

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

**MR ZOBRAZENÍ PLODU
A JEHO INDIKACE**

Diplomová práce

Bc. Silvie Medulová

Vedoucí práce: MUDr. Lenka Bakaj Zbrožková, Ph.D .

Olomouc 2021

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a použila jsem jen bibliografické a elektronické zdroje, které jsem uvedla.

V Olomouci dne 13.5 . 2021

podpis.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala své vedoucí práce MUDr. Lence Bakaj Zbrožkové, Ph.D. za věcné podněty a připomínky při vypracování mé diplomové práce. Poděkování patří i paní RNDr. Evě Reiterové, Ph.D. za pomoc při statistickém zpracování dat.

ANOTACE

Typ práce : Diplomová práce

Téma práce: MR zobrazení plodu a jeho indikace

Název práce v ČJ: MR zobrazení plodu a jeho indikace

Název práce v ANJ: MR imaging of the fetus and its indications

Datum zadání: 2020-01-31

Datum odevzdání: 2021-05-13

VŠ, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta zdravotnických věd
Ústav radiologických metod

Autor: Bc. Medulová Silvie

Vedoucí: MUDr. Lenka Bakaj Zbrožková, Ph.D .

Oponent: MUDr. Jakub Čivrný

Abstrakt v ČJ:

Cílem diplomové práce je sumarizovat nejčastější indikace k použití prenatální magnetické rezonance ve FNOL za období pěti let, zjistit, které diagnózy se na MR plodu vyskytují nejčastěji a zda magnetická rezonance plodu přináší jiné nebo rozšiřující výsledky oproti ultrazvuku. Poprvé byla prenatální MR použita zhruba před 40 lety. Pro zobrazování plodu je standardně používán ultrazvuk. Ultrazvuk je velice dostupnou metodou, umožňuje vyšetření v reálném čase a není tolik nákladný. Avšak magnetická rezonance, díky svým schopnostem, dokáže zvýšit diagnostický výtěžek z vyšetření během těhotenství. Celkem bylo do výzkumu této práce zahrnuto

146 plodů. Nejčastější indikace k provedení fetální MR jsou anomálie CNS, urotraktu či hrudníku. Nejčastěji jsou na MR diagnostikovány anomálie CNS, jedná se především o ventrikulomegalii, colpocephalii či agenezi corpus callosum. Nejčastěji bylo vyšetření plodu na MR prováděno ve 23. týdnu gestace. U všech vyšetřovaných oblastí plodu se vyskytuje více než 50% shoda US a MR nálezů, přičemž při vyšetřování urotraktu je tato shoda významně větší ($p < 0,001$). V 45,6 % MR poskytuje další diagnostické informace oproti ultrazvuku, podíl rozšiřujících nálezů na MR je statisticky významný. Výsledky se v některých případech liší od ostatních zahraničních studií v procentu diagnostické shody, rozšiřujícího nálezů či zjištěných diagnózách na MR. Závěrem lze říci, že MR plodu je užitečnou bezpečnou vyšetřovací metodou, jenž poskytuje významné rozšiřující informace.

Abstrakt v AJ:

The aim of the diploma thesis is to summarize the most common indications for the use of prenatal magnetic resonance imaging in FNOL over a period of five years, to find out which diagnoses occur most frequently on MR fetus and whether fetal magnetic resonance imaging has different or extended results than ultrasound. Prenatal MR was first used about 40 years ago. Ultrasound is used as standard for fetal imaging. Ultrasound is a very affordable method, allows real-time examination and is not so expensive. However, magnetic resonance imaging, thanks to its capabilities, can increase the diagnostic yield of examinations during pregnancy. A total of 146 fetuses were included in the research of this work. The most common indications for fetal MR are anomalies of the CNS, urotract or chest. CNS anomalies are most often diagnosed on MR,

mainly ventriculomegaly, colpocephaly or agenesis of the corpus callosum. The most frequent examination of the fetus for MR was performed in the 23rd week of gestation. In all examined areas of the fetus, there is more than 50% agreement of US and MR findings, while in the examination of the urotract, this agreement is significantly greater ($p < 0.001$). In 45.6% MR imaging provides additional diagnostic information compared to ultrasound, the share of expanding findings on MR is statistically significant. In some cases, the results differ from other studies in the percentage of diagnostic agreement, extension finding, or diagnosed diagnoses for MR. In conclusion, fetal MR is a useful safe examination method that provides significant dissemination information.

Klíčová slova v ČJ: magnetická rezonance, prenatální diagnostika, MR zobrazování, plod, indikace, vrozené vývojové vady

Klíčová slova v AJ: magnetic resonance, prenatal diagnostics, MR imaging, fetus, indications, congenital malformations

Rozsah práce: 96 / 7

OBSAH

ÚVOD.....	9
1. MAGNETICKÁ REZONANCE PLODU.....	11
1.1 Historie MR zobrazování	11
1.2 Bezpečnost zobrazování MR.....	11
1.3 Kontraindikace.....	13
1.4 Technika vyšetření	14
1.5 MR sekvence.....	16
2. INDIKACE	19
2.1 CNS.....	20
2.1.1 MR obraz mozku plodu	21
2.1.2 Ventrikulomegalie.....	22
2.1.3 Ageneze corpus callosum	23
2.1.4 Anomálie zadní jámy lební	24
2.1.5 Defekty neurální trubice	26
2.2 Hrudník.....	27
2.2.1 Vrozená brániční hernie	28
2.2.2 Vrozená malformace dýchacích cest (CPAM).....	29
2.2.3 Plicní sekvestrace	31
2.3 Gastrointestinální trakt.....	32
2.3.1 Atrézie jícnu	33
2.3.2 Obstrukce střev	33
2.3.3 Mekoniový ileus.....	34
2.3.4 Defekty břišní stěny.....	35
2.4 Urogenitální systém.....	35

2.4.1 Renální ageneze a ektopická ledvina.....	36
2.4.2 Cystická onemocnění ledvin	37
2.4.3 Hydronefróza	38
3. SHRNU TÍ TEORETICKÝCH POZNATKŮ.....	40
4. METODIKA VÝZKUMU MR PLODU	42
4.1 Výzkumné cíle a hypotézy	42
4.2 Charakteristika souboru.....	42
4.3 Metoda sběru dat.....	43
4.4 Realizace výzkumu.....	45
4.5 Metody zpracování dat	45
5. VÝSLEDKY VÝZKUMU.....	46
5.1 Cíl 1.....	46
5.1.1 Dílčí cíl	50
5.2 Cíl 2	60
5.3 Cíl 3.	66
5.4 Hypotéza	68
DISKUSE	69
ZÁVĚR.....	76
REFERENČNÍ SEZNAM	77
SEZNAM ZKRATEK.....	85
SEZNAM TABULEK.....	87
SEZNAM OBRAZKŮ.....	88
SEZNAM PŘÍLOH.....	89
PŘÍLOHY	90

ÚVOD

Od zavedení rutinního prenatálního ultrazvukového screeningu během těhotenství před 40 lety studie ukázaly, že anomálie plodu jsou detekovány u přibližně 2 % všech plodů. Ačkoliv ultrazvuk je základní diagnostickou metodou při vyšetřování plodu, fetální magnetická rezonance poskytuje další důležité informace, zejména díky vývoji rychlejších sekvencí či použití funkčních sekvencí (Chalouhi, 2019, str. 100). Ultrazvuk je první metodou volby díky jeho snadnější dostupnosti, bezpečnosti a nižším nákladům. MR však dokáže zobrazit plod v jakékoli rovině a poskytuje velké zorné pole plodu a placenty s vynikajícím rozlišením měkkých tkání mozku, hrudníku nebo břicha. Stále se vyvíjejí pokročilé MR techniky, které poskytují objemová data, spektroskopii či funkční obrazy. Pokročilé zobrazování pomocí MR je zvláště užitečné při zlepšení diagnostiky abnormalit CNS. V případech s patologií mimo CNS, jako jsou břišní a plicní abnormality, může MR rovněž poskytnout další informace včetně objemových údajů (Bulas, 2013, str. 301-302).

Výsledky dotazníkového šetření z roku 2014, jenž prováděla Mezinárodní společnost pro ultrazvuk v porodnictví a gynekologii (ISUOG) a jehož se zúčastnilo 60 mezinárodních perinatologických center, ukázaly, že MR plodu je prováděna minimálně v 27 zemích světa a to v jednom či více centrech. Dotazníkové šetření ukázalo, že kvalita zobrazení, používané sekvence nebo zkušenosti pracovníků na MR se v jednotlivých zemích poměrně výrazně liší (Hynek, 2017, str. 1). Bylo dosud publikováno několik studií srovnávajících účinnost prenatálního US a MR. Tyto studie ukázaly, že MR zobrazování poskytuje ultrazvuku další informace v 36% až 57% případů (Kul, 2012, str. 882).

K tvorbě výzkumné části DP jsem si stanovila tyto cíle:

1. Sumarizovat indikace k prenatálnímu vyšetření magnetickou rezonancí ve FNOL za období pěti let.
2. Rozdělit MR vyšetření z hlediska vyšetřovaných oblastí a zjistit, které diagnózy se vyskytují nejčastěji.
3. Zjistit, zda vyšetření pomocí MR přináší jiné nebo rozšiřující výsledky při porovnání s předchozím ultrazvukovým vyšetřením.
4. Určit v jakém gestačním stádiu plodu jsou nejčastěji MR vyšetření prováděna.

K tvorbě diplomové práce byla použita tato vstupní studijní literatura:

1. COLEY, Brian D. *Caffey's pediatric diagnostic imaging*. 13.vyd. Philadelphia: Elsevier, 2019. 1479 s. ISBN 978-0 -323-49748-0
2. MASSELLI, Gabriele. *MRI of Fetal and Maternal Diseases in Pregnancy*. Switzerland: Springer, 2016. 508 s. ISBN 978-3 -319-21428-3
3. POLÁK, Petr, Jaroslav LOUCKÝ a Viktor TOMEK. *Prenatální diagnostika vrozených vývojových vad*. Praha: Maxdorf, 2017. 288 s. ISBN 978-80-7345-499-9
4. ŽIŽKA, Jan, Jaroslav TINTĚRA, Marek MECHL a kolektiv. *Protokoly MR zobrazování: pokročilé techniky*. Praha: Galén, 2015. 163 s. ISBN 978-80-7492-179-7

Odborné články pro teoretickou část diplomové práce byly vyhledávány pomocí rešeršní činnosti v těchto elektronických informačních zdrojích: EBSCO, MEDLINE, Medvik, PubMed, Science Direct, Ovid, SCOPUS a Web of Science. K vyhledávání článků v databázích byl použit český a anglický jazyk. Kritériem pro vyhledávání bylo stáří článků maximálně 10 let. Celkem bylo v databázích vyhledáno 103 článků, z nichž jsem použila 52. Články, které nebyly použity, nesplňovaly zadávací kritéria, obsahem neodpovídaly tématu diplomové práce nebo byly součástí jiné kvalifikační práce. K získání informací byly využity rovněž monografie, celkem 8.

Při vyhledávání byla použita klíčová slova: magnetická rezonance, prenatální diagnostika, MR zobrazování, plod, indikace, vrozené vývojové vady

Při vyhledávání v anglickém jazyce byla použita klíčová slova: magnetic resonance, prenatal diagnostics, MR imaging, fetus, indications, congenital malformations

1. MAGNETICKÁ REZONANCE PLODU

1.1 Historie MR zobrazování

Návrh použití nukleární magnetické rezonance k tvorbě obrazů byl vytvořen před více než 40 lety americkým chemikem Paulem Christianem Lauterburem (Masselli, 2016, str. 21). K použití MR v prenatalní diagnostice došlo poprvé v roce 1983. Kvalita snímků v té době nebyla příliš uspokojivá, avšak autoři věřili, že díky schopnosti MR zkoumat obsah vody ve tkáních a bezpečnosti techniky pro plod, najde MR široké uplatnění v porodnictví (Frísová, 2010, str. 1). Brzy následoval technologický pokrok a magnetická rezonance se stala rozšířeným lékařským diagnostickým nástrojem, zejména v zobrazování centrálního nervového systému a měkkých tkání. V 80. letech minulého století se k zobrazování začaly používat T1 a T2 vážené sekvence se zobrazováním v relativně slabém magnetickém poli (Masselli, 2016, str. 21). Intenzita pole se pohybovala kolem 0,08-0,35 T. V této době trvalo zhotovení sekvencí několik minut. Dlouhá doba pořízení každého snímku vyžadovala imobilizaci plodu, zejména perkutánní kordocentézou, kterou doprovázela určitá rizika. Imobilizace byla rovněž prováděna sedací matky (Pugash, 2008, 215). V 90. letech následoval pokus o echoplanární zobrazování.

Během tohoto období byl ultrazvuk hlavní vyšetřovací metodou pro všechny orgánové systémy. Avšak díky lepšímu kontrastnímu rozlišení oproti ultrazvuku a absence ionizujícího záření oproti CT se magnetická rezonance stala atraktivní prenatalní zobrazovací metodou. Postupné zlepšování zobrazovacího hardwaru a softwaru vedlo ke zkracování doby skenování a širšímu výběru zobrazovacích sekvencí. MR se tak stala ještě cennějším nástrojem zobrazování již zmíněného CNS a jiných abnormalit (Masselli, 2016, str. 21).

1.2 Bezpečnost zobrazování MR

Obavy z fetálního vyšetření magnetickou rezonancí může přinést použití statického magnetického, vysokofrekvenčního a elektromagnetického pole, které mohou mít za následek biologické účinky, zvýšenou teplotu tkáně, stimulaci periferních nervů či akustický šum. Některé studie na zvířatech, která byla na začátku těhotenství

vystavena silnému magnetickému poli po delší dobu, prokázaly nepříznivé účinky na vývoj plodu při použití magnetické rezonance. Došlo ke zpomalení růstu, k poškození zraku či vyšší úmrtnosti. Závěry z těchto zvířecích studií však nelze přenášet na člověka. Studie prováděné na člověku neodhalily žádné poškození plodu (Masselli, 2016, str. 21). Ačkoli většina fetálních MR studií je prováděna na 1,5 T přístrojích, fetální MR se také provádí na 3 T přístrojích. Patenaude a kolektiv vypracoval v roce 2014 pokyny o použití MR u těhotných pacientek, kde uvádí, že zobrazování pomocí MR plodu je bezpečné při použití 3 T přístrojů nebo i méně, během druhého a třetího trimestru (Vipotnik Vesnaver, 2016, str. 4). Existuje však určité riziko vzniku teratogenních účinků při působení magnetického pole na vyvíjející se embryo, tedy v období organogeneze. Proto se MR neprovádí před 18. týdnem těhotenství (Masselli, 2016, str. 21). Před 18. týdnem těhotenství je fetální MR omezena také z důvodu malé velikosti plodu, jeho zvýšeného pohybu a skutečnosti, že některé anomálie ještě nemusí být vyvinuty.

Pokud to není nezbytně nutné, není doporučováno ani používání gadoliniových kontrastních látek v žádném stádiu těhotenství. Ačkoliv bylo u lidí provedeno několik klinických studií s použitím kontrastu bez jakýchkoli nežádoucích účinků na plod nebo novorozence, gadolinium může projít placentou a vyloučit se do plodové vody. Kontrastní látka by neměla být podávána zejména během období organogeneze plodu. Pokud je vyšetřovaná žena kojící, je vhodné, aby 24 hodin po vyšetření nekojila, jelikož kontrastní látka má schopnost se dostat do mateřského mléka a odtud do organismu kojence (Bulas, 2013, str. 302). Kanadská studie, jenž srovnávala těhotné ženy, které v těhotenství podstoupily MR s kontrastní látkou a ty které MR nepodstoupily, neprokázala statisticky významný rozdíl malformací plodů. Mírně riziko malformací bylo u plodů vyšetřených MR, což ale mohlo souviset s patologií, pro kterou bylo MR vyšetření provedeno (Rohan, 2018, str. 167).

Bezpečnost MR zobrazování je věnována i vlivu hluku na plod. Hlučnost MR způsobují magnetické cívký, když jsou vystaveny rychle oscilujícím elektromagnetickým proudům. V minulosti byly vysloveny obavy o možné akustické poškození vyvíjejícího se ucha plodu. Provedené studie však opět neprokázaly negativní vliv na vývoj plodu. I dlouhodobé studie na dětech, které fetální MR v době

svého nitroděložního vývoje podstoupily, ukázaly, že fetální MR neměla na jejich postnatální vývoj negativní vliv (Bulas, 2013, str. 303).

MR způsobuje zahřívání tkáně, to je však největší na povrchu, tedy kožním krytu matky a v děloze jsou účinky zahřívání zanedbatelné (Rohan, 2018, str. 167). Navzdory některým limitacím je MR považována za výhodnou a přínosnou metodu (Masselli, 2016, str. 21).

1.3 Kontraindikace

Stejně jako u ostatních pacientů i u těhotných pacientek existují absolutní a relativní kontraindikace. MR není oproti ultrazvuku omezena objemem plodové vody, habitusem matky, střevními plyny, kostními strukturami nebo nepříznivou polohou plodu (Gómez Huertas, 2016, str. 102).

Mezi absolutní kontraindikace patří:

- implantovaný kardiostimulátor nebo defibrilátor (ICD), jsou-li však MR kompatibilní, je vyžadováno potvrzení o převedení do MR módu, potvrzení nesmí být starší 24 hodin
- Ponechané elektrody po deplantaci kardiostimulátoru či defibrilátoru
- Aneuryzmatické cévní svorky (klipy), pokud není písemně doloženo, že jsou MR kompatibilní
- Elektronické implantáty – kochleární, inzulínová pumpa, naslouchadlo, neurostimulační zařízení, pokud opět není doložena jejich MR kompatibilita
- Kovová cizí tělesa z jiného než prokazatelně nemagnetického kovu kdekoliv v těle, hlavně však v oku a hlavě - např. kovové střepiny, jehly, dráty (Mechl a kol., 2010, str. 71)

Relativní kontraindikace:

- Stenty, žilní filtry, kovové embolizační materiály a okludery méně než 6 týdnů po implantaci, pokud není písemně doloženo, že jsou MR kompatibilní
- Kloubní náhrady, osteosyntetický materiál či dentální implantáty méně než 6 týdnů po implantaci, pokud není písemně doloženo, že jsou MR kompatibilní
- kloubní náhrady a osteosyntetický materiály, které jeví známky uvolňování (Mechl a kol., 2010, str. 71)
- invazivní vyšetření, které proběhlo v den vyšetření magnetickou rezonancí
- pacient trpící klaustrofobií, tu je však možné omezit sublingválním podáním Xanaxanu hodinu před vyšetřením (Frísová, 2010, str. 3)
- První trimestr těhotenství (Vomáčka, 2015, str. 56)

1.4 Technika vyšetření

Vyšetření plodu pomocí MR se provádí za účelem zobrazení určité anatomické oblasti plodu, kdy MR poskytuje detailnější informace k již existujícímu ultrazvukovému nálezu nebo se provádí jako celotělové MR vyšetření plodu. MR plodu se neprovádí před 18. týdnem těhotenství, jelikož pohyby plodu během vyšetření, změny jeho polohy a menší rozměr zobrazovaných orgánů limitují kvalitu zobrazení u mladších těhotenství.

Polohu pacientky volíme co nejkomfortnější, pacientka standardně leží během vyšetření na zádech, pro zvýšení pohodlí mohou být dolní končetiny pod kolena podloženy. V pozdějších fázích těhotenství lze pacientku uložit do polohy na levém boku nebo do mírného přetočení směrem na břicho vleže opět na levém boku, tím je možné zabránit stlačení dolní duté žíly či vzniku otokům dolních končetin (Žižka a kol., 2015, str. 102-105). Mateřská premedikace nebývá nutná, ale pokud jsou plánovány delší sekvence vyšetření, lze v tomto případě 30 minut před vyšetřením podat pacientce 0,5 až 1 mg sublingválního flunitrazepamu. Díky vývoji rychlých sekvencí se však od premedikace upouští.

Velký význam pro kvalitní zobrazení má povrchová multikanálová cívka, jenž je umístěna nad vyšetřovanou částí plodu. Používá se body array cívka v kombinaci s páteřní array cívkou, torso array cívka a případně i flexibilní array cívky. Zhotovují se obrazy ve třech základních anatomických rovinách vztahujících se k anatomii plodu. Tyto roviny jsou odlišné od standardních rovin zobrazení matky, prakticky jde o dvojité šikmé roviny. Během plánování roviny zobrazení plodu je potřeba myslet i na vztah k tělu matky, aby se zamezilo artefaktům překlopením obrazu. Pro symetrické zobrazení je nutno nastavení sklonu vrstev kontrolovat aspoň ve dvou rovinách a nepřetržitě uzpůsobovat změnám polohy plodu podle poslední provedené sekvence a zařadit novou rychlou plánovací sekvenci (lokalizér). Pro kvalitnější zobrazení by matka měla přicházet nalačno, aby se snížila střevní peristaltika a měla by mít vyprázdněný močový měchýř. Před zahájením vyšetření je vhodné provést s pacientkou i nácvik sekvencí se zadržením dechu (Žižka a kol., 2015, str. 102-105).

U vyšetření celého trupu plodu je obtížnější dosáhnout standardizovaných rovin. Sagitální řezy lze získat proložením centrální roviny řezu hrudní páteři a abdominálním úponem pupečníku. Koronární řezy se přizpůsobují průběhu páteře. Axiální řezy by měly být kolmé na dlouhou osu páteře v konkrétní vyšetřované oblasti (Prayer, 2017, str. 677).

Většinou se vyšetření provádí na 1,5 T přístrojích. Oddělení magnetické rezonance ve FNOL, kde probíhal výzkum této práce, disponuje nejmodernějšími přístroji a to MAGNETOM SYMPHONY 1,5 T a MAGNETOM AVANTO 1,5 T Siemens. Tyto systémy poskytují výbornou kvalitu zobrazení (FNOL). Vyšetření lze však provádět i na 3 T přístrojích, jenž poskytují lepší anatomické detaily. 3 T magnety mohou také vylepšovat poměr signálu k šumu či redukovat dobu akvizice (Story, 2015, str. 190). Obvykle se volí tenké 3-5 mm řezy s 10-15% mezerou. Délka jednoho vyšetření je 30-60 minut. Těsně před MR vyšetření je vhodné provést ultrazvukové vyšetření k získání aktuální polohy plodu a k správnému umístění cívky. US vyšetření je vhodné i k vyloučení případně nově vzniklých abnormalit (Hynek, 2017, str. 7).

1.5 MR sekvence

Úvodní rychlé sekvence umožňují zobrazení polohy plodu v těle matky, základem jsou T2 vážené sekvence (Žižka a kol., 2015, str. 102-103). Při pohybu plodu lze dosáhnout lepšího kontrastu použitím ultrarychlých sekvencí jako je single-shot fast spin echo (SSFSE), fast spin echo (FSE) či nejpoužívanější half-Fourier acquired single-shot turbo spin echo (HASTE). Těmito technikami je získáváno několik řezů v různých ortogonálních rovinách (axiální, koronární a sagitální), což poskytuje komplexní pohled na anatomii plodu. SSFSE sekvence jsou velice užitečné v klinických studiích anatomických malformací, jeden řez s kvalitním kontrastem a rozlišením je získán za méně než jednu sekundu. Sekvence umožňují přizpůsobení se pohybu plodu, ale také dýchacím pohybům matky. Ke snížení pohybových artefaktů může také matka zadržet dech (Masselli, 2016, str. 21-23).

Obrazy je třeba pořizovat s časovým zpožděním 1-2 sekundy mezi jednotlivými řezy, aby bylo zabráněno efektu nasycení, který snižuje poměr signálu k šumu. Při zobrazování mozku delší TE umožňují lepší rozlišení rozhraní šedobílé hmoty u plodu, protože kontrast na T2 se zvyšuje s rostoucími časy TE (Masselli, 2016, str. 38). U plodů gestačního stáří do 28. týdne přináší delší TE (140 ms) lepší obrazový T2 kontrast hlavně při zobrazování CNS, u starších plodů pak vyhovuje TE okolo 100 ms (Žižka a kol., 2015, str. 103).

T2 ultrarychlé sekvence umožňují vynikající vizualizaci především mozku plodu. Plod a děloha mají vysoký obsah vody, tekutina je na T2 vážených obrazech hypersignální. Tedy T2 vážené sekvence poskytují kvalitní kontrast také při hodnocení plodové vody, extraaxiálního mozkomíšního moku, vývoje gyrací v mozku plodu, fetálního komorového systému, pupeční šňůry, placentárního povrchu, nosní a ústní dutiny, středního a vnitřního ucha, žaludku plodu, střeva, žlučníku, průdušnice, plic, ledvinné pánvičky, močového měchýře či patologických cystických struktur, které se mohou u plodu vyvinout (Bahado-Singh, 2013, str. 336).

Sekvence s potlačením vody (FLAIR) je používána při hodnocení vaskulárních lézí, krvácení či kalcifikací. U dospělých je tato sekvence využívána pro zobrazování patologií bílé hmoty, u plodů není tolik užitečná díky vysokému obsahu vody, může však sloužit k rozlišení šedé a bílé hmoty (Masselli, 2016, str. 23).

Pro vyšetření jater, štítné žlázy nebo trávicí trubice plodu je nutné, aby byly provedeny i T1 vážené sekvence (Žižka a kol., 2015, str. 102). T1 vážené sekvence mají nižší poměr intenzity signálu k šumu a vyžadují delší doby pořízení (18 s), s následnou zvýšenou citlivostí na pohyb matky i plodu. T1 vážené sekvence poskytují méně informací oproti SSFSE, ale jsou citlivější při detekci tuku, kalcifikací, krvácení či proteinových struktur. Sekvence s potlačením tuku (STIR) pak umožňují ještě konkrétnější detekci tuku a krvácení. T1 váženými obrazy se hodnotí běžné patologie. Ve 20. týdnu lze pozorovat hypofýzu a štítnou žlázu. Játra jsou na obrazech hypersignální, čehož se využívá při hodnocení vrozených bráničních hernií nebo defektů břišní stěny s posunutými játry (Masselli, 2016, str. 38).

