědčí i studie sourozenců a dalších biologických příbuzných pacientů, jakož i výzkum adoptivních dětí. U těch se schizofrenie vyskytuje s vyšší četností v případě, že stejná choroba postihla jejich biologického rodiče (McGuffin a kol., 1995).

Výzkum genetického pozadí schizofrenie je náročný a zatím nepřinesl uspokojivé výsledky. Současné srovnání celého genomu provedené 310 markery mikrosatelitní DNA v souboru 126 lidí ze 43 rodin, kteří byli stíženi onemocněním z okruhu schizofrenie, s přibližně stejným počtem zdravých kontrolních jedinců nezjistilo mezi nemocnými a zdravými lidmi statisticky významné rozdíly. Přesto bylo nalezeno pět chromozomálních oblastí, v nichž byly pro osm markerů zjištěny výsledky, které dosahovaly hladiny statistické významnosti v oblasti chromozomu 2q, 10q a v oblasti chromozomu 4q a 9q. Předpokládá se, že za riziko vývoje schizofrenie pravděpodobně neodpovídá jediný gen. Velikost užitého vzorku neumožňuje dobře určit geny, jejichž vliv je malý, nebo geny, které znamenají riziko choroby jen pro malý počet příslušníků rodiny (Levinson a kol., 1998).

Porod v pozdních zimních a časných jarních měsících

Lidé, u nichž propukla schizofrenie, se o 8-12 % častěji rodí v pozdních zimních a časných jarních měsících (Boyd a kol., 1986). Současné přezkoumání tohoto často se vyskytujícího údaje provedli Mortensen a kol. (1999). Užili Dánský rejstřík občanů zahrnující 1,75 milionu lidí, jejichž matkami byly Dánky narozené v rozpětí let 1935-1978. Tento soubor porovnali s údaji Centrálního dánského psychiatrického rejstříku. Našli 2669 případů schizofrenie mezi členy souboru a další případy schizofrenie mezi jejich rodiči. Riziko, že schizofrenií onemocní jedinec, jehož matka, otec nebo sourozenec jsou schizofrenií postiženi, se v porovnání s lidmi, kteří mezi biologickými rodiči nebo sourozenci schizofrenika neměli, pohybovalo mezi 7-9,3 %. Relativní riziko onemocnění schizofrenií bylo větší v městských než ve venkovských oblastech (kolem 2,4:1). Schizofrenici se narodili nejčastěji v **únoru a březnu**, nejméně často v srpnu a v září. Nejvyšší relativní riziko představuje genetická zátěž, k ní se však může přidat zátěž ze života v městském prostředí a zátěž související s roční dobou, v níž dítě přijde na svět. Proč se schizofrenici rodí častěji v zimních a časných jarních měsících, není jasné. Vyšší výskyt v této roční době vedl k úvaze o možnosti vlivu virového onemocnění, například chřipky a dalších. Vztah mezi výskytem schizofrenie a šestnácti druhy infekčních chorob však potvrzen nebyl (O'Callaghan a kol., 1994). Rovněž nebyl doložen

vztah mezi infekčním onemocněním žen těhotných v druhém trimestru a schizofrenií. Uvádí se, že z nitroděložně se vyvíjejících dětí, které byly vystaveny chřipkové epidemii pět měsíců před porodem, v dospělosti častěji onemocní ženy, nikoli muži (Crow, 1994; Takei a kol., 1994).

Prenatální a perinatální vlivy

Tyto vlivy jsou součástí **neurovývojové hypotézy** schizofrenie, které je věnována zvláštní část. Na možnou souvislost mezi prenatálním poškozením mozku a pozdějším výskytem schizofrenie poukázal objev vyššího výskytu schizofrenie u dětí, které byly v průběhu intrauterinního vývoje vystaveny těžkému hladovění svých matek v průběhu holandské „hladové zimy“. Ta byla důsledkem nacistické okupace, v letech 1944-1945. V tomto souboru jsou postiženy schizofrenií častěji ženy než muži (Susser a kol., 1996).

Dalman a kol. (1999) nově zkoumali vztah perinatálního poškození a riziko vzniku schizofrenie v souboru přibližně půl milionu lidí, kteří se narodili v rozmezí let 1973-1977, u nichž byla diagnostikována schizofrenie v rozmezí let 1987-1995. Nalezli 238 případů onemocnění, takže mezi lidmi, kteří se narodili v uvedeném období, onemocněl přibližně jeden ze dvou tisíc. Za rizikové byly považovány: 1. malnutrice v průběhu fetálního období, 2. krajní porodní nezralost, 3. hypoxické a ischemické poškození mozku. Studie doložila, že rizikem pro vznik schizofrenie jsou všechny tři mechanismy, nejvýznamnější z nich byla preeklampsie (těhotenské onemocnění sotoky, ještě ne křeče) matky sdružená s hypoxickým a ischemickým poškozením mozku.

Systémová neurobiologie schizofrenie

Změny jakých funkčních systémů mozku doprovázejí schizofrenii? Povahu problému přibliží kazuistika jednoho z nejproslulejších pacientů evropské psychiatrie Ernsta Wagnera. V české literatuře popsána pečlivě v knize psychiatra-emigranta J. Vacka „Slavné psychiatrické případy“ (2000)

Ernst Wagner. Ernst Wagner byl vážený a respektovaný učitel ve vesnici nedaleko Stuttgartu. Roku 1913, ve věku osmatřiceti let, ubodal svou manželku a čtyři své děti, zabil osm lidí z vesnice, poranil dalších dvanáct a zapálil několik budov. Při následném psychiatrickém vyšetření se zjistilo, že Wagner trpí dlouhotrvajícími perzekučními bludy, které jej přivedly k masové vraždě lidí, jež považoval za své nepřátele. O Wagnerově případu debatovali psychiatři, kteří letech, jež jsou za jejich jmény, formulovali pojem schizofrenie: Kraepelin (1899), Bleuler (1910/1955), Schneider (1959). Gaupp (1938), jenž Wagnerův případ uveřejnil, stejně jako Kraepelin vyslovil diagnózu „paranoia“. Podle jejich názoru je paranoia patologický, leč pochopitelný vývoj osobnosti podmíněný u predisponovaných lidí klíčovými životními událostmi. Wagner praktikoval dvanáct let před masovou vraždou, které se dopustil, sodomii (nepotvrzeno, F.V.). Celou dobu se cítil pronásledovaný. Paranoii u tomto pojetí charakterizovala nepřítomnost jakéhokoli poškození intelektu, což byl podle Kraepelina klíčový rozdíl oproti dementia praecox neboli schizofrenii. Oba autoři tedy Wagnerovo onemocnění považovali za onemocnění psychologické.

Naproti tomu Schneider vyslovil u Wagnera diagnózu paranoidní schizofrenie a byl přesvědčen, že jeho příznaky mají **biologickou příčinu**. Nedávno se zjistilo, že Wagnerův mozek je součástí dusseldorfské sbírky manželů Vogtových. Dobře zachované sériové řezy ale nebyly nikdy vyšetřeny. Současné vyšetření zjistilo zřejmou vývojovou odchylku v **levém parahipohampálním závitě**, z níž je možné soudit na **poruchu vývoje limbické kůry**. Jiné patologické změny nalezeny nebyly - mozek nebyl atrofický a neměl rozšířené komory (Bogerts, 1997). Otázka, zda vůbec a do jaké míry má tato podle všeho vývojová odchylka vztah k Wagnerovu chování, je předmětem diskuse.

Výzkum schizofrenie je zatížen metodickými problémy a prot není divu, že v současnosti byly popsány tři patofyziologické modely schizofrenie: 1. schizofrenie je nosologická jednotka (nosologie=třídění nemocí) neboli jediná choroba, jejíž jednotný patofyziologický

podklad vytváří několik syndromů (skupin symptomů); 2. schizofrenie je syndrom tvořený několika nozologickými jednotkami, z nichž má každá svůj patofyziologický podklad, který je příčinou různých příznakových skupin; 3. schizofrenii tvoří několik symptomových komplexů, každý z nich má svou vlastní etiopatogenezi (Buchanan a Carpenter, 1994).

Při definování podskupin schizofreniků se užívají **tři přístupy**: 1. rizikové faktory, například pozitivní vs. negativní rodinná anamnéza, 2. fyziologické markery, například oční pohyby, 3. seskupení příznaků, například negativní vs. pozitivní příznaky. Každý z těchto přístupů má svá omezení (Carpenter a kol., 1993).

Například rizikové faktory jsou stochastické (pravděpodobné, náhodné), týkají se populací, nikoli jednotlivých lidí. V jednotlivém případě nelze říci, zda vyšetřovaný jedinec je, nebo není jejich nositelem. Situace změny případný objev jednoznačného genetického markeru.

Většinu neuropatologických studií zatěžuje malý počet vyšetřených případů, takže zjištění statistické významnosti pozorovaných změn je problematické (jsou málo „robustní“).

Většina studií se shodla, že **schizofreniky je možné rozčlenit podle tří příznakových komplexů**: psychomotorického ochuzení (negativní příznaky), dezorganizace a distorze skutečnosti (bludy a halucinace). Z toho plyne, že je vhodné zkoumat skupiny podle těchto příznakových komplexů, nikoli na základě diagnózy „schizofrenie“.

Dále je nutné mít na mysli rozdíl mezi primárními a sekundárními psychopatologickými příznaky, rozdíl mezi „state“ a „trait“ i rozdíl mezi kontinuálními a kategorickými proměnnými. V prvním případě je například nutné bezpečně odlišit, zda jsou pozorované halucinace nebo negativní příznaky skutečně příznakem schizofrenie, a nikoli příznakem jiného onemocnění nebo otravy. V druhém případě se často, možná však chybně, uvádí do vztahu s příznakem schizofrenie nějaký anatomický znak odvozený z neurovývojové hypotézy onemocnění, například odchylky mediálních částí spánkového laloku (state) ke sluchovým halucinacím (trait), přičemž se opomíjí klinický vývoj onemocnění. V tomto případě je nutné ve vztahu k odchylkám mediálních částí spánkového laloku vyšetřit skupinu pacientů, kteří sluchové halucinace mají, a skupinu pacientů, kteří je nemají (Buchanan a Carpenter, 1997).

Funkční anatomie schizofrenie

Neuropatologické změny, které doprovázejí schizofrenii, se zkoumají déle než sto let. Výsledky jsou poměrně chudé a často rozporné. Na druhé straně z nich plyne, že je možné zamítnout hypotézu považující schizofrenii za čistě „funkční onemocnění“, které nemá anatomický korelát. Stručný souhrn (Harrison, 1999) říká, že schizofrenii **doprovází rozšíření mozkových komor a pokles objemu mozkové kůry** včetně hipokampální formace. Tyto anatomické změny charakterizují schizofrenii bez ohledu na její podtyp a prokazují se u neléčených pacientů stížených první atakou choroby.

Za prokázanou lze snad považovat i **poruchu fyziologické asymetrie mozku**. Poklesu objemu kůry odpovídá **pokles objemu neuropilu**, tedy poškození dendritických systémů a synapsí. Zmenšení neuronálních těl a numerická atrofie neuronů se neproказuje, výjimkou je mediodorzální jádro talamu, kde je méně neuronů, které jsou kromě toho i menší (numerická i prostá atrofie).

Vztah mezi doloženými makroskopickými a mikroskopickými změnami mozku a změnami systémů nervových přenašečů je zatím nejasný, stejně jako význam nalézáných poruch architektury entorhinální kůry a hipokampu.

Glióza (náhrada neuronů glií při degeneraci) ve změněných oblastech není, což podporuje, leč nedokazuje názor, podle kterého je schizofrenie neurovývojové onemocnění. Vyšetřování funkčními metodami dokládá poruchu prefrontálních - subkortikálních a prefrontálních - hipokampálních systémů. Důvod poškození kognitivních funkcí, které často schizofrenii doprovází, není jasný.

Schizofrenici mají menší jak celý mozek, tak jeho některé části. Současná metaanalýza čtyřiceti anatomických studií mozků schizofreniků, které k měření objemu mozku a jeho částí užily MR, zjistila v porovnání s mozky zdravých lidí u nemocných zmenšení objemu celého mozku o 3 %, levého spánkového laloku o 6 %, pravého spánkového laloku o 9,5 %, zmenšení komplexu amygdala/hipokampální formace o 6,5 % vlevo a 5,5 % vpravo, rozšíření postranních komor o 44 % vlevo a 36 % vpravo, přičemž rozšíření bylo největší v jejich týlních rozích. U mužů bylo zjištěno zmenšení parahipokampálních závitů vlevo o 14, vpravo o 9 %. Jen malý počet prací se věnoval výlučně ženám (Lawrie a Abukmeil, 1998).

K podobnému závěru dospěla studie MR, která porovnávala objem mozku u schizofreniků v první atace onemocnění s objemem mozku jejich biologických příbuzných v prvním a druhém stupni příbuzenství ve věku 16-25 let, tedy lidí vystavených riziku, že schizofrenií onemocní také, a objemem mozku lidí zdravých. V mozcích lidí s první atakou onemocnění byl nalezen v porovnání s lidmi zdravými oboustranně menší komplex amygdala-hipokampus, zmenšení u jejich biologických příbuzných bylo zřejmé, ale nikoli tak výrazné. Analogické rozdíly byly zjištěny co do objemu talamů. Míra statistické významnosti rozdílu mezi skupinami však byla relativně malá (Lawrie a kol, 1999). Význam tohoto objevu bude ve větším rozsahu znám v průběhu přibližně příštích deseti let, v jejichž průběhu schizofrenie propukne u desítek biologických příbuzných současných pacientů.

K analogickému závěru dospěli Sharma a kol. (1998). Skupina vyšetřila 31 lidí se schizofrenií, 57 jejich příbuzných, 39 zdravých lidí sloužilo jako kontrolní skupina. V obraze MR měli schizofrenici menší celý mozek i mozeček a větší postranní mozkové komory, než měli jejich příbuzní a lidé z kontrolní skupiny. Klinicky nepostížení příbuzní pacientů měli mozek změněný kvalitativně stejně jako schizofrenici, co do kvantity však bylo jejich postižení menší. Podobné rozdíly, jako jsou mezi mozky schizofreniků a mozky jejich klinicky nepostížených příbuzných, byly zjištěny mezi nepostíženými příbuznými a zdravými kontrolními jedinci. Co do anatomických změn tedy existuje (možná přerušované) „kontinuum“: schizofrenici - jejich klinicky nepostížení příbuzní - kontrolní zdraví jedinci, kteří nemají schizofrenního příbuzného.

Prefrontální kůra a corpus callosum

Buchanan a kol. (1998), kteří navázali na několik desítek starších studií, dokázali u osmnácti schizofreniků selektivní zmenšení objemu levostranné i pravostranné dolní prefrontální kůry v obraze MR. Tuto oblast vymezili jako plochu mezi sulcus precentralis, sulcus frontalis inferior, horizontálním ramenem Sylviovy rýhy a sulcus frontoorbitalis. Objem kůry horních, středních a orbitálních prefrontálních korových oblastí podle této studie změněn nebyl. Kromě zmenšení objemu této korové oblasti bylo zjištěno zmenšení celkové prefrontální bílé hmoty a celkového objemu čelních laloků.

Problémem všech anatomických prací, které neutily stereologické metody (stereologie=matematicko-histologická metoda pro co nejpřesnější prostorové a kvantitativní výpočty množství a distribuci buněčných a jiných elementů v tkáních) je zátěž artefakty, které jsou pravděpodobným důvodem rozporuplných výsledků. Část studií změny neuronální denzity v prefrontální kůře schizofreniků nenašla, další část prací našla její vzrůst, třetí část zjistila pokles. Na rozdíl od rozporných výsledků, týkajících se počtu neuronů v prefrontální kůře, všechny studie se shodují ve zjištění normální denzity gliových buněk.

Stereologické vyšetření prefrontální kůry v BA 9, což je postup, jenž do značné míry odstraňuje zkreslení, která doprovázela užití klasických metod počítání neuronů, našlo zúžení a abnormálně vysokou hustotu neuronů zejména v V., ale i v I.-III. vrstvě. Podobné zvýšení denzity neuronů bylo zjištěno v BA 46 a v primární zrakové kůře.

Vzrůst denzity neuronů v V. a III. vrstvě odpovídá zmenšení objemu prefrontální kůry zjištěnému MR a poškození kortikokortikálních a kortikostriátových spojení. Korové zúžení

je patrně podmíněno zmenšeným objemem neuropilu, prostoru mezi neuronálními těly, vyplněnému dendrity a axony jak místních, tak vzdálených neuronů (Selemon a kol., 1995). Poškození neuropilu v čelní a spánkové kůře třinácti nemocných s chronickou schizofrenií prokázali Garey a kol. (1998). Zjišťovali denzitu dendritických spin, což jsou postsynaptické části axo-spino-dendritických synapsí, ve III. korové vrstvě. V porovnání se stejnými oblastmi lidí zdravých dokázali u schizofreniků statisticky vysoce významný pokles jejich počtu. Tento nálezný vysvětluje zmenšování objemu mozkové kůry, které není sledováno poklesem počtu neuronů.

