

přehledový článek

Možnosti zobrazovacích metod v diagnostice syndromu nitrolební hypotenze

Imaging modalities in the diagnosis of intracranial hypotension syndrome

Tereza Habas, Miloš Keřkovský, Ludmila Čaňková

Klinika radiologie a nukleární medicíny LF MU a FN Brno

Hlavní stanovisko práce

Přehled radiologických nálezů typických pro diagnózu spontánní intrakraniální hypotenze a popis metod využívaných pro detekci místa úniku mozkomíšního moku, včetně dynamické CT myelografie.

SOUHRN

Habas T, Keřkovský M, Čaňková L. Možnosti zobrazovacích metod v diagnostice syndromu nitrolební hypotenze

Diagnostika místa úniku mozkomíšního moku coby příčiny spontánní intrakraniální hypotenze (SIH) je obecně komplikovaná, zejména pak v případě vzniku likvor-venózních fistul. Tyto žilní píštěle na rozdíl od ostatních příčin SIH nezpůsobují hromadění tekutiny v epidurálním prostoru, a nelze je tedy diagnostikovat standardními zobrazovacími technikami. Cílem článku je přiblížit radiologické nálezy typické pro diagnózu spontánní intrakraniální hypotenze a role různých technik zobrazování páteře při detekci místa úniku likvoru včetně dynamické CT myelografie.

Klíčová slova: syndrom intrakraniální hypotenze, likvor-venózní fistuly, CT dynamická myelografie.

Major statement

Overview of radiological findings typical for the diagnosis of spontaneous intracranial hypotension and of the methods used for detection of the site of CSF leak, including dynamic CT myelography.

SUMMARY

Habas T, Keřkovský M, Čaňková L. Imaging modalities in the diagnosis of intracranial hypotension syndrome

Diagnosis of the site of cerebrospinal fluid leak as a cause of spontaneous intracranial hypotension (SIH) is generally complicated, especially in the case of liquor-venous fistulas. These venous fistulas, unlike other causes of SIH, do not cause fluid accumulation in the epidural space and thus cannot be diagnosed by standard techniques. The aim of this article is to review the radiological findings typical for the diagnosis of spontaneous intracranial hypotension and the role of various spinal imaging techniques in the detection of the site of liquor leak including dynamic CT myelography.

Key words: intracranial hypotension syndrome, cerebrospinal liquor, venous fistulas, CT dynamic myelography.

Přijato: 31. 1. 2025

Korespondenční adresa:

doc. MUDr. Miloš Keřkovský Ph.D.
Klinika Radiologie a nukleární medicíny FN Brno
Jihlavská 20, 625 00 Brno
e-mail: kerkovsky.milos@fnbrno.cz

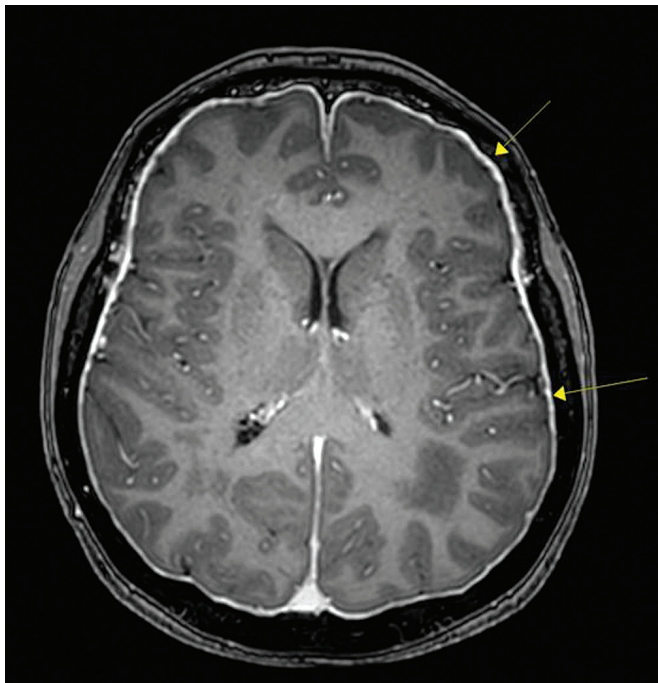
Konflikt zájmů: žádný.

ÚVOD

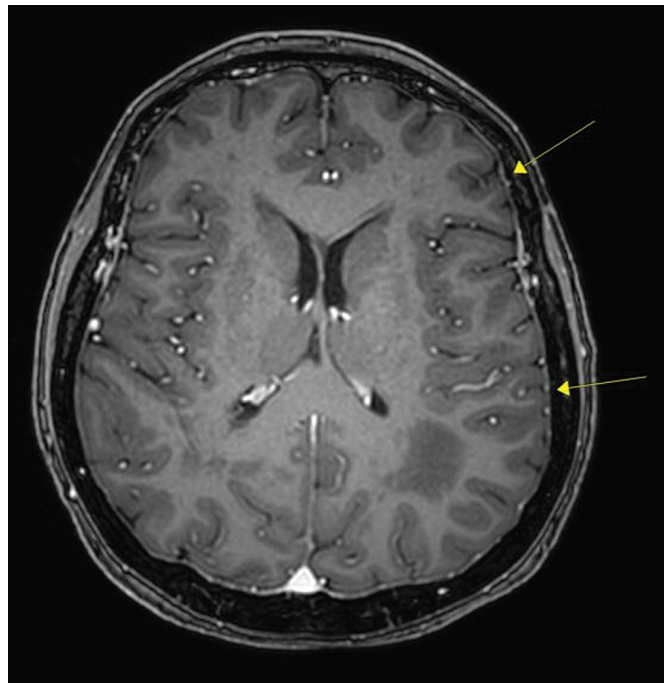
Intrakraniální hypotenze je důsledkem deplece objemu mozkomíšního moku (cerebrospinal fluid – CSF), jež je prakticky vždy zapříčiněna jeho únikem. Ačkoliv pokles tlaku mozkomíšního moku (pod 60 mm H₂O) je přítomen u většiny pacientů s intrakraniální hypotenzí, není spolehlivým faktorem tohoto syndromu, protože u části pacientů může být v normě (1). Mezi typické příznaky intrakraniální hypotenze patří

ortostatická bolest hlavy, která je vázaná na polohu ve stoje a zmírňuje se, eventuálně vymizí, po setrvání pacienta vleže. Počáteční nástup bolesti hlavy je obecně pozvolný nebo subakutní, maximální intenzity dosahuje během několika minut až hodin (2). Mezi další příznaky patří nauzea, zvracení, závratě, tinnitus, poruchy sluchu či visu ve formě horizontální diplopie (3). Ortostatická charakteristika může být zejména při

