

učební texty Univerzity Karlovy

PŘEHLED ANATOMIE CENTRÁLNÍHO NERVOVÉHO SYSTÉMU

Pavel Fiala
Jiří Valenta

Přehled anatomie centrálního nervového systému

**doc. RNDr. Pavel Fiala, CSc.
prof. MUDr. Jiří Valenta, DrSc.**

Recenzovali:

prof. MUDr. Josef Stingl, CSc.

doc. MUDr. Dáša Slížová, CSc.

Vydala Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum
jako učební text pro Lékařskou fakultu UK v Plzni

Ilustrace Pavel Fiala

Redakce Barbora Klímová

Sazba DTP Nakladatelství Karolinum

Vydání první

© Univerzita Karlova v Praze, 2020

Text © Pavel Fiala, Jiří Valenta, 2020

Ilustrace © Pavel Fiala, 2020

ISBN 978-80-246-4477-6

ISBN 978-80-246-4589-6 (online : pdf)



Univerzita Karlova
Nakladatelství Karolinum 2020

www.karolinum.cz
ebooks@karolinum.cz

OBSAH

PŘEDMLUVA	9
1. BUNĚČNÁ STRUKTURA CENTRÁLNÍHO NERVOVÉHO SYSTÉMU	11
1.1 Neurony	11
1.2 Neuroglie	13
1.3 Ependym	15
2. VÝVOJ CENTRÁLNÍHO NERVOVÉHO SYSTÉMU	16
3. HŘBETNÍ MÍCHA – MEDULLA SPINALIS	20
3.1 Zevní morfologie	20
3.2 Vertebromedulární topografie	23
3.3 Šedá hmota míšní – substantia grisea	23
3.4 Bílá hmota míšní – substantia alba	25
3.5 Reflexní oblouk	26
4. MOZKOVÝ KMEN – TRUNCUS ENCEPHALI	29
4.1 Prodloužená mícha – medulla oblongata (bulbus)	29
4.1.1 Zevní morfologie	29
4.1.2 Vnitřní struktura	30
4.2 Varolův most – pons Varoli	32
4.2.1 Zevní morfologie	32
4.2.2 Vnitřní struktura	33
4.3 Fossa rhomboidea	34
4.3.1 Spodina a kryt čtvrté mozkové komory	34
4.3.2 Jádra hlavových nervů pod čtvrtou mozkovou komorou	34
4.4 Střední mozek – mesencephalon	36
4.4.1 Zevní morfologie	36
4.4.2 Vnitřní struktura	36
4.5 Retikulární formace – formatio (substantia) reticularis	38
4.6 Přehled hlavových nervů	39
5. MOZEČEK – CEREBELLUM	41
5.1 Zevní morfologie	41
5.2 Vývojová a funkční klasifikace mozečku	43
5.3 Vnitřní struktura	43
5.4 Poruchy funkce mozečku	46

6. MEZIMOZEK – DIENCEPHALON	47
6.1 Epithalamus	47
6.2 Thalamus	48
6.2.1 Zevní morfologie	48
6.2.2 Vnitřní struktura	49
6.2.3 Jádra thalamu	50
6.3 Metathalamus	53
6.4 Subthalamus	53
6.5 Hypothalamus	54
6.6 Podvěsek mozkový – hypophysis (glandula pituitaria)	57
6.7 Komisurální a asociační dráhy v mezimozku	59
7. KONCOVÝ MOZEK – TELENCEPHALON	60
7.1 Zevní morfologie	60
7.2 Vnitřní struktura	63
7.2.1 Neocortex (isocortex)	64
7.2.2 Bazální ganglia – nuclei basales	68
7.2.3 Alokortex a limbický systém	72
7.2.4 Bílá hmota mozková, capsula interna	79
8. DRÁHY CENTRÁLNÍHO NERVOVÉHO SYSTÉMU	81
8.1 Vzestupné projekční dráhy (senzitivní, aferentní)	81
8.1.1 Přímé vzestupné dráhy	82
8.1.2 Nepřímé vzestupné dráhy	86
8.2 Sestupné projekční dráhy (motorické, eferentní)	88
8.2.1 Přímé sestupné dráhy	88
8.2.2 Nepřímé sestupné dráhy (extrapyramidové)	90
8.3 Mozečkové dráhy	93
8.3.1 Aferentní dráhy mozečku	93
8.3.2 Eferentní mozečkové dráhy	94
8.4 Asociační dráhy	94
8.4.1 Míšní asociační dráhy	94
8.4.2 Asociační dráhy mozkového kmene	95
8.4.3 Asociační dráhy mezimozku	96
8.4.4 Asociační dráhy koncového mozku	96
8.5 Komisurální dráhy	96
8.5.1 Míšní komisurální dráhy	96
8.5.2 Kmenové komisurální dráhy	98
8.5.3 Komisurální dráhy mezimozku a koncového mozku	98
8.6 Speciální senzorické dráhy a systémy	98
8.6.1 Čichová dráha	98
8.6.2 Zraková dráha	100
8.6.3 Sluchová dráha	108
8.6.4 Vestibulární dráha – rovnovážný systém	113
8.6.5 Chuťová dráha	114
8.7 Léze drah centrálního nervového systému	116
9. KOMOROVÝ SYSTÉM A MOZKOMÍŠNÍ MOK	118
9.1 Mozkové komory	118
9.1.1 Postranní mozkové komory – ventriculi laterales	119
9.1.2 Třetí komora – ventriculus tertius	120
9.1.3 Mokovod – aqueductus mesencephali	122
9.1.4 Čtvrtá komora – ventriculus quartus	122
9.1.5 Centrální míšní kanál – canalis centralis	123