Anatomické nálezy v mozkové kůře schizofreniků odpovídají chemickým změnám, například posunu od anabolických ke katabolickým membránovým fosfolipidům v kůře neléčených i neurolepticky léčených schizofreniků, zjištěným magnetickou rezonanční spektroskopií; kromě toho odpovídají poklesu množství posílčkové RNA (messenger RNA, mRNA) a kompenzačnímu zvýšení exprese NR2, podjednotky N-metyl D-aspartátového receptoru (NMDA), které je důsledkem hypoaktivity NMDA informačního přenosu. Posledně jmenovaná změna byla zjištěna jen v prefrontální kůře schizofreniků, v jejich kůře temenní, spánkové ani mozečkové zjištěna nebyla (Akbarian a kol., 1996).

Na poškození prefrontální kůry schizofreniků poukazuje pokles krevního průtoku měřený PET v průběhu zátěže kognitivními úlohami a také výsledky neuropsychologického a neurofyziologického vyšetřování. Pacienti s „organickým“ poškozením prefrontální kůry mají například podobně nízké skóre v testu setrvalého výkonu jako pacienti se schizofrenií, podobně je tomu s výsledky Wisconsinského testu i testu Londýnská věž. I přes svou formální rozdílnost vyžadují všechny tyto testy nedotčenou činnost pracovní paměti. U schizofreniků byla doložena porucha vizuospeciální pracovní paměti i porucha schopnosti porovnat dva tóny, které zazní v rozpětí 300 ms, zatímco porovnání dvou tónů bez pauzy je zachováno. Porucha pracovní paměti pro zvuky by mohla mít vztah k poruše jazyka a řeči (Goldman-Rakic a Selemon, 1997).

Hypofrontalita schizofrenických nemocných

Hypofrontalita je pojem užívaný pro **nižší míru aktivace čelní kůry** schizofreniků zatížených kognitivními úlohami, zjišťovanou funkčními zobrazovacími metodami. Část těchto studií zjistila nižší míru aktivace zejména levé dorzolaterální prefrontální kůry, jejíž aktivita doprovází volní rozhodnutí zdravých lidí.

Příkladem je vyšetřování činnosti mozku doprovázející jednoduché volní rozhodnutí.

Dobrovolníci se rozhodovali, kterým ze dvou prstů pohnout. Funkční magnetická rezonance doložila, že se v průběhu tohoto rozhodování aktivuje dorzolaterální prefrontální kůra, podobně jako se v testu slovní plynulosti (verbal fluency test), jehož složkou je volní rozhodování, aktivuje část Brocovy oblasti (Hyder a kol., 1997). Poškození dorzolaterální prefrontální kůry tedy může, kromě jiného, znamenat poškození volních rozhodnutí.

Spence a kol. (1998) v nové studii, která užila PET, v rozestupu několika týdnů vyšetřili třináct schizofrenických mužů a šest mužů zdravých. Nemocní muži byli při prvním vyšetření postiženi relapsem symptomatologie. U zdravých lidí se při zátěži kognitivní úlohou (volba pohybu) výrazně aktivovala levostranná DPFK, u schizofreniků postižených relapsem příznaků se tato oblast aktivovala podstatně méně. Jakmile jejich příznaky odezněly, navrátila se míra aktivace jejich dorzolaterální prefrontální kůry k míře obvyklé u lidí zdravých.

Hypofrontalitu schizofreniků prokázal i test slovní plynulosti, v jehož průběhu byla námaha čelní kůry sledována fMR. Test má řadu podob, vyšetřování lidé při něm tvoří slova na základě nápovědy dané několika písmeny. U zdravých lidí se v průběhu testu namáhá levostranná prefrontální kůra, oboustranně inzula, doplňková motorická kůra a střední části temenní kůry. U schizofreniků se podstatně **méně aktivuje levostranná dorzolaterální prefrontální kůra a dolní čelní závit**, zatímco výrazně **stoupá aktivita středních úseků kůry temenní** (Curtis a kol., 1998).

Změny gyrus cinguli a corpus callosum

V kůře přední části gyrus cinguli byl u schizofreniků zjištěn pokles počtu malých interneuronů ve vrstvě IL-VL, dále abnormální uspořádání skupiny neuronů ve vrstvě II. Zdejší neuronální „ostrůvky“ byly menší než u lidí zdravých, prostory mezi nimi byly větší. Z toho je možné soudit na anomální uspořádání nervových vláken pocházejících z opačné hemisféry a procházejících corpus callosum.

Možnosti tohoto druhu postižení nasvědčuje i opakované zjištění **rozdílu ve tvaru a počtu vláken corpus callosum**. Anatomická studie (Higley a kol., 1999) vyšetřila corpus callosum schizofrenních mužů a žen a porovnávala jak jeho velikost, tak počet jeho vláken s nálezem u zdravých lidí. Zdravé ženy mají s výjimkou zadní střední části a splenia v corpus callosum větší počet nervových vláken než zdraví muži. U schizofreniků tomu bylo opačně. U schizofrenních žen klesá počet nervových vláken ve všech částech corpus callosum s výjimkou nejpřednější oblasti (rostrum). Velikost příčného průřezu corpus callosum u schizofreniků obojího pohlaví v porovnání se zdravými lidmi klesá, tento stav je důsledkem zmenšení celého mozku.

Přední část gyrus cinguli je součástí frontálního systému pozornosti (viz kapitola Vědomí, pozornost a opomíjení). Při vyšetřování pozornosti se často užívá **Stroopův test**. V jeho průběhu čtou pacienti slova vyjadřující barvu, která mohou být vytištěna barvou odlišnou, například slovo „červený“ je vytištěno modře. Úkolem je správně pojmenovat barvu, kterou je slovo vytištěno. Jestliže je při schizofrenii kromě jiného postižena tato část mozkové kůry, měli by nemocní v průběhu tohoto testu dělat větší počet chyb a aktivace přední části gyrus cinguli by mohla být odlišná. Carter a kol. (1997) vyšetřili PET v průběhu Stroopova testu schizofreniky a zdravé lidi. Schizofrenici dělali v průběhu testu větší počet chyb než lidé zdraví a jejich gyrus cinguli se v případech, kdy barva slova neodpovídala jeho obsahu, aktivovala méně než u zdravých lidí.

Porucha formálního myšlení schizofreniků odpovídá poruše sémantického systému sémantický systém je u diferencovaných praváků vázán na rozsáhlé části levého týlního spánkového a čelního laloku. Od Bleulerových dob se za klíčový příznak schizofrenie považuje porucha formálního myšlení. Definiuje ji nesprávné užívání významů slov a jejich vztahů. Projevuje se rozvolněním asociací, irelevantními odpověďmi, ztrátou myšlenkové linie, vnitřní nelogičností. Při těžší poruše formálního myšlení dělá pacientova řeč inkohereční dojem. Porucha formálního myšlení může být jak výrazem poruchy pracovní paměti, tak výrazem poruchy sémantického systému.

Goldberg a kol. (1998) a Alois a kol. (1998) proto vyšetřili třiatdvacet schizofreniků a stejný počet lidí zdravých souborem neuropsychologických testů stěžujících jak jejich výkonnostní, tak jazykové i řečové funkce včetně zátěže sémantického systému. U deseti nemocných byla diagnostikována lehká, u třinácti těžká porucha formálního myšlení. Nemocné od zdravých odlišovaly výsledky ve všech užitých testech, nicméně rozdíly mezi lehce a těžce postiženou skupinou schizofreniků byly zjištěny jen v testu slovní plynulosti. Vývoj poruchy formálního myšlení plyne z nízkého skóre v tomto testu a nízkého skóre v Peabodyho testu, jenž spočívá v pojmenovávání objektů na obrázcích a zatěžuje sémantický systém.

Lze předpokládat, že pacienti s těžší poruchou formálního myšlení mají poruchu činnosti sémantického systému, případně jim může chybět sémantická databáze, což by byl stav totožný se sémantickou demencí. Experiment využívající priming (spěšná instrukce, podněcování, instrukce předem) dokládá, že pravděpodobným mechanismem poruchy formálního myšlení u schizofrenie je odchylka aktivace nebo facilitace sémantického systému.

McGuire a kol. (1998) korelovali formální myšlení u schizofreniků s aktivitou mozku měřenou PET. Míra dezorganizace řeči považovaná za projev poruchy formálního myšlení byla v záporné korelaci s mírou aktivace dolní celní kůry i s mírou aktivace kůry přední části

gyrus cinguli a levostranné horní spánkové kůry. Pozitivní korelace byla zjištěna s mírou aktivity pravého nc. caudatus a s oboustrannou aktivitou gyrus parahippocampalis a přední části gyrus fusiformis. Celkové množství slovní produkce bez ohledu na poruchu formálního myšlení bylo úměrné míře aktivity klasických řečových oblastí - levostranné dolní čelní a horní spánkové kůry. Z toho plyne, že tíže poruchy formálního myšlení je úměrná poklesu aktivity korových oblastí, které řídí a sledují tvorbu mluvené meči.

Sluchové halucinace

Jedním z nejčastějších psychotických příznaků schizofrenie jsou **sluchové, velmi často slovní halucinace**. Jejich teoretický výklad říká, že může jít buď o výsledek „dezinhibice“ řečové sluchové kůry v důsledku sníženého senzorického vstupu, nebo o důsledek abnormální korové „iritace“ v oblastech souvisejících se slovní pamětí.

Modelem patofyziologického výkladu sluchových halucinací jsou klinické zkušenosti s halucinacemi zrakovými. Podobně jako v tomto případě je možné i sluchové halucinace vyložit buď „dezinhibicí“, nebo „iritací“ příslušných korových oblastí (David, 1999).

Nástup aktivace při prožívání sluchových halucinací v primární sluchové kůře a odeznění této aktivace, které odpovídalo odeznění halucinací, prokázali u paranoidních schizofreniků fMR Dierks a kol. (1999).

Sluchové slovní halucinace se podařilo modelovat **umělou neuronální sítí**. Její částečná „diskonexe“ nebo porucha monoaminové „modulace“ způsobila „řečové halucinace“. Model byl ověřen u schizofrenních pacientů pokusem, při němž bylo úkolem sledovat mluvené vyprávění, jehož zřetelnost byla snižována větším počtem hlasů, které mluvily jeden přes druhého. U pacientů se sluchovými halucinacemi se projevila porucha řečového vnímání a percepční iluze, které je odlišovaly od pacientů, kteří sluchové halucinace neměli, a od lidí zdravých. Sluchové halucinace tedy vznikají v souvislosti s anomální činností sluchové slovní neuronální sítě (Hoffman, 1999).

Jaká je vlastně aktivita sluchové kůry, naslouchají-li zdraví lidé vlastnímu čtení nahlas a čtou-li tiše, zatímco stejná slova odříkává hlas někoho jiného? McGuire a kol. (1996) těmito úlohami zatížili šest zdravých mužů, diferencovaných praváků. Činnost jejich mozku v průběhu zátěže sledovali PET. Zjistili, že naslouchání vlastní řeči aktivuje stejné spánkové korové oblasti jako naslouchání řeči jiného člověka, monitorování vlastní řeči aktivuje řečové sluchové oblasti oboustranně. Zkreslení vlastní řeči, například zvýšením tónů, se projevilo oboustrannou aktivací středních částí spánkové kůry, aktivace byla vyšší napravo než nalevo. Sluchová kůra byla proto u schizofreniků vyšetřována opakovaně jak funkčními, tak strukturálními zobrazovacími metodami. Woodruff a kol. (1997) vyšetřili tuto mozkovou oblast fMR u schizofreniků, kteří sluchovými halucinacemi v minulosti trpěli, schizofreniků, kteří jimi nikdy netrpěli, a u lidí zdravých. Pacienti se sluchovými halucinacemi byli vyšetřeni jak v době, kdy je prožívali, tak v období, kdy je neměli. V porovnání s lidmi zdravými vedla zátěž sluchové kůry řečí, kterou schizofrenici poslouchali, u obou jejich skupin k nižší aktivaci levého horního spánkového závitu a vyšší aktivaci pravého středního spánkového závitu. Mezi oběma skupinami nemocných nebyly co do míry aktivace zjištěny rozdíly. Nález svědčí pro anomální lateralizaci řečové kůry.

Neurovývojová hypotéza

Neurovývojová hypotéza schizofrenie formulovaná v posledních deseti letech v řadě prací obsahuje následující předpoklady (Weinberger, 1987; Roberts, 1991; Benes, 1997):

1. primárním patogenetickým poškozením je zas raná porucha vývoje vznikající v prenatálním nebo perinatálním vývojovém období;
2. účinek vyvolávající příčiny je krátkodobý, v principu je tedy statický; 3. klinické důsledky tohoto poškození jsou dlouhodobě latentní. Problémem této podoby hypotézy je nález dost značného rozšíření mozkových komor některých schizofreniků, který předpokládanému jemnému poškození neodpovídá, dlouhá latence choroby, která propuká na konci dospívání a

v rané dospělosti a je u části nemocných progresivní s deteriorací, nejde tedy o statický proces.

Woods (1998) proto předpokládá, že schizofrenie je **vývojové onemocnění s progresí**, za níž může být nadměrná apoptóza, která na rozdíl od nekrózy po sobě nezanechává gliózu (Altman, 1997). Možnost geneticky podmíněné nadměrné apoptózy coby mechanismu ztráty neuronů dokládají pokusné modely jak hlístice oblé (*Caenorhabditis elegans*), tak genově „knock-out“ myši (Stellar, 1995; Deckwerth, 1996).

Druhým mechanismem, jenž se může uplatňovat současně s nadměrnou apoptózou, může být **zachování synaptických systémů, které měly vymizet** (Feinberg, 1982/1983).

Následuje odchýlné zapojování neuronálních oblastí, které je důsledkem neuronální plasticity. Podle této hypotézy jsou u schizofreniků rozsáhlé oblasti frontální i temporolimbické kůry jednak odchýlně zapojeny, jednak diskonektovány, a to včetně striata a talamu (Friston, 1999; Stevens, 1997).

Zajímavou a intenzivně diskutovanou patogenetickou hypotézu schizofrenie vyslovil opakovaně Crow (1997). Je přesvědčen, že vznik schizofrenie evolučně souvisí se vznikem jazyka a poruchou funkční asymetrie hemisfér (viz kapitoly Pravý a levý mozek). Před jednou generací byl vysloven okřídlený, často opakovaný výrok sdělující, že schizofrenie je „hřbitovem neuropatologů“. Ze současných výsledků je zřejmé, že toto tvrzení **neplatí**. Na druhé straně je stejně zřejmé, že si skutečné pochopení povahy schizofrenie vyžádá další velké a dlouhodobé úsilí.

Neurobiologický základ vědomí

Je nutné upozornit na terminologické problémy (Young a Pigott, 1999): V mezinárodní literatuře se pojem *sensation-perception* užívá pro rozlišování počitků, například zrakových nebo sluchových. Podkladem je činnost sensorických funkčních systémů včetně jejich korových oblastí. Pojem *alertness* se užívá pro **vědomí ve smyslu bdělosti**, jehož podkladem je činnost **tegmenta horní části mozkového kmene, talamických jader střední čáry a jader intralaminárních včetně jejich projekcí do mozkové kůry**.

Pojem *attention* se užívá pro vědomí ve smyslu **(zaměřené) pozornosti**, jehož funkční systém tvoří **retikulární formace středního mozku, coliculi superiores, anteromediální a parafascikulární talamická jádra, přední část gyrus cinguli a dorzolaterální prefrontální kůra**.

Pojem *awareness* znamená „vyšší vědomí“, „vědomí o vědomí“, jehož podkladem je činnost systémů tvořených korovými a podkorovými strukturami, talamokortikálními obvody s propojením na limbický systém.

Součástí „vědomí“ jsou i výkonnostní (exekutivní) funkce, jejichž podkladem je činnost prefrontálních subkortikálních obvodů, a motivace/vůle, jejichž podkladem je činnost prefrontálních-subkortikálních a limbických obvodů.

„Vědomí“ si samozřejmě nelze představit bez paměti pracovní, deklarativní a souboru implicitních pamětí.

Pojem *awareness* se kromě toho užívá promíšeně s pojmem *consciousness*, oba znamenají „vědomí o vědomí“, například vědomí o zrakovém vědomí („vím, že vidím“), někdy sebeuvědomování, pro něž se však současně užívá pojem *mind*. Část mezinárodně publikujících autorů považuje pojmy *awareness* a *consciousness* za totožné, část nepřímo naznačuje rozdíl, který však nebývá přesně specifikován.

Pojem *soul* znamená duše a je užíván v náboženském smyslu jako nebiblická, řecká představa nesmrtelné substance.

Spánek se pak dá považovat za fyziologickou odchylku vědomí ve smyslu bdělosti (*alertness*), **anestezie** je jeho odchylkou navozenou uměle, patologickými stavy jsou různé hluboké stupně bezvědomí označované *somnolence*, *sopor* a *kóma*. V průběhu anestezie se však mění i další „typy“ vědomí.

