

ZOBRAZENÍ OPTICKÉHO NERVU MAGNETICKOU REZONANCÍ NA PŘÍSTROJI 1,5T

MAGNETIC RESONANCE IMAGING OF OPTIC NERVE ON 1,5 T SYSTEM

přehledový článek

Pavla Hanzlíková^{1,3}
Jana Chmelová^{2,3}

¹MR oddělení, Sagena s.r.o.

²Radiodiagnostické oddělení MN, Ostrava

³Radiologická klinika FN, Olomouc

Přijato: 15. 9. 2016.

Korespondenční adresa:

MUDr. Pavla Hanzlíková
MR oddělení, Sagena s.r.o.
8. pěšího pluku 2450
738 01 Frýdek-Místek
e-mail: hanzlikova@sagena.cz

Hlavní stanovisko práce

Možnosti zobrazení optického nervu na MR přístroji Siemens Avanto se silou pole 1,5T; limitace zobrazení; nástin diferenciální diagnózy atrofie a hypertrofie optického nervu.

SOUHRN

Hanzlíková P, Chmelová J. Zobrazení optického nervu magnetickou rezonancí na přístroji 1,5T

V současnosti je magnetická rezonance dobře dostupnou modalitou, což ji umožňuje využít pro standardní a standardizované vyšetření 2. až 4. úseku optického nervu. Místo magnetické rezonance v zobrazení optického nervu je nezastupitelné. Umožňuje velmi efektivně zobrazit optický nerv, jeho tloušťku, ložiskové změny, ale i náplň okolních struktur – obaly zrakového nervu, subarachnoidální prostory a vzájemný poměr mezi celkovou tloušťkou nervu a obalů a vlastního nervu. Tyto údaje mohou hrát v roli v diagnostice nejen nemocí s oční symptomatologií, ale i v diagnostice nemocí nervového systému. Vyšetření optických nervů následuje až po provedení základního protokolu zobrazení mozku.

Zobrazení optických nervů je možné standardizovat a tím zjednodušit hodnocení zejména v následujících kontrolách.

V diskusi se věnujeme základnímu přehledu příčin atrofie či hypertrofie optického nervu. Rozebíráme možnost vlivu extraorbitálně lokalizovaného procesu, který se může manifestovat poruchou vizu.

Klíčová slova: magnetická rezonance, optický nerv, optická dráha, obaly optického nervu.

Major statement

Options optic nerve imaging in MRI scanner with the field strength 1.5T; limitations of imaging; the differential diagnosis implication of atrophy and hypertrophy of the optic nerve.

SUMMARY

Hanzlíková P, Chmelová J. Magnetic resonance imaging of optic nerve on 1,5 T system

Nowadays, the MRI is an easily accessible imaging modality, which allows us to use it for standard and standardized imaging of the optic nerve from its second through fourth section.

The position of the MRI in imaging of the optic nerve is unique.

It enables us to image not only the optic nerve effectively with its thickness and focal pathologies, but also the composition of its near structures – filling of subarachnoid spaces, vagine of optic nerve and mutual ratio between the full thickness of the nerve and vagine, and the nerve itself.

Such data can play a significant role not only in the diagnosis in ophthalmology, but also in the diagnosis of illnesses of the central nerve system. Imaging of optic nerve follows the basic imaging of brain. It is possible to standardise the imaging of optic nerve, and thus simplify the following check-ups.

In the following discussion we are concentrating on the general overview of causes of atrophy and hypertrophy of optic nerve.

We are analysing the possibilities of influence of extraorbital pathologies, which may manifest in vision failure.

Key words: magnetic resonance imaging, optic nerve, sheaths of optic nerve.

Konflikt zájmů: žádný.

ÚVOD

Diagnostika morfologických změn struktur optického nervu je doménou očního lékařství (1. úsek) a pak magnetického rezonance (2. až 4. úsek).

Důležitou roli v diagnostickém algoritmu zastává i CT (výpočetní tomografie) vyšetření, které je oporou zejména v diagnostice kalcifikací v měkkých tkáních očníce, ale i kostních strukturálních změn optického kanálu a kostěných struktur střední jámy.

Magnetická rezonance (MR) překonává zobrazování CT anatomickou přesností s vysokým kontrastem mezi tkání solidní a tekutinou, je schopna diferencovat v různých váženích patologické stavy provázející strukturální změny nervu.

Neoddělitelnou součástí vyšetření optických nervů je MR vyšetření mozku v celém rozsahu – opět optimálně pomocí standardizovaného protokolu.

Velmi důležitou částí přípravy k vyšetření je zhodnocení žádanky vypsané indikujícím lékařem. Vyšetřující radiolog v ní v optimálním případě najde klinickou otázku s doprovodným komentářem ohledně typu potíží, doby trvání potíží a další, pro diagnózu potřebné informace.

