

David Krahulík, Eva Brichtová a kolektiv

Dětská neurochirurgie



Autoři a nakladatelství děkují společnostem B. Braun Medical s.r.o., BoneCare s.r.o., CARDION s.r.o., IMEDEX s.r.o. a Medtronic Czechia s.r.o. za podporu, která umožnila vydání publikace.



David Krahulík, Eva Brichtová a kolektiv

Dětská neurochirurgie

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

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

**Doc. MUDr. David Krahulík, Ph.D., MBA, doc. MUDr. Eva Brichtová, Ph.D.
a kolektiv**

DĚTSKÁ NEUROCHIRURGIE

Editoři:

Doc. MUDr. David Krahulík, Ph.D., MBA, doc. MUDr. Eva Brichtová, Ph.D.

Spoluautoři:

MUDr. Michal Frelich, Ph.D., MUDr. Matěj Halaj, MUDr. Martin Hampl, Ph.D.,
prof. MUDr. Lumír Hrabálek, Ph.D., MUDr. Ivan Humhej, Ph.D., MUDr. Martin Chlachula, Ph.D.,
prof. MUDr. David Kachlík, Ph.D., MUDr. Lukáš Krška, MUDr. Zuzana Kušniríková,
doc. MUDr. Radim Lipina, Ph.D., MUDr. Hana Medřická, MBA, MUDr. Petr Michl, Ph.D.,
MUDr. Jan Šenkyřík, MUDr. David Štěpánek, Ph.D., MUDr. Eva Štěpánová,
MUDr. Petr Vacek, Ph.D., doc. MUDr. Miroslav Vaverka, CSc.

Recenzenti:

Prof. MUDr. Martin Sameš, CSc., prof. MUDr. Martin Smrčka, Ph.D., MBA

Vydání odborné knihy schválila Vědecká redakce nakladatelství Grada Publishing, a.s.

© Grada Publishing, a.s., 2021

Cover Photo © depositphotos.com 2021

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

jako svou 8005. publikaci

Odpovědná redaktorka Mgr. Helena Vorlová

Sazba a zlom Jan Šístek

Obrázky dodali autoři.

Obrázky 1.1 až 1.8, 1.31, 2.14, 2.15, 2.21, 2.23, 2.25, 2.34 až 2.37, 2.46, 2.62, 2.67, 2.69, 2.81,
2.100, 2.102, 2.103, 2.109, 2.110, 2.128, 2.129, 2.131 a 2.133 podle podkladů od autorů překreslil
Jakub David.

Počet stran 392

1. vydání, Praha 2021

Vytiskla tiskárna TNM PRINT s.r.o., Nové Město

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků, což není zvláštním způsobem vyznačeno.

Postupy a příklady v této knize, rovněž tak informace o lécích, jejich formách, dávkování a aplikaci jsou sestaveny s nejlepším vědomím autorů. Z jejich praktického uplatnění však pro autory ani pro nakladatelství nevyplývají žádné právní důsledky.

ISBN 978-80-271-4199-9 (ePub)

ISBN 978-80-271-4198-2 (pdf)

ISBN 978-80-271-2527-2 (print)

Kolektiv autorů

Editoři:

Doc. MUDr. David Krahulík, Ph.D., MBA – Neurochirurgická klinika FN Olomouc

Doc. MUDr. Eva Brichtová, Ph.D. – Neurochirurgická klinika FN u sv. Anny v Brně

Spoluautoři:

MUDr. Michal Frelich, Ph.D. – Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny
FN Ostrava

MUDr. Matěj Halaj – Neurochirurgická klinika FN Olomouc

MUDr. Martin Hampl, Ph.D. – Neurochirurgická klinika FN Olomouc

Prof. MUDr. Lumír Hrabálek, Ph.D. – Neurochirurgická klinika FN Olomouc

MUDr. Ivan Humhej, Ph.D. – Neurochirurgická klinika Masarykovy nemocnice Ústí
nad Labem

MUDr. Martin Chlachula, Ph.D. – Neurochirurgická klinika FN Ostrava

Prof. MUDr. David Kachlík, Ph.D. – Ústav anatomie, 2. lékařská fakulta Univerzity
Karlovy Praha

MUDr. Lukáš Krška – Neurochirurgická klinika FN Ostrava

MUDr. Zuzana Kušnířiková – Oddělení dětské neurologie FN Ostrava

Doc. MUDr. Radim Lipina, Ph.D. – Neurochirurgická klinika FN Ostrava

MUDr. Hana Medřická, MBA – Oddělení dětské neurologie FN Ostrava

MUDr. Petr Michl, Ph.D. – Klinika ústní, čelistní a obličejové chirurgie FN Olomouc

MUDr. Jan Šenkyřík – Klinika dětské radiologie FN Brno

MUDr. David Štěpánek, Ph.D. – Neurochirurgická klinika FN Plzeň

MUDr. Eva Štěpánová – Oddělení dětské neurologie FN Ostrava

MUDr. Petr Vacek, Ph.D. – Neurochirurgická klinika FN Plzeň

Doc. MUDr. Miroslav Vaverka, CSc. – Neurochirurgická klinika FN Olomouc

0 autorech

Doc. MUDr. David Krahulík, Ph.D., MBA

Narodil se v roce 1977 v Olomouci. Studium na Lékařské fakultě Univerzity Palackého ukončil v roce 2001 a ve stejném roce nastoupil na Neurochirurgickou kliniku Fakultní nemocnice v Olomouci, kde působí dosud. Atestoval z chirurgie v roce 2004 a z neurochirurgie v roce 2007. Ve své praxi se zaměřuje na cerebrovaskulární, dětskou a funkční stereotaktickou neurochirurgii.

Titul Ph.D. obhájil v roce 2010 na téma z oblasti cévní neurochirurgie a docentem pro obor neurochirurgie byl jmenován v roce 2014 za práci věnující se dětské neurochirurgii. Od roku 2012 byl zástupcem přednosti pro vědu a výuku na neurochirurgické klinice LF UP a FN v Olomouci a od roku 2020 je primářem Neurochirurgické kliniky. V roce 2017 ukončil studium MBA management ve zdravotnictví. Problematice dětské neurochirurgie se věnuje od roku 2004 a je průkopníkem využití nejmodernějších navigačních, endoskopických a peroperačních metod umožňujících co nejbezpečnější provedení operací u dětských pacientů. Absolvoval celou řadu zahraničních stáží, je spoluautorem knihy Stereotaktická neurochirurgie, autorem několika neurochirurgických knižních kapitol a autorem či spoluautorem více než 70 článků v českém i zahraničním písemnictví.

Je ženatý, má tři děti a jeho koníčkem je sport, především tenis.



Doc. MUDr. Eva Brichtová, Ph.D.

Narodila se v roce 1970 v Prostějově. Lékařskou fakultu Masarykovy univerzity v Brně absolvovala v roce 1994 a poté nastoupila na neurochirurgické oddělení Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně. V roce 2002 složila atestační zkoušku II. stupně v oboru neurochirurgie a začala pracovat na neurochirurgickém oddělení kliniky Dětské chirurgie, ortopedie a traumatologie Fakultní nemocnice Brno, kde se začala naplno věnovat dětské neurochirurgii. V roce 2007 úspěšně dokončila doktorské studium na LF MU v Brně s disertační prací na téma Kraniocerebrální poranění v dětském věku a v roce 2008 vydala stejnojmennou monografii. Ve FN Brno zavedla techniku remodelačních operací v léčbě kraniosynostóz. Tomuto tématu se věnuje její druhá monografie s názvem Onemocnění dětského neurokrania, se kterou v roce 2010 úspěšně obhájila habilitaci na LF MU v Brně.

