



# KLINICKÁ NEUROPSYCHOLOGIE V PRAXI

PETR KULIŠŤÁK A KOL.

KAROLINUM

# Klinická neuropsychologie v praxi

Petr Kulišťák a kolektiv

---

Recenzovali:

doc. PhDr. Pavel Hartl, CSc.

prof. PhDr. Evžen Řehulka, CSc.



**Financováno  
Evropskou unií**  
NextGenerationEU



**Národní  
plán  
obnovy**



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Publikace byla vydána za podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy a Národního plánu obnovy v rámci projektu Transformace pro VŠ na UK (reg. č. NPO\_UK\_MSMT-16602/2022).

Vydala Univerzita Karlova  
Nakladatelství Karolinum  
Praha 2023  
Redakce Jana Jindrová  
Grafická úprava Jan Šerých  
Sazba DTP Nakladatelství Karolinum  
Druhé, doplněné vydání

© Univerzita Karlova, 2023

© Petr Kulišťák a kolektiv, 2023

ISBN 978-80-246-5197-2

ISBN 978-80-246-5227-6 (pdf)



Univerzita Karlova  
Nakladatelství Karolinum

[www.karolinum.cz](http://www.karolinum.cz)  
[ebooks@karolinum.cz](mailto:ebooks@karolinum.cz)



**Vedoucí kolektivu autorů:**

doc. PhDr. Petr Kulišťák, Ph.D.

**Kolektiv autorů:**

Mgr. et Mgr. Ing. Štěpán Bahník, Pražská vysoká škola psychosociálních studií

PhDr. Miroslava Benešová, Psychosomatická klinika, Praha

doc. Mgr. Ondřej Bezdiček, Ph.D., Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd, I. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

MUDr. Karel Blahna, Ph.D., Laboratoř experimentální neurofyziologie, Biomedicínské centrum a Ústav patologické fyziologie, Univerzita Karlova, Lékařská fakulta v Plzni

Mgr. Petra Brandoburová, PhD., Laboratórium neuropsychológie a Katedra psychológie, Filozofická fakulta Univerzity Komenského v Bratislave; II. neurologická klinika Lekárskej fakulty Univerzity Komenského a Univerzitnej nemocnice Bratislava; Ambulancia klinickej psychológie a psychoterapie, Centrum MEMORY, Slovensko

Mgr. Luba Brožek, VAMED Mediterra, Rehabilitační klinika Malvazinky, Praha

MUDr. Jan Čermák, Psychiatrie Říčany

PhDr. Radka Čermáková, Psychiatrie Říčany

RNDr. MUDr. Monika Červinková, Ph.D., Chirurgická klinika, Nemocnice Na Bulovce; Katedra psychologie, Filozofická fakulta Univerzity Karlovy

Mgr. Daniel Dančík, PhD., Univerzitná nemocnica Bratislava, Slovensko

Mgr. et Mgr. Iveta Fajnerová, Ph.D., Centrum virtuální reality v duševním zdraví a neurověděch, Národní ústav duševního zdraví, Klecany; Klinika psychiatrie a lékařské psychologie, 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy; Laboratoř neurofyziologie paměti, Fyziologický ústav Akademie věd ČR, Praha

Mgr. Adéla Fendrych Mazancová, Ph.D., Neurologická klinika, 2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Motole, Praha

Mgr. Lucie Friedová, Ph.D., Centrum pro demyelinizační onemocnění, Laboratoř neuropsychologie J. Diamanta, Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd, I. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

Dr.phil. Laco Gaál, SAMCO – Spezielle Applikationen mit Computern, Bernried, Německo

MUDr. Michal Goetz, Ph.D., Dětská psychiatrická klinika, 2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Motole, Praha

PhDr. Igor Grajcar, Psychiatrické oddelenie, Nemocnica s poliklinikou Trebišov, Slovensko

Mgr. Hana Horáková, Ph.D., Oddělení klinické psychologie, Neurologická klinika, 2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Motole; Českomoravská psychologická společnost, Sekce neuropsychologie

Mgr. Michal Hummel, Praktická psychologie s.r.o., Brno

Mgr. Zuzana Hummelová, Ph.D., Neurochirurgická klinika, Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně

PhDr. Vladěna Jaremová, Ph.D., katedra psychologie, Filozofická fakulta univerzity Karlovy; Neurologická klinika, Fakultní nemocnice Ostrava

PhDr. Alena Javůrková, Ph.D., Oddělení klinické psychologie, Fakultní nemocnice Královské Vinohrady; Oddělení klinické psychologie, Fakultní nemocnice v Motole, Praha

Mgr. Martin Chlupáč, COGNITIO, Liberec

Mgr. Anna Klapetek, Ph.D., vlastní praxe, Regensburg, Německo

doc. RNDr. Martin Kotyrba, Ph.D., Katedra informatiky a počítačů, Přírodovědecká fakulta Ostravské univerzity

prof. PhDr. Lenka Krámská, Ph.D., Neurocentrum, Oddělení klinické psychologie, Nemocnice Na Homolce, Praha

doc. PhDr. David Krámský, Ph.D., Policejní akademie ČR, Praha

PhDr. Dana Krejčířová, Psychologické oddělení, Fakultní Thomayerova nemocnice, Praha

doc. PhDr. Petr. Kulišťák, Ph.D., Vojenský rehabilitační ústav Slapy

Mgr. Tatiana Lorencová, Ph.D., Neurologické oddelenie, Dolnooravská nemocnica s poliklinikou

MUDr. L. N. Jégého, Dolný Kubín, Slovensko

Mgr. Ľubica Luchavová, privátní praxe, Ružomberok

prof. MUDr. Hana Malíková, Ph.D., Radiodiagnostická klinika, 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady

prof. MUDr. Radoslav Matěj, Ph.D., Ústav patologie a molekulární medicíny, 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní Thomayerova nemocnice, Praha

Mgr. Markéta Mohaplová, Oddělení klinické psychologie, 2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Motole

Mgr. Jiří Motýl, Ph.D., Centrum pro demyelinizační onemocnění, Laboratoř neuropsychologie J. Diamanta, Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd, I. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

doc. Mgr. et Mgr. Tomáš Nikolai, Ph.D., Katedra psychologie, Filozofická fakulta Univerzity Karlovy; Oddělení klinické psychologie, Fakultní nemocnice Motol

Mgr. Michal Nondek, Psychiatrická nemocnice, Praha

MUDr. Richard Novobilský, Neurologická klinika, Fakultní nemocnice Ostrava; Katedra klinických neurověd, Lékařská fakulta Ostravské univerzity

doc. PhDr. Radko Obereignerů, Ph.D., Katedra psychologie, Filozofická fakulta Univerzity Palackého v Olomouci

Mgr. Lukáš Ondřej, Acquired Brain Injury Services, SweetTree HCS, Londýn, Velká Británie

Mgr. Jakub Polák, Ph.D., Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy; Ambis – vysoká škola, Praha

doc. PhDr. Marek Preiss, Ph.D., Národní ústav duševního zdraví, Klecany

PhDr. Jaroslava Raudenská, Ph.D., Ústav ošetřovatelství, 2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Motole, Praha

PhDr. Mabel V. Rodríguez M., Ph.D., Národní ústav duševního zdraví, Klecany

MUDr. Zdeněk Rohan, Ph.D., Klinisk Patologi, Norrlands Universitetssjukhus, Umeå, Švédsko

MUDr. Martina Rohanová, Ph.D., Bild- och funktionsmedicin, Sunderby Sjukhus, Luleå, Švédsko

Mgr. Eva Rubínová, Ph.D., University of Aberdeen, Velká Británie

doc. MUDr. Robert Rusina, Ph.D., Centrum pro neurodegenerativní onemocnění CNS, Neurologická klinika, 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní Thomayerova nemocnice

Mgr. et Mgr. Veronika Smetánková, DiS., Pedagogicko-psychologická poradna Ústeckého kraje, Most; Vyšší odborná škola ekonomická, sociální a zdravotnická, Obchodní akademie, Střední pedagogická škola a Střední zdravotnická škola, Most

Mgr. Eva Straková, Ph.D., Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd, I. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

prof. Yana Suchy, Ph.D., ABPP-CN, Department of Psychology, University of Utah, Salt Lake City, Utah, USA

MUDr. Gabriela Šivicová, Centrum sociálních služeb Praha, Krizové centrum RIAPS; Centrum psychoterapie, Praha

Mgr. Petra Šmatlíková, Laboratoř buněčné regenerace a plasticity, Ústav živočišné fyziologie a genetiky Akademie věd ČR

PhDr. Jan Šplíchal, Klinika rehabilitačního lékařství, I. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

RNDr. Mgr. Kateřina Veverová, Ph.D., Katedra psychologie, Filozofická fakulta, Univerzita Karlova; Neurologická klinika, 2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Motole

Mgr. Michaela Viktorinová, MSc., Národní ústav duševního zdraví, Klecany; Klinika psychiatrie a lékařské psychologie, 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy

doc. MUDr. Martin Vyhnálek, Ph.D., Kognitivní centrum, Neurologická klinika, 2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Motole

MUDr. Jiří Weichet, Ph.D., Radiodiagnostická klinika, 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, Praha





# OBSAH

Předmluva ke druhému vydání ( <i>Petr Kulišťák</i> ) . . . . .	13
Úvod ( <i>Petr Kulišťák</i> ) . . . . .	15
Jak se děje duše ( <i>David Krámský</i> ) . . . . .	17
ČÁST OBECNÁ . . . . .	25
1. Základní neuroanatomie centrálního nervového systému a korelace s magnetickou rezonancí ( <i>Zdeněk Rohan, Martina Rohanová</i> ) . . . . .	27
2. Zobrazovací metody v neurologii a neurochirurgii ( <i>Hana Malíková, Jiří Weichet</i> ) . . . . .	43
3. Motorika a její poruchy ( <i>Petr Kulišťák</i> ) . . . . .	56
4. Vnímání ( <i>Petr Kulišťák</i> ) . . . . .	82
5. Pozornost ( <i>Ľuba Brožek</i> ) . . . . .	101
6. Struktura a mechanismy paměti ( <i>Ondřej Bezdíček</i> ) . . . . .	123
7. Afázie ( <i>Radko Obereignerů</i> ) . . . . .	147
8. Exekutivní funkce ( <i>Radko Obereignerů</i> ) . . . . .	178
9. Neuropsychologická diagnostika myšlení ( <i>Lenka Krámská, David Krámský</i> ) . . . . .	209
10. Emoce ( <i>Yana Suchy</i> ) . . . . .	220
11. Změny osobnosti po poškození mozku ( <i>Marek Preiss</i> ) . . . . .	242
12. Psychologická metodologie v praxi klinického neuropsychologa ( <i>Štěpán Bahnik, Eva Rubínová</i> ) . . . . .	257
ČÁST SPECIÁLNÍ . . . . .	279
<b>Neuropsychologická problematika v neurologii</b> . . . . .	281
13. Neuropsychologie cévních mozkových příhod ( <i>Lenka Krámská</i> ) . . . . .	283
14. Epilepsie ( <i>Zuzana Hummelová</i> ) . . . . .	313
15. Psychogenní neepileptické záchvaty ( <i>Lenka Krámská</i> ) . . . . .	330
16. Psychogenní poruchy pohybu ( <i>Lenka Krámská</i> ) . . . . .	346
17. Roztroušená skleróza ( <i>Jiří Motýl, Lucie Friedová</i> ) . . . . .	355
18. Mozečkové léze a kognice ( <i>Ěva Straková</i> ) . . . . .	369
19. Neuropsychologická diagnostika a psychoterapie u pacientů s nádory mozku ( <i>Lenka Krámská</i> ) . . . . .	384
20. Huntingtonova nemoc ( <i>Petr Kulišťák</i> ) . . . . .	400
21. Onemocnění motorického neuronu ( <i>Petr Kulišťák</i> ) . . . . .	410
22. Poranění mozku ( <i>Jan Šplíchal</i> ) . . . . .	433

<b>Neurodegenerativní choroby</b> .....	459
23. Neuropatologický obraz neurodegenerativních onemocnění ( <i>Radoslav Matěj, Robert Rusina</i> ) .....	461
24. Paměť u Parkinsonovy nemoci a její vyšetření ( <i>Ondřej Bezdíček</i> ) .....	473
25. Časná diagnostika Alzheimerovy nemoci – neurobiologie, klinická a neuropsychologická manifestace ( <i>Martin Vyhňálek, Tomáš Nikolai</i> ) .....	489
26. Neuropsychologická diagnostika kognitivního deficitu u Alzheimerovy nemoci ( <i>Tomáš Nikolai, Martin Vyhňálek</i> ) .....	501
27. Genetické polymorfismy v genech <i>APOE</i> a <i>BDNF</i> a jejich vliv na kognitivní funkce v kontinuu Alzheimerovy nemoci ( <i>Kateřina Veverová, Hana Horáková</i> ) .....	515
28. Možnosti využití zvířecích modelů pro studium neurodegenerativních onemocnění ( <i>Monika Červinková, Petra Šmatlíková</i> ) .....	528
29. Role screeningových testů u neurodegenerativních onemocnění ( <i>Adéla Fendrych Mazancová</i> ) .....	543
30. Subjektivní kognitivní stížnosti ve stáří a jejich role v hodnocení rizika kognitivního deficitu ( <i>Hana Horáková, Kateřina Veverová</i> ) .....	564
31. Behaviorální varianta frontotemporální demence – kazuistika ( <i>Vladěna Jaremová, Richard Novobilský</i> ) .....	577
<b>Neuropsychologická problematika v psychiatrii</b> .....	583
32. Schizofrenie ( <i>Mabel V. Rodríguez M.</i> ) .....	585
33. Kognitivní funkce u depresivní poruchy ( <i>Marek Preiss</i> ) .....	604
34. Bipolární porucha ( <i>Markéta Mohaplová, Michal Goetz</i> ) .....	618
35. Neuropsychologie hraniční poruchy osobnosti ( <i>Radka Čermáková, Jan Čermák</i> ) .....	642
<b>Rehabilitace kognitivních funkcí</b> .....	655
36. Raná neurologická rehabilitace – problémy, principy a cíle ( <i>Laco Gaál</i> ) .....	657
37. Kognitivní rehabilitace u pacientů se získaným poškozením mozku v časných stádiích léčby ( <i>Vladěna Jaremová, Martin Kotyrba</i> ) .....	684
38. Následná rehabilitace pacientů po úrazech mozku ( <i>Jan Šplíchal</i> ) .....	696
39. Kognitivní remediace u schizofrenie ( <i>Mabel V. Rodríguez M.</i> ) .....	716
40. Náhled na kognitivní deficit u pacientů se schizofrenií ( <i>Michal Nondek, Miroslava Benešová</i> ) .....	741
<b>Neuropsychoterapie</b> .....	751
41. Kognitivní terapie u chronických bolestivých stavů – problémy a příznaky individuálního případu ( <i>Jaroslava Raudenská</i> ) .....	753
42. Efekt kognitivně-behaviorální terapie na emoční labilitu a depresi u pacientů s epilepsií ( <i>Alena Javůrková</i> ) .....	768