Echoplanární zobrazování bylo více využíváno během raných fází fetální MR. Kvůli špatnému kontrastu tkáně a prostorovému rozlišení ve srovnání s moderními zobrazovacími T2 váženými sekvencemi a zvýšené citlivosti na nehomogenitu magnetického pole se tato sekvence nyní používá především jako lokalizátor nebo s DWI zobrazením. Může být užitečné i při hodnocení krvácení.

DWI sekvence je založena na Brownově difúzi molekul vody uvnitř tkáně, která se obvykle vyskytuje náhodně a rovnoměrně ve všech směrech. Protony v molekulách vody mohou být „zobrazeny“ a jejich dráha je schopná být sledována pomocí MR. Jelikož oblasti infarktu omezují Brownův pohyb vody, tedy způsobují překážku volné difúzi molekul vody, lze je na DWI zobrazit jako oblasti omezené difúze. DWI je základem pro pokročilejší zobrazovací techniky, jako je difúzní tenzorové zobrazování – DTI (Bahado-Singh, 2013, str. 336). Difúzně vážené zobrazování (DWI) je citlivé pro detekci ischemických lézí, mozkových lézí a na oblasti placentárního infarktu. Pomocí DWI je možné zobrazit mrtvici plodu změnami na traktech bílé hmoty, než dojde k jejich vizualizaci na T1 a T2 vážených obrazech (Masselli, 2016, str. 38-39).

V literatuře se uvádí možnost využití i sekvencí, jenž jsou zaměřeny na funkční a metabolické zobrazování (včetně DTI). Patří mezi ně magnetická rezonanční spektroskopie (MRS), která poskytuje neinvazivní identifikaci metabolitů v mozku a může být uplatněna v oblasti fetální infekce (zánětu a hypoxicko-ischemického poškození mozku) spolu s funkční magnetickou rezonancí závislou na hladině kyslíku v krvi, která identifikuje oblasti aktivace mozku na základě rozdílu v magnetických vlastnostech okysličeného a deoxygenovaného hemoglobinu. Ke změně relativního

podílu obou typů Hb dochází se změnami regionálního průtoku krve (Bahado-Singh, 2013, str. 336).

2. INDIKACE

Magnetická rezonance plodu se indikuje po superkonziliárním ultrazvukovém vyšetření, kdy byla odhalena abnormalita a od MR se očekává získání rozšiřujících diagnostických informací. Pomocí MR tak lze získat informace, které potvrdí nebo rozšíří nález na ultrazvuku a mohou ovlivnit plánování těhotenství. MR je také indikována u plodů se zvýšeným rizikem výskytu vývojových vad. Důvodem pro provedení MR plodů je také to, jestli se u plodu vyskytuje anhydramnion či oligohydramnion, nebo se nachází v takové poloze, kdy je na ultrazvuku špatně vyšetřitelný. MR poskytuje oproti US lepší prostorové rozlišení. Co se týče mateřských indikací, které omezují přístup ultrazvuku, jedná se o obezitu, podezření na rupturu dělohy, abnormality placenty či myomy, nádory vaječníků nebo abscesy. Zda bude vyšetření fetální MR provedeno je ovlivněno řadou faktorů, mezi které mohou patřit zkušenosti či vybavení ultrazvukového a MR oddělení, dostupnost MR na oddělení, gestační stáří plodu, obava z jeho poškození MR, stav těhotné, právní aspekty týkající se ukončení těhotenství nebo přání rodičů, kteří jsou náležitě poučeni.

Obecně je MR plodu určena pro pozdní druhý a třetí trimestr gravidity. Těžiště využití MR je po 22. týdnu. Ve třetím trimestru lze hodnotit například patologie vývoje mozkové kůry nebo expanzivní procesy krku plodu, které mohou vést k útlaku dýchacích cest. Mezi 26. a 32. gestačním týdnem lze dobře posoudit většinu orgánů, jelikož patologie spojené s abnormálním vývojem bývají v tomto období již lépe zřetelné. Vyšetřování v pozdějším stádiu může být obtížnější, pacientka už nemusí vydržet ležet na zádech bez pohnutí, pak se zvažuje vyšetřování v poloze na levém boku (Hynek, 2017, str. 1-3).

Nejčastější indikací k provedení fetální MR jsou anomálie CNS, dutiny břišní či hrudníku. U anomálií obličeje a krku je MR užitečná hlavně při diagnostice rozštěpu tvrdého a měkkého patra nebo měkkotkáňových tumorů krku, nejčastěji lymfangiomů či teratomů. V případě skeletálních dysplázií se MR používá jen zřídka, vhodná může být pro klasifikaci sacrococcygeálních teratomů (Prosová, 2017, str. 12-13).

Výsledky průzkumu z roku 2014 dle ISUOG, ukázaly, že mezi nejčastější indikace k provedení MR plodu anomálie zadní jámy lebeční, anomálie kalózního tělesa, vrozená brániční hernie, mikrocefalie, izolovaná ventrikulomegalie, defekty neurální

trubice, plicní anomálie a další (Hynek, 2017, str. 2). Dle studie Kula a kolektivu z roku 2007-2010 poskytuje MR rozšiřující výsledek ultrazvuku v 38,8 % případů. Ten je významný u anomálií CNS, hrudníku, urotraktu a GIT. U anomálií obličeje, srdce a kosterního systému však studie nepopisuje signifikantní příspěvek zobrazování MR k US (Kul, 2012, str. 888).

2.1 CNS

První metodou volby pro rutinní vyšetření anatomie CNS plodu je ultrazvuk. Některé anomálie však na US nemusí být dobře zobrazeny. Fetální MR má lepší kontrast, umožňuje současnou vizualizaci obou hemisfér mozku a mozečku, rozlišuje gyrifikaci a myelinizaci mozku, posuzuje snížené množství plodové vody a na rozdíl od US zde není přítomen akustický stín z kostních struktur (Yusupov, 2016, str. 273). Abnormality CNS se vyskytují u 1,4 -1,6 na 1000 živě narozených dětí a u 3-6 % mrtvě narozených dětí (Coley, 2019, str. 245).

Zobrazování se většinou provádí na MR přístroji se silou magnetického pole 1,5 T. V současnosti se pro MR mozku plodu používají vícekanálové cívky s fázovým polem nebo srdeční povrchové cívky, přičemž cívky jsou uloženy přímo nad hlavou plodu. Vysoká kvalita a rozlišení obrazu jsou zásadní pro přesnou diagnózu, zároveň je zapotřebí relativně krátká doba skenování. Pro zobrazování mozku se používají TSE sekvence s dlouhým echo časem. Získávají se obrazy s výborným rozlišením jednotlivých anatomických struktur mozku. Celková doba akvizice je méně než 1 sekunda na obrázek (Tee, 2016, str. 272).

Mezi standardizované roviny při vyšetřování mozku plodu patří sagitální řezy hlavičky plodu s mediasagitální rovinou zachycující corpus callosum, mozkovod a hypofýzu. Dále jsou to koronární řezy, které jsou paralelní k mozkovému kmeni a zachycují symetricky struktury vnitřního ucha. Poslední axiální řezy jsou kolmo k sagitálním řezům a rovnoběžně ke corpus callosum (v případě, že corpus callosum chybí, tak k bazi lební) a zároveň dle koronárních řezů tak, aby byly zobrazeny obě poloviny mozku symetricky (Hynek, 2017, str. 8).

Velká prospektivní studie MERIDIAN, jenž hodnotila úlohu fetální MR při detekci souvisejících anomálií plodů s malformacemi CNS uvádí, že přesnost detekce jiných

anomálií je u ultrazvuku pouze 40 % a u MR 92,7 %. Tato studie rovněž uvádí, že v 32% případů MR změnila ultrazvukovou diagnózu (Sileo, 2021, str. 8). Ostatní studie, které již byly prováděny, prokázaly, že MR plodu dokáže detekovat až 50% skrytých patologií CNS na US (Vipotnik Vesnaver, 2016, str. 5).

2.1.1 MR obraz mozku plodu

Sulkace fetálního mozku je jedním z nejpřesnějších ukazatelů gestačního věku plodu (Vipotnik Vesnaver, 2016, str. 6). Normální MR obraz mozku ve druhém a třetím trimestru představuje souměrné T2 hyposignální zóny zárodečné matrix v oblasti kaudotalamických zářezů, poměrně T2 hyposignální symetrické intermediální vrstvy v oblastech mozkových komor, znatelně T2 hyposignální jsou i podkorové zóny. Jsou patrné známky pozvolného členění povrchu mozku v závity (gyrifikace), ve 20. týdnu je viditelné vtažení Sylviovy fisury. V transverzální rovině je šířka atria postranní komory do 1 cm a průměr 0,76 cm (Neuwirth, 2014, str. 151).

Do 6. gestačního měsíce lze na MR mozku plodu vidět agyrický mozek, Sylviova fisura je široká a probíhá svise. Kůra je na T2 vážených obrazech výrazně hyposignální a naopak na T1 vážených obrazech je hypersignální. Postranní komory, prepontinní a peripontinní cisterny jsou poměrně výraznější, zatímco 3. a 4. komora jsou tenké a menší.

V 7. gestačním měsíci trigonum a týlní rohy postranních komor prominují již méně. Rolandické, kalkarinní, perikalózní (kalózomarginální), interparietální a horní rýhy se stávají zjevnými. Všechny tyto rýhy jsou mělké.

Na MR mozku v 8. gestačním měsíci je Sylviova fisura širší. Operkula, která společně pokrývají insulu jsou znatelná. Prepontinní, peripontinní cisterny a subarachnoidální prostory kolem mozečku a dále okcipitálně jsou poměrně široké. Štěrby mezi hemisférami jsou proměnlivé. Cavum septi pellucidi a cavum vergae jsou pořád zjevné. Pedunkly a zčásti jádra bazálních ganglií jsou na T1 v. o. hypersignální a na T2 v. o. hyposignální. Myelinizace bílé hmoty mozku ještě nezačala (Neuwirth, 2014, str. 139-140).

V 9. gestačním měsíci jsou obvykle vyvinuty všechny primární sulky a většina sekundárních sulků. U dvojčetných těhotenství může být sulkace mírně zpožděna

a může být detekována menší asymetrie mezi levou a pravou hemisférou (Vipotnik Vesnaver, 2016, str. 6). Kůra je rozšířená, gyry se zvětšují a množují. Zadní raménko capsula interna je ve srovnání s bazálními ganglii na T1 v. o. hyposignální a na T2 v. o. hypersignální. Sylviova fisura je už užší a skoro vodorovná. Okcipitální subarachnoidální prostory zůstávají široké. Začátkem 9. měsíce může být mozek některých plodů již podobný mozku novorozence, který se narodil v termínu.

Mozek novorozence je anatomicky a funkčně nedozrálý. Gyrfikace mozku je obdobná jako u dospělého, sulky jsou však lehce mělčí. V zadní části kmene, v zadní porci zadního raménka capsula interna a v centrální oblasti corona radiata je myelin na T1 v. o. hypersignální a naopak na T2 v. o. hyposignální. Hypofýza má ihned po narození výrazný T1 signál, signál adenohipofýzy se časem snižuje (Neuwirth, 2014, str. 139-140).

Při zobrazování páteře a míchy plodu mícha zasahuje do sakrálního kanálu, v 6. měsíci až do výše prvního křížového obratle. Páteř a mícha je kyfoticky prohnutá. Páteř je členěna na jednotlivá obratlová těla, která jsou T1 i T2 hyposignální, meziobratlové ploténky jsou T2 hypersignální. Osifikační centra jsou dobře zobrazena (Neuwirth, 2014, str. 236).

2.1.2 Ventrikulomegalie

Jedná se o jednu z nejčastějších klinických indikací pro MR zobrazení plodu kolem 20. týdne těhotenství. Zobrazování MR má vysokou citlivost a specifitu, neboť tyto abnormality mohou být na US okultní nebo neidentifikovatelné. Ventrikulomegalie je definována jako šířka postranních komor > 10 mm na sonografii v transverzální rovině (Tee, 2016, str. 273). Měření se provádí v oblasti atrií, zobrazuje se choroidální plexus a v místě tzv. glomu se umisťují kalipery na vnitřní okraj hyperechogenních kontur postranní mozkové komory. Tento rozměr by měl být mezi 18. a 22. týdnem těhotenství menší než zmíněných 10 mm. V etiologii mají významnou roli vrozené infekce a hemoragie.

Ventrikulomegalie může být mírnějšího a těžšího stupně (Polák, 2017, str. 109-112). Šířka atrií u mírnějšího stupně je v transverzální rovině větší než 10 mm a menší než 15 mm. Při rozšíření atrií postranních komor na 10-12 mm je zachován

normální tvar, velikost IV. komory je také zachována a normální je i tvar zadní jámy. U mírné izolované ventrikulomegalie je soubor všech chromozómů v jádře buňky normální, ve většině případů je zachován i normální psychomotorický vývoj. Ve 30-65 % je současně potvrzena i spina bifida. Vyskytuje se třikrát častěji u chlapců. Zhruba 30% izolovaných ventrikulomegalí se spontánně upraví v průběhu těhotenství.

Šířka atrií nad 15 mm představuje závažný typ se špatnou prognózou. Je doprovázena i jinými souvisejícími abnormalitami CNS, např. stenózou Sylviova akveduktu, komunikujícím hydrocefalem, Dandy-Walkerovou malformací, Arnoldovou-Chiariho malformací, agenezí corpus callosum, holoprozencefalií či intrakraniálním krvácením.

Ventrikulomegalie s atriální šíří větší 15 mm, jenž je doprovázená nitrolební hypertenzí a nerovnoměrným zvětšením hlavičky plodu při biometrii, se nazývá hydrocefalus. Může se jednat o vnitřní obstruktivní typ hydrocefalu, kdy je překážka cirkulace moku v komorovém systému nebo o komunikující typ hydrocefalu, kdy nelze určit překážku uvnitř komorového systému (Neuwirth, 2014, str. 152-153). Prevalence hydrocefalu je asi 2:1000 narozených (Polák, 2017, str. 111). Důležitým prognostickým faktorem je, zda je ventrikulomegalie izolovaná, nebo s dalšími souvisejícími abnormalitami. Studie prokázaly, že až 80% plodů s ventrikulomegalí má jiné související abnormality centrálního nervového systému (Tee, 2016, str. 273). Fetální MR dokáže odhalit další anomálie CNS až v 70-85% případů ventrikulomegalie (Vipotnik Vesnaver, 2016, str. 7).

2.1.3 Ageneze corpus callosum

Ageneze corpus callosum je jeho úplná nebo částečná nepřítomnost. Jedná se o největší komisuru, jemný vláknitý svazek nervových vláken spojující anatomicky i funkčně mozkové hemisféry. Prevalence ageneze je 5:1000 (Polák, 2017, str. 113). Mezi fetální vývojové anomálie corpus callosum patří kompletní ageneze, částečná ageneze, hypoplazie a hyperplazie (Behram, 2020, str. 113). Agenezi lze pozorovat u asymptomatických jedinců, avšak většina pacientů vykazuje proměnlivé neurologické příznaky včetně opožděného vývoje, kognitivních poruch či epilepsie

(Tee, 2016, str. 274). Anomálie corpus callosum jsou spojeny s chromozomálními patologiemi a genetickými syndromy. Etiologie ageneze corpus callosum je v tomto ohledu heterogenní, může existovat jako součást Aicardiho syndromu, nebo také souviset s jinými abnormalitami CNS, mezi něž patří abnormality sulkace, malformace Dandy-Walkera, Chiariho malformace nebo heterotopie šedé hmoty. Ageneze rovněž může být spjata s holoprosencefalií, schizencefalií, TORCH (toxoplasmóza, rubeola, cytomegalovirus, herpes virus) nebo zikavirovými infekcemi. Hlavní chromozomální anomálie, jako je trizomie 18, trizomie 13 nebo mozaiková trizomie 8, byly nalezeny v 18% případů ageneze corpus callosum (Behram, 2020, str. 114).

Fetální MR zobrazuje corpus callosum v celé své délce jako hyposignální strukturu ve tvaru C na T2 vážených obrazech v sagitální rovině. Oproti ultrazvuku má MR vyšší specifitu a senzitivitu (Tee, 2016, str. 274). MR zlepšuje hodnocení prognózy, protože umožňuje zobrazení dalších souvisejících abnormalit, zejména abnormalit gyrifikace, malformací zadní jámy lebeční a intrakraniálních cyst (Radhouane, 2016, str. 263). Fetální MR může detekovat další mozkové abnormality až v 63% případů, které byly detekovány prenatálním ultrazvukem (Vipotnik Vesnaver, 2016, str. 9). Prognóza ACC je poměrně dobrá při vyloučení ostatních abnormalit CNS plodu, po narození lze mírné poruchy vývoje očekávat pouze u 10-30 % jedinců (Polák, 2017, str. 114).

2.1.4 Anomálie zadní jámy lební

Zobrazování zadní jámy lební pomocí MR umožňuje vizualizovat mozečkové hemisféry, vermis a mozkový kmen ve třech ortogonálních rovinách. Je možné celkové hodnocení struktur zadní jámy lební pomocí morfologické a biometrické analýzy.

Patologie zadní jámy lební lze rozdělit na malformace cystické a necystické. Cystické jsou spojeny s patologickou akumulací mozkomíšního moku, často vznikají na základě dilatace IV. komory mozkové a cisterny magna. Některé tyto léze představují arachnoidální cysty. K cystickým malformacím řadíme Dandy-Walkerovu malformaci, hypoplazii mozečkového vermis, mega cisternu magnu a tzv. Blake's pouch cystu.

Dandyho-Walkerův komplex bývá spjat s různými genetickými syndromy (Patauův syndrom, Edwardsův syndrom, triploidie). Pokud jde o izolovaný nále, pak je prognóza nejistá, perinatální mortalita se uvádí zhruba kolem 20% a asi u 50% postižených jedinců se objevují různé stupně neurologických poruch. Dandy-Walkerův komplex se pak dle charakteru postižení čtvrté komory, vermis a cisterna magna rozděluje na klasickou Dandy-Walkerovu malformaci, Dandy-Walkerovu variantu a mega cisterna magna (Polák, 2017, str. 114-116). Závažné případy Dandy-Walker malformace lze snadno zjistit z ultrazvuku, avšak může být náročnější odlišit mírnější formy hypoplazie vermis od mega cisterna magna nebo arachnoidální cysty. To je ještě obtížnější ve třetím trimestru, kdy osifikace lebky může omezit sonografické hodnocení struktur zadní jámy lebeční. Díky svým multiplanárním schopnostem může fetální MR zobrazení lépe vyhodnotit morfologii vermis, stejně jako anatomický vztah mezi retrocerebelární cystou a čtvrtou komorou (Tee, 2016, str. 275-277).

Mezi necystické léze se řadí především cerebellární hypoplazie a Arnoldova-Chiariho malformace. Cerebellární hypoplazie je vzácná anomálie, kdy je výrazně zmenšená velikost mozečkových hemisfér, vermis chybí a velikost cisterna magna je redukována. Prognóza cerebellární hypoplazie je nepříznivá. Arnoldova-Chiariho malformace je typickým příznakem otevřeného typu spina bifida a způsobuje hypotenzi v subarachnoideálním prostoru. Mozeček je dysplastický, cisterna magna je výrazně redukována, dochází až k jejímu uzavření. U této anomálie dochází k rozšíření postranních mozkových komor a k zašpičatění neurokrania ve frontální oblasti, jedná se o tzv. lemon sign (Polák, 2017, str. 114-116).

Fetální MR je také užitečná při hodnocení nejasných US echogenních hmot zobrazených v zadní jámě lební. Krvácení je na T1 vážených obrazech hypersignální a na T2 hyposignální, intenzita signálu se liší v závislosti na stáří krvácení. Kromě potvrzení diagnózy může zobrazení MR plodu také lépe určit místo krvácení. Základní příčiny mozečkového krvácení lze rovněž hodnotit na MR, může se jednat o krvácení v germinální matrix, vaskulární malformace či vrozené infekce (Tee, 2016, str. 275-277).

2.1.5 Defekty neurální trubice

K defektům neurální trubice (NTD) dochází, když se část neurální trubice, která tvoří páteř, míchu, lebku a mozek, neuzavře mezi 21. a 28. dnem po početí, obvykle dříve než ženy zjistí, že jsou těhotné (Endalifer, 2020, str. 1). Poruchy uzávěru neurální trubice jsou heterogenní skupinou vrozených anomálií, jenž ovlivňují vývoj páteře plodu na počátku těhotenství. Prevalence těchto vad je 1-2 na 1000 plodů a je předpokládána souvislost s některými chromozomálními aberacemi. Na vznik těchto poruch mohou mít vliv například antiepileptika typu valproátu sodného nebo nedostatek vitaminů (Polák, 2017 str. 105). K těmto defektům řadíme anencefalii, encefalokélu, spinu bifidu a iniencefalii- kraniorachischízu (Masselli, 2016, str. 65-66).

Anencefalie je nepřítomnost mozku, chybí uzávěr kraniálního konce neurální trubice v 4.-5. týdnu těhotenství. Poměr výskytu mezi dívkami a chlapci je 4:1. Mnohdy je přítomen současně i spinální dysrafismus. Tato diagnóza je s životem neslučitelná, je fatální v prvních dnech po porodu (Neuwirth, 2014, str. 147). Encefalokéla rovněž spadá do diagnóz, které jsou zjištěny prvotrimestrálním US vyšetřením, existují však i menší defekty zjistitelné až ve druhém trimestru. Jedná se o výhřez části mozkové tkáně či mozkových obalů napříč defekt lebky, nejčastějším místem tohoto výhřezu je týlní část neurokrania. Výhřez je způsoben neoddělením povrchu ektodermu od neuroektodermu ve 4. týdnu nitroděložního vývoje. Doprovodným jevem zmíněného defektu je lebka ve tvaru citrónu (lemon sign), dilatace postranních mozkových komor a také zvýšená hodnota α -1-fetoproteinu v krevním vzorku těhotné při biochemickém screeningu (Polák, 2017, str. 106). Encefalokéla může být také sdružena s některými chromozomálními poruchami (až ve 40 %), spina bifida, Arnoldovou-Chiariho malformací, Dandyho-Walkerovou malformací, nebo Meckelovým-Gruberovým syndromem (mikrocefalie, polydaktylie, polycystické ledviny). Představuje zhruba 5-20 % veškerých kraniospinálních malformací (Neuwirth, 2014, str. 146).

Spina bifida je rozštěpová vada páteřního kanálu. Nejčastěji jsou postiženy dorzální obratlové oblouky v různém rozsahu. Nejběžnějším místem vzniku rozštěpu je lumbosakrální část páteře, defekt se zde vyskytuje v 65-90 %. Kostěný defekt buď je, nebo není překryt kůží, rozlišujeme spina bifida aperta, což je otevřený typ a spina bifida occulta, tedy uzavřený. U spina bifida aperta dochází k úniku mozkomíšního

likvoru, který způsobuje hypotenzi v subarachnoideálním prostoru. Díky tomu se část CNS posouvá kaudálním směrem, jedná se o Arnoldovou-Chiariho malformaci. Spina bifida je někdy provázena meningokélou (v 25%), což je výhřez míšních obalů napříč defekt nebo meningomyelokélou (75%), tedy výhřezem míšních obalů a také míchy skrz defekt (Polák, 2017 str. 106-107).

Defektem neurální trubice je i tethered cord syndrom (TCS), neboli syndrom fixované míchy. Mícha je abnormálně fixovaná z důvodu narušení sekundární neurulace. Tato anomálie patří do spektra spinálních dysrafizmu. Dle studie Wanga je MR lepší v diagnostice TCS a dalších souvisejících abnormalit CNS než US (Wang, 2021, str. 314).

2.2 Hrudník

Mezi nejčastější patologie v oblasti hrudníku patří vrozená brániční hernie, vrozené malformace dýchacích cest, bronchopulmonální sekvestrace, vrozené plicní hyperinflace, bronchogenní cysty a vrozený hydrotorax. Méně časté jsou plicní hypoplazie, ageneze a aplázie. Velmi vzácně novotvary.

Tyto klinicky významné léze působí na okolní struktury, což může mít za následek kompresi dýchacích cest, cév, lymfatických cest, plicního parenchymu s rozvojem pleurálního výpotku, zmnožení plodové vody, hydropsu či plicní hypoplazie (Coley, str. 468, 2019).

MR se stále více používá jako doplňkové vyšetření nejen u abnormalit CNS. Několik studií ukazuje, že i po stanovení diagnózy ultrazvukem, lze získat další užitečné informace při hodnocení fetálního hrudníku (zhruba 38-50 % dalších informací). Velké zorné pole umožňuje lepší vizualizaci lézí. Spektroskopie má potenciál odhadnout množství sloučenin obsahujících cholin a mohla by být užitečná při hodnocení zrání plic, avšak tato technika vyžaduje další výzkum.

K zobrazení fetálního hrudníku se používají například Single Shot Fast Spin Echo (SSFSE), Steady State Free Precession (SSFP) či Gradient echo sekvence (GRE). Měly by být získány ve všech třech rovinách. Různé struktury hrudníku jsou lépe vidět v určitých rovinách. Vizualizaci plíce umožňuje sekvence SSFSE ve všech rovinách. Axiální rovina SSFP může pomoci vyhodnotit velké cévy a srdce. Brzlík je nejlépe

vidět na axiálních a koronálních rovinách SSFSE a bránice v koronální a sagitální SSFSE. Dynamická sekvence SSFP dokáže vizualizovat srdeční a brániční pohyby, stejně jako polykání. Fetální plíce během těhotenství zvyšují svůj objem a lze je měřit pomocí MR volumetrie. Dýchací cesty jsou obvykle naplněny tekutinou a na T2 vážených obrazech se tak jeví hypersignální. Srdce má slabší signál na T2 vážených obrazech SSFSE z důvodu protékající krve. Bránice má na T2 vážených obrazech o něco nižší signál než játra (Masselli, 2016, str. 159-160). Dle studie Radiologické kliniky v Cincinnati je MR velmi přesná metoda při stanovování diagnózy vrozených anomálií plic. Uvádí, že postnatální nálezy potvrdily prenatální MR diagnózu v 98% případů (Pacharn, 2013, str. 1136).

