

Daňová M.^{1,2}, Dragula P.¹, Cvengrošová A.³

¹ ProMagnet s.r.o., Pracovisko magnetickej rezonancie Prešov,, Hollého 14, 081 81 Prešov

² Prešovská univerzita v Prešove, Fakulta zdravotníckych odborov, Katedra medicínsko-technických odborov

³ Neurologické oddelenie FNŠP J.A.Reimana Prešov, Hollého 14, 081 81 Prešov

Revízia kritérií MR pri sclerosis multiplex: Pohľad rádiológa na McDonald 2024

Abstrakt

Magnetická rezonancia (MR) má dôležité postavenie v diagnostike a diferenciálnej diagnostike sclerosis multiplex (SM), v prognóze priebehu ochorenia, v monitorovaní liečby a v skorej detekcii jej nežiadúcich účinkov, najmä vo farmakovigilancii natalizumabu. Od roku 2001 je MR vyšetrenie súčasťou diagnostických kritérií SM známych ako McDonaldove kritériá, ktoré boli následne revidované v rokoch 2005, 2010 a 2017. Vzhľadom na rýchly vývoj nových poznatkov v oblasti patofyziológie SM a nových techník v MR došlo v roku 2024 k ich ďalšej revízií, ktorá pre rádiológa znamená veľkú výzvu, týkajúcu sa hlavne zobrazenia a hodnotenia optického nervu a zobrazenia lézií s centrálnou vénou (CVI) a s paramagnetickým okrajom (PRL) v MR.

Kľúčové slová: sclerosis multiplex, magnetická rezonancia, McDonaldove kritériá

Abstract

Magnetic resonance imaging (MRI) plays a key role in the diagnosis and differential diagnosis of multiple sclerosis (MS), in predicting disease progression, monitoring treatment efficacy, and the early detection of adverse effects, particularly in the pharmacovigilance of natalizumab. Since 2001, MRI has been an integral part of the MS diagnostic criteria, known as the McDonald criteria, which have been subsequently revised in 2005, 2010, and 2017. Given the rapid advancements in the understanding of MS pathophysiology and MRI techniques, a further revision was introduced in 2024. This presents a significant challenge for radiologists, particularly in the imaging and assessment of the optic nerve, as well as in the detection of lesions with a central vein sign (CVS) and paramagnetic rim lesions (PRL) on MRI.

Key words: multiple sclerosis, magnetic resonance imaging, McDonald's criteria

Úvod

Prvé diagnostické kritériá pre SM pôvodne zohľadňovali výhradne klinické informácie. Kritériá použité Schuma-

cherom dokonca vylučovali starších pacientov (nad 50 rokov) v čase prvých prejavov ochorenia z dôvodu zvýšeného rizika nesprávnej diagnózy, najmä v ére pred zavedením MR. V roku 1983 boli diagnostické kritériá rozšírené o prítomnosť oligoklonálnych pásov (OCB) alebo zvýšený IgG index v mozgovomiechovom moku, ako aj evokované potenciály (VEP). MR vyšetrenie bolo do McDonaldových kritérií prvýkrát začlenené v roku 2001. V revízii z roku 2005 sa zdôraznila dôležitosť detekcie lézií v mieche pomocou MR. Citlivá revízia McDonaldových kritérií z roku 2010 umožnila diagnostikovať SM u pacientov s obrazom klinicky izolovaného syndrómu (CIS) aj bez klinických príznakov diseminácie v čase (DIT), pokiaľ MR vyšetrenie odhalilo lézie rôzneho veku (neenhancujúce/enhancujúce) na tom istom vyšetrení. V revízii z roku 2017 nahradila prítomnosť OCB v likvore iné príznaky DIT u pacientov s CIS, čím sa zvýšila citlivosť diagnostiky, avšak na úkor nižšej špecificity (1).

