

Prof. MUDr. Manuela Vaněčková, Ph.D.

Radiodiagnostická klinika



1. LÉKAŘSKÁ
FAKULTA
Univerzita Karlova



**VŠEOBECNÁ FAKULTNÍ
NEMOCNICE V PRAZE**

Autoimunitní onemocnění a spinální neurologie – neuroradiologický pohled

Osnova

- MR protokoly
- MR diagnostika
- Míšní nálezy u autoimunitních onemocnění
- Diferenciální diagnostika
- MR monitorace u autoimunitních onemocnění
- Projekt standardizace využití MR u RS v ČR

MR vyšetření míchy

- V sagitální rovině, THK $\leq$ 3mm, 3D
- T2WI, T1WI, PDW
- T2WI s potlačením signálu tuku
- Postkontrastní T1WI
- Problém s pohybovými artefakty (sekvence s kompenzací toku)

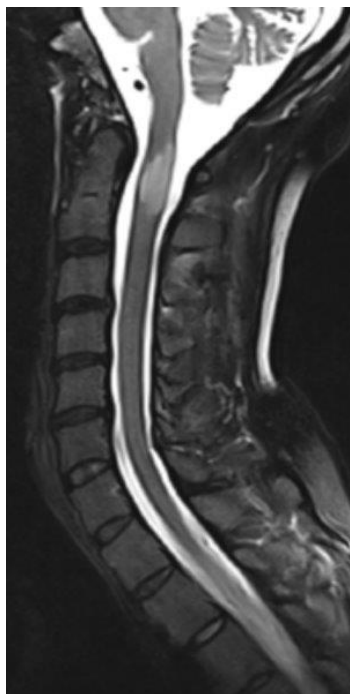
MR míchy součást diagnostického protokolu pro RS

MR míchy

- 2 ze tří doporučených sekvencí v sag (T2WI nebo T2WI s potlačením tuku (doporučeno technikou STIR) nebo PDW)
- Ideálně celá, když nelze alespoň po Th4-5
- MAGNIMS doporučuje vzhledem k podání KL i postkontrastní míchu



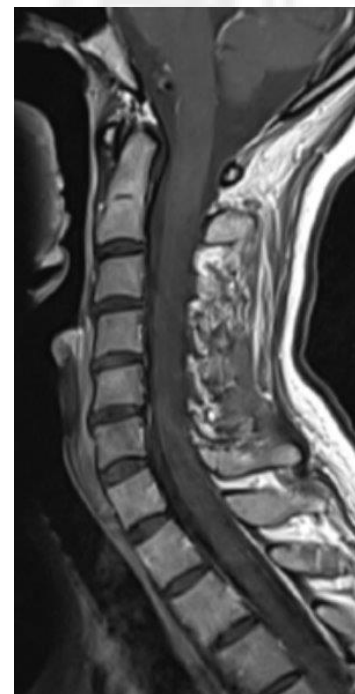
T2W



T2 STIR

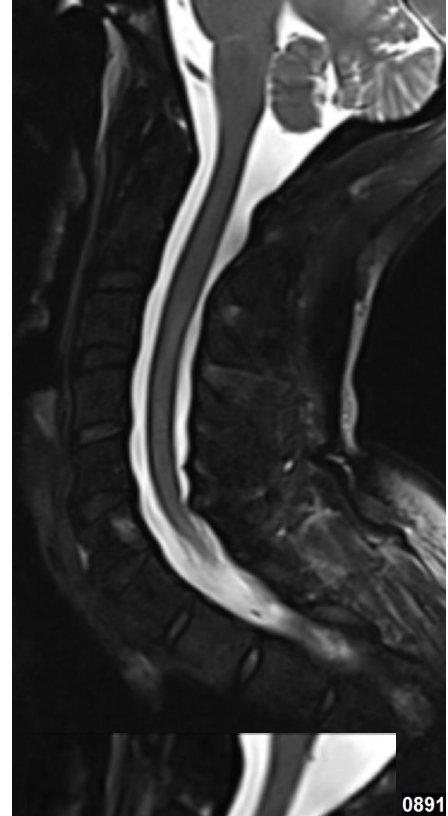


PDW



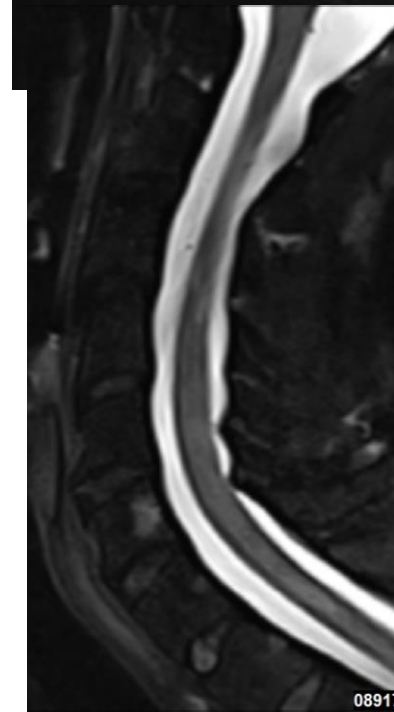
T1W + Gd

Porovnání detekce ložisek u různých sekvencí

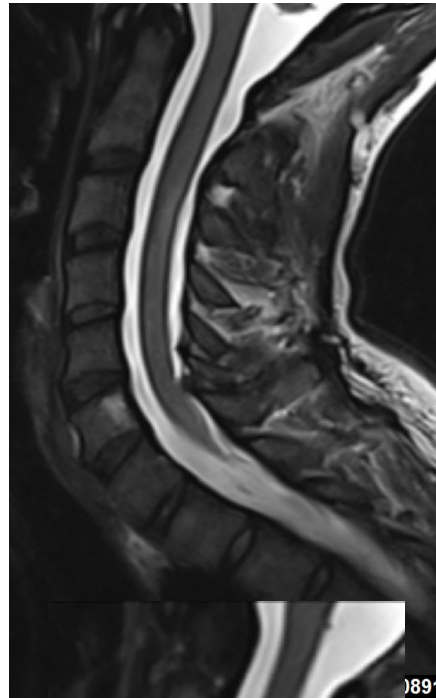


0891

T2W FS

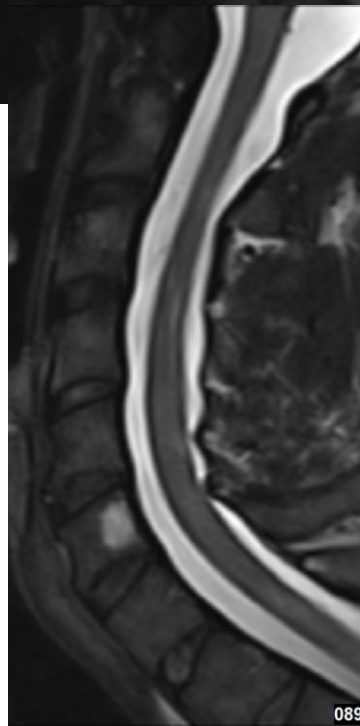


0891

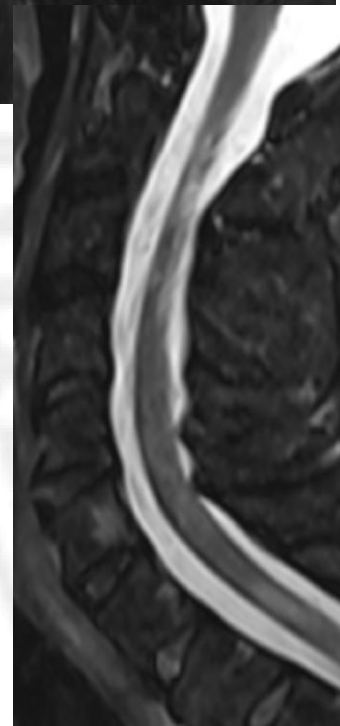


0891

T2W



089



STIR



0891

PDW



089171-19

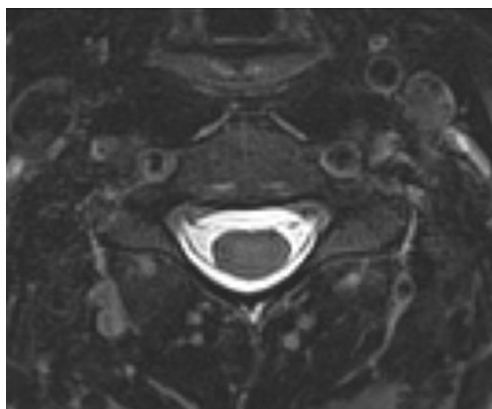
Rozšířený protokol - mícha

Sekvence ke zvážení

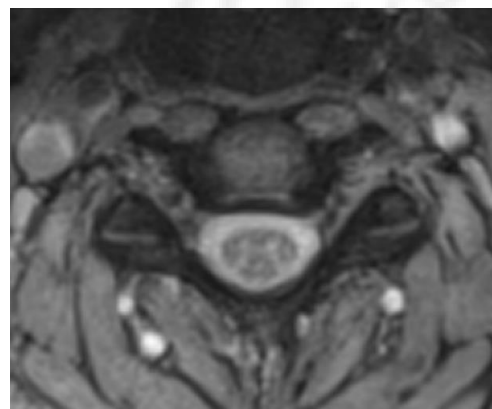
- T2W tra $\leq 5\text{mm}$, 0 gap
- T1 3D – isotropní voxel
- T1 sag
- T1 tra +KL



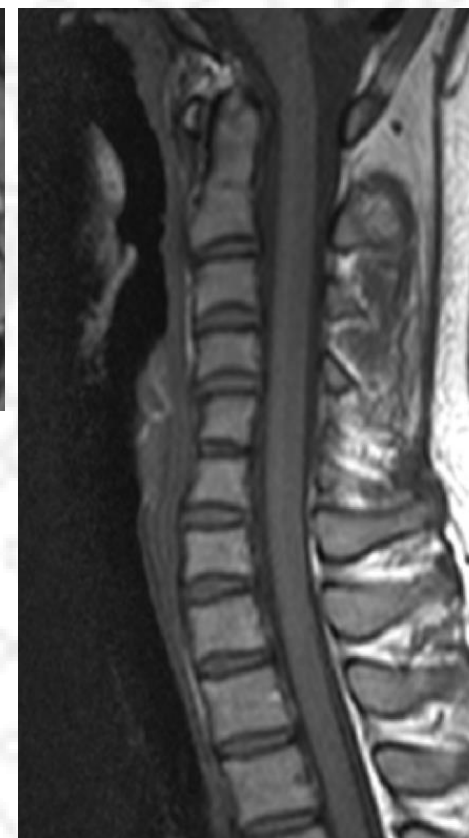
T1 3D



T2



T2 FFE



T1

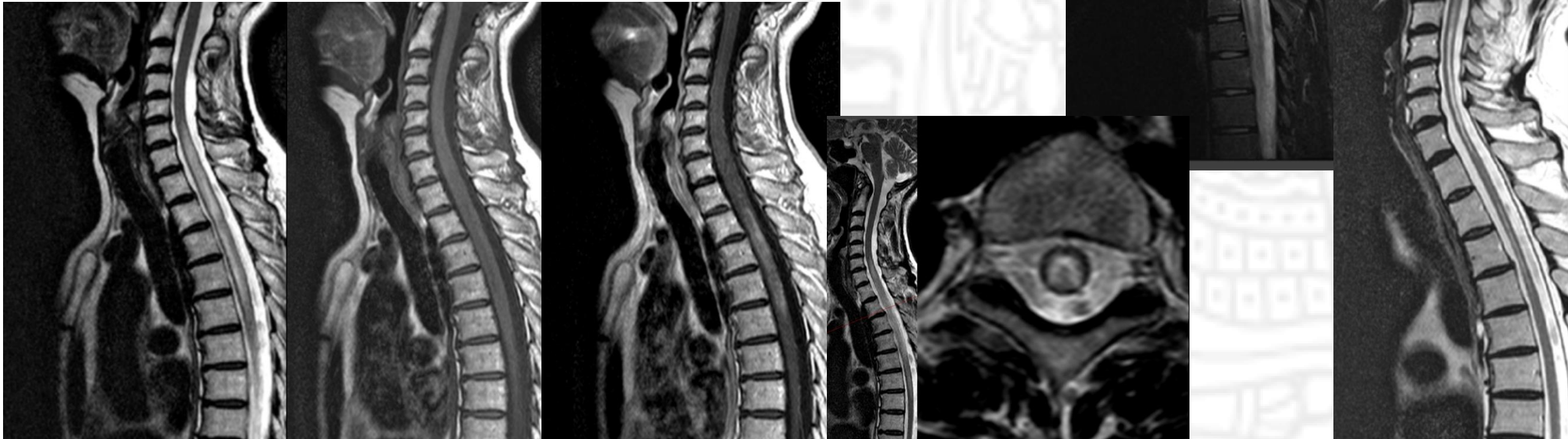
Protokol mícha		Diagnostický	Monitorační
T2W	≤ 3mm, 0 gap	+	±
T2 STIR	≤ 3mm, 0 gap	+	±
PDW	≤ 3mm, 0 gap	+	±
T1 3D	Isotropní voxel ≤1x1x1 mm	±	±
T2 TSE (TRA)	≤5mm, 0 gap	±	±
T1 SAG +KL	Interval 5-10min	+	±
T1 SAG		±	±
T1 TRA + KL		±	±

+AQP4 NMOSD

- **ložisko intramedulárně**

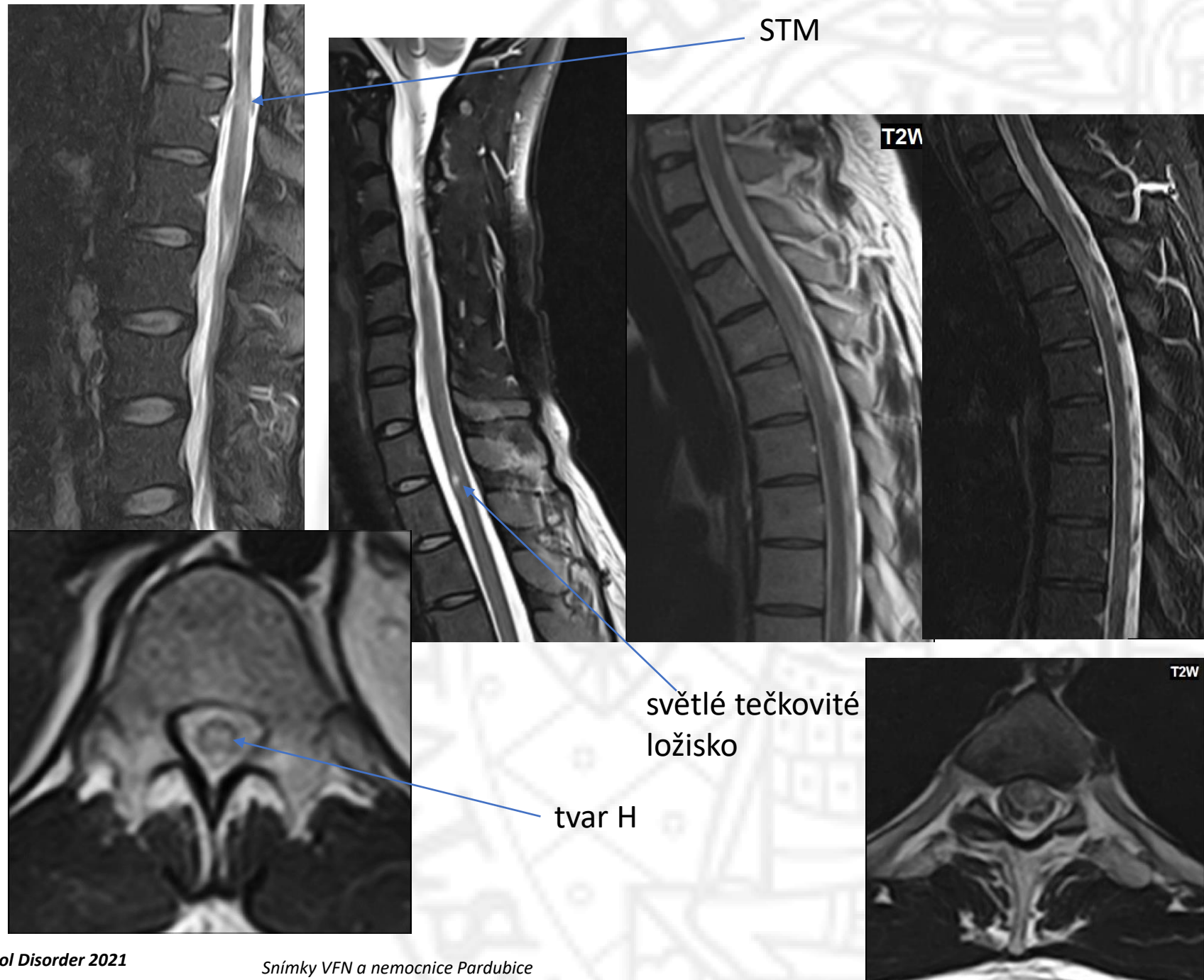
- výškou alespoň přes 3 obratlová těla
- uložené centrálně (postihuje šedou hmotu, na transverzálním řezu zabírá více než 50%)
- krční a horní hrudní úsek, může přecházet na oblongátu
- hypersignální v T2W, izo či hyposignální v T1W, může enhancovat po podání KL
 - hypersignální skvrnité léze T2W, hyposignální v T1W u akutních lézí, edém
 - inhomogenní enhancement (může být difuzní, prstenčitý)
- při delším trvání nemoci může být ložisko drobnější (nesplňuje délku výšky 3 obratlů)

- **nebo fokální atrofie přes 3 segmenty**



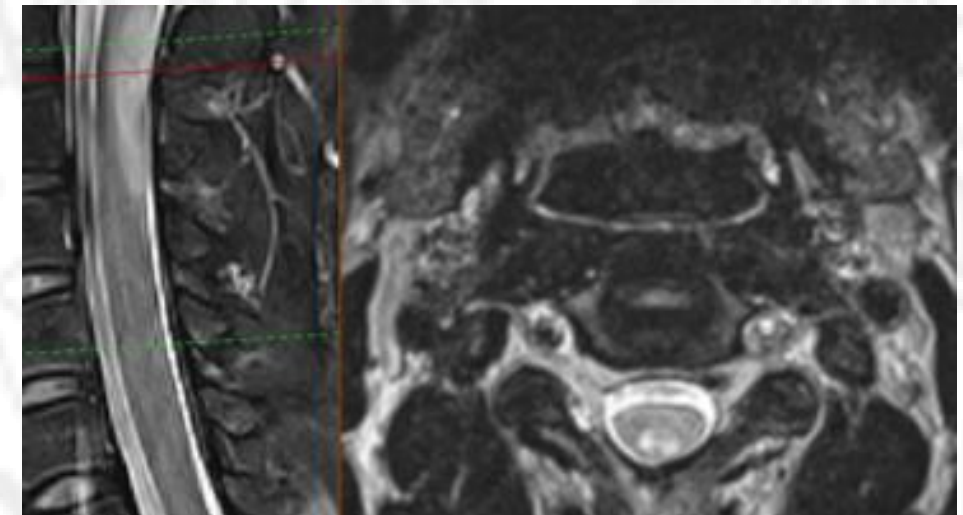
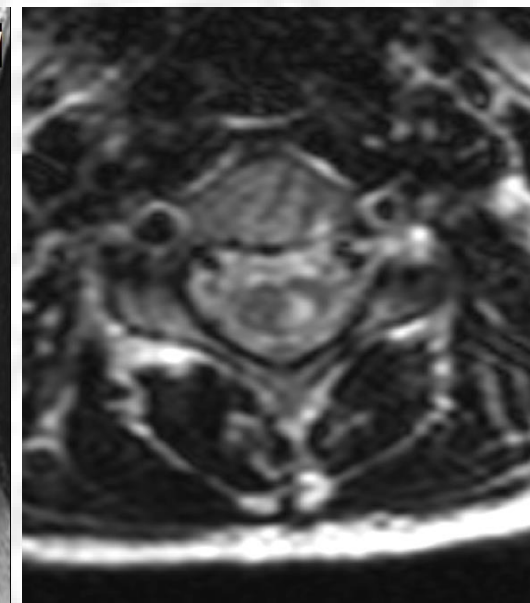
MOGAD

- 50% transverzální myelitida
 - více kaudálně než u NMOSD AQP4+, častěji conus medularis
 - častěji menší ložisko (nesplňující kritérium výšky 3 obratlových těl)
 - Pseudodilatace centrálního kanálku (ložisko v blízkosti centrálního kanálku) a H tvar hyperintenzního ložiska
 - +/- enhancement, nepravidelný, může být i jako obtažení tužkou či enhancement ependymálního kanálku, může být i enhancement mening
 - zřídka je atrofie míchy



RS

- Hypersignální ložisko (v T1 izo)
- Tubulární tvar
- Velikost >3 mm a $<$ než výška 2 obratlových těl
- Postihuje šedou i bílou hmotu
- Na transverzálním řezu $< 50\%$ arey
- Laterálně a laterodorzálně
- Nejčastěji krční úsek



MRI vzorce míšního postižení u NMOSD x MOGAD x RS

TABLE 2 Spinal cord MRI abnormalities in patients with AQP4-IgG-positive neuromyelitis optica spectrum disorders (AQP4+NMOSD), MOG-IgG-associated disease (MOGAD), and multiple sclerosis (MS).

	AQP4+NMOSD	MOGAD	MS
Spinal cord MRI			
Longitudinally extensive sagittal T2 lesions*	>85%	80%	Rare
≥2 cord lesions	Uncommon	40–50%	50–60%
Axial T2 abnormalities	Holo-cord	Holo-cord H-sign	Peripheral lesions, typically dorsal or lateral
Acute T1 hypointensity	Common	Rare	Rare
Gadolinium enhancement acutely	>90%; patchy or ring-like	50%; generally nonspecific	>80%; nodular or ring-like
Conus medullaris involvement	10–15%	30–40%	5–30%
Acute MRI initially normal	Rare	~10%	Rare
Follow-up MRI			
T2-lesion resolution	Rare	50–80%	Rare
New asymptomatic T2 lesions	Rare	Rare	Common**
Residual T1 hypointensity	Uncommon	Rare	Rare
Persistent gadolinium enhancement > 6 month	Rare	Rare	Rare
Atrophic evolution of lesions	Common, diffuse	Rare	Common, focal lesion atrophy

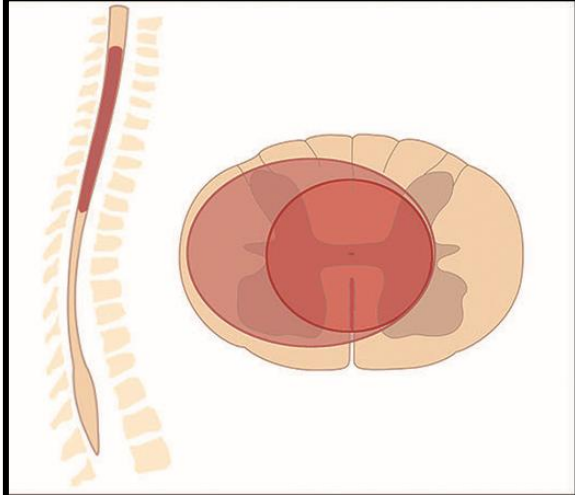
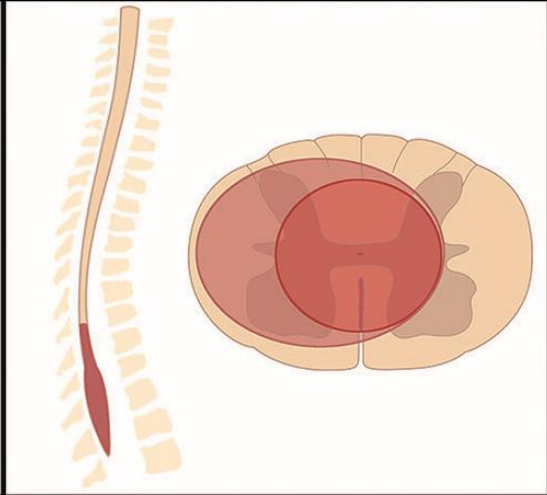
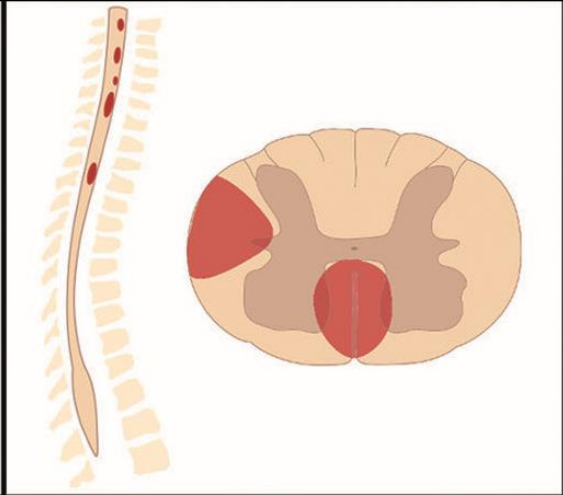
* ≥3 contiguous vertebral body segments.

