

# Restrikce difuze na MR mozku

## Brain MRI with diffusion restriction

Zuzana Sedláčková, Jakub Čivrný, Eva Čecháková, Miroslav Heřman

Radiologická klinika Lékařské fakulty Univerzity Palackého v Olomouci a Fakultní nemocnice Olomouc

### Hlavní stanovisko práce

Nejtypičtějším nálezem s restrikcí difuze je akutní ischemie, s podobným obrazem se ale často setkáváme i u hematomů. Restrikci difuze také vykazují vysoce buněčné tumory, celkový souhrn diagnóz s restrikcí difuze je ale výrazně širší.

### SOUHRN

Sedláčková Z, Čivrný J, Čecháková E, Heřman M. Restrikce difuze na MR mozku

**Cíl:** Zhodnotit MR mozku provedená na našem pracovišti za 1 rok a zjistit četnost jednotlivých diagnóz s obrazem restrikce difuze.

**Metodika:** Celkem jsme z 6001 MR mozku našli 324 vyšetření, na kterých byl obraz restrikce difuze. Na nich jsme pak hodnotili velikost, lokalizaci a u ischemií dobu uplynulou od vzniku potíží a korelát postižené oblasti na FLAIR.

**Výsledky:** U 189 pacientů (58 %) byla diagnostikována akutní ischemie, u 68 (21 %) krvácení (nejčastěji pooperační), u 50 (15 %) tumor a u 17 (5 %) byla etiologie jiná. Pacienti s akutní ischemií a tumory byli signifikantně starší než pacienti s ostatními diagnózami.

**Závěr:** V každodenní praxi se můžeme nejčastěji setkat s restrikcí difuze u akutní ischemie, ale existují i další diagnózy s tímto nálezem, které je vhodné znát (a jsou vyjmenovány v diskusi tohoto článku). MR je třeba vždy popisovat se znalostí klinického stavu pacienta a nálezu na zbylých MR sekvencích.

**Klíčová slova:** absces, ischemie, lymfom, difuzní magnetická rezonance.

### Major statement

Most typical finding with diffusion restriction is acute ischemia, however, similar image can be frequently encountered in hematomas. Diffusion restriction can be also seen in highly cellular tumours, nevertheless, the total count of diagnoses with diffusion restriction is considerably higher.

### SUMMARY

Sedláčková Z, Čivrný J, Čecháková E, Heřman M. Brain MRI with diffusion restriction

**Aim:** Assessment of all brain MRIs in our hospital done during one-year period and finding out the frequency of each diagnosis with the image of diffusion restriction.

**Methods:** We found 324 examinations, that shown diffusion restriction out of 6.001 brain MRIs. In those we assessed size, localisation and in ischemia the time passed from the onset of a stroke and correlation of changes on FLAIR.

**Results:** Acute ischemia was diagnosed in 189 patients (58%), haemorrhage (mostly postoperative) in 68 (21%), tumour in 50 (15%) and other etiology in 17 patients (5%). Patients with acute ischemia and tumours were significantly older than patients in remaining groups.

**Conclusion:** In everyday practise we encounter diffusion restriction in acute ischemia, but there are more diagnoses with these finding, and it is good to know them (list of them is in the discussion of this article). MR should be always described with the knowledge of patients' clinical status and findings on remaining MRI sequences.

**Key words:** abscess, ischemia, lymphoma, diffusion magnetic resonance imaging.

Přijato: 15. 9. 2019.

#### Korespondenční adresa:

MUDr. Zuzana Sedláčková, Ph.D.  
Radiologická klinika LF a FN  
I. P. Pavlova 6, 779 00 Olomouc  
e-mail: zuzana.sedlackova@fnol.cz

Konflikt zájmů: žádný.

Práce byla podpořena granty MZ ČR – RVO (FNOL, 00098892) a interním grantem Palackého Univerzity v Olomouci IGA LF 2019-002.

## ÚVOD

Difuzně vážený obraz představuje nástroj k měření změn signálu způsobených mikroskopickým pohybem atomů vodíku, respektive molekul vody (1). V tekutinách, jako je například likvor, existuje jen málo překážek pro difuzní pohyb, který probíhá náhodně a je přibližně stejný všemi směry. Hlavní překážkou pro pohyb molekul vody tvoří buněčné membrány (2). Difuze molekul vody ve tkáních je proto nižší než ve vodě a dále klesá s rostoucí buněčností tkáně. Difuze molekul vody je také nižší v kapalinách obsahujících buňky nebo debrís a dále při přesunu molekul vody do intracelulárního prostoru.

Měření difuze je dosaženo aplikací tzv. senzitivizujícího přídatného magnetického pole. Tento přídatný gradient způsobuje pokles signálu v tkáních a tekutinách s volnou difuzí, ale ve tkáních s omezenou difuzí nemá takový vliv na intenzitu měřeného signálu. Pokles signálu při aplikaci přídatného gradientu v prostředí bez restrikce difuze lze vysvětlit náběrem slabších signálů z refokuse spinů, protože vlivem difuze došlo k náhodnému promíchání protonů o různé rychlosti precese, a proto po aplikaci refokusačního pulzu nedojde k odstranění fázového posunu a tvorbě echa. Takové protony se nebudou podílet na tvorbě signálu. Naopak ve tkáních s restrikcí difuze jsou protony uzamčeny v daném voxelu, nedojde k promíchání protonů o různé rychlosti precese a aplikace senzitivizujícího gradientu nebude mít takový vliv na výsledný signál jako v tkáních s volnou difuzí. Při měření signálu bez aplikace přídatného gradientu nemá difuzní pohyb protonů výrazný vliv na výsledný signál (3–5).