1a



1b



- 1** **Pacientka se spontánní intrakraniální hypotenzí (SIH), magnetická rezonance (MR) mozku:** (a) na postkontrastní T1 vážené sekvenci v axiální rovině můžeme sledovat hladké difuzní zesílení a syčení mozkových obalů (šipky); (b) po operačním řešení likvoro-venózní (L-V) fistuly došlo k ústupu postkontrastního syčení mozkových obalů (T1 vážená sekvence v axiální rovině)

Patient with spontaneous intracranial hypotension (SIH), magnetic resonance imaging (MRI) of the brain: (a) on the post-contrast T1-weighted sequence in the axial plane, smooth diffuse thickening and enhancement of the meninges can be observed (arrows); (b) after surgical treatment of the cerebrospinal fluid-venous (CSF-V) fistula, the post-contrast enhancement of the meninges resolved (T1-weighted sequence in the axial plane)

déletrvajících potížích méně nápadná. U části pacientů se projevuje jako bolest hlavy ve druhé polovině dne (4), ale i dalšími konstantními či atypickými formami bolestí hlavy, což poukazuje na význam zobrazování pomocí MR při stanovení přesné diagnózy. Značně variabilní je i intenzita bolestí. Příznaky mohou také zčásti napodobovat trombózu nitrolebních žilních splavů, u malé části pacientů (2 %) se může trombóza žilních splavů rovněž rozvinout jako komplikace intrakraniální hypotenze (5). Intrakraniální hypotenze je možné rozdělit na dva základní typy: primární, označovanou jako spontánní intrakraniální hypotenze (SIH), a sekundární (iatrogenní) intrakraniální hypotenze.

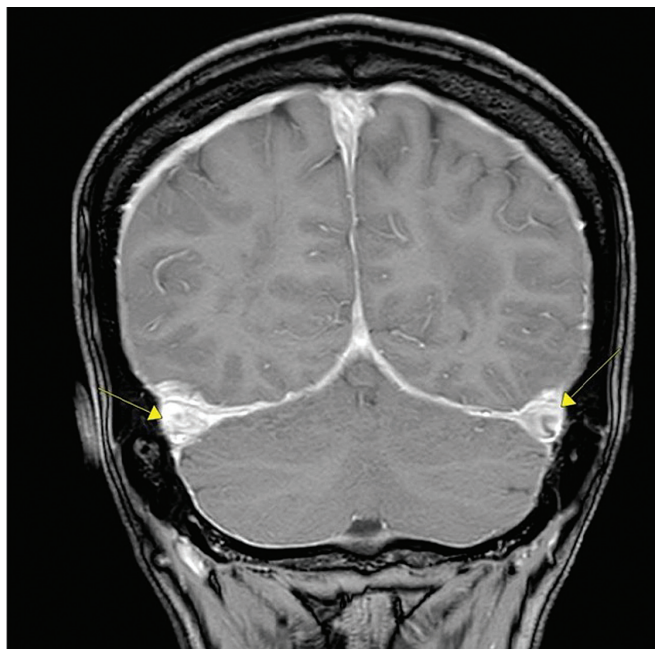
RADIOLOGICKÉ NÁLEZY

Magnetická rezonance mozku s aplikací kontrastní látky je prvním nezbytným krokem potřebným k potvrzení diagnózy intrakraniální hypotenze a vyloučení případné jiné patologie. Dle Monrovy-Kelleiho doktríny je součet objemů mozku, mozkomíšního moku a intrakraniální krve konstantní. Z toho vyplývá,

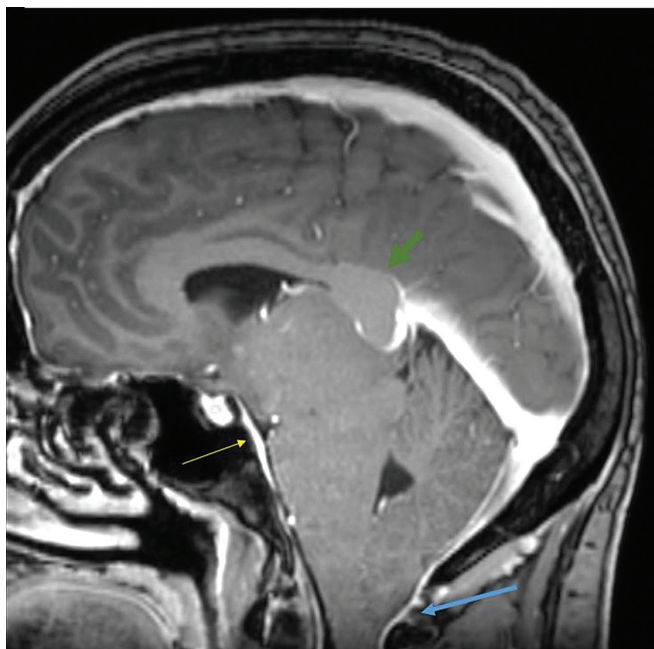
že snížení objemu jedné složky vede ke zvýšení objemu jedné nebo obou zbývajících. Protože objem mozku zůstává téměř neměnný, dojde při poklesu objemu mozkomíšního moku na základě tohoto principu kompenzačními mechanismy u SIH k intrakraniální hyperemii. Tato hyperemie se odráží primárně na žilním systému a vede k meningeální žilní hyperemii, překrvení žilních splavů a hyperemii hypofýzy. Vzhledem k překrvení je po podání kontrastní látky vyšší koncentrace gadolinia durálně a dochází k jeho akumulaci v intersticiální tekutině tvrdé pleny (6). Typickým nálezem na magnetické rezonanci mozku je proto hladké zesílení a difuzní syčení mozkových obalů supratentoriálně i infratentoriálně, včetně falxu a tentoria (obr. 1). Změny probíhají i na úrovni páteřního kanálu, kde můžeme postkontrastně též sledovat pachymeningeální syčení (7). Tento enhancement může vzácněji chybět, zejména pokud je MR provedena v brzké době po začátku obtíží nemocného (8). V souvislosti s hrazením ztraceného intrakraniálního objemu zvýšeným objemem žilní krve zobrazujeme rovněž žilní distenzi s rozšířením žilních splavů, jejichž kontury se stávají konvexními,

přičemž fyziologicky jsou rovné či lehce konkávní (9) (obr. 2a). Přibližně u poloviny nemocných se může objevit unilaterální či bilaterální subdurální kolekce v podobě hydromů či subdurálního hematomu (10) (obr. 3). Dalším možným nálezem v důsledku kompenzačního překrvení epidurálního venózního plexu je zvětšení hypofýzy (11). V důsledku snížení objemu mozkomíšního moku dochází k descensu cerebelárních tonzil do foramen magnum, poklesu splenia corporis callosi a optického chiasmatu, redukce prepontinní cistereny a snížení množství tekutiny v pochvě zrakového nervu (12) (obr. 2b). Z kvantitativních znaků můžeme pozorovat snížení pontomamillární vzdálenosti pod 6,5 mm a snížení interpedunkulárního úhlu pod 40,5° (13). V případě úniku mozkomíšního moku v páteřním kanále není na rozdíl od oto- či rhinorey riziko meningitidy, protože mozkomíšní mok je absorbován přímo do sterilního spinálního epidurálního venózního plexu nebo paraspinálních měkkých tkání, a proto není vystaven vnějšímu prostředí (2). Některé tyto známky, zejména pak přítomnost subdurálních kolekcí, lze pozorovat i při CT vyšetření mozku. V současné době je význam

