

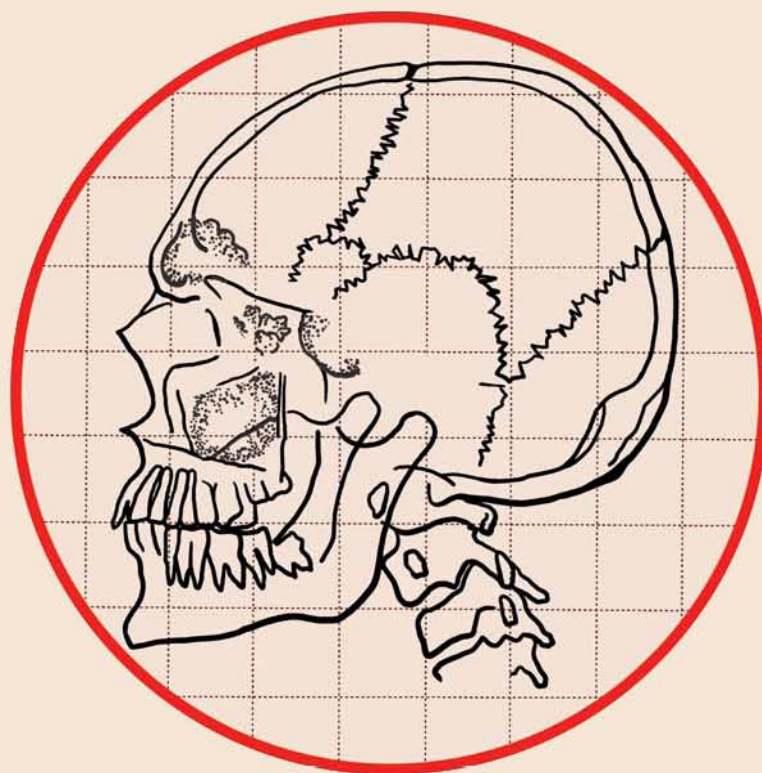


František Charvát, Bohumil Markalous a kol.

ZOBRAZENÍ HLAVY

metodika vyšetřování, anatomie, patologie, klinika

*CT, MR, RTG, PET, PET/CT, sonografie, endoskopie,
angiografie, intervenční neuroradiologie, navigovaná chirurgie*



František Charvát, Bohumil Markalous a kol.

ZOBRAZENÍ HLAVY

metodika vyšetřování, anatomie, patologie, klinika

*CT, MR, RTG, PET, PET/CT, sonografie, endoskopie,
angiografie, intervenční neuroradiologie, navigovaná chirurgie*

2. upravené a rozšířené vydání

TRITON

Praha/Kroměříž

ZOBRAZENÍ HLAVY



TRITON
Praha/Kroměříž

Kniha vyšla za laskavého přispění firem:

Boston Scientific Česká republika, s.r.o.
Schering s.r.o.
GE Medical Systems, a.s.
Baxter Czech spol. s r.o.
Carl Zeiss spol. s r.o.
Amersham Health (CEE) Handels G.m.b.H.
ASI Prag s.r.o.
Medial s. r.o.
Guidant ČR s.r.o.
MSM, spol. s r.o.
Siemens s.r.o.
Hospimed, spol. s r.o.

František Charvát, Bohumil Markalous a kol.

ZOBRAZENÍ HLAVY

metodika vyšetřování, anatomie, patologie, klinika

CT, MR, RTG, PET, PET/CT, sonografie, endoskopie

angiografie, intervenční neuroradiologie, navigovaná chirurgie

Ochranné obchodní známky (chráněné názvy) léků ani dalších výrobků nejsou v knize zvlášť zdůrazňovány. Z chybní označení ochranné známky proto nelze vyvozovat, že v konkrétním případě jde o název nechráněný.

Toto dílo, včetně všech svých částí, je zákonem chráněno. Každé jeho užití mimo úzké hranice zákona je nepřipustné a je trestné. To se týká zejména reprodukování či rozšiřování jakýmkoli způsobem (včetně mechanického, fotografického či elektronického), ale také ukládání v elektronické formě pro účely rešeršní i jiné. K jakémukoli využití díla je proto nutný *písemný souhlas* nakladatele, který také stanoví přesné podmínky využití díla. Písemný souhlas je nutný i pro případy, ve kterých může být udělen bezplatně.

ZOBRAZENÍ HLAVY

metodika vyšetřování, anatomie, patologie, klinika
CT, MR, RTG, PET, PET/CT, sonografie, endoskopie,
angiografie, intervenční neuroradiologie, navigovaná chirurgie

© František Charvát, Bohumil Markalous a kol., 2006

© TRITON Praha/Kroměříž, 2006

Illustrations © Ervín Černý, Evžen Markalous, Iveta Kalinová, 2006

Cover motif © Ervín Černý, 2006

Figures and color photographs © Bohumil Markalous, 2006

Cover © Renata Brtnická, 2006

ISBN 80-7254-904-9

Důležité upozornění:

Autoři i nakladatel vynaložili velkou péči a úsilí, aby všechny informace v knize obsažené týkající se dávkování léků a forem jejich aplikace odpovídaly stavu vědy v okamžiku vydání. Nakladatel však za údaje o použití léků, zejména o jejich indikacích, kontraindikacích, dávkování a aplikačních formách, nenese žádnou odpovědnost a vylučuje proto jakékoli přímé či nepřímé nároky na úhradu případných škod, které by v souvislosti s aplikací uvedených léků vznikly. Každý uživatel je povinen důsledně se řídit informacemi výrobců léčiv, zejména informací přiloženou ke každému balení léku, který chce aplikovat.

Notice

The Publishers have made an extensive effort to trace original copyright holders for permission to use borrowed material. If any have been overlooked, they will be corrected at the first reprint. Please notice the Publishers in such a case.

AUTOŘI

MUDr. František Charvát, Ph.D., primář Radiodiagnostického oddělení Ústřední vojenské nemocnice v Praze
MUDr. Bohumil Markalous, primář Otorinolaryngologického oddělení Okresní nemocnice v Jindřichově Hradci

SPOLUAUTOŘI

doc. MUDr. Josef Sobota, CSc., emeritní primář Radiodiagnostického oddělení Ústřední vojenské nemocnice v Praze
prof. MUDr. Antonín Krajina, CSc., Radiologická klinika, Lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Praze, Fakultní nemocnice v Hradci Králové
doc. MUDr. ing. Jaroslav Plas, Neurochirurgická klinika Ústřední vojenské nemocnice a 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Praze
doc. MUDr. Martin Sameš, CSc., primář Neurochirurgického oddělení Masarykovy nemocnice v Ústí nad Labem
MUDr. Petr Vachata, Neurochirurgické oddělení Masarykovy nemocnice v Ústí nad Labem
doc. MUDr. Jiří Pašta, CSc., primář Očního oddělení Ústřední vojenské nemocnice v Praze
MUDr. Pavel Voska, primář Stomatologického oddělení Ústřední vojenské nemocnice v Praze
MUDr. Jan Krásný, Oftalmologická klinika 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy Fakultní nemocnice Královské Vinohrady v Praze
† **prof. MUDr. Ervín Černý, DrSc.**, emeritní přednosta Otorinolaryngologického oddělení Ústřední vojenské nemocnice v Praze
MUDr. Jiří Lacman, Radiodiagnostické oddělení Ústřední vojenské nemocnice v Praze
MUDr. Tomáš Belšan, CSc., Radiodiagnostické oddělení Ústřední vojenské nemocnice v Praze
MUDr. Jana Mašková, Radiodiagnostické oddělení Ústřední vojenské nemocnice v Praze
MUDr. Jiří Kasík, Ph.D., Neurologické oddělení Ústřední vojenské nemocnice v Praze
MUDr. Marek Koutný, primář Radiodiagnostického oddělení Okresní nemocnice v Jindřichově Hradci
MUDr. Tereza Holceplová, Radiodiagnostické oddělení Okresní nemocnice v Jindřichově Hradci
MUDr. Tomáš Jindra, Radiodiagnostické oddělení Okresní nemocnice v Jindřichově Hradci
MUDr. Viktor Kotalík, privátní stomatologická-stomatologická ambulance v Jindřichově Hradci
MUDr. Vít Lorenc, vedoucí lékař lůžkové části Anesteziologicko-resuscitačního oddělení Okresní nemocnice v Jindřichově Hradci
MUDr. Miloslav Cesnek, súkromá ušno-nosovo-krčná ambulancia, Čadca, Slovenská republika
MUDr. Jana Markalousová, privátní otorinolaryngologická ambulance, Praha
MUDr. Jitka Vydřová, privátní otorinolaryngologická ambulance, Praha

LEKTOŘI

prof. MUDr. Ivo Stárek, CSc., přednosta Otorinolaryngologické kliniky Fakultní nemocnice v Olomouci
prof. MUDr. Pavel Eliáš, CSc., Lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Praze, přednosta Radiologické kliniky Fakultní nemocnice v Hradci Králové

OBSAH

Seznam zkratk v textu	9
Seznam zkratk v popisu obrazů	10
Uspořádání obrazů	13
Poděkování	14
Památce prof. MUDr. Ervína Černého, DrSc.	15
Předmluva k prvnímu vydání	16
Udělení Ceny Josefa Hlávky za rok 2000	17
Předmluva ke druhému vydání	18
Historie, vznik a význam zobrazovacích metod	19
1 METODIKA VYŠETŘOVÁNÍ ZOBRAZOVACÍMI METODAMI	20
1.1 Výpočetní tomografie	20
1.1.1 Princip	20
1.1.2 Denzita tkání (Hounsfieldovy jednotky)	22
1.1.3 Protokol vyšetření CT, topogramy, kontrastní látky	22
1.1.4 Konvenční rentgenografie nebo CT paranazálních dutin?	25
1.1.5 CT paranazálních dutin v koronární rovině	26
1.1.6 CT paranazálních dutin v axiální rovině	26
1.1.7 Rekonstrukční snímky CT	27
1.1.8 Vysokorozlišovací CT (high resolution CT, HRCT)	27
1.1.9 Trojrozměrná (trojdimenzionální, 3D) CT	27
1.1.10 CT cisternografie v diagnostice rinolikvorey a otolikvorey	28
1.1.11 Multidetektorová (multisllice) CT (MDCT)	29
1.1.12 Virtuální zobrazení CT	31
1.2 Magnetická rezonance	32
1.2.1 Princip	32
1.2.2 Intenzita signálu ve výsledném MR obraze	34
1.2.3 Kontrastní látky	35
1.2.4 MR angiografie	35
1.2.5 Protokoly vyšetření MR	36
1.3 Digitální subtrakční angiografie (DSA)	37
1.4 Ultrasonografie (US)	38
1.5 Pozitronová emisní tomografie (PET)	41
1.6 Pozitronová emisní tomografie kombinovaná s výpočetní tomografií (PET/CT)	44
1.7 Navigovaná chirurgie	47
1.8 Indikace a volba zobrazovací metody	55
2 NOSNÍ DUTINA, PARANAZÁLNÍ DUTINY A NOSOHLTAN	59
2.1 Anatomie	59
2.1.1 Vývojové poznámky	59
2.1.2 Nosní dutina a laterální nosní stěna	60
2.1.3 Paranazální dutiny	62
2.1.4 Cévní a nervové zásobení	64
2.1.5 Obrazová část – koronární a sagitální rovina	66
2.1.6 Obrazová část – axiální rovina	86
2.2 Endoskopická endonazální chirurgie	97
2.2.1 Koncepce metody a patofyziologické poznámky	97
2.2.2 Indikace	100
2.2.3 Technické vybavení	100
2.2.4 Názvosloví operací	101
2.2.5 Pooperační hojení	103
2.2.6 Operační komplikace	104
2.2.7 Endoskopické nálezy	108
2.3 Patologické stavy	114
2.3.1 Anatomické a slizniční variace	114

2.3.2	Chirurgicky nebezpečné oblasti rinobaze	133
2.3.3	Rinosinusitidy	138
2.3.4	Systémové choroby s projevy rinosinusitid	150
2.3.5	Sinusogenní zánětlivé komplikace	154
2.3.6	Cysty a mukokély	158
2.3.7	Nádory a nádorům podobné léze nosu a paranazálních dutin	164
2.3.8	Nádory a nádorům podobné léze nosohltanu a/nebo infratemporální jámy	177
2.3.9	Likvorové píštěle	182
2.3.10	Dekomprese orbity a zrakového nervu	190
2.3.11	Pooperační stavy	194
2.3.12	Korelace CT s operačními nálezy	203
2.3.13	Korelace ultrasonografie s konvenční rentgenografií	204
3	OBLIČEJOVÝ SKELET	210
3.1	Anatomie	210
3.1.1	Obličejové kosti	210
3.1.2	Temporomandibulární kloub	213
3.2	Patologické stavy	216
3.2.1	Vývojové anomálie	216
3.2.2	Nádory a nádorům podobné léze	220
3.2.3	Úrazy	226
3.2.4	Nemoci temporomandibulárního kloubu	237
3.2.5	Názvosloví operací	238
3.2.6	Konvenční rentgenografie zubních a alveolárních lézí	239
3.2.7	Diferenciální diagnóza radiologických nálezů obličejového skeletu a paranazálních dutin	244
4	ORBITA	246
4.1	Anatomie	246
4.1.1	Skelet	246
4.1.2	Pojivové tkáně a topografické rozdělení prostorů orbity	247
4.1.3	Zrakový nerv	248
4.1.4	Slzný aparát	248
4.1.5	Cévní zásobení	253
4.2	Patologické stavy	253
4.2.1	Přehled onemocnění	253
4.2.2	Vývojové anomálie očnice	255
4.2.3	Záněty očnice	256
4.2.4	Nádory a nádorům podobné léze	260
4.2.5	Úrazy očnice	268
4.2.6	Endokrinní (tyreoidální) orbitopatie	270
4.2.7	Ultrasonografie – indikace a patologické nálezy	272
5	SLINNÉ ŽLÁZY	275
5.1	Anatomie	275
5.2	Patologické stavy	285
6	LEBKA A KRČNÍ PÁTEŘ	298
6.1	Anatomie	298
6.1.1	Lebka	298
6.1.2	Krční páteř	305
6.2	Rentgenové a MR patologické nálezy	317
7	LEBNÍ BAZE	326
7.1	Anatomie	326
7.1.1	Vnější spodina lební (basis cranii externa)	326
7.1.2	Vnitřní spodina lební (basis cranii interna)	328
7.1.3	Hlavové nervy	329
7.1.4	Otvory a kanálky lební baze	331
7.1.5	Obrazová část – axiální rovina	333
7.1.6	Obrazová část – koronární rovina	373
7.1.7	Obrazová část – parasagitální a sagitální rovina	390
7.2	Patologické stavy	406
7.2.1	Přehled onemocnění	406

7.2.2	Vývojové anomálie	408
7.2.3	Nádory a nádorům podobné léze	410
7.2.4	Úrazy	432
7.2.5	Nemoci kosti	444
7.2.6	Cévní komprese mozkových nervů	450
8	SPÁNKOVÁ KOST A STATOAKUSTICKÉ ÚSTROJÍ	453
8.1	Anatomie	453
8.1.1	Skladba spánkové kosti a statoakustické ústrojí	453
8.1.2	Vnitřní zvukovod a průběh lícního nervu spánkovou kostí	463
8.1.3	Cévní zásobení	468
8.2	Patologické stavy	470
8.2.1	Vývojové anomálie	470
8.2.2	Záněty	472
8.2.3	Otogenní zánětlivé komplikace	482
8.2.4	Nádory a nádorům podobné léze	485
8.2.5	Úrazy	486
8.2.6	Nemoci kosti	487
8.2.7	Názvosloví operací	488
8.2.8	Příčiny nedoslýchavosti, tinitu, závratí a obrn lícního nervu	492
9	TURECKÉ SEDLO A HYPOFÝZA	495
9.1	Anatomie	495
9.2	Patologické stavy a názvosloví operací	498
9.2.1	Přehled onemocnění	498
9.2.2	Názvosloví operací	507
10	CÉVY HLAVY A KRKU	509
10.1	Anatomie	509
10.2	Cévní onemocnění hlavy a krku – intervenční angiografie – neuroradiologie	525
10.2.1	Nevaskulární výkony na krku	525
10.2.2	Perkutánní vertebroplastika	527
10.2.3	Vaskulární intervence – obecné zásady	532
10.2.4	Endovaskulární léčba aneuryzmat mozkových tepen	534
10.2.5	Endovaskulární léčba piálních arteriovenózních zkratů	548
10.2.6	Intrakraniální arteriovenózní zkraty (AVF)	561
10.2.7	Perkutánní transluminální angioplastika (PTA) a stentování tepen odstupujících z oblouku aorty	569
10.2.8	Epistaxe a metody léčby	586
10.2.9	Předoperační a paliativní embolizace tumorů hlavy, krku a páteře	590
10.2.10	Nádory spodiny ústní a hltanu – intraarteriální chemoterapie	599
10.2.11	3D angiografie – možnosti diagnostiky v oblasti hlavy a krku	602
Dodatek k oddílu 1 – Digitální radiografie 604		
Dodatek k oddílu 1.1.1, 1.1.11 – Výpočetní tomografie 605		
Základní literatura 607		
Ostatní literatura 609		
O autorech 644		
Rejstřík 645		

SEZNAM ZKRATEK V TEXTU

2D.....dvojdimenzionální, dvojrozměrné	KCP kraniocerebrální poranění
3D.....trojdimenzionální, trojrozměrné	KKP karotidokavernózní píštěl
3D CTA.....3D CT angiografie	KL.....kontrastní látka
a.....arteria	LB lební baze
AC.....arteria carotis	lig. ligamentum
ACC .....arteria carotis communis	M.....morbus
ACE .....arteria carotis externa	m. musculus
ACI .....arteria carotis interna	MDCT multidetektorová (multislice) CT
ANCA .....antineutrofilní cytoplazmatické protilátky	MEG .....magnetoencefalografie
ASA.....astma bronchiale, alergie na aspirin, polypóza (Samterův syndrom)	mGy .....miligray
ATB.....antibiotika	MHz.....megahertz
AV .....arteriovenózní	MIP.....maximum intensity projection
AVF.....intrakraniální arteriovenózní zkraty	MMK.....mostomožečkový kout, úhel
AVM.....arteriovenózní malformace	MR.....magnetic resonance (magnetická rezonance)
BERA .....brainstem electric response audiometry	MRA .....MR angiografie
CNS.....centrální nervový systém	MRS.....MR spektroskopie
CT.....computer tomography (výpočetní tomografie)	MVD .....mikrovaskulární dekomprese kořene trigeminu
CTC .....CT cisternografie	n. .....nervus
CW.....continuous wave	n. I.....olfactorius
DCRS.....dakryocystorinostomie	n. II .....opticus
DD.....diferenciální diagnóza	n. III.....oculomotorius
DK.....dolní končetiny	n. IV .....trochlearis
DREZ .....dorsal root entry zone	n. V.....trigeminus
DSA.....digitální subtrakční angiografie	n. VI.....abducens
DSS .....digitální subtrakční sialografie	n. VII .....facialis
D-US .....dopplerovská ultrasonografie	n. VIII.....statoacusticus
EEG .....elektroencefalografie	n. IX.....glossopharyngeus
EES.....endoscopic endonasal surgery	n. X .....vagus
EMG .....elektromyografie	n. XI.....accessorius
FAG.....fluorescenční angiografie	n. XII .....hypoglossus
FD .....facetová denervace	NARES .....nealergická rinitida s eozinofilii
FDG .....2-/18F/fluoro-2-deoxy-D-glukóza	NEX .....počet opakování měření
FEES .....functional endoscopic endonasal surgery	NCH.....neurochirurgie
FIESTA ....firemní název (GE Medical System) pro T2 váženou sekvenci zobrazující ve velmi tenkých vrstvách	NHL.....non-hodgkinský lymfom
FLASH ....fast long angle shot	NKKP .....nepřímá karotidokavernózní píštěl
fMR.....funkční zobrazení MR	NS .....navigační systémy
FOV .....field of view	OMJ.....ostiomeatální jednotka
FS.....fat suppressed	ORL.....otorinolaryngologie
FSE .....fast spin echo nebo TSE turbo spin echo	PAG.....panangiografie mozková
Gd-DTPA .gadolinium-diethylenetriamine pentaacetic acid	p. o. .....per os
GIT .....gastrointestinální trakt	PC .....phase contrast
GR.....glycerolová radikulolýza	PD .....proton denzní
GRASS .....gradient recalled acquisition at steady state	PEG .....pneumoencefalografie
GRE.....gradient echo	PET .....pozitronová emisní tomografie
HRCT .....high resolution CT (vysokorozlišovací CT)	PET/CT ....pozitronová emisní tomografie kombinovaná s CT
HRMR.....high resolution MR (vysokorozlišovací MR)	PKKP .....přímá karotidokavernózní píštěl
HU.....Hounsfieldova jednotka	PORP.....partial ossicular prosthesis
IR .....inversion recovery	PRT.....periradikulární terapie
i. v......intravenózní	PTA .....perkutánní transluminální angioplastika
	PVA .....polyvinyl alkoholové částice
	r. .....ramus
	RARE .....rapid acquisition with relaxation enhance-

	ment		tbc	tuberkulóza
RGT	retrogaserská termoléze		TE	time echo
ROI	region of interest		TF	table feet (posun stolu)
RS	roztroušená skleróza		TK	tlak krevní
RTG	konvenční rentgenografie		TMK	temporomandibulární kloub
SAK	subarachnoidální krvácení		TOF	time of flight
SE	spin echo		TORP	total ossicular replacement prosthesis
SNR	signal to noise ratio		TR	time repetition
SPECT	jednofotonová emisní výpočetní tomografie		TSE	turbo spin echo nebo
SPGR	spoiled gradient echo		FSE	fast spin echo
SSEP	somatosenzorické evokované potenciály		US	ultrasonografie
sy	syndrom		v.	véna
T1	(time) relaxační doba T1		VDN	vedlejší dutiny nosní
T1 W	T1 weighted image (T1 vážený obraz)		VEG	ventrikulografie
T2	(time) relaxační doba T2		VJI	vena jugularis interna
T2 W	T2 weighted image (T2 vážený obraz)			

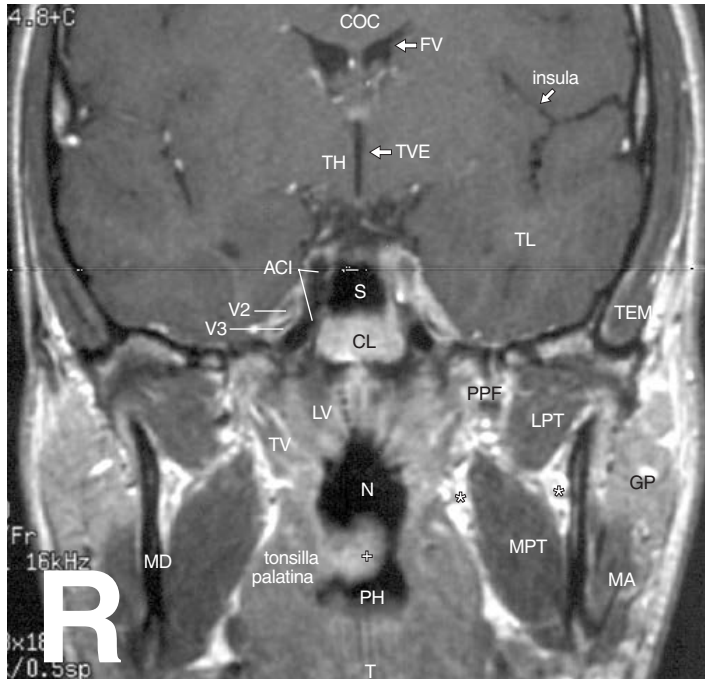
SEZNAM ZKRATEK V POPISU OBRAZŮ

II	optic nerve (nervus opticus)	APA	ascending pharyngeal artery (arteria pharyngea ascendens)
III	oculomotor nerve (nervus oculomotorius)	AS	anterior subarachnoid space (spatium subarachnoideale anterius)
IV	trochlear nerve (nervus trochlearis)	AW	anterior wall (paries anterior)
V1	ophthalmic nerve (nervus ophthalmicus)	B	ethmoid bulla (bulla ethmoidalis)
V2	maxillary, infraorbital nerve (nervus maxillaris, infraorbitalis)	BA	basilar artery (arteria basilaris)
V3	mandibular nerve (nervus mandibularis)	BL	basal lamella (lamella basalis)
VII	facial nerve (nervus facialis)	BM	buccinator muscle (musculus buccinator)
VIII	vestibulocochlear nerve (nervus vestibulocochlearis)	BV	basal vein (vena basalis)
IX	glossopharyngeal nerve (nervus glossopharyngeus)	C	cochlea
X	vagus nerve (nervus vagus)	C1	anterior arch of atlas (arcus anterior atlantis)
XI	accessory nerve (nervus accessorius)	CI	cochlear first (basal) turn of the cochlea
XII	hypoglossal nerve (nervus hypoglossus)	C2	body of axis (corpus axis)
A	mastoid antrum (antrum mastoideum)	CII	cochlear second turn of the cochlea
AC	anterior clinoid process (processus clinoides anterior)	CA	cochlear aqueduct (aquaeductus cochlearis)
ACA	anterior cerebral artery (arteria cerebri anterior)	CB	concha bullosa
ACC	common carotid artery (arteria carotis communis)	CC	common crus (crus commune)
ACE	external carotid artery (arteria carotis externa)	CER	cerebellum
ACF	anterior cranial fossa (fossa cranii anterior)	CG	crista galli
ACI	internal carotid artery (arteria carotis interna)	CL	clivus
ACM	medial cerebral artery (arteria cerebri media)	COC	corpus callosum
ACP	posterior cerebral artery (arteria cerebri posterior)	CON	confluens sinuum
AE	anterior ethmoid cells (cellulae ethmoidales anteriores)	COR	coronoid process of the mandible (processus coronoideus mandibulae)
AM	nerve and vasa alveolar mandibular (nervus et vasa alveolaris mandibulae)	CP	cribriform plate (lamina cribriformis)
AN	agger nasi cells (agger nasi cellulae)	CS	cavernous sinus (sinus cavernosus)
AP	alveolar process (processus alveolaris)	DA	dens axis
		DISC	articular disc (discus articularis)
		DS	dorsum sellae
		E	ethmoid sinus (sinus ethmoidalis)
		EA	ethmoid artery (arteria ethmoidalis)
		EAC	external auditory canal (meatus acusticus externus)
		EM	emissarium mastoideum
		EPI	epitympanum
		ET	Eustachian tube (tuba pharyngotympanica)

	Eustachi)		
F	.....	facial recess (recessus facialis)	LC
FA	.....	facial artery (arteria facialis)	longus capitis muscle (musculus longus capitis)
FC	.....	falciform crest (crista falciformis, transversa)	LENS
FL	.....	foramen lacerum	lens
FM	.....	foramen magnum	LER
FO	.....	foramen ovale	lateral epitympanic recess, Prussak's space (recessus epitympanicus lateralis Prussaki)
FP	.....	frontal process of the maxilla (processus frontalis maxillae)	LF
FR	.....	fossa Rosenmüller (fossa Rosenmülleri)	lobus frontalis
FRO	.....	foramen rotundum	LO
FS	.....	frontal sinus (sinus frontalis)	lamina orbitalis
FSP	.....	foramen spinosum	LP
FV	.....	fourth ventricle (ventriculus quartus)	lateral pterygoid plate (lamina lateralis processus pterygoidei)
G	.....	globe (globus)	LPF
GF	.....	geniculate fossa (fossa geniculatum)	lesser palatine foramina (foramina palatina minora)
GG	.....	geniculate ganglion, anterior genu (ganglion geniculatum)	LPM
GP	.....	greater palatine canal, nerve (canalis, nervus palatinus major)	levator palpebrae superioris muscle (musculus levator palpebrae superioris)
GW	.....	greater wing of the sphenoid bone (ala major ossis sphenoidalis)	LPT
HC	.....	Haller cells (cellulae Halleri)	lateral pterygoid muscle (musculus pterygoideus lateralis)
H	.....	hypotympanum	LR
HM	.....	head of the malleus (capitulum mallei)	lateral rectus muscle (musculus rectus lateralis)
HP	.....	hard palate (palatum durum)	LS
HS	.....	hiatus semilunaris	lacrimal sac (saccus lacrimalis)
HY	.....	hypophysis	LSC
CH	.....	chiasma opticum	lateral semicircular canal (canalis semicircularis lateralis)
I	.....	incus	LSR
IAC	.....	internal auditory canal (meatus acusticus internus)	lateral superior recess (recessus lateralis superior)
IC	.....	incisive canal (canalis incisivus)	LT
ICE	.....	inferior cerebellar vein (vena cerebellaris inferior)	lobus temporalis
IMA	.....	internal maxillary artery (arteria maxillaris)	LV
IM	.....	inferior meatus (meatus nasi inferior)	levator veli palatini muscle (musculus levator veli palatini)
IN	.....	infundibulum	LVE
IOF	.....	inferior orbital fissure (fissura orbitalis inferior)	lateral ventricle (ventriculus lateralis)
IPS	.....	inferior petrosal sinus (sinus petrosus inferior)	LW
IS	.....	incudostapedial articulation (articulatio incudostapedialis)	lesser wing of the sphenoid bone (ala minor ossis sphenoidalis)
IT	.....	inferior turbinate (concha nasi inferior)	M
ITF	.....	infratemporal fossa (fossa infratemporalis)	maxillary sinus (sinus maxillaris)
IVN	.....	canal for inferior vestibular nerve (canalis nervi vestibularis inferioris)	MA
JB	.....	jugular bulb (bulbus venae jugularis)	masseter muscle (musculus masseter)
JF	.....	jugular fossa, foramen (fossa, foramen jugularis, -e)	MC
JS	.....	jugular spina (spina jugularis)	mandibular condyle (condylus mandibulae)
JT	.....	jugular tubercle (tuberculum jugulare)	MCF
L	.....	lacrimal fossa (fossa lacrimalis)	middle cranial fossa (fossa cranii media)
LA	.....	lingual artery (arteria lingualis)	MD
LAB	.....	labyrinthal artery (arteria labyrinthi)	mandibula
LB	.....	skull base (basis cranii)	ME
			mesotympanum
			MEF
			mental foramen (foramen mentale)
			MES
			mesencephalon
			MIA
			malleoincudal articulation (articulatio incudomallearis)
			MM
			middle meatus (meatus nasi medius)
			MMA
			middle meningeal artery (arteria meningea media)
			MO
			medulla oblongata
			MP
			medial pterygoid plate (lamina medialis processus pterygoidei)
			MPT
			medial pterygoid muscle (musculus pterygoideus medialis)
			MT
			middle turbinate (concha nasi media)
			N
			nasopharynx
			NL
			nasolacrimal duct (ductus nasolacrimalis)
			NM
			neck of the malleus (collum mallei)
			NR
			nasofrontal recess (recessus nasofrontalis)
			NS
			nasal septum (septum nasi)
			NV
			trigeminal nerve (nervus trigeminus)
			O
			orbit (orbita)
			OA
			ophthalmic artery (arteria ophthalmica)
			OC
			Onodi cells (cellulae Onodi)
			OCA
			occipital artery (arteria occipitalis)
			OCC
			occipital condyle (condylus occipitalis)

OI	obliquus inferior muscle (musculus obliquus inferior)		superior)
OMJ	ostiomeatal unit	SOF	superior orbital fissure (fissura orbitalis superior)
OMS	occipitomastoid suture (sutura occipitomastoidea)	SP	soft palate (palatum mole)
OP	occipital protuberance (protuberantia occipitalis)	SPC	spinal cord (medulla spinalis)
OS	obliquus superior muscle (musculus obliquus superior)	SPF	sphenopalatine foramen (foramen sphenopalatinum)
OW	oval window (fenestra ovalis)	SPI	short process of incus (crus breve incudis)
P	pyramida of the petrous bone (pyramis ossis petrosi)	SPP	spinous process (processus spinosus)
PC	posterior clinoid process (processus clinoides posterior)	SPR	sphenoethmoidal recess (recessus sphenoethmoidalis)
PCF	posterior cranial fossa (fossa cranii posterior)	SPS	sphenoparietal sinus (sinus sphenoparietalis)
PE	pyramidal eminence (eminentia pyramidalis)	SPSI	superior petrosal sinus (sinus petrosus superior)
PET	posterior ethmoid cells (cellulae ethmoidales posteriores)	SR	supraorbital recess (recessus supraorbitalis)
PF	pterygoid fossa (fossa pterygoidea)	SS	sphenosquamosal suture (sutura sphenosquamosa)
PG	parotid gland (glandula parotis)	SSC	superior semicircular canal (canalis semicircularis superior)
PGE	posterior genu (genu posterior)	SSS	superior sagittal sinus (sinus sagittalis superior)
PH	pharynx	ST	superior turbinate (concha nasi superior)
PI	petrous inferior sinus (sinus petrosus inferior)	STA	superior thyroid artery (arteria thyreoidea superior)
PIC	posterior inferior cerebellar artery (arteria cerebellaris posterior inferior)	STM	sternocleidomastoid muscle (musculus sternocleidomastoideus)
PN	pars nervosa of the jugular foramen (pars nervosa foraminis jugulare)	STY	styloid process (processus styloideus)
PONS	pons Varoli	SVN	canal for superior vestibular nerve (canalis nervi vestibularis superioris)
PPF	pterygopalatine fossa (fossa pterygopalatina)	T	tongue
PR	cochlear promontory (promontorium)	TA	superficial temporal artery (arteria temporalis superficialis)
PS	petrooccipital synchondrosa (synchondrosis petrooccipitalis)	TEG	tegmen tympani
PSC	posterior semicircular canal (canalis semicircularis posterior)	TEM	temporal muscle (musculus temporalis superficialis)
PV	pars vascularis of the jugular foramen (pars vascularis foraminis jugulare)	TF	temporal fossa (fossa temporalis)
R	sphenoid rostrum (rostrum sphenoidale)	TG	trigeminal ganglion (ganglion trigemini)
REC	rectus sinus (sinus rectus)	TH	thalamus
RL	rectus lateral muscle (musculus rectus lateralis)	TIP	mastoid tip (processus mastoideus)
RM	rectus medial muscle (musculus rectus medialis)	TL	temporal lobe (lobus temporalis)
RV	retromandibular vein (vena retromandibularis)	TM	tympanic membrane (membrana tympani)
RW	round window, niche (fenestra rotundum)	TRF	transvers foramen (foramen transversarium)
S	sphenoid sinus (sinus sphenoidalis)	TS	transvers sinus (sinus transversus)
SC	scutum	TTM	tensor tympani muscle (musculus tensor tympani)
SH	semilunar hiatus (hiatus semilunaris)	TV	tensor veli palatini muscle (musculus tensor veli palatini)
SIG	sigmoid sinus (sinus sigmoideus)	TVE	third ventricle (ventriculus tertius)
SIN	sinus tympani (sinus tympani)	U	uncinate process (processus uncinatus)
SM	scalene muscle (musculus scalenus)	V	vomer
SMF	styломastoid foramen (foramen styломastoideum)	VA	vertebral artery (arteria vertebralis)
SO	superior oblique muscle (musculus obliquus superior)	VC	pterygoid, Vidian canal (canalis pterygoideus Vidiani)
		VE	vestibule (vestibulum)
		VJI	internal jugular vein (vena jugularis interna)
		VL	vein of Labbé (vena Labbé)
		Z	zygoma (processus zygomaticus)

USPOŘÁDÁNÍ OBRAZŮ



A T1 W postkontrastní MR obraz koronární rovina

Obr. 7.75 A Corpus callosum (COC), IV. (FV) a III. (TVE) mozková komora, thalamus (TH), temporální lalok (TL), klínová dutina (S), clivus (CL), vertikální úsek ACI, n. maxillaris (V2), n. mandibularis (V3), m. temporalis (TEM), nosohltan (N), uvula (+), hltan (PH), jazyk (T), m. tensor (TV) a levator (LV) veli palatini, mandibula (MD), fossa pterygopalatina (PPF), m. pterygoideus lateralis (LPT) a medialis (MPT), corpus adiposum buccae (*), m. masseter (MA), glandula parotis (GP)



Obr. 3.22 C Tři základní polohy retinovaných zubů moudrosti: vertikální, šikmá a horizontální poloha

Stranové označení obrazů je stejné jako při pohledu na pacienta (R – right).

