

Miroslav Orel

Neurologie

pro humanitní obory



 GRADA®

KATALOGIZACE V KNIZE - NÁRODNÍ KNIHOVNA ČR

Orel, Miroslav, 1973-

Neurologie pro humanitní obory / Miroslav Orel. -- Vydání 1.. -- Praha : Grada, 2023. -- 1 online zdroj. -- (Psyché)

České a anglické resumé

Obsahuje bibliografii a rejstřík

ISBN 978-80-247-3039-4 (online ; pdf)

* 616.8 * 611.81/.83 * 612.8 * 616-07 * 616-08 * (048.8)

- neurologie
- nervový systém
- nemoci nervového systému
- diagnostika (lékařství)
- terapie
- monografie

616 - Patologie. Klinická medicína [14]

MUDr. PhDr. Miroslav Orel, Ph.D.

Neurologie pro humanitní obory

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude trestně stíháno.

MUDr. PhDr. Miroslav Orel, Ph.D.
Neurologie pro humanitní obory

Vydala Grada Publishing, a.s.
U Průhonu 22, 170 00 Praha 7
tel.: +420 234 264 401
www.grada.cz
jako svou 8927. publikaci

Recenzovali:

prof. PhDr. Alena Plháková, CSc.
MUDr. Petr Čarný

Ilustrace:

MUDr. PhDr. Miroslav Orel, Ph.D.

Fotografie a výstupy lékařských vyšetření:

MUDr. Jakub Čivrný – lékař Radiologické kliniky FN a LF UP Olomouc
doc. MUDr. Pavel Koranda, Ph.D. – lékař Kliniky nukleární medicíny
FN a LF UP Olomouc

Ilustrace a schémata MUDr. PhDr. Miroslav Orel, Ph.D.

Redakce a korektura PhDr. Jaroslava Hájková

Grafická úprava Antonín Plicka

Návrh a zpracování obálky Antonín Plicka

Počet stran 536

Vydání 1., 2023

Tisk Iva Vodáková – Durabo

© Grada Publishing, a.s., 2023

ISBN 978-80-247-3039-4 (pdf)

ISBN 978-80-271-3312-3 (print)

Obsah

Krátké slovo na úvod	11
1. Vymezení, náplň a význam neurologie v systému medicíny a péče o člověka	13
2. Stručné repetitorium stavby a funkce nervového systému člověka	17
2.1 Základní stavební kameny nervového systému – nervové a podpůrné buňky	18
2.1.1 Nervové buňky	19
2.1.2 Podpůrné buňky	28
2.2 Centrální nervový systém	30
2.2.1 Lidský mozek	31
2.2.2 Páteřní mícha	44
2.2.3 Obaly a cévní zásobení mozku a míchy	47
2.3 Periferní nervový systém	55
2.3.1 Hlavové nervy	70
2.3.2 Míšní nervy	74
2.4 Svalová soustava	84
3. Základní aspekty vývoje a změn nervového systému	93
3.1 Poznámky ke vzniku a vývoji neuronů a nervového systému	96
3.2 Mozková plasticita	104
3.3 Regenerace nervových vláken	108
4. Možnosti diagnostiky a vyšetření v neurologii	111
4.1 Anamnéza nejen v neurologii	112
4.2 Uvedení obecné neurologie	115
4.2.1 Základní neurologické vyšetření	115
4.2.2 Základní příznaky neurologických onemocnění	149
4.3 Zobrazovací metody v neurologii (RTG, CT, MRI, SONO)	194
4.4 Funkční a neurofyzilogické metody v neurologii (EEG, EMG, ERPs, PET, SPECT, FMR, MRS, polysomnografie)	210
4.5 Laboratorní vyšetření v neurologii	224
4.6 Psychologie v neurologii	230
5. Vybraná neurologická onemocnění a chorobné stavy	233

5.1 Průběh a klasifikace neurologických onemocnění	233
5.2 Onemocnění mozku a míchy vznikající na cévním podkladě	238
5.2.1 Akutní cévní mozkové příhody	239
5.2.2 Nitrolební cévní malformace	244
5.2.3 Subarachnoidální krvácení	246
5.2.4 Dopady dlouhodobé ischemie	249
5.2.5 Cévní příhody míšní	251
5.3 Úrazy postihující nervový systém	252
5.3.1 Poranění mozku a míchy	253
5.3.2 Poranění hlavy a mozku	255
5.3.3 Poranění periferních nervů	271
5.4 Zánětlivá onemocnění nervového systému	272
5.4.1 Záněty mozku, míchy a jejich obalů	273
5.4.2 Záněty periferních nervů	306
5.5 Nádory mozku a míchy	308
5.5.1 Uvedení do onkologické problematiky	308
5.5.2 Základní klasifikace a třídění zhoubných nádorů	313
5.5.3 Vybrané nádory mozku	315
5.5.4 Vybrané nádory hřbetní míchy a páteře	322
5.6 Onemocnění nervového systému, podmíněná narušením obalů nervových vláken (demyelinizační onemocnění)	324
5.6.1 Roztroušená skleróza	325
5.6.2 Jiná demyelinizační onemocnění	329
5.7 Záchvatovitá onemocnění	330
5.7.1 Epilepsie	330
5.7.2 Další typy záchvatovitých onemocnění	340
5.8 Onemocnění narušující zejména hybnost	341
5.8.1 Parkinsonova choroba (nemoc)	342
5.8.2 Další vybraná onemocnění extrapyramidového systému	343
5.8.3 Neurologická onemocnění postihující motorické nervy a kosterní svaly	344
5.9 Neurodegenerativní onemocnění	349
5.10 Metabolická onemocnění postihující nervový systém	362
5.11 Postižení nervového systému způsobená toxickými látkami, případně léky	365
5.12 Problematika bolesti v neurologii	375
5.12.1 Bolesti hlavy	375
5.12.2 Bolesti v oblasti zad	379

5.13 Poruchy spánku	387
5.14 Další chorobné stavy a nemoci postihující nervový systém	396
5.15 Neurologické komplikace onemocnění jiných systémů	404
5.16 Oblast dětské neurologie	413
6. Možnosti a limity léčby v neurologii	419
6.1 Kurativní a paliativní léčba	421
6.2 Farmakoterapie neurologických onemocnění	425
6.2.1 Vybrané lékové skupiny	433
6.3 Nefarmakologické možnosti léčby v neurologii	455
6.4 Poznámky k léčbě vybraných neurologických onemocnění	460
6.4.1 Poznámky k léčbě onemocnění mozku vznikajících na cévním podkladě	461
6.4.2 Poznámky k léčbě infekčních onemocnění nervového systému	466
6.4.3 Poznámky k léčbě zhoubných nádorů	467
6.4.4 Poznámky k léčbě roztroušené sklerózy	472
6.4.5 Poznámky k léčbě epilepsie	473
6.4.6 Poznámky k léčbě onemocnění narušujících zejména hybnost	475
6.4.7 Poznámky k léčbě demence Alzheimerova typu a dalších typů demencí	477
6.4.8 Poznámky k léčbě bolesti	481
6.4.9 Poznámky k léčbě vertebrogenních onemocnění	485
6.4.10 Poznámky k léčbě poruch spánku	487
6.5 Intenzivní a ošetrovatelská péče v neurologii	488
6.5.1 Smrt mozku a její souvislosti	493
Krátké slovo na závěr	499
K zamyšlení na úplný závěr...	503
Souhrn / Summary	505
Seznam zkratek	507
Literatura a zdroje	513
Příloha X	519
Rejstřík	527

Tuto knihu s Láskou věnuji

*Eleně Mohylové**

*– nesmírně milé, srdečné, laskavé i vtipné ženě,
které těžká nemoc vzala mnohé,
ale ona nepřestala zářit a dávat až do konce
a dál...*

Budme si vědomi všeho, co jest,

i těch, které máme vedle sebe

– s úctou a pokorou.

Jsou pro nás jako vzácné perly,

jež nám byly dány...

Vážme slova, činy a zejména čas

– než odsud odejdeme,

než se naplní nevyhnutelné.

M. O.

* Elena M. dne 20. 1. 2022 z domu, přímo z kruhu svých nejbližších odešla z tohoto světa. Nestihl jsem do té doby knihu dokončit a dát ji jí, ale to na mém záměru nic nemění. Protože smrt je možná jen jako dveře, kterými všichni jednou musíme projít...

*Lidský mozek a celý nervový systém člověka
jsou nejdnou připodobňovány
k rozlehlému vesmíru,
jehož hranic nedohlédneme
a umíme je jen stěží odhadnout...
Nad obojím nepřestáváme žasnout,
obé nás neustále překvapuje a ukazuje nám,
jak málo toho stále víme,
jak maličcí vlastně jsme...*

*A pokud ten průměr přijmeme,
pak v nezměrné složitosti tam i tam nacházíme
krávy, barvy, harmonii, život a energii,
stejně jako kolize, nesoulad, temnotu a smrt...*

*Naše kniha nechť je skromným průvodcem,
jenž úzkým paprskem osvětlí rozlehlé prostory
stavby a funkce, nemoci a poruch
vrcholného díla funkční architektury našeho těla –
nervového systému člověka.*

M. O.

Krátké slovo na úvod

Kniha, kterou držíte ve svých rukou, vznikla s cílem co nejpřístupněji formou seznámit s významným medicínským oborem – neurologií, která se zaměřuje na nemoci nervového systému. Vzhledem k prominentnímu postavení nervového systému (zahrnujícího samozřejmě i mozek) v řízení celého těla má i tento lékařský obor mimořádný význam.

Stejně jako další obory medicíny, i neurologie prodělala a prodělává velmi rychlý vývoj a doslova expanzi – v současné době značně pokročila možnost diagnostiky i léčby celé řady onemocnění. Soudobá neurologie využívá velkou škálu moderních vyšetřovacích a diagnostických metod a významně se rozšiřují také možnosti na poli léčby.

Kniha vychází ze soudobých odborných zdrojů. Primárně je určena pro studenty a absolventy nelékařských oborů, jako je psychologie, speciální pedagogika, logopedie a další humanitní vědy, jakož i pro zájemce z řad širší veřejnosti, proto jsou témata podána se snahou o maximální srozumitelnost a vzhled do problematiky. Vyhýbáme se tedy zahlcení podrobnostmi a odbornými medicínskými pojmy a detaily. Pokud se nám to podařilo, najdete zde strukturované přehledné (a snad i dobře čtivé) kompendium oboru.

Podíváte-li se na dostupné soudobé publikace věnované neurologii, zjistíte, že se jedná o objemné knihy (mnohdy i vícedílné). To zmiňujeme ze dvou důvodů: jednak abychom poukázali na šíři oboru, jednak abychom vysvětlili zúžení a zjednodušení rozsáhlé problematiky, k nimž jsme museli přistoupit. Pokud chceme přinést přehledné kompendium pro nelékařské obory, zestručnění a výběru se nevyhneme, v naší knize tak nenajdete vše, co současná neurologie zahrnuje. Snažili jsme se však vybrat to hlavní pro širokou představu o neurologii a nemocech, jejichž diagnostikou a léčbou se tento medicínský obor primárně zabývá.

V naší knize se držíme strukturovanosti, která zvyšuje přehlednost. Po stručném zařazení neurologie do systému neurověd následují přehledné kapitoly, které připomenou základní stavbu a funkce lidského nervového systému. Zmíníme také zásadní momenty vývoje nervového systému, které vytvářejí předpoklady pro jeho zralé fungování. V samostatné kapitole přinášíme přehled nejužívanějších vyšetřovacích a diagnostických metod, které má současná neurologie k dispozici.

Největší část naší knihy je věnována vybraným onemocněním spadajícím do zájmu a péče neurologie. A zmiňujeme se také o možnostech i limitech léčby. Vzhledem k našemu účelu a cíli není přehled neurologických diagnóz kompletní, avšak základní představu o tom zásadním podle našeho názoru přináší.

Pro zvýšení sdělnosti, zpřehlednění nebo lepší představu zahrnujeme do knihy také jednoduchá schémata, ilustrace, snímky z vyšetření a fotografie. Barevné snímky jsou řazeny zvlášť. Nedílnou součástí textu je i seznam zkratk a rejstřík. I tyto části snad přispějí k srozumitelnosti předložené látky.

Vzhledem k výše zmíněnému je jasné, že náš text bude „stručnou exkurzí“ do známých poznatků – více od naší knihy nečekejte. Možná to ale není málo. Pokud totiž tato exkurze alespoň v něčem rozšíří vaše obzory a obohatí vaše vědění něčím novým, pak bude náš záměr naplněn a energie vložená do přípravy a vydání knihy naplní smysl.

Kéž vnímáme sami sebe jako tvůrce mozaiky našeho bytí a vlastního osudu. Kéž plně využíváme vše, co přichází, nemíjíme příležitosti a možnosti, které nám život dává. A kéž při tom nepomíjíme smysl.

Nechť zůstáváme v požehnání, milosti, Lásce a světle – a umíme být i velkorysí a odpouštět (druhým i sobě). Jsme to totiž my sami, kteří jsme spolutvůrci našich životů a světa.

V Olomouci dne 10. 3. 2022

Miroslav Orel

- *s upřímným poděkováním Eleně M.
za impulz k psaní této knihy,
za její Lásku a za vše,*
- *s vyjádřením podpory všem, jimž jakákoli
nemoc a strádání něco vzaly, bez pocitu,
že rozumím všemu a chápu vše, ale s vírou
v existenci Božího světla a dobra ve světě
a smyslu, v každém okamžiku, na každém,
místě, pro každého člověka.*

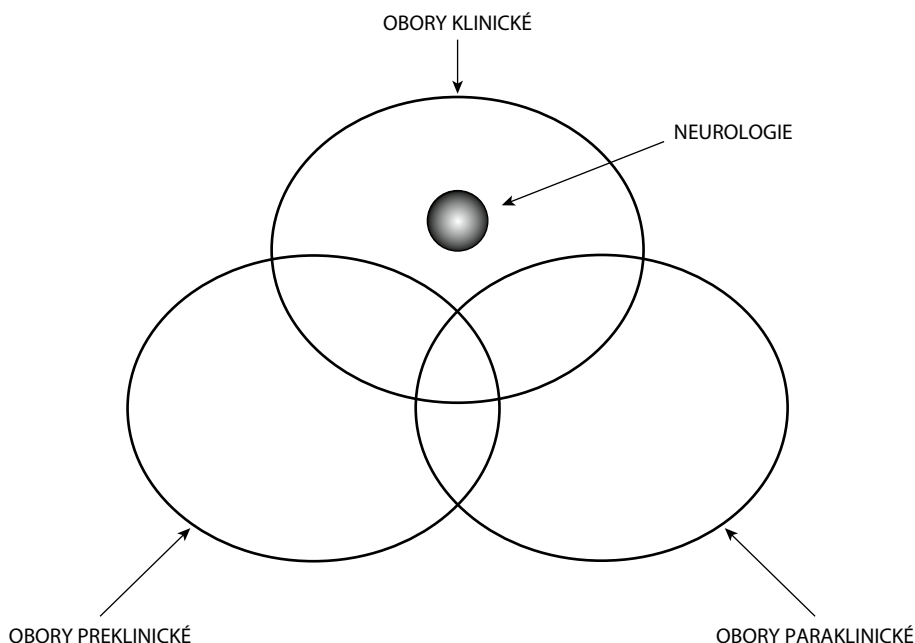
1. Vymezení, náplň a význam neurologie v systému medicíny a péče o člověka

Neurologie je specializovaný obor klinické medicíny, který se zabývá **nemocemi nervové soustavy** – zahrnuje přitom chorobné stavy centrálního i periferního nervového systému. Zaměřuje se jak na diagnostiku, tak na prevenci, léčbu a péči. Pojímá část ambulantní i lůžkovou a zasahuje i do oblasti výzkumu.

Pojem *neurologia* vychází z řeckých slov *neuron* – nerv, nervový, vztahující se k nervům a *logos* – nauka, učení.

Připomeňme, že lékařské obory se dělí obecně na teoretické, paraklinické a klinické.

- **Teoretické (preklinické) medicínské obory** vytvářejí jakýsi teoretický základ s řadou praktických aplikací. Zahrnují řadu odvětví, například anatomii zabývající se stavbou těla, histologii pojmající mikroskopickou stavbu tkání, fyziologii věnující se funkční stránce organismu, embryologii zaměřenou na vývoj v době nitroděložního života (tedy před narozením).
- **Paraklinické medicínské obory** významně přispívají k vyšetření a diagnostice, řadíme sem mimo jiné radiologii (zahrnující lékařská vyšetření typu počítačové tomografie CT a magnetické rezonance MR), nukleární medicínu (s možnostmi pozitronové emisní tomografie PET nebo jednofotonové emisní výpočetní tomografie SPECT), ale i klinickou biochemii zaměřenou na analýzu chemického složení a chemických procesů a dějů v našem těle.
- **Klinické medicínské obory** jsou pak zaměřeny přímo na péči o pacienty. Kromě zmíněné neurologie sem řadíme interní a chirurgické obory, oční a kožní lékařství a mnohé další.