2a



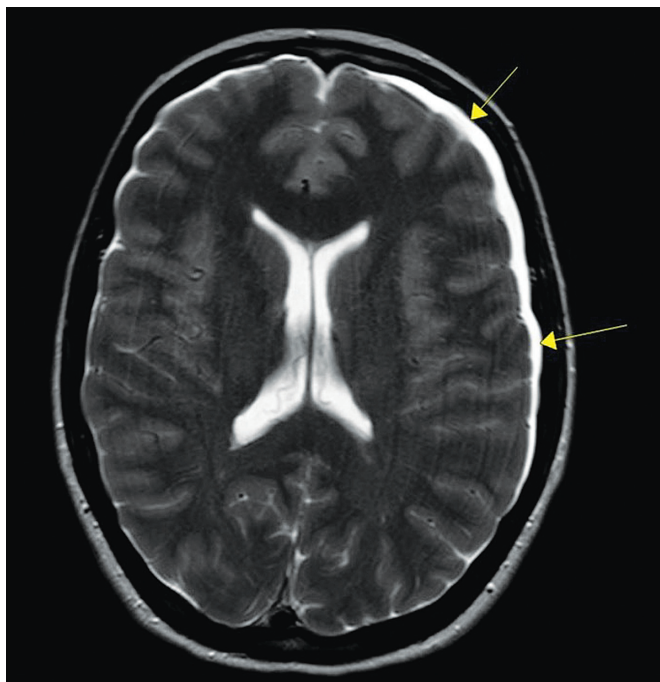
2b



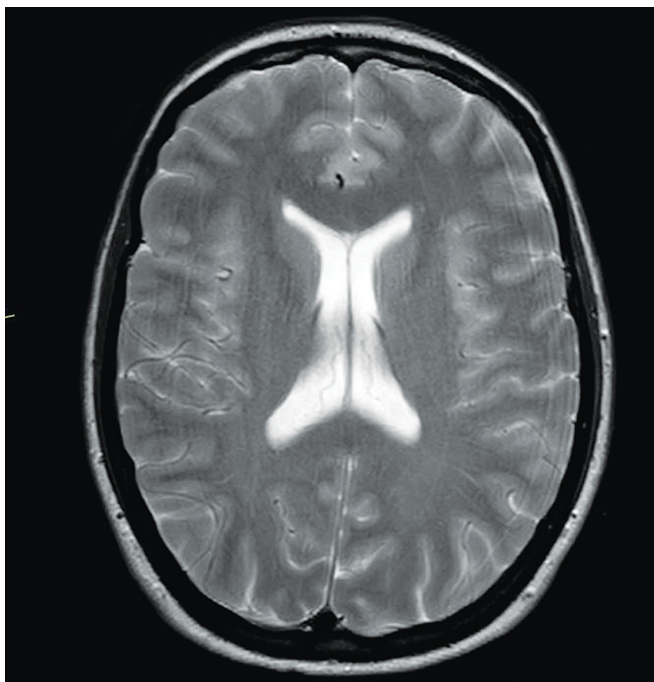
2 Pacient se SIH, MR mozku: (a) na postkontrastní T1 vážené sekvenci v koronární rovině je patrná distenze žilních splavů s jejich konvexními konturami (žluté šipky); (b) na postkontrastní T1 vážené sekvenci v sagitální rovině sledujeme pokles splenium corporis callosi (zelená šipka), descensus cerebellárních tonzil do foramen magnum (modrá šipka) a redukci prepontinní cisterny (žlutá šipka)

Patient with SIH, brain MRI: (a) on the post-contrast T1-weighted sequence in the coronal plane, dilation of the venous sinuses with convex contours is visible (yellow arrows); (b) on the post-contrast T1-weighted sequence in the sagittal plane, we observe the downward displacement of the splenium of the corpus callosum (green arrow), descent of the cerebellar tonsils into the foramen magnum (blue arrow), and reduction of the prepontine cistern (yellow arrow).

3a



3b



3 Pacientka se SIH, MR mozku: (a) na T2 vážené sekvenci v axiální rovině se zobrazuje unilaterální subdurální kolekce; (b) po operačním řešení likvoro-venózní (LV) fistuly došlo k regresi subdurální kolekce

Patient with SIH, brain MRI: (a) on the T2-weighted sequence in the axial plane, a unilateral subdural collection is visible; (b) after surgical treatment of the cerebrospinal fluid-venous (CSF-V) fistula, regression of the subdural collection was observed

CT vyšetření nicméně spíše minoritní a samotné CT zobrazení mozku není k diagnostice tohoto syndromu dosta-
tečné.

ETIOPATOGENEZE

Spontánní intrakraniální hypoten-
ze je v naprosté většině případů

výsledkem úniku mozkomíšního moku
v páteřním kanále, jehož etiopatoge-
nezi lze rozdělit na několik jednotek:
sekundární durální trhlinka související

s degenerativními změnami, spontánní durální dehiscence meningeálního divertiklu (perineurální cysta) a přímá likvoro-venózní fistula (14). Je třeba si však uvědomit, že přítomnost meningeálních divertiklů není sama o sobě příčinou spontánního úniku CSF (14). Bylo zjištěno, že ani makrostrukturální rysy, jako je velikost, tvar nebo umístění divertiklu nehrají roli v rozvoji úniku CSF (15). Myelografické zobrazení jakéhokoliv jednotlivého divertiklu tak nelze spolehlivě použít k detekci místa úniku, pokud není zobrazen samotný leak. Při chirurgických zákrocích byla pozorována široká škála durálních defektů, od jednoduchých durálních děr nebo trhlin až po komplexní křehké meningeální divertikly, nebo dokonce úplnou absenci tvrdé pleny, která normálně pokrývá kořen míšního nervu (2). Durální trhliny jsou téměř výhradně spojeny s extradurální kolekcí mozkomíšního moku (14). V závislosti na výše uvedených odlišných příčinách mohou mít spontánní úniky CSF různé podoby na zobrazovacích metodách, nález se rovněž odvíjí od rychlosti úniku CSF (16). Pacienti s poruchami pojiva, jako je Marfanův a Ehlersův-Danlosův syndrom, vykazují vyšší výskyt spontánního úniku mozkomíšního moku, slabost pojivové tkáně tedy může být u některých pacientů predisponujícím faktorem (17).

