

# HYPOXICKO-ISCHEMICKÁ ENCEFALOPATIE NOVOROZENCŮ – MR DIAGNOSTIKA

## HYPOXIC-ISCHEMIC ENCEPHALOPATHY IN NEWBORNS – MRI DIAGNOSIS

přehledový článek

**Lenka Bakaj Zbrožková<sup>1</sup>**  
**Jan Hálek<sup>2,3</sup>**  
**Kamila Michálková<sup>1</sup>**  
**Miroslav Heřman<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Radiologická klinika FN a LF UP,  
Olomouc

<sup>2</sup>Novorozenecké oddělení FN  
a LF UP, Olomouc

<sup>3</sup>Dětská klinika FN a LF UP, Olomouc

Přijato: 15. 9. 2016.

### Korespondenční adresa:

MUDr. Lenka Bakaj Zbrožková  
Radiologická klinika FN  
I. P. Pavlova 6, 779 00 Olomouc  
e-mail: zbrozkova.l@seznam.cz

Práce byla podpořena grantem UP:  
IGA\_LF\_2016\_004 a RVO: LF UP  
61989592.

Konflikt zájmů: žádný.

### Hlavní stanovisko práce

Přehledový článek se zabývá MR diagnostikou poškození CNS novorozenců s hypoxicko-ischemickou encefalopatií.

## SOUHRN

**Bakaj Zbrožková L, Hálek J, Michálková K, Heřman M. Hypoxicko-ischemická encefalopatie novorozenců – MR diagnostika**

Hypoxicko-ischemická encefalopatie (HIE) je významnou příčinou morbidity a mortality donošených novorozenců. Rozsah postižení CNS závisí zejména na závažnosti asfyxie a délce jejího trvání a také na stupni zralosti mozku. Klinickou symptomatologii HIE hodnotíme nejčastěji podle modifikovaného Sarnat skóre. Jedinou terapeutickou metodou, která prokazatelně zlepšuje prognózu dětí s HIE, je léčebná hypotermie. Diagnostika je založena na klinickém obraze, laboratorních nálezech, elektroencefalografickém vyšetření a zobrazovacích metodách, ze kterých nejvyšší senzitivita a specifita dosahuje MR vyšetření. Při těžké hypoxii nacházíme na MR mozku většinou postižení bazálních ganglií, thalamu a capsula interna. Mohou být přítomny i patologické léze v hipokampu, perirolandické lokalitě, oblasti kortikospinálního traktu, senzomotorického kortexu a mozkovém kmeni. Středně těžká hypoxie vede k rozvoji stranově symetrických parasagitálních hemisferálních infarktů. Mírná hypoperfuze zapříčiní postižení kůry nejčastěji kolem sulcus centralis, interhemisferické fissury a insuly, doprovázené i změnou signálu v přilehlé subkortikální bílé hmotě.

MR zobrazení mozku novorozence s HIE může ovlivnit výběr dalších diagnostických vyšetření a terapeutického postupu a předpovědět vývoj a následky.

**Klíčová slova:** hypoxicko-ischemická encefalopatie, MR, novorozeneček.

### Major statement

The article describes MRI diagnosis of brain injury in newborns with hypoxic-ischemic encephalopathy.

## SUMMARY

**Bakaj Zbrožková L, Hálek J, Michálková K, Heřman M. Hypoxic-ischemic encephalopathy in newborns – MRI diagnosis**

Hypoxic-ischemic encephalopathy (HIE) is an important cause of morbidity and mortality in term newborns. The precise pattern of CNS injury depends mainly on the severity of asphyxia and time of its duration and also on the degree of brain maturation. Neonatal encephalopathy has been graded by modified Sarnat score. The only therapeutic method, which probably improve the prognosis in newborns with HIE, is hypothermia (cooling). The diagnosis is based on a clinical history, laboratory findings, electroencephalographic investigation and imaging methods. From last mentioned the magnetic resonance imaging has the highest sensitivity and specificity. In severe hypoxia we can find lesions mostly in the basal ganglia, thalami and capsula interna. Pathological lesions in hippocampi, perirolandic regions, corticospinal tract, sensorimotor cortex and brain stem can also be found. Moderate hypoperfusion leads to the symmetric parasagittal hemispheric infarcts. Mild hypoperfusion causes damage of the cortex, most often around sulcus centralis, interhemispheric fissure and insula, which is accompanied by changes in the adjacent subcortical white matter.

Brain magnetic resonance imaging in newborns with HIE can affect the indication of the other diagnostic investigations and therapeutic interventions and predict the prognosis of the disease.

**Key words:** hypoxic-ischemic encephalopathy, magnetic resonance imaging, newborn.

## ÚVOD

Hypoxicko-ischemická encefalopatie (HIE) patří k významným příčinám morbidity a mortality donošených novorozenců. Incidence se udává v rozmezí od dvou do devíti případů na 1000 živě narozených dětí (1). Přibližně 15–20 % donošených novorozenců s HIE zemře. Dalších asi 25 % dětí má dlouhodobé závažné následky (2), které jsou nejčastější u těžké formy HIE (asi 80 %). Mezi ně patří dětská mozková obrna, psychomotorická retardace, hluchota, slepota a epilepsie.

Příčiny, které vedou k rozvoji HIE, mohou být jak na straně plodu (bradykardie, trombóza pupečnicku, fetomaternalní krvácení), tak matky (hypotenze, preeklampsie, chronické cévní onemocnění, abrupce placenty, pneumonie, těžká anemie a další) (3).

Patofyziologickým procesem, který zapříčiní rozvoj hypoxicko-ischemického postižení, je snížení krevního průtoku mozkovou tkání s následnou hypoxemií, což způsobí přechod metabolismu z oxidativní fosforylace na anaerobní oxidaci. Tato změna, která je energeticky neefektivní, vede k acidóze, spuštění kaskády zánětlivých mediátorů a excitačních neurotransmiterů (hlavně glutamátu), tvorbě volných radikálů, intracelulárnímu hromadění vápníku a lipoperoxidaci (4). Výrazná spotřeba energie vyústí v nekrozu buněk, menší konsumpce k jejich apoptóze.

Encefalopatie způsobená hypoxicko-ischemickým inzultem se klinicky projeví již v průběhu prvních hodin života. Klinickou symptomatologií hodnotíme podle klasifikačních schémat, nejčastěji se používá modifikované Sarnat skóre (tab. 1).

Jedinou terapeutickou metodou, která prokazatelně zlepšuje prognózu dětí s HIE, je léčebná hypotermie. Existují dva postupy, které zajistí hypotermii v centrálním nervovém systému: celotělové chlazení nebo selektivní chlazení hlavy. Na našem pracovišti, stejně jako na většině v České republice, se používá první uvedený postup. Po splnění indikačních kritérií k léčebné hypotermii je tělesná teplota novorozence rychle snížena na 33,5 °C a dále udržována v malém rozmezí (33–34 °C) po dobu 72 hodin. Následuje postupné pomalé zvyšování tělesné teploty, obvykle ne rychleji než o plus 0,5 °C za hodinu. Další péče o novorozence zahrnuje obecně podpůrnou terapii a symptomatickou léčbu komplikací (5).

Diagnostika HIE se zakládá na klinickém obraze, laboratorních nálezech a elektroencefalografickém (EEG) vyšetření. Důležitou roli sehrávají i zobrazovací metody, ultrazvukové a především MR vyšetření, které dosahuje nejvyšší senzitivity a specifity v diagnostice HIE (6).