Dobře vyšetřený a správně diagnostikovaný pacient je jen při pečlivé a oboustranné spolupráci lékaře – klinika i lékaře – radiodiagnostika.

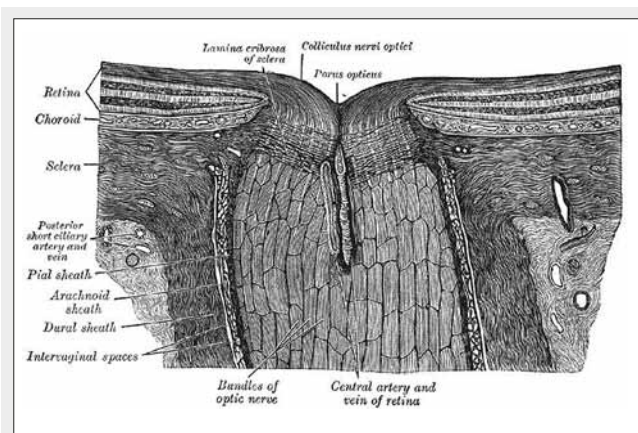
OPTICKÝ NERV

Optický nerv není pravým hlavovým nervem, nýbrž je výběžkem centrálního nervového systému, další bipolární neuron z CNS je umístěn až v retině. Nerv je tvořen vlákny axonů, které nemají pochvy tvořeny Schwannovými buňkami, ale oligodendrocyty (1, 2).

Centripetální vlákna z neuronů v retině se sbíhají na optickém disku a zde průchodem se přes jemnou vazivovou síťku lamina cribrosa pokračující ze skléry formují do optického nervu (obr. 1).

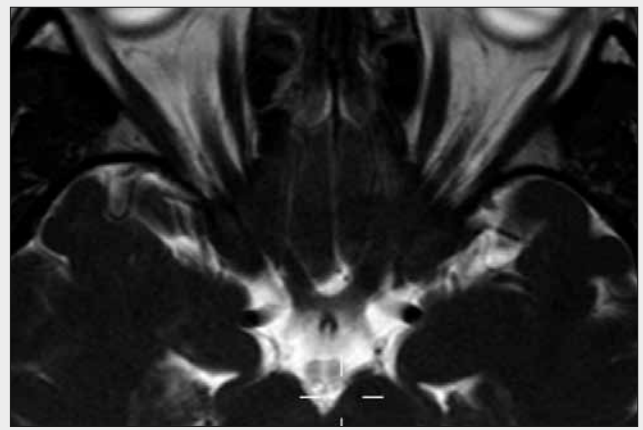
Vlastní optický nerv se dělí na čtyři úseky (2):

1. **intraokulární** segment: vlákna nervu přecházející ze sítnice centripetálně postupují přes lamina cribrosa



▲ Obr. 1

Obr. 1. První úsek optického nervu a jeho vstup do bulbu, v horizontálním řezu (Henry Gray, *Anatomy of the Human Body*, 1918)
Fig. 1. The first portion of the optic nerve and its entrance into the eyeball (Henry Gray, *Anatomy of the Human Body*, 1918)



▲ Obr. 2

Obr. 2. Úseky optického nervu v příčném skenu v T2-vážení (ciss)
Fig. 2. Portions of optic nerve in T2W in transversal plane (ciss)

Tab. 1. Úseky optického nervu (1)

Table 1. Sections of optic nerve (1)

Zrakový nerv – celková délka 47–50 mm
1. segment intraokulární 1 mm
2. segment intraorbitální 25–30 mm
3. segment intrakanalikulární 5–9 mm
4. segment intrakraniální 10–16 mm

2. **intraorbitální** segment: centrálně uvnitř intrakraniálního prostoru, úsek nervu je obklopen dura mater a přímo komunikuje s intrakraniálními SA prostory, v inferomedialní porci vstupuje a. centralis retinae
3. **intrakanalikulární** segment: úsek od fibrózního prstence konu přes optický kanál
4. **intrakraniální, resp. prechiasmatický** segment: nerv vstupuje do střední jámy lební, přechází do supraselární cisterny spolu s přední mozkovou tepnou (obr. 2, tab. 1)

Následující úsek je označován jako **optické chiasma** a **optické trakty** – zde platí, že vlákna pocházející z temporální části retinálních vláken se nekříží, vlákna z nazální části se kříží, tzn., že z každého optického nervu část vláken vede informaci ipsilaterálně temporálně a kontralaterálně nazálně – takto vlákna pokračují jako tzv. optický trakt až do corpus geniculatum laterale thalamu. Dále se rozbíhají vlákna jako větve **optické radiace**.