Ačkoliv se k léčbě SIH často používá necílená epidurální krevní záplata v oblasti bederní páteře, u části pacientů, zvláště pokud je únik CSF ve vyšší úrovni páteře, nemusí toto řešení poskytnout trvalou úlevu, a to i v případě opakovaného podání (18). Dle studií bylo zjištěno, že u značné části pacientů, u kterých ustoupí klinické potíže, navíc přetrvává na zobrazovacích metodách obraz perzistujícího leaku mozkomíšního moku, což může vysvětlovat vysokou míru opožděné recidivy příznaků (19). V takových případech je detekce přesného místa úniku nezbytným krokem k možnosti definitivního operačního řešení příčiny spontánní intrakraniální hypotenze. Důležité je zde však odlišit syndrom spontánní intrakraniální hypotenze od sekundární intrakraniální hypotenze po lumbální punkci, která má příznivější prognózu pro spontánní hojení.

DETEKCE MÍSTA ÚNIKU CSF

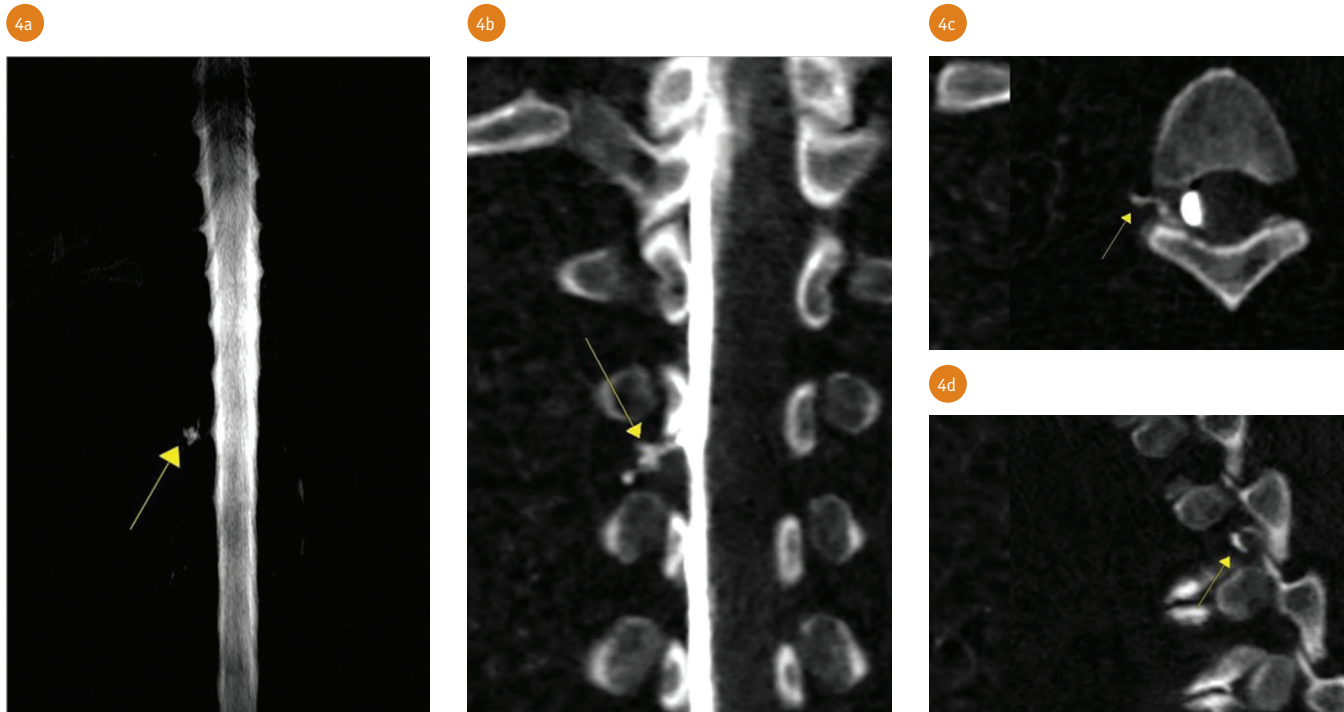
MR celé páteře se silně T2 váženými turbo spin echovými sekvencemi se zobrazením durálního vaku pomocí projekce maximální intenzity (MR myelografie) (obr. 4a) patří stejně jako MR mozku mezi základní zobrazovací metody, které mohou potvrdit diagnózu SIH. Jak bylo uvedeno, můžeme i na úrovni páteřního kanálu sledovat obdobné změny jako intrakraniálně, které jsou dané kompenzací objemu, mezi než patří zesílení obalů a pachymeningeální syčení po aplikaci k.l. i.v., nebo i přítomnost extradurálních kolekcí tekutiny (7). V případě ventrální durální trhliny nebo prosakování kolem nervové pochvy může MR zobrazení ukázat abnormální akumulaci CSF v epidurálním prostoru a pomoci při lokalizaci durálního defektu. MR páteře s intratekálním podáním kontrastní látky (gadolinium) bylo dříve zkoumáno a publikováno (20–22), ale význam tohoto vyšetření poslední studie příliš nepotvrzují (23, 24). Dobrocky et al. (2020) ve své studii srovnávali přesnost MR zobrazení páteře bez použití kontrastní látky a po aplikaci gadolinia intratekálně pro identifikaci a lokalizaci úniků CSF u pacientů s SIH. Ačkoliv na T2 vážených obrazech se saturací tukem se podařilo s velkou přesností detekovat epidurální kolekce mozkomíšního moku, byla podle této studie velmi nízká specifita v lokalizaci přesného místa úniku jak na nativních, tak i postkontrastních sekvencích (23). Nízká přesnost lokalizace úniku je zde způsobena zejména nedostatečným časovým rozlišením. Jednoznačným přínosem MR je určení nejpravděpodobnějšího typu úniku mozkomíšního moku na základě přítomnosti, či nepřítomnosti epidurální kolekce. K samotné detekci místa úniku je poté mnohdy klíčová volba zobrazovací metody s lepším časovým rozlišením a s možností rychlého zobrazení po aplikaci myelografické kontrastní látky. Základní MR zobrazení páteře bez intratekální aplikace kontrastní látky nicméně do diagnostického algoritmu SIH patří, neboť zejména při detekci epidurální kolekce může usnadnit a lépe zacílit provedení následných vyšetření (25).