43. Neuropsychoanalýza a její využití v klinické praxi ( <i>Michaela Viktorinová</i> ) . . . . .	789
44. Mindfulness v terapii sklerózy multiplex ( <i>Tatiana Lorencová</i> ) . . . . .	800
<b>Některé další aplikační oblasti klinické neuropsychologie</b> . . . . .	819
45. Dětská neuropsychologie ( <i>Dana Krejčířová</i> ) . . . . .	821
46. Vojenská neuropsychologie ( <i>Michal Hummel</i> ) . . . . .	835
47. Forenzní neuropsychologie ( <i>Petr Kulišťák</i> ) . . . . .	843
<b>Varia</b> . . . . .	855
48. Oční pohyby a jejich diagnostický význam ( <i>Anna Klapetek</i> ) . . . . .	857
49. Virtuální realita jako nástroj pro testování a remediaci kognitivních funkcí ( <i>Iveta Fajnerová</i> ) . . . . .	870
50. Vztah neuro/psychologie a ergoterapie ( <i>Veronika Smetánková</i> ) . . . . .	888
51. Problematika dospělých jedinců s ADHD ( <i>Ľubica Luchavová</i> ) . . . . .	900
52. Neuropsychofarmakologie ( <i>Gabriela Šivicová</i> ) . . . . .	917
53. Kritický pohled na využití EEG biofeedbacku v neuropsychologii ( <i>Lukáš Ondřej</i> ) . . . . .	927
54. Počítačový kognitivní trénink ( <i>Martin Chlupáč</i> ) . . . . .	935
55. Implementácia digitálnych technológií v neuropsychologickej praxi a telemedicíne ( <i>Petra Brandoburová, Daniel Dančík</i> ) . . . . .	945
56. Neuropsychológia lži a jej detekcia v praxi ( <i>Igor Grajcar</i> ) . . . . .	966
57. Etika v zdravotníctve – ako je to s pravdovravnosťou? ( <i>Igor Grajcar</i> ) . . . . .	981
58. Dynamika paměťové stopy ve spánku ( <i>Karel Blahna</i> ) . . . . .	985
59. Neuropsychologie strachu z hadů ( <i>Jakub Polák</i> ) . . . . .	995
Summary . . . . .	1021
Obrazová příloha	
Seznam zkratk . . . . .	1025
Věcný rejstřík . . . . .	1030
Rejstřík neuropsychologických testů a tréninkových programů . . . . .	1059



# Předmluva ke druhému vydání

Petr Kulišťák

Nebývalý ohlas – dokonce i ze strany laických čtenářů – vedl k novému, upravenému a rozšířenému vydání této publikace. Zájem běžného člověka o neuropsychologii je možná dán i skutečností, že neuropsychologie – jak lze vycítit i ze samotného názvu – je přece jen o trochu blíže realitě a běžnému životu s jeho někdy i zdravotními problémy, než je tomu u psychologie samotné. Samozřejmě to vidíme především u klinických (neuro)psychologů, ale též u kolegů, kteří pracují v mnoha dalších oblastech zabývajících se souvislostmi mezi nervovým systémem a jeho produktem – psychičnem. Zatím můžeme s jistotou říci, že bez mozku, řídicího centra nervového systému, nelze nalézt (ne)hmatatelné duševno. Možná existuje jen v představách, ovšem i ty jsou produktem této – podle některých názorů „nízké“ – nervové hmoty. V současnosti lze tuto skutečnost podpořit i různými zobrazovacími technikami mozkové aktivity, přestože i ty je možné považovat na dnešní úrovni za velmi primitivní nástroje, jež máme aktuálně k dispozici. Avšak i tak jsou značně přínosné pro diagnostiku a léčbu nervového systému (samozřejmě i jedince v celé jeho somatické komplexnosti, tedy nejen nervového aparátu).

Druhé vydání publikace je obohaceno jednak čerstvými poznatky v původních příspěvcích, ale hlavně novými kapitoly, jejichž autory jsou především mladí badatelé, kliničtí neuropsychologové (Adéla Fendrych Mazancová, Lucie Friedová, Hana Horáková, Vladěna Jaremová, Martin Kotyrba, Tatiana Lorencová, Jiří Motýl,

Richard Novobilský, Jakub Polák, Kateřina Veverová). Svět kráčí mílovými kroky kupředu, jak se často říká; v neuropsychologii – podle našeho názoru – tomu sice tak není, jsou to snad jen krůčky, ale i tak zůstává krásnou vědou či pomocnicí ve zdravotnictví, ale určitě i jinde.

Přejeme tedy čtenářům, laikům i odborníkům, mozkově duševní pohodu při nahlédnutí do druhého vydání knihy a seznamování se s „krásnem“, které je – v některých případech možná bohužel – dáno též obsahem naší hlavy.

# Úvod

Petr Kulišťák

České odborné veřejnosti i dalším čtenářům, toužícím po rozšíření poznatků v oblasti neuropsychologie, předkládáme souhrnný aktuální pohled na tento obor z hlediska klinických poznatků a aplikací. Cesta české neuropsychologie do povědomí kolegů klinických psychologů i odborníků v medicíně a jiných oblastech, byla – jak se přiléhavě říká – značně trnitá. V jejích počátcích jsme zažili situace, kdy byla na odborných fórech zaměňována s neurofyziologií, psychofyziologií, psychofyzikou, neuropsychiatrií a dalšími specifickými obory, k nimž má určité vazby, někdy útlejší, jindy rozsáhlejší, jak se čtenář přesvědčí, ale již dlouho je svébytným teoretickým a aplikačním oborem.

Samostatnost neuropsychologie je vidět především v její klinické podobě, ale i v dalších oblastech jejího uplatnění, z nichž některé jsou v této publikaci také zmíněny (např. dětská neuropsychologie, neuropsychologie vojenská a vztah k terorismu, neuropsychoanalýza, forenzní neuropsychologie atd.). Půjdeme-li ještě hlouběji do specializací, můžeme nalézt uplatnění poznatků klinické neuropsychologie např. u dospělých hyperkinetiků (jedinců s ADHD, přičemž tato porucha bývá obvykle řešena jen v dětském věku), v neuropsychoterapii (specializované oblasti psychoterapie u lidí po onemocnění nervového systému), při využití virtuální reality např. v rehabilitaci po úrazech hlavy a mozku a s ní částečně souvisejícími technikami neurofeedbacku, řešení problematiky lži hlavně ve forenzní oblasti, vazby

na ergoterapii atd. Také neuropsychologické instrumentárium, tedy testy i jiné diagnostické postupy, jejichž popis a doporučení pro oblast užití nalezneme v jednotlivých kapitolách, mohou čtenáři přiblížit specifika klinické neuropsychologie.

Vidíme tedy, že neuropsychologie a její klinické využití je velmi rozsáhlé a nemezuje se jen na participaci v medicínských oborech neurologie a psychiatrie, s nimiž bývají kliničtí neuropsychologové nejčastěji spojováni. Ještě zřetelněji se nám vyjeví souvislosti i odlišnosti při srovnání klinické psychologie a klinické neuropsychologie, položíme-li před sebe např. publikace *What is Clinical Psychology?* (Hall & Llewelyn, 2006) a *Clinical Neuropsychology* (Heilman, Watson & Valenstein, 2003). U nás mohou být takovými příklady *Klinická psychologie v praxi* (Baštecká a kol., 2003) a *Případové studie z klinické neuropsychologie* (Kulišťák a kol., 2011). Na nich jasně postřehneme šíři obou, ale u neuropsychologie navíc hlubší ponoření do vztahů mozku a chování. A to je ten aspekt, ve kterém se oba úzce související obory nejvíce liší. Není tedy klinickým neuropsychologem ten klinický psycholog, který umí testovat kognitivní funkce apod., ale ten, který umí takové nálezy interpretovat ve vztahu k nervovému – především mozkovému – substrátu, chorobě, celkové osobnosti klienta či pacienta atd.

A o tom všem – i mnohém dalším – je tato publikace.

## LITERATURA

Baštecká, B. et al. (2003). *Klinická psychologie v praxi*. Praha: Portál.

Hall, J., & Llewelyn, S. (Eds.) (2006). *What is clinical psychology?* (4th ed.). Oxford: Oxford University Press.

Heilman, K. M., & Valenstein, E. (Eds.) (2003). *Clinical neuropsychology* (4th ed.). Oxford: Oxford University Press.

Kulišťák, P. et al. (2011). *Případové studie z klinické neuropsychologie*. Praha: Karolinum.



# Jak se děje duše

David Krámský

## DUŠE A JEJÍ MÍSTO V ŘÁDU SVĚTA

Pro humanitní vědy je zvláštním způsobem příznačné, že předmět zvaný „duše“, kterým se začaly zabývat, přešly do svého výzkumného záměru i jiné metodologicky zcela odlišné vědecké disciplíny. Mnozí autoři spojují vznik psychologie až s Wilhelmem Wundtem a jeho experimentálním pojetím jako objektivní vědy až kolem přelomu 19. a 20. století. Tradičně se počátek psychologie spatřuje již v antickém filozofickém pojetí duše. Také se někdy počátek psychologie vidí v koncepci myslícího subjektu u René Descarta (1596–1650); jiní odvozují zrod psychologie od britské empirické filozofie, především pak od filozofie Davida Huma. Lze ovšem říci, že výklady duševního života před Wundtem jsou spíše filozofickými teoriemi než záležitostmi moderní vědy.

Pojem duše se ovšem nemusí vůbec krýt s duší, o níž je řeč v antické filozofii. Staří řečtí filozofové totiž nahlíží na duši primárně jako na součást řádu světa jakožto podmínku „duševního“ bytí. Podle Thaleta z Milétu je přirozenost duše určována jakožto *apeiron hydor* – neomezená vlhkost. Jde o „substanční“ metaforu vyjadřující nezměrnou hloubku, nezachytitelnost a pomíjivost samotné přirozenosti – *fysis*. Pro Anaximena (585–528 př. n. l.) má duše povahu *pneuma* – plynutí ve smyslu dechu, které činí každé jednotlivé jsoučno součástí přesažného řádu

(*aethér*), na němž každá živá bytost nutně participuje. Zajímavé je pak pojetí Anaximandra (610–546 př. n. l.), pro něhož je základní charakteristikou přirozenosti duše její „časovost“, resp. konečnost, jakožto fundamentální charakteristika vše přesahující spravedlnosti (*diké*). Každá konkrétní jednotlivá duše platí za svůj vznik časem – totiž svou dočasností. Zcela jinak uchopuje řád světa a jeho přirozenost Demokritos, pro něhož je duše složená z částí (atomů), z nichž se skládá celek světa. Platon a Aristoteles se zabývali konceptem duše velmi zevrubně. Nicméně pokud o ní ve svých textech píší, tak většinou ve třetí gramatické osobě, nikoli ve smyslu nějakého osobního Já. Významný řecký anatom Galenos, inspirovan Anaximenesem, Platonem, Aristotelem a stoicismem, zachycuje duši jako zvláštní esenciální plynutí (*pneuma*). Ani Galenos však nechápe duši jako nějaké fyzické jsoučno, ale – podobně jako Anaximenes – jako dech, prostřednictvím něhož jsme součástí řádu světa. Český jazyk používá podobné významové konotace, neboť slova duše a duch jsou taktéž etymologicky odvozena od dechu. Dech proto nebyl pro Galena pouze nějakou fyzickou substancí, ale byl zároveň živým duchem. Galenos tak prezentuje zvláštní kombinaci vitalistického a mechanistického pojetí, v němž *pneuma* umožňuje tělu (svalům) pohyb. Skrze tento aktivismus dává duše smysl všem jednotlivým tělesným částem a uvádí je tak do jejich celkového smyslu a účelu.

## SMYSL A MYSL

Ačkoli je řecké pojetí duše od toho moderního příliš vzdáleno, jsou zde přeci jen některé konceptuální přístupy, které lze z hlediska moderní a dnešní psychologie označit za „proto-psychologické“. Jedním z nich je pojmové rozlišování mezi *aisthesis* a *noesis*. Řeční filozofové jako např. Platon či Aristoteles totiž striktně odlišovali mezi přístupem ke světu prostřednictvím smyslového vnímání (*aisthesis*) a přístupem rozumovým (*noesis*). Tuto pojmovou distinkci přebírá jak René Descartes, tak Immanuel Kant. Na rozdíl od moderního „descartovského“ pojetí však chápali antičtí myslitelé duši a tělo jako komplementární a nerozdělitelnou ontologickou jednotu. Přes značné rozdílnosti v metodologických východiscích vyprodukoval tento, po generace rozvíjený filozofický názor univerzálně platnou terminologii, jež jako součást teoretických východisek přetrvala v nezměněné podobě až do dnešní doby.