Obr. 1.1 Spektrum lékařských oborů a zařazení neurologie

Poznámka: V uvedených označeních zaznívá latinské pre – před, řecké para – vedle, u, při, a řecké kline – lůžko. V naší knize se dotkneme všech tří skupin – seznámíme se se stavbou, funkcí a vývojovými aspekty nervového systému (kdy vycházíme z preklinických disciplín), nahlédneme do možností soudobé diagnostiky (zakotvené v rámci paraklinických disciplín) a samozřejmě se budeme věnovat jednotlivým oblastem neurologie jako klinického oboru medicíny.

Obdobně jako v jiných lékařských oborech, i v neurologii získává lékař (primárně absolvent studia medicíny s titulem MUDr. – *medicinae universae doctor*) po absolvování povinné praxe, dílčího specializačního vzdělávání a složení atestačních zkoušek **lékařskou atestaci/specializaci v oboru neurologie**. Může se přitom dále věnovat dílčím superspecializacím oboru.

Původně byla neurologie součástí vnitřního/interního lékařství (zkráceně a běžně označovaného jako interna). Postupem času a s ohledem na rozšiřující se pole vědomostí i diagnostických a léčebných možností se z interny vyčlenilo a osamostatnilo několik lékařských oborů včetně neurologie.

Vzhledem k zaměření a roli neurologie v péči o nemocné řadíme tento lékařský obor mezi **aplikované neurovědy** s návazností na klinickou lékařskou praxi. Je zřejmé, že není oborem izolovaným, ale čerpá z řady jiných disciplín celého medicínského spektra a využívá jejich možností.

Neurolog se jistě musí orientovat i v jiných oborech – vychází ze znalostí o stavbě a funkci nervového systému, indikuje a posuzuje výstupy řady vyšetřovacích metod (zobrazovacích, laboratorních i funkčních), používá celou paletu léčebných postupů.

Přes tendenci ke specializaci a superspecializaci jednotlivých lékařských disciplín, které se zaměřují na úzké oblasti lidského těla a vymezený okruh chorobných jednotek, bychom nikdy neměli zapomínat na to, že **v centru zájmu medicíny** je (nebo by být měl) vždy **celý člověk** (nikoli jen soubor tkání, orgánů a orgánových soustav). Komplexní souvislosti bio-psycho-sociálně-spirituálního pohledu na celistvost lidského bytí, ve kterých člověka pojmáme jako jednotu těla, duše, vztahů a ducha, se totiž vyplatí zohledňovat vždy.

Poznámka: Po období superspecializace jednotlivých lékařských oborů se v současnosti setkáváme s trendem opětovného přiblížení medicínských disciplín. Je nasnadě, že třeba neurologie a psychiatrie mají tolik společných a styčných bodů, že lze hovořit spíše o **neuro-psychiatrii**. U člověka totiž vše souvisí se vším v rámci zdraví i nemoci – budme si toho vědomi. Navzdory tomu (a se záměrem přinést přehled nemocí, které nervový systém primárně postihují) se přidržíme „klasického“ dělení a vycházíme z neurologie jako samostatného lékařského oboru. Na komplexní souvislosti však nezapomínejme.

2. Stručné repetitorium stavby a funkce nervového systému člověka

Naše kniha je primárně zaměřena na poruchy a onemocnění z oblasti neurologie. Primárním cílem je zde tedy **patologie nervového systému**. V rámci potřeby ucelenosti a systematické strukturovanosti však považujeme za vhodné připomenout alespoň rámcově základní poznatky týkající se jeho **stavby** a **funkce** (anatomie a fyziologie). Čtenář si tak i o poruchách může udělat jasnější a ucelenější představu (aniž by musel dohledávat informace v jiných zdrojích).

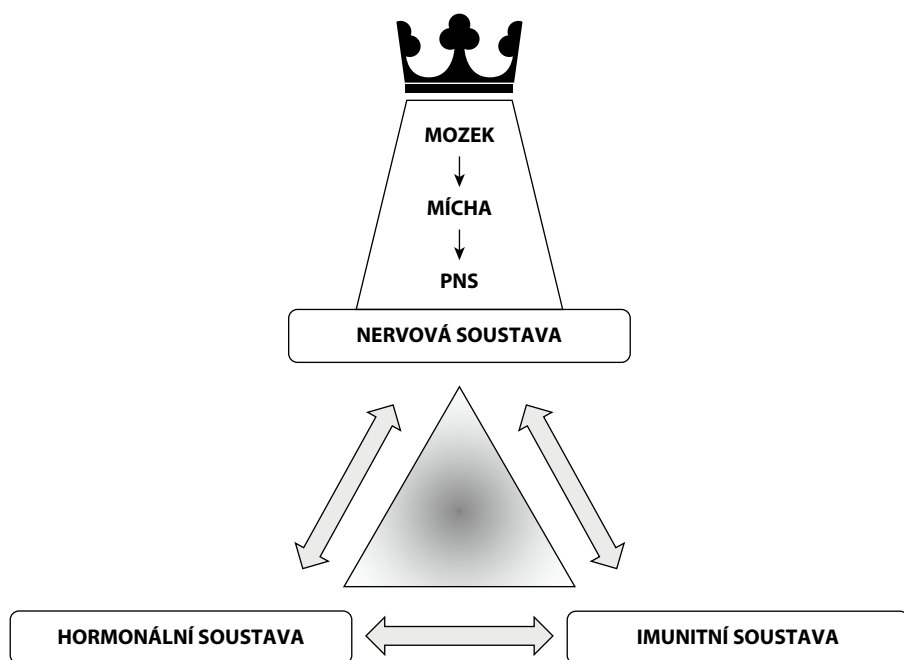
V následující části se nejprve podíváme na stavbu a činnost základních stavebních kamenů nervového systému a pak si přiblížíme centrální a periferní nervový systém.

Připomeňme všeobecně známé a tradiční dělení nervové soustavy na dva hierarchicky uspořádané systémy:

- **Centrální nervový systém** (CNS) tvoří mozek (*encephalon*) a páteřní/hřbetní mícha (*medulla spinalis*).
- **Periferní nervový systém** (PNS) zahrnuje nervy hlavové (*nervi craniales*), nervy míšní (*nervi spinales*).

Centrální nervový systém (respektive mozek) stojí na vrcholu pomyslného **trojúhelníku řídicích a integračních soustav** (kam vedle nervového systému patří také soustava hormonální a soustava imunitní). Ve vzájemné součinnosti regulují a zabezpečují celý organismus.

Specifické postavení má **autonomní/vegetativní část nervového systému**, která řídí všechny vnitřní funkce našeho těla. Automaticky, bez volní kontroly a v úzké součinnosti s hormonálním a imunitním systémem zajišťuje stálost vnitřního prostředí (homeostázu). Zahrnuje jak centrální, tak periferní část.



Obr. 2.1 Klíčová role nervové soustavy v systému těla

Poznatky o širokých souvislostech a komplexních dopadech propojení uvedených tří systémů a jejich vztahu k celkovému fungování člověka (včetně psychiky) jsou nesmírně zajímavé a rozhodně je není možné pomíjet.

2.1 Základní stavební kameny nervového systému – nervové a podpůrné buňky

Základním materiálem výstavby centrálního a periferního nervového systému je nervová tkáň, tvořená buňkami nervovými a podpůrnými.

- **NEURONY** (nervové buňky) jsou vysoce specializované buňky určené především k **příjmu, přenosu a zpracování informací**. Jejich role v řízení tělesných i duševních dějů je naprosto zásadní. Činnost neuronů je energeticky velmi náročná a jejich požadavky na dodávku kyslíku a živin jsou vysoké.

- **NEUROGLIE** (podpůrné buňky/glie/neuroglie/gliové buňky) jsou pro samotnou existenci neuronů a jejich činnost **naprosto nezbytné**. Jejich funkce jsou mnohostranné: zásadní měrou se podílejí na udržování homeostázy (stálosti vnitřního prostředí) v nervové tkáni, zprostředkovávají nervovým buňkám výživu, zajišťují jejich ochranu, odstraňují zplodiny metabolismu neuronů i odumřelé a rozpadlé buňky, tvoří obaly nervových vláken, izolují jednotlivé synapse, produkují řadu látek ovlivňujících činnost neuronů. Přímo či nepřímo tak působí na vitalitu a funkčnost neuronů včetně vedení a převodu informací v centrálním i periferním nervovém systému.

Funkce obou základních buněčných typů nervové tkáně je nenahraditelná a doplňková.

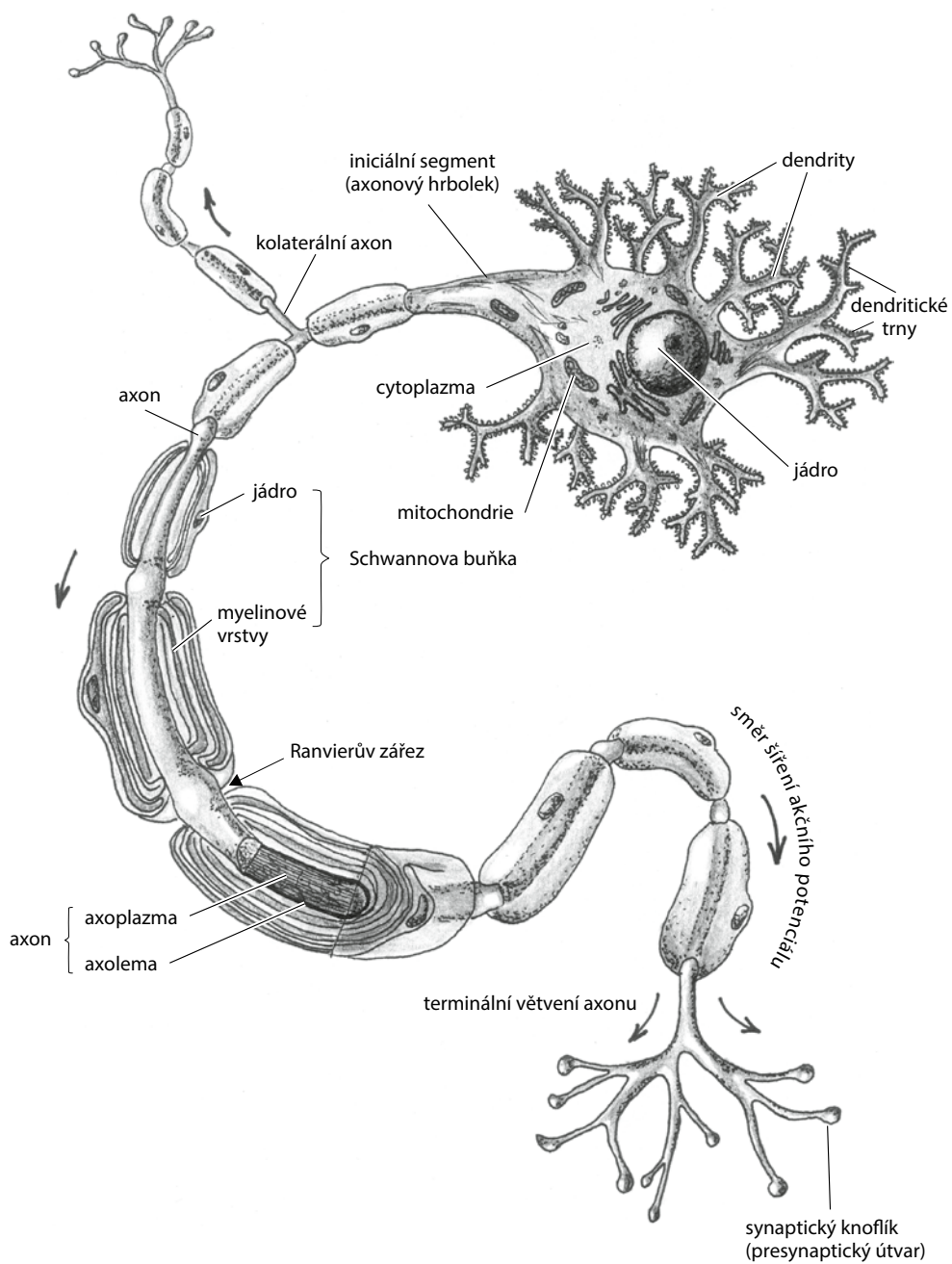
2.1.1 Nervové buňky

Nervové buňky jsou v řadě ohledů mimořádné. Z hlediska **základních organel** se nicméně neliší od jiných jaderných buněk našeho těla – jsou ohraničeny plazmatickou membránou, obsahují všechny základní známé buněčné organely – jádro, endoplazmatické retikulum, Golgiho aparát, lysozomy, mitochondrie, ribozomy, struktury cytoskeletu.

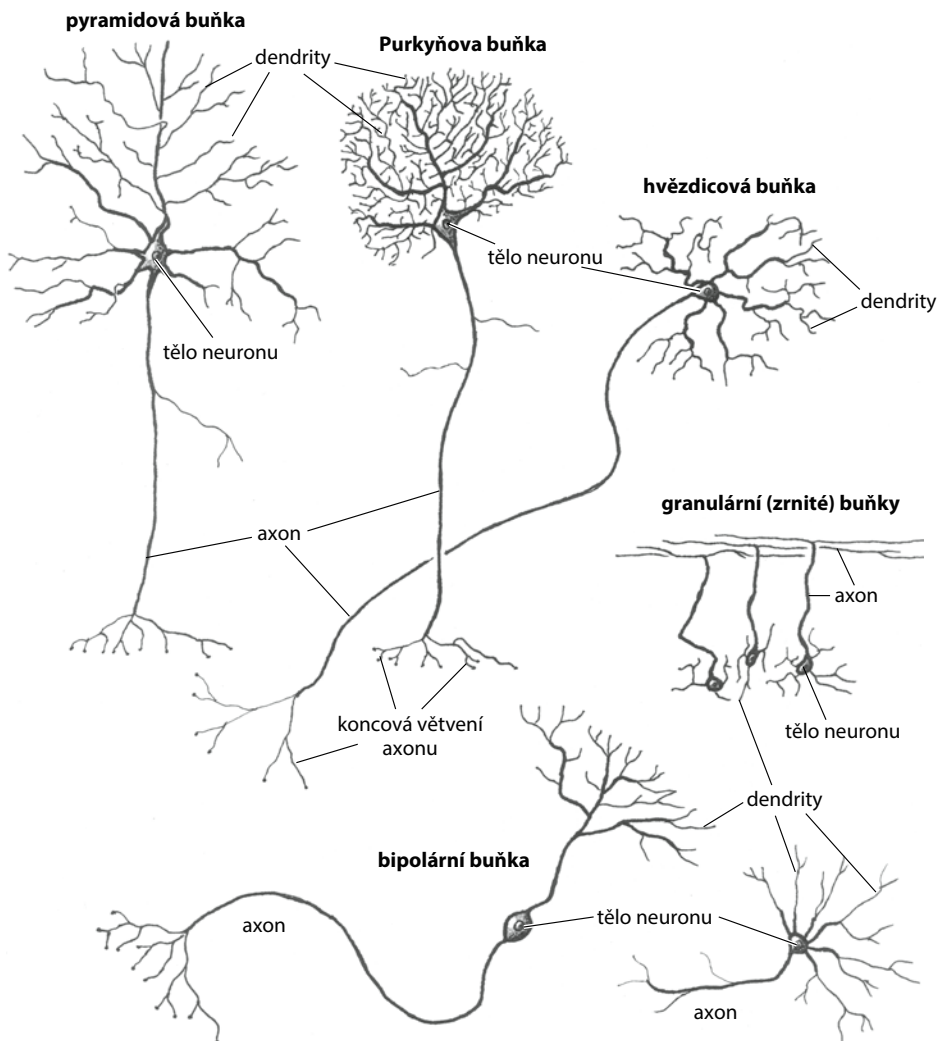
Jako buňky s vysokou mírou specializace jsou zralé neurony zablokovány v **G₀ fázi** buněčného cyklu a nejsou schopné dělení.

Jednotlivé neurony se liší tvarem a velikostí, ale každý z nich je tvořen třemi základními částmi: tělem a systémem výběžků, kterým říkáme dendrity a axony.

- **Tělo** (řecky *soma*) je ústřední částí každého neuronu. Obsahuje jádro a další výše zmíněné buněčné organely.
- **Dendrity** jsou vesměs bohatě větvené výběžky (jejich název je odvozen z řeckého slova *dendron* – strom). Informace v podobě elektrických potenciálů vedou vždy **dostředivě** – směrem k tělu nervové buňky. Jejich povrch může být zvětšen drobnými výčnělky – **dendritickými trny**.
- **Axon** je většinou dlouhý výběžek nervové buňky. Vystupuje z **axonového hrbolku** na těle neuronu a větví se zpravidla až ve své koncové (terminální) části. Na rozdíl od dendritů vede informaci zásadně **odstředivě** – tedy od těla nervové buňky.