Pro posouzení, zda v určitém prostředí je, či není omezená difuze protonů neboli restrikce difuze, musíme ještě provést porovnání obrazů vzniklých za aplikace alespoň jednoho přídatného gradientu (např.  $b = 1000$ ) s obrazy bez aplikace tohoto gradientu ( $b = 0$ ), jinými slovy musíme změřit aparentní difuzní koeficient (ADC), který vychází z předchozích měření signálů provedených s aplikací a bez aplikace přídatného gradientu. Nízká hodnota ADC potvrzuje přítomnost skutečné restrikce difuze, kterou jsme vyčetli z nálezu vysokého signálu na obrazech s aplikací přídatného gradientu (např.  $b = 1000$ ). Přítomnost vysokého signálu na ADC

proti tomu značí zachovalý difuzní pohyb, a to i přes přítomnost vysokého signálu na měření se zapnutým senzitivizujícím gradientem, což se někdy označuje jako tzv. fenomén T2-shine through (3, 4).

Obraz restrikce difuze pozorujeme někdy i v určitých stádiích krvácení vlivem magnetické susceptibility hemoglobinu a jeho metabolitů (6).

Cílem naší práce bylo zjistit, jak častý je na MR mozku obraz restrikce difuze a jaké byly diagnózy s tímto nálezem ve vybraném období.

## METODIKA

Práce byla provedena se souhlasem etické komise FN a LF UP v Olomouci. Retrospektivně jsme prošli všechna MR vyšetření mozku v období od 1. 6. 2017 do 31. 5. 2018. Během těchto 12 měsíců bylo na Radiologické klinice FN Olomouc provedeno 6001 MR mozku. U 354 vyšetření jsme našli obraz restrikce difuze a po vyloučení opakovaných vyšetření u stejných pacientů nám zbylo 324 nálezů. Poměr mužů a žen ve výsledném souboru byl 172 : 152, věkové rozmezí bylo 0–91 let (průměr 58 let).

Zaznamenávali jsme výslednou diagnózu u jednotlivých pacientů, velikost a lokalizaci oblasti s obrazem restrikce difuze, u ischemií předcházející CT/CTA a dobu, která uplynula od začátku obtíží. Dále jsme hodnotili případné změny na ostatních provedených sekvencích. U MR s kontrastní látkou (celkem 101 vyšetření) jsme hodnotili sycení.

Zjišťovali jsme, zda některý z námi sledovaných parametrů může pomoci při určování diagnózy. Hladina

Tab. 1. Celkové počty jednotlivých diagnóz s obrazem restrikce difuze

Table 1. Total count of different diagnoses with the image of diffusion restriction

Diagnóza	Počet
ischemie	189 (58 %)
krvácení	68 (21 %)
tumor	50 (15 %)
jiné	17 (5 %)

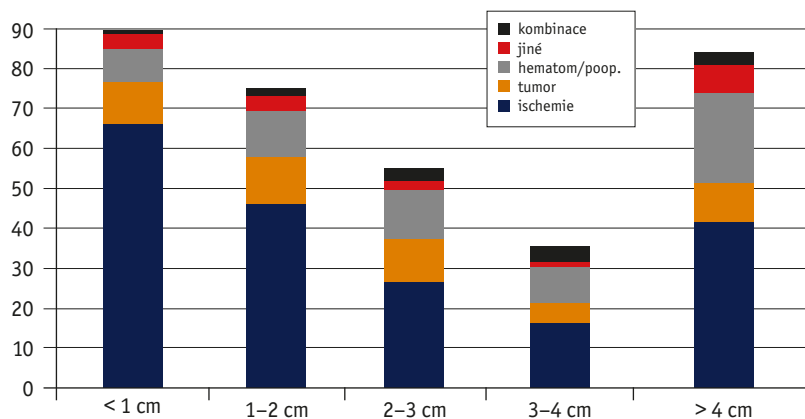
významnosti pro statistické hodnocení byla 0,05.

## VÝSLEDKY

Tabulka 1 shrnuje zastoupení jednotlivých diagnóz u 324 pacientů a graf 1 rozdělení podle velikosti.

U ischemií byla nejčastější lokalizace v bílé hmotě hemisfér v 34 %, v kortexu v 30 %, v bazálních gangliích v 16 %, v mozkovém kmeni v 11 %, v thalamu ve 4 %, v mozečku ve 4 % a v corpus callosum v 1 %. Celkem 78 % pacientů s ischemií mělo v době vyšetření již korlát restrikce difuze na FLAIR. Z celkem jedenácti pacientů, kteří měli i postkontrastní vyšetření, bylo u tří přítomné sycení. U 26 pacientů byla před MR provedena CT angiografie mozku a u 28 nativní CT mozku. Z celkových 189 pacientů s ischemií začaly obtíže u 73 osob stejný den, kdy byla provedena MR, u 35 začaly den předtím a u 81 před 2 a více dny.

Největší část v kategorii krvácení tvořily pooperační změny (63 %), u 32 % šlo o hematom, u 5 % pak o difuzní axonální poranění.



