

# KLINICKÉ VYUŽITÍ A VÝZNAM MAGNETICKÉ REZONANCE V PRENATÁLNÍ DIAGNOSTICE

**MUDr. V. Frisová**

*Klinika zobrazovacích metod (KZM) 2. LF UK a FN Motol, Praha*

*Podporováno grantem MZO 00642036312*

## Úvod

Magnetická rezonance (MR) byla v prenatalní diagnostice poprvé použita v roce 1983. Přestože byla tehdy kvalita snímků velmi nízká, byl závěr studie velmi optimistický. Autoři vyslovili předpoklad, že se prokáže bezpečnost této techniky pro matku a plod a díky schopnosti magnetické rezonance zkoumat obsah vody ve tkáních se najdou široké možnosti jejího uplatnění v porodnictví (1). Nyní po více než 20 letech můžeme konstatovat, že závěr první studie byl správný. Ačkoliv ultrazvuk zůstává být základní metodou screeningu vrozených vad plodu, stala se magnetická rezonance v posledních době jeho cenným doplňkem a rozsah využití této techniky v prenatalní diagnostice trvale stoupá (2–4). Bezpečnost magnetické rezonance byla opakovaně prokázána a technický rozvoj zobrazovacích metod se zavedením ultrarychlých sekvencí významně posunul kvalitu zobrazení a rozsah využití MR v těhotenství.

## 1 Porovnání magnetické rezonance s ultrazvukem

Ultrazvukové vyšetření má dlouhou tradici, je téměř všude snadno dostupné, levné a umožní ve druhém trimestru detekovat okolo 90 % vrozených vad (5). Ultrazvuk proto bezesporu nadále zůstává být první základní metodou screeningu vrozených vad. Kvalita jeho zobrazení může být ale významně limitována nepříznivou polohou plodu, obezitou matky nebo sníženým množstvím plodové vody. Senzitivita screeningu vrozených vad navíc velmi závisí na zkušenosti vyšetřujícího.

Zobrazení magnetickou rezonancí je kontrastnější a poskytuje proto mnohem lepší přehled o anatomii plodu, zvláště v případě zhoršených sonoakustických podmínek. Kvalita snímků však může být významně zhoršena pohybem plodu, vyšetření je drahé a na některých místech obtížně dostupné. Magnetická rezonance je proto v současné době považována za velmi cenný doplněk ultrazvukového vyšetření u těhotenství s rizikem výskytu vrozené vady nebo k upřesnění nálezu u předem ultrazvukem diagnostikovaných vad. Detailní přehled kladů a záporů magnetické rezonance je uveden v **tab. 1**.

## 2 Bezpečnost magnetické rezonance

Metodický pokyn Americké společnosti radiologů (6) by měl rozptýlit veškeré obavy z použití magnetické rezonance v těhotenství. Dosud nebyl prokázán žádný teratogenní vliv na vyvíjející se plod (2, 4, 6), nicméně vzhledem k teoreticky nejvyššímu teratogennímu riziku v době organogeneze a limitované kvalitě zobrazení při malé velikosti plodu se zpravidla vyšetření magnetickou rezonancí neprovádí před 18. týdnem těhotenství (4). Intravenózní aplikace kontrastních látek (gadolinium) není obecně v těhotenství doporučována, i když podle metodického

pokynu Evropské radiologické společnosti je použití gadolinia v graviditě pravděpodobně bezpečné (7). Většina pracovišť však kontrastní látky v těhotenství pro jistotu dosud neaplikuje.

Vzhledem k limitaci kvality zobrazení pohybu plodu se na některých pracovištích se používá u těhotenství mladších 32. týdnů premedikace perorálním podáním 0,5mg tablety flunitrazepamu. Účinek toho léku se dostaví za 30 minut po jeho podání, kdy dojde přechodně k mírné sedaci (útlumu) u matky i u plodu se snížením jeho pohybové aktivity. Flunitrazepam je lék ze skupiny benzodiazepinů a nebyly u něj prokázány teratogenní účinky na plod (informace z příbalového letáku).

### Tab. 1

#### Klady a zápory magnetické rezonance

Výhody	Nevýhody
Kvalita zobrazení není závislá na poloze plodu, množství plodové vody a BMI	Limitace kvality obrazu pohybu plodu
Výborný kontrast umožňující jasné rozlišení anatomických struktur	Získané obrazy jsou řezy částmi plodu s odstupem 3–5 mm Omezená možnost vyšetření v reálném čase
Malá závislost kvality získaných dat na zkušenosti vyšetřujícího	Kvalita interpretace dat velmi závisí na zkušenostech vyšetřujícího
	Cena vyšetření
	Omezená dostupnost vyšetření

## 3 Kontraindikace magnetické rezonance

Kontraindikace magnetické rezonance jsou u těhotných žen stejné jako u netěhotných. Lze je rozdělit na absolutní a relativní.