9.2 Cirkumventrikulární orgány	123
9.3 Mozkomíšňní mok – liquor cerebrospinalis	124
10. OBALY CENTRÁLNÍHO NERVOVÉHO SYSTÉMU – MENINGES	126
10.1 Tvrdá plena – dura mater	126
10.2 Pavučnice – arachnoidea mater.	129
10.3 Omozečnice – pia mater	130
11. CÉVNÍ ZÁSOBENÍ CENTRÁLNÍHO NERVOVÉHO SYSTÉMU	132
11.1 Cévní zásobení mozku	133
11.1.1 Tepny koncového a středního mozku	133
11.1.2 Tepny mozkového kmene a mozečku	137
11.1.3 Žíly mozku	138
11.2 Cévní zásobení míchy	142
11.2.1 Tepny míchy	142
11.2.2 Žíly míchy	144
SEZNAM LITERATURY	145

PŘEDMLUVA

Předkládaný text o neuroanatomii podává popis základních anatomických struktur a jejich funkčního propojení. Pro snazší orientaci ve složité struktuře centrálního nervového systému je stručný text doprovázen přehlednými tabulkami a schématickými obrázky, současné studium podrobné obrazové dokumentace v anatomických atlasech je však také nezbytné. Klinické poznámky u některých kapitol mají zdůraznit význam znalostí anatomie pro pochopení funkcí nervového systému a jejich poruch.

Neuroanatomie patří k nejobtížnějším kapitolám morfologie. Doufáme, že tento stručný přehled pomůže studentům porozumět nervovému systému v jeho funkční jednotě i poznat jeho význam pro celkovou funkci lidského těla.

Pavel Fiala a Jiří Valenta

1 BUNĚČNÁ STRUKTURA CENTRÁLNÍHO NERVOVÉHO SYSTÉMU

Centrální nervový systém (CNS) je vitálně důležitým a doposud nenahraditelným řídícím centrem. Nezvratné těžké poškození mozku (například v důsledku přerušení cévního zásobení na déle než tři minuty), tzv. mozková smrt, se považuje za smrt celého člověka. Řídící funkci CNS umožňují specializované nervové buňky, neurony, které však pro svou funkci potřebují i další podpůrné buňky, především buňky gliové. CNS tvoří mozek – *cerebrum, encephalon*, a hřbetní mícha – *medulla spinalis*.

1.1 NEURONY

Neurony jsou základní funkční jednotkou CNS. Neuron je charakterizován schopností přijímat, vydávat a dále předávat elektrické impulzy, vzruchy. V CNS je asi 10^{10} – 10^{13} neuronů, jejich velikost se pohybuje od 5 μm (malé interneurony) do 100 i více μm (velké motorické neurony).