Graf 1. Rozložení diagnóz podle velikosti

Graph 1. Distribution of diagnoses according the size

**Tab. 2. Přehled onemocnění s restrikcí difuze na MR mozku u dospělých pacientů (onemocnění, která mají restrikci difuze téměř vždy, jsou zvýrazněná tučně)**

**Table 2. List of diseases with diffusion restriction on brain MRI in adults (diseases, that nearly always have the diffusion restriction, are highlighted)**

<b>akutní ischemie</b> (obr. 1)
<b>absces</b> (obr. 2), <b>empyém</b> (obr. 3)
<b>lymfom</b> (obr. 4)
<b>Creutzfeldtova-Jakobova choroba</b> (obr. 5)
vysoce celulární tumory, metastázy (obr. 6)
difuzní axonální poranění (obr. 7)
akutní diseminovaná encefalomyelitida (ADEM) (obr. 8)
syndrom zadní reverzibilní encefalopatie (PRES) (obr. 9)
encefalitida (obr. 10)
Wernického encefalopatie (obr. 11)
Marchiafava-Bignamiho syndrom
osmotický demyelinizační syndrom (obr. 12)
hypo-/hyperglykemie (obr. 13)
cysta Rathkeho výchlípků
akutní fáze Wilsonovy choroby
otrava oxidem uhelnatým
roztřesená skleróza
epilepsie (obr. 14)

Tumory s restrikcí difuze byly lokalizovány intraaxiálně supratentoriálně v 60 %, intraaxiálně infratentoriálně v 6 %, extraaxiálně intrakraniálně v 26 % a 8 % tvořila ložiska kalvy a měkkých tkání hlavy. Z intraaxiálních tumorů bylo 26 gliomů, čtyři lymfomy, tři metastázy, dva astrocytomy, v zadní jámě byl jeden meduloblastom a jeden hemangioblastom. Extraaxiálně jsme popsali devět meningeomů.

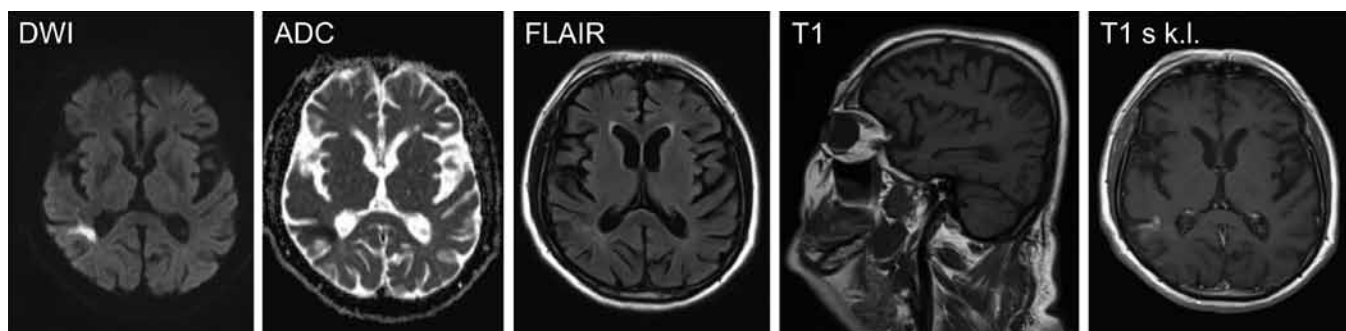
V tabulce 1 byly do skupiny „jiné“ zařazeny méně časté nálezy. Diagnostikovali jsme čtyři xanthogranulomy choroidálního plexu, tři případy encefalitidy (při toxoplazmóze, při EBV a s neznámou etiologií), tři metabolické příčiny (hyperglykemie, osmotický demyelinizační syndrom a metabolický rozvrat), dva abscesy, empyém, infikovanou dermoidní cystu, CADASIL (Cerebral Autosomal Dominant Arteriopathy with Subcortical Infarcts and Leukoencephalopathy), trombózu splavu a kavernom.

Při statistickém hodnocení jsme nezjistili signifikantní souvislost mezi

velikostí či lokalizací léze a diagnózou. Ischemie a tumory se signifikantně častěji vyskytovaly u starších pacientů ve srovnání se dvěma zbylými diagnózami ( $p = 0,023$ ). Jejich průměrný věk byl 61,2 let, resp. 60,4. Průměrný věk pacientů s krvácením byl 51,1 let, při vyloučení pooperačních změn pak 47,5. Pacienti s „jinými“ diagnózami měli průměrný věk 46,8 let.

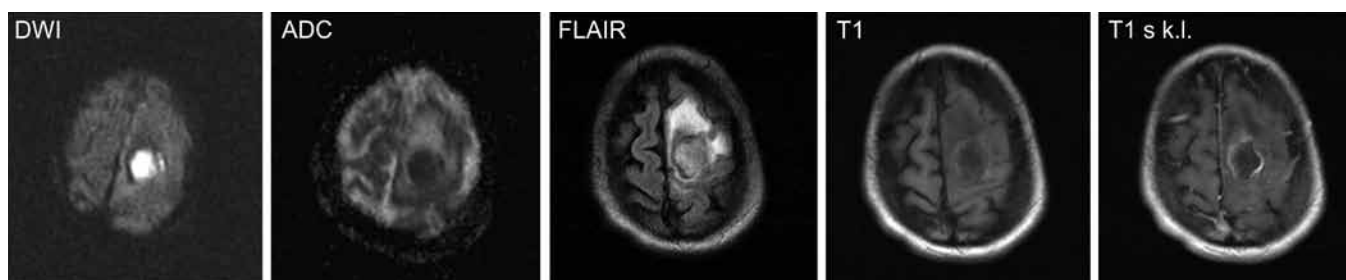
## DISKUSE

Tabulka 2 shrnuje možné nálezy s restrikcí difuze na MR mozku u dospělých (7), větší část nálezů doplňujeme i ilustrativními obrázky z naší kliniky z posledních let (obr. 1 až 14). Hematomy nejsou v tabulce zahrnuty, neboť obraz restrikce difuze jen imitují. Některé diagnózy vykazují restrikci difuze téměř vždy (akutní ischemie, absces a empyém, lymfom a Creutzfeldtova-Jakobova choroba), u ostatních je přítomná jen někdy. V literatuře lze narazit i na atypické etiologie onemocnění z tabulky 2, zpravidla