#### Absolutní kontraindikace:

- Implantovaný kardiostimulátor nebo defibrilátor (ICD)
- Ponechané elektrody po deplantaci kardiostimulátoru nebo defibrilátoru
- Aneurymatické cévní svorky (klipy), pokud není písemně doložena jejich MR kompatibilita
- Elektronické implantáty (kochleární, inzulínová pumpa atd.), pokud není písemně doložena MR kompatibilita
- Kovová cizí tělesa z jiného než prokazatelně nemagnetického kovu kdekoliv v těle, zejména v oku a hlavě

#### Relativní kontraindikace:

- Stenty (cévní výztuže), žilní filtry, kovový embolizační materiál a okludery méně než 6 týdnů po implantaci, pokud není písemně doložena jejich MR kompatibilita

- Kloubní náhrady, osteosyntetický materiál a dentální implantáty méně než 6 týdnů po implantaci, pokud není písemně doložena jejich MR kompatibilita
- Kloubní náhrady a osteosyntetický materiál se známkami uvolňování
- Invazivní vyšetření v den vyšetření magnetickou rezonancí

## 4 Technika provedení

Vyšetření se provádí od 20., výjimečně od 18. týdne těhotenství na přístrojích 1,5T a trvá 30–60 minut. Před vyšetřením pacientka podepíše informovaný souhlas a u těhotenství s nižším gestačním stářím jí může být doporučena premedikace 0,5mg tabletou flunitrazepamu. Pacientka leží po celou dobu vyšetření na zádech, eventuelně v případě výrazného diskomfortu na levém nebo pravém boku. Poloha na boku je méně výhodná, protože zpravidla zhoršuje kvalitu zobrazení. Na povrchu těla pacientky (břicho či pánev) je připevněna povrchová cívka. Umístění cívky nad oblastí zájmu, respektive cílovým místem vyšetření, má zásadní význam pro kvalitu zobrazení (8). Proto je velmi výhodné provést před vlastní magnetickou rezonancí ultrazvukové vyšetření, které jednak upřesní polohu plodu a zároveň orientačně vyšetří ostatní systémy plodu. Při suspektním či nejasném nálezu v jiné části plodu je možné po přesunu cívky zobrazit i tuto další oblast plodu během jednoho vyšetření, což by bez přemístění cívky nebylo možné.

## 5 Metody

Standardní MR vyšetření plodu se v dnešní době skládá z provedení T2- a T1-vážených sekvencí ve třech na sebe kolmých rovinách. **T2-vážené sekvence** poskytují vysoké kontrastní rozlišení na tkáňových rozhraních a jsou proto velmi vhodné na hodnocení anatomie plodu. **T1-vážené sekvence** vypadají na první pohled velmi nepřehledně, využívá se však jejich jedinečná schopnost zobrazit nápadným hypersignálem specifické orgány vyvíjejícího se plodu (štítná žláza, přívěsek mozkový, mekonium ve střevech, myelinizace mozku). Jsou navíc naprosto esenciální pro detekci kalcifikovaných lézí a ložisek staršího krvácení (methemoglobin), zvláště v oblasti CNS plodu (8, 9).

Po více než 15 letech užívání výše uvedených konvenčních MR sekvencí se ukázalo, že mají své limity, zvláště co se týče detekce poškození bílé hmoty mozku, ložisek recentního krvácení a ischemie a hodnocení maturace a metabolismu orgánů. Tyto konvenční sekvence navíc neumožňují žádné zobrazení pohybu. Došlo proto k rozvoji novějších sekvencí, které se selektivně přidávají ke standardnímu protokolu podle indikace vyšetření. Mezi nové, pokročilejší sekvence patří *FLAIR*, *difúzně-vážené zobrazení (DWI) s difúzně tenzorovým zobrazením (DTI)*, *echoplanární sekvence (EPI)*, *protonová spektroskopie (H-MRS) a funkční MR zobrazení (f-MRI)* (8,10).