Co se to ale děje s naší duší, když rozumíme, vidíme, slyšíme? Na sítnici oka dopadají neviditelné částice, fotony, jakýsi chaos rozmanitého „čehosi“; zrakové receptory „to“ zachycují a přenášejí formou neurálních impulzů do mozku, kde se tento „chaos“ zpracovává, a my pak „vnímáme“ rozmanité barvy a tvary. Teprve tehdy můžeme konstatovat: „Pozor, před tebou je strom.“ Co se to děje, že vidíme strom? Nevidíme snad vlastně něco zcela jiného než onu „rapsodii“ částic dopadajících na sítnici našeho oka? Jaká je povaha lidské aktivity, díky níž vidíme smysl toho, co vidíme. Není vidění přeci jen více než jen mechanický proces zachycení proudu fotonů? Jak je možné, že vidíme, slyšíme, hmatáme – obecně řečeno vnímáme něco jiného než to, co se fyzicky – fyzikálně kolem nás a s námi děje?

Filozofové zabývající se vztahem mezi myslí a vnímáním si pomáhají pojmy jako je myšlení, paměť, cítění apod. I přes mnohé problémy se podle Paula a Patricie Churchlandových (např. 2002) věda, zvláště pak neuropsychologie, neobejde bez těchto paradigmatických konceptuálních konstruktů.

Přestože pohled konceptuálně rozlišující mezi tělesným vnímáním a spirituálním myšlením je charakteristický také pro Descarta a pro zastánce tzv. britského empirismu se zdá být z hlediska svého historického založení stále identický, je třeba zdůraznit podstatný rozdíl v jejich interpretaci: totiž v paradigmatické proměně chápání vztahu člověka ke světu. Zatímco ještě třeba náš J. A. Komenský (1592–1670) nahlíží duši jako součást řádu bytí, počínaje jeho současníkem Descartem se toto do té doby platné paradigma zásadně proměnilo. Svět – *res extensa* – zahrnující vše extenzivní, rozprostraněné, hmotné, fyzické je od této doby zcela oddělen od „světa myslí“ – *res cogitans* – „věci tvořené“ myslícím subjektem; myslící já – *ego cogito – je věc – „res“*. Mozek je počínaje Descartem něčím zcela odtrženým od toho, co bychom mohli nazývat duchem, myslí či duší. Descartovo pojetí tak pojímá mozek jako fyzickou věc, která není, a ze své povahy nemůže být, identická s nefyzickou duší či myslí. Mezi oběma substancemi je bytostná disjunkce.

Konceptuální vztah mezi nefyzickou myslí a smyslovým vnímáním tvoří základní východisko britského empirismu. Podle Johna Locka (1632–1704) člověk nejprve poznává svět tak, že ho smysly vnímá, posléze tyto původní „vjemy“ (impresy, představy) rozumem pořádá a organizuje. S podobným vysvětlením se setkáváme taktéž u zakladatelů moderní empirické psychologie George Berkeleyho (1685–1753) či Davida Huma (1711–1776).

Velmi významným způsobem do formování tohoto psychologického pojmového paradigmatu zasáhla především reflexe Kantova. Immanuel Kant (1724–1804) navazuje na formující se descartovsko-humovskou ideu transcendentálního subjektu a podobně jako jiní také odděluje „smyslovou názorovost“ (ta je u Kanta předmětem tzv. transcendentální estetiky) od kognitivní aktivity duše (předmět tzv. transcendentální analytiky). Rozdíl v chápání empiristů a Kanta pak spočívá v tom, že empiristé striktně odmítají existenci čehokoli objektivního či reálného, co by přesahovalo rámec samotné empirické zkušenosti. Díky tomu však nikdo z nich není schopen jednoznačně odůvodnit pravdivost svých východisek, neboť by zároveň s tím musel odůvodnit existenci oněch původních elementárních empirických dat, která jsou objektivními vzory veškeré naší smyslovosti. Empirismus tento problém řeší neuspokojivým a paradoxním tvrzením (např. John Locke), že přestože jsou smyslová data jen a pouze záležitostí naší zkušenosti, jsou přeci jen nějak ve vztahu k objektivní přesažné skutečnosti, kterou však již nelze „bohužel“ empiricky ověřit. Na rozdíl od empiristů, Kant tuto vazbu k objektivnímu světu otevřeně přiznává. Svět je *Ding an sich*, sám o sobě, avšak záležitostí naší duše je pouze a jen to, co je „pro nás“ – *für uns*.

Přes zásadní rozdíl ve filozofické perspektivě je Kant představitelem téže myšlenkové tradice separující duši od těla. V obecném pohledu má identický přístup. Dnešní psychologie také zkoumá duši tradičně jako něco, co je podstatně odlišné od těla a co je zároveň složené z částí – má složku emoční, kognitivní apod. Tradiční sedimentované pojmové rozvrhy se pak mnohdy stávají latentními a výslovně

netematizovanými teoretickými předpoklady empiricky a deskriptivně zaměřených studií.

## PŘÍRODNÍ VĚDY A PSYCHOLOGIE V „KRIZI“

Vedle výkladového rámce určeného pojmovými relacemi, které se dnešní psychologie snaží překlenout a nahradit tzv. dynamickými koncepty zohledňujícími funkce, lze upozornit ještě na jeden významný rys typický pro současný psychologický, především pak neuropsychologický diskurs. Podle Edmunda Husserla (1859–1938), zakladatele fenomenologie, je pro psychologii charakteristické, že se od konce 19 století výrazně emancipuje a profiluje po způsobu přírodních věd jako věda experimentální (Husserl, 2000).

Husserl podobně jako Michel Foucault (1926–1984) spojuje zrod nových věd s novověkým konceptem experimentálního a objektivizovaného poznávání (Foucault, 2007). Věda je v tomto rámci definována jako způsob vidění a poznávání světa, jenž může být exaktně a experimentálně zpředměněn a popsán. Možnost *more geometrico* poznávat věci pouze na základě jejich a priori idealizovaných vnějších projevů a vztahů mezi těmito projevy, aniž bychom se museli zabývat podstatami, přičemž si vystačíme pouze s fenomény, symptomy, tedy s tím, co lze empiricky zachytit, dává přírodní vědě do rukou velkolepý nástroj. Podstata již není něčím, co je obsaženo v samotném poznávaném předmětu, ale v takovém určení, které do něj naopak vkládá samotný poznávající subjekt. Vědecké experimentální poznání proto nemusí pracně vykazovat pravdivost výsledků svého výzkumu, vystačí si s tím, že tyto výsledky je schopno z hlediska své speciálně vědní perspektivy měřit a porovnávat. V tomto duchovním rozvrhu se našla i mladá, avšak emancipovaná věda psychologie. Byl to právě Wilhelm Wundt (1832–1920), jenž přišel se svým konceptem psychologie jako experimentální vědy zkoumající objektivní podmínky lidského chování.

Základním předpokladem takovéhoho experimentálního přístupu je chápání těla či jeho projevů a duše a jejích projevů jakožto dvou svébytných realit, které nezávisle na sobě, navzájem a vedle sebe koexistují. Husserl (1993) v návaznosti na Descarta nazývá takovouto dvojí ontologickou perspektivu psychofyzickým dualismem. Další logický krok, odvíjející se od pojetí objektivisticky pojímané vědy, byl skutečněn pozitivismem prezentovaným především francouzským filozofem Augustem Comtem (1794–1859). V intencích Comtova pozitivismu definuje své behaviorální pojetí také John Watson (1878–1958). Vnější tělesné projevy psychických dějů mají nějaké své příčiny, jsou jakousi nutnou reakcí na určité vnější stimuly. Duše se zde nezkoumá jako nějaké specifická realita sama o sobě, to co se ale zkoumá, jsou „její“ tělesné projevy coby odezvy na rozmanité vnější podněty. Jako důležitý aspekt behaviorální koncepce, která se přímo inspiruje přírodovědnou metodologií, se ukazuje koncept kauzality: vše má nutně nějakou poznatelnou, a tak i popsatelnou příčinu.

Tento vědecký postoj se stal pro svou jednostrannost a mnohdy nepřilíš kritický přístup k objektivizovanému a měřenému poznání zdrojem mnohé kritiky.

V psychologii to byl právě Sigmund Freud, který podle Foucaulta (2007) znovu vrátil psychologii mezi vědy o člověku a pro člověka, neboť do ní opět přivedl onen podstatný humanitní aspekt – důraz na interpretaci a pokoru pramenící z uznání, že samotné nitro duše jako něco ze své povahy nepoznatelného se sice nějak dává pozornému pozorovateli k možné interpretaci, ale vždy pouze v jakési zastíněné podobě. Podobnou reflexi adresuje psychologii též Husserl, když hovoří o nebezpečí objektivizovaného psychologického výzkumu, který tím, že naše poznání kontaminuje nejrůznějšími abstraktními pojmovými konstrukty, odvádí nás od samotné přirozenosti jevu. Husserlova (2000) výzva „k věcem samým“ apeluje primárně na vědecky orientované psychology, aby se vrátili k přirozeně žité psychické zkušenosti, která „žije“ před teoretickými konstrukty a koncepty.

Preferencí pojmových konstruktů se psychologie (Husserl, 2000) dostala na jakési scestí. Ve snaze stačit stále se zrychlujícímu tempu výzkumu přírodních disciplín zapoměla psychologie na své humanitní kořeny, tedy na to, že se původně zabývá ději zcela jiné povahy než přírodní vědy. Na jedné straně se svou fascinací měřením a objektivitou stala velmi vzdálená svým původním „filozofickým“ kořenům, na straně druhé v porovnání s přírodními vědami se jeví spíše jako jejich „nedospělá sestřička“.

## NEUROBIOLOGIE V „KRIZI“

Přes krizi „západní vědy“, která podle Husserla (2000) zachvacuje mnohé humanitní obory, je nesporné, že právě přírodovědné bádání učinilo obrovský krok vpřed. Tento rychlý vývoj je pak velmi patrný právě v neuroanatomii, jež je významně obohacována rychlým rozvojem zobrazovacích technologií na bázi MR či PET.

Člověk byl vždy fascinován otázkou, kde se ona enigmatická „věc“, nazývající se duše, vlastně v těle skrývá. Bude-li vědět, kde duše je, může ji pak učinit předmětem poznání. Poměrně brzy se v průběhu dějin ustálilo přesvědčení, že se duše skrývá v hlavě a že má nejspíš spojitost právě s mozkiem. Ve chvíli, kdy byla duše lokalizována, začal její systematický popis, projevující se jako usilovné hledání jejích empiricky zjevných, později objektivních a měřitelných atributů. Od empirického konceptu se přešlo k experimentálnímu, od experimentálního k pozitivistickému a odtud pak k zaměření fyzikalistickému. Koncept nehmotné éterické duše vtělené do tělesně-hmotného orgánu mozku se stál primárním poznávacím východiskem. A tak se duše začala zkoumat po anatomickém způsobu, a to metodami blízkými vyšetřování žaludku či srdce. Úkol, který stál před přírodovědně zaměřenou psychologií druhé poloviny 20. století, byl nyní jasně formulován: stanovit a experimentálně ověřit výchozí koncepty dějů a funkcí *vtělené duše*.

Stejně jako poznání nových světů se neobejde bez abstrahovaného geografického popisu – mapy, je i svět vtělené duše, tedy mozku, čím dál lépe zmapován. Když Anaximandros z Milétu (610–546 př. n. l.) přišel s prvním „geografickým“ nákresem světa, vzbudilo to v lidech pohoršení. Co je to za zpupnost dívat se na svět, v němž žijeme, takto z vrchu?! Není tento pohled určen jen pro nesmrtelné bohy?! – ptali se tehdy rozhořčení Řekové. Od té doby se vše změnilo: zmapovala

se většina i těch neskrytějších koutů známého světa. Záslouhou Korbiniana Brodmanna (1868–1918) byl zmapován i lidský mozek. Brodmannova topologie zahrnující 52 funkčních oblastí se stala inspirací pro Oskara Vogta (1870–1959), jenž celý koncept topologizace částí mozku zjemnil až na 200 oblastí. Koncepce prostorově členěného mozku způsobila ve vědách zabývajících se mozkiem stejný boom, jako způsobil D. I. Mendělejev (1834–1907) svou tabulkou prvků v chemii či Carl von Linné (1707–1778) svou klasifikací v botanice a zoologii. Lokalizace vtělené duše spolu s objevem buňky neuronu a neurálních sítí zařadila neurobiologii mezi jednu z nejprogresivnějších vědeckých specializací dnešní doby.

Vedle fascinace rychle se rozvíjejícími neurozobrazovacími metodami stále přesněji dokumentujícími, co se na naší pomyslné mapě mozku právě „aktuálně“ odehrává, přichází pro mnohé neurovědce jakési vystřízlivění spojené se stále více se naplňující předtuchou, že jsme sice mnohem a mnohem přesnější v našich měřeních, ale sama tato experimentální měření nám o povaze toho, co měříme, příliš neříkají. Jinými slovy, setkáváme se s paradoxní vědeckou zkušeností, kdy na jedné straně stojí ty nejmodernější a nejskvělejší metody a přístroje měřící – dnes již téměř v reálném čase – funkční aktivity mozku, a na straně druhé pocítujeme absenci interpretačního zázemí, jež by umožnilo smysl těchto úžas budících neurálních aktivit vyložit a porozumět jejich podstatě. Víme, kde „to asi myslí“, kde „to asi cítí“, kde „to asi bolí“, ale nevíme bohužel stále nic o tom, co toto samotné myšlení, cítění či bolest z hlediska své „duševní podstaty“ vlastně je. Víme mnoho o tom, *jak se duše děje*, ale bohužel také mnohdy zapomínáme ptát se na to, „proč“ vůbec se tak děje.