Obr. 2.2 Nervová buňka



Obr. 2.3 Příklady různých neuronů

Neurony můžeme **třídit** podle řady hledisek, například podle velikosti a vzhledu, podle specifických rolí, které plní, podle vymezených okruhů a drah, do nichž jsou zapojeny, nebo podle mediátorů, které produkují a jejichž prostřednictvím si předávají informace.

K základním funkcím neuronů bezpochyby patří tvorba a přenos informací. Významná je rovněž role sekreční, tedy tvorba různých látek.

Podle typu informací, které neurony vedou a zpracovávají, rozlišujeme čtyři základní skupiny neuronů:

- **Neurony motorické** jsou určeny k řízení volní hybnosti (tedy vůlí řízených pohybů těla). Informace vedou z mozku a z páteřní míchy do periferie (eferentně) až k nervosvalovým ploténkám, kterými se kontaktují s řízenými příčně pruhovanými svaly.
- **Neurony senzitivní** přivádějí a zpracovávají informace z kůže a smyslu do míchy a do mozku (říkáme, že jsou aferentní).
- **Neurony vegetativní (autonomní)** jsou zapojené do řízení tělesných funkcí a všech vnitřních orgánů a tkání. Nepodléhají volnímu řízení.
- **Neurony propojovací** (interneurony) ve shodě se svým označením zajišťují propojení nervových buněk. Vstupují do všech funkčních systémů.

Jednotlivé neurony přenášejí informace prostřednictvím akčních potenciálů, které se šíří nervovými vlákny vždy jednosměrně (dendrity směrem k tělu nervové buňky, axony od těla neuronu).

AKČNÍ POTENCIÁL představuje vlnu depolarizace – transpolarizace – repolarizace – hyperpolarizace, která se šíří nervovým vláknem.

V průběhu uvedených fází jsou otevřeny kanály pro Na^+ nebo K^+ ionty, které jimi proudí vždy ve směru svého koncentračního gradientu (tedy ionty Na^+ vždy dovnitř a ionty K^+ vždy ven).

Podmínkou vzniku akčního potenciálu je **klidový membránový potenciál** (klidová polarizace membrány), který je daný nerovnoměrným rozložením náboje a iontů na vnitřní a vnější straně membrány, kdy uvnitř převažuje koncentrace draselných iontů (K^+) a zevně jsou v převaze ionty sodné (Na^+). Vnitřní strana membrány nese náboj záporný, zevní strana je nabitá kladně (viz obr. 2.4).

Klidová polarizace má tři hlavní zdroje:

- **sodno-draselné pumpy** (Na^+/K^+ ATP-ázy), což jsou bílkovinné přenašeče umístěné v plazmatické membráně, které za spotřeby energie získávané štěpením ATP přenášejí tři Na^+ ionty ven a dva K^+ ionty dovnitř a vytvářejí tak koncentrační nerovnováhu (gradient) uvedených iontů;
- **proud K^+ iontů** po směru koncentračního gradientu přes otevřené iontové kanály ven z buňky;
- **přítomnost proteinů** nesoucích na svém povrchu záporný náboj uvnitř neuronu.

Během **depolarizace a transpolarizace** se na krátkou dobu otevírají rychlé kanály pro Na^+ ionty. Těmito kanály vstupují Na^+ ionty ve směru svého koncentračního gradientu masivně do buňky. Jelikož sem vnáší kladný náboj, je výsledkem úplné přepólování membrány.

Během **repolarizace** jsou otevřeny pomalé kanály pro K^+ ionty, které ve směru svého koncentračního gradientu vystupují z buňky a vracejí polarizaci do klidového stavu.

Jelikož jsou pomalé K^+ kanály otevřené delší dobu, odejde z buňky nakonec více kladně nabitých částic – to se projeví jako **hyperpolarizace**. Polarizace je při ní ještě větší než v klidovém stavu (viz obr. 2.4).

Jeden akční potenciál si můžeme představit jako **jednotku informačního přenosu**. Akční potenciály však vždy vznikají a šíří se v celých sériích.

Velká část nervových vláken je **obalena myelinovými pochvami**, které jsou tvořeny výběžky specifických gliových buněk – přesněji oligodendroglie v mozku a míše, Schwannovými buňkami na periferii.

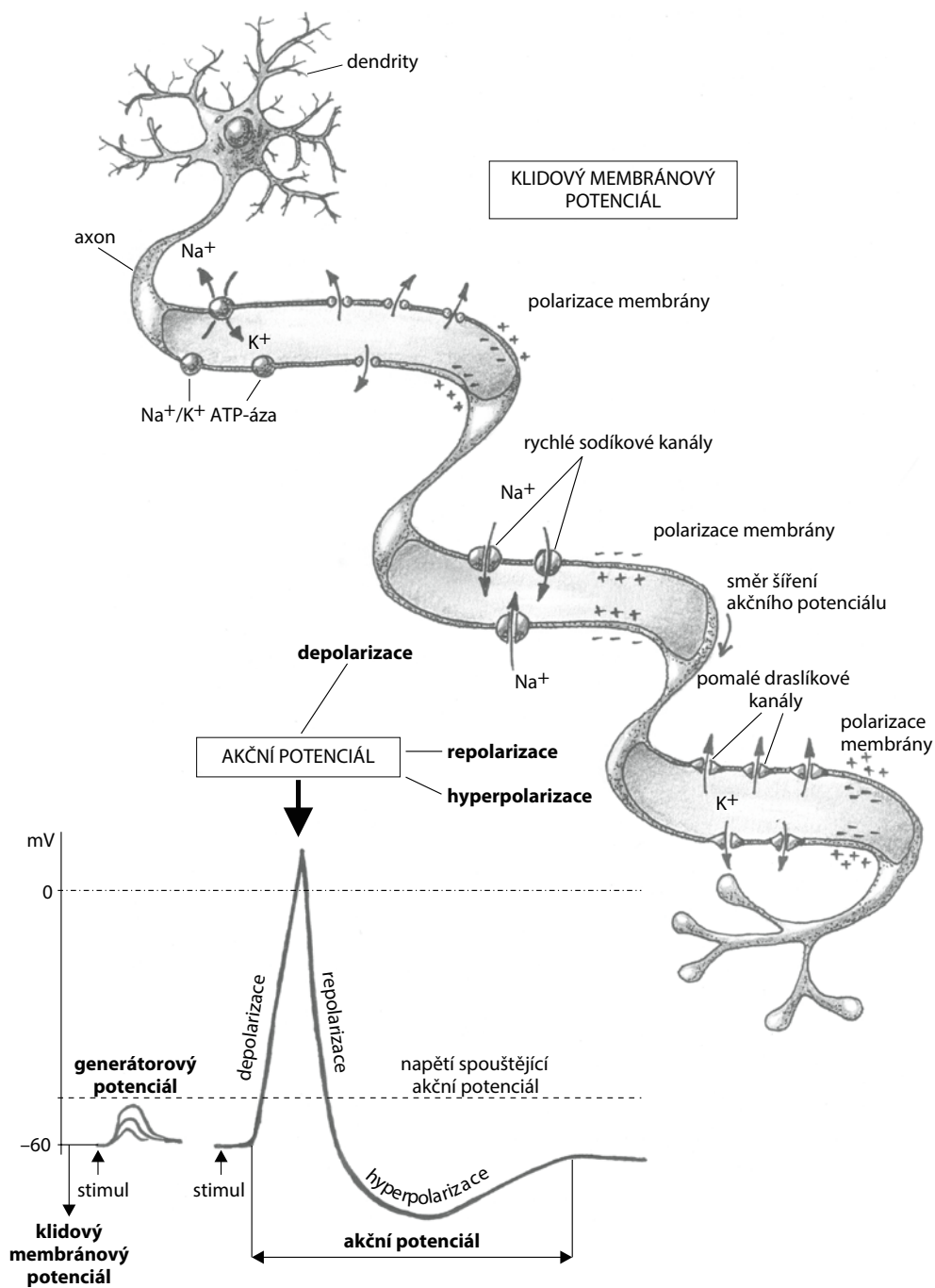
Myelinové obaly plní řadu úloh, především významně zrychlují přenos elektrických potenciálů, navzájem izolují jednotlivá vlákna, ale přispívají také k vitalitě nervových vláken.

Pokud vlákno nervové buňky není obaleno (říkáme, že je nahé, a označujeme ho jako šedé), šíří se na něm akční potenciál **kontinuálně**. Pokud je nervové vlákno obalené (pak se nazývá bílé), přeskakuje akční potenciál z jednoho Ranvierova zářezu (viz dále) na druhý a v tomto případě se jedná o **saltatorní vedení** (které je mnohem rychlejší a efektivnější).

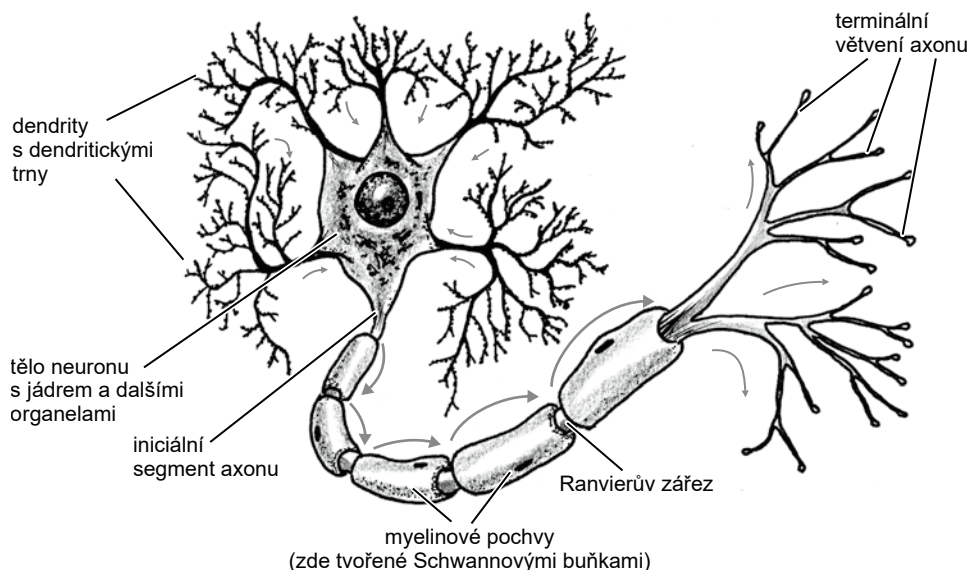
Neurony našeho nervového systému se navzájem kontaktují **SYNAPSEMI** (zápoji) a vytvářejí giganticky složitou 3D síť s astronomickým počtem vzájemných spojení.

Přenos informace mezi neurony (tedy v synapsích) je realizován prostřednictvím chemických látek – **mediátorů** (neboli přenašečů či transmitterů). Byly popsány řádově desítky mediátorů. Rámcově je dělíme na mediátory **excitační** (stimulující) a **inhibiční** (tlumivé).

Z chemického hlediska se jedná o velmi pestrou skupinu, najdeme mezi nimi **aminokyseliny** (např. kyselina gama-aminomáselná /zkratkou GABA/, glycin, kyselina asparágová, kyselina glutamová), **biogenní aminy** (např. dopamin, adrenalin, noradrenalin, histamin, serotonin /neboli 5-hydroxytriptamin, zkratkou 5-HT/), **neuropeptidy** (početná skupina mediátorů s endogenními opiáty, jako jsou endorfiny, dynorfiny a enkefaliny a řadou jiných) i **látky s jinou chemickou strukturou** (jako acetylcholin, oxid dusnatý /chemicky NO/ aj.).



Obr. 2.4 Klidový a akční potenciál neuronální membrány



Obr. 2.5 Saltatorní vedení akčního potenciálu

Na každé dílčí funkci se zpravidla podílí více různých mediátorů, přičemž jeden obvykle sehrává dominantní roli. Vždy je přitom podstatné nejen **absolutní množství** daného mediátoru (tedy kolik ho je), ale i vzájemný **poměr** různých mediátorů. A svou roli hraje také prostor a čas – tedy kde a kdy se daný mediátor uplatňuje.

Například acetylcholin se významně uplatňuje zejména v paměťových funkcích, serotonin hraje zásadní roli v genezi nálady a vnímání bolesti, dopamin plní roli „mediátoru slasti“ a podílí se prioritně na řízení hybnosti a celkové integraci psychických funkcí, GABA je nejvýznamnějším inhibičním mediátorem a mimo jiné přispívá k navození spánku atd.

Změny množství a/nebo poměru přenašečů vždy nesou nějaké důsledky a nejednou se projeví chorobnými příznaky. Na druhou stranu mnohé léčebné postupy působí právě zde, na množství mediátorů.

Poznámka: Význam kvality, absolutního množství, poměru jednotlivých ingrediencí a důležitost časování si jednoduše představte v kontextu přípravy nějakého složitějšího jídla či nápoje, kdy není jedno, co použijete, v jaké kvalitě a v jakém množství, v jakém poměru jednotlivých součástí. A podstatné je také, kdy co přidáte a co přesně s tím uděláte či jak

dlouho to zpracováváte. Nebo je to jedno? Mám dojem, že realita života a třeba i známá pohádka o tom, jak pesek s kočičkou pekli dort, názorně ukázaly, že to jedno není...

Vraťme se k samotné synapsi. Je známo, že každá **synapse se skládá** ze tří částí: presynaptického útvaru, synaptické štěrbinu a postsynaptického útvaru, přičemž informační přenos probíhá vždy ve směru presynaptická část → synaptická štěrbina → postsynaptická část.

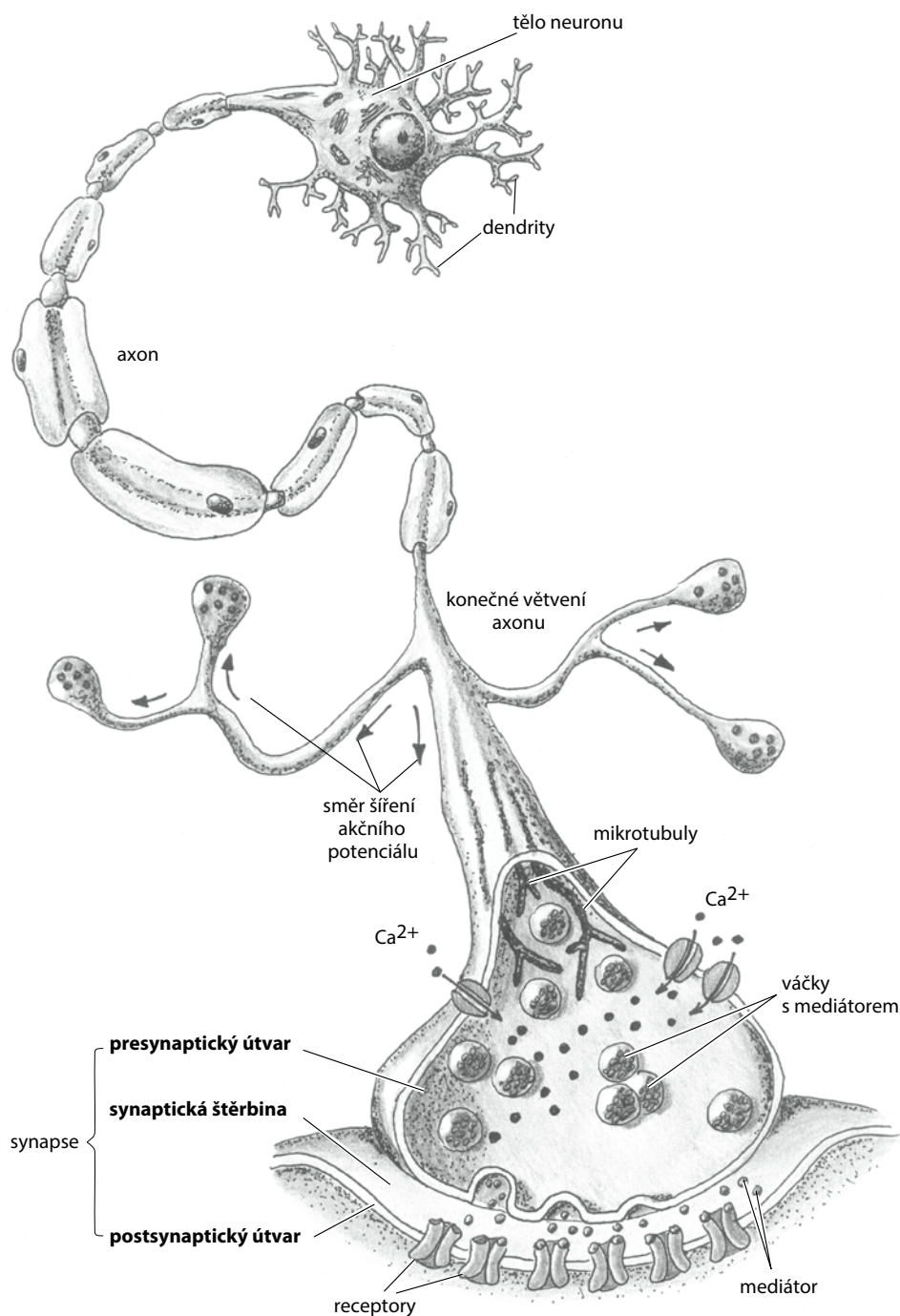
- **Presynaptický útvar** je nejčastěji terminální větví axonu ve tvaru knoflíkovitého rozšíření. Najdeme zde především **váčky** (vezikuly) naplněné mediátorem.
- **Synaptická štěrbina** je úzký prostor mezi membránou presynaptického a postsynaptického útvaru. Právě sem se vylévá mediátor zajišťující přenos informace.
- **Postsynaptický útvar** je tvořen nejčastěji dendritem, ale i tělem neuronu nebo jeho axonem (podle typu synapse). Může to být také membrána svalové nebo žlázné buňky. Velmi podstatnou strukturou ukotvenou v membráně postsynaptického útvaru jsou především **specifické receptory**, které interagují s mediátorem uvolněným do synaptické štěrbinu.