## 6 Indikace

Magnetická rezonance byla původně indikována pouze v případě selhání ultrazvukového vyšetření při extrémně špatných sonoakustických podmínkách (11). Postupně se však začalo ukazovat, že MR zobrazení je schopné poskytnout další, aditivní informaci, a to zvláště u patologií CNS, brániční hernie, atrézií a stenóz CNS a tumorů v oblasti břicha a pánve plodu (11). S rozvojem techniky a dalším zvyšováním kvality a efektivity magnetické rezonance se postupně rozšiřuje spektrum indikací a počet vyšetření celosvětově každým rokem závratně stoupá. Doplňující informace

získaná touto novější technikou často významně usnadňuje rozhodování rodičů o ukončení nebo pokračování v těhotenství a optimalizuje prenatální i postnatální management vrozených vad. Souhrnný přehled tří hlavních typů indikací k magnetické rezonanci je uveden v **tab. 2**. Obecné (tradiční) indikace postupně s rozvojem kvality ultrazvuku mizí, celosvětově převládají indikace uvedené jako hlavní a v poslední době s rozvojem MR zobrazení trvale stoupá množství dalších, novějších indikací.

**Tab. 2**  
**Přehled indikací k magnetické rezonanci**

Indikace k fetální magnetické rezonanci		
Obecné (tradiční)	Hlavní	Další
Obezita matky	Patologie CNS dle UZ	Rozštěpové vady obličeje
Jizvy na podbřišku matky	Suspekce na patologii CNS	Tumory krku (plánování EXIT)
An-/oligo-hydramnion	RA či OA matky riziková pro vvv CNS	CCAM/sekvestrace plic
Nepříznivá poloha plodu	Predikce hypoplazie plic	Defekty břišní stěny
Nejasný UZ nález	Atrézie/stenózy GIT	Defekty neurální trubice
	Ageneze/abnormální poloha ledvin	Kongenitální infekce
	Tumory v břiše či pánvi plodu	IUD u monochoriálních dvojčat
		Placenta praevia/accreta
		Virtuopsie

## 7 Využití MR při zobrazení jednotlivých systémů plodu

### 7.1 Centrální nervový systém (CNS) (Obr. 1a–f)

Vyšetření CNS plodu je nejčastější indikací k provedení fetální magnetické rezonance. Anomálie CNS jsou velmi časté a postihují přibližně 1 ze 100 živě narozených dětí (12). V posledním desetiletí se prokázalo, že fetální magnetická rezonance poskytuje nejlepší informaci o anatomii a morfologii mozku a umožňuje zároveň kvalitní posouzení jeho gyrifikace a myelinizace (9, 10, 13). Nespornou výhodou MR oproti ultrazvuku je jeho schopnost detekovat poruchy myelinizace a migrace neuronů, stejně jako ložiska ischemie či hemoragie. Anomálie tohoto typu bývají často asociovány s mírnou ventrikulomegalií a znalost jejich výskytu má extrémní význam pro prognózu a tedy i management těhotenství.

Rozvíjejí se nové techniky fetální magnetické rezonance v podobě diffusionweighted imaging (DWI), diffusion tensor imaging (DTI), protonové spektroskopie (H-MRS) a funkčního MR zobrazení (fMRI), které se jeví velmi slibně (8, 10). Měly by jak vylepšit citlivost běžného prenatálního vyšetření CNS, tak poskytnout více informací o metabolismu mozku (H-MRS), myelinizaci a tvorbě nervových vláken (DWI, DTI) a funkci mozku (fMRI) (8–10).

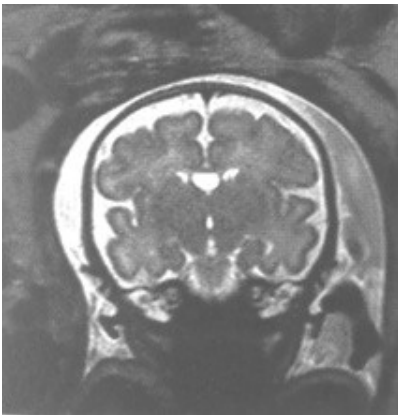
**Obr. 1**

*Vybrané snímky z našeho standardního protokolu pro zobrazení CNS plodu v koronální rovině:*