Spolupracovala s Institutem teoretické a aplikované mechaniky AV ČR na výzkumu modelování kraniocerebrálních poranění, s VUT Brno na vytváření náhrad defektů kalvy u dětí a byla řešitelkou grantových projektů MZ ČR. V roce 2014 se vrátila na neurochirurgickou kliniku FN u sv. Anny v Brně na pozici zástupce přednosti pro školství, kde pracuje dosud. V současnosti se věnuje zejména epileptochirurgii, neurotraumatologii a léčbě hydrocefalu. Absolvovala odborné stáže na prestižních neurochirurgických klinikách v Erlangenu, Římě, Bonnu, Amsterdamu a v Oslu. Pravidelně publikuje a přednáší na domácích i mezinárodních odborných kongresech, je autorkou celé řady kapitol v monografiích dětské neurologie, neuroonkologie a ortopedie. Pracuje v revizních komisích Výboru České neurochirurgické společnosti a Společnosti dětské neurologie a je aktivní členkou ISPN, ESPN, EANS, České ligy proti epilepsii.

Ve volném čase se věnuje westernové jízdě na koni, malování a cestování.



Obsah

Kolektiv autorů	V
O autorech	VI
Seznam použitých zkratk	XI
Úvod	XV
1 Obecná část	1
1.1 Anatomie, embryonální, fetální a postnatální vývoj CNS (<i>David Kachlík, David Krahulík, Eva Brichtová</i>)	1
1.1.1 Vývoj lebky	1
1.1.2 Vývoj mozku	6
1.2 Neurologické vyšetření u dětí (<i>Hana Medřická, Zuzana Kušnířiková, Eva Štěpánová</i>)	12
1.2.1 Vyšetření hlavy	14
1.2.2 Vyšetření hlavových nervů	15
1.2.3 Vyšetření krku	18
1.2.4 Vyšetření horních a dolních končetin	18
1.2.5 Reflexologické vyšetření	19
1.2.6 Vyšetření stoje a chůze	19
1.2.7 Vyšetření mozečku	20
1.2.8 Vyšetření fatických, praktických a gnostických funkcí	21
1.2.9 Neurologické vyšetření novorozence	21
1.2.10 Vývojové vyšetření kojence	22
1.2.11 Neurologické vyšetření dětského pacienta s poruchou vědomí	26
1.2.12 Vyšetření reflexů	28
1.2.13 Přehled nejdůležitějších vyšetřovacích metod	29
1.3 Neuroanestezie a neurointenzivní péče u dětí (<i>Michal Frelich</i>)	31
1.3.1 Fyziologie průtoku krve mozkem	31
1.3.2 Anesteziologický management	32
1.3.3 Inhalační a intravenózní anestetika, svalová relaxancia	33
1.3.4 Neuroanestezie	36
1.3.5 Neurointenzivní péče	41
1.4 Neuroradiologické zobrazovací metody u dětí (<i>Jan Šenkyřík</i>)	51
1.4.1 RTG vyšetření	52
1.4.2 Ultrazvukové vyšetření	54
1.4.3 Digitální subtrakční angiografie (DSA)	60
1.4.4 Výpočetní tomografie (CT)	61
1.4.5 Magnetická rezonance (MR)	66
1.5 Specifika dětské neurochirurgie (<i>David Krahulík, Eva Brichtová, Petr Vacek, Radim Lipina</i>)	76
1.5.1 Jednotlivé přístupy do dutiny lební	77

1.5.1.1	Trepanace	77
1.5.1.2	Kraniotomie	77
1.5.2	Fixace hlavy v dětské neurochirurgii	81
1.5.3	Monitorace intrakraniálního tlaku (ICP)	83
1.5.4	Neuronavigace v dětské neurochirurgii	84
1.5.5	Kranioplastika v dětském věku	88
2	Speciální část	93
2.1	Vrozené vývojové vady CNS (<i>Eva Brichtová, David Krahulík, Lukáš Krška</i>)	93
2.1.1	Klasifikace VVV CNS	93
2.1.2	Jednotlivé vrozené vývojové vady	96
2.1.2.1	Vrozené defekty kalvy	96
2.1.2.2	Vrozené vývojové vady CC přechodu a krční páteře	103
2.1.2.3	Spinální dysrafismy	110
2.1.2.4	Tethered (spinal) cord syndrome (syndrom upoutané míchy)	117
2.1.2.5	Intraspinální lipomy	118
2.2	Kraniosynostózy (<i>Eva Brichtová, Radim Lipina</i>)	121
2.2.1	Nesyndromové kraniosynostózy	124
2.2.2	Syndromové kraniosynostózy	130
2.3	Kraniofaciální syndromy (<i>David Krahulík, Petr Michl, Eva Brichtová</i>)	138
2.3.1	Apertův syndrom	139
2.3.2	Crouzonův syndrom	140
2.3.3	Pfeifferův syndrom	141
2.3.4	Saethreův-Chotzenův syndrom	141
2.3.5	Muenkeův syndrom	142
2.3.6	Carpenterův syndrom	142
2.3.7	Ostatní kraniofaciální syndromy	143
2.3.8	Základní chirurgické postupy při léčbě kraniofaciálních syndromů	144
2.4	Hydrocefalus (<i>Petr Vacek</i>)	148
2.5	Intrakraniální a intracerebrální cysty (<i>Petr Vacek</i>)	163
2.6	Nádory centrálního nervového systému (<i>David Krahulík, Eva Brichtová, Martin Chlachula, Lukáš Krška</i>)	168
2.6.1	Nádory lebky a skalpu	171
2.6.2	Supratentoriální nádory	175
2.6.3	Embryonální nádory (EN)	181
2.6.4	Nádory hypothalamu a zrakové dráhy (NH-ZD)	187
2.6.5	Kraniofaryngiom a ostatní nádory selární oblasti	192
2.6.6	Germinální nádory (germ cell tumors – GCT)	198
2.6.7	Pineální nádory	201
2.6.8	Infratentoriální nádory	207
2.6.9	Intramedulární spinální nádory u dětí	220
2.6.10	Nádory mozkového kmene	224