Interakce mediátoru s příslušným receptorem startuje kaskádu dějů v postsynaptickém útvaru, na jejímž konci mohou být: vznik akčního potenciálu (a tedy přenos jednotky informace) nebo morfologické a funkční změny postsynaptického neuronu.

Nezapomínejme, že jeden mediátor může interagovat s **více podtypy specifického receptoru**, přičemž zapojení různých receptorových subtypů vyvolá rozdílné reakce.

Interakce mediátoru s příslušným receptorem obecně rozjízdí jednu ze **tří cest synaptického přenosu informací**:

- V rámci **první cesty** dojde k přímému ovlivnění iontových kanálů, které podmíní změnu iontových toků a tím i rozložení náboje vně a uvnitř neuronu. Vzniká tak excitační postsynaptický potenciál (EPSP) nebo inhibiční postsynaptický potenciál (IPSP). Časovou a prostorovou sumaci (tedy součtem) uvedených potenciálů může vzniknout akční potenciál, který se následně šíří postsynaptickým neuronem.
- **Druhá cesta** představuje aktivaci G-proteinu, která podmíní tvorbu sekundárních a dále i terciárních posílů. Po jejich průniku do jádra zde způsobí expresi genetické informace (respektive tvorbu RNA), jejímž výsledkem může být morfologická nebo funkční změna příslušné nervové buňky (příkladem morfologické změny je třeba růst výběžku nebo vytvoření nové synapse, příkladem funkční změny je



Obr. 2.6 Stavba synapse

změna v produkci mediátoru ve smyslu zvýšení nebo snížení). Vedle toho má cesta přes G-protein vliv rovněž na iontové kanály a polarizaci membrány.

- **Třetí cesta** přenosu synaptické informace je spojena s aktivací dalších enzymatických systémů.

2.1.2 Podpůrné buňky

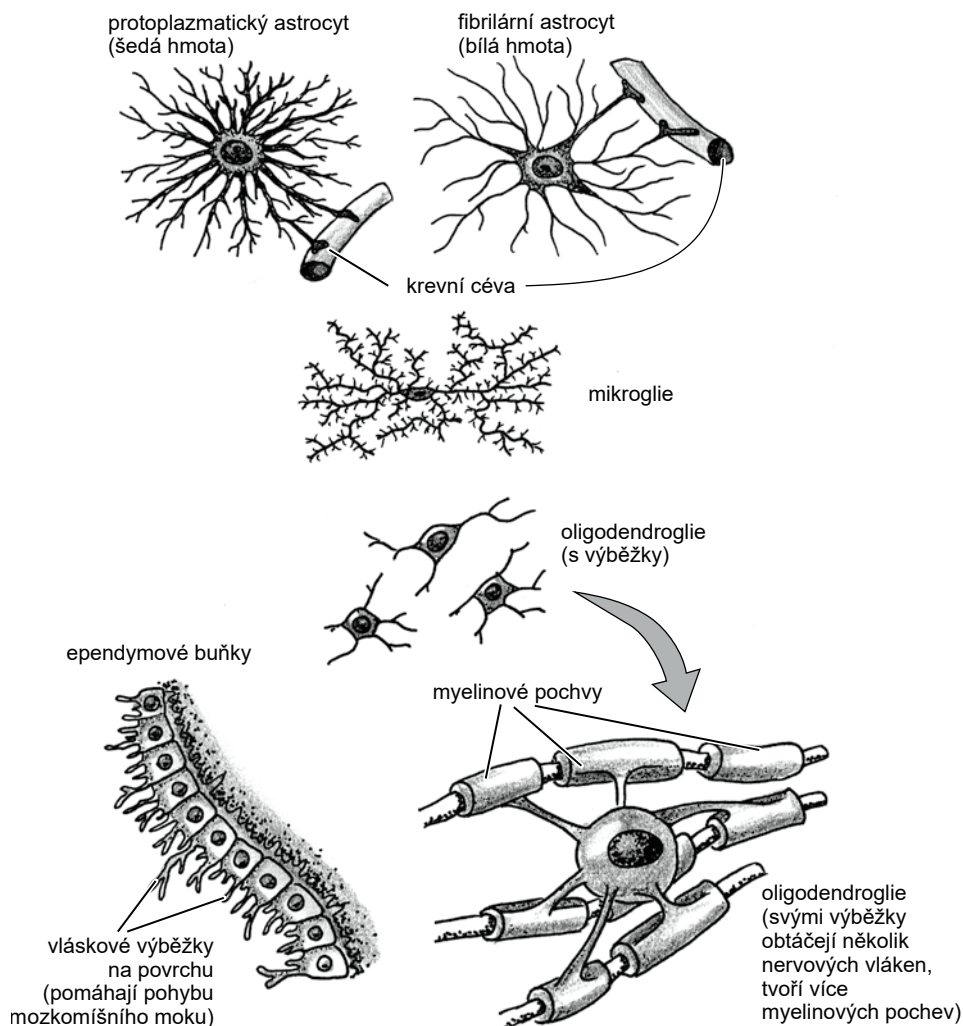
Mezi podpůrné buňky (glie) patří pestrá směsice buněk rozmanitého vzhledu a funkce. V mozku a míše (tedy v centrálním nervovém systému) nacházíme astrocyty, oligodendroglie, mikroglie a ependymové buňky. Vývojově se uplatňují radiální glie. Ke gliím periferního nervového systému patří Schwannovy buňky a buňky satelitní.

Podívejme se stručně na jejich základní charakteristiku:

- **ASTROCYTY** (astroglie) jsou glie hvězdovitého tvaru, které zajišťují neuronům výživu a odvod odpadních látek. Svoji funkci naplňují prostřednictvím svých výběžků, kterými se kontaktují s cévami a s nervovými buňkami. Podílejí se na tvorbě **hematoencefalické bariéry** mezi krví a mozkovou tkání.
- **OLIGODENDROGLIE** tvoří obaly (**myelinové pochvy**) nervových buněk v mozku a míše. Jedna oligodendroglie vysílá několik výběžků, kterými „omotá“ hned několik nervových vláken.
- **MIKROGLIE** (Hortegovy glie) jsou malé a pohyblivé buňky s výběžky, které odstraňují rozpadlé části neuronů a zajišťují imunitní dohled. Můžeme říci, že mají funkci „čističů“.
- **EPENDYMOVÉ BUŇKY** jsou buňky s řasinkovými výběžky, které vystylají komorový systém mozku. Pohyb jejich řasinek pomáhá v proudění mozkomíšního moku. Spolu s cévami vytvářejí **choroidální plexus** (*plexus choroideus*), jenž je zdrojem mozkomíšního moku.
- **RADIÁLNÍ GLIE** se uplatňují během nitroděložního života, kdy se ohromující množství nervových buněk po svém vzniku přemísťuje (migruje) na jiné místo; radiální glie přitom představují jakási „vodící lana“ či „koleje“, po kterých se nervové buňky přemísťují.
- **SATELITNÍ BUŇKY** (amficyty) leží v periferních **nervových gangliích** autonomního nervového systému. Přispívají k transportu látek k neuronům a od nich a podílejí se také na izolaci jednotlivých neuronů.
- **SCHWANNOVY BUŇKY** vytvářejí **myelinové pochvy** nervových vláken v periferním nervovém systému. Jedna Schwannova buňka se přitom obtáčí kolem jednoho nervového vlákna. Nekryté úseky nervových vláken mezi jednotlivými

Schwannovými buňkami se nazývají **Ranvierovy zářezy**; jak víme, právě přes ně se po bílém vlákne saltatorně (skokově) šíří akční potenciál.

Obaly nervových vláken tvořené oligodendroglie a Schwannovými buňkami se podílejí na **stabilizaci** a **izolaci** jednotlivých vláken, významně **zvyšují rychlost** vedení elektrických impulzů nervovými vlákny a přispívají také k **ochraně**, **vitalitě** a **výživě** výběžků, které halí.



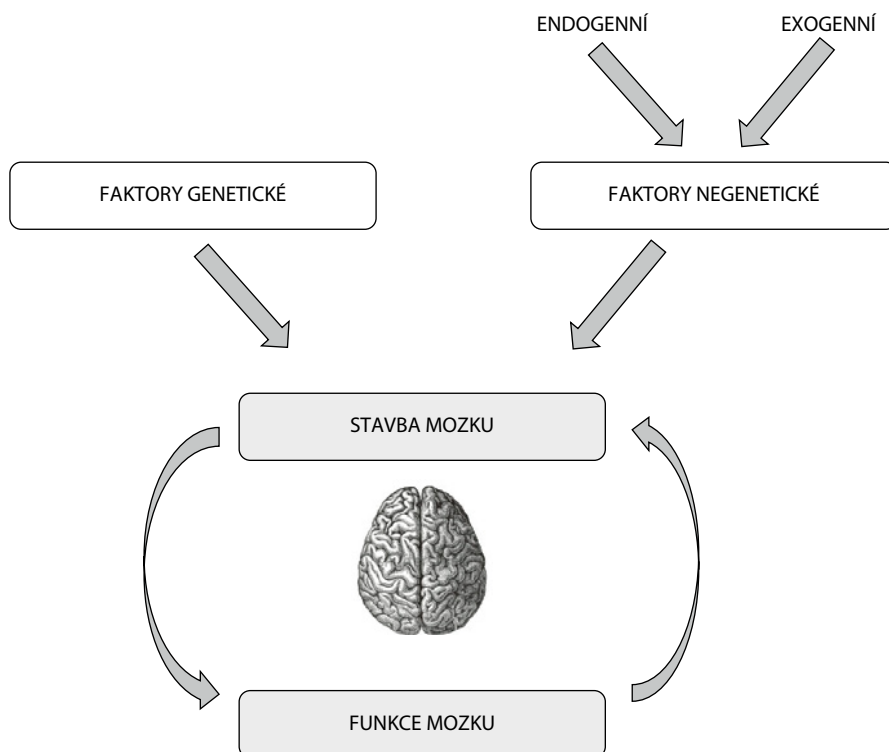
Obr. 2.7 Podpůrné buňky

2.2 Centrální nervový systém

Centrální nervový systém je tvořen mozkem a míchou. Především mozek hraje u člověka dominantní a ústřední roli nejen v řízení všech funkcí tělesných, ale i psychických. Vstupuje do oblasti vztahové i přesahové. Je právem považován za nejsložitější orgánový systém v nám známém živém světě.

Složitá základní **architektura** mozku a z ní vycházející široké **funkce** jsou dány **geneticky**. Na výsledné stavbě a funkci mozku se však velkou měrou spolupodílejí i další endogenní (vnitřní) i exogenní (zevní) **vlivy negenetické povahy** působící nitroděložně, během porodu, po něm a prakticky po celý život.

Mimochodem i poruchy nervového systému, kterým se budeme věnovat v hlavní části naší knihy, mohou být podmíněny uvedenými vlivy – genetickými i negenetickými, endogenními i exogenními s tím, že původ některých chorobných stavů je nejasný a stále ho přesně neznáme.



Obr. 2.8 Vztahy struktury a funkce mozku

Každý povel, který z centrálního nervového systému vzejde, a jeho dopady jsou ustavičně analyzovány v rámci **zpětné vazby**. A na základě zpětné vazby centrální řídicí instance neustále koriguje a vyladuje svoji činnost. Princip zpětné vazby přispívá k optimalizaci a efektivitě řízení všech psychických a tělesných funkcí.

***Poznámka k zamyšlení:** Nemůže být uplatnění principu zpětné vazby užitečné, či dokonce zcela nezbytné také v širším kontextu našeho činění a bytí? Není účelné dívat se na to, co konáme a co tím působíme, a na základě toho korigovat své chování a aktivity? Nepřinese absence zpětné vazby více škody než užitku člověku samotnému, v oblasti mezilidských vztahů, ale třeba i přírody a světa? Co myslíte?*

Zejména v případě mozku platí, že **stavba a funkce** jsou navzájem podmíněny – určitá struktura je podkladem dané funkce a její realizace zpětně ovlivňuje jemnou mikroarchitektoniku mozku (a může ji do určité míry měnit).

Na komplexní provázanost stavby a funkce našeho mozku nikdy nezapomínejme a mějme neustále na paměti, že stavba našeho mozku podmiňuje naše aktivity a činnosti, jejichž realizace zpětně působí na mozek. Vše, co činíme (nebo co vnímáme a je nám činěno), má určitý potenciál měnit jemnou mikrostrukturu mozku a tím modifikovat naše chování a prožívání a nás samotné.

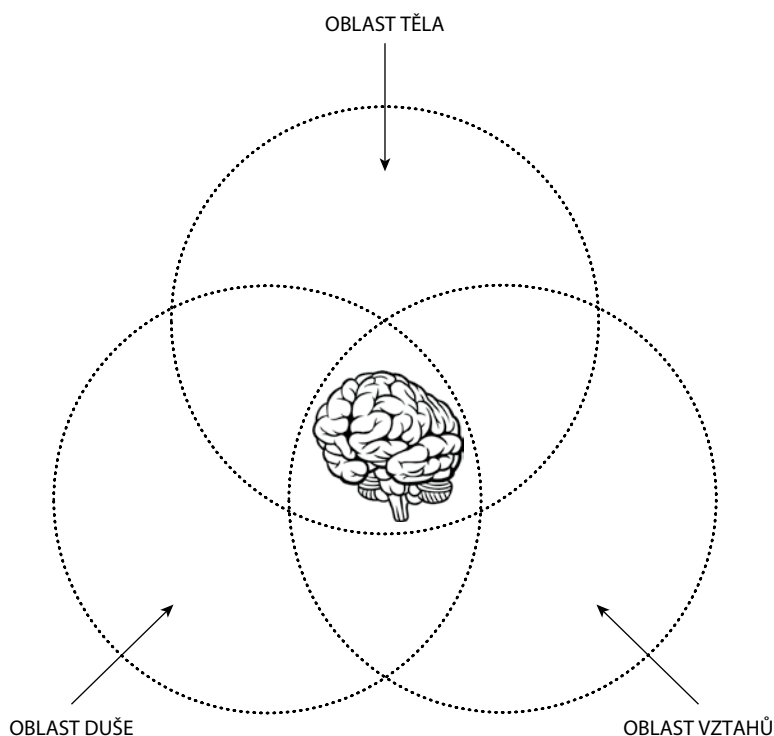
Vazba stavby a funkce mozku se v našich životech uplatňuje ve zdraví a funkčnosti i v nemoci a nefunkčnosti. Patří k aspektům vývoje a může se uplatňovat také v rámci léčby.

***Poznámka:** Změny struktury, o kterých zde hovoříme, jsou na mikroskopické úrovni – mohou se týkat jednotlivých nervových buněk nebo synapsí. Přesto jejich význam a dopady nelze podcenit (ani zpochybnit).*

2.2.1 Lidský mozek

Nad složitou komplexností stavby, mnohostrannými funkcemi, efektivitou a výkonností i celkovou šíří vlivu lidského mozku nepřestáváme žasnout. Je to nepochybně právě náš mozek, který nás vydělil ze světa jiných tvorů a významně se podílel na všech aspektech našeho bytí (včetně prožívání, myšlení a konání).