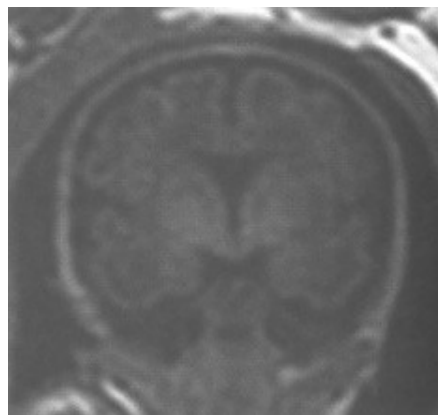
*a. T2-vážený snímek vhodný ke zhodnocení základní anatomie CNS, poskytuje vysoký kontrast na tkáňových rozhraních, tekutina se na něm zobrazuje bíle;*

*b. T1-vážený snímek vhodný k detekci ložisek hemorrhagie a kalcifikace a k posouzení myelinizace, tekutina se na něm zobrazuje černě;*

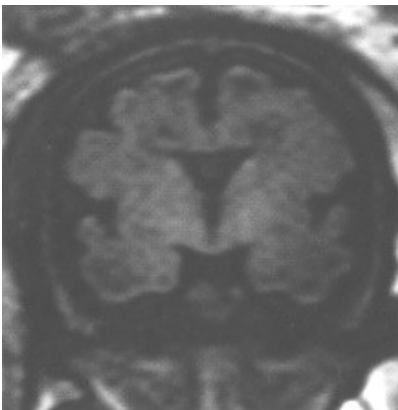
*c-f. snímky z novějších sekvencí vhodné především k posouzení bílé hmoty, hlavně k detekci hypoxicko-ischemických změn a ložisek hemorrhagie, jedná se o: c. FLAIR, d. echoplanární sekvenci, e-f. difúzně-vážené zobrazení.*



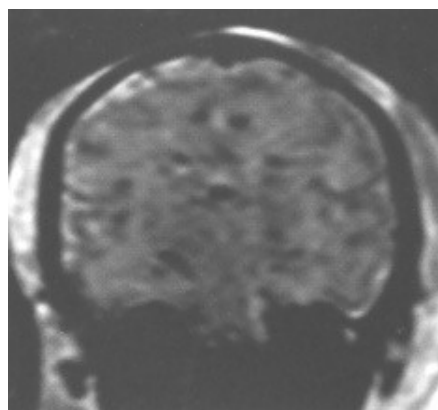
**Obr. 1a**



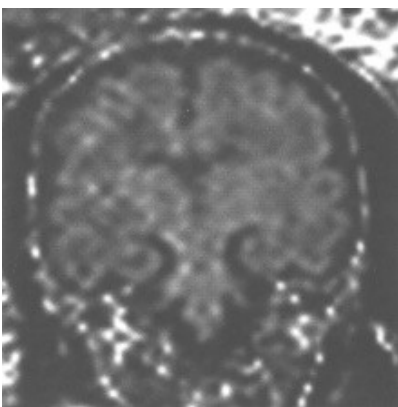
**Obr. 1b**



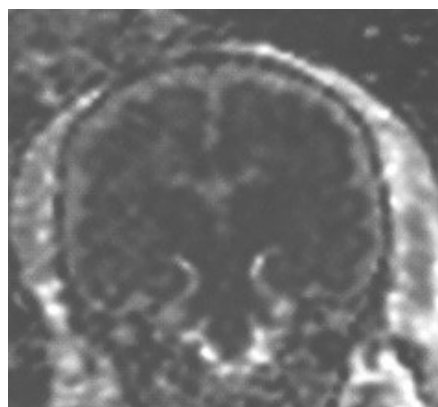
**Obr. 1c**



**Obr. 1d**



**Obr. 1e**



**Obr. 1f**

## 7.2 Obličej (Obrázek č.2 a–b)

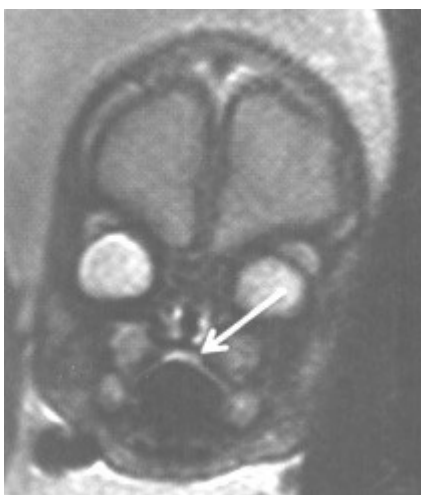
K hodnocení anatomie obličeje zpravidla plně dostačuje ultrazvukové vyšetření. MR zobrazení se v poslední době ukazuje být přínosné zvláště k objasnění a upřesnění diagnózy u tumorů a rozštěpových vad obličeje.