** Although the occurrence of new asymptomatic lesions is common in MS, its frequency is strongly reduced in patients receiving highly effective disease modifying therapies.

Akutní fáze

Non-akutní fáze

Dif dg

NMOSD-AQP4-IgG+	MOG-IgG+	Roztroušená skleróza
		

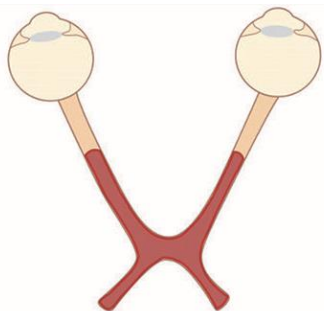
MR optického nervu



Optická neuritida

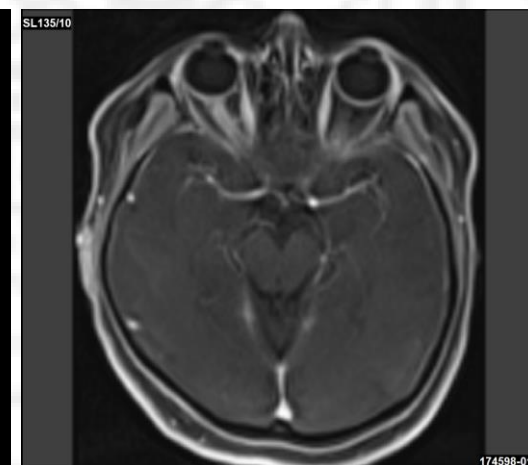
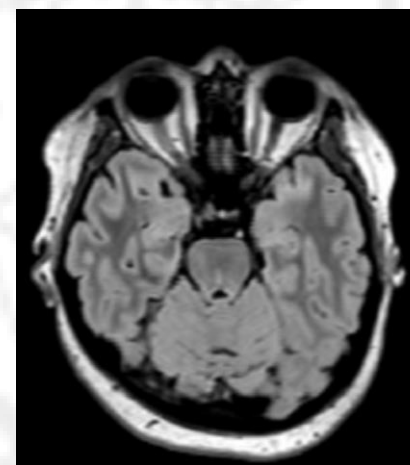
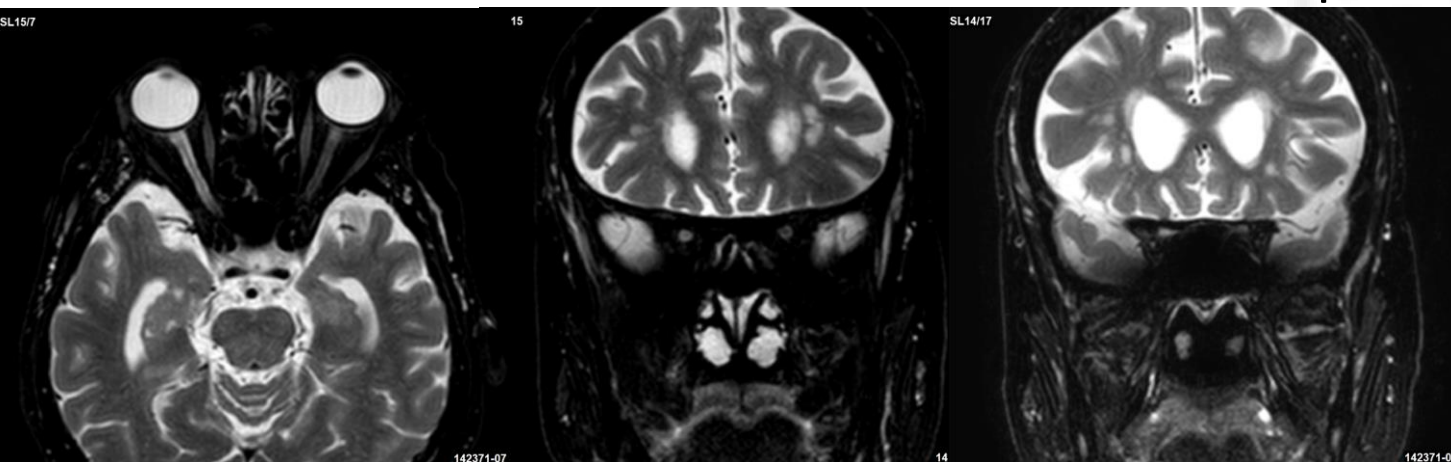
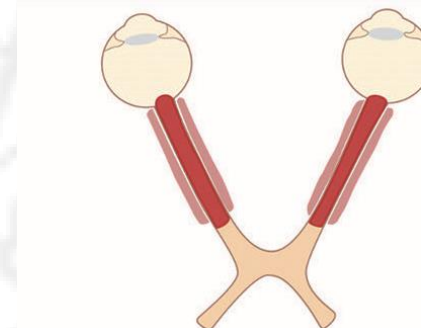
AQp4+ NMOSD

- bilaterální postižení
- dlouhé (více než 50%)
- postižen typicky zadní segment, častěji postiženo chiasma
- později možná atrofie



MOGAD

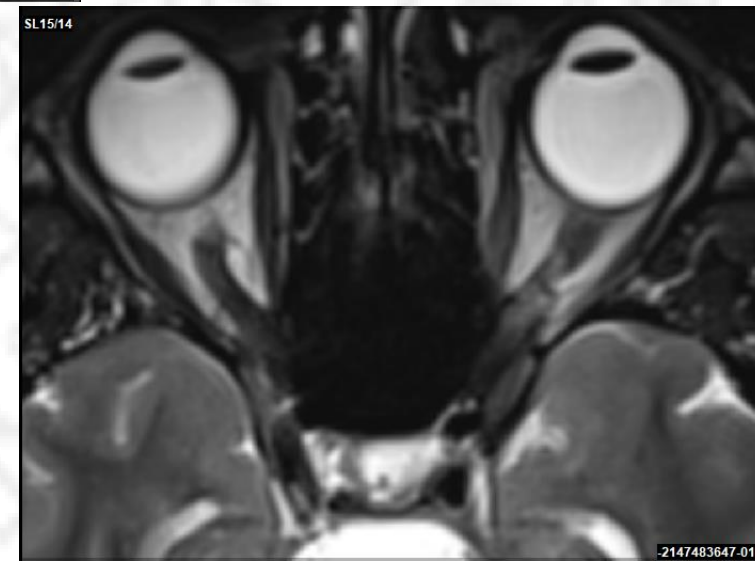
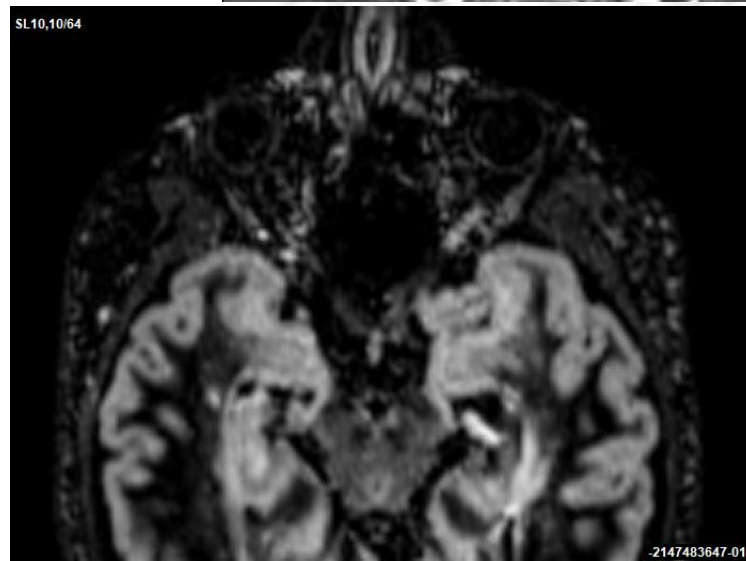
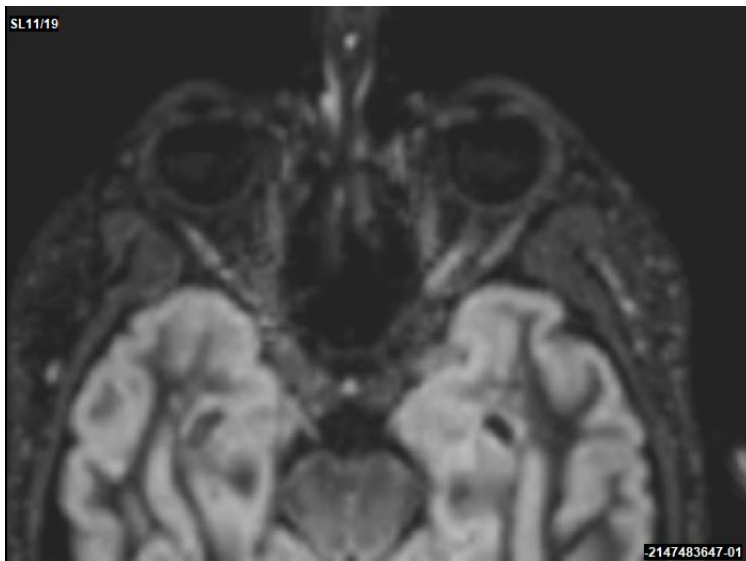
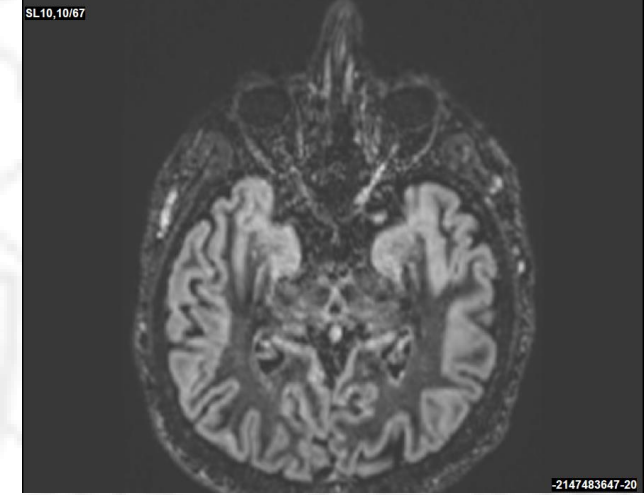
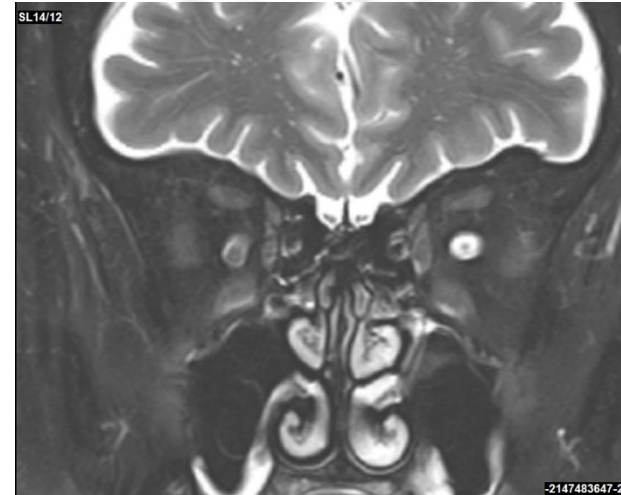
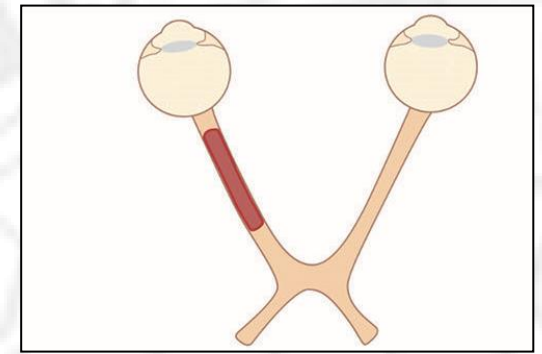
- bilaterální postižení
- dlouhé
- predominantně postižen přední segment
- optický nerv je edematózně rozšířen, perineurální enhancement



Roztroušená skleróza

MR orbity

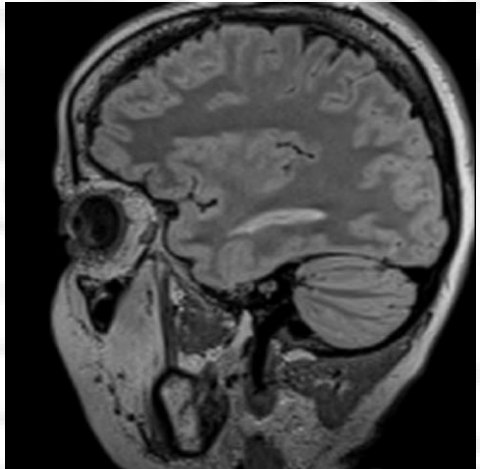
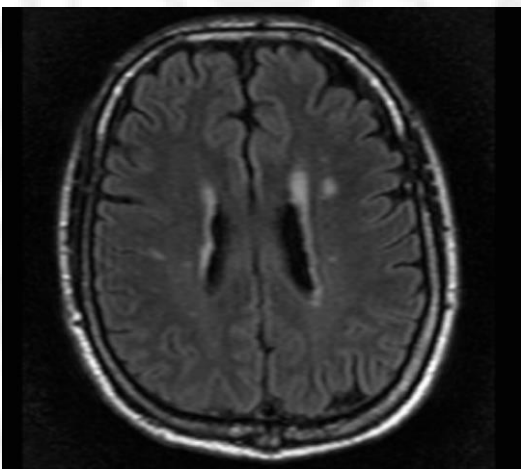
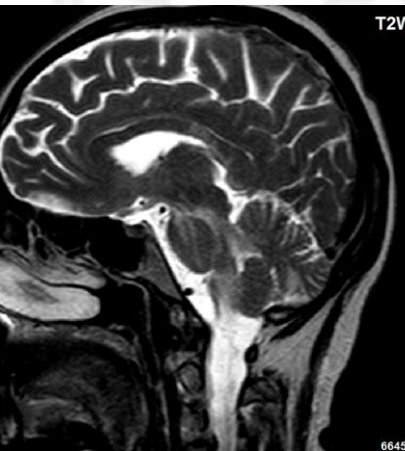
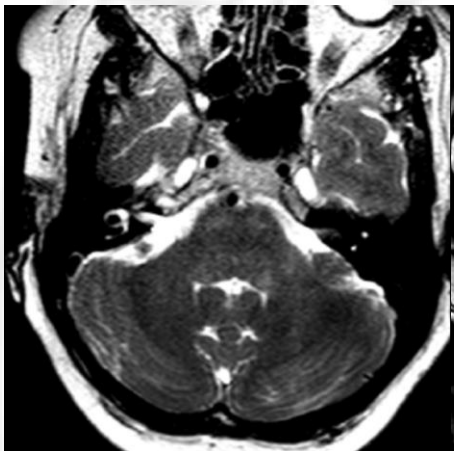
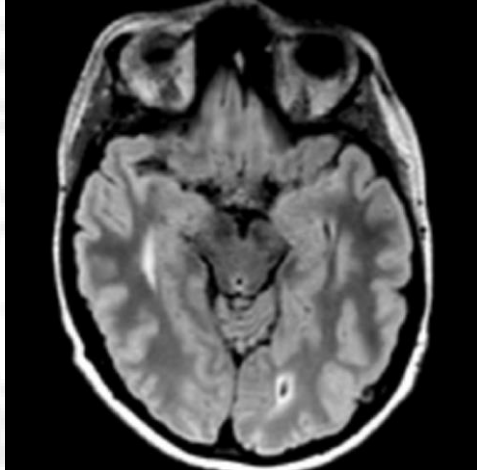
- Protokol: T2WI FS nebo STIR a postkontrastní T1 s FS v transverzální a koronární rovině
- Jednostranný
- Hypersignální
- +/- enhancement



MR mozku

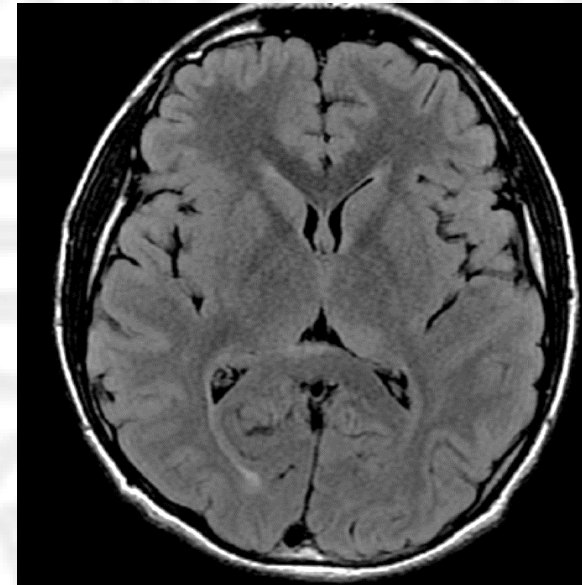
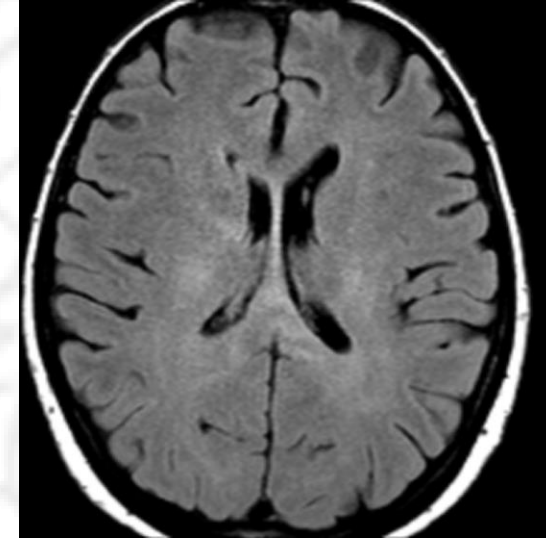
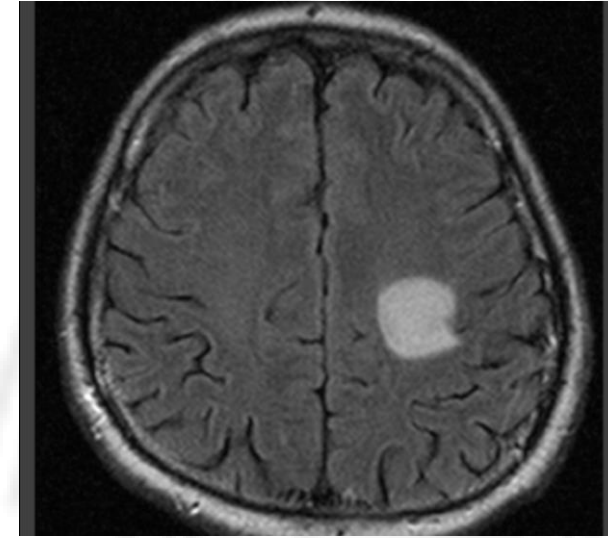


-
- This is an axial T2-weighted MRI scan of the brain. A prominent hyperintense (bright) lesion is visible in the right parietal lobe, consistent with the location of the tumor described in the text. The lesion appears well-circumscribed and is surrounded by a thin rim of slightly lower signal intensity. The surrounding brain parenchyma shows normal T2 signal characteristics, and the ventricular system is within normal limits for this slice.

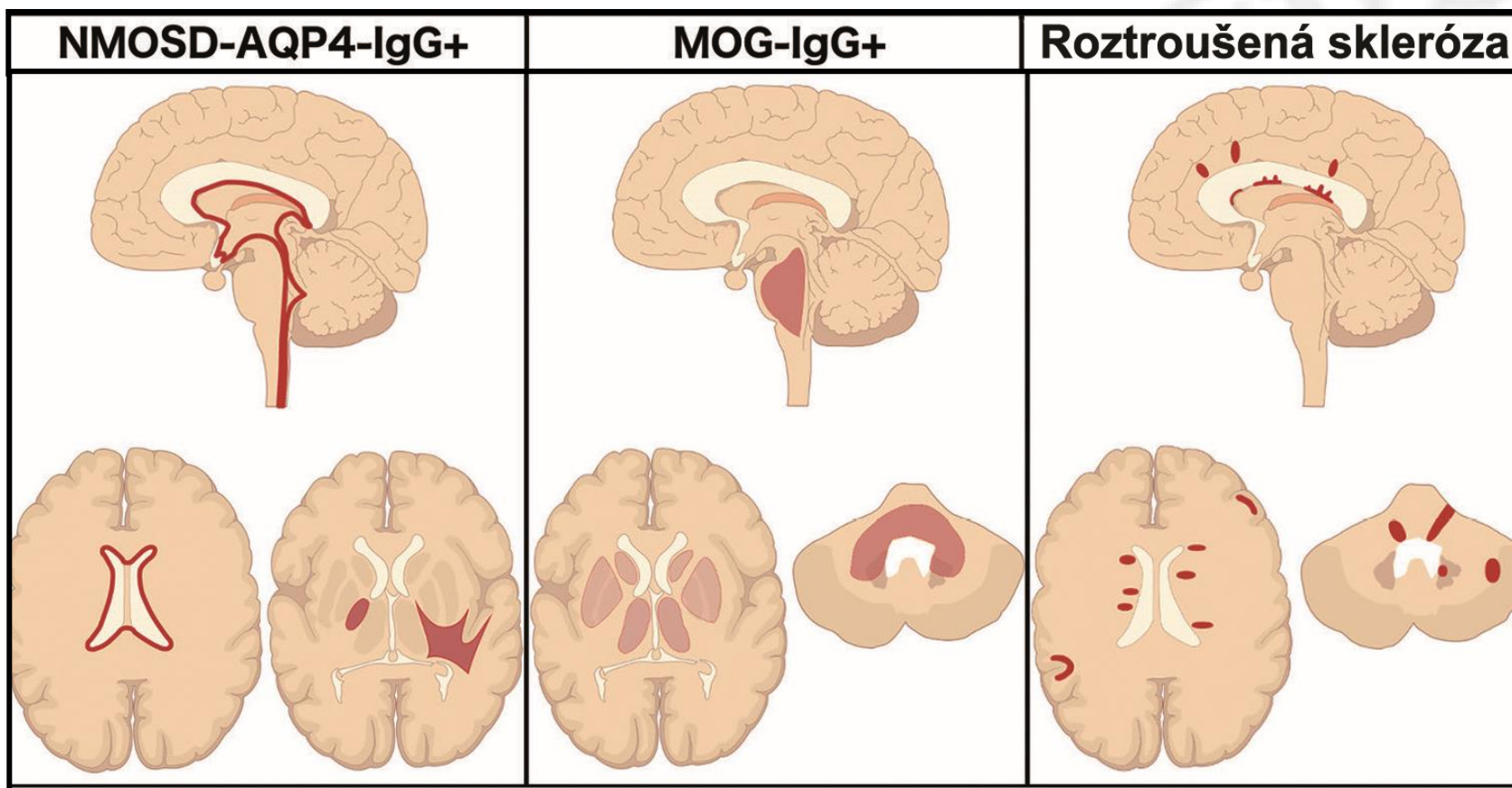


MOGAD

- častěji postižení thalamů
- multifokální fluffy ložiska (neostře ohraničená, nevýrazná)
- častěji kortikální, juxtakortikální ložiska (u +AQP4 NMOSD vzácné)
- infratentoriální ložiska jsou více difuzní (pons, kraniální a střední mozečkový pedunkul)
- mladší pacienti – ADEM like ložiska, leukodystrophy like
- FLAMES (FLAIR - hyperintenzní ložiska s anti-MOG asociovanou encefalitidou se záchvaty)