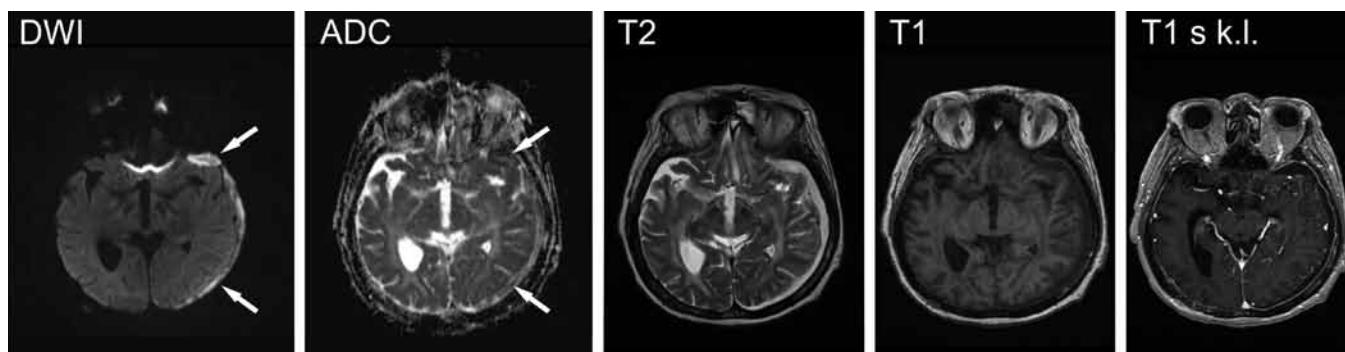
**1 Akutní ischemie.** Pacientka, 78 let, nalezena manželem ležící na zemi, neurologicky s levostranným deficitem. Parietálně vpravo je patrný okrsek hypersignální na DWI, hyposignální na ADC = s restrikcí difuze, jež má hypersignální korelát na FLAIR, postkontrastně s jemným syčením při luxusní perfuzi.

**Acute ischemia.** 78 years old woman, found by her husband lying on the ground, neurologically with the left-sided deficit. There is a small DWI hyperintense area, hypointense on ADC = with diffusion restriction in the right parietal lobe, it already has hyperintense correlate on FLAIR. After application of contrast agent with mild enhancement due to luxurious perfusion.



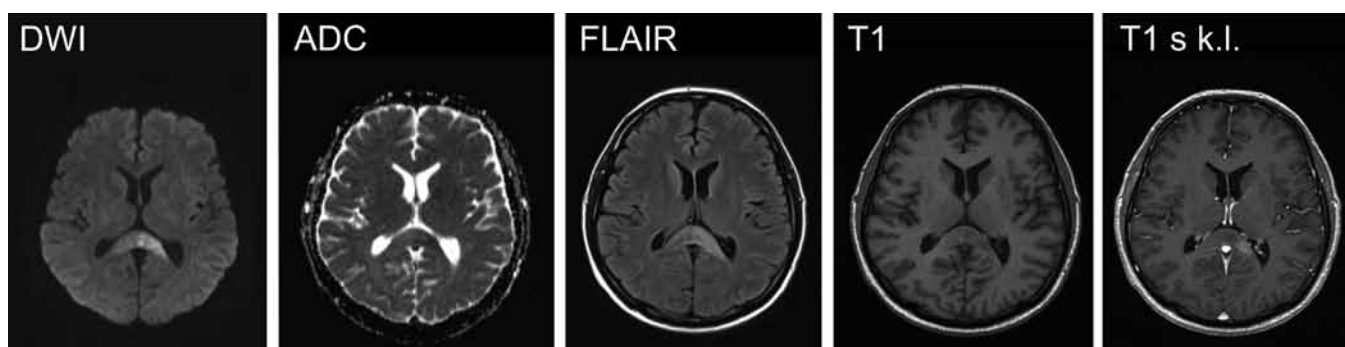
**2 Absces.** Pacientka, 32 let, od včerejší noci pozorovala oslabení pravostranných končetin. Vysoko frontálně vlevo je ložisko s restrikcí difuze, má na FLAIR hypersignální okolí při kolaterálním edému, postkontrastně se sytí lem ložiska.

**Abscess.** 32 years old woman, since yesterday night with weakening of right sided limbs. In the left frontal lobe cranially there is a lesion with diffusion restriction, with hyperintense surroundings on FLAIR due to collateral oedema and with ring enhancement of the lesion.



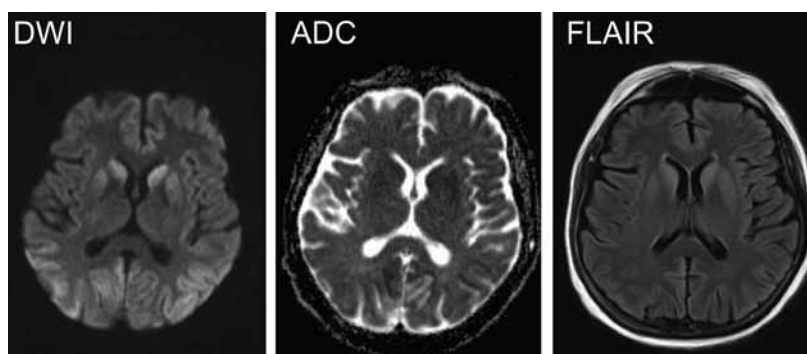
**3 Empyém.** Pacient, 60 let, zmatenost. Temporo-okcipitálně vlevo je kolekce s restrikcí difuze (šipky), je hypersignální na T2, postkontrastně se sytí přilehlé meningy.

**Empyema.** 60 years old man, confused. In the left temporo-occipital region is collection of fluid with diffusion restriction (arrows), it is hyperintense on T2, after application of contrast agent with enhancement of nearby meninges.