2.7	Cerebrovaskulární patologie dětského věku (<i>David Krahulík, Eva Brichtová, Miroslav Vaverka</i>)	230
2.7.1	Aneurysmata mozkových cév	230
2.7.2	Arteriovenózní malformace mozku (AVM)	238
2.7.3	Arteriovenózní malformace Galénské žíly (VGAM)	243
2.7.4	Kavernomy	246
2.7.5	Venózní angiom (vývojová žilní anomálie – VA)	250
2.7.6	Kapilární teleangiektázie (KT)	252
2.7.7	Perikraniální sinus – sinus perikranii (SP)	252
2.8	Chirurgická léčba epilepsie u dětí (<i>Eva Brichtová</i>)	255
2.9	Onemocnění páteřního skeletu u dětí (<i>Lumír Hrabálek</i>)	264
2.9.1	Skoliózy u dětí	264
2.9.2	Poranění páteře v dětském věku	269
2.9.3	Nádory páteře v dětském věku	272
2.9.3.1	Maligní tumory	274
2.9.3.2	Benigní nádory	276
2.9.4	Spondylolistéza v dětském věku	279
2.10	Chirurgická léčba spasticity a funkčních poruch (<i>David Krahulík, Martin Hampl</i>)	286
2.10.1	Konzervativní léčba	290
2.10.2	Chirurgická léčba	291
2.11	Poranění CNS u dětí (<i>Eva Brichtová, David Krahulík</i>)	297
2.11.1	Dělení KCP	301
2.11.2	Operační léčba KCP	302
2.11.3	Typy KCP	302
2.11.3.1	Perinatální poranění	302
2.11.3.2	Fraktury lebky	304
2.11.3.3	Fraktury báze lebni	306
2.11.3.4	Nitrolební hematomy	307
2.11.3.5	Traumatické subarachnoidální krvácení	311
2.11.3.6	Traumatické intracerebrální krvácení	311
2.11.3.7	Kontuze mozku	312
2.11.3.8	Komoce mozková	312
2.11.3.9	Difuzní axonální poranění	313
2.11.3.10	Traumatický edém mozku	314
2.11.3.11	Penetrující poranění	315
2.11.3.12	Traumatické postižení hlavových nervů	316
2.11.3.13	Poranění mozkových tepen a žil	316
2.11.3.14	Syndrom týraného dítěte	316
2.11.3.15	Pacienti s hemokoagulační poruchou	317
2.11.4	Prognóza KCP	317
2.12	Poranění periferního nervového systému u dětí (<i>Ivan Humhej, David Štěpánek</i>)	318
2.13	Infekce CNS v dětském věku (<i>David Krahulík, Matěj Halaj</i>)	339
2.13.1	Meningitidy	341

2.13.2	Encefalitidy	344
2.13.3	Absces mozku	347
2.13.4	Epidurální absces, subdurální empyém	351
2.13.5	Tuberkulózní, plísňové a parazitární infekce CNS v dětském věku	352
2.13.5.1	Tuberkulóza	352
2.13.5.2	Mykotické infekce	353
2.13.5.3	Parazitární infekce	354
2.13.6	Intraspinální infekce v dětském věku	355
Rejstřík	361
Souhrn	371
Summary	373

Seznam použitých zkratek

A	amplituda
AA	anaplastický astrocytom
AARS	atlantoaxiální rotační subluxace
ABC	aneurysmatická kostní cysta (aneurysmal bone cyst)
ACTH	adrenokortikotropní hormon
AFP	alfa-fetoprotein
ALIF	přední mezikřelová fúze (anterior lumbar interbody fusion)
AOD	atlantookcipitální dislokace
ARAS	ascendentní retikulární aktivační systém
ASL	arterial spin labeling
ATB	antibiotika
ATP	adenosin trifosfát
ATRT	atypický teratoidní rhabdoidní tumor
AVM	arteriovenózní malformace
BAEP	sluchové evokované potenciály
β -HCG	beta-choriogonadotropin
BOLD	Blood Oxygenation Level Dependent
BP	brachiální plexus
CBF	průtok krve mozkem (cerebral blood flow)
CBV	objem krve v mozku (cerebral blood volume)
CC1 interval	condyl-C1
cEEG	kontinuální měření záznamu EEG
CMR _{glu}	spotřeba glukózy (cerebral metabolic rate of glucose)
CMRO	spotřeba kyslíku (cerebral metabolic rate for oxygen)
CNS	centrální nervová soustava
CPC	karcinom chorioidálního plexu
CPC	kauterizace chorioidálního plexu
CPP	mozkový perfuzní tlak (cerebral perfusion pressure)
CPP	papilom chorioidálního plexu
Cr	kreatin
CSE	konvulzní status epilepticus
CSWS	cerebral salt-wasting syndrom
CT	počítačová tomografie
CUSA	ultrazvukový aspirátor (cavitron ultrasonic surgical aspirator)
ČŽK	centrální žilní katétr
DAP	difuzní axonální poranění
DICOM	Digital Imaging and Communication in Medicine
DIPG	difuzní pontinní gliom
DMO	dětská mozková obrna
DNET	dysembryoplastický neuroepiteliální nádor
DTI	diffusion tensor imaging
DWI	diffusion-weighted image
EDH	epidurální hematom
EEG	elektroencefalografie, elektroencefalogram

EFS	event free survival (doba, po kterou je pacient živ a nenastala jiná definovaná příhoda)
EGFR α	epidermální růstový faktor alfa
EMG	elektromyografie
EMN	elektromagnetický navigační systém
EN	embryonální nádory
EP	ependymom
EP	evokované potenciály
ESA	The European Society of Anaesthesiology
ETV	endoskopická třetí ventrikulostomie
EWS	Ewingův sarkom
FGFR	fibroblast growth factor receptor
fMR	funkční magnetická rezonance
FSH	folikulo-stimulační hormon
GABA	gamma-aminobutyrová kyselina
GBM	multiformní glioblastom
GCT	nádory ze zárodečných buněk (germ cell tumors)
GH	růstový hormon
GTR	nejradikálnější resekce (gross total resection)
HEB	hematoencefalická bariéra
HGG	gliomy vysokého stupně malignity (high-grade gliomy)
HR	vysoce riziková
Cho	cholin
ICP	intrakraniální tlak
IDH	izocitrátdehydrogenáza
IHCD	infekty horních cest dýchacích
IHT	interhemisferický-transkalózní přístup
IR	index rezistence
ITB	intratékální aplikace baklofenu
IVA	intravenózní anestezie s inhalačním anestetikem
JIP	jednotka intenzivní péče
k.l.	kontrastní látka
KCP	kraniocerebrální poranění
KK	karotido-kavernózní
LGG	gliomy nízkého stupně malignity (low-grade gliomy)
LH	luteinizační hormon
LCH	histiocytóza z Langerhansových buněk (Langerhans cell histiocytosis)
LLIF	laterální mezitělová fúze (lateral lumbar interbody fusion)
MAC	minimální alveolární koncentrace
MAP	střední arteriální tlak
MB	meduloblastom
MEP	motorické evokované potenciály
MiBG	metaiodobenzylguanidin
MIBG	metaiodobenzylguanidinová scintigrafie
MIP	maximum intensity projection
MR	magnetická rezonance
MRA	MR angiografie

MRS	MR spektroskopie
MSX2	muscle segment homebox 2
MTBI	lehké mozkové poranění (mild traumatic brain injury)
NAA	kyselina N-acetylaspartová
NAA	N-acetylasparát
NB	neuroblastom
NCSE	nekonvulzivní status epilepticus
NF1	neurofibromatóza typu 1
NGGCT	negerminomatózní nádory
NH-ZD	nádory hypothalamu a zrakové dráhy
NIRS	near-infrared spektroskopie
OIH	opioidy indukovaná hyperalgezie
OLIF	šikmá mezitělová fúze (oblique lumbar interbody fusion)
OS	celkové přežití; osteogenní sarkom
OTK	orotracheální kanyla
OTT	okcipitální-transtentoriální přístup
PA	pilocytární astrocytom
PACS	Picture Archiving and Communication System
PC	fázový kontrast (phase contrast)
PDGFR α	receptor růstového faktoru odvozeného z destiček alfa
PEEP	positive end-expiration pressure
PET	pozitronová emisní tomografie
PFS	přežití bez progresse nádoru (progression free survival)
PICA	arteria cerebelli inferior posterior
PLAP	placentární alkalická fosfatáza
PLIF	zadní mezitělová fúze (posterior lumbar interbody fusion)
PN	periferní nervy
PNET	primitivní neuroektodermální nádor
POG	Pediatric Oncology Group
PONV	pooperační nauzea a zvracení
PRIS	propofol infusion syndrome
PSF	zadní fúze
PXA	pleomorfní xanthoastrocytom
RSI	rapid sequence induction
RSV	respirační syncytiální virus
SAK	subarachnoidální krvácení
SCIT	supracerebelární-infratentoriální přístup
SCIWORA	poranění nervových struktur z páteřního kanálu bez zobrazitelného poranění páteře (spinal cord injury without radiographic abnormality)
SCM	rozštěpové vady míchy (split cord malformation)
SDH	subdurální hematom
SDR	selektivní dorzální rhizotomie
SE	status epilepticus
SHH	sonic hedgehog – typ meduloblastomu
SIADH	syndromy of inappropriate antidiuretik hormone secretion
SR	standardní riziková
SSEP	somatosenzorické evokované potenciály