ZOBRAZENÍ PRVNÍHO ÚSEKU OPTICKÉHO NERVU

Zobrazení intraokulárního segmentu optického nervu je doménou oftalmologie. Je důležité zhodnotit počet vláken optického nervu, jejich tloušťku i uspořádání jednotlivých vrstev peripapilárně. K tomuto lze využít metody laserové i metody založené na použití viditelného světla (3–5):

- CSLO (Heidelberg Retina Tomograph HRT) – laserová metoda umožňující třídímenzionální zobrazení ve vysokém rozlišení. Umožňuje posoudit ztrátu počtu optických vláken, vhodné zejména pro sledování v čase.



▲ Obr. 3

Obr. 3. T2 koronární sken s potlačením tuku
Fig. 3. T2W scan in coronal plane with fat suppression

- Nerve Fiber Analyzer (GDx, Scanning Laser Polarimetry) – laserová metoda stanovení tloušťky vláken nervu.
- Optical Coherence Tomography (OCT) – pomocí světelného paprsku a jeho odrazu měří vrstvy vláken optického nervu peripapilárně – stanovení tloušťky RNFL (the retinal nerve fiber layer).

ZOBRAZENÍ 2. AŽ 4. ÚSEKU OPTICKÉHO NERVU MAGNETICKOU REZONANCÍ

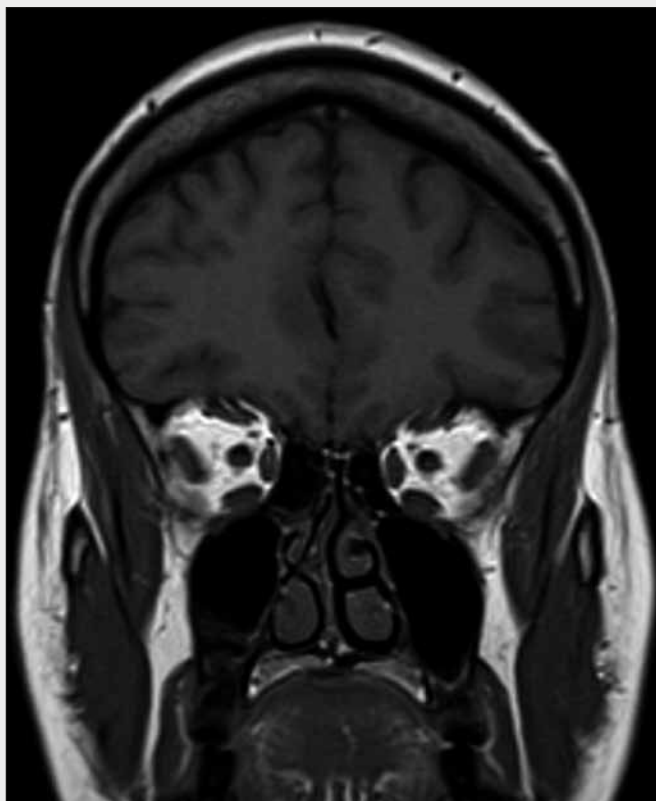
Data byla získána na přístroji MR Avanto Siemens 1,5 T s použitím hlavové cívky 12 kanálů, s použitím gadoliniové kontrastní látky i.v.

Zobrazení optického nervu by mělo vždy předcházet vyšetření mozku – minimálně v T2 příčných rovinách, vhodné je však očníce vyšetřovat po akvizici sekvencí standardního vyšetření mozku.

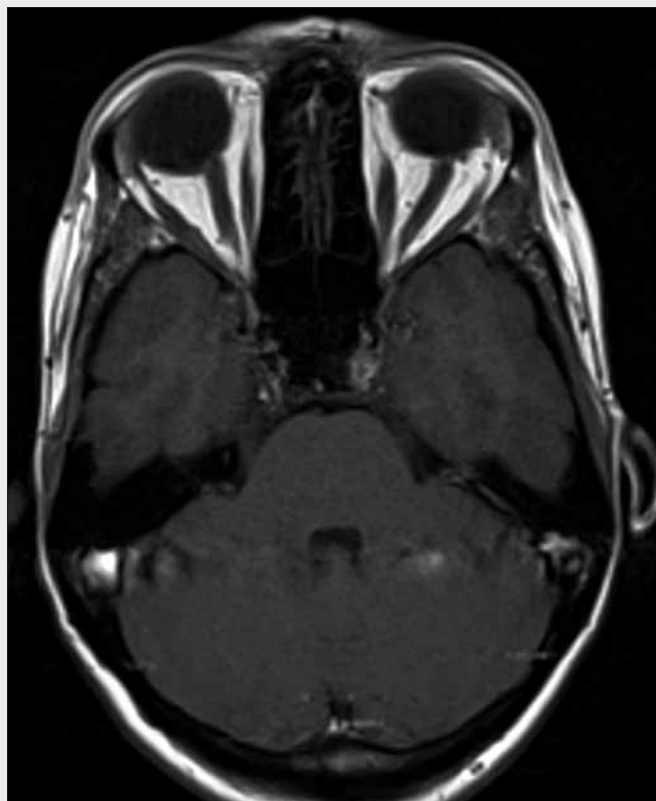
Očníce jako tkáň s hojným zastoupením tukové tkáně vyžaduje sekvence s potlačením signálu tuku ať již ze skupiny IR, nebo pomocí spektrální saturace tuku (fat saturation).