Dif dg



- Dif. dg: RS x NMOSD X MOGAD
 - RS - central vein sign, ovoidní tvar, Dawsonovy prsty, kortikální ložiska, prstenčitý enhancement
 - +AQP4 NMOSD – area postrema, postižení diencefalon, nepravidelný enhancement, jako obtažení tužkou
 - MOGAD – častěji ložiska v thalamech, v zadní jámě, neostřehoraničená ložiska, ADEM like, častěji ložiska vymizí

Dif dg NMOSD a RS

- Cacciaguerra – rozlišení NMOSD a RS
 - 116 NMOSD (98 seropozitivní)
 - 50% pacientů s NMOSD mělo typická ložiska v mozковém parenchymu (18,1% v kmenu, 32,7% periependymálně, 3,4% rozsáhlá v m. hemisférách, 6% v diencefalon, 4,3% v kortiko-spinálním traktu), 72,2% ložiskové postižení míchy (46,3% LETM, 36,1% STM), 0% kortikální ložisko
 - Splnění 2 podmínek z 5 (sensitivita 0.92, specificita 0.91)
 - absence juxtakortikálních/kortikálních ložisek
 - absence periventrikulárních ložisek
 - absence Dawsonových prstů
 - přítomnost LETM
 - periependymální ložiska podél postranních komor
- Salama – odlišení MOGAD a +AQP4 NMOSD
 - 14 MOGAD, 16 +AQP4 NMOSD
 - 4 znaky
 - 1. kortikální/juxtakortikální ložiska – MOGAD x area postrema, periependymální, periaqueduktální a hypothalamické postižení - +AQP4 NMOSD
 - 2. atrofie míchy - +AQP4 NMOSD, zmenšení/či vymizení ložisek – MOGAD
 - 3. izolované postižení míšního konu – MOGAD
 - 4. bilaterální optická neuritida – MOGAD; residuální atrofie n. opticus - +AQP4 NMOSD

Brain and Cord Imaging Features in Neuromyelitis Optica Spectrum Disorders

Laura Cacciaguerra, MD,^{1,2} Alessandro Meani, MSc,¹ Sarlota Mesaros, PhD,³ Marta Radaelli, MD,² Jacqueline Palace, MD,⁴ Irena Dujmovic-Basuroski, MD,³ Elisabetta Pagani, MSc,¹ Vittorio Martinelli, MD,² Lucy Matthews, MD,⁴ Jelena Drulovic, MD,³ Maria Isabel Leite, MD,⁴ Giancarlo Comi, MD,² Massimo Filippi, MD,^{1,2} and Maria A. Rocca, MD^{1,2}

RESEARCH ARTICLE OPEN ACCESS

Comparison of MRI Lesion Evolution in Different Central Nervous System Demyelinating Disorders

Elia Sechi, MD, Karl N. Krecke, MD, Steven A. Messina, MD, Marina Buduc, MD, Sean J. Pittock, MD, John J. Chen, MD, PhD, Brian G. Weinshenker, MD, A. Sebastian Lopez-Chiriboga, MD, Claudia F. Lucchinetti, MD, Nicholas L. Zaleski, MD, Jan Mendelt Tillema, MD, Amy Kunchok, MD, Salvatore Monaco, MD, Padraig P. Morris, MD, James P. Fryer, MS, Adam Nguyen, Tammy Greenwood, MS, Stephanie B. Syc-Mazurek, MD, PhD, B. Mark Keegan, MD, and Eoin P. Flanagan, MD

Correspondence
Dr. Flanagan
flanagan.eoin@mayo.edu

Neurology® 2021;97:e1097–e1109. doi:10.1212/WNL.00000000000012467

Diferenciální diagnostika intramedulární ložisek na MR

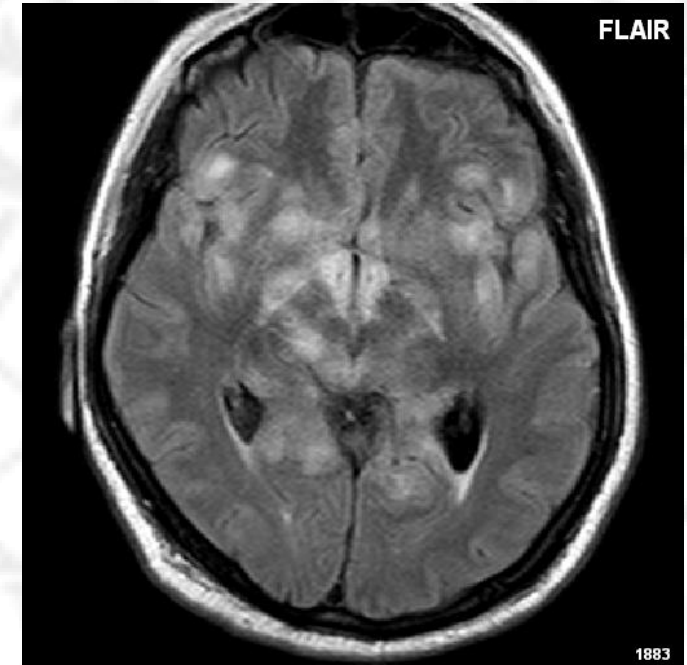
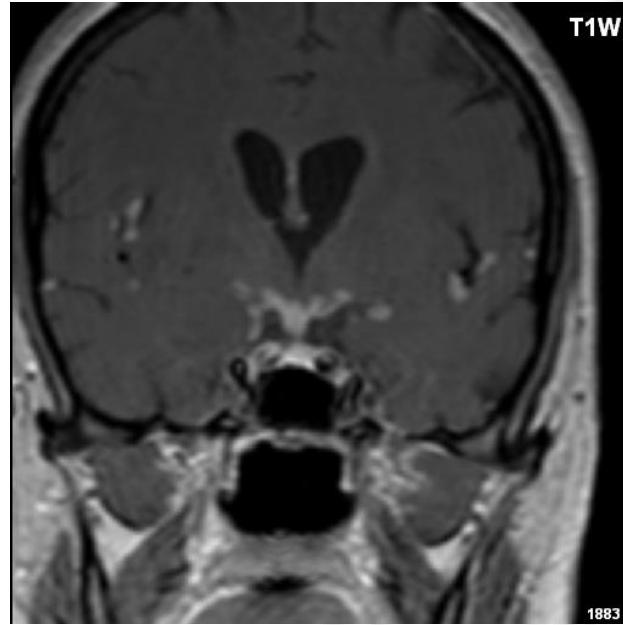
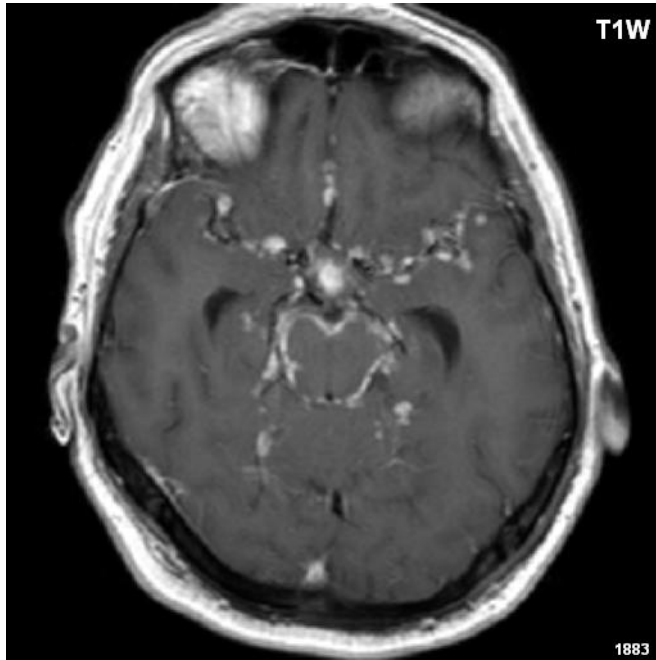


Dif dg

- **Dif. dg: RS x NMOSD X MOGAD**

- RS (menší ložiska, když větší rozsah, jsou ale jednotlivá ložiska diferencovatelná, excentrické uložení – laterálně či dorzálně, enhancement typicky prstenčitý)
- sarkoidóza (rozsáhlá léze, často přes 3 segmenty, častěji krční úsek, dorzálně, edém, dorzálně subpiálně enhancement, enhancement kořenů, enhancement mening, přetrvávající enhancement, durální masa)
- Autoimunitní GFAP astrocytopatie (přes 3 segmenty, centrálně, zahrnuje i šedou hmotu, ložiska méně nápadná, není edém, může být enhancement centrálního kanálku, tečkovitý, nebo leptomening)
- Infekční myelitidy (rozšíření, edém, rozsáhlé ložisko, variabilní enhancement)
- Míšní infarkt (centrální šedá hmota - soví oči, restrikce difuze)
- Hypovitaminóza B12 (dorzální V – hypersignál T2W, může i enhancovat)
- Míšní tumory (nepravidelný signál, solidní, cystická část, krvácení)
- Paraneoplastické (především asociované s tumory plic a prsu; rozsáhlá symetrická ložiska, laterální a zadní provazce, často enhancuje)

Sarkoidóza



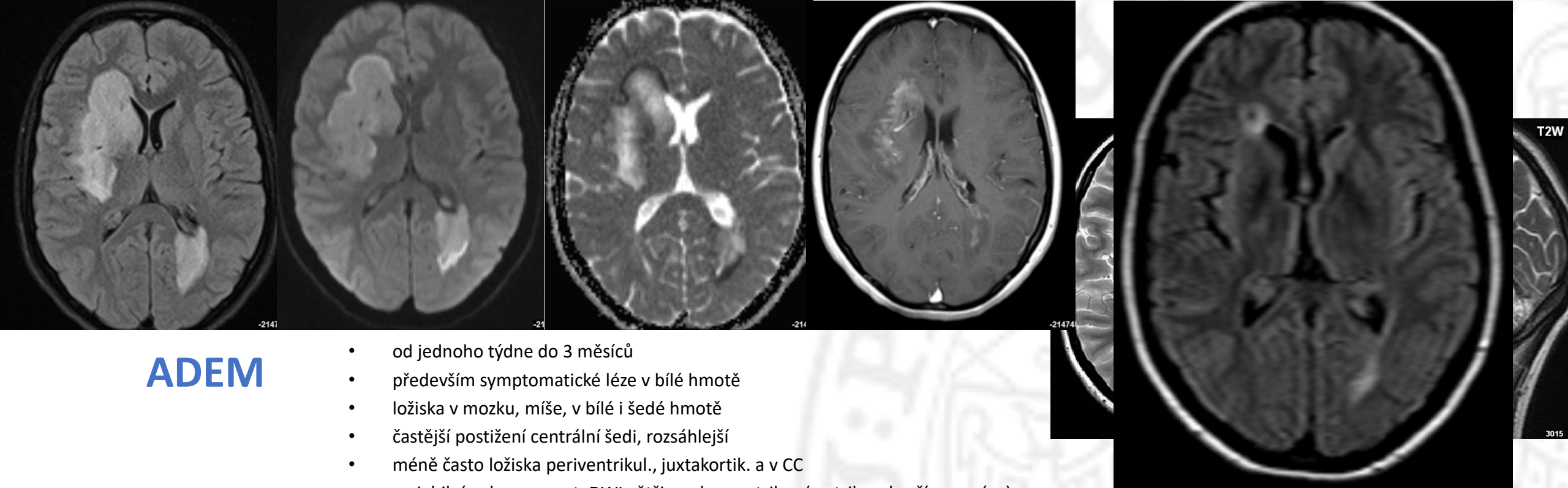
- multisystémové onemocnění
- plíce, méně často oči, ledviny
- klinicky 5% má postižení CNS, pitevní nálezy vyšší výskyt až 27%
- neurosarkoidóza- léze hlavových nervů, hypofyzární dysfunkce, bolesti hlavy, záchvaty, únava, parestezie, encefalopatie
- vaskulitida zřídka

MR

- 29-50% dura, leptomeningy 31%, subarachnoideální perivaskulární prostory
- sellární oblast, infundibulum, hypothalamus, chiasma
- v oblasti mozkového parenchymu je nejčastěji postižen hypothalamus > mozkový kmen > mozkové hemisféry > mozeček;mícha až v 25%, nejčastěji hrudní úsek
- enhancement – ložisek v mozkovém parenchymu, mening, hypothalamu, infundibula

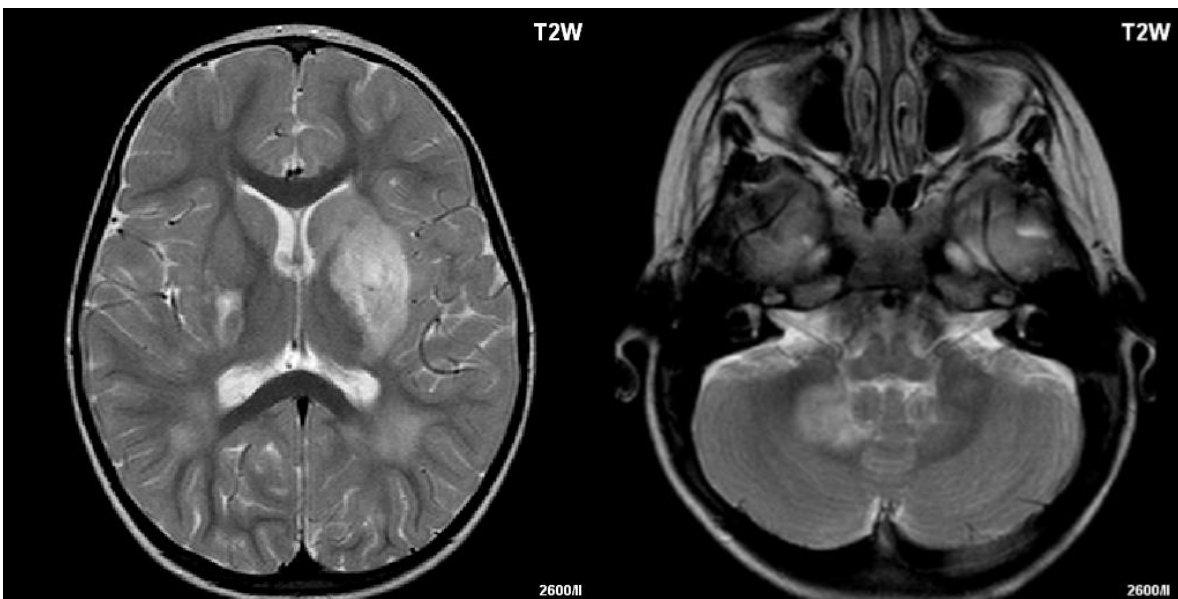
Transverzální myelitida

- Zánětlivé onemocnění postihující obě poloviny (ventrální i dorzální) míchy
- Až ve 40% bez nálezu na MR
- Delší ložisko (3 až 4 segmenty nebo více)
- Zvýšený T2 signál zabírající více než dvě třetiny plochy míchy
- S variabilním enhancementem
- Bez restrikce difuze

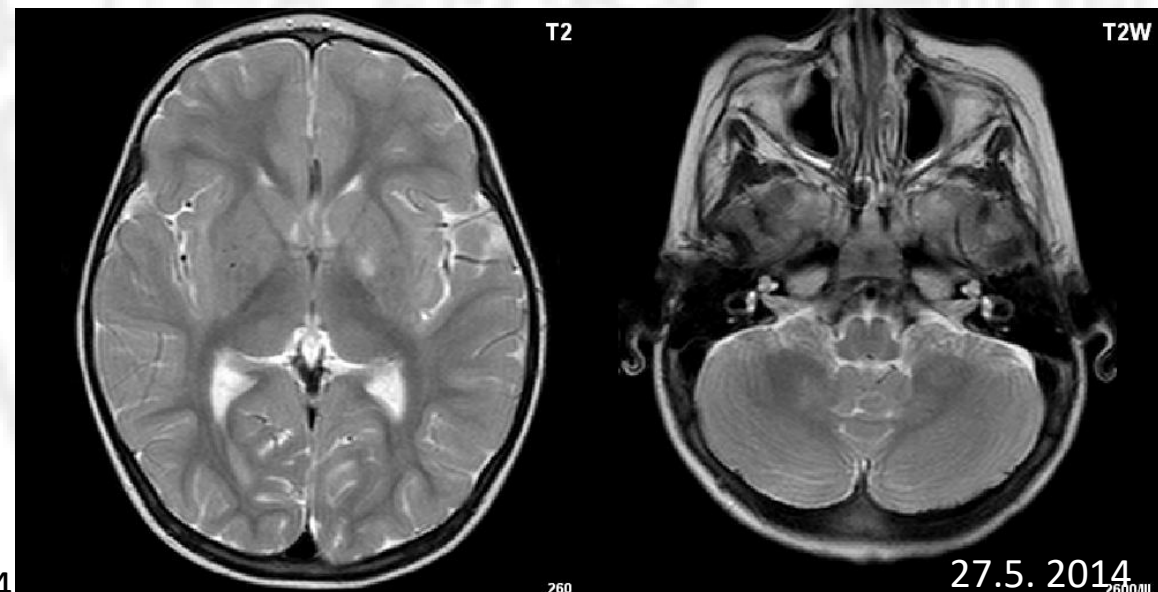


ADEM

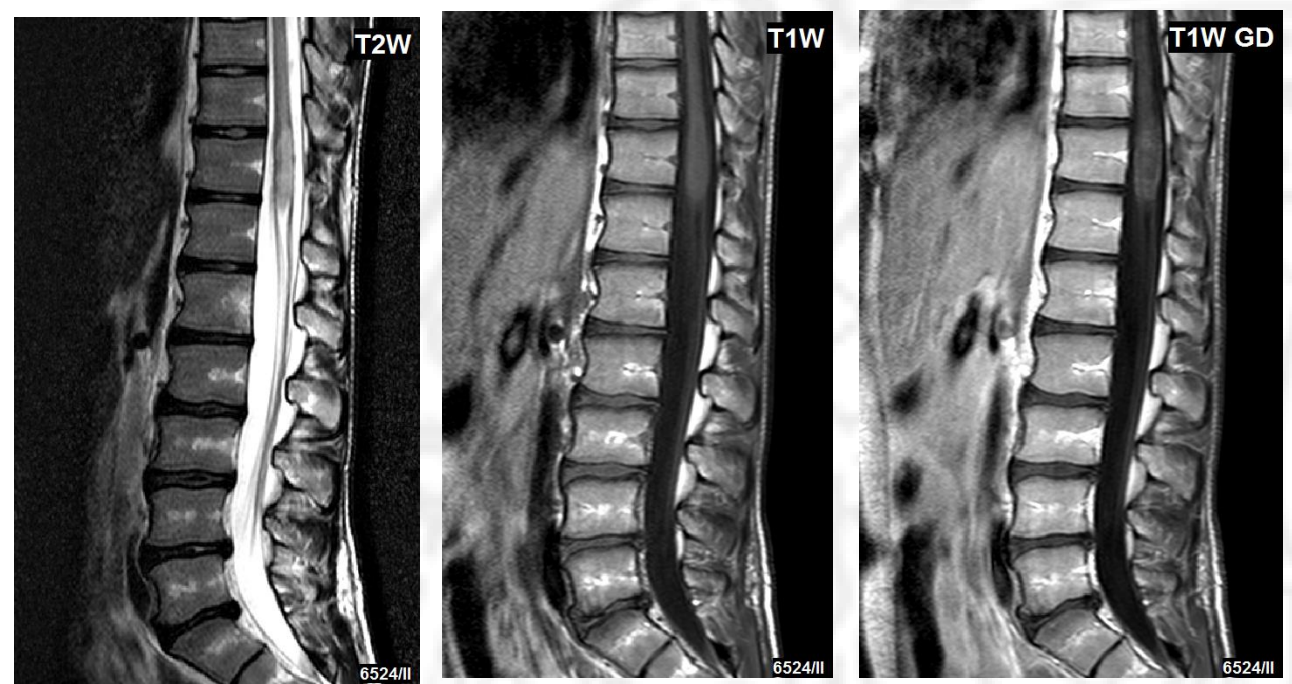
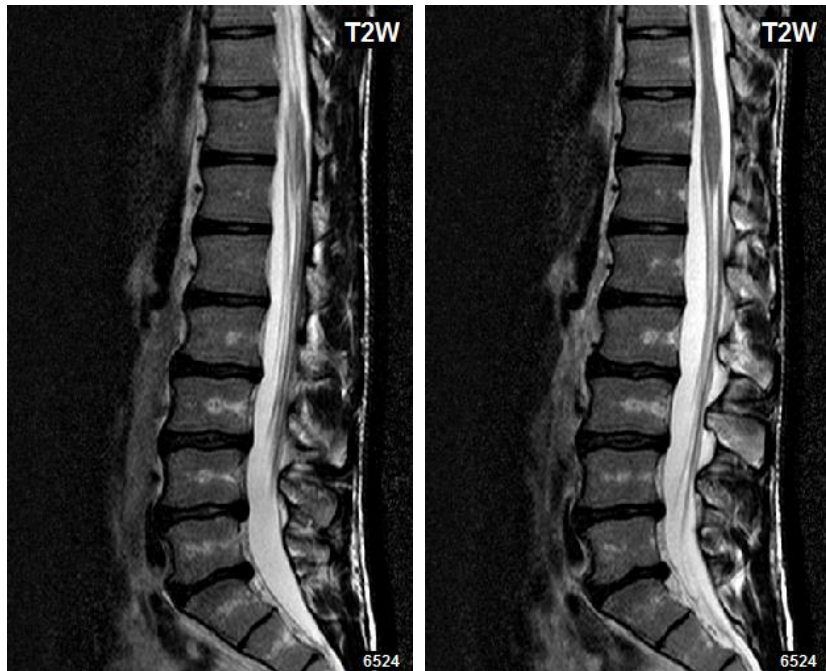
- od jednoho týdne do 3 měsíců
- především symptomatické léze v bílé hmotě
- ložiska v mozku, míše, v bílé i šedé hmotě
- častější postižení centrální šedi, rozsáhlejší
- méně často ložiska periventrikul., juxtakortik. a v CC
- variabilní enhancement, DWI většinou bez restrikce (restrikce=horší prognóza)



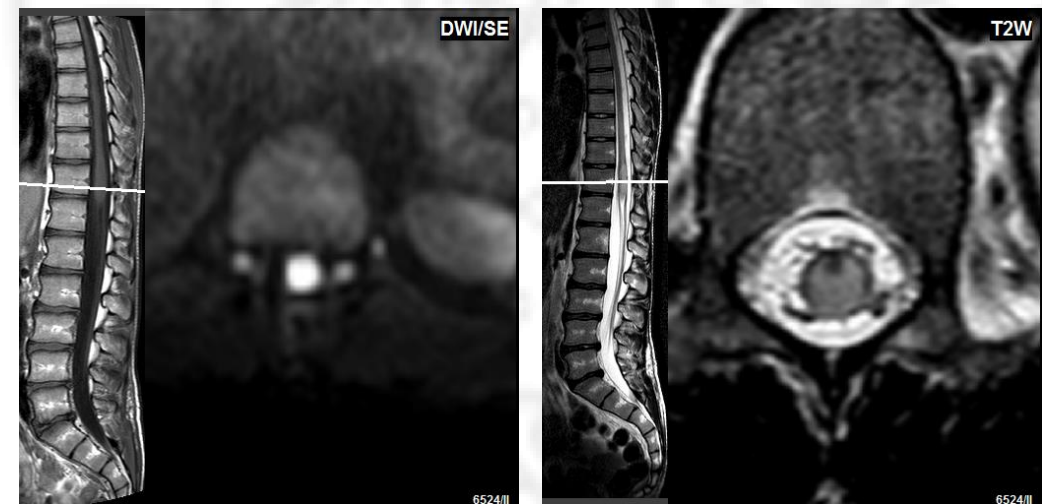
15.4.2014



27.5. 2014



Míšní ischemie



Míšní ischemie

- Mícha rozšířená
- T2 hypersignální
- Restrikce na DWI
- Variabilní enhancement (většinou subakutně)
- Zvýšení signálu v centrální šedé hmotě – soví oči nebo může zahrnovat většinu plochy průřezu míchy
- Zasahuje více segmentů
- Nejčastěji horní hrudní a torakolumbální
- Může být pozorována T2 hyperintenzita obratlových těl (v důsledku současného infarktu)