Tab. 1. Modifikované Sarnat skóre – rozdělení hypoxicko-ischemické encefalopatie (HIE) (23)

Table 1. Modified Sarnat score of hypoxic-ischaemic encephalopathy (HIE) (23)

I. mírná HIE	II. středně závažná HIE	III. těžká HIE
zvýšená iritabilita	letargie	kóma
zvýšená „bdělost“	křeče	protrahované křeče
mírná hypotonie	výrazné abnormality svalového napětí	těžká hypotonie
slabé sání	nutné sondování	neschopnost udržet spontánní ventilaci

Transkraniální ultrasonografie se používá pro svoji snadnou dostupnost, rychlost, opakovatelnost, neinvazivitu a bezpečnost jako metoda první volby při podezření na patologii CNS. Je spolehlivá v zobrazení krvácení, periventrikulární leukomalacie (PVL) a hydrocefalu. Dopplerovské vyšetření se stanovením indexu rezistence (RI) podává informace o mozkové perfuzi. Nevýhodou je subjektivita UZ vyšetření a z toho plynoucí nízká úroveň shody v detekci a vyhodnocení nálezu mezi vícero vyšetřujícími a omezená přehlednost struktur při mozkové konvexitě a v oblasti mozkového kmene.

MR zobrazení mozku u novorozenců s encefalopatií poskytuje důležité informace, které mohou objasnit příčinu neurologického deficitu, potvrdit přítomnost nebo nepřítomnost HIE či jiných mozkových lézí (vrozené metabolické vady, vrozená nebo perinatálně získaná infekční onemocnění, vrozené malformace nebo závažné porodní trauma), identifikovat etiologii a dobu vzniku HIE, ovlivnit výběr dalších diagnostických vyšetření a terapeutického postupu a pokusit se předpovědět vývoj a následky HIE.

## PŘÍPRAVA PACIENTA NA MR VYŠETŘENÍ

MR vyšetření zhotovené za přirozeného spánku novorozence bývá většinou málo kvalitní a špatně hodnotitelné. Proto se k minimalizaci pohybu dítěte v průběhu tohoto vyšetření a tím zamezení pohybových artefaktů využívá sedace nejčastěji chloralhydrátem v dávce 25–50 mg/kg podaným enterálně (per os, nazogastričnou sondou nebo rektálně). Výjimkou jsou děti s těžkou encefalopatií a/nebo novorozenci s antikonvulzivní terapií, které není třeba tlumit. K zajištění dokonalé fixace se navíc doporučuje zabalit dítě do zavinovačky a kolem hlavy mu ovinout roušku nebo přiložit pěnovou výtuž. K ochraně sluchu se používají ucpávky do uší a ochranná sluchátka.

Před převozem pacienta do MR vyšetřovací místnosti musí být z jeho těla a oděvu odstraněny všechny metalické předměty (žilní linky, EEG elektrody, kovová zapínání na šatech atd.). V průběhu transportu a MR vyšetření musí být vždy přítomen doprovod schopný zajistit kardiopulmonální resuscitaci, vybavení potřebné k resuscitaci je samozřejmostí.

## TECHNICKÉ PARAMETRY MR VYŠETŘENÍ

Kvalita zobrazení je dána poměrem signálu k šumu (signal to noise ratio – SNR), který je maximalizován použitím těsně naléhající cívkvy. K vyšetření mozku novorozenců se doporučuje použít novorozeneckou hlavovou cívkvy. Pokud není k dispozici, tak je možné využít kolenní cívkvy. U ventilovaných novorozenců se zavedenou endotracheální kanylou lze použít i velkou hlavovou cívkvy pro dospělé. Vždy je nutné položit hlavu novorozence do středu cívkvy, aby se předešlo nehomogenitám magnetického pole.

Vyšetření CNS novorozence je možné provést na magnetické rezonanci se silou magnetického pole 1, 1,5 nebo i 3 T. Nastavení vychází ze standardních sekvencí použí-

vaných k vyšetřování mozku dospělých, ty je ovšem nutné upravit. Tkáň mozku novorozence má vyšší obsah vody a nižší obsah bílkovin a tuků a tím má i delší T1 a T2 relaxační čas. K optimalizaci SNR a kontrastu mezi bílou a šedou hmotou musíme prodloužit repetiční čas (time to repeat – TR) u T1- i T2-váženého zobrazení. U T1-vážených sekvencí prodloužíme TR ze standardních 400–500 ms na 800–850 ms a u T2-vážených sekvencí ze standardních 3500–5000 ms na 9000–10000 ms. Při použití fast spin-echo sekvencí s prodlouženým ETL (echo train length) již tyto změny provádět nemusíme (7). Vysoký obsah molekul vody v extracelulárním prostoru při porovnání s mozkem dospělých a jejich rychlá (překotná) difuze ovlivňuje vzhled mozku na DWI (diffusion-weighted imaging) obrazech. ADC (apparent diffusion coefficient) hodnoty v bílé hmotě dosahují svého maxima přibližně ve 28. týdnu gestace. Se zrání mozku a postupující myelinizací dochází v důsledku úbytku vody v extracelulárním prostoru ke snížení ADC hodnot a nárůstu relativní anizotropie (8). Na rozdíl od dospělých se zobrazování difuze u novorozenců doporučuje použít b hodnotu kolem 750–800 s/mm<sup>2</sup> (9). Vyšší b hodnoty než 800 s/mm<sup>2</sup> vedou ke snížení SNR (9). Snížení b hodnoty vede ovšem k poklesu difuzního vážení. Proto Shroff et al. doporučují použít b hodnotu 800 s/mm<sup>2</sup> u předčasně narozených novorozenců, ale u donošených novorozenců pro nižší obsah vody b hodnotu 1000 s/mm<sup>2</sup> (10). Vyšetřovací protokol by měl obsahovat následující **sekvence**:

- T1-vážené zobrazení v sagitální a transverzální rovině. Toto zobrazení je ideální ke zhodnocení bazálních ganglií a thalamů. Na této sekvenci se dobře znázorní i myelinizace, ischemie a subakutní krvácení.
- T1 t1r zobrazení v transverzální rovině, které poskytuje nejlepší pohled na zadní raménko capsula interna.
- T2-vážené zobrazení v transverzální rovině. Tato sekvence je lepší než T1-vážené zobrazení v detekci časných ischemických změn. Nabízí dobrý kontrast mezi bílou a šedou hmotou mozkovou. Umožňuje přesný popis kúry a centrální šedé hmoty u nezralého mozku a rozpoznání změn signálu v bílé hmotě.
- Gradient-echo T2\* nebo SWI (susceptibility-weighted imaging) sekvence, které jsou vhodné k průkazu krvácení a zobrazení žilní trombózy.
- Zobrazení difuze (diffusion-weighted imaging – DWI) v axiální rovině. Tato sekvence je výborná k zobrazení časné ischemie. Standardem je doplnění map zřejmého difuzního koeficientu (apparent diffusion coefficient – ADC). Pro hlučnost při zhotovení této sekvence je vhodné ji zařadit až na konec vyšetřovacího protokolu, aby se novorozenec předčasně neprobudil.

#### Další možné sekvence

- Gradient-echo 3D T1- a T2-vážené sekvence poskytují tenké řezy a jsou vhodné k multiplanárním rekonstrukcím.
- MR venogram zhotovený buď technikou time-of-flight, nebo phase-contrast. Slouží k vyloučení trombózy splavů a k odlišení trombózy od subdurálního hematomu.
- MR angiografii k posouzení průchodnosti tepen zásobujících mozek v oblasti hlavy a krku.
- MR vyšetření s intravenózním podáním paramagnetické kontrastní látky při podezření na infekci centrálního nervového systému.