Pořadí obrazů A až F je značeno v popisu pod obrazem vlevo (viz horní obraz) nebo v pravém dolním rohu obrazu (viz dolní snímek).

Druh zobrazení a rovina pohledu jsou vyznačeny kurzívou v popisu pod obrazem vlevo.

Číslování obrazů:

- Číslo 7 odpovídá příslušné kapitole obsahu
- Číslo 75 znamená číslo obrazu v dané kapitole

Popis obrazu následuje za jeho očíslováním.

Zkratky na snímcích jsou voleny převážně z angličtiny a jsou v textu u každého obrázku vysvětleny. Přesný popis jednotlivých zkratk v angličtině a v latině je v kapitole *Seznam zkratk v popisu obrazů*.

PODĚKOVÁNÍ

Děkujeme Ing. J. Hodanovi za zpracování videoendoskopických nálezů.

Za laskavé poskytnutí některých angiografických nálezů děkujeme MUDr. A. Krajnovi, MUDr. M. Lojíkovi, MUDr. E. Chovancovi a MUDr. I. Kubíkové.

Náš dík náleží prim. MUDr. P. Komínkovi za půjčení snímků rinolitu, sialografií a dakryocystografií.

Poděkovat bychom chtěli také kolektivu zaměstnanců Radiodiagnostického oddělení Ústřední vojenské nemocnice v Praze a v Jindřichově Hradci za obětavou spolupráci při pořizování obrazové dokumentace.

MUDr. M. Zatloukalové děkujeme za korekturu anglických lékařských termínů.

Primáři docentu MUDr. O. Bělohávkovi, CSc. a MUDr. P. Fenclovi, CSc. z Oddělení nukleární medicíny – PET centra v Nemocnici Na Homolce v Praze děkujeme za poskytnutí obrazové dokumentace PET a PET/CT.

Primáři MUDr. P. Lhotákovi a kolektivu spolupracovníků z Radiologického oddělení Nemocnice České Budějovice, a. s. děkujeme za svolení k prezentaci některých obrazů CT a MR.

Primáři MUDr. V. Chloubovi z Neurochirurgického oddělení Nemocnice České Budějovice, a. s. děkujeme za souhlas k prezentaci kazuistiky nemocného s metastázou Grawitzova nádoru do krční páteře.

Prim. MUDr. P. Pavlíčkovi a MUDr. M. Svobodovi z Otorinolaryngologického oddělení Nemocnice České Budějovice, a. s. děkujeme za poskytnutí snímků navigace při operaci estezioneuroblastomu a skenů CT a MR meningoencefalokély klínové dutiny.

Děkujeme prim. MUDr. P. Střihavkovi ze Stomatologického oddělení Nemocnice České Budějovice, a. s. za zapůjčení snímků Wegenerovy granulomatózy čelisti.

MUDr. T. Belšanovi, CSc. z Kliniky zobrazovacích metod FN Motol v Praze náleží naše díky za svolení k publikaci MR snímků nemocné s karcinomem zevního zvukovodu.

MUDr. J. Lukášovi, CSc. děkujeme za svolení publikovat dvanáct schémat od prof. MUDr. E. Černého, DrSc. z monografie Poranění obličeje.

Děkujeme primáři MUDr. K. Pelikánovi, přednostovi Patologicko-anatomického oddělení Okresní nemocnice v Jindřichově Hradci za svolení k prezentaci snímků preparátů lební baze a mozku.

Za zapůjčení některých CT snímků s nálezy vysokého stavu jugulárního bulbu a neurinomů statoakustiku děkujeme MUDr. J. Svárovskému z Otorinolaryngologického oddělení Ústřední vojenské nemocnice v Praze.

Děkujeme firmě SIEMENS a MUDr. J. Novotnému ze ZRIR IKEM za svolení prezentovat snímky MDCT.

Naše poděkování náleží také kolegům z Krajské nemocnice Pardubice, doc. MUDr. V. Chrobokovi, CSc., Ph.D. z Kliniky otorinolaryngologie a chirurgie hlavy a krku a prim. MUDr. D. Spitzerovi z pracoviště Multiscan, s. r. o. – Radiodiagnostické centrum, za poskytnutí snímků trombózy sigmoidního splavu.

Ing. E. Markalousovi, bratru druhého autora, patří naše díky za zhotovení části kreseb topografickoanatomických schémat ve druhém vydání monografie a pomoc s výpočetní technikou.

Ivetě Kalinové děkujeme za provedení části kreseb topografickoanatomických obrazů.

Rodině a všem svým blízkým děkuji za morální i technickou podporu při tvorbě monografie.

V neposlední řadě bychom chtěli poděkovat lektorům prof. MUDr. I. Stárkovi, CSc. a prof. MUDr. P. Eliášovi, CSc. za cenné připomínky k monografii.

Bohumil Markalous

PAMÁTCE prof. MUDr. Ervína Černého, DrSc.

První přednáška MUDr. Ervína Černého na schůzi lékařů Fakultní nemocnice v Hradci Králové 3. 4. 1946
(pozn. autora: zkráceno)

Zhojená rhinogenní traumatická meningitida (demonstrace)

„...Dovoluji si demonstrovat vám našeho bývalého pacienta, sedmnáctiletého studenta, který byl dne 18. ledna 1946 při noční srážce dvou motocyklů vymrštěn s tandemem a prudkým pádem, kromě bezvědomí, si způsobil těžkou komplikovanou frakturu skeletu nosního (pozn. autora: frontobazální poranění). Asi za 2 hodiny po nehodě byl pacient svěřen záchrannou stanicí naší péči.

Rentgenové vyšetření svědčilo pro zlomeninu nosních kůstek a přilehlých anatomických struktur.

Po zdařilé repozici fraktury se pacientovi vedlo dobře. Třináctého dne se ohlásila u pacienta teplota 39,1 °C a typické příznaky, jež doplněny lumbální punkcí a vyšetřením moku, vedly k diagnose difuzní hnisavé meningitidy. Předpokládáme, že se infekce dostala z dutiny nosní nepatrnou trhlínkou v lamina cribrosa do nitrolebí. Existence trhlínky se neprojevila sice likvoreou nosní, zato však umožnila invazi infekce do nitrolebí a vznik difuzní meningitidy. Ihned bylo započato s léčbou penicilinem. Desátého dne byla penicilinová kúra skončena a pacient, vcelku zdravý, ponechán pod naší kontrolou ještě 16 dní a pak, kypící zdravím, propuštěn.

Na rozdíl od otogenních a jiných meningitid je známo, že purulentní difuzní meningitidy rinogenní mají prognosu naprosto infaustní. V 99 až 100 % nemocný tu neodvratně podléhá.

Náš případ měřený terapeutickými prostředky předpenicilinovými byl by v literatuře jistě zcela ojedinělý. Není pochyby, že našeho pacienta zachránil penicilin. A tak tento div je opět jedním článkem velkého řetězce triumfů znamenitého léku – penicilinu. Maně se nám nabízí otázka: je na klikaté dálnici, vinoucí se od salvarsanu k penicilinu tento poslední skutečně konečnou stanicí? Těšíme se na budoucnost, že nám odpoví tak, jak si to přeje nespokojený lidský duch...“

PŘEDMLUVA K PRVNÍMU VYDÁNÍ

Od konce šedesátých let nebyla u nás publikována souborná práce o zobrazovacích metodách hlavy. Se zřetelem k jejich prudkému rozvoji nastává aktuální potřeba seznámit s nimi širokou lékařskou obec.

Konzervativní a zvláště operační léčba narůstajícího počtu onemocnění dýchacích cest, sluchového a zrakového ústrojí, úrazů a nádorů hlavy je nemyslitelná bez vyšetřování zobrazovacími metodami. Na jejich podkladě vznikly nové operační postupy ve všech oborech (např. funkční endoskopická endonazální chirurgie).

Monografie je výsledkem spolupráce kolektivu autorů převážně z Ústřední vojenské nemocnice a z 3. LF UK Fakultní nemocnice Královské Vinohrady v Praze – chirurgů (otorinolaryngologa, neurochirurga, stomatochirurga a oftalmologa) s radiology.

Publikace je doplněna řadou anatomicko-topografických schémat od jednoho ze zakladatelů otorinolaryngologie, prof. MUDr. Ervína Černého, DrSc. Obsahuje rentgenovou a magnetickou rezonancí zobrazenou anatomii (obrazové části na sebe navazují a částečně se překrývají) a základní patologické stavy paranazálních dutin, lební baze a obličejové části hlavy včetně indikace a porovnání zobrazovacích možností jednotlivých metod v korelaci s operačními nálezy. Dominantní obrazovou dokumentaci tvoří snímky výpočetní tomografie a magnetické rezonance. Je uveden stručný přehled topografické anatomie, patologických jednotek a názvosloví operačních postupů. Většina publikovaných vyobrazení byla klinicky i operačně ověřena.

Monografie vychází ze zkušeností se zhodnocením přibližně 15 000 snímků výpočetní tomografie, magnetické rezonance a ostatních typů zobrazení hlavy. Provedeno bylo přes 1600 endoskopických endonazálních operací a téměř 2500 ostatních druhů chirurgických výkonů na splachnokraniu i neurokraniu. Řada dílčích sdělení byla již publikována.

Vyobrazení jsou heslovitě doplněna technickými údaji, popisem anatomie a patologie, klinickou diagnózou a event. operačním nálezem včetně typu a efektu výkonu. Některé obrazy se zajímavými patologickými nálezy prezentujeme navzdory jejich horší technické kvalitě.

Rozsáhlejší zpracování tematiky paranazálních dutin a endoskopické endonazální chirurgie je dáno nejpočetnějším zastoupením zhodnocených snímků i operací, které vyplývá ze zaměření prvního autora a také z nárůstu onemocnění dýchacích cest populace.

Publikace je určena pro širokou lékařskou veřejnost. Užitečnou se stává i jako doplňková literatura pro studující medicíny a středních zdravotních škol.

Vážení čtenáři, dovoluji mi, abych se Vám jménem kolektivu autorů omluvil za značně opožděné vydání monografie, kterou jsme předali do tisku na podzim 1998. Nakladateli se ji nepodařilo vydat do konce roku 1998, jak původně inzeroval. Lituji, že již zastarala některá technická data, literární údaje i část obrazové dokumentace.

Bohumil Markalous

UDĚLENÍ CENY JOSEFA HLÁVKY ZA ROK 2000

Odborné porotě pro vědeckou a odbornou literaturu Nadace Český literární fond bylo předloženo několik desítek knižních publikací z různých vědeckých oborů včetně medicíny k udělení Ceny Josefa Hlávky za rok 2000. Odborná porota se rozhodla na své schůzi ze dne 14. 5. 2001 udělit po pečlivém zhodnocení recenzních posudků Cenu Josefa Hlávky dílu Markalous, Charvát a kol. s ilustracemi Ervína Černého Zobrazení hlavy – paranazální dutiny, lební baze a obličejová část, vydané v roce 2000 nakladatelstvím Maxdorf Jessenius. Kniha je dílem autorského týmu odborníků, převážně z ÚVN Praha a ze 3. LF UK FN Královské Vinohrady, a to z chirurgických oblastí (ORL, neurochirurgie, stomatochirurgie, oftalmologie) a radiologie.

V odůvodnění k udělení ceny je zdůrazněna originalita díla, a to jak po stránce obsahové, tak i formální.

Souborná práce o zobrazovacích metodách hlavy je vysoce aktuální, neboť poskytuje moderní pohled na diagnostiku onemocnění respiračního, sluchového, zrakového systému, úrazů a nádorů hlavy. V návaznosti na zdokonalenou zobrazovací techniku se zdokonalují i terapeutické postupy. V naší odborné literatuře jde z tohoto hlediska o vysoce originální dílo, jež svým obsahem zasahuje do řady systémů.

Hodnotící komise vzala v potaz rozsah zkušeností autorského kolektivu se zhodnocením asi 15 000 snímků výpočetní tomografie, magnetické rezonance a jiných zobrazovacích metod a tisícových kasuistik různých operačních metod.

Mimořádný význam mají i popisy anatomie a patologie a korelace nálezů s klinickou diagnózou.

Formální stránce nelze nic vytknout. Nezasvěceného laika nebo odborníka z jiné oblasti medicíny musí kromě množství dokumentace zaujmout i kvalita obrazového materiálu a již pouhé prolístování 417 stran nenechá na pochybách o pracnosti díla a o péči a vysoké odborné kompetentnosti autorů.

K celému dílu mám i určitý osobní vztah, o němž se zmíním i s vědomím, že může sice vyvolat klamný dojem a tím, že může být pojat jako povýšení subjektivního pocitu nad vědeckou objektivitu, jenž však je projevem nesmlčitelného obdivu uměleckých anatomo-topografických schémat, tedy obdivu nad ilustrátorským uměním profesora dr. Ervína Černého, DrSc., excelentního otorinolaryngologa, jednoho ze zakladatelů této oblasti naší medicíny, ale také malíře, archeologa, geologa, přírodovědce, filozofa, nositele četných vyznamenání, laureáta nejvyššího ocenění ČLS JEP, Purkyňovy ceny atd., a mohu-li říci i mého přítele. Jsem hluboce přesvědčen, že polyhistor, ojedinělý v nynější době, vědec i umělec Ervín Černý dodal dílu zcela uměleckou hodnotu a propojil tak v tomto impozantním díle vědu s uměním, obě na mimořádně obdivuhodné výši.

Dílo by zasloužilo, aby překročilo hranice této země. Nevím, jestli se tak stane. Každopádně ale zůstane historickým mezníkem v naší medicínské literatuře a bude pro další medicínské generace dokladem důmyslu, péle i umění odborné generace naší doby. Zůstane i důstojnou archiválií české medicínské literatury z posledního roku 20. století.

Dovolte mi, abych jménem Nadace Český literární fond i Nadání Josefa, Marie a Zdeňky Hlávkových gratuloval autorům k udělení Ceny Josefa Hlávky s vědomím, že jde o skvělý triumf české medicínské literatury.

profesor MUDr. Jaroslav Blahoš, DrSc.,
předseda České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně

PŘEDMLUVA KE DRUHÉMU VYDÁNÍ

Jaké jsou důvody přepracování a rozšíření monografie Zobrazení hlavy?

Lékařská veřejnost projevuje trvalý zájem o tuto téměř encyklopedicky zpracovanou, atlasu se blížící publikaci, která se mimo jiné stala součástí povinné literatury před atestacemi z oboru radiologie. Za šest let od prvního vydání považují autoři za vhodné doplnit knihu o nové poznatky a rozvíjející se zobrazovací metody.

Co je nového ve druhém vydání Zobrazení hlavy?

Nakladatel výrazně zlepšil typografickou a technickou kvalitu knihy, zejména obrazové části. Menší počet klinicky zajímavých obrazů však prezentujeme navzdory jejich horšímu technickému stavu.

Provedli jsme technické opravy textu a některých obrazů z prvního vydání knihy.

Rozšířený kolektiv autorů částečně aktualizoval monografii, zůstává však mnoho rezerv. Prezentace nových poznatků i zobrazovacích metod byla limitována ochotou jednotlivých autorů k jejich realizaci. Proto odkazujeme na zvětšený seznam literatury uvedený v závěru knihy.

První vydání knihy z roku 2000 mělo 417 stránek A4 formátu a obsahovalo 990 obrazů. Druhé upravené a rozšířené vydání je větší přibližně o polovinu stránek i vyobrazení. Obsahuje 659 stran A4 formátu, 40 tabulek a celkem 1 773 obrazů, z nichž 1 515 tvoří snímky různých zobrazovacích metod (nejčastěji CT) a 258 představují topograficko-anatomické kresby. 172 topograficko-anatomických obrazů, převážně z prvního vydání monografie, namaloval prof. MUDr. Ervín Černý, DrSc.

Popisky i grafickou úpravu obrazů a kompozici obrazových stránek včetně zhotovení barevných fotografií vytvořil Bohumil Markalous.

Nové a/nebo zásadně rozšířené kapitoly

- Jsou doplněny a zkvalitněny obrazy a schémata v kapitolách Anatomie ve většině oddílů a přidány fotografie lebky a lební baze
- Do kapitol Patologie jsou přidány některé zajímavé obrazové nálezy
- Multidetektorová (multislice) CT – MDCT
- Virtuální zobrazení CT
- Magnetická resonance
- Ultrasonografie doplněna o vyšetřování slinných žláz a paranasálních dutin B metodou
- Pozitronová emisní tomografie (PET)
- Pozitronová emisní tomografie kombinovaná s výpočetní tomografií (PET/CT)
- Navigovaná chirurgie
- Systémové choroby s projevy rinosinusitid
- Dekomprese orbity a zřakového nervu
- Konvenční rentgenografie zubních a alveolárních lézí
- kapitola Slinné žlázy rozšířena o podčelistní a podjazykovou žlázu
- Krční páteř
- Hlavové nervy
- Otvory a kanálky lební baze
- Cévní onemocnění hlavy a krku – intervenční angiografie – neuroradiologie
- Digitální radiografie

V monografii Zobrazení hlavy znázorňujeme splanchnokranium i neurokranium (definice viz s. 298), avšak nezobrazujeme v celé šíři mozek. Důvodem je, že problematika zobrazování i klinických nálezů mozku je natolik odlišná a rozsáhlá, že jsme ji vzhledem k zaměření hlavních autorů záměrně nezahrnuli do knihy.

Bohumil Markalous

HISTORIE, VZNIK A VÝZNAM ZOBRAZOVACÍCH METOD

Nikdo asi netušil, jak dalekosáhlý význam bude mít skutečnost, že si pan C. W. Roentgen dne 8. listopadu 1895 v podvečer všiml ve své laboratoři během práce s katodovými trubnicemi zajímavého jevu. Došlo totiž k zazáření krystalů kyanidu platnatobarnatého ležících náhodně v blízkosti pokusu. Prakticky od této chvíle lze datovat objev dosud neznámého druhu záření (X) a vznik zcela nového oboru, rentgenologie. Tato zobrazovací metoda znamenala pro medicínu obrovský přínos a hned od svého počátku zaujala velmi rychle pozornost většiny lékařů.

Rentgenologie zaznamenala během uplynulého století neuvěřitelný rozmach. Současně užívaná skiagrafická a skiaskopická technika je vysoce výkonná a z hlediska radiační hygieny bezpečná, protože se využívají moderní technologie, zvláště při konstrukci rtg zářičů. Přístroje se vybavují automatickou expozicí a připojují k systémům s laserovou kamerou a vyvolávací komorou v monoblokovém uspořádání, kde je možnost nastavení různých režimů. Kazety s vysoce citlivými filmy mají ostře kreslicí fólie a mohou být automaticky nabíjeny popřípadě dopravovány transportéry na jednotlivá pracoviště. To je podmíněno mimo jiné užitím mikroprocesorů a počítačových systémů.

Velmi důležitým objevem, rovněž hodným Nobelovy ceny, byla výpočetní (počítačová) tomografie, CT (M. L. Cormack, G. N. Hounsfield), jejíž zavedení do klinické praxe v roce 1973 vlastně znamenalo převrat v diagnostickém zobrazování. Obrazy na CT jsou na rozdíl od konvenčních rentgenových metod nesumační a geometricky nezkrácené díky způsobu rekonstrukce obrazu z velkého počtu odlišných projekcí (princip uveřejnil matematik Radou v roce 1917). Při CT vyšetření lze měřit hustotu zobrazovaných tkání a, což je nejdůležitější, obraz vzniklý na displeji je konstruován z obrazových prvků (čtverečků). Výsledný obraz je tedy vypočítán, na rozdíl od dosud klasické analogové (spojité) formy obrazových záznamů pořízených např. kinokamerou, multiformátovou kamerou, videomagnetofonem apod. Přes určité problémy digitálního zpracování, jako je rozlišovací schopnost a nákladnost, je tento způsob zobrazování nesmírně progresivní a rychle též proniká do ostatních forem radiodiagnostických metod. „Digitální“ obraz lze archivovat na vhodných médiích, přenášet na dálku optickým kabelem nebo jinými telekomunikačními pojítky a, což je nejdůležitější, s těmito obrazy lze manipulovat. Klávesnice CT přístroje nebo zobrazovací stanice je uspořádána a ovládána podobně jako u osobního počítače. Pro personál provádějící určité vyšetření je potom otázkou času a erudice,

jak využít všechny možnosti moderních CT přístrojů, např. spirální program, dynamické studie, vysoké rozlišení apod. Výpočetní tomografie je dnes již nepostradatelnou metodou zejména u polytraumat a urgentních stavů.

V současnosti je nejdokonalejší zobrazovací metodou magnetická rezonance, MR. Je založena na změně chování jader některých atomů, nejčastěji vodíku, ve tkáních v silném magnetickém poli po aplikaci vysokofrekvenčních impulsů. Objevitelé magnetické rezonance F. Bloch a E. M. Purcell dostali Nobelovu cenu už v roce 1952, tehdy se však tato metoda používala pouze pro spektroskopii v laboratořích analytické chemie. V klinické praxi se MR využívá od roku 1980 a její vývoj i uplatnění v medicíně předčil všechna očekávání. Magnetickou rezonanci lze bez nadsázky označit za vrcholnou metodu diagnostického zobrazování. Přínos informací, dokonalost obrazů a nepřetržitý dynamický rozvoj s uplatňováním ve všech medicínských oborech dává této metodě na celém světě „zelenou“. Výhrady úředníků některých ministerstev nebo pseudoodborníků zdravotních pojišťoven k vysoké ceně nic nemění na progresivitě a významu uvedené modalitě, což se týká také výpočetní tomografie.

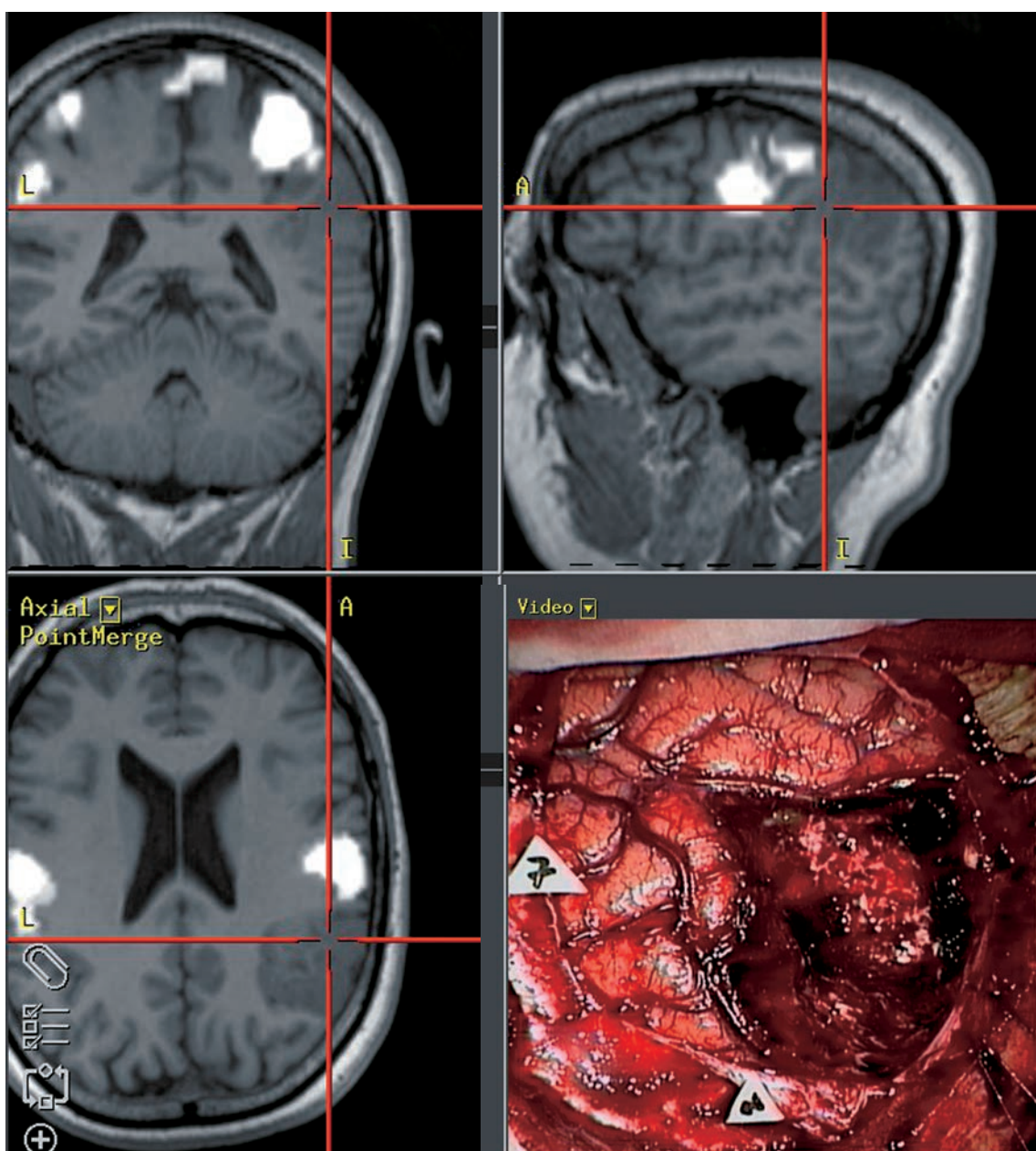
Digitalizace v současnosti proniká do řady oborů a v medicíně již hovoříme o novém odvětví zobrazování, digitální radiografii nebo výpočetní radiografii. Kromě CT a MR se stále častěji zavádějí techniky umožňující získání takto zpracovaného obrazu u dalších metod. Jde nejen o digitální subtrakční angiografii, DSA, ale též o běžnou konvenční radiodiagnostiku, ultrasonografii, eventuálně metody nukleární medicíny.

Některé nemocnice ve vyspělých zemích užívají dokonalé systémy propojení pracovišť a archivace dat včetně digitálních obrazů (PACS). Jakýkoliv obraz v síti lze kdykoliv a kdekoliv vyvolat na obrazovce terminálu, např. na operačním sále. Dokonce na Mayo klinice v Rochesteru (Minnesota, USA) lze např. prohlížet aktuálně prováděné CT vyšetření v tisíce kilometrů vzdálené nemocnici v Miami, obrazové signály jsou přenášeny družicovým systémem. S využitím vhodných softwarových programů lze s digitálními obrazy dále pracovat, např. kombinovat nebo subtrahovat výpočetní tomografii s ultrasonografií, popř. magnetickou rezonanci se scintigrafií, nebo provádět různé typy rekonstrukcí včetně třídimenzionální (3D). Lékař se tak dostává až do „kouzelného“ světa virtuální reality. Na obrazovce může barevně odlišit např. svaly od skeletu, oddělit z lebky orgány očníce, plánovat a simulovat různé typy operací, animovat objekty apod.

Lékaři v Ústřední vojenské nemocnici v Praze dnes mají k dispozici prakticky všechny modalidy diagnostického zobrazování. V nově vybudovaném, moderně řešeném pavilonu lze provádět řadu jak neinvazivních, tak invazivních nebo intervenčních postupů. Je také možno využívat archivů z minulých dob, některé u nás zavedené metody a typy vyšetření jsou v českých zemích prioritní. V minulosti to byla např. angiografie a výpočetní tomografie, v současnosti se výrazně uplatňují též ostatní

metody diagnostického zobrazování, zejména magnetická rezonance.

Počátky koncipování prvního vydání publikace se překrývají se stoletým výročím objevení paprsků X. Tato okolnost je pro všechny autory inspirujícím i zavazujícím faktorem a možností prakticky ukázat na obrovský význam a pokrok jak v diagnostickém zobrazování, tak i v léčbě onemocnění viscerokrania.



Obr. 1.1 | Peroperační navigace MR po fúzi s funkční MR, bílé okrsky – motorika levé horní končetiny, odpovídá stimulaci kůry mozku (značka 7) na peroperačním videu po resekci mozkového nádoru

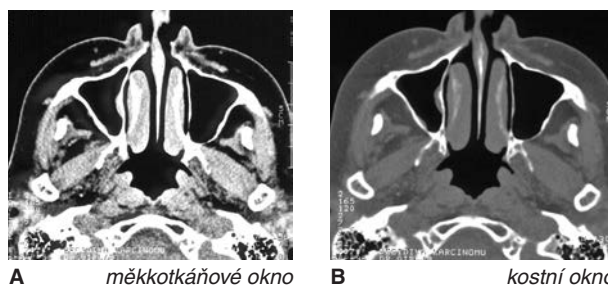
1 METODIKA VYŠETŘOVÁNÍ ZOBRAZOVACÍMI METODAMI*

1.1 VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE

1.1.1 PRINCIP

CT je rentgenová metoda, která využívá počítač pro získání transverzálních vrstev s vyloučením překrývání. Tělem pacienta prochází úzce cloněný svazek záření vějířového tvaru při současném pohybu po kruhové dráze. Záření je odlišnými tkáněmi v různém stupni zeslabováno. Vzniklý absorpční profil je zachycen věncem detektorů, který má až 1000 čidel. Po převodu na digitální hodnoty se tento absorpční profil zavede do počítače. Z různých projekcí je možno z hodnot zeslabení rekonstruovat vrstevný obraz, přičemž počítač vypočítá pro každý bod (drobná částice – hranolek lidského těla s minimálním objemem např. $1,3 \times 1,3 \times 1$ mm – tzv. *voxel*) příčného průřezu těla průměrnou hodnotu hustoty (density). Transverzální vrstva lidského těla je tvořena více než čtvrt milionem voxelů. Detektory zjistí vždy počet absorpcí všech voxelů, kterými paprsek prošel. K určení absorpce každého voxelu je zapotřebí, aby záření prošlo každým voxelem opakovaně pod nejrůznějšími úhly. Počítače CT pracují při zjišťování absorpčních hodnot jednotlivých voxelů na principu *Fourierových transformací* s postupnou skladbou a zpětnou projekcí dílčích dat. Rekonstrukční čas se shoduje nebo je jen o několik sekund delší než skenovací doba.

Různé hodnoty zeslabení záření se objeví jako různé stupně šedi na televizní obrazovce. Protože lidské oko je schopno rozeznat přibližně 20 stupňů šedi, můžeme si vybrat určitý rozsah hodnot zeslabení s malými rozdíly absorpce pomocí tzv. *šířky a polohy okénka* a zobrazit je



Obr. 1.1 A, B II Snímky téhož nemocného. CT – axiální rovina v úrovni čelistních dutin

diferencovaně a detailně tak rozlišit jednotlivé tkáně (viz odd. 1.1.2):

- *Kostní struktury* se lépe zobrazují užitím tzv. *kostního (širokého) okna* (window bone) 1200 až 3000 Hounsfieldových jednotek (HU) s centrací 150 až 700 HU
- *Měkké tkáně* se dobře znázorňují v tzv. *úzkém měkkotkáňovém oknu* (soft window) 150 až 500 HU s centrací okolo 35 až 70 HU

Vhodnou kombinací technických parametrů se tak dosáhne optimálního znázornění určitých anatomických lokalit. Například pro hodnocení paranasálních dutin (VDN) při nekomplikované sinusitidě užíváme kostní okno 1200 až 1300 HU s centrací 150 až 200 HU (viz odd. 1.1.3), kdy se přehledně a diferencovaně zobrazí jak kostní, tak i měkkotkáňové struktury.

Pomocnými prostředky pro hodnocení obrazu jsou měření vzdálenosti, denzity v oblasti zájmu (region of interest – ROI) a sekundární rekonstrukce obrazu v jiných obrazových rovinách a 3D CT. Nálezy se dokumentují na rentgenových obrazech, záznam dat je na magnetické páse nebo na disketách, dnes nejčastěji na optických discích.

* K této kapitole náleží: Dodatek k oddílu 1 – Digitální radiografie a Dodatek k oddílu 1.1.1, 1.1.11 – Výpočetní tomografie s. 604.

Tabulka 1.1 Běžné hodnoty denzity (v HU) orgánů, tkání a produktů patologických procesů v oblasti hlavy a krku

objekt	denzita
voda	0
plyn	-1000
kompakta kosti, kov	+1000 až +2000
kalcifikace	více než +60
tuk	-70 až -120
mízní uzliny	+35 až +40
horní cesty dýchací: sliznice, polyp, jizva, granulace, zahuštěný sekret	+20 až +40
sval	+35 až +50
krev v aortě	+31 až +45
mozkomíšní mok	+3 až +14
šedá hmota mozková	+30 až +40
bílá hmota mozková	+25 až +32
otok mozku	+18 až +26
čerstvý mozkový infarkt	+22 až +26
starý mozkový infarkt	+10 až +16
čerstvý hematom	+65 až +85
starý hematom	+18 až +40
zakrvácená tkáň	+50 až +100
absces – stěna	+28 až +35
absces – obsah	+15 až +25
cysta	+1 až +15
nekrózy	+19 až +25
nádory všeobecně	+30 až +50
lipom	-40 až -120
metastázy	+25 až +50

1.1.2 DENZITA TKÁNÍ (HOUNSFIELDOVY JEDNOTKY)

Kvantitativní hodnocení hustoty – denzity tkáně (absorpčních vlastností tkáně) se udává v tzv. *Hounsfieldových jednotkách* (Hounsfield unit – HU, Hounsfield Einheit – HE). Jednotlivé orgány a tkáň těla mají typické hodnoty hustoty (tab. 1.1). Celá stupnice HU má nejčastěji 4000 stupňů a nazývá se denzitní nebo Hounsfieldova stupnice.