U **tumorů** může MR přispět k určení etiologie novotvaru a rozsahu jeho invaze, velmi důležitá je zejména informace o obstrukci dýchacích cest a nutnosti plánování EXIT procedury (ex utero intrapartum treatment).

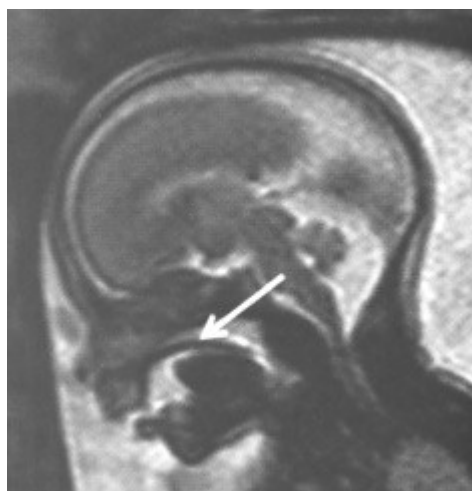
**Rozštěpové vady obličeje** jsou časté, postihují přibližně 1 ze 700 novorozenců. Běžné dvojrozměrné ultrazvukové zobrazení má velmi nízkou efektivitu v hodnocení rozsahu defektu, především co se týče postižení primárního a sekundárního patra (14). Izolované rozštěpy patra se prenatálně diagnostikují jen velmi zřídka (15). Trojrozměrný ultrazvuk a magnetická rezonance vypadají velmi slibně (14, 15). Nespornou výhodou magnetické rezonance je vysoký kontrast nezávislý na poloze plodu a možnost hodnocení stejně kvalitního snímku ve třech na sebe kolmých rovinách. MR vyšetření je proto vhodné indikovat jak při podezření/detekci rozštěpové vady, tak při výskytu izolovaných rozštěpů patra v rodinné anamnéze.

### Obr. 2

*Zobrazení intaktního patra (šipka) plodu na T2-vážených snímcích v a. koronární, b. sagitální rovině*



Obr. 2a



Obr. 2b

## 7.3 Anomálie hrudníku (Obr. 3 a–b)

Fetální plíce jsou vyplněny tekutinou a mají proto velmi dobrý signál v T2-váženém obraze, který umožňuje jejich snadné ohraničení od okolních struktur.

Nejčastější patologií hrudníku je **brániční kýla**, která postihuje přibližně 1 ze 4 000 živě narozených dětí. V 30 % případů je brániční hernie asociována se závažnými chromozomálními, genetickými a strukturálními anomáliemi a špatnou prognózou. U zbývajících 60 % se jedná



o izolovanou vadu, která je obecně spojena s přibližně 40% mortalitou. Narozené děti umírají nejčastěji z důvodu závažné hypoplazie plic a plicní hypertenze. Pro postnatální prognózu jsou určující dva faktory – přítomnost herniace jater do hrudníku a stupeň plicní hypoplazie. Při herniaci jater se celkově mortalita pohybuje okolo 57 %, zatímco pokud jsou játra v dutině břišní pouze okolo 7 % (2, 16). Mortalitu v obou skupinách je třeba dále rozředit podle stupně hypoplazie plic. Přesná predikce závažnosti brániční kýly se stala extrémně důležitá zvláště v posledních letech, kdy je u těhotenství se závažným nálezem možno vylepšit prognózu prenatální in utero intervencí (*FETO – fetal endoluminal tracheal occlusion*) (4, 16). K odhadu prognózy se dnes tradičně používá standardní dvojrozměrný ultrazvuk, kterým se určí pozice jater, změří se obvod plíce na straně bez defektu v bránici a vypočítá se tzv. *lung-to-head ratio*, tedy poměr obvodu plic k obvodu hlavy. Magnetická rezonance může přispět k predikci prognózy upřesněním informace o herniaci jater, protože parenchym jater je velmi dobře přehledný v T1-vážených sekvencích. Navíc byly v posledních letech zahájeny studie na měření objemů plic v T2-vážených sekvencích při MR zobrazení a trojrozměrném ultrazvuku. Nespornou výhodou MR oproti ultrazvuku je vysoký kontrast a možnost měření objemu plíce i na straně herniace břišních orgánů. Zdá se, že magnetická rezonance zpřesní informaci o stupni hypoplazie plic a tím i odhad prognózy těhotenství, tato data však musí být potvrzena na rozsáhlejších studiích. Zatím je rozhodně přínosem přesná informace o přítomnosti a rozsahu herniace jater do hrudníku.