SUX	suxamethonium
SWI	susceptibility weighted imaging
T	tesla
T2*	T2 gradientní sekvence
T4	volný tyroxin
TCS	syndrom upoutané/zadržené/fixované míchy (tethered spinal cord syndrome)
TIVA	total intravenous anesthesia
TLIF	transforaminální mezitělová fúze (transforaminal lumbar interbody fusion)
TOF	time of flight
TPF	transpedikulární fixace
TTV	transkortikální-transventrikulární přístup
UPV	umělá plicní ventilace
UZ	ultrazvuk
VEP	zrakové evokované potenciály
VMG	vena magna Galeni
VP drenáž	ventrikulo-peritoneální drenáž
VVV	vrozené vývojové vady
WBB	klasifikace Weinstein-Boriani-Biagini
ZKD	zevní komorová drenáž

Úvod

Dětský věk se vyznačuje mnohými specifiky ve všech oblastech života a na dítě nelze pohlížet jako na zmenšeninu dospělého. Společně s překotným rozvojem medicíny dochází i k rychlému vývoji péče o dětské neurochirurgické pacienty. Zlepšenou prenatální a postnatální diagnostikou se mění spektrum neurochirurgických diagnóz u dětí. S některými onemocněními se již téměř nesetkáváme a jiná jsou odhalována a léčena mnohem dříve a častěji než v minulosti. Neurochirurgická onemocnění v dětském věku představují specializovanou oblast neurochirurgie, která v českém písemnictví nebyla přehledně zpracována, a jistě si v něm své místo zaslouží. Léčba těchto chorob je nesmírně užitečnou a zajímavou součástí neurochirurgie, využívající často odlišné léčebné postupy než v neurochirurgii dospělých a využívající také specifický přístup k dítěti a jeho rodičům.

Monografie Dětská neurochirurgie vznikla na základě dlouholetých zkušeností autorů z mnoha českých neurochirurgických pracovišť a spoluautorů spolupracujících lékařských oborů, jako je neurologie, radiologie, intenzivní medicína či antropologie.

Knih je určena pro širokou odbornou veřejnost zabývající se péčí o neurochirurgicky nemocné dětské pacienty. Podává komplexní přehled o současném stavu dětské neurochirurgie v České republice. Věříme, že bude užitečná a čtivá nejen pro kolegy neurochirurgy, ale i pro pediatry, neurology, fyzioterapeuty, onkology a v neposlední řadě dětské praktické lékaře.

1 Obecná část

1.1 Anatomie, embryonální, fetální a postnatální vývoj CNS

David Kachlík, David Krahulík, Eva Brichtová

1.1.1 Vývoj lebky

Kosti lebeční klenby (kalvy; *calvaria*) a lebeční spodiny (báze; *basis cranii*) se vyvíjejí z vazivového nebo chrupavčitého základu pomocí kostnatění (osifikace). Osifikace se účastní především dva typy kostních buněk: osteoblasty a osteoklasty. Osteoblasty vytvářejí mezibuněčnou vláknitou hmotu (kolagenní vlákna) i amorfní mezibuněčnou hmotu (proteoglykany) zvanou osteoid. Jsou nejprve uloženy na povrchu tvořících se kostních trámců a lamel, ale postupně se s přibývajícím kostním hmotou dostávají dovnitř novotvořené kosti, která postupně mineralizuje směsí minerálů, z nichž hlavní je hydroxyapatit. Po ukončení tvorby kosti se osteoblasty stávají klidovými buňkami – osteocyty. Osteoklasty jsou velké mnohohradné, v rostoucí kosti poměrně početné, v hotové kosti tvoří jen asi 1 % populace všech kostních buněk. Vytvářejí enzymy rozkládající vzniklou primární (fibrilární) kost, a uvolňují tak prostor pro vznik sekundární (lamelární) kosti.

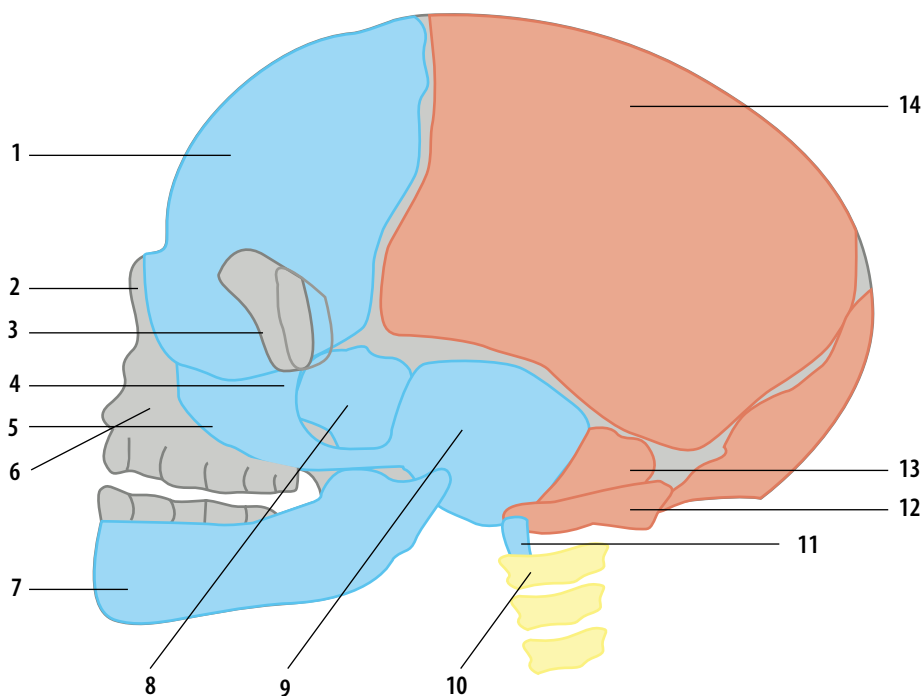
I ve zralé kostní tkáni jsou osteoblasty a osteoklasty stále aktivní, čímž umožňují dlouhodobou přestavbu kostní tkáně dle jejího růstu a způsobu zatěžování. Na rovnováze jejich vzájemné činnosti, jež je ovlivňována řadou hormonů, závisí výsledné složení kostní tkáně.

Podle způsobu osifikace se lebka dělí na chondrocranium vznikající z chrupavčitého základu a desmocranium vznikající z vazivového základu. Osifikace lebečních kostí začíná již u plodu. Ploché kosti lebeční klenby (*os frontale*, *os parietale*, *pars squamosa ossis temporalis*, *squama occipitalis*) vznikají dezmogenní (endezmální, membranózní, intramembranózní) osifikací, tedy přímou přestavbou mezenchymu v membranózní kost. Hmotnější kosti lebeční spodiny vznikají chondrogenní (enchondrální) osifikací, tedy z chrupavčité či smíšené chrupavčito-membranózní hmoty. U obou druhů osifikačního děje nejdříve proběhne primární osifikace, při níž je chrupavčitý nebo vazivový základ nahrazen primární (vláknitou, fibrilární) kostí vytvářející šupiny (*spikula*). Poté následuje sekundární osifikace, v jejímž průběhu se vytváří typický tvar dané kosti a mění se vnitřní struktura fibrilární kosti v kost sekundární (lamelární).