Tabulka 1.2 Technické parametry vyšetření CT (zařízení Somatom Plus firmy Siemens)

parametry	VDN	orbita	lební baze	mozek	hypofýza	nosohltan
rovina snímkování	K, A	K, A	K, A	A, (K)	K, A, (S)	K, A
šíře vyšetřovací vrstvy (mm)	2	3	3	10	3	5
posun stolu (TF – table feet, mm)	2–4	3	4	10	3	5
program	high	standard soft	standard high	standard	standard	standard
kilovolt	120	120	120	120	120	120
miliampér/sec.	330–500	330–500	330–500	330–500	330–500	330–500
window bone (HU)	1200–1300	1200–1300	3000	3000	–	–
– centrace (HU)	150–200	150–200	700	700	–	–
window soft (HU)	350	180	60	180	250–300	–
– centrace (HU)	50	45	40	45	50	–
zvětšení (zoom)	3–4	3–4	3–4	3–4	3–4	3–4

pozn.: roviny: K – koronární, A – axiální, S – sagitální

Základními body této stupnice jsou hustota vody (0 HU), vzduchu (-1000 HU) a kompakty kosti (+2000).

1.1.3 PROTOKOL VYŠETŘENÍ CT, TOPOGRAMY, KONTRASTNÍ LÁTKY

V tabulce 1.2 jsou uvedeny technické parametry vyšetření CT, která provádíme (v ÚVN Praha) na zařízení Somatom Plus firmy Siemens, Erlangen, SRN.

CT VDN: uvedený algoritmus standardně volíme při snímkování pro nekomplikovanou sinusitidu. Jde o určitý kompromis, aby při relativně nejmenším počtu snímků a shodných parametrech byla co nejlepší přehlednost jak sliznice a ostatních měkkých tkání v okolí VDN, tak i kostních struktur.

Jde-li o sinusogenní komplikaci nebo jiné onemocnění VDN (úrazy, nádory, vývojové anomálie aj.), závisí volba a změna jednotlivých parametrů i způsobu a typu CT vyšetření na charakteru a rozsahu patologického nálezu (viz odd. 1.8).

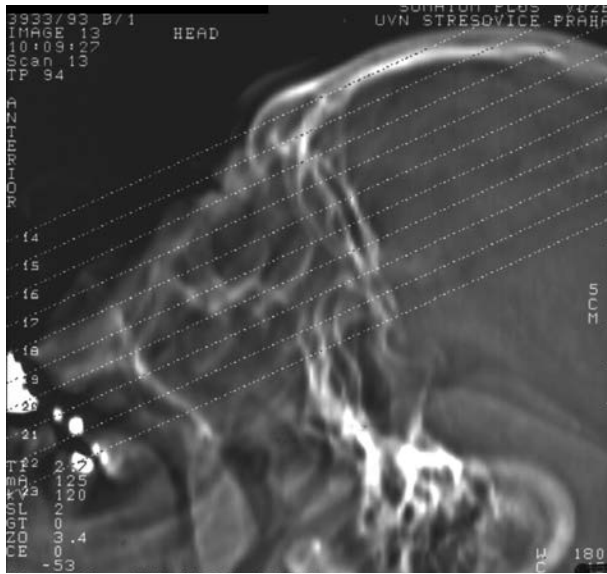
Velikost jednotlivých snímků na rentgenových filmech nebo v tištěné formě by měla být nejméně 8×8 cm (pokud nejsou hodnoceny z monitoru počítače). Jsou-li obrazy menší, obtížně se klinikům odečítají a nemohou se v nich orientovat při operacích.

Topogramy (viz odd. 1.1.11)

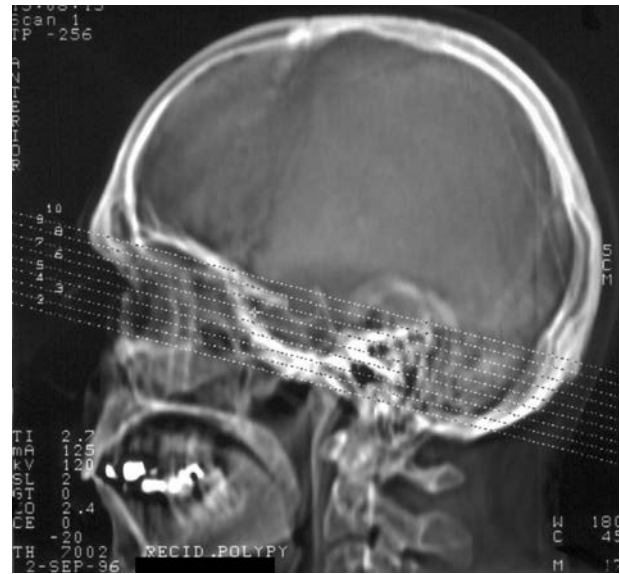
Axiální rovina: linie snímkování je paralelní s infraorbitomeatální přímkou nebo tvrdým patrem. Nemocný leží na zádech, hlavu má na rovné podložce.

Koronární rovina: linie snímkování je kolmá na infraorbitomeatální přímkou nebo na tvrdé patro. Nemocný leží na zádech (nebo na břiše) s hlavou v hyperextenzi.

Pro vyšetření VDN (zobrazení nazofrontálního přechodu), lební baze (LB) a mozku může být rovina sním-



A CT topogram koronární rovina



B CT topogram axiální rovina

Obr. 1.2 A, B Topogram pro vyšetření VDN při nekomplikované sinusitidě





Obr. 1.5 Schéma pro vyšetřování nosohltanu

Z neionických KL se u nás používá Iopamiro (Iopamidol), Omnipaque, Ultravist a Iomeron. Jde o neiontové molekulární roztoky s nízkou osmolalitou. Používají se k intravaskulární aplikaci (vhodné zejména k vyšetření mozkových cév) a některé z nich i k „intratekální aplikaci“ (Iopamiro, Omnipaque, Isovist).

Lipiodoly (Lipiodol ultrafluid aj.) se aplikují při sialografii. Nevýhodou je dlouhé přetrvávání ve tkáních s jejich možnou iritací.

CT po intravenózní aplikaci kontrastní látky

Postkontrastní CT: bolus KL se zpravidla aplikuje po referenčním skenu a vyšetřuje se oblast zájmu.

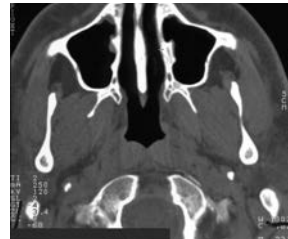
Kontrastní CT: KL se aplikuje při skenování, kdy se každý snímek vyhodnotí a pak následuje posun stolu. U modernějších přístrojů lze vyšetřovat tenké vrstvy a s pomocí programu CINE pak lze získat dynamické obrazy (vhodné např. ke sledování perfúze tkání u některých tumorů mozku).

Spirální CT: kontinuální rotace rentgenky a kontinuální posun stolu s pacientem. Výhodou je optimální načarování bolusu KL, nevýhodou zvýšení radiační dávky.

Optimální je *podání KL automatickým injektorem* v množství přibližně 50 až 150 ml rychlostí 2 ml/s. Jsou zvýrazněny tkáně se zvýšenou vaskularitou a stupeň tohoto většího kontrastu lze odhadovat podle srovnání se zvýrazněním velkých cév.

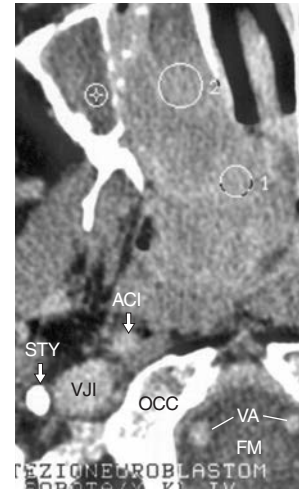
Indikace: cévní, nádorová onemocnění a zánětlivé sinusogenní komplikace. Doplnjuje se eventuálně o MRA, DSA.

Pro ostatní indikace se intravenózní aplikace KL užívá jen výjimečně: při akutní sinusitidě je nápadnější zvýraz-

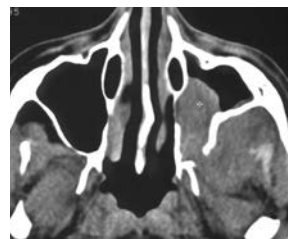


A *nativní CT*

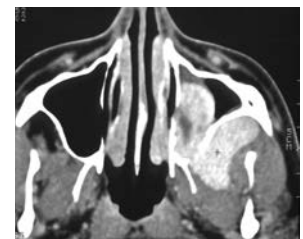
Obr. 1.6 A, B Oba snímky v axiální rovině. Obr. A: normální nález. Obr. B: estezionauroblastom VDN s propagací do nosohltanu vpravo se po podání KL výrazně dosycuje. Condylus occipitalis (OCC), processus styloideus (STY), ACI, VJI, foramen magnum (FM), aa. vertebrales (VA)



B *postkontrastní CT*



A *nativní CT*



B *postkontrastní CT*

Obr. 1.7 A, B Snímky téhož nemocného v axiální rovině. Histiocytom čelistní dutiny s propagací do fossa infratemporalis. Tumor působí osteolýzu mediální a laterodorzální stěny levého antra

nění sliznice než při chronickém zánětu nebo v jizvě. Je možné také rozlišení mezi zánětlivým polypem (zvýšení kontrastu) a alergickou polypózou, při níž nedochází ke zvýraznění.

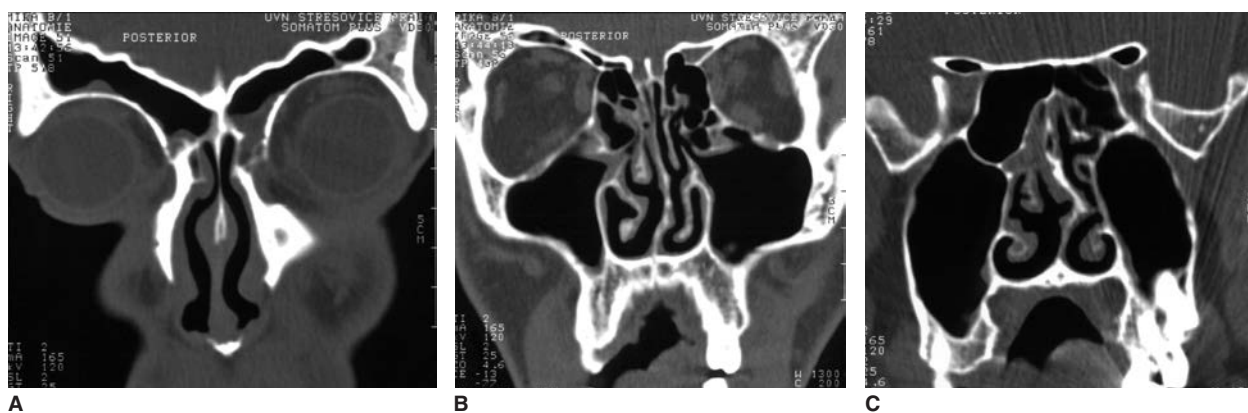
Nevýhody: možnost alergické reakce, zejména anafylaktického šoku (nezbytná je rychlá dosažitelnost anesteziologa). Ionické KL mají vysokou osmolaritu, která je hlavní příčinou nežádoucích účinků, jako jsou bolest, nesnášenlivost a výskyt toxických efektů.

Kontraindikace intravaskulárního podání KL

- Alergie na jodovou KL a polyvalentní alergie. V obou uvedených případech hrozí až anafylaktický šok
- Akutní ischemická cévní mozková příhoda (riziko neurotoxického působení, v nezbytných případech lze užít isoosmolární neiontovou KL v redukované dávce)
- Renální insuficience
- Hypertyreóza (riziko zhoršení tyreotoxikózy po 2 až 3 týdnech po aplikaci KL v důsledku zvýšeného přívodu jodu)
- Paraproteinémie s vylučováním Bence-Jonesovy bílkoviny

Příprava nemocného před intravenózním podáním KL

- Pacient je nejméně 4 hodiny před vyšetřením na lačno, při neodkladném vyšetření se pacient zajistí nazogastri-ckou sondou (riziko aspirace zvratků)



Obr. 1.8 A, B, C Limitovaná CT VDN v koronární rovině



Obr. 1.9 A, B, C Limitovaná CT VDN v axiální rovině

- U alergiků lze podat prednison 20 mg 3krát po 6 hodinách před vyšetřením, nebo lze aplikovat 1 hodinu před vyšetřením 200 až 300 mg hydrokortisonu intravenózně
- Na pracovišti musí být možnost kompletní resuscitace včetně přítomnosti anesteziologa

1.1.4 KONVENČNÍ RENTGENOGRAFIE NEBO CT PARANAZÁLNÍCH DUTIN?

(indikace CT VDN viz odd. 1.8)

Konvenční rentgenografie (RTG), polytomografie, stejně jako RTG po nástřiku kontrastní látky do VDN, se pro malou výpovědní hodnotu v současnosti nahrazují CT, MR, eventuálně dalšími metodami (viz odd. 1.8).

RTG (Watersova poloaxiální projekce a boční snímek lebky) podává informaci o velkých vedlejších dutinách nosních – čelní a čelistní. Nepostihuje však dostatečně kostní ani měkkotkáňové změny v čichových sklepech, klínové dutině a jejím okolí, ani struktury laterální nosní stěny a ostiomeatální jednotky. Ty mají zásadní význam pro patofyziologii VDN, a tedy i pro endoskopickou chirurgii.

Teprve rozvoj vyšetření CT umožnil detailní zobrazení uvedených kostních struktur i slizničních změn

VDN a okolních anatomických oblastí. Při porovnání CT a RTG je falešně normální nález na klasických snímcích ve 39 % případů u čelistních dutin, čichové sklípky nelze vůbec srovnávat.

RTG VDN se nadále užívá jak z ekonomických důvodů (dostupnost), tak i ze zvyku. Vyhovuje sice pro diagnostiku akutních nekomplikovaných sinusitid (v těchto případech však většinou snímkovat nemusíme), menších úrazů obličejového skeletu nebo pro základní orientaci při nádorovém onemocnění; ale chirurgovi dnes většinou nepostačuje.

Srovnáním CT a RTG u chronických rinosinuitid dětské populace byly prokázány na CT ve 46 % případů patologické změny, které nebyly při RTG zobrazeny. I při konzervativní léčbě chronické sinusitidy je pro klinika užitečná informace o stavu ostiomeatální jednotky a čichových sklepků, neboť je řada stavů, zvláště kostních variací, které mají bezprostřední vliv na drenážní a ventilační poměry nosní dutiny a VDN, a nepřímo se tak podílejí na úspěchu neoperační léčby a na perzistenci nebo recidivách onemocnění dýchacích cest. Na podkladě zhodnocení CT snímků VDN může klinik zvolit optimální metodu místní i celkové neoperační i operační léčby. Tento přístup je efektivní, zkrátí se morbidita, a tím i náklady na vyšetřování a terapii.

Pro běžná vyšetření by místo zhotovení RTG postačovala tzv. *limitovaná CT VDN* třemi snímky v *koronární rovině* v úrovni předních čichových sklepků, OMJ a klínové dutiny. Možné je také limitované zobrazení VDN

v *axiální rovině* třemi snímky v úrovni klinoidálních výběžků, n. II a středu čelistní dutiny. Podle nálezu na CT a dalšího klinického průběhu i plánu léčby lze následně doplnit CT obrazy ve více vrstvách.

Na počátku lehčí sinusitidy léčené konzervativně, nejsou-li retenční příznaky a nehrozí-li komplikace, není nezbytné provádět RTG nebo CT. Také opakované snímkování s odstupem jednoho až dvou týdnů při akutní sinusitidě pro tzv. kontrolu stavu VDN (detekce přetrvávajícího zastínění nebo hladinky) není účelné. Vede jen ke zvyšování radiační zátěže populace, zejména dětské, a přitom nemá větší diagnostickou hodnotu, neboť léčba se musí řídit především podle klinického nálezu. Rentgenování je možné nahradit sonografií VDN.

Proto je výhodné k posouzení stavu sliznice VDN zhotovovat CT za 6 až 8 týdnů po odeznění recidivy akutního zánětu nebo konzervativní léčbou zklidněné chronické a zejména alergické rinosinusitidy. Pak lze dobře posoudit tzv. *zbytkovou, reziduální slizniční nemoc* a zvážit klinický význam i eventuálních kostních anatomických variací VDN, které jsou přehledněji zobrazeny. Po zhodnocení této CT se můžeme lépe vyjádřit k charakteru a prognóze onemocnění i způsobu léčby.

Jestliže navzdory konzervativní léčbě (včetně punkcí čelistních dutin) přetrvává nebo progreduje akutní maxiloetmoiditida a frontoetmoiditida, indikujeme operační řešení – endoskopickou endonazální chirurgii. Neopakuje se však RTG (provádí se zpravidla na počátku těžší sinusitidy), ale zhotovujeme přímo CT VDN, která potvrzuje rozsah zánětlivých změn a slouží k plánování rozsahu chirurgického výkonu. Během operace jsou CT snímky umístěny paralelně s televizním monitorem a chirurg průběžně porovnává endoskopický obraz s jednotlivými CT obrazy (viz také Navigovaná chirurgie, odd. 1.7).

Pro preferenci CT před RTG je také významné, že *radiační zátěž* při obou vyšetřeních je přibližně srovnatelná. Často se dostáváme do situace, kdy nemocný odeslaný ke konziliárnímu vyšetření a k indikaci operace VDN přinese objemný svazek několika, většinou 4 až 7 poloaxiálních a stejný počet bočních snímků RTG, provedených v intervalu půl až jednoho roku. Pokud takového pacienta musíme operovat, odesíláme jej, bohužel, k dalšímu rentgenování – zhotovení CT VDN (není-li nebezpečí z prodlžení, raději s časovým odstupem od poslední provedené RTG).

Cenově je zhotovení CT snímků VDN oproti RTG finančně náročnější. Uvážíme-li však uvedené výhody CT, není jistě pochyb, že v zájmu nemocného je upřednostňování CT před RTG.

1.1.5 CT PARANAZÁLNÍCH DUTIN V KORONÁRNÍ ROVINĚ (viz také odd. 1.8)

Redukovanou CT VDN v koronární rovině (9 až 11 snímků od kořene nosu po střed klínové dutiny) provádíme u ne-

komplikované sinusitidy při postižení čelní a čelistní dutiny a předních čichových sklepů (viz odd. 1.1.3).

Zobrazení jen v koronární rovině volíme proto, že nejčastěji jsou patologicky změněny právě přední čichové, čelistní a eventuálně čelní dutiny, které ústí do OMJ (viz obr. 1.8 B s. 25 a 2.25, 2.28 s. 74–75). A právě tyto přední VDN a OMJ (tvar, pneumatizace nebo sklon střední skořepky, uncinátního výběžku a etmoidální buly) jsou lépe zobrazeny v koronární rovině než v axiální rovině. Dobře jsou patrné agger nasi a Hallerovy sklepy, hypoplazie nebo hyperpneumatizace a ostatní variace VDN. Frontální reces, sklípky agger nasi a slzovod leží ve společné koronární rovině (viz obr. 2.25 s. 74). Také tvar a struktury orbity, lamina cribrosa a LB jsou v této rovině dobře znázorněny. Při plánování operačního zákroku v předních horních čichových sklepech (sklípky agger nasi a laterální reces) a zvláště pro přístup do čelní dutiny (frontální sinotomie – drenáž čelní dutiny) je CT v koronární rovině přínosná. Lze odhadnout nejen tloušťku kosti, ale i tvar a rozměry VDN. *Zobrazení se tak blíží endoskopickému pohledu při endonazálním operačním postupu.*

1.1.6 CT PARANAZÁLNÍCH DUTIN V AXIÁLNÍ ROVINĚ (viz také odd. 1.8)

Na snímcích v axiální rovině posuzujeme celkovou šíři a tvar VDN, vztah čichových sklepů a klínové dutiny k orbitě, n. II a ACI. Přehledně je zobrazen nazofrontální přechod a LB, fossa pterygopalatina, různé tvary čichových sklepů v úrovni n. II aj. (viz odd. 2.3.1).

Redukovanou CT VDN v axiální (5 až 7 snímků od předních klinoidálních výběžků po dno sfenoidálního sinu, viz odd. 1.1.3) a současně v koronární rovině zhotovujeme, jsou-li klinické příznaky zánětu také v zadních čichových sklípčích a klínové dutině.

*Při nekomplikované sinusitidě lze VDN zobrazit redukovanou CT v axiální rovině. Pro obdobné znázornění v koronární rovině bychom potřebovali nejméně dvojnásobný až trojnásobný počet snímků. Běžně však vystačíme s redukovanou CT VDN. Právě touto *cílenou (redukovanou) kombinací obou projekcí v koronární i axiální rovině* snížíme na minimum radiační zátěž pacienta a zároveň dosáhneme maximální výtěžnosti CT pro odborné hodnocení. Zobrazování čelistní dutiny v axiální rovině nepovažujeme za přínosné, neboť ji dobře posoudíme ze snímků v koronární rovině včetně jejího vztahu k orbitě. Navíc je dobře přístupná endoskopickému pohledu během operace.*

*Při sinusogenní komplikaci nebo jiném onemocnění VDN zhotovujeme *podrobnou CT celé lebky, kterou eventuálně doplňujeme dalším vyšetřením.**

Limitovaná CT VDN viz odd. 1.1.4.

1.1.7 REKONSTRUKČNÍ SNÍMKY CT (viz také odd. 1.1.11)

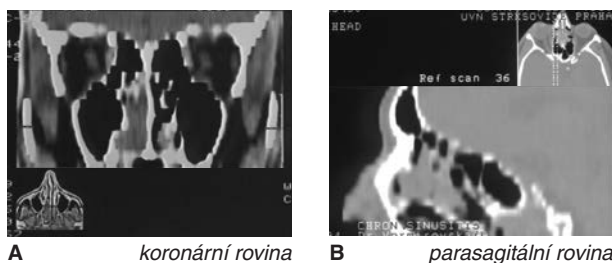
Při tomto vyšetření získáváme lepší prostorovou orientaci, avšak nelze vždy detailně posoudit jemné anatomické struktury. Rekonstrukci volíme u závažných stavů a v případech, kdy nelze zhotovit CT vyšetření v axiální nebo v koronární rovině. Rekonstrukci v *sagitální rovině* provádíme při posuzování tvaru, tloušťky a eventuální destrukce kosti nazofrontálního přechodu (např. při plánování frontální sinotomie), stropu etmoidů a tureckého sedla.

Hodnocení laterální stěny nosní v sagitální rekonstrukci nám již nepřináší další podstatné informace.

Rekonstrukci v *koronární rovině* volíme při nemožnosti záklonu hlavy nemocného, kterého pak lze snímkovat jen v axiální vrstvě.

Při větším množství zubního amalgámu se lze *artefaktům* v koronární rovině někdy vyhnout změnou sklonu roviny snímkování nebo posunem jednotlivých snímků. Nelze-li dosáhnout přijatelného zobrazení, pak raději provádíme koronární rekonstrukci z axiálních CT obrazů.

V současnosti se zavádí MDCT (viz s. 29).



Obr. 1.10 A, B CT rekonstrukční skeny VDN

1.1.8 VYSOKOROZLIŠOVACÍ CT (HIGH RESOLUTION CT, HRCT)

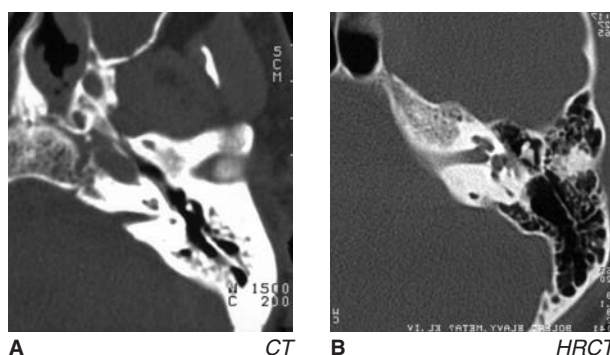
Jde o kombinaci tenkých CT vrstev (kolimace paprsku 0,7 až 1 mm) zpracovaných rekonstrukčním algoritmem s vysokým prostorovým rozlišením v tzv. ultra high- nebo high-frequency resolution algorithm. Šířkou zobrazované vrstvy a použitým rekonstrukčním programem se HRCT liší od standardních CT skenů.

Využití

- Difúzní plicní onemocnění
- Znázornění nervových a cévních kanálků, foramin, sutur či destrukce lební baze aj. U zlomenin a u případů s likvoreou lze zachytit i drobnou fisuru lební spodiny
- Vhodnou centrací okénka lze rozlišit i měkkotkáňové struktury skalní kosti
- Při diagnostice nemocí středního a vnitřního ucha se dobře zobrazují středoušní kůstky i labyrint

Tabulka 1.3 Technické parametry vyšetření HRCT lební baze (zařízení Somatom Plus firmy Siemens)

parametr	údaj, hodnota
rovina snímkování	axiální, koronární
šíře vyšetřovací vrstvy (mm)	1–2
posun stolu (mm)	1–2
program	high
kilovolyty	120
miliamper/sec.	330–500
window bone (HU)	3000
– centrace (HU)	700
zvětšení (zoom)	3–4



Obr. 1.11 A, B Spánková kost v axiální rovině

1.1.9 TROJROZMĚRNÁ (TROJDIMENZIONÁLNÍ, 3D) CT

3D CT nepřináší oproti axiálním či koronárním 2D obrazům nové diagnostické poznatky, ale kvalitní, reálnou prostorovou prezentaci některých onemocnění skeletu a možnost manipulace obrazem. Zobrazení lze užít pro kost, měkké tkáně a pro kůži.

3D CT však je a pravděpodobně i zůstane metodou výběru v diagnostickém algoritmu zobrazování onemocnění hlavy.

Pro využití před endoskopickou chirurgií nepovažujeme 3D CT za nezbytnou. Ke znázornění OMJ a laterální nosní stěny se nám 3D CT skeletu příliš neosvědčilo se zřetelem k četným artefaktům (viz obr. 2.32 B s. 77).

Za přínosnou považujeme 3D CT při zobrazování rozsáhlejších úrazů hlavy, nádorů, pooperačních stavů a jiných závažných onemocnění.

V současnosti se využívá 3D CT spolu s ostatními typy zobrazení včetně MR při navigované chirurgii (viz tento oddíl).

3D CT angiografie je neinvazivní metoda, která prostorově zobrazuje cévy, je komplementární k DSA. Umožňuje zjištění průměru cévy, detekci trombu a mozkových aneurysmat od 1,5 mm (záchyt až v 97 % případů) a jejich vztahu k okolním cévám.

Popis metody

Trojrozměrný obraz je při užití CT rekonstruován z axiálních obrázků. Program je založen na izolaci tkáňových struktur v oblasti zájmu tzv. segmentací. Používá se technika thresholdingu, tj. nastavení prahu pro zobrazení těchto struktur pomocí okénka přístroje (centrum a šířka). Pak se obraz syntetizuje (rendering). Současné techniky využívají skutečných světelných povrchů (surface rendering) nebo různého stupně transparence odlišných tkání v kombinaci s projekční technikou (volume rendering). Generace dvou či více obrazů s lehce rozdílným úhlem pohledu umožňuje zobrazení „stereo dvojice“, resp. dynamické zobrazení, které produkuje reálné obrazy.

Vyšetření a rekonstrukce trvá 30 až 45 minut, možnost využití satelitní konzoly.

Technické údaje

- Snímání CT dat
 - kolimace 2 mm, TF 1 mm (overlapping – překrývání)
 - T: 1 s, 120 kV, 60 mA/s
- Segmentace (technikou thresholding)
 - kost W: 2 až 20, C: 140 až 160 HU
 - kůže W: 2, C: – 150 HU
 - rendering

Manipulace obrazem: zobrazování je možné z libovolného úhlu pohledu. Může to být pohled frontální, dorzální, pravý a levý laterální, kraniokaudální, kaudokraniální nebo lze použít rotace „nasvícení“ sekundárních řezů. Lze postupně „umazávat“ obraz, srovnávat polohy libovolného bodu v trojrozměrné rekonstrukci s jeho polohou v axiální či jiné rovině, měřit vzdálenosti a úhly.

Zobrazování hlavy

- **Kost** – kalva, lební baze, orofaciální oblast: VDN, orbita, pterygopalatinální a infratemporální jáma, tvrdé patro, mandibula
- **Měkké tkáně** extrakraniálně i intrakraniálně (zobrazení povrchu i nitra mozku, nitra cystických lézí, likvorových prostorů, mozkových komor), měkké tkáně lze znázornit ve vztahu ke skeletu nebo kůži
- **Kůže** – omezený význam pro chirurgii

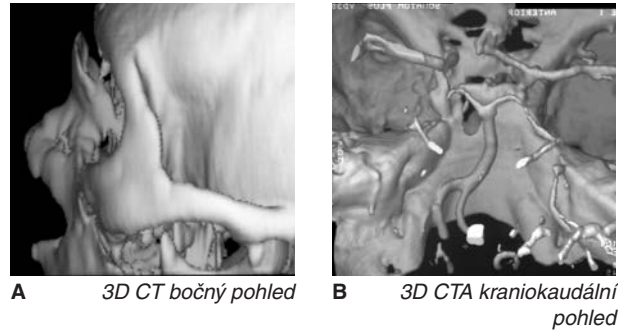
Přínos

- Detailní reálné prostorové zobrazení topografickoanatomických vztahů kostních i měkkotkáňových struktur
- Modelování operačních přístupů a postupů (zejména stereotaktické výkony)

Nevýhody

- Artefakty (pohyby, kov, technické vlivy)
- Pseudofoamína
- Vyšší radiační zátěž
- Časová a finanční náročnost
- Diagnostická komplementarita

Zařízení pro tvorbu trojrozměrných obrazů jsou koncipována jako samostatné konzoly (velikosti stolního počítače



Obr. 1.12 A, B Obr. A: zlomenina Le Fort II. Obr. B: aneuryzma ACI vpravo

tače s monitorem), které mohou být spojeny přímo s CT zařízením nebo se informace přenáší disketou. Zpracovávat na nich lze v trojrozměrné rekonstrukci i data jiných zobrazovacích metod: MR, SPECT, PET nebo US.

1.1.10 CT CISTERNOGRAFIE V DIAGNOSTICE RINOLIKVOREY A OTOLIKVOREY (viz také odd. 2.3.9 a 9.2)

Protože se v současnosti klade důraz na minimalizaci jak zevního, tak endoskopického operačního traumatu, je vhodná cílená předoperační diagnostika místa poranění lební baze (LB).

Nám se nejlépe osvědčila CT cisternografie (CTC). Poměrně přesně se zobrazí nejen mozkové likvorové cesty, ale zejména poloha a rozsah defektu LB i okolní struktury. Průnik kontrastně značeného mozkomíšního moku do nosního nitra, VDN nebo do středouší či mastoideálních sklípků je jednoznačným důkazem porušení dury a kostí LB.

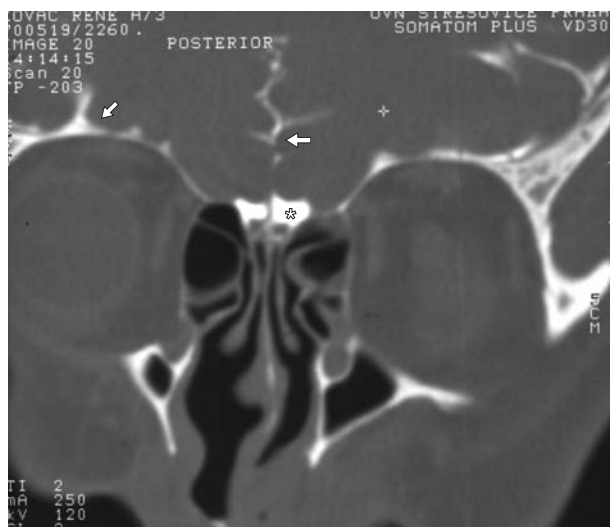
Podle klinického stavu a výsledku CTC se zvažuje léčebná taktika. Eventuální endonazální endoskopický postup při uzávěru mokové píštěle umožní cílený zákrok, který má nižší morbiditu, než zevní rinologický nebo neurochirurgický výkon.

CTC velmi dobře koreluje s operačními nálezy i klinickými výsledky konzervativní terapie.

Význam CTC spočívá zejména v prokazování malých a/nebo v době snímání intermitentně aktivních likvorových píštělí. Pro možnost určení přesné lokalizace mokových (i vícečetných) píštělí, dostupnost a malou morbiditu se CTC považuje za velmi vhodnou metodu při průkazu likvorey.

Postup vyšetření

CTC plánujeme tak, abychom mohli provést sanační operační zákrok v týž nebo následující den. Používáme ve vodě rozpustnou jodovou kontrastní látku (KL) *Iopamiro* (*iopamidol*) 300, která se aplikuje intratekálně v množ-



CTC koronární rovina v úrovni předních etmoidů

Obr. 1.13 Je patrné depo kontrastně značeného likvoru nad lamina criosa (*) a přiléhající likvorové cesty (šipky). KL neproniká do nosní dutiny ani do VDN

ství 15 až 20 ml za kontroly tlaku likvoru. Nemocný je ihned převeden do polohy na břicho se zakloněnou hlavou a snímkován. Vyšetření je možné také v Trendelenburgově poloze nebo při jiném sklonu hlavy v závislosti na předpokládané lokalizaci mokové píštěle.

CT obrazy zhotovujeme v koronární a axiální rovině s kostním a měkkým okénkem a eventuálně algoritmem HRCT.

Kontraindikace CTC je přibližně shodná s kontraindikací lumbální punkce (riziko tlakového konusu) a při alergii na jod.