2.2.1 Vrozená brániční hernie

Vrozená brániční kýla postihuje přibližně jedno z 2500–4000 živě narozených dětí. Jedná se o defekt bránice, kdy dochází k dislokaci nitrobřišních orgánů do hrudníku. Herniace žaludku, jater či střevních kliček do dutiny hrudníky skrz brániční defekt nastává po 12. týdnu těhotenství. V tomto čase se uzavírá fyziologická umbilikální omfalokéla a tlak v dutině břišní se stává vyšším než tlak v hrudníku. Následek tohoto zvýšení se může projevit ve 2. i 3. trimestru (Polák, 2017, str. 140-141).

Nejběžnějším typem brániční kýly je levostranný defekt, 75-85 % případů se nachází v oblasti tzv. trigonum Bochdaleki. V tomto případě je žaludek uložen v levé polovině hrudníku s typickou dislokací srdce (dextrokardií), někdy se může v dutině hrudní objevit také část střevních kliček. Méně častým typem je pravostranný defekt, který je typický herniací části jater do dutiny hrudní. Výjimečně se objevuje bilaterální defekt (asi v 2 %).

Vrozená brániční kýla může být spojena s některými typy chromozomálních aberací, nejvíce s trizomií 18. a 21. chromozomu. Je příznakem také mnoha genetických syndromů, například Pallister-Killian, Fryns, Cornelia de Lange, Beckwith-Wiedemann a další.

Prognóza se odvíjí podle toho, zda je brániční kýla sdružena s některou chromozomální vadou či genetickým syndromem. Pokud se defekt jeví jako izolovaná abnormalita, je nejdůležitějším prognostickým faktorem stupeň plicní hypoplazie.

Ta se stanovuje změřením tzv. lung-to-head ratio (LHR). Celkově mají horší prognózu plody, u nichž je brániční kýla spojena se zvýšeným šíjovým projasněním v 1. trimestru (Polák, 2017, str. 140-141). Celková míra přežití je 70-80 %. Bilaterální brániční kýly jsou obvykle fatální.

Hodnocení pomocí ultrazvuku může být obtížné, jelikož játra, střeva či plíce mají podobnou echogenitu. Je potřeba hledat související anomálie, zejména srdeční se specializovanou fetální echokardiografií. MR snadněji rozlišuje uložení břišních orgánů v dutině hrudní. Fetální MR protokoly by měly zahrnovat T2 vážené obrazy ve třech rovinách a T1 vážené obrazy v koronální a sagitální rovině k posouzení pozice jater a mekonia. Sekvence SSFSE ve všech třech rovinách pomáhají určovat objem plic. Střevní kličky plné mekonia mají na T2 vážených obrazech nízký signál a na T1 naopak vysoký. Játra mají na T1 vážených obrazech vysoký signál a střední signál na T2, pomocí MR lze tak snáz kvantifikovat množství jaterní herniace. MR je zvláště přínosná při hodnocení pravostranného a bilaterálního defektu. V těchto případech, kdy je žaludek často umístěn pod bránicí, může být pro ultrazvuk obtížné rozlišit vrozené malformace plicních dýchacích cest od vrozené brániční kýly. Jedním z cílů fetálního MR zobrazování je předpovídání závažnosti defektu vzhledem k terapeutickým možnostem a plánování porodu (Coley, str. 468, 2019).

Pomocí MR lze získat různá měření k posouzení stavu plic. Měření zahrnují celkový objem plic, pozorovaný očekávaný celkový objem plic (o/e TLV), procento předpokládaného objemu plic (PPLV), objem plic plodu k poměru velikosti plodu (FLV /FBV), procento herniace jater (% LH) a poměr herniace jater k fetálnímu hrudnímu objemu (LiTR). Pomocí MR lze také měřit průměr aorty a plicní tepny sloužící k určení prognózy plicní hypertenze (Masselli, 2016, str. 163).

2.2.2 Vrozená malformace dýchacích cest (CPAM)

Tato anomálie také známa jako cystická adenomatoidní malformace plic (CCAM) je nejčastější vrozená abnormalita plic. Představuje 30-47 % diagnostikovaných plicních lézí in utero (Coley, 2019, str. 470). Prevalence anomálie je přibližně 1:4000. Přesná příčina vzniku není známa. Jedná se nejspíš o inzult, který působí mezi 7. a 20. gestačním týdnem, kdy je přítomen nesoulad mezi růstem cév, bronchiálním

stromem a epitelem (Bihariová, 2017, 475). Plicní parenchym či jeho část je nahrazena různě velkými cystami z důvodu proliferace terminálních bronchiolů a chybění primárních alveolů. V 95 % případů anomálie postihuje jen jednu plíci a obvykle se vyskytuje v dolní části laloku (Polák, 2017, str. 135-136).

Stocker a kolektiv rozdělil CPAM do třech typů. Typ I se skládá z jedné nebo více velkých cyst, které mají v průměru 3-10 cm. CPAM typu II obsahuje různé menší cysty s průměrem 0,5-2 cm. U typu III se jedná o mikrocysty, které mají málokdy průměr větší než 0,2 cm. Adzick a kolektiv popsal zjednodušenou klasifikaci, rozdělil anomálii na makrocystickou, kdy jedna nebo více cyst měří více než 5 mm a mikrocystickou zahrnující několik cyst menších než 5 mm (Adams, 2020, str. 1842)

Na MR obrazech jsou přítomny struktury typicky naplněné tekutinou, na T2 obrazech jsou hypersignální. V závislosti na typu CPAM se v hrudní dutině objevují solidní léze nebo multicystické léze s malými nebo velkými cystami obklopené abnormálně hypersignálním parenchymem. U obou lézí dochází k postižení velké části plicního křídla. Léze hromadně způsobují tlak na srdce a další mediastinální struktury, způsobují rotaci srdce a posun na kontralaterální stranu s různým stupněm komprese žil, což vede k zhoršení žilního návratu. Kompresí mohou vzniknout komplikace, jako je pleurální či perikardiální výpotek, ascites nebo dilatace proximálního jícnu (Masselli, 2016, str. 164-165).

Prognóza vrozené anomálie plic je dobrá, pokud se nevyvine fetální hydroks, který vzniká v důsledku komprese centrálního venózního systému a jehož prvními příznaky jsou hydrothorax, případně ascites. Takle komplikace vzniká zhruba u 10 % případů. U nekomplikované CPAM přichází v úvahu postnatální chirurgická léčba, která spočívá v plicní lobektomii s dobrými pooperačními výsledky (Polák, 2017, str. 136).

Čím víc plod roste, tím méně jsou léze viditelné na ultrazvuku a MR se stává užitečnou. MR umožňuje hodnocení reziduální normální plicní tkáně a může odlišit CPAM od jiných anomálií plic a také identifikovat související vrozené anomálie (Masselli, 2016, str. 165). Cysty může být obtížné rozlišit od normální reziduální tkáně plic zvláště v pozdějších týdnech těhotenství, kdy se zvyšuje signál plic (Coley, 2019, str. 470). Mezi 20. a 26. týdnem těhotenství obvykle sledujeme progresi rozsahu CPAM. Později může dojít k jejímu zmenšení nebo se anomálie jeví jako vymizelá, jelikož se stává téměř izosignální s normálním plicním parenchymem.

Na postnatálním MR vyšetření lze detekovat reziduální lézi v 40% případů (Masselli, 2016, str. 166).

2.2.3 Plicní sekvestrace

Plicní sekvestrace je vrozená anomálie plic, která se vyznačuje přítomností nefunkční plicní tkáně, která obvykle postihuje dolní laloky plic a nekomunikuje s bronchiálním stromem. Vyživovací tepna obvykle odstupuje z dolní hrudní aorty nebo horní části abdominální aorty, případně i ze žaludeční nebo slezinné tepny (Masselli, 2016, str. 166).

Prevalence této anomálie je 1 :5000 těhotenství. Většina případů je identifikována rutinním ultrazvukem prováděným kolem 20. týdne. Některé případy však zůstávají bez povšimnutí a jsou detekovány až v třetím trimestru, kdy je růst léze maximální nebo když již existuje hydrotorax nebo hydrodrops plodu (Cruz-Martínez, 2019, str. 117).

Existují dva typy plicní sekvestrace. Intralobární sekvestrace se vyskytuje v 75% a extralobární typ v 25%. Při intralobárním typu má sekvestrace společnou viscerální pleuru s normálními plícemi, u extralobárního má vlastní pleuru (Xu, 2019, str. 1).

Podle umístění se většina sekvestrací nachází nad bránicí (85%). Až 90% sekvestrací je levostranných. Pokud je spolu plicní sekvestrací přítomna i CPAM, jedná se o hybridní lézi. V 25–50% jsou extralobární sekvestrace hybridní léze (Masselli, 2016, str. 166-167).

MR zobrazování lépe lokalizuje léze, umožňuje rovněž lepší hodnocení druhé plíce a souvisejících anomálií. Na MR se plicní sekvestrace jeví jako homogenní, dobře identifikovatelné, hypersignální masy na T2 vážených obrazech. Dopplerovský ultrazvuk je užitečný při zobrazování výživných cév plicní sekvestrace.

Prognóza je příznivá a souvisí s případným vývojem hydrothoraxu. Chirurgická excize intralobárního typu sekvestrace se doporučuje z důvodu pozdního rizika plicní infekce nebo maligní transformace. Asymptomatické extralobární sekvestrace bez významného posunu zleva doprava obvykle resekci nevyžadují (Adams, 2020, str. 1842-1843).

2.3 Gastrointestinální trakt

Díky multiparametrickým vlastnostem MR dobře charakterizuje tkáň, což je důležité pro rozlišení fyziologických struktur od případných patologických lézí. (Manganaro, 2015, str. 393-395).

Na T2 FSE sekvencích se od 20. týdne jasně zobrazují břišní, pánevní a gastrointestinální struktury. V hodnocení zažívacího traktu jsou zvláště důležité T1 vážené sekvence. Žaludek by měl být rozpoznán již v počátku těhotenství v levé horní části břicha jako dutina naplněná tekutinou, která je hypersignální na T2 vážených obrazech a hyposignální na T1 z důvodu polykání plodové vody. Od 27. týdne lze vidět jejunum a ileum na T2 vážených obrazech jako hypersignální tubulární struktury zabírající celé břicho, ale převážně jeho levou část. V pokročilém těhotenství mohou být aborální kličky tenkého střeva na T1 hypersignální z důvodu přítomnosti mekonie. Přítomnost mekonie způsobuje, že tlusté střevo a konečník jsou hyposignální na T2 vážených obrazech a hypersignální na T1. Tyto struktury by měly být hodnoceny v axiální, koronální a sagitální rovině břicha plodu. Břišní stěna je snadno rozpoznatelná na T2 vážených obrazech ve všech rovinách (Masselli, 2016, str. 205).

Na ultrazvuku má mekonium, moč a jiné tekutiny podobnou echogenicitu, zatímco na MR T1 vážených obrazech má mekonium vysoký signál, který pomáhá identifikovat úroveň střevní obstrukce. Fetální MR hraje důležitou roli také v diferenciální diagnostice břišních lézí, pomáhá určit původ, rozšíření a objem léze spolu s její složkou (tekutinou nebo pevnou látkou) a umožňuje jejich charakterizaci rozlišením serózní tekutiny od hemoragického, bílkovinného nebo mekoniového obsahu (Manganaro, 2018, str. 278). Studie Manganara uvádí, že MR poskytuje další informace oproti US v 60% (Manganaro, 2015, str. 393). Mezi nejčastější indikace GIT patří brániční hernie, defekty břišní stěny jako je gastroschíza či omfalokéla, atrezie střev, atrezie jícnu, břišní cysty, mekoniový ileus, mekoniová peritonitida, Hirschsprungova choroba a kloakální malformace (Lyons, 2015, str. 315-316).

2.3.1 Atrézie jícnu

Ezofageální atrézie je vrozená malformace spočívající v nevyvinutí části jícnu s nebo bez komunikace s průdušnicí (nebo průduškou) - tracheoezofageální píštěl. Malformace může vzniknout z neúplného oddělení jícnu a průdušnice v důsledku neúplného rozdělení primitivní trávicí trubice. Patogeneze malformace je pravděpodobně multifaktoriální, kombinace environmentálních a genetických faktorů (Hochart, 2015, str. 307). Existuje několik typů atrézie. Klasifikuje se dle Grosse, Vogta či Laddy. V 82-86 % se vyskytuje atrézie jícnu s distální tracheoezofagální píštělí, kdy dolní část jícnu je spojena s tracheou a horní část jícnu končí slepě (Neuwirth, 2014, str. 463). Na atrézii jícnu možno usuzovat z US vyšetření, kde lze pozorovat asociaci malého nebo neviditelného fetálního žaludku a polyhydramnia. Polyhydramnion se na sonografii vyskytuje v 33-60 %. Přesto je prenatální diagnostika ultrazvukem obtížná, protože míra detekce ultrazvukem je pouze 10–40% s pozitivní prediktivní hodnotou 56%. Zlepšení přímé diagnostiky atrézie jícnu během porodního ultrazvukového vyšetření bylo dosaženo detekcí rozšířeného horního slepého konce atretického jícnu. Vizualizace „váčku“ nicméně vyžaduje delší dobu vyšetření a i přesto je viditelná pouze u jedné třetiny případů.

V případech, kdy je podezření na atrézii jícnu, se stále více využíváno MR. Nejčastěji jsou používány T2 vážené obrazy. Stejně jako u US je vyšetření zaměřeno hlavně na vizualizaci rozšířeného horního jícnu.

Více než 50% plodů s atrézií jícnu vykazuje malformace jiných orgánů (Hochart, 2015, str. 307). Atrézie jícnu s případnou tracheoezofageální píštělí je typickou součástí tzv. VATER asociace (Polák, 2017, str. 197). Úmrtnost souvisí s typem atrézie, s typem a počtem dalších vrozených anomálií a s nedonošenou a nízkou porodní hmotností (Hochart, 2015, str. 307).

2.3.2 Obstrukce střev

S atrézií střeva se nejčastěji setkáváme v oblasti střeva tenkého. Nejčastějším typem fetální střevní atrézie je duodenální atrézie, frekvence výskytu je 1:7500 porodů. Nastává mezi 8. až 10. týdnem gestace v průběhu rekanalizace duodena a intenzivní zárodečnou aktivitou při tvorbě biliárních a pankreatických struktur. Obstrukce se

obvykle vyskytuje v druhé části dvanáctníku v nebo pod Vaterskou papilou. Je spojována s nezralostí (v 46%) a polyhydramniem (v 33%). Porucha průchodnosti duodena může být prenatálně objevena až po 20. týdnu gestace (Mihál, 2016, str. 326-327). Duodenální atrézie má vnitřní nebo vnější původ z důvodu časté přítomnosti choledochální cesty. V případě atrézie duodena zobrazuje fetální MR rozšířený žaludek naplněný tekutinou a také proximální duodenum s typickým obrazem „double bubble“ na T2 vážených obrazech (Manganaro, 2018, str. 280). Často jsou přidruženy jiné anomálie, jako je Downův syndrom (> 30 %), malrotace (> 20 %), vrozené vady srdce (20 %), anomálie ledvin a další vady GIT. V dnešní době je přežití novorozenců vyšší než 95%, s minimálními dlouhodobými následky, tedy s poruchami střevní průchodnosti. Nejčastěji jsou novorozenci operováni první den po narození (Mihál, 2016, str. 326-327).

Porucha střevní pasáže může vzniknout na základě významného zúžení nebo neprůchodnosti střevního lumen a to buď díky změně hutnosti střevního obsahu (mekoniový ileus) nebo z důvodu porušené peristaltiky střevní stěny – Hirschprungova nemoc (Polák, 2017, str. 199).

Pokud je zasaženo jejunum, rozšířené střevní kličky vykazují vysoký signál na T2 vážených obrazech, pokud je postiženo ileum, pak budou střevní kličky hypersignální na T1 díky obsahu mekonie. V tomto případě má tlusté střevo menší průměr s chybějícím nebo nízkým obsahem mekonie.

Distální obstrukci tlustého střeva lze na T1 vážených obrazech zobrazit jako dilatovanou tubulární strukturu s hypersignálním obsahem, proximální tubulární střevní kličky jsou obvykle rozšířené a jsou hypersignální na T2 vážených obrazech (Manganaro, 2018, str. 280).

2.3.3 Mekoniový ileus

Mekoniový ileus je definován jako mechanická obstrukce střeva způsobena zvýšenou viskozitou mekonie. Často bývá spojován s cystickou fibrózou. Můžou být přítomny i další abnormality střev jako je atrézie, volvulus nebo perforace, jedná se pak o komplikovaný ileus. Prenatální ultrasonografie se ukázala jako spolehlivá při rozpoznávání příznaků dilatace střev a podezření na obstrukci. US má však

limitace v určování etiologie a rozsahu abnormalit střev. Fetální MR umožňuje konkrétněji identifikovat struktury peritoneálního prostoru a obsah, což je zvláště užitečné v identifikaci případů s vysokým rizikem souvisejících komplikací (Gunderman, 2018, str. 685-686).

2.3.4 Defekty břišní stěny

MR je používána také pro diagnostiku anomálií břišní stěny. T2 vážené sekvence v axiální rovině jsou nejužitečnější pro vizualizaci defektu a polohy pupeční šňůry. T1 vážené sekvence jsou důležité při hodnocení průběhu střeva.

Mezi tyto defekty se řadí gastroschíza či omfalokéla. U gastroschízy dochází k výhřezu břišních orgánů do amniotické dutiny defektem přes celou břišní stěnu nejčastěji vpravo od úponu pupečníku. Vyhřezlé střevní kličky či další orgány nemají peritoneální výstelku, na rozdíl od většiny omfalokél. Ačkoli jsou přidružené anomálie vzácné, časté jsou střevní komplikace, zejména intestinální stenóza nebo atrézie.

Omfalokéla je následkem selhání návratu střevních kliček do břišní dutiny po fyziologické výhřezu, ke kterému dochází mezi 8. a 12. týdnem těhotenství. To má za následek vytlačování břišních vnitřností prostřednictvím defektu centrální břišní stěny do úponu pupečníku. Obsah je obvykle pokryt tenkou dvouvrstvou membránou z pobřišnice a amnionu. Fetální MR lze použít k detekci asociovaných anomálií, jejichž přítomnost je nejlepším prediktorem perinatálních a postnatálních následků. MR odhad plicních objemů je důležitý v přítomnosti obrovské (> 50% herniovaných jater) omfalokély, jelikož plicní hypoplázie s pozorovanými až očekávanými objemy <50% je prediktorem zhoršení plicních funkcí (Lyons, 2015, str. 315-316).

2.4 Urogenitální systém

Genitourinární malformace jsou poměrně časté, tvoří jednu třetinu všech anomálií zjištěných při diagnostice plodu. Anomálie mohou být jednostranné nebo oboustranné, izolované či spojené s jinými anomáliemi, mohou být i součástí genetických syndromů (Masselli, 2016, str. 220). Nejčastějšími patologiemi jsou obstrukce pelviureterální junkce, multicystická dysplastická ledvina, ageneze a ektopie ledviny, vesikoureterální reflux, ureterokéla, hydronefróza, chlopeč zadní uretry či zvětšený

močový měchýř. Ve většině těchto případů MR doplňuje US (Chalouhi, 2019, str. 102). Kromě toho může fetální MR rozšířit diagnostické informace u anhydramnia nebo oligohydramnia, jelikož v těchto případech je vyšetření pomocí US technicky obtížné (Manganaro, 2018, str. 278).

Fetální ledviny lze na T2 vážených obrazech pozorovat jako oválné struktury střední intenzity signálu po obou stranách páteře. Vzhledem k přítomnosti moči jsou ledvinná pánvička a kalichy zobrazeny jako struktury s vysokým signálem na T2 zobrazení. Fetální uretery nejsou normálně na T2 obrazech vidět, pokud nejsou rozšířeny, pak jsou vizualizovány jako trubicové struktury s vysokým signálem. Močový měchýř je zobrazen jako tekutinou vyplněná kruhová či oválná struktura v přední části pánve. Močovou trubicu vidět nelze, vnější genitálie jsou snadno rozpoznatelné. Pupeční šňůru a její průběh lze vidět zejména ve střední sagitální a axiálních rovinách (Masselli, 2016, str. 205).

Ultrarychlé T2 sekvence, jako je HASTE, jsou považovány za hlavní pilíř zobrazování genitourinárního systému pomocí MR. Bývají přítomny minimální pohybové artefakty z pohybu plodu, anatomické struktury plodu se zobrazují s vysokým kontrastem a rozlišením. T1 vážené obrazy jsou obzvláště užitečné při odlišení dilatovaných močovodů od okolních střečních klíčků, protože tlusté střevo naplněné mekoniem je hypersignální ve srovnání s hyposignálním močovodem. DWI sekvence jsou užitečné při detekci renálního parenchymu a hodnocení jeho funkčnosti. Normální ledviny plodu vykazují omezenou difúzi v důsledku vysoké buněčnosti vedoucí k vysokému signálu na DWI zobrazení. Tato sekvence je užitečná při stanovení diagnózy vývojových abnormalit ledvin, jako je ageneze ledvin nebo ektopie. Patologická fetální ledvina má sníženou buněčnost a proto bude vykazovat snížený DWI signál (Gupta, 2020, str. 4).

2.4.1 Renální ageneze a ektopická ledvina

Ageneze ledvin může být jednostranná nebo oboustranná. Na agenezi ledvin pomýšlíme, pokud se ledvina na MR nezobrazuje v ledvinné jamce. V případě jednostranné ageneze se druhá ledvina zobrazuje normálně nebo je mírně zvětšená, močový měchýř a množství plodové vody je také v normě. Riziko souvisejících

anomálií je vysoké, může se jednat o vezikoureterální reflux nebo obstrukci močových cest. Oboustranná ageneze ledvin je neslučitelná se životem a je také méně častá. V tomto případě chybí obě ledviny i močový měchýř, je přítomen oligohydramnion a plicní hypoplázie.

Ektopická ledvina se nejčastěji nachází v pánvi a často je malrotována. Rozpoznání ektopických ledvin na MR může být někdy obtížné, jelikož ledviny mohou vypadat jako střešní klíčky, může tak dojít k chybné diagnostice renální ageneze. V případech bilaterální renální ektopie nejsou ledviny vidět v ledvinné jamce, ale močový měchýř se většinou zobrazuje normálně. Oligohydramnion se v tomto případě nevyskytuje. K zobrazení prázdné ledvinné jamky a k lokalizaci ektopické ledviny může být užitečné DWI zobrazení (Masselli, 2016, str. 221).

2.4.2 Cystická onemocnění ledvin

Multicystická dysplastická ledvina (MCDK)

Multicystická dysplastická ledvina je nejčastější formou cystické dysplázie ledvin s vysokým stupněm obstrukce nebo atrézie horních močových cest (ledvinná pánvička, močovod) vznikající během rané fáze vývoje ledviny. Parenchym ledviny je nahrazen mnohočetnými vzájemně nekomunikujícími cystami různé velikosti (Coley, 2019, str. 1096). Vznik je podmíněn chybným vývojem mezonefrického blastému, souvisí i s obstrukcí primárních močovodů. Zhruba v 75-80% je postižena jen jedna ledvina (Polák, 2017, str. 213). Výskyt MCDK je přibližně 1:4300 živě narozených dětí. MCDK může být spojena s dalšími malformacemi močových cest. Přibližně 25% unilaterálních MCDK má kontralaterální abnormality močových cest (Ji, 2018, str. 128).

Na MR se zobrazuje několik cyst různých velikostí (od 1 mm do několik cm). Tyto cysty jsou na T2 vážených obrazech hypersignální. Velikost ledviny je normální nebo je výrazně zvětšená. Ledvinná pánvička a větvení dutého systému ledviny by nemělo být zobrazeno. Proto je přítomnost normálně vytvořené ledvinné pánvičky v rozporu s diagnózou MCDK. Příležitostně je mezi cystami pozorováno malé množství abnormálně hyposignálního renálního parenchymu, normální kortikomedulární diference není sledovatelná.

Multicystická dysplastická ledvina má tendenci se postupně zmenšovat nebo zcela časem zaniknout (Meyers, 2020, str. 1922-1923). Prognóza je příznivá v případě jednostranné anomálie (Polák, 2017, str. 213).

Autozomálně dominantní polycystická nemoc ledvin (ADMKD)

ADMKD je nejčastější dědičné onemocnění ledvin, které se vyskytuje u 1 z 1000 živě narozených dětí. Nemoc je způsobena mutací genů PKD1 (80%), nebo PKD2 (20%). Obvykle se projevuje ve třetí až čtvrté dekádě života (Zhang, 2019, str. 41). Postiženy bývají obě ledviny. Cysty se nachází hlavně v oblasti kůry. Ledviny jsou zvětšeny (Polák, 2017, str. 214).

Autosomálně recesivní polycystická nemoc ledvin (ARPKD)

ARPKD je charakterizována bilaterálním cystickým onemocněním ledvin a vrozenou jaterní fibrózou. Výskyt ARPKD je přibližně 1:10 000 až 1:40 000. Kolem 40% pacientů s ARPKD má zvětšené, hyperechogenní ledviny se špatnou kortikomedulární diferenciací a oligohydramnion. ARPKD je způsobena recesivní mutací genu (PKHD1) polycystických ledvin a jater (Jung, 2020, str. 1). Při této anomálii dochází k vícečetným cystickým dilatacím sběrných kanálků (Polák, 2017, str. 212). Ledviny jsou na T2 vážených obrazech hypersignální z důvodu zvýšeného obsahu vody v renálním parenchymu. Cysty obvykle nejsou vizualizovány, ale někdy může být přítomno jen několik drobných cyst, které nepřesahují velikost 1–2 cm. Močový měchýř také často není zobrazen (Gupta, 2020, str. 5 -6).