## **VTĚLENÁ DUŠE ANEB NEUROPSYCHOLOGIE JAKO JEDNOTNÁ VĚDA**

Od Descarta se kontinuálně až do dnešní doby setkáváme s teoretickou koncepcí dvou odlišných světů – světa duše (příslušejícího psychologii) a světa těla (příslušejícího přírodní vědě – biologii a medicíně). Shodou dějinných okolností vedle sebe náhle koexistují dva zcela heteronomní vědecké přístupy, z nichž se každý ocitá na jakési hranici či mezníku své vlastní teorie. Na jedné straně psychologie marně aspirující stát se po vzoru přírodních věd „tvrdou“ vědou, na straně druhé tvrdá přírodní věda, disponující mnoha nasbíranými daty, potřebuje své výsledky smysluplně interpretovat a neví si s tím příliš rady.

Z tohoto „osudového setkání“ se ve druhé polovině 20. století rodí nové „dítě“ – neuro-psychologie. Setkání obou „pohledů v krizi“ znamenalo *felix culpa* pro zcela nové vědy zabývající se *duší vtělenou do fyzického orgánu těla – mozku*. Psychologie, inspirovaná úspěchem přírodovědně orientovaných oborů, získává do svých rukou nevídaný nástroj – neurobiologickou metodologii, která jí umožňuje využívat ty nejvyspělejší techniky a metody poznávání.

Na druhou stranu neurobiologie – díky příspěvku psychologie, a především pak té kognitivně zaměřené – je obohacována o pohled, jenž jí umožňuje vykročit ze svého fyzikalistického paradigmatu a podívat se i na své tradiční problémy

poněkud jiným pohledem. V tomto směru můžeme uvést intervenci klinického neuropsychologa například při tzv. awake neurochirurgických zákrocích či při výzkumu kognitivních funkcí, rozpoznávání emocí v neuroradiologii aj.

Přestože dnešní doba přeje interdisciplinárně orientovaným projektům, je jen velmi málo takových, které by nárokům *interdisciplinarity* svým zaměřením vyhovovalo. Neuropsychologie je oborem, který si označení interdisciplinární může naopak nárokovat par excellence. V neuropsychologickém studiu se utváří nový prostor pro zcela specifický výzkum otevírající živý dialog mezi dvěma zcela odlišnými vědeckými paradigmaty, totiž mezi humanitními a přírodními vědami. Tato jeho výjimečnost a kvalita pak spočívá v tom, že má schopnost si uchovat to nejlepší od svých „rodičů“: humanitně vědní reflexi předpokladů a východisek svého poznání vedoucí ke kritické interpretaci zkoumaného problému, v kombinaci s empirickými daty získanými prostřednictvím experimentálního neurovědního výzkumu.<sup>1</sup>

Podarí-li se neuropsychologii udržet své výzkumné ambice ve „správném poměru“, má coby věda založená na kritické mezioborové diskusi budoucnost, o které mohou jiné vědy pouze snít. Převáží-li však jeden vědní aspekt nad druhým, může se stát karikaturou humanitně reflektující či tvrdě experimentálně orientované vědy.

Jak upozorňuje například Konrad P. Liessmann ve své knize *Teorie nevzdělanosti* (2006), jednou z aktuálních hrozeb, před níž stojí dnešní věda, je obrovský tlak na rychlost a množství publikování stále nových a nových prací. Odborníkem již není ani tak ten, kdo problematicky promýšlí nějaké téma, ale ten, kdo pokud možno co nejčastěji referuje o tom, jak o nějakém tématu referují jiní. Tento aspekt, charakteristický pro dnešní vykazování vědecké kvality autora, je pak výrazný především v přírodovědných, zvláště pak medicínsky orientovaných vědeckých disciplínách. V humanitních oborech tyto tendence nejsou oproti přírodním vědám tak zřetelné. Nelze o nich jen o referovat, neboť hlavní důraz je kladen na porozumění a vysvětlení povahy nějakého problému. Neuropsychologie v kontextu dnešního chápání vědy tak stojí před obtížným rozhodnutím: buď si udrží potřebný odstup, založený na její humanitněvědní původní orientaci, nebo se nechá „strhnout“ politikou kvantitativního vědeckého vykazování. Vše zřejmě záleží na postoji a odpovědnosti, s jakou budou neuropsychologové k poznávání duše přistupovat: buď jim půjde o věc samu, tj. o poznání života duše v jejích příčinách a podstatě, nebo o vykazování vlastní vědecké kvalifikace, zaměřující se na konstatování pouhých empirických důsledků toho, „jak se duše děje“. Doufáme a velmi si přejeme, aby čtenář shledal právě toto naše publikační snažení jako onen přístup první.

## LITERATURA

Foucault, M. (2007). *Slova a věci*. Praha: Computer Press.

Husserl, E. (1993). *Karteziánské meditace*. Praha: Svoboda.

---

1 Analogií mezi kvantitativním a kvalitativním přístupem v neuropsychologii je koncepce Lurii a Reitana. Kazuistický přístup kontrastuje měření.

- Husserl, E. (2000). *Krise evropských věd*. Praha: Academia.
- Churchland, P. S. (2002). *Brain-Wise*. Cambridge: MIT.
- Liessmann, K. (2009). *Teorie nevzdělanosti*. Praha: Academia.



# ČÁST OBECNÁ



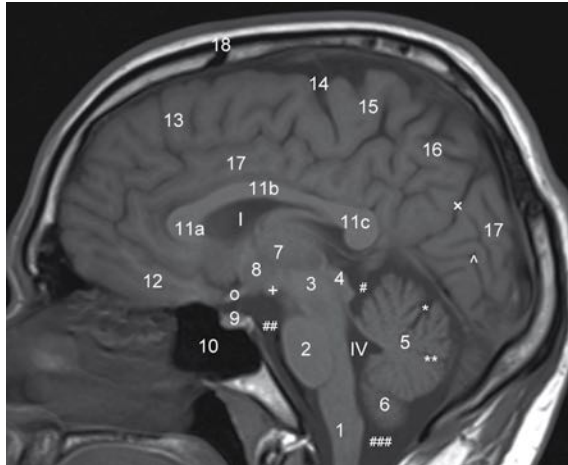
/1/

# Základní neuroanatomie centrálního nervového systému a korelace s magnetickou rezonancí

Zdeněk Rohan, Martina Rohanová

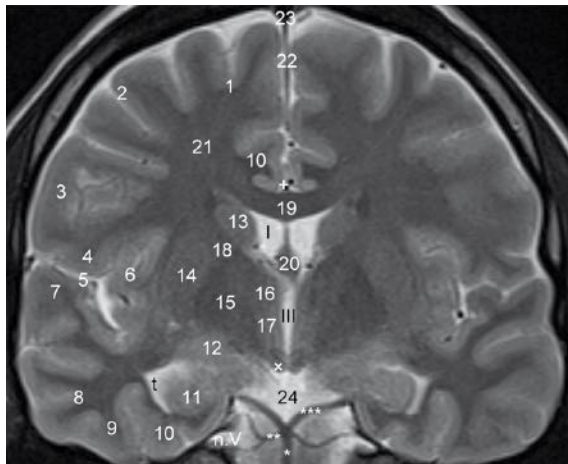
Cílem této kapitoly je seznámit čtenáře se základní anatomíí mozku a její korelací s obrazem magnetické rezonance (s ohledem na rozlišovací schopnosti běžně dostupné 1,5T MR). Přesto se nelze v některých případech popisu základní mikroanatomie jednotlivých struktur úplně vyhnout. Rozsah kapitoly zároveň neumožňuje detailnější popis neuroanatomie a rozbor funkčních vztahů mezi jednotlivými strukturami a jejich působení na motoriku, senzitivní percepci, emoce, kognici a chování. Čtenáře proto odkazujeme na rozsáhlejší publikace, ve kterých je daná problematika probrána do detailů (např. Koukolík, 2012; Čihák, 2004; Petrovický, 2002; Nieuwenhuys, Voogt & van Huijzen, 2007; Mai & Paxinos, 2012).

Neuroanatomická nomenklatura je obětí konfliktu mezi jejím historickým, makroanatomickým, cytoarchitektonickým a funkčním pojetím. Do vzniklého zmatku dále může přispět kombinace lidské nomenklatury s nomenklaturou užívanou zejména u primátů a hlodavců jakožto nejčastějších modelů pro studium mozku. Poslední kapkou je „naše“ přizpůsobení si nomenklatury do češtiny jednotlivými obory, které se zabývají studiem neurobiologie, diagnostikou a léčbou onemocnění mozku. Cílem předkládané kapitoly proto není sloužit jako referenční příručka neuroanatomické nomenklatury, ale být přehledem základní neuroanatomie, který se snaží respektovat nomenklaturu užívanou v česky psaných učebnicích na straně jedné a zároveň ji přiblížit pro běžné užívání na straně druhé.



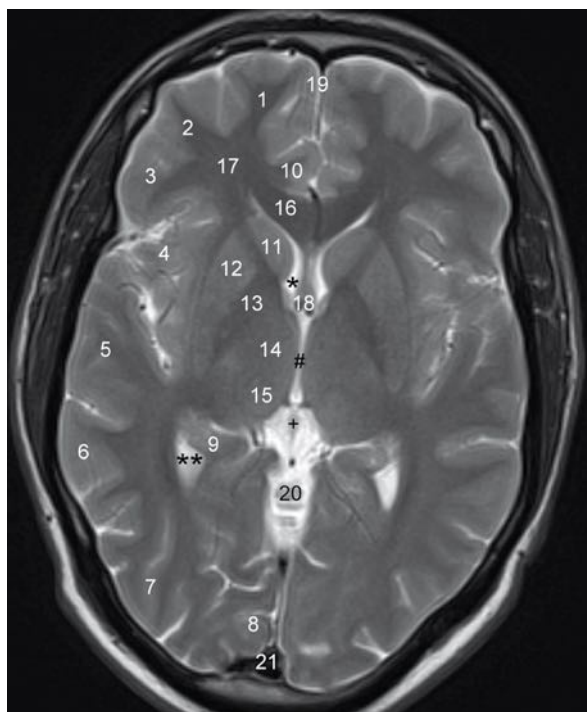
Obr. 1.1. Řez v sagitální rovině – T1 vážený obraz

1 – medulla oblongata; 2 – pons varoli; 3 – mesencephalon; 4 – čtvrtá komora; 5 – vermis cerebelli; 6 – tonsilla cerebelli; 7 – diencephalon; 8 – hypothalamus; 9 – hypofýza; 10 – sinus sphenoidalis; 11 – corpus callosum: a) genu, b) truncus, c) splenium; 12 – orbitofrontální kůra; 13 – gyrus frontalis superior; 14 – sulcus precentralis; 15 – lobulus paracentralis; 16 – precuneus; 17 – okcipitální kůra; 18 – sinus sagitalis superior; I – postranní komora mozková, přední roh; IV – čtvrtá komora mozková; # – cisterna venae magna cerebri; ## – cisterna interpeduncularis; ### – cisterna cerebellomedularis; \* – fissura prima cerebelli; \*\* – fissura horizontalis cerebelli; + – corpus mammillare; o – chiasma opticum (zkrřížení n. II); x – sulcus parietooccipitalis; ^ – sulcus calcarinus



Obr. 1.2. Řez v koronární rovině – T2 vážený obraz

1 – gyrus frontalis superior; 2 – gyrus frontalis medius; 3 – gyrus frontalis inferior; 4 – operculum frontale; 5 – fissura lateralis (Sylvii); 6 – insula; 7 – gyrus temporalis superior; 8 – gyrus temporalis medius; 9 – gyrus temporalis inferior; 10 – gyrus fusiformis; 11 – hippocampus; 12 – amygdala; 13 – caput nuclei caudati; 14 – putamen; 15 – globus pallidus; 16 – thalamus; 17 – hypothalamus; 18 – capsula interna; 19 – corpus callosum; 20 – fornix; 21 – centrum semiovale; 22 – fissura interhemisphaerica; 23 – sinus sagitalis superior; 24 – cisterna interpeduncularis; I – postranní komora mozková; III – třetí komora mozková; t – temporální roh postranní komory mozkové; n. V – nervus trigeminus; \* – arteria basilaris; \*\* – arteria cerebellaris superior; \*\*\* – arteria cerebri posterior; + – arteria cerebri anterior



Obr. 1.3. Řez v axiální rovině – T2 vážený obraz

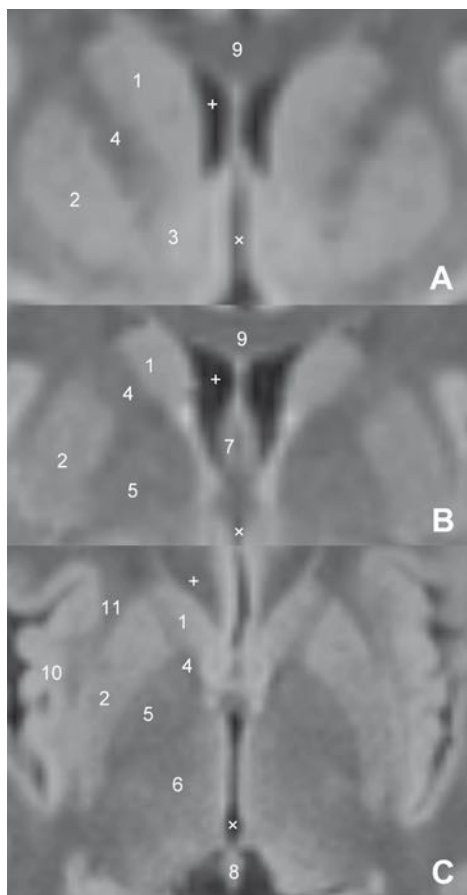
1 – gyrus frontalis superior; 2 – gyrus frontalis medius; 3 – gyrus frontalis inferior; 4 – insula; 5 – gyrus temporalis superior; 6 – gyrus temporalis medius; 7 – gyri occipitales; 8 – area striata (BA 17); 9 – hippocampus; 10 – gyrus cinguli; 11 – caput nuclei caudati; 12 – nucleus lentiformis; 13 – capsula interna; 14 – thalamus; 15 – pulvinar thalami; 16 – genu corporis callosi; 17 – centrum semiovale; 18 – fornix; 19 – fissura interhemisphaerica; 20 – vermis cerebelli; 21 – sinus sagittalis superior; \* – postranní komora mozková; \*\* – temporální roh postranní komory mozkové; # – třetí komora mozková; + – corpus pineale (epiphysis)

Součástí kapitoly jsou obrazy pořízené na 1,5T MR (obr. 1.1-1.5). Slouží ke znázornění většiny níže zmíněných struktur mozku ve třech základních rovinách – v sagitální rovině (obr. 1.1), v koronární rovině (obr. 1.2) a v rovině axiální (obr. 1.3). Na obrázku 1.4 jsou znázorněna bazální ganglia na různých úrovních a na obrázku 1.5 je detail temporálního laloku v koronární rovině.