MR SEKVENCE

Nezbytnou součástí zobrazení očníce a optického nervu je standardní zobrazení mozku (8). Za dostačující protokol



▲ Obr. 4A



▲ Obr. 4B

Obr. 4A,B. T1 sken v koronární a transverzální rovině
Fig. 4A,B. T1W scan of optic nerve in coronal and transversal plane

zobrazení mozku v základním protokolu považují autoři T2 TSE, Flair, DWI (b0, b 1000, ADC), SWI v 5mm transverzálních řezech, rovina transverzální je doplněna sagitální T1 SE sekvencí se silou řezu 5 mm a koronární rovinou v T2 TSE echu.

Zdůrazňujeme, že se jedná o základní zobrazení mozku.

Následuje zobrazení cílené na očné.

Nativní sekvence

Nativní sekvence zhotovujeme v maximálně 3 mm šíři vrstvy, distanční faktor (gap) je minimalizován optimálně na 10%. Skeny v T2 i T1 dosahují na 1,5T přístroji rozlišení $0,6 \times 0,6$ mm, eventuálně $0,7 \times 0,7$ mm.

Na prvním místě nastupují sekvence v T2 TSE vážení – koronární, eventuálně transverzální sken s potlačením tuku. Zde preferujeme spektrální saturaci tuku – fat suppression. IR sekvence Stir má menší SNR – poměr signál – šum, čímž zneumožňuje dosáhnout při stejných časových nárocích takového rozlišení jako spektrální saturace (obr. 3).

Další sekvencí mohou být nativní T1 SE sekvence, které mohou přispět přirozeným tkáňovým kontrastem mezi hyperintenzním tukem a hypointenzní tekutinou. Jejich nesporným přínosem je možnost je využít jako matici pro subtrahaci, zejména v terénu metalických artefaktů, které působí problém při spektrální saturaci tuku. Tato oblast zejména blízkost horního patrového oblouku je při kovových náhradách zdrojem obtížně korigovatelných artefaktů. Při zhotovení identické sekvence postkontrastně je subtrahovaný obraz prost artefaktů a lze z něj velmi efektivně hodnotit patologické sycení – distorze obrazu trvá (obr. 4).

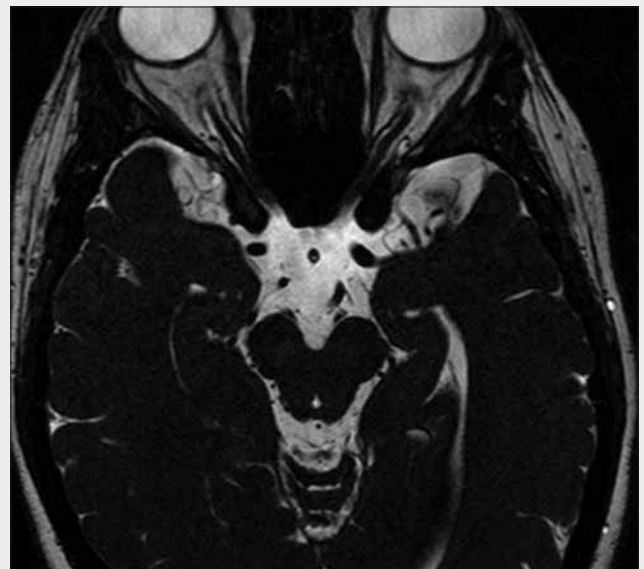
Další sekvencí vhodnou zejména pro hodnocení náplně optických pochev mozkomíšním mokem a tloušťku vlastního optického nervu vůči celkové šíři nervu a pochvy je sekvence CISS (FIESTA) – constructive interference in steady state. Jedná se o techniku z rodiny gradientního echa, opět je nutná obezřetnost při metalických artefaktech ze zubních náhrad. Sekvence může i na strojích 1,5T dosáhnout vysokého rozlišení blízkého se $0,5 \times 0,5$ mm (obr. 5).

Skupinu nativních sekvencí doplňují difuzně vážené obrazy DWI, kdy používáme difuzně vážený faktor b 800, nezbytností k hodnocení je ADC (mapa difuzního aparentního koeficientu). Rozlišení této epiplanární techniky je možné blížit k matici $1,2 \times 1,2$ mm. Opět je nutné zdůraznit příslušnost ke gradientnímu echu a citlivost k artefaktům. Toto lze částečně redukovat použitím paralelních akvizičních technik, na novějších strojích metodou rozparcelování nabíraného objemu tkáně (u Siemens RESOLVE).