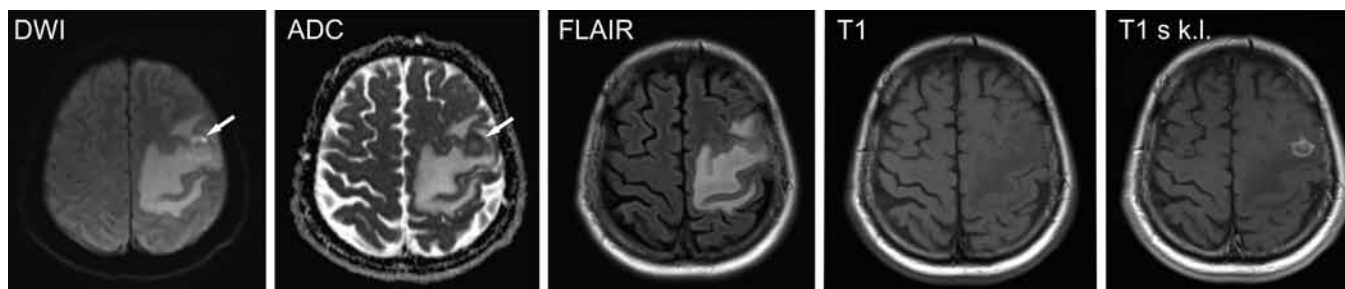
**4 Lymfom.** Pacient, 57 let, s rok trvající horizontální diplopií a chronickými bolestmi hlavy. Ve spleniu corporis callosi vlevo restrikce difuze, s korelátém na FLAIR a postkontrastním syćením.

**Lymphoma.** 57 years old man, with year lasting horizontal diplopia and chronic cephalaea. In the left side of splenium of corpus callosum there is diffusion restriction, with correlate on FLAIR and post contrast enhancement.



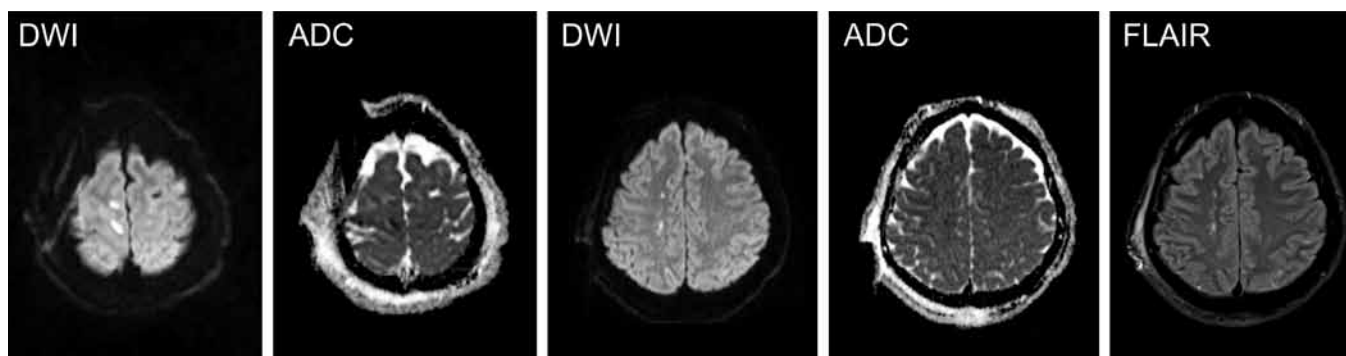
**5 Creutzfeldtova-Jakobova choroba.** Pacientka, 60 let, porucha vědomí kvalitativního charakteru. Nápadné symetrické oblasti s restrikcí difuze parieto-ookcipitálně a v bazálních gangliích bilaterálně, hypersignální změny na FLAIR.

**Creutzfeldt-Jakob disease.** 60 years old woman, with qualitative consciousness disorder. Prominent symmetrical areas with diffusion restriction in parietal and occipital region and bilaterally in basal ganglia. Hyperintense changes on FLAIR.

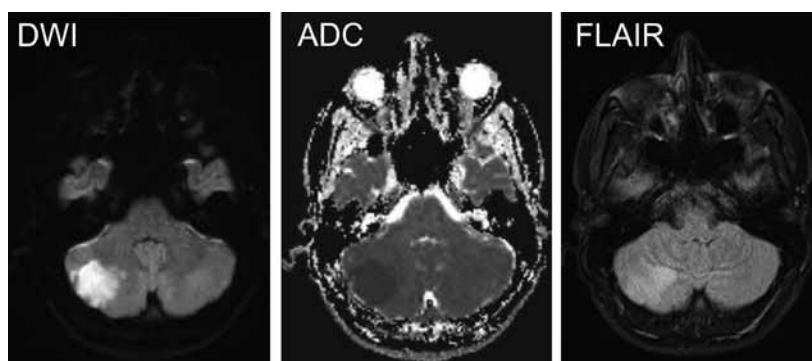


**6 Metastáza.** Pacient, 62 let, týden trvající paréza pravé horní končetiny, nyní stav po parciálním epiparoxysmu s projevy na pravé polovině obličeje. Před měsícem zjištěn adenokarcinom plic. Malé ložisko s restrikcí difuze vysoko frontálně vlevo (šipky), s výrazným kolaterálním edémem a postkontrastním prstenčitým syćením.