Kromě brániční hernie může být indikací k magnetické rezonanci postižení plodu **kongenitální cystickou malformací** nebo **sekvestrací plic** (2). MR zobrazení může být nápomocné zvláště v diferenciaci diagnostice těchto onemocnění a upřesnit tak informaci o prognóze a pravděpodobném postnatálním managementu.

Nové sekvence v podobě diffusion-weighted imaging a spektroskopie vypadají slibně a možná v následujících letech poskytnou doplňující údaje o vývoji vaskularizace a stupni zralosti plic (4).

Kvalita zobrazení srdce je při MR velmi limitovaná, protože není možné provést trigování se srdečním rytmem a zobrazit pohyb srdce v reálném čase. Dominantní roli v prenatální diagnostice vrozených vad srdce má proto stále ultrazvuková fetální echokardiografie.

### **Obr. 3**

**Zobrazení normálních plic s intaktní bránicí na T2-vážených snímcích v a. sagitální, b. koronální rovině**



**Obr. 3a**



**Obr. 3b**

## 7.4 Gastrointestinální systém (Obr. 4 a–b)

Pro vyšetření trávicího systému plodu jsou plně dostačující standardní T2- a T1-vážené sekvence (4). T2-vážené sekvence zobrazují náplň žaludku, žlučníku a kliček tenkého střeva tekutinou, T1-vážené sekvence jsou oproti tomu vhodné pro vyšetření tlustého střeva a rekta. Mekonium má typický jasně hyperintenzivní signál v T1-váženém obraze a zobrazení normální náplně rekta mekoniem umožňuje vyloučit atrezii střev včetně anorektální atrezie, stejně jako megacystis-mikrokolon-hypoperistaltický syndrom (2, 4). Pro hodnocení střevních kliček je esenciální detailní znalost normálního vývoje distribuce tekutiny a mekonia ve střevních kličkách ve druhé polovině těhotenství (4, 17), která umožní jak detekci patologie, tak upřesnění nejpravděpodobnějšího místa jejího výskytu a rozsahu (stenóza či atrezie). Novější dynamické sekvence umožňují dokonce posouzení peristaltiky střevních kliček (11).

Přesnost ultrazvukové diagnostiky **atrémie jícnu** s nebo bez přítomnosti tracheozofageální píštěle je velmi nízká. K podezření na tuto vadu vede zpravidla absence nebo malá velikost žaludeční bubliny, polyhydramnion a eventuálně zobrazení „pouche“ v oblasti krku či hrudníku plodu. Magnetická rezonance umožní zpřesnění diagnózy, protože poskytuje vyšší kontrast při zobrazení orgánů a tekutinou naplněných struktur v oblasti hrudníku a krku v T2-váženém obraze. Navíc, při použití novějších dynamických sekvencí je možno po polknutí plodu sledovat v reálném čase pasáž tekutiny jícnem (11, 18).

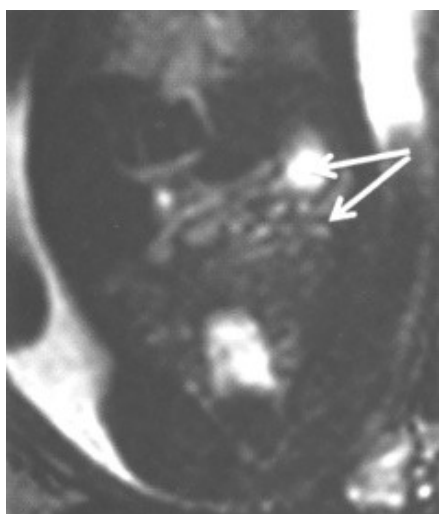
U defektů břišní stěny zpřesní MR vyšetření údaj o rozsahu a stupni herniace, ale především může vzhledem k vysokému kontrastu zobrazení poskytnout důležitou informaci o síle stěny herniovaných střevních kliček a přítomnosti mekoniových cyst. Tloušťka stěny střev více než 3 mm a přítomnost mekoniových cyst jsou suspektní z ischemie a perforace střevních kliček (4).

### Obr. 4

#### Zobrazení normální anatomie GIT

a. na T2-vážených a b. na T1-vážených snímcích v koronální rovině

Na T2 snímcích je dobře vidět náplň žaludku a kliček tenkého střeva tekutinou (šipka – hypersignální, tzn. bílé zobrazení) a na T1 snímcích oproti tomu jasně svítí hypersignální náplň kliček tlustého střeva mekoniem (šipka).