Postkontrastní sekvence

Použití kontrastní látky nám umožňuje zhodnotit sycení nativně prokázaných afekcí vlastního optického nervu (důležité je připomenout, že optický nerv je výběžkem mozku, nikoliv periferním nervem). Sekvence ze skupiny SE opět nepřesahují šíři vrstvy 3 mm s minimalizací distančního faktoru – identicky s nativními sekvencemi, optimálně počet vrstev, šíře a distanční faktor souhlasí ve všech zhotovených sekvencích v jedné rovině.

Základními sekvencemi po aplikaci kontrastní látky jsou sekvence T1 SE, ať již s potlačením tuku, nebo se zachovaným vysokým signálem tuku (6, 8, 9). Vhodnou technikou k po-



▲ Obr. 5

Obr. 5. *CISS sekvence v rovině příčné*

Fig. 5. *CISS (constructive interference in steady state) technic in transversal plane*

tlačení tuku je **spektrální saturace (FS)** (8, 9), techniky ze skupiny IR (inversion recovery) nejsou postkontrastně vhodné pro obdobný inverzní čas tukové tkáně a kontrastní látkou nasycené tkáně. V případě metalických artefaktů je vhodnou metoda subtrahace – viz výše (obr. 6).

Další alternativou je použití T1 SE sekvence s MT (magnetizační transfer), kdy se využívá magnetizace vody vázané v makromolekulách ve prospěch molekul vody volné a vede ke zvýraznění tkání nasycených kontrastní látkou (9) (obr. 7).

Další možností je použití sekvence ze skupiny gradientního (GRE) echa, nejlépe s potlačením tuku (8, 9). Jako optimální se jeví použití flash sekvence ve 3D s potlačením tuku – VIBE (THRIVE, LAVA). Tyto sekvence lze zhotovit i jako navigační sken (obr. 8).

Hodnocení struktur očné a optického nervu v jiné než zdrojové (transverzální) rovině lze z MPR. Je nutné zvážit podíl nehomogenit magnetického pole při gradientním zobrazení.

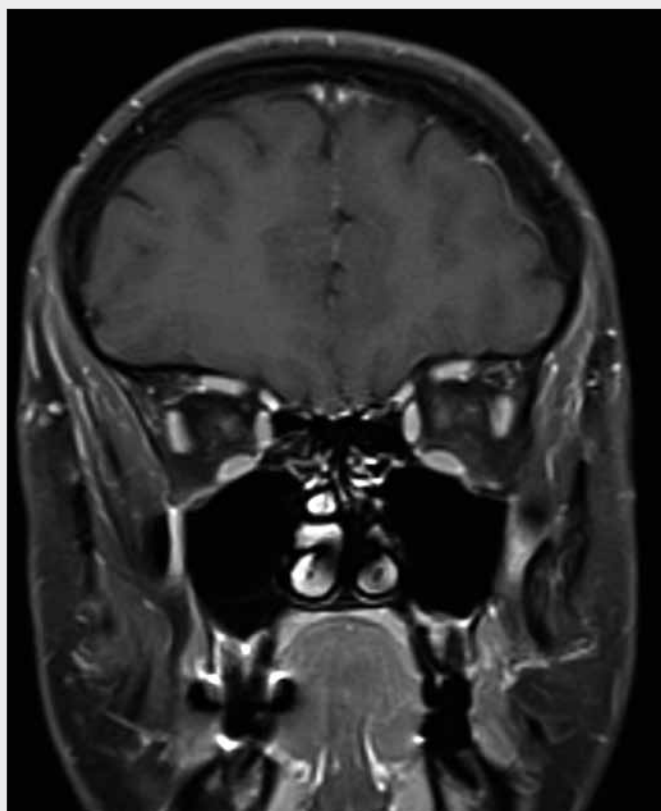
Je velmi vhodné touto 3D gradientní sekvencí zahrnující zobrazení očí i mozku sezení ukončit zejména pro zobrazení baze lební respektive struktur střední jámy lební.