Fiset a kol. (1999) podali pěti zdravým dobrovolníkům anestetikum propofol. Činnost jejich mozku po podání propofolu vyšetřili PET v průběhu postupné ztráty vědomí (lehká sedace, střední sedace a bezvědomí definované tím, že dobrovolníci přestali odpovídat na slovní instrukci. V průběhu anestezie klesá průtok krve celým mozkem. Nadto se objevil rozsáhlý pokles krevního průtoku v mediálních částech talamů, v cuneu a precuneu, v zadní části cingulárních závitů, kůře spodní plochy čelních laloků (orbitofrontální) a v pravém gyrus angularis. Kromě toho byla podle očekávání zjištěna kovariace krevního průtoku ve středním mozku a v talamech. Propofol tedy ovlivňuje funkční systémy, jejichž činnost podmiňuje probouzecké reakce, autonomní kontrolu a asociativní funkce.

Za poruchu vědomí ve smyslu awareness se považují například opomíjení (neglect), prosopagnozie a cerebrální achromatopsie. Opomíjení lze současně považovat za projev poruchy orientované pozornosti (oriented attention).

Za projev jednoduchého awareness se považuje vědomí o jednoduchých smyslových podnětech (vím, že něco cítím, vidím, slyším...), stejně jako vědomí symbolických reprezentací, které například umožňuje identifikovat vlastní dům a podobně. Kromě toho existuje awareness stavů, jako jsou hlad, žízeň, únava, sexuální touha. Pro vědomé vyvolání epizodických i sémantických informací z paměti, volní výběrové akce, volně navozené představy se užívá pojem conscious recall atd. Pro uvažování, sebekontrolu, často i pro volní akty se opět užívá pojem higher awareness (Covey, 1997), případně cohsciousness, stejně jako pojem minul.

Crickův a Kochův model zrakového vědomí

Crick a Koch (1998) vycházejí z toho, že v každém okamžiku koreluje stav vědomí ve smyslu consciousness činnost některých neuronálních skupin mozku, zatímco činnost skupin jiných jej nekoreluje. Pochopit vědomí tedy znamená zjistit, jaký je mezi těmito skupinami rozdíl. Pojem vědomí v této kapitole odpovídá pojmu consciousness.

Crick a Koch s ohledem na stav poznání této problematiky navrhují následující „předběžnou dohodu“:

1. V současnosti se o přesnou definici vědomí nepokoušet, byla by předčasná, takže by mohla být zavádějící nebo omezující.
2. Některé druhy zvířat, zejména vyšší savci, nositeli některých znaků vědomí jsou, nikoli však znaků všech. V tomto stupni poznání nemá smysl hovořit o vědomí u vývojově nižších živočichů, například chobotnic a hmyzu. Ze stejného důvodu nemá smysl mluvit o tom, zda je nositelem „svého“ vědomí nějaká část mozku nebo míchy.
3. Existuje řada podob vědomí, například zrakové, sluchové a další. Sebeuvědomování lze považovat za jejich zvláštní případ, jeho zkoumání by se v současnosti mělo ponechat stranou, protože nejde pokusně modelovat, například na opici. Nejvhodnější pro výzkum je podle jejich názoru zrakové vědomí („vím, že vidím“).

Na otázku, proč vlastně máme zrakové vědomí, autoři (Crick a Koch, 1995) odpovídají, že obstarává nejlepší aktuální interpretaci zrakového pole ve vztahu k minulé zkušenosti kódované buď učením v neuronální paměti, anebo v genetické paměti druhu, která příslušné části mozku vytvořila, a zároveň tuto interpretaci dodává na dostatečně dlouhou dobu dalším částem mozku, které mohou uvážit volní hybnou reakci nebo řečový projev.

Být si zrakově vědom nějakého předmětu nebo akce znamená mnohaúrovňovou, explicitní a symbolickou interpretaci příslušné oblasti zrakového pole.

Pojem **mnohaúrovňová interpretace** znamená činnost hierarchicky uspořádaných korových oblastí zrakového systému, které zpracovávají nejprve jednoduché podněty, jako jsou čáry, úhly, postupně zpracovávají podněty komplexnější, jako jsou tváře.

Pojem explicitní odpovídá činnosti malé skupiny neuronů, jejichž činnost rámcově reprezentuje nějaký aspekt zrakové scény, například tvář, nicméně odpoví i na předměty, které jsou tváří podobné, například na „tvář“ budíku. Crick a Koch předpokládají, že by tyto

neurony mohly být jednoho typu, například by to mohly být pyramidové neurony v jedné (například V.) vrstvě nebo podvrstvě kůry, jejich skupinky by neměly být vzájemně příliš vzdáleny a měly by projekovat na jedno místo. Destrukce takové neuronální skupiny znamená, že postižený jedinec nerozliší tvář, byt rozliší jednotlivé části tváře, například nos nebo ústa. V tomto ohledu je činnost gangliových buněk sítnice na rozdíl od činnosti korových zrakových neuronů implicitní - obsahuje všechny informace o pozorované tváři. Počet neuronů, jejichž činnost je nutná k explicitní reprezentaci jednoho aspektu zrakového pole, se odhaduje na 100 až 1000.

Většinu neuronální činnosti nutné pro vznik reprezentace je možné považovat za výpočetní činnost (computation) nutnou pro vytvoření nejlepší možné interpretace zrakového pole. Reprezentace sama je pak souborem výsledků této výpočetní činnosti, je interpretací zrakového pole, tím, čeho jsme si vědomi.

Neurofyziologicky viděno je tento soubor výsledkem „soupeření“ neuronálních skupin a je ho možné chápat pojmem „vítěz bere vše“. Proto se stává, že v šeru **někdy** správně rozlišíme pokroucenou větev na zemi, **jindy** ji považujeme za hadí tělo.

Neuronální korelát vědomí (NCC, neuronal correlate of consciousness) by mohl být výsledkem činnosti jednoho druhu neuronů, což autoři chápou jako pracovní hypotézu, kterou považují za jednodušší než její alternativu. Tou je možnost, že neuronálním korelátem vědomí může být různým způsobem v čase a prostoru uspořádaná činnost všech druhů neuronů mozkové kůry a jejich propojených struktur („globální hypotéza vědomí“).

Crick a Koch mají za to, že zrakové vědomí je v každém okamžiku do jisté míry iluzí, jednak s ohledem na trvalé pohyby očí, jednak s ohledem na existenci ultrakrátké paměti. Pro vznik zrakového vědomí podle obou autorů:

1. není podstatná pracovní paměť, která podle autorů hypotézy jen propojuje jednotlivé události do „proudu vědomí“;
2. není podstatná epizodická paměť;
3. není podstatná pozornost.

Všechny tři tyto funkční systémy však zrakové vědomí obohacují a rozšiřují.

Blindsight

Blindsight (doslovně „vidění slepých“) je vzácný jev popsáný u lidí s destrukcí primární zrakové kůry (VI) nebo optické radiace, úspěšně modelovaný na opicích (Stoerig a Cowey, 1997). Je příkladem rozdílu mezi zrakovým vědomím a činností zrakového systému, kterou si neuvědomujeme.

Vědomé vidění při blindsight (phenomenological vision) chybí, zrakové podněty, které dopadají do postižené oblasti zrakového pole, však mozek zpracovává, což se projevuje neuroendokrinní i reflexní odpovědí nebo odpovědí na vynucené rozlišení (forced choice) dvou jednoduchých zrakových podnětů. Jinak řečeno - tyto zrakové informace zpracovávají jednak nepoškozené, extrastriální úseky zrakové kůry, jednak extrastriální systémy, například spojení coliculus superior-pulvinar talamu-extrastriální kůra.

Hemianoptičtí pacienti – blindsigh Sahaie a kol. (1997) vystavili pacienta G. Y. s jednostranným úrazovým poškozením levé zrakové hůry, které utrpěl ve věku osmi let, zrakovým podnětům jak do nevidomé, tak do vidoucí části zrakového pole, přičemž šlo o podněty, jichž si byl G. Y. vědom, nebo šlo o podněty, které do jeho zrakového vědomí neprošly. V případě zrakových podnětů, které si G. Y. uvědomoval, se aktivovala prestriatová zraková hůra a dorzolaterální prefrontální hůra (BA 46). V případě zrakových podnětů, na něž jeho mozek odpovídal, ale které si neuvědomoval, se aktivoval horní hrbolek čtverhrbolí středního mozku společně s vnitřní a spodní prefrontální hůrou.

Marcel (1998) provedl se dvěma pacienty, mužem a ženou postiženými pravostrannou homonymní hemianopsií experimenty, které zkoumaly zrakové rozlišování tvarů ve slepé části zrakového pole.

Experiment 1 zjišťoval, jak pacienti mění tvar ruky před tím, než uchopí předmět, jenž byl promítnut do slepé části zrakového pole. Oba pacienti dobře přizpůsobili tvar ruky před úchopem trojrozměrného i dvojrozměrného předmětu, jehož tvar jim do zrakového vědomí nevstoupil.

V experimentu 2 byla pacientům do slepé části zrakového pole promítnuta jednotlivá velká tiskací písmena. Úkolem bylo určit, které z nich odpovídalo jedné ze šesti možností promítnutých do vidomé části zrakového pole (forced choice). Pacienti rozlišovali nenáhodně, jejich výkon se při opakování pokusu mírně zlepšoval.

V experimentu 3 byla do slepé části zrakového pole promítána jednotlivá slova, pacienti měli rozlišit, které ze dvou slov promítnutých do vidomé části pole je sémanticky bližší. Pacienti rozlišovali zcela náhodně.

V experimentu 4 bylo zkoumáno, zda promítnutí slova do slepé části pole sémanticky ovlivňuje dvojznačná slova promítnutá do vidomé části pole, pacienti je při promítání do vidomé části pole zároveň slyšeli.

Pokus dokázal, že je toto ovlivnění výrazné. Druhý až čtvrtý pokus dokázaly, že priming je ve vztahu k ovlivnění slepé části zorného pole účinnější než nucená volba. Ve slepé části zorného pole mozek rozlišuje orientaci i zakřivení podnětu, strukturu a prostorové uspořádání písmen.

Při experimentu 5 byl do slepé části zorného pole promítnut podnět, jenž s dalším podnětem promítnutým do vidomé části pole tvořil Gestalt. Zjistilo se, že pacienti za této podmínky ve slepé části zorného pole velmi přesně rozlišují tvar promítnutého objektu.

Podobný byl experiment 6, v němž podnět promítnutý do slepé a vidomé části zorného pole tvořil společně známý Kanizsův trojúhelník.

Marcelovy (1998) pokusy dokládají Crickovu a Kochovu teorii: **Zrakové vědomí je výslednicí rozsáhlé nevědomé činnosti zrakových korových oblastí.** Blindsight je důsledek poruchy zrakového vědomí.

Systém on-line

Podle Milnera a Goodala (1995) a Boussauda a kol. (1996) existují v mozku dva hypotetické zrakové systémy - systém on-line a vidící systém (seeing system). Systém on-line může mít řadu podsystémů, například podsystém řízení očních pohybů, pohybů paží, tělesné polohy a podobně. Porovnání jejich činnosti je v tabulce:

Porovnání činnosti on-line systému a vidícího systému (Milner a Goodale, 1995)

	On-line systém	Vidící systém
Zrakový vstup	jednoduchý	může být složitý
Hybný výstup	stereotypní	nestereotypní
Reakční rychlost	vysoká	nižší
Vliv krátkého zpoždění podnětu	neodpovídá	může odpovédět
Souřadnice	egocentrické	exocentrické
Smyslové iluze	bez vlivu	ovlivňují
Vědomí	ne	ano

Z tabulky plyne zjednodušený dojem, že on-line systém má vlastnosti blízké dorzálnímu proudu zrakové informace, zatímco vidící systém má vlastnosti proudu ventrálního. Jinou, opět zjednodušenou možností je, že nevědomá činnost odpovídá propojení temenní kůry s premotorickou, zatímco vědomé činnosti odpovídá činnost projekcí do prefrontální kůry. V mozku je velký počet vzájemně propojených paralelních korových systémů. Je pravděpodobné, že při řešení problému užívá mozek příslušnou nejrychlejší dráhu snad opět na základě vzájemné soutěže, jejímž výsledkem je „vítěz bere vše“.

Binokulární rivalita

Za obvyklých okolností je výsledkem binokulárního vidění jeden stabilní zrakový vjem. Promítají-li se do očí odlišné obrázky, nevytvoří mozek jejich směs, uvědomujeme si buď jeden, nebo druhý. Původní výklad měl za to, že binokulární rivalita je výsledkem činnosti neuronů corpus geniculatum laterale nebo primární zrakové kůry. V současnosti se dokládá, že je výsledkem činnosti „vyšších“ zrakových korových oblastí.

Tong a kol. (1998) vyšetřovali činnost oblasti gyrus fusiformis rozlišující tváře (FFA, fusiform face area, viz Prosopagnozie) a parahipokampální oblasti rozlišující místa (PPA, paralaippocampal place area, viz Topografická dezorientace) v průběhu pokusu, v němž promítali dobrovolníkům do jednoho oka obraz tváře, do oka druhého obraz domu. Dobrovolníci subjektivně viděli buď tvář, nebo dům (tomu se říká bistabilní počítky, bistabilní percepts), přestože zrakový vstup na sítnici byl stále stejný. Jestliže viděli tvář, stoupala aktivita FFA, jestliže viděli dům, stoupala aktivita PPA. Aktivita těchto korových oblastí v průběhu binokulární rivality byla totožná s jejich aktivitou v průběhu non-rivality. Lumer a Rees (1999) vyšetřili skupinu dobrovolníků fMR v průběhu pokusu, jenž rovněž využil binokulární rivalitu. Zjistili, že subjektivní zrakové vědomí je v korelaci s aktivitou mnoha korových oblastí: extrastriálních zrakových, ventrálních i dorzálních, společně s oblastmi prefrontálními. Koordinace činnosti těchto korových oblastí neměla vazbu na zevní sensorické nebo motorické události. Jejich proměny sledovaly proměny subjektivních obsahů zrakového vědomí. Ke vzniku zrakového vědomí tedy přispívá koordinace činnosti extrastriálních zrakové a prefrontální kůry. Stejně korové oblasti jsou aktivní v průběhu úkolů zatěžujících pracovní paměť a motorické plánování.

Crick a Koch (1998) považují binokulární rivalitu za jeden z nejlepších dosavadních nástrojů ke zkoumání funkčního podkladu zrakového vědomí. Dokazují, že aktivita primární zrakové kůry VI není nutnou podmínkou pro zrakové vědomí.

Chalmersův „snadný“ a „těžký“ problém teorie vědomí

Chalmers (1995), původně matematik, nyní filozof, má za to, že všechny vyjmenované experimenty a úvahy řeší „snadný“ (easy) problém vědomí, neřeší však jeho problém „těžký“ (hard), což jsou qualia nebo otázka obtížné sdělitelnosti osobní (private) zkušenosti, nevypověditelnosti „červenosti červené barvy, bolesti vlastního zubu, sladkého pocitu vznikajícího při poslechu hoboje“.

Crick a Koch (1998) odpovídají, že nesdělitelnost subjektivní zkušenosti v úzkém slova smyslu plyne z povahy činnosti mozku. Kódování zrakových událostí probíhá ve zrakových korových oblastech, jejich využití, například v podobě hybné akce včetně řeči, znamená několikaúrovňové překódování.

Činnost motorických neuronů nebo neuronů řečových korových oblastí má sice vztah k explicitní zrakové informaci, ale není s ní totožná. Přestože subjektivní zkušenost sdělit nejde, je možné sdělit rozdíl mezi subjektivními zkušenostmi, například mezi jednotlivými odstíny červené barvy nebo mezi červenou a oranžovou barvou.

Problém významu

Jakým způsobem mozek tvoří význam jevů, není jasné. Určitá frekvence akčních potenciálů malé skupiny neuronů může odpovídat nějakému znaku zrakové scény, například svítící čárce s určitou délkou nebo určitou orientací, význam této korelaci však dodává vědec, jenž ji pozoruje a ví o ní.

Crick a Koch (1995) mají za to, že význam může mozek tvořit vzájemně korelovanou neuronální aktivitou v nějakém počtu vzájemně propojených míst. Určité tváři může například odpovídat nějaká frekvence akčních potenciálů v jednom místě, jménu, které této tváři patří, by mohla odpovídat korelovaná frekvence nervových vzruchů v jiném místě, další korelovaná frekvence v místě třetím by mohla, dejme tomu, odpovídat hlasu dotyčné osoby.

Problém vazby

Pojem „korelovaná frekvence“ je jiným označením pro problém vazby (binding problem). Jeho řešení má odpovědět na otázku, jak dokáže mozek spojit neuronální události, které se odehrávají v různých, často vzájemně vzdálených oblastech - například barvu, tvar, rychlost, polohu v prostoru a zvuk blížícího se auta -, do jediného souvislého celku, jenž dává smysl. Pokusy na zvířatech ukazují, že podkladem funkční vazby mezi různými oblastmi mozku mohou být přechodná období synchronizace oscilující neuronální aktivity v pásmu 30-80 Hz (tzv. gamma oscilace). Tento druh oscilací byl u lidí zaznamenán jak pomocí EEG, tak pomocí MEG. Jejich přímý podíl na kognici však doložen nebyl.