Obr. 4a



Obr. 4b



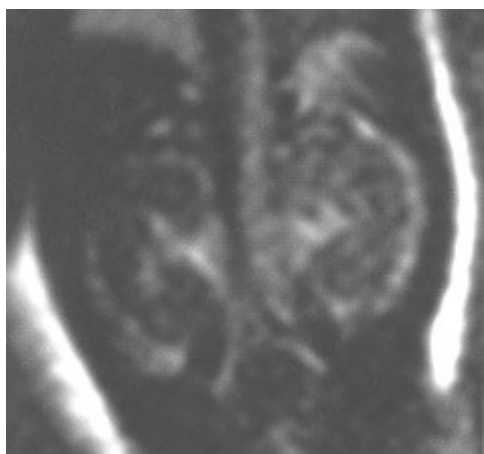
## 7.5 Urogenitální systém (*Obr. 5 a–b*)

Pro vyšetření většiny patologií urogenitálního systému má jednoznačnou prioritu ultrazvuk. Provedení magnetické rezonance může být přínosné k potvrzení ageneze obou ledvin při anhydramniu, kdy je kvalita ultrazvuku velmi limitována (4). Patologie polohy a tvaru ledvin mohou být při horších sonoakustických podmínkách také přehledněji zobrazitelné na T2- a difúzně-vážených sekvencích při MR zobrazení (4,8). Novější, difúzně-vážené sekvence a spektroskopie poskytnou pravděpodobně v následujících letech aditivní informaci o maturaci, funkci a metabolismu ledvin (4, 8).

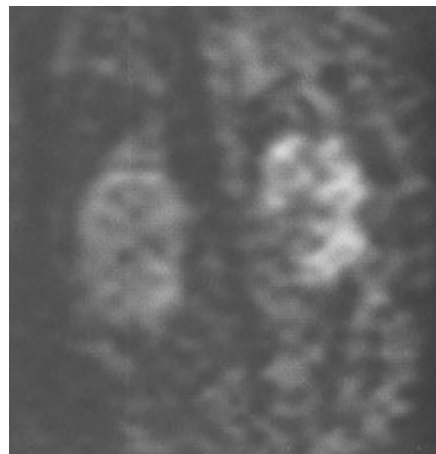
U anomálií kloaky a tumorů pánve, stejně jako abnormalit zevního genitálu může magnetická rezonance přispět k objasnění nálezu a zpřesnění diagnózy.

### *Obr. 5*

*Zobrazení normálních ledvin v typické lokalizaci v koronální rovině na a. T2-vážených a b. difúzně-vážených snímcích*



*Obr. 5a*



*Obr. 5b*

## 7.6 Vícečetná těhotenství

Magnetickou rezonanci lze, teoreticky, u vícečetných těhotenství využít k objasnění a upřesnění diagnózy různých typů strukturálních vrozených vad.

Její hlavní přínos je ale ve zhodnocení morfologie CNS a vyloučení lézí bílé hmoty u komplikovaných monochoriálních těhotenství, zvláště v případě intrauterinního odumření jednoho z plodů (2, 4). MR zobrazení může také upřesnit místa úponů pupečnicku a určení hranice mezi cévními řečišti obou plodů v placentě před provedením prenatální laserové intervence (4). Klinický význam posouzení hranice ve vaskularizaci placenty před intervenční terapií se bohužel zatím nepodařilo prokázat, je třeba jej posoudit při rozsáhlejších studiích (4).

## Závěr

Magnetická rezonance má dnes bezesporu důležité postavení v prenatalní diagnostice vrozených vad. Ačkoliv ultrazvuk zůstává být první základní metodou screeningu, magnetická rezonance se v posledních letech stala jeho cenným doplňkem. Tato metoda napomáhá objasnit a upřesnit diagnostiku a tím zásadně přispívá k odhadu prognózy a optimalizaci managementu postižených těhotenství.

Bylo opakovaně prokázáno, že fetální magnetická rezonance je bezpečná a platí pro ni naprosto stejné kontraindikace jako u netěhotné populace. Vyšetření je možno provádět přibližně od 20. týdne těhotenství a trvá 40–60 minut. Velký význam má magnetická rezonance především při vyšetření patologií CNS, atrézií a stenóz GIT a brániční hernie. S rozvojem zobrazovacích metod a zkvalitněním MR zobrazení se ukazuje, že i u řady dalších vrozených vad je zpřesnění diagnostiky touto technikou velmi výhodné.