Výtěžnost zobrazovacích metod při identifikaci likvorových píštělí

- RTG lebky 21 až 24 %
- Polytomografie, nativní CT a radioizotopová cisternografie shodně okolo 50 %
- CTC v době aktivního výtoku 70 až 100 %

Další radiologické metody průkazu likvorových píštělí (dále viz s. 145)

- **HRCT**
- **Radioizotopová cisternografie**
- **CTC s Valsalvovým manévrem**
- **CTC s polohováním**
- **CTC se zvýšením nitrolebního tlaku:** lumbální jehla se po aplikaci KL ponechává in situ a pomocí trojcestného kohoutku, manometru a intratekální aplikace fyziologického roztoku se zvýší intrakraniální tlak na 5,88 kPa (600 mm vodního sloupce) podle tolerance nemocného a následně se zobrazuje CT. Tuto metodu bychom volili pro průkaz eventuální lokalizace defektu LB a dury v době, kdy likvorea není aktivní, u nemocných s intermitentním výtokem a meningitidami

- **Pneumoencefalografii** nepokládáme za přínosnou s ohledem na malou výtěžnost a diskomfort pro nemocného
- S novými metodami – **digitální subtrakční cisternografií a pozitronovou emisní tomografií** při průkazu likvorey nemáme zkušenosti
- Vyšetřením **MR** se nám nepodařilo aktivní likvorovou píštěl bezpečně prokázat. KL pro intratekální aplikaci jsou podle literárních údajů zatím ve stadiu zkoušek

K náhlé zástavě likvorey ihned po provedení CTC došlo u jednoho našeho pacienta. Byl bez rinoliquorey 10 let, pak zemřel na jiné onemocnění. O obdobných případech se referuje v literatuře, je však zdůrazňována možnost recidivy. Čtyřleté, asymptomatické období bez likvorey, která ustala po CTC, uvádí také Katz.

Příčina ústupu výtoku mozkomíšního moku po CTC je nejasná. Ačkoliv Iopamiro má velmi malou neurotoxicitu, byly popsány mírné reakce při pokusech na zvířatech i po aplikaci u lidí. Šlo o reaktivní zánětlivé změny a arachnoiditidy s následným jizvením.

Diagnostika a endonazální endoskopická nebo otolaryngologická sanace některých likvorových píštělí LB je specializovanou, nově vznikající oblastí otorinolaryngologie. Provádí se v některých zařízeních, která současně mohou komplexně interdisciplinárně zabezpečit nemocného včetně dostupnosti a možné kombinace moderních zobrazovacích metod.

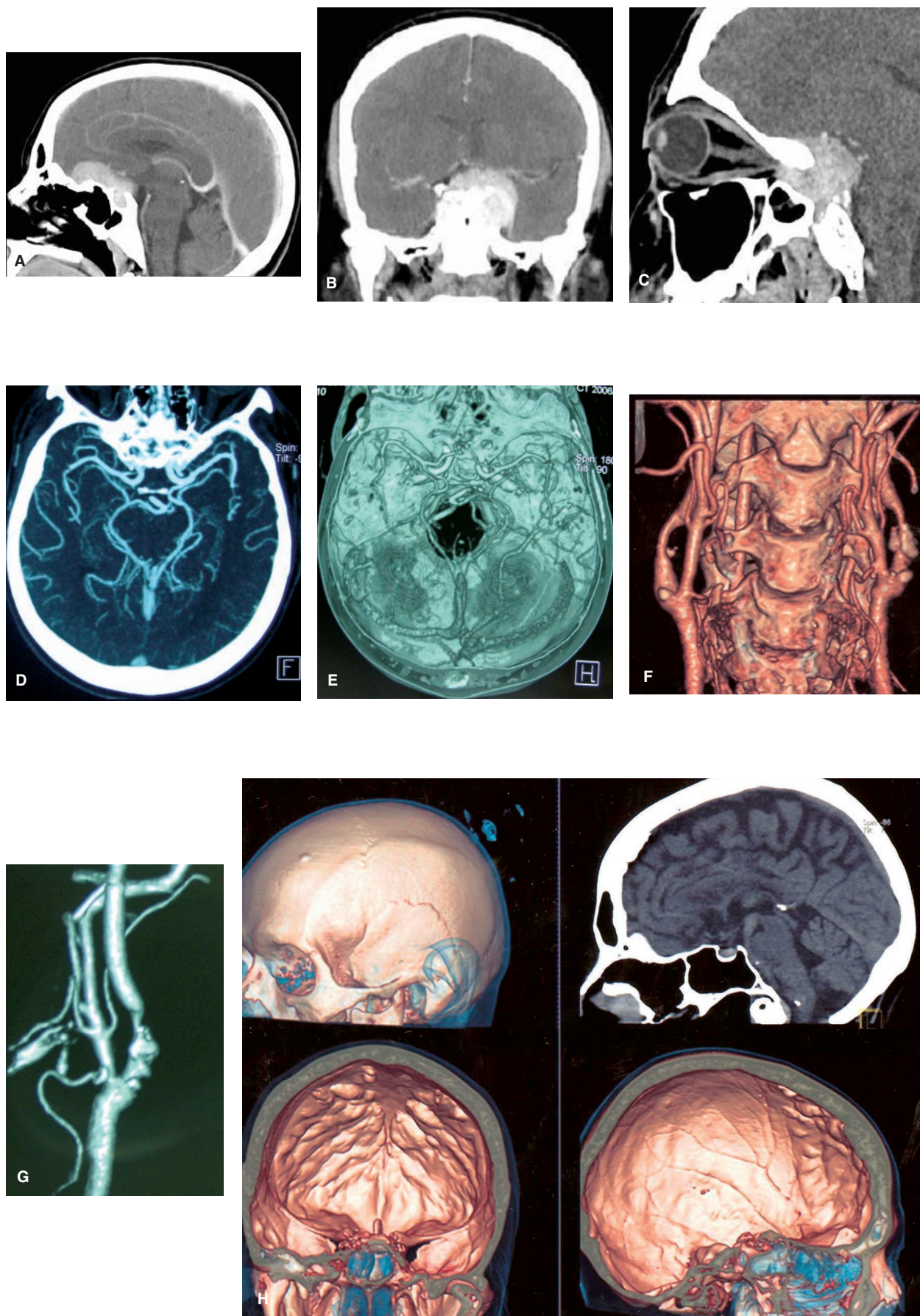
1.1.11 MULTIDETEKTOROVÁ (MULTISLICE) CT (MDCT)

(viz také Dodatek k oddílu 1.1.1, 1.1.11 – Výpočetní tomografie s. 604)

V současnosti se začínají v praxi uplatňovat moderní CT přístroje, tzv. multidetektorové (multislice) CT (MDCT), jejichž detektorová soustava tvoří několik řad. U nás již fungují na několika místech republiky dvouřadé až šestnáctiřadé přístroje. Nevýhodou je vyšší radiační dávka.

Hlavní přednosti MDCT oproti CT přístrojům předchozích generací zahrnují:

- Zkrácení doby vyšetření
- Získání většího množství informací (tzv. izotropní pole dat), což umožňuje tvorbu rekonstrukčních obrazů v libovolné rovině prakticky ve stejné kvalitě, jakou mají obrazy v nejčastější základní axiální rovině
- Více se proto u těchto přístrojů uplatňují rekonstrukce multiplanární (MPR) i prostorové (MIP, SSD, VRT), navíc jsou MDCT přístroje schopny rekonstrukce obrazů v HRCT kvalitě
- Pro pacienta je vyšetření kratší, vyšetřuje se pouze vleže na zádech, odpadá méně pohodlné, někdy až neuskutečnitelné vyšetření v koronární rovině



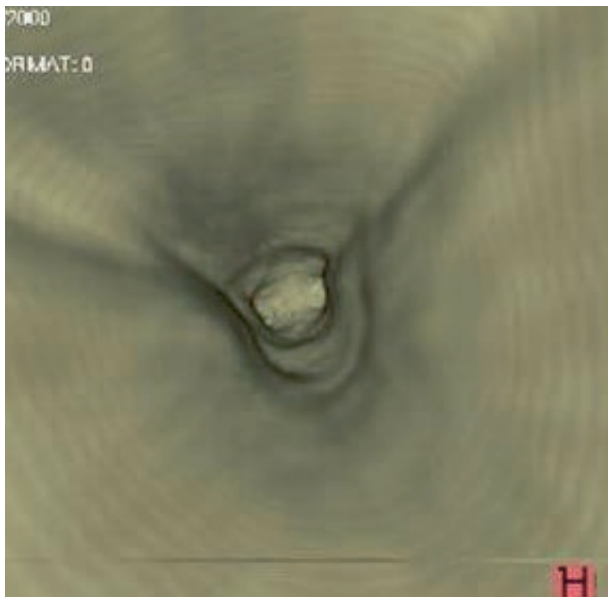
Obr. 1.14 A-H Ukázky možností zobrazování MDCT. K porovnání viz odd. Virtuální zobrazení CT s. 31 a 3D angiografie s. 602

- Při MDCT se lze vyhnout beam hardening artefaktům ze zubní výplně, přítomným při vyšetření v koronární rovině
- Vzhledem k rychlosti vyšetření lze MDCT s výhodou použít u obtížněji vyšetřitelných pacientů k redukci pohybových artefaktů, úzká kolimace snižuje přítomnost parciálního volumového artefaktu, a navíc lze získat věrohodné density i z multiplanárních rekonstrukcí

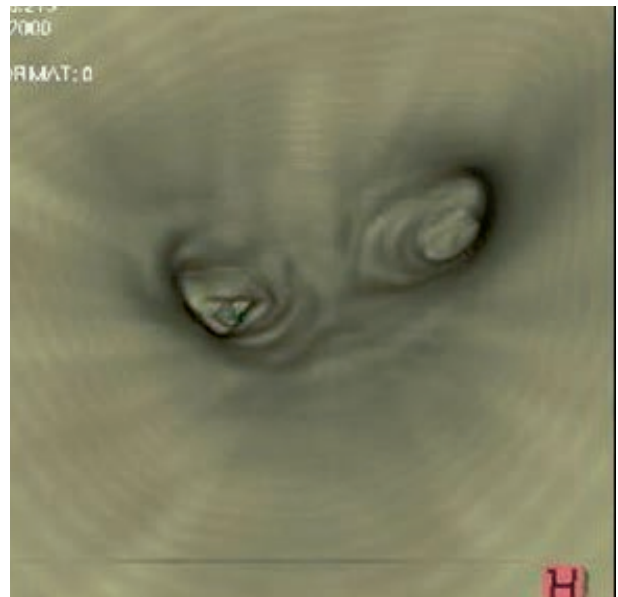
1.1.12 VIRTUÁLNÍ ZOBRAZENÍ CT

Základním předpokladem pro využití virtuálního zobrazování je technické zázemí pracoviště. Spirální (single či lépe multislice) CT přístroj a pracovní stanice se speciálním softwarovým programem pro 3D zobrazování a virtuální realitu jsou nutnou podmínkou.

Protokoly tohoto vyšetření se postupně měnily, liší se podle typu CT přístroje. Standardně se využívá tenkých řezů a malého rekonstrukčního inkrementu a snížených proudových hodnot.



A virtuální pohled shora do trachey

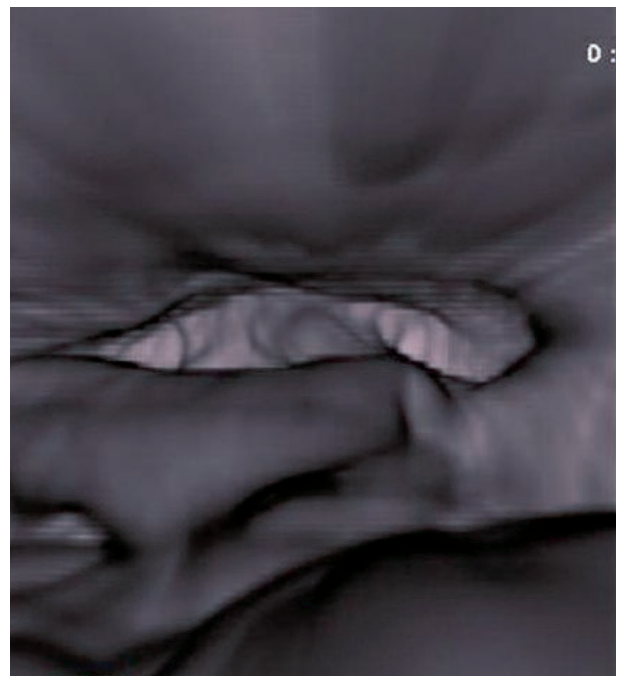


B virtuální pohled shora z trachey na bifurkaci hlavních bronchů

Obr. 1.15 A, B Snímky téhož pacienta. Virtuální pohled shora do trachey a na bifurkaci hlavních bronchů – normální nález



A CT axiální rovina



B virtuální pohled shora na epiglottis

Obr. 1.16 A, B Snímky téhož nemocného s tumorem epiglottis vpravo

Všechny skeny jsou odeslány na pracovní stanici, kde jsou vyhodnocovány speciálním softwarem jak v axiálních a multiplanárních 2D projekcích, tak v 3D obraze s možností virtuálního – endoskopického pohledu do lumen.

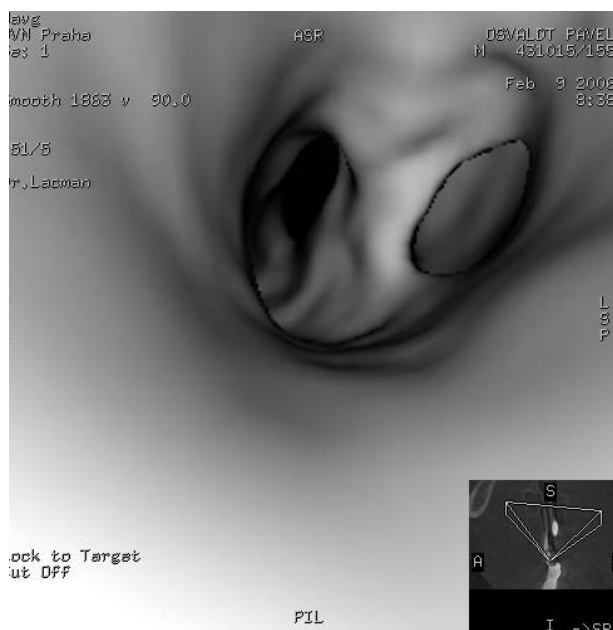
Využití je především u zobrazení lumen tlustého střeva, trachey a bronchů.

Při porovnání „klasického“ endoskopického a virtuálního zobrazování má virtuální zobrazování celou řadu nepopiratelných výhod. Jsou to:

- Rychlost a neinvazivita
- Vyšetření se provádí bez sedace pacienta a nejsou u něho dosud známy žádné komplikace
- Vysoká tolerance pacientem
- Možnost zobrazení a zhodnocení i úseků pro endoskopii nedostupných:
 - oblast za těsnou stenózou
 - možnost pohledu do lumen z libovolného směru
 - přesný popis lokalizace léze
 - možnost měření density léze a stěny dutého orgánu
 - hodnocení měkkých tkání v okolí léze

Nevýhody virtuálního zobrazení

- Nemožnost odebrání histologických vzorků a detekce jemných slizničních změn
- Radiační dávka je vzhledem k parametrům vyšetření zvýšená
- Omezená dostupnost tohoto vyšetření
- Časová náročnost vyhodnocování



3D angiografie – virtuální endoskopie

Obr. 1.16 II Pro porovnání prezentujeme sken 3D angiografie. Pohled do lumina ACI, v níž je šicí materiál (prošívaná karotida). Viz také odd. 10.2.11 s. 602

1.2 MAGNETICKÁ REZONANCE

Magnetická rezonance (MR) je tomografická diagnostická zobrazovací metoda využívající ke vzniku obrazů fyzikální (magnetické) vlastnosti protonů umístěných v silném magnetickém poli a ovlivněných radiofrekvenčním vlněním. Fyzikální jev magnetické rezonance byl objeven v roce 1946. MR zobrazení použitelné v klinické praxi se objevilo až v roce 1973. Výrazný pokrok výpočetní techniky v 80. letech 20. století umožnil uplatnění MR jako diagnostické zobrazovací metody.

1.2.1 PRINCIP

Vznik obrazů vyšetřovaného objektu (pacienta) na základě rezonance atomových jader v magnetickém poli je značně komplikovaný proces, proto pouze schematicky popíšeme jeho základní body. Pro zobrazení MR se využívají nejčastěji protony vodíku, které jsou obsaženy v tkáních lidského těla. Každý proton vykonává rotační pohyb (*spin*) kolem osy procházející jeho středem. Rotačním pohybem elektricky nabitě částice (protonu) vzniká magnetické pole. Osa tohoto magnetického pole je shodná s osou rotace protonu. Osy rotace protonů jsou ve tkáni, resp. v těle pacienta orientovány zcela nahodile. Při MR vyšetření je pacient umístěn do středu silného zevního magnetu. Tím dojde k uspořádání os všech protonů paralelně s hlavní osou (osou Z) zevního magnetického pole.

Protony ovlivněné silným zevním magnetickým polem vykonávají kromě spinu i druhý pohyb, nazývaný *precese*. Osa protonu při něm opisuje kružnici, jejímž středem prochází osa Z zevního magnetického pole. Rychlost tohoto kruhového pohybu (*precese*, frekvence) je přímo úměrná síle magnetického pole a je pro danou sílu magnetického pole konstantní. Na protony uspořádané v silném magnetickém poli krátkou dobu působí *radiofrekvenční (RF) vlnění*. To dodává protonům energii a vychyluje jejich osu od osy Z zevního magnetického pole (protony jsou excitovány). Aby došlo k excitaci protonů (předání energie), musí být frekvence RF vlnění shodná (v rezonanci) s *precesí* protonů. Přestane-li působit RF vlnění, vrací se protony do klidového (energeticky nejméně náročného) stadia a jejich osy se orientují opět paralelně s osou Z zevního magnetického pole. V průběhu návratu protonů do klidového stadia dochází k uvolnění původně dodané energie. Protony uvolněná energie ve formě radiofrekvenčního vlnění je detekována anténami (cívkami) jako *rezonanční signál*. Ten je následně počítačově zpracován a po složité matematické operaci tvoří bod výsledného obrazu MR. Frekvence rezonančního signálu odpovídá frekvenci *precese* (určuje polohu ve vyšetřovaném objektu), amplituda rezonančního signálu odpovídá počtu zkoumaných jader (určuje hustotu protonů) a doba, po kterou rezonanční signál trvá, určuje relaxaci. *Relaxace*

je doba, za kterou se protony z excitovaného stavu vrátí do klidového (energeticky nenáročného) stavu. Excitací protonů RF vlněním (vychýlením jejich os) dojde ke dvěma jevům: zmenší se *podélná* magnetizace (paralelní s osou Z magnetického pole) a zvýší se *příčná* magnetizace. Při následné relaxaci dochází k jevům opačným: zpětně se zvětšuje podélná magnetizace a mizí příčná magnetizace. Délku relaxace podélné magnetizace charakterizuje tzv. *relaxační čas T1* (T z anglického time), délku relaxace příčné magnetizace určuje *relaxační čas T2*. Oba děje probíhají vždy současně, proto v každém rezonančním signálu je obsažena informace o relaxačním čase T1 i T2. Zvýrazníme-li ve výsledném zobrazení informace o relaxačním čase T1, hovoříme o **obrazech T1 vážených (T1W)** – z anglického weighted), zvýrazníme-li informace o relaxačním čase T2, hovoříme o **obrazech T2 vážených (T2W)**. Relaxační čas T1 je ovlivňován jinými fyzikálními vlastnostmi tkání, než relaxační čas T2. Relaxační doby různých tkání se od sebe liší, proto jednotlivé tkáně ve výsledném obrazu vykazují rozdílný signál a lze je vzájemně od sebe odlišit. Není-li zvýrazněn ani jeden z relaxačních časů, jsou výsledné obrazy založené na hustotě protonů, hovoříme pak o **protonové densitě** či **protodenzitně vážených obrazech (PDW)**.

Pro vznik MR obrazu vhodného k morfoloické a funkční diagnostice je nezbytný *gradientní systém* MR přístroje. Ten vytváří spád síly magnetického pole ve všech třech jeho osách. U hlavy pacienta je tak nepatrně jiná síla magnetického pole než u nohou, vlevo je jiná než vpravo a vpředu je jiná než vzadu. Síla magnetického pole a tím i precese protonů je proto v každém místě pacientova těla trochu odlišná. Přesným nastavením frekvence RF vlnění (pulsů) je ovlivněna právě ta část protonů, která má s danou frekvencí shodnou precesi. Tím lze přesně změřit hodnotu signálu v jednotlivých částech vyšetřované oblasti pacientova těla. Gradientní systém odpovídá za orientaci rovin zobrazení. Obrazy jsou orientovány ve třech základních rovinách (transverzální, koronární, sagitální) nebo v rovinách šikmých – jakkoli skloněných vůči osám pacientova těla.

K získání jedné série obrazů (vrstev proložených vyšetřovanou oblastí pacientova těla) se používá tzv. *sekvence*. Je to sled velkého počtu excitačních RF pulsů v přesných časových intervalech, mezi kterými jsou prodlevy k měření protony uvolňované energie (signálu). Každý RF puls či jejich skupina slouží k získání signálu jednoho bodu obrazu. Vyšetření MR sestává z více sekvencí. Různé sekvence trvají různou dobu – řádově desítky sekund až několik minut. Po celou dobu vyšetření je pacient umístěn v „tunelu“ přístroje MR a musí ležet zcela klidně.

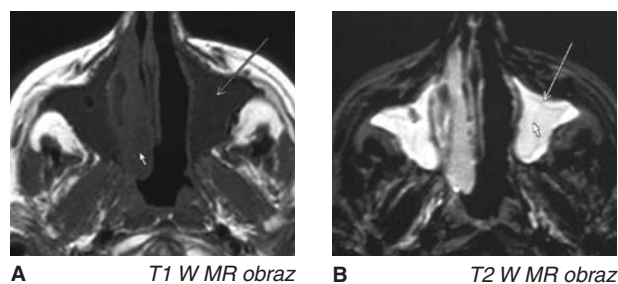
U nepohyblivých se orgánů a tkání může sekvence probíhat kontinuálně. U orgánů, které pulsují a/nebo vykazují souhyb s dýcháním, je však situace komplikovanější. K tomu, aby bylo možné získat přesné morfoloické obrazy, je třeba tyto pohyby „zastavit“. Děje se tak různými způsoby *synchronizace* sekvence s EKG křivkou, případně i s dechovou křivkou pacienta. Sekvence probíhá jen po vymezenou část srdečního cyklu (R-R intervalu

EKG křivky), zbývající dobu měření signálu neprobíhá. Dechové pohyby lze eliminovat měřením při zadrženém dechu pacienta nebo sekvencí spouštěnou jen v určité části dechové křivky. Někdy jsou dechové exkurze zanedbatelné a synchronizace s dechem není potřebná.

Výstupem MR vyšetření jsou obrazy zvolených vrstev zobrazované oblasti. Morfoloická vyšetření lze hodnotit z obrazovky MR přístroje, z pracovní stanice či jiného počítače nebo z obrazů zaznamenaných laserovou kamerou na filmový materiál. Dynamická MR vyšetření se hodnotí na obrazovce pracovní stanice (počítač vybavený příslušným softwarem).

Faktory uplatňující se při tvorbě obrazu

- *Hustota sledovaných atomových jader vodíku v daném objemu*
- *Přítomnost atomových jader vodíku ve statické tkáni nebo v pohyblivém prostředí* (například: průtok krve v cévách, proudění mozkomíšního moku)
- *Relaxační doba T1* (podélná relaxace, relaxace spin-mřížka) vyjadřuje přenos energie mezi nabuzenými jádry a okolním prostředím schopným absorbovat energii, kterou relaxační jádra uvolňují. Má-li okolí spinů velkou schopnost absorpce energie, je podélná relaxace krátká a naopak. Podélný relaxační čas závisí na intenzitě magnetického pole, molekulární struktuře, teplotě a přítomnosti paramagnetických iontů
- *Relaxační doba T2* (příčná relaxace, relaxace spin-spin) charakterizuje zánik magnetického momentu v rovině x, y, kolmé k ose základního pole, do níž byly spiny vychýleny radiofrekvenčním pulsem. Doba trvání je výsledkem vzájemného působení spinů. V tuhých látkách, kde jsou nehybné molekuly, které přispívají k rychlé ztrátě vektoru, je zánik rychlý a relaxační čas krátký. U vody je zánik pomalý a relaxační čas dlouhý. Obě relaxační doby jsou závislé zejména na biologických poměrech tkání, na vzájemných magnetických vazbách jader a na jejich vazbách s okolím



A T1 W MR obraz **B** T2 W MR obraz

Obr. 1.17 A, B Skeny v axiální rovině téhož pacienta. Chronická sinusitida: hyperplazie sliznice obou čelistních dutin a zadního konce dolní lastury vpravo. Obě antra jsou vyplněna homogenně zahuštěným sekretem se sníženým obsahem vody. Hypointenzní ložisko v pravém antru je nejspíše rinolit

1.2.2 INTENZITA SIGNÁLU VE VÝSLEDNÉM MR OBRAZE

Výsledné MR obrazy jsou ovlivněny zejména rozdílnými relaxačními časy vody a tuku a podle jejich obsahu se proto také nejvíce mění poměry vzájemného kontrastu tkání.

- Voda nebo tkáň s vysokým obsahem vody má nízký signál v T1 – a vysoký v T2 W obraze. Zobrazí se tedy v T1 W obraze tmavě a v T2 W obraze světle až bíle
- Tuková tkáň má naopak vysoký signál v T1 W obraze, zatímco v T2 W obrazech intenzity jejího signálu ubývá. Tuk bývá zpravidla v T2 vážených obrazech tmavší než tekutina
- Patologické ložisko se obecně může zobrazit tehdy, jestliže je v něm změněn obvyklý poměr vody a tuku a odlišuje se proto signálem od okolí

- Pro většinu lézí v mozkové tkáni (edém, zánětlivá infiltrace, nekróza, cysta, glióza, porucha myelinizace aj.) je typické zvýšení obsahu vody bez ohledu na vyvolávající příčinu. Je proto zřejmé, že na relativně tmavším „pozadí“ mozkové tkáně vynikne ložisko s vyšším obsahem vody zřetelněji na T2 W obraze
- Při patologické infiltraci kosti se na T1 W obraze projeví úbytek tukem prostoupené kostní dřeviny a patologická oblast má nízký signál oproti okolí

MR obraz hemoragie (viz tabulku 1.6)

- **Akutní hemoragie:** rychlá deoxygenace na deoxyhemoglobin, který je hypointenzní, zejména při vyšetření dlouhým TR a dlouhým TE v T2 W obraze
- **Subakutní a chronická hemoragie:** oxidovaný intra- i extracelulární methemoglobin způsobuje jasný hyperintenzní signál ve fázi T1 i T2 W, který dobře

Tabulka 1.5 Intenzita signálu tkání a patologických procesů v MR obraze

typ tkáně nebo léze	T1 W	T2 W	
kost, vzduch	prázdný	prázdný	
voda, likvor	hypointenzní	hyperintenzní	
tkáň s vysokým obsahem vody	hypointenzní	hyperintenzní	
tuk, lipom	hyperintenzní	mírně hyperintenzní (tmavší než tekutina)	
normální sliznice dýchacích cest (do 3 mm)	hypointenzní	hyperintenzní	
nosní skořepky a přepážka	izointenzní, variabilní	hyperintenzní	
zduření sliznice nosní dutiny během nazálního cyklu	izointenzní	hyperintenzní	
normální sliznice VDN (do 1 mm)	prázdný	prázdný	
krvní sraženina, jizva, Ca, zub, sval	izointenzní	hypointenzní	
sinusitida	ztluštělá sliznice hypointenzní	ztluštělá sliznice hyperintenzní	
cysta	hypointenzní	hyperintenzní	
polypóza	hypointenzní	hyperintenzní	
dlouhotrvající polypy	variabilní	variabilní	
mukokéla	vysoký obsah vody	hypointenzní	hyperintenzní
	méně vody, více proteinů	hyperintenzní	hyperintenzní
	hustý, pastózní obsah	hypointenzní	více hypointenzní až prázdný
	suchý obsah bez volného vodíku	prázdný	prázdný
hemoragie	akutní	hypointenzní	hypointenzní až prázdný
	subakutní až chronická	hyperintenzní	hyperintenzní
mykóza	kazeózní	hypointenzní nebo izointenzní	více hypointenzní až prázdný
	suchá	prázdný	prázdný
cholesteatom, cholesterolový granulom (změny T1 W viz hemoragie)	variabilní	hyperintenzní	
hemangiom	variabilní	hyperintenzní	
neurinom	izointenzní, hypointenzní	hyperintenzní	
maligní nádory	hypointenzní, variabilní	hyperintenzní, variabilní	

Tabulka 1.6 MR obraz hemoragie

hemoragie	časový údaj	metabolity	T1	T2
hyperakutní	do 24 hodin	oxyhemoglobin	střední	střední
akutní	1–3 dny	deoxyhemoglobin	hypointenzní	hypointenzní
subakutní	3–14 dnů	methemoglobin	hyperintenzní	hypointenzní
chronická	vnitřek	hemochromy	hyperintenzní až střední	hyperintenzní až střední
	okraj	hemosiderin	střední	hypointenzní

kontrastuje s přiléhající kostí. *DD*: cévní tumory, metastáza melanomu obsahující melanin, který představuje paramagnetickou látku, podobně jako některé produkty degradace krve

1.2.3 KONTRASTNÍ LÁTKY

Kontrastní látky (KL) používané při MR zobrazení se zásadně liší od kontrastních látek používaných při vyšetření pomocí rentgenového záření. Základní principem kontrastních MR látek je lokální ovlivnění magnetických vlastností protonů v těsném okolí KL. Přítomnost KL ve tkáni mění její magnetické vlastnosti a tím mění intenzitu výsledného signálu tkáně. KL používané v MR jsou mnohem menšími alergeny v porovnání s jodovými KL používanými pro vyšetření na RTG, CT či DSA. KL se v MR diagnostice užívá mnohem vzácněji v porovnání s CT vyšetřením. To proto, že různé měkké tkáně v těle vykazují v MR obraze rozdílný signál (jsou vzájemně kontrastní) i bez použití KL. Oproti CT se aplikují mnohem menší dávky KL – obecně se podává cca 1 ml KL na 10 kg hmotnosti pacienta.

Gadolinium (Gd³⁺), nejběžnější KL v zobrazování MR, je paramagnetický kovový ion s nenaplňenou vnitřní elektronovou vrstvou nesený chelátem Gd-DTPA (gadolinium-diethylenetriamine pentaacetic acid). Aplikuje se především intravenózně, vzácně perorálně. Z těla se vylučuje především močí. Má stejnou distribuci v těle a shodná pravidla použití jako rentgenové KL.

V poslední době jsou komerčně dostupné i některé *tkáňově specifické KL* (látky vychytávané jen určitými tkáněmi). Ty se používají především pro zobrazení jater, slinivky a žlučovýchodů. Ve fázi klinického výzkumu jsou kontrastní látky pro zobrazení lymfatických uzlin a tzv. *blood-pool KL* pro MR angiografii, jejichž hlavní vlastností je dlouhodobé přetrvání v cévním řečišti.

1.2.4 MR ANGIOGRAFIE (MRA)

Pro získání cílených informací o cévním řečišti lze provést MR angiografii. Jejím výstupem jsou obrazy, na kterých krev v cévách vykazuje velmi vysoký signál, všechny ostatní tkáně mají signál značně potlačený (nízký nebo žádný).

Po *MIP (maximal intensity projection)* rekonstrukci vzniknou „odlitkové“ obrazy cévního řečiště, připomínající klasické nebo digitálně zpracované rentgenové obrazy. Počítačové zpracování dat umožní vytvoření trojrozměrného (3D) modelu cévního řečiště.

- Jeden typ MR angiografie využívá vlastností *protonů pohybujících se v zevním magnetickém poli*, nepotřebuje aplikaci KL

- TOF (time of flight) MRA: užívá se většinou pro zobrazení intrakraniálních tepen
- PC (phase contrast) MRA: zpravidla se využívá k zobrazování intrakraniálních žil
- Při druhém typu MRA je potřebná periferní nitrožilní aplikace malého množství „rezonanční“ KL. Jde o metodu CE (contrast enhanced) MRA, která se používá zejména při zobrazování tepen aortálního oblouku

Není třeba žádné katetrizace, jde tedy o výkon neinvazivní, který je prováděn ambulantně.

KL používaná pro MRA je nesrovnatelně menším alergenem v porovnání s jodovou kontrastní látkou používanou pro klasickou angiografii nebo DSA. MRA lze využít i u pacientů alergických na jod.

Indikace

- MRA je vhodná zvláště v případech, kdy selže US a/ nebo, když je DSA kontraindikována (zejména u starších nemocných) a pro dlouhodobé sledování
- Intrakraniální tepenná aneuryzmata nebo AVM
- Tepenné stenózy (hlavně karotické tepny)
- Žilní obliterace, zejména akutní trombózy
- Kontrolní vyšetření po některých vaskulárních intervenčních výkonech (coiling aneuryzmatu)
- Vhodnou indikací je také cévní komprese nervu (n. V – neuralgie trigeminu, n. VII – faciální hemispazmy aj.), kterou nelze spolehlivě předem prokázat angiograficky. Nerv není zobrazitelný, angiografie se proto neprovádí. Kompresi nervu cévou lze prokázat pouze speciální technikou MR vyšetření. Metodou volby v léčbě je mikrovaskulární dekomprese (viz odd. 7.2.6)

US a MRA v kombinaci s běžným MR zobrazením ušetří mnoha pacientům, zejména dětským a alergickým, rizikovou klasickou angiografii.

MRA je možno indikovat jako neinvazivní vyšetření před DSA, která zůstává v současnosti standardní diagnosticko-terapeutickou metodou. MRA však stále nedosahuje v rozlišení drobnějších cév kvality moderních DSA zařízení.

Výhledově se MRA pravděpodobně stane hlavní metodou v diagnostickém zobrazovacím procesu cévních onemocnění a DSA bude vyhrazena jako léčebná metoda – intervenční angiografie (viz odd. 10.2).



MRA volume rendering předozadní projekce

Obr. 1.18 Mozkový tepenný Willisův okruh

1.2.5 PROTOKOLY VYŠETŘENÍ MR

Protokoly vyšetření MR v oblasti hlavy a krku jsou značně nekonstantní, mezi jednotlivými pracovišti jsou výrazné rozdíly. Závisí především na technických možnostech jednotlivých přístrojů MR. Každá firma vyrábějící přístroj magnetické rezonance má poněkud odlišné technické postupy vedoucí ke vzniku obrazu. Záleží i na stáří přístroje MR – modernější přístroje MR jsou vybavené nesrovnatelně širším spektrem sekvencí, které umožňují typy zobrazení nedosažitelných na starších zařízeních MR.