Konvenční CT myelografie (CTM) s podáním kontrastní látky intratekálně je relativně často používanou modalitou při vyšetřování úniků CSF. Mezi výhody CTM patří široká dostupnost, dobré

prostorové rozlišení, dobrý detail degenerativních změn, které mohou přispívat k únikům CSF, a relativně málo časté technické artefakty (16). V případě nízké rychlosti úniku lze provést rovněž odložené snímky až 4 hodiny po podání kontrastní látky (26). I zde ale obdobně jako při vyšetření pomocí magnetické rezonance nemusí být konkrétní místo úniku detekovatelné v případech, kdy leak nevede k hromadění tekutiny v epidurálním prostoru, nebo je naopak pro rychlý průtok defektem extratekální myelografický kontrastní materiál distribuován na více úrovních páteře. U rychlých úniků je klíčová právě volba metody s vysokým časovým rozlišením a zároveň zobrazování v co nejkratším časovém horizontu po aplikaci kontrastní látky, opožděné skeny mohou pak napomoci díky vzniku gradientu kontrastní látky, který je často největší v blízkosti místa úniku a vzdáleněji se snižuje (16). Protože MR vyšetření dokáže spolehlivě detekovat extradurální kolekce tekutiny podobně jako konvenční CT myelografie, není některými autory vzhledem k radiační zátěži pacienta v posledních letech provedení konvenční CT myelografie pouze za účelem zjištění přítomnosti nebo nepřítomnosti extradurální kolekce indikováno (27).

DYNAMICKÁ CT MYELOGRAFIE

Spontánní žilní píštěle jsou vzácnější (2,5 %) příčinou spontánní intrakraniální hypotenze (SIH) (14). Pro jejich obtížnou diagnostiku je však tato jednotka pravděpodobně poddiagnostikována. Etiopatogenetickým podkladem je vznik spojení mezi spinálním subarachnoidálním prostorem a paraspinálními žilami, což vede k neregulovanému úniku mozkomíšního moku. Detekci žilních píštělí standardními myelografickými technikami na rozdíl od ostatních typů spinálního úniku ztěžuje častá nepřítomnost současného epidurálního prosakování mozkomíšního moku. Typicky proto nevedou k hromadění tekutiny v epidurálním prostoru a nález na MR myelografii je proto často velmi diskrétní či zcela normální (28). Jako metoda první volby při zobrazování místa úniku mozkomíšního moku při podezření na likvoro-venózní píštěl (LVF) je mnohými autory považována CT



4 Zobrazovací diagnostika u pacienta s likvoro-venózní přístělí: (a) 3D silně T2 vážená (myelografická) sekvence MR zobrazení v koronální rovině s obrazem meningeálního divertiklu v úrovni Th4/Th5 vpravo. Na CT dynamické myelografii na multiplanárních rekonstrukcích v koronární (b), axiální (c) a sagitální (d) rovině koreloval nález likvoro-venózní fistuly jako proužkovité struktury kontrastní látky v etáži Th4/Th5 vpravo, jejíž návaznost na durální vak je sledovatelná na vstupu do neuroforamina, zobrazení Iodine no water ze spektrálních (dual-energy) dat.

Imaging diagnostics in a patient with a cerebrospinal fluid-venous fistula: (a) 3D heavily T2-weighted (myelographic) MRI sequence in the coronal plane showing a meningeal diverticulum at the Th4/Th5 level on the right. On dynamic CT myelography, multiplanar reconstructions in the coronal (b), axial (c), and sagittal (d) planes correlated with the finding of a cerebrospinal fluid-venous fistula, visible as a strip-like structure of contrast material at the Th4/Th5 level on the right. Its connection to the dural sac is observable at the entrance to the neuroforamen, displayed using the Iodine No Water spectral (dual-energy) imaging technique.

dynamická myelografie (25). V tomto případě je jodová kontrastní látka podávána intratekálně s následným okamžitým zahájením CT akvizice, přičemž vyšetření se provádí v několika specifických polohách. Z nich nejdůležitější je poloha na boku (obr. 5), která vede ke zvýšení koncentrace kontrastu podél kořenů míšních nervů (obr. 4, 6, 7), kde se také nachází většina LVF (23). Jednou z možností provedení je vyšetření v jedné době, kdy podáváme část kontrastní látky na boku pacienta těsně před snímáním, po kterém

provádíme přetočení pacienta na bok kontralaterální a opětovně podáváme další část kontrastní látky (k.l.) těsně před akvizicí dat. V případě nezobrazení místa úniku v těchto polohách je možné doplnit vyšetření v poloze na břiše a na zádech (27). Nutné je samozřejmě respektovat maximální možné množství k.l., které můžeme intratekálně podat a podle toho vyšetření rozvrhnout. Na našem pracovišti provádíme schéma 1 + 5 + 4 ml k.l. Visipaque 320 intratekálně při dodržení celkové maximální dávky 10 ml. První mililitr kontrastní