Ve vazivovém základu kostí lebeční klenby (*desmocranium*) se postupně diferencují osteoblasty a ukládají kostní matrix na kolagenní fibrily vazivového základu. Tenké trámečky osteoidu se tvoří v rovnoměrných vzdálenostech od krevních cév a vzniká rozvětvená síť. Na povrchu trámečků jsou osteoblasty uspořádány do jedné epiteloidní vrstvy buněk, na základě jejichž sekreční aktivity se trámečky zesilují, postupně mineralizují, až se nakonec osteoblasty přemění na osteocyty. Nově vzniklá kost má nepravidelné proděravěné okraje. Vnější a vnitřní vrstva kostní tkáně se dále představuje v hutnou (kompaktní) kost. Prostory kolem cév zanikají v důsledku zesilování kostních trámců na úkor vaziva. Funkci okostice přebírá vnější vazivová vrstva a ukládá další vrstvy kostní tkáně na stávající lamely. Zpětné odstraňování středních lamel plochých

lebečních kostí osteocyty a jejich náhrada houbovitou (spongiózní) kostí uspořádanou do soustředných válců (tzv. haverských systémů) probíhá v rámci sekundární osifikace. Proto ploché lebeční kosti sestávají z vnější a vnitřní vrstvy kompaktní kosti, mezi nimiž se nachází vrstva spongiózní kosti – diploe (píchatka).

Neurocranium vzniká z mezenchymu hlavy (paraaxiální mezoderm hlavového konce zárodku, do nějž nacestovaly buňky neurální lišty, a prechordální ploténka) a čtyř týlních somitů. Nejprve se jedná o chrupavčité pouzdro mozku se třemi základy smyslových orgánů (*placoda nasalis/olfactoria*, *placoda lentis*, *placoda otica*), kolem základu vnitřního ucha se rovněž vytvoří chrupavčitá *capsula otica*. Tento celek se nazývá paleocranium. K paleokraniu se na dorzální straně sekundárně připojuje několik týlních obratlů, které jsou posléze zavzaty do týlní oblasti lebky a tvoří neocranium. Horní část hmoty původního tělního segmentu (somitu) C1 se stává součástí *os occipitale* a dolní známe jako obratel C1 (*atlas*, nosič), proto je jeho tvar odlišný od ostatních obratlů.



Obr. 1.1 *Splanchnocranium a neurocranium (pohled z boku)*

1 – *os frontale* (čelní kost), 2 – *os nasale* (nosní kost), 3 – *os lacrimale* (slzní kost), 4 – *os zygomaticum* (lící kost), 5 – *maxilla* (horní čelist), 6 – *os incisivum* (mezičelist, premaxila), 7 – *mandibula* (dolní čelist), 8 – *os sphenoidale* (klínová kost), 9 – *pars squamosa ossis temporalis* (šupinová část spánkové kosti), 10 – *vertebrae cervicales* (krční obratle), 11 – *os hyoideum* (jazylka), 12 – *os occipitale* (týlní kost), 13 – *pars petrosa ossis temporalis* (skalní část spánkové kosti), 14 – *os parietale* (temenní kost)

Prenatální vývoj

Chrupavčité neurocranium (chondrocranium) původně sestává z chrupavčité lebeční spodiny vznikající splynutím vícero ostrůvků chrupavčité tkáně do několika chrupavek: *cartilago prechordalis (trabecularis)*, *cartilago hypophysialis (polaris)*, *capsula otica*, *cartilago parachordalis*. Jedná se o růstová centra lebeční spodiny, jež postupně během dospívání osifikují. Přetrvávají pouze dvě vzájemně propojené chrupavčité oblasti vyplňující *foramen lacerum – synchondrosis sphenopetrosa et petrooccipitalis*. Vývojově pocházejí kosti nacházející se před rostrálním koncem notochordy v úrovni *sella turcica ossis sphenoidalis* z buněk neurální lišty (prechordální chondrocranium), kosti v jejím sousedství naopak z týlních somitů (chordální chondrocranium).

Capsula septimque nasi vzniká kolem základu čichového ústrojí, je dobře vyvinutá ke konci 3. měsíce prenatálně a přes stadium *septum interorbitonasale* se podílí na tvorbě *os ethmoidale* a *concha nasalis inferior*, malá část zůstává chrupavčitá jako *cartilago septi nasi* a *cartilagine alares*.

Cartilago hypophysialis (polaris) vzniká z více základů kolem vyvíjejícího se podvěsku, osifikuje a dává základ tzv. postsfenoidu, z něž se vyvíjí zadní část na zadní části těla *os sphenoidale*, tedy zadní část *sella turcica ossis sphenoidalis* a *dorsum sellae*. Obklopuje *infundibulum hypophysis* vytvářející *canalis craniopharyngeus*, jež zaniká obvykle ve 3. měsíci prenatálně (ale může vzácně přetrvávat). *Cartilago orbitosphenoidalis* je základem pro *ala minor ossis sphenoidalis*, *cartilago alisphenoidalis* pro *ala major ossis sphenoidalis* a *cartilago corporis sphenoidalis* pro přední část těla *os sphenoidale*.

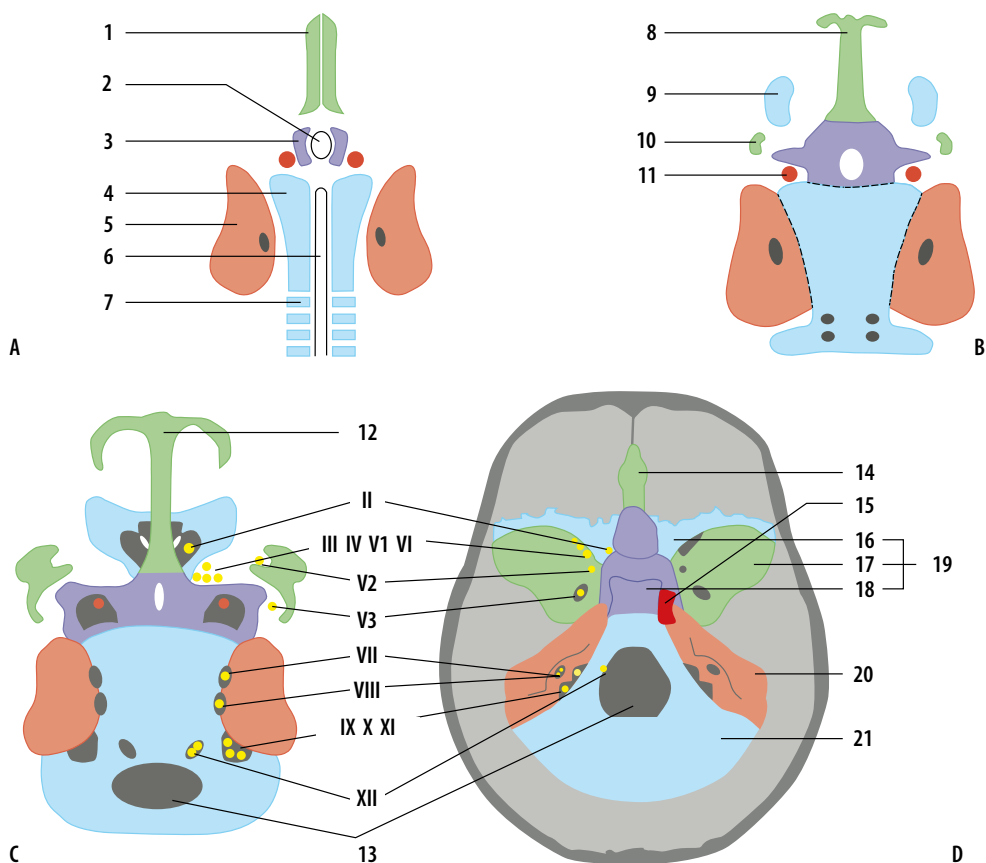
Cartilago parachordalis (bazální plotna) vzniká kolem horního konce notochordy (*chorda dorsalis*) z paraaxiálního mezodermu, spojuje se s chrupavkami pocházejícími ze sklerotomů týlních somitů (*cartilago occipitalis* pocházející ze tří částí – *pars basioccipitalis*, *exooccipitalis* et *supraoccipitalis*) a dává vzniknout *basis ossis occipitalis* obrůstající horní část míchy a ohraničující *foramen magnum*. Hranice mezi nesegmentovaným a somitomerálním základem se nachází v místě budoucí *synchondrosis sphenoccipitalis*, jež se uzavírá do 20. roku věku.