McDonaldove kritériá 2024: Kľúčové novinky

V roku 2021 boli publikované spoločné odporúčania konzorcií MAGNIMS, CMSC a NAIMS, ktoré následne podnietili početné štúdie a odborné diskusie. Ich výsledkom sú najnovšie McDonaldove kritériá z roku 2024, prvýkrát prezentované na kongrese ECTRIMS v septembri 2024 v dánskej Kodani (2). Nové kritériá zahŕňajú viaceré inovácie s významným dopadom na diagnostiku SM, najmä v oblasti rádiológie:

- **Zaradenie postihnutia zrakového nervu (n.II) ako piatej lokality do kritérií pre disemináciu v priestore (DIS)**
- **Pridanie centrálnej žily (CVS) a lézií s paramagnetickým okrajom (PRL) ako diagnostických markerov**
- **Implementácia markerov založených na MR susceptibilite do klinickej praxe**
- **Nové diagnostické prístupy pri rádiologicky izolovanom syndróme (RIS)**
- **Prehodnotenie potreby diseminácie v čase (DIT) pre diagnostiku SM**

- **Zohľadnenie PIRA (progression independent of relapse activity) v diagnostických algoritmoch**
- **Adaptácia diagnostických kritérií pre vyšší vek**
- **Diferenciálne diagnostické výzvy spojené so starnutím, vrátane NMOSD, MOGAD, komorbidít a ďalších stavov**

Optický nerv v kritériách Diseminácie v priestore

Už v roku 2016 skupina MAGNIMS navrhla zaradenie zrakového nervu (n. II) ako piatej lokality pri hodnotení DIS (3). Napriek tomu McDonalдове kritériá z roku 2017 túto zmenu nezahrnuli z dôvodu nedostatočných dôkazov

Tab. 1. Rozdiely v MR nálezoch NMOSD, MOGAD a SM v oblasti zrakového nervu (Darakdjian et al, 2024)

	NMOSD	MOGAD	MS
Distribúcia lézií	bilaterálne	bilaterálne	unilaterálne
Postihnutie segmentu	intrakranial, chiasma, optický trakt	retrobulbar	retrobulbar, kanalikular
Stupeň opuchu n.II	stredný	ťažký	stredný
Lokalizácia sýtenia	n.II	n.II a perineurálne	n.II
Prítomnosť lézií v mozgu	áno	zriedkavo	často
Lokalita/ charakteristika lézií v mozgu	Hypotalamus, zadná jama, periaquedukálne, area postrema	Veľké tumefaktívne lézie, kortikálne/ subkortikálne	JK, PV, zadná jama, miecha, ovoidné
Dĺžka lézií	Longitudinal extenzívne	Longitudinal extenzívne	Krátke, segmentálne
Optický nerv/ chiasma			

(1). V roku 2021 konzorcium MAGNIMS-CMSC-NAIMS uznalo význam zobrazovania N.II za určitých okolností (4). Aktualizované odporúčania MAGNIMS 2024 vychádzajú z robustnejších údajov z MR N.II, optickej koherenčnej tomografie (OCT) a VEP, ktoré podporujú zaradenie zrakového nervu ako ďalšej lokalizácie pre DIS (5). Vyšetrenie n. II však vyžaduje špecifické akvizície, skúsenosť centier a dôležitá je aj znalosť obrazu v diferenciálnej diagnostike SM voči NMOSD, či MOGAD (tabuľka 1). Diferenciálna diagnostika zvýšeného T2 signálu zrakového nervu zahŕňa aj iné neinfekčné (sarkoidóza, lupus erythematodes, toxické poškodenia, postradiačné zmeny) a infekčné príčiny (lymská borelióza, toxoplazmóza, HIV, varicella-zoster, herpes vírusy). Rocca a kol. v svojom odporúčanom štandardizovanom protokole pre diagnostiku SM ako voliteľné