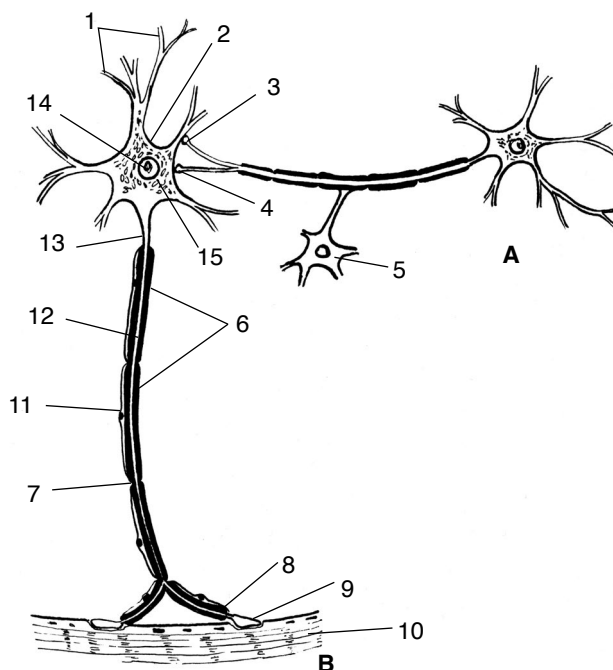
Základní struktura neuronu je tvořena tělem (perikaryon), výběžky přivádějícími aferentní vzruchy (dendrity) a výběžkem vedoucím eferentní vzruchy (axon) (obr. 1.1).

Perikaryon obsahuje jádro, nucleus, ve kterém je jadérko, nucleolus, a DNA. Tělo neuronu je vyplněno cytoplazmou, ve které jsou neurofibrily, mikrotubuly a granule Nisslovy substance. Tyto granule jsou tvořeny endoplazmatickým retikulem s ribosomy obsahujícími RNA.

Dendrity jsou zpravidla vícečetné, dále se větví a nejsou obaleny myelinovou pochvou. Přijímají excitační nebo inhibiční impulzy z jiných neuronů. Vzhledem ke svému větvení umožňují kontakt neuronu až s několika tisíci jiných neuronů.

Axon (neurit) je zpravidla jeden dlouhý výběžek (v periferních nervech dolních končetin může dosahovat až délky 1 m), který vede eferentní informace z těla neuronu. Může se větvit a tvořit kolaterály. Konečná rozvětvená část axonu se nazývá *telodendron*. Na konci axonu je terminální rozšíření, *bouton*, kde je informace prostřednictvím *synapsí* předávána dendritům dalších neuronů. Axony opouštějící CNS tvoří eferentní vlákna hlavových nebo periferních nervů a končí buď v příčné pruhovaném, nebo v hladkém svalu (neuromuskulární synapse), nebo jako neuroglandulární synapse na plazmatické membráně exokrinních nebo endokrinních žláz.

Axony mohou z těla buňky transportovat některé látky, zejména bílkoviny, ale hlavní funkcí je přenos elektrické stimulace, akčního potenciálu. Klidový potenciál přes membránu neuronu je 60–100 mV, přičemž uvnitř buňky je negativní. Při stimulaci neuronu se obrací



Obr. 1.1 Neurony a jejich spojení

A – horní neuron uvnitř CNS

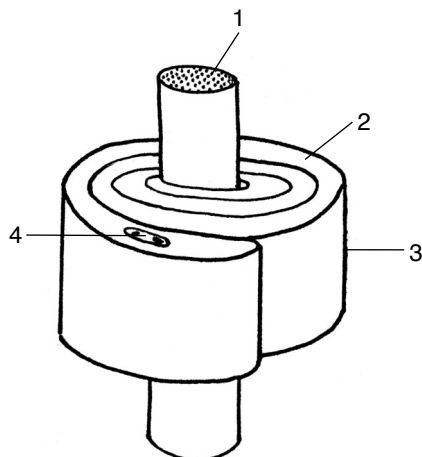
B – dolní neuron

1 – dendrity, 2 – perikaryon, 3 – axodendritická synapse, 4 – axosomatická synapse, 5 – oligodendroglie, 6 – myelinová pochva, 7 – Ranvierův uzlík, 8 – telodendron, 9 – motorická ploténka, 10 – kosterní sval, 11 – Schwannova buňka (v periferním nervu), 12 – axon, 13 – iniciální segment, 14 – jádro, 15 – Nisslova substance

membránová polarita přestupem iontů Na^+ do buňky, čímž vzniká akční potenciál. To se nazývá depolarizace membrány. Následně se ionty K^+ transferují do extracelulární tekutiny a obnoví se negativní klidový potenciál, což se označuje jako repolarizace membrány.