Doplnková vyšetření

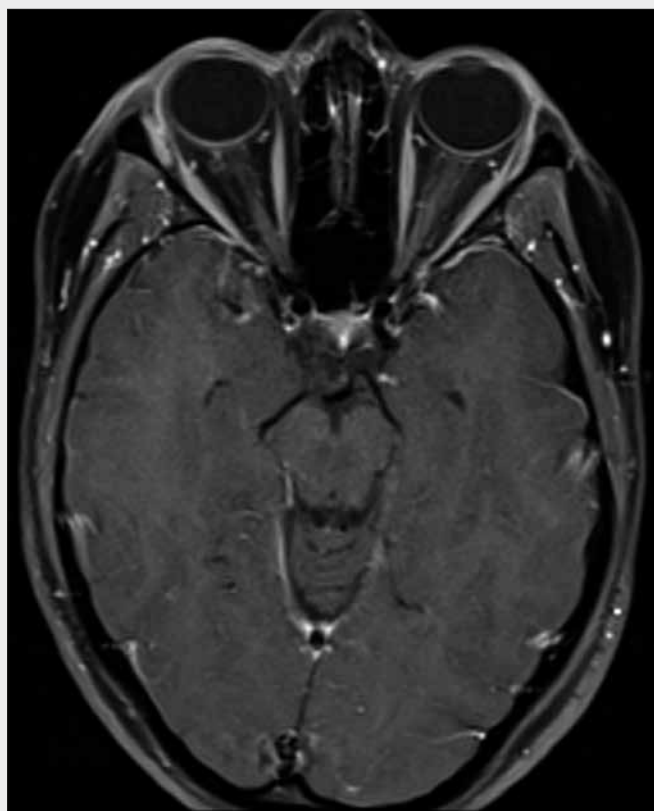
O výhodách gradientního 3D zobrazení jsme se již zmínili v předchozím odstavci. Postkontrastní sken s potlačením tuku umožňuje hodnotit stav kavernózního splavu, oblast tureckého sedla, mozkových plen, s výhodou lze využít zvýraznění náplně cév.

Při suspekci na karotido-kavernózní fistulu je indikována nativní angiografie mozkových tepen metodou time-of-flight (TOF) – zvýraznění toku v cévě na podkladě inflow efektu (přitéká nesaturovaná krev do objemu, kde ostatní tkáně mají signál potlačen) (8, 9).

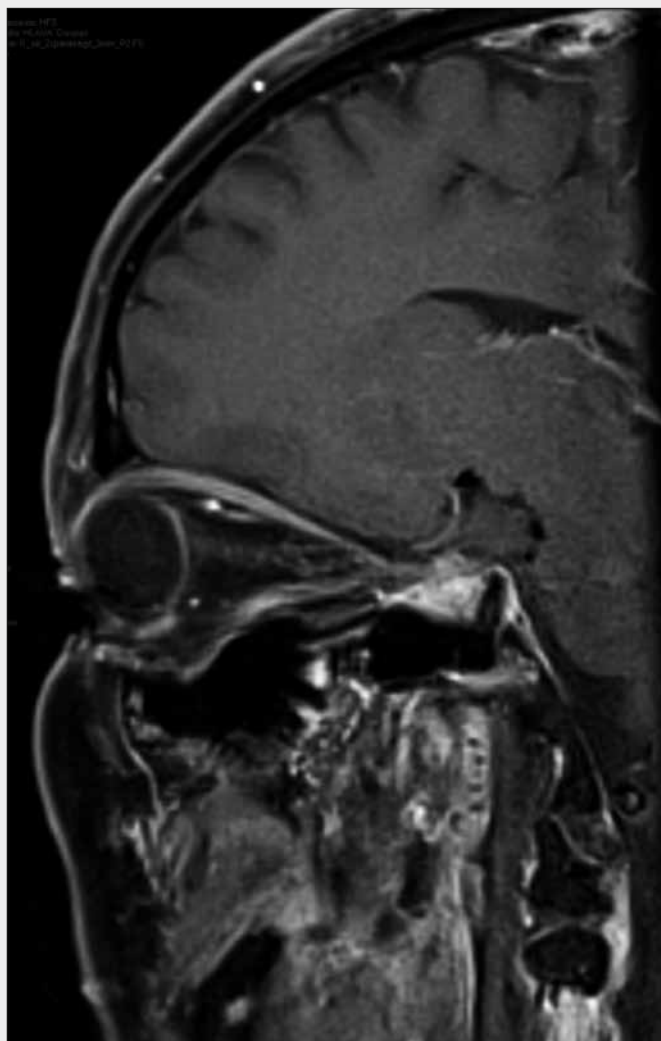
Velkým přínosem je při vylučování píštěle sken metodou flash (3D GRE bez nebo s potlačením tuku) s použitím