Capsula otica se tvoří kolem párového sluchového váčku (otocysty) ze tří různých zdrojů (somitu, paraaxiálního mezodermu a ektomezenchymu buněk neurální lišty) a jsou základem pro *pars petrosa et mastoidea ossis temporalis*. Brzy se diferencuje do dorzolaterální vestibulární a ventromediální kochleární části, spojuje se s laterálními výběžky *cartilago parachordalis* a obklopuje *vena jugularis interna* a hlavové nervy IX až XI jako *foramen jugulare*.

Vývoj chrupavčité části neurokrania začíná ve 2. měsíci prenatálně, nejprve jako párová *cartilago parachordalis* v týlní krajině, jež pak splývá s druhostrannou kolem notochordy na konci 7. týdne.

K chrupavčité části neurokrania se později vyvíjí i vazivové neurocranium (počíná koncem 4. týdne) vznikající dezmozenní osifikací vazivového základu a probíhá dorzálně a laterálně od vyvíjejícího mozku. Tento mezenchym obalující budoucí mozek kondenzuje v hustou vazivovou blánu (blastém), základ budoucí lebeční klenby.

Dezmozenní osifikací lebky tedy vznikají tyto její součásti: horní část *squama occipitalis* (oddělená pomocí *sutura occipitalis transversa*), *ossa parietalia*, *ossa frontalia*, *partes squamosae* a *tympanicae ossis temporalis*, *ossa nasalia*, *ossa lacrimalia*, *vomer* a *lamina medialis processus pterygoidei ossis sphenoidalis*. Obecně má osifikující plochá lebeční kost největší tloušťku uprostřed, neboť zde osifikace začíná, a slábne směrem k okrajům kosti.



Obr. 1.2 Chondrocranium ve vývoji lebky (pohled shora)

A: 1 – cartilago prechordalis (trabecularis), 2 – základ podvěsky (hypofýzy), 3 – cartilago hypophysialis (polaris), 4 – cartilago parachordalis, 5 – capsula otica (ušní váček), 6 – notochorda/chorda dorsalis, 7 – somiti occipitales (týlní somity)

B: 8 – septum interorbitonasale, 9 – cartilago orbitosphenoidalis, 10 – cartilago alisphenoidalis, 11 – arteria carotis interna (vnitřní krkavice)

C: 12 – capsula septumque nasi, 13 – foramen magnum (velký týlní otvor)

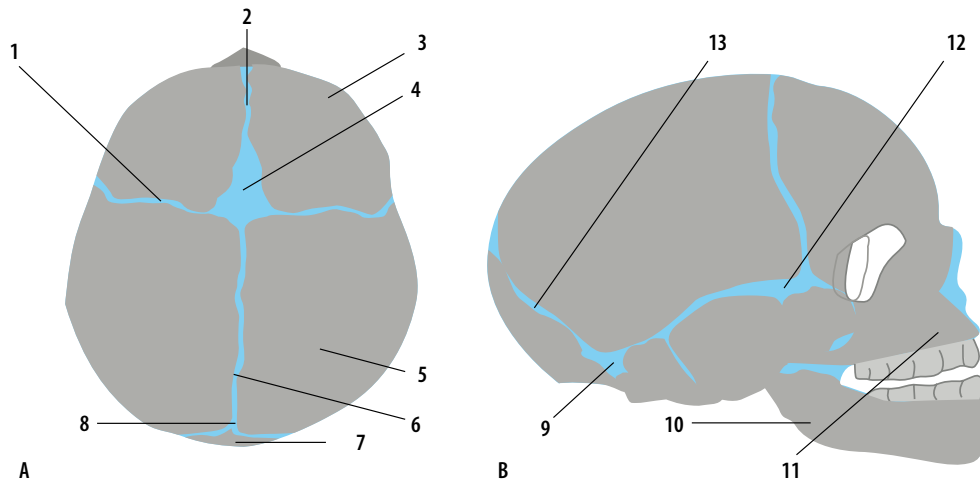
D: 14 – os ethmoidale (čichová kost), 15 – arteria carotis interna (vnitřní krkavice), 16 – ala minor (malé křídlo), 17 – ala major (velké křídlo), 18 – corpus (tělo), 19 – os sphenoidale (klinová kost), 20 – pars petrosa ossis temporalis (skalní část spánkové kosti), 21 – os occipitale (týlní kost)

Postnatální vývoj lebky

Lebka novorozence má okrouhlý tvar (průměrný obvod 34 cm, délka 11,5 cm, šířka 9,5 cm) a velmi tenké a pružné kosti. Neurocranium je ve vztahu ke splanchnocraniu (i celé kostře) poměrně velké, s výraznými čelními a temenními hrboly. V novorozeneckém a kojeneckém věku je lebeční spodina poměrně vyhlazená, teprve později se objevuje výraznější členitost prohloubením jednotlivých kostí lebeční spodiny. Kostí lebky jsou mezi sebou spojeny vazivovým svazem tvořeným tuhou vazivovou blánou, nazývají se švy (*suturae*)

a umožňují vzájemně střechovité překrývání při průchodu hlavičky porodními cestami (konformaci). Nejprve se jedná o úzké pásy vazivové tkáně, které se postupně zužují a mění ve švy. Na lebeční klenbě nacházíme *sutura frontalis (metopica)*, *sagittalis*, *coronalis*, *lambdaidea*, *squamosa et occipitalis transversa*. Při narození jsou vazivové a rozvolněné, aby se ve švech mohly kosti lebeční klenby mírně přesunout a umožnit konformaci lebky tvrdým porodním cestám. Postnatálně vazivové švy umožňují růst (zvětšování) lebky, neboť zejména v průběhu 1. roku věku dochází k rychlému růstu mozku. Na spojnicí švů se nacházejí větší vazivové okrsky – *fonticuli* (lupínky, fontanely): *fonticulus anterior* se nachází v místě styku *sutura frontalis*, *sagittalis et coronalis*, má tvar kosočtverce a uzavírá se začátkem 2. roku (přesněji se čas uzavěru uvádí od 4 měsíců (3 % dětí) do 21 měsíců (96 % dětí), medián pro čas uzavření je 14 měsíců). V 1. roce života má *fonticulus anterior* uzavřeno asi 40 % dětí a ve 2 letech téměř 95 %; *fonticulus posterior* se nalézá v místě styku *sutura sagittalis et lambdaidea*, má tvar trojúhelníku a uzavírá se do 3. měsíce postnatálně, *fonticulus sphenoidalis* se nachází na styku *sutura coronalis et squamosa* a uzavírá se do 6. měsíce postnatálně a *fonticulus mastoideus* se nalézá v místě styku *sutura squamosa*, *sutura lambdaidea* a kořene *processus mastoideus ossis occipitalis* a uzavírá se mezi 6. až 18. měsícem. Přes *fonticulus anterior* můžeme zrakem nebo pohmatem orientačně posoudit nitrolební tlak, provádět ultrazvukové vyšetření a také diagnostické nebo léčebné perkutánní punkce subarachnoidového prostoru.