Celý mozek je postaven a funguje jako **složitý supersystém složený z dílčích subsystémů a jejich částí**. Jednotlivé oblasti a struktury mozku nesou vymezené

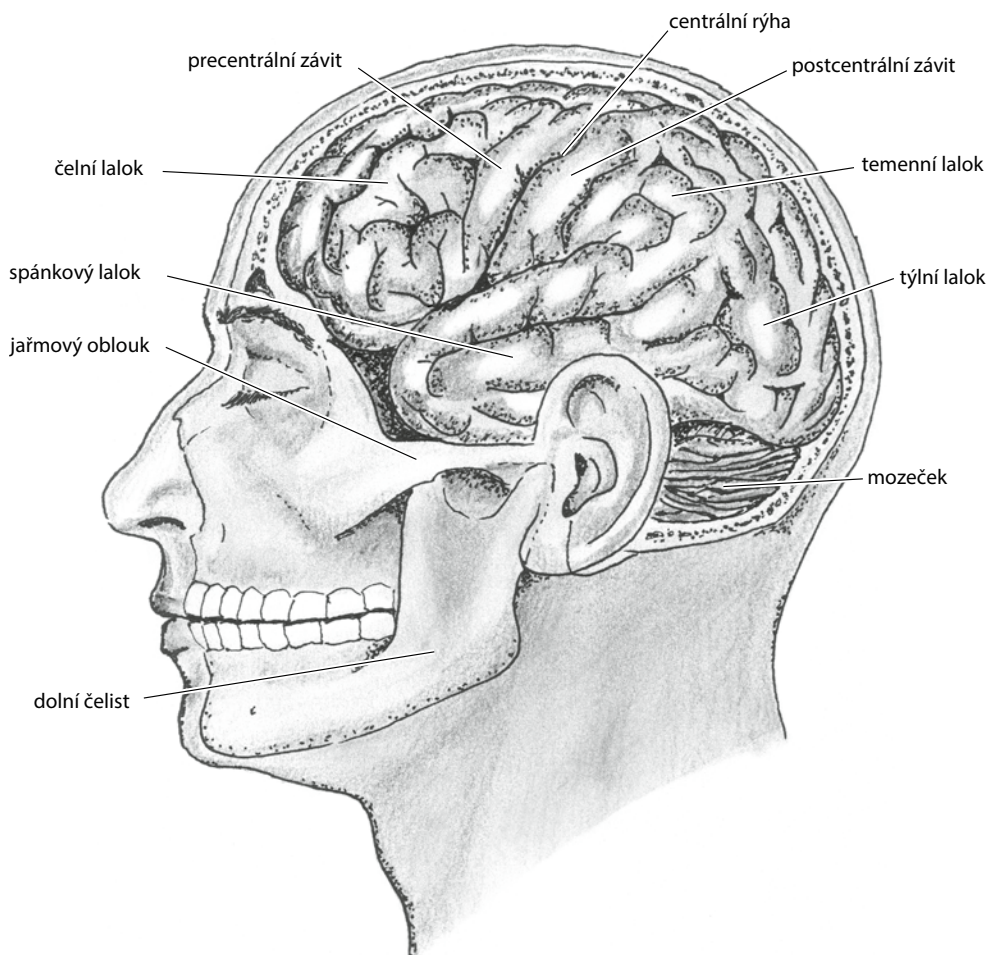


Obr. 2.9 *Mozek jako ústřední koordinátor tělesné, psychické a vztahové oblasti*

kompetence a jsou hierarchicky uspořádány. Jednotlivé komponenty mozku jsou mnohonásobně propojeny, fungují ve vzájemných vazbách a pracují **jako celek a v zájmu celku** a celého organismu. Pro lidský mozek jednoznačně platí známý výrok gestalt (tvarové) psychologie, že „celek je více než prostý součet jednotlivých částí“.

Celková efektivita a výkonnost našeho mozku jsou neuvěřitelné. Nezapomínejme, že vědomá oblast (zahrnující kupříkladu naše myšlení nebo volní hybnost) je jen jednou částí souborné činnosti našeho mozku, jenž vedle toho řídí bez zásahů naší vůle (a mimo naše uvědomování) de facto všechny tělesné funkce a také propojení psychické, tělesné a vztahové stránky našeho bytí.

Mozek spočívá v dutině lební chráněn kostěným pouzdrém tvořeným kostmi lebky. Je obalen mozkomíšními plenami (meningy). K jeho ochraně přispívá také mozkomíšní mok, který kolem mozku vytváří jakýsi „vodní polštář“ – viz dále.



Obr. 2.10 Uložení mozku v lebce

Poznámka: Přestože se na mechanické ochraně mozku podílí více struktur, může být působení fyzikálních sil a tlaků při úrazech a nehodách tak velké, že dojde až k poškození lebky i mozkových obalů a mozkové tkáně. Používání ochranných pomůcek (např. přilby) při práci, sportu nebo potenciálně rizikových aktivitách není bezúčelné, ale v některých případech může doslova zachránit život. Nezapomínejme na to, prosím!

Podívejme se nyní na jednotlivé části našeho mozku a připomeňme si je ve stručném orientačním přehledu. Jedná se o mozkový kmen, mozeček, mezimozek a koncový mozek.

MOZKOVÝ KMEN (*truncus cerebri*) je bazální částí mozku, která navazuje přímo na páteřní míchu a sestává ze tří částí. Od úrovně velkého týlního otvoru (která je hranicí mezi mozkem a páteřní míchou) směrem vzhůru jsou to: **prodloužená mícha** (*medulla oblongata*), **Varolův most** (*pons Varoli*) a **střední mozek** (*mesencephalon*).

Na úrovni mozkového kmene najdeme jádra většiny **hlavových nervů**. Mozkový kmen je místem řízení a regulace **základních životních funkcí** (jako je srdeční činnost a dýchání), **vitálních reflexů** (polykání, zvracení, kýchání apod.) i **geneze bdělosti**. Prochází tudy velké množství vzestupných a sestupných nervových vláken (**nervových drah**) propojujících řadu oblastí mozku a páteřní míchy.

Mozkovým kmenem prochází 3D síť propojených neuronů, která se označuje jako **retikulární formace** (*formatio reticularis*). Ascendentní (vzestupný) aktivací systém retikulární formace vysílá vlákna do vyšších etáží mozku a mimo jiné hraje významnou roli v genezi bdělosti.

Poznámka: V mozkovém kmeni se nachází na malém prostoru (v malém objemu tkáně) velmi mnoho struktur, je tedy jasné, že i malá léze v této oblasti může mít velmi těžké a závažné dopady.

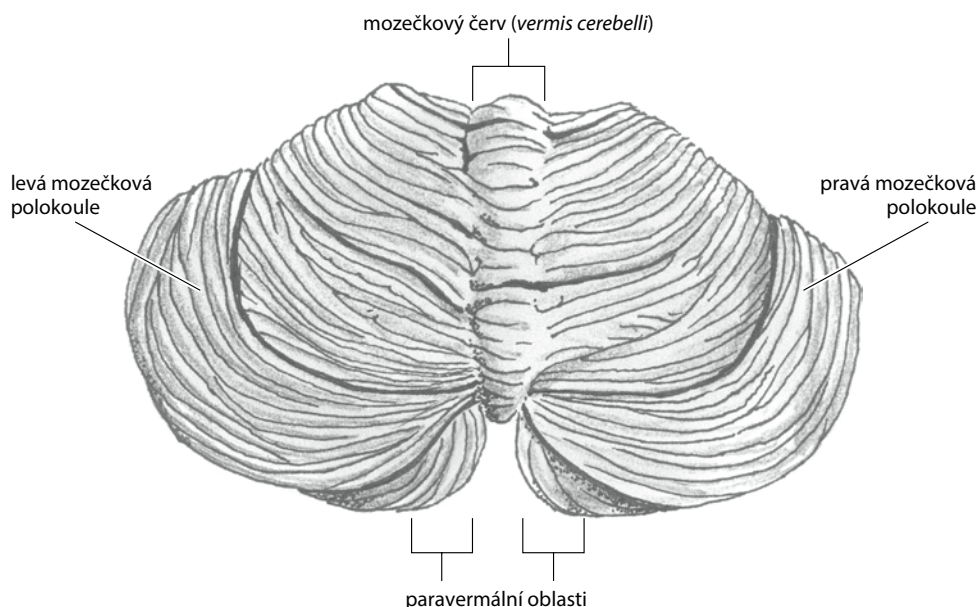
MOZEČEK (*cerebellum*) naléhá na zadní stranu mozkového kmene. Je tvořen dvěma **mozečkovými polokoulemi** (*hemisphera cerebelli*) a nepárovou středovou částí, které říkáme **mozečkový červ** (*vermis cerebelli*).

Na jejich povrchu najdeme **mozečkovou kůru** tvořenou třemi vrstvami složitě propojených nervových buněk. V hloubce leží bílá hmota mozečková (tvořená nervovými vlákny) a rovněž **mozečková jádra** (tvořená shluky těl nervových buněk).

Spojení mozečku s ostatními částmi mozku zajišťují tři mohutné svazky nervových vláken – **horní, střední a dolní mozečkové stonky** (*pedunculi cerebelli craniales, mediales et caudales*).

Mozeček obrazně označujeme jako „šedou eminenci mozku“, neboť dostává informace z řady oblastí mozku i těla a sám vstupuje do mnoha funkcí. Známý je podíl mozečku na řízení hybnosti, uplatňuje se ale i v procesech učení, paměti, regulace chování, prožívání apod.

V mozečku najdeme různé typy nervových buněk. Jedním z nich jsou i Purkyňovy buňky – velké neurony s typickým bohatým větvením svých výběžků.



Obr. 2.11 Mozeček

MEZIMOZEK (*diencephalon*) je uložen zhruba ve středu mozku mezi mozkovými polokoulemi. Skládá se ze dvou částí – párového talamu a nepárového hypotalamu.

- **Talamus** (*thalamus*) je tvořen dvěma tělesy vejčitého tvaru, která mezi sebou uzavírají III. komoru mozkovou. Talamus hraje roli „ústřední přepojovací stanice“, v každém okamžiku sem přichází obrovské množství informací senzitivních, motorických a autonomních. Právě tady dochází k jejich **třídění a přepojování** do dalších oblastí mozku.
- **Hypotalamus** (*hypothalamus*) je struktura uložená vepředu ve středu pod oběma talamy (tvoří dno zmíněné III. komory mozkové). Plní dvojitou funkci – jednak je významným **nervovým ústředím**, které dominantně řídí vnitřní orgány a tělesné pochody (tedy autonomní funkce), jednak je zapojen do hypotalamo-hypofyzárního systému, v rámci kterého funguje jako důležitý **hormonální producent**. Právě hypotalamus rozhodujícím způsobem reguluje stálost vnitřního prostředí (homeostázu), ovládá projevy emocí na úrovni těla, podílí se na řízení biorytmů (např. střídání bdění a spánku) atd.

Nepřekvapí nás, že vnitřní struktura obou částí mezimozku je dále členěna na dílčí specifické podoblasti. Např. v talamu popisujeme několik skupin specifických jader – uskupení těl neuronů s určitou funkcí.

KONCOVÝ MOZEK (*telencephalon*) představuje nejobjemnější část lidského mozku. Je tvořen dvěma **mozkovými polokoulemi** (*hemisphaeria cerebralia*), které spolu velmi úzce spolupracují.

- **Pravá mozková polokoule** (*hemisphaeria cerebri dextra*) zpracovává především podněty s emočním doprovodem (včetně umění), chápe prostorové vazby, vládne představivostí.
- **Levá mozková polokoule** (*hemisphaeria cerebri sinistra*) reprezentuje zejména logické, matematické, analytické a technické myšlení a vládne také řeči.

Propojení obou polokoulí obstarávají mohutné svazky nervových vláken – **mozkové komisy** (*commissurae cerebri*). Největší komisurou je **vazník** neboli **kalózní** či **bílé těleso** (*corpus callosum*).

Vlastní hmota koncového mozku je členěna na šedou a bílou:

- **Šedá hmota** koncového mozku tvoří **mozkovou kůru** (*cortex cerebri*) na povrchu a **podkorové struktury** uvnitř hemisfér (sem patří např. bazální jádra a podkorové části limbického systému – jmenovitě amygdala a hipokampus).
- **Bílá hmota** koncového mozku leží v hloubce. Je tvořena gigantickým množstvím nervových vláken.

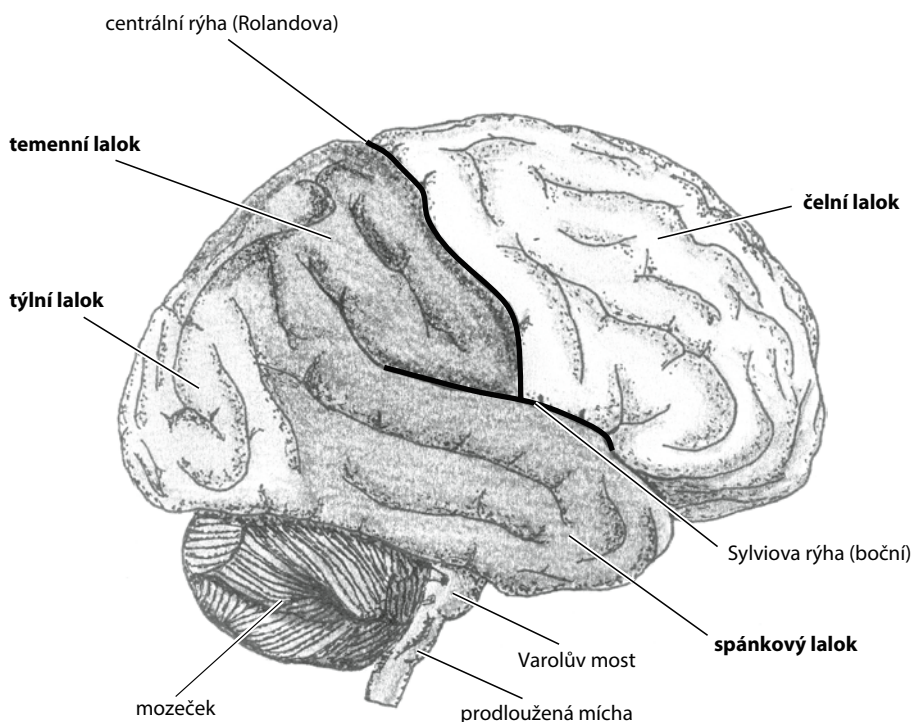
Povrch mozkových polokoulí je členěn řadou rýh a brázd do jednotlivých **mozkových závitů** – gyrů (*gyri cerebri*, jednotné číslo *gyrus cerebrealis*).

Popisujeme celkem pět **mozkových laloků** (*lobi cerebri*, jednotné číslo *lobus cerebrealis*). Mozková kůra jednotlivých laloků obsahuje **specifické korové oblasti** (s jasně vymezenou funkcí) a dále **asociační korové oblasti** (které hrají roli propojovací, integrující a koordinující).

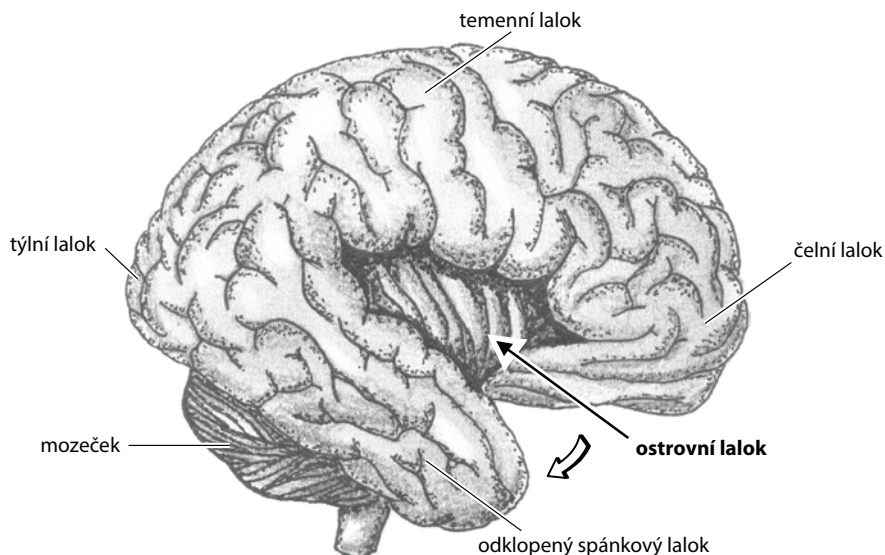
- **Lalok čelní** neboli frontální (*lobus frontalis*) je ve shodě se svým označením uložen v přední části mozku. Najdeme v něm mimo jiné oblast **řízení motoriky** (volní hybnosti včetně řízení produkce řeči a jemných pohybů očí) a korové oblasti **čichu**. Asociační oblast frontálního laloku (**prefrontální kůra**) zaujímá velký objem přední části frontálního laloku. Rozhodujícím způsobem ovlivňuje prožívání i chování, paměť a myšlení, motivaci i osobnostní charakteristiky

(včetně motivů, zájmů či kultivace chování a společensky adekvátních forem projevu s tlumením nevhodných a agresivních prvků). Vazba prefrontální kůry na psychické aspekty prožívání, chování a osobnosti člověka je nesporná.