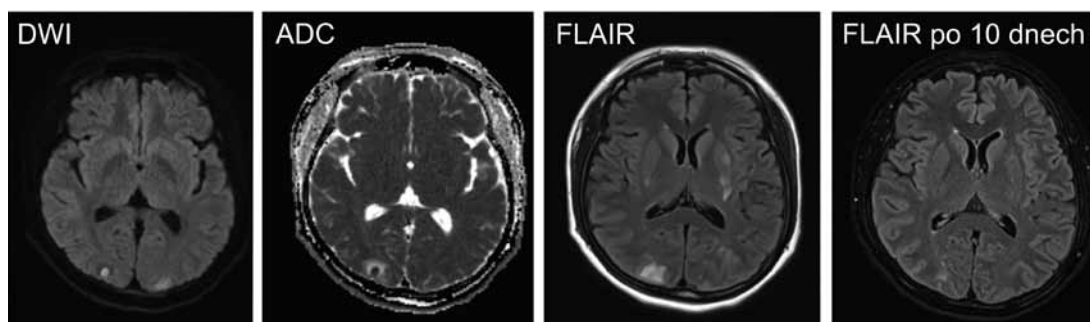
**Metastasis.** 62 years old man, week lasting paresis of the right upper limb, now after partial epileptiform attack affecting the right face side. Lung adenocarcinoma diagnosed month ago. Small lesion with diffusion restriction high in the left frontal lobe, with collateral oedema, ring enhancement after application of contrast agent.



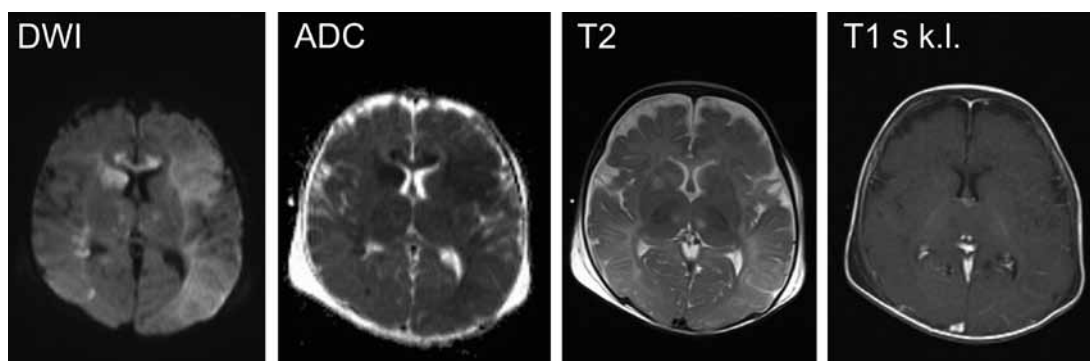
**7 Difuzní axonální poranění.** Pacient, 23 let, autonehoda, auto vrazilo do mostku a skončilo v potoce. Byl vyprošťován, na místě v bezvědomí. Několik malých okrsků s restrikcí difuze vysoko frontálně a v centrum semiovale, mají korelát na FLAIR.  
**Diffuse axonal injury.** 23 years old man, car accident, the car crashed into the bridge and landed into the stream. He was unconscious disengaged from the vehicle. Several small areas with diffusion restriction high in the frontal lobe and in centrum semiovale, with correlate on FLAIR.



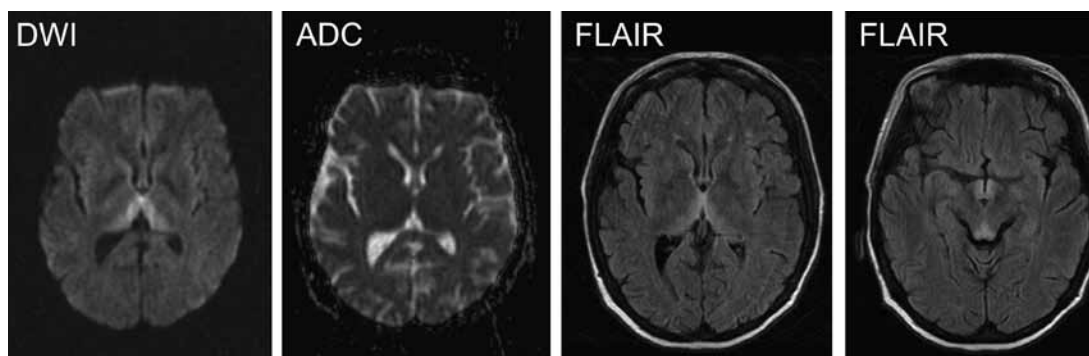
**8 Akutní diseminovaná encefalomyelitida (ADEM).** Pacient, 20 let, již měsíc udává teploty, bolesti hlavy a celkovou malátnost. V pravé mozečkové hemisféře oblast restrikce difuze s hypersignálním korelátem na FLAIR.  
**Acute disseminated encephalomyelitis (ADEM).** 20 years old man, temperatures over month, cephalaea and overall slackness. Area of diffusion restriction with FLAIR correlate in the right cerebellum hemisphere.



**9 Syndrom zadní reverzibilní encefalopatie (PRES).** Pacientka, 26 let, postpartální porucha vizu. Okcipitálně vpravo okresek s restrikcí difuze, na FLAIR změny i v bazálních gangliích. Na kontrolním MR za 10 dní výrazná regrese nálezů (prezentován obraz na FLAIR).  
**Posterior reversible encephalopathy syndrome (PRES).** 26 years old woman, postpartum visual disorder. Small area with diffusion restriction in the right occipital lobe, changes in basal ganglia on FLAIR as well. On the controlling MRI after ten days distinct regression of changes (image on FLAIR is presented).