▲ Obr. 6A



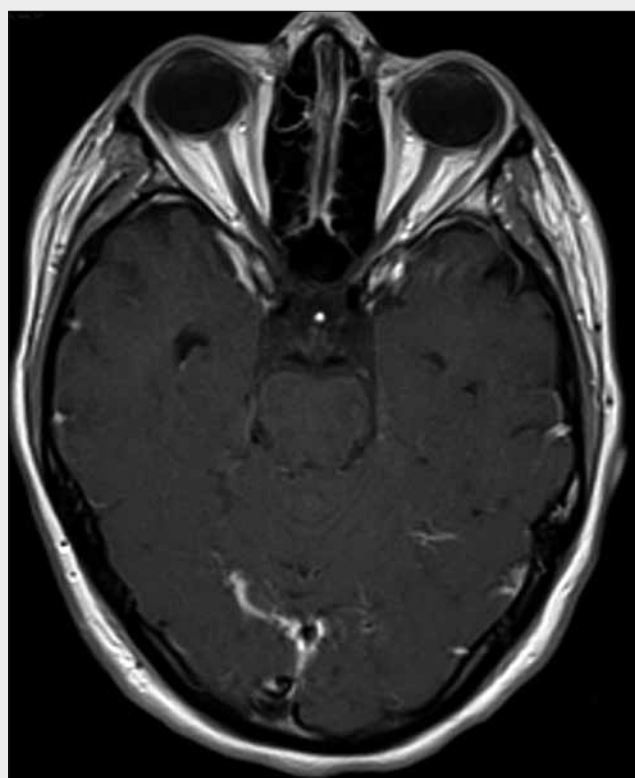
▲ Obr. 6B



◀ Obr. 6C

Obr. 6A,B,C. Postkontrastní T1 skeny s potlačením tuku metodou spektrální saturace (fat suppression) v rovině koronární, tranverzální a parasagitální

Fig. 6A,B,C. T1 W scans with fat suppression with application contrast agent in coronal, transversal and sagittal plane



▲ Obr. 7

Obr. 7. Příčná rovina v T1 vážení s magnetizačním transferem
Fig. 7. Transversal plane in T1 W with magnetic transfer



▲ Obr. 8

Obr. 8. T1 GRE sken s potlačením tuku – VIBE v transversální rovině
Fig. 8. T1 scan in GRE with fat suppression – VIBE in transversal plane

kontrastní látky – CE-MRA (kontrastní MR angiografie). Principem je rychlá akvizice požadovaného objemu s nižším prostorovým rozlišením v několika fázích po sobě, prioritou

je rozlišení časové. Tato sekvence je principem softwarových programů určených k rychlé akvizici objemu s dostatečným prostorovým rozlišením (Twist u Siemens) (tab. 2).

Tab. 2. Přehled základních sekvencí

Table 2. The overview of basic sequences

Vážení	Typ sekvence	Orientace	FOV (mm)	Vrstva (mm)	Pixel (mm)	Modifikace	Akronyma
Nativně							
T2 FS	TSE	koronárně	200	3	0,6 × 0,6	T2 Stir	TSE, FSE, fastSE
T1	SE	parasagitálně	200	3	0,7 × 0,7		
DWI	SE echo planar	transverzálně	200	3	1,2 × 1,2		
3D nativně							
Ciss	SSFP	transverzálně	180	0,7	0,5 × 0,5	SPACE/VISTA, CUBE	FIESTA-C
postkontrastně							
T1 FS	SE	koronárně	200	3	0,7 × 0,7	T1 SE subtrakce	
T1 FS	SE	transverzálně	200	3	0,7 × 0,7	T1 SE subtrakce	
T1 FS	SE	parasagitálně v ose optického nervu	200	3	0,7 × 0,7	T1 SE subtrakce	
T1 MT	SE	transverzálně	200	3	0,7 × 0,7		
T1 GRE VIBE	GRE	transverzálně	230	0,9	0,9 × 0,9	THRIVE, LAVA	
Doplňková vyšetření							
dynamické vyšetření							
T1	TSE	koronárně, eventuálně transversálně	200	3	1 × 1	GRE flash – viz níže	FSE, East SE
T1	GRE Flash	koronárně, eventuálně transversálně	200	1	1 × 1	Twist, eventuálně TSE sekvence viz výše	T2 FFE, SPGR, FE
angiografie							
TOF 3D	tepenné MRA	transverzálně	200	0,7	0,7 × 0,7	MOTSA, TONE	
CE-MRA	GRE Flash	koronárně	200	1	1 × 1	možno s potlačením tuku	T2 FFE, SPGR, FE

Tab. 3. **Základní diferenciální diagnostika atrofie optického nervu**
 Table 3. **The basic differential diagnosis of optic nerve atrophy**

Atrofie optického nervu
<ul style="list-style-type: none"> • demyelinizační atrofie – RSM, m. Devic • pozánětlivá atrofie – primární neuritida, ev. sekundární změny při meningitidě či orbitocelulitidě • tlaková, eventuálně trakční atrofie – glaukom, papiledema • následná (konsekutivní) atrofie – ascendentní atrofie při onemocnění retiny • vaskulární atrofie – postižení přívodných cév, eventuálně zvýšení nitroočního tlaku přesahuje tlak v tepně • metabolická atrofie – tyreoidní oftalmopatie, juvenilní DM, nutritivní, eventuálně toxická amblyopie, methylalkohol, drogy, sulfonamidy... • posttraumatická neuropatie – avulze, transsekce, hematom v nervu či v pochvě, poranění cizím tělískem v předchorobí • hereditární atrofie – Behrova atrofie, Leberova optická atrofie

DISKUSE

Zobrazením optického nervu pomocí MR získáváme robustní nástroj k hodnocení šíře nervu a to v komparaci s druhou stranou. Srovnání je základem hodnocení atrofie či hypertrofie optického nervu. Důležitým parametrem hodnocení šíře optického nervu vůči celkové šíři nervu a pochev, zde hraje roli náplň subarachnoidálního prostoru optických pochev. Nelze však hodnotit náplň optických pochev samostatně, vždy je nutné korelovat se stavem SA prostorů podél mozku (1, 3) (tab. 3, 4).