Rodriguez a kol. (1999) požádali zdravé jedince, aby porovnávali dvojznačné obrázky, které vypadaly buď jako tvář, nebo jako abstraktní změt beze smyslu. Zjistilo se, že synchronizaci neuronální činnosti vzdálených oblastí mozku odpovídá pouze rozlišování tváře, nikoli změti. Přechod od vnímání tváře k hybné odpovědi se prozrazoval výraznou desynchronizací.

Rodriguez a kol. (1999) předpokládají, že tato desynchronizace neuronální činnosti je projevem vzájemného funkčního odpojení jednotlivých neuronálních skupin nutného pro přechod od jednoho kognitivního aktu k dalšímu. Koherence činnosti skupin neuronů v různých místech činnosti v pásmu vysoké frekvence (30-70 Hz) je zřejmě obecný jev.

Doprovází tvorbu počitků, paměti, zpracování jazyka i asociativní učení (Miltner a kol., 1999).

VZTAH MOZKU A VĚDOMÍ - osm testovatelných hypotéz

Baars (1998) zjistil, že v současnosti popisuje vztah mozku a vědomí (ve smyslu consciousness/awareness/mind) osm testovatelných hypotéz. Předložil je jako „divadelní“ metafory.

Vědomí jako jeviště

Vědomí se dá považovat za divadelní jeviště, které je tvořeno zadními a spodními projekčními oblastmi mozkové kůry za sulcus centralis (retrorolandickými, za sulcus centralis Rolandi, kůrou temenní, spánkovou a týlní). Toto „jeviště“ osvětluje orientovaná pozornost, v souvislosti s osvětlením se události na jevišti přesouvají do čelní kůry a do podkorových oblastí. Příkladem poškození zrakového vědomí tohoto druhu je blindsight, případně cerebrální achromatopsie, prosopagnozie a podobně. Současná práce dokazuje, že se koherentní, plně integrované zrakové vědomí objevuje až od chvíle, v níž korová aktivace dosáhne pólů spánkových laloků. Podobná situace platí pro sluchové a somatosenzorické informace. Vědomí by bylo univerzální „globální pracovní prostor“ (global workspace).

Vědomí jako větší počet jevišť

Je možné, že každý smyslový korový systém má „své“ vědomí, existovalo by tedy oddělené zrakové, sluchové, somatosenzorické, chutové, čichové i polohové ... vědomí. Tato jeviště by osvětloval „reflektor“ orientované pozornosti. Jeho přepínání z jednoho jeviště do jiného může probíhat v násobcích jedné stovky milisekund. Větší počet jevišť by tedy mohl být činný souběžně. Každé z jevišť by v okamžiku, v němž se jej dotkne pozornost, mohlo začít vysílat informace do nevědomých sítí. Lze si představit, že mezi těmito mnohočetnými globálními pracovními prostory (global workspace) může probíhat soutěž o vstup do vědomí. Vědomí ve vztahu k vnitřní řeči, představivosti a pracovní paměti. Sensorická vědomí je možné aktivovat zevními, stejně jako niternými podněty. Vnitřní řeč, mlčenlivá samomluva, se při řešení problémů užívá podobně jako zrakové představy. Niterně vytvořená somatosenzorická aktivace příslušného vědomí může odpovídat emočním a motivačním procesům, například pocitu naděje, strachu nebo smutku.

Vědomí ve vztahu k orientované pozornosti

Obsahy vědomí vyhledává orientovaná neboli zaměřená pozornost funkční systém je obsahem kapitoly Vědomí, pozornost a opomíjení.

Diváci a posluchači

Vědomí je nutné pro přístup:

1. k epizodické paměti, jejíž činnost je založená na dialogu mezi hipokapem a prefrontální kůrou.

1. k lexikonu přirozeného jazyka, jenž zahrnuje sémantický a lexikální systém

3. k automatickým rutinním pohybům (viz kapitola Hybnost a ap a procedurální paměť);

4. do emoční paměti.

Vysílání volených obsahů: oslovení posluchačů a diváků

Obsahy sensorických vědomí, zrakového, sluchového a dalších, jsou z retrorolandických korových oblastí vysílány prerolandicky do oblastí čelní kůry oblastí podkorových.

Předpokládá se, že fyziologickým mechanismem tc vysílání by mohla být synchronizovaná oscilace aktivity neuronálních skupin. Drahami, jimiž putují tyto informace, jsou jednak kortiko-kortikální systémy vláken, jednak systémy talamo-kortikálních vláken. Propojení je obousměrné.

Nevědomé systémy, jejichž činnost utváří vědomé události: zákulisí

V rámci zrakového vědomí se zjednodušeně uvažuje o tom, že za vědomé obsahy odpovídá ventrální proud, za nevědomé „zarámování“, tj. kontex odpovídá dorzální proud zrakové informace. V rámci emočního vědomí se uplatňují interakce popsané například teorií somatických markerů (viz Emoce).

Interpret a výkonnostní systémy: režisér

Gazzaniga a kol. (viz Pravý a levý mozek) popsali u lidí se syndromem štěpeného mozku řešení situace, v nichž se informace, které se dostanou nemluvící pravé mozkové hemisféry, dostanou do konfliktu s informacemi, které přijdou do mluvící hemisféry levé. Levá hemisféra situaci vykládá, stává se jejím interpretem bez ohledu na realitu. Na druhé straně oddělená nemluvící pravá hemisféra, která dostává své informace z levých polovin zorných polí, může interpretaci situace ovlivňovat emotivně, ironií, metaforami aj. Oba tyto interpretativní systémy mohou kontrolovat své vlastní motorické a volní pochody a podobat se tím režisérům. Je možné, že plné vědomí bez těchto systémů neexistuje.

Dutiny a kanálky centrálního nervstva

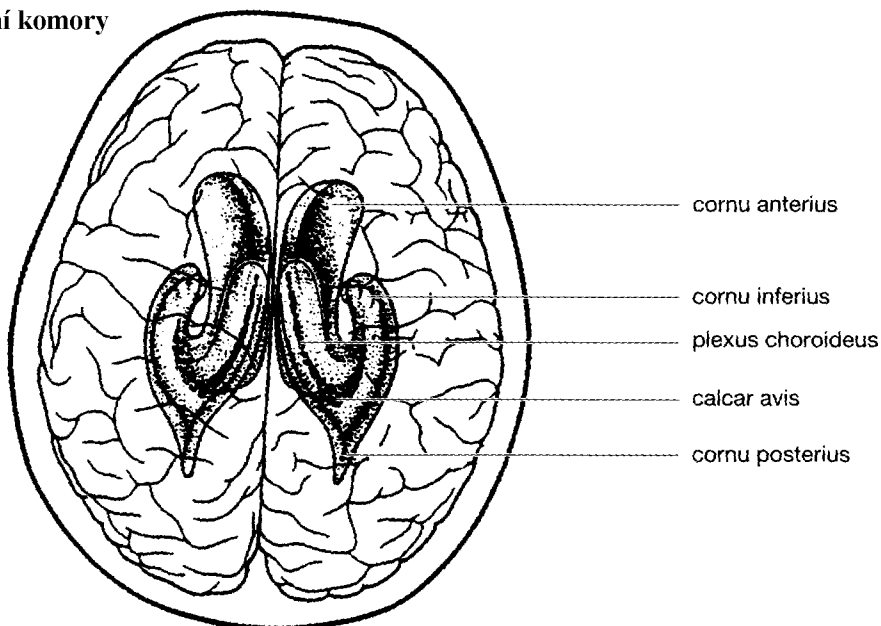
Dutiny v hemisférách, v mozkovém kmeni a v míše jsou výsledkem vývojové transformace původně jednoduchého centrálního kanálku primitivní nervové trubice. V průběhu ontogenetického vývoje se centrální kanálek v některých místech zúžil a v jiných částech se naopak změnil v prostorné dutiny mozkových komor. Mozkové komory jsou vystlány ependymem (výstelkou z neuroglie a vyplněny mozkomíšním mokem - **liquor**

cerebrospinalis. Ztenčené stěny komor jsou tvořeny pouze ependymem, na který naléhá pia mater s cévami. V některých oblastech tvoří cévy hrozníčkovité pleteně - plexus choroidei. Plexus choroidei se vyklenují do dutin komor a jsou místem produkce mozkomíšního moku. Likvor cirkuluje komorovým systémem, odtéká do subarachnoideového prostoru a odtud se vstřebává do žilního a mízního systému.

Ventriculi laterales - postranní mozkové komory

Postranní mozkové komory - ventriculi laterales jsou uloženy uvnitř hemisfér. Dělí se na cornu frontale, pars centralis, cornu temporale a cornu occipitale, uložené v příslušných lalocích

postranní komory



Ventriculi laterales

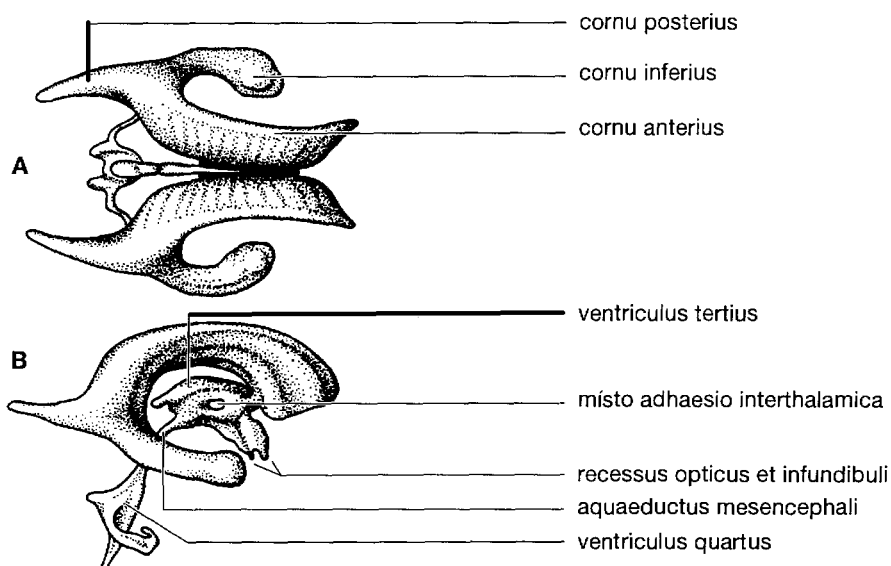
Postranní mozkové komory komunikují prostřednictvím foramen interventriculare s III. mozkovou komorou.

- Pars centralis je uložena v parietálním laloku. Strop tvoří corpus callosum, laterální stěnu corpus et cauda nuclei caudati a spodinu thalamus. Mediální stěna je tvořena tenkou tela choroidea, rozepjatou mezi fornix a dorzální plochu thalamu. Do tela choroidea se vchlipuje pia mater s cévním klubičkem - plexus choroideus ventriculi lateralis.
- Cornu temporale je plynulým pokračováním pars centralis. Strop zde tvoří bílá hmota hemisféry, spodinu vyklenující se hipokampus a laterálně od něj ležící eminentia collateralis (spodina sulcus collateralis). Mediální stěnou spánkového rohu je ztenčená tela choroidea, rozepjatá mezi okrajem fimbria fornix (začátek fornixu) a cauda nuclei caudati. Do mediální stěny se vchlipuje pia mater s cévním klubičkem glomus choroideum.
- Cornu occipitale vystupuje z ohybu postranní mozkové komory do týlního laloku. Jeho stěny tvoří bílá hmota týlního laloku.
- Cornu frontale je uloženo v čelním laloku a je nahoře ohraničeno corpus callosum, mediálně septum pellucidum a laterálně se do něj vyklenuje caput nuclei caudati.

Ventriculus tertius - třetí mozková komora

Třetí mozková komora - ventriculus tertius - je sagitálně orientovaná štěrbina ležící mezi pravým thalamelem a hypothalamem. Boční stěny jsou tvořeny mediálními plochami thalamů a hypothalamu.

Uvnitř III. mozkové komory jsou oba thalamy spojeny můstkem šedé hmoty - adhaesio interthalantica. Spodní stěnu III. komory tvoří hypothalamus. Na této stěně jsou patrné dva drobné výběžky - recessus



... Odlitky mozkových dutin: **A** – pohled shora, **B** – pohled na boční plochu

infundibuli (vybíhající proti stopce hypofýzy) a recessus opticus (vyklenující se mezi lamina terminalis a chiasma opticum). Přední stěnu tvoří lamina terminalis a na zadním konci se III. komora zužuje do aquaeductus mesencephali. V této části se komora vychlípuje do recessus suprapinealis.

Strop III. mozkové komory je ztenčený a tvoří jej tela choroidea ventriculi tertii, která je rozepjata mezi stria medullaris pravé a levé strany. Do stropu se vyklenuje pia mater s cévními klubky - plexus choroideus ventriculi tertii. Třetí komora komunikuje s postranními komorami otvorem - foramen interventriculare.

Ventriculus quartus - čtvrtá mozková komora

Čtvrtá mozková komora - ventriculus quartus - je uložena mezi mozkovým kmenem a mozečkem. Spodinu IV. komory tvoří fossa rhomboidea a větší část stropu doplňuje mozeček. Před mozečkem dotváří strop velum medullare craniale, rozepjaté mezi pedunculi cerebellares craniales. Za mozečkem je to ztenčené velum medullare caudale, rozepjaté mezi mozečkem a pedunculi cerebellares caudales. Na velum medullare shora přirůstá pia mater - tela choroidea ventriculi quarti - s cévním klubkem - plexus choroideus ventriculi quarti.

Ve velum medullare caudale jsou **otvory umožňující odtok likvoru** z komorového systému do subarachnoideového prostoru. Ve střední čáře stropu IV. komory je to apertura mediana ventriculi quarti (tzv. **foramen Magendi**) a v laterálních cípech jsou drobné aperture laterales ventriculi quarti (tzv. **foramina Luschkae**).

Kanátky centrálního nervstva a mozkomíšní mok

· **Aquaeductus mesencephali (canalis Sylvii)** je kanálek spojující III. a IV. mozkovou komoru.

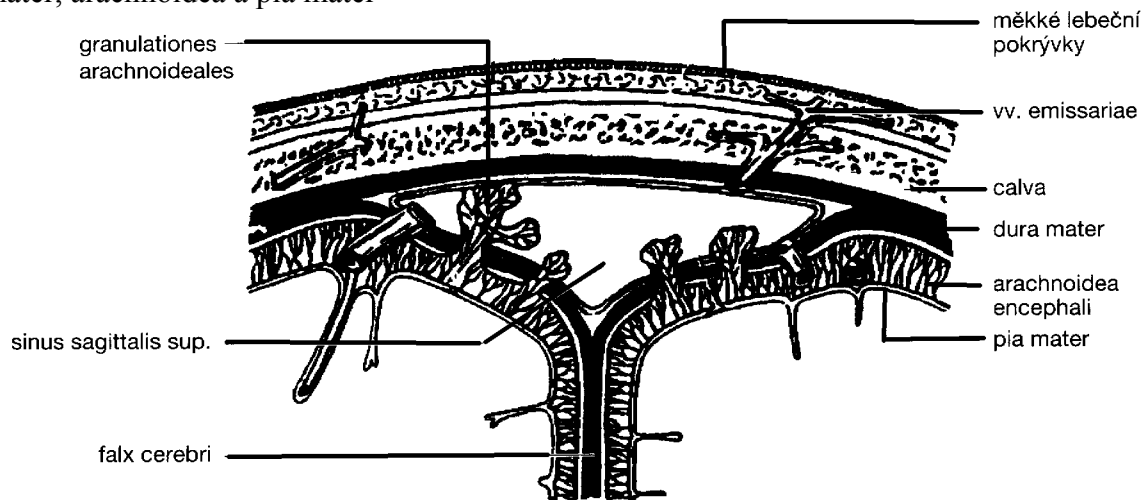
· **Canalis centralis medullae spinalis** je uložen ve středu šedé míšní hmoty a prostupuje celou délkou míchy. Je kaudálním pokračováním IV. mozkové komory. Centrální kanálek může být v některých oblastech míchy obliterován (úplně uzavřen).

Liquor cerebrospinalis je produkován v mozkových komorách (hlavně v postranní komoře), v plexus choroidei. Otvory ve stropu IV. mozkové komory odtéká do subarachnoideového prostoru, odkud se vstřebává do sinus durae matris (prostřednictvím granulationes arachnoideales). Likvor tvoří okolo mozku hydraulický plášť, který chrání mozek před nárazy a zároveň jej nadlehčuje. Objem likvoru je 150 ml, z toho 40-50 ml je obsaženo v

komorovém systému. Likvor se odebírá nabodnutím durálního vaku buď lumbální, nebo subokcipitální punkcí a mozkový se následně biochemicky a mikrobiologicky vyšetřuje. Změny ve složení likvoru jsou indikátorem řady onemocnění CNS.