Obecně lze konstatovat, že jsou tři základní možné přístupy k zobrazování patologických procesů v oblasti hlavy a krku:

- **T2 vážené sekvence s potlačením signálu tuku** – patologický proces je většinou hypersignální na hyposignálním pozadí (vycházíme z předpokladu, že patologický proces obsahuje více tekutiny oproti okolním měkkým tkáním)
- **T1 vážené sekvence nativně, bez potlačení signálu tuku** – patologický proces je většinou hyposignální na hypersignálním pozadí (které tvoří tuková tkáň)
- **T1 vážená sekvence s aplikací kontrastní látky a s potlačením signálu tuku** (v případě, že po aplikaci kontrastní látky patologický proces mění signál oproti okolní tkáni) – patologická léze je většinou hypersignální na hyposignálním pozadí

Výhody MR

- *Vyšší rozlišení měkkých tkání než u CT*
- *Citlivost na průkaz krvácení*, podmíněná paramagnetickými účinky produktů degradace hemoglobinu
- *Možnost zobrazení v libovolných rovinách* (axiální, sagitální, koronární, šikmé) *bez manipulace s nemocným*
- *Rozlišení cév je velmi dobré i bez užití kontrastu. MRA v budoucnu pravděpodobně nahradí v diagnostické oblasti DSA*
- *U standardně užívaných přístrojů není znám závažnější negativní vliv magnetického pole na organismus*
- *Kortikální kost, drobné předměty z nízkomagnetických kovů nepůsobí výraznější artefakty* (na rozdíl od CT). V současnosti se většina implantovatelných materiálů (coilů, stentů a svorek) vyrábí z materiálu kompatibilního s MR (nízkomagnetické kovy, měď, zlato, stříbro, titan aj.)

Nevýhody MR

- *Absolutní kontraindikace: kardiostimulátory a neurostimulátory, kochleární implantáty, inzulinové pumpy, defibrilátory, neurostimulátory, kostní růstové stimulanty, magneticky ovládané dentální implantáty, elektronické infuzní pumpy*
- *Neklid pacienta vede k výrazným pohybovým artefaktům*

- *Klaustrofobie a výrazná obezita komplikují vyšetření* – pacienti s klaustrofobií mohou být vyšetřeni jen v sedaci či celkové anestezii. U obezných pacientů záleží na typu přístroje MR – limitem je šíře otvoru v gantry přístroje (obvykle do 60 cm v průměru) a nosnost vyšetřovacího stolu (pohybuje se mezi 130 až 200 kg)
- *Finanční a časová náročnost*. Zhotovení MR vyšetření je přibližně dvakrát až třikrát dražší než CT. Doba vyšetření je oproti CT téměř dvojnásobná (10 až 45 minut)

Kontraindikací MR vyšetření *nejsou* kovové předměty používané při operacích a cévních intervenčních výkonech (cévní svorky, sternotomické drátěné kličky, metalické stenty, stentgrafty, osteosyntetický materiál a kloubní náhrady). Tyto předměty však působí různě velké artefakty z nehomogenity magnetického pole (v jejich okolí je úplná ztráta signálu). Proto je pro personál MR pracoviště nezbytná předběžná přesná informace o těchto implantátech, aby bylo možné volbou vhodných sekvencí artefakty minimalizovat.

FS (fat suppressed) je metoda se selektivním potlačením signálu tukové tkáně. Lépe se tak diferencují patologické struktury uložené v tukové tkáni (například v orbitě); neboli hypersignální (světlá) patologická tkáň se zobrazí na tmavém (hyposignálním) pozadí v T2 váženém obraze a v T1 vážených obrazech po aplikaci kontrastní látky.

HRMR (high resolution MR) je zobrazení MR „s vysokým rozlišením“ v závislosti na volbě šíře vrstvy zobrazení. Tato metoda zobrazování tenkými vrstvami se používá například v oblasti mostomozečkového koutu, při vyšetřování neuralgií trigeminu (podezření na neurovaskulární konflikt) aj.

3D MR (trojrozměrná, trojdimenzionální MR): jde o typ rekonstrukce, kdy výsledné obrazy vytvářejí dojem trojrozměrného obrazu. Metoda se užívá především pro rekonstrukce cév v angiografických obrazech a k zobrazování blanitých struktur vnitřního ucha.

FIESTA: firemní název (GE Medical System) pro T2 váženou sekvenci zobrazující ve velmi tenkých vrstvách. Využívá se pro zobrazení struktur vnitřního ucha a vnitřního zvukovodu.

Funkční zobrazení magnetickou rezonancí (fMR) se stává diagnostickou metodou pro provádění neurovědeckých studií a ve vyšetřování v předoperačním mapování funkčních kortikálních oblastí. Byla zavedena řada stimulačních testů, které dávají reprodukovatelné výsledky při sledování mozkové aktivity. Naměřené aktivity byly kvalitativně posuzovány vzhledem ke standardním funkčním mapám zjišťovaným na zdravých dobrovolnících.

MR spektroskopie (MRS) se užívá pro měření koncentrace různých metabolitů v patologicky změněných tkáních. Hlavní uplatnění MRS je v současné době v oblasti diagnostiky patologických procesů mozku. Do klinické praxe se zavádí MRS srdce, kosterního svalstva i parenchymových orgánů (např. prostaty).

O magnetické rezonanci pojednává též odd. 1.8. MR mukokél viz. tbl. 2.10 s. 160.

1.3 DIGITÁLNÍ SUBTRAKČNÍ ANGIOGRAFIE (DSA)

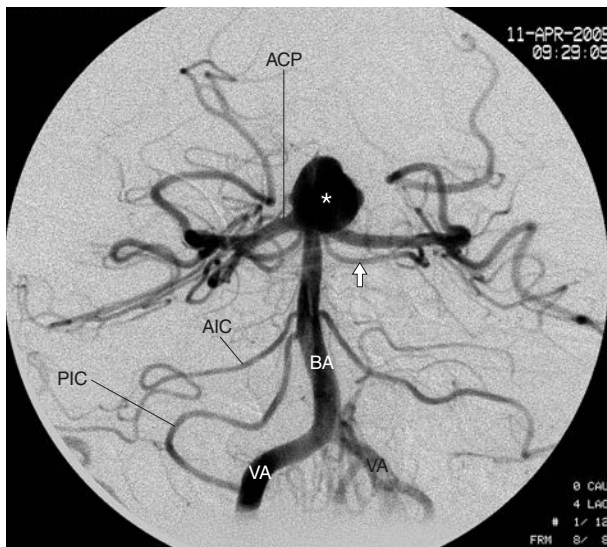
Princip

DSA je metoda, při které získáváme subtrahované angiogramy již během vyšetření. Jde o elektronické vymazání překrývajících se struktur obrazu při angiografii. Před injekcí KL je dodán do obrazové paměti nativní obraz. Po aplikaci KL je nativní obraz vyvolán z paměti a promítnut na obraz s kontrastní náplní. Subtrakcí obrazového pozadí a elektronickým zesílením signálu se dosáhne zvýšení kontrastu cév. Proto je celkové množství podané KL menší a nemocný je zatížen nižší dávkou záření, než při konvenční angiografii. Před výkonem musí být pacient seznámen s průběhem vyšetření a možnými riziky.

Hlavní indikace

- Aneuryzmata
- Stenózy nebo uzávěry velkých cév
- Nádory, zejména cévnaté
- Zjišťování zdroje mozkového krvácení (zobrazují se všechny magistralní tepny – *mozková panangiografie – PAG*)
- Kontroly po terapeutických výkonech (viz odd. 1.8).

Intraarteriální DSA je standardním angiografickým vyšetřením. Provádí se intraarteriální injekce KL tenčími, méně traumatizujícími cévkami při současném snížení množství a rychlosti průtoku KL. Obrazová data jsou zaznamenávána v digitální paměti, dokumentace je na běžných rtg filmech.



DSA vertebrobazilárního povodí předozadní projekce, nástřik do pravé a. vertebrales

Obr. 1.19 Aneuryzma (*) a. basilaris (BA), A. vertebralis (VA), A. cerebellaris inferior posterior (PIC), která odstupuje atypicky z a. asilaris, A. cerebellaris inferior anterior (AIC), a. cerebellaris superior (šipka), a. cerebri posterior (ACP)

Intravenózní DSA: používá se injekce KL (do 200 ml) do periferie nebo centrálním žilním přístupem. Nevýhodou i. v. DSA je omezená rozlišovací schopnost, malý kontrast a překrývání cév. Vyšetření je pouze orientační, využívá se zřídka.

Dynamická DSA: principem je otáčení lampy v průběhu nástřiku KL o zvolený úhel. Tepny jsou pak zachyceny z různých úhlů pohledu. Vyšetření má význam zejména v diagnostice drobných aneuryzmat. Obdobné snímky lze získat *rotací při MR angiografii* (aplikace sekvence TOF) zpracovanou dynamickou 3D rekonstrukcí v programu MIP (maximum intensity projections).

Stereotaktická angiografie při radiochirurgii intracerebrálních AV malformací (eventuálně s doplněním stereotaktickou CT) je: neinvazivní cílené ozáření AVM po její lokalizaci angiografickým vyšetřením zacíleným ionizujícím zářením, v případě Leksellova gama nože zářením ze zdrojů izotopu ^{60}Co . Cílem léčby je postihnout vysokou dávkou záření pouze nidus AVM. Výsledkem je fibroprodukce cévní stěny a následná (v průběhu dvou let) úplná obliterace v 86 % případů AVM a parciální obliterace AVM v 5 %.

Intervenční angiografie je angiografické vyšetření s terapeutickým účinkem (viz odd. 10.2).

Sledování nemocných po intervenční angiografii

- MR angiografie
- transkraniální echo-doppler
- DSA
- CT

Kontraindikace katetrizační angiografie: hemokoagulační poruchy (včetně menstruace), uzávěr cévy, arterioskleróza, alergie na jod, porucha funkce ledvin.

Fluorescenční angiografie (FAG)

Metoda umožňuje znázornit detaily sítnicové anatomie až do úrovně kapilár, hodnotí permeabilitu cévních stěn a zjištěné odchylky fotograficky dokumentuje. Vedle morfologických odchylek registruje i hemodynamické změny jak retinálního, tak chorioidálního řečiště a nezřídka přispívá i k diagnostice oběhových nitrolebních poruch. Při vyšetření se intravenózně aplikuje 5–10 ml 15% roztoku natrii fluoresceinici.

Indikace FAG: oběhové poruchy sítnice, arteriální i venózní uzávěry, záněty cév, degenerativní procesy spojené s poruchou hematookulární bariéry aj. Přínosné je vyšetření u diabetické retinopatie a centrální serózní chorioretinopatie. Dále se provádí v rámci diferenciální diagnózy mezi městnavou papilou, pseudopapilitidou, drúzovou papilou aj.

Dále viz odd. 10.2.11 3D angiografie – možnosti diagnostiky v oblasti hlavy a krku s. 602.

1.4 ULTRASONOGRAFIE (US)

Princip

US je vyšetřovací metoda založená na schopnosti ultrazvuku procházet tkáněmi a odrážet se na jejich rozhraních. Odrazy (echa) lze registrovat a vyhodnocovat.

Ultrazvukem rozumíme zvukové vlnění, jehož frekvence je vyšší než horní mez intervalu slyšitelných zvuků (20 kHz). Zvukové vlnění je buzeno mechanickým kmitáním těles, která předávají energii částicím prostředí, jež je obklopuje.

Zdrojem ultrazvuku jsou látky, které mají tzv. piezoelektrické vlastnosti. Piezoelektrický jev byl poprvé pozorován na plochách krystalů nemajících střed souměrnosti. Při jejich mechanickém namáhání (např. tahem nebo tlakem) vzniká na plochách elektrický náboj, při opačném postupu, tj. přizpůsobení krátkých elektrických impulsů, dochází ke krátkodobým deformacím – krystal se rozkmitá a může se tak stát zdrojem ultrazvukového vlnění. Frekvenční rozsah vlnění používaného v medicínské diagnostice je mezi 1 a 15 MHz. Vyšší frekvence zobrazují tkáň detailněji, ale vlnění je více absorbováno, takže hloubka zobrazení se rychle zmenšuje.

Ultrazvukové vlny vycházejí ze sondy, která se přikládá na povrch těla nebo zavádí do tělesných dutin (například do žaludku) – tzv. endosonografie.

Podle způsobu vzniku obrazu rozlišujeme zobrazení A a B

- *A-obraz* (amplitude modulated) je zobrazení křivkou. Sonda s krystalem vysílá snopeč ultrazvukových vln. Vlny odražené zpět jsou na monitoru detekovány jako posloupnost amplitud svou vzdáleností odpovídajících dráze mezi jednotlivými rozhraními. Jde o jednorozměrné zobrazení poskytující informaci pouze o sledu rozhraní ležící v ose ultrazvukového paprsku. Jednorozměrná registrace odrazů se v záznamu neustále mění, což klade nároky na optickou paměť vyšetřujícího. Užití: echoencefalografie, VDN (lepší je však B-obraz), orbita
- Dnes se používá převážně dvourozměrný *B-obraz* (brightness modulated) v reálném čase (technika okamžitě získávaného obrazu): jde vlastně o tomografický záznam množství světelných bodů, jejichž intenzita závisí na intenzitě echa (odrazu). Umožňuje dobrou topografickou orientaci. Užívají se sektorové či lineární sondy o frekvenci 2,5 až 10 MHz. Aplikace: krk, slinné žlázy, VDN, očníce a cévy

Jako *zvukové sondy* se používají lineární nebo sektorové měniče. K dispozici jsou speciální sondy pro vyšetřování VDN, slinných žláz, biopsie nebo pro intraoperační použití aj. Digitální technika umožňuje vyhodnocování obrazu počítačem. Dokumentace se provádí okamžitou fotografií nebo multiformátovou kamerou.

Dopplerovská US

Jde o vyšetřovací postup k průkazu proudění krve. Zjišťuje se rychlost a směr krevního proudu. S barevným kódováním se snáze vyhledávají cévy a je snazší posouzení vaskularizovaných ložiskových útvarů.

Metody

- *Metoda s kontinuální vlnou*: signál se trvale vysílá v čase (continuous wave – CW). Umožňuje rychlou identifikaci cév s vysokou rychlostí proudění. Nevýhodou je současné zachycování signálů z většího počtu cév
- *Pulsní metoda (PW)*: impulsy jsou vysílány v krátkých časových intervalech a odražené vlny se v sondě registrují s definovaným časovým odstupem. Výhodou metody je selektivní záznam ultrazvukových signálů z lumina jedné cévy

Duplexní US

Metoda je kombinací vysoce rozlišujícího ultrazvukového vrstevového obrazu a dopplerovské US kontinuální nebo pulsní. Pomocí barevného dvojrozměrného a trojrozměrného vyšetření lze zobrazit anatomii, morfologii a hemodynamické poměry cév. Vyšetřují se všechny končetinové a kmenové tepny, v oblasti hlavy a krku zejména karotické, vertebrobasilární i magistralní tepny lební spodiny. Získaný obraz podává následující informace:

- Kvalita a velikost cévní stěny
- Přítomnost aterosklerotických plátů ve stěně cévy
- Charakter perivaskulární tkáň
- Morfologie uzávěru cévy, zda jde o trombus nebo embolus
- Systolické a diastolické rychlosti a turbulence

Barevná duplexní dopplerovská US zobrazuje cévy velmi instruktivně v barvách, jejichž tón a sytost se mění podle rychlosti a směru krevního proudu. Transkraniální metodou lze měřit proud i v hlavních mozkových tepnách, když se sonda přikládá na „okénko“ spánkové kosti nad tragem a tepna se vybere podle lokalizace a sklonu sondy. Toto okénko však chybí téměř u 15 % populace. Transorbitálně lze vyšetřit i oftalmickou tepnu a karotický sifon.

US paranazálních dutin (viz také odd. 2.3.13)

A metoda

Metoda A je zobrazení křivkou. Ultrazvukové vlny vysílané sondou procházejí prostředím, které klade různý odpor. Při průniku těmito prostředími se změna energie převádí na křivky. Malá ozvěna (nízká křivka) je způsobena průnikem měkkými tkáněmi před kostěnou přední stěnou, velká ozvěna (křivka) odpovídá kostěné stěně a následné ozvěny potom odpovídají obsahu v dutině.

množství oční masti (O-Azulen ung.) se na víčko přiloží sonda. Jde tedy o nepřímé transpalpebrální vyšetření.

B-metoda dobře odliší v bohatě echogenním orbitálním tuku s výrazným kontrastem echograficky chudé oční svaly a zrakový nerv (n. II). Hlavní indikace vyšetřování zahrnují:

- Oblasti papily a přilehlé retrobulbární části n. II. Metodou lze objektivně měřit v milimetrech prominenci zduřelého terče, což může mít význam například u zákalů optických médií či při krajině mióze
- Diferenciální diagnóza pseudopapilitidy, zejména k průkazu papilárních drúz, které bez ohledu na stupeň kalcifikace výrazně UZ reflektují
- Diagnózu nitrolební hypertenze lze prokázat nebo podpořit rozšířením optiku za bulbem. Normálně má tento úsek spolu s pochvami 3 mm za papilou průměr 2,9 až 4,5 mm. Vzestup na 5 mm se hodnotí jako rozšíření intervaginálních prostorů přetlakem likvoru, jež může nitrolební hypertenzi spolehlivě prokázat, dokonce ještě před vznikem městnavé papily. Dalším kritériem podporujícím tuto diagnózu by měla být bilateralita nálezu, zatímco jednostranný výskyt nasvědčuje spíše zánětu nebo nádoru n. II
- Průkaz ztlustění přímých očních svalů u tyreoidální orbitopatie včetně fáze procesu

D-US

Toto vyšetření slouží k včasné diagnostice oběhových poruch CNS a k prevenci cévních mozkových příhod.

US v neurochirurgii

Metoda je vhodná pro *peroperační zobrazení* patologických tkání, hlavně u hluboko uložených lézí. US se provádí až po trepanaci, protože skrz neporušenou kost nelze sonograficky do mozku „vidět“.

U dětí s neuzavřenou fontanelou lze sonograficky vyšetřovat mozek a komorový systém skrz fontanelu.

Transkraniální dopplerovskou US se vyšetřuje *mozková perfúze*. Slouží například k sledování perfúze mozku při spazmech mozkových cév po subarachnoidálním krvácení aj.

US velkých slinných žláz

US je nepostradatelnou metodou v diagnostice onemocnění slinných žláz. Sektorové sondy (7,5 MHz) s vysokou rozlišovací schopností umožňují v B-modu zachytit i povrchově uložené měkké tkáně hlavy a krku a tedy i velké slinné žlázy.

US odliší již dvoumilimetrové až třmilimetrové léze, které ještě nejsou palpovatelné. Velmi dobře se posuzuje morfologie a struktura žlázy i její vztah k okolním strukturám včetně přítomnosti zvětšených uzlin. US velmi dobře koreluje s ostatními zobrazovacími metodami (CT, MR).

Postup vyšetření: v poloze naznak se zakloněnou hlavou, s jejím eventuálním pootočením kontralaterálně. Vždy se provádí oboustranné vyšetření, které se popřípadě doplní aspirační punkcí tenkou jehlou za kontroly US.

Indikace: u všech onemocnění, zejména konkrémentů, nádorů, cystických lézí, úrazů a zánětů (viz odd. 5.2).

1.5 POZITRONOVÁ EMISNÍ TOMOGRAFIE (PET)

PET je, obdobně jako scintigrafie, neinvazivní vyšetřovací metoda založená na detekci záření pocházejícího z radiofarmaka podaného pacientovi. Metoda vznikla v 90. letech minulého století. V současnosti se k zobrazování PET využívá nejčastěji mechanismus metabolismu glukózy ve tkáních. K tomuto účelu se nemocnému aplikuje intravenózně radiofarmakum, tj. radionuklid navázaný na vhodném nosiči. Nejčastěji používaným radiofarmakem je 2-/18F/fluoro-2-deoxy-D-glukóza (18FDG, FDG), která byla v neaktivní formě poprvé syntetizována profesorem Pacákem v Praze v roce 1968.

PET není jen vyšetření s pomocí FDG. PET lze podobně jako scintigrafii provádět s řadou preparátů a zobrazit tak různé funkční pochody.

Radiační zátěž je při vyšetření PET minimální.

Standardně se metoda využívá v onkologii (90 % všech vyšetření PET), neurologii, v kardiologii a při pátrání po zánětlivých ložiscích. Na rozdíl od morfologického zobrazení US, CT nebo MR *umožňuje PET vizualizaci metabolické aktivity tkání, neboli opírá se o funkční změny v dané tkáni.*

Faktory bránící rychlejšímu rozšíření PET jsou především finanční náročnost a omezená dostupnost radiofarmak. Produkce radiofarmak je vázaná na cyklotron a jejich poměrně krátký biologický poločas rozpadu (2 až 110 minut) nedovolují širší distribuci.

Princip PET

Rozpadem vlastního radionuklidového zářiče dochází k emisi pozitronů beta+ (kladně nabitých antičástic elektronu). Dolet pozitronu je krátký, ve tkáni maximálně několik milimetrů. Pozitron cestuje velmi krátkou dobu tkáněmi a interaguje s negativně nabitým elektronem okolních tkání. Po interakci pozitronu s elektronem dojde k zániku obou částic – anihilaci, která je provázena emisí dvou kvant záření gama (současné vyzáření dvou fotonů) o energii 511 keV. Fotony letí z místa interakce opačným směrem ve 180° úhlu po tzv. koincidenční přímce.

Detekce: nesnímají se pozitrony ale detekuje se průvodné anihilační záření. To se může registrovat klasickou scintilační kamerou vybavenou vhodným kolimátorem. V tomto režimu se snímá vždy jen jediný foton (jednofotonová emisní tomografie – SPECT). Obrazy získané pomocí scintigrafie nebo SPECT nejsou zcela vyhovující, mají špatné prostorové rozlišení aj. PET se liší od uvedených metod současným snímáním obou fotonů bez použití kolimátorů. Detektory PET kamery jsou umístěné v prstenci (řádově až 10 000 detektorů) kolem vyšetřovaného a snímají záření vycházející z pacienta. Po počítačovém zpracování dat jsou zrekonstruovány tomografické vrstvy. Simultánní detekce fotonů pomocí PET kamery umožňuje určit koincidenční přímku. Pro detekci fotonů se v PET kamerách používají krystaly Bi4Ge3O12, označované zkratkou BGO. Celý

děj se opakuje vzhledem k aktivitě radiofarmaka řádově až stotisíckrát za vteřinu. Detektory jsou uspořádány do bloků a výstupní signál z bloků je připojen k elektronické kartě, která signál zpracuje, přičemž určí intenzitu, polohu a čas záblesku. Z registrovaných informací je možné rekonstruovat transaxiální vrstvy odrážející distribuci radiofarmaka v organismu. Protože většina patologických lézí má odlišný metabolismus od zdravé tkáně a rozdílně vychytává radiofarmakum, zobrazí se jako ložiska či oblasti snížené nebo zvýšené aktivity.

Nejčastěji se užívá *radiofarmakum FDG* s poločasem rozpadu 109 minut. Jde o hexokinázu, první enzym glykolýzy, fosforylované na 18FDG-6-fosfát. Degradace 18FDG-6-fosfátu je v procesu glykolýzy velmi pomalá (na rozdíl od glukózy), a to vede k jeho hromadění v buňkách. Koncentrace FDG je tak reprezentantem glykolytické aktivity v buňkách.

Ke *snímání anihilačního záření* se užívají speciální PET kamery s axiálním zorným polem okolo 15 cm. V případě snímání větší části trupu se lůžko automaticky posunuje s pacientem a počítač zastavuje obraz s ohledem na předem definovaný posun lůžka. Kromě záření emitovaného nemocným se snímají i transmisní data, kdy je nemocný ozářen třemi čárovými rotujícími zdroji ⁶⁸Ge/⁶⁸Ga (Ge se elektronovým záchytem rozpadá s poločasem 275 dnů na Ga, které je pozitronový zářič s poločasem rozpadu 1,14 hodiny). Z transmisních dat se rekonstruuje mapa absorpčních koeficientů a pomocí ní je korigovaná absorpce emitovaného záření v těle pacienta. Nasnímaná data jsou pak rekonstruována a prezentována ve formě vrstev ve třech navzájem kolmých rovinách a ve formě objemových projekcí.

PET znázorněné tomografické roviny dobře charakterizují regionální funkci. Přinášejí však poměrně málo anatomických informací. Proto je někdy vhodné užít tzv. *fúzi obrazů* z různých modalit. Jedná se o prezentaci přeložených obrazů dvou modalit v různých barevných škálách po předchozí vzájemné orientaci dat. S výhodou se používá fúze PET s CT nebo s MR.

Akumulace FDG v buňkách závisí na řadě vlivů

- Stupeň akumulace FDG kolísá v závislosti na čase měření, hmotnosti pacienta a na případných metabolických chorobách, zejména cukrovce
- Expres přenašečů glukózy na povrchu buněk
- Četné fyziologické děje: oxygenace tkání, krevní průtok, granulační aktivita okolo nádoru jako výsledek zánětlivé reakce s aktivovanými makrofágy aj.
- Hladina glykémie v séru pacienta. FDG se transportuje do buněk shodným mechanismem jako glukóza, a proto při zvýšené glykémii bude nižší přestup FDG do buněk. Je tedy nezbytné, aby byl *nemocný před vyšetřením nalačno alespoň 4 až 6 hodin* a v případě diabetiků je nejvhodnější co nejlepší korekce glykémie a inzulinémie

Fyziologické zobrazení akumulace FDG

- Zvýšeně akumulují FDG neurony, proto je vyšší akumulace v mozku

- FDG se částečně vylučuje ledvinami, takže se obvykle při vyšetření PET zobrazuje dutý systém ledvin a močový měchýř
- Fyziologicky bývá zvýšený metabolismus glukózy patrný ve stěně žaludku a střev, v lymfatické tkáni Waldayerova okruhu a v hrtanu
- Mírná akumulace FDG se může vyskytovat také okolo očí a ve sliznici ústní dutiny
- Akumulace FDG v srdečním svalu je nepravidelná a závislá na momentálních metabolických poměrech
- Lehce zvýšená akumulace FDG bývá u tenzních pacientů, zejména mladých žen s nízkým BMI (Body Mass Index). Vyskytuje se symetricky v oblasti nuchální, laterálně na krku s retroklavikulární propagací až pod axily, dále paravertebrálně v rozsahu hrudní páteře, v oblasti horní hrudní apertury a také dorzálně za nadledvinami. Předpokládá se, že se jedná o aktivovanou tukovou tkáň (reziduální hnědý tuk) při termoregulaci či stresu

Falešně pozitivní výsledek PET při vyhledávání malignity může být způsoben překrytím tkáně, která sama vykazuje vyšší akumulaci FDG. Jde například o překrytí zánětlivou lézí, velkou slinnou žlázou, akutní sinusitidou v blízkosti tumoru, reaktivně změněnou lymfatickou uzlinou, oblastí po provedené biopsii aj.

Omezená výtěžnost PET

- Nezobrazí se léze menší než 0,5 cm
- Snížená citlivost PET je u diabetiků. U dekompenzovaného diabetes mellitus se PET neprovádí
- PET selhává u karcinomu prostaty, u neoplazií lokalizovaných v močových cestách a v některých dalších speciálních případech
- Účinná chemoterapie snižuje akumulaci FDG v nádorových buňkách. Čím větší je časový odstup od chemoterapie, tím vyšší je citlivost metody. Pro vyšetření PET se doporučuje nejméně dvoutýdenní odstup
- Hodnocení PET v ozářené oblasti může být zhoršeno několik měsíců. Vhodný je odstup 3 až 4 měsíce, není ovšem podmínkou

Metodika vyšetření v PET centru v Nemocnici Na Homolce v Praze

FDG pro humánní aplikaci je dostupná z výroby Ústavu jaderné fyziky AV ČR, která se dováží do PET centra. V roce 1999 zde byl instalován první PET skener v České republice.

Anamnesticky a biochemicky je vyloučen u pacienta diabetes mellitus. Minimálně 4, lépe 6 hodin je nemocný před vyšetřením lačný. FDG se aplikuje v závislosti na hmotnosti pacienta. Pro nemocného s hmotností 70 kg se jedná o aktivitu 525 MBq s korekcí podle hmotnosti na doporučení SUJB. Korekce je nelineární, přibližně 7,5 MBq/kg. Po podání FDG je s časovým odstupem přibližně 1 hodinu provedeno snímání PET skenerem. Celé vyšetření trvá přibližně 60 až 80 minut. Užívá se celotělová PET umožňující objemové měření metabolických

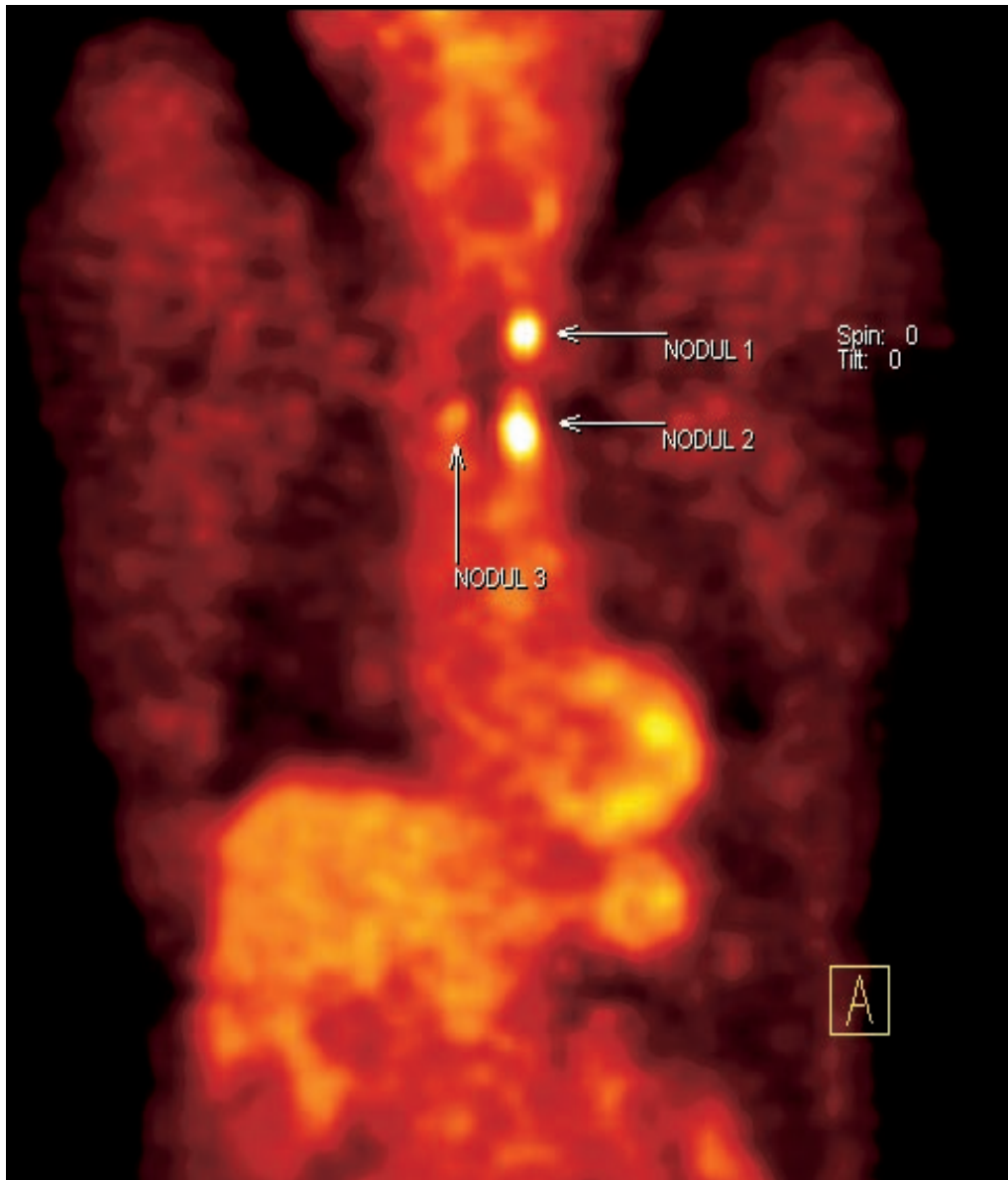
a fyziologických procesů. Snímání se provádí v rozsahu od thalamu k inguinám, včetně horních končetin. Směr skenování je kaudokraniální. Rovina skenování je transaxiální, z ní se přeskupují koronární a sagitální vrstvy. Využívá se 2D i 3D režim snímání.

Indikace PET

- Hlavní aplikací je *zobrazování malignit – diagnostika primárního nádoru a metastáz*. Základem používání FDG v in vivo zobrazování nádorových změn je pozorování zvýšené glykolýzy v maligních buňkách. Většina zhoubných nádorů má zvýšenou glykolýzu a vykazuje proto vysokou akumulaci FDG. Mezi nejvýznamnější indikace náleží dynamický růst nádorových markerů při neoplazii v anamnéze. Na podkladě vyšetření PET lze přibližně posoudit následující stavy:
 - malignitu známého nádoru, zejména malých tumorů T1, které jsou těžko detekovatelné
 - staging různých typů tumorů
 - uzlinové metastázy, uzliny lze odhalit pomocí PET od velikosti 0,5 cm; senzitivita je vyšší než CT a MR
 - stupeň diferenciacie nádoru
 - efekt léčby; kontrolní PET s nálezem útlumu akumulace po operaci, ozáření nebo chemoterapii malignity se doporučuje přibližně za 4 měsíce
 - lokální či regionální recidivy
 - lokalizace neznámého primárního nádoru při známé metastáze, nebo při paraneoplastických syndromech
 - postradiační změny (edém, granulace, fibróza, radionekróza); vyšší diagnostický přínos než CT a MR
 - recidivu nádoru oproti postradiačním změnám
- Využití PET v *neurologii*
 - lokalizace epileptického ložiska před případným neurochirurgickým zákrokem
 - pátrání po nádorech mozku, avšak vyšetření má nižší senzitivitu vzhledem k tomu, že FDG výrazně akumulují neurony
- V *kardiologii* slouží PET k důkazu vitality myokardu před plánovaným revaskularizačním výkonem
- Vyhledávání *zánětlivých fokusů* v případech, kdy jiné vyšetřovací metody selhávají, zejména u nemocných v protražovaném septickém stavu a u imunosuprimovaných pacientů

Příklady užití PET v oblasti hlavy a krku

- PET nenahradí MR při primární diagnostice metastáz do mozku vzhledem k fyziologicky vysoké akumulaci glukózy v šedé hmotě. Po léčbě však MR není mnohdy schopna odlišit radionekrózu od recidivy metastázy. Je-li po terapii v ložisku přítomna i mírně zvýšená akumulace FDG oproti okolí, je recidiva vysoce pravděpodobná; v opačném případě se pravděpodobnost recidivy snižuje, avšak spolehlivě ji vyloučit nelze
- Po léčbě Leksellovým gama nožem někdy bývá kolem ozářeného hypometabolického ložiska patrný lem lehce zvýšené konzumpce glukózy, který představuje benigní reparativní změny



PET koronární rovina

Obr. 1.21 PET obraz tří ložisek, zvýšené akumulace FDG v krčních metastázách karcinomu štítné žlázy viz obr. 1.22–1.25 s. 45–46. Vyjma uvedeného nálezu je zobrazena fyziologická aktivita FDG v těle

- Z primárních mozkových nádorů bývá FDG zvýšeně akumulována především v gliomech II. a IV. stupně. Nízkostupňové gliomy a meningeomy obvykle akumulují FDG méně než okolní šedá hmota. PET se využívá po léčbě, kdy CT ani MR mnohdy neodliší poléčebně změny od recidivy nádoru. Je-li po terapii v ložisku přítomna zřetelně zvýšená akumulace FDG oproti okolí, je recidiva vysokostupňového gliomu nebo tzv. „upgrading“ nízkostupňového gliomu vysoce pravděpodobná; v opačném případě se pravděpodobnost recidivy snižuje, avšak spolehlivě ji vyloučit nelze
- PET je všeobecně uznávána jako velmi vhodná metoda pro zjišťování lokalizace nádorů hlavy a krku a pro posouzení rozsahu onemocnění
- PET se využívá pro staging a časnou diagnostiku recidivy nádorů hlavy a krku
- Staging/restaging karcinomu štítné žlázy u lézí neakumulujících radiojod. Typickou indikací PET je růst hladiny tyreoglobulinu a negativní jodový sken. U karcinomů akumulujících radiojod je PET často schopna odhalit větší množství ložisek

PET je metoda výběrová a užívaná v přísně vymezených případech. V budoucnosti lze očekávat zlepšení citlivosti PET a několikanásobné zvýšení prostorové rozlišovací schopnosti, což by umožnilo další rozšíření indikací a tím i diagnostického přínosu metody.