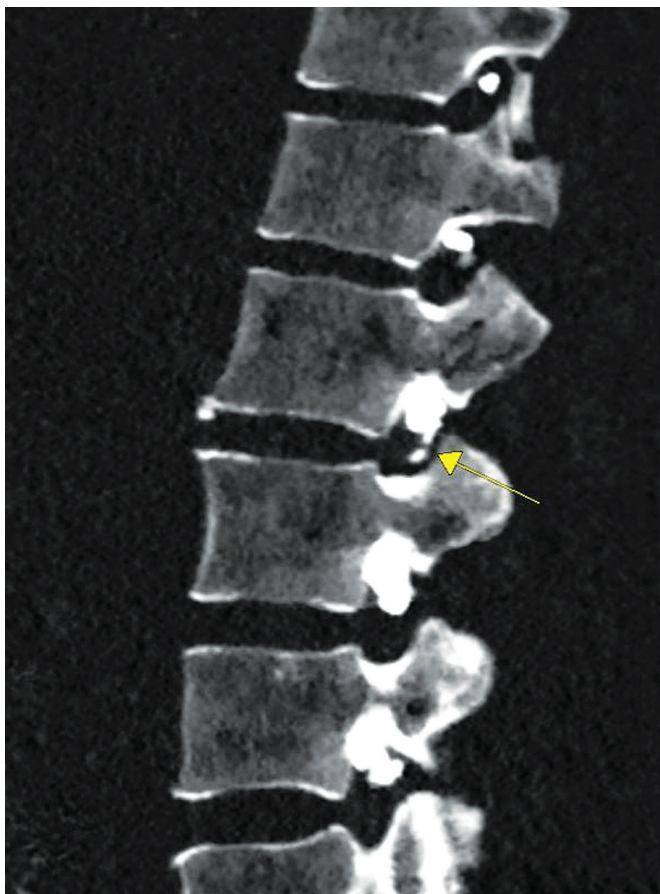
látky slouží ke kontrole distribuce k.l. do epidurálního prostoru. Na našem pracovišti využíváme aplikaci k.l. cestou zavedené spinální linky, což je výhodné vzhledem k potřebě polohování pacienta během vyšetření. Někteří autoři uvádějí možnost dvoudenní procedury, při které podávají celkové množství k.l. na jedné straně s došetřením kontralaterální strany v následující den, což jim umožňuje navýšení celkového množství k.l. (25). V rámci polohování je rovněž nutné zajistit, aby pacienti byli vypodloženi tak, aby kyčle byly výše než ramena pro lepší distribuci kontrastní látky (27) (obr. 5). Na našem pracovišti se snažíme dosáhnout tohoto sklonu alespoň 15° při současném zamezení prohnutí páteře, zejména v bederní části. Jiní autoři uvádějí jako ideální úhel sklonu páteře měřený na provedeném topogramu v rozmezí 10°–20° (25). Sekvence CT zobrazení se provádí v rozsahu celé páteře od LS přechodu po cervikokraniální přechod, a to v co nejkratší době od podání k.l. Kaudokraniální snímání je ve shodě s průchodem kontrastního bolusu. Místo úniku se nejlépe zobrazuje na ipsilaterální straně, na které se nachází samotná likvoro-venózní fistula



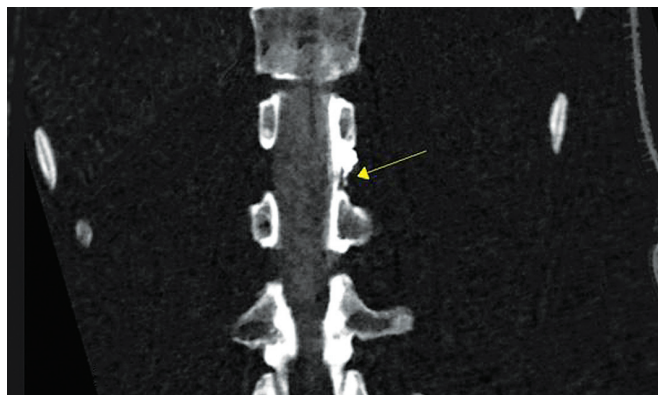
5 Polohování pacienta pro účely CT dynamické myelografie: V poloze na boku je pacient vypodložen tak, aby kyčle byly výše než ramena pro lepší distribuci kontrastní látky.

Patient positioning for dynamic CT myelography: In the lateral position, the patient is supported so that the hips are higher than the shoulders to improve the distribution of the contrast agent.

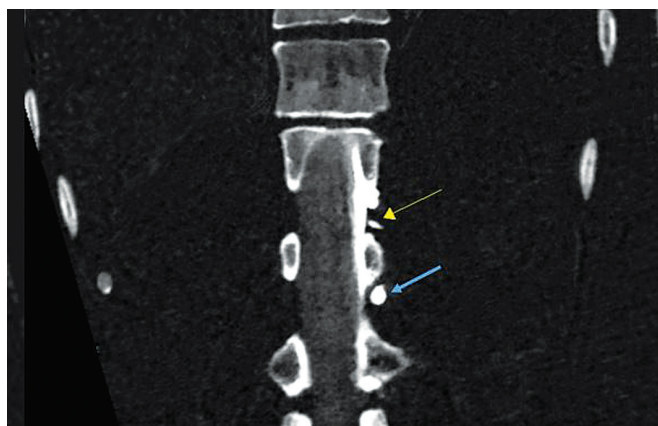
6a



6b



6c



6 CT dynamická myelografie u 62léte pacientky s nitrolební hypotenzí, zobrazení v módu Iodine no water ze spektrálních (dual-energy) dat: Na multiplanárních rekonstrukcích v sagitální (a) a koronální (b, c) rovině se zobrazuje likvoro-venózní fistula jako drobná lineární denzita navazující na kořen, resp. kořenovou cystu v etáži L1/L2 vlevo (žluté šipky). V etáži L2/L3 vlevo je v koronální rovině (c) zachycen u stejné pacientky též meningeální divertikl bez průkazu likvoro-venózní přístěle (modrá šipka).

Dynamic CT myelography in a 62-year-old patient with intracranial hypotension, displayed using the Iodine No Water mode from spectral (dual-energy) data: On multiplanar reconstructions in the sagittal (a) and coronal (b, c) planes, a cerebrospinal fluid-venous fistula is visualized as a small linear density connected to the nerve root or root cyst at the L1/L2 level on the left (yellow arrows). At the L2/L3 level on the left, a meningeal diverticulum is also depicted in the coronal plane (c) in the same patient, without evidence of a cerebrospinal fluid-venous fistula (blue arrow).

či durální trhlina. Ve většině případů se CSF-žilní přístěl vyskytuje v souvislosti s meningeálním divertiklem a můžeme ji identifikovat jako lineární strukturu v návaznosti na durální vak či divertikl, která představuje patologicky komunikující žílu (25). Výhodou může být využití spektrálního (dual-energy) CT, které umožňuje rekonstrukci jodových map, lépe znázorňujících oblasti, kde se koncentruje jodová kontrastní látka, a znak hyperdenzní paraspinalní žíly zde lze tak lépe diferencovat (obr. 4, 6, 7).

Rovněž u některých pacientů se spontánními spinálními úniky mozkomíšního moku v důsledku vzniku trhlin durálního vaku jsou tyto mnohdy tak velké, že extratekální kontrastní materiál je během standardního CT myelografického vyšetření zobrazen na více úrovních, což komplikuje přesnou lokalizaci místa úniku; i v těchto případech, kdy je žádoucí rychlé zobrazení krátce

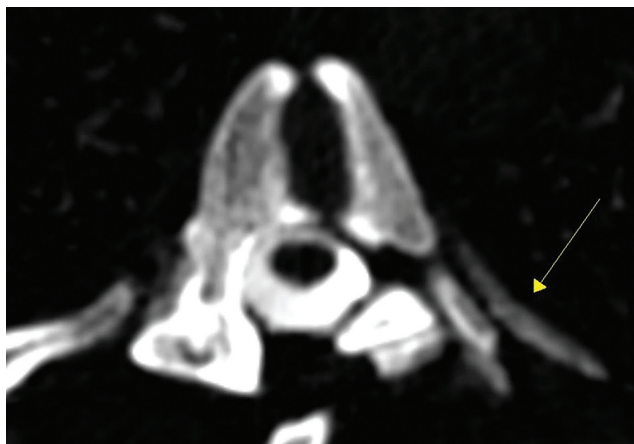
po aplikaci k.l., je preferována technika dynamické CT myelografie (26). Je třeba si však uvědomit, že CT dynamická myelografie představuje relativně vysokou radiační zátěž pacienta, navíc jde o vyšetření technicky a časově poměrně náročné, a proto by měla být jeho indikace vyhrazena u pacientů, u kterých je jasný obraz SIH na MR mozku při současné absenci vysvětlujícího nálezu při došetření MR páteře (26).