Při neklidu novorozence je někdy nutné zobrazení zopakovat. Výhodné je použít rychlé „fast imaging“ sekvence nebo jiné, méně náchylné k pohybovým artefaktům „motion correction sequences“ (např. PROPELLER a BLADE).

## Pokročilé MR techniky

### Zobrazování tenzoru difuze (Diffusion tensor imaging – DTI)

Anizotropie je jev, kdy se fyzikální vlastnosti látky mění podle směru, ve kterém tyto vlastnosti měříme. Frakční anizotropie je lépe reprodukovatelnou kvantitativní mírou mikrostruktury tkání než ADC hodnoty, může být měřená pomocí zobrazování tenzoru difuze. U novorozenců s HIE je frakční anizotropie snižena. Je známá lineární závislost mezi hodnotami frakční anizotropie, neurologickým vývojem a mentálního vývoje hodnoceného podle Bayleyové ve věku 18 měsíců (11).

### MR spektroskopie

MR spektroskopie umožňuje *in vivo* analýzu metabolitů mozkové tkáně z oblasti bazálních ganglií, thalamů a bílé hmoty. Zvýšení poměru laktát/kreatin a snížení absolutní koncentrace N-acetyl-aspartátu (NAA) a cholinu měřené v oblasti bazálních ganglií je považována za ukazatel špatného neurologického vývoje u novorozenců s HIE (12). Při interpretaci výsledků musíme mít na zřeteli dvě zásadní skutečnosti:

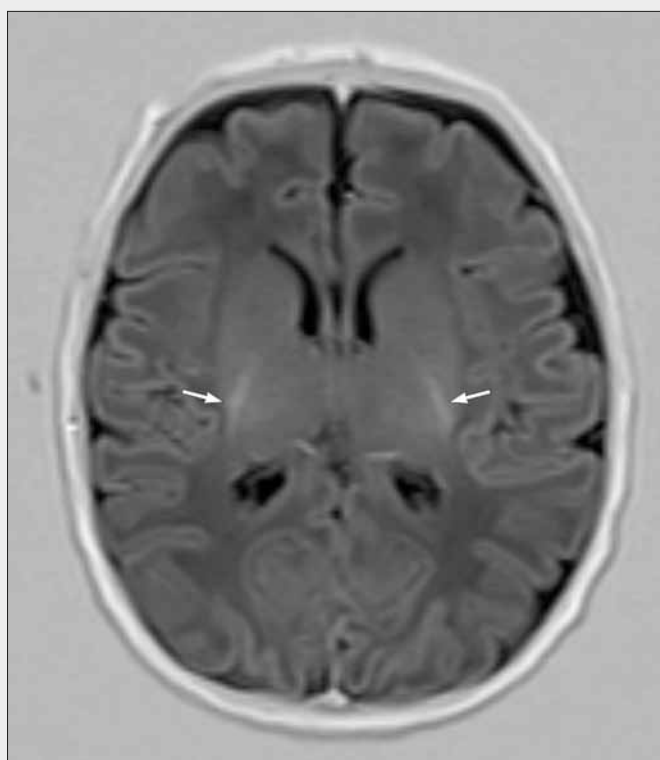
1. U všech novorozenců je peak N-acetylaspartátu normálně nižší než u dospělého člověka, jeho hodnot dosahuje až přibližně ve 2,5 letech.
2. U předčasně narozených dětí, na rozdíl od donošených, se v mozkové tkáni běžně nachází malé množství laktátu (10).

## NAČASOVÁNÍ VYŠETŘENÍ

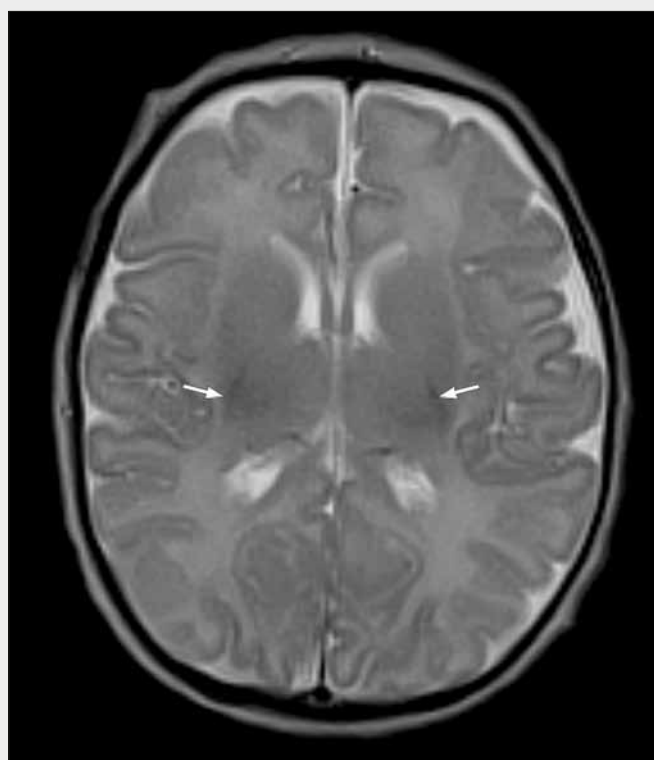
Na konvenčních sekvencích (T1- a T2-vážené sekvence) jsou ischemické změny vzniklé v perinatálním období nejlépe zřetelné mezi 1. a 2. týdnem života. V této době je klinický stav novorozenců většinou stabilizován, řízená terapeutická hypotermie je již ukončena, nepotřebují umělou plicní ventilaci a vlastní vyšetření nečiní větší potíže.

V některých případech je ovšem nutné provést MR vyšetření dříve, např. za účelem stanovení diagnózy, nebo při rozhodování o následném terapeutickém postupu. Zobrazení zhotovené během několika prvních dnů po narození při použití konvenčních sekvencí může odhalit jen nepatrné změny CNS, ačkoliv poškození mozku může být závažné. Proto by měly být ve vyšetřovacím protokolu zahrnuty i sekvence k zobrazení difuze (DWI). Pomocí nich lze dobře rozpoznat časnou ischemii. Jejich nevýhodou je, že nejsou až tak spolehlivé v detekci významného poškození v oblasti bazálních ganglií a thalamů, a tak v těchto oblastech může dojít k podhodnocení nálezu.

Obraz ischemických změn mozkové tkáně přetrvává na DWI přibližně 1 týden, po této době je již viditelný na konvenčních sekvencích (13). Někdy je vizuální analýza DWI zobrazení sporně interpretovatelná, dokonce i v případech vážného poškození. Proto se doporučuje současně zhotovit ADC mapy a vypočítat hodnoty ADC koeficientů, a to i v pří-



▲ Obr. 1A



▲ Obr. 1B

Obr. 1. MR vyšetření mozku donošeného novorozence (chlapec, gestační věk 39 + 2), normální nález. A – MR T1 t1rr zobrazení, axiální rovina. V oblasti zadního raménka capsula interna je patrná zvýšená intenzita signálu odpovídající fyziologické myelinizaci (šipka); B – MR T2-vážený obraz, axiální rovina. Myelinizace zadního raménka capsula interna se zobrazuje jako drobný okrsek se sníženou intenzitou signálu (šipka).

Fig. 1. MR imaging of the term neonatal brain (boy, gestation age 39 + 2), normal finding. A – MR T1 t1rr image, axial plane. Myelin is seen as high-signal intensity within the posterior limb of the internal capsule (arrow); B – MR T2-weighted image, axial plane. Myelin in the posterior limb of the internal capsule is seen as a smaller region of low-signal intensity (arrow).