1.6 POZITRONOVÁ EMISNÍ TOMOGRAFIE KOMBINOVANÁ S VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIÍ (PET/CT)

(viz také odd. 1.5)

Princip

Nejmodernějším trendem je v současnosti vývoj tzv. *hybridních přístrojů*, které kombinují dvě metody během jediného vyšetření. Účelem tohoto spojení je využití výhod a potlačení nevýhod původně zcela nezávislých vyšetřovacích modalit a zvýšení přesnosti zobrazení.

Cílem kombinace metod nukleární medicíny (SPECT, PET) a radiodiagnostického zobrazování (CT, MR) je poskytnout funkční informaci o metabolismu patologického procesu současně se zobrazením jeho struktury a anatomické lokalizace. *Kombinací funkčního a morfologického zobrazení vzniká fúze, kdy obraz každé modalit je zobrazen ve své vlastní barevné škále.* Při zobrazení lze dynamicky měnit poměr zastoupení modalit v obraze – tzn. od zobrazení například jen PET s postupným přidáváním složky CT zobrazení až po úplné potlačení PET a zobrazení jen CT. Jinou možností je prohlížení jedné modalit, kdy kurzor představuje okno do druhé modalit.

Spojením pozitronové emisní tomografie s výpočetní tomografií (PET/CT) do jednoho vyšetření získáme přehled o rozložení radioaktivity v těle pacienta na pozadí anatomického CT obrazu a navíc jsme informováni o struktuře patologického ložiska či tkáně.

Kombinací naráz získané informace o metabolismu a morfologii patologického procesu – PET/CT se významně zvyšuje senzitivita tohoto hybridního zobrazení ve srovnání s klasickým samostatným PET a CT. Navíc se dávka záření při PET/CT vyšetření udržuje díky technicky dokonalejšímu PET skeneru a díky užívané technice „low dose“ CT na velmi nízké úrovni a pohybuje se kolem 10–15 mSv.

V roce 2003 byl v Nemocnici Na Homolce v Praze uveden do provozu hybridní PET/CT skener jako sedmý přístroj tohoto typu v Evropě a zatím jediný u nás.

Metodika vyšetření v PET/CT centru v Nemocnici Na Homolce v Praze

Provádí se zpravidla vyšetření od lební baze až po úroveň tříslel. Pokud je v rámci diagnózy důležitá ještě jiná oblast, doplňuje se vyšetření této krajiny. Jednu až dvě hodiny před vlastním vyšetřením je pacientovi změřena glykémie (hyperglykémie snižuje citlivost PET) a intravenózně se aplikuje radiofarmakum. Vzhledem k nutnosti dobrého odlišení střev v CT obraze se podává vždy perorální kontrastní látka. S ohledem na zlepšení anatomické přehlednosti a detailnější zobrazení strukturálních změn se aplikuje u většiny nemocných při začátku skenování

ještě kontrastní látka intravenózně. Celkový pobyt na oddělení trvá 2 až 3 hodiny, vlastní skenování při PET/CT nepřesáhne 30 minut.

Indikace hybridního PET/CT

- Indikace jsou podobné jako PET
- Mezi další indikace náleží
 - detekování rozsahu infekce cévní náhrady v jedné době
 - rozsah postižení nativního cévního řečiště
 - odhalení zánětlivého fokusu aj.

Z pohledu volby PET nebo PET/CT lze shrnout, že samotná PET vyšetření se využívá zejména v těchto indikacích

- Samotná PET dále postačuje u pacientů s čerstvým CT nebo MR nálezem, kde je důležité zhodnocení metabolismu již známé patologické léze
- V onkologii především u nemocných přicházejících ke kontrolám po terapii, u nichž je důležitá hlavně změna viability patologického ložiska vyjádřená změnou metabolismu při účinné léčbě, a kde není třeba patologická ložiska opakovaně anatomicky lokalizovat
- Průkaz viability myokardu
- Lokalizace epileptogenní zóny

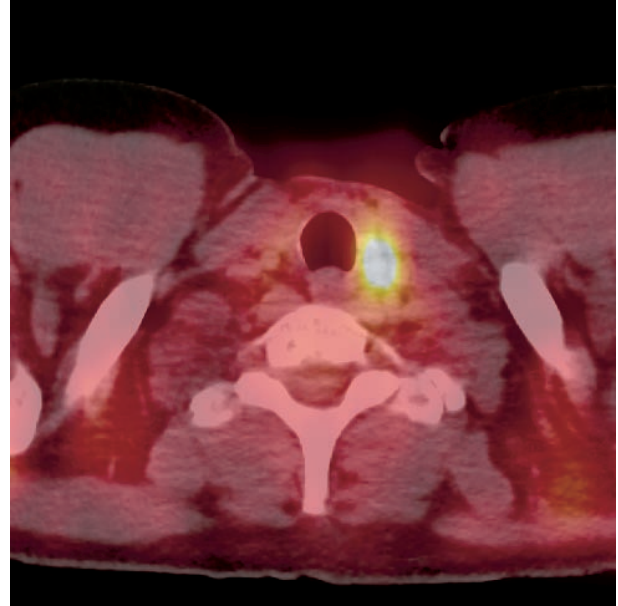
Absolutní *kontraindikace* PET a PET/CT vyšetření prakticky neexistují. Jedinou kontraindikací je pozitivní alergická anamnéza na jodové kontrastní látky, kde se provádí pouze nativní PET/CT. U ostatních alergií se postupuje podle obecných pravidel; v nezbytných případech se vyšetřuje za přítomnosti anesteziologa.

Poznámka: obr. 1.22 až 1.25 snímky 40letého nemocného s oboustranným papilárním karcinomem štítné žlázy s metastázami do krčních uzlin oboustranně; stav po totální tyreoidektomii a oboustranné krční disekci, doplněné ablací radiojodem. Pro stoupající hladiny tyreoglobulinu za 4 měsíce po léčbě bylo vysloveno podezření na opětovné krční metastázy. Na scintigrafii nebyla nalezena ložiska zvýšené akumulace jodu, PET/CT prokázalo 3 suspektní ložiska. Navzdory další aplikaci radiojodu, tentokrát již v maximální dávce, trvá nález suspektních krčních metastáz při kontrolním PET/CT. Vysoký stupeň dysplazie zvyšuje pravděpodobnost, že se podaří rozsah postižení zobrazit pomocí (^{18}F)FDG. Naopak dobře diferencované, hormonálně aktivní neoplazie obvykle zvýšenou konzumací glukózy nevykazují. Následně jsme provedli revizní krční disekci s odstraněním uvedených ložisek. Pacienta sledujeme 10 měsíců bez známek recidivy onemocnění



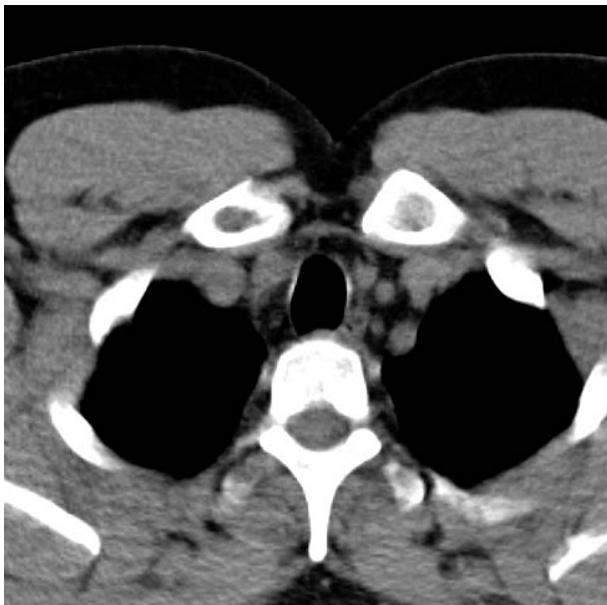
A CT axiální rovina

Obr. 1.22 A V karotickém kompartmentu mezi vnitřní jugulární žílou a společnou krkavicí vlevo je mízní uzlina o průměru 9 mm (šipka)



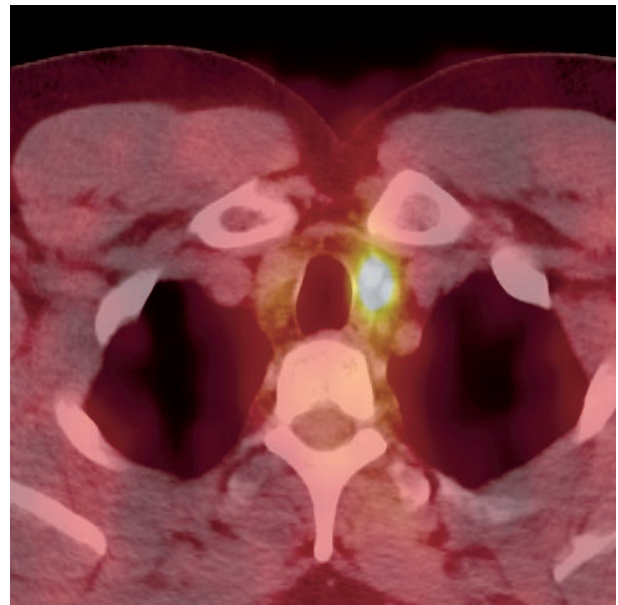
B PET/CT axiální rovina

Obr. 1.22 B Vysoká konzumce FDG zobrazená na PET/CT jako oblast světlé barvy na tmém pozadí svědčí pro přítomnost viabilní neoplazie



A CT axiální rovina

Obr. 1.23 A Další uzlina o průměru 8 mm leží vlevo kaudálněji mezi společnou krkavicí a tracheou



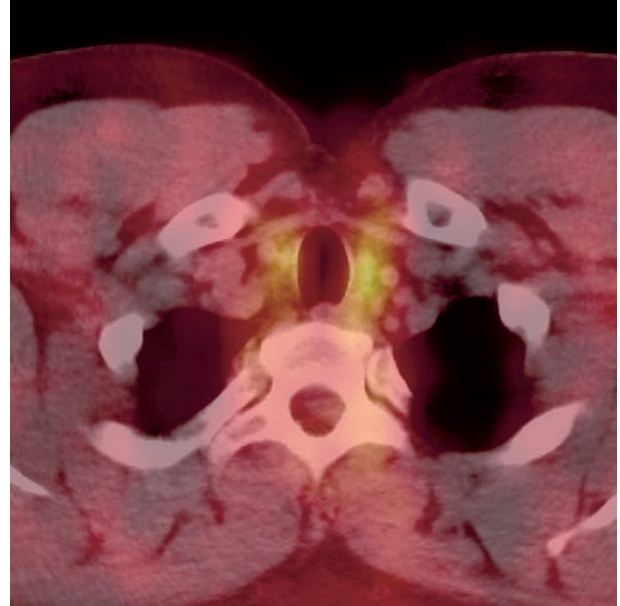
B PET/CT axiální rovina

Obr. 1.23 B I v této uzlině zobrazuje PET/CT hypermetabolismus glukózy, který svědčí pro přítomnost viabilní neoplazie



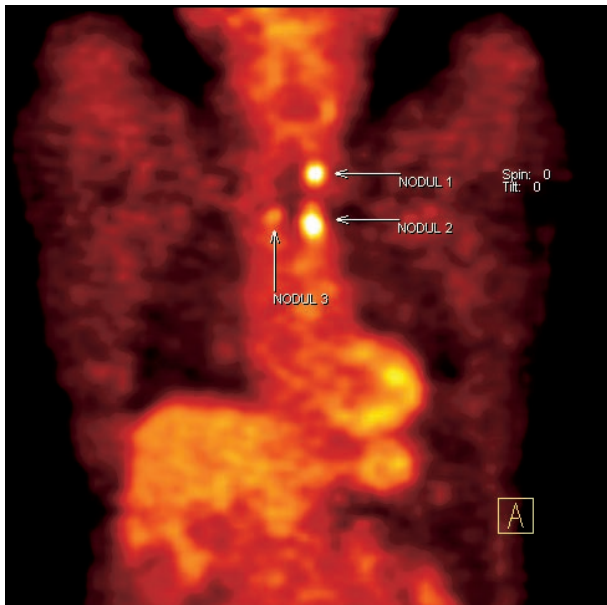
A CT axiální rovina

Obr. 1.24 A Vpravo paratracheálně je další uzlina o průměru 6 mm (šipka). Tato velikost představuje dolní práh rozlišovací schopnosti PET systému, pod níž je senzitivita již výrazně snižena



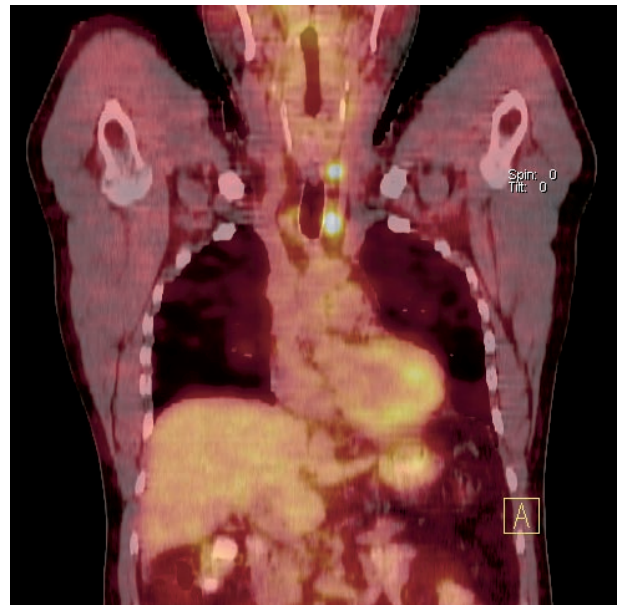
B PET/CT axiální rovina

Obr. 1.24 B I přes malý objem uzliny lze v ní prokázat zvýšenou konzumpci glukózy, tedy přítomnost viabilní neoplázie



A PET koronární rovina

Obr. 1.25 A PET obraz tří ložisek, zobrazených na předchozích snímcích



B PET/CT koronární rovina

Obr. 1.25 B PET/CT obraz poskytuje v porovnání s PET daleko lepší představu o velikosti a uložení hypermetabolických ložisek

1.7 NAVIGOVANÁ CHIRURGIE

Počítačově navigovaná, neboli asistovaná chirurgie (computer-assisted surgery – CAS /endoscopy/, image-guided surgery /endoscopy/, navigační systémy – NS) je postup využívající US, CT nebo MR při operacích a/nebo endoskopiích, kdy je poloha nástroje nebo endoskopu detekována speciálním zařízením na vedlejším monitoru 2D nebo 3D obrazem, se kterým lze manipulovat.

Klasické NS umožňují peroperační využití předoperačně získané informace zobrazovací metodou v reálném čase. Tyto NS nevyužívají aktuální radiologické zobrazení anatomie získané přímo na operačním sále během vlastního operačního výkonu, což umožňují pouze peroperační zobrazovací systémy (MR, CT, US, RTG).

V současnosti již existují i peroperační CT a MR NS. Peroperační NS fungují v reálném čase na rozdíl od klasické navigace kde je použito předoperační zobrazovací vyšetření.

V roce 1987 poprvé využil Schlondorff sondu, jejíž poloze byla sledována na trojrozměrném modelu vytvořeném na podkladě předoperačních snímků CT. V roce 1990 vznikla navigovaná chirurgie na podkladě stereotaktického softwaru, kdy se plynule určuje během operace poloze sondy umístěné na konci nástroje. Sensory zaznamenávají její polozu ve vztahu k anatomickým strukturám. Tyto údaje jsou ve spojení s předoperačními CT či MR geometrickými údaji digitálně zpracovány a výsledkem jsou CT nebo MR vrstvy ve dvou nebo ve třech rovinách a dvojrozměrná (2D) nebo trojrozměrná (3D) rekonstrukce ukazující aktuální polozu sondy v operačním poli. Přesnost lokalizace sondy je přibližně 1 až 3 mm.

Výhodou NS je zlepšení topografické orientace v rizikových oblastech, zlepšení diferenciacie tkání, redukce operačních komplikací, zlepšení a zrychlení edukace aj.

Využití má tato metoda zejména v neurochirurgii (viz níže) i v dalších chirurgických oborech. Indikací jsou zvláště komplikované operační přístupy a výkony při užití zejména mikroinvasivních technik při složitých anatomických poměrech, při revizních operacích, řešení zánětlivých komplikací, u některých úrazových stavů, v onkologii aj.

Při endoskopických endonazálních operacích (EES) usnadní NS v některých případech otevírání čelní a klínové dutiny, orientaci při dekompresi zřakového nervu či orbity, lokalizaci uzávěru likvorových píštělí, řešení abscesů v okolí VDN aj. Uvádí se více než 90% jistota nalezení požadované anatomické struktury. Přibližně 10% výkonů při EES vyžaduje užití NS.

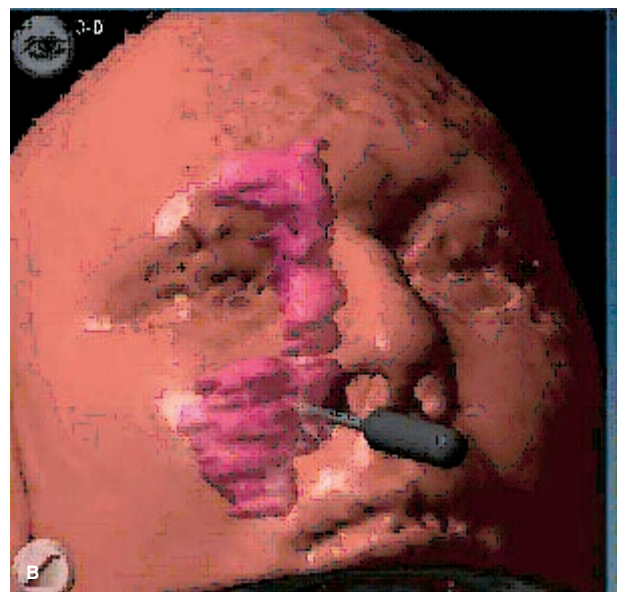
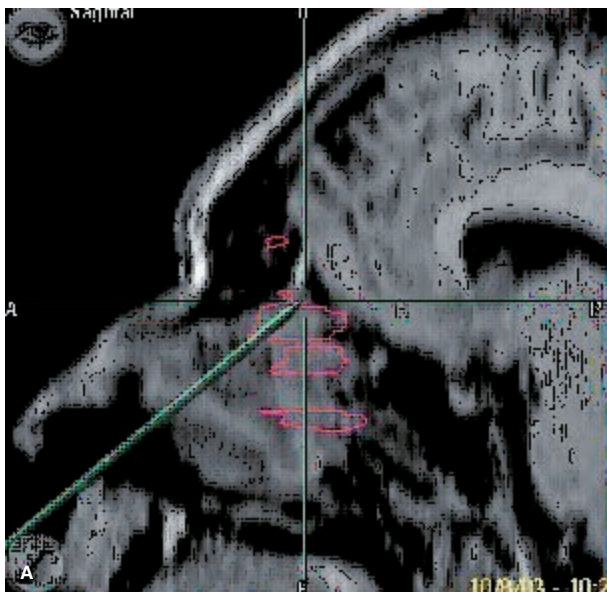
Nevýhodou NS je jejich nákladnost a časová náročnost, a proto zůstává výběrovou metodou vyhrazenou pro specializovaná pracoviště.

V současnosti se zavádí také „a third hand“ pro endoskopickou chirurgii lební baze. Jedná se o endoskopický držák (stabilizér) výrazně usnadňující a zpřesňující operace pomocí obou rukou s možností CT, MR NS. V budoucnu se pravděpodobně prosadí spolu s NS také robotizovaná chirurgie.

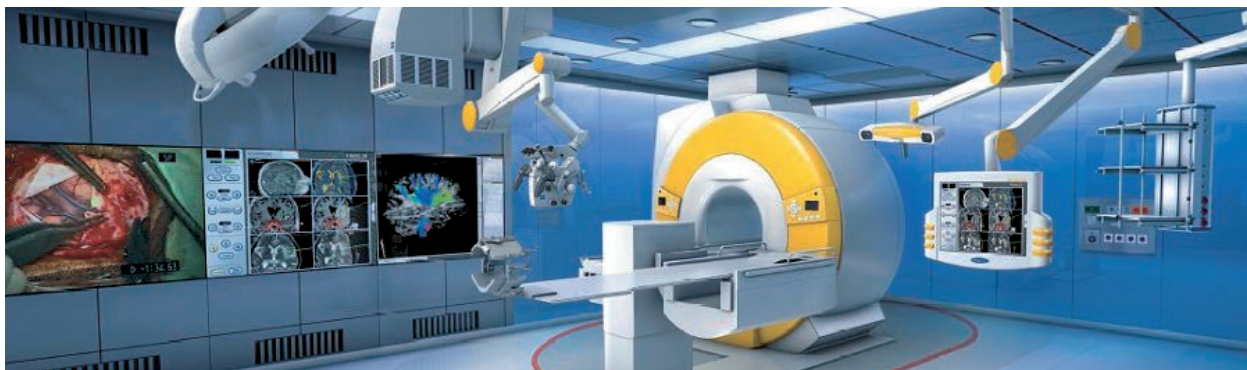
Navigace v chirurgii lební baze

Navigační systémy se dělí na dva typy:

- *Rámové NS (frame-based)* využívají pro topografickou lokalizaci pevný rám trvale připojený k hlavě pacienta během předoperačního vyšetření i během následné operace. Omezují pracovní pole prakticky pouze na neurokranium, pracovní nástroj (např. bioptická jehla) se fixuje k rámu, polozu se určuje výpočtem stereotaktických koordinát
- *Bezrámové NS (frameless)* odstraňují nutnost používání pevného rámu fixovanému k pacientově hlavě, navigované nástroje jsou volné



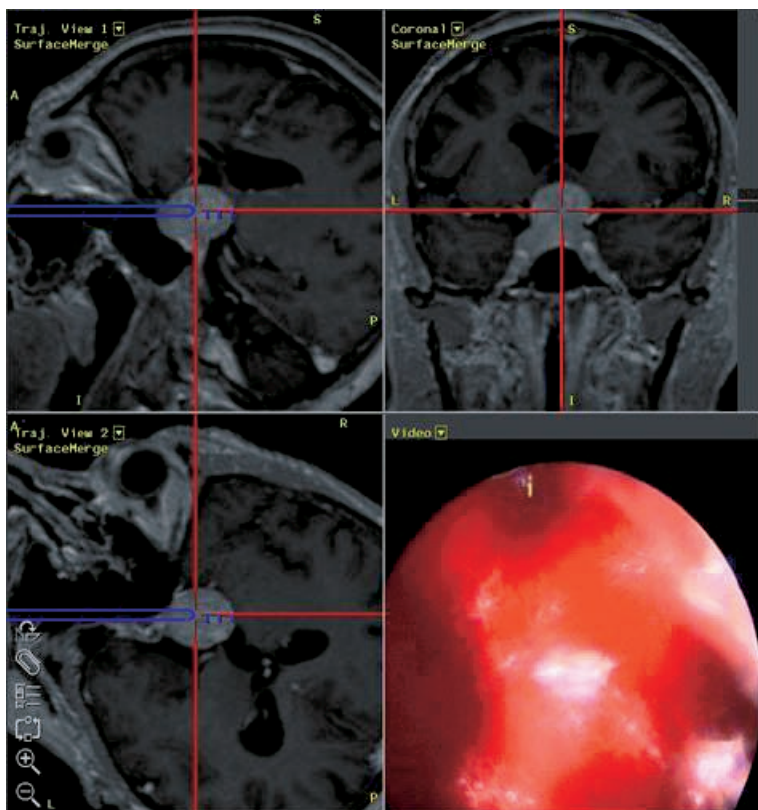
Obr. 1.26 A, B Estezioneuroblastom VDN. Ukázka navigace při kombinaci endoskopického a zevního neurochirurgického přístupu



Obr. 1.27 A Peroperační MR v kombinaci s navigací a navigovaným mikroskopem



Obr. 1.27 B Elektro-optický bezrámový navigační systém skládající se z pracovní stanice s obrazovkou a infračervené kamery (vpravo), referenčního rámu (vlevo dole) a navigovaných nástrojů – v tomto případě mikroskopu



Obr. 1.28 Navigovaný endoskop při transsfenoidální chirurgii adenomů hypofýzy. Vlevo dole obraz klenoucí se arachnoidey po radikální resekci adenomu, na ostatních polích poloha konce endoskopu v koronární, sagitální i axiální rovině

Bezrámové navigační systémy

Spojení mezi pracovní stanicí informující operátora prostřednictvím obrazovky o aktuální poloze a volným navigovaným nástrojem může být zajištěno několika principy:

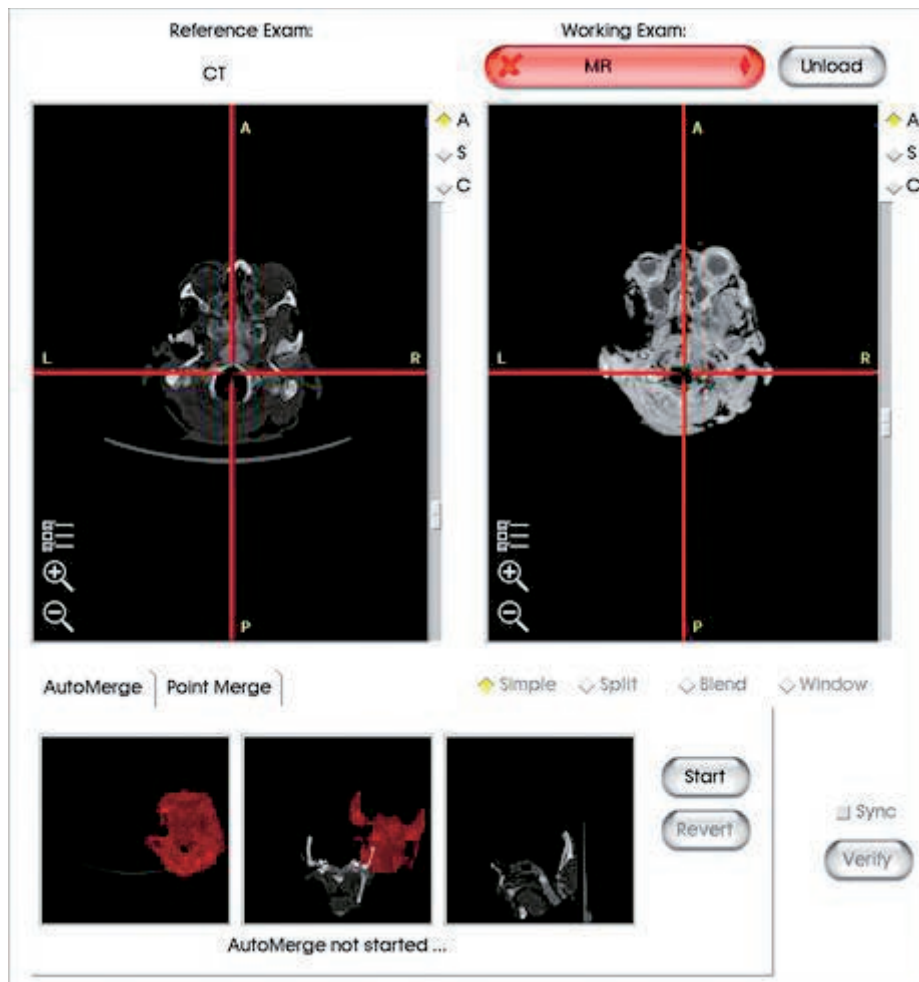
- Elektromechanické NS představují spojení navigovaného nástroje s NS pomocí kloubového ramena, poloha se vypočítává podle umístění kloubů detekovaného čidly
- Ultrazvukové NS jsou nástroje a referenční rámy emitující ultrazvuk, který se zaznamenává mikrofony pracovní stanice. Limitací metody jsou interference se zvuky na operačním sále (například aspirátory, ultrazvukové aspirátory, ventilátory)
- Elektromagnetické NS využívají modulované magnetické pole, které určuje polohu v prostoru. Limitací metody je nemožnost používat vybavení a nástroje z ferromagnetických materiálů
- Elektrooptické NS jsou nejrozšířenější systémy. Infračervená kamera snímá polohu aktivních světlo emitujících diod nebo pasivních odrazových značek na registračním rámu a navigovaných nástrojích. Limitací je nutnost zachování volné optické dráhy



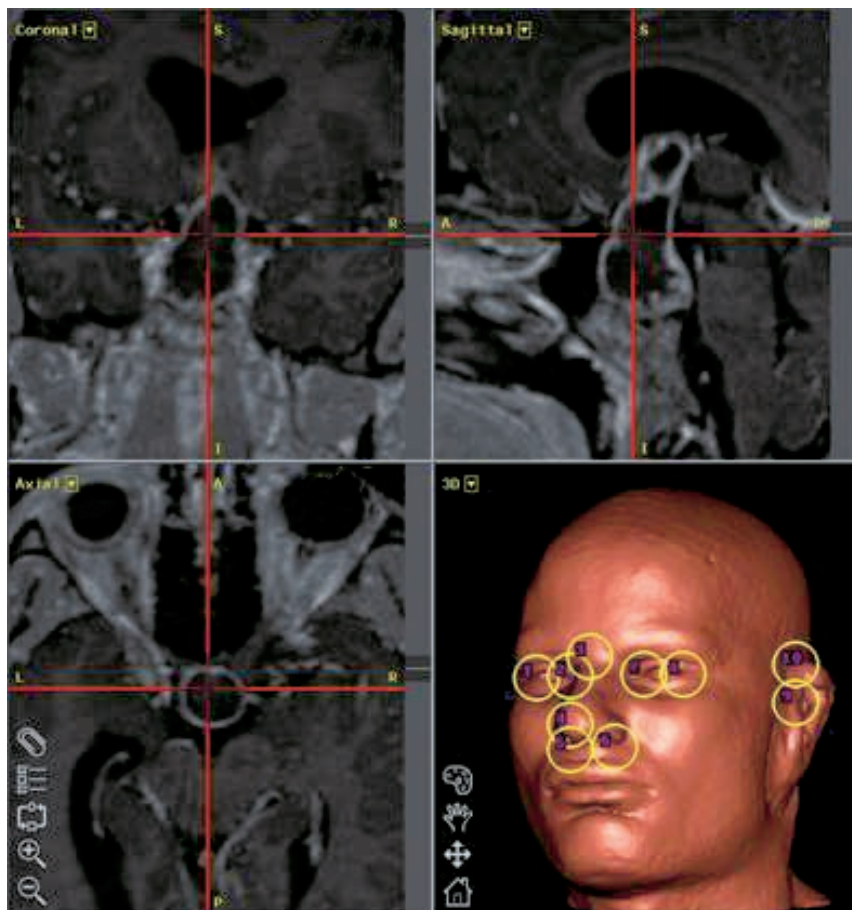
Obr. 1.29 Skull post. Speciální referenční rám se dočasně připevňuje během operace k lebce pacienta. Umožňuje volné pohyby hlavou během operace

Nejrozšířenější moderní elektrooptické bezrámové navigační systémy se skládají z následujících komponent:

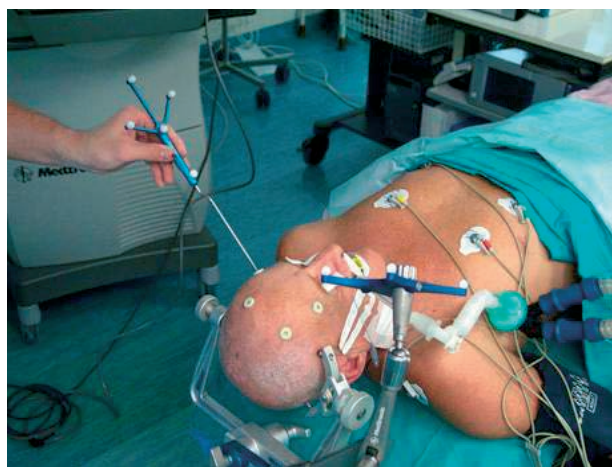
- Navigační stanice je počítač s výkonným grafickým softwarem a obrazovkou znázorňující aktuální radiologickou polohu ve třech rovinách nebo v jiných speciálních projekcích a vrstvách
- Kamera snímá neustále aktuální polohu pacienta a nástrojů v prostoru



Obr. 1.30 Automatická fúze CT a MR vyšetření



Obr. 1.31 Registrace navigačního systému pomocí 10 přirozených anatomických bodů



Obr. 1.32 Registrace pomocí povrchových značek (fiducials). Hlava pacienta je fixována v Mayfieldově tříbodovém fixátoru, ke kterému je pevně připojen referenční rám

- Referenční rám je pevně připojen během operace k hlavě pacienta, pohybuje se v prostoru stejně s operačním polem, je neustále snímán kamerou
- Navigované nástroje zahrnují firemní navigační sondy, mikroskop se speciálním navigačním rámem, nebo po osazení malými referenčními rámy prakticky jakýkoliv nástroj včetně vrtačky, koagulace, odsavače, endoskopu nebo ultrazvukového aspirátoru

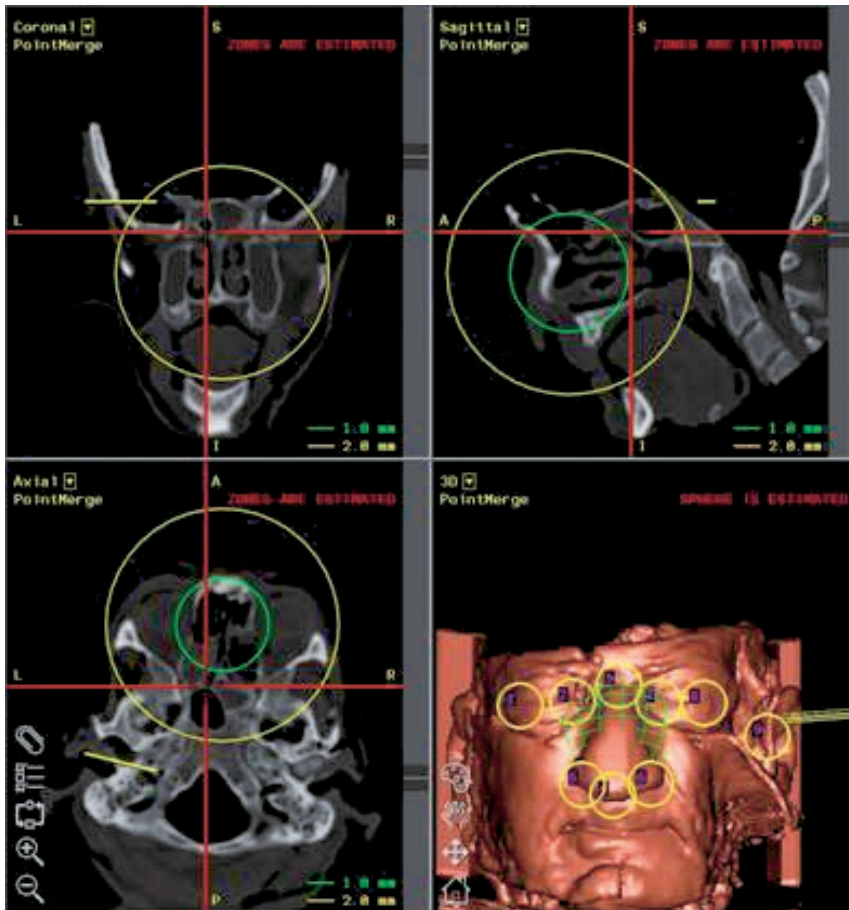
Systémy využívající navigovaného mikroskopu umožňují operátorovi zobrazovat zvolenou trajektorii, cíl nebo vybrané hranice (např. hranici tumoru nebo vybraných anatomických struktur) přímo v mikroskopu v pozadí s operačním polem na základě přesného výpočtu aktuálního optického ohniska při automatickém zaostření při různých zvětšeních.