DIGITÁLNÍ SUBTRAKČNÍ MYELOGRAFIE

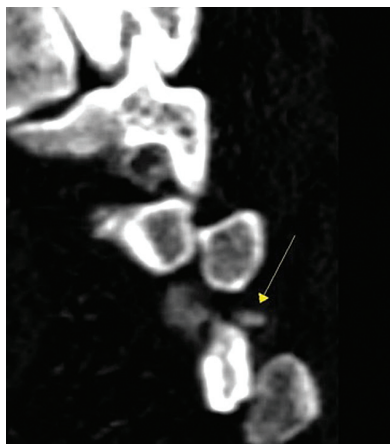
Další možností zobrazování místa leaku z durálního vaku je provedení digitální subtrakční myelografie (29), kdy je monitorován průchod intratekálně podané kontrastní látky páteřním kanálem v reálném čase. U této metody se využívá

technika laterálního polohování jako u CT dynamické myelografie a rovněž tak se využívá předchozího MR zobrazení k zaměření na podezřelou oblast. Vyšetření se obvykle provádí jako dvoudenní procedura umožňující podání maximální dávky k.l. na jednom boku (30). Pro každou stranu se pak provedou dvě samostatná zobrazení, typicky první z nich s FOV od kaudálních etáží krční páteře po střední/dolní etáže hrudní páteře a druhé zobrazení od střední/dolní etáže hrudní páteře po úroveň místa lumbální punkce. Tyto FOV se v hrudní oblasti mírně překrývají. Horní etáže krční páteře a dolní etáže bederní páteře nejsou do vyšetření standardně zahrnuté, vzhledem k velmi vzácnému výskytu úniků mozkomíšního moku s vysokým průtokem, či likvoro-venózních fistulí v těchto lokalitách (31). Výhodou je provedení vyšetření v analgesedaci, která má za cíl minimalizovat pohyby

7a



7b



- 7 CT dynamická myelografie u 44léte pacientky, zobrazení pomocí Iodine no water ze spektrálních (dual-energy) dat:** (a) axiální rovina, obraz likvoro-venózní fistuly jako proužkovité denzní struktury navazující na oblast kořenové pochvy s propagací podél levého transversálního výběžku; (b) obraz L-V fistuly v sagitální rovině

Dynamic CT myelography in a 44-year-old patient, displayed using the Iodine No Water mode from spectral (dual-energy) data: (a) axial plane, showing the cerebrospinal fluid-venous fistula as a strip-like dense structure connected to the nerve root sheath region, propagating along the left transverse process; (b) Image of the CSF-venous fistula in the sagittal plane

pacienta, a zvýšit tak preciznost subtrakce. Výhoda DSM ve srovnání s dynamickou CT myelografií je dynamický záznam v čase, což může napomoci přesnější lokalizaci místa úniku hlavně u pacientů s podezřením na rychlý únik CSF (29). Nevýhodou tohoto vyšetření je právě nemožnost současného zobrazení celé páteře pro omezenou velikost detektoru a vyšší technická náročnost. Digitální subtrakční myelografie je nicméně cenným diagnostickým nástrojem pro lokalizaci rychlého úniku mozkomíšního moku a měla by být zvážena u pacientů s klinickým podezřením na durální trhlinu, která je doprovázená longitudinálně rozsáhlou extradurální kolekcí tekutiny na MR

páteře (32). U obou výše popsaných metod je kontraindikací k vyšetření alergická reakce na jodovou kontrastní látku.

ZÁVĚR

Diagnostika místa úniku likvoru z páteřního kanálu jako příčiny SIH může být při využití standardních zobrazovacích metod komplikovaná, zejména v případě absence extradurální kolekce tekutiny, což je situace typická pro likvoro-venózní fistuly. V takovém případě je v detekci místa leaku mnohými autory považována jako metoda první volby CT dynamická myelografie. Alternativou

může být digitální subtrakční myelografie. U všech pacientů podstupujících tato vyšetření by známky spontánní intrakraniální hypotenze měly být prokázány na předchozím vyšetření hlavy MR s podáním kontrastní látky. Před indikací zmiňovaných myelografických vyšetření by mělo být též provedeno MR zobrazení celé páteře s nativní myelografickou sekvencí, která vyloučí přítomnost extradurálních kolekcí tekutiny. Zobrazovací diagnostika tohoto onemocnění je tedy poměrně rozsáhlá, nicméně přesná identifikace místa úniku likvoru je zcela zásadní pro možnost provedení následné chirurgické léčby, která má potenciál pacienta zcela zbavit klinických obtíží. ●

LITERATURA

1. Mokri B. Spontaneous Intracranial Hypotension: Contin Lifelong Learn Neurol. 2015; 21: 1086–1108.
2. Schievink WI. Spontaneous Spinal Cerebrospinal Fluid Leaks and Intracranial Hypotension. JAMA 2006; 295(19): 2286.
3. Mokri B, Piepgras DG, Miller GM. Syndrome of Orthostatic Headaches and Diffuse Pachymeningeal Gadolinium Enhancement. Mayo Clin Proc. 1997; 72(5): 400–413.
4. Dobrocky T, Nicholson P, Häni L, Mordasini P, Krings T, Brinjikji W, et al. Spontaneous intracranial hypotension: searching for the CSF leak. Lancet Neurol. 2022; 21(4): 369–380.
5. Schievink WI, Maya MM. Cerebral Venous Thrombosis in Spontaneous Intracranial Hypotension. Headache J Head Face Pain. 2008; 48(10): 1511–1519.
6. Fishman RA, Dillon WP. Dural enhancement and cerebral displacement secondary to intracranial hypotension. Neurology 1993; 43(3 part 1): 609.
7. Mokri B. The Monroe-Kellie hypothesis: Applications in CSF volume depletion. Neurology 2001; 56(12): 1746–1748.
8. Schievink WI, Tourje J. Intracranial hypotension without meningeal enhancement on magnetic resonance imaging: Case report. J Neurosurg. 2000; 92(3): 475–477.
9. Farb RI, Forghani R, Lee SK, Mikulis DJ, Agid R. The Venous Distension Sign: A Diagnostic Sign of Intracranial Hypotension at MR Imaging of the Brain. Am J Neuroradiol. 2007; 28(8): 1489–1493.
10. Lai TH, Fuh JL, Lirng JF, Tsai PH, Wang SJ. Subdural Haematoma in Patients With Spontaneous Intracranial Hypotension. Cephalalgia 2007; 27(2): 133–138.
11. Leung GKK, Ho J, Pu JKS. Pituitary enlargement in spontaneous intracranial hypotension – a diagnostic pitfall. Acta Neurochir. (Wien) 2011; 153(12): 2445–2446.
12. Rohr A, Jensen U, Riedel C, Van Baalen A, Fruehauf MC, Bartsch T, et al. MR Imaging of the Optic Nerve Sheath in Patients with Craniospinal Hypotension. Am J Neuroradiol. 2010; 31(9): 1752–1757.