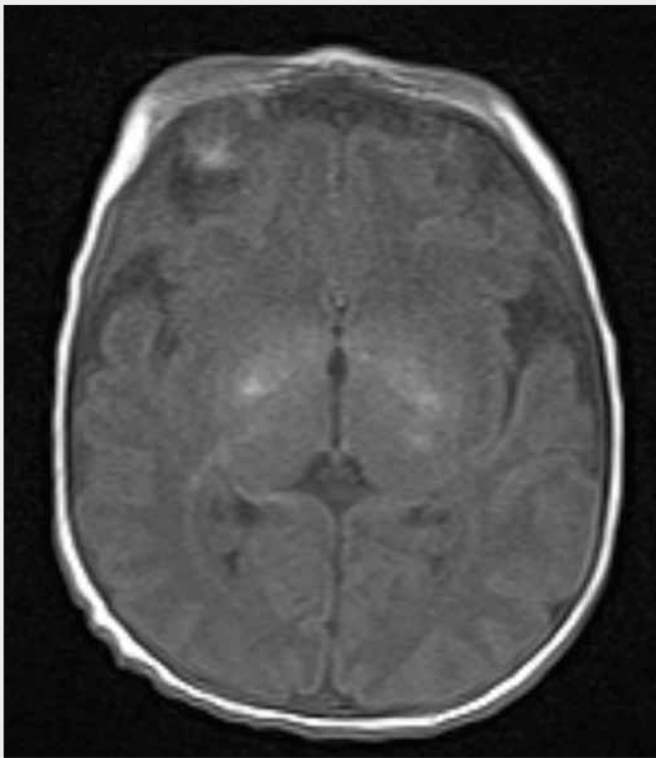
padech, kdy se DWI zobrazení jeví normální. U novorozenců s HIE při těžkém postižení bílé hmoty nebo bazálních ganglií a thalamů jsou hodnoty ADC v průběhu 1. týdne významně sniženy, ke konci 1. týdne se normalizují a během 2. týdne se zvyšují. Ve studii Rutherfordové se uvádí, že hodnoty ADC koeficientů  $< 1,1 \times 10^{-3}/\text{mm}^2$  jsou spojeny s ischemií bílé hmoty a hodnoty  $< 0,8 \times 10^{-3}/\text{mm}^2$  s ischemií thalamu (14). To ale nemusí platit v případech drobného, izolovaného, ale klinicky významného postižení bazálních ganglií a thalamů, kdy mohou být obrazy na DWI i hodnoty ADC koeficientů normální (15).

## INTERPRETACE NÁLEZU

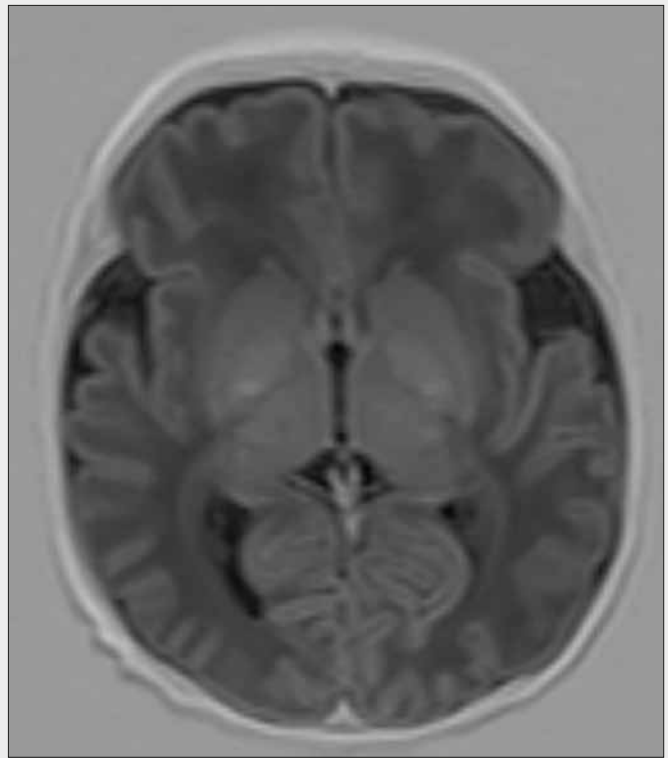
MR obraz fyziologického mozku novorozence se liší od obrazu mozku dospělého. Hodnocení MR vyšetření vyžaduje podrobné znalosti o normálně se vyvíjejícím CNS a spektru vrozených i získaných patologických lézí a jejich vývoji v čase. Perinatálně vzniklé postižení mozku bývá totiž často symetrické a může být mylně zaměněné za normální nález, obzvláště pokud radiolog nemá dostatečné zkušenosti s novorozeneckou neuroradiologickou problematikou. V případech nejjasnosti s vyhodnocením nálezu by měl vyšetřující kon-

zultovat centrum, kde vyšetření častěji provádějí. Ke správné interpretaci nálezu je dále nutné znát kalendářní věk a gestační stáří dítěte, předporodní anamnézu, typ porodu, hodnoty skóre podle Apgarové, průběh poporodní adaptace, včetně případné kardiopulmonální resuscitace. Závažnost postižení CNS závisí zejména na zralosti mozku, stupni asfyxie a délce jejího trvání.

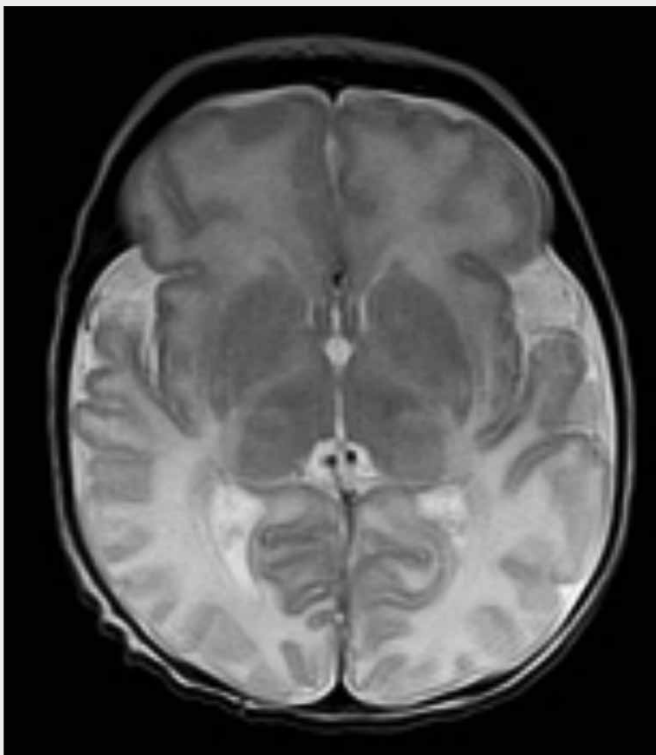
Při fyziologickém nálezu u donošeného novorozence by v době narození měla být patrná myelinizace v dorzálních oblastech mozku kmene, v nucleus dentatus mozečku, v zadním raménku capsula interna a v přední komisuře. Oblasti optických trajektorií, pyramidové trakty, ventrolaterální část thalamů, horní a dolní mozečkové pedunkly a rolandické a perirolandické oblasti by také měly být myelinizované. K hodnocení průběhu myelinizace využíváme jak T1-, tak i T2-vážené obrazy. Udává se, že v období od narození do zhruba 6. až 8. měsíce věku dítěte je T1-vážené zobrazení výhodnější a senzitivnější, T2-vážené zobrazení využíváme k hodnocení myelinizace spíše v období od 6. do 18. měsíce (16). U novorozenců s HIE zaměřujeme pozornost především na stav myelinizace v oblasti zadního raménka capsula interna a thalamů. U zdravého novorozence, narozeného ve 37. týdnu gestace a později, nacházíme na T1-váženém obraze zvýšenou intenzitu sig-