## MÍCHA (MEDULLA SPINALIS)

Mícha je 40-50 cm dlouhá struktura uložená v páteřním kanálu. U mužů končí na úrovni meziobratlové ploténky L1/L2, u žen na úrovni obratle L2. Odstupuje z ní 31 párů míšních nervů. Středem míchy probíhá míšní kanál, který kranálně přechází do IV. komory mozkové.

Na příčném řezu míchou lze centrálně odlišit šedou hmotu míšní vytvářející přední a zadní rohy. Vně šedé hmoty pak probíhají vlákna tvořící bílou hmotu



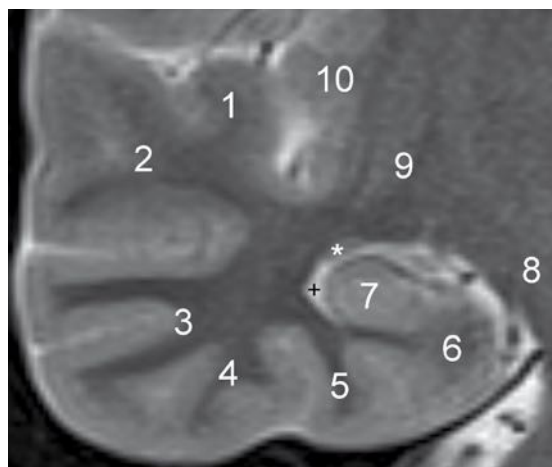
Obr. 1.4. Bazální ganglia na koronárních řezech na úrovni chiasma opticum (A), corpora mammillaria (B) a na řezech v axiální rovině (C) – FLAIR sekvence

1 – caput nucleii caudati; 2 – putamen; 3 – nucleus accumbens; 4 – capsula interna; 5 – globus pallidus; 6 – thalamus; 7 – septum; 8 – corpus pineale (epiphysis); 9 – corpus callosum; 10 – insula; 11 – capsula externa; + – postranní komora mozková; x – třetí komora mozková

Mícha je ve svém průběhu na úrovni cervikálních a lumbálních segmentů rozšířená (intumescentia cervicalis et lumbalis), což je podmíněno zvýšeným počtem neuronů potřebných k inervaci horních a dolních končetin.

Bílá hmota míšňí je tvořena vzestupnými a sestupnými svazky vláken (tzv. dráhy – tracti) propojující míchu s dalšími etážemi CNS. V zadní části míchy jsou dráhy vedoucí senzitivní podněty (fasciculi posteriores, tzv. dráhy zadních provazců), v laterálních částech míchy jsou to pak dráhy ovládající motoriku (tractus corticospinalis, pars lateralis – laterální část pyramidové dráhy) a dráhy propojující míchu

míšňí. V předních rozích míšňích jsou těla motoneuronů, jejichž axony jsou zakončeny v nervosvalových ploténkách příslušných kosterních svalů. V zadních rozích jsou pak neurony zapojené v senzitivních drahách. Axony neuronů předních a zadních rohů určitého úseku míchy, tzv. míšňího segmentu, dávají vznik kořenovým vláknům (fila radicularia), která se sbíhají v přední a zadní míšňí kořeny (radix anterior et posterior), ze kterých vznikají míšňí nervy. Krčňích segmentů je osm (C1–8), hrudňích dvanáct (Th1–12), bederních pět (L1–5), sakrálních pět (S1–5) a kostrčňích tři (Co1–3). V kauzální části páteřňího kanálu, kam již mícha nezasahuje, jsou průběhy míšňích kořenů, které utvářejí svazek připomínající koňský ocas (cauda equina). Spolu s výše uvedenými senzitivními a motorickými neurony jsou v míšňích rozích početné interneurony a další typy neuronů, povětšinou modulující přenos a charakter informací mezi míšňími segmenty a dalšími etážemi CNS či periferním nervovým systémem. Další skupiny neuronů ve střední části míšňí šedé hmoty jsou součástí autonomního nervového systému. Skupiny neuronů jsou v šedé hmotě míchy rozděleny do tzv. Rexedových zón, kterých je deset a jsou značeny římskými číslicemi I–X. V zadních rozích jsou zóny I–VI, ve střední části je zóna VII, v předních rozích jsou zóny VIII a IX. Zóna X je okolo centrálního kanálu.



Obr. 1.5. Temporální lalok na úrovni corpus geniculatum laterale (koronární řez) – T2 vážený obraz  
 1 – Heschlův závit (BA 41, 42); 2 – gyrus temporalis superior; 3 – gyrus temporalis medius; 4 – gyrus temporalis inferior; 5 – gyrus fusiformis (occipitotemporalis); 6 – gyrus parahippocampalis; 7 – hippocampus; 8 – crus mesencephali; 9 – nucleus lentiformis; 10 – insula; \* – cauda nuclei caudati; + – temporální roh postranní komory mozkové

s mozečkem (dráhy spinocerebelární). V přední části míchy běží přední část pyramidové dráhy (tractus corticospinalis, pars anterior), část drah senzitivních (tractus spinothalamicus) a dále pak dráhy propojující míchu se strukturami mozkového kmene. V těsném okolí šedé hmoty pak probíhají tzv. propriospinální vlákna navzájem propojující míšní segmenty, a to nejen pouze sousedící, ale i segmenty vzdálené.

## MOZEČEK (CEREBELLUM)

Mozeček je uložen v zadní jámě lebeční a je tvořen dvěma hemisférami a vermis, který je od hemisfér oddělen longitudinálními rýhami. Povrch mozečku je značně zprohýbán a vytváří tzv. folia, mezi kterými jsou rýhy (sulci). Mozeček naléhá na dorzální stranu kmene a nachází se tak nad IV. komorou mozkovou. K mozkovému kmenu je mozeček připojen pomocí tří párů svazků vláken: kaudálně jsou to pedunculi cerebellares inferiores (corpora restiformia), pedunculi cerebellares medii (brachia pontis) a pedunculi cerebellares superiores (brachia conjunctiva). Šedou hmotu mozečku tvoří kůra a jádra mozečku (nucl. dentatus, emboliformis, globosus et fastigii). Bílou hmotu pak tvoří systémy drah vedoucí do mozečku (zejména z vestibulárních jader, míchy a mozkové kůry) a z mozečku (dráhy z Purkyňových buněk do jader mozečku a z nich pak zejména do vestibulárních jader, oliv, nucleus ruber, thalamu).

Během vývoje se na povrchu rostoucího mozečku vytvářejí folia a rýhy, přičemž tři nejhlubší rýhy jsou fissura prima, fissura posterolateralis a fissura horizontalis. Mezi těmito rýhami lze odlišit tři laloky: lobus anterior, posterior a flocculonodularis. Fissura prima odděluje lobus anterior a lobus posterior, fissura horizontalis

je na povrchu lobus posterior a fissura posterolateris odděluje lobus posterior od lobus flocculonodularis. Podrobnější topografie vermis a hemisfér mozečku je nad rámec tohoto textu a je podrobně shrnuta v učebnicích neuroanatomie.

Fylogeneticky se mozeček dělí na archicerebellum (odpovídá lobulus flocculonodularis), paleocerebellum (odpovídá lobulus anterior) a neocerebellum (odpovídá lobulus posterior). Archicerebellum je recipročně propojeno s vestibulárními jádry, paleocerebellum s míchou a neocerebellum s mozkovou kůrou.

## MOZKOVÝ KMEN (TRUNCUS CEREBRI)<sup>2</sup>

Mozkový kmen je pokračováním míchy a je tvořen třemi částmi: 1. prodlouženou míchou (medulla oblongata), 2. Varolovým mostem (pons Varoli) a 3. středním mozkem (mesencephalon). Někteří autoři řadí do mozkového kmene i diencephalon.

Nejvýznamnější neuronální systémy mozkového kmene jsou retikulární formace a jádra hlavových nervů.

Retikulární formace je funkčně a neurochemicky komplexní struktura, jejíž skupiny neuronů se nacházejí okolo střední čáry, ventrálně od IV. komory a Sylviova ductu. Retikulární formace je propojena se všemi etážemi CNS. Mezi jádra retikulární formace patří také locus coeruleus, makroskopicky dobře patrná skupina tmavě pigmentovaných noradrenergických neuronů. Eferenty locus coeruleus vedou do limbických struktur, hypotalamu, bazálních ganglií a limbických struktur včetně hipokampu. Locus coeruleus je tak bohatě zapojeno do regulace řady funkcí CNS (např. bdělosti, pozornosti, stresové reakce).

## PRODLOUŽENÁ MÍCHA (MEDULLA OBLONGATA)

Její kaudální okraj je na úrovni odstupu prvních kořenů prvního segmentu krční míchy, její kraniální okraj je v místě přechodu v pons – sulcus bulbopontinus. Ventrálně dominují průběhy pyramidových drah, které se na kaudální hranici prodloužené míchy z velké části kříží – decussatio pyramidorum. Laterálně od pyramidových drah jsou ovoidní valy nazývané olivy. Dorzální strana prodloužené míchy je kryta IV. komorou a mozečkem. Z rýh na povrchu mezi olivami odstupují kořeny hlavových nervů, a to (pořadí je kaudo-kraniálně) nervus XII (n. hypoglossus), n. XI (n. accessorius), n. X (n. vagus) a n. IX (n. glossopharyngeus). Nervy IX, X a XI se často seskupují pod označení „postranní smíšený systém“. Ze sulcus bulbopontinus pak odstupují kmeny n. VIII (n. vestibulocochlearis), n. VII (n. facialis) a n. VI (n. abducens). Ventrálně a ventrolaterálně dominují na příčných řezech prodlouženou míchou svazky pyramidových drah a olivy, které jsou podmíněny uložením jader dolních oliv (nuclei olivares inferiores) a které jsou propojeny zejména

---

2 Rozlišovací schopnost 1,5T MR umožňuje jen orientační zobrazení struktur mozkového kmene. Přesto autoři považují za vhodné zmínit základní struktury, byť je většina z nich v rutinní praxi prakticky nerozlišitelná.



s mozečkem. Dorzální strana prodloužené míchy utváří dno IV. komory a obsahuje v sobě jádra n. XII, n. XI, n. X, n. IX a n. VIII.

## **VAROLŮV MOST (PONTS VAROLI)**

Na přední straně je tvořen objemnými vlákny vytvářejícími brachia pontis (pedunculi cerebellares medii). V jejich středu je mělká rýha, která je podmíněna průběhem bazilární tepny (sulcus basilaris). Anterolaterálně odstupují z pontu pravý a levý kmen n. V (n. trigeminus). Dorzální strana kmene je kryta mozečkem a tvoří kraniální část dna IV. komory. V pontu jsou uložena jádra n. VII, n. VI a n. V. V rostrální části kmene je ventrálně od Sylviova kanálu přecházejícího do IV. komory uložena párová skupina pigmentových neuronů, locus coeruleus. Ve ventrální části pontu jsou pak skupiny jader (nuclei pontis), do kterých vede část descendentních svazků korových vláken (tractus corticopontinus), které se zde přepojují do mozečku (tractus pontocerebellaris tvořící brachia pontis). Zbylá descendentní korová vlákna prorážejí mezi nuclei pontis a pokračují kaudálně jako pyramidové dráhy (tractus corticospinalis).

## **STŘEDNÍ MOZEK (MESENCEPHALON)**

Mesencephalon přechází kaudálně do pontu, kraniálně do koncového mozku. Na ventrální straně dominují mohutné svazky vláken – crura mesencephali, podél jejichž laterálních okrajů probíhají kmeny n. IV (n. trochlearis). Mezi crura mesencephali (z fossa interpeduncularis) pak vystupují pravý a levý n. III (n. oculomotorius). Na dorzální straně mesencephalon je čtverohrbolý (corpora quadrigemina), tvořené dolními a horními hrbolky (colliculi inferiores et superiores). Na axiálních řezech lze mesencephalon rozdělit na tectum (strop), které je dorzálně od Sylviova kanálu, a na tegmentum (kryt), které je od Sylviova kanálu ventrálně a dorzálně od crura mesencephali. Součástí tecta jsou colliculi inferiores zapojené ve sluchové dráze a nad nimi jsou colliculi superiores zapojené ve zrakové dráze. V tegmentu jsou na řezu v kaudální části svazky drah, které jsou pokračováním brachia conjunctiva (pedunculi cerebellares superiores), někdy označované jako párové „nucleus“ albicans, které vedou do kraniálněji uloženého nucleus ruber. Dominující strukturou je tmavě pigmentovaná substantia nigra, která je uložena na rozhraní tegmenta a crura mesencephali. Párová crura mesencephali jsou pokračováním capsula interna. Ve střední části jsou tvořena vlákna kortikospinální a kortikonukleární dráhy, laterálně pak probíhají vlákna parietotemporopontinní a mediálně frontopontinní dráhy (souhrnně označovány jako kortikopontinní dráhy) vedoucí do nuclei pontis.