Obaly centrálního nervstva

Obaly centrálního nervového systému - **meninges** se skládají ze tří vazivových vrstev: dura mater, arachnoidea a pia mater



Mozkové obaly

Dura mater encephali - tvrdá mozková plena

Tvrdá mozková plena - dura mater encephali - je silná vazivová membrána, která **pevně lež** k lebeční bázi a k mezikostním švům lebky. Mezi dura mater encephali a lebečními kostmi probíhají aa. et vv. meningeae. Při jejich poranění dochází ke krvácení mezi tvrdou plenu a kost - vzniká tzv. **epidurální hematom**, riziko při úderech do hlavy.

Proti mozku vybíhá tvrdá plena několika **duplikaturami**:

- **Falx cerebri** je sagitálně uložený srpkovitý výběžek, oddělující hemisféry. Začíná na crista galli a na crista frontalis a vzadu se upíná na protuberantia occipitalis interna a do středu na teritorium cerebelli. Horní okraj přirůstá k lebeční klenbě a obsahuje žilní splav - sinus sagittalis superior. Dolní okraj falx je konkávní a v jeho okraji probíhá sinus sagittalis inferior

- **Tentorium cerebelli** odděluje mozeček od okcipitálních laloků hemisfér. Upíná se na protuberantia occipitalis interna a dále probíhá laterálně, podél sulcus sinus transversi, až na horní hranu os petrosus. Přední okraj je konkávní a ohraničuje incisura tentorii, kterou prochází mozkový kmen - ze zadní do střední lebeční jámy.

- **Falx cerebelli** je pokračováním falx cerebri pod tentoriem. Odděluje obě hemisféry mozečku.

- **Diaphragma sellae** tvoří strop fossa hypophysialis. Uprostřed je drobný **otvor** pro stopku hypofýzy.

- **Dura mater spinalis nesrůstá** se stěnami páteřního kanálu - od páteřního kanálu je oddělena tzv. epidurálním prostorem. Epidurální prostor obsahuje žilní pleteně a tukové vazivo. V rozsahu páteřního kanálu tvoří dura mater protáhlý vak - saccus durae matris, který **srůstá s okraji foramen magnum** lebky. Kaudálně dosahuje až k obratli S2. Od dolního konce vaku pokračuje tenký výběžek - filutu terminale durae matris spinalis, končící až na kostrči. Durální vak vybíhá podél jednotlivých míšních nervů do foramina intervertebralia.

Arachnoidea encephali et arachnoidea spinalis

Pavučnice - arachnoidea encephali et arachnoidea spinalis - je tenká **bezcévná** membrána,

spojená množstvím drobných **trámců** s pia mater. Obaluje mozek a míchu, ale nezasahuje do brázd na jejich povrchu.

Arachnoideové výchlipky -granulationes arachnoideae - prostupují skrze dura mater do sinus sagittalis superior a do žil diploe. Výchlipky se podílejí na odtoku likvoru ze subarachnoideového prostoru do žilního systému.

Arachnoidea spinalis pokračuje přes míšní kořeny na povrch míšních nervů, kde tvoří tzv. perineurální epitel.

Arachnoidea lne k dura mater takže **mezi oběma obaly je mikroskopická štěrbinka-spatium subdurale**. V této štěrbině probíhají **přemost'ující žíly** (přítoky sinus durae matris) a jsou zde granulationes arachnoideae.

Mezi arachnoideou a pia mater je **cavitas subarachnoidea, vyplněná cirkulujícím likvorem**. V některých místech je subarachnoideový prostor **rozšířen v cisternae** subarachnoideae. K největším cisternám patří:

- cisterna cerebellomedullaris - mezi zadní plochou mozečku a prodlouženou míchou;
- cisterna fossae lateralis cerebri - v oblasti fossa cerebri lateralis;
- cisterna chiasmatica - kolem chiasma opticum;
- cisterna interpeduncularis - mezi pedunculi cerebri;
- cisterna corporis callosi - nad corpus callosum.

Při úrazech hlavy (prudký náraz) dochází k přetržení přemostujících žil a ke krvácení do subdurálního prostoru - vzniká tzv. **subdurální hematom**, vyžadující bezodkladnou trepanaci lebky k dekompresi stlačeného mozku

Pia mater encephali et pia mater spinalis

Omozečnice, měkká plena - pia mater encephali et pia mater spinalis - je tenká membrána, **kteřá lne k povrchu mozku a míchy** a kopíruje jejich povrch. Jsou do ní zavzaty cévy, které se skrze pia mater zanořují do mozku a míchy.

Krvácení z těchto cév - nejčastěji po prasknutí cévní výdutě (aneuryzmatu) - má za následek přítomnost krve v likvoru (subarachnoideové krvácení).

Cévní zásobení centrálního nervstva

Plynulý průtok krve centrálním nervstvem je nezbytnou podmínkou pro jeho činnost, pro udržení vědomí a života organismu. Úkolem mozkové a míšní cirkulace je zajistit nepřetržitý přísun kyslíku, glukózy a dalších látek nutných k zachování metabolismu neuronů a glie.

Cévní zásobení míchy

Mícha je zásobena **arteriální krví z aa. spinales a z variabilního počtu rr. spinales**, které jsou větvemi větších tepen probíhajících mimo páteř. Jsou to zejména: a. vertebralis, a. cervicalis ascendens, a. cervicalis profunda, aa. intercostales, aa. lumbales, a. iliolumbalis a aa. sacrales laterales.

Rr. spinales vstupují skrze foramina intervertebralia do páteřního kanálu, prorážejí dura mater spinalis a dělí se na přední a zadní radikulární větve. Radikulární větve se na povrchu míchy spojují s vertikálně probíhajícími spinálními tepnami - a. spinalis anterior a aa. spinales posteriores.

· **A. spinalis anterior** vzniká spojením větví pravé a levé a. vertebralis. Probíhá na přední ploše míchy ve fissura mediana anterior. Zásobuje přední polovinu šedé míšní hmoty a přední a postranní míšní provazce.

· **Aa. spinales posteriores** jsou větvemi a. vertebralis. Jsou to **čtyři vertikálně probíhající** tepny (vždy dvě při každém zadním míšním kořeni). Zásobují zadní míšní rohy a zadní míšní provazce.

Aa. spinales jsou navzájem propojeny **spojkami** na obvodu míchy - vasocoroneae.

Chudší arteriální zásobení má horní hrudní mícha (Th1 -Th4) a horní bederní mícha.

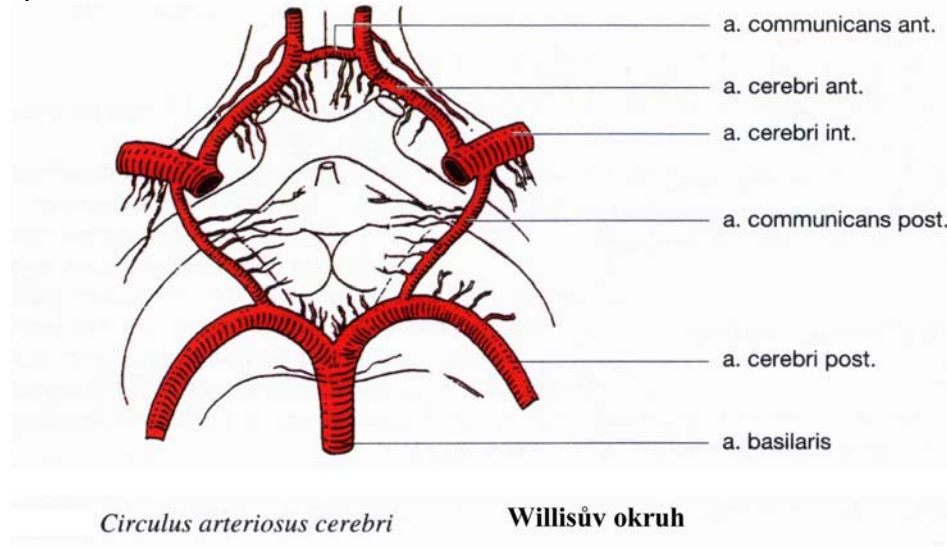
Míšní žíly jsou uspořádány podobně jako arterie. Žilní krev odtéká radikulárními žilami (podél míšních kořenů) do epidurálních žilních pletení (plexus venosi vertebrales interni). Z

nich odtéká žitní krev do plexus venosi vertebrales externi, uložených na přední ploše obratlových těl a na obloucích obratlů.

Cévní zásobení mozku

Mozek je zásoben arteriální krví **dvěma páry tepen aa. vertebrales a aa. carotis interna**.

• **A. vertebralis** vydává v krčním úseku rr. musculares a rr. spinales, které anastomózuji s aa. spinales.



Po průchodu skrz membrana atlantooccipitalis vydává páteřní tepna a. spinalis anterior, aa. spinales posteriores a aa. medullares - větve pro prodlouženou míchu. Nejsilnější větví páteřní tepny je **a. cerebellaris inferior posterior**, která míří na spodní plochu mozečku, kde vydává větve pro prodlouženou míchu, pro plexus choroideus ventriculi quarti a pro mozeček.

• **A. basilaris** vzniká spojením pravé a levé a. vertebralis na rozhraní prodloužené míchy a Varolova mostu. Odstupují z ní aa. medullares, aa. pontis, a. labyrinthi (do meatus acusticus internus), aa. cerebelli inferiores anteriores a aa. cerebelli superiores (pro horní plochu mozečku). Konečnými a nejsilnějšími větvemi jsou **aa. cerebri posteriores**, které zatáčejí kolem pedunculi cerebri a větví se na mediální ploše temporálního a okcipitálního laloku. Vydávají dopředu spojky - aa. communicantes posteriores - k pravé a levé a. carotis interna.

• **A. carotis interna** se dělí se na **čtyři úseky**: pars cervicalis, pars petrosa, pars cavernosa a pars cerebralis. V prvním úseku nevydává tepna žádné větve. Ve druhém úseku, kde prochází canalis caroticus, vydává aa. caroticotympanicae do sliznice středoušní dutiny. Po výstupu z canalis caroticus vstupuje a. carotis interna do sinus cavernosus, kde vydává několik drobných větví pro gangl. trigeminale a pro hypofýzu. Po výstupu ze sinus cavernosus prochází mediálně od proc. clinoideus anterior a dělí se na konečné větve.

V rozsahu pars cavernosa a pars cerebralis je tepna dvakrát kolénkovitě ohnuta a vytváří tzv. karotický sifon.

V pars cerebralis odstupují a. ophthalmica, a. communicans posterior (spojující se s a. cerebri posterior) a a. choroidea anterior (mířící na mediální plochu temporálního laloku k plexus choroideus ventriculi lateralis). Konečnými větvemi jsou a. cerebri anterior a a. cerebri media.

• **Circulus arteriosus cerebri (Willisi)** je velmi variabilně utvářený **tepenný okruh** na bázi mozku, který obkružuje chiasma opticum, infundibulum a corpora mamillaria a kterým jsou spojeny konečné úseky a. carotis interna a a. vertebralis (obr.).

Dvěma spojkami

• a. communicans anterior (spojující obě aa. cerebri anteriores) a

· a. communicans posterior (spojující a. cerebri posterior a a. cerebri media)

je spojen vertebrobazilární a karotický tepenný systém. Úkolem tohoto tepenného okruhu je vyrovnávat tlakové rozdíly a průtok krve v obou řečištích.

Z circulus arteriosus odstupují tepny trojího druhu:

- **korové** tepny, které probíhají v pia mater na povrchu mozku a vyživují mozkovou kůru a podkorovou bílou hmotu;
- **centrální** tepny, které se zanořují do spodiny mozku a zásobují bazální ganglia, diencefalón a část mezencefala;
- **aa. choroideae**, zásobující plexus choroideus ventriculi tertii a pleteně postranních mozkových komor.

Korové tepny

· **A. cerebri anterior** je konečná větev z a. carotis interna. Probíhá a větví se na mediální ploše hemisféry. Tepna zahýbá okolo genu corporis callosi a běží dozadu po horní ploše corpus callosum. Je spojena s druhostrannou tepnou (a. communicans anterior). Vydává větve pro orbitální a mediální plochu čelního laloku, pro gyrus cinguli a pro praecuneus (a. callosomarginalis, a. pericallosa). Zásobuje část gyrus praecentralis a gyrus postcentralis pro motorickou a senzitivní reprezentaci dolní končetiny.

· **A. cerebri medii je nejsilnější větví a. carotis interna.** Běží laterálně do fossa cerebri lateralis, kde na povrchu inzuly vydává několik větví, které dále pokračují před operkula na konvexitu hemisféry. Zásobuje převážnou část **frontálního laloku** (gyrus frontalis medius et inferior), **parietální** lalok a většinu **temporálního** laloku (gyrus temporalis superior et medius). A. cerebri medii zásobuje **všechny motorické korové oblasti a všechny primární senzitivní oblasti (s výjimkou zrakové oblasti). Zásobuje také obě řečová centra (Brocovo, Wernickeho)**

· **A. cerebri posterior** zatačí okolo pedunculus cerebri a dostává se na mediální plochu temporálního a okcipitálního laloku. Zásobuje mediální plochu temporálního a okcipitálního laloku včetně primární zrakové oblasti a asociálních zrakových oblastí (a. calcarina).

Centrální tepny

Jde o čtyři skupiny drobných tepen odstupujících z počátečních úseků korových tepen:

- Anteromediální skupina odstupuje z počátečního úseku a. cerebri anterior a zásobuje preoptickou oblast a přední část hypotalamu.
- Anterolaterální skupina odstupuje z počátečního úseku a. cerebri medii a zásobuje bazální ganglia a přední raménko capsula interna. Jedna z těchto tepen - procházející skrz putamen - **často praská** a bývá zdrojem krvácení do ncl. lentiformis a do capsula interna (a. **haemorrhagica - Charcotova arterie**).
- Posteromediální skupina odstupuje z a. cerebri posterior a zásobuje talamus, zadní hypotalamus a tegmentum mesencephali.
- Posterolaterální skupina jde z a. cerebri posterior a zásobuje zadní část talamu, mezencefalón a zadní raménko capsula interna.

Arteriae choroideae

· A. choroidea anterior je větev z a. carotis interna nebo z a. cerebri medii. Míří dozadu ke cornu inferior postranní mozkové komory, kde vydává větve pro plexus choroideus. Vydává drobné větvičky pro amygdalu a pro hipokampovou formaci.

· A. choroidea posterior odstupuje z a. cerebri posterior, obkružuje mozkový kmen a podél tekta se dostává ke stropu III. mozkové komory. Vydává větvičky pro plexus choroideus ventriculi tertii a pro tectum a mediální talamus.

Žilní krev odtéká z mozku povrchovými a hlubokými žilami.

Povrchové žíly

- Vv. cerebri superiores sbírají krev z konvexity hemisfér a ústí do sinus sagittalis superior.
- V. cerebri medii superficialis běží nad fossa cerebri lateralis a ústí do sinus cavernosus nebo do sinus sphenoparietalis. Sbírá krev z konvexity hemisféry. Její spojka s některou v. cerebri

superior se nazývá **v. anastomotica magna (Trolardi)**. Spojka do sinus transversus vedoucí po temporálním laloku se jmenuje **Labbého žíla**.

· **V. cerebri medu profunda** leží v hloubi fossa cerebri lateralis. Sbírá krev z inzuly a ústí do v. basalis. · Vv. cerebri inferiores sbírají žilní krev ze spodiny mozku a ústí do sinus durae matris na lebeční bázi.

· **V. basalis (Rosenthal)** vzniká na bázi frontálního laloku spojením v. cerebri medu profunda a v. cerebri anterior. Míří dozadu, obemyká aura cerebri a ústí do začátku v. magna cerebri.

Hluboké žíly

· *Vv. cerebri internae* jsou dvě žíly uložené na stropu III. mozkové komory. Každá z nich vzniká spojením tří slabších žil (v. septi pellucidi, v. choroidea, v. thalamostriata). Tyto žíly odvádějí krev z caput nucleí caudati, z plexus choroideus ventriculi lateralis, z ncl. lentiformis a z talamu.

Pod splenium corporis callosi se obě žíly spojují v nepárovou **v. magna cerebri (Galen)**. Tato žíla, dlouhá jen **asi 1 cm**, ústí do sinus rectus.

· *Vv. cerebelli superiores* odvádějí krev z horní plochy mozečku a z mozkového kmene. Ústí do v. cerebri magna a do sinus transversus. Ze spodní plochy mozečku odtéká žilní krev do sinus sigmoideus a do sinus transversus (vv. cerebelli inferiores). Vv. medullares a vv. pomis vytvářejí plexus basilaris, který je drénován do plexus vertebrales interní.

Hematoencefalická bariéra

Morfologickým podkladem hematoencefalické bariéry jsou endotelové buňky mozkových kapilár, spojené zonulae occludentes. Těsná spojení (tight junctions) endotelových buněk omezují průnik látek mezibuněčnými prostory. Speciální bariérové vlastnosti mozkových kapilár jsou metabolicky podporovány okolními astrocyty. Tímto mechanismem je omezována látková přeměna mezi krví a tkání CNS.