Uzávěr (obliterace) švů, tedy přeměna v synostózu, začíná na vnitřní ploše lebeční klenby. U mužů zanikají zpravidla lebeční švy dříve a rychleji než u žen, u nichž jsou



Obr. 1.3 Lebka novorozence (pohled shora a z boku)

A: 1 – *sutura coronalis* (věncový šev), 2 – *sutura frontalis* (čelní šev), 3 – *tuber frontale* (čelní hrbol), 4 – *fonticulus anterior* (přední lupínek/fontanela), 5 – *tuber parietale* (temenní hrbol), 6 – *sutura sagittalis* (šípový šev), 7 – *os occipitale* (týlní kost), 8 – *fonticulus posterior* (zadní lupínek/fontanela)

B: 9 – *fonticulus mastoideus* (soscový lupínek/fontanela), 10 – *mandibula* (dolní čelist), 11 – *maxilla* (horní čelist), 12 – *fonticulus sphenoidalis* (klínový lupínek), 13 – *sutura lambdaidea* (lambdový šev)

často rozeznatelné až do vysokého věku. Zánik *sutura frontalis* probíhá do 2. roku, může však přetrvávat u 5–8 % jako hmatná *sutura frontalis persistens*. Zánik *sutura sagittalis* se u mužů objevuje po 30. roce věku, pravidelně je dokončena kolem 40. roku věku. Poté následuje zánik *sutura coronalis* a posléze *sutura lambdoidea*. *Sutura squamosa* se naopak udržuje velmi dlouho vazivová a neuzavřená.

1.1.2 Vývoj mozku

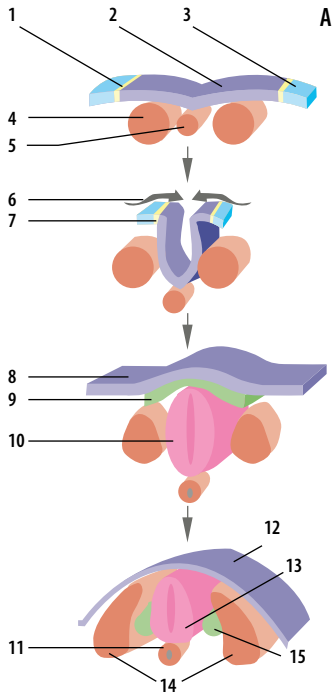
Mozek se vyvíjí z neurální trubice, a to rostrálně od úrovně čtvrtého páru somitů. Neurální trubice vzniká expresí homeotických genů v notochordě (*chorda dorsalis*) a prechondrální ploténce, jež indukují vznik neuroektodermu již v době gastrulace. Následuje neurulace, čili vznik a splynutí neurálních valů do neurální trubice (*tubus neuralis*) a uzavření *neuroporus rostralis tubi neuralis* (24. až 25. den prenatalně) i *neuroporus caudalis tubi neuralis* (26. až 27. den) zahajující vývoj mozku.

V rámci neurální trubice se diferencuje ventrálně spodinová ploténka (*lamina ventralis*), motorická bazální ploténka (*lamina ventrolateralis*), senzitivní alární ploténka (*lamina dorsolateralis*) a dorzálně stropní ploténka (*lamina dorsalis*), jež dává vznik ependymu. Postupně se během 4. týdne vytvoří z neurální trubice hlavové oblasti základní mozkový váček (*vesicula encephalica*), oddělený od budoucí míchy dorzálně konvexním ohnutím neurální trubice (*flexura cervicalis*) a rozdělí se na tři primární mozkové váčky: *rhombencephalon*, *mesencephalon*, *prosencephalon* (zadní, střední, přední mozek).

Ty sestávají z jednotlivých geneticky daných vývojových úseků – neuromer, z nichž některé nejsou makroskopicky vůbec odlišitelné. Zadní mozek je rozčleněn na dvanáct rombomer (*rhombomerus R0–R11*), střední mozek ve dvě mezomery (*mesomerus M1, M2*) a přední mozek do pěti prozomer (*prosomerus Dp1–Dp3* a *prosomerus hypothalamicus et telencephalicus Hp1, Hp2*).

Během 5. týdne dochází k dalšímu růstu, ohýbání (*flexura mesencephalica*) a rozdělení zadního mozku na *myelencephalon* a *metencephalon* a předního mozku na *diencephalon* a *telencephalon*. Nerovnoměrným růstem zadních tří mozkových váček se budoucí mozkový kmen dále ohýbá, vzniká ventrálně konvexní *flexura pontina* a postupně se promíchává šedá a bílá mozková hmota. *Flexura cervicalis* naznačuje budoucí hranici míchy a prodloužené míchy v úrovni výstupu prvního míšního nervu a *foramen magnum*, *flexura pontina* rozdělí *rhombencephalon* na *myelencephalon* (budoucí prodloužená mícha) a *metencephalon* (budoucí most a mozeček). *Canalis neuralis* se přemění na kratší kaudální *canalis centralis* (v rozsahu kaudální části prodloužené míchy) pokračující plynule do míchy a delší kraniální čtvrtou mozkovou komoru. Kaudální část myelencefala připomíná stavbou míchu. Laterální části kraniální části myelencefala a metencefala se ohýbáním rozevírají jako list knihy, dorzální část (stropní ploténka) se výrazně ztenčuje a celý útvar budoucí čtvrté mozkové komory získává kosočtverečný tvar.

Mozeček vzniká ztlustěním dorzálních úseků alární ploténky a postupně přerůstá čtvrtou mozkovou komoru i celý kmen. Histogeneticky dochází k everzi mozečku, tedy šedá mozková hmota se dostává na povrch a vytváří kůru mozečku. Vývojově mozeček sestává z archicerebela odpovědného za rovnováhu (*lobus flocculonodularis*), paleocerebela odpovědného za postoj a chůzi (*vermis* a *lobus anterior*) a neocerebela odpovědného za koordinaci a kontrolu jemných pohybů (*lobus posterior*). Protože je mozeček silně propojen zejména s mozkovou kůrou, vytvářejí dráhy a jejich jádra na ventrálně straně mostu velké vyklenutí.

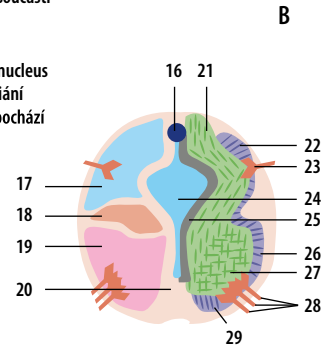


1. Neuroektoderm se diferencuje z ektodermu a ztlušťuje se v neurální ploténku, jež je oddělena od laterálně uloženého původního ektodermu ostrou hranicí.