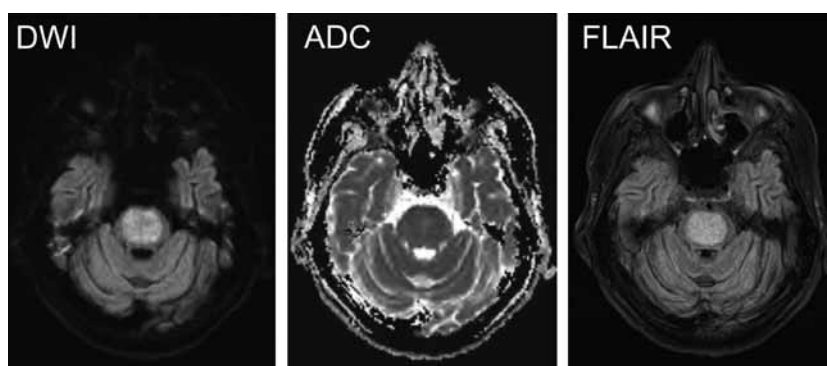


**10 Encefalitida.** Tříměsíční dítě, febrilie k 39 °C, zvracení a průjemovitá stolice. Výrazné splývající areály v bílé hmotě více vlevo a v bazálních gangliích více vpravo, na T2 jen minimální hypersignální změny v pravém nucleus caudatus, postkontrastně bez syčení.  
**Encephalitis.** Three-month old child, fever up to 39 °C, vomiting and diarrhoea. Pronounced confluent areas in white matter with left side affected more and in the basal ganglia more on the right side, with only mild changes on T2 in the right nucleus caudatus, with no enhancement after application of contrast agent.



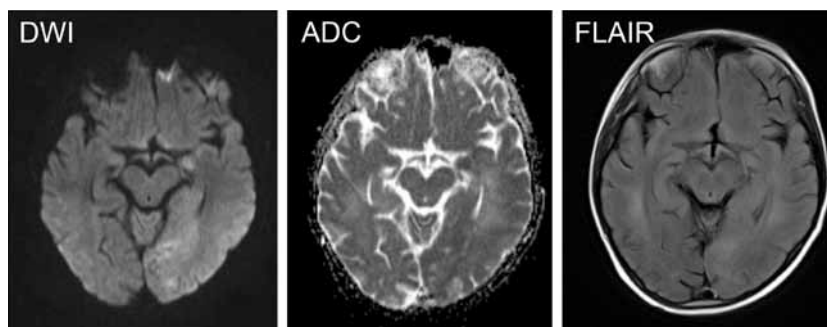
**11 Wernického encefalopatie.** Pacientka, 39 let, s toxonutritivní pankreatití, klinicky pozvolná změna stavu vědomí, přechodná kvadruparéza, bradypsychismus, dezorientace, nystagmus. Symetrická restrikce difuze v thalamech mediodorzálně s hypersignálním korelátem na FLAIR, dále změny v lamina quadrigemina a v corpora mammillaria.

**Wernicke encephalopathy.** 39 years old woman, toxonutritive pancreatitis, gradual change of consciousness, transitional quadripareisis, bradypsychism, disorientation, nystagmus. Symmetric diffusion restriction mediodorsally in both thalami with hyperintense correlate on FLAIR, furthermore changes in lamina quadrigemina and in corpora mammillaria.



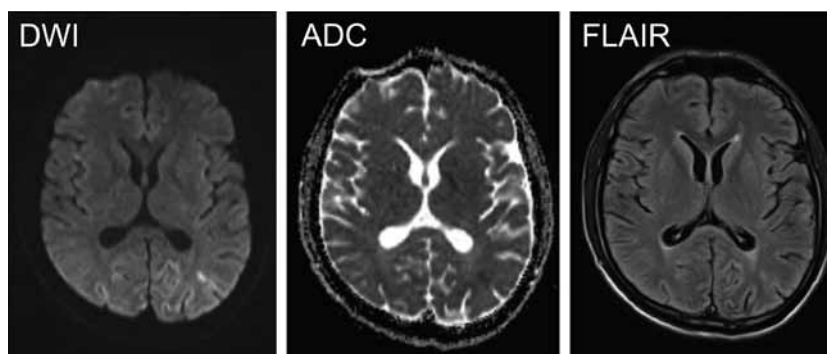
**12 Osmotický demyelinizační syndrom.** Pacientka, 37 let, odvykací stav při abúzu alkoholu. Výrazný okrsek restrikce difuze centrálně v pontu s hypersignálním korelátem na FLAIR.

**Osmotic demyelination syndrome.** 37 years old woman, withdrawal from alcohol abuse. Pronounced area with diffusion restriction in the central part of pons with hyperintense correlate on FLAIR.



**13 Hyperglykemie.** Pacient, 33 let, diabetik I. typu, nalezen v bezvědomí, resuscitován, glykemie v analyzátoru neměřitelná (nad rozmezí) z laboratoře nad 83 mmol/L. Okcipitálně bilaterálně okrsky s restrikcí difuze, s nevýrazným hypersignálním korelátem na FLAIR.

**Hyperglycaemia.** 33 years old man, with 1<sup>st</sup> type diabetes, found unconscious, resuscitated, glycaemia in the analyser unmeasurable (above the scale), in the laboratory above 83 mmol/L. Areas with diffusion restriction in both occipital lobes, with mild hyperintense correlate on FLAIR.



**14 Epilepsie.** Pacient, 66 let, klonické záchvaty pravostranných končetin, následně parestezie. Restrikce difuze okcipitálně vlevo s korelátem na FLAIR.

**Epilepsy.** 66 years old man, with clonic spasms of right-sided limbs, followed by paraesthesia. Diffusion restriction with FLAIR correlate in the left occipital lobe.

prezentované jako kazuistiky, například dvě práce o pacientkách s hyperemesis gravidarum, u kterých se vyvinul obraz odpovídající Wernického encefalopatii (8, 9), pacienta s oboustrannou ischemií v hippocamech po akutní intoxikaci kokainem (10) a pacientku s PRES po transplantaci srdce (po transplantaci jater či ledvín již byl PRES zdokumentovaný vícekrát) (11).