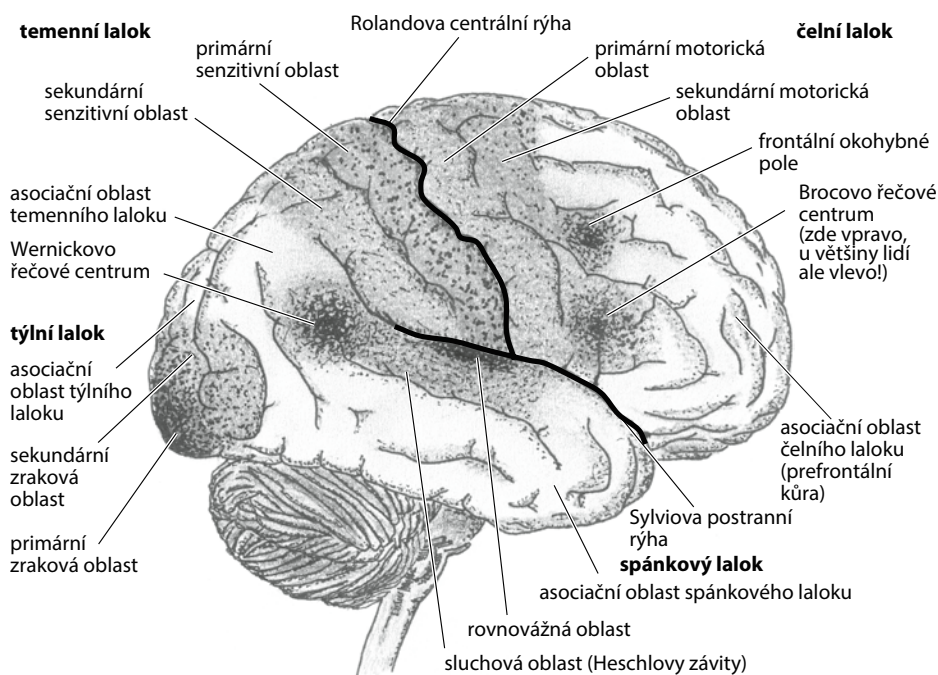
- **Lalok spánkový** neboli temporální (*lobus temporalis*) ve svých neuronech zpracovává informace ze sluchového a rovnovážného čidla. Umožňuje porozumění řeči. Asociační oblasti se podílejí na mnoha funkcích včetně učení, paměti či chování.
- **Lalok temenní** neboli parietální (*lobus parietalis*) obsahuje především korové oblasti kožní citlivosti (senzitivity), chuti a dále asociační oblasti.
- **Lalok týlní** neboli okcipitální (*lobus occipitalis*) nese kromě asociačních oblastí zejména korové oblasti zrakové.
- **Lalok ostrovní** neboli inzulární (*lobus insularis*) je překryt lalokem spánkovým a jako jediný z mozkových laloků není na povrchu mozku vůbec patrný. Jeho funkce souvisí obzvláště s emočním prožíváním a řízením vnitřních orgánů a funkcí organismu.



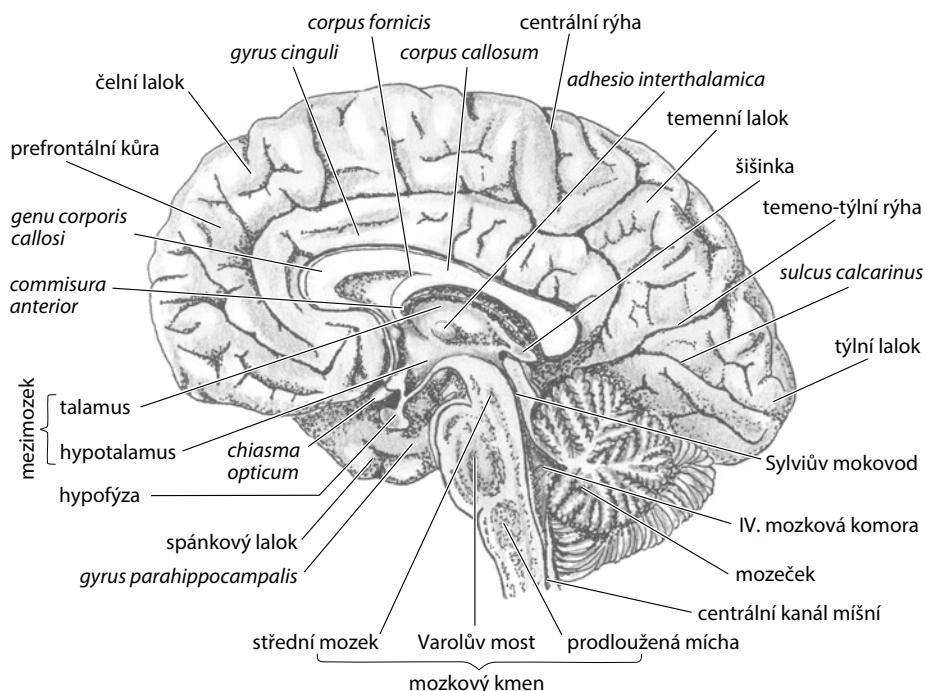
Obr. 2.12 Mozkové laloky



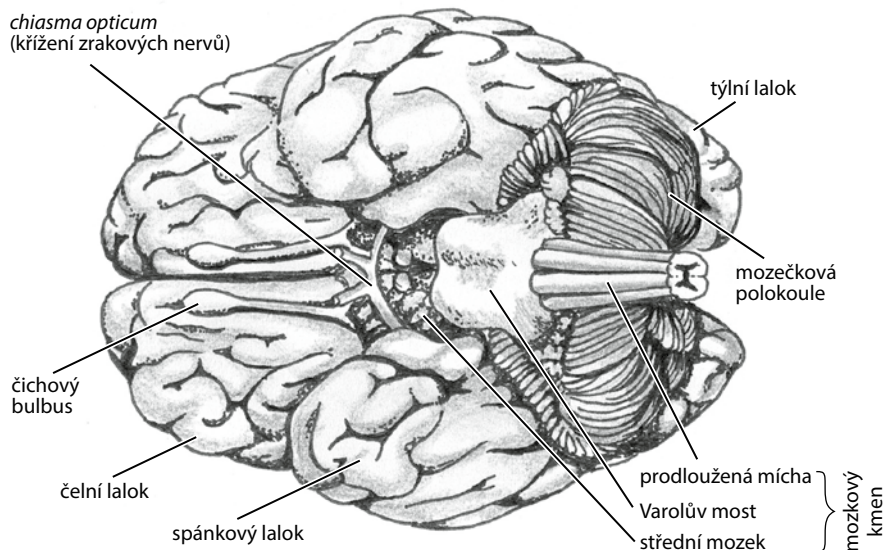
Obr. 2.13 Ostrovní lalok



Obr. 2.14 Korové oblasti



Obr. 2.15 Pohled na vnitřní (mediální) stranu mozku



Obr. 2.16 Pohled na spodní stranu mozku

Již jsme zmínili, že v hloubi koncového mozku najdeme podkorové útvary tvořené šedou hmotou mozkovou – **BAZÁLNÍ GANGLIA / BAZÁLNÍ JÁDRA** (*nuclei basales*, jednotné číslo *nucleus basalis*). Jsou zapojena do mimopyramidových (extrapyramidových) drah a významnou měrou se podílejí na **řízení hybnosti**.

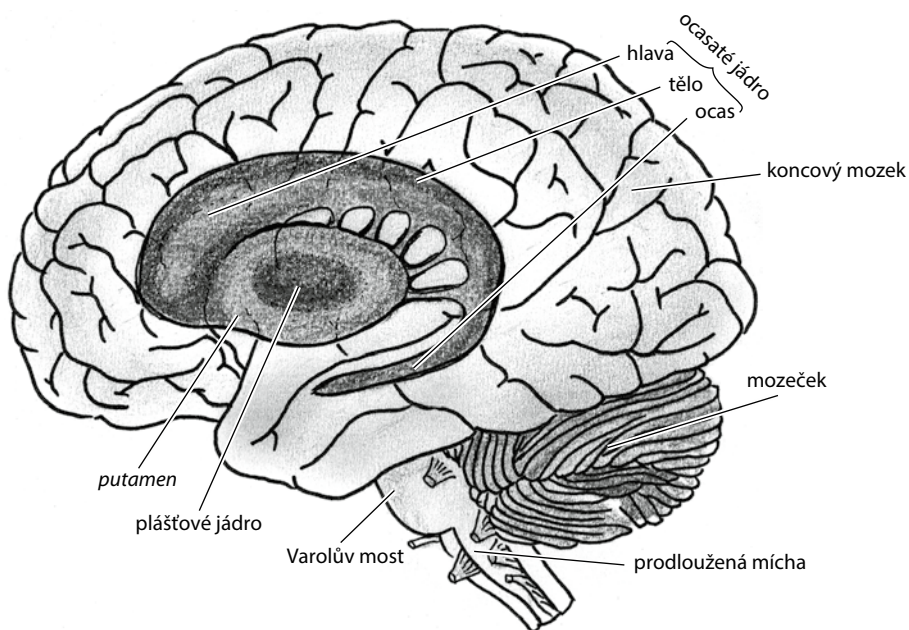
Z anatomického hlediska mezi bazální ganglia řadíme: **žíhané těleso** (*corpus striatum*) složené z putamen (*putamen*) a ocasatého jádra (*nucleus caudatus*), **čočkovité jádro** (*nucleus lentiformis*), **plášťové jádro** (*globus pallidus*) tvořené zevním a vnitřním segmentem (*pallidum externum et internum*), **podtalamické jádro** (*nucleus subthalamicus*). K bazálním gangliím patří také **černá substance** (*substantia nigra*) středního mozku.

Poznámka: Uvedený název černá substance (*substantia nigra*) je odvozen z latinského slova niger – černý, popřípadě nigrare – černat se. Odpovídá tak poměrně nápadně tmavé pigmentaci v této lokalitě.

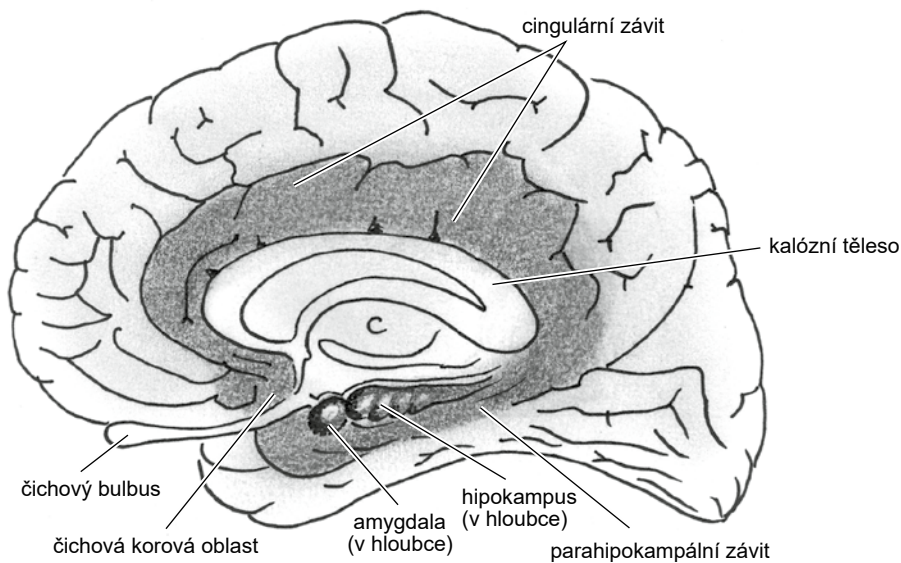
V kontextu koncového mozku je nezbytné zmínit jeden z nejsložitějších systémů mozku, který je spojen zejména s **emocemi** a **pamětí**. Označujeme ho jako **LIMBICKÝ SYSTÉM**. Dostává a zpracovává obrovské množství informací z řady oblastí mozku, smyslových orgánů a celého těla a zpětně ovlivňuje prakticky celý mozek.

- **Korové oblasti limbického systému** lemuji na mediální (vnitřní) ploše koncového mozku kalózní těleso (latinský výraz *limbus* znamená okraj, lem či límec). Zasahují tak do všech mozkových laloků. Nejmohtnější je cingulární závit (*gyrus cinguli*), který leží těsně nad zmíněným vazníkem, a parahipokampální závit (*gyrus parahippocampalis*) na vnitřní ploše spánkového laloku. Do korových oblastí limbického systému řadíme také korové oblasti čichu na spodní straně čelního laloku.
- K **podkorovým částem limbického systému** patří především **amygdala** (*corpus amygdalae*), která se podílí zejména na vyhodnocení situace a přiřazování emočního náboje, a **hipokampus** (*hippocampus*), jenž hraje hlavní roli v genezi dlouhodobé paměti. Obě struktury jsou párové, najdeme je v hloubce obou spánkových laloků.

Limbický systém dostává v každém okamžiku obrovské množství informací ze smyslů, z těla i z ostatních částí mozku. Mnohé z těchto vstupujících informací (např. ze smyslů) sem přicházejí přednostně a jsou zpracovávány prioritně. Jelikož je limbický systém spojen s emocemi, lze říci, že emoce mají pro mozek prioritu před ráciem. Jinými slovy, v našem mozku platí nerovnost EMOCE > ROZUM. Při práci s lidmi na to nesmíme zapomínat (a vyplatí se nepomíjet to ani v našich vlastních „neprofesních“ životech a rolích).



Obr. 2.17 Bazální jádra



Obr. 2.18 Limbický systém

Poznámky k centrálnímu řízení hybnosti

Pohyb patří k základním vlastnostem živé hmoty, mohli bychom říci, že vše, co je živé, se nějakým způsobem pohybuje a hýbá.

Vzhledem k tomu, že projevy řady neurologických onemocnění zasahují právě volní hybnost (motoriku) a tato oblast je pro neurologa velmi podstatná, zmíníme se o tomto tématu i zde.

Některé pohyby v rámci těla probíhají autonomně (nezávisle na naší vůli), představme si například pohyby střev, hrudníku při volném dýchání nebo srdce. Volní hybnost znamená, že motorika podléhá řízení vůlí. Určujícím „velitelem vydávajícím pokyny“ jsou motorické oblasti mozkové kůry čelního laloku. Motorické nervy jako součást periferního nervového systému jsou „prostředníkem řízení“ hybnosti. Příčně pruhované svaly jsou pak v daném systému „řízenými vykonavateli či realizátory“, tj. pracují podle pokynů, které dostávají „shora“.

Rozsah, formu, rychlost a provedení dílčích i komplexních pohybů, které může člověk vykonávat, lze velmi dobře pozorovat na sobě i jiných lidech. Mimochodem i k tomu, abyste zrovna nyní četli právě tyto řádky, jste museli realizovat celou souhrnu pohybů. Nebo ne?

Řízení a realizace všech pohybů je složitým **vícestupňovým procesem**, do řízení motoriky vstupují vždy také reflexní a automatické procesy. Větší či menší měrou se na něm podílejí i **další struktury mozku**, jako mozeček, limbický systém či hypothalamus.

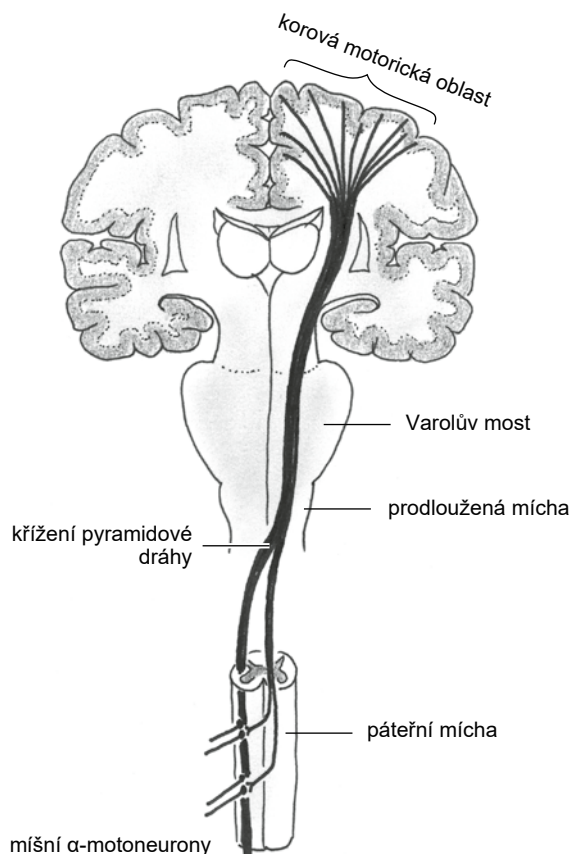
Je třeba si také uvědomit, že i pro řízení volní motoriky mají velký význam **vstupní (aferentní) informace** přicházející ze smyslových orgánů (tedy ze zraku, sluchu, rovnovážného ústrojí, chuťového a čichového analyzátoru), kožních receptorů, proprioreceptorů (tedy receptorů hlubokého citu ve svalech, šlachách, kloubech a kůži) a parciálně i z visceroreceptorů přinášejících informace z vnitřních orgánů.