## MEZIMOZEK (DIENCEPHALON)

Mezi mezencefalem a telencefalem se nachází oblast označovaná jako diencefalon. Diencefalon je na každé straně tvořen hypothalamem, subthalamem, thalamem, metathalamem a epithalamem. Sulcus hypothalamicus na povrchu III. komory odděluje hypothalamus a thalamus.

### HYPOTHALAMUS

Hypothalamus je komplexní uskupení jader uložených dorzálně a částečně i rostrálně od thalamu, kaudálně navazujících na mesencephalon a utvářející dno a dolní část boční stěny III. komory mozkové. Součástí hypothalamu jsou také struktury patrné na vnějším povrchu mozku - corpora mammillaria ležící mezi crura mesencephali a tuber cinereum uložený mezi chiasma opticum (zkřížení optického traktu) a corpora mammillaria. Na tuber cinereum navazuje infundibulum, na jehož konci je hypofýza (podvěsek mozkový). Hypothalamus lze rozdělit na přední část na úrovni chiasma opticum, střední část na úrovni tuber cinereum a zadní část na úrovni corpora mammillaria. Na koronárních řezech pak lze hypothalamus rozdělit na mediální část tvořící stěnu III. komory mozkové a část laterální při capsula interna. V mediálním hypothalamu jsou mimo jiné uloženy skupiny neuronů (nucleus suprachiasmaticus et paraventricularis), jejichž axony vedou do neurohypofýzy (která je výchlípkou diencefala, stejně jako optický trakt - tractus opticus či nervus cranialis) a sekretují hormony oxytocin a vazopresin. Další jádra mediálního hypothalamu sekretují faktory ovlivňující sekreci adenohypofýzy (liberiny a statiny). Nucleus suprachiasmaticus je také velmi důležitým jádrem zapojeným v regulaci cirkadiálních rytmů. Hypothalamus funguje jako komplexní řídicí centrum autonomního nervového systému. Corpora mammillaria jsou přes fornix a tractus mamillothalamicus zapojena v limbickém systému.

### THALAMUS

Thalamus je podobně jako hypothalamus morfologicky a funkčně značně komplikovaná struktura, a proto se pouze seznámíme s jeho základním makroskopickým popisem.

Zjednodušeně se jedná o dvě vejčité struktury dorzálně ohraničené telencefalem, ventrálně subthalamickou oblastí a hypothalamem, rostrálně zasahujícími do úrovně foramina Monroi a kaudálně k zadní komiseře. Laterálně od thalamu probíhá capsula interna, mediálně je mezi pravým a levým thalamem III. komora mozková a ve své přední polovině jsou thalamy propojeny přes adhesio interthalamica (která může až u třetiny populace chybět). Dorzolaterálně k thalamu přiléhá nucl. caudatus (jeho corpus a cauda), který je od thalamu oddělen pruhem bílé hmoty - stria terminalis. Prolínající zadní část thalamu (pulvinar) je tvořena zadními jádry thalamu. Thalamus je tvořen skupinami jader, jejichž nomenklatura, detailnější

dělení a zapojení v rámci CNS je stále předmětem diskuzí. Zjednodušeně lze říci, že určité skupiny jader thalamu jsou různě funkčně specifické a tomu odpovídá jejich propojení s ostatními strukturami CNS.

Epithalamus obsahuje habenulární jádra (nuclei habenulares) a epifýzu (corpus pineale). Do metathalamu patří corpus geniculatum laterale et mediale zapojených ve zrakové (corpus geniculatum laterale) a sluchové dráze (corpus geniculatum mediale).

Subthalamus je oblast mezi hypothalamem a thalamem a tvoří jej tzv. zona incerta a nucleus subthalamicus (corpus Luysi), které funkčně patří spíše k bazálním gangliím než k thalamu.

## TELENCEPHALON

### BAZÁLNÍ GANGLIA

Pojem bazální ganglia zahrnuje objemné podkorové shluky šedé hmoty (tzv. jádra) – caudatum (nucleus caudatus), putamen a pallidum (globus pallidus).

Průběh vláken capsula interna a drobné proužky šedé hmoty (ponticuli striatici) spojující caudatum a putamen podmiňují žíhaný vzhled těchto dvou jader – odtud název striatum (označované také jako neostriatum nebo striatum dorsale). Striatum ventrale je pak tvořeno ventrálními částmi nucl. caudatus, putamen a nucl. accumbens.

Pallidum je rozděleno na pallidum externum, pallidum interum (dohromady označované jako pallidum dorsale) a pallidum ventrale. Pallidum ventrale se nachází pod přední komisurou (commissura anterior) a rostrálně pokračuje k ventrálnímu striatu.

Putamen a pallidum externum et internum připomínají na řezech hemisférami čočku, a proto bývají tyto struktury souhrnně označovány jako nucleus lentiformis.

Je také možné se setkat s pojmem corpus striatum, který zahrnuje caudatum a nucl. lentiformis.

K těmto základním strukturám je na základě funkčních a neurochemických vlastností řazeno subthalamické jádro a substantia nigra. Funkčně jsou s bazálními ganglii spjaty také přední ventrální, laterální ventrální, mediodorzální a intralaminární jádra thalamu a amygdala.

Úzký funkční vztah k bazálním gangliím mají také skupiny cholinergních a dopaminergních neuronů. Jedná se zejména o cholinergní nucleus basalis Meynerti, které se nachází v oblasti bazálního telencefalu, ventrálně od přední komisy, a dopaminergní pars compacta substantiae nigrae a area ventralis tegmenti Tsai v mezencefalu.

## NUCLEUS CAUDATUS

Nucleus caudatus má tvar písmena „C“ a je tvořeno hlavou, tělem a ocasem – caput, corpus et cauda nuclei caudati. Hlava je uložena nejrostrálněji, před thalamem, a dorzokaudálním směrem přechází nad thalamus do těla. Tělo se dále zužuje a přechází v ocas, který se za thalamem stáčí ventrálně a potom rostrálně a vytváří oblouk, jehož konec zasahuje přibližně do úrovně corpus geniculatum laterale a zde se spojuje s putamen. Hlava a tělo se mediálně vyklenují do postranní komory, laterálně hraničí s capsula interna a bílou hmotou hemisféry, ventromediální okraj těla pak leží na thalamu. Ocas je ve svém průběhu ohraničen zprvu thalamem na ventromediálním okraji a okolní bílou hmotou hemisféry dorzálně a laterálně. Následně pokračuje do temporálního laloku a ventrálně je ohraničena temporálním rohem postranní komory.

## NUCLEUS LENTIFORMIS

Nucleus lentiformis je uloženo mezi vlákna capsula interna a capsula externa. Od nucl. caudatum je odděleno průběhem vláken předního ramena capsula interna, od thalamu průběhem ramena zadního. Capsula externa je úzký pruh bílé hmoty mezi putamen a claustrum (mezi klaustrem a kůrou inzuly je pak tenký pruh bílé hmoty označovaný jako capsula extrema). Laterální část nucl. lentiformis tvoří putamen, mediální část pak globus pallidus.

**Putamen** je ventrálně rostrálně propojeno s nucl. accumbens, kaudálně jej přičně podbíhá commissura anterior. Spolu s nucl. caudatus vytváří striatum, s pallidem pak nucl. lentiformis.

Název **globus pallidus (pallidum)** se odvíjí od světlejší barvy oproti ostatním bazálním gangliím podmíněně větším množstvím myelinizovaných vláken. Je tvořeno dvěma částmi označovanými jako pallidum externum a pallidum internum. Mezi nimi vede tenká lamina medullaris medialis, lamina medialis lateralis pak odděluje pallidum externum od putamen. Dorsomediálně probíhá nad pallidem capsula interna, ventrálně pallidum přechází do oblasti tzv. bazálního telencephala (do oblasti označované jako substantia innominata).

## CLAUSTRUM

Claustrum je tenký proužek šedé hmoty mezi kůrou inzuly a nucl. lentiformis. Jeho zapojení v rámci bazálních ganglií je nejasné, stejně tak i jeho funkce.

Bazální ganglia jsou rozsáhle propojena s různými oblastmi CNS, a tak lze také jádra bazálních ganglií dělit na vstupní (caudatum, putamen, nucl. accumbens), výstupní (mediální pallidum, ventrální pallidum a retikulární část substantia nigra) a intrinsická (laterální pallidum, subthalamické jádro a kompaktní část substantia nigra). Do vstupních jader vedou aferentní vlákna z korových oblastí všech laloků, z thalamu a subthalamu, substantia nigra a kmenových struktur. Z výstupních

jader pak vedou eferenty zejména do thalamu, přes který jsou propojena s frontálním kortexem. Další spoje vedou do subthalamického jádra a kmenových struktur.

Systém zapojení bazálních ganglií v rámci CNS je popisován pomocí tzv. okruhů. Základní čtyři okruhy jsou:

1. **senzomotorický okruh:** kůra (BA 6, 4, 3, 1, 2) – striatum – pallidum – thalamus – kůra (BA 6),
2. **okulomotorický okruh:** kůra (BA 8) – caudatum – pallidum mediale – thalamus – kůra (BA 8),
3. **asociační (kognitivní) okruh:** prefrontální kůra (BA 9, 10) – caudatum – pallidum mediale – thalamus – prefrontální kůra (BA 9, 10),
4. **limbický okruh:** přední cingulární (BA 24) a orbitofrontální (BA 10, 11) kortex – ventrální striatum – ventrální pallidum, pallidum mediale – thalamus – přední cingulární a orbitofrontální kortex.

Tyto základní okruhy mají další vstupy a výstupy podle toho, v jakém funkčním kontextu jsou zařazeny (např. vstupy z amygdaly a hipokampu do limbického okruhu).

## LIMBICKÉ STRUKTURY

Mezi hlavní limbické struktury se řadí hipokampální formace, gyrus parahippocampalis, g. cinguli a amygdala [a další archikortikální struktury, které jsou však u lidí značně redukovány – indusium griseum a area subcallosa (BA 25)].

### HIPOKAMPÁLNÍ FORMACE A PARAHIPOKAMPÁLNÍ ZÁVIT

Hipokampální formace je uložena na mediální straně temporálního laloku a zčásti se vyklenuje do temporálního rohu postranní komory. Hipokampální formaci tvoří 1. **gyrus dentatus** (fascia dentata), 2. **cornu Ammonis** rozdělené na sektory CA1, CA2, CA3 a CA4<sup>3</sup> a 3. **subiculum**, které je uloženo na parahipokampálním závitě. Vlastní hipokampus tvoří pouze cornu Ammonis (hippocampus proper). Přesto se v praxi užívá označení hipokampus, které zahrnuje všechny výše uvedené struktury. Část hipokampu, která ční do temporálního rohu postranní komory, se označuje jako alveus a odpovídá přibližně sektoru CA2 a části sektoru CA1. Sektor CA3 pak „vstupuje“ do gyrus dentatus, kde přechází do sektoru CA4. Subiculum je na mediální straně parahipokampálního závitě a laterálním směrem přechází rostrálně do entorinálního kortexu (BA 28) a kaudálně do kůry v kolaterální rýze (sulcus collateralis), která odděluje parahipokampální závit od gyrus fusiformis (gyrus occipitotemporalis). Podrobnější popis cytoarchitektoniky a dalších oblastí

---

3 Terminologie týkající se cornu Ammonis je bohatá. Sektor CA1 je označován jako Sommerův, CA3 jako Spielmeyerův a CA4 jako Bratzův. Bylo také navrženo dělení na sektory H1–H5, popř. H1–H3, tato dělení se však v širší praxi neprosadila. Podle citlivosti k hypoxii je sektor CA1 označován jako vulnerabilní (je nejcitlivější) a sektor CA3 jako rezistentní (je nejdolnější).

mediálního temporálního laloku je zcela mimo rozsah této kapitoly. Rostrálně, směrem do hrotu temporálního rohu postranní komory je hipokampální formace tvořena širším valem (pes hippocampi), na kterém jsou patrné vyvýšeniny (digitations hippocampi). Na povrchu alveu se sbíhají vlákna bílé hmoty, která vytvářejí tzv. fimbria hippocampi. Tato vlákna oboustranně ubíhají kaudálně a stáčejí se dorzomediálně, takže se obě fimbrie přiblíží, část jejich vláken se zkrříží (tzv. comisura hippocampi) a následně se pravá a levá fimbrie spojí a vytvoří fornix. Fornix pak pokračuje pod corpus callosum až do oblasti bazálního telencefala. Fornixem probíhá základní hipokampální okruh, který vede z hipokampu do předních jader thalamu a částečně do corpora mammillaria. Struktury hipokampu a mediálního temporálního laloku se podílejí na zpracování deklarativní paměti a na prostorové paměti a orientaci.

## GYRUS CINGULI

Cingulární závit (cingulum, pás) je uložen na mediálních stranách hemisfér a shora naléhá na corpus callosum. Přestože je g. cinguli makroskopicky homogenní a poměrně dobře definovatelný, jedná se o cytoarchitektonicky a funkčně heterogenní strukturu. Tradičně se g. cinguli dělí na přední část (BA 25, 24, 32), zadní část (BA 23, 31) a retrosplenální část (BA 29, 30). Na základě nových poznatků se z cytoarchitektonického a funkčního hlediska rozlišují na g. cinguli tři funkční oblasti: **1. perigenuální přední cingulární kortex** (před genu corporis callosi, BA 25, 33, 32, 24, 12), **2. střední cingulární kortex** (přibližně přední třetina g. cinguli zahrnující BA 33, 24, 32) a **3. zadní cingulární kortex** (zadní část cingulárního závitu, BA 23, 31). Velmi zjednodušeně lze těmto jednotlivým oblastem přiřadit úlohy ve zpracování emočních a visceromotorických (perigenuální přední cingulární kortex), somatomotorických (střední cingulární kortex), prostorově-zrakových (zadní cingulární kortex) a paměťových funkcí (retrosplenální část zadního cingulárního kortexu).