S dalšími onemocněními s restrikcí difuze se lze setkat u dětských pacientů. Jsou jimi: neonatální adrenoleukodystrofie, nemoc Canavanové, novorozenecká neketotická hyperglycinemie, etylmalonická encefalopatie, Alexandrova choroba (neboli fibrinoidní leukodystrofie), Leighův syndrom, neurodegenerace asociovaná s pantotenát kinázou (PKAN) a MELAS (mitochondrial encephalomyopathy, lactic acidosis and stroke-like episodes) (7). Práce z Francie (12) popisuje restrikci difuze u dětských pacientů s akutní neurotoxitou spojenou s užíváním methotrexátu při akutní lymfoblastické leukemii.

Nejčastější diagnózou s nálezem restrikce difuze byly v naší práci

ischemické cévní mozkové příhody.

Na našem pracovišti se u většiny těchto pacientů využívá v první řadě CT s CTA intrakraniálních tepen, jelikož je rychlejší. MR s MRA preferujeme u pacientů s neznámou dobou vzniku ischemie (většinou po probuzení, tzv. wake-up stroke), nebo uplynulo-li více než 8 hodin od vzniku potíží. Proto jsme v našem souboru často našli již změny signálu i na FLAIR, které se začínají objevovat během 3–4 hodin od vzniku ischemie. CT ani MR perfuze na našem pracovišti v tuto chvíli neprovádíme. V roce 2018 vydala American Heart Association nové doporučené postupy při cévních mozkových příhodách, ve kterých je prodlouženo okno pro tromboektomii z 6 na 24 hodin u pacientů, kde se pomocí zobrazovacích metod prokáže potencionální přínos. Pokud by se zavedly i u nás, představovala by perfuzní zobrazení vhodnou metodu pro výběr pacientů s prodlouženým terapeutickým oknem (13). V současné době se na našem pracovišti při zvažování prodloužení terapeutického okna řídí intervenční radiolog s neurologem klinickým stavem pacienta.

Nejpodobnější naší práci je publikace z roku 2017, ve které autoři hodnotili léze corpus callosum s obrazem restrikce difuze (14). Ze 174 případů bylo 47 % vaskulárních a 53 % nevaskulárních. Jak jsme potvrdili v naší práci, corpus callosum není časté místo pro typickou ischemii. Z vaskulárních etiologií autoři popisovali nejčastěji souvislost s vaskulitidou/vaskulopatií, hyperkoagulačním stavem a kardioembolizací. Nejčastějšími nevaskulárními etiologiemi pak byly v jejich práci trauma (44 %), tumor (22 %) a demyelinizace (15 %). Léze s vaskulárním původem se vyskytovaly častěji u starších pacientů a osob s rizikovými vaskulárními faktory.

## ZÁVĚR

Výčet diagnóz s obrazem restrikce difuze na MR mozku je pestrý. Přestože nejčastěji se setkáme s ischemií, hematomy imitujícími restrikci difuze a s tumory, je vhodné mít na paměti i další méně častá onemocnění a vždy zhodnotit všechny dostupné informace, které o pacientovi máme. ●

## LITERATURA

- Hagmann P, Jonasson L, Maeder P, et al. Understanding diffusion MR imaging techniques: from scalar diffusion-weighted imaging to diffusion tensor imaging and beyond. *RadioGraphics* 2006; 26(Suppl 1).
- Seidl Z, Vaněčková M. Diagnostická radiologie. Neuroradiologie. Praha: Grada Publishing 2014.
- Lipton ML. Totally accessible MRI: A user's guide to principles, Technology, and applications. New York: Springer 2008.
- Schild HH, Buzzology MR. Berlin: H Heenemann GmbH 2012.
- Chavhan GB. MRI Made Easy. Kent: Anshan Publishing 2007.
- Kang BK, Na DG, Ryoo JW, et al. Diffusion-Weighted MR Imaging of Intracerebral Hemorrhage. *Korean J Radiol* 2001; 2(4): 183–191.
- Sedláčková Z, Dornák T, Čecháková E, Buřval S, Heřman M. Přehled onemocnění s obrazem restrikce difuze na magnetické rezonanci mozku. *Cesk Slov Neurol N* 2018; 81(5): 539–545.
- Anwar J, Soomro S, Javed K, Omer S. MRI Findings In Acute Wernicke's Encephalopathy, Caused By Hyperemesis Gravidarum. *J Ayub Med Coll Abbottabad* 2016; 28(2): 409–410.
- Chitra S, Lath KV. Wernicke's encephalopathy with visual loss in a patient with hyperemesis gravidarum. *J Assoc Physicians India* 2012; 60: 53–56.
- Connelly KL, Chen X, Kwan PF. Bilateral hippocampal stroke secondary to acute cocaine intoxication. *Oxf Med Case Reports* 2015; 2015(3): 215–217.
- Ramirez R, Muskula PR, Everley MP. Posterior Reversible Encephalopathy Syndrome After Orthotopic Heart Transplantation: A Case Report. *Am J Case Rep* 2017; 18: 487–490.
- Deneux V, Leboucq N, Saumet L, et al. Acute methotrexate-related neurotoxicity and pseudo-stroke syndrome. *Arch Pediatr* 2017; 24(12): 1244–1248.
- Byrne D, Walsh JP, MacMahon PJ. An acute stroke CT imaging algorithm incorporating automated perfusion analysis. *Emerg Radiol* 2019; 26(3): 319–329.
- Wilson CA, Mullen MT, Jackson BP, Ishida K, Messé SR. Etiology of Corpus Callosum Lesions with Restricted Diffusion. *Clin Neuroradiol* 2017; 27(1): 31–37.