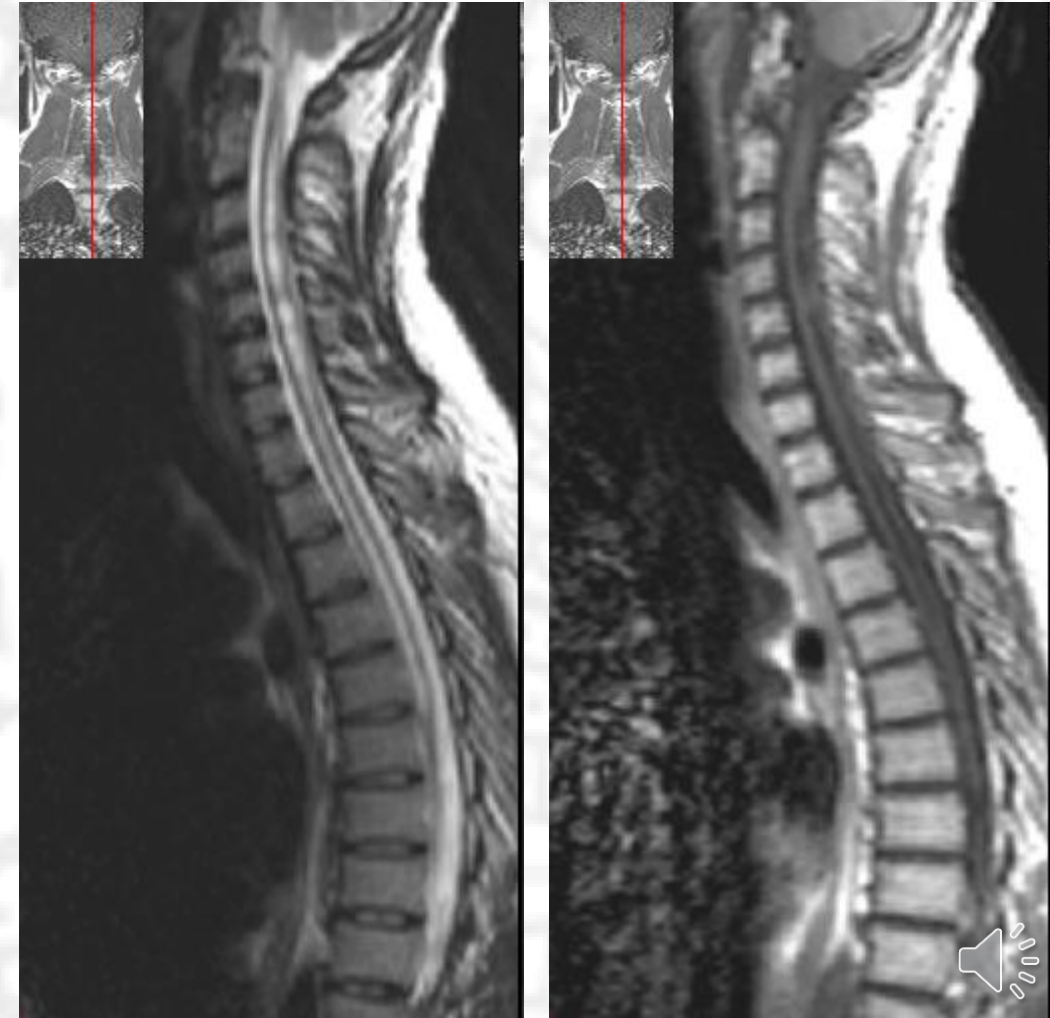
Spinální durální arteriovenózní fistula



- nejčastější typ spinální vaskulární malformace
 - rozšíření míchy v dolní hrudní oblasti a conus medullaris
 - více míšních segmentů
 - změny signálu nekorelují s lokalizací píštěle
 - T2 hypointenzita na periferii míchy -piální kapiláry obsahující deoxyhemoglobin sekundárně v důsledku žilní hypertenze.
 - prominentní serpiginózní intradurální extramedulární průtokové dutiny
 - intramedulární hypersignální ložisko (v důsledku edému) - nejcitlivější nález
 - bez ohledu na umístění píštěle zahrnuje T2 hypersignál conus medularis až v 90 %
 - často inhomogenní enhancement (v důsledku porušení hematoencefalické bariéry buď v důsledku chronického infarktu, nebo fenoménu kapilárního úniku sekundárně v důsledku žilní hypertenze)
 - hadovité enhancující žíly na povrchu míchy
- **ceMRA** - segmentální úroveň píštěle, aby bylo možné provést selektivní katetrovou angiografii.

Hydrosyringomyelie

- hydromyelia, syringomyelia
- lokalizace častá v oblasti krční a C-Th přechodu
- ostře ohraničené ložisko T2W zvýšené, T1W snížené intenzity (obdobné signálu likvoru)
- po aplikaci KL beze změn
- v okolí hydrosyringomyelie někdy zvýšená intenzita signálu v T2W (korelát gliózy, edému)



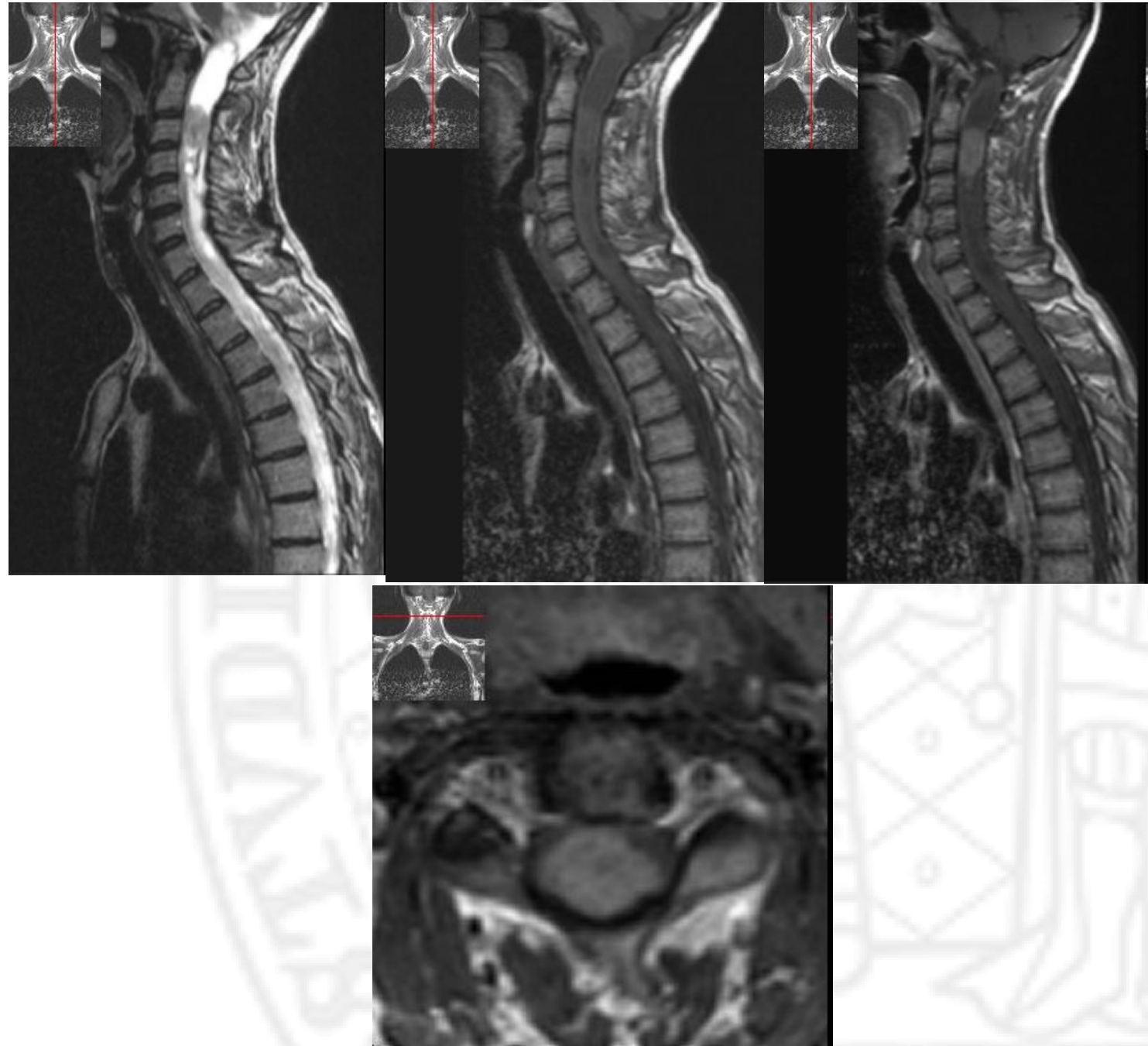
Astrocytom

- max. 30-40 roků, nejčastěji v C míše
- 80-90% grade I-II, 20% anaplastické formy
- pomalu rostoucí
- obvykle zadní část míchy, prostupují více segmentů
- MR
 - T1 hypo, T2 hyper, často cysty (obdobné likvoru, někdy vysoký obsah bílkovin - často obsahují nádorové buňky, produkty krvácení).
 - roste infiltrativně, nemívá pouzdro
 - výrazný enhancement



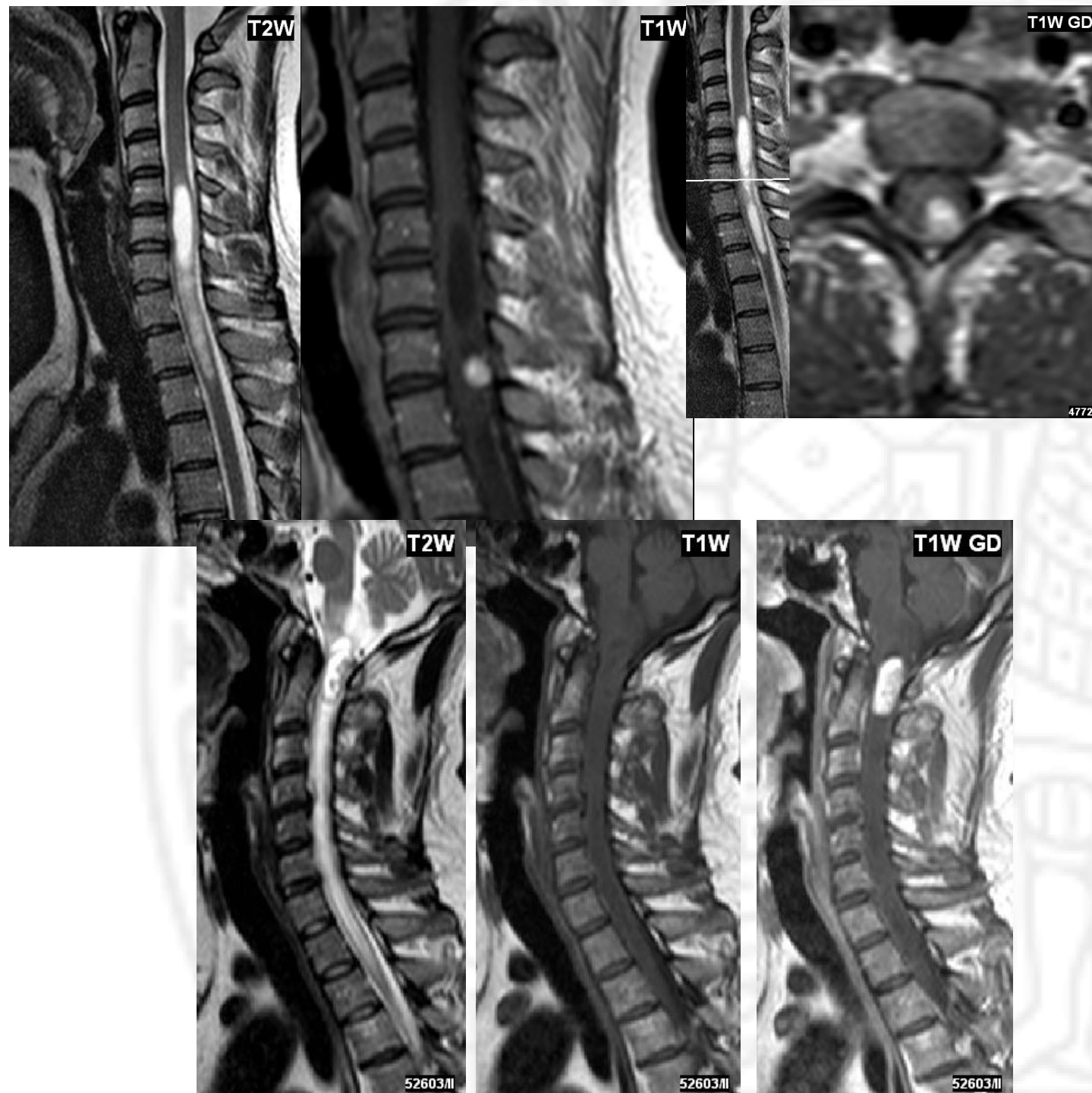
Ependymom

- maximum v 4. a 5. deceniu (častěji intrakraniálně)
- většinou grade II, zřídka III
- krční > hrudní > konus
- dobře ohraničené ložisko, s hemoragiemi, s edémem v okolí, časté asociované cysty
- MR
 - v T1 hypo nebo iso, T2 hyper, výrazně enhancuje
 - Cap sign- na kraniálním či kaudálním okraji hemosiderin



Hemangioblastom

- sporadicky x u 30% nemocných s von Hippel Lindau (VHL) (v oblasti mozku, míchy a sítnici)
- kapiláry, arterie, drenující žíly v buněčném stromatu (často i tukové buňky)
- hypo, iso v T1W, hyper v T2W (modifikováno krvácením, signál void)
- cysta s enhancujícím nidem
- může být i solidní



Intramedulární metastázy

- u 0.9-8,5% generalizovaných karcinomů
- stále častější
- ca plic, prsu, leukemie
- rozšíření míchy, v T1 hypo, iso, T2W hyper,
- enhancement (často patrné až po aplikaci KL)
- edém v okolí

Metastáza
intramedulárně, ca
mammy



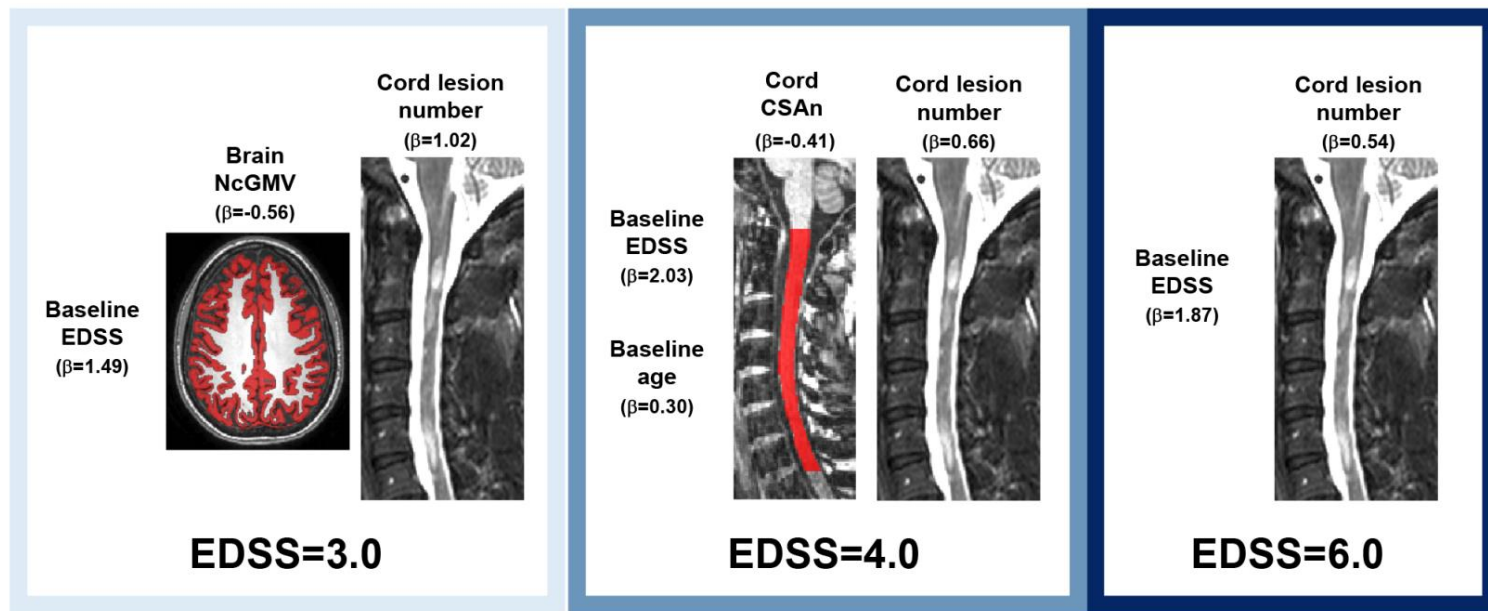
MR míchy v predikci



MR nálezy svědčící pro těžší průběh

- **Baseline – MR míchy**
- 83 % v časném stádiu RS
- 27-53%- subklinická ložiska

Multivariátní analýza, EDSS milestones, 367 pacientů, 179 HC, 5 letý FU



Míšní ložiska v časně fázi- je dominantní prediktor progresu disability

Disability milestones

Rocca JNNP 2023

MULTIPLE
SCLEROSIS
JOURNAL

MSJ

Original Research Paper

Infratentorial and spinal cord lesions: Cumulative predictors of long-term disability?

Iris Dekker, Madeleine H Sombekke, Lisanne J Balk, Bastiaan Moraal, Jeroen JG Geurts, Frederik Barkhof, Bernard MJ Uitendaele, Joep Killestein and Mike P Wattjes

Multiple Sclerosis Journal
2020, Vol. 26(11) 1381–1391
DOI: 10.1177/
1352458519864933
© The Author(s), 2019.
Article reuse guidelines:
sagepub.com/journals-
permissions

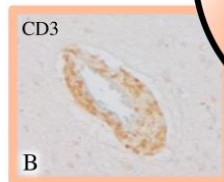
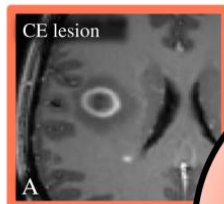
MR míchy v monitoraci



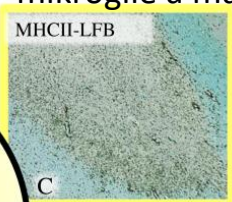
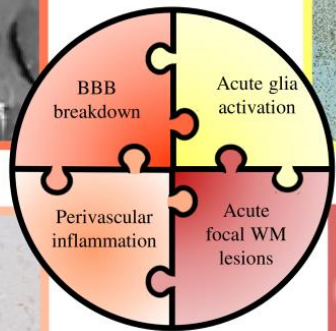
PIRA (progression independent of relapse activity) – progrese nezávislá na relapsu

Aktivní ložiska charakterizované přítomností aktivovaných MHC třídy II+ aktivovaní mikroglie a makrofágy

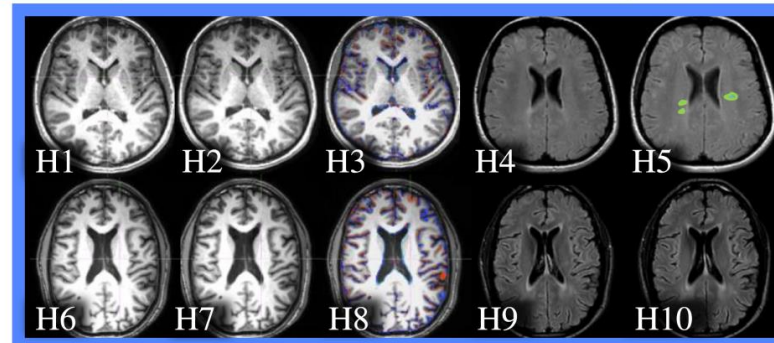
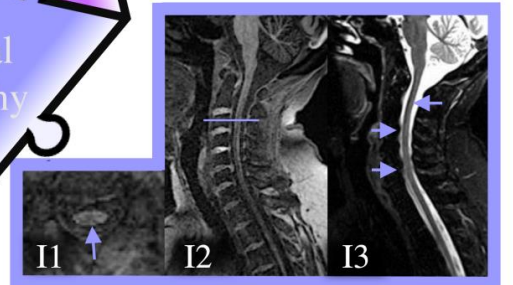
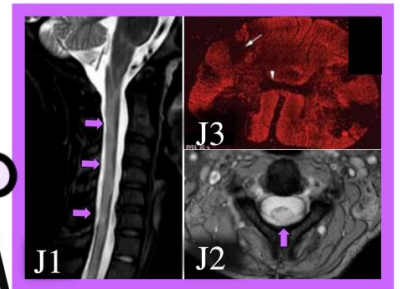
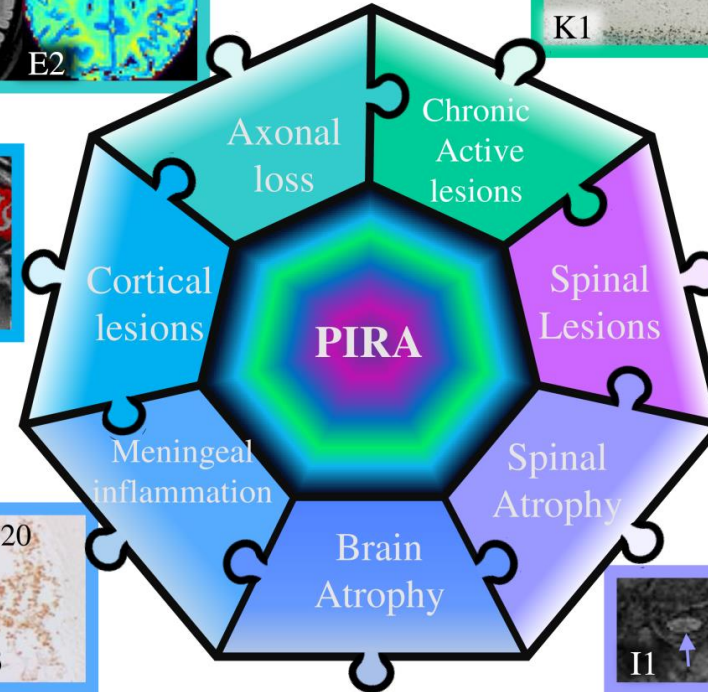
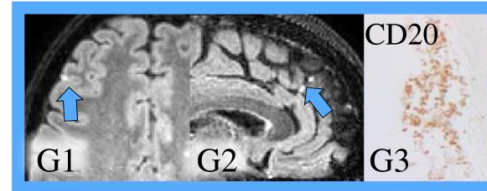
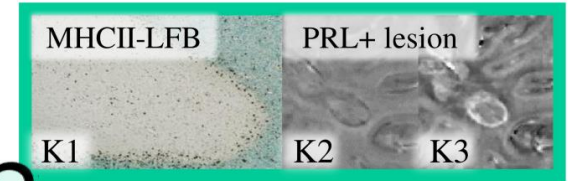
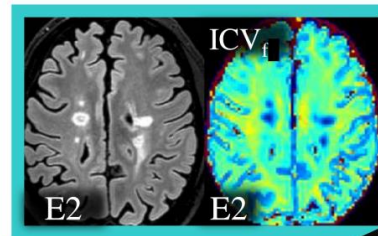
Enhancement



Infiltrace CD3+ T lymfocyty v perivaskulárním prostoru

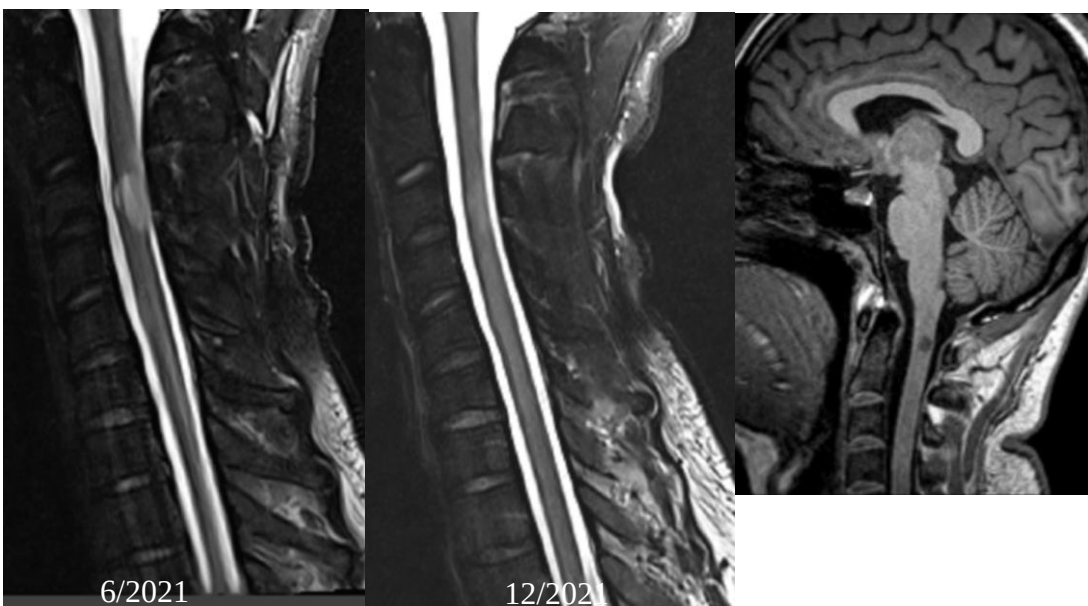


Léze v bílé hmotě detekované neuropatologicky pomocí myelinového oligodendrocytárního glykoproteinu, hypersignální ložiska na FLAIR.