▲ Obr. 2A



▲ Obr. 2B



▲ Obr. 2C

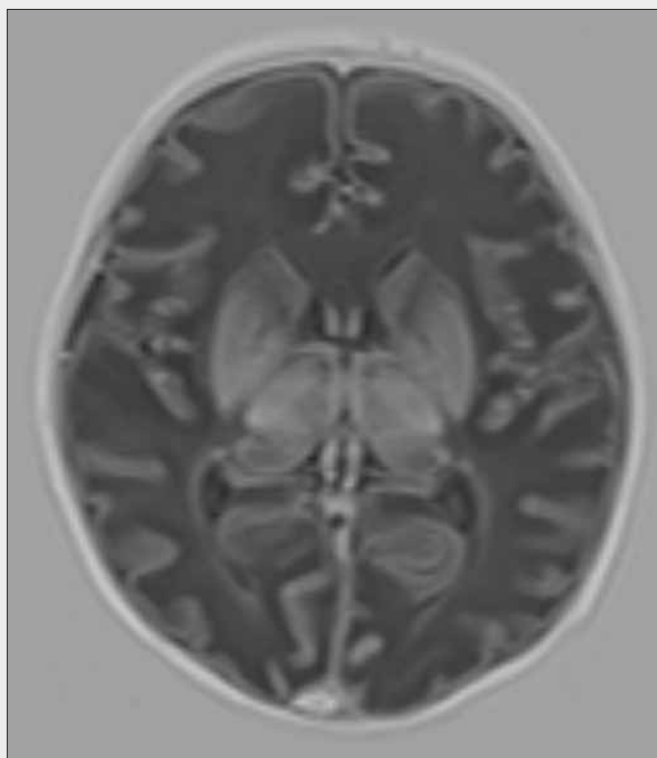
Obr. 2. MR vyšetření mozku доноšeného novorozence (chlapec, gestační věk 37 + 0), patologická ložiska v oblasti bazálních ganglií, thalamů a zadního raménka capsula interna oboustranně a difúzní postižení bílé hmoty mozkové ve frontálních a především okcipitálních lalocích při hypoxicko-ischemické encefalopatii. A – MR T1-vážený obraz, axiální rovina. V oblastí bazálních ganglií a thalamů jsou patrné okrsky zvýšené intenzity signálu, zadní raménko capsula interna je hyposignální. Mírné snížení intenzity signálu bílé hmoty oboustranně okcipitálně; B – MR T1 t1r zobrazení, axiální rovina. Capsula interna je lépe zřetelná, je hyposignální. Bílá hmota frontálních a okcipitálních laloků má zřetelně sníženou intenzitu signálu; C – MR T2-vážený obraz, axiální rovina. Patologické okrsky v bazálních gangliích a thalamech mají mírně sníženou intenzitu signálu, zadní raménko capsula interna a bílá hmota ve frontálních a výrazněji v okcipitálních lalocích mají zvýšenou intenzitu signálu.

Fig. 2. MR imaging of the term neonatal brain (boy, gestation age 37 + 0), pathological lesions in the basal ganglia, thalami and the posterior limb of the internal capsule, ischaemic changes of white matter in frontal and mainly in occipital lobes in a neonate with hypoxic-ischaemic encephalopathy. A – MR T1-weighted image, axial plane. Pathological lesions with high-signal intensity in the both basal ganglia and thalami, pathological low-signal intensity in the posterior limb of the both internal capsulae and white matter in occipital lobes; B – MR T1 t1r image, axial plane. The internal capsule is better visible on this sequence, in the both posterior limbs there is pathological low-signal. White matter in frontal and occipital lobes have obviously low-signal intensity; C – MR T2-weighted image, axial plane. Mild low-signal intensity in the pathological lesions in the both basal ganglia and thalami, pathological high-signal intensity in the posterior limb of the both internal capsulae and white matter in frontal and notably in occipital lobes.

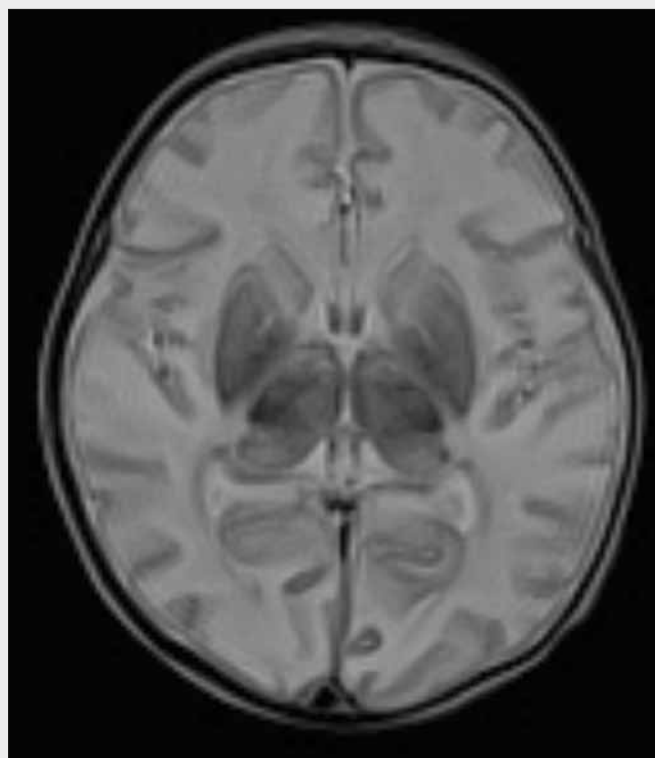
nálu v dorzální polovině nebo alespoň v dorzální třetině zadního raménka capsula interna, která odpovídá fyziologické myelinizaci. Na T2-váženém obraze nacházíme v této lokalitě snížení intenzity signálu (obr. 1). Občas můžeme v posterolaterální části thalamu nalézt lehce zvýšenou intenzitu signálu na T1-váženém obraze, která je také pova-

žována za fyziologický projev myelinizace ventrolaterálního jádra thalamu (17).