Přesnost navigačních systémů

Registrační přesnost NS určuje shodu počítačem generovaného prostorového anatomického modelu vycházejícího z předoperačního grafického vyšetření se skutečnou anatomickou realitou. Skutečná přesnost určující aktuální peroperační shodu mezi generovaným modelem a operačním polem je ovlivněná kromě registrační přesnosti také peroperační stabilitou.

V chirurgii lební baze (LB) nedochází k ovlivnění možností přesunu tkáně vlivem otoku, derivace likvoru nebo částečnou resekci tkáně nádoru. Peroperační stabilita je tak ovlivněná především kvalitou spojení mezi referenčním rámem informujícím o aktuální poloze a vlastním operačním polem. Spojení hlavy pacienta a referenčního rámu může být zajištěno využitím následujících možností:

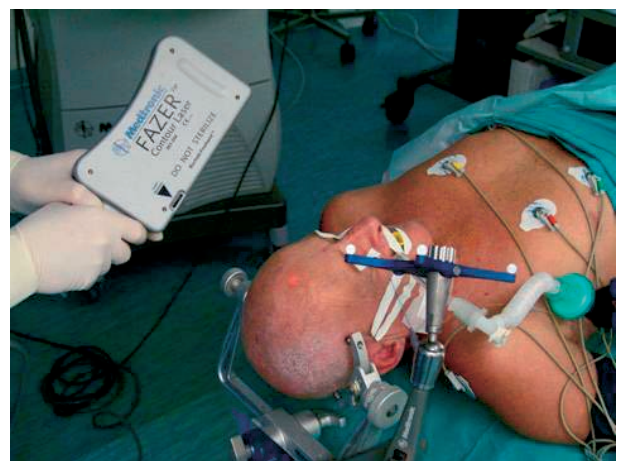
- Pevné spojení referenčního rámu s Mayfieldovým tříbodovým fixátorem upevňujícím hlavu pacienta (pevné stabilní spojení, užívané v neurochirurgii, neumožňuje



Obr. 1.33 Výpočet sfér přesnosti u kadvorozního preparátu na základě registrace pomocí přirozených anatomických bodů. Žlutá kružnice ohraničuje prostor s registrační chybou do 2 mm, zelená kružnice do 1 mm



Obr. 1.34 Registrace navigačního systému pomocí snímání povrchových bodů (surface merge). Patrné rozmístění bodů na povrchu navigační vytvořeného modelu. Registrační chyba v tomto případě byla 0.5mm při použití 42 náhodných povrchových bodů



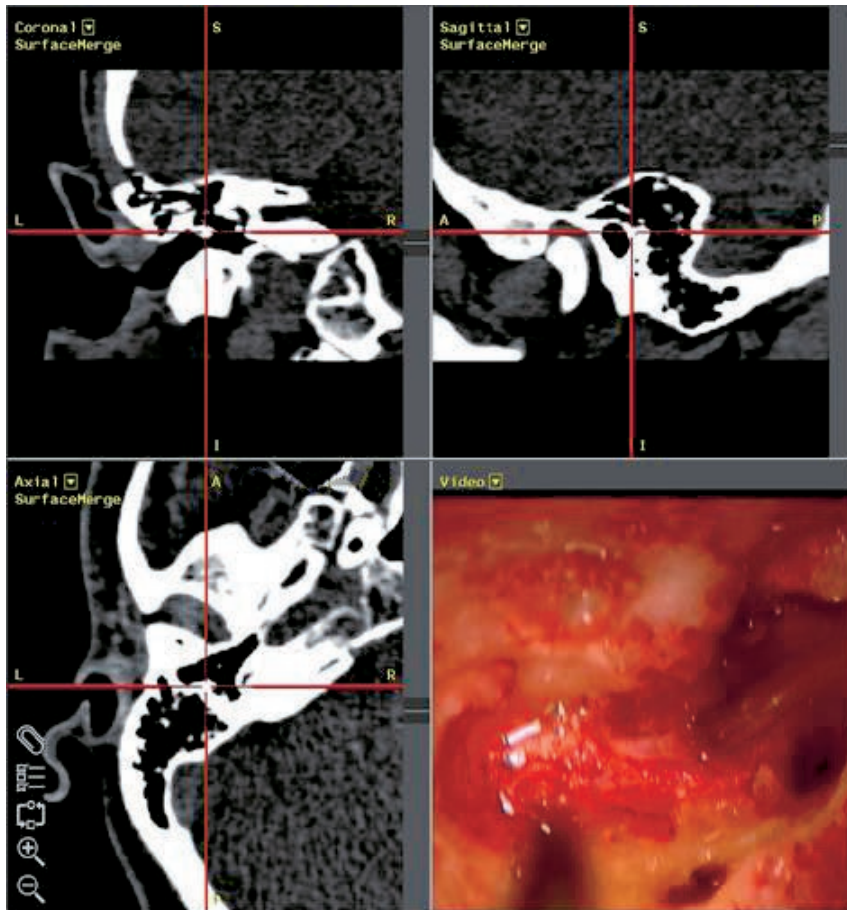
Obr. 1.35 Registrace pomocí obrysového laseru

- měnit volně polohu hlavy s výjimkou změny polohy celého operačního stolu)
- Speciální referenční rám dočasně připevněný šroubky k lebce pacienta tzv. skull post (pevné stabilní spojení umožňující volně měnit polohu hlavy během operace, nutnost zvláštní drobné incize k ukotvení referenčního rámu k lebce pacienta)

- Speciální čelenky nebo čepice s referenčním rámem. Jde o nestabilní spojení, není pevná fixace k hlavě pacienta; umožňuje měnit polohu hlavy během operace

Registrační přesnost (root mean square error – RMSE) je ovlivněna těmito parametry:

- Technikou přesností jednotlivých NS (neovlivnitelný parametr, u současných NS se pohybuje v desetinách milimetru)



Obr. 1.36 Peroperační lokalizace tympanomastoideálního ohbí lícního nervu ve spánkové kosti

- Kvalitou vstupního grafického vyšetření (nejčastěji CT nebo MR)
- Registrací (proces přiřazení skutečné anatomie k 3D modelu v NS)

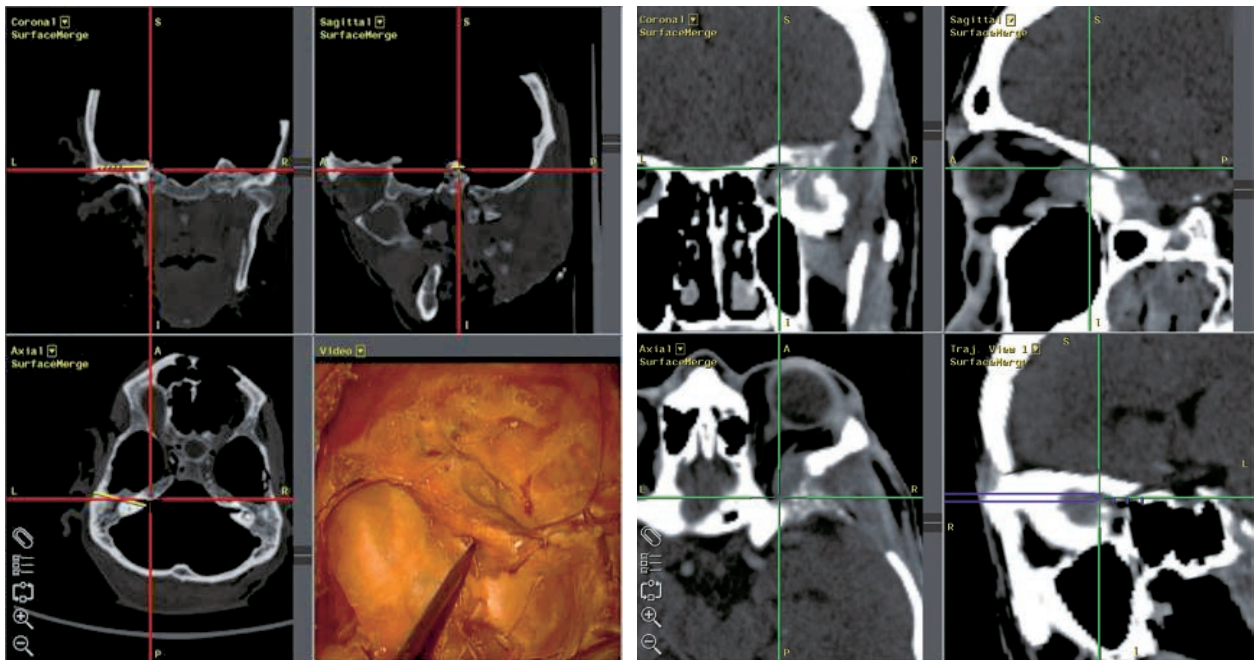
Vstupní grafické vyšetření

Kvalita vstupní radiologické informace přímo ovlivňuje registrační přesnost. Pro NS se využívají dostatečně podrobné kontinuální vrstvy libovolného vyšetření uložené v předepsaném formátu a matrix (nejčastěji DICOM formát). Vzdálenost vyšetření pro NS se zpravidla pohybuje mezi 1 až 1,5 mm. Lze využít axiální, sagitální i koronární vrstvy. Pro následnou registraci je nutné, aby vyšetření obsahovalo i akrální části hlavy (nos, uši nebo brada). Pro chirurgii LB se s výhodou využívá CT pro zobrazení skeletu baze a pro tumory propagující se do intrakraniálního prostoru nebo měkkých tkání krku potom MR. Kromě těchto dvou základních vyšetření lze využít i např. SPECT, PET, CTA nebo MRA. Výhodou moderních NS je možnost automatické nebo manuální fúze více vyšetření spojující jejich jednotlivé výhody (např. pro translabyrinthární přístup k vestibulárnímu schwannomu HRCT pyramidy a pro vlastní resekci tumoru v zadní jámě lební MR). Data do NS jsou přenášena pomocí sítě, optického disku nebo klasických CD.

Registrace

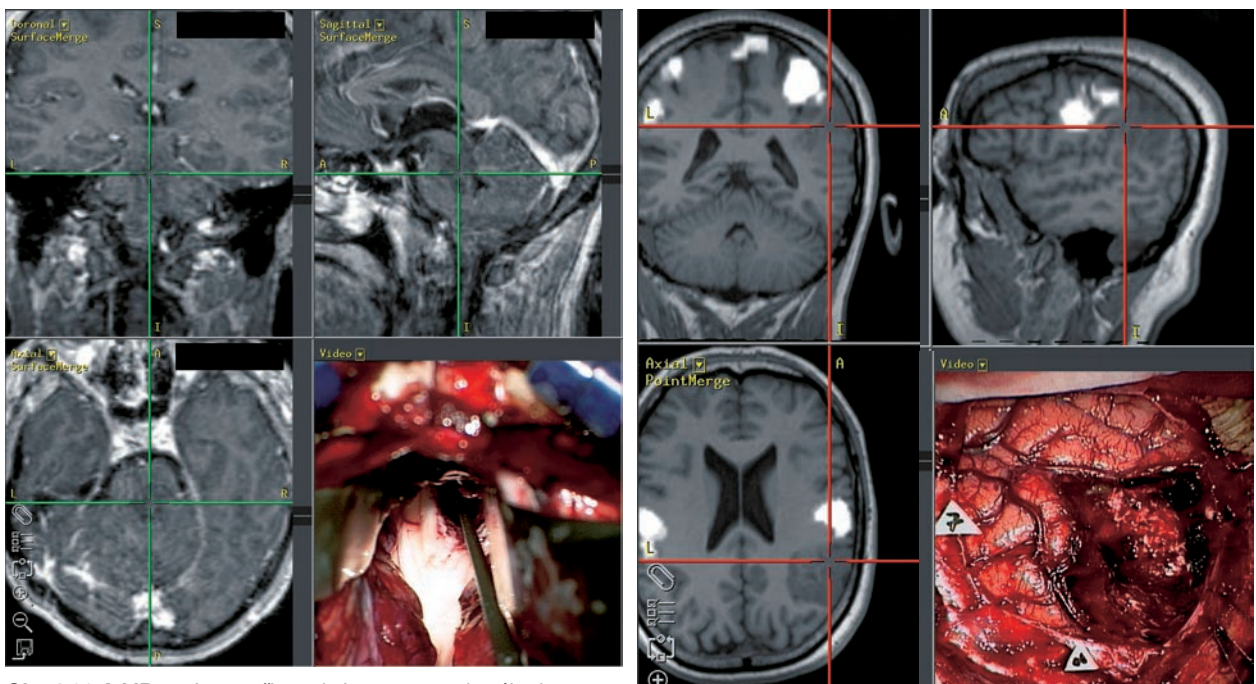
Registrací rozumíme proces přiřazení vypočítaného prostorového modelu v navigaci ke skutečné anatomii na operačním sále. Vlastní registrace nejvíce ovlivňuje výslednou registrační chybu. Je založena na registraci různého počtu stejných bodů (minimálně 3 pro definici všech tří rovin) na navigačním modelu a pacientovi. Existuje několik registračních metod:

- Přirozené anatomické body (point merge) se definují nejprve na modelu a následně na pacientovi (cantus, oční koutky, špička nosu apod.). Nevýhodou je nízká přesnost při zadávání bodů jak v NS tak na pacientovi. Používá se zpravidla do deseti bodů. Registrační chyba se pohybuje zpravidla kolem 4 až 5 mm
- Umělé samolepící značky (fiducials) jsou nalepené před grafickým vyšetřením na pacientovu hlavu. Registrovány jsou značky dobře viditelné na grafickém vyšetření a následně navigační rekonstrukci a ponechané nebo popisovačem označené značky na pacientovi. Používá se zpravidla do deseti značek. Registrační chyba je zpravidla kolem 4 mm. Úskalím podobně jako u anatomických bodů je pohyblivost skalpu a relativně malé množství bodů. Pro orientaci o registrační přesnosti je možné zobrazit u obou registračních metod sféry přesnosti určující oblasti s různou registrační chybou
- Snímání povrchových bodů (surface merge) znamená snímání náhodně uložených minimálně 40 bodů bez



Obr. 1.37 A Lokalizace vniřního meatu na kadaverózním preparátu a CT vypočítaném navigovaném modelu

Obr. 1.37 B Navigace při resekci meningeomu apexu orbity. Poloha navigovaného nástroje prokazuje dosažení mediální hranice tumoru v oblasti hrotu orbity



Obr. 1.38 A MR navigace při resekci tumoru mozkového kmene

Obr. 1.38 B Peroperační navigace MR po fúzi s funkční MR, bílé okrsky – motorika levé horní končetiny, odpovídá stimulaci kůry mozku (značka 7) na peroperačním videu po resekci mozkového nádoru

ohledu na vypočítaný model. Navigační stanice postupně snímá body umísťuje na povrch vypočítaného modelu, upravuje polohu modelu a eliminuje chybné body. Registrační chybu lze touto metodou snížit pod 1 mm

- Obrysový laser (contour laser) využívá stejný princip jako snímání povrchových bodů. Body nejsou snímány jednotlivě, ale kontinuálně pohybem obrysového laseru. Registrační přesnost je obdobná jako u snímání povrchových bodů

Po vlastní registraci je nutné vyzkoušet systém korelací anatomických bodů pacienta s vytvořeným modelem v navigaci. Zkouška přesnosti navigace se musí pravidelně během výkonu opakovat k vyloučení nepřesnosti vzniklé například dislokací referenčního rámu. Peroperačně využíváme k testování přesnosti anatomických bodů v operačním poli (foramina, kladívko atd.) nebo na počátku operace mikrovrtáčkou připravených bodů v kosti na okraji přístupu. Tyto minimálně 3 připravené body lze využít i k event. nové reregistraci během výkonu.

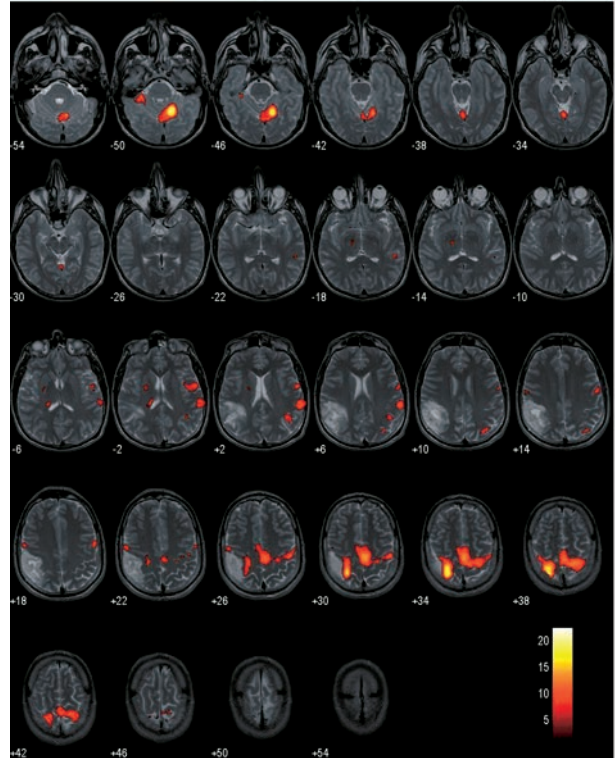
Specifika využití navigace v chirurgii lební baze

Na rozdíl od aplikace NS v klasické neurochirurgii při operacích intrinsických patologií jsou struktury LB pevně fixované. Nedochozí během operace k přesunu anatomických struktur vlivem derivace mozkomíšního moku, vnitřní dekomprese tumoru nebo peroperačně proměnlivého perifokálního otoku. Vysoká kondenzace důležitých anatomických struktur v malém prostoru v některých topografických regionech baze (např. pyramida nebo apex orbity) klade vysoké nároky na přesnost a spolehlivost navigačních systémů. V současné době požadovaná registrační přesnost se pohybuje na hranici 1 mm. Existence úzkých operačních koridorů neumožňuje používání původních těžkopádných navigačních instrumentarií. Proloužení celkové doby operace registračním procesem (u zkušeného pravidelného uživatele kolem 10 minut) nehraje bez ohledu na následné urychlení výkonu u těchto často časově náročných zákroků významnou roli.

Klinické využití navigačních systémů v chirurgii lební baze

Spektrum využití NS je široké. Před vlastní operací lze využít prostorový model k plánování vlastního výkonu, výběru vhodného přístupu a optimální trajektorie. Peroperačně umožňují NS minimalizaci invazivity s redukcí velikosti kožního řezu a rozsahu kraniotomie. Navigace informuje o poloze žilních splavů nebo o hranici vedlejších nosních dutin. Během výkonu umožňují NS identifikovat anatomické orientační body a důležité struktury. Příkladem může být identifikace vnitřního meatu při subtemporálních přístupech (middle fossa approach, anterior transtemporal approach). Hlavním přínosem by tedy mělo být zvýšení operační radikality se snížením celkové morbidity a mortality výkonů. Nutno zdůraznit, že NS nemohou nahradit precizní znalost anatomie získanou v anatomické laboratoři a na operačním sále.

Nejvhodnější indikace k použití NS v chirurgii LB zahrnují veškeré patologie destrující anatomické orientační body a znesnadňující peroperační orientaci. Příkladem jsou rozsáhlé tumory baze. Typickou indikační skupinu tvoří revizní operace po selhání primárních operací a při recidivách. Mezi další vhodné příklady k využití NS náleží případy anatomických variant, biopsie, extrakce cizích těles nebo miniinvazivní „keyhole“ přístupy. Zajímavou možností je i využití navigace k posttraumatickým rekonstrukcím se snahou o docílení maximálního kosmetického efektu.



Obr. 1.38 C Zobrazení funkční MR pro levou ruku

1.8 INDIKACE A VOLBA ZOBRAZOVACÍ METODY

Obecné poznámky

Indikace i volba zobrazovací metody se mění v závislosti na vývoji a dostupnosti nových zařízení zahrnujících digitální radiografii, MDCT, HRMR, fMR, PET aj. Například CT angiografie, zejména provedená pomocí MDCT přístrojů, je v současnosti v řadě indikací metodou volby, na rozdíl od DSA.

Projevy kostních procesů a jejich radiologické hodnocení

- Charakter postižení (monoostotické, polyostotické, systémové aj.)
- Změny tvaru
- Struktura (podíl spongiózy a kompakty aj.)
- Lokalizace a vzhled ložisek
- Změny stavby a tvaru kostí (resorpce, přestavba, novotvorba, lýza aj.)

- Celkový vývoj a proporcionálnost
- Změny okolních měkkých tkání
- Dynamika vývoje procesu

Radiologické znaky alterace kostí

- Dekalcifikace, osteolýza, dehiscence, zlomenina
- Osteoblastóza nebo hyperostóza, sekvestr
- Expanze nebo vyklenutí až posun kostěné struktury, zmenšení lumenálního objemu

Paranasální dutiny

Kdy indikujeme RTG VDN?

- Nekomplikované sinusitidy, dobře reagující na konzervativní terapii u hůře spolupracujících pacientů, případně z forenzních důvodů
- Při nálezu drobných nekomplikovaných cyst či polypů čelistních dutin, je-li k dispozici již RTG VDN v poloaxiální rovině a/nebo panorex, neprovádíme již CT VDN

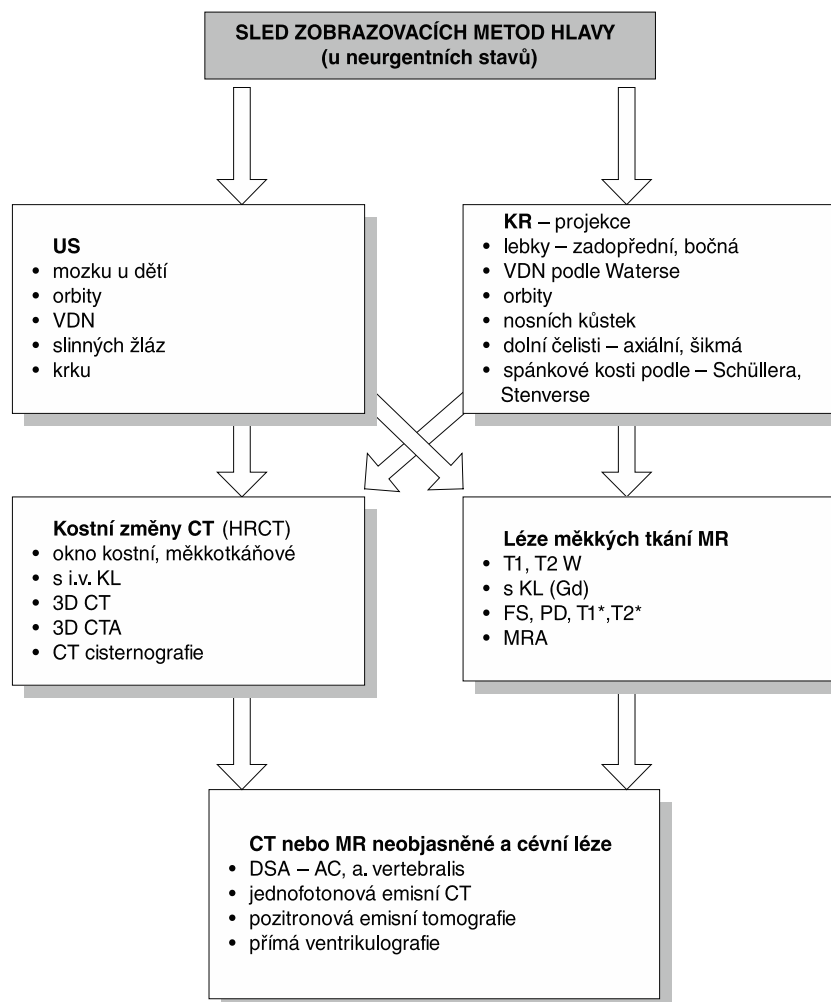


Schéma 1.1 Sled zobrazovacích metod hlavy (u neurgentních stavů)

Tabulka 1.7 Volba metody CT a MR hlavy (podle současné dostupnosti v ČR)

druh, objekt	CT	MR
stavy	akutní	až na výjimky plánované vyšetření
struktury	kostní	měkkotkáňové
kardiostimulátor, neurostimulátor	metoda volby (artefakty)	kontraindikace
kovový materiál neznámého původu	metoda volby (artefakty)	kontraindikace
děti, gravidita	vitální indikace	metoda volby (ne v I. trimestru)
vývojové anomálie	metoda volby	metoda volby
sinusitidy, otitidy	metoda volby	jen u komplikací
nemoci oka	doplnění	metoda volby
nádory CNS	doplnění spolu s DSA	metoda volby
nádory LB, orbity, VDN	metoda volby	metoda volby
úrazy	metoda volby	zpravidla až ve druhé době
nemoci kostí	metoda volby	doplnění
cévní onemocnění	3D CTA	DSA, MR, MRA
klaustrofobie, obezita	metoda volby	kontraindikace

- Menší úrazy obličejového skeletu (postačí RTG VDN v poloaxiální projekci, bočný snímek lebky a nosních kůstek – forenzní důvody)

Indikace CT VDN

- Vždy před plánovanou operací VDN a přilehlých oblastí (záněty, kély, úrazy, nádory, likvorové píštěle, operace slzných cest, vývojové anomálie aj.)
- Akutní stavy
 - hrozící komplikace akutní sinusitidy
 - komplikovaná recidivující nebo exacerbuující sinusitida, polypóza, mukokéla aj.
 - rozsáhlejší úrazy obličejového skeletu (včetně CT lební baze a mozku)
 - algické stavy v oblasti hlavy, nezládnutelné konzervativní léčbou a při mezioborově neprokázané příčině (včetně doplnění dalších zobrazovacích metod)
 - masivní a nezládnutelná epistaxe (metoda volby v léčbě je zpravidla superselektivní embolizace po panangiografii)
- Chronické stavy
 - klidové stadium chronických sinusitid, polypóz aj. k posouzení „zbytkové nemoci“ (nejlépe po kon-

zervativní terapii zejména systémovými antibiotiky, kortikoidy a antihistaminiky)

- nejasné algické stavy v oblasti hlavy (v rámci interdisciplinární spolupráce, včetně event. doplnění ostatních zobrazovacích metod)
- kontrolní vyšetření po léčbě onkologických nemocných vždy s aplikací kontrastní látky (event. další zobrazovací metody)
- Vždy u kverulujících a psychiatrických pacientů a při podezření na forenzní dopady

Kdy neprovádíme RTG ani CT VDN?

- Nekomplikované sinusitidy, dobře reagující na konzervativní terapii u spolupracujících pacientů
- Před operací nosního septa a skořep, není-li suspekce na sinusogenní onemocnění podle anamnézy nebo endoskopického vyšetření (u spolupracujících pacientů)
- Kontroly po konzervativně i operačně zhojené sinusitidě
- Před revizními endoskopickými operacemi pro recidivující polypózu, máme-li k dispozici starší předoperační CT snímky a není-li klinické podezření na sinusogenní komplikaci
- Drobná nekomplikovaná epistaxe

Tabulka 1.8 Indikace CT VDN

nekomplikovaná sinusitida
vždy topogram
výřez (zvětšení) jen na VDN, orbitu a přilehlou oblast rinobaze a mozku (bez záběru dolní čelisti a kalvy)
při postižení čelistní, čelní a předních čichových dutin: koronární rovina (9 až 11 snímků od kořene nosu po střed klínové dutiny)
při postižení zadních čichových dutin a klínové dutiny nebo všech VDN: koronární rovina viz výše a současně axiální rovina (5 až 7 snímků od předních klinoidálních výběžků po dno klínové dutiny)
výběrově (např. je-li indikován zákrok na nazofrontálním přechodu aj.): rekonstrukce v sagitální rovině
komplikovaná sinusitida a ostatní onemocnění hlavy (úrazy, nádory, vývojové anomálie aj.)
koronární a axiální rovina se zobrazením celé lebky
CT mozku (event. i.v. KL)
CT nosohltanu, C páteře
výběrově
HRCT, sagitální rekonstrukce, 3D CT, 3D CTA, MR VDN, mozku, krku, MRA, CTC, DSA, PET, aj.

- Lehčí akutní algické stavy v oblasti hlavy dobře reagující na standardní konzervativní léčbu

U benigních onemocnění paranazálních dutin je metodou volby zobrazení CT. MR je indikována jestliže

- CT vyšetřením není zjištěna diagnóza
- Není zřejmá diference mezi benigním a maligním onemocněním. MR rozliší mezi signálem intenzity měkké tkáně: normální, zánětlivé, cévnaté a infiltrované maligním nádorem. Souborně jsou malignity VDN charakterizovány intermediálním signálem intenzity
- Precizní zobrazení v několika rovinách usnadní diagnostiku
- Je suspekce na propagaci léze VDN do měkkých tkání orbity, subkrania a intrakrania
- Aplikace Gd usnadní a zvýrazní diagnostiku tumorů a vztah k okolním strukturám

Indikace vyšetření CT u kraniocerebrálních poranění podle doporučení EBIC

(The European Brain Injury Consortium)

Indikace vstupního vyšetření CT

- U dětských i dospělých pacientů s kraniocerebrálním poraněním (KCP) a Glasgow coma scale (GCS, viz s. 432) 14 a méně
- Při lehkém traumatu hlavy – GCS 15, pokud jsou přítomny:
 - „high risk“ faktory
 - fokální neurologické symptomy
 - poruchy nervosvalové koordinace či ataxie
 - anizokorie
 - fraktura lebky
 - zevní známky traumatu hlavy u kojenců
 - ztráta vědomí v anamnéze
 - amnézie
 - zmatenost
 - postkomoční syndrom
 - posttraumatická epilepsie
 - známá koagulopatie a/nebo antikoagulační léčba
 - současné požití či intoxikace látkami ovlivňujícími vědomí
 - podezření na týrání dětí
 - nespolehlivá nebo nedostatečná anamnéza
 - a/nebo klinické známky fraktury lební baze, vpáčené zlomeniny lebky či penetrující poranění lebky

Indikace kontrolního vyšetření CT

Vstupní vyšetření CT časně po úrazu nemusí verifikovat celkový rozsah KCP. Časové relace provedení kontrolní CT závisí především na klinickém stavu pacienta.

- Zcela jistě by však měla být CT provedena do 24 hodin, fakultativně za 72 hodin a za 7 až 10 dnů
- U nemocných se závažným KCP se doporučuje provést kontrolní CT za 2 až 4 hodiny v následujících případech:

Tabulka 1.9 Zobrazování úrazů hlavy CT a MR

CT	MR
výhody	
snadná dostupnost u akutních stavů	neinvasivní metoda s vynikajícím anatomickým zobrazením
rychlá, neinvazivní	adekvátní identifikace vlastností akutních lézí
přesná lokalizace intra a extraaxiálních lézí	
dobrá charakteristika vlastností akutních lézí	snadná identifikace všech herniací
dobře ohraničení fraktur lební baze, paranazálních dutin a měkkotkáňových změn	přesná detekce úrazových cévních lézí (například nepravá aneuryzma, karotido-kavernózní píštěle)
snadná identifikace pneumocefalu a většiny herniací	MRA krku a intrakraniálních cév
přesná lokalizace kovových cizích těles a kostních úlomků	přesná demonstrace přidružených krčních cévních a měkkotkáňových poranění
CTA krku a intrakraniálních cév	adekvátní identifikace difúzních axonálních poranění
snadné hodnocení přidružených poranění v ostatních oblastech těla	dobrá předpověď pacientova stavu na podkladě funkčních studií (MR spektroskopie, diffusion-weighted MR)
nevýhody	
artefakty mohou imitovat abnormality	horší dostupnost při akutních stavech, delší doba vyšetření, dražší
špatná definice difúzního axonálního poranění	větší citlivost ke zhoršení kvality zobrazení pohybovými artefakty
některé intrakraniální cévní léze mohou být přehlédnuty	špatné ohraničení kostních struktur s limitací hodnocení zlomenin
omezená předpověď prognózy pacientova stavu	kontraindikace vyšetření u nemocných s suspektními cizími kovovými tělesy
impresivní zlomeniny lebky na vertexu mohou být přehlédnuty	---

- nelze provádět kontrolní neurologické vyšetření (například při hluboké analgosedaci v rámci resuscitační péče)
- a/nebo není monitorován intrakraniální tlak (ICP)

Vyšetřování CT a MR v kraniofaciální chirurgii

Uvádíme možnosti vyšetřování a intervaly sledování CT nebo MR (v indikovaných případech) u operací benigních lézí v rizikových oblastech hlavy a po odstranění maligních nádorů hlavy:

- *CT, MR asistovaná chirurgie*
- *Peroperační CT, MR*
- *Pooperační CT, MR*
 - ihned po operaci
 - za 6 týdnů po operaci (suspektní jsou nepravidelné okraje výstelky v pooperačních dutinách)
 - po ukončení pooperační aktinoterapie za 4 až 6 týdnů, kdy se zmírní postradiační edém a mukozitida
 - za 3 až 6 měsíců po operaci, po aktinoterapii

- za 1 rok (suspektní je měkkotkáňová expanze, nadměrné jizvení a ztluštění, destrukce nebo remodelace kosti)

Před operací i v pooperačním sledování je vhodná panendoskopie doplněná biopsií. Eventuální revizní operační výkon je nutné korelovat s klinickým nálezem a ostatními vyšetřeními.