Vstupní informace se do mozku dostávají především prostřednictvím senzoryckých mozkových nervů a dále drah spinotalamických a spinocerebelárních.

***Poznámka:** Z názvů uvedených drah logicky a snadno odvodíte jejich průběh. Tak spinotalamická dráha propojuje páteřní míchu a talamus (součást mezimozku fungující jako hlavní přepojovací mozkové ústředí), spinocerebelární dráha propojuje páteřní míchu s mozečkem.*

Připomeňme, že základní systémy, které se na realizaci volní motoriky podílejí, jsou pyramidový a extrapyramidový systém.

- **Pyramidový systém** (či pyramidová dráha) začíná pyramidovými neurony motorické kůry, které leží v precentrálním závitu čelního laloku. Axony těchto korových motoneuronů sestupují do páteřní míchy, přičemž přecházejí na opačnou polovinu těla. Končí u α -motoneuronů předních rohů míšních, jejichž axony opouštějí páteřní míchu předními míšními kořeny a periferními nervy se dostávají až k příčně pruhovaným svalům. Kontakt koncové části axonu míšního α -motoneuronu a svalu je realizován prostřednictvím nervosvalové ploténky.
- **Extrapyramidový systém** představuje neuronální okruhy, které propojují motorické oblasti mozkové kůry, bazální jádra a talamus a ovlivňují pyramidovou dráhu.



Obr. 2.19 Pyramidová dráha

Na řízení většiny pohybů se podílejí **ve vzájemné součinnosti oba systémy**: pro základní plán pohybu je prioritní systém pyramidový, pro hladkou a efektivní realizaci pohybu systém extrapyramidový.

***Poznámka:** Označení „extrapyramidový systém“ je vžitě a všeobecně užívané. Pokud se však nad ním pregnantně zamyslíme, vidíme, že není úplně správné – pyramidové neurony motorické kůry jsou de facto jeho integrální součástí. Tento systém stojí spíše vedle pyramidového systému, nicméně označení „extrapyramidový“ se používá tradičně, a tak se ho držíme i my.*

Řízení volných pohybů **svalů v oblasti hlavy** (máme na mysli svaly okohybné, mimické a žvýkáci, svaly jazyka apod.) je realizováno prostřednictvím vybraných mozkových nervů. Motoneurony těchto nervů sedí v mozkovém kmeni a jsou rovněž regulovány „nadrízenými“ pyramidovými neurony čelního laloku.

2.2.2 Páteřní mícha

Páteřní mícha (*medulla spinalis*) je nervový provazec dlouhý zhruba 40–45 cm a široký asi 1–2 cm. Spočívá v páteřním kanále tvořeném sloupcem obratlů, uzavřena ve vaku mozkomíšních obalů (viz dále). Někdy se také označuje jako hřbetní mícha.

Jak víme, v úrovni velkého týlního otvoru přechází páteřní mícha do míchy prodloužené, která je součástí mozku (respektive mozkového kmene). V dolní části končí páteřní mícha na úrovni druhého bederního obratle (L2), odkud dále až ke kostrči pokračuje tenké terminální vlákno (*fillum terminale*).

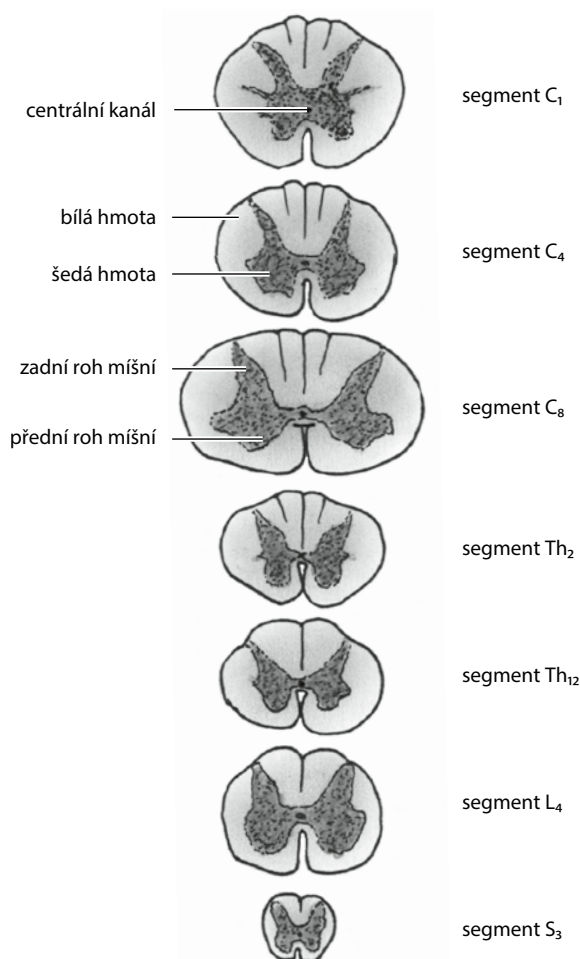
***Poznámka:** Běžně můžeme hovořit o míše. Přídavné jméno páteřní (popřípadě hřbetní) uvádíme proto, abychom tuto část centrálního nervového systému přesněji označili a vymezili od zmíněné míchy prodloužené (*medulla oblongata*).*

Na transversálním (příčném) řezu míchou najdeme charakteristické **rozložení šedé a bílé hmoty míšní**.

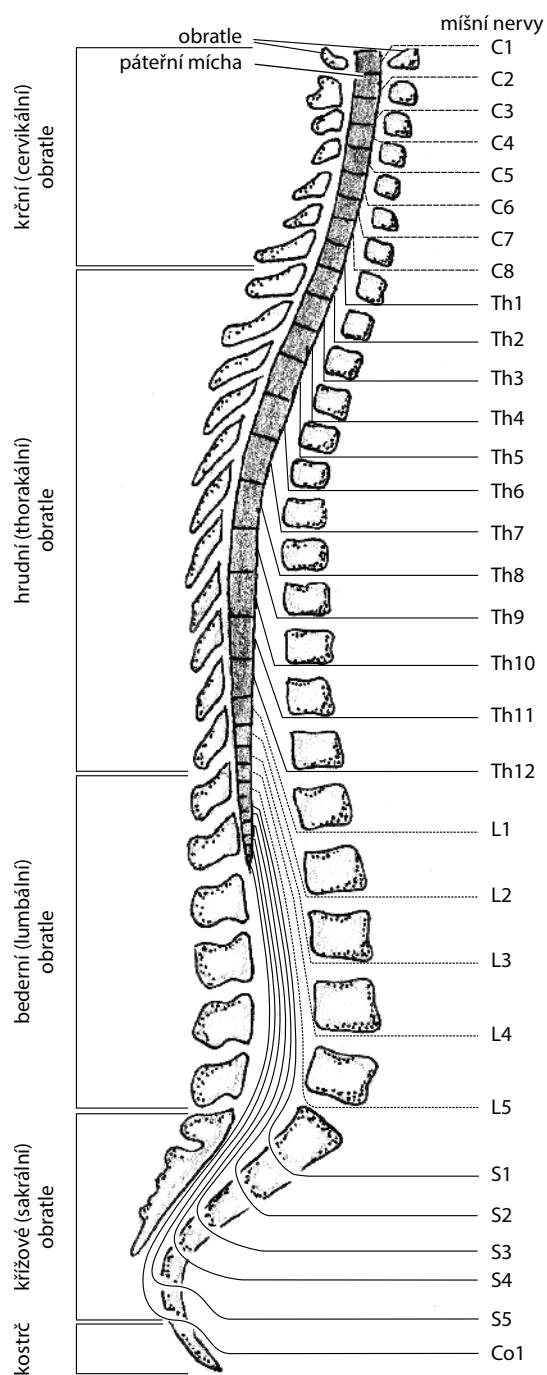
- **Šedá hmota míšní** je uložena ve středu páteřní míchy kolem centrálního kanálu míšního (úzké dutinky uprostřed míchy, navazující na IV. komoru mozkovou, která je vyplněna mozkomíšním mokem). Na řezu připomíná tvar motýla nebo písmene H. V **předních rozích míšních** (které odpovídají „předním křídlům motýla“) leží motorické neurony řídící hybnost kosterních svalů. V **zadních rozích míšních** (na úrovni „zadních křídel motýla“) najdeme senzitivní neurony

přenášející senzitivní informace z kůže. Ve střední oblasti rozložené kolem centrálního míšního kanálu, ze které na některých místech vybíhají nevelké střední rohy míšní, nacházíme neurony vegetativní (autonomní) řídící vnitřní funkce.

- **Bílá hmota míšní** je uložena periferně a lemuje šedou hmotu míšní. Tvoří celkem tři objemné sloupce, jejichž označení odpovídá poloze, jsou to **přední, boční a zadní míšní provazce**. V předních míšních provazcích vedou informace nervová vlákna sestupná (descendentní), v zadních míšních provazcích probíhají vzestupně dráhy ascendentní a v bočních míšních provazcích najdeme vlákna vzestupná (ascendentní) i sestupná (descendentní).



Obr. 2.20 Transverzální (příčné) řezy hřbetní míchou na různých úrovních



Obr. 2.21 Mícha hřbetní a její oddíly a segmenty

Na míše popisujeme celkem pět míšních oddílů, které dále členíme na jednotlivé míšní segmenty:

- **Oddíl krční** – cervikální má segmenty označované $C_1 - C_8$.
- **Oddíl hrudní** – thorakální obsahuje segmenty $Th_1 - Th_{12}$.
- **Oddíl bederní** – lumbální se člení na segmenty $L_1 - L_5$.
- **Oddíl křížový** – sakrální zahrnuje segmenty $S_1 - S_5$.
- **Oddíl kostrční** – coccygeální [čti kokcygeální] nese pouze jediný segment Co_1 .

Míšní provazec končí na úrovni druhého bederního obratle. Je to dáno tím, že během vývoje roste páteř rychleji než mícha. Míšní segmenty se tak nekryjí s příslušnými obratli. Vlákna míšních nervů, která opouštějí páteřní kanál v příslušných meziobratlových prostorech, vytvářejí pod úrovní obratle L2 dohromady soubor, kterému říkáme *cauda equina* (koňská oháňka).

2.2.3 Obaly a cévní zásobení mozku a míchy

Mozek a páteřní mícha jsou jako nejvýše postavené části nervové soustavy (a řízení organismu vůbec) pochopitelně chráněny svými obaly. Vzhledem k vysokým nárokům nervové tkáně na dodávku kyslíku a živin je dostatečné zásobení oksyločenou krví pro funkci a činnost nervové soustavy zásadní (a omezení či zastavení dodávky krve se neobejde bez následků).

Připomeňme si základní poznatky o obalech a cévním zásobení mozku a hřbetní míchy.

Obaly mozku a míchy

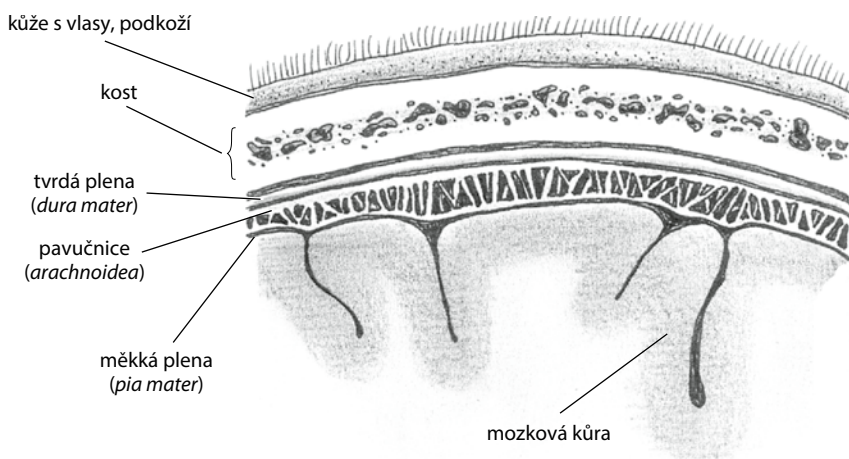
Mozek je uložen v dutině mozkovny, významnou ochranu mozku tak představuje pevná kostěná schránka tvořená **mozkovou částí lebky** (neurokranium). Mícha leží v páteřním kanále, jehož stěny tvoří obratle a meziobratlové vazy **páteře**.

Vazivová tkáň krytá kůží (většinou) s vlasy kryjícími lebku a zádové svaly obklopující páteř dílem také přispívají k mechanické ochraně mozku a míchy.

Pod kostěnou schránkou mozku a míchy leží tři specifické **mozkomíšní pleny** (meningy):

- **Tvrdá plena mozková a míšní** (*dura mater encephali et spinalis*) je nejsvrchnější vrstvou. Naléhá přímo na vnitřní povrch kostí lebky a má podobu tuhého vazivového vaku. Výběžkem zasahuje do prostoru mezi mozkové polokoule a do prostoru mezi mozečkem a koncovým mozkem. Obaluje míchu a kryje také počáteční úseky odstupujících míšních nervů. V prostoru lebky tvoří stěny žilních splavů, které odvádějí odkysličenou krev z mozku a do kterých jsou odváděny přebytky mozkomíšního moku.
- **Pavučnice mozková a míšní** (*arachnoidea encephali et spinalis*) je jemnější vazivová blána uložená pod tvrdou plenou. Překlenuje všechny rýhy a prohlubně na povrchu mozku a míchy a nevstupuje do nich. Směrem k měkké pleně mozkové a míšní vysílá jemná vazivová vlákna, která připomínají „pavučinu“.
- **Měkká plena mozková a míšní** (*pia mater encephali et spinalis*) je jemná blána srůstající s povrchem mozku a míchy. Kopíruje povrch mozku a vstupuje do všech brázd a prohlubní.

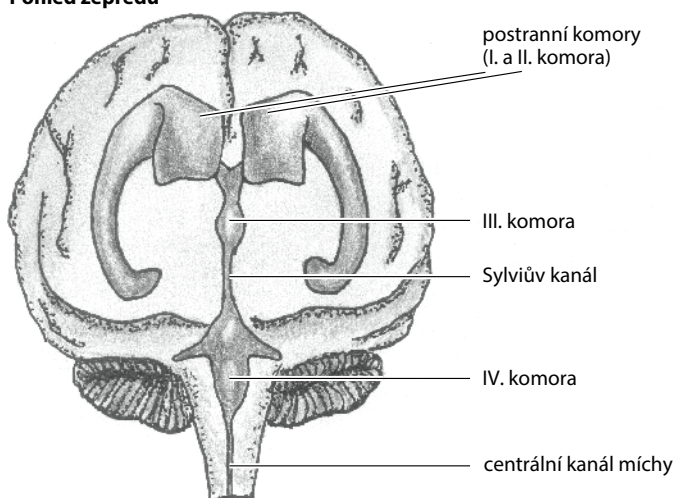
Prostor mezi pavučnicí a měkkou plenou se nazývá **subarachnoidální prostor** (*spatium subarachnoidale*). Nacházíme zde **mozkomíšní mok** (*liquor cerebrospinalis*) – čirou, bezbarvou tekutinu slabě zásadité reakce. Tekutý plášť, který mozkomíšní mok vytváří, mechanicky chrání tkáň mozku a míchy, tlumí nárazy a otřesy a obě části CNS nadnáší. Přispívá tak k ochraně mozku a míchy.



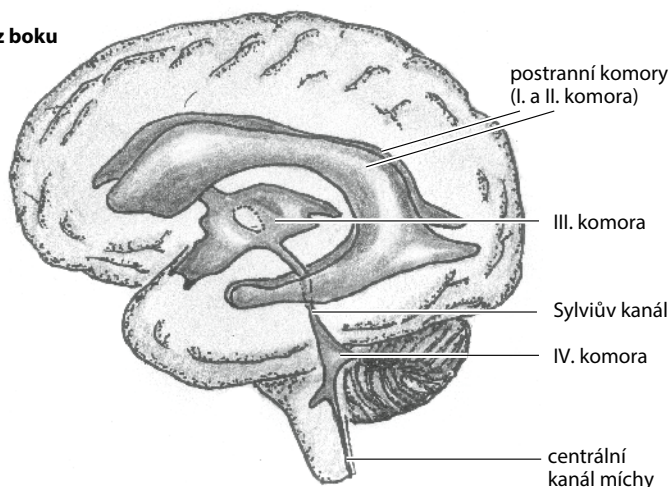
Obr. 2.22 Mozkové obaly

Mozkomíšní mok je produkován v **choroidálním plexu** (*plexus choroideus*), který nacházíme v postranních mozkových komorách (**I. a II. mozkové komory**). Tyto komory leží v hloubi mozkových polokoulí. Drobnými otvory mozkomíšní mok proudí do nepárové **III. komory mozkové** ležící na úrovni mezimozku (respektive mezi dvěma talamy). **Sylviovým mokovodem** (*aquaeductus cerebri – Sylvii*) postupuje mozkomíšní mok dále do **IV. komory mozkové** na horní ploše mozkového kmene. Odtud se dostává do úzkého **centrálního míšního kanálu** (*canalis centralis*), který sestupuje středem hřbetní míchy.