## AMYGDALA

Amygdala (nucleus amygdalae) je uložena v pólu temporálního laloku (anteromediálně) a je v těsném kontaktu s temporální kůrou (rostrálně) a s hipokampální formací (kaudálně). Dorzálně jsou nad amygdalou struktury bazálního telencefala a nucl. lentiformis. Nejedná se pouze o jedno jádro, ale o skupinu pěti hlavních (pod)jader: (sub)nucleus corticalis, medialis, centralis, basalis et lateralis. Amygdala je jedna z centrálních struktur limbického systému a je rozsáhle, většinou obousměrně, propojena s neokortikálními oblastmi, thalamem, hypothalamem, bazálním telencefalem a kmenovými jádry a hipokampem. Amygdala je zapojena v modulaci neuroendokrinních a autonomních funkcí a v procesech chování, paměti a učení.

## TOPOLOGIE POVRCHU HEMISFÉR

Mezi mozkovými hemisférami je *fissura longitudinalis cerebri* (*interhemisphaerica*), ve které probíhá *falx cerebri* – duplikatura tvrdé pleny mozkové, ve které se nachází horní a dolní sagitální sinus. Na spodině *interhemisferické* rýhy je pak viditelný dorzální povrch *corpus callosum* a na něm probíhající větve *arteria cerebri anterior*. Na povrchu mozku je mozková kůra, která vytváří závitě (*gyri*) a rýhy (*sulci*). Každá hemisféra je rozdělena na pět laloků – frontální, parietální, okcipitální, temporální a insulu. Jako o šestém „laloku“ se někdy hovoří o limbických strukturách (tzv. limbický lalok).

Mezi frontálním a parietálním lalokem je centrální rýha (*sulcus centralis Rolandi*). Mezi frontálním lalokem, částí parietálního laloku a temporálním lalokem je boční rýha (*fissura lateralis Sylvii*). V hlubce Sylviovy rýhy je kůra *insuly*, která je viditelná po odkrytí frontálních, temporálních a parietálních operkul (víček). Přechod mezi parietálním a okcipitálním lalokem není na konvexitě a laterální straně hemisféry dobře patrný, zato na mediální straně hemisfér je výrazný *sulcus parietooccipitalis*, který tvoří hranici mezi těmito dvěma laloky.

Základní konfigurace povrchu mozku (*gyrifikace*) je víceméně stálá, přesto lze mezi jednotlivci i mezi pravou a levou hemisférou jednoho mozku nalézt různé odchylky v konfiguraci závitů (a tudíž i rýh). Dále budou popsány pouze základní závitě a rýhy.

Frontální lalok je na konvexitě a laterální straně hemisféry tvořen precentrálním gyrem, horním, středním a dolním frontálním gyrem, na spodině frontálního laloku je nejmediálněji *gyrus rectus* a laterálně od něj orbitální gyry. Laterálně od *gyrus rectus* jsou v *sulcus olfactorius* uloženy *bulbi et tracti olfactorii* (n. olfactorius, n. I), které vedou do struktur čichového mozku. Mediální straně frontálního laloku dominuje přední část *gyrus cinguli*. Na pólech frontálních laloků je *gyrifikace* již komplexnější, tato oblast se souhrnně označuje jako *prefrontální kortex*.

Parietální lalok tvoří na konvexitě a laterální straně *postcentrální gyry* a *lobulus parietalis superior et inferior* (který je ještě dále členěn na *gyrus angularis et supramarginalis*). Na mediální straně je parietální lalok tvořen pokračováním *postcentrálního gyru* – *lobulus paracentralis posterior et precuneus*, který je od okcipitálního laloku oddělen *parietookcipitální rýhou*.

Okcipitální lalok je na laterální straně tvořen horním a dolním okcipitálním závitěm, mezi kterými probíhá *sulcus occipitalis lateralis*. Na mediální straně je nápadná, většinou *rostrokaudálně* ubíhající rýha (*fissura calcarina*) rozdělující mediální plochu okcipitálního laloku na *cuneus* (nad *fissura calcarina*) a *gyrus lingualis* (pod *fissura calcarina*).

Temporální lalok je na laterální straně tvořen horním, středním a dolním temporálním závitěm, které jsou od sebe odděleny horní a střední temporální rýhou. Povrch horního temporálního závitu je skryt v Sylviově rýze a je rozbrázděn šikmým průběhem *Heschlových závitů* (*gyri temporales transversi*, BA 41 a 42). Na spodní straně je *gyrus fusiformis* (*gyrus occipitotemporalis*), který je od laterálněji uloženého dolního temporálního gyru oddělen dolní temporální rýhou. *Sulcus collateralis* odděluje *gyrus fusiformis* od *parahipokampálního závitu*. Mediální

část temporálního laloku je tvořena hipokampální formací a přilehlými korovými oblastmi, které jsou popsány v příslušné kapitole.

Z vývojového hlediska se mozková kůra rozlišuje na nejstarší paleokortex (tvořen hlavně oblastmi čichového mozku), archikortex (např. gyrus dentatus a hipokampus) a neokortex tvořící u člověka přes 95 % povrchu mozkové kůry.

## KOROVÉ MAPY

Přestože je základní stavba neokortexu víceméně stejná, existují zde určité lokální rozdíly. Proto byly vypracovány tzv. korové mapy respektující dané rozdíly jednotlivých oblastí, zejména cytoarchitektonické, angioarchitektonické a neuromediátorové. Z těchto korových map je nejznámější Brodmannova cytoarchitektonická mapa (1907), která rozděluje kůru na 52 oblastí (Brodmannovy arey - BA). Nové studie využívající metod funkční MR však ukazují, že se při různých specifických činnostech aktivuje řada různých korových oblastí, koncept korových map se proto opouští a je nahrazován konceptem funkčních neuronálních sítí.

## BÍLÉ HMOTY HEMISFÉR

Bílé hmoty hemisfér se souhrnně označují jako centrum medullare (v jedné hemisféře se označuje jako centrum semiovale). Svazky vláken probíhající v centrum semiovale se tradičně dělí na asociační, projekční a komisurální.

**Asociační svazky** propojují korové oblasti jedné hemisféry. Mezi asociační svazky patří fasciculus longitudinalis superior propojující frontální, parietální, okcipitální i temporální lalok, fasciculus longitudinalis inferior propojující temporální a okcipitální lalok, fasciculus occipitofrontalis superior et inferior, fasciculus uncinatus (mezi orbitofrontální a entorhinální kůrou) a cingulum, které probíhá v g. cinguli a propojuje limbické struktury.

**Projekční svazky** propojují korové oblasti s podkorovými jádry, mozečkem, mozkovým kmenem a šedou hmotou míšni. Lze je dělit na kortikofugální (tzn. jdoucí z kůry, eferentní) a kortikopetální (jdoucí do kůry, aferentní). Nejvýraznějším projekčním svazkem je capsula interna. Ta je tvořena eferentními i aferentními vlákny, probíhá skrz bazální ganglia a jako crura mesencephali se příkládá na ventrální plochu mezencefala. V axiální rovině hemisfér má capsula interna tvar písmene „V“. Mezi kaudatem a nucl. lentiformis je její přední rameno (crus anterior), ve kterém probíhá frontopontinní dráha (tractus frontopontinus), která je součástí kortikocerebelární dráhy. V ohybu (genu) probíhá dráha spojující kůru a jádra hlavových nervů (tractus corticonuclearis) a v zadním raménku (crus posterior) mezi thalamem a nucl. lentiformis probíhá dráha kortikospinální (tzv. pyramidová, tractus corticospinalis) a vlákna optické a sluchové dráhy. Aferentní část tvoří vlákna drah vedoucích z míchy, mozkového kmene a mozečku přepojované ve specifických jádrech thalamu do příslušných korových oblastí.

**Komisurální vlákna** propojují stejné či podobné korové oblasti mezi pravou a levou hemisférou. Z těchto svazků dominuje corpus callosum, objemný svazek



vláken propojující levostranné a pravostranné frontální, parietální a okcipitální laloky. Další výraznější svazek je commissura anterior, která se nachází v přední stěně III. komory a propojuje čichovou kůru a částí kůry temporální.

## CÉVNÍ ZÁSOBNÍ MOZKU

Tepenná krev přitéká do mozku cestou vnitřních krkavic (arteriae carotides internae) a vertebrálních tepen (arteriae vertebrales). Vertebrální tepny se na úrovni prodloužené míchy spojují a dávají vzniknout bazilární tepně (arteria basilaris). Tyto dva přírodní systémy se na spodině mozku spojují a vytvářejí tzv. Willisův okruh. Z něj na každou stranu odstupují přední a střední mozkové tepny (arteriae cerebri anteriores et medii), které jsou větvemi vnitřních karotid, a zadní mozkové tepny (arteriae cerebri posteriores), které vznikají bifurkací bazilární tepny. Z vertebrobazilárního systému odstupují tepny zásobující mozeček (arteriae cereberrales posteriores inferiores, arteriae cerebellares anteriores inferiores a arteriae cerebellares superiores) a krátké větve zásobující mozkový kmen. Přední mozková tepna zásobuje mediální plochu hemisfér (kromě okcipitálního laloku a většiny mediálního temporálního laloku), konvexity hemisfér zásobuje jen okrajově. Z přední mozkové tepny dále odstupují větve (tzv. perforující), které zásobují přední část bazálních ganglií a hypothalamus. Střední mozková tepna zásobuje téměř celou oblast konvexit hemisfér vyjma jejich mediálních okrajů zásobenými přední mozkovou tepnou. Perforující větve odstupující ze střední mozkové tepny pak zásobují bazální ganglia a oblast zadního raménka capsula interna. Větve zadní mozkové tepny zásobují mediální povrch okcipitálního laloku a spodinu a část mediálního povrchu temporálního laloku. Další větve pak částečně zásobují mesencephalon a diencephalon.

Žilní odtok zajišťují dva systémy: povrchový a hluboký. Krev z konvexit hemisfér je povrchovými žilami (venae cerebri superiores) vedena do horního šípového splavu (sinus sagitalis superior) v horním okraji falx cerebri a dále pak cestou transversálních a sigmoidálních sinů do hlubokých krčních žil. Krev z laterálních ploch hemisfér je vedena cestou vena cerebri media superficialis, která ústí do sinus cavernosus a přes spojku (anastomózu) nazývanou vena anastomotica superior (Trolardi) je propojena přes vv. cerebri superiores do sinus sagitalis superior a přes další spojku, vena anastomotica posterior (Labbei), je propojena se sinus transversus. Venae cerebri inferiores pak vedou krev z bazální plochy hemisfér do sinus transversus. Hluboké struktury jsou drénovány zejména cestou Galenovy žíly (vena magna cerebri) vlévající se do sinus rectus, který navazuje na sinus sagitalis superior (v místě zvaném confluens sinuum).

## OBALY MOZKU A KOMOROVÝ SYSTÉM

Obaly mozku tvoří tři vrstvy: 1. **tvrdá plena mozková** (dura mater, pachymeninx), 2. **pavučnice** (arachnoidea) a 3. **měkká plena mozková** (pia mater). Duplikatury dura mater vytvářejí septa – falx cerebri ve fissura longitudinalis cerebri

a tentorium cerebri oddělující spodní plochu mozkových hemisfér od hemisfér mozečku. Další, méně výrazné septum je mezi hemisférami mozečku (falx cerebelli). Součástí dura mater jsou i žilní sinusy – duté prostory, do kterých odtéká žilní krev z mozku a vede dále do velkých krčních žil a do srdce. Arachnoidea a pia mater jsou souhrnně označovány jako leptomeningy. Prostor mezi pia mater a arachnoideou se označuje jako prostor subarachnoidální. Ten je vyplněn mozkomíšním mokem a probíhají v něm větve mozkových tepen a tepen povrchových. Přes otvory ve IV. komoře mozkové navazuje na komorový systém. Leptomeningy také doprovázejí průběhy mozkových tepen do hloubky hemisfér a vytvářejí perivaskulární (Virchowovy–Robinovy) prostory.

Komorový systém je tvořen v hemisférách uloženými postranními komorami, které jsou přes interventrikulární otvory (foramina interventriculares Monroi) propojeny se III. komorou, ze které vede aqueductus mesencephali (Sylvii) do IV. komory mozkové, na kterou kaudálně navazuje centrální kanál míšň. V laterálních cípech a ve vrcholu IV. komory jsou otvory (aperturae laterales Luschkae et apertura mediana Magendi ventriculi quarti), které komunikují se subarachnoidálním prostorem. Mozkomíšňí mok vzniká filtrací krevní plazmy v bohatě prokrvených choroidálních pleteních (plexech), které se nacházejí v postranních komorách a ve III. a IV. komoře. Výše uvedenými otvory ve IV. komoře pak protéká do subarachnoidálního prostoru a zpět do krve se vstřebává přes tzv. arachnoidální granule (Pacchioniho granula), což jsou drobné výčlipky arachnoidey do průsvitu sinus sagitalis superior. Protože arachnoidea nenaléhá přímo na mozek, a tudíž přesně nekopíruje jeho povrch, jsou mezi nejvýraznějšími nerovnostmi objemnější subarachnoidální prostory označovány jako cisterny. Mezi největší subarachnoidální cisterny patří cisterna magna (c. cerebellomedullaris) mezi prodlouženou míchou a mozečkem, do které ústí apertura mediana ventriculi IV., pontinní cisterna okolo pons Varoli, cisterna interpeduncularis mezi crura mesencephali a z ní laterálně po obou stranách mesencefala pokračující cisterna ambiens, která v oblasti corpora quadrigemina přechází v cisterna quadrigeminalis (označované také jako c. venae magnae cerebri nebo také c. superior). Další skupina cisteren se nachází na bázi frontálního laloku a na spodině diencefalických struktur.