sekvencie pre vyšetrenie N.II uvádza: **axiálne a koronálne tukom potlačené T₂-vážené sekvencie alebo STIR a axiálne a koronálne T₁-vážené sekvencie s potlačením tuku s podaním KL** (2). Pokrytie sa týka zrakového nervu aj optickej chiasmy, s hrúbkou rezu ≤2 – 3 mm bez medzery. V literatúre sa pri použití STIR uvádza senzitivita záchytu akútnej ON až 93 %. Sekvencia DIR (3D double-inversion recovery) je alternatívou s dobrým kontrastom, no má dlhší čas vyšetrenia a je citlivá na artefakty rozhrania vzduch/ kost'. Senzitivita/specificita DIR v záchyte hyperintenzít v n.II je 95/94 %. Foster a kol. zisťovali a porovnávali senzitivitu a špecificitu v diagnostike SM a DIS kritériá v prípade, ak sa zaradi do diagnostických kritérií n.II ako 5. lokalita. Pri podmienke postihnutia 2 z 5 lokalít sa zvýšila senzitivita, no redukovala špecificita, ktorú zvýšime, ak sa v kritériách DIS bude požadovať postihnutie 3 z 5 alebo 4 z 5 lokalít. Ako alternatíva sa javí prípadné priradenie ďalších lokalít k n. II: corpus callosum a temporálny lalok s požiadavkou postihnutia 3 zo 7 lokalít. (6).V schéme 1 sú uvedené nové kritériá pre DIS , v ktorých je zahrnutá okrem lokalít z kritérií z roku 2017 – periventrikulárne, juxtakortikálne, infratentoriálne, miecha – aj lokalita postihnutia n.II.

Pridanie znaku centrálnej žily (CVS) a lézií paramagnetického okraja (PRL) na diagnostiku

Central vein sign (CVS) – príznak centrálnej vény zodpovedá obrazu symetrickej demyelinizácie okolo malej penetrujúcej vény uloženej centrálne v SM lézii (CVS+ lézia). Cez stenu po porušení HEB prechádzajú CD8+ T bunky do jej okolia a spôsobujú zápal a poškodenie oligodendrocytov, myelínu a dochádza k neuroaxonálnej degenerácii so vznikom chronickej demyelinizačnej lézie. U SM sú lézie s CVS dominantne periventrikulárne, smerom ku kortexu záchyt klesá (25 %). Subkortikálne uložené sú CVS+ pri SLE a antifosfolipidovom syndróme, tieto majú význam v diferenciálnej diagnostike SM od NMOSD, Susac sy., u starších jedincov odlišia postischemické zmeny. V sekvencii T2* sa CVS+ zobrazí ako tenká (< 2mm) hyposignálna línia/bodka v dvoch na seba kolmých rovinách (môžeme využiť aj kombináciu FLAIR a T2*/SWI = FLAIR*). V SWI je pre paramagnetické vlastnosti deoxyhemoglobínu cieva asignálna. Ďalej sa na zobrazenie využívajú minIP (minimum intensity projection), postkontrastné T1+ Gd a tiež QSM (quantitative susceptibility mapping). Prítomnosť CSV+ lézií si našla svoje miesto v nových diagnostických kritériách, v prístupe k RIS pacientovi a v prípade diagnostiky pacienta nad 50 rokov (7) (schémy 1,2,3).

Iron rim sign (PRL) – príznak prstenca Fe – neuropatologicky ide o akumuláciu aktivovanej mikroglie a makrofágov s vysokým obsahom paramagnetického železa na okraji plaku. V MR obraze sa takáto akumulácia znázorní ako tenké hyposignálne prstencovité ohraničenie demyeli-

Tab. 2. Základné charakteristiky a možnosti využitia CVS a PRL v SM. (Rimkus CM, et al., 2024)