MR monitorace míchy

- Počet a lokalizace ložisek
- difuzní změny
- měření atrofie -MUCCA



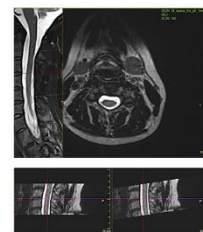
1. Loading images and quality inspection

2. Identification of middle slice (C3/4 level), SC rotation and saving a transformation matrix

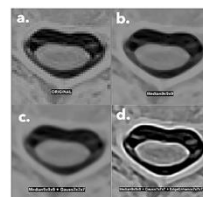
3. Filtering
a. original image
b. median
c. median+Gauss
d. median+Gauss+edge-enhancing

4. Closed Coons cubic b-spline function for SC segmentation

5. Computing spinal cord area in 21 slices centered at C3/4 intervertebral disc



manual input



$$Q(t) = \frac{1}{6} \sum_{i=0}^5 P_i C_i(t)$$

$$C_0(t) = -t^3 + 3t^2 - 3t + 1$$

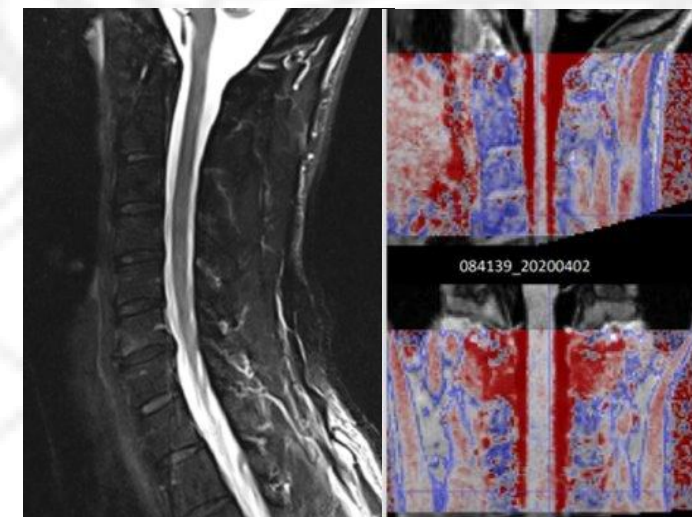
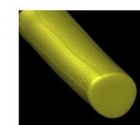
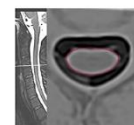
$$C_1(t) = 3t^3 - 6t^2 + 4$$

$$C_2(t) = -3t^3 + 3t^2 + 3t + 1$$

$$C_3(t) = t^3$$

$$t \in (0,1)$$

$$Q(t) = \frac{1}{6} T \begin{pmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 0 & 3 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{pmatrix}$$



T1 mapování pomáhá detekovat mikrostrukturální patologii a lépe definovat ložiska a difuzní změny než konvenční zobrazení (*submitted ECRIMS 2022*)

Snímky VFN

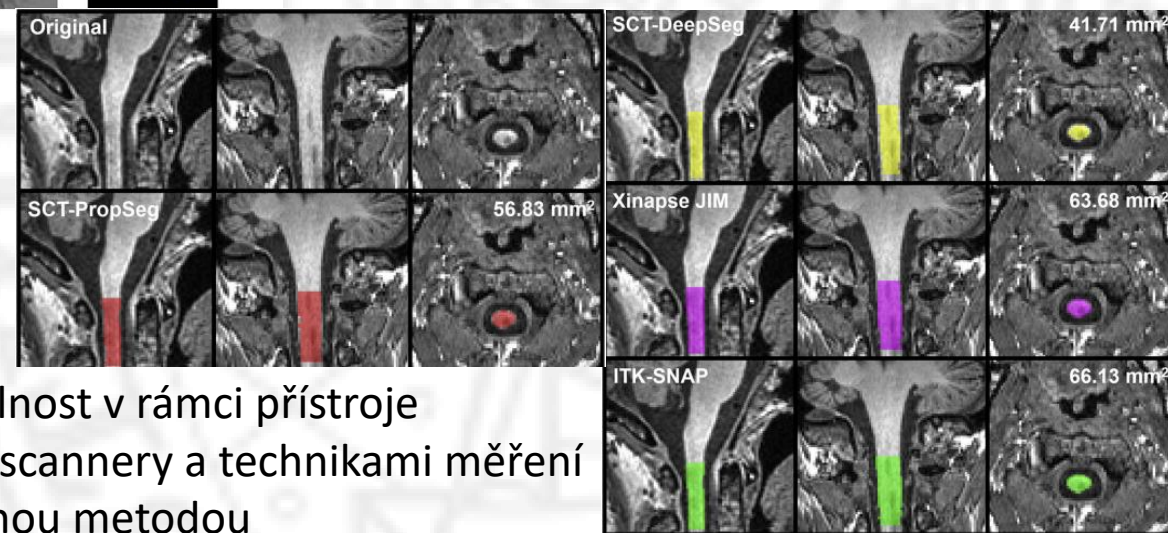
Atrofie

- Je patrná na začátku progresu RS a je částečně nezávislá na intramedulárních ložiscích
- Asociuje s progresí a predikuje ji u PP RS
- Silný prediktor progresu u SP RS
- Je větší v progresivní fázi než v RR

RR -1,3%, SP -2,2%, PP -1,5 % (Lukas)

Různé techniky měření MUCCA

- Vysoká reprodukovatelnost v rámci přístroje
- Velké rozdíly mezi MR scannery a technikami měření
- Nutné měřit stále stejnou metodou
- Ložiska neovlivňovala objem



Weeda 2019

Standardizace využití MR u RS a dalších autoimunitních onemocnění



Proč standardizovat využití MR

- Zrychlení a zpřesnění diagnostiky, přesné zhodnocení prognózy
 - Málo senzitivní protokol – oddálení dg
 - Pouze nativní vyšetření – oddálení dg (nesplnění DIT)
 - Bez vyšetření míchy – menší senzitivita i specificita
 - X málo detailní popis, nedostatek zkušeností – stigmatizace pacientů s drobnoložiskovým nespecifickým nálezem při popisu podezření na RS
- Zpřesnění monitorace
 - Co nejčasnější odhalení subklinické aktivity
 - Co nejčasnější odhalení non responderů
- Sběr dat z klinické praxe pro národní registr ReMuS
 - Data pro jednání o úhradových kritériích



Original Investigation

Structured Reporting in Multiple Sclerosis Reduces Interpretation Time

Jonathan K. Lee MD¹, Robert Bermel MD², Jennifer Bullen MS¹, Paul Ruggieri MD¹, Stephen E. Jones MD, PhD¹

Show more

+ Add to Mendeley Share Cite

<https://doi.org/10.1016/j.acra.2020.08.006>

Get rights and content

Conclusion

After the implementation of SR for MS follow-up MRI at our institution, interpretation times significantly decreased despite the increased number of images with some of the examinations due to the adoption of 3D protocols. The adoption of SR for MS MRI follow-up scans may improve radiologist efficiency.



Do MRI Structured Reports for Multiple Sclerosis Contain Adequate Information for Clinical Decision Making?

Francesco Alessandrino^{1,2}
Anna Pichiecchio¹
Giulia Mallucci³
Emanuele Ghione¹
Alfredo Romani³
Roberto Bergamaschi³
Stefano Bastianello^{1,4}

OBJECTIVE. Few data are available on how often MRI reports provide sufficient information for clinical decision making in patients with multiple sclerosis (MS). The aim of this study is to evaluate if structured reporting of MRI in MS contain adequate information for clinical decision making compared with nonstructured reporting.

MATERIALS AND METHODS. Brain and spinal cord MRI reports of patients with suspected or known MS before and after implementation of a structured reporting template were included. Brain and spinal cord MRI reports were assessed for presence of 11 and three key features relevant for management of MS, respectively. Three neurologists evaluated reports and images to assess lesion load, presence of sufficient information for clinical decision making, and necessity to review MR images for clinical decision making. Statistical analysis included *t* tests and chi-square tests.

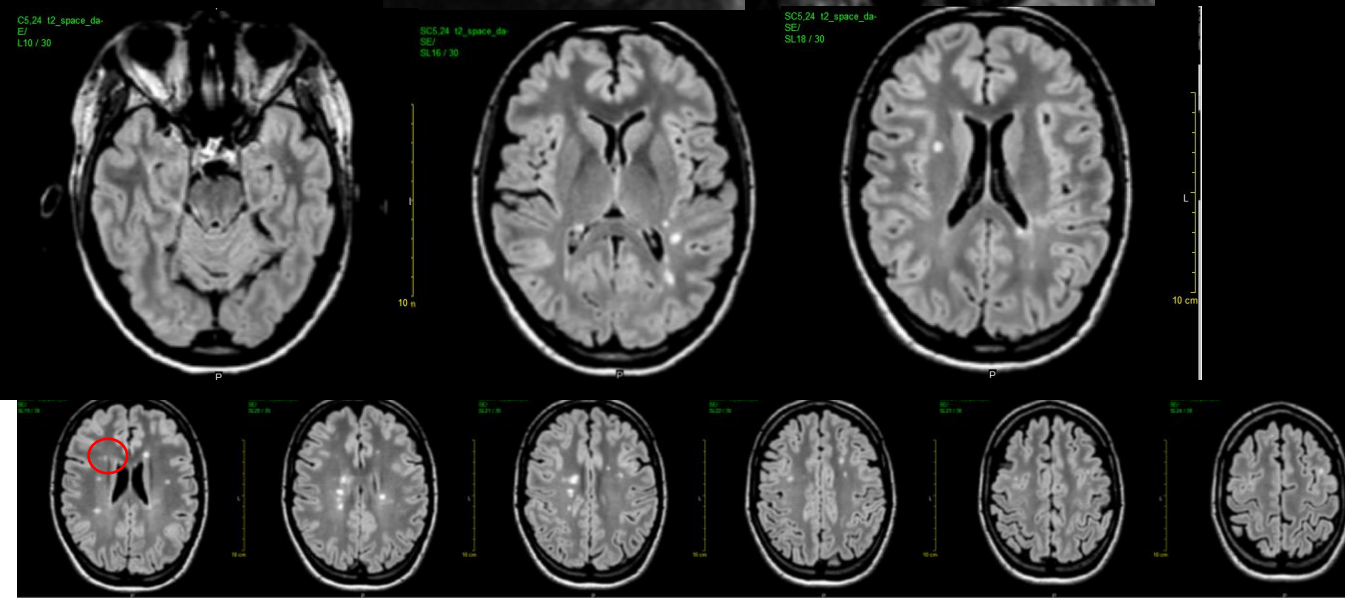
RESULTS. Thirty-two structured and 37 nonstructured reports were reviewed. Brain MRI nonstructured reports contained a mean $\pm$ SD of 3.59 ± 0.76 key features, and structured reports contained a mean of 10.25 ± 1.32 key features ($p < 0.001$). No significant difference was observed in the number of key features in nonstructured and structured spinal cord MRI reports. All neurologists could understand lesion load significantly more often when reading structured versus nonstructured reports ($p < 0.001$). For two of the three neurologists, structured reports contained adequate information for clinical decision making more often than did nonstructured reports ($p < 0.001$ and $p = 0.006$). When reading nonstructured reports, two of the three neurologists needed to evaluate images significantly more often ($p < 0.001$).

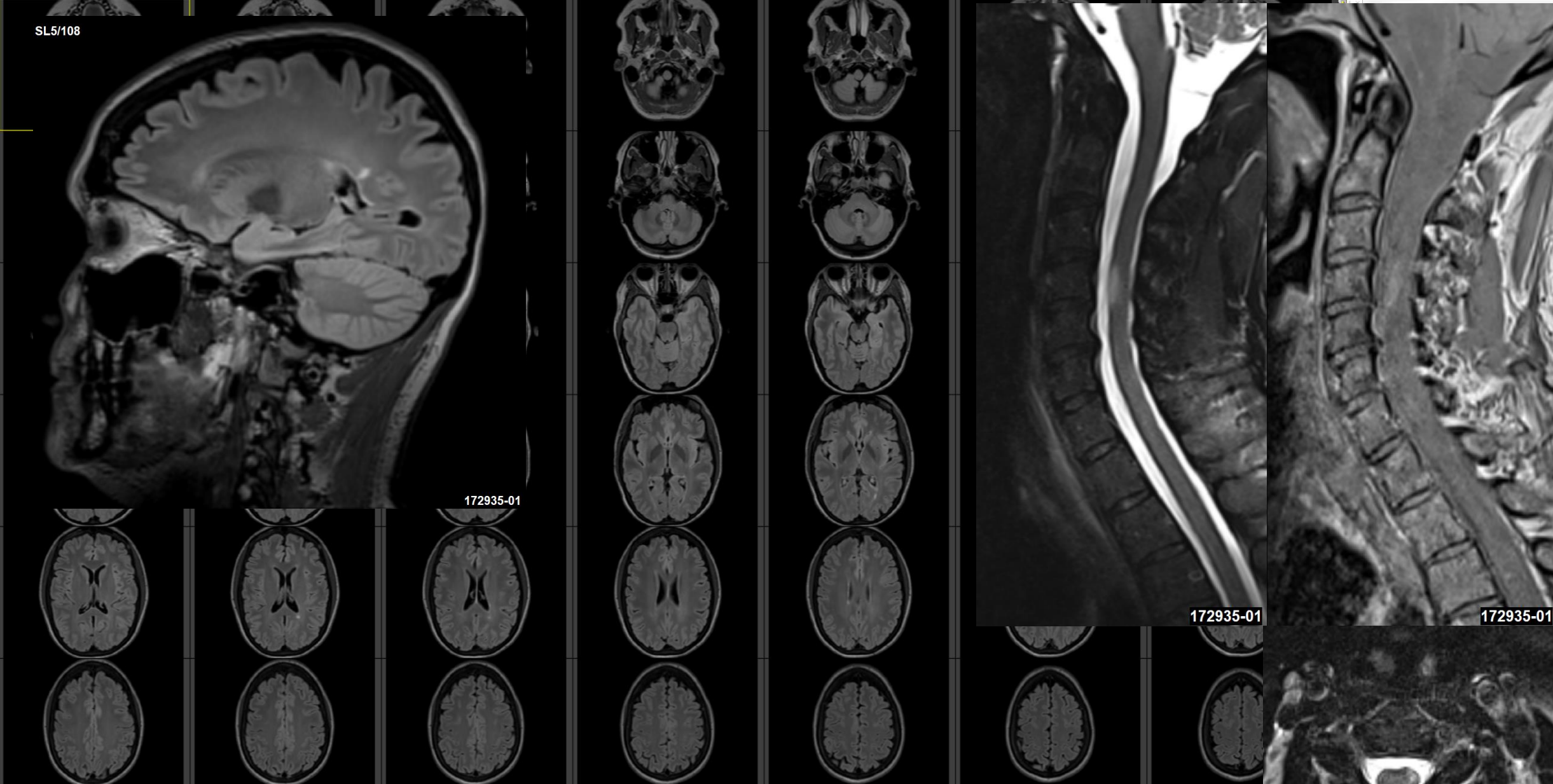
CONCLUSION. Structured reports of MRI in patients with MS provided more adequate information for clinical decision making than nonstructured reports.

Keywords: MRI, multiple sclerosis, structured reporting

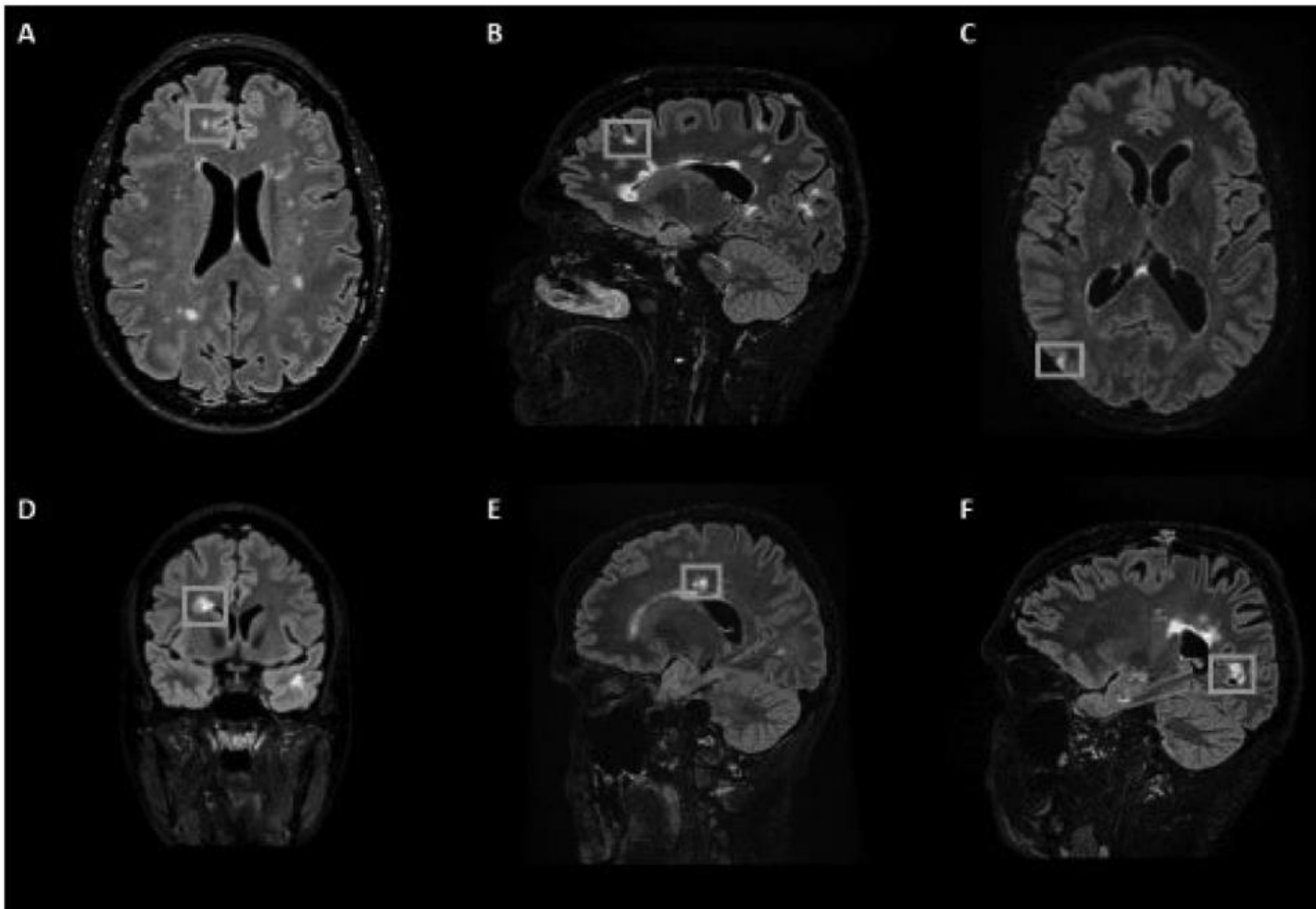


Zachyceno více ložisek supratentoriálně, zachycena ložiska kortikálně, zachycena ložiska v zadní jámě, porušená HEB a ložiska intramedulárně





42 letá pacientka s RBN I.dx, poslána z oční kliniky, vyšetřena na neurol. ambulanci, bez dalších neurol. obtíží



Chybné interpretace ložiskového nálezu v bílé hmotě
Zhodnocení DIS bylo správné jen u 35,3% hodnotitelů!

Landes-Chateau et al. 2023; Wang et al. 2019; Wen et al 2004; Wen et al. 2009



Available online at
ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com



Original article

Identification of demyelinating lesions and application of McDonald criteria when confronted with white matter lesions on brain MRI

C. Landes-Chateau^{a,*}, M. Levrault^a, M. Cohen^a, M. Sicard^a, C. Papeix^b,
 F. Cotton^c, A. Balcerac^d, A. Themelin^e, L. Mondot^a, C. Lebrun-Frenay^a
 on behalf of the SFSEP¹. SFNR²

Nejlepší výsledky – neuroradiologové a neurologové zabývající se RS

- lépe z universitních nemocnic
- hůře radiologové a neurologové non RS
- horší výsledky popisu z tabletu či mobilního tel.