## LITERATURA

- Čihák, R. (2004). *Anatomie 3*. Praha: Grada.
- Koukolík, F. (2012). *Lidský mozek*. Praha: Galén.
- Mai, J. K. & Paxinos, G. (Eds.). (2011). *The human nervous system*. London: Academic Press.
- Nieuwenhuys, R., Voogt, J. & van Huijzen, C. (2007). *The human central nervous system: A synopsis and atlas*. Heidelberg: Springer.
- Petrovický, P. (2002). *Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi. III. svazek*. Martin: Osveta.

**/2/**

# Zobrazovací metody v neurologii a neurochirurgii

Hana Malíková, Jiří Weichet

Zobrazovací metody jsou v současné době rozsáhlým oborem, který kromě vyšetření založených na aplikaci ionizujícího, rentgenového záření pracuje i s metodami, které jsou zcela bez radiační zátěže, jako je ultrazvuk a magnetická rezonance. Podkladem pro vlastní obor radiologie byl objev záření X Wilhelmem Konradem Roentgenem (1845–1923) dne 8. 11. 1895. Roentgen za svůj objev v roce 1901 získal Nobelovu cenu za fyziku. V prvních letech po tomto převratném objevu nebylo vůbec jasné, jaké bude mít praktické využití. V USA vznikaly pojezdové X-ray laboratoře, které nabízely snímky kostry jako pouťovou atrakci. Brzy však našlo rentgenové záření široké uplatnění v medicíně.

## **RENTGENOVÉ ZÁŘENÍ**

Rentgenové záření je elektromagnetické záření vlnových délek  $10^{-8}$ – $10^{-12}$ , které vzniká při interakci rychle letících elektronů s atomy kovů, kdy se jejich energie přemění na elektromagnetické záření. Mezi zobrazovací metody, které pracují s rentgenovým zářením, patří skiografie, skiaskopie, výpočetní tomografie (CT) a digitální subtrakční angiografie (DSA).

Zdrojem rentgenového záření jsou vakuované elektronky – rentgenky. Ze žhavené katody, rentgenky jsou emitovány elektrony, které jsou urychlovány vysokým elektrickým napětím mezi katodou a anodou a dopadají na anodu. Proud protékající katodou určuje množství emitovaných elektronů a tím i množství produkovaného rentgenového záření. Na anodě elektrony pronikají vrstvami obalů atomů anody, interagují s nimi a ztrácejí tím svoji kinetickou energii, která se z velké většiny přemění na teplo – pouze asi 1 % jejich energie se přemění na rentgenové záření. Toto záření je dvojího druhu: brzdné a charakteristické. Brzdné záření má spojité spektrum, zatímco charakteristické záření má spektrum čárové (monoenergetické), jehož vlnová délka je dána složením anody. Energie brzdného záření je přímo úměrná napětí mezi katodou a anodou a nastavením tohoto napětí tak určujeme tvrdost, penetraci rentgenového záření.

Rentgenové záření má biologické účinky. Absorpce energie ionizujícího záření má kvantový charakter, energie záření je předávána elektronům v obalech atomů a molekul ozařované hmoty či tkáně, kde dochází k excitacím a ionizacím atomů. Radiolýzou vody zde vznikají vysoce reaktivní produkty jako např. hydroxylový radikál  $\text{OH}^\cdot$ , vodíkový radikál  $\text{H}^\cdot$ , peroxid vodíku  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Každá biologická tkáň je jinak senzitivní k ionizujícímu záření, nejsenzitivnější jsou tkáně s velkou proliferací aktivitou, tj. kostní dřev, výstelka střev a kůže. Poškození tkáně závisí na dávce a na radiosenzitivitě tkáně. Biologické účinky rentgenového záření lze dělit na deterministické, které závisí na dávce a objeví se, až pokud dojde k dosažení určité prahové dávky, a stochastické (pozdní účinky), které se mohou a nemusí objevit. Pravděpodobnost výskytu stochastických účinků se s dávkou zvyšuje, ale neexistuje žádný práh, tedy žádná bezpečná dávka, kdy bychom tyto účinky mohli vyloučit. Z tohoto důvodu je třeba každé ozáření dobře zvážit a použít co nejnižší dávku záření pro kvalitní zobrazení (princip ALARA). Radiační dávka se udává v milisievertch (mSv). Pro představu, prostý snímek hrudníku se pohybuje okolo 0,02–0,05 mSv, snímek páteře 1–2 mSv. Z přírodních zdrojů je přitom člověk v České republice ozářen dávkou zhruba 3 mSv/rok. Tabulka 2.1 přináší přehled rizika radiační zátěže na lidský plod během těhotenství.

Tab. 2.1. Rizika radiační zátěže na lidský plod během těhotenství

Týden gravidity	Možný typ poruchy	Přirozený výskyt	Zvýšení rizika – dávka 100 mSv	Zvýšení rizika – dávka 1 mSv
0–2	spontánní potrat	25–50 %	0,50 %	zanedbatelné (menší než 1 100 000)
4–10	růstová retardace	5 %	0,01 %	není
8–25	mentální retardace	5 %	0,01 %	není
3–13	karcinogeneze leukemie	0,05 %	0,02 %	zanedbatelné
13–40	karcinogeneze leukemie	0,05 %	0,02 %	zanedbatelné
8–40	redukce IQ	1 %	0,01 %	není

## PROSTÉ RENTGENOVÉ SNÍMKY

Ačkoli se s rozmachem tomografických digitálních metod, jako je CT a MR, dostaly prosté rentgenové snímky do pozadí zájmu, mají nadále svůj význam. Nejčastěji



Obr. 2.1. Boční rentgenový snímek bederní páteře – spodní vruty v oblasti S1 jsou zlomeny

prováděným RTG vyšetřením zůstává rentgenový snímek plic, který má velmi nízkou dávku záření. Tento snímek lze poměrně snadno zhotovit i pojízdňným rentgenovým přístrojem u lůžka pacienta. V neurologii a neurochirurgii jsou nejpoužívanější rentgenové vyšetření prosté snímky páteře, které se zásadně provádějí ve dvou na sebe kolmých projekcích (předozadní a boční). Tyto snímky jsou důležité v posuzování polohy kovových implantátů po neurochirurgických operacích (obr. 2.1). Dynamické snímky (boční projekce páteře v záklonu a předklonu) umožňují posuzování stability jednotlivých segmentů páteře. Prostý snímek lebky se s výjimkou zobrazení kovových cizích materiálů dnes již téměř neprovádí, je nahrazen CT a MR vyšetřením.

## VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE

CT je sofistikovanou tomografickou metodou pracující s ionizujícím rentgenovým zářením. Záření je po výstupu z rentgenky vycloněno do vrstvy určené šíře a po průchodu pacientem je zachyceno detektory, které jsou uloženy naproti rentgence. Rentgenka a detektory jsou umístěny proti sobě v prstenci (gantry CT přístroje) a celý tento systém rotuje okolo pacienta, který leží v otvoru uprostřed tohoto prstence. Ze získaných dat je digitálně rekonstruován obraz vrstvy těla, která leží v rovině průchodu záření. Helikální (spirální) CT zavedené v devadesátých letech 20. století umožnilo kontinuální snímání větších částí těla, kdy pacient pomalu projíždí skrz gantry CT přístroje a rentgenka s detektory zároveň rotují okolo něj po helikální dráze. Tímto způsobem lze rychle vyšetřit i výrazně větší část těla, např. celý hrudník či trup. Rychlost vyšetření a kvalita zobrazení, především prostorové rozlišení, se dále výrazně zvýšila zavedením víceřadých (multislice) CT přístrojů. Dnešní moderní přístroje mají desítky i stovky řad detektorů a umožňují tak snímání velkého počtu vrstev najednou během jediné otáčky rentgenky. S intravenózní aplikací jodové kontrastní látky umožňují moderní CT přístroje zobrazení cév (CT angiografie – CTA) i perfuzní studie orgánů, např. mozku. Ze získaných dat lze provádět rekonstrukce vrstev v jakékoli rovině se stejným rozlišením jako v základní transverzální rovině i trojrozměrné prostorové rekonstrukce, které využíváme pro přehlednou vizualizaci skeletu nebo cév.



Obrázek 2.2. Nativní CT mozku – zobrazen objemný intracerebrální hematom v bazálních gangliích pravé mozkové hemisféry s provalením do komor

Otcem výpočetní tomografie byl Godfrey Newbold Hounsfield (1919–2004), který za svůj objev získal spolu s Allanem McLeod Cormackem v roce 1979 Nobelovu cenu za fyziologii a lékařství. První CT přístroj byl uveden do praxe v roce 1971 a byl zhotoven k zobrazení pouze jednotlivých vrstev mozku, vyšetření celého mozku trvalo desítky minut. Dnešní moderní víceřadé CT přístroje provedou toto vyšetření během několika sekund a generují mnohonásobně vyšší počet obrázků v nesrovnatelně vyšší kvalitě.

CT se v oborech neurochirurgie a neurologie používá zejména v akutních indikacích, jako jsou traumatické stavy, cévní mozková příhoda, časná pooperační kontroly. CT výborně zobrazí krvácivé stavy (intracerebrální, subdurální a epidurální hematomy; obr. 2.2). Je metodou první volby v zobrazení kostních struktur a kalcifikací. CT lze použít i jako navigační metodu intervenčních výkonů. Výhodou CT je rychlost, snadná dostup-

nost a neexistence absolutní kontraindikace nativního vyšetření. Jodové kontrastní látky používané v radiologii mají však svá rizika, o kterých je třeba vědět. Nejzávažnější komplikací intravenózní či intraarteriální aplikace jodové kontrastní látky je možnost alergické reakce, která se může pohybovat od nevýznamných alergických projevů, jako je pruritus a kožní exantém, až po závažné stavy ústící v anafylaktický šok. Někteří pacienti rovněž po aplikaci jodových kontrastních látek pocítují nevolnost a může se dostavit i zvracení. Proto intravenózně aplikujeme kontrastní látku nalačno. Další nevýhodou aplikace jodových kontrastních látek je jejich nefrotoxicita, proto by před každou aplikací měly být známy hodnoty renálních funkcí. Prevencí nefrotoxicity je pak správná hydratace pacienta před vyšetřením i po něm. Určitou ostražitost před aplikací kontrastní látky vyžadují pacienti s diabetes mellitus léčení perorálními antidiabetiky biguanidové řady. Potenciálním nebezpečím je rovněž možnost thyreotoxické krize u pacientů s thyreotoxikózou.

## CÉVNÍ MOZKOVÉ PŘÍHODY

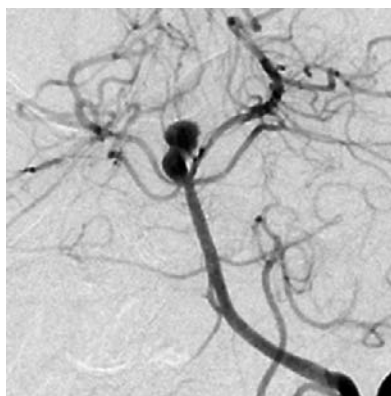
Cévní mozkové příhody (CMP) jsou závažným medicínským a sociálním problémem. Jejich základní dělení je na hemoragické a ischemické.

**Hemoragické CMP** se dále dělí na intracerebrální krvácení a subarachnoidální krvácení.

*Intracerebrální hematomy* vznikají často na podkladě arteriální hypertenze a typicky jsou lokalizovány v bazálních gangliích (viz obr. 2.2). Ke krvácení ale



Obr. 2.3. Subarachnoidální krvácení (nativní CT) – subarachnoidální prostory a bazální cisterny jsou vyplněny krví



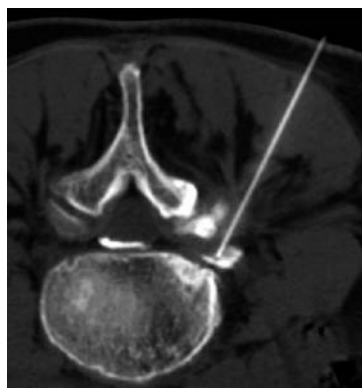
Obr. 2.4. Aneuryzma a. basilaris (DSA) – zdroj krvácení zobrazeného na obrázku 2.3

může dojít i následkem poruch koagulace (nejčastěji při warfarinizaci) či z jiné příčiny, jako je krvácení z cévních malformací nebo krvácení do mozkových tumorů. Detekujeme-li intracerebrální hematom v lokalizaci mimo bazální ganglia (tzv. atypické krvácení), pak musíme pátrat po možném morfologickém podkladu krvácení.

*Subarachnoidální krvácení (SAK)* vzniká nejčastěji na podkladě ruptury aneuryzmatu intracerebrálních tepen (obr. 2.3 a 2.4). Pro detekci mozkových aneuryzmat je velmi vhodná CT angiografie (CTA), kterou lze použít i v akutní fázi ihned po diagnostice čerstvého SAK. SAK jsou závažným klinickým stavem, který je často provázen mozkovým edémem, hydrocefalem, hemocefalem a cévními spazmy. Jde o život ohrožující stav.



Obr. 2.5. Subakutní ischemie v oblasti levých bazálních ganglií (CT 24 hodin od vzniku příhody)



Obr. 2.6. CT navigovaný obštrik kořene L4 vpravo zavedenou Chiba jehlou do foramina L4/5