	CVS-central vein sign – príznak centrálnej žily	PRL- iron rim sign – príznak prstenca železa
Definícia	Prítomnosť žily v strede plaku SM, viditeľná v T2*/SWI Požiadavky CVS+ lézie: Dobre ohraničená, viac ako 3 mm/nesplývajúce lézie/kávové zrno, šiška Žila ako tmavá bodka/čiara v rovnakej vzdialenosti od okrajov lézie – Vizualizácia CVS vo viac ako jednej ortogonálnej rovine	Paramagnetický prstenec na okraji lézie – Tmavá čiara v T2*/SWI – Tmavá alebo svetlá čiara vo fáze SWI (v závislosti od smeru/polarity hlavného statického magnetického pole) – Svetlé čiary v R2*
Patológia	Zachytáva venocentrický rast SM lézií	Paramagnetický okraj = FE v makrofágoch (aktivovaná mikroglia). Demyelinizácia tiež zvyšuje lokálnu susceptibilitu tkaniva a môže mať paramagnetický efekt
Hlavné využitie pri SM	Pokročilá diagnostika Zvyšuje citlivosť a špecifickosť Potenciálne zahrnutie do dg. kritérií na zlepšeniečasnej diagnostiky a jej vyššiu presnosť Diferenciálna diagnostika	Prognostický nástroj PRL+ = vyššie riziko invalidity, progresie SM a neurodegenerácie PRL+ = chronická aktívna SM lézia Diferenciálna diagnostika PRL vykazujú vysokú špecifickosť pre SM
Sekundárne využitie	Zmeny v priemere centrálnej žily môžu odrážať atrofiu Mikroštruktúrne zmeny v léziách SM s CVS môžu odrážať rôzne stupne deštrukcie tkaniva	Skúmanie patologických mechanizmov pri SM Výskum nových terapeutických možností
Limitácie	Chýbanie jednotných dg kritérií pre všetky sily MR, hlavne 1,5T Počítanie všetkých CVS+ je časovo náročné Vizualizácia zmien v priemere žily je stále náročná	SWI – artefakty súvisiace s polohou hlavy (minimalizujeme v 7T/pri QSM) Fe a demyelinizácia vytvárajú podobné paramagnetické efekty, ktoré bude ťažké odlišiť pri tradičnom prístupe SWI technik
Do budúcnosti	Vývoj AI/automatických nástrojov na detekciu a počítanie CVS Zlepšenie vizualizácie CVS/dynamiky zmien v priemere žily – použitie „ultrasmall superparamagnetic iron oxide“ (USPIO) – MRI s vysokým rozlíšením a/alebo 7T	Longitudinálne štúdie: definovať zmeny v PRL v rôznych podtypoch SM a vzťah medzi PRL a SEL Vývoj/aplikácia nových MRI akvizíčných a postprocesingových techník na oddelenie signálu rôznych paramagnetických zlúčenín v PRL (demyelinizácia vs. Fe)

nizačnej lézie v T2* a SWI. Naval-Baudin a kol. publikovali prácu, v ktorej využívajú zo štandardného protokolu 3D T1 a T1-dark rim sign považujú za vysoko senzitívny a použiteľný marker obrazu PRL(8). Obraz PRL je typický pre chronicky aktívne lézie (CAL), „tlejúce“ s pomalým rastom na podklade pretrvávajúcich zápalových zmien. Potvrdila sa korelácia medzi prítomnosťou PRL, počtom lézií s príznakom CVS a veľkosťou lézií – popisuje sa špecifickosť 90 % u SM, PRL sú neprítomné u iných demyelinizačných ochorení (vrátane NMO). U SM pacientov s dlhším trvaním, kde je predpoklad vyhasnutia imunitnej aktivity, ide o menej častý nález (7). Základné charakteristiky a možnosti využitia CVS a PRL v SM sú v tabuľke č. 2 a ich dôležitosť je zohľadnená v nových diagnostických McDonaldových kritériách 2024 (schéma 1).

Tlejúca sclerosis multiplex – dôležité pojmy

U pacienta s SM môže progresia postihnutia prebiehať ako zhoršenie spojené s relapsom – relaps activity worsening (RAW) a/alebo ako progresia nezávislá od relapsu – progression independent of relapse (PIRA), čo naznačuje, že postihnutie môže progredovať aj vtedy, keď je aktivita relapsu zdanlivo pod kontrolou. Tieto procesy sú základom

progresie ochorenia už v prvých fázach – predpokladá sa, že SM je kontinuum, v ktorom sa RAW a PIRA vyskytujú od začiatku. Klinický koncept PIRA z roku 2017 prináša so sebou pojmy, ktoré sú zadefinované takto:

Tlejúca SM (smoldering disease) je zastrešujúci pojem pre chronické patobiologické procesy prebiehajúce v CNS kontinuálne počas celej doby ochorenia, mimo akútneho fokálneho zápalu spojeného s neurodegeneráciou vedúcou ku klinickému zhoršeniu. Opiera sa o nálezy na MR, najmä o prítomnosť aktívnych, pomaly sa zväčšujúcich lézií – slowly expanding lesions (SEL)

PIRA – Progresia ochorenia nezávislá od relapsov je považovaná predovšetkým za klinickú manifestáciu tlejúceho ochorenia, obidva pojmy nie sú vzájomne zameniteľné. Tento klin. koncept z roku 2017 neberie do úvahy výsledky MR a pracuje s EDSS, testami 25 FWT, 9HPT (chôdza a jemná motorika).