Synapse je místo přenosu akčního potenciálu jiným neuronům v CNS nebo svalům či žlázám. Přenos se uskutečňuje chemickou cestou pomocí *mediátorů*, *neurotransmiterů*. Neurotransmitter je skladován v drobných presynaptických váčcích v boutonu. Depolarizace presynaptické membrány otvírá kanály Ca^{++} s následným přestupem neurotransmiteru do štěrbin mezi presynaptickou a postsynaptickou membránou. Polarizací postsynaptických membrán dendritů dalších neuronů vznikají akční potenciály aktivující tyto neurony. Účinek neurotransmiteru je pak rychle deaktivován enzymy nebo neuroglíí.

Neurotransmiterů je velký počet, jejich výskyt se liší v různých oblastech CNS i v periferních nervech. V periferním nervovém systému je nejběžnější acetylcholin (inaktivovaný acetylcholinesterázou), v CNS jsou běžné katecholaminy (adrenalin, noradrenalin, dopamin), serotonin, aminokyseliny (kyselina γ -aminomáselná, GABA), glutamát, aspartát, různé neuropeptidy (vasopresin, oxytocin, endorfin, enkefalin, cholecystokinin, somatostatin, substance P, neuropeptid Y – NPY, vasoaktivní intestinální peptid – VIP, a další), mohou se uplatňovat i plyny (NO).



Obr. 1.2 Schéma myelinizace axonu – vytváření koncentrických vrstev buněčné membrány Schwannovy buňky v periferním nervu
1 – axon, 2 – cytoplasma, 3 – membrána, 4 – nucleus

Axony tlustší než $0.2\ \mu\text{m}$ jsou obaleny izolační *myelinovou pochvou*, což je lipoprotein vytvářený v CNS buňkami oligodendroglie, na periferních nervech Schwannovými buňkami (obr. 1.2). Mezi jednotlivými gliovými nebo Schwannovými buňkami jsou v myelinové pochvě zářezy, tzv. *Ranvierovy uzlíky*. V těchto zářezech není axon kryt a akční potenciál přeskakuje na další úsek. Převod vzruchu je tak poněkud urychlen.

Podle tvaru, uspořádání dendritů a axonu, se neurony dělí na (obr. 1.3):

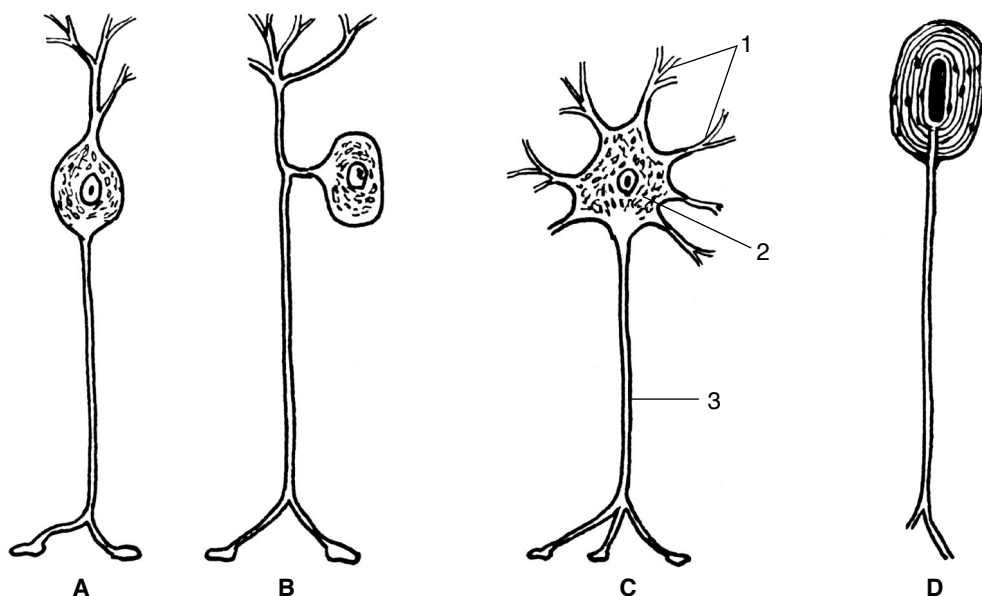
bipolární – jeden dendrit a jeden axon, na opačných stranách neuronu,
multipolární – více dendritů a jeden axon (nejčastější typ),
pseudounipolární – dendrit a axon vystupují z těla neuronu blízko sebe,
unipolární – dendrit je nahrazen speciálním senzorickým receptorem.

Skupina neuronů stejné funkce se v CNS nazývá *jádro*, *nucleus*, v periferním nervovém systému *ganglion*.