Dalším kritériem hodnocení optického nervu je přítomnost ložiskových změn – v naprosté většině případů se jedná o zvýšení signálu v T2-vážení. Dalším důležitým kritériem je sycení ložiskových změn nervu (5, 6) (tab. 5).

Samostatnou pozornost jistě zaslouží pochva optického nervu, její tloušťka, signál a sycení – v celém rozsahu až po optický kanálek, za kterým směrem centripetálně přechází do obalů mozku (1, 3).

Nelze opomenout pečlivé zhodnocení struktur střední jámy lební, ať již krajinu tureckého sedla, kavernózní splav, či pleny na bázi (1, 2) (tab. 6).

Je nutné vyloučit patologický proces v krevním zásobení či drenáži struktur očnice a střední jámy. Zde jsou přínosem postkontrastní gradientní skeny ve 3D s potlačení tuků, s výhodou lze využít jejich vazografický potenciál. Lze doplnit angiografii nativní i dynamickou postkontrastní s přehlednutím postupu kontrastní látky krevním řečištěm.

LITERATURA

1. **Foram G.** Magnetic resonance imaging of optic nerve. *Indian Radiol Imaging* 2015; 25(4): 421–438.
2. **Montaleone P.** The optic nerve: A clinical perspective. *Univ West Ont Med J* 2010; 79: 37–39.
3. **Harbison H, Noble V.** Using MRI of the optic nerve sheath to detect elevated intracranial pressure. *Critical Care* 2008; 12: 181.

4. **Trip SA, et al.** Optic nerve atrophy and retinal nerve fibre layer thinning following optic neuritis: Evidence that axonal loss is a substrate of MRI-detected atrophy. *NeuroImage* 2006; 31(1): 286–293.
5. **Miller DH, et al.** Magnetic resonance imaging of the optic nerve in optic neuritis. *Neurology* February 1988; 38(2): 175.
6. **Guy J, et al.** Enhancement and demyelination of the intraorbital optic nerve: fat suppression magnetic resonance ima-

ging. *Ophthalmology* 1992; 99(5): 713–719.

7. **Greaney MJ, et al.** Comparison of optic nerve imaging methods to distinguish normal eyes from those with glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002; 3(1): 140–145.
8. **Mechl M, Tintěra J, Žižka J, et al.** Protokoly MR zobrazování. Praha: Galén 2014.
9. **Mangrum W, et al.** *Duke Review of MRI Principles*. Philadelphia: Elsevier Health Sciences 2012.

Tab. 4. **Základní diferenciální diagnóza hypertrofie optického nervu**
 Table 4. **The basic differential diagnosis of optic nerve hypertrophy**

Hypertrofie optického nervu
<ul style="list-style-type: none"> • optická neuritida • gliom optického nervu • meningeom pochvy optického nervu • intrakraniální hypertenze • leukemická infiltrace, infiltrace při lymfomech • sarkoidóza • Gravesova nemoc • okluze v. centralis retiane • hemangioblastom • hemoragie

Tab. 5. **Zvýšení signálu optického nervu v T2-vážení**
 Table 5. **The increasing intensity of optic nerve in T2W**

Neinfekční příčiny	Infekční příčiny
RSM – nejčastěji	Lymfská nemoc
neuromyelitis optica – m. devic	toxoplazmóza
sarkoidóza	HIV
ADEM – akutní diseminovaná encefalomyelitida	varicella a herpes
SLE – systémový lupus erythematoses	
postižení toxiny – metabolický původ	
poradiační změny	

Tab. 6. **Patologické procesy ve střední jámě s možnou poruchou vizu**
 Table 6. **Pathological processes in the middle fossa with the failure of visus**

<ul style="list-style-type: none"> • trombóza kavernózního splavu • meningitida • expanze sedla a okolí • meningeom en plaque • infiltrace plen při krevních a nádorových onemocněních • fistuly karotidokavernózní

ZÁVĚR

Zobrazení optického nervu ve 2. až 4. úseku je dominantou magnetické rezonance. MR je přínosná v zobrazení tloušťky nervu, jeho struktury se zobrazením ložiskových změn, v zobrazení pochvy optického nervu. K hodnocení optických nervů a jejich obalů patří i zhodnocení chiasmatu optických nervů i hodnocení optických traktů. Nedílnou součástí zobrazení optických nervů je zobrazení mozku.