PIRMA – Progresia ochorenia nezávislá od relapsov a MR aktivity (progression independent of relapse and MRI activity) – koncept vzniknutý na základe limitácií PIRA ako koncového bodu v klinických štúdiách. MR aktivita hodnotí biomarkery ako: prítomnosť CAL (na MR detegované ako PRL a SEL), atrofia mozgu, kortexu a hlbokej sivej hmoty, atrofia miechy a poškodenie traktov bie-

lej hmoty na MR (obraz axonálneho poškodenia a straty neurónov), kortikálne lézie (korelujú s EDSS v podskupine pac. RRMS, asociácia s SPMS zatiaľ nebola pozorovaná), podtyp CAL bez prstenca Fe s aktivovanými myeloidnými bunkami (difúzna fokálna aktivácia mikroglie) a leptomeningeálny enhancement (nešpecifický pre SM, ale korešponduje so zápalovými infiltrátmi meningov a aktiváciou mikroglie v priľahlom kortexe).

Silent progression je zhoršovanie zneschopnenia nezávislé od relapsov a nových lézií, koreluje s atrofiou mozgu

Chronicky aktívne lézie (CAL) sa označujú aj ako zmiešané aktívne/neaktívne lézie, pričom sa môžu prejavovať ako tlejúce lézie (smouldering lesions) s prebiehajúcou demyelinizáciou alebo ako pomaly sa zväčšujúce lézie (SEL) so zmenou objemu v čase. Platí, že nie všetky SEL sú CAL.

Iron rim lesions (PRL) je patologický obraz chronickej aktívnej lézie (CAL) so zápalovým lemom s makrofágmi, s akumuláciou Fe a degradačnými produktmi myelínu na okraji lézie

Podtyp CAL bez prstenca Fe ale s aktivovanými myeloidnými bunkami je zobrazený na PET pomocou 18-kDa traslokátorového proteínu (TSPO) (9,10).

Rádiologicky izolovaný syndróm (RIS)

RIS konzorcium publikovalo početné štúdie s významom prítomnosti CVS+ lézie v dif. dg. RIS od non-SM ochorení. Ich prítomnosť pri RIS bola 66.4 %, u pacientov s MS 70.4 %, a non-SM 12.9 %. Prítomnosť 6 lézií CVS+ znamenala prechod RIS do definitívnej SM s diagnostickou presnosťou 87 % (senzitivita 95 %, špecificita 83 %). Dokonca bola dosiahnutá špecificita 100 %, ak boli zohľadnené ďalšie biomarkery ako OCB, či kappa index. Prítomnosť >1 PRL má vysokú špecificitu a citlivosť (88 %, 80 %), až 29 % jedincov s RIS malo PRL oproti 5 % s inou dg. Moura a kol. 2024 vo svojej štúdii RIS pacientov zdôraznili ako vysoko významnú pre neskorší prechod do SM kombináciu prítomnosti CVS a PRL+ lézií a lézií kortikálnych (11). Podľa nových kritérií sa prítomnosť 6 CVS+ lézií považuje za alternatívu kritéria DIT a marker vysoko pravdepodobného prechodu RIS pacienta do klinicky definitívnej SM (12) (schéma 2).

McDonald 2024 a „LATE-onset“ sclerosis multiplex

5 – 20 % pacientov s SM má prvý symptóm vo vyššom veku, preto sa nová revízia venuje aj pacientom s tzv. LATE-onset SM, pričom presná hranica nie je daná, no považuje sa za ňu vek 50 rokov. Títo pacienti majú ťažší priebeh, rýchlejšie zneschopnenie a väčšinou progresívne formy ochorenia, čo je dôsledok poklesu kompenzačných rezerv a častejšieho postihnutia miechy. V MR obraze je typickým obrazom menej aktívnych (aj chronicky aktívnych) lézií v bielej hmote (BH), menej leptomeningeálneho zápalu a perivaskulárneho zápalu. Počet kortikálnych