Hypoxicko-ischemické postižení šedé hmoty (centrální šedá hmota a kůra) se obecně projeví zvýšením intenzity signálu na T1-váženém zobrazení a variabilně změněnou intenzitou signálu na T2-váženém obraze. Poškození bílé hmoty



▲ Obr. 3A



▲ Obr. 3B

**Obr. 3. MR vyšetření mozku доноšeného novorozence (děvče, gestační věk 39 + 1), postižení bazálních ganglií, thalamů, zadního raménka capsula interna oboustranně a bílé hmoty difuzně při těžké hypoxicko-ischemické encefalopatii. A – MR T1 t1r zobrazení, axiální rovina. Bazální ganglia a thalamy mají zvýšenou intenzitu signálu, zadní raménka capsula interna a bílá hmota mozková mají sníženou intenzitu signálu; B – MR T2-vážený obraz, axiální rovina. Bazální ganglia a thalamy mají sníženou intenzitu signálu, zadní raménka capsula interna a bílá hmota mozková mají zvýšenou intenzitu signálu.**  
**Fig. 3. MR imaging of the term neonatal brain (girl, gestation age 39 + 1), pathological lesions in the both basal ganglia, thalami, the posterior limbs of the internal capsulae and white matter in a neonate with severe hypoxic-ischaemic encephalopathy. A – MR T1 t1r image, axial plane. Basal ganglia and thalami have high-signal intensity, the posterior limb of the both internal capsulae and white matter have low-signal intensity; B – MR T2-weighted image, axial plane. Basal ganglia and thalami have low-signal intensity, the posterior limb of the both internal capsulae and white matter have high-signal intensity.**

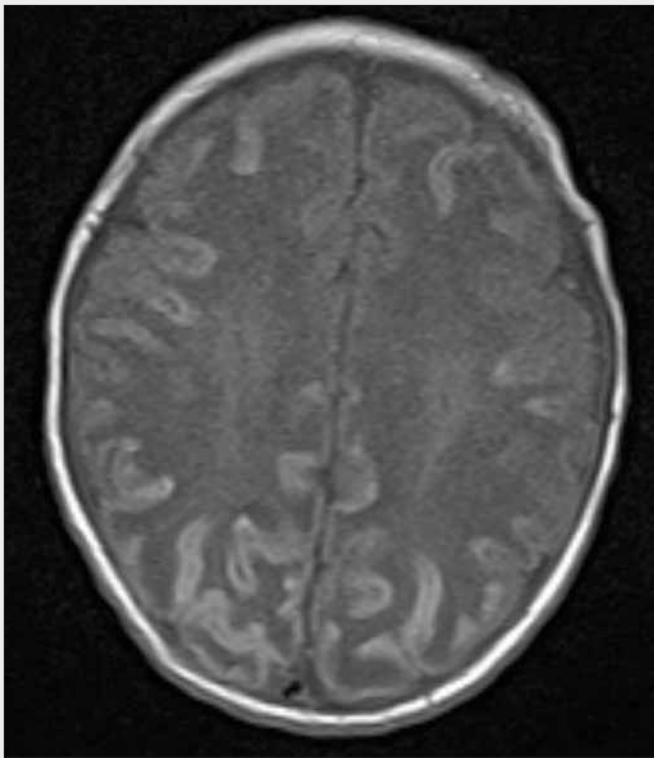
mozkové se obecně zobrazí snížením intenzity signálu na T1-váženém obraze a zvýšením intenzity signálu na T2-váženém obraze (18). Na paměti ovšem musíme mít výše uvedené fyziologické stavy, u kterých je intenzita signálu jiná, a proto nesmí být mylně zaměněny za patologii, např. za krvácení. Na DWI zobrazení se restrikce difuze v patologických ložiscích jeví jako oblast zvýšené intenzity signálu.

Při těžké hypoxii jsou nejvíce ohroženy struktury mozku se zvýšenou metabolickou aktivitou a vyšším stupněm myelinizace. U доноšených novorozenců nacházíme většinou léze v oblasti centrální šedé hmoty mozkové (bazální ganglia a thalamus) a v zadním raménku capsula interna. Typicky postiženými strukturami bazálních ganglií jsou globus pallidus a zadní část putamen, u kterých již v průběhu prvních 3 dnů nacházíme na T1-váženém zobrazení patologicky zvýšenou intenzitu signálu a na T2-váženém obraze sníženou intenzitu signálu. Zvýšená intenzita signálu přetrvává po dobu asi 2–4 měsíců od inzultu (19). Je důležité podotknout, že tento nález není zcela specifický, protože i u některých zdravých novorozenců můžeme nalézt lehce zvýšenou intenzitu signálu v bazálních gangliích a dalším důvodem je subjektivita vizuálního vyhodnocení intenzity signálu mozkové tkáně. Z těchto důvodů musí být zvýšení intenzity signálu v bazálních gangliích

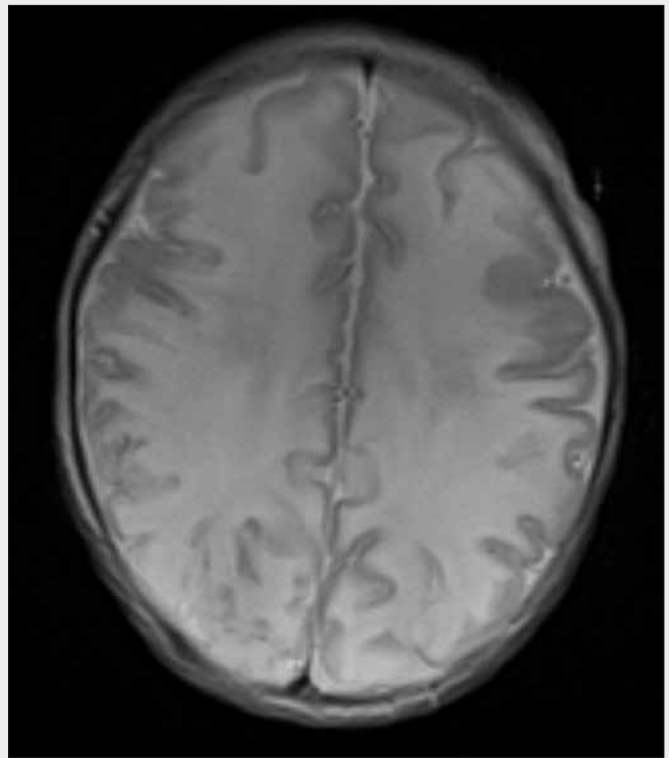
vždy interpretováno v kontextu s dalšími, pro HIE typickými nálezy. Při postižení thalamu nacházíme na T1-váženém obraze zvýšenou intenzitu signálu buď difuzně v celém jeho rozsahu, nebo jen v jeho ventro/laterální části, na T2-váženém zobrazení vidíme hypointenzní korelát. Změny intenzity signálu na konvenčních sekvencích v zadním raménku capsula interna patří ke spolehlivým prediktorům špatného motorického vývoje (20). Na T1-váženém obraze chybí normálně zvýšená intenzita signálu v zadním raménku capsula interna, na T2-váženém obraze chybí hyposignální korelát (20, 21) (obr. 2, 3). Dále mohou být přítomny patologické léze v hipokampu, perirolandické lokalitě, oblasti kortikospinálního traktu a senzomotorického kortexu. U novorozenců s nejtěžší formou HIE většinou nacházíme i postižení mozkového kmene, které je často spojeno s následným úmrtím dítěte (10, 22).

Středně těžká hypoxie vede k rozvoji stranově symetrických parasagitálních hemisferálních infarktů, při kterých dojde k odumření tkáně korové a podkorové zóny v teritoriálních rozhraních zásobení předními, středními a zadními mozkovými tepnami (10, 22) (obr. 4).