25,9% mladých pacientů (18- 45 let) mělo hypersignální ložiska v BH bez klinické symptomatologie, či bez dg u které je postižení BH – nejčastěji F a P

5,3 – 100% zdravých dobrovolníků – alespoň jedno ložisko v bílé hmotě – výskyt narůstá s věkem, především u starších nad 55 let (studie Wen et al 60-64 let -100%; 44-48 – 50,9%)

Logistika MR diagnostiky

- Neurolog vypíše žádanku- s vysokým podezřením na RS a domlouvá rychlejší termín (ideálně telefonicky) z důvodů urychlení diagnostického procesu
- Když by toto bylo řešeno standardním postupem, že pacient dostane žádanku s tím, že si má vyšetření zařídit sám- možná prodleva- standardní čekací doba na MR vyšetření může být i 2 měsíce
- **Nutná komunikace neurolog – radiolog**

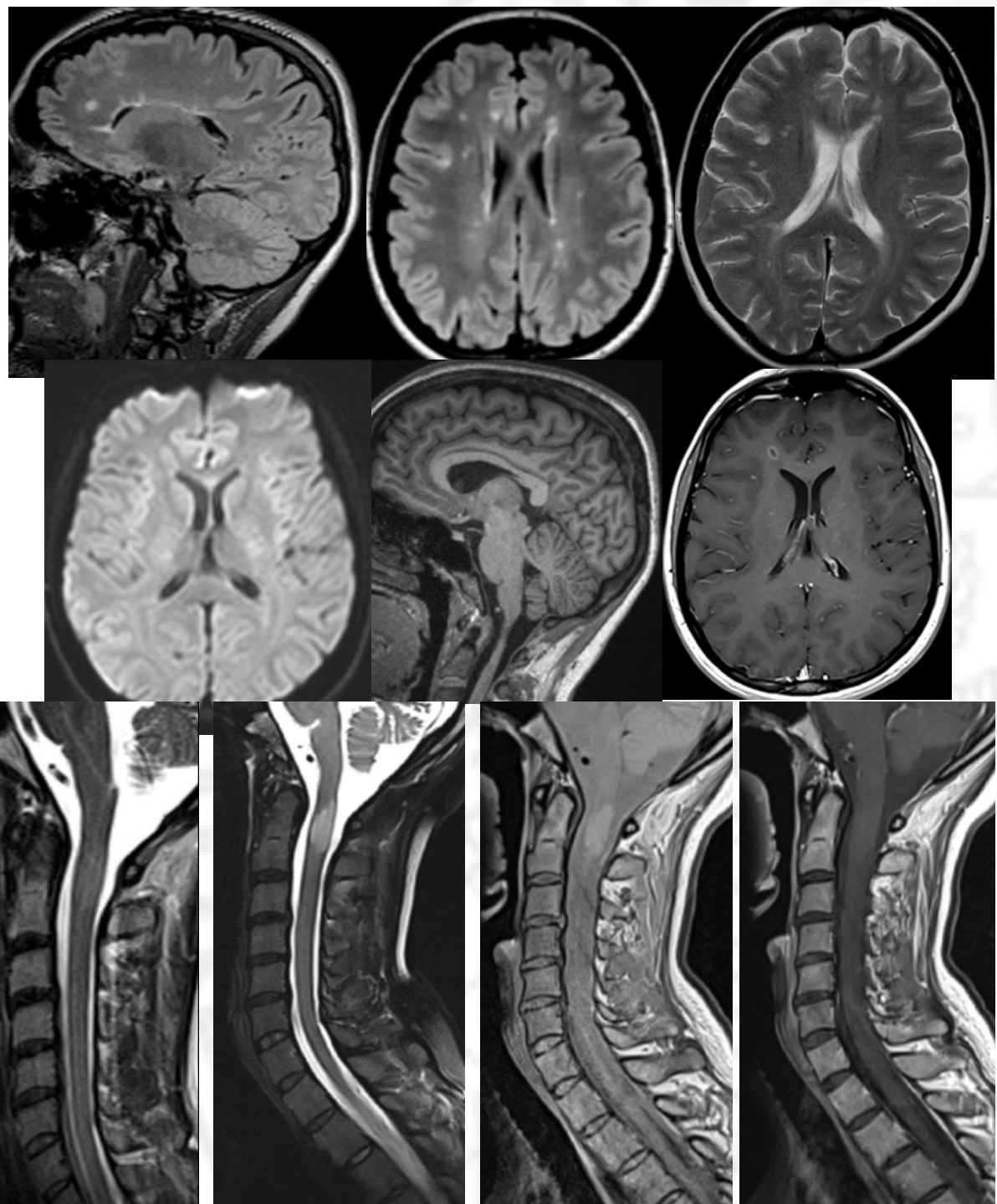
MR diagnostika

MR mozku

- Doporučený 3T
- **3D FLAIR – klíčová sekvence**
- 2D FLAIR TRA (když nelze 3D FLAIR), THK≤3mm
- T2WI TRA, THK≤3mm
- DWI, ≤5mm
- 3D T1 vysoké rozlišení, izotropní
- T1WI + KL (s prodlevou min 5 min) (2D/3D)

MR míchy

- 2 ze tří doporučených sekvencí v sag (**T2WI** nebo **T2WI** s potlačením tuku (doporučeno technikou **STIR**) nebo **PDWI**), THK≤3mm
- celý rozsah, když nelze alespoň po Th4-5
- vzhledem k podání KL i postkontrastní **T1WI + KL**

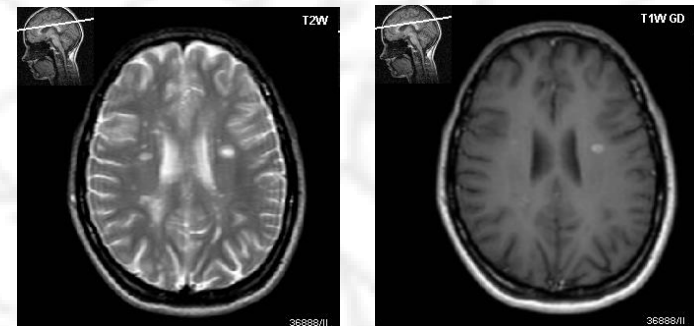


Revidovaná McDonaldova kritéria 2017

Klinický stav	Doplňková data nutná k diagnóze RS
2 nebo více atak; objektivně přítomnost dvou a více lézí	• diagnóza RS (další vyšetření nejsou nutná)
2 nebo více atak; objektivně přítomnost 1 léze (v anamnéze předchozí ataka v odlišné anatomické lokalizaci)	• diagnóza RS (další vyšetření nejsou nutná)
2 nebo více atak; objektivně přítomnost 1 léze	• diseminace v prostoru demonstrovaná další klinickou atakou jiné lokalizace <i>nebo</i> diseminace v prostoru na MR
1 ataka; objektivně 2 nebo více lézí	• diseminace v čase demonstrovaná další klinickou atakou <i>nebo</i> diseminace v čase na MR nebo přítomnost MM specifických oligoklonálních pásů
1 ataka; objektivně přítomnost jedné léze	• diseminace v prostoru charakterizovaná další klinickou atakou jiné lokalizace <i>nebo</i> diseminace v prostoru na MR a • diseminace v čase charakterizovaná další klinickou atakou <i>nebo</i> diseminace v čase na MR nebo přítomnost MM specifických oligoklonálních pásů

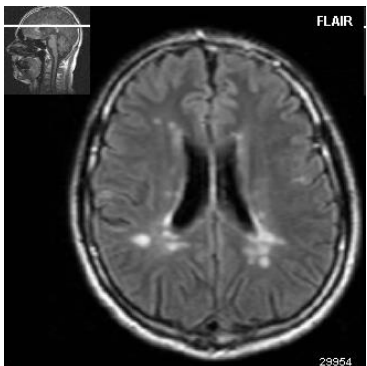
DIT

- simultánní přítomnost asympt./symptomatického ložiska/sek enhancujícího po podání KL a neenhancujícího ložiska v jakémkoliv čase

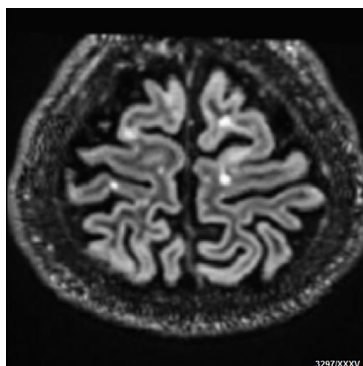


- nebo alespoň jedno nové ložisko v T2 váženém obraze nebo enhancující ložisko na následujícím MR vyšetření

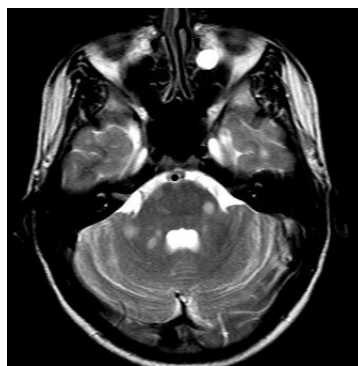
DIS - alespoň 1 ložisko ve 2 lokalizacích ze 4 typických lokalizací



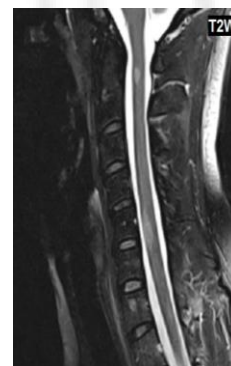
periventrikulárně



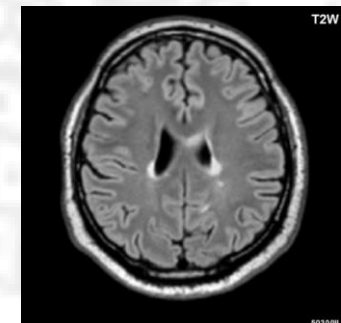
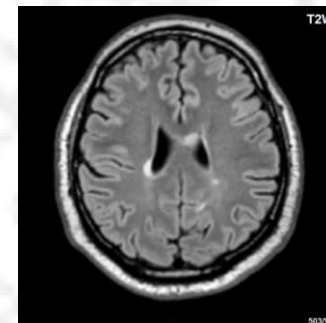
juxtakortikálně/
kortikálně



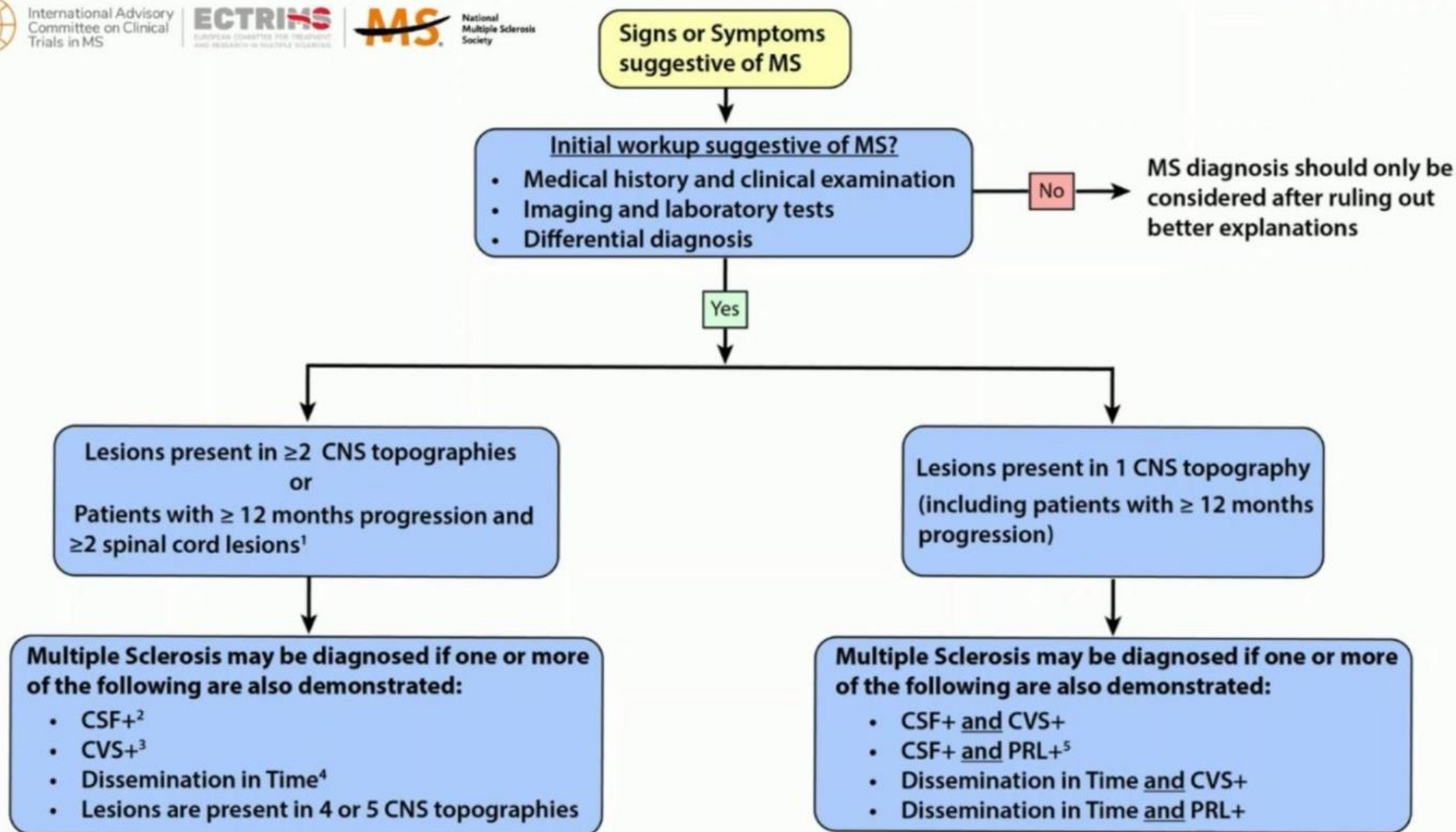
v zadní jámě



intramedulárně

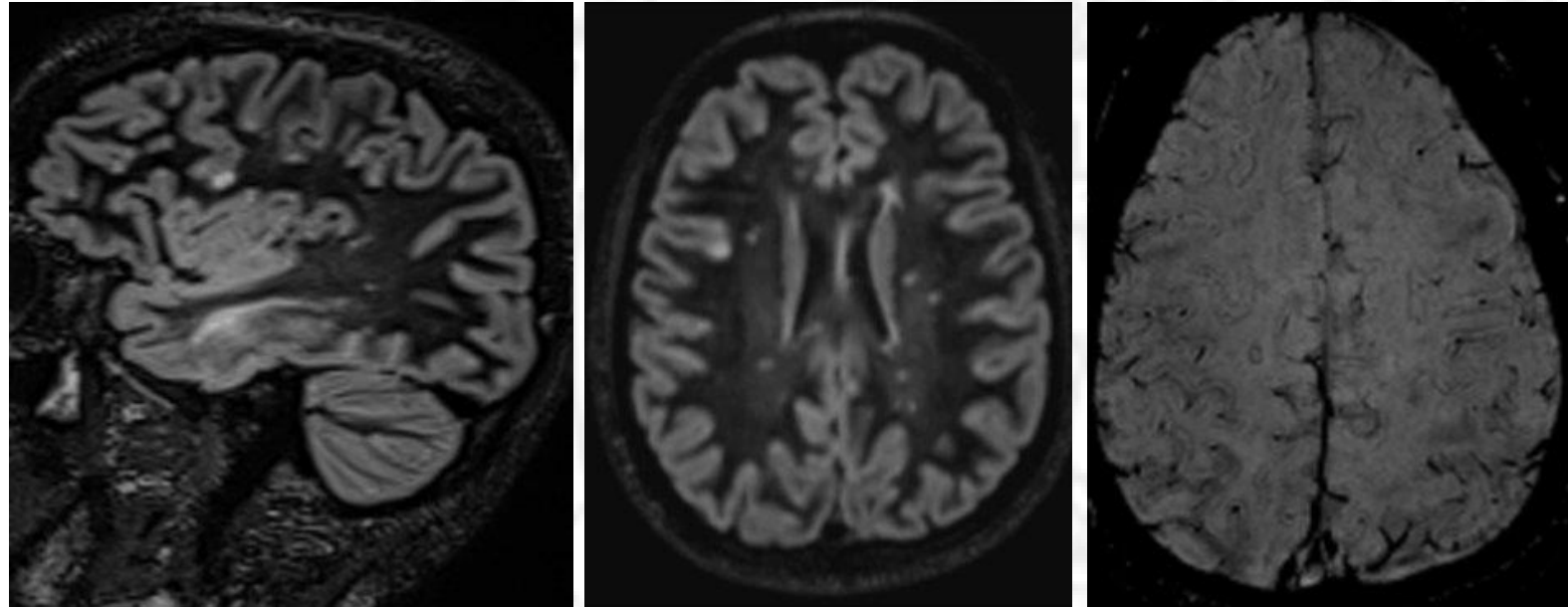


Thompson et al. Lancet Neurol 2017; New diagnostic criteria, lecture ECTRIMS 2024



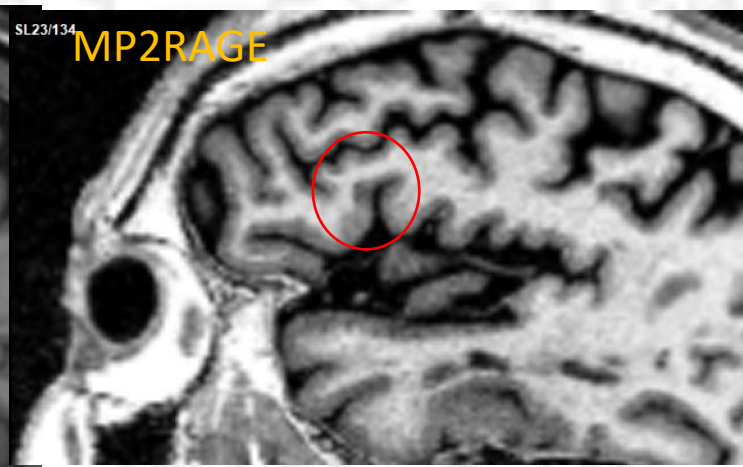
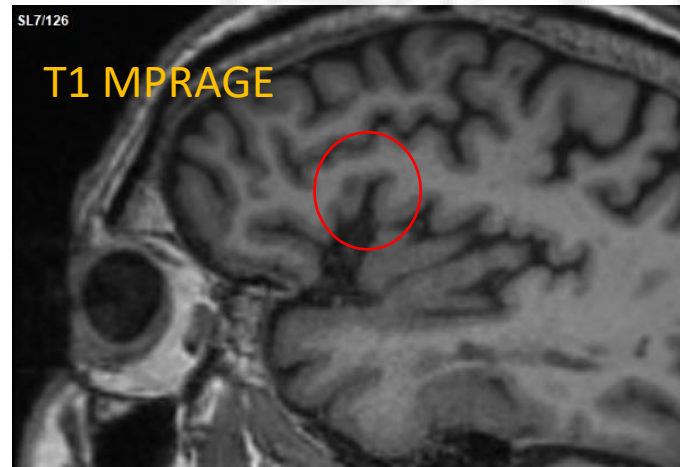
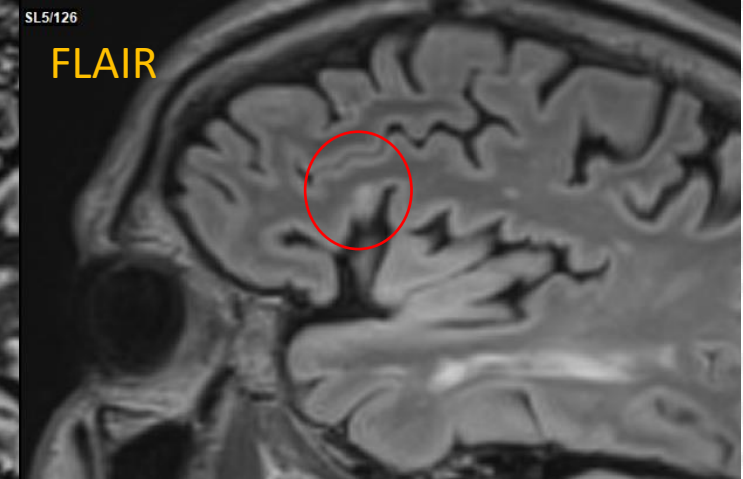
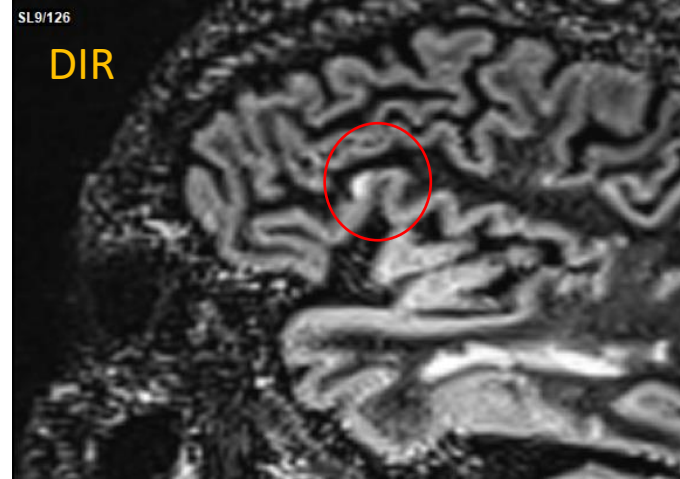
Rozšířený diagnostický protokol

- DIR (3D/2D)
- SWI
- event FLAIR*, 3D EPI, QSM



DIR

- DIR- double inversion recovery
- Detekce kortikálních ložisek i pomocí PSIR, MP2RAGE
- juxtakortikální x intrakortikální x subpiální
- kortikální léze u všech forem RS i CIS
- více specifické pro RS
- predikují kognitivní deficit
- vysoce senzitivní i k detekci ložisek v bílé hmotě



3D DIR o 27,6%
více aktivních
ložisek než na 3D
FLAIR

Radiology

ORIGINAL RESEARCH • NEURORADIOLOGY

Accuracy of Unenhanced MRI in the Detection of New Brain Lesions in Multiple Sclerosis

Paul Eichinger, MD • Simon Schön, MD • Viola Pongratz, MD • Hanni Wiestler, MD • Haike Zhang •
Matthias Bussas, MSc • Muna-Miriam Hosbi, MD • Jan Kirschke, MD • Achim Berthele, MD •
Claus Zimmer, MD • Bernhard Hemmer, MD • Mark Mühlau, MD • Benedikt Wiestler, MD

Cortical lesions at diagnosis predict long-term cognitive impairment in multiple sclerosis: A 20-year study

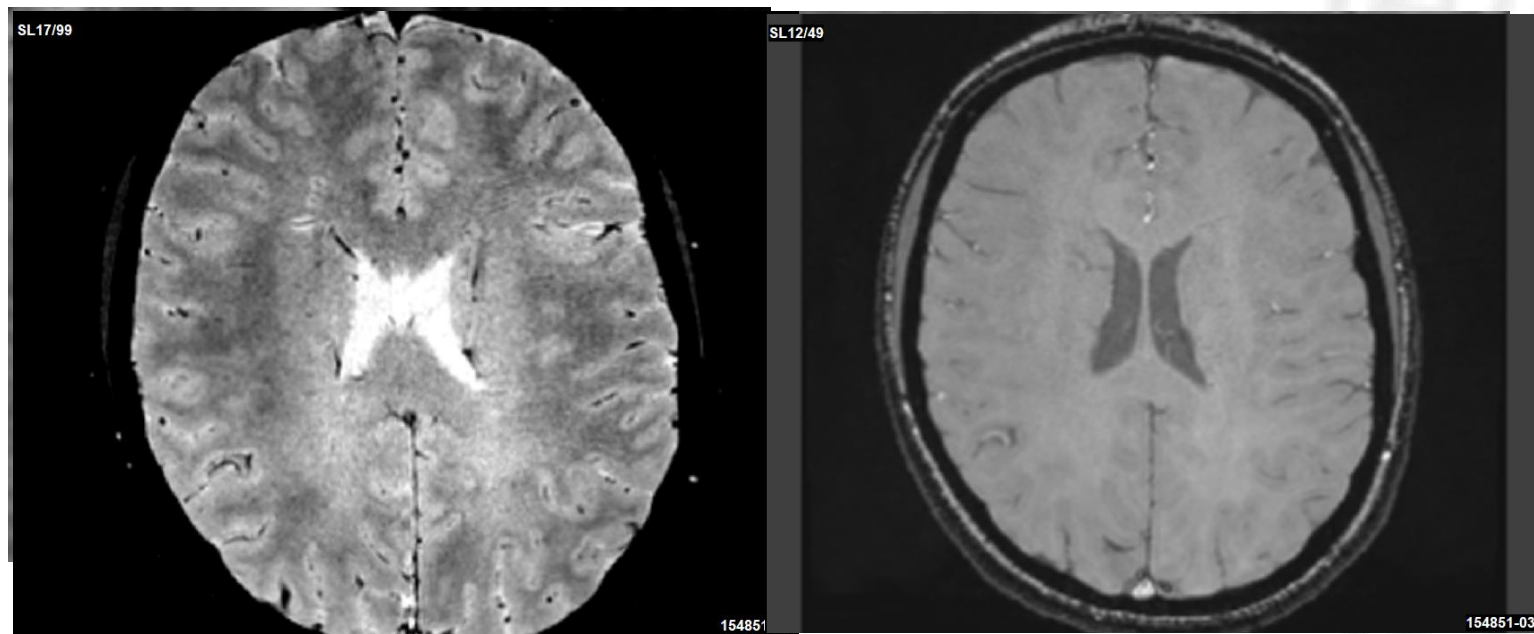
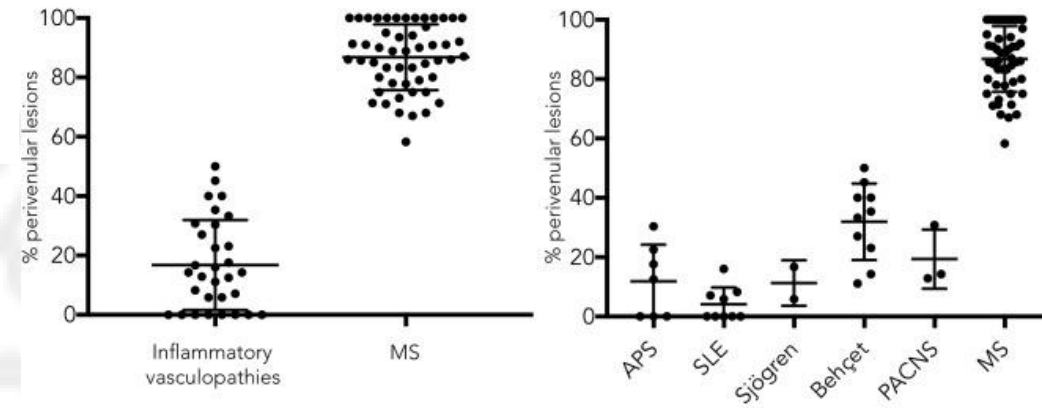
Stefano Ziccardi¹ • Anna Isabella Pisani¹ • Gian Marco Schiavi¹ |
Maddalena Guandalini¹ • Francesco Crescenzo² • Annalisa Colombi¹ |
Angela Peloso¹ | Agnese Tamanti¹ | Maddalena Bertolazzo¹ | Damiano Marastoni¹ •
Massimiliano Calabrese¹