Dá se předpokládat, že v následujících letech ještě více stoupne význam MR zobrazení. Nové pokročilejší sekvence pravděpodobně umožní i posouzení funkce, zralosti a metabolismu orgánů vyvíjejícího plodu. Tyto informace ve stávající prenatalní diagnostice dosud chybí a zdají se být esenciální pro odhad prognózy týkající se rizika postnatální mortality. Význam těchto údajů pro optimalizaci managementu je neoddiskutovatelný.

## Literatura:

1. Smith FW, Adam AH, Phillips WD. NMR imaging in pregnancy. *Lancet* 1983 Jan 1;1(8314–5):61–2.
2. Lee YM, Simpson LL. Major fetal structural malformations: the role of new imaging modalities. *American journal of medical genetics Part C, Seminars in medical genetics*; 2007. p. 33–44.
3. Guo Y, Luo B-n. The state of the art of fetal magnetic resonance imaging. *Chin Med J*; 2006. p. 1294–9.
4. Cannie M, Jani J, Dymarkowski S, Deprest J. Fetal magnetic resonance imaging: luxury or necessity? *Ultrasound in obstetrics & gynecology : the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*; 2006. p. 471–6.
5. Souká AP, Pilalis A, Kavalakis I, Antsaklis P, Papantoniou N, Mesogitis S, et al. Screening for major structural abnormalities at the 11- to 14-week ultrasound scan. *Am J Obstet Gynecol*; 2006. p. 393–6.
6. Kanál E, Barkovich AJ, Bell C, Borgstede JP, Bradley WG, Froelich JW, et al. ACR guidance document for safe MR practices: 2007. *AJR American journal of roentgenology*; 2007. p. 1447–74.
7. Garcia-Bournissen F, Shrim A, Kořen G. Safety of gadolinium during pregnancy. *Can Fam Physician*; 2006. p. 309–10.
8. Brugger PC, Stuhr F, Lindner C, Prayer D. Methods of fetal MR: beyond T2-weighted imaging. *European Journal of Radiology*; 2006. p. 172–81.

9. Salomon LJ, Garel C. Magnetic resonance imaging examination of the fetal brain. *Ultrasound in obstetrics & gynecology : the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*; 2007. p. 1019–32.
10. Garel C. New advances in fetal MR neuroimaging. *Pediatric radiology*; 2006. p. 621–5.
11. Prayer D. Fetal MR. *European Journal of Radiology*; 2006. p. 171.
12. Committee ISoUiOGE. Sonographic examination of the fetal central nervous system: guidelines for performing the 'basic examination' and the 'fetal neurosonogram'. *Ultrasound in obstetrics & gynecology : the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*; 2007. p. 109–16.
13. Garel C, Chantrel E, Brisse H, Elmaleh M, Luton D, Oury JF, et al. Fetal cerebral cortex: normal gestational landmarks identified using prenatal MR imaging. *AJNR American journal of neuroradiology*; 2001. p. 184–9.
14. Chmait R, Pretorius D, Jones M, Hull A, James G, Nelson T, et al. Prenatal evaluation of facial clefts with two-dimensional and adjunctive three-dimensional ultrasonography: A prospective trial. *Am J Obstet Gynecol*; 2002. p. 946–9.
15. Smith AS, Estroff JA, Barnewolt CE, Mulliken JB, Levine D. Prenatal diagnosis of cleft lip and cleft palate using MRI. *AJR American journal of roentgenology*; 2004. p. 229–35.
16. Deprest J, Hyett J, Flake A, Nicolaidis K, Gratacos E. Current controversies in prenatal diagnosis 4: Should fetal surgery be done in all cases of severe diaphragmatic hernia? *Prenat Diagn*; 2009. p. 15–9.
17. Saguintaah M, Couture A, Veyrac C, Baud C, Quere M-P. MRI of the fetal gastrointestinal tract. *Pediatric radiology*; 2002. p. 395–404.
18. Salomon LJ, Sonigo P, Ou P, Ville Y, Brunelle F. Real-time fetal magnetic resonance imaging for the dynamic visualization of the pouch in esophageal atresia. *Ultrasound in obstetrics & gynecology : the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*; 2009. p. 471–4.
19. Laifer-Narin S, Budorick NE, Simpson LL, Platt LD. Fetal magnetic resonance imaging: a review. *Curr Opin Obstet Gynecol* 2007 Apr;19(2):151–6.

*V. Frisová  
V Úvalu 58  
150 06 Praha 5  
veronika.frisova@email.cz*