Obecně platí, že bariérou dobře procházejí látky rozpustné v tucích (např. barbituráty), zatímco látky rozpustné ve vodě bariérou zpravidla neprocházejí nebo projdou pouze za spoluúčasti specifických transportních mechanismů (glukóza a některé aminokyseliny). Bariérou volně prochází kyslík, CO₂ a voda. Makromolekulární látky (např. bílkoviny) do CNS neprocházejí.

Přehled drah centrálního nervstva

Dráhy CNS jsou tradičně chápány jako svazky axonů, které spojují jednotlivé etáže nervového systému jako dráhy vzestupné a dráhy sestupné. Některé dráhy spojují struktury v rámci jediné etáže (úrovně), například komisurální a asociační dráhy, spojující korové oblasti jedné hemisféry nebo zajišťující spojení mezi hemisférami.

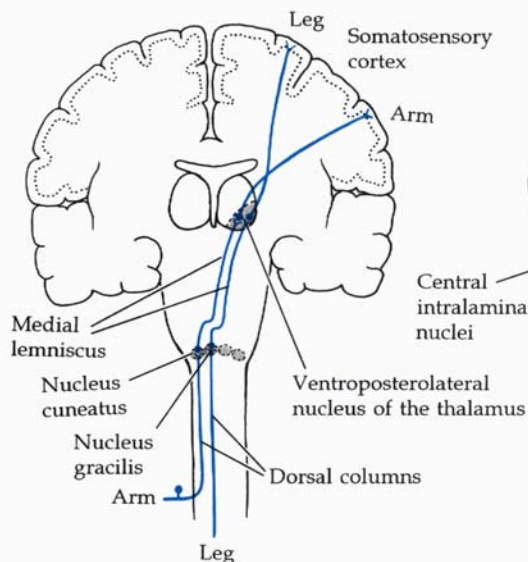
Jiné dráhy spojují blízké i vzdálené struktury do komplikovaných okruhů. Příkladem může být okruh bazálních ganglií, Papezův okruh, transcerebelární okruhy a další.

Kromě kompaktních, relativně silných svazků byly popsány i dráhy difuznější, jejichž axony se rozbíhají k většímu počtu cílových struktur.

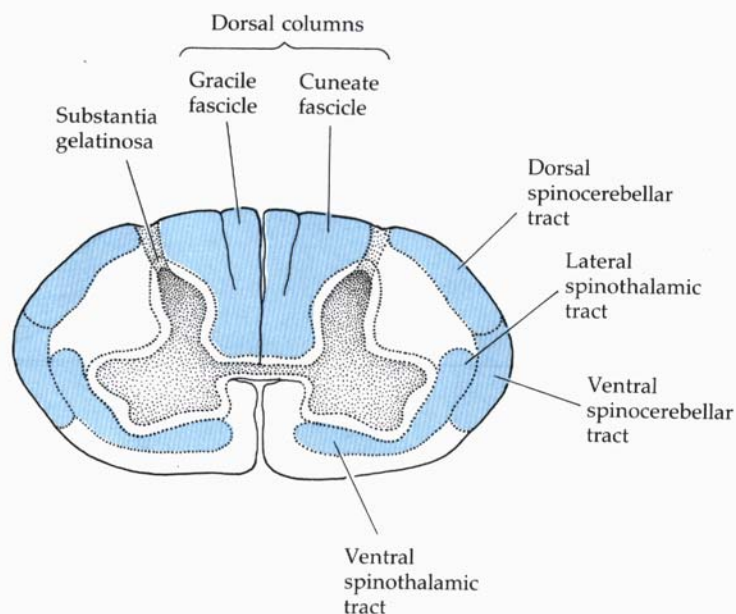
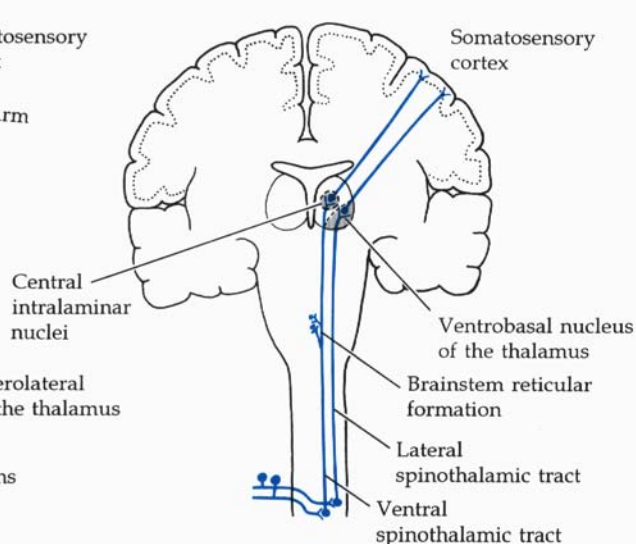
Vzhledem k tomu, že většina drah byla uvedena při popisu stavby jednotlivých odílů CNS, v dalším textu uvedeme pouze přehled vzestupných (senzitivních) a sestupných (motorických) drah, zaměřený na řetězení jejich neuronů (1. neuron..., 2. neuron... atd.). *In extenso* budou uvedeny pouze dosud nepopsané chemické dráhy a dráhy smyslových orgánů.

Senzitivní dráhy

DORSAL COLUMN
LEMNISCAL PATHWAYS
(Touch, Pressure)



SPINOTHALAMIC PATHWAYS
(Pain, Temperature)



Senzitivní míšňí dráhy

Tractus spinobulbothalamocorticalis (dráha zadních míšňích provazců, lemniskový systém)

1. neuron (n). - pseudounipolární neuron spirálního ganglia. Axony vstupují do zadních míšňích provazců, kde jsou **somatotopicky uspořádaný (Kahlerovo pravidlo)** a končí v ncl. gracilis et cuneatus.

2. n. - neurony v ncl. gracilis et cuneatus. Z těchto jader vystupují vlákna (tractus bulbothalamicus), která se kříží v prodloužené míše (decussatio lemniscorum) a jako lemniscus medialis stoupají portem a mezencefalem do druhostranného thalamu - do ncl. ventralis posterolateralis.

3. n. - neurony v druhostranném ncl. ventralis posterolateralis thalami projikující do korové oblasti S I (area 3, 1, 2).

Dráha zajišťuje čítí hmatu, vibrací a diskriminace a propiocepci (zejména její statickou část).

Tractus spinothalamicus (anterolaterální systém) 1. n. - pseudounipolární neuron spinálního ganglia

2. n. - neurony v ncl. proprius columnae posterioris (Rexedovy lamely IV a V). Dráha se v míše kříží a stoupá v předních a v postranních míšňích provazcích, prochází mozkovým kmenem a končí v ncl. ventralis posterolateralis thalami.

Dráha zajišťuje cití bolesti, tepla a chladu.

Tractus spinoreticularis

1. n. - pseudounipolární neuron spinálního ganglia. 2. n. - neurony v lamina IV-VII. Jejich axony běží zkříženě i nezkříženě (spolu s vlákny spinotalamické a spinotektální dráhy) v předních a v postranních míšních provazcích do jader mediálního systému RF prodloužené míchy a pontu. Samostatnou složkou je **tractus spinomesencephalicus**, který vystupuje z lamely I šedé míšní hmoty a končí v mezencefalu v substantia grisea centralis a v mezencefalické RF. Spinoretikulární dráha končící v RF prodloužené míchy a pontu je určena k **vedení senzitivních signálů a signálů bolesti** (tupé, špatně lokalizovatelné bolesti).

Spinomezencefalická dráha slouží výlučně pro vedení signálů bolesti.

Na spinoretikulární dráhu navazuje:

- tractus reticulohypothalamicus, končící v ncl. intralaminare, v ncl. posteriores a v ncl. mediani. Tato dráha je součástí aktivačního systému RF;
- tractus reticulohypothalamicus, který končí v zadním a středním hypotalamu a který je určený k aktivaci hypotalamu.

Tractus spinotectalis

1. n. - pseudounipolární neuron spirálního ganglia. 2. n. - neurony zadního míšního rohu (lamina IV a V). Většina vláken druhého neuronu se v míše kříží. Spinotektální dráha stoupá mozkovým kmenem spolu s dráhou spinotalamickou a končí v hlubokých vrstvách colliculus superior.

Na spinotektální dráhu navazuje tractus tectothalamicus, končící v ncl. posteriores, v ncl. intralaminare a v ncl. mediodorsalis.

Funkcí spinotektální dráhy je přívod senzitivních signálů do hlubokých vrstev colliculus superior, kde se integrují se signály dalších modalit.

Senzitivní dráhy hlavových nervů

Hlavním senzitivním nervem v oblasti hlavy je n. trigeminus. Menší okrsky jsou inervovány z n. VII, n. IX. a n. X.

1. n. - pseudounipolární neuron v gangl. trigeminale (Gasseri), tj. inervační oblast n. V.;

- pseudounipolární neuron v gangl. geniculi nervi VII; inervační oblast n. auricularis posterior;

- pseudounipolární neuron v gangl. nervi IX.; inervace zadní třetiny jazyka, tonsilla palatina, měkkého patra, hltanu;

- pseudounipolární neuron v gangl. nervi X.; inervační oblast r. auricularis.

Axonální výběžky pseudounipolárních neuronů vstupují do mozkového kmene a dělí se na ascendentní a descendentní kolaterály. Ascendentní kolaterály končí v ncl. pontinus nervi V., descendentní kolaterály končí v ncl. spinalis nervi V.

2. n. - neurony v ncl. pontinus nervi trigemini. Jejich axony vstupují do tractus trigeminothalamicus (lemniscus trigeminalis), který se přidává k lemniscus medialis a končí v ncl. ventralis posteromedialis a v ncl. posteriores thalami;

- neurony v ncl. spinalis nervi trigemini. Jejich axony tvoří tr. trigeminothalamicus, který končí v ncl. ventralis posteromedialis a dále v intralaminárních a posteriorních jádrech thalamu;

3. n. - neurony v ncl. ventralis posteromedialis. Axony třetích neuronů jsou součástí talamokortikální projekce, která končí v bazální části gyrus postcentralis - v části pro korovou reprezentaci hlavy (oblast S I).

Z ncl. spinalis nervi trigemini vystupují i další vlákna končící v RF (obdoba spinoretikulární dráhy) a v tektu (obdoba spinotektální dráhy).

Funkcí dráhy je přívod senzitivních signálů z oblasti obličeje a hlavy - až po binaurikulární čáru. Senzitivita hlavy je vedena podobně jako signály z trupu a z končetin.

Viscerosenzitivní dráhy

Viscerosenzitivními dráhami jsou do míchy a do mozkového kmene přiváděny senzitivní signály z orgánů.

Senzitivita z orgánů je vedena dvěma systémy vláken - sympatickými a parasympatickými.

Dráha sympatiku

1. n. - prvním neuronem je pseudounipolární buňka spinálního ganglia. Její dendrit vystupuje z orgánu a spolu se sympatickými vlákny se dostává do r. com munitans albus, dále do zadního míšního kořene a do spinálního ganglia. Axonální výběžek končí v zadních míšních rozích.

2. n. a další - neurony v zadních míšních rozích, od nichž jsou viscerosenzitivní informace vedeny všemi výše popsanými míšními senzitivními dráhami.

Tento systém viscerosenzitivních vláken vede signály bolesti, tepla, tlaku, tahu a vibrací do talamu a do mozkové kůry výše popsanými dráhami.

Dráha parasympatiku

1. n. - první neuron je v gangliích n. vagus. Dendritické výběžky jsou v periferních větvích n. vagus, které zásobují jednotlivé orgány. Axonální výběžky z pseudounipolárních neuronů vagových ganglií končí v ncl. solitarius, které je viscerosenzitivním jádrem hlavových nervů.

2. n. - z ncl. solitarius se viscerosenzitivní signály dostávají do hypotalamu, a to buď přímo, nebo po přepojení v RF.

Cestou parasympatiku jsou vedeny signály o chemickém prostředí trávicího ústrojí a dalších orgánů, signály z baroreceptorů a chemoreceptorů (glomus caroticum, sinus caroticus).

Sestupné složky senzitivních drah

Součástí komplikovaných vzestupných systémů senzitivních drah jsou i vlákna sestupná. Tato vlákna uplatňují zpětnovazební vliv z vyšších etáží CNS na oddíly nižší. Úkolem těchto spojů je zabránit zahlcení vyšších center velkým množstvím signálů. Vlivem sestupných spojů dochází k inhibici důležitých přepojovacích stanic a k redukcii a zefektivnění signalizace ve vzestupných systémech.

Nejmohutnější složkou sestupných systémů jsou korové systémy vystupující ze somatosenzitivní oblasti kůry (S I, area 3, 1, 2) a z parietálního laloku (area 5, 7).

Tractus corticothalamicus

Představuje reciproční spojení k příslušné talamokortikální projekci. Například aktivita v posledním úseku lemniskového systému - v tractus thalamocorticalis (vystupuje z ncl. ventralis posterolateralis a končí v korové oblasti S I) - je kontrolována opačnou projekcí kortikotalamickou, vystupující z oblasti S I a končící v ncl. ventralis posterolateralis. Obdobné zpětnovazební sestupné projekce jsou ve všech senzitivních i smyslových dráhách.

Tractus corticoreticularis

Kontroluje převod signálů ve spinoretikulotalamické projekci.

Tractus corticonuclearis

Končí v senzitivních jádrech hlavových nervů a kontroluje přenos signálů z těchto jader do talamu a hypotalamu.

Tractus corticobulbaris

Reguluje přenos signálů v jádrech zadních míšních provazců (v ncl. gracilis a v ncl. cuneatus).

Tractus corticospinalis

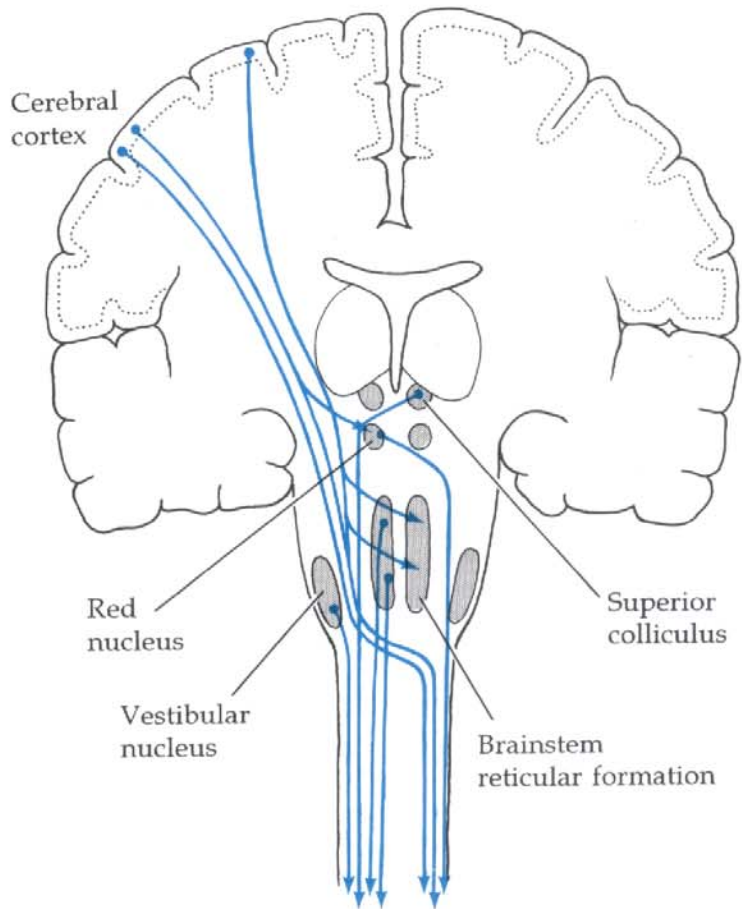
Je to část pyramidové dráhy vystupující z area 3, 1, 2 a končící v zadním míšním rohu (hlavně v lamina IV). Dráha reguluje přenos signálů ze zadního kořene na neurony zadního míšního rohu.

Mezi tyto systémy vláken patří i sestupné projekce z RF do míchy a sestupné projekce ze substantia grisea centralis, které ovlivňují přenos signálů bolesti ve spinotalamické dráze.