SWI, QSM, 3D EPI



- Zobrazení centrální venuly, hyposignálního prstence
- Zvyšuje specifitu (x je i u jiných onemocnění)
- Limitace
 - Různá senzitivita – scanner a parametry sekvencí
 - odborná erudice, časová náročnost

Central vein sign assessment



CVS u RS

1.5T 58%

3T 74%

7T 82%

Snímky VFN

Maggi 2020; Sinnecker 2019; Clarke 2020; Castellaro 2020; adaptováno z T. Youstry; New diagnostic criteria, lecture ECTRIMS 2024

2024 revisions of the McDonald criteria

Central Vein Sign

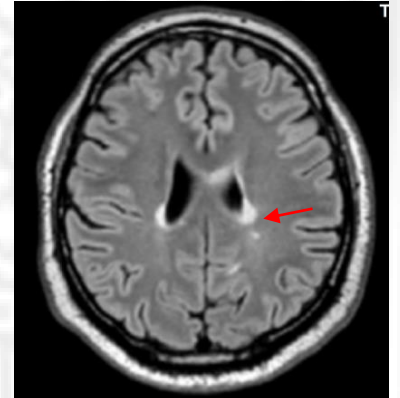
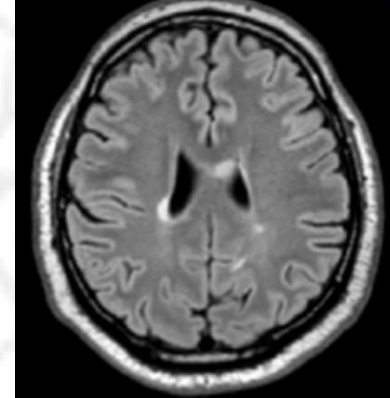
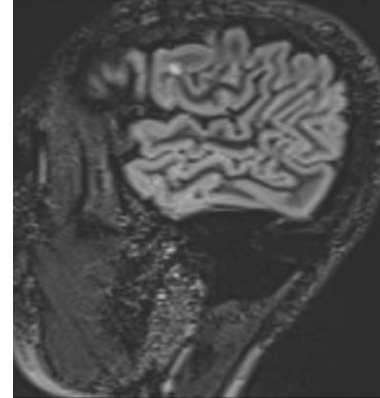
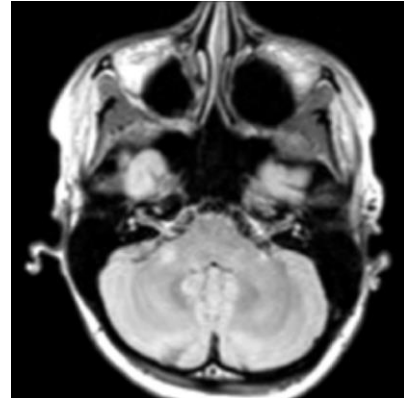
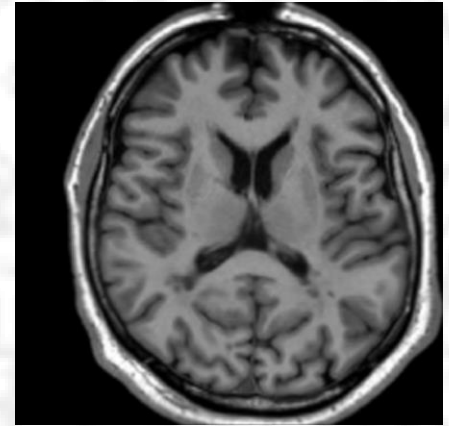
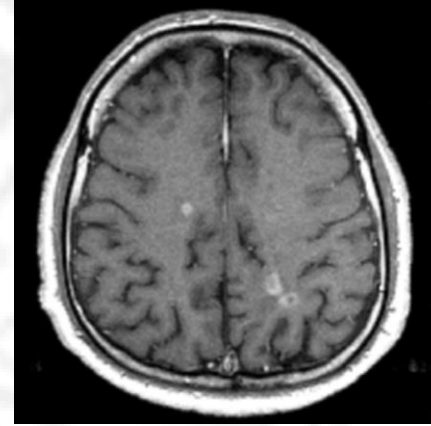
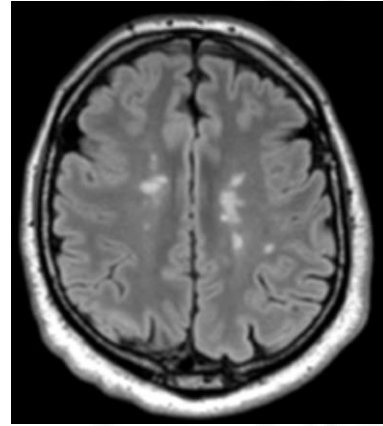
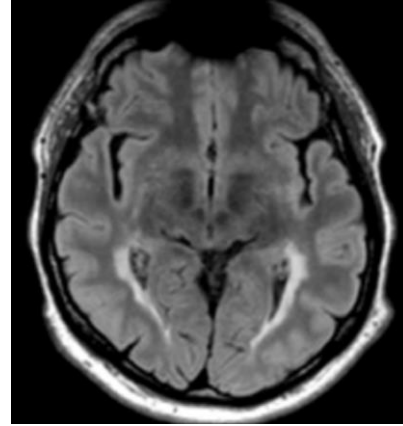
General Principles and Recommendations

- Demonstration of CVS by MRI may be used in the diagnosis of MS.
- Demonstration of CVS by MRI can increase specificity of diagnosis in MS.
- Demonstration of CVS is not required for diagnosis of MS.
- In patients with typical symptoms and DIS the presence of rule of 6 CVS lesions is sufficient for diagnosis of MS.
- In patients with typical symptoms and typical lesions in one topography, the presence of 6CVS plus DIT or CSF positive is sufficient to diagnose MS

MR náález svědčící pro těžší průběh

Baseline – MR mozku

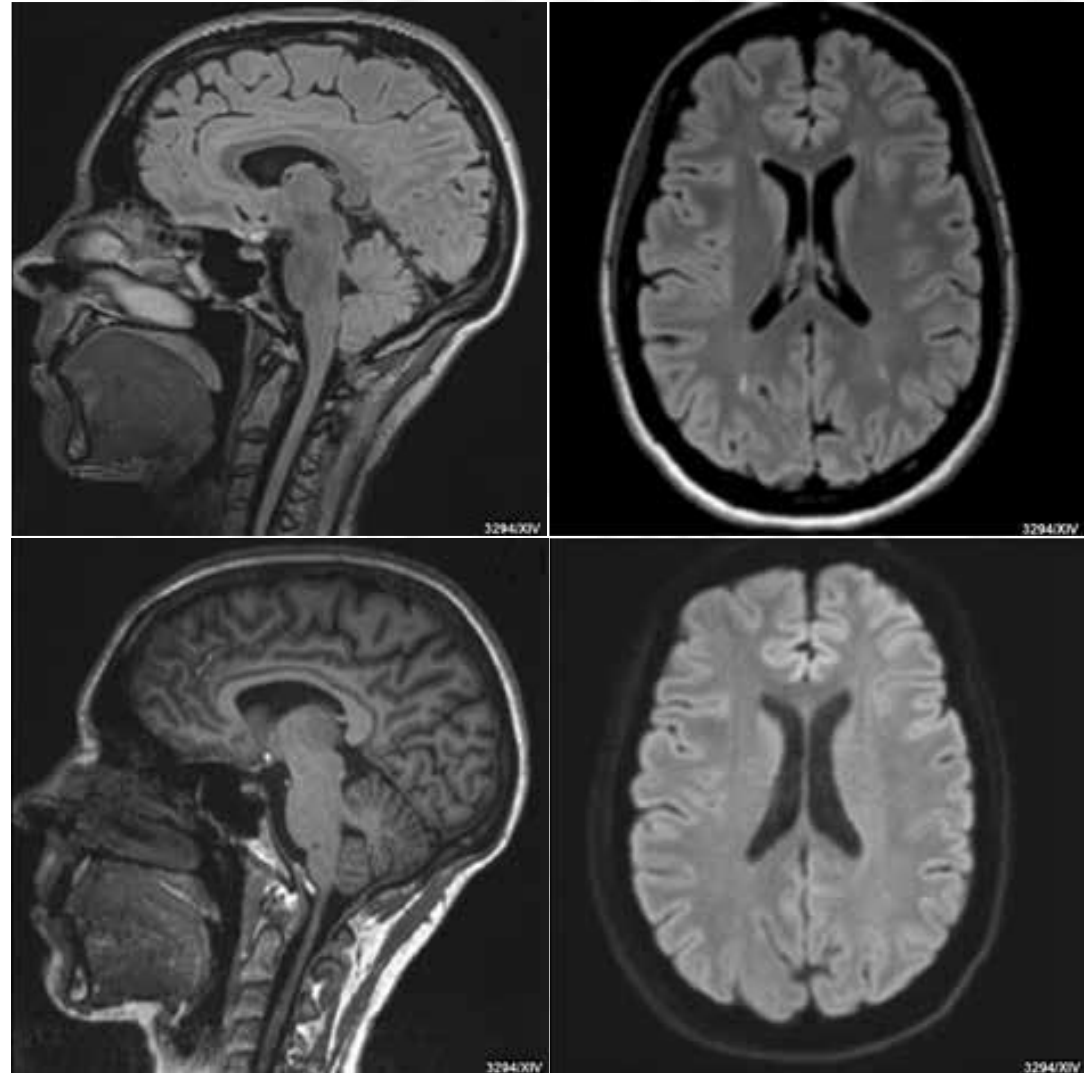
- vysoký lesion load, počet l.
- ≥ 2 Gd+ (baseline)
- přítomnost T1 černých děr
- časně známky atrofie
- infratentoriální ložiska
- kortikální ložiska
- **follow-up**
- nové T2 léze
- ≥ 1 nové Gd+ ložisko



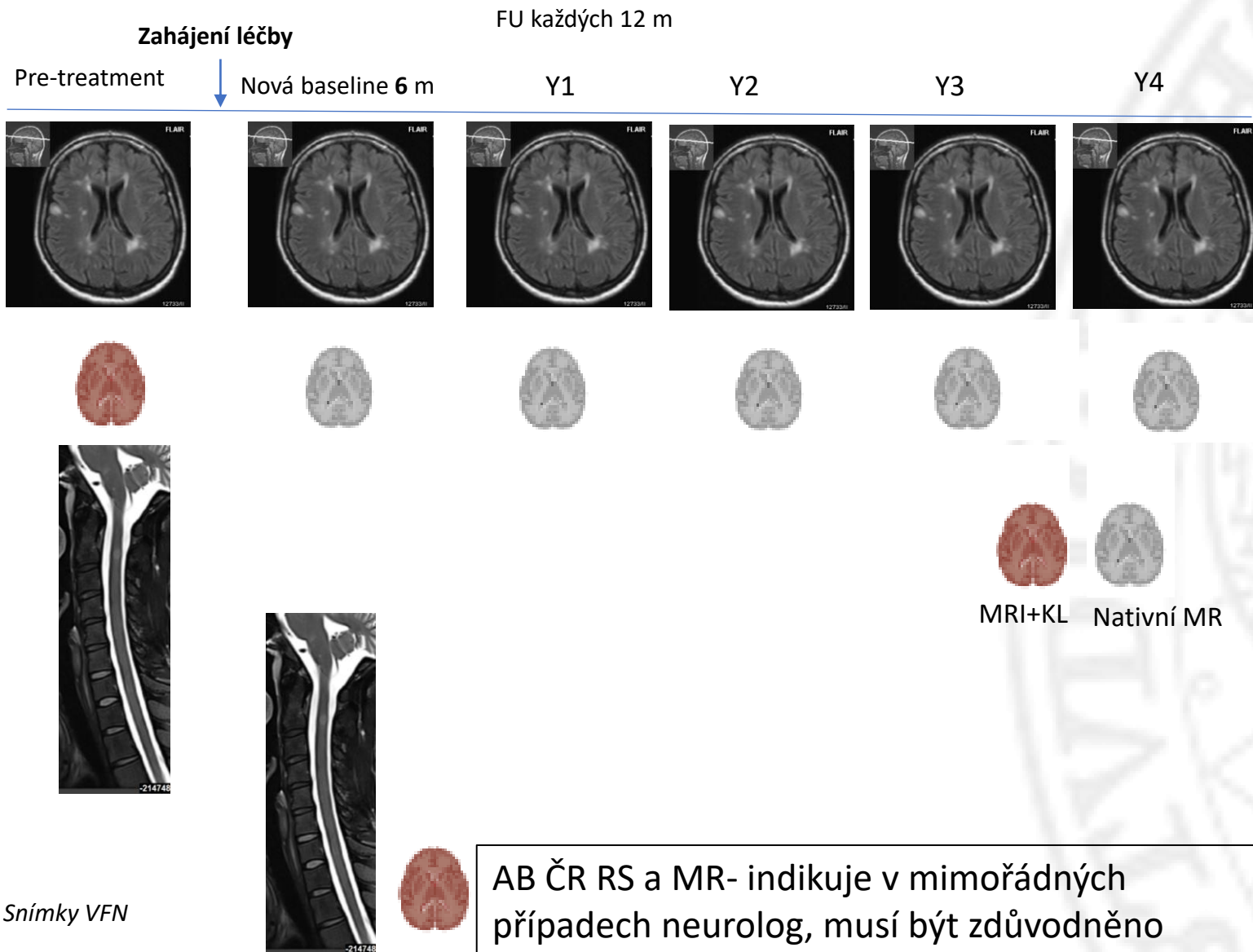
Snímky VFN

Monitorační protokol

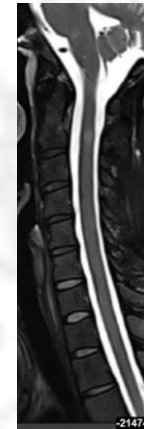
- Doporučeno na 3 T
 - **3D FLAIR** (T2WI trans)
 - T1W 3D
 - DWI



Management monitorace



- Baseline MR – před zahájením léčby
- Pro prokázání aktivity, když není referenční scan
- Monitorace v 1. roku léčby, když není provedena rebaseline
- Monitorace aktivity, když jsou delší úseky než 1 rok
- Hledání prognostických faktorů pro časnou HET (Gd+ léze), kde je vyžadováno regulací preskripce
- U pacientů s difuzními splývavými ložisky
- Koincidence s jiným onemocněním

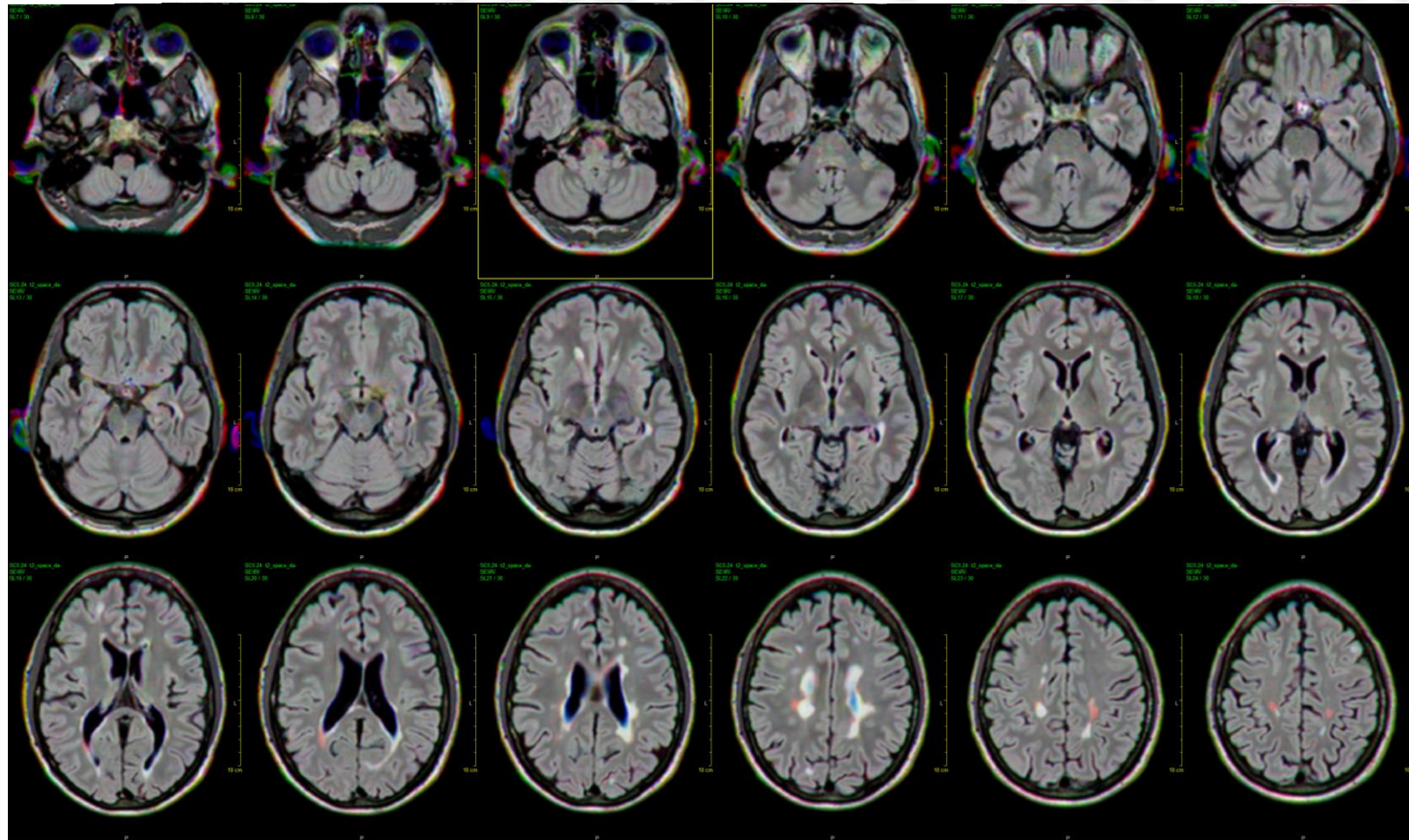


- U dominantně míšního postižení
- Stacionární nález na MR mozku s klinickou progresí

AB ČR RS a MR- indikuje v mimořádných případech neurolog, musí být zdůvodněno

Detekce aktivních ložisek

- okulometricky – částečná variabilita mezi hodnotiteli
- **Automatická koregistrace, subtrakce**
- 3D sekvence FLAIR/DIR
- Různé metody automatického značení ložisek
 - ScanView.cz – barevné mapování
 - Siemens (syngo.via)- subtrakce
 - LesionQuant-NeuroQuant
 - Icobrain – Icometrix
 - Open-source software ITK-SNAP
 - CAD

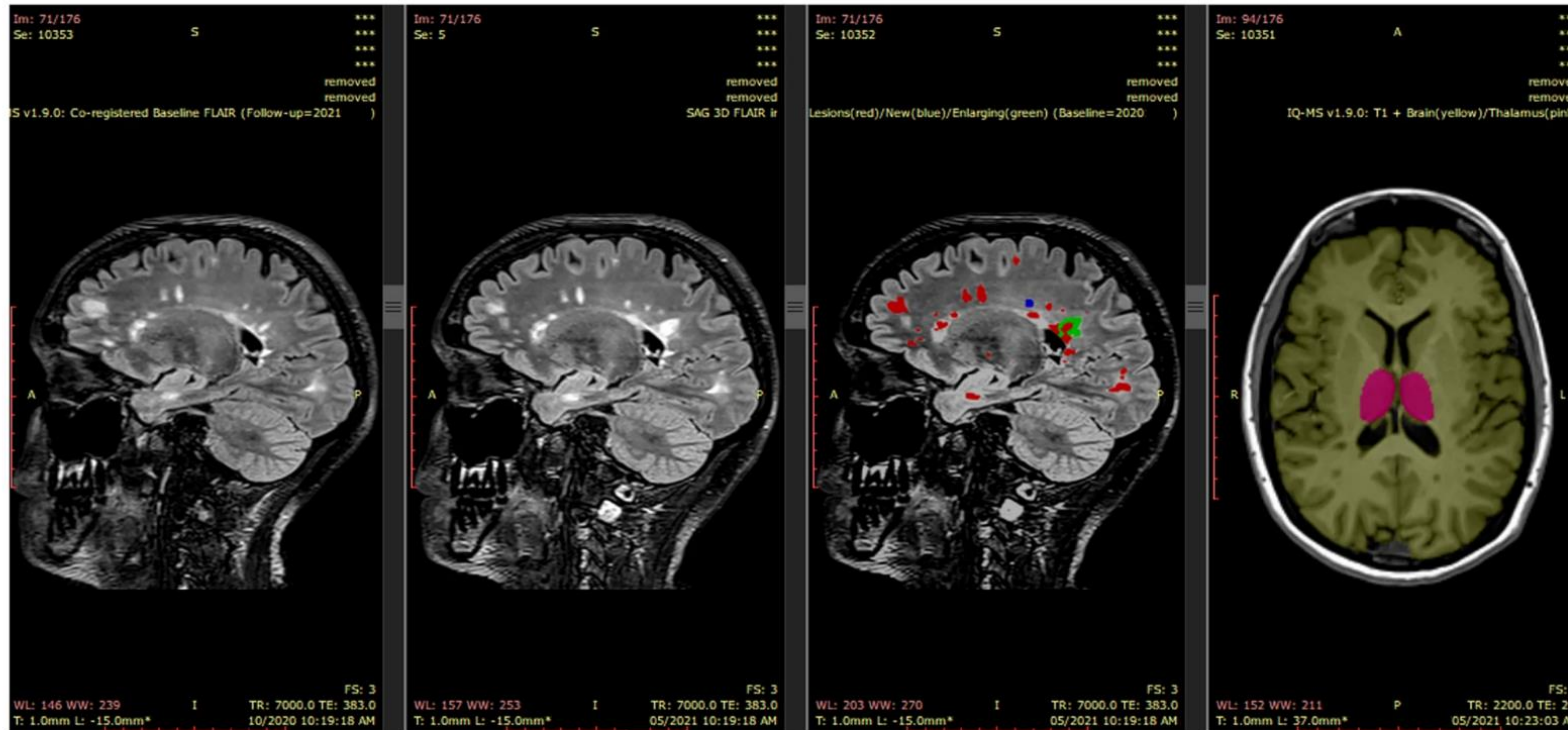


Snímky MRI

Automatické monitorační software

Fig. 1: iQ-Solutions™ PACS integration.