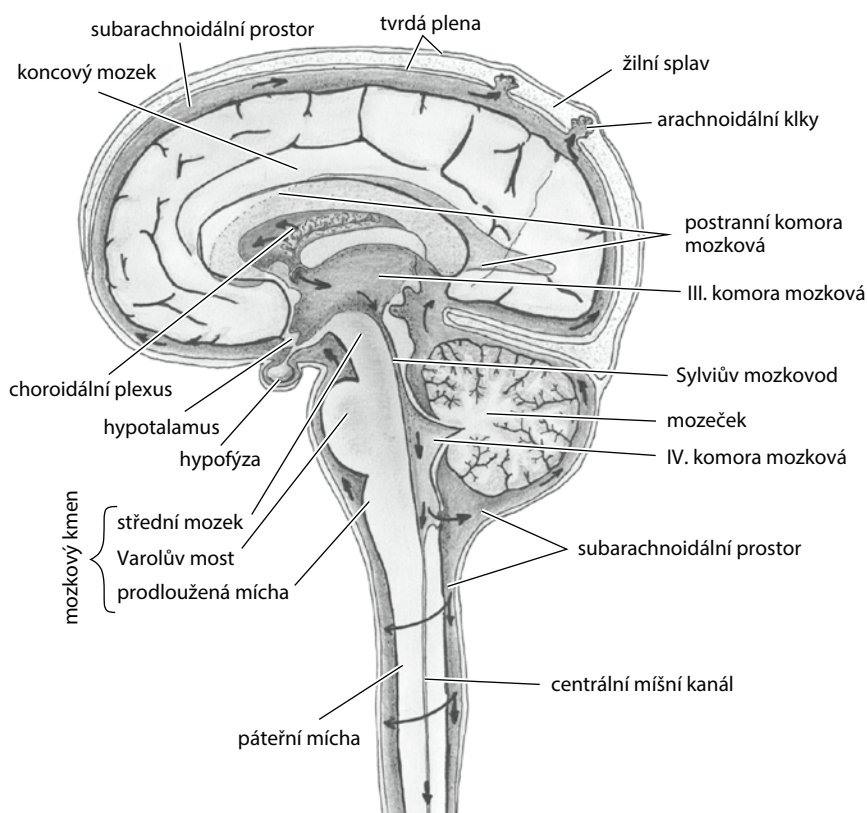
Pohled zepředu



Pohled z boku



Obr. 2.23 A Komorový systém mozku



Obr. 2.23 B Schéma cirkulace mozkomíšního moku

Třemi drobnými otvůrkami na stropě IV. komory vstupuje mozkomíšní mok do zmíněného **subarachnoidálního prostoru**, ve kterém omývá celý mozek a hřbetní míchu.

Poznámka: Nové výzkumy dokládají, že proudění mozkomíšního moku je mnohem složitější a jeho funkce jsou daleko komplexnější, než jsme se dříve domnívali. Ukazuje se například, že se mozkomíšní mok podílí na odstraňování odpadních látek z mozkové tkáně.

Mozkomíšní mok vzniká permanentně, jeho proudění mozgovým komorovým systémem usnadňuje pohyb výběžků endymových buněk, které mozkový komorový systém vystylají. Přebytky mozkomíšního moku se vstřebávají do žilní krve prostřednictvím **arachnoidálních klků** neboli Pachionských [čti pačijonských] granulací. Jedná se o výchlípky pavučnice, které v temenní oblasti ční do nitra žilních splavů (viz dále).

Cévní zásobení mozku

Zásobení mozku okysličenou krví zajišťují čtyři hlavní arteriální zdroje – dvě vnitřní krkavice a dvě páteřní tepny:

- **pravá a levá vnitřní krkavice** (*arteria carotis interna dextra et sinistra*) vznikající po rozdělení pravé a levé společné krkavice na zevní a vnitřní větev;
- **pravá a levá vertebrální tepna** (*arteria vertebralis dextra et sinistra*).

Levá společná krkavice (*arteria carotis communis sinistra*) odstupuje přímo z oblouku srdečnice neboli aorty. Pravá společná krkavice (*arteria carotis communis dextra*) je větví hlavopázního kmene (*truncus brachiocephalicus*), který se po krátkém průběhu dělí na zmíněnou pravou společnou krkavici a pravou podklíčkovou tepnu (*arteria subclavia dextra*).

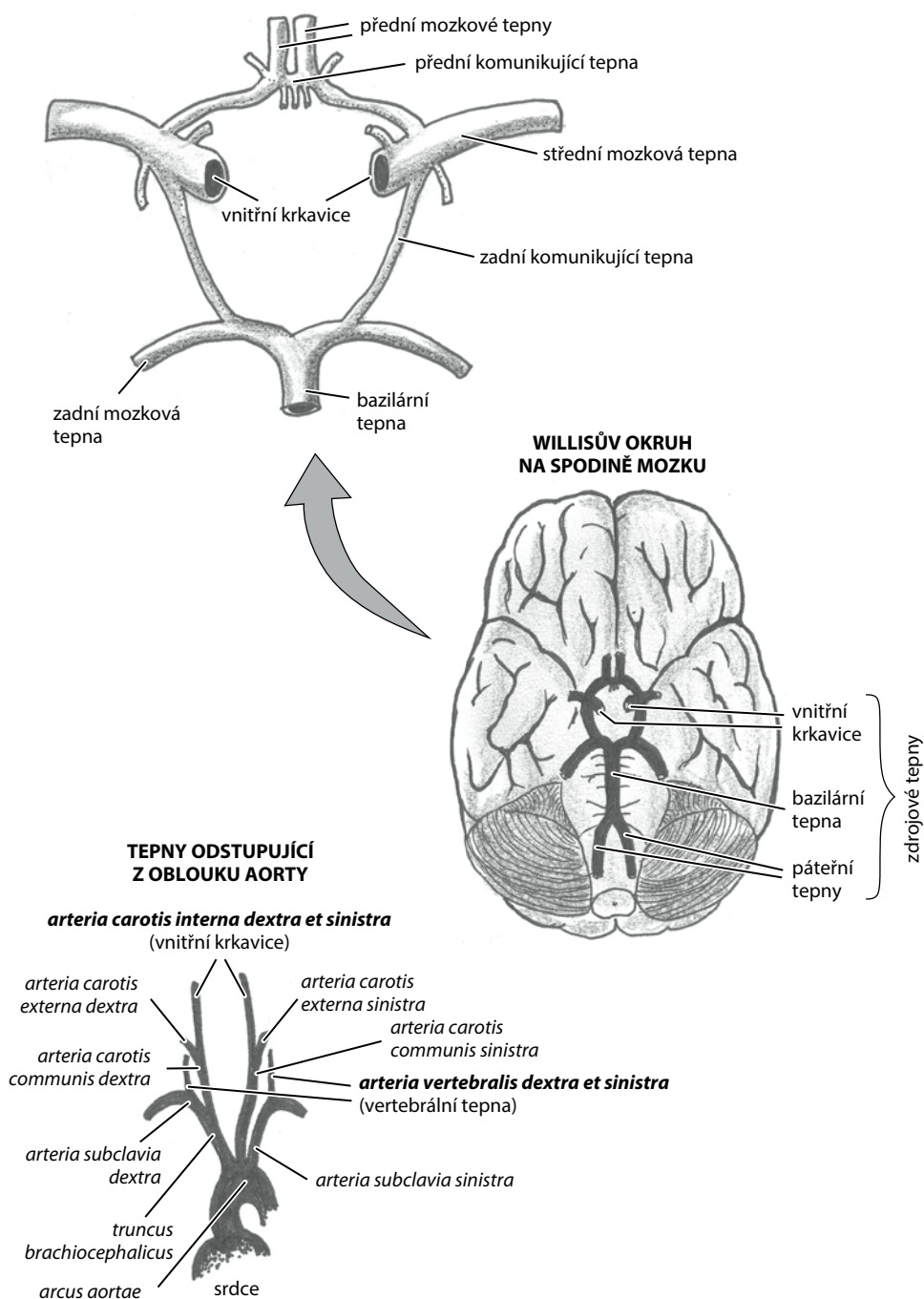
Páteřní tepny jsou větvemi podklíčkových tepen. Pravá páteřní tepna odstupuje logicky z pravé podklíčkové tepny (*arteria subclavia dextra*) a levá páteřní tepna vychází z levé podklíčkové tepny (*arteria subclavia sinistra*). Okysličenou krví zásobují mozek, míchu, meningy a hluboké svaly krku.

Obě páteřní tepny se po vstupu do mozkovny spojují v **bazilární tepnu** (*arteria basilaris*). Tato tepna je propojena s oběma vnitřními krkavicemi arteriálními spojkami a na spodní straně mozku vytváří **Willisův arteriální okruh** (*circulus arteriosus Willisi*), ze kterého odstupují jednotlivé tepny zásobující přední, střední a zadní část mozku.

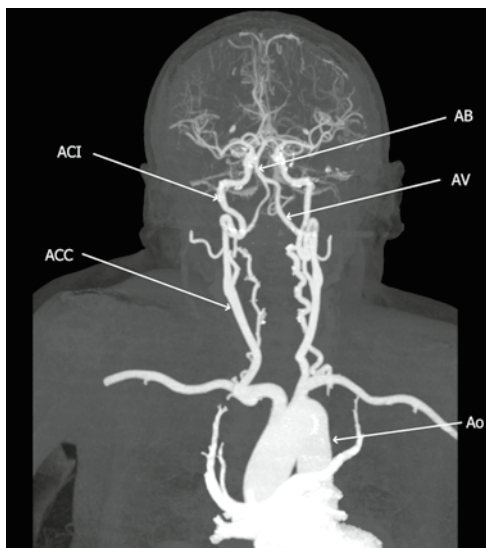
Odkysličenou krev z mozku odvádějí mozkové žíly (*venae cerebri*, jednotné číslo *vena cerebri*) ústící do **systému žilních splavů** (*sinus durae matris*). Jejich stěnu tvoří tvrdá plena mozková. Odvádí krev do krčních žil – zejména do vnitřní jugulární žíly (*vena jugularis interna*).

Žilní splavy jsou vystlány jednovrstevnou výstelkou – endotelem. V jejich stěně nejsou svalové buňky a průtok krve tak nemůže být regulován.

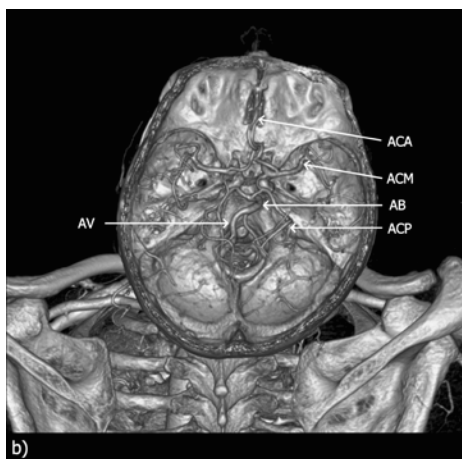
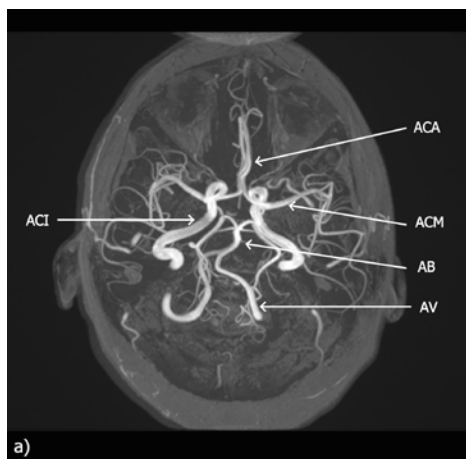
Připomeňme, že do části žilních splavů probíhajících na temeni hlavy (zejména horní sagitální sinus – *sinus sagittalis superior*) ční výběžky pavučnice (arachnoidální klky – Pachionské granule). Právě jejich prostřednictvím jsou do žilní krve odváděny přebyteky mozkomíšního moku.



Obr. 2.24 Cévní zásobení mozku a Willisův okruh



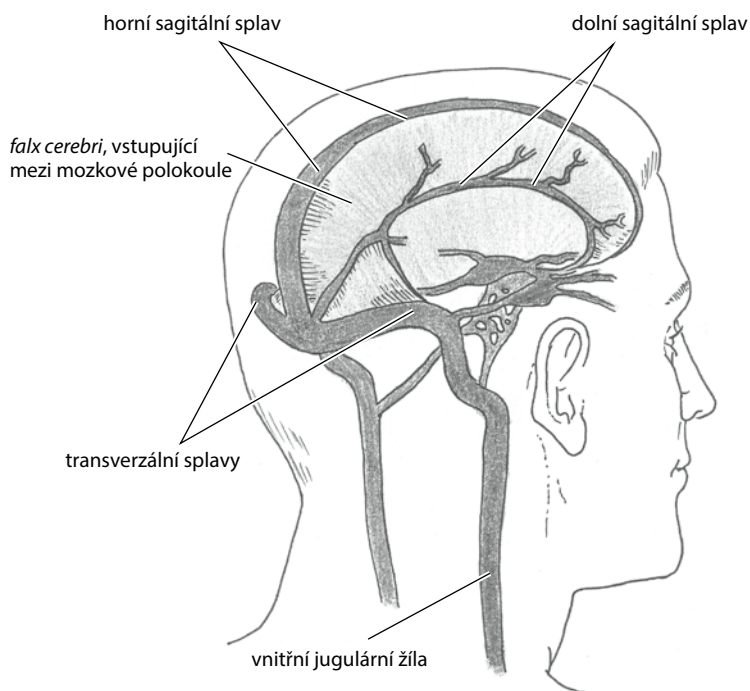
Obr. 2.25 Cévní zásobení mozku – CT angiografie (snímek z vyšetření Jakub Čivrný)
CT angiografie, 3D rekonstrukce v provedení tzv. *maximum intensity projection* (MIP), frontální pohled.
AB – arteria basilaris, AV – arteria vertebralis, ACI – arteria carotis interna, ACC – arteria carotis communis, Ao – aorta



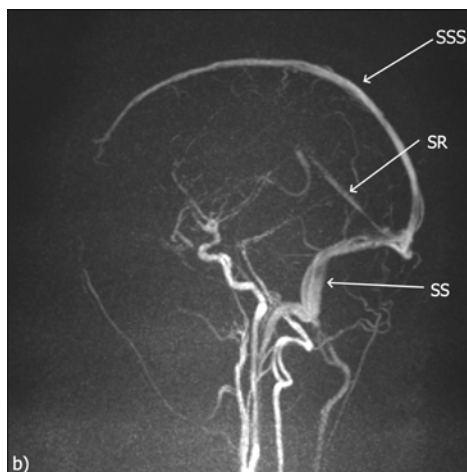
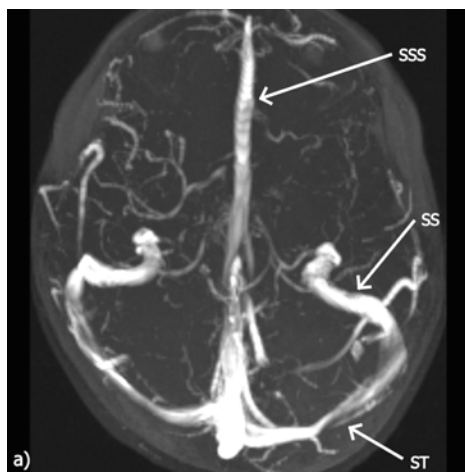
Obr. 2.26 A + B Willisův okruh – CT a MR angiografie (snímek z vyšetření Jakub Čivrný)

Srovnání MR a CT angiografie. MR angiografie mozku, metoda *time-of-flight* (TOF), rekonstrukce *maximum intensity projection* (MIP) (a); CT angiografie mozku, 3D rekonstrukce (b).

ACA – arteria cerebri anterior, ACM – arteria cerebri media, ACI – arteria carotis interna, ACP – arteria cerebri posterior, AB – arteria basilaris, AV – arteria vertebralis



Obr. 2.27 Žilní splavy odvádějící krev z mozku



Obr. 2.28 A + B Žilní splavy – MR angiografie (snímek z vyšetření Jakub Čivrný)
MR venografie, metoda *time-of-flight* (TOF), MIP rekonstrukce *maximum intensity projection*, axiální řez (a) a sagitální řez (b).
SSS – sinus sagittalis superior, SR – sinus rectus, SS – sinus sigmoideus, ST – sinus transversus