2.4.3 Hydronefróza

Vrozená hydronefróza je jednou z nejčastějších anomálií, je pozorována u 0,6–5,4 % všech těhotenství. Dnes se pro tuto anomálii používá termín dilatace kalichopánvičkového systému ledviny. Dilatace KPS může být jednostranná i oboustranná. K posouzení závažnosti hydronefrózy byla dříve používána klasifikace dle SFU . Dnes se uplatňuje mezinárodní klasifikace UTD (Urinary tract dilation). Oproti starší klasifikaci UTD navíc hodnotí kvalitu parenchymu, dilataci ureterů či abnormální nález na močovém měchýři. UTD rozlišuje dilataci KPS na stupeň A1,

jenž představuje nízké riziko poškození ledvin a stupeň A2-3 se zvýšeným rizikem. Uvádí se, že až 60% prenatálně nebo postnatálně diagnostikovaných dilatací močových cest je dočasného charakteru. Mezi nejčastější příčiny prenatální hydronefrózy patří tranzientní dilatace močových cest, obstrukce ureteropelvického junkce, obstrukce ureterovezikální junkce, megaureter či vezikoureterální reflux (Flögelová, 2020, str. 168-172). Asi u 30-50% případů se mohou vyskytnout vážnější komplikace vývodných močových cest po narození (Polák, 2017, str. 212).

3. SHRNUÍ TEORETICKÝCH POZNATKŮ

Standardní vyšetřovací metoda pro počáteční hodnocení anatomie plodu je ultrazvuk. Fetální MR je však cenným doplňkem ultrazvuku při potvrzování či vylučování podezření na abnormality a také při detekci dalších abnormalit (Masselli, 2020, str. 640e1).

MR se podílí na managementu rizikového těhotenství a pomáhá optimalizovat perinatální léčbu. Nevýhodou MR je pohyb plodu, avšak vyvíjejí se stále rychlejší sekvence, které významně snižují pohybové artefakty. Současná data neprokazují jednoznačně žádné škodlivé účinky silného magnetického pole při MR vyšetření na vyvíjející se plod, bez ohledu na trimestr těhotenství. Existuje však určité riziko vzniku teratogenních účinků v období organogeneze, proto se MR neprovádí dříve než v 18. týdnu těhotenství (Masselli, 2020, str. 640e1).

Ze studie Kula a kolektivu, jenž obsahuje 183 vyšetření plodu, vyplývá, že nejčastěji jsou vyšetřovány anomálie CNS (41,5 %), dále urotraktu (22,4 %), GIT (8,7 %), hrudníku (8,7 %), skeletu (6,6 %), obličeje (3,3 %), či srdce (2,2 %). Dle studie poskytuje MR rozšiřující výsledek ultrazvuku v 38,8 % případů. Ten je významný u anomálií CNS, hrudníku, urotraktu a GIT. U anomálií obličeje a muskuloskeletálního systému nedošlo v jejich studii k významnému přínosu při zobrazování MR (Kul, 2012, str. 882-885). U anomálií obličeje a krku může být však MR užitečná především při diagnostice rozštěpu tvrdého a měkkého patra nebo měkkotkáňových tumorů krku, nejčastěji lymfangiomů či teratomů. V případě skeletálních dysplázií se MR používá jen zřídka (Prosová, 2017, str. 12-13).

Nejběžnější klinickou indikací pro MR vyšetření plodu je hodnocení podezření nebo prokázaných anomálií CNS. Masselli uvádí, že vyšetření CNS představuje až 80% z celkových vyšetření plodu na MR (Masselli, 2020, str. 640e1). Studie magnetické rezonance ke zlepšení diagnostiky fetálních vývojových mozkových abnormalit v děloze (MERIDIAN) odhalila změnu diagnózy u 32% případů. Ostatní studie prokázaly, že MR plodu dokáže detekovat až 50% skrytých patologií CNS na US (Vipotnik Vesnaver, 2016, str. 5).

MR je přínosná i v zobrazování fetálního hrudníku, při stanovování diagnózy vrozených anomálií plic. Pacharn ve své studii uvádí, že postnatální nálezy potvrdily prenatalní MR diagnózu v 98% případů (Pacharn, 2013, str. 1136). Pomocí MR lze také získat různá měření k posouzení stavu plic plodu (Masselli, 2016, str. 163).

MR je doplňkových vyšetřením ultrazvuku při zobrazování genitourinárních malformací, jenž tvoří až třetinu všech anomálií zjištěných při diagnostice plodu (Chalouhi, 2019, str. 102). MR například dokáže odlišit dilataci močovodu od okolních střevních kliček. DWI zobrazení je užitečné při stanovení diagnózy vývojových abnormalit ledvin, jako je ageneze ledvin nebo ektopie (Gupta, 2020, str. 4).

MR fetálního GIT je užitečná z toho důvodu, že dokáže odlišit mekonium od jiných tekutin, což je důležité při diagnostice střevních obstrukcí (Marine, 2020, str. 1903).

Několik studií srovnávalo účinnost US a MR v diagnostice anomálií plodu a odhalilo, že MR poskytuje další informace ve srovnání s US v 36–57% případů (Manganaro, 2015, str. 397). Bahado-Singh uvádí tento příspěvek MR v 45,3 % (Bahado-Singh, 2013, str. 336).

Ačkoliv je MR cennou vyšetřovací metodou, základní zobrazovací metodou plodu zůstává ultrazvuk. Lze si tedy položit výzkumnou otázku, v kolika případech jsou výsledky MR shodné s předchozím US vyšetřením ve FNOL. Na základě této otázky lze formulovat hypotézu:

H₀: Podíl diagnostické shody US a MR je menší nebo rovný 50 %.

H_A: Podíl diagnostické shody US a MR je většinový.

4. METODIKA VÝZKUMU MR PLODU

4.1 Výzkumné cíle a hypotézy

K tvorbě výzkumné části diplomové práce jsem si stanovila tyto cíle a hypotézu:

Cíl 1 : Sumarizovat indikace k prenatálnímu vyšetření magnetickou rezonancí ve FNOL za období pěti let.

Dílčí cíl: Rozdělit MR vyšetření z hlediska vyšetřovaných oblastí a zjistit, které diagnózy se vyskytují nejčastěji.

Cíl 2 : Zjistit, zda vyšetření pomocí MR přináší jiné nebo rozšiřující výsledky při porovnání s předchozím ultrazvukovým vyšetřením.

Cíl 3 : Určit v jakém gestačním stádiu plodu jsou nejčastěji MR vyšetření prováděna.

H₀: Podíl diagnostické shody US a MR je menší nebo rovný 50 %.

H_A: Podíl diagnostické shody US a MR je většinový.

4.2 Charakteristika souboru

Základním souborem byly těhotné pacientky, které se podrobily US a MR vyšetřením plodu. Kritériem pro zařazení do výzkumu bylo ultrazvukové vyšetření provedené v kterémkoliv zdravotnickém zařízení a vyšetření na magnetické rezonanci ve FNOL od ledna 2015 do konce roku 2019, celkem tedy za období pěti let. Za toto období bylo celkem provedeno 190 vyšetření, z toho 44 vyšetření bylo MR vyšetření placenty, která nebyla do výzkumu zahrnuta. Velikost výběrového zkoumaného souboru tedy činí 146 MR vyšetření plodu. U čtyř pacientek bylo MR vyšetření provedeno dvakrát v určitém časovém odstupu.

Vyšetření MR plodu proběhla na Radiologické klinice FNOL na 1,5 T přístrojích MAGNETOM Symphony a MAGNETOM Avanto Siemens. Vyšetření byla prováděna nativně. Zhotoveny byly T1 a T2 sekvence ve třech zobrazovacích rovinách. Byly používány T2 HASTE, T1 FLAIR, T2 TRUFI, T2 TSE, T2 True FISP či DWI sekvence.

Tabulka 1 – počet MR vyšetření

	počet vyšetření plodu	počet vyšetření placenty	celkový počet
2015	30	1	31
2016	29	7	36
2017	31	13	44
2018	30	10	40
2019	26	13	39
celkem	146	44	190

Nejvíce provedených vyšetření bylo v roce 2017, kdy byl počet vyšetření 31. Průměrný počet vyšetření MR plodu ve FNOL za rok je 29, průměrný počet vyšetření včetně vyšetření placenty je pak 38.

Tabulka 2 – věk pacientek

věk	počet pacientek
pod 18	1
18-25	28
26-30	52
31-35	43
36-40	21
nad 40	1
průměr	30

Nejvíce vyšetření bylo provedeno u pacientek ve věkovém rozmezí 26-30 let, zhruba v 36% zkoumaného souboru. Průměrný věk vyšetřovaných pacientek je 30 let. Nejmladší pacientce bylo 17 let, zatímco nejstarší 43.

4.3 Metoda sběru dat

Pro zpracování výzkumné části diplomové práce byl použit kvantitativní metodologický přístup. Jedná se o deskriptivní design výzkumu, kdy cílem bylo získat přehled o četnosti či intenzitě určitého vyskytujícího se jevu (Gurková, 2019, str. 42). V případě této DP jde především o přehled nejčastějších indikací k provedení fetální MR a přehled nejčastějších zjištěných diagnóz na MR. Z časového hlediska

Ize tuto studii označit za retrospektivní, tedy sumarizaci již provedených vyšetření. Jako metoda sběru dat byla použita obsahová analýza dokumentace. Základní podmínkou při analýze je definování zkoumaného problému či cílů (Kutnohorská, 2009, str. 43). Analýza dokumentace proběhla z provedených vyšetření od ledna 2015 do konce roku 2019. Pracovala jsem s kvalitativními a kvantitativními proměnnými. Kvalitativní lze vyjádřit slovně, kvantitativní vyjadřujeme číslem a lze se na ně ptát otázkou „kolik“ (Reiterová, 2016, str. 10). Data byla sbírána z nemocničního systému PACS ve FNOL. Pro přehled a sběr dat ze systému jsem si vytvořila záznamový formulář uvedený níže.

Tabulka 3 – záznamový formulář pro sběr dat

Kód pacientky	Vyšetřovaná oblast	Diagnóza	Gestační věk plodu	Rok vyšetření	Věk pacientky
A1					
A2					
A3					
A4					
A5					
A6					
.....					

Pro zjištění, zda vyšetření pomocí MR přináší jiné nebo rozšiřující výsledky při porovnání s předchozím ultrazvukovým vyšetřením jsem si rovněž vytvořila záznamový formulář.

Tabulka 4 – diagnostická shoda US a MR vyšetření

Kód pacientky	Diagnostická shoda	Diagnostická neshoda	Rozšiřující výsledek dle MR
A1			
A2			
A3			
A4			
A5			
A6			
.....			

4.4 Realizace výzkumu

Před tvorbou diplomové práce byla provedena rešeršní činnost, na jejímž základě jsem si stanovila cíle výzkumné části práce. Pro realizaci výzkumu bylo potřeba získat souhlas Etické komise FZV UP v Olomouci. V říjnu 2020 jsem obdržela souhlasné stanovisko Etické komise (UPOL-181229/1030S-2020). Dalším krokem bylo podání žádosti o poskytnutí informací pro studijní účely/sběr dat (Fm-MP-G015-05-ZADOST-001). Tato žádost byla poslána hlavní sestře FNOL, která díky souhlasnému stanovisku Etické komise a vedoucí radiologické asistentky Radiologické kliniky FNOL, rovněž mou žádost schválila.

Sběr dat probíhal v únoru 2021, kdy jsem docházela na Radiologickou kliniku FNOL. Přístupové údaje do archivačního systému PACS mi byly zajištěny přes sekretariát kliniky. Sběr dat probíhal v pracovnách lékařů radiologů, vždy pod dohledem jednoho z nich, který byl o mé diplomové práci informovaný. Jednotlivá data (zkoumané proměnné) jsem si zaznamenávala do předem připraveného formuláře vytvořeného v programu Excel. Časové období, které jsem při hledání vyšetření v PACSU používala, bylo od ledna 2015 do konce prosince 2019, tedy pět let. Za toto období bylo dohledáno celkem 190 vyšetření MR plodu, pro tento výzkum jich bylo použitelných 146. Data pacientek jsou anonymní, jelikož každé byl přidělen určitý kód, účastnice výzkumu tak nejsou nijak eticky poškozeny.

4.5 Metody zpracování dat

Pro zpracování dat jsem si v programu Microsoft Excel vytvořila tabulku, kdy jednotlivé sloupce odpovídaly zkoumané proměnné. Data pacientek byla anonymizována kódováním. Výsledky byly zpracovány popisnou statistikou za použití aritmetického průměru, modusu, minimální a maximální hodnoty či směrodatné odchylky. Tyto hodnoty byly spočítány za použití vzorců v programu Microsoft Excel. Výsledky byly prezentovány zpracovaným sloupcovým či výsečovým grafem a v tabulkách. K testování hypotézy shody či neshody US a MR byl použit Studentův t-test, jenž byl dělán na hladině významnosti 0,05 a 0,001. K vyjádření podílu rozšiřujícího výsledku pomocí MR byla vypočítána konstrukce 95% intervalů spolehlivosti.

5. VÝSLEDKY VÝZKUMU

Výzkumná část práce se zabývá nejčastějšími indikacemi k provedené fetální MR, jednotlivými diagnózami zjištěnými na MR plodu a také zjišťuje, zda MR přináší stejné, jiné nebo rozšiřující výsledky oproti předchozímu ultrazvuku plodu. Níže budou popsány výsledky k jednotlivých cílům a k hypotéze.

5.1 Cíl 1.

Cíl 1.: Sumarizovat indikace k prenatálnímu vyšetření magnetickou rezonancí ve FNOL za období pěti let.

Ultrazvukové indikace, jenž byly důvodem k provedení MR plodu budou popsány v tabulkách níže. Indikace jsou rozděleny na oblast CNS, hrudníku, urotraktu, GIT, obličejové části hlavy a krku a skelet.

Nejčastější ultrazvukové indikace k provedení magnetické rezonance plodu v oblasti CNS jsou uvedeny v tabulce 5. Nejčastěji se jedná o ventrikulomegalii, agenezi CC, megacisternu magnu, Dandy-Walker malformaci, anomálie mozečku či VVV v předchozí graviditě. Indikací k prenatální MR je i chybění či nadbytek plodové vody.

Tabulka 5 – US indikace k provedení MR plodu v oblasti CNS

US indikace, CNS	počet
ventrikulomegalie	21
ageneze ACC	19
megacisterna magna	5
Dandy Walker	4
ageneze, hypoplazie mozečku	4
ageneze vermis cerebelli	4
abnormální nález v oblasti cavum septi pelucidi	3
spina bifida	3
arachnoidální cysta	3
hydrocefalus	2
hlava ve tvaru citrónu	2
tumor nebo cysta v oblasti plexus choroideus	2
hemoragie	2
VVV v předchozí graviditě	5
anhydramnion	3
polyhydramnion	2

Tabulka 6 – US indikace k provedení MR plodu v oblasti hrudníku

US indikace, hrudník	počet
CPAM	11
brániční hernie	8
plicní sekvestrace	7
hypoplazie plic	2
cystický útvar v oblasti hrudníku	2
hyperechogenní tkáň v oblasti plic	2
hydrothorax	1
situs inverzus	1
tumor	1
oligohydramnion	1

V oblasti hrudníku se MR nejčastěji provádí z důvodu podezření na CPAM, brániční hernii či plicní sekvestraci. Dále z důvodu cystických či hyperechogenních útvarů nejasné etiologie v oblasti hrudníku.

Tabulka 7 – US indikace k provedení MR plodu v oblasti urotraktu

US indikace, urotrakt	počet
ageneze ledvin	6
polycystické ledviny	6
MCDK	1
ADPKD	1
hydronefróza	6
ureterokéla	3
megavezika	3
megaureter	2
ektopie ledvin	1
cysta nasedající na ledvinu	2
teratom ledviny	1
zdvojený dutý systém ledvin	2
Nejasná cystická rezistence v dutině břišní	1
chlopeň zadní uretry	1
extrofie močového měchýře	1
anhydramnion	6
oligohydramnion	3

Oblast urotraktu je nejčastěji vyšetřována z důvodu podezření na agenezi ledvin, cystická onemocnění ledvin, hydronefrózu či z důvodu anhydramnionu nebo oligohydramnionu při US vyšetření.

Tabulka 8 – US indikace k provedení MR plodu v oblasti GIT

US indikace, GIT	počet
nezobrazení žaludeční bubliny	5
nejasná cysta v dutině břišní	4
hyperechogenní útvar v oblasti hypogastria	1
omfalokéla	1
dilatovaný žlučník	1
atrémie duodena	1
atrémie jícnu	1
teratom jater	1
tumor v oblasti břicha	1
megakolon	1
anorektální atrémie	1
situs inverzus	1
oligohydramnion	1
anhydramnion	1

Tabulka 8 představuje ultrazvukové indikace k provedení MR v oblasti GIT plodu. Nejčastěji se jedná o anomálie žaludku či cysty dutiny břišní.

Tabulka 9 – US indikace k provedení MR plodu v oblasti obličejové části hlavy a krku

US indikace, hlava a krk	počet
rozštěp rtu, čelisti a patra	3
teratom dutiny ústní	1
hydroma coli	1
branchiogenní cysty	1
fetální tumor krku	1
mikrognatie	1
blíže nespecifikovaný patologický profil obličeje	2
anhydramnion	1

Nejčastější indikací v oblasti obličejové části hlavy a krku je rozštěp rtu, čelisti a patra. Dále je to z důvodu patologického profilu obličeje při US vyšetření.

Tabulka 10 – US indikace k provedení MR plodu se zaměřením na skelet plodu

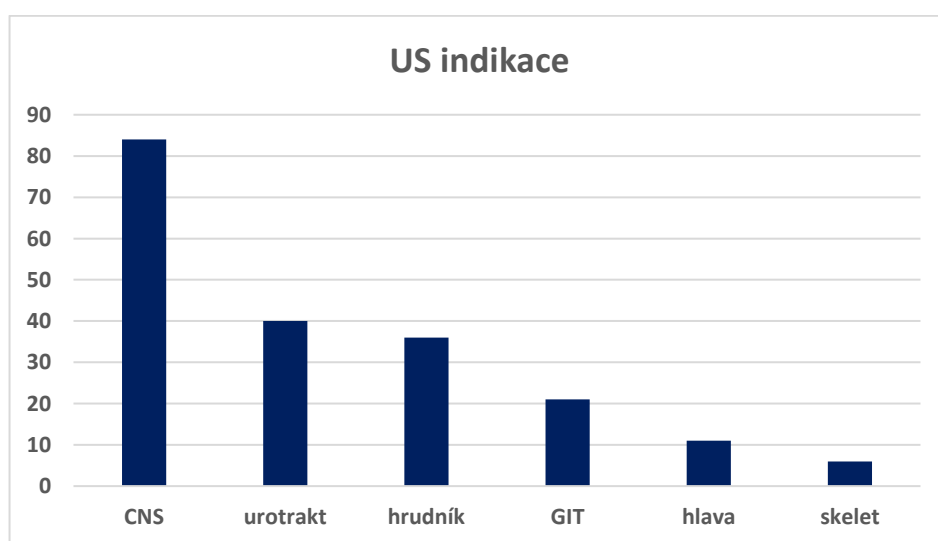
US indikace, skelet	počet
ekvinovarovární postavení nohou	2
kratší stehenní kosti	1
hemivertebra	1
polydaktylie DKK	1

Tabulka 10 obsahuje US indikace k provedení MR plodu se zaměřením na skelet. Nejčastěji se jedná o podezření na končetinové anomálie.

Tabulka 11 – nejčastější US indikace k prenatální MR

US	počet indikací (nálezů)	%
CNS	84	42,6
urotrakt	40	20,3
hrudník	36	18,3
GIT	21	10,7
Hlava a krk	11	5,6
skelet	5	2,5
celkem	197	100

Nejčastější indikace k fetální MR jsou anomálie CNS v 42,6 %, dále se jedná o anomálie urotraktu v 20,3%, v 18,3 % anomálie hrudníku, v 10,7 % GIT. V menším procentu jsou to anomálie hlavy a krku a skeletu.



Obrázek 1 – US indikace k prenatální MR

5.1.1 Dílčí cíl

Dílčí cíl: Rozdělit MR vyšetření z hlediska vyšetřovaných oblastí a zjistit, které diagnózy se vyskytují nejčastěji.

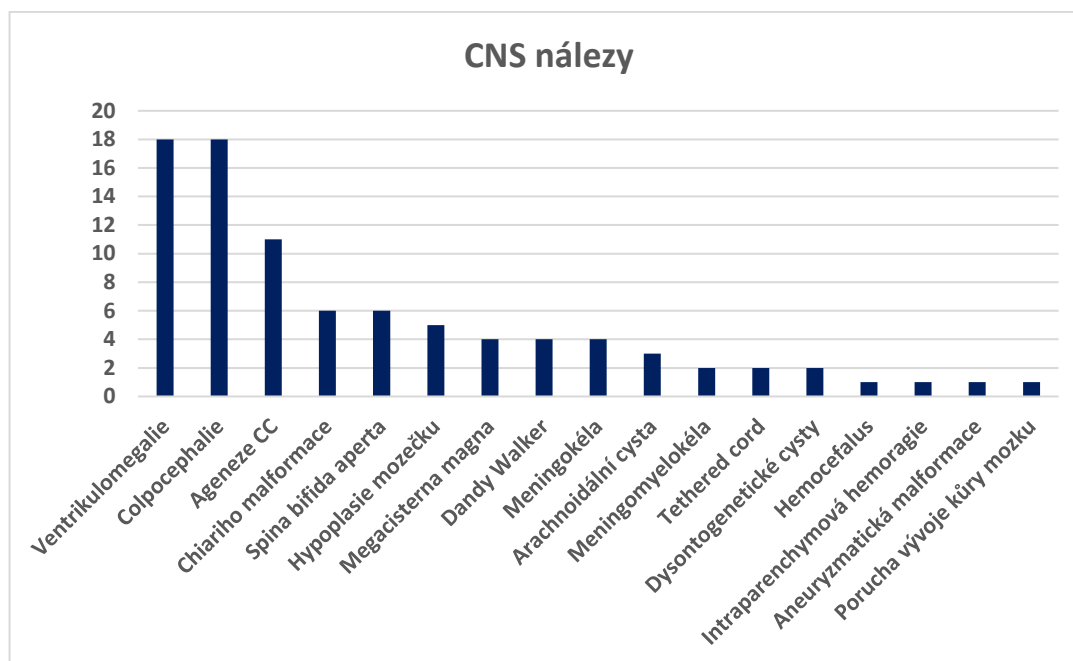
Z grafu níže vyplývá, že mezi nejčastější indikace k provedení MR plodu patří anomálie CNS, za období pěti let bylo provedeno 73 vyšetření CNS plodu. Jako druhá nejčastější vyšetřovaná oblast byl hrudník s 33 vyšetřeními. Dále bylo provedeno 32 vyšetření gastrointestinálního traktu a 32 vyšetření urotraktu. Mezi méně častá vyšetření patří ta se zaměřením na obličejovou část hlavy v 11 případech a na skelet pouze v 5. Počty vyšetřovaných oblastí nelze srovnávat s počtem pacientek (146), jelikož u některých plodů bylo vyšetření zaměřeno na více oblastí. Stejně tak nelze srovnávat počty US indikací s počtem diagnóz na MR, u jedné oblasti se mohlo vyskytnout více anomálií.



Obrázek 2 – nejčastější vyšetřované oblasti plodu na MR

Níže budou popsány zjištěné diagnózy na MR plodu u každé vyšetřované oblasti.

Na grafu 3 a v tabulce 12 je uveden kompletní přehled anomálií CNS zjištěných na MR plodu.



Obrázek 3 – nálezy na CNS

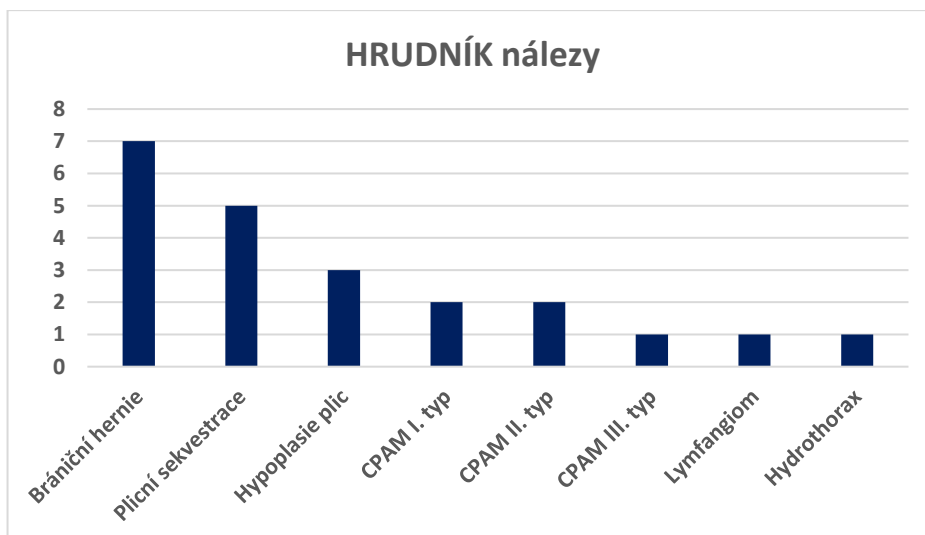
Počet nálezů na CNS je 122, toto číslo se neshoduje s celkovým počtem vyšetření zaměřených na oblast CNS, jelikož u jednoho vyšetření může být v dané oblasti zjištěno více anomálií. Ze 73 vyšetření na oblast CNS se v 33, tedy v 45,2 %, jednalo o nález normální, kdy nebyla nalezena žádná patologie.