Indikace DSA

- Před NCH operacemi v diagnostice cévních onemocnění: arteriosklerotické stenózy a uzávěry, cévní malformace, aneuryzmata, trombózy splavů
- Pro další objasnění nejasných nálezů CT a MR
- Morfologická kritéria v angiografické diagnostice nádorů: dislokace cév, patologické cévy, AV zkratky, nabarvení tumoru
- U některých nádorů je možná arteriografická druhová diagnóza: meningeom, glioblastom, hemangiom

Zobrazování lební baze a spánkové kosti

CT (lépe HRCT v koronární a axiální rovině) je indikováno při:

- Procesech, které primárně postihují kostní struktury
- Vyšetřování převodní nedoslýchavosti

CT diagnóza intrakraniální léze spočívá v průkazu

- Defektu mozkové tkáně
- Známeck expanze
- Patologicky změněné denzity mozkové tkáně
- Lokalizace změny
- Chování léze po aplikaci KL

MR jsou optimálně znázorněny měkké tkáně

- Je lépe využito při vyšetření senzorineurální (percepční) nedoslýchavosti
- Je vhodnější při lézích mozkového kmene a obrnách n. VII
- Optimálně demonstruje variace dělení n. VIII ve vnitřním zvukovodu
- MR je vhodnější než CT u neurinomu akustiku a demyelinizačních onemocnění

MR – vyšetřovací protokol pro oblast lební baze, mostožečkového koutu a spánkové kosti

MR má takřka 100% citlivost a 96% specifitu při diagnostice nádorů temporální kosti. Používá se hlavová cívka, tloušťka vrstvy se volí 3 mm.

- T1 W: vyhodnocení lokalizace nádoru, jeho morfologie a eventuální dislokace okolních struktur
- T2 W: charakter struktury patologické tkáně, odlišení solidní a cystické komponenty nádoru, zjištění regresivních změn. Až v 70 % případů je možné odlišení nádoru od okolního otoku
- T1 W s KL (Gd) zlepšuje diferenciaci nádoru od okolních struktur. Zvýšení kontrastu nádorů po podání KL

je důsledkem lepšího průniku KL porušenou hemoencefalickou bariérou

- MRA (arteriální nebo venózní) se používá, předpokládá-li se vaskularizovaný nádor a cévní léze
- 3D MR se provádí v indikovaných případech

Indikace MR při lézích středního ucha

- Hemoragie (cholesterolový granulom)
- Defekty tegmen tympani, antri nebo stěn esovitého splavu (encefalokély, epidurální cholesteatom, trombóza splavu)
- Nitrolební propagace a komplikace
- Léze n. VII

CT a MR jsou při vyšetřování spánkové kosti často metody komplementární

Indikace CT/MR před implantací kochleární náhrady

CT zobrazí ideálně kost v okolí blanitých struktur vnitřního ucha. Jsou-li semicirkulární kanálky či kochlea obturované kostí, pak je pro zobrazení ideální CT. Pomocí CT však nelze rozpoznat situaci, kdy hlemýžď ani kanálky nejsou sklerotizované, ale vyplňuje je vazivo; za této situace může být obraz CT normální.

MR: kost v okolí blanitých struktur vnitřního ucha vykazuje v MR obraze nízký signál, a proto lze kostní struktury posoudit jen obtížně. Naopak pomocí MR se ideálně zobrazuje obsah blanitého labyrintu a hlemýžď. Za normální situace jsou kanálky vyplněné tekutinou, která vykazuje vysoký signál v T2 váženém obraze. Jsou-li kanálky vyplněné vazivem, je jejich signál nízký.

Pro posouzení průchodnosti bazálního závitů hlemýžďe před plánovanou implantací kochleární náhrady je proto výhodnější MR zobrazení s vysokým rozlišením (HRMR).

2 NOSNÍ DUTINA, PARANAZÁLNÍ DUTINY A NOSOHLTAN

2.1 ANATOMIE

(viz také odd. 2.3.1, 2.3.2, 3.1, 4.1, 5.1, 6.1, 7.1, 8.1 a 9.1)

RTG paranazálních dutin

- Projekce podle Waterse (poloaxiální)
- Bočná projekce lebky

2.1.1 VÝVOJOVÉ POZNÁMKY

U šestitýdenního embrya lze rozlišit primitivní patro, oronazální membránu a základ etmoidální kosti v laterální stěně, ve které se vytváří prohlubeň, tzv. *paleosinus*. V něm se zakládá pět lamel a čichové sklípky, které se vtlačují do sousedních kostí a dávají tak vznik všem ostatním vedlejším nosním dutinám (VDN).

Z lamel vznikají tyto útvary

- Ucinátní výběžek
- Etmoidální bula
- Střední nosní skořepa
- Horní a nejhořejší (suprema) skořepa

Z čichových sklepů se utvářejí následující dutiny

- Čelní dutina
- Čelistní dutina
- Klínová dutina

Pneumatizace se vytváří interakcí sliznice a kostní spongiózy. Z poruch pneumatizace vychází i vysvětlení některých *variací VDN*. Vmezeřením, vtlačením dvou a více sklípků na místo jednoho vzniká:

- *Hallerův sklípek* (jeden či skupina) mezi čelistní dutinou a spodinou očnice mediálně od n. infraorbitalis
- *Frontálně rozdělená čelistní dutina*
- Zdvojení čelní dutiny tzv. *frontoetmoidální sklep (bula)*
- Zdvojení klínové dutiny tzv. *sferoetmoidální sklep (bula)*
- *Onodiho sklep* – nad klínovou dutinou v pokračování zadních etmoidů, hyperpneumatizovaný obkružuje n. II

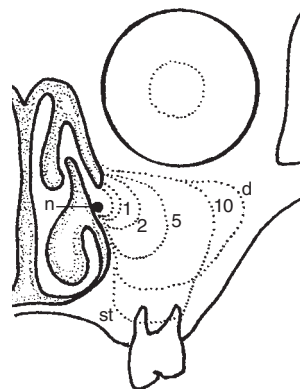
Anomální pneumatizace dává vznik i dalším strukturám

- *Pneumatizovaná*
 - crista galli
 - lamina perpendicularis etmoidální kosti (nosní septum)
 - intersinózní přepážka v klínové dutině (pokračování pneumatizace nosního septa)
 - malá a velká křídla klínové kosti
 - pterygoidní výběžky
 - přední a zadní klinoidální výběžky
- *Bulózní*
 - střední skořepa
 - horní skořepa
 - uncinátní výběžek

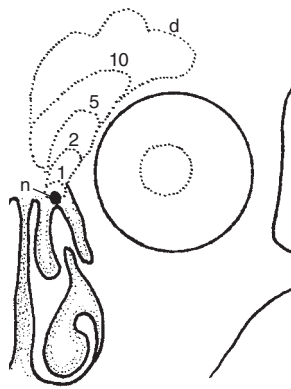
Čichové sklepy mají klíčovou roli ve fyziologii i v patologii horních dýchacích cest, což je jedním ze základních principů endoskopické endonazální chirurgie (EES). Předoperační CT ozřejmí možné variace v rozvoji VDN, jejichž rozpoznání má zásadní význam jak pro sanaci všech patologicky změněných sklepů, tak i pro orientaci o důležitých anatomických strukturách.

Tabulka 2.1 Vývoj, objem a hypoplazie VDN

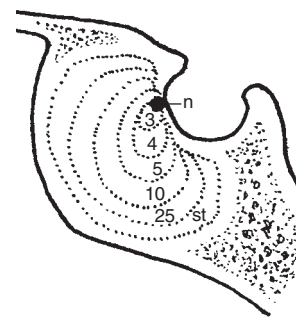
VDN	tvar u novorozence	postnatální vývoj	dospělost	
			objem (ml)	hypoplazie (%)
čichové sklepy	hrášek	4 až 17 sklípků (nejčastěji 10 až 15), prudký rozvoj mezi 1.–4. rokem, po 12. roce je velikost téměř jako u dospělých	8–10	neuvedeno
čelistní dutina	hrášek	do 8 let definitivní tvar včetně recesů	16–20	5–20
čelní dutina	nevytvořena	vzniká mezi 1.–5. rokem věku, variabilní tvar i velikost, asymetrie intersinózního septa	5–30	2–35
klínová dutina	nevytvořena	vzniká již po 1. roce věku, pneumatizace bývá ukončena okolo 10 let, typ preselární, selární a kochální, asymetrie intersinózního septa	5–20	2,5



Obr. 2.1 Vývoj čelistní dutiny
Novorozenci (n), 1, 2, 5, 10 let,
dospělí (d). Staří jedinci (st)



Obr. 2.2 Vývoj čelní dutiny
Novorozenci (n), 1, 2, 5, 10 let,
dospělí (d)



Obr. 2.3 Vývoj klínové dutiny
Novorozenci (n), 3, 4, 5, 10, 25 let.
Staří jedinci (st)

Postnatální vývoj

Věková hranice vzniku a rozvoje pneumatizace, stejně jako ukončení definitivního tvaru VDN se v posledních desetiletích snižuje (viz tabulku 2.1). Radiologické studie potvrzují, že rozvoj pneumatizace akceleruje mezi 1. až 5. rokem věku a po 10. až 12. roce má většina paranasálních dutin téměř definitivní tvar i velikost. Znalost rozvoje VDN umožňuje lépe korelovat klinické a radiologické nálezy u dětí do 12 let, které jsou vyšetřovány pro sinusogenní choroby. V případě dlouhodobých závažných obtíží u dětí mladších než 12 let je nezbytné před plánováním EES opakovat CT, lépe však MR alespoň v intervalu 1 roku.

2.1.2 NOSNÍ DUTINA A LATERÁLNÍ NOSNÍ STĚNA

Nosní dutina

Apertura piriformis je utvářena frontálními výběžky maxil a nosními kůstkami.

Choany ohraničuje kraniálně tělo klínové kosti, po stranách mediální ploténka pterygoidního výběžku a kaudálně patrová kost.

Strop nosní dutiny je tvořen nosními kůstkami, čelní kostí, kribriformní ploténkou čichové kosti a tělem klínové kosti.

Spodinu vytváří premaxila (os incisivum), patrový výběžek maxily a horizontální ploténka patrové kosti. V přední části sutura palatina mediana je *foramen incisivum* (viz obr. 2.7 s. 66 a 7.6 s. 338) vedoucí kanálkem do nosní dutiny. Obsahuje n. nasopalatinus přicházející spolu s tepénkou po nosní přepážce.

Zadní kostěný okraj septa utváří lamina perpendicularis čichové kosti a vomer. Vomer končí kraniálně na výběžku klínové kosti při rostrum sphenoidale, kaudálně se spojuje se spina nasalis posterior maxillae. Septum může pneumatizovat samostatně nebo přechází kraniálně v pneumatizaci crista galli a dorzálně v intersinózní septum klínové dutiny.

Lamina cribrosa obsahuje 15 až 20 otvorů pro vlákna n. I. Leží ve variabilní výši vzhledem k úrovni stropu čichových sklepků, zpravidla leží níže. Vztah je významný pro možné iatrogenní poškození rinobaze při endoskopických operacích viz odd. 2.3.2.

Crista galli je vertikální extenzí perpendikulární ploténky čichové kosti nad kribriformní laminu v přední jámce lebni. Tvrdá plena mozková je pevně srostlá s křístou.

Area olfactoria (čichová oblast – horní část nosní přepážky a mediální horní porce střední skořepky) je vyjma onkologické léčby pro rinochirurga nedotknutelná, neboť při jejím poranění může vzniknout likvoreia. Fila olfacto-

ria jsou doprovázena mozkovými obaly, a tudíž i likvorovými prostory i pod úrovní kribriformní ploténky v nosní dutině. Na filamentech v čichové oblasti byla prokázána arachnoidea. Tento nazomeningeální trakt vede i podél krevních a lymfatických cév, které procházejí skrz lamina cribrosa.

Laterální nosní stěna

Laterální kostěnou stěnu utváří odpředu dozadu: frontální výběžek a tělo maxily, slzná kost, dolní nosní skořepa, vertikální ploténka patrové kosti a mediální ploténka pterygoidního výběžku klínové kosti.

Tři konchy (výjimečně i čtvrtá – suprema) probíhají sagitálním směrem. Dvě horní jsou součástí čichové kosti, s níž souvisejí vysoko při lamina cribrosa v její laterální části. Dolní skořepa je samostatná kost a zasahuje více dopředu.

Nazolakrimální duktus ústí pod přední částí dolní skořepy v dolním nosním průduchu.

Sfenoetmoidální reces je mezi horní skořepou a kribriformní ploténkou, dorzálně pak pokračuje ke klínové kosti. Drénují do něho zadní čichové sklípky a klínová dutina.

Incisura sphenopalatina (mezi orbitálním a sfenoidálním výběžkem svislé ploténky patrové kosti) je uzavřena připojením k lební bazi (LB) ve *foramen sphenopalatinum*. Otvor leží těsně za zadním okrajem střední skořepy na laterální nosní stěně; obsahuje a. sphenopalatina (větve a. maxillaris) a nn. nasales posteriores superiores. Prostřednictvím foramen sphenopalatinum je nosní dutina propojena s *fossa pterygopalatina* (viz odd. 7.1.1 a obr. 2.40 s. 82 až obr. 2.44 s. 84, obr. 2.59 s. 90 až 2.61 s. 91).

Bazální lamely

Každá etmoidální skořepa má mediální část, která je viditelná v nosní dutině a část laterální, kterou je ukotvena na laterální nosní stěně. Tato část se označuje jako *bazální lamela* (základní lamela, ground lamela, Ursprungslamelle). Zpravidla bývají lamely konstantní, a představují tak důležité orientační body při operaci. Mohou být dehiscentní i bulózní.

Druhy bazálních lamel

- Lamely ve frontální rovině
 - střední skořepa (viz obr. 2.33 s. 77 a 2.61 s. 91)
 - horní skořepa
 - nejhořejší skořepa
- Lamela v sagitální rovině
 - uncinátní výběžek

Střední lastura

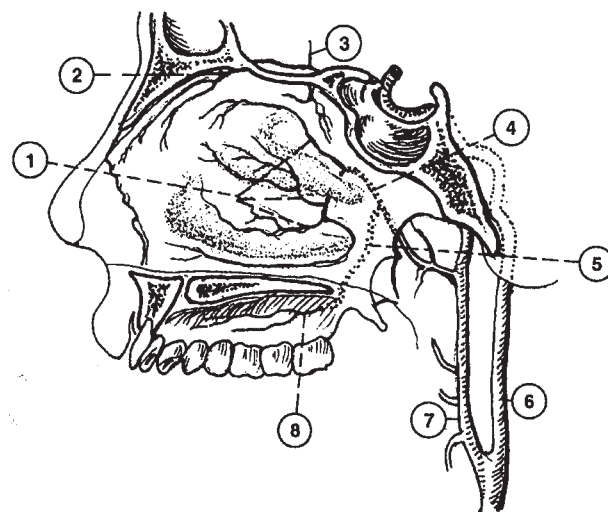
Podle připojení k LB a laterální nosní stěně se dělí střední lastura na tři části:

- *Svislá přední ploténka* střední skořepy je volná, leží paramediálně v sagitální rovině. Kotví se k laterálnímu okraji kribriformní ploténky. Její nalomení nebo odtržení vede k perforaci do přední jámy lební a eventuálně ztrátě čichu
- *Střední část* střední lastury se nazývá *bazální lamela* a vzniká rotací přední části skořepy do koronární roviny. Odděluje přední a zadní čichové sklepy, kde utváří zadní stěnu etmoidální buly. Částečně se upíná na lamina papyracea nebo maxilu
- *Zadní oddíl* skořepy leží horizontálně a připojuje se na laterální stěnu nosní (lamina papyracea nebo maxila a svislá ploténka patrové kosti). Těsně za zadním okrajem ukotvení střední skořepy je *foramen sphenopalatinum*

Ostiomeatální jednotka (ostiomeatální komplex, OMJ, viz obr. 2.27 a 2.28 s. 75)

OMJ je klíčovou oblastí, do níž ústí skupina předních VDN (čelní, čelistní a přední čichové dutiny). Je *ohraničena* střední skořepou mediálně, lamina papyracea laterálně, bazální lamelou střední skořepy kraniálně a dorzálně. Dopředu a dolů OMJ komunikuje s nosním nitrem.

Nověji se tento prostor nazývá *přední OMJ* na rozdíl od *zadní OMJ* (dorzálně od bazální lamely), kam drénují zadní čichové sklepy a klínová dutina. Toto rozdělení je důležité pro fyziologii i patologii a volbu rozsahu etmoidektomie.



Obr. 2.4 Tepenné zásobení nosní dutiny

1 – aa. nasales posteriores superiores, 2 – a. ethmoidalis anterior, 3 – a. ethmoidalis posterior, 4 – a. sphenopalatina, 5 – a. palatina descendens, 6 – ACI, 7 – ACE, 8 – a. palatina major

Anatomické útvary přední OMJ

- Sklíčky agger nasi
- Uncinální výběžek
- Frontální reces
- Hiatus semilunaris, infundibulum
- Etmoidální bula
- Přední čichové sklepy

Agger nasi

(viz obr. 2.21 s. 73, 2.248 s. 196)

Jde o návalek kosti frontálního výběžku maxily nad a před předním úponem střední skořepy. Je-li pneumatizován, tvoří nejpřednější čichové sklípky. Těsně před agger nasi je sutura s os lacrimale a *fossa lacimalis* se slzným vakem a kaudálně směřujícím slzovodem. Vztah je významný pro možné šíření zánětu (vzhledem k tenké slzné kosti) jak z etmoidů zevně, tak i mediálně do VDN při dakryocystitidě. Frontální reces, nazolakrimální duktus a agger nasi leží společně v jedné koronární rovině (viz obr. 2.24 s.74). Jestliže agger nasi není pneumatizován, jsou frontální reces i slzný vak laterálně od agger.

Uncinální výběžek

(viz obr. 2.26 s. 74 a 2.28 s. 75 a odd. 2.3.1)

Tento útvar formuje přední a mediální stěnu etmoidálního infundibula. Má přibližně tvar písmene L (bumerangu). Delší je vertikální část, kratší část horizontální, jež se spojuje s etmoidálním výběžkem dolní lastury asi 1 cm dorzálně od nazolakrimálního duktu. Rozděluje tak fontanelu na přední a zadní část.

Uncinální výběžek se odstraňuje při vytváření supraturbanální antrostomie (viz odd. 2.2.4).

Frontální reces (infundibulum frontale)

Frontální výběžek dává vznik pneumatizaci čelní dutiny, která do něho ústí (viz odd. 2.3.1) nejčastěji v anterosuperiorní oblasti recesu. Mediální hranicí je horní přední část střední skořepy a laterálně je reces ohraničen lamina papyracea (orbitalis) ossis ethmoidalis. Zadní stěna je variabilní v závislosti na úponu etmoidální buly. Jestliže se přední stěna buly upíná na strop etmoidů, je současně zadní stěnou frontálního recesu, a ten je tak oddělen od laterálního sinu. Protože však je úpon přední stěny buly na stropu etmoidů většinou nekompletní nebo chybí, propojuje se frontální reces častěji s laterálním sinem.

V závislosti na úponu uncinálního výběžku se otevírá frontální reces do středního nosního průchodu nebo do etmoidálního infundibula.

Velikost frontálního recesu je závislá na rozvoji pneumatizace etmoidální buly a sklípků agger nasi.

Laterální sinus (recessus suprabullaris et retrobullaris, viz obr. 2.122 B s. 119)

Laterální sinus je variabilní štěrbinu, která leží kranálně a dorzálně od etmoidální buly. Nachází se mezi lamina papyracea a střední skořepou. Dorzálně může extendovat mezi bazální lamelu střední lastury a vpředu

je propojen s frontálním recesem nebo bývá separován etmoidální bulou.

Hiatus semilunaris

Jde o je štěrbinu ohraničenou vpředu výstupkem uncinálního výběžku (je těsně za agger nasi) a dorzálně etmoidální bulou. V hiatu ústí vpředu přímo nebo skrz etmoidální sklípek nazofrontální duktus v malém rozšíření *infundibulum frontale (frontální reces)*. Asi uprostřed délky hiátu je druhé rozšíření, *infundibulum ethmoidale*, do něhož ústí ostium maxillare, někdy krátkým kanálem.

Bulla ethmoidalis

(viz obr. 2.25 s. 74 až 2.29 s. 76 a 2.61 s. 91)

Etmoidální bula představuje *největší a téměř konstantně se vyskytující přední čichový sklep*, který dorzálně ohraničuje semilunární hiatus. Je překryta mediálně a částečně i vpředu střední skořepou a laterálně vpředu uncinálním výběžkem. Tvoří důležitý orientační útvar pro vstup do čichových sklepů (viz EES – etmoidektomie). Pod ní a dále dorzálně je zadní fontanela, skrz niž ústí přídavná ostia čelistní dutiny.

Etmoidální bula je sklípek, který *zaujímá celou šíři čichových sklepů*, mediálně od střední skořepy až po orbitální lamina papyracea. Představuje tak nejzazší mediální i laterální chirurgickou hranici při etmoidektomii.

Hyperpneumatizovaná bula je v kontaktu se střední lasturou a může zhoršovat drenáž OMJ a být zdrojem kontaktní bolesti.

Zadní stěna buly bývá totožná s bazální lamelou střední lastury nebo je od ní oddělena zadní částí laterálního sinu.

Horní stěna buly dosahuje ke stropu etmoidů a k zadní stěně frontálního recesu. Zpravidla těsně před ní probíhá horizontálně a. ethmoidalis anterior. Obě jmenované struktury tvoří dorzální (nejzazší) hranici při vytváření frontální sinotomie a současně dorzální ohraničení čelní dutiny vzhledem k mozku. Někdy je horní stěna separována od stropu čichových sklepů laterálním sinem.

2.1.3 PARANAZÁLNÍ DUTINY**Čichové sklípky**

Tvar, velikost a množství čichových sklípků jsou variabilní.

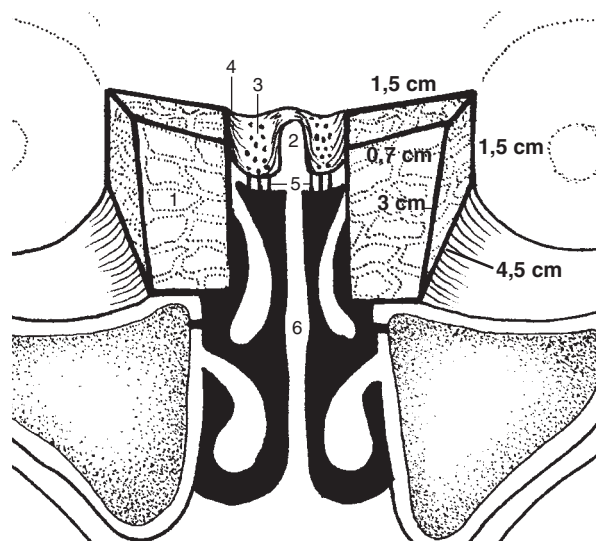
Anatomické i chirurgické hranice etmoidálního labyrintu:

Laterálně leží lamina papyracea (bývá dehiscentní), která je mediálně stěnou orbity. Mírným tlakem zevně na oční bulbus dochází v endoskopickém pohledu při etmoidektomii k vyklenování lamina papyracea (manévr se užívá pro orientaci).

Mediální hranicí je střední a částečně i horní skořepa. Kaudálně a laterálně od střední lastury je střední nosní průchod a inferolaterálně od horní skořepy je horní nosní průchod. Přístup mediálně skrz střední lasturu při stropu etmoidů, stejně jako mediokraniálně, je zapovězen pro riziko nejčastěji zde vznikajících iatrogenních perforací rinobaze (olfaktorní bulbus, čelní mozkový lalok) s likvoreou při intranasálních operacích.

Stropem (fovea ethmoidalis – strop čichových sklepů po provedené etmoidektomii) je v předních dvou třetinách velmi tenká lamina interna ossis frontalis (časté dehiscence), k níž pevně lne tvrdá plena mozková. Dorzálně je horní stěna etmoidů tlustší, ale i v ní mohou být dehiscence. Ostřejší zakřivení přední jámy lební na přechodu zadních čichových sklepů v klínovou dutinu je příčinou možných iatrogenních perforací LB při sfenoetmodiektomii.

Horní stěna čichových sklepů bývá umístěna výše nad úrovní lamina cribrosa, a to až o 17 mm (viz *lamella lateralis laminae cribriformis* str. 104). Fragilní je zejména horní mediální část se vstupem přední etmoidální tepny.



Obr. 2.5 Čichové sklípky

1 – cellulae ethmoidales, 2 – crista galli, 3 – lamina cribrosa, 4 – lamella lateralis ossis cribriformis, 5 – fila olfactoria, 6 – lamina perpendicularis ossis ethmoidalis

Klasifikace čichových sklepů

Přední sklípky jsou odděleny od zadních bazální lamelou (ground lamela) střední skořepy.

- *Přední sklípky drénují* společně s čelistní a čelní dutinou do středního nosního průduchu v OMJ. Jsou početnější a menší než zadní sklepy, tvoří se ve více etážích jak v předozadním, tak i ve svislém směru.
- *Zadní čichové sklepy ústí* do horního nosního průduchu. Jsou méně početné a objemnější než přední sklípky, nejzazší sklep bývá jediný a nejobjemnější.

Pro rinochirurga jsou důležité všechny skupiny sklípků, které si i navzdory velké variabilitě ponechávají určité pravidelné uspořádání.

Čelistní dutina (antrum Highmori)

Spodina maxilárního sinu leží u dospělého asi 5 mm pod úrovní dna nosní dutiny; u novorozenců může být naopak výše. Do dutiny mohou zasahovat zubní kořeny (predispozice odontogenních sinusitid při kariézním chrupu, riziko oroantrální komunikace při extrakcích).

Strop tvoří spodní stěnou orbity, přibližně uprostřed je prominence n. infraorbitalis, jehož kanálek může být dehiscenční.

Zadní stěna sousedí s fossa pterygopalatina.

Recesy čelistní dutiny: alveolární, zygomatický, superomedialní (DD na axiálním snímku CT od velkých čichových sklepů, viz obr. 2.61 s. 91 a 2.158 s. 135).

Etmoidomaxilární ploténka (viz obr. 2.36 s. 79 a 2.37 B s. 80) odděluje zadní čichové sklepy od čelistní dutiny. Perforuje se při transantrální etmoidektomii.

Tabulka 2.2 Klasifikace a výskyt čichových sklepů

skupina	system	sklípky	výskyt (%)	
PŘEDNÍ	prebulární	uncinátní (laterálně od uncinátního výběžku)	terminální – nejvýše uložen, může vytvářet frontální bulu	100
			přední (agger nasi)	52
			zadní – umístěn v bule	25
			dolní – může vytvářet Hallerovy sklepy	46
	bulární (střední etmoidální)	meatální (mediálně od uncinátního výběžku)	premeatální – těsně za ventrokranálním úponem střední složky	–
			přední - dává vznik nazofrontálnímu duktů a čelní dutině	–
			zadní (orbitofrontální) – obsahuje při stropu a. ethmoidalis anterior	–
			intrabulární - dávají vznik bulózní střední skořepě	0–41
ZADNÍ	superior (odděleny bazální lamelou horní skořepy)	suprabulární	10–41	
		přední - u stropu etmoidů	–	
	supreme	centrální	–	
		zadní horní (Onodi) - vždy jeden, dosahuje stropu etmoidů, je nad a zevně od klínové dutiny	12–42	

Ostium maxillare (viz obr. 2.28 a 2.27 s. 75) je v přední horní části dutiny, několik milimetrů od jejího stropu. Vyústění má tvar elipsoidní nebo 1 až 20 mm dlouhého kanálku, který ústí mezi uncinátním výběžkem, lamina papyracea a etmoidální bulou asi ve středu semilunárního hiatu. Průměrná vzdálenost od slzného kanálku je asi 4 mm, často i méně (možné poranění slzovodou při vytváření supraturbanální antrostomie zpětným štípkem, viz odd. 2.2.3).

Akcesorní ostium – ostia (viz obr. 2.35 B s. 78, 2.60 s. 90, 2.263 a 2.265 s. 202) existují v 10 až 51 % případů. Zpravidla jsou v oblasti zadní i přední fontanely těsně nad dolní skořepou. Neúčastní se na drenáži čelistní dutiny. Mukociliární transport směřuje vždy k primárnímu ostiu. Přidatná ostia, zvláště v zadní fontanely, jsou dobře přístupná endoskopickému vyšetření, zatímco vlastní pravé ostium maxilární dutiny není přehledné, neboť je kryto uncinátním výběžkem.

Přední a větší zadní fontanela (viz obr. 2.15 s. 69 a 2.36 A s. 79) je vazivová část (paries membranacea) mediální stěny čelistní dutiny s průměrem 0,5 až 2,5 cm. Fontanelu rozděluje na přední a zadní část uncinátní výběžek spolu s protilehlým etmoidálním výběžkem kosti dolní skořepy. Dorzálně je fontanela ukončena svislou ploténkou patrové kosti.

Při hodnocení *CT a MR by neměla být fontanela zaměňována* s dehiscentní nebo destruovanou mediální stěnou čelistní dutiny. Naopak při supraturbanální antrostomii se většina této fontanely odstraňuje k zajištění vhodné drenáže (viz obr. 2.263 a 2.265 s. 202).

Čelní dutina

Čelní dutina má mezi všemi VDN největší variabilitu svou velikostí i tvarem. Většinou jsou dutiny asymetrické, oddělené přepážkou, která může být dehiscentní (oboustranné šíření zánětů). Při extrémně velké pneumatizaci expanduje frontální sinus až do temporoparietální oblasti.

Supraorbitální reces a drenáž čelní dutiny viz odd. 2.3.1.

Nazofrontální spojení je přístupné endoskopickému pohledu zpravidla až po snesení uncinátního výběžku a po přední etmoidektomii.

Vstup do čelní dutiny je tak mediálně ohraničen střední skořepou, dorzálně horním okrajem etmoidální buly nebo přední čichovou tepnou a laterálně orbitou. Laterokraniálně leží rovněž LB, která může být zaměněna se supraorbitálními sklepy nebo s čelní dutinou.

Klínová dutina

Pneumatizace i tvar jsou značně variabilní. Chirurgicky je významné, že intersinózní septum se téměř vždy uchyluje. Naopak konstantní bývá středový úpon vomeru

a lamina perpendicularis i při jinak vybočené nosní přepážce.

Zadní stěna při stropu dutiny sousedí s tureckým sedlem a hypofýzou.

Laterální stěna leží v bezprostřední blízkosti důležitých struktur (viz odd. 2.3.1, 2.3.2 a 9.2): n. II, ACI, n. III, IV, VI, 1. a 2. větev n. V, ganglion Gasseri a sphenopalatinum, a. ophthalmica, sinus cavernosus.

Ostium klínové dutiny je ve sfenoetmoidálním recesu, kde nemá konstantní polohu. Bývá v recesu mediálně i laterálně a převážně kraniálně (15 až 25 mm od horního okraje choany). Ústí leží poměrně těsně za lamina cribrosa, která může být, stejně jako planum sphenoidale, poraněna při instrumentaci v ostiu.

2.1.4 CÉVNÍ A NERVOVÉ ZÁSOBNÍ

Tepny (viz také odd. 4.1.5 a 10.1)

A. ethmoidalis anterior je větví a. ophthalmica (viz obr. 4.4 s. 251). Tepna probíhá ve švu mezi čelní a čichovou kostí do přední jámy lební, kde zásobuje oblast tvrdé pleny a pak teprve sestupuje skrz lamina cribrosa do nosní dutiny. Větvení ve foramen ethmoidale ant. se někdy zobrazuje na *CT* v koronární i axiální rovině (viz obr. 2.65 A s. 93, 2.92 s. 109 a 2.154 s. 134). Nervově-cévní kanálek může procházet v subseptu několik milimetrů vzdáleném od stropu etmoidů, někdy má tepna více větví. Arterie leží zpravidla v místě mírného oblého zlomu (asi 15°) mezi horní šikmou a zadní, spíše horizontální částí etmoidálního stropu. Nejzranitelnější je tepna v místě perforace lamella lateralis ossis cribriformis (viz s. 132). Tepna bývá ve většině případů těsně před horním ukotvením přední stěny etmoidální buly a spolu s ní tak vytváří dorzální hranici při frontální sinotomii a současně přechod dolní stěny čelní dutiny v přední jámu lební s frontálním mozkovým lalokem.

Nekonstantní je *a. ethmoidalis media*.

A. ethmoidalis posterior (větev a. ophthalmica, viz obr. 2.67 s. 94) je na stropu čichových sklepů v úrovni sfenoetmoidálního přechodu asi o 12 mm dále od přední čichové tepny dorzálním směrem. I její kanálek bývá dehiscentní, avšak méně často než kanálek přední tepny.

A. sphenopalatina je větví a. maxillaris. Vstupuje skrz foramen sphenopalatinum (viz odd. 2.1.2), které leží za zadním okrajem střední skořepy na laterální nosní stěně při zadním horním obvodu choany. Tepna se záhy rozděluje na laterální větev pro bočnou stěnu nosní dutiny a větev mediální. Bývá častým zdrojem krvácení ze zadního okraje supraturbanální antrostomie, zadních partií dolní a střední lastury. Mediální větev zásobuje dolní část přední stěny klínové dutiny. Může být poraněna při vytváření endoskopické sfenoidotomie, je-li snesena přední stěna klínové dutiny příliš kaudálně.