lézií je porovnateľný s adult-onset SM. Celková prevalencia PRL lézií u SM pacientov sa udáva 40,6 %, no celkový počet PRL s vekom klesá. Počet 6 lézií s obrazom CVS+ sa popisuje v literatúre ako dobrý znak v dif. dg. SM od iných ochorení a sú aj v algoritmoch nových kritérií u pacientov nad 50 rokov (schéma 3). Vzhľadom k častým nálezom „očiapečkovania“ v súvislosti s vekom sa veľa diskutuje o potrebe zvýšiť počet PV lézií na min. 3 v tejto lokalite (13). U pacientov vo vyššom veku sú často rozšírené Virchow-Robinove priestory, ktoré môžu byť obrazom poruchy glymfatického systému mozgu. Súčasťou glymfatického systému je okrem perivaskulárnych priestorov aj choroidálny plexus, ktorého výrazné zväčšenie je spojené s vyššou zápalovou aktivitou, a často je prítomný od ranného štádia SM. Zväčšený choroidálny plexus nie je špecifický pre SM, ale je aj u iných vaskulárnych a neuropsychiatrických stavov a jeho zväčšenie sa dáva do súvisu so znížením glymfatickým prietokom s vyššou zápalovou aktivitou a často je prítomný od raného štádia SM (14).

Biomarkery progresie SM v MR obraze

MR má významnú úlohu aj v predpovedi možného vývoja ochorenia s progresiou zneschopnenia a predpovedí prechodu do SPSM formy. Medzi takéto prognostické MR biomarkery patrí vyšší počet lézií pri 1. MR, ktorý predikuje vyšší stupeň klinickej disability (EDSS >3.5) po 30 rokoch. Najsilnejším nezávislým prediktorom klinickej disability (EDSS >3.5) a vývoja SPMS po 30 rokoch je počet infratentoriálnych lézií pri baseline a v 1 roku a lézií v hlbokoj BH v 1 roku. Za najlepší prediktor SM-asociovananej mortality po 30 rokoch sa považuje počet infratentoriálnych lézií pri baseline a v 1 roku. Medzi ďalšie ukazovatele patrí prítomnosť 1 a viac lézií v mieche, 1 a viac enahncujúcich lézií, 1 a viac lézií kortikálnych, ako aj zvýšenie počtu a objemu T2 lézií počas prvých piatich rokov ochorenia a 1 či viac nových T2 lézií infratentoriálne počas prvých 3 rokov. Aj prítomnosť lézií CVS a PRL i BVL/atrofia mozgu na začiatku, je vysoko podozrivá pre progresívny vývoj ochorenia (2).

Moderné MR techniky

Kvantitatívne MRI techniky môžu identifikovať a monitorovať biologické procesy in vivo, odhaľujúc mikroštruktúrne poškodenie v rozličných komponentách tkanív – ako sú **axóny, Fe, myelín**.

Axonálna degenerácia: Diffusion-tensor imaging (DTI) je široko využívané vo výskume a DTI metriky (frakčná anizotropia a stredná difuzivita) korelujú s obsahom myelínu a počtom axónov v NAWM i axonálnou hustotou.

Akumulácia železa – okrem PRL môže byť akumulácia Fe prítomná u SM pacienta i v extralézionálnych tkanivách. Na odhad Fe v mozgu sa využíva – QSM a R2*.

QSM pozitívne koreluje s paramagnetickými vlastnosťami Fe a vedie ku zvýšeniu susceptibility, diamagnetický efekt myelínu vedie ku poklesu susceptibility a negatívnej korelácii.

Myelinizácia – niektoré MRI techniky sú senzitívne ku hustote myelínu – najlepšia korelácia s histológiou bola zachytená pri magnetization transfer ratio (MTR) a myelin water fraction (MWF).

„Surface in“ gradienty – extralézionálne abnormality nie sú uniformne distribuované, miesto toho vykazujú SIG v periventrikulárnej BH a kortikálnej ŠH – vyššie abnormality sú bližšie ku povrchu komôr (demonštrateľné najmä na MTR sekv., tiež na kvantit. T1 VO, T2* VO a DWI).

Sodíkové (23Na) MRI: marker bunkovej integrity a tkanivovej viability, so zvýšenou koncentráciou Na (pri axonálnom poškodení) v rámci fokálnych SM lézií v T2 VO a v NAWM Aktuálne prebiehajú výskumy ako nové technológie a metódy strojového učenia, resp. transfer learning, môžu pomôcť v predikcii a diagnostike kognitívnych porúch u pacientov s SM na základe funkčného zobrazenia mozgu (fMR) (2).