Ventrikulomegalie a colpocephalie byly diagnostikovány u 18 případů a jedná se o nejčastější nálezy CNS. Ventrikulomegalie se ve dvou třetinách vyskytovala v jejím mírnějším stupni. Ageneze corpus callosum byla diagnostikována u 11 plodů, v 7 případech se jednalo o agenezi kompletní. V 6 případech se vyskytla Chiariho malformace a spina bifida aperta. U Chiariho malformace v pěti případech převažoval typ II., který byl nejčastěji spojen právě se spina bifida aperta a meningokélou či meningomyelokélou. Dandy-Walkerova malformace byla diagnostikována ve 4 případech. U 4 plodů se objevila megacisterna magna, která byla dvakrát ve spojení s arachnoideální cystou, jednou s ventrikulomegalií, ACC a hypoplasíí mozečku. Nejméně často, a to vždy pouze u jednoho plodu, se objevil hemocefalus, intraparenchymová hemoragie, aneuryzmatická malformace vena magna Galleni či vývojová porucha mozkové kůry.

Tabulka 12 – přehled CNS nálezů

CNS	celkem		
Ventrikulomegalie	18	mírná	12
		závažná	6
Colpocephalie	18		
Ageneze CC	11	kompletní	7
		částečná	4
Chiariho malformace	6	I. typ	1
		II. typ	5
Spina bifida aperta	6		
Hypoplasie mozečku	5		
Megacisterna magna	4		
Dandy-Walker	4		
Meningokéla	4		
Arachnoidální cysta	3		
Meningomyelokéla	2		
Tethered cord	2		
Dysontogenetické cysty	2		
Hemocefalus	1		
Intraparenchymová hemoragie	1		
Aneurymatická malformace	1		
Porucha vývoje kůry mozku	1		
Normální nález	33		
Počet nálezů na CNS	122		
Celkem vyšetření CNS	73		

Další nejčastější vyšetřovanou oblastí byl hrudník plodu. Tato oblast byla vyšetřována u 33 plodů.



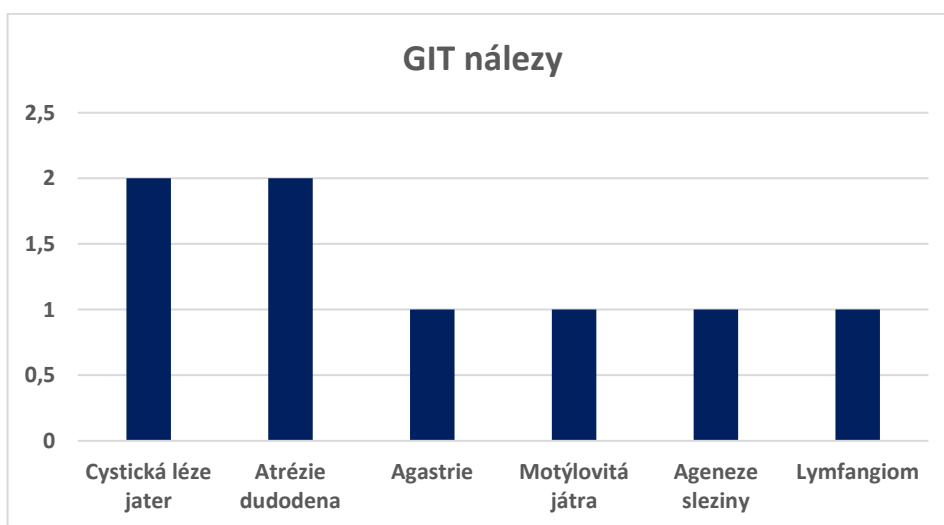
Obrázek 4 – nálezy na hrudníku

Dle výzkumu je nejčastější anomálií hrudníku brániční hernie. Vyskytla se u 7 plodů a ve všech případech byla jednostranná a často spojená s hypoplasíí plic. Poměrně vzácná anomálie plícní sekvestrace se objevila u 5 plodů. Již zmíněná hypoplasie plic se vyskytla u tří plodů, kterým byla diagnostikována brániční hernie. Vrozená malformace dýchacích cest (CPAM) byla diagnostikována u 5 plodů a to ve všech svých třech typech. Ve všech případech byl nález CPAM unilaterální. V jednom případě se u plodu objevil cystický lymfangiom, jenž zasahoval i do oblasti krku a břicha a u jednoho plodu hydrothorax nejasné etiologie. V 33,3 % vyšetření zaměřených na hrudník nebyla nalezena žádná abnormalita. Ve třech případech byl nález nejasný, kdy v prvním případě nález odpovídal gastroenterické cystě nebo duplikatuře jícnu, ve druhém plícní sekvestraci nebo CPAM a v posledním nejasném nálezů se mohlo jednat o hyperplastický thymus. Kompletní přehled nálezů na hrudníku plodů představuje tabulka 13.

Tabulka 13 – přehled nálezů na hrudníku

HRUDNÍK	celkem
Brániční hernie	7
Plicní sekvestrace	5
Hypoplasie plic	3
CPAM I. typ	2
CPAM II. typ	2
CPAM III. typ	1
Lymfangiom	1
Hydrothorax nejasné etiologie	1
Normální nález	11
Nejasný nález	3 - gastroenterická cysta nebo duplikatura jícnu, plicní sekvestrace nebo CPAM, hyperplastický thymus
Celkem vyšetření	33

Vyšetření se zaměřením na oblast GIT byla provedena u 32 plodů.



Obrázek 5 – nálezy na GIT

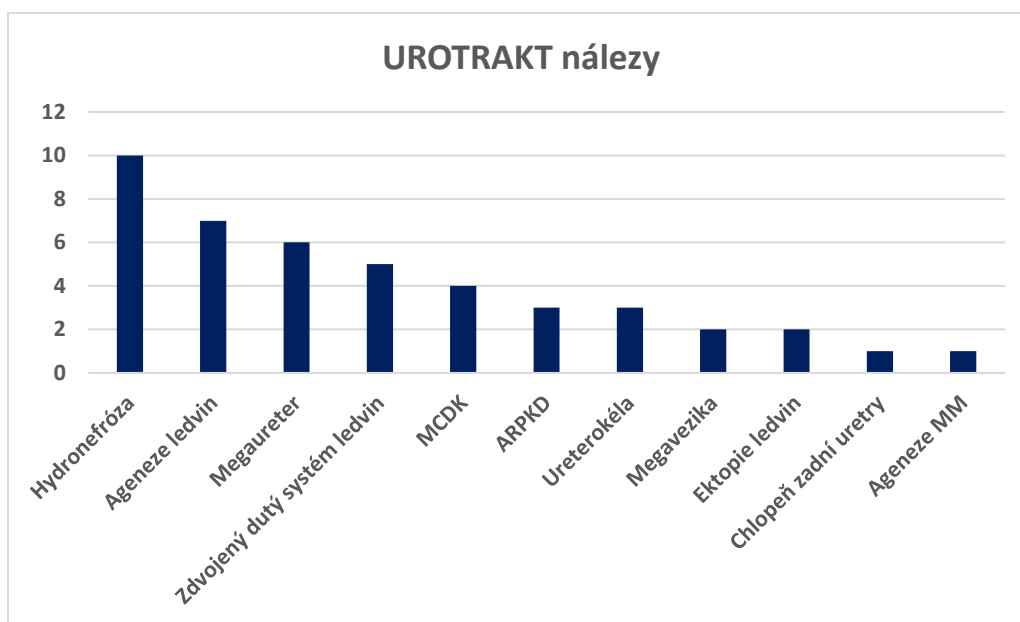
V 46,9 % magnetická rezonance nepotvrdila žádnou anomálii gastrointestinálního traktu a nález byl tedy normální.

Kromě normálního nálezu se často, a to v 10 případech, vyskytoval i nález nejasný. Z toho se v 7 případech jednalo o cystický útvar v dutině břišní nejasné etiologie, ve dvou případech podezření na gastroschízu nebo omfalokéku, v jednom případě pak mohlo jít o volvulus tlustého střeva či Hirschprungovu chorobu. Pokud budeme počítat s nejasnými nálezy, tak lze říci, že nejčastější patologie, jenž byly při vyšetření břicha zjištěny, jsou cystické léze, které se celkově vyskytly u 9 z 32 vyšetření.

Tabulka 14 – přehled nálezů na gastrointestinálním traktu

GIT	celkem
Cystická léze jater	2
Atrézie dudodena	2
Agastrie	1
Motýlovitá játra	1
Ageneze sleziny	1
Lymfangiom	1
Normální nález	15
Nejasný nález	10 7- cystický útvar, 2- gastroschíza nebo omfalokéla, 1- volvulus tlustého střeva nebo Hirschprungova choroba
Celkem vyšetření	32

Oblast urotraktu byla vyšetřována u 32 plodů.



Obrázek 6 – nálezy na urotraktu

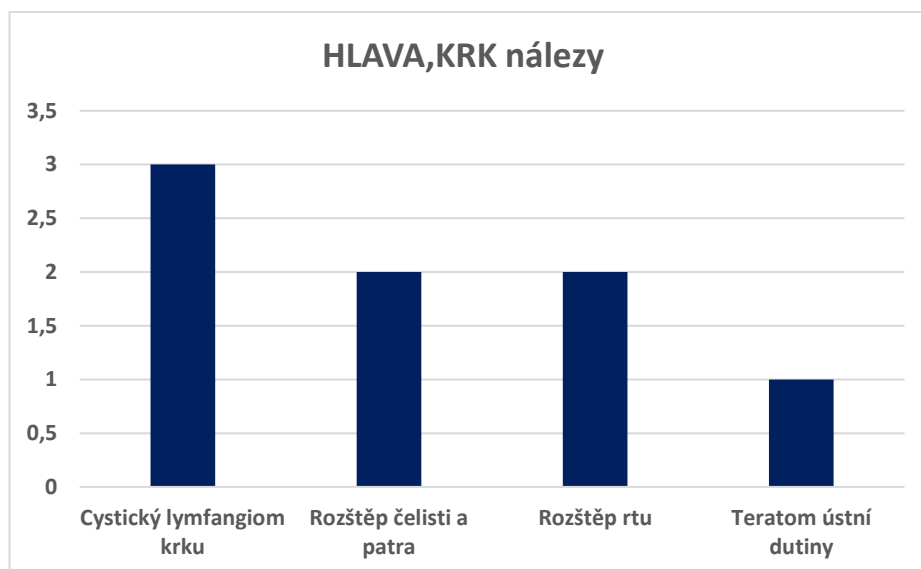
Normální nález byl potvrzen ve 4 případech, tedy v 12,5 %. Nejčastější anomálií v této oblasti byla hydronefróza, vyskytla se u 10 vyšetřovaných plodů, z toho v 40% byla oboustranná. Tato anomálie byla často ve spojení s dilatací močovodu (megaureter), se zvětšeným močovým měchýřem (megavezika), se zdvojením dutého systému ledvin či cystickými útvary. U 7 plodů došlo k nevyvinutí ledvin (agenezi), z toho ve 4 případech šlo o agenezi oboustrannou. Ve většině případů se jednalo o izolovaný nález. Megaureter byl zjištěn u 6 plodů, v 50% byly močovody rozšířené oba dva. V polovině případů došlo současně i ke zdvojení dutého systému a hydronefróze, dvakrát byl přítomen i zvětšený MM. Zdvojený dutý systém ledvin se prokázal u 5 plodů a u 4 se jednalo o anomálii jednostrannou. U třech plodů se zároveň se zdvojením dutého systému ledvin objevila i ureterokéla a rozšířené močovody a u dvou zároveň i hydronefróza. Z cystických onemocnění ledvin byla u 4 plodů diagnostikována multicystická dysplázie ledvin (MCDK), kdy v 50% byly postiženy obě ledvin. Autosomálně recesivní polycystická nemoc ledvin (ARPKD) byla diagnostikována ve třech případech. Nejméně častým nálezem byla chlopečí zadní uretry či ageneze močového měchýře, tyto anomálie byly diagnostikovány pouze v jednom případě. U 2 plodů byl nález nejasný, kdy v jednom případě se mohlo jednat o cystu ledviny nebo cystu dutiny břišní nejasné etiologie a ve druhém rovněž

o cystu, ale o ovariální či mezenteriální. Přehled všech nálezů na urotraktu prezentuje tabulka 15.

Tabulka 15 – přehled nálezů na urotraktu

UROTRAKT	celkem		
Hydronefróza	10	jednostranná	6
		oboustranná	4
Ageneze ledvin	7	jednostranná	3
		oboustranná	4
Megaureter	6	jednostranně	3
		oboustranně	3
Zdvojený dutý systém	5	jednostranně	4
		oboustranně	1
Multicystická renální dysplázie (MCDK)	4	jednostranná	2
		oboustranná	2
Autosomálně recesivní polycystická nemoc ledvin (ARPKD)	3	jednostranná	0
		oboustranná	3
Ureterokéla	3		
Megavezika	2		
Ektopie ledvin	2	jednostranná	2
		oboustranná	0
Chlopeň zadní uretry	1		
Ageneze močového měchýře	1		
Normální nález	4		
Nejasný nález	2 - cysty		
Celkem vyšetření	32		

Mezi méně častá vyšetření patřila ta, kde byla hodnocena především obličejová část hlavy a krk. Takových vyšetření bylo provedeno 11.



Obrázek 7 – nálezy na obličejové části hlavy a krku

Ve dvou případech byl nález nehodnotitelný, z důvodu pohybu plodu. K vyšetřením zaměřené na obličejovou část hlavy byly zařazeny i léze krku, přičemž právě cystický lymfangiom krku byl diagnostikován nejčastěji a to u 3 plodů. Rozštěp čelisti a patra a rozštěp rtu se objevil ve 2 případech. U jednoho plodu byl diagnostikován teratom dutiny ústní.

Tabulka 16 – přehled nálezů na obličejové části hlavy a krku

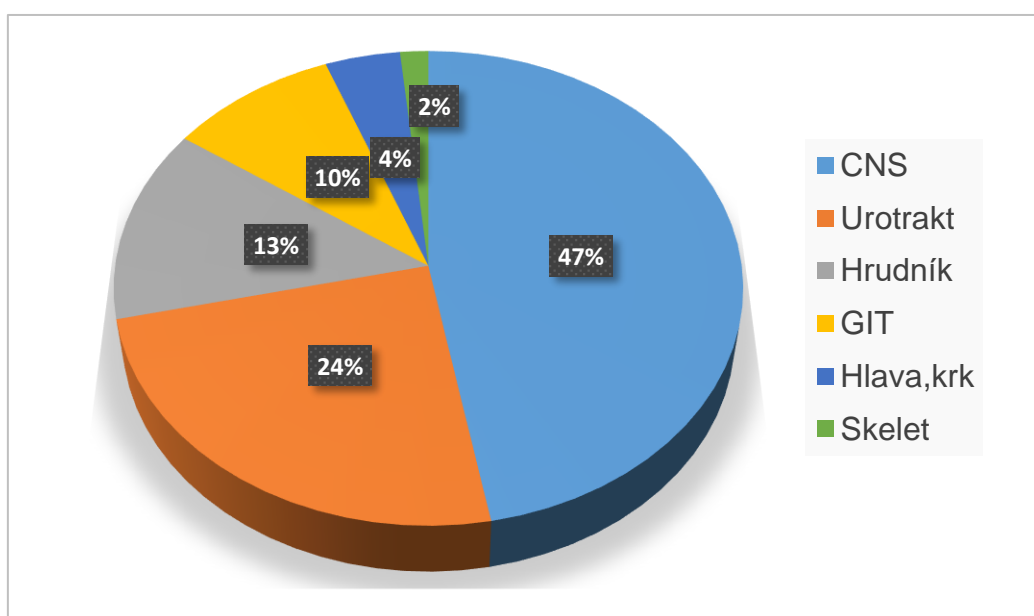
HLAVA, KRK	celkem
Cystický lymfangiom krku	3
Rozštěp čelisti a patra	2
Rozštěp rtu	2
Teratom ústní dutiny	1
Nelze hodnotit	2
Normální nález	2
Celkem vyšetření	11

Nejméně častá vyšetření byla ta se zaměřením na skelet plodu. Anomálie skeletu byly zjišťovány pouze u pěti plodů. U jednoho plodu byl nález normální, v jednom případě nešlo z daného vyšetření skelet posoudit. U dvou plodů byla nalezena anomálie vtočených nohou, neboli oboustranný pes equinovarus. Jedno vyšetření prokázalo deformaci bederních obratlů- hemivertebra.

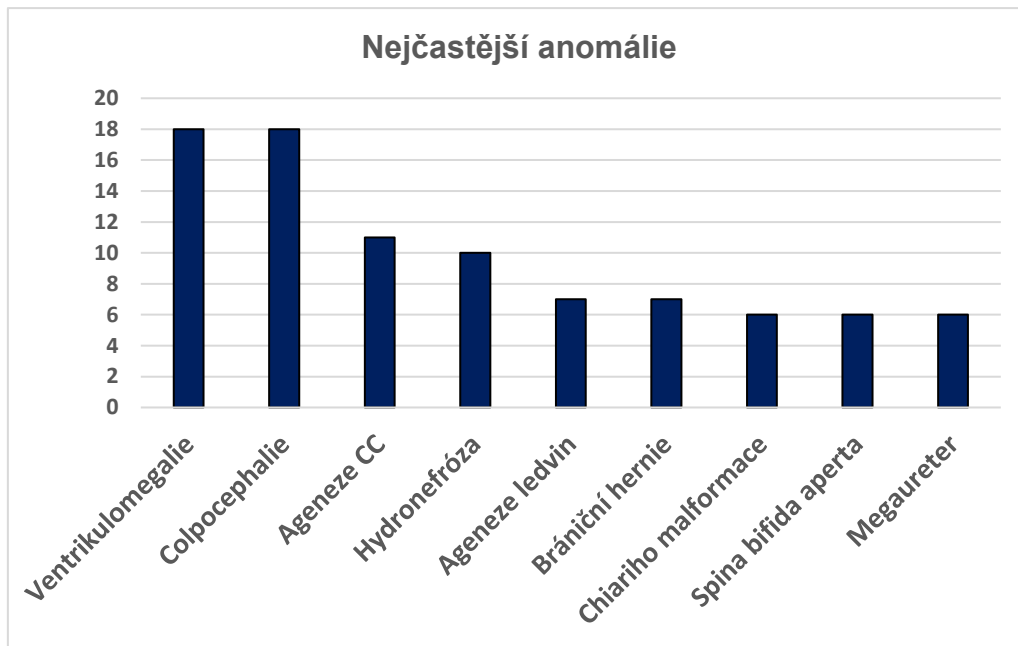
Tabulka 17 – přehled nálezů na skeletu

SKELET	celkem
Pes equinovarus	2
Hemivertebra	1
Normální nález	1
Neleze hodnotit	1
Celkem vyšetření	5

Z grafu níže lze vyčíst, že nejčastější anomálie plodu diagnostikované na MR, jsou anomálie v oblasti CNS, tvoří 47,1 % všech potvrzených nálezů. Další anomálie jsou z oblasti urotraktu, jenž byly diagnostikovány téměř ve čtvrtině všech nálezů. V 13,2 % šlo o anomálie hrudníku, v 10% o nálezy na GIT. V 2% šlo o anomálie skeletu.



Obrázek 8 – nejčastější anomálie zjištěné na MR dle jednotlivých vyšetřovaných oblastí



Obrázek 9 – Nejčastěji diagnostikované anomálie na MR plodu

5.2 Cíl 2.

Cíl 2.: Zjistit, zda vyšetření pomocí MR přináší jiné nebo rozšiřující výsledky při porovnání s předchozím ultrazvukovým vyšetřením.

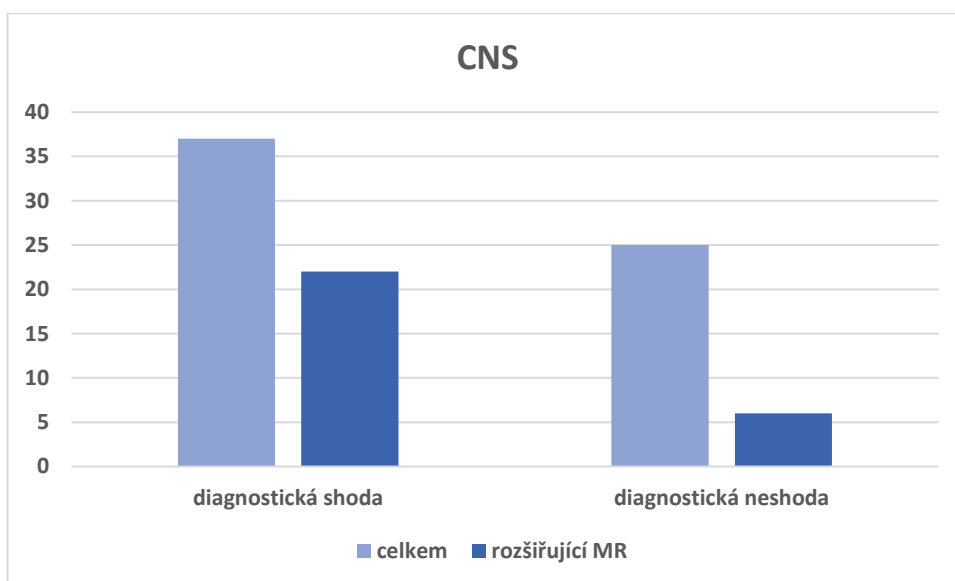
Za diagnostickou neshodu byly považovány ty výsledky, kdy na US bylo podezření na nějakou anomálii, která se na MR nepotvrdila (nález na MR byl normální), nebo pokud MR odhalila odlišnou diagnózu. Níže bude prezentována shoda nebo neshoda u jednotlivých vyšetřovaných oblastí.

Tabulka 18 – shoda/neshoda US a MR, rozšiřující MR nález

	shoda	Rozšiřující MR (u shody)	neshoda	Rozšiřující MR (u neshody)	Celkově rozšiřující MR nález
CNS	59,7 %	59,5 %	40,3 %	24 %	52,1 %
Hrudník	58,6 %	41,2 %	41,4 %	25 %	34,5 %
Urotrakt	88,5 %	39,1 %	11,5 %	66,7 %	48,3 %
GIT	66,7 %	55,6 %	33,3 %	22,2 %	46,4 %
Hlava	62,5 %	40 %	37,5 %	0 %	20 %
skelet	100 %	50 %	0 %	0 %	50 %

Z Tabulky 18, jenž je uvedena výše, můžeme vyčíst, že diagnostická shoda US a MR je u všech vyšetřovaných oblastí plodu více než 50%. Největší shodu lze pozorovat u vyšetření skeletu, tento výsledek je však nejspíš dán nízkým počtem vyšetření na tuto oblast. K rozšíření výsledků pomocí magnetické rezonance došlo nejčastěji a to v 52,1 % u anomálií CNS.

Celková diagnostická shoda US a MR je 66,7 %. Další nález byl pomocí MR celkově poskytnut v 45,6 %.

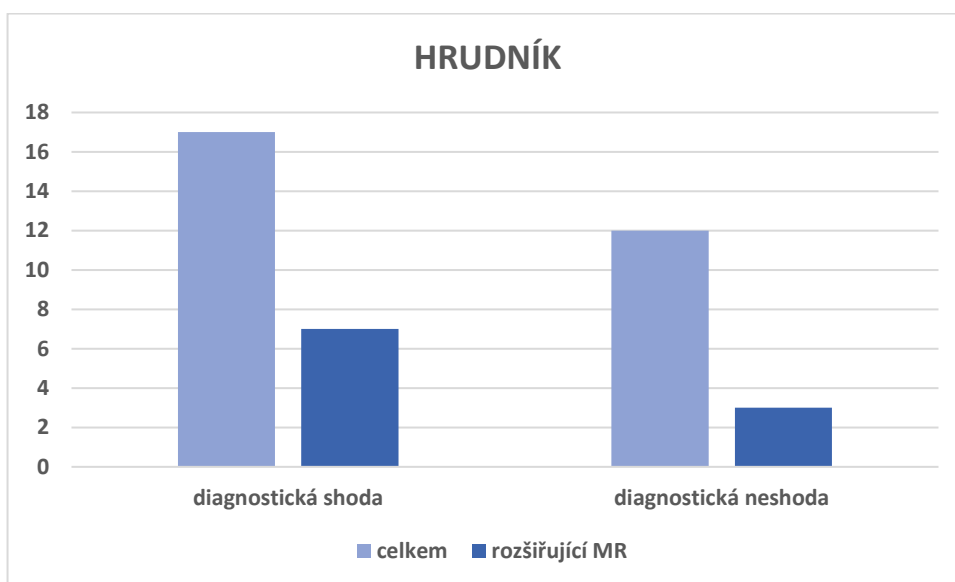


Obrázek 10 – diagnostická shoda/neshoda US a MR, rozšiřující MR nález, CNS

MR vyšetření na oblast CNS bylo prováděno u 73 plodů. Z toho v 11 případech nešlo korelaci posoudit, buď kvůli chybějícího US vyšetření (2 případy), nebo špatné viditelnosti na US. Korelace byla tedy zjišťována u 62 vyšetření. Diagnostická shoda byla potvrzena v 59,7 %, z toho v 59,5 % přinesla MR rozšiřující výsledky. U 25 případů (40,3 %), kdy byla zjištěna diagnostická neshoda, téměř ve čtvrtině MR odhalila ještě jiné abnormality. Rozšiřující výsledek na MR, nelze hodnotit u vyšetření, u nichž chybí ultrazvukový nález, při hodnocení CNS se jedná o 2 případy. Rozšiřující výsledek na MR šlo tedy hodnotit u 71 vyšetření na oblast CNS, ten byl nalezen v 37 případech, tedy v 52,1 %.