13. **Wang DJ, Pandey SK, Lee DH, Sharma M.** The Interpeduncular Angle: A Practical and Objective Marker for the Detection and Diagnosis of Intracranial Hypotension on Brain MRI. *Am J Neuroradiol.* 2019; 40(8): 1299–1303.
14. **Schievink WI, Maya MM, Jean-Pierre S, Nuño M, Prasad RS, Moser FG.** A classification system of spontaneous spinal CSF leaks. *Neurology* 2016; 87(7): 673–679.
15. **Kranz PG, Stinnett SS, Huang KT, Gray L.** Spinal Meningeal Diverticula in Spontaneous Intracranial Hypotension: Analysis of Prevalence and Myelographic Appearance. *Am J Neuroradiol.* 2013; 34(6): 1284–1289.
16. **Kranz PG, Luetmer PH, Diehn FE, Amrhein TJ, Tanpitukpongse TP, Gray L.** Myelographic Techniques for the Detection of Spinal CSF Leaks in Spontaneous Intracranial Hypotension. *Am J Roentgenol.* 2016; 206(1): 8–19.
17. **Mokri B.** Familial Occurrence of Spontaneous Spinal CSF Leaks: Underlying Connective Tissue Disorder (CME). *Headache J Head Face Pain.* 2008; 48(1): 146–149.
18. **Schievink WI, Morreale VM, Atkinson JLD, Meyer FB, Piepgras DG, Ebersold MJ.** Surgical treatment of spontaneous spinal cerebrospinal fluid leaks. *J Neurosurg.* 1998; 88(2): 243–246.
19. **Piechowiak EI, Aeschmann B, Häni L, Kaesmacher J, Mordasini P, Jesse CM, et al.** Epidural Blood Patching in Spontaneous Intracranial Hypotension – Do we Really Seal the Leak? *Clin Neuroradiol.* 2023; 33(1): 211–218.
20. **Akbar JJ, Luetmer PH, Schwartz KM, Hunt CH, Diehn FE, Eckel LJ.** The Role of MR Myelography with Intrathecal Gadolinium in Localization of Spinal CSF Leaks in Patients with Spontaneous Intracranial Hypotension. *Am J Neuroradiol.* 2012; 33(3): 535–540.
21. **Chazen JL, Talbott JF, Lantos JE, Dillon WP.** MR Myelography for Identification of Spinal CSF Leak in Spontaneous Intracranial Hypotension. *Am J Neuroradiol.* 2014; 35(10): 2007–2012.
22. **Albayram S, Kilic F, Ozer H, Baghaki S, Kocer N, Islak C.** Gadolinium-Enhanced MR Cisternography to Evaluate Dural Leaks in Intracranial Hypotension Syndrome. *Am J Neuroradiol.* 2008; 29(1): 116–121.
23. **Dobrocky T, Winklehner A, Breiding PS, Grunder L, Peschi G, Häni L, et al.** Spine MRI in Spontaneous Intracranial Hypotension for CSF Leak Detection: Nonsuperiority of Intrathecal Gadolinium to Heavily T2-Weighted Fat-Saturated Sequences. *Am J Neuroradiol.* 2020; 41(7): 1309–1315.
24. **Madhavan AA, Carr CM, Benson JC, Brinjikji W, Diehn FE, Kim DK, et al.** Diagnostic Yield of Intrathecal Gadolinium MR Myelography for CSF Leak Localization. *Clin Neuroradiol.* 2022; 32(2): 537–545.
25. **Mamlouk MD, Ochi RP, Jun P, Shen PY.** Decubitus CT Myelography for CSF-Venous Fistulas: A Procedural Approach. *Am J Neuroradiol.* 2021; 42(1): 32–36.
26. **Luetmer PH, Mokri B.** Dynamic CT myelography: a technique for localizing high-flow spinal cerebrospinal fluid leaks. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2003; 24(8): 1711–1714.
27. **Mamlouk MD, Shen PY, Dahlin BC.** Modified Dynamic CT Myelography for Type 1 and 2 CSF Leaks: A Procedural Approach. *Am J Neuroradiol.* 2023; 44(3): 341–346.
28. **Kranz PG, Amrhein TJ, Gray L.** CSF Venous Fistulas in Spontaneous Intracranial Hypotension: Imaging Characteristics on Dynamic and CT Myelography. *Am J Roentgenol.* 2017; 209(6): 1360–1366.
29. **Hoxworth JM, Trentman TL, Kotsenas AL, Thielen KR, Nelson KD, Dodick DW.** The Role of Digital Subtraction Myelography in the Diagnosis and Localization of Spontaneous Spinal CSF Leaks. *Am J Roentgenol.* 2012; 199(3): 649–653.
30. **Kim DK, Carr CM, Benson JC, Diehn FE, Lehman VT, Liebo GB, et al.** Diagnostic Yield of Lateral Decubitus Digital Subtraction Myelogram Stratified by Brain MRI Findings. *Neurology [Internet]* 2021 [citován 9. říjen 2024]; 96(9). Dostupné z: <https://www.neurology.org/doi/10.1212/WNL.00000000000011522>
31. **Kim DK, Brinjikji W, Morris PP, Diehn FE, Lehman VT, Liebo GB, et al.** Lateral Decubitus Digital Subtraction Myelography: Tips, Tricks, and Pitfalls. *Am J Neuroradiol.* 2020; 41(1): 21–28.
32. **Hoxworth JM, Patel AC, Bosch EP, Nelson KD.** Localization of a Rapid CSF Leak with Digital Subtraction Myelography. *Am J Neuroradiol.* 2009; 30(3): 516–519.