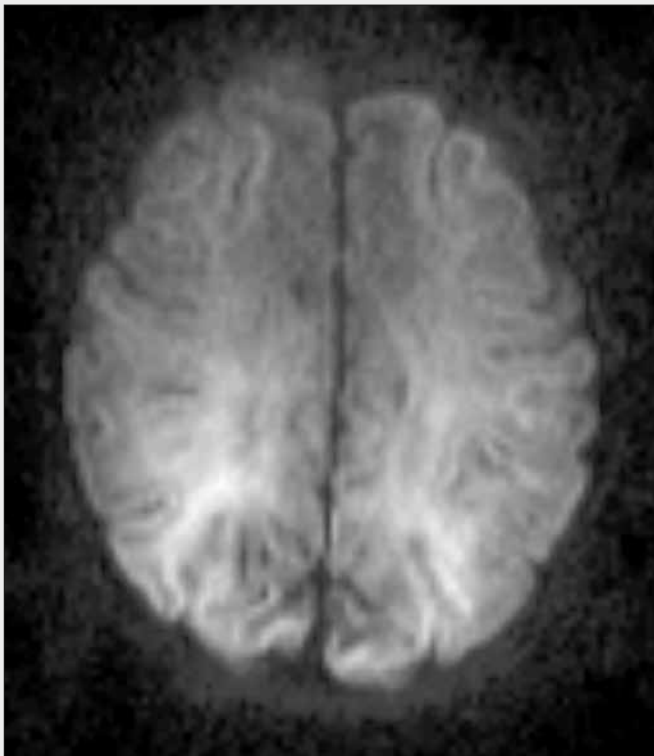
Mírná hypoperfuze zapříčiní redistribuci krevního toku do metabolicky aktivnějších oblastí, což se projeví ušetřením mozkového kmene, mozečku a centrální šedé hmoty. Postiže-



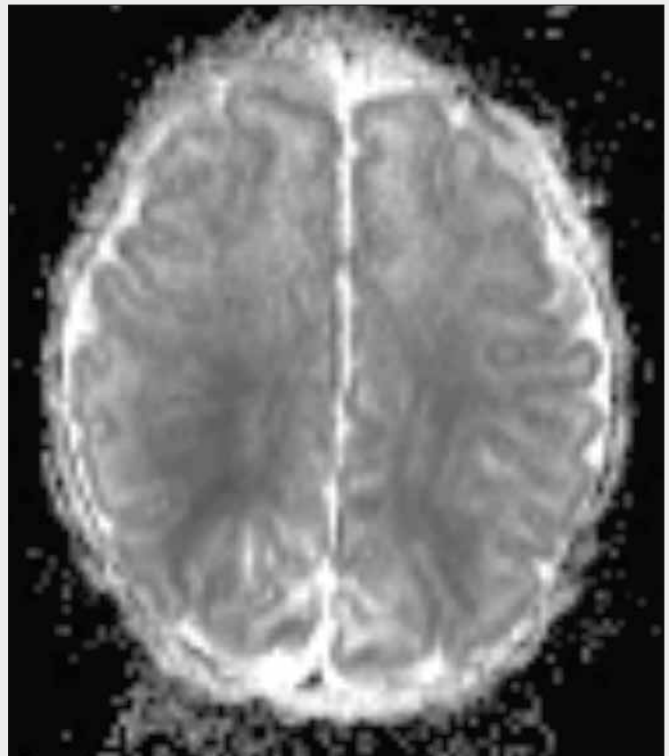
▲ Obr.4A



▲ Obr.4B



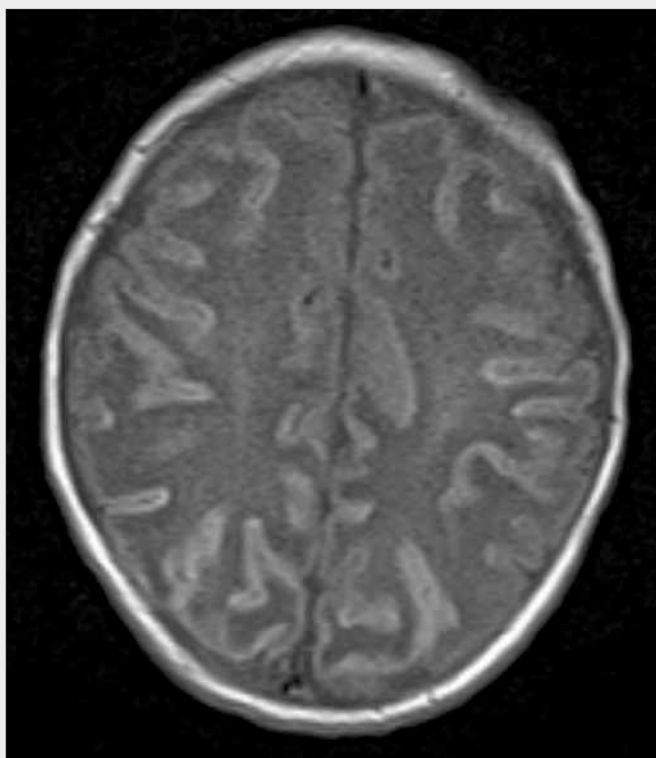
▲ Obr.4C



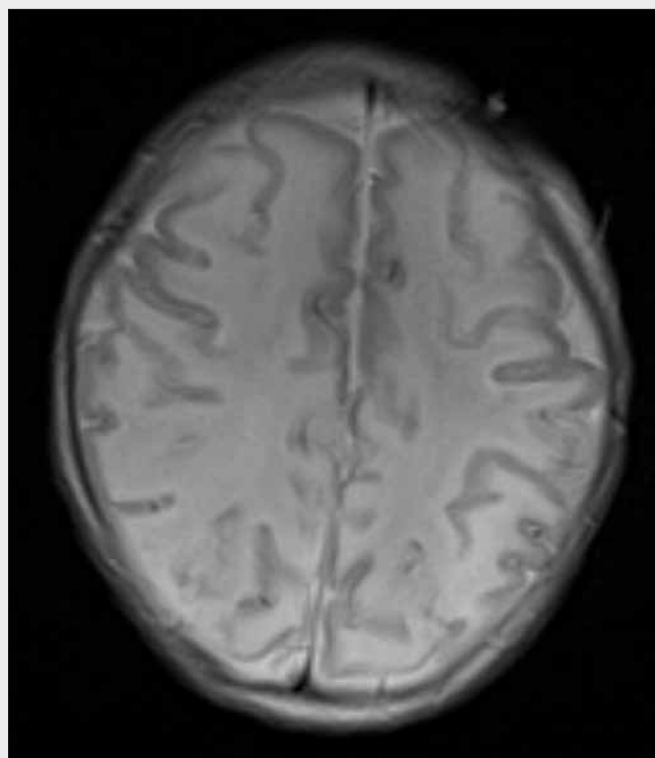
▲ Obr.4D

Obr. 4. MR vyšetření mozku доноšeného novorozence (děvče, gestační věk 38 + 5), parasagitální infarkt při hypoxicko-ischemické encefalopatii. A – MR T1-vážené zobrazení, axiální rovina. Bílá hmota mozková má oboustranně frontoparietálně sníženou intenzitu signálu; B – MR T2-vážený obraz, axiální rovina. Intenzita signálu bílé hmoty je difuzně zvýšená; C – DWI zobrazení, axiální rovina. Zvýšená intenzita signálu s maximem oboustranně parietálně; D – ADC mapy, axiální rovina. Hyposignální korelát ve výše uvedené oblasti odpovídající ischemii.