Nejčastější indikací k provedení fetální MR byla ve 21 případech dle US ventrikulomegalie, MR ji potvrdila v 18, to je v 85,7 %. Diagnóza ageneze CC byla

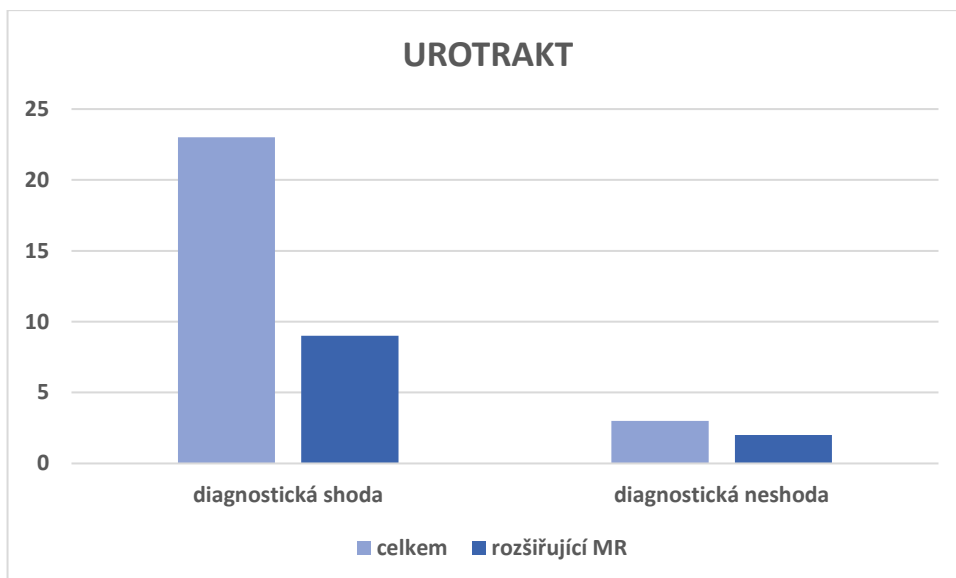
shodná v 11 z 18 případů (57,9 %). MR oproti US prokázala v 6 případech Chiariho malformaci. Megacisterna magna byla na MR diagnostikována u 4 z 5 podezření na US. MR a US výsledky byly shodné při Dandy-Walker malformaci a arachnoidálních cystách. Oproti US MR diagnostikovala nově meningokélu, meningomyelokélu, tethered cord či dysontogenické cysty.



Obrázek 11 – diagnostická shoda/neshoda US a MR, rozšiřující MR nález, hrudník

Oblast hrudníku byla vyšetřována u 33 plodů. Z toho ve 4 případech nešla korelace US a MR vyšetření hodnotit z důvodu chybějící diagnózy na ultrazvuku. Celkem byla tedy korelace hodnocena u 29 plodů, z toho v 58,6 % se jednalo o diagnostickou shodu. U diagnostické shody ještě v 41,2 % přinesla MR rozšiřující nálezy. Ve 12 případech se objevila diagnostická neshoda US a MR, z toho ve čtvrtině MR přinesla i další diagnostické informace. Celkově MR rozšířila nález v 10 z 29 případů, tedy v 34,5 %.

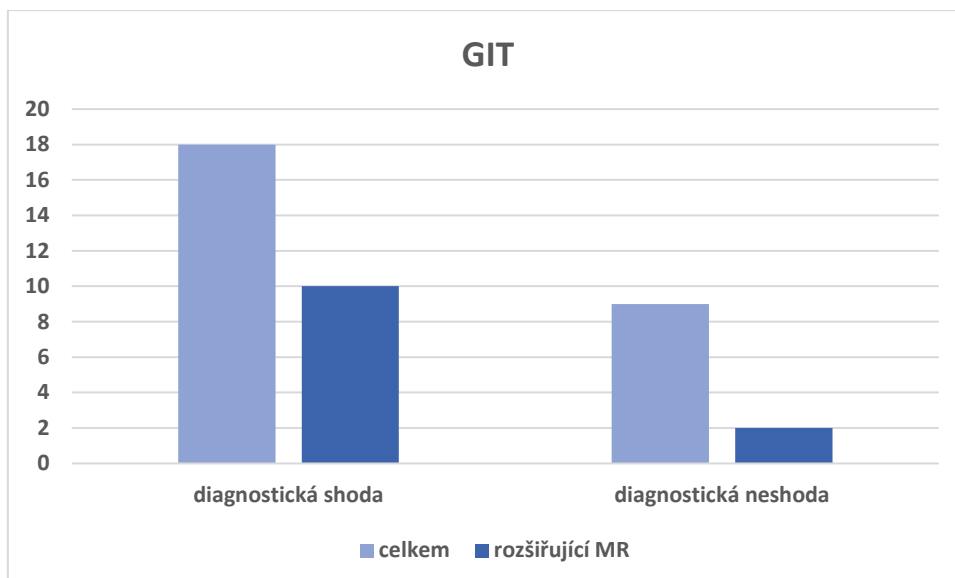
Nejčastější US indikací k fetální MR hrudníku plodu bylo podezření na CPAM a to v 11 případech, MR potvrdila CPAM v pěti případech. Brániční hernie se potvrdila u 7 z 8 případů diagnostikovaných na US. Diagnóza plicní sekvestrace byla shodná v 5 ze 7 případů. Hypoplasii plic MR diagnostikovala třikrát, zatímco US dvakrát. Shodně byl diagnostikován hydrothorax a lymfangiom.



Obrázek 12 – diagnostická shoda/neshoda US a MR, rozšiřující MR nález, urotrakt

Oblast urotraktu byla vyšetřována u 32 plodů. Z toho korelace US a MR vyšetření nešla hodnotit u 6 plodů, z důvodu chybějícího nálezu na US, nebo z důvodu anhydramnionu, kdy na US vyšetření byla špatná viditelnost. Z 26 hodnotitelných vyšetření, došlo v 88,5 % k diagnostické shodě US a MR. Z toho v 39,1 % poskytla MR další rozšiřující výsledky. Diagnostická neshoda nastala pouze u 3 vyšetření, z toho ve 2 magnetická rezonance zvýšila diagnostickou výtěžnost. Celkově MR rozšířila výsledky v oblasti urotraktu ve 14 z 29 vyšetření, tedy v 48,3 %.

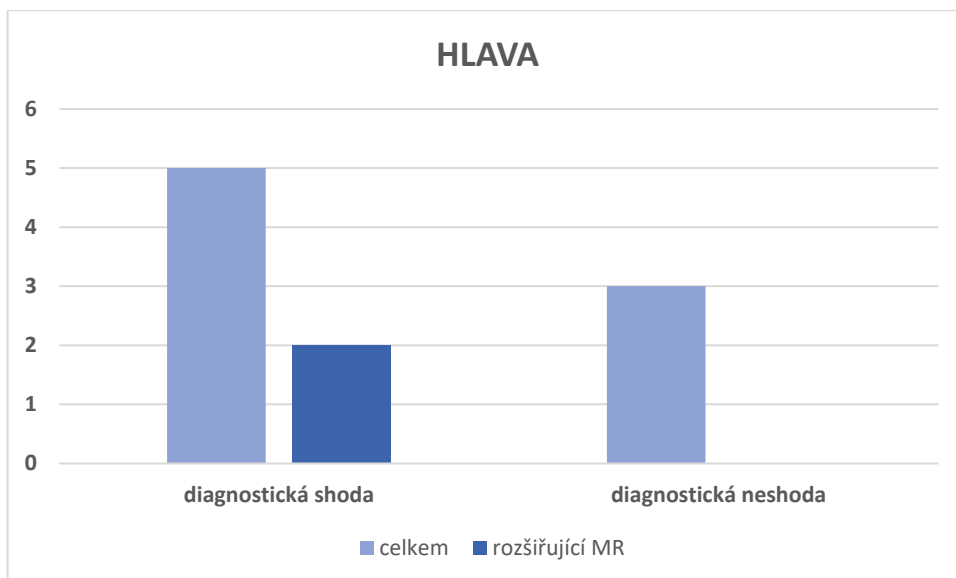
Nejčastější US indikací k fetální MR urotraktu plodu bylo v 6 případech podezření na agenezi ledvin, MR diagnostikovala o jeden případ více, tedy u 7 plodů. V 8 případech byly indikací cystická onemocnění ledvin, MR tato onemocnění diagnostikovala v 7 případech a ve většině případů určila konkrétní typ onemocnění. MR odhalila hydronefrózu v 10 případech, zatímco US v šesti. MR odhalila více případů zdvojeného dutého systému, dilatace močovodů a ektopické ledviny než US. Shodně byla diagnostikována chlopeč zadní uretry a ureterokéla.



Obrázek 13 – diagnostická shoda/neshoda US a MR, rozšiřující MR nález, GIT

Oblast gastrointestinálního traktu byla vyšetřována ve 32 případech. Diagnostickou shodu US a MR nešlo porovnat v pěti případech, ve 4 to bylo z důvodu chybějícího ultrazvuku a v 1 případě se u plodu vyskytl anhydramnion. Z 27 zbývajících případů nastala v 66,7 % diagnostická shoda US a MR. V 10 z 18 případů pak ještě magnetická rezonance rozšířila ultrazvukový nález. Diagnostická neshoda US a MR nastala u 9 vyšetření, u dvou případů MR poskytla ještě další nález. U anomálií GIT magnetická rezonance přinesla celkově rozšiřující výsledky u 13 z 28 plodů, to je v 46,4 %.

Nejčastější indikací v oblasti GIT bylo nezobrazení žaludeční bubliny na US. Na MR však byla agastrie potvrzena pouze v jednom případě. Shodně byl diagnostikován tumor v dutině břišní. Atrézii duodena MR odhalila o jeden případ více než US. MR navíc odhalila agenezi sleziny či cystickou lézi jater. Cystické útvary byly diagnostikovány shodně.



Obrázek 14 – diagnostická shoda/neshoda US a MR, rozšiřující MR nález, hlava a krk

Vyšetření zaměřené na obličejovou část hlavy a krk bylo provedeno u 11 plodů. Hodnocení korelace US a MR vyšetření mohlo být provedeno u 8 plodů, jelikož v jednom případě chyběl ultrazvukový nález a u 2 případů se plod na MR pohyboval, vyšetření bylo tedy nehodnotitelné. Zde převažovala diagnostická shoda, jenž se vyskytla u 5 z 8 (62,5 %) vyšetření a z toho v 40% MR poskytla další nález. Celkově MR poskytla rozšiřující výsledky ultrazvuku u pětiny vyšetření.

US a MR byly shodné v diagnostice rozštěpu rtu a patra či teratomu dutiny ústní. Rozštěp čelisti MR odhalila o jeden případ více. Dvakrát byl plod na MR vyšetřen z důvodu patologického profilu obličeje na US, MR však toto neprokázala. MR vyloučila rovněž mikrognatii. MR diagnostikovala o dva případy více fetálního tumoru (lymfangiom).

Nejméně vyšetření bylo zaměřených na skelet. Z pěti vyšetření nešlo hodnotit shodu US a MR v jednom případě, jelikož chyběl ultrazvukový nález. Ve zbývajících 4 případech byl ultrazvukový nález shodný s nálezem na magnetické rezonanci. Z toho v 50% ještě magnetická rezonance rozšířila diagnózu.

Pro vyjádření podílu rozšiřujícího výsledku pomocí MR byla použita konstrukce 95% intervalu spolehlivosti. Test byl dělán na hladině významnosti 0,001.

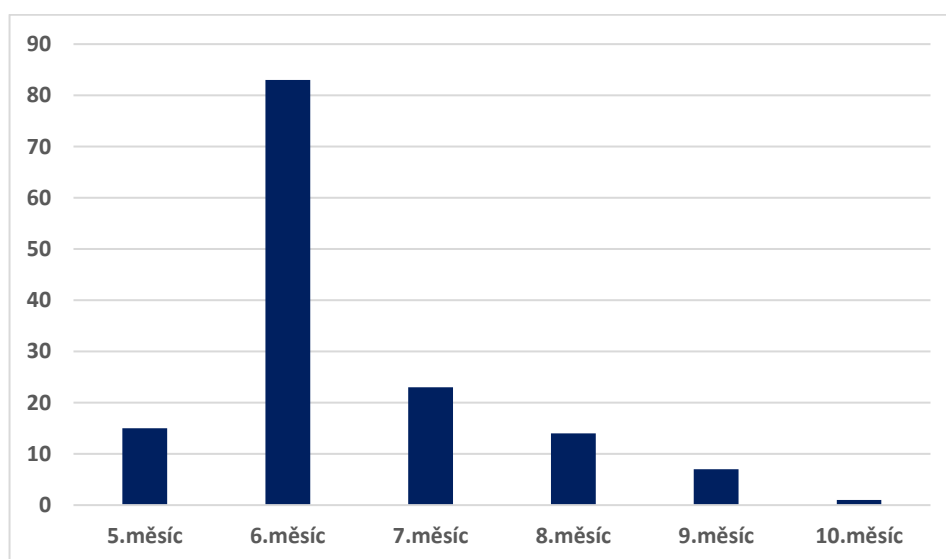
Tabulka 19 – podíl rozšiřujícího výsledku pomocí MR

	rozšiřující výsledek	podíl	95% spolehlivost		významnost
			dolní hranice	horní hranice	
CNS	52,10%	0,521	0,384	0,655	sgn p<0,001
hrudník	34,50%	0,345	0,227	0,463	sgn p<0,001
GIT	46,40%	0,464	0,34	0,588	sgn p<0,001
urotrakt	48,30%	0,483	0,356	0,61	sgn p<0,001
hlava	20,00%	0,2	/	/	/
skelet	50,00%	0,5	/	/	/

Interval znázorňuje skutečný podíl rozšiřujícího MR výsledku, který se nachází mezi dolní a horní hranicí s 95% pravděpodobností. Pro hlavu a skelet nebyl interval vypočítán pro nízké počty vyšetření. Podíl rozšiřujícího výsledku pomocí MR je statisticky významný.

5.3 Cíl 3.

Cíl 3.: Určit, v jakém gestačním stáří plodu jsou nejčastěji MR vyšetření prováděna.



Obrázek 15 – MR plodu dle lunárního měsíce

Z grafu výše lze zjistit, v kterém lunárním měsíci je MR plodu prováděna nejčastěji. Vyšetření se nejčastěji provádí v 6. lunárním měsíci, to je mezi 21. – 24. gestačním týdnem, v tomto období bylo vyšetřeno 83 plodů. V 7. lunárním měsíci, mezi 25. – 28. gestačním týdnem, se vyšetřilo na MR 23 plodů. V 5. měsíci (17. – 20. gestační týden) bylo provedeno 15 vyšetření. Podobně tomu bylo v 8. měsíci (29. – 32. gestační týden), kdy se vyšetřilo 14 plodů. V pozdějších stádiích těhotenství byl počet vyšetření již nižší. V 9. měsíci (33. – 36. gestační týden) podstoupilo vyšetření plodu 7 pacientek, v 10. měsíci pouze jedna.

Gestační věk plodu byl zjištěn u 143 ze 146 vyšetření. U třech vyšetření nebyla tato informace dohledatelná. Průměrný gestační věk plodu je 24,02 týdnů gestace. Modus, tedy gestační věk plodu, který se vyskytoval nejčastěji, je 23. týden. Nejmladší plod byl vyšetřován v 18. gestačním týdnu. Naopak nejstarší pak ve 39. týdnu gestace. V 78,3 % byly plody vyšetřovány magnetickou rezonancí v druhém trimestru těhotenství, tedy mezi 14. -27. gestačním týdnem.

Tabulka 20 – gestační stáří plodů u jednotlivých vyšetřovaných oblastí

gestační týden	průměr	modus	minimum	maximum	směrodatná odchylka
CNS	23,89	21	18	39	4,48
hrudník	22,94	22	20	28	2,09
GIT	25,34	22	21	33	3,75
urotrakt	23,81	21	19	33	4,16
hlava	23,14	21	20	31	3,85
skelet	25	28	22	28	2,83

Nejčastějším gestačním týdnem u vyšetřování CNS je 21. týden, u hrudníku a GIT 22. týden, u vyšetření urotraktu a obličejové části hlavy a krku je to 21. týden, u skeletu 28. týden.

5.4 Hypotéza

H₀: Podíl diagnostické shody US a MR je menší nebo rovný 50 %.

H_A: Podíl diagnostické shody US a MR je většinový.

Pro testování hypotézy, tedy diagnostické shody US a MR vyšetření byl použit Studentův t-test pro relativní hodnoty. V tabulce je u každé vyšetřované oblasti uveden pouze ten počet vyšetření, u kterých šla shoda US a MR hodnotit. Test byl dělán na hladině signifikance 0,05 a 0,001.

Tabulka 21 - testování hypotézy

	celkem vyšetření	Diagnostická shoda	Diagnostická neshoda	p	významnost
CNS	62	37	25	0,031	sgn p<0,05
hrudník	29	17	12	0,19	nsg
GIT	27	18	9	0,014	sgn p<0,05
urotrakt	26	23	3	0	sgn p<0,001
hlava	8	5	3	/	
skelet	4	4	0	/	

Pro CNS a GIT vyšel výsledek signifikantní, pro urotrakt je výsledek velmi vysoce signifikantní. Znamená to tedy, že diagnostická shoda je u těchto tří vyšetřovaných oblastí významně vyšší než neshoda. U hrudníku není rozdíl v četnostech shody a neshody. Pro hlavu a skelet test nejdou udělat pro příliš nízké počty vyšetření, ale z tabulky lze vyčíst, že shoda převažuje.

DISKUSE

Prvním z cílů práce bylo sumarizovat indikace k prenatálnímu vyšetření magnetickou rezonancí ve FNOL za období pěti let. Nejčastější indikace k provedení fetální MR jsou v 42,6 % anomálie CNS, v 20,3 % urotraktu, v 18,3 % hrudníku, v 10,7 % GIT, v menším procentu anomálie hlavy a krku či skeletu. Častou indikací je i přítomnost anhydramnionu či oligohydramnionu. To lze srovnat s daty průzkumu Kynčla a Prosové, kteří uvádějí data z KZM 2. LF UK a FN Motol, kde nejčastější indikace k fetální MR je opět oblast CNS, dále hrudníku, urogenitálního systému, obličeje, GIT a ostatní (Kynčl). Dílčím cílem bylo rozdělit MR vyšetření z hlediska vyšetřovaných oblastí a zjistit, které diagnózy se vyskytují nejčastěji. Většina dohledaných studií se zaměřuje právě na diagnózy zjištěné na MR plodu.

Nejčastější vyšetřovanou oblastí plodu je CNS. Slovenská studie, která probíhala od září 2015 do září 2019 a jenž byla založena na srovnání fetálního US a MR při hodnocení CNS analyzovala 222 vyšetření. Nejčastější anomálií popsanou na US byla v 65,3 % ventrikulomegalie, v 28,4 % se jednalo o agenezi CC. V 26,1 % byly indikací pro fetální MR anomálie zadní jámy lebeční, jako je Dandy-Walkerova malformace, megacistena magna, arachnoideální cysta, hypoplasie mozečku a vermise či Chiariho malformace. Nejčastější anomálií potvrzenou na prenatální MR na CNS v této slovenské studii byla ventrikulomegalie, vyskytla se v 64%. Následovala ageneze CC v 23%. V 28,8 % se vyskytly anomálie zadní jámy lebeční. Nejlepší shoda mezi ultrazvukem a MR byla pozorována u ventrikulomegalie, u ageneze CC došlo pouze k mírné shodě. Diagnostická neshoda se nejčastěji vyskytla u abnormalit kortikální formace, kdy na US byly popsány pouze 2 případy, zatímco na MR 24. 38,3 % vyšetřovaných plodů bylo starších méně než 24. týdnů (Jezberova, 2020, str. 367-369). Výsledky lze srovnat s výzkumem této DP, kde nejčastější CNS anomálií podezřelou na US byla v rovněž ventrikulomegalie či ageneze CC. Následovaly anomálie zadní jámy lebeční. Co se týče nejčastějších diagnóz na MR v oblasti CNS, jedná se rovněž o ventrikulomegalii, zjištěnou v 18 ze 73 vyšetření, ve stejném počtu se však vyskytla i colpocephalie. Dalším častým nálezem byla v 11 případech také ageneze CC. Dále se často stejně jako ve slovenské studii objevily anomálie zadní jámy lebeční (Chiariho malformace, spina bifida aperta,

hypoplasie mozečku, megacisterna magna, Dandy-Walker). Shoda mezi ultrazvukem a MR u ventrikulomegalie byla 85,7 %, u ACC 57,9 %. Průměrným gestačním týdnem při vyšetřování CNS je 23,89. týden a nejčastěji je to ve 21. týdnu, což je od slovenské studie mírně odlišné. Dle American College of Radiology (ACR) a Society for Pediatric Radiology (SPR) pak patří mezi běžné indikace pro zobrazování CNS na magnetické rezonanci ventrikulomegalie, ageneze corpus callosum, holoprosencefalie, anomálie zadní jámy lebeční, mozkové kortikální malformace, cévní malformace nebo infarkty (Masselli, 2020, str. 640). Výsledky průzkumu z roku 2014 dle ISUOG, ukázaly, že mezi nejčastější CNS indikace k provedení MR plodu patří anomálie zadní jámy lebeční, anomálie kalózního tělesa, mikrocefalie, ventrikulomegalie či defekty neurální trubice (Hynek, 2017, str. 2). Ve studii Raafata, jenž byla prováděna v období od listopadu 2019 do listopadu 2020 u 40 plodů s podezřením na anomálie CNS bylo diagnostikováno 12 případů arachnoidálních cyst, 6 případů Dandy-Walker malformace, 6 případů s ageneze CC, 2 případy holoprosencefalie, 2 případy hydrocefalu, 1 případ megacisterna magna 1 případ kraniofaryngiomu, 1 případ hydranencefalie, 1 případ extradurálního hematomu a 8 případů s Meckel-Gruberovým syndromem. Průměrné gestační stáří plodu bylo 27. týden (Raafat, 2021, str. 2). Tato studie se poměrně výrazně liší, nezmiňuje se například o nejčastější anomálii CNS ventrikulomegalii. Studie Katze z let 2009-2014, jenž byla zaměřena na MR diagnostiku souvisejících anomálií ventrikulomegalie, popisuje 74 případů. MR diagnostikovala další CNS anomálie v 58 případech, přičemž v 31 případech šlo o nálezy na komorách (nálezy 3. a 4. komory, stenóza akvaduktu, colpocefalie), v 25 o anomálie CC, v 14 o anomálie zadní jámy lebeční, v 14 o kortikální anomálie a ve 4 případech arachnoidální cysty (Katz, 2018, str. 1447). Nejméně často se ve studiích vyskytovaly hemoragie, aneuryzmatické malformace či vývojové poruchy kůry mozku. Lze však říct, že výsledky jednotlivých studií zabývajících se oblastí CNS se až na výjimky výrazně neliší.

Nejčastějším nálezem hrudníku na MR plodu v této diplomové práci je brániční hernie, která byla diagnostikována u 7 z 33 vyšetření hrudníku. V 5 případech se jednalo o plicní sekvestraci a u 3 plodů se objevila hypoplasie plic. Vrozená malformace dýchacích cest (CPAM) se vyskytla u 5 plodů. V jednom případě se

objevil hydrothorax nejasné etiologie a lymfangiom. Z 33 vyšetření hrudníku, byl v 33,3 % potvrzen na MR normální nález, 3 nálezy byly nejasné. Průměrný gestační týden při vyšetřování hrudníku plodu je 22,94. týden a nejčastěji je to ve 22. týdnu. Studie Radiologického oddělení v Cincinnati Children's Hospital Medical Center zkoumala v čtyřletém období anomálie dýchacích cest na MR plodu. Celkem studie obsahovala 52 plicních lézí, z toho ve 28 případech šlo o CPAM, v 9 o hyperinflaci plic, rovněž v 9 to byly hybridní léze, ve 4 plicní sekvestrace a ve dvou bronchogenní cisty. Průměrný gestační týden pro vyšetření anomálií hrudníku je v této studii 25. týden. (Pacharn, 2013, str. 1136-1137). Lze si všimnout, že výsledky jsou poměrně odlišné. Do americké studie však nebyla zařazena brániční hernie a nejčastěji a to v 53,8 % se vyskytuje CPAM.

Nejčastějším nálezem na urotraktu v této práci je hydronefróza, jenž byla popsána u 10 z 32 vyšetření. Dále se jedná o agenezi ledvin u 7 plodů, kdy ve 4 případech jde o agenezi oboustrannou. Šestkrát se objevila dilatace ureteru, pětkrát zdvojený dutý systém ledvin. Cystická onemocnění ledvin byla diagnostikována sedmkrát, z toho ve 4 případech se jednalo o MCDK a ve 3 o ARPKD. Chlopeč zadní uretry či ageneze močového měchýře se objevily pouze v 1 případě. Nejčastěji byla oblast urotraktu vyšetřována ve 21. týdnu gestace a průměrně to bylo ve 23,81. týdnu. Kul a kolektiv ve své studii z let 2007-2010 popisují 41 nálezů na urotraktu. Nejčastější diagnostikovaná anomálie byla ageneze ledvin a to v 10 případech. Následovala hydronefróza u 7 plodů. Ve 4 případech šlo o ektopii ledvin, také ve 4 o dysplázii ledvin a u 4 se objevilo cystické onemocnění ledvin. Třikrát byla diagnostikována chlopeč zadní uretry (Kul, 2012, str. 884). Gupta ve své studii, jenž zahrnuje 31 plodů se zaměřením na urotrakt, popisuje jako nejčastější anomálii na MR hydronefrózu (29%), následuje MCDK (22%), ve 2 případech ARPKD, rovněž ve 2 chlopeč zadní uretry, u 3 se vyskytla renální ageneze. V jednom případě šlo o megaveziku, podkovovitou a malrotovanou ledvinu (Gupta, 2020, str. 1). Výsledky se tedy výrazně neliší. Brazílská studie Fazecase z let 2010-2012 popisuje 42 plodů s průměrným gestačním stářím 28. týdnů. V 11 případech se jednalo o renální agenezi, z toho v 6 byla oboustranná, v 7 případech se jednalo o renální dysplazii, 5 plodů mělo chlopeč zadní uretry, u 5 plodů se vyskytla ektopická ledvina, u 4 zdvojený dutý

system ledvin, u 3 ARPKD, u 2 MCDK, 2 plody měli stenózu ureteropelvickeho spojení a 2 měli oboustrannou hydronefrózu (Fazecas, 2019, str. 88-89).