1.2 NEUROGLIE

Neuroglie je tvořena jednak velkými buňkami, které vznikly z neurální trubice (viz kap. 2) a označují se jako *makroglie*, jednak malými buňkami vzniklými z hemopoetického systému, *mikroglie*. Buňky makroglie se pak dělí na astrocyty a oligodendrocyty (obr. 1.4).

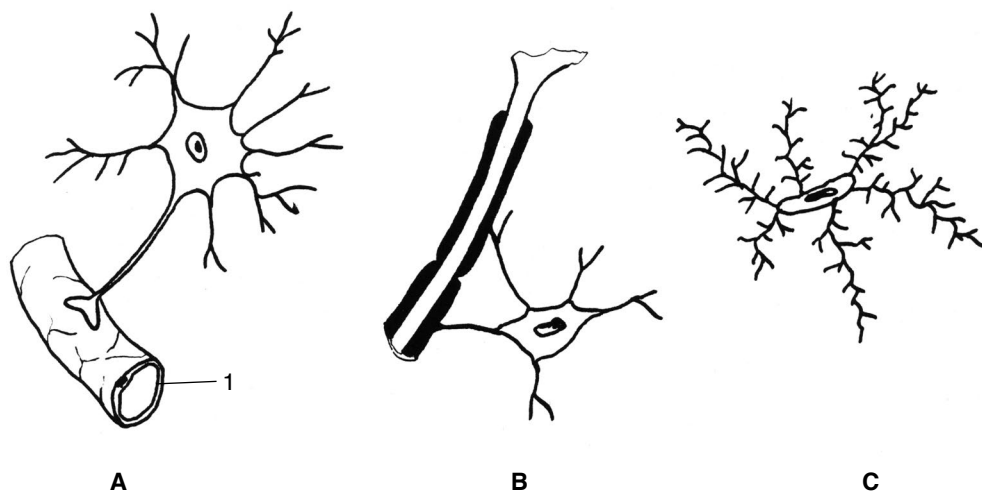
Astrocyty (astroglie) jsou největší gliové buňky hvězdčovitěho tvaru. Mají četné výběžky, z nichž některé končí na stěnách krevních kapilár rozšířením a vytvářejí perivaskulární ohraňování, membrana limitans gliae vascularis. Jiné výběžky se příkládají na neurony nebo na povrch mozku a míchy. Astrocyty tak vytvářejí bariéru mezi krví a mozkovou tkání („hematoencefalická bariéra“) zabráňující přestupu některých látek do mozku, regulují elektrolytovou rovnováhu v CNS, koncentraci K^+ na synapsích, látkovou výměnu v neuronech a pomáhají izolovat jednotlivé neurony. Spojením s měkkou plenou, pia mater, chrání povrch mozku před tvořením jizev.



Obr. 1.3 Hlavní typy neuronů poodle počtu a větvení dendritů a axonů

A. Bipolární, B. Pseudounipolární, C. Multipolární, D. Unipolární (Paciniho tělísko v kůži)

1 – dendrity, 2 – tělo neuronu, 3 – axon



Obr. 1.4 Buňky neuroglie

A. Astrocyt, B. Oligodendrocyt, C. Mikroglie

1 – kapilára

Oligodendrocyty (oligodendroglie) jsou menší než astrocyty a mají méně výběžků, které jsou kratší než výběžky astrocytů. Tyto výběžky obalují spirálovitě axony a vytvářejí myelinovou pochvu. Jeden oligodendrocyt může obalit až 50 axonů.

Mikroglie je tvořena malými dendritickými buňkami mezenchymálního původu a představuje asi 10 % všech gliových buněk. Je součástí obranného systému organismu, buňky mikroglie jsou schopny fagocytózy a jsou považovány za změněné fagocyty. Mikroglie se aktivuje při poraněních CNS, při degenerativních onemocněních (např. Parkinsonova nemoc, Alzheimerova nemoc, sclerosis multiplex aj.), při AIDS, zánětech mozku a dalších postiženích, kdy odstraňuje poškozené neurony.

1.3 EPENDYM

Ependym tvoří jednovrstevný epitel vystýlající mozkové komory, mokovod a centrální kanál míšní. Je tvořen cylindrickými nebo kubickými buňkami, které mohou vytvářet klky a řasinky, které se účastní cirkulace mozkomíšního moku. Specializované ependymové buňky ve třetí a čtvrté mozkové komoře se podílejí na tvorbě *plexus choroideus* a na produkci mozkomíšního moku.