2. Neurální ploténka se prohýbá (uprostřed dopředu a po stranách dozadu), vytváří sulcus neuralis (neurální rýhu) a její laterální konce splývají vzadu a vytvářejí párovou neurální lištu.

3. Uzávěr neurální trubice odpojí neurální lištu od ektodermu a její buňky se diferencují a vytvářejí většinu součástí periferního nervového systému (PNS).

4. Notochorda zaniká a přetrvává pouze jako nucleus pulposus disci intervertebralis. Okolní paraaxiální mezoderm dává vzniknout somitům, z nichž pochází osová kostra a její svaly.



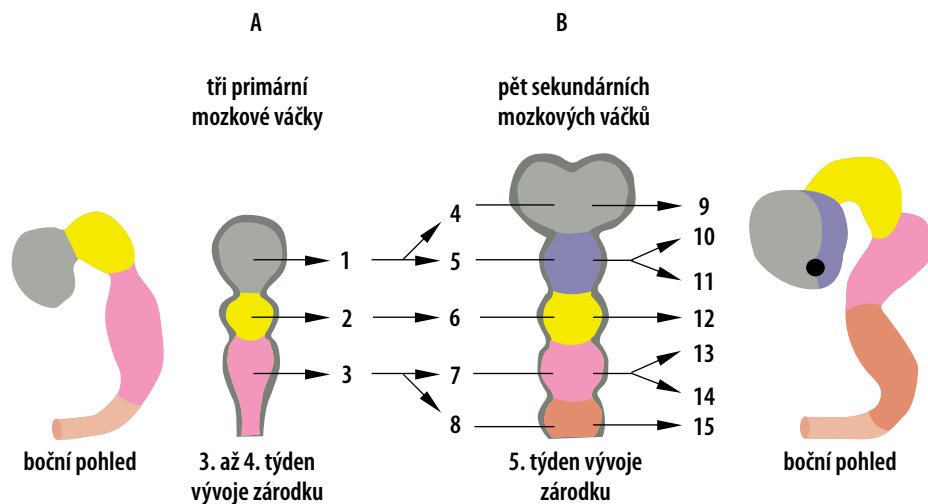
Obr. 1.4 Vývoj neurální trubice (příčný průřez)

A: 1 – hranice neurální ploténky, 2 – lamina neuralis (neurální ploténka), 3 – ektoderm, 4 – mezoderm, 5 – notochorda/chorda dorsalis, 6 – splývání plicae neurales (neurálních valů), 7 – crista neuralis (neurální lišta), 8 – ektoderm, 9 – buňky neurální lišty (vycesťují a vytvářejí součásti PNS), 10 – tubus neuralis (neurální trubice), 11 – notochorda (původně z mezodermu), 12 – pokožka (původně z ektodermu), 13 – tubus neuralis (neurální trubice), 14 – somity (původně z paraaxiálního mezodermu), 15 – ganglion spinale (míšňní zauzlina)

B: 16 – lamina dorsalis (stropová ploténka), 17 – senzitivní oblast, 18 – autonomní oblast, 19 – motorická oblast, 20 – lamina ventralis (spodinová ploténka), 21 – lamina dorsolateralis (alární ploténka), 22 – fasciculus dorsalis primordialis (ovalis), 23 – radix posterior (zadní kořen), 24 – canalis centralis (centrální míšňní kanál), 25 – zona ventricularis (budoucí ependym), 26 – funiculus lateralis (boční provazec), 27 – lamina ventrolateralis (bazální ploténka), 28 – radix anterior (přední kořen), 29 – funiculus anterior (přední provazec)

Střední mozek prodělává ze všech oddílů vyvíjejícího se mozku nejmenší změny. Z *canalis neuralis* vzniká *aqaeductus mesencephali* – nejužší místo nitromozkového komorového systému.

Během 4. týdne vyrůstá ze strany předního mozku párový oční váček (*vesicula optica*), který dává základ vzniku nervovým strukturám zrakového ústrojí, tedy sítnici, *nervus opticus*, *chiasma opticum* a *tractus opticus*, a jehož dutina posléze zaniká. Rostrodorzálně od očního váčku se brzy vychlipuje párový telencefalický váček, základ mozkových polokoulí, jehož dutina (*cavitas telencephalica*) se přemění na dvě *ventriculus lateralis* (postranní



Obr. 1.5 Raný vývoj mozku (boční pohled a podélný řez)

1 – prosencephalon (přední mozek), 2 – mesencephalon (střední mozek), 3 – rhombencephalon (zadní mozek), 4 – telencephalon (koncový mozek), 5 – diencephalon (mezimozek), 6 – mesencephalon (střední mozek), 7 – metencephalon, 8 – myelencephalon, 9 – cortex cerebri et nuclei basales (mozková kůra a bazální jádra), 10 – cupula optica (oční pohárek), 11 – thalamus, hypothalamus a epithalamus, 12 – mesencephalon (střední mozek), 13 – pons (most), 14 – cerebellum (mozeček), 15 – medulla oblongata (prodloužená mícha)

komory). Z předního mozku (proencefala) tedy vzniká rostrálně *telecephalon* (koncový mozek), včetně *hemispheria cerebri* (mozkových polokoulí) a kaudálně *diencephalon* (mezimozek), a z jeho dutiny (*cavitas diencephalica*) posléze *ventriculus tertius* (třetí mozková komora). Na boční stěně se objevují tři páry vyklenutí, budoucí epithalamus, thalamus a hypothalamus. U epithalamu se v 7. týdnu zakládá *glandula pinealis* (šišinka) jako ztlustění a vychlípení ependymové vrstvy, tvořící hormon melatonin. Thalamus roste nejrychleji a oba zužují *cavitas diencephalica* do úzké třetí mozkové komory, v 80 % případů se dokonce vytvoří příčná spojka (*adhesio interthalamica*). *Hypophysis* (*glandula pituitaria*, podvěsek) vzniká ze dvou odlišných populací – zadní lalok (*neurohypophysis*) je výchlípkou neuroektodermu diencefala, sloužící k sekreci antidiuretického hormonu a oxytocinu do krve, zatímco přední lalok (*adenohypophysis*) je výchlípkou ektodermu stropu stomodea (*saccus adenohypophysialis*, Rathkeho výchlípku), objevující se v polovině 4. týdne, sloužící k sekreci hormonů, řízené hormony hypothalamu (statiny a liberiny). V 5. týdnu se obě výchlípkovy setkávají, zadní proniknuvší mezi chondrifikačními centry presfenoidu a bazisfenoidu. V 6. týdnu spojení s ústní dutinou zaniká.

Telencephalon se skládá z nepárové střední části (*telencephalon impar*), jež zůstává malá a dává vznik *area preoptica*, *lamina terminalis* a mozkovým komisurám (*commissura anterior*, *commissura fornix*, *corpus callosum* – objevují se v 10. týdnu), a párových bočních mozkových váček, jež dávají vznik mozkovým polokoulím, které se rychle a mocně rozvíjejí a postupně překrývají ostatní části mozku. Setkají se i při střední čáře a jejich *facies medialis* se oplošťují a uzavírají mezi sebou sagitálně ektomezenchym v budoucí část mozkové tvrdé pleny – *falx cerebri*. V 6. týdnu se na spodině mozkové polokoule