Oblast GIT v této práci byla vyšetřována u 32 plodů, z toho v 15 případech byl nález normální. U 10 plodů byl nález nejasného původu, nejčastěji se však jednalo o cysty dutiny břišní a ve dvou případech defekt břišní stěny – gastroschíza nebo omfalokéla. U zbylých vyšetření se ve dvou případech se jednalo o cystu jater a ve dvou o atrezii duodena. V jednom případě se pak vyskytla agastrie, motýlovitá játra, ageneze sleziny či lymfangiom. Za celkový nejčastější nález lze tedy považovat cysty. Průměrný gestační věk plodu při vyšetřování GIT je 25,34 týdnů a nejčastěji je to ve 22. týdnu. Studie Kula a kolektivu obsahuje 16 nálezů na GIT. V 43,8 % se jedná o defekty břišní stěny. Obstrukce střev se vyskytla u 5 plodů. V jednom případě byla diagnostikována atrezie jícnu, mezenterální cysta a břišní tumor (Kul, 2012, str. 884). Tyto studie se zaměřením na GIT se tedy poměrně liší.

Při hodnocení obličejové části hlavy a krku poskytla MR 8 nálezů. Nejčastěji a to v 37,5 % se jednalo o cystický lymfangiom krku. U dvou plodů byl diagnostikován rozštěp čelisti a patra a rovněž u dvou rozštěp rtu. V jednom případě se vyskytl teratom dutiny ústní. Nejčastější gestační stáří plodu byl 21. týden, průměrně 23,14 týdnů. Izraelská studie Zemeta a kolektivu, jenž sbírala data mezi lety 2011-2016 zahrnuje 45 vyšetření na MR. Nejčastěji a to ve 14 případech šlo o rozštěp rtu, v 11 pak o rozštěp patra, 4 případy s cervikofaciálními cystami nebo nádory (faryngeální teratom, lymfatická malformace ve tváři, makrocystická lymfatická malformace krku a astrocytom). Třikrát se vyskytly anomálie oka, dvakrát šlo o edém obličeje. Dalším nálezem této studie, celkem ve třech případech, byla mikrognatie (zmenšená dolní čelist) nebo retrognatie (abnormální postavení čelisti), dvakrát se vyskytly anomálie ucha (mikrocie). Průměrný gestační týden v době fetální MR uvádí 33. týden (Zemet, 2020, str. 144-146). V izraelské studii lze pozorovat větší rozsah diagnóz, obsahuje však také větší počet vyšetření. Průměrný gestační týden se poměrně výrazně liší.

Důležitým cílem této DP bylo zjistit, zda vyšetření pomocí MR přináší jiné nebo rozšiřující výsledky při porovnání s předchozím ultrazvukovým vyšetřením. Diagnostická shoda US a MR při vyšetření oblasti CNS v této práci byla 59,7 %. Rozšiřující výsledek na MR šlo hodnotit u 71 vyšetření na oblast CNS, ten byl nalezen

v 37 případech, tedy v 52,1 %. Studie Kula a kolektivu z let 2007-2010 uvádí, že v případě anomálií CNS přispělo MR zobrazování dalšími nálezy v 55,3 %. Změna US diagnózy pomocí MR nastala v 28% (Kul, 2012, str. 885). Raafat ve své studii, jenž obsahuje 40 vyšetření plodů s podezřením na anomálie CNS, uvádí diagnostickou shodu v 57,5 %, MR přispěla dalším nálezem v 27,5 % (Raafat, 2021, str. 3). Rozdílné výsledky jsou Paladiniho, jenž zkoumal 126 plodů na MR provedených v italské klinice, přičemž v 86,5 % byla pozorována shoda s předchozím US, další diagnostickou informaci poskytla MR pouze v 7,9 % (Paladini, 2014, str. 188).

Diagnostická shoda US a MR při hodnocení anomálií urotraktu v této práci je 88,5 %. MR rozšířila výsledky ve 14 z 29 vyšetření, tedy v 48,3 %. Oproti tomu studie Kula a kolektivu uvádí rozšiřující příspěvek MR v 31%. Diagnostickou shodu však uvádí pouze v 44% (Kul, 2012, str. 882). Shoda US a MR v této DP je tedy dvakrát vyšší. Švýcarská studie, která probíhala od roku 2000 do roku 2008 na Oddělení diagnostické a intervenční radiologie v Centru Hospitalier Universitaire Vaudois (CHUV) v Lausanne popisuje diagnostickou shodu US a MR plodu v 53,3 %. Prenatální MR odhalila v této švýcarské studii oproti ultrazvuku další informace v 60% (Alamo, 2010, str. 258-261). Gupta ve své studii uvádí, že MR rozšířila nález na urotraktu v 35% případů (Gupta, 2020, str. 1). Studie Bazeeda z let 2008-2012, jenž obsahovala 90 plodů, uvádí shodu US a MR v 87,8 % (Bazeed, 2013, str. 391).

Diagnostická shoda US a MR u anomálií hrudníku v této práci nastala v 58,6 %, MR rozšířila ultrazvukový nález v 34,5 %. Studie Levine a kolektivu hodnotila 74 plodů s anomáliemi v oblasti a zjistila, že MR poskytla další informace v 38% případů ve srovnání s ultrazvukem (Bahado-Singh, 2013, str. 337).

Shoda US a MR v oblasti GIT nastala v 66,7 %. Rozšiřující informaci MR poskytla v 46,4 %. Studie Kula a kolektivu z let 2007-2010, jenž obsahuje 16 vyšetření, uvádí, že míra příspěvku MR zobrazování v oblasti GIT je 37,5%. Studie popisuje v 19% diagnostickou neshodu mezi US a MR (Kul, 2012, str. 885). Rozdílná je studie Manganara, jenž ve své prospektivní studii z let 2010-2012 popisuje 38 vyšetření GIT plodu. V 23,7 % MR potvrdila US nález a v 60,6 % poskytla další informace (Manganaro, 2015, str. 393).

Shodu US a MR při diagnostice anomálií obličejové části hlavy a krku tato práce popisuje u 5 z 8 vyšetření, tedy v 62,5 %. MR poskytla rozšiřující nález v 20%.

Studie Zemeta, jenž je zaměřená také na kraniofaciální anomálie plodu popisuje shodu u 54,8 % anomálií (Zemet, 2020, str. 142). Tato izraelská studie však obsahuje větší počet nálezů.

Nejméně vyšetření bylo zaměřených na skelet. Shodu US a MR šlo hodnotit pouze ve 4 případech a ve všech byl nález shodný s MR. Z toho v 50% ještě magnetická rezonance rozšířila diagnózu. Studie Kula a kolektivu z let 2007-2010 obsahuje 12 skeletálních nálezů, z toho MR změnila diagnózu pouze v 1 případě.

Míry příspěvku magnetické rezonance v této práci byly 52,1 % pro CNS, 34,5 % pro hrudník, 48,3 % pro urotrakt, 46,4 % pro GIT, 20 % pro obličejovou část hlavy a 50% pro skelet. Ze všech nálezů, přinesla celkově MR rozšiřující nález v 47,02 %. Procenta se mírně liší oproti studii Kula a kolektivu, který uvádí míry příspěvku 55 % pro CNS, 44 % pro hrudník, 38 % pro gastrointestinální systém a 29 % pro urogenitální systém. U anomálií obličeje a kosterního systému nedošlo v jejich studii k významnému přínosu při zobrazování MR (Kul, 2012, str. 882).

Průměrný gestační věk plodu pro všechny vyšetřované oblasti je v této diplomové práci 24,02 týdnů. Studie Kula a kolektivu, která je rovněž zaměřená celý plod, uvádí, že průměrný gestační věk plodů byl 24,8 týdnů (Kul, 2012, str. 883). Výsledky jsou tedy srovnatelné.

Limitace výzkumu

Určitou limitací výzkumu při hodnocení shody nebo neshody US a MR, bylo to, že u některých vyšetření se nepodařilo při sběru dat dohledat předchozí ultrazvukové vyšetření. Jednalo se o US vyšetření provedená mimo pracoviště FNOL a tudíž korelace mezi MR a US, tak nemohla být hodnocena. Další limitací bylo i to, pokud se při US vyšetření plodu vyskytoval oligohydramnion nebo anhydramnion, v těchto případech nešlo plod na US hodnotit, nebyla tedy stanovena diagnóza a tak nebylo možné hodnotit ani shodu. Limitací je i malý počet vyšetření u některých anomálií, zejména tedy obličejové části hlavy a skeletu.

Návrhem pro další zkoumání tohoto tématu může být porovnání US a MR vyšetření s výslednou postnatální diagnózou a také to, zda dodatečné informace poskytované zobrazováním MR mění management léčby nebo poradenství. Jelikož tato DP se zaměřuje na všechny orgánové systémy plodu, nejsou jednotlivé systémy

zkoumány dopodrobna, návrhem dalšího zkoumání je tedy i zaměření se na každou vyšetřovanou oblast zvlášť.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce je sumarizovat nejčastější indikace k prenatální MR, zjistit, které diagnózy se na MR vyskytují nejčastěji a zda MR přináší jiné nebo rozšiřující informace oproti ultrazvuku. Mezi nejčastější indikace k provedení MR plodu v této práci patří anomálie CNS (42,6 %), urotraktu (20,3 %), hrudníku (18,3 %) či GIT (10,7 %). MR je indikována i k objasnění nejasného US nálezu, z důvodu vyskytujícího se oligohydramnionu nebo anhydramnionu u plodu či z důvodu VVV dítěte v předchozí graviditě. Nejčastější anomálie CNS diagnostikované pomocí MR jsou ventrikulomegalie, colpocefalie, ACC či anomálie zadní jámy lebeční (Chiariho malformace, Dandy-Walker). Z anomálií urotraktu to je hydronefróza, ageneze ledvin, megaureter, zdvojený dutý systém ledvin či cystická onemocnění ledvin (MCDK, ARPKD). Nejčastější anomálií hrudníku je brániční hernie, plicní sekvestrace či CPAM. V případě GIT se nejčastěji jednalo o cystické léze, ve většině případů nejasné etiologie. Mezi nejčastější nález v oblasti obličejové části hlavy a krku patří cystický lymfangiom krku.

Nejčastěji byla vyšetření prováděna ve 23. týdnu gestace, což odpovídá tomu, že těžiště využití MR plodu je po 22. týdnu.

Ačkoliv je MR cenným doplňkem při zobrazování plodu, standardní zobrazovací metodou je ultrazvuk a nemělo by být jeho využití podceňováno. Diagnostická shoda US a MR byla u všech vyšetřovaných oblastí plodu více než 50%, pohybovala v rozmezí 58,6 -100%. U vyšetření CNS, urotraktu a GIT je podíl diagnostické shody US a MR signifikantní, shoda tedy převažuje. U vyšetření urotraktu byla tato shoda velmi vysoce signifikantní ($p = 0$).

Závěrem lze říci, že MR je užitečnou doplňující zobrazovací metodou ultrazvuku při zobrazování plodu. Její příspěvek k ultrazvuku v této práci je 20-52,1%, přičemž nejvyšší je u zobrazování CNS plodu. U všech vyšetřovaných oblastí plodu je podíl rozšiřujícího výsledku statisticky významný ($p < 0,001$).

V praxi je tedy indikace MR k zobrazení plodu výhodná, jelikož poskytuje rozšiřující výsledek ultrazvuku nebo mění diagnózu, ale i z toho důvodu, že nebyly prokázány žádné negativní účinky na plod, co s týče bezpečnosti zobrazování pomocí MR.

REFERENČNÍ SEZNAM

1. ADAMS, Niamh C., Teresa VICTORIA, Edward R. OLIVER, Julie S. MOLDENHAUER, N. Scott ADZICK a Gabrielle C. COLLERAN. Fetal ultrasound and magnetic resonance imaging: a primer on how to interpret prenatal lung lesions. *Pediatric Radiology* [online]. 2020, 50(13), 1839–1854 [cit. 2021-02-13]. ISSN 1432-1998. Dostupné z: doi:10.1007/s00247-020-04806-x
2. ALAMO, Leonor, Tarek LASWAD, Pierre SCHNYDER, Reto MEULI, Yvan VIAL, Maria-chiara OSTERHELD a Francois GUDINCHET. Fetal MRI as complement to US in the diagnosis and characterization of anomalies of the genito-urinary tract. *European Journal of Radiology* [online]. 2010, 76(2), 258-264 [cit. 2021-04-04]. ISSN 0720048X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejrad.2009.06.030
3. BAHADO-SINGH, Ray O. a Luis F. GONCALVES. Techniques, terminology, and indications for MRI in pregnancy. *Seminars in Perinatology* [online]. 2013, 37(5), 334–339 [cit. 2020-11-08]. ISSN 0146-0005. Dostupné z: doi:10.1053/j.semperi.2013.06.010
4. BAZEED, Mohamed Fayez, Magdy Ahmed AL-DUMAIRY, Mohammad Ahmed MAHER a Mona Abd El-Fatah GHANEM. MRI as complementary tool added to ultrasound in the diagnosis of fetal renal abnormalities – any added value? *Egyptian Journal of Radiology* [online]. 2013, 44 (2), 391-396 [cit. 2021-04-22]. ISSN 0378603X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejrn.2013.02.008
5. BEHRAM, Mustafa, Salim SEZER, Yasemin DOGAN, Alper GEZDIRICI, Ali GEDIKBAFLI a Züat ACAR. Does fetal MR alter the management of pregnancy in the diagnosis of isolated corpus callosum agenesis? *Perinatal Journal* [online]. 2020, 28(2), 113–119 [cit. 2020-11-05]. ISSN 1300-5251. Dostupné z: doi:10.2399/pm.20.0282015
6. BIHARIOVÁ, K., D. KOBIDOVÁ, T. BIELIK a P. MOLITORIS. Cystická adenomatoidná malformácia plodu. *Česká gynekologie* [online]. 2017, 82(6), 474–477 [cit. 2021-02-08]. ISSN 1805-4455. Dostupné také z: <https://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=4e5935b0-4d00-4475-a471-9392fa6c14e1%40pdc-v-sessmgr04>

7. BULAS, Dorothy a Alexia EGLOFF. Benefits and risks of MRI in pregnancy. *Seminars in Perinatology* [online]. 2013, 37(5), 301-304 [cit. 2021-02-19]. ISSN 01460005. Dostupné z: doi:10.1053/j .semperi.2013.06.005
8. COLEY, Brian D. *Caffey's pediatric diagnostic imaging*. 13.vyd. Philadelphia: Elsevier, 2019. 1479 s. ISBN 978-0 -323-49748-0
9. CRUZ-MARTÍNEZ, Rogelio a Ricardo ORDORICA-FLORES. Bronchopulmonary Sequestration. Prenatal diagnosis, prognostic factors and treatment by fetal surgery. *Ginecología y Obstetricia de Mexico* [online]. 2019, 87(2), 116-124 [cit. 2021-02-13]. ISSN 03009041. Dostupné z: doi:10.24245/gom.v87i2.2691
10. ENDALIFER, Melese Linger a Gedefaw DIRESS. Epidemiology and determinant factors of neural tube defect: Narrative review. *Surgical Neurology International* [online]. 2020, 11(81), 1 [cit. 2020-10-21]. ISSN 2229-5097. Dostupné z: doi:10.25259/SNI_84_2020
11. FAZECAS, Tatiana Mendonça, Edward ARAUJO JÚNIOR, Heron WERNER, Pedro DALTRO, Alberto Borges PEIXOTO, Glauca Macedo LIMA a Aduino Dutra BARBOSA. Applicability of Magnetic Resonance Imaging in the Assessment of Fetal Urinary Tract Malformations. *Canadian Association of Radiologists Journal* [online]. 2019, 70(1), 83-95 [cit. 2021-04-12]. ISSN 08465371. Dostupné z: doi:10.1016/j .carj.2018.10.006
12. FLÖGELOVÁ, Hana, Lenka BAKAJ-ZBROŽKOVÁ a Zuzana SEIFRIEDOVÁ. Nová „UTD klasifikace“ hydronefrózy a srovnání s klasifikací dle SFU. *Pediatric pro Praxi* [online]. 2020, 21(3), 168-172 [cit. 2021-04-19]. ISSN 12130494. Dostupné z: <https://www.pediatricpropraxi.cz/pdfs/ped/2020/03/06.pdf>
13. FRÍSOVÁ, Veronika. Klinické využití a význam magnetické rezonance v prenatální diagnostice. *Moderní babictví* [online]. 2010, 19(3), 1 -11 [cit. 2020-10-28]. ISSN 1210-1133. Dostupné z: <https://www.levret.cz/publikace/casopisy/mb/2010-19/?pdf=101>
14. GÓMEZ HUERTAS, M., M. CULIAÑEZ CASAS, F.S. MOLINA GARCÍA, M.P. CARRILLO BADILLO a E. PASTOR PONS. Complementary role of magnetic resonance imaging in the study of the fetal urinary system. *Radiología (English Edition)* [online]. 2016, 58(2), 101-110 [cit. 2021-04-04]. ISSN 21735107. Dostupné z: doi:10.1016/j .rxeng.2016.03.005

15. GUNDERMAN, Peter F.R., Lindsey A .G . SHEA, Brian W . GRAY a Brandon P . BROWN. Fetal MRI in management of complicated meconium ileus:Prenatal and surgical imaging. *Prenatal Diagnosis* [online]. 2018, 38(9), 685–691 [cit. 2021-01-16]. Dostupné z: doi:10.1002/pd.5296
16. GUPTA, Saryu, Jaswinder Kaur MOHI, Puneet GAMBHIR a Manjit Kaur MOHI. Prenatal diagnosis of congenital anomalies of genito-urinary system on fetal magnetic resonance imaging. *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine* [online]. 2020, 51(1), 1–10 [cit. 2021-02-18]. ISSN 20904762. Dostupné z: doi:10.1186/s43055-020-00278-z
17. GURKOVÁ, Elena. *Praktický úvod do metodologie výzkumu v ošetrovateľství*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2019. 96 s. ISBN 978-80-244-5627-0
18. HOCHART, V., P. VERPILLAT, C. LANGLOIS, C. GARABEDIAN, J. BIGOT, V. HOUFFLIN DEBARGE, R. SFEIR a F.E . AVNI. The contribution of fetal MR imaging to the assessment of oesophageal atresia. *European Radiology* [online]. 2015, 306–314 [cit. 2021-01-22]. Dostupné z: doi:10.1007/s00330-014-3444-y
19. HYNEK, Martin. Doporučení pro praxi vydané Mezinárodní společností pro ultrazvuk v porodnictví a gynekologii (ISUOG): Vyšetření magnetickou rezonancí u plodu. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology* [online]. 2017, 1 -11 [cit. 2020-10-8]. Dostupné z: <https://www.isuog.org/uploads/assets/uploaded/264701ba-3fc2-433d-83d2d26e195f9b53.pdf>
20. CHALOUHI, Gihad E., Anne-Élodie MILLISCHER, Houman MAHALLATI, et al. The use of fetal MRI for renal and urogenital tract anomalies. *Prenatal Diagnosis* [online]. 2019, 40(1), 100–109 [cit. 2021-01-28]. ISSN 1097-0223. Dostupné z: doi:10.1002/pd.5610
21. JEZBEROVA, Michaela, Zuzana KOSUTZKA, Iveta WACZULIKOVA, Miriam KOLNIKOVA, Anton CUNDERLIK a Viera LEHOTSKA. Agreement between prenatal ultrasound and 3.0T magnetic resonance imaging in the assessment of anomalies of the central nervous system: A single-center experience in Slovakia. *INTERNATIONAL JOURNAL OF GYNECOLOGY* [online]. 2020, 365-373 [cit. 2021-04-07]. ISSN 00207292. Dostupné z: doi:10.1002/ijgo.13388
22. JI, Hui a Su-Zhen DONG. Magnetic resonance imaging for evaluation of foetal multicystic dysplastic kidney. *European Journal of Radiology* [online]. 2018, 108, 128-132 [cit. 2021-01-28]. ISSN 0720-048X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejrad.2018.09.025

23. JUNG, J., G. H. SEO, Y. M. KIM, et al. Fatal outcome of autosomal recessive polycystic kidney disease in neonates with recessive PKHD1 mutations. *Medicine* [online]. 2020, 99(19), e20113 [cit. 2021-02-15]. ISSN 15365964. Dostupné z: doi:10.1097/MD.00000000000020113
24. KATZ, J.A., V.Y. CHOCK, A.S. DAVIS, et al. Utility of prenatal MRI in the evaluation and management of fetal ventriculomegaly. *Journal of Perinatology* [online]. 2018, 38(11), 1444 - 1452 [cit. 2021-04-12]. ISSN 14765543. Dostupné z: doi:10.1038/s41372-018-0208-6
25. KUL, S., H. A. KORKMAZ, A. CANSU, H. DINC, A. AHMETOGLU, S. GUVEN a M. IMAMOGLU. Contribution of MRI to ultrasound in the diagnosis of fetal anomalies. *Journal of magnetic resonance imaging: JMRI* [online]. 2012, 35(4), 882-90 [cit. 2021-04-08]. ISSN 15222586. Dostupné z: doi:10.1002/jmri.23502
26. KUTNOHORSKÁ, Jana. *Výzkum v ošetrovatelství*. Praha: Grada, 2009. 176 s. ISBN 978-80-247-6654-6
27. KYNČL, Martin a Blanka PROSOVÁ. *Magnetická rezonance plodu* [online]. In: KZM FN a 2. LF UK v Motole [cit. 2021-1 -10]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/10191083-Magneticka-rezonance-plodu-blanka-prosova-martin-kyncl-kzm-fn-a -2 -lf-uk-v -motole.html>
28. LYONS, Karen, Christopher CASSADY, Amy MEHOLLIN-RAY a Rajesh KRISHNAMURTHY. Current Role of Fetal Magnetic Resonance Imaging in Body Anomalies. *Seminars in Ultrasound, CT, and MRI* [online]. 2015, 36(4), 310-323 [cit. 2021-04-04]. ISSN 08872171. Dostupné z: doi:10.1053/j .sult.2015.05.013
29. MANGANARO, Lucia, Amanda ANTONELLI, Silvia BERNARDO, et al. Highlights on MRI of the fetal body. *La Radiologia medica* [online]. 2018, 123(4), 271–285 [cit. 2021-01-16]. ISSN 00338362. Dostupné z: doi:10.1007/s11547-017-0834-7
30. MANGANARO, Lucia, Matteo SALDARI, Silvia BERNARDO, et al. Role of magnetic resonance imaging in the prenatal diagnosis of gastrointestinal fetal anomalies. *Radiologia Medica* [online]. 2015, 120(4), 393–403 [cit. 2021-01-16]. ISSN 00338362. Dostupné z: doi:10.1007/s11547-014-0464-2
31. MARINE, Megan B. a Monica M. FORBES-AMRHEIN. Magnetic resonance imaging of the fetal gastrointestinal system. *PEDIATRIC RADIOLOGY* [online]. 2020, 50(13), 1895-1906 [cit. 2021-04-11]. ISSN 03010449. Dostupné z: doi:10.1007/s00247-020-04677-2

32. MARTIN, César, Anna DARNELL, Conxita ESCOFET, Carmina DURAN a Víctor PÉREZ. Fetal MR in the evaluation of pulmonary and digestive system pathology. *Insights into Imaging* [online]. 2012, 3 (3), 277-293 [cit. 2021-04-11]. ISSN 18694101. Dostupné z: doi:10.1007/s13244-012-0155-2
33. MASSELLI, G., M. R. Vaccaro NOTTE, A. ZACHARZEWSKA-GONDEK, F. LAGHI, L. MANGANARO a R. BRUNELLI. Fetal MRI of CNS abnormalities. *CLINICAL RADIOLOGY* [online]. 2020, 75(8), 640.e1-640.e11 [cit. 2021-04-05]. ISSN 00099260. Dostupné z: doi:10.1016/j .crad.2020.03.035
34. MASSELLI, Gabriele. *MRI of Fetal and Maternal Diseases in Pregnancy*. Switzerland: Springer, 2016. 508 s. ISBN 978-3 -319-21428-3
35. MECHL, Marek, Jan ŽIŽKA, Jaroslav TINTĚRA, Josef VYMAZAL a Ľudovít KLZO. Kontraindikace a rizika vyšetření magnetickou rezonancí. *Česká radiologie* [online]. 2010, 64(1), 69-75 [cit. 2020-10-14]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: <http://www.crs.cz/media/File/pdf/RizikaaKlvysetrovaniMR.pdf>
36. MEYERS, Mariana L., Amy L. TREECE, Brandon P. BROWN a Vijaya M. VEMULAKONDA. Imaging of fetal cystic kidney disease: multicystic dysplastic kidney versus renal cystic dysplasia. *Pediatric Radiology* [online]. 2020, 50(13), 1921-1933 [cit. 2021-02-14]. ISSN 03010449. Dostupné z: doi:10.1007/s00247-020-04755-5
37. MIHÁL, Vladimír, Vladimír MIŠUTH, Tomáš MALÝ, Petr POLÁK, Jiří HYJÁNEK a Kamila MICHÁLKOVÁ. Časná diagnóza duodenální atrezie: prenatální ultrazvukový důkaz. *Pediatric pro praxi* [online]. 2016, 17(5), 326–329 [cit. 2021-01-24]. ISSN 12130494. Dostupné z: <https://www.pediatricpropraxi.cz/pdfs/ped/2016/05/12.pdf>
38. NEUWIRTH, Jiří a Pavel ELIÁŠ. *Kompendium diagnostického zobrazování dětí, adolescentů, plodů a matek*. Praha: NEUW, 2014. 929 s. ISBN 978-80-903322-7 -7
39. PACHARN, P., B. KLINE-FATH, M. CALVO-GARCIA, L.E. LINAM, E.I. RUBIO, A .S . BRODY a S. SALISBURY. Congenital lung lesions: Prenatal MRI and postnatal findings. *Pediatric Radiology* [online]. 2013, 43(9), 1136 - 1143 [cit. 2021-04-08]. ISSN 03010449. Dostupné z: doi:10.1007/s00247-013-2668-3
40. PALADINI, D., G. SGLAVO, G. PASTORE, A. CAVALLARO, M. QUARANTELLI, M. SALVATORE, M.R. D'ARMIENTO a C. NAPPI. Accuracy of neurosonography and MRI in clinical management of fetuses referred with central nervous system abnormalities. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology* [online].