Záver a výhľad (do budúcnosti?)

Revízia diagnostických kritérií sclerosis multiplex z roku 2024 prináša významné zmeny v prístupe k zobrazovacím metódam, čo si vyžiada aktualizáciu štandardizovaných protokolov vo svete i u nás na Slovensku (tu boli naposledy revidované kritériá a odporúčané SRS a SNeS v roku 2019, kedy bola na Slovensku publikovaná ich druhá verzia) (15). Integrácia sekvencií ako SWI a FLAIR* do základných protokolov umožní presnejšiu diagnostiku a monitorovanie ochorenia, pričom zohľadní dôležité markery, ako sú lézie s centrálnou vénou (CVS) a paramagnetickým okrajom (PRL).

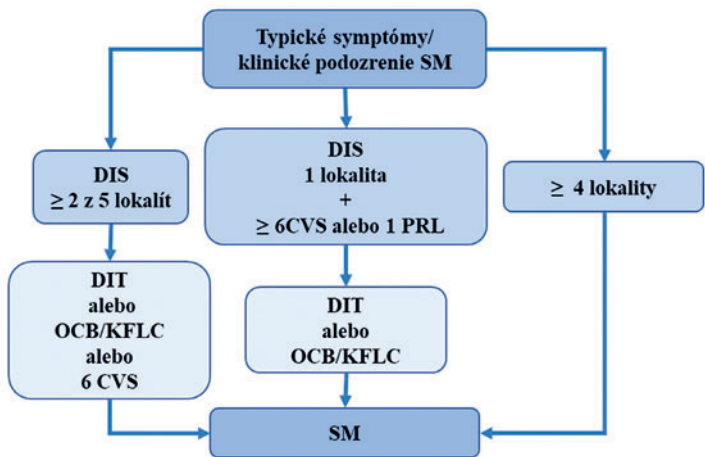
Výšetrenie optického nervu nadobudne ešte väčší význam pri diferenciálnej diagnostike a môže sa stať neoddeliteľnou súčasťou hodnotenia diseminácie v priestore (DIS). Tieto zmeny predstavujú výzvu pre rádiológov aj klinických neurológov, no zároveň otvárajú priestor pre presnejšiu diagnostiku a personalizovanejšiu liečbu. Do budúcnosti je dôležité, aby sa implementácia nových protokolov opierala o multidisciplinárnu spoluprácu a aby sa pokračovalo vo výskume s cieľom ďalšieho zlepšenia zobrazovacích techník v SM.