MOTORICKÉ DRÁHY

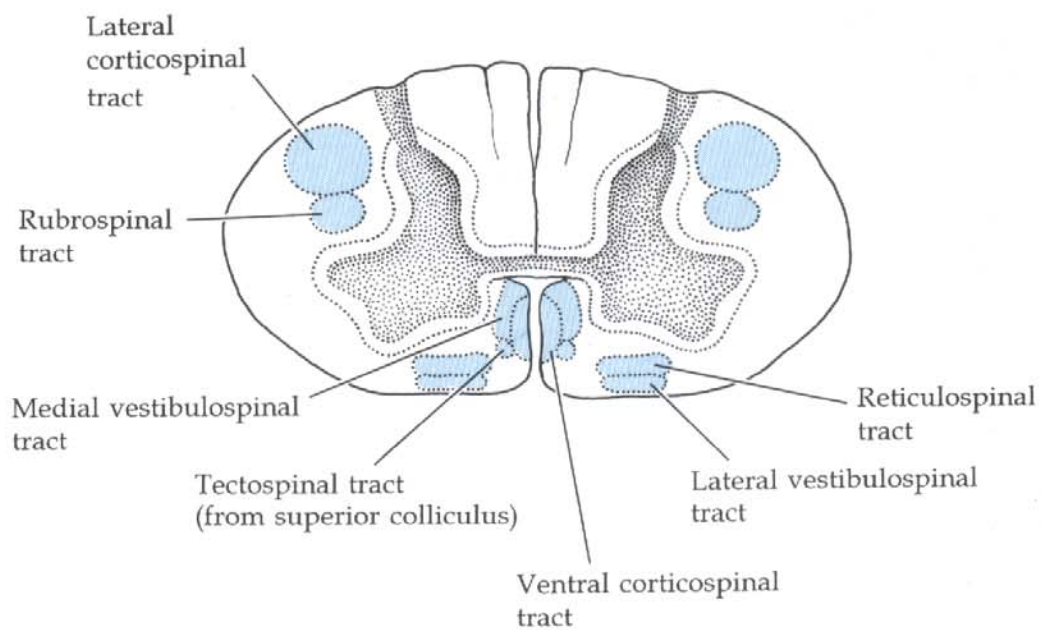
MAJOR MOTOR PATHWAYS

TRACTS DESCENDING TO THE SPINAL CORD



(krční)

CROSS SECTION OF CERVICAL SPINAL CORD



Motorické dráhy jsou jednoneuronové nebo víceneuronové systémy vláken, jejichž funkcí je zajišťovat spojení mezi korovým nebo kmenovým centrem a míšním segmentem a podílet se tak na realizaci pohybu. Z toho vyplývá, že jde o dráhy **sestupné neboli descendentní**. Podle výchozí struktury je dělíme **na korové motorické dráhy a kmenové motorické dráhy**.

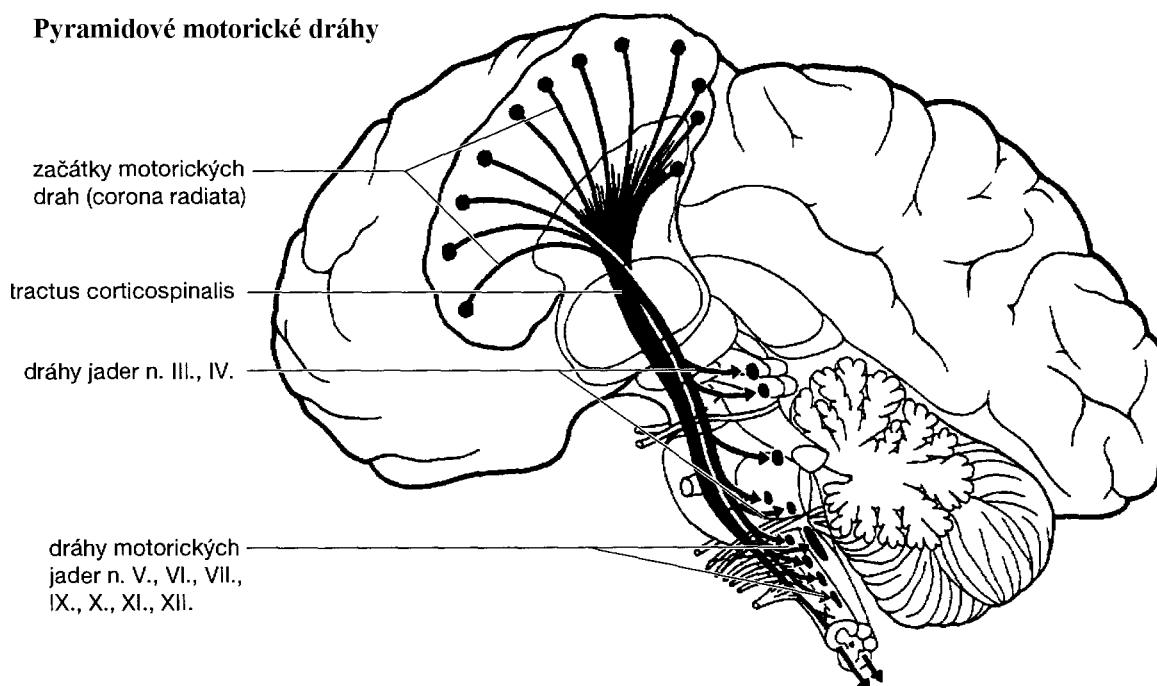
KOROVÉ MOTORICKÉ DRÁHY

Korové motorické dráhy se dále dělí na dráhy přímé, které představují jednoneuronové spojení kůry s motoneuronem (tractus corticospinalis, tractus corticonuclearis), a na dráhy nepřímé, které začínají v kůře a končí v mozkovém kmeni. Na nepřímé dráhy pak navazují příslušné kmenové motorické dráhy. Spojení mozkové kůry s míšním segmentem se tak realizuje dvouneuronovým spojením (např. tractus corticorubralis a navazující tractus rubrospinalis).

Tractus corticospinalis (pyramidová dráha)

1. n. - začíná z rozsáhlé korové oblasti, která zahrnuje gyrus praecentralis (area 4), zadní část frontálních gyrů (area 6), gyrus postcentralis (area 3, 1, 2) a přední parietální oblast (area 5, 7). Výchozí korové neurony jsou uloženy v V. korové vrstvě uvedených polí. Dráha obsahuje v průměru asi 1 milion vláken. Nejsilnější vlákna jsou axony velkých Becových buněk V. korové vrstvy.

Pyramidové motorické dráhy



Tractus corticospinalis et corticonuclearis

Vlákna pyramidové dráhy vstupují do **capsula interna**, kde sestupují v jejím zadním raménku. Poté procházejí **crura cerebri**. V mostu se **kompaktní svazek pyramidové dráhy dělí** do mnoha drobných svazečků, které procházejí bazální částí mostu (**tzv. roztříštěné svazky pyramid**). V prodloužené míše se vlákna **opět spojují** a jsou patrná na její bazální ploše **jako pyramidy (medullae oblongatae)**. Na rozhraní prodloužené míchy a hřbetní míchy kříží vlákna střední čáru (**decussatio pyramidum**) a většina vláken (asi 80 %) vstupuje do **postranních míšních provazců**. **Nezkřížená** vlákna sestupují **předními** míšními provazci (tractus corticospinalis lateralis et ventralis). Většina vláken pyramidové dráhy končí v segmentech míšních intumescencí (2 zduření míchy v krční a bederní oblasti). Po vstupu do šedé míšní hmoty se vlákna pyramidové dráhy rozbíhají **třemi směry**. Většina zkrřížených vláken končí v oblasti **interneuronů (lamina VII)**. Zbývající vlákna končí přímo

na **motoneuronech (lamina IX, kortikomotoneuronální spojení)** a vlákna vystupující ze senzitivních polí gyrus postcentralis končí v oblasti báze zadního míšního rohu. **Nezkřížená vlákna** probíhající v **tractus corticospinalis ventralis** končí v mediální oblasti předního míšního rohu na interneuronech i motoneuronech. V celém svém průběhu je dráha **somatotopicky** uspořádána, **takže v míše jsou vlákna určená pro horní končetinu uložena mediálně a vlákna pro dolní končetinu leží laterálně.**

Mediátorem kortikospinálního spojení je **glutamát**, který má excitační vliv na cílové míšní neurony.

2. n. - druhými neurony pyramidové dráhy jsou míšní motoneurony a interneurony.

Pyramidová dráha je **hlavní dráhou volní motoriky**. Přerušení pyramidové dráhy má za následek druhostrannou obrnu končetin (**hemiplegii**). V experimentech na primátech bylo zjištěno, že přerušení pyramidové dráhy vede k závažnému poškození svalů končetin, zejména svalů distálních (akrálních). Ostatní svalové systémy (šijové, zádové a trupové svalstvo) nejsou poškozeny.

Tractus corticonuclearis

1. n. - vlákna této dráhy začínají především z části korové motorické oblasti určené pro hlavu (area 4) a končí v motorických jádrech hlavových nervů. Výjimku představují motorická jádra okohybných nervů (n. III., n. IV., n. VI.), která nejsou přímo inervována z mozkové kůry, ale korová signalizace je k nim přiváděna prostřednictvím neuronů z area praetectalis a z colliculus superior. Kortikonukleární vlákna běží **společně s vlákny pyramidové dráhy**, od které se postupně v mozkovém kmeni oddělují (obr.).

Motorická jádra hlavových nervů dostávají vlákna zkřížená i nezkřížená.

Ncl. nervi VII. - část jádra inervující mimické svaly dolní poloviny obličeje dostává vlákna zkřížená. Část jádra inervující svaly oční štěrbinou dostává vlákna zkřížená i nezkřížená.

Ncl. ambiguus - dostává vlákna zkřížená i nezkřížená.

Ncl. nervi XI. a ncl. nervi XII. - dostávají pouze vlákna zkřížená.

2. n. - druhými neurony jsou neurony motorických jader příslušných hlavových nervů, jejichž axony tvoří motorické složky hlavových nervů.

Tractus corticorubralis

1. n. - začíná v motorické a v premotorické korové oblasti (area 4, 6). Jde o **nezkříženou dráhu**, která vstupuje do středního mozku v crura cerebri a končí v malobuněčné i velkobuněčné části **ncl. ruber**.

Kortikorubrální vlákna končící v malobuněčné části ovlivňují aktivitu navazujících drah:

2. n. - tractus rubroolivaris, tractus rubrobulbaris a tractus rubroreticularis, které končí v jádrech mozkového kmene.

Kortikorubrální vlákna končící ve velkobuněčné části ncl. ruber ovlivňují aktivitu rubrospinalní dráhy:

2. n. - tractus rubrospinalis zajišťuje excitační vliv na motoneurony flexorů. Inhibuje motoneurony extenzorů.

Tractus corticotectalis

1. n. - začíná v area 8 (frontální okohybné pole, frontal eye field), dále v area 17, 18 a 19. Tato vlákna končí v povrchových vrstvách colliculus superior. Tractus corticoreticularis

1. n. - začíná z motorických a premotorických polí kůry (area 4, 6) a ze somatosenzitivní korové oblasti (area 3, 1, 2). Dráha má zkřížená i nezkřížená vlákna.

Vlákna z motorických polí končí v mediálních jádrech RF pontu a prodloužené míchy.

Vlákna ze somatosenzitivních polí končí v laterálním systému RF.

2. n. - na motorickou část kortikoretikulární dráhy navazuje dráha retikulospinální a na senzitivní část navazuje projekce z RF do senzitivních jader hlavových nervů (sestupná složka senzitivních drah). Motorická složka kortikoretikulární dráhy patří mezi nejmohutnější sestupné korové systémy.

KMENOVÉ MOTORICKÉ DRÁHY

Jde o tyto dráhy:

· tractus reticulospinalis,

Obr. pyram. dráhy= Tractus corticospinalis et corticonuclearis

· tractus rubrospinalis, · tractus tectospinalis,

· tractus vestibulospinalis a · tractus interstitiospinalis.

Sestupné kmenové dráhy jsou popsány jako součást sestupných míšních drah

CHEMICKÉ DRÁHY

Jako "chemické dráhy" se v některém, především anatomickém písemnictví označují systémy vláken, jejichž neurony syntetizují a intraaxonálně transportují mediátory, především neuropeptidy, popřípadě další neuroaktivní látky. Jde vlastně o všechny neurony, končící chemickými synapsemi a to jsou skoro všechny, mimo těch, kde jsou synapse elektrické. Podrobněji se molekulárně biologickou podstatou chemického přenosu nebudeme zabývat, je to předmětem jiných pedagogických textů a toto je pouze to nejstručnější opakování, či spíše pouhý přehled.

Výzkum chemických synapsí není ukončen a je v současnosti komplikován skutečností, že řada neuronů má schopnost produkovat více mediátorů nebo současně tvořit mediátor i peptid. Dříve prosazovaný tzv. Daleho princip "jeden neuron - jeden mediátor" již neplatí.

Z chemického hlediska se mediátory dělí na:

- monoaminy - acetylcholin, noradrenalin, adrenalin, dopamin, serotonin, histamin;
- aminokyseliny – kyselina γ -aminomáselná (GABA), glutamát, aspartát, glycin;
- peptidy - endorfin, enkefalin, substance P, neuropeptid Y, vazomotorní intestinální peptid (VIP), neurotensin, cholecystokinin a další.

Z hlediska působení na synapsích se mediátory dělí na:

· **excitační** - glutamát, aspartát, acetylcholin (kanály pro Na^+ , K^+ a Ca^{2+}) - a · **inhibiční** - GABA, glycin (kanály pro Cl^-) Monoaminy mohou působit inhibičně i excitačně - podle situace v cílové struktuře, přes G-proteinové receptory. Látky peptidového charakteru mají na synaptické děje spíše pomalejší modulační efekt.

V poslední době se k mediátorům (modulátorům) zařazuje i plynná substance oxid dusnatý (NO), který je velmi často lokalizován s acetylcholinem, ale i s některými peptidy. Oxid dusnatý má také výrazné vazodilatační účinky (fosforylační kaskáda přes rozpustnou guanylyl cyklázu).

Glutamát je typickým mediátorem dlouhých ascendentních i descendentních projekcí, ve kterých je nutný rychlý přenos nervového vzruchu. Patří sem většina sestupných korových drah, většina sestupných kmenových drah, korové dráhy komisurální i asociační, dráhy lemniskového systému, spinothalmická dráha, eferentní projekce z ncl. subthalamicus, šplhavá a mechová vlákna a další. Glutamátergní dráhy jsou v CNS naprosto převažujícím systémem a asi dvě třetiny všech synapsí jsou glutamátergní.

Acetylcholin produkují cholinergní neurony až v nervových zakončeních

(cholinacetyltransferáza jej v cytosolu syntetizuje z acetyl KoA a trimethyl aminoethyl alkoholu cholinu, ACh se transportuje se do váčků a vylévá kvantově a nekvantově).

Intraaxonálním transportem se transportují enzymy a prázdné měchýčky do zakončení axonů jdoucích do korových a podkorových struktur. Cholinergní neurony tvoří jádra, která se označují jako Ch1-Ch6.

· **Cholinergní neurony septa a báze hemisféry:**

v **mediální** a v **bazální oblasti hemisféry** tvoří cholinergní neurony několik skupin jader označovaných jako Ch1-Ch4. Cholinergní skupiny Ch1-Ch2 jsou uloženy v **septum verum** a jejich axony vylučují acetylcholin na synapsích v hipokampové formaci. Skupina označovaná jako **Ch4 tvoří ncl. basalis (Meynerti)**, v sublentikulární oblasti hemisféry. Axony těchto neuronů vylučují acetylcholin na axo-axonálních synapsích presynaptických zakončení

mnoha dalších synapsí v celém neokortexu a amygdale. Tam tímto způsobem regulují (zvyšují) výlev jiných neuropřenašečů, čili mediátorů (pojem mediator v angosaské literatuře neznamená neuropřenašeč) a jsou tedy “svorníkem naší mysli”. Proto výpadek cholinergních drah především vycházejících z Meynertova ncl. se projeví jako zblbělost Alzheimerova typu.

· Cholinergní **neurony mozkového kmene** jsou uloženy v **retikulární formaci (RF) pontomezencefalického přechodu ve dvou jádrech**. Jsou to **ncl. pedunculopontinus (Ch5)** a **ncl. tegmenti laterodorsalis (Ch6)**. Z obou jader vystupují cholinergní vlákna do talamu. Jsou součástí **aktivačního ascendentního systému RF**.

Cholinergní neurony striata: striatum (ncl. caudatus + putamen) má svůj vlastní zdroj acetylcholinu. Asi 1 % neuronů striata patří do kategorie cholinergních interneuronů. Cholinergní systémy **významně ovlivňují činnost struktur, které inervují**. V korových strukturách má cholinergní systém vliv na paměť, na emoce a na učení z důvodů již výše zmíněných. Pokles hladiny acetylcholinu v neokortexu je také součástí klinického obrazu Alzheimerovy choroby.

· **Motoneurony mozkového kmene a míchy** tvoří motorická a parasympatická jádra hlavových nervů a **míšní motoneurony** (motoneurony alfa a gamma a neurony v ncl. intermediolateralis šedé míšní hmoty); patří také do kategorie **cholinergních** neuronů.

Monoaminergní systém se dělí na další dva podsystémy:

· **KATECHOLAMINERGNÍ SYSTÉM**, jehož neurony produkují **noradrenalin, adrenalin nebo dopamin**. Tvoří jádra nebo buněčné skupiny v laterální části **tegmenta** mozkového kmene, které se označují písmeny A1-A10. **Noradrenalin** je ve skupinách A1-A7. Největším noradrenergním jádrem je **locus coeruleus (A7)**. **Dopamin** je produkován ve skupinách A8-A10. Největší akumulací dopaminergních neuronů je **substantia nigra (pars compacta, A9)**;

· **SEROTONINERGNÍ SYSTÉM** - serotoninergní neurony jsou uloženy v rafeálních jádrech RF.