2014, 44(2), 188 - 196 [cit. 2021-04-17]. ISSN 14690705. Dostupné z: doi:10.1002/uog.13243

41. POLÁK, Petr, Jaroslav LOUCKÝ a Viktor TOMEK. *Prenatální diagnostika vrozených vývojových vad*. Praha: Maxdorf, 2017. 288 s. ISBN 978-80-7345-499-9

42. PRAYER, D., G. MALINGER, P.C. BRUGGER, et al. ISUOG Practice Guidelines: performance of fetal magnetic resonance imaging. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology* [online]. 2017, 49(5), 671 - 680 [cit. 2021-4 -8]. ISSN 14690705. Dostupné z: doi:10.1002/uog.17412

43. PROSOVÁ, Blanka, Martin KYNČL a Jan ŠANDA. Fetální magnetická rezonance a její využití v prenatální diagnostice. *Neonatologické listy* [online]. 2017, 23(2), 12-14. ISSN 1211-1600. Dostupné z: <http://www.neonatology.cz/upload/www.neonatology.cz/Neolisty/neolisty20172.pdf>

44. PUGASH, Denise, Peter C. BRUGGER, Dieter BETTELHEIM a Daniela PRAYER. Prenatal ultrasound and fetal MRI: The comparative value of each modality in prenatal diagnosis. *European Journal of Radiology* [online]. 2008, 68(2), 214-226 [cit. 2021-04-04]. ISSN 0720048X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejrad.2008.06.031

45. RAAFAT, Mariam, Mahmoud ALALFY, Omar NAGY a Samira SARAYA. Fetal brain MRI: how it added to ultrasound diagnosis of fetal CNS anomalies-1 year experience. *Egyptian Journal of Radiology* [online]. 2021, 52(1), 1 -7 [cit. 2021-04-17]. ISSN 0378603X. Dostupné z: doi:10.1186/s43055-021-00465-6

46. RADHOUANE, Achour a Neji KHALED. Corpus callosum agenesis: Role of fetal magnetic resonance imaging. *Asian Pacific Journal of Reproduction* [online]. 2016, 5 (3), 263-265 [cit. 2020-11-05]. ISSN 2305-0500. Dostupné z: doi: 10.1016/j.apjr.2016.03.004

47. Radiologická klinika - členění kliniky. In: *Fakultní nemocnice Olomouc* [online]. [cit. 2021-3 -26]. Dostupné z: <https://www.fnol.cz/kliniky-ustavy-oddeleni/radiologicka-klinika/cleneni-kliniky>

48. REITEROVÁ, Eva. *Statistika pro nelékařské zdravotnické obory*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2016. 103 s. ISBN 978-80-244-5082-7

49. ROHAN, T. a M. POLÁČKOVÁ. Zobrazovací metody v těhotenství - indikace a kontraindikace a použití kontrastních látek. *General Practitioner / Praktický Lekar* [online]. 2018, 98(4), 166-169 [cit. 2021-04-12]. ISSN 00326739

50. SILEO, G., G. RIZZO, M. CAULO, et al. Role of prenatal magnetic resonance imaging in fetuses with isolated agenesis of corpus callosum in the era of fetal

neurosonography: A systematic review and meta-analysis. *Acta obstetricia et gynecologica Scandinavica* [online]. 2021, 100(1), 7 -16 [cit. 2021-03-28]. ISSN 16000412. Dostupné z: doi:10.1111/aogs.13958

51. STORY, Lisa a Mary RUTHERFORD. Advances and applications in fetal magnetic resonance imaging. *Obstetrician* [online]. 2015, 17(3), 189-199 [cit. 2021-04-02]. ISSN 14672561. Dostupné z: doi:10.1111/tog.12203

52. TEE, Lawrence MF, Elaine YL KAN, Joey CY CHEUNG a WC LEUNG. Magnetic resonance imaging of the fetal brain. *Hong Kong Medical Journal* [online]. 2016(22), 270-278 [cit. 2020-10-8]. Dostupné z: doi:10.12809/hkmj154678

53. VIPOTNIK VESNAVER, Tina. A PEEK INTO THE UTERUS - MRI OF THE FETAL CNS. *Pedijatrija Danas: Pediatrics Today* [online]. 2016, 12(1), 3 -15 [cit. 2021-04-02]. ISSN 18400914. Dostupné z: doi:10.5457/p2005-114.131

54. VOMÁČKA, Jaroslav. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 2.vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. 157 s. ISBN 978-80-244-4508-3

55. WANG, J., Q. ZHOU, Z. FU, X . XIAO, Y . LU, G . ZHANG a H . ZHANG. MRI evaluation of fetal tethered-cord syndrome: correlation with ultrasound findings and clinical follow-up after birth. *Clinical Radiology* [online]. 2021, 76(4), 314-314 [cit. 2021-04-11]. ISSN 00099260. Dostupné z: doi:10.1016/j .crad.2020.12.010

56. XU, Ganqiong, Jiawei ZHOU, Shi ZENG, et al. Prenatal diagnosis of fetal intraabdominal extralobar pulmonary sequestration: a 12-year 3 -center experience in China. *Scientific Reports* [online]. 2019, 9 (1), 1 -9 [cit. 2021-02-13]. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-018-37268-1

57. YUSUPOV, K., M. IBATULLIN a L. MAIKOVA. Fetal intracranial ultrasound versus or with MRI – benefits, limitations and outcome. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology* [online]. 2016, 48(1), 273-274 [cit. 2020-10-16]. ISSN 09607692 Dostupné z: doi: 10.1002/uog.16814

58. ZEMET, Roni, Inna AMDUR-ZILBERFARB, Moran SHAPIRA, Tomer ZIV-BARAN, Chen HOFFMANN, Eran KASSIF a Eldad KATORZA. Prenatal diagnosis of congenital head, face, and neck malformations-Is complementary fetal MRI of value? *Prenatal diagnosis* [online]. 2020, 40(1), 142-150 [cit. 2021-04-10]. ISSN 10970223. Dostupné z: doi:10.1002/pd.5593

59. ZHANG, Weiguo, Jon D. BLUMENFELD a Martin R. PRINCE. MRI in autosomal dominant polycystic kidney disease. *Journal of magnetic resonance*

imaging [online]. 2019, 50(1), 41-51 [cit. 2021-02-14]. ISSN 15222586. Dostupné z: doi:10.1002/jmri.26627

60. ŽIŽKA, Jan, Jaroslav TINTĚRA a Marek MECHL. *Protokoly MR zobrazování: pokročilé techniky*. 1.vyd. Praha: Galén, 2015. 163 s. ISBN 978-80-7492-179-7

SEZNAM ZKRATEK

ACC	ageneze corpus callosum
ADMKD	Autosomálně dominantní polycystická nemoc ledvin
ARPKD	Autosomálně recesivní polycystická nemoc ledvin
CC	corpus callosum
CNS	centrální nervová soustava
CPAM	Vrozená malformace dýchacích cest
DKK	dolní končetina
DP	diplomová práce
DTI	Diffusion Tensor Imaging
DWI	Diffusion Weighted Imaging
FLAIR	Fluid Attenuated Inversion Recovery
FNOL	Fakultní nemocnice Olomouc
FSE	Fast spin echo
FZV UP	Fakulta zdravotnických věd Univerzity Palackého
GIT	gastrointestinální trakt
GRE	Gradient echo
HASTE	half-Fourier acquisition single-shot turbo spin-echo
Hb	hemoglobin
ICD	Implantabilní kardioverter-defibrilátor
ISUOG	The International Society of Ultrasound in Obstetrics & Gynecology
KPS	kalichopánvičkový systém
LHR	lung-to-head ratio

MCDK	Multicystická renální dysplazie
MM	močový měchýř
MR	magnetická rezonance
MRS	spektroskopie magnetickou rezonancí
nsg	nesignifikantní
NTD	defekty neurální trubice
PACS	Picture Archiving and Communication System
PKD	polycystic kidney disease
PKHD	polycystic kidney and hepatic disease
SFU	Society for Fetal Urology
sgn	signifikantní
SSFP	Steady State Free Precession
SSFSE	Single shot fast spin echo
STIR	ShortTau Inversion Recovery
T	Tesla
TE	time to echo
True FISP	fast imaging with steady-state free precession
TRUFI	true fast imaging with steady-state free precession
TSE	Turbo Spin Echo
US	ultrazvuk
UTD	Urinary tract dilation
v. o.	vážené obrazy
VVV	vrozené vývojové vady

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – počet MR vyšetření

Tabulka 2 – věk pacientek

Tabulka 3 – záznamový formulář pro sběr dat

Tabulka 4 – diagnostická shoda US a MR vyšetření

Tabulka 5 – US indikace k provedení MR plodu v oblasti CNS

Tabulka 6 – US indikace k provedení MR plodu v oblasti hrudníku

Tabulka 7 – US indikace k provedení MR plodu v oblasti urotraktu

Tabulka 8 – US indikace k provedení MR plodu v oblasti GIT

Tabulka 9 – US indikace k provedení MR plodu v oblasti obličejové části hlavy a krku

Tabulka 10 – US indikace k provedení MR plodu se zaměřením na skelet plodu

Tabulka 11 – nejčastější US indikace k prenatální MR

Tabulka 12 – přehled CNS nálezů

Tabulka 13 – přehled nálezů na hrudníku

Tabulka 14 – přehled nálezů na gastrointestinálním traktu

Tabulka 15 – přehled nálezů na urotraktu

Tabulka 16 – přehled nálezů na obličejové části hlavy a krku

Tabulka 17 – přehled nálezů na skeletu

Tabulka 18 – shoda/neshoda US a MR, rozšiřující MR nález

Tabulka 19 – podíl rozšiřujícího výsledku pomocí MR

Tabulka 20 – gestační stáří plodů u jednotlivých vyšetřovaných oblastí

Tabulka 21 - testování hypotézy

SEZNAM OBRAZKŮ

Obrázek 1 – indikace k prenatální MR

Obrázek 2 – nejčastější vyšetřované oblasti plodu na MR

Obrázek 3 – nálezy na CNS

Obrázek 4 – nálezy na hrudníku

Obrázek 4 – nálezy na GIT

Obrázek 5 – nálezy na GIT

Obrázek 6 – nálezy na urotraktu

Obrázek 7 – nálezy na obličejové části hlavy a krku

Obrázek 8 – nejčastější anomálie zjištěné na MR dle jednotlivých vyšetřovaných oblastí

Obrázek 9 – Nejčastěji diagnostikované anomálie na MR plodu

Obrázek 10 – diagnostická shoda/neshoda US a MR, rozšiřující MR nález, CNS

Obrázek 11 – diagnostická shoda/neshoda US a MR, rozšiřující MR nález, hrudník

Obrázek 12 – diagnostická shoda/neshoda US a MR, rozšiřující MR nález, urotrakt

Obrázek 13 – diagnostická shoda/neshoda US a MR, rozšiřující MR nález, GIT

Obrázek 14 – diagnostická shoda/neshoda US a MR, rozšiřující MR nález, hlava a krk

Obrázek 15 – MR plodu dle lunárního měsíce

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Závažná ventrikulomegalie

Příloha 2 : Ageneze corpus callosum

Příloha 3: Cystická adenomatoidní malformace levé plíce II. typu

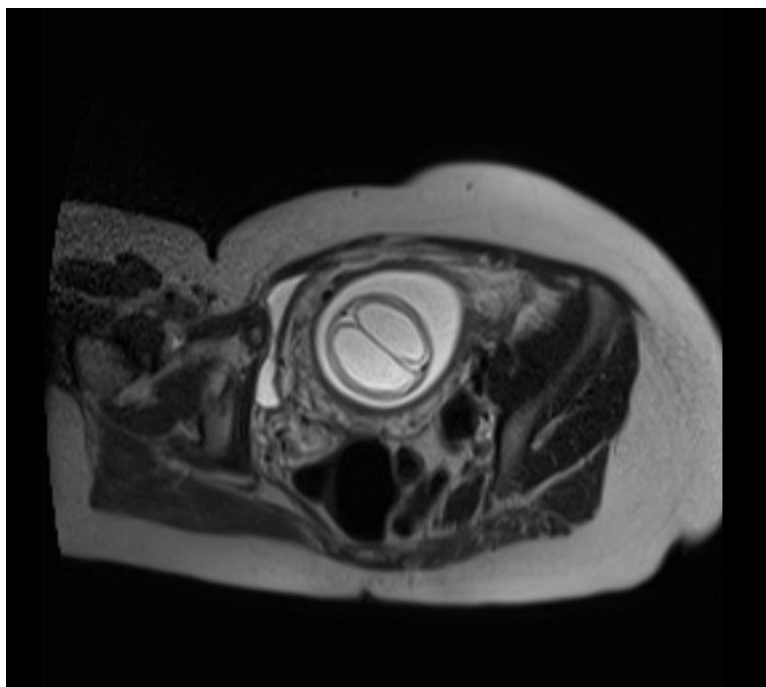
Příloha 4: Teratom dutiny ústní

Příloha 5: Brániční hernie

Příloha 6: Ureterokéla

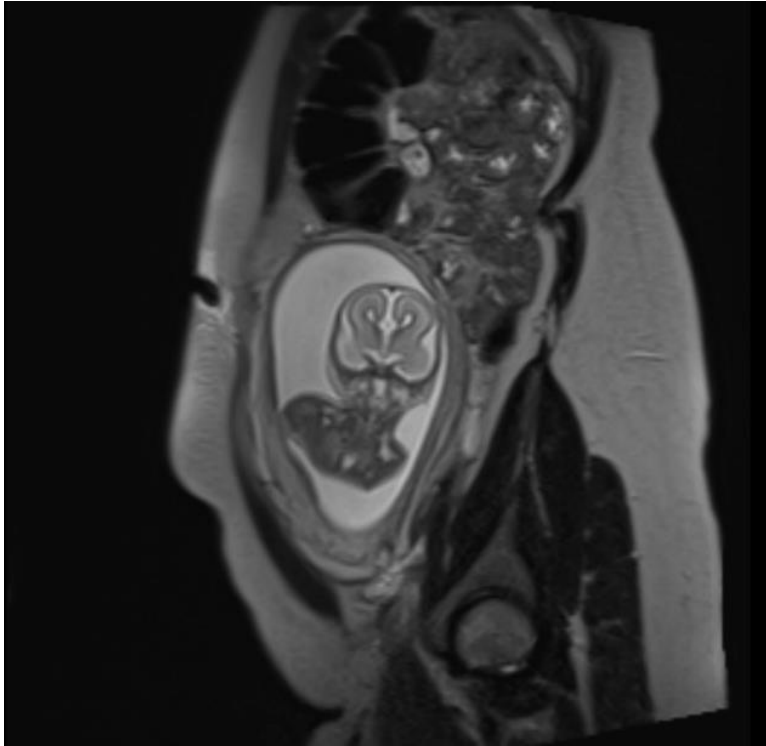
Příloha 7: Stanovisko etické komise FZV UP

PŘÍLOHY



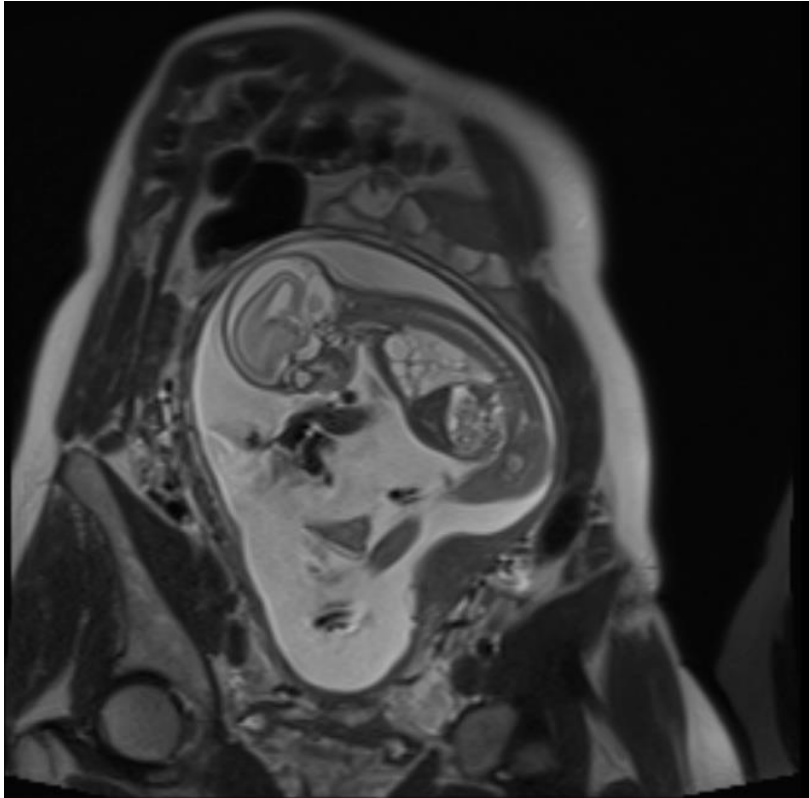
Příloha 1: Závažná ventrikulomegalie s výraznou redukcí hemisfér mozku, hypoplasie mozečku. Sekvence T2 HASTE, axiální rovina. Plod gestačního stáří 20. týdnů.

(zdroj: PACS FNOL)



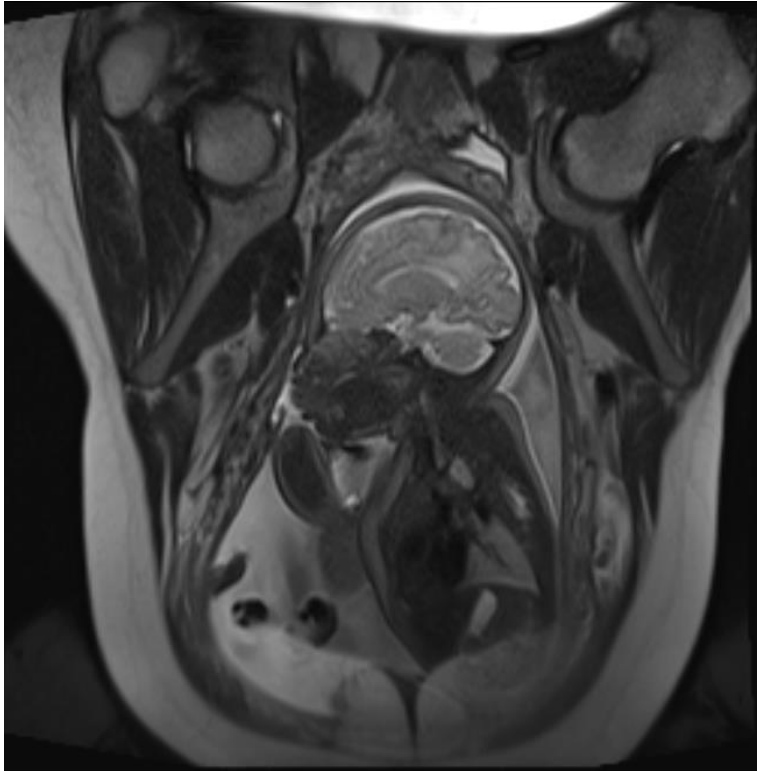
Příloha 2 : Ageneze corpus callosum. Postranní komory mají atypicky utvářené čelní rohy, těla probíhají rovnoběžně a jak těla, tak okcipitální rohy jsou prostornější. III. a IV. komora nejsou dilatované. T2 vážený obraz v koronální rovině. Plod gestačního stáří 21. týdnů.

(zdroj: PACS FNOL)



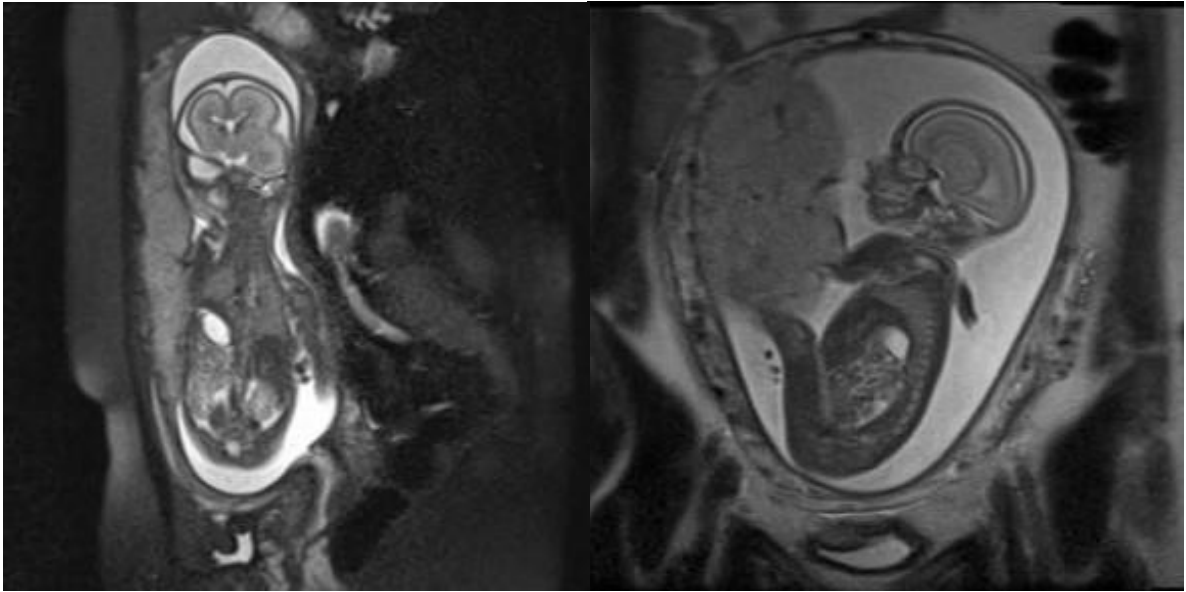
Příloha 3: Cystická adenomatoidní malformace levé plíce II. typu. Levá plíce je zvětšená, přesahuje střední čaru doprava, bránice je nízko uložená. Srdce je přesunutě doprava. Sekvence T2 HASTE, sagitální rovina. Plod gestačního stáří 21. týdnů.

(zdroj: PACS FNOL)



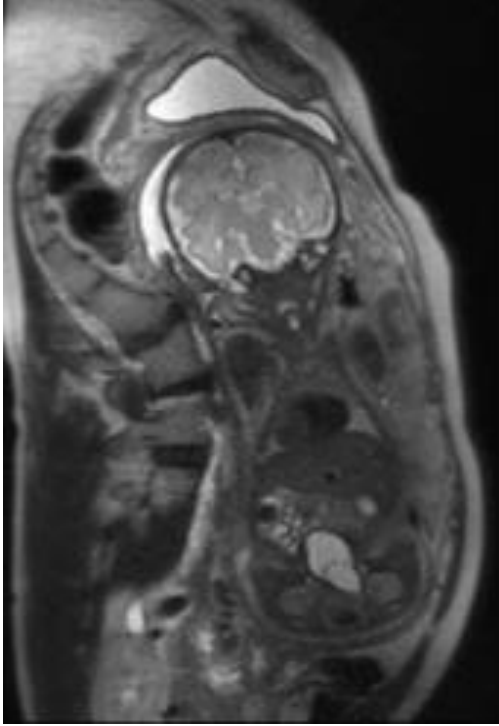
Příloha 4: Teratom dutiny ústní, který se částečně vyklenuje i zevně před dutinu ústní. Sekvence T2 HASTE, sagitální rovina. Plod gestačního stáří 31. týdnů.

(zdroj: PACS FNOL)



Příloha 5: Brániční hernie vlevo. Herniovaná slezina a žaludek, menší levá plíce, přesun mediastina a srdce doprava. Sekvence T2 HASTE, koronální rovina (vlevo) a sagitální rovina (vpravo).

(zdroj: PACS FNOL)



Příloha 6: Ureterokéla, hypersignální močový měchýř. Sekvence T2 HASTE, koronální rovina.

(zdroj: PACS FNOL)

Příloha 7: Stanovisko etické komise FZV UP



Fakulta
zdravotnických věd

UPOL-181229/1030S-2020

**Vážená paní
Bc. Silvie Medulová**

2020-23-10

Vyjádření Etické komise FZV UP

Vážená paní bakalářko,

na základě Vaší Žádosti o stanovisko Etické komise FZV UP byla Vaše výzkumná část diplomové práce posouzena a po vyhodnocení všech zaslanych dokumentů Vám sdělujeme, že diplomové práci s názvem „MR zobrazení plodu a jeho indikace“, jehož jste hlavní řešitelkou, bylo uděleno

souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP .

S pozdravem,

Mgr. Lenka Mazalová, Ph.D.
předsedkyně
Etické komise FZV UP

Fakulta zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci
Hněvoznická 3 | 775 15 Olomouc | T: 585 632 880
www.fzv.upol.cz

Genius loci