Fig. 4. MR imaging of the term neonatal brain (girl, gestation age 38 + 5), parasagittal infarction in hypoxic-ischaemic encephalopathy. A – MR T1-weighted image, axial plane. Low-signal intensity of white matter in frontal and parietal lobes; B – MR T2-weighted image, axial plane. White matter has high-signal intensity; C – DWI, axial section. High-signal intensity with maximum in parietal lobes; D – ADC maps, axial section. In the above mentioned areas there is low-signal correlation corresponding to ischaemia



▲ Obr. 5A



▲ Obr. 5B

**Obr. 5. MR vyšetření mozku доноšeného novorozence (děvče, gestační věk 41 + 0), kortikální a subkortikální změny s ischemickým postižením bílé hmoty mozkové při hypoxicko-ischemické encefalopatii. A – MR T1-vážený obraz, axiální rovina. Oboustranně frontoparietálně je patrná zvýšená intenzita signálu kůry a mírně i subkortikální bílé hmoty; B – MR T2-vážený obraz, axiální rovina. Kůra má sníženou intenzitu signálu, bílá hmota mozková má difuzně zvýšenou intenzitu signálu.**

**Fig. 5. MR imaging of the term neonatal brain (girl, gestation age 41 + 0), cortical and subcortical lesions with ischaemic changes of white matter in frontal and parietal lobes in hypoxic-ischaemic encephalopathy. A – MR T1-weighted image, axial plane. Pathological high-signal intensity of cortex and subcortical white matter; B – MR T2-weighted image, axial plane. Pathological low-signal intensity of cortex and high-signal intensity of white matter in the above mentioned areas.**

ny jsou specifické oblasti kůry, nejčastěji kolem sulcus centralis, interhemisferické fissury a insuly. Kortikální změny bývají doprovázeny i změnou intenzity signálu v přilehlé subkortikální bílé hmotě (10, 22) (obr. 5).

## ZÁVĚR

MR vyšetření je důležitou součástí diagnostického algoritmu hypoxicko-ischemické encefalopatie u доноšených novorozenců. Umožňuje identifikovat etiologii a dobu vzniku poškození mozku, ovlivnit výběr dalších diagnostických vyšetření a/nebo terapeutického postupu a předpovědět vývoj a prognózu.

## LITERATURA

1. O'Shea TM. Cerebral palsy in very pre-term infants: new epidemiological insights. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev* 2002; 8(3): 135–145.
2. Shankaran S. Neonatal encephalopathy: treatment with hypothermia. *J Neurotrauma* 2009; 26(3): 437–443.
3. Shroff MM, Soares-Fernandes JP, Whyte H, Raybaud C. MR imaging for diagnostic evaluation of encephalopathy in the newborn. *Radiographics* 2010; 30(3): 763–780.
4. Huang BY, Castillo M. Hypoxic-ischemic brain injury: imaging findings from birth to adulthood. *Radiographics* 2008; 28(2): 417–439.
5. Hálek J, Dubrava L, Kantor L. Léčebná hypotermie v léčbě hypoxicko-ischemické encefalopatie u novorozenců. *Pediatric pro praxi* 2011; 12(6): 390–393.
6. Barkovich AJ. The encephalopathic neonate: choosing the proper imaging technique. *Am J Neuroradiol* 1997; 18(10): 1816–1820.
7. Jones RA, Palasis S, Grattan-Smith JD. MRI of the neonatal brain: optimization of spin-echo parameters. *Am J Roentgenol* 2004; 182(2): 367–372.
8. Schneider JF, Confort-Gouny S, Le Fur Y, et al. Diffusion-weighted imaging in normal fetal brain maturation. *Eur Radiol* 2007; 17(9): 2422–2429.



9. **Robertson RL, Ben-Sira L, Barnes PD, et al.** MR line-scan diffusion-weighted imaging of term neonates with perinatal brain ischemia. *Am J Neuroradiol* 1999; 20(9): 1658–1670.
10. **Shroff MM, Soares-Fernandes JP, Whyte H, Raybaud C.** MR imaging for diagnostic evaluation of encephalopathy in the newborn. *Radiographics* 2010; 30(3): 763–780.
11. **Tusor N, Wusthoff C, Smee N, et al.** Prediction of neurodevelopmental outcome after hypoxic-ischemic encephalopathy treated with hypothermia by diffusion tensor imaging analyzed using tract-based spatial statistics. *Pediatr Res* 2012; 72(1): 63–69.
12. **Boichot C, Walker PM, Durand C, et al.** Term neonate prognoses after perinatal asphyxia: contributions of MR imaging, MR spectroscopy, relaxation times, and apparent diffusion coefficients. *Radiology* 2006; 239(3): 839–848.
13. **Küker W, Möhrle S, Mader I, Schöning M, Nägele T.** MRI for the management of neonatal cerebral infarctions: importance of timing. *Childs Nerv Syst* 2004; 20(10): 742–748.
14. **Rutherford M, Counsell S, Allsop J, et al.** Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in term perinatal brain injury: a comparison with site of lesion and time from birth. *Pediatrics* 2004; 114(4): 1004–1014.
15. **Rutherford M, Srinivasan L, Dyet L, et al.** Magnetic resonance imaging in perinatal brain injury: clinical presentation, lesions and outcome. *Pediatr Radiol* 2006; 36(7): 582–592.
16. **Kynčl M, Kolář I, Boman K, Neuwirth J.** Proces myelinizace mozku v MR obraze u dětí – vyšetřovací postupy, normální nálezy a interpretace nálezů v denní praxi. *Ces Radiol* 2007; 61(3): 270–274.
17. **Heinz ER, Provenzale JM.** Imaging findings in neonatal hypoxia: a practical review. *Am J Roentgenol* 2009; 192(1): 41–47.
18. **Felderhoff-Mueser U, Rutherford MA, Squier WV, et al.** Relationship between MR imaging and histopathologic findings of the brain in extremely sick preterm infants. *Am J Neuroradiol* 1999; 20(7): 1349–1357.
19. **Barkovich AJ, Hallam D.** Neuroimaging in perinatal hypoxic-ischemic injury. *MRDD Research Reviews* 1997; 3: 28–41.
20. **Rutherford MA, Pennock JM, Counsell SJ, et al.** Abnormal magnetic resonance signal in the internal capsule predicts poor neurodevelopmental outcome in infants with hypoxic-ischemic encephalopathy. *Pediatrics* 1998; 102(2 Pt 1): 323–328.
21. **Barkovich AJ, Westmark K, Partridge C, Sola A, Ferriero DM.** Perinatal asphyxia: MR findings in the first 10 days. *Am J Neuroradiol* 1995; 16(3): 427–438.
22. **Chao CP, Zaleski CG, Patton AC.** Neonatal hypoxic-ischemic encephalopathy: multimodality imaging findings. *Radiographics* 2006; 26(Suppl 1): S159–172.
23. **Edwards AD, Brocklehurst P, Gunn AJ, et al.** Neurological outcomes at 18 months of age after moderate hypothermia for perinatal hypoxic ischemic encephalopathy: syntheses and meta-analysis of trial data. *BMJ* 2010; 340: c363.

## inzerce

## Pro naši zavedenou ordinaci RDG/SONO v Praze-Kyjích

### hledáme LÉKAŘE/LÉKAŘKU

**MediClinic<sup>+</sup>**  
nová tvář medicíny

#### Nabízíme:

- Zajímavé mzdové ohodnocení + motivační odměňování
- Týden dovolené navíc, další placený týden na odborná školení a další 3 dny na zotavenou
- Flexibilní pracovní úvazek – plný nebo dle dohody i částečný
- Možnost úpravy pracovní doby dle požadavku nového lékaře/lékařky
- Příjemné pracovní prostředí – moderně vybavené ultrazvukové pracoviště

#### Náplň:

- Ambulantní péče o pacienty
- Denní osobní i telefonická komunikace s pacienty
- Vedení ambulance, rozhodování o organizaci práce
- Minimum administrativy

V případě zájmu nás prosím kontaktujte:

[www.mediclinic.cz](http://www.mediclinic.cz) | [Hana Janecková](mailto:Hana.Janeckova@mediclinic.cz) | tel.: 733 679 623 | email: [hana.janeckova@mediclinic.cz](mailto:hana.janeckova@mediclinic.cz)