Literatúra

- Thomson AJ, Banwell BI, Barkhof F, et al. Diagnosis of multiple sclerosis: 2017 revisions of the McDonald criteria. *www.thelancet.com/neurology* vol.17 February 2018, 162-173
- Rocca MA., Preziosa P, Barkhof F, et al. Current and future role of MRI in the diagnosis and prognosis of multiple sclerosis. *Lancet Reg Health Eur.* 2024 Aug 22;44:100978.
- Filippi M, Rocca MA, Ciccarelli O, et al.; MAGNIMS Study Group. MRI criteria for the diagnosis of multiple sclerosis: MAGNIMS consensus guidelines. *Lancet Neurol.* 2016 Mar;15(3):292-303.
- Wattjes MP, Ciccarelli O, Reich DS, et al. Magnetic Resonance Imaging in Multiple Sclerosis study group; Consortium of Multiple Sclerosis Centres; North American Imaging in Multiple Sclerosis Cooperative MRI guidelines working group. 2021 MAGNIMS-CMSC-NAIMS consensus recommendations on the use of MRI in patients with multiple sclerosis. *Lancet Neurol.* 2021 Aug;20(8):653-670.
- Vidal-Jordana A, Rovira A, Calderon W, et al.: Adding the Optic Nerve in Multiple Sclerosis Diagnostic Criteria: A Longitudinal, Prospective, Multicenter Study. *Neurology.* 2024 Jan 9;102(1):e200805.
- Foster MA, Pontillo G, Davagnanam I et.al. Improving criteria for dissemination in space in multiple sclerosis by including additional regions *Annals of Neurology* 30 July 2024 <https://doi.org/10.1002/acn3.52170>
- Rimkus CM, et al. Central Vein Sign and Paramagnetic Rim Lesions: Susceptibility Changes in Brain Tissues and Their Implications for the Study of Multiple Sclerosis Pathology. *Diagnostics (Basel).* 2024 Jun 27;14(13):
- Naval-Baudin P, Pons-Escoda A, Castillo-Pinar A et al. The T1-dark-rim: A novel imaging sign for detecting smoldering inflammation in multiple sclerosis. *Eur J Radiol.* 2024 Apr;173:111358.
- Ciccarelli O, Barkhof F, Calabrese M, Toosy AT; as the MAGNIMS Study Group. Using the Progression Independent of Relapse Activity Framework to Unveil the Pathobiological Foundations of Multiple Sclerosis. *Neurology.* 2024 Jul 9;103(1):e209444.
- Ananthavarathan P, Sahi N, Chard DT. An update on the role of magnetic resonance imaging in predicting and monitoring multiple sclerosis progression. *Expert Rev Neurother.* 2024 Feb;24(2):201-216
- Moura J, Granziera C, Marta M, Silva AM. Emerging imaging markers in radiologically isolated syndrome: implications for earlier treatment initiation. *Neurol Sci.* 2024 Jul;45(7):3061-3068
- Lebrun-Frenay C. The confavreux lecture: The radiologically isolated syndrome diagnosis, prognosis and perspectives. *Multiple Sclerosis Journal.* 2025;31(3):249-256. doi:10.1177/13524585241311217
- Filippi M, Preziosa P, Barkhof F, et al.. The ageing central nervous system in multiple sclerosis: the imaging perspective. *Brain.* 2024 Nov 4;147(11):3665-3680.
- Alghanimy AA, Giovannoni G, Lechner-Scott J.. Is multiple sclerosis a glymphaticopathy? *Mult Scler Relat Disord.* 2023 Dec;80:105141.
- Daňová M a kol.. SM – Štandardizovaný MR protokol vyšetrenia a štandardizovaný popis, verzia 2,2019, Kompendium medicíny extra, Interdisciplinárny manažment pacienta so sclerosis multiplex, jún 2019, str. 7-9 https://www.slovakradiology.sk/files/dokumenty/2019/KME_m_radio%20maj%2019%20final.pdf

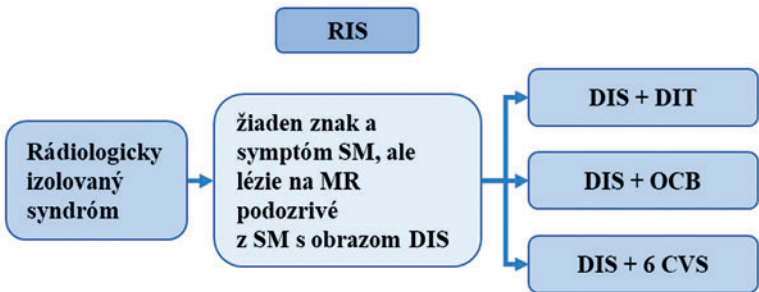
Obrazová príloha

Schéma č. 1: 2024 revízia McDonald kritérií, Diagnostické kritéria, (X. Montalban, ECTRIMS 2024)



Lokalita: periventrikulárne, juxtakortikálne, infratentoriálne, miecha, N.II,
Iron rim sign (PRL) - príznak železného prstenca, **Central vein sign (CVS)** - príznak centrálnej vény,
KFLC: kappa free light chain, **OCB:** oligoclonal band

Schéma č. 2: 2024 revízia McDonald kritérií, RIS (X. Montalban, ECTRIMS 2024)



DIS: diseminácia v priestore, **DIT:** diseminácia v čase, **OCB:** oligoclonal band,
CVS: Central vein sign (CVS) - príznak centrálnej vény

Schéma č. 3: 2024 revízia McDonald kritérií, Late - onset SM (X. Montalban, ECTRIMS 2024)



KFLC: kappa free light chain, **OCB:** oligoclonal band, **CVS:** Central vein sign (CVS) - príznak centrálnej vény