GABAERGNÍ SYSTÉM: většina GABAergních neuronů patří do kategorie lokálních, inhibičních interneuronů. GABAergní interneurony se vyskytují v mozkové kůře (neokortex, paleokortex, hipokampová formace), v talamu, v mozečku (**Purkyňovy buňky**), v mozkovém kmeni a v míše. V některých strukturách však GABAergní neurony vytvářejí dlouhé projekční dráhy. Například eferentní projekce ze striata do globus pallidus a do substantia nigra je projekcí GABAergní. Obdobně eferentní projekce z globus pallidus a ze substantia nigra (pars reticularis) patří mezi GABAergní systémy.

SMYSLOVÉ (SENZORICKÉ) DRÁHY

Tractus opticus - zraková dráha

je čtyřneuronová dráha, přičemž první **tři** neurony jsou uloženy v **nervové části sítnice**

1. n. - tvoří receptorové buňky sítnice - tyčinky a čípky,

2. n. - bipolární buňky sítnice, souborně označované jako gangy retinae, jsou vloženy mezi receptory a gangliové buňky.

3. n. - gangliové buňky se považují za gangl. opticum. Axony gangliových buněk se sbíhají v papilla nervi optici, prorážejí skléru a tvoří n. opticus. Nn. optici se skrze canalis nervi optici dostávají do lebky a spojují se v chiasma opticum. V chiasmatu se kříží vlákna z nazálních polovin sítnic a část vláken z macula lutea. Zbývající makulární vlákna a vlákna z temporálních polovin sítnic se nekříží. Z chiasmatu vystupuje **tractus opticus** (pravý tractus opticus obsahuje vlákna z pravých polovin sítnic obou očí, levý z levých polovin), který pod pulvinar thalami vstupuje do **corpus geniculatum laterale**.

4. n. - neurony v corpus geniculatum laterale. Corpus geniculatum laterale je šestivrstevná struktura. Z neuronů v corpus geniculatum laterale vystupují vlákna tvořící **tractus geniculocorticalis (radiatio optica)**. Tractus geniculocorticalis končí v týlním laloku, v primární zrakové oblasti (V 1, area 17). Z area 17 jsou zrakové signály dále rozváděny do

area 18 a 19 (oblast V2) a do dalších asociačních zrakových korových oblastí v temporálním a parietálním laloku.

Z tractus opticus odstupuje část vláken končících v hypotalamu (ncl. suprachiasmaticus), v area praetectalis a v colliculus superior. Tyto odbočky představují spojení k dráhám pupilárního reflexu a ke spojení s tektem (colliculus superior).

Dráhy pupilárního (zornicového) reflexu

Reflexním centrem pupilárního reflexu je area praetectalis. Reflex má dvě eferentní reflexní dráhy - pro **miózu (zúžení zornice)** a pro **mydriázu (rozšíření)**.

Dráha pro miózu:

1. n. - tyčinky a čípky
2. n. - bipolární buňky
3. n. - gangliové buňky
4. n. - area praetectalis. Jejich axony končí v ncl. Edinger-Westphali.
5. n. - ncl. Edinger-Westphali je parasympatické jádro v komplexu jader n. III. Parasympatická vlákna běží z jádra spolu s vlákny n. III. a končí v gangl. ciliare.
6. n. - parasympatické neurony jsou v gangl. ciliare. Postgangliové neurony se cestou nn. ciliares breves dostávají do očního bulbu, kde inervují m. sphincter pupillae (zúžení zornice, miosis) a m. ciliaris (akomodace oka).

Dráha pro mydriázu:

První tři neurony jsou shodné s předchozí dráhou.

4. n. - area praetectalis - krátké spoje směřující do RF poutu
5. n. - RF poutu. Navazující retikulospinální projekce končí v krční míše.
6. n. - centrum ciliospinale (Budgeovo centrum) - neurony uložené v ncl. intermediolateralis v segmentech C8-Th1. Z těchto neuronů jdou vlákna v r. communicans albus do sympatického gangl. stellatum. Pregangliová sympatická vlákna procházejí všemi krčními sympatickými ganglii až do gangl. cervicale superius.
7. n. - postgangliové neurony v gangl. cervicale superius. Jejich axony vstupují do plexus caroticus internus, odbočují do orbity, procházejí skrze gangl. ciliare a cestou nn. ciliares breves vstupují do očního bulbu, kde končí v m. dilatator pupillae (rozšíření zornice, mydriáza).

Dráhy tekta

Odbočkou zrakové dráhy do colliculus superior se část signálů z tractus opticus dostává cestou brachium colliculi superioris do povrchových vrstev hrbolků. Z povrchových vrstev hrbolků jsou zrakové signály převáděny do hlubokých vrstev, odkud vystupují eferentní **tektální dráhy** (tractus tectoreticularis, tractus tectospinalis a tractus tectonuclearis).

Sluchová dráha - tractus acusticus

- zajišťuje víceneuronové spojení receptorů Cortiho orgánu se sluchovou kůrou.

1. n. - bipolární buňky v gangl. cochleare
2. n. - neurony v ncl. cochlearis ventralis. Neurony ventrálního kochleárního jádra vysílají axony do svazku vláken corpus trapezoideum. Corpus trapezoideum kříží střední čáru a postupuje jako lemniscus lateralis do colliculus inferior.

2. n. - neurony v ncl. cochlearis dorsalis. Jejich axony běží pod spodinou IV. mozkové komory, kříží střední čáru a přidávají se ke corpus trapezoideum.

3. n. - neurony v colliculus inferior. Axony vstupují do brachium colliculi inferioris a do corpus geniculatum mediale.

4. n. - neurony v corpus geniculatum mediale. Jejich axony běží jako tractus geniculocorticalis (radiatio acustica) do gyrus temporalis superior (area 41, 42), do primární sluchové korové oblasti (AI).

Do sluchové dráhy jsou vmezeženy neurony tvořící dvě skupiny jader. Jsou to ncll. corporis trapezoidei, ncl. olivaris superior a ncll. lemnisci lateralis. Dvě olivární jádra - ncl. olivaris medialis superior a ncl. olivaris lateralis superior - jsou jádry, do kterých se dostávají signály z obou uší (binaurální slyšení).

Sluchová dráha je ve svých součástech tonotopicky organizována. Součástí sluchové dráhy jsou i sestupná vlákna, představující zpětnovazební systém, který má inhibiční vliv v cílových strukturách. Je to tractus corticogeniculatis, tractus corticocollicularis a projekce z periolivárních jader do Cortiho orgánu.

Tractus vestibularis - vestibulární dráha

Tříneuronová dráha, která prostřednictvím talamu vede signály z receptorů vestibulárního ústrojí do kůry parietálního laloku. Odbočky z vestibulární dráhy končí v míše, v mozečku a v jádrech okoahybných nervů.

1. n. - bipolární buňka v gangl. vestibulare 2. n. - neurony vestibulárních jader

3. n. - ventrální jádra talamu (oblast mezi ncl. ventralis posterolateralis a ncl. ventralis posteromedialis). Projekce z této talamické oblasti končí v bazální části parietálního laloku. Odbočky vestibulární dráhy vystupují z vestibulárních jader. Mezi nejvýznamnější odbočky patří:

· *tractus vestibulospinalis* (viz míšní dráhy); · *tractus vestibulocerebellaris* (viz mozeček);

· *tractus vestibulonuclearis* - vestibulární jádra vysílají vlákna do svazku označovaného jako fasciculus longitudinalis medialis a končí v jádrech okoahybných hlavových nervů (stejnostranných i druhostranných), v ncl. interstitialis a v ncl. Darkschewitschi.

Tractus olfactorius - čichová dráha

1. n. - neuroepitelová buňka v čichové sliznici dutiny nosní. Axony těchto buněk vytvářejí fila olfactoria, která procházejí skrze lamina cribrosa ossis ethmoidalis a končí v čichovém bulbu.

2. n. - mitrální buňky čichového bulbu. Axony mitrálních buněk vstupují do tractus olfactorius a postupně odbočují do primární čichové korové oblasti (paleokortex, piriformní kůra). Menší část vláken pokračuje až do entorinální kůry (area 28) a do korového a mediálního jádra amygdaly. Navazující projekce z čichové korové oblasti cestou ncl. medio-dorsalis thalami vede čichové signály až do orbitofrontální kůry, která je považována za neokortikální čichovou oblast.

Tractus gustatorius - chuťová dráha

1. n. - pseudounipolární buňky v gangl. geniculi (n. VII) a v gangliích n. IX. a n. X.

2. n. - neurony v horní části ncl. solitarius (ncl. gustatorius). Axony z ncl. solitarius se spolu s vlákny lemniscus medialis dostávají do talamu, kde končí v ncl. ventralis posteromedialis.

3. n. - neurony v ncl. ventralis posteromedialis. Vlákna z mediální oblasti ncl. ventralis posteromedialis míří do dolní části gyrus postcentralis, do area 43.

Odbočka chuťové dráhy z ncl. solitarius míří do ncl. parabrachialis a odtud do amygdaly nebo do mozkové kůry.

Jak psal Orwel v závěrečné kapitole "Zvířecí farmy", zvířátka se dívala okny do stavení Jonesových, kde se lidé veselili s vepři; a po určité době nebylo možné prasata od lidí

rozeznat. Proto i zde připojujeme dva pohledy na mozek prasete *Sus scrofa* pro porovnání s mozkem vlastním, jak činíme na našich seminářích při anatomické pitvě.

Schwein. Austrittsstellen der Gehirnnerven und Blutversorgung des Gehirns.

Abbildung 96

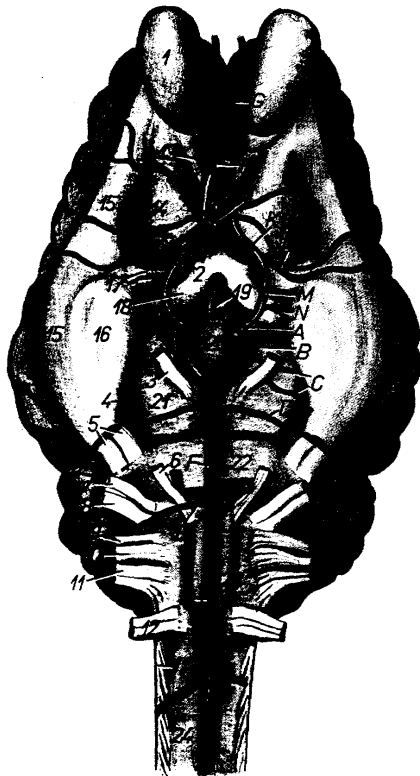


Abbildung 96

- | | |
|--|--|
| 1. <i>Bulbus olfactorius</i> – Riechkolben | 13. <i>Tractus olfactorius medialis</i> – mediastrang |
| 2. <i>N. opticus</i> – Sehnerv | 14. <i>Trigonum olfactorium</i> – Riechdreieck |
| 3. <i>N. oculomotorius</i> – Augenbewegernerv | 15. <i>Tractus olfactorius lateralis</i> – laterastrang |
| 4. <i>N. trochlearis</i> – Rollnerv | 16. <i>Lobus pyriformis</i> – birnenförmiger L. |
| 5. <i>N. trigeminus (Radix motoria et sensoria)</i> – dreigeteilter Nerv (motorische und sensorische Wurzel) | 17. <i>Substantia perforata rostralis</i> – rostrlöchernte Substanz |
| 6. <i>N. abducens</i> – wegziehender Nerv | 18. <i>Truncus opticus</i> – Sehstrang |
| 7. <i>N. intermediofacialis</i> – Gesichtsnerv | 19. <i>Tuber cinereum et Recessus neurohypophyseus</i> – grauer Höcker und Ausbuchtung hirn-kammer in dem Hypophysensattel |
| 8. <i>N. vestibulocochlearis</i> – Gleichgewichts-Hörnerv | 20. <i>Corpus mamillare</i> – Zitzenkörper |
| 9. <i>N. glossopharyngeus</i> – Zungen-Rachennerv | 21. <i>Crus (pedunculus) cerebri</i> – Hirnscheren |
| 10. <i>N. vagus</i> – Vagusnerv | 22. <i>Pons</i> – Brücke |
| 11. <i>N. accessorius (Radix cranialis)</i> – zusätzlicher Nerv (kraniale Wurzel) | 23. <i>Medulla oblongata</i> – verlängertes Me |
| 12. <i>N. accessorius (Radix spinalis)</i> – zusätzlicher Nerv (Rückenmarkswurzel) | 24. <i>Medulla spinalis</i> – Rückenmark |
| 12. <i>N. hypoglossus</i> – Unterzungennerv | |

Schwein. Gehirn, Ansicht von dorsal.

Abbildung 95

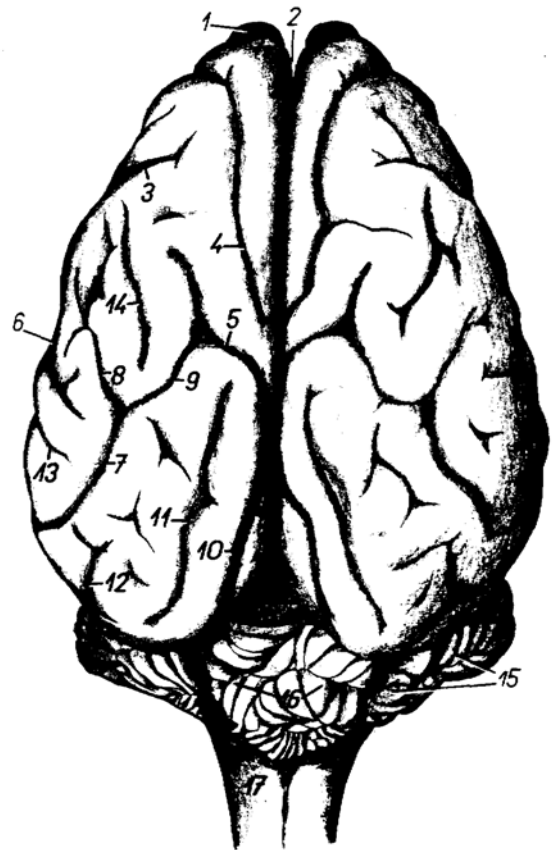


Abbildung 95

- | |
|--|
| 1. <i>Bulbus olfactorius</i> – Riechkolben |
| 2. <i>Fissura longitudinalis cerebri</i> – Längsspalte des Gehirns |
| 3. <i>Sulcus diagonalis</i> – diagonale Furche |
| 4. <i>Sulcus suprasylvius rostralis</i> – rostrale, über der lateralen Gehirnfurche gelegene Furche |
| 5. <i>Sulcus coronalis</i> – Krönfurche |
| 6. <i>Fissura sylvia</i> – laterale Gehirnfurche |
| 7. <i>Sulcus suprasylvius caudalis</i> – kaudale, über der lateralen Gehirnfurche gelegene Furche |
| 8. <i>Sulcus obliquus</i> – schräge Furche |
| 9. <i>Sulcus suprasylvius medius</i> – mittlere, über der lateralen Gehirnfurche gelegene Furche |
| 10. <i>Sulcus endomarginalis</i> – Innenrandfurche |
| 11. <i>Sulcus marginalis</i> – Randfurche |
| 12. <i>Sulcus ectomarginalis</i> – Außenrandfurche |
| 13. <i>Sulcus ectosylvius caudalis</i> – kaudale, außerhalb der lateralen Gehirnfurche gelegene Furche |
| 14. <i>Ramus sulci diagonalis</i> – Ast der Diagonalfurche |
| 15. <i>Hemisphaerium cerebelli</i> – Kleinhirnhälfte |
| 16. <i>Vermis cerebelli</i> – Kleinhirnwurm |
| 17. <i>Medulla oblongata</i> – verlängertes Mark |

Internet

Kdo má přístup k internetu, si může zejména obrázkové informace podstatně rozšířit na volných stránkách a databázích, jak již bylo řečeno v úvodu k části 1.

<http://www.medscape.com/>

Zde je spojení na **Medline** obsahující abstrakta prací. Obecná problematika se dá najít pomocí vyhledávacích serverů jako AltaVista nebo HotBot aj.

Human Brain Project, principy funkční anatomie mozku, zobrazovací metody, brainmapping:

<http://www.med.harvard.edu/AANLIB/home.html>

– zde je atlas celého mozku, velký počet řezů mozku pomocí zobrazovacích metod u zdravých lidí a nejčastějších chorobných stavů.

<http://www-hbp.scripps.edu/Home.html>.

<http://www-hbp.usc.edu/>

<http://stp.wustl.edu/resources/display.html>

<http://www.fil.ion.bpmf.ac.uk/LONWEB/pictures/humanbrainpics.html>

<http://cortex.med.cornell.edu>

<http://senselab.med.yale.edu/modeldb>

<http://cortex.med.cornell.edu/>

<http://www.bbb.caltech.edu/hbp/>

<http://sig.biostr.washington.edu/projects.brain>

<http://www.gg.caltech.edu/hbp/>

<http://neuro-www.mgh.harvard.edu/cma/ibsr>

<http://braid.rad.jhu.edu/brain>

<http://www.geocities.com/brainmapping/>