From: [A real-world clinical validation for AI-based MRI monitoring in multiple sclerosis](#)



iQ-MS automatically returns a co-registered baseline (prior study) 3D FLAIR series together with a lesion-annotated 3D FLAIR, here showing a case with both new (blue) and enlarging (green) lesions. A 3D-T1 series is also returned with both whole brain (yellow) and thalamus (pink) annotations. From left to right images : Co-registered FLAIR from patient's last scan; FLAIR image of the current MRI exam; Lesion masks overlaid on current FLAIR image; Brain and Thalamus masks overlaid on current 3DT1 image.

npj | digital medicine

www.nature.com/npjdigitalmed

ARTICLE OPEN

Check for updates

A real-world clinical validation for AI-based MRI monitoring in multiple sclerosis

Michael Barnett^{1,2,3,16}, Dongang Wang^{1,2,16}, Heidi Beadnall^{2,3}, Antje Bischof¹, David Brunacci³, Helmut Butzkueven^{6,7}, J. William L. Brown⁸, Mariano Cabezas², Tilak Das⁹, Tej Dugal^{1,10}, Daniel Guilloyle³, Alexander Klistorner^{1,2,11}, Stephen Krieger^{1,2}, Kain Kyle^{1,2}, Linda Ly¹, Lynette Masters^{1,3}, Andy Shieh¹, Zihao Tang^{1,2}, Anneke van der Walt^{5,6}, Kayla Ward³, Heinz Wiendl⁴, Geng Zhan^{1,2}, Robert Zivadinov¹⁴, Yael Barnett^{1,15,17} and Chenyu Wang^{1,2,17,18}

IQ-Solutions MS report

-cross sekční parametry

FLAIR počet a objem ložisek; počet a objem enhancujících ložisek

Normalizovaný WBV, normalizovaný objem thalamu; dále používají range pro HC a zjišťují NWBV a NTV v porovnání s percentilem HC -používají vyhodnocení ložiskové zátěže dle percentilů

-longitudinální změny

Nové FLAIR ložiska – počet objem

Zvětšená FLAIR ložiska – počet, objem

Anualizovaná změna objemu mozku

CLAIMS – companion diagnostic platform

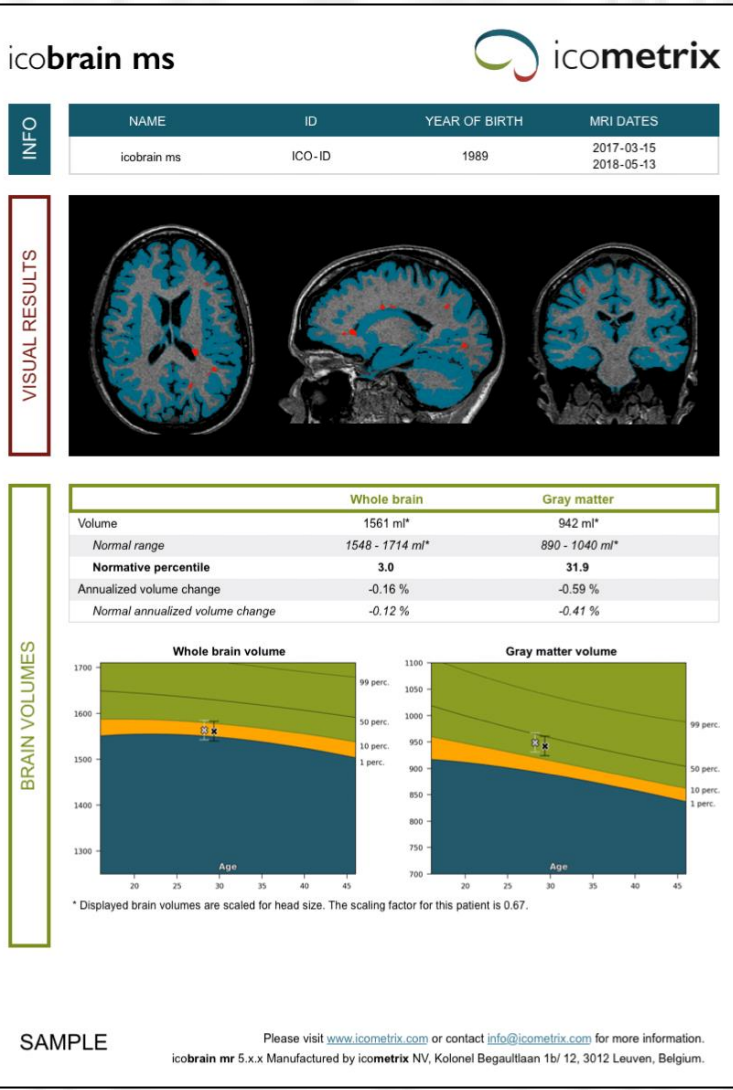
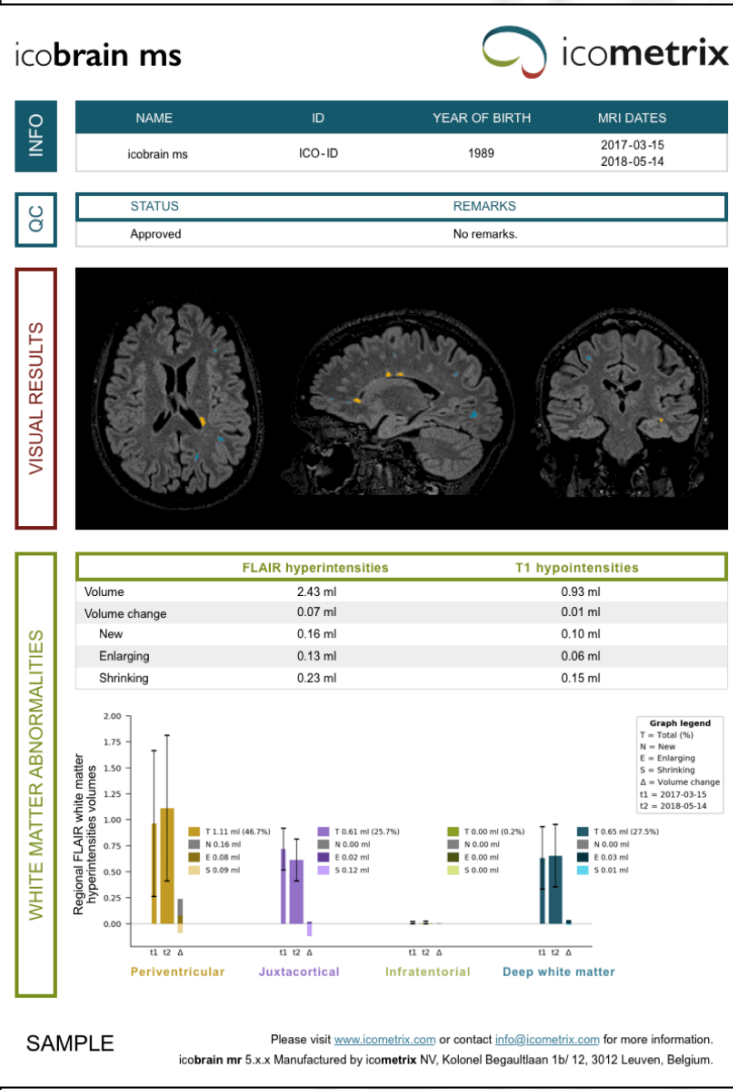
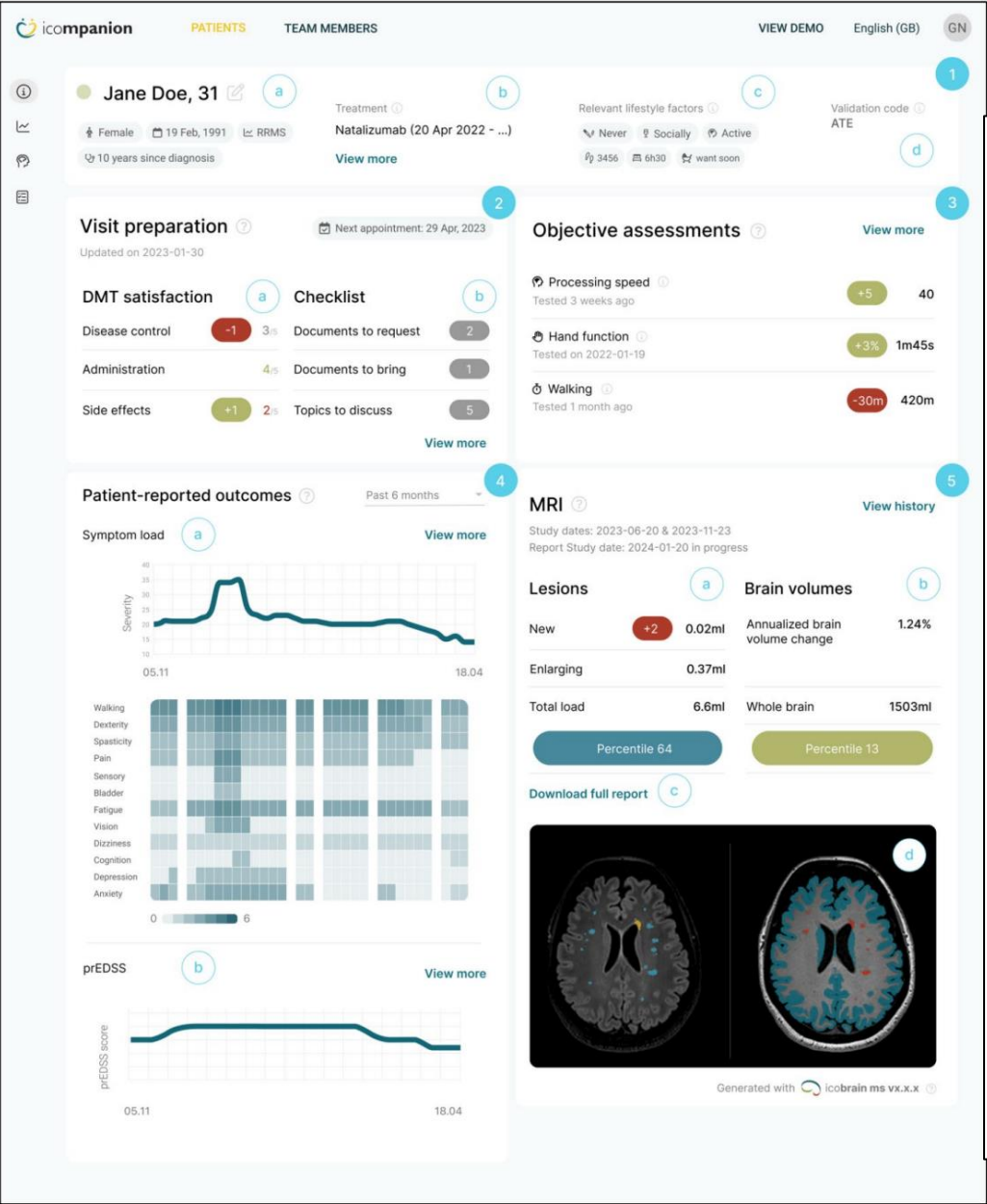
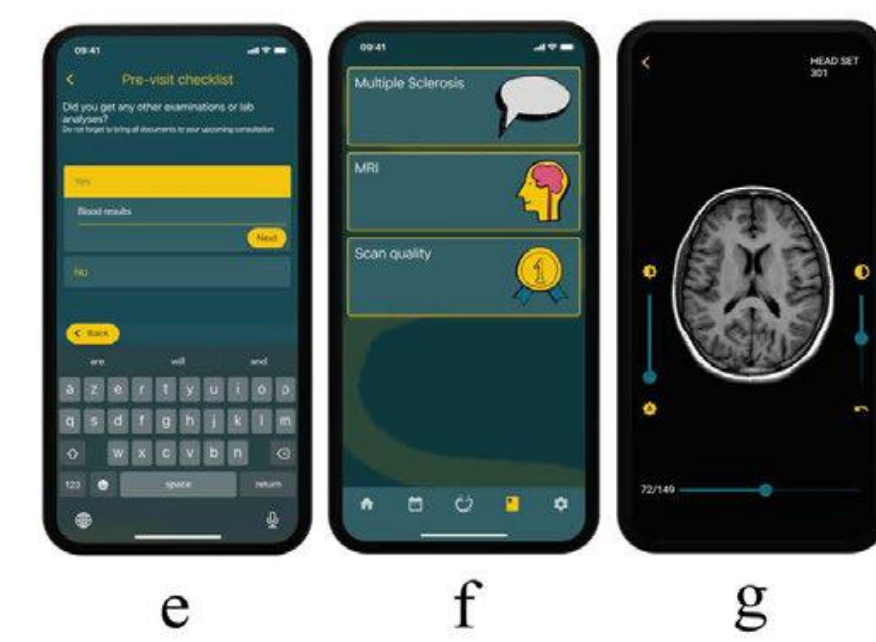
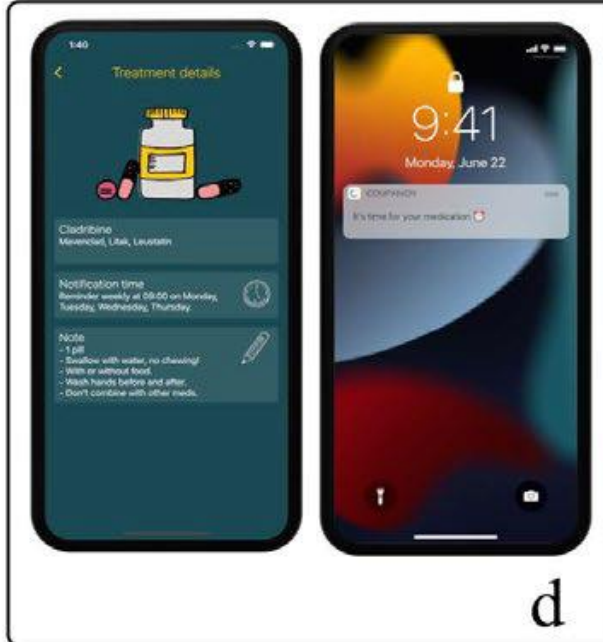
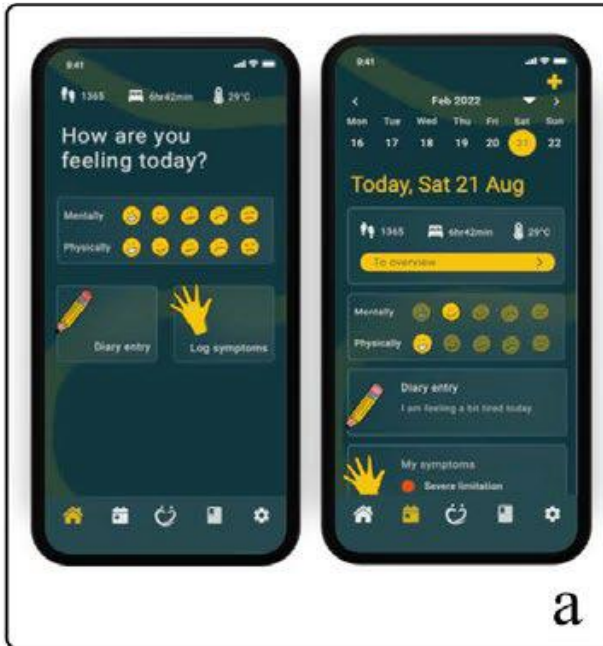


Figure 2 - The improved patient dashboard which focusses on showing in a concise way the most relevant data from a given patient in order to truly support the clinician when they are making decisions.

CLAIMS – companion diagnostic platform





Brain MR 1

Patient Info

MR_Neurology

2018-10-12 Female
ID: Switzerland_MAC

Scan: 2018-07-05 15:39

AI Results

Deviation map

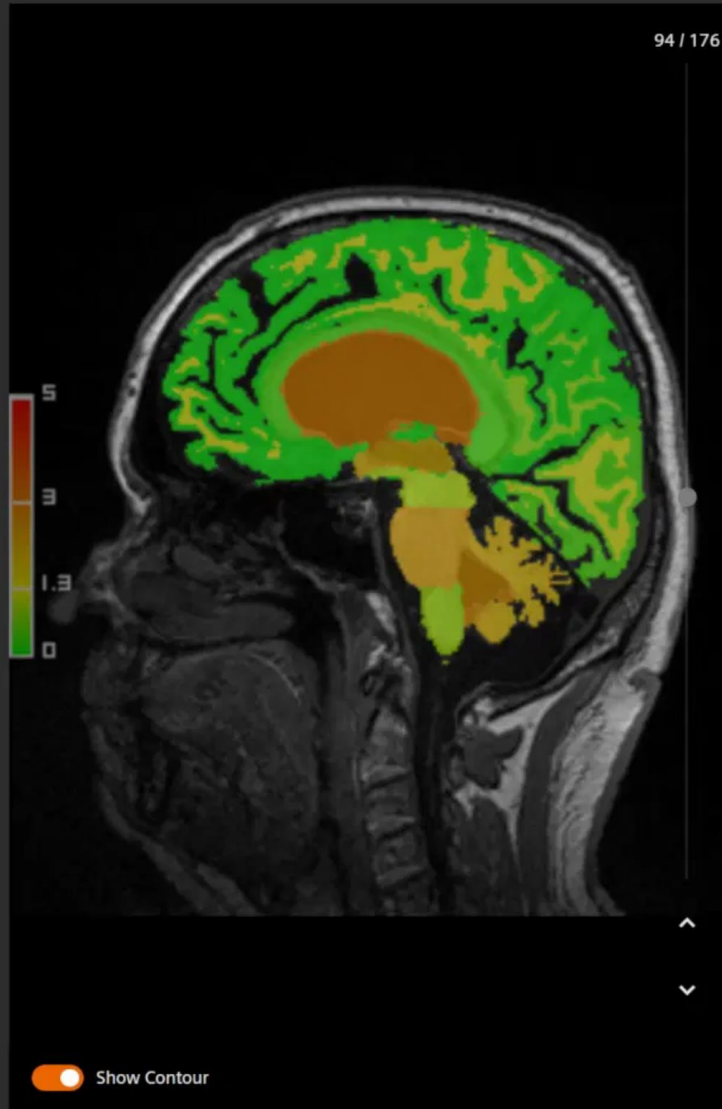


Label map



Decline All

Send to PACS



Report
Deviations



Structure/Tissue	Absolute [ml]	Normalized [%]	Normative Range [%]
Cerebellum (White matter + Gray matter)	101.7	6.55 *	[6.94 - 8.60]
4th ventricle	5.7	0.36 *	[0.13 - 0.26]
Frontal right	65.2	4.20 *	[4.21 - 5.34]
Lateral ventricle left	90.7	5.84 *	[0.78 - 2.40]
Pons	13.6	0.88 *	[0.98 - 1.28]
Insula right	4.9	0.31 *	[0.33 - 0.43]
Lateral ventricle right	71.9	4.63 *	[0.77 - 2.32]
Temporal left	21.0	1.35 *	[1.60 - 2.05]
Temporal right	24.7	1.59 *	[1.68 - 2.16]
3rd ventricle	5.4	0.35 *	[0.14 - 0.28]
Ventricles	173.7	11.18 *	[1.88 - 5.12]

* - Values outside of normative range

MR protokol: diagnostický
Supratentoriálně (počty ložisek): Periventrikulárně: 0, 1, 2, 3, více V hluboké bílé hmotě: 0, 1, 2, 3, více Juxtakortikálně: 0, 1, 2, 3, více Kortikálně: 0, 1, 2, 3, více Ložiska v centrální šedi: 0, 1, 2, 3, více
Infratentoriálně (počty ložisek): Mozeček: 0, 1, 2, 3, více Mezencefalón: 0, 1, 2, 3, více Pons: 0, 1, 2, 3, více Oblongáta: 0, 1, 2, 3, více
Mícha - vyšetřena po obratlové tělo ... Intramedulární ložiska: 0, 1, 2, 3, více Difuzní změny: ne/ano
Atrofie Kortikální atrofie žádná/mírná/střední/těžká Regionální atrofie ano/ne, oblast
Kl aplikována: ne/ano, Enhancement/sycení ložisek: ne/ano, počet
Splývavá ložiska: ano/ne
Celkový počet ložisek (přesně do 20, odhad 21–50, 51–100, nelze spočítat):
Nález typický pro RS: ano/ne
Nález více typický pro jiné onemocnění
Vedlejší nález: ne/ano - jaký
Závěr: Na MR mozku je celkem patrnó ... ložisek. Nález splňuje DIS ano/ne. Nález splňuje DIT ano/ne. Jsou přítomny negativní prognostické markery – ano/ne, infratentoriální ložiska – počet, intramedulární ložiska – počet. Je patrná porušená HEB ne/ano, počet postkontrastně se sytících ložisek. Nález je typický pro RS/ nález je více typický pro jiné onemocnění.

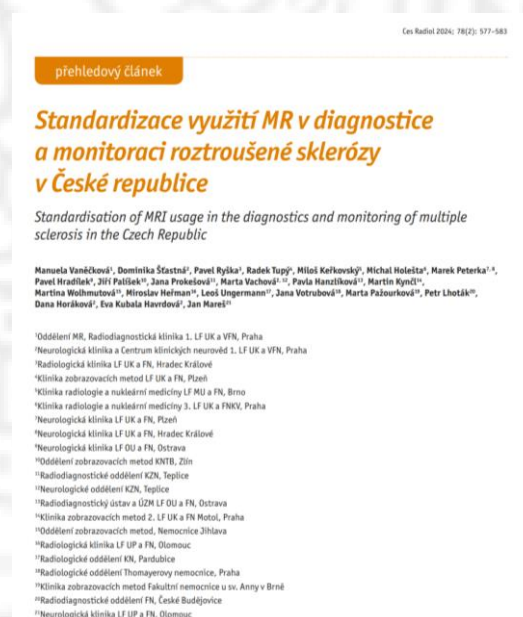
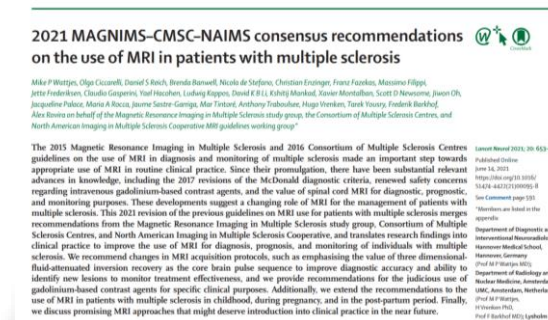
MR protokol: monitorační
Supratentoriálně (počty ložisek): Periventrikulárně: 0, 1, 2, 3, více V hluboké bílé hmotě: 0, 1, 2, 3, více Juxtakortikálně: 0, 1, 2, 3, více Kortikálně: 0, 1, 2, 3, více Ložiska v centrální šedi: 0, 1, 2, 3, více
Infratentoriálně (počty ložisek): Mozeček: 0, 1, 2, 3, více Mezencefalón: 0, 1, 2, 3, více Pons: 0, 1, 2, 3, více Oblongáta: 0, 1, 2, 3, více
Mícha - vyšetřena po obratlové tělo ... Intramedulární ložiska: 0, 1, 2, 3, více Difuzní změny: ne/ano
Atrofie Kortikální atrofie žádná/mírná/střední/těžká Regionální atrofie ano/ne, oblast
Kl aplikována: ne/ano, enhancement/sycení ložisek: ne/ano, počet
Splývavá ložiska: ano/ne
Aktivní ložiska (nová/zvětšená od poslední kontroly - datum): ne/ano, počet
Celkový počet ložisek (přesně do 20, odhad 21–50, 51–100, nelze spočítat):
Vedlejší nález: ne/ano - jaký
Závěr: Na MR mozku je patrná MR aktivita ne/ano – celkový počet aktivních ložisek, lokalizace ložisek. Je přítomna atrofie (mírná/střední/těžká). (Pokud se podávala KL, v popisu: Je patrná porušená HEB ne/ano, počet postkontrastně se sytících ložisek). Je vedlejší nález ne/ano – jaký.

Průběh standardizace v České republice

- Standardizace MR protokolů – technická optimalizace
- Standardizace MR nálezů mezi jednotlivými pracovišti
- Standardizace managementu diagnostiky a monitorace
- Přesnost a stabilita

Postup

1. Panelová diskuze (neurologové z RS center a spolupracující radiologové)
2. Podpora SKNIL a České neuroradiologické společnosti
3. Příprava šablon pro diagnostický a monitorační popis
- v přípravě software
4. Publikační výstupy: ČSNS – 3/2024, v České radiologii –9/2024, posterová prezentace ECTRIMS 2024
5. Implementace a praktická ukázka na jednotlivých RS centrech (probíhá)
6. Setkání neurologů a spolupracujících radiologů – shrnutí výsledků, diskuze nad možnými problémy
7. Certifikace RS center a spolupracujících MR (hands-on kurzy)



Děkuji Vám za pozornost

manuela.vaneckova@vfn.cz