



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Problematika zobrazení plodu v prenatálním stadiu

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Radiologický asistent

Autor práce: **Nikol Bařtipánová**

Vedoucí práce: MUDr. Martin Kynčl

Kladno 2017



CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

FACULTY OF BIOMEDICAL ENGINEERING

Department of Health Care Disciplines and Population Protection

Fetus Imaging Issue in Prenatal Stage

Bachelor Thesis

Study Programme: Specialization in Health Care

Branch of study: Radiology Assistant

Author: **Nikol Bařtipánová**

Thesis advisor: MUDr. Martin Kynčl

Kladno 2017

Z a d á n í b a k a l á ř s k é p r á c e

Student: **Nikol Bařtipánová**
Obor: Radiologický asistent
Téma: **Problematika zobrazení plodu v prenatalním stadiu**
Téma anglicky: Fetus Imaging Issue in Prenatal Stage

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Předmětem bakalářské práce bude problematika zobrazení prenatalního vývoje plodu a jeho kongenitálních vad pomocí invazivních a neinvazivních metod. V teoretické části budou popsány principy vyšetření, jejich výhody a nevýhody a předpoklad zjištění vrozené vady během těhotenství. Ve skupině neinvazivních metod bude zařazeno vyšetření ultrazvukem (UZ) a vyšetření pomocí magnetické rezonance (MRI). Jako zástupce skupiny invazivních metod bude zvoleno vyšetření nazývané fetoskopie.

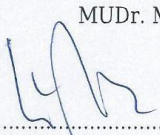
Cílem praktické části bude rozdělení vyšetřovaných těhotných žen do různých kategorií v závislosti na diagnóze stanovené pomocí zvolené vyšetřovací metody, zjištění nejčastějších typů vrozených vad a poruch v prenatalním období, stanovení nejefektivnější vyšetřovací metody pro zobrazení vývoje a odchylek vývoje plodu.

Seznam odborné literatury:

- [1] HÁJEK, Zdeněk, Milan MACEK a Eduard KULOVANÝ, Základy prenatalní diagnostiky, Praha: Grada, 2000, 423 s., 1. vyd., ISBN 80-7169-391-x
- [2] EDITED BY DANIELA PRAYER, Fetal MRI, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011, ISBN 9783540732716
- [3] CALDA, Pavel, Ultrazvuková diagnostika v těhotenství: pro praxi, Praha: Aprofema, 2007, 268 s., 1. vyd., ISBN 978-80-903706-1-6
- [4] SEIDL, Zdeněk, Radiologie pro studium i praxi, Praha: Grada, 2012, 368 s., 1. vyd., ISBN 978-80-247-4108-6

zadání platné do: 30.09.2017

Vedoucí: MUDr. Martin Kynčl


.....
vedoucí katedry / pracoviště


.....
děkan

V Kladně dne 22.02.2016

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Problematika zobrazení plodu v prenatalním stadiu vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Kladně 19. května 2017

.....

Nikol Bařtipánová

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala MUDr. Martinu Kynčlovi za cenné rady, trpělivost a odborné vedení mé bakalářské práce. Mé poděkování patří také MUDr. Martinu Kočímu za pomoc s daty pro praktickou část.

ABSTRAKT:

Tato bakalářská práce se zabývá především zobrazovacími metodami, které se používají pro prenatální diagnostiku.

V teoretické části jsou popsány jednotlivé invazivní i neinvazivní metody. U každé zobrazovací metody je uvedený jak princip dané vyšetřovací metody, tak příprava pacientek na vyšetření. Dále je zmíněný popis vyšetření. Důležitou součástí jsou také indikace a kontraindikace na vyšetření.

V závěru teoretické části se zabývám problémy u zobrazení plodu, se kterými jsem se setkala na pracovišti Dětské radiodiagnostiky ve Fakultní nemocnici v Motole.

KLÍČOVÁ SLOVA:

prenatální zobrazení, plod, vrozené vývojové vady

ABSTRACT:

This Bachelor's thesis mainly deals with the imaging methods used for prenatal diagnosis.

The theoretical part describes particular invasive and non-invasive methods. Both the principle of the screening method and a preparation of patients for the examination for each imaging method is stated there. Also mentioned is the description of the examination. Important part is also a matter of indications and contraindications for the examination.

In conclusion of the theoretical part I deal with problems in imaging of the fetus, that I encountered at the department of Children Radiodiagnosis at the University Hospital in Motol.

KEY WORDS:

prenatal imaging, fetus, congenital malformation

Obsah

1	Úvod	3
2	Současný stav řešené problematiky	4
3	Cíle práce	5
4	Teoretická část	6
4.1	Základy zobrazení prenatalního vývoje plodu	6
4.1.1	Vývoj plodu	6
4.2	Indikace k vyšetření plodu	14
4.2.1	Indikace pro ultrazvukové vyšetření plodu	14
4.2.2	Indikace k vyšetření na magnetické rezonanci.....	15
4.3	Neinvazivní zobrazovací metody.....	15
4.3.1	Ultrazvuk.....	16
4.3.2	3D/4D Ultrazvuk	17
4.3.3	UZ příprava	18
4.4	Vyšetření ionizujícím zářením – RTG nebo CT	19
4.5	Magnetická rezonance	22
4.5.1	Příprava k vyšetření MR.....	28
4.5.2	Postup a provedení MR vyšetření	32
4.6	Predispozice zjištěných vad.....	33
4.6.1	Klinická genetika	33
4.6.2	Výpočet genetického rizika.....	33
4.6.3	Onemocnění matky	33
4.6.4	Příbuzenské sňatky	34
4.7	Bezpečnost provedení.....	34
4.7.1	Bezpečnost UZ	34
4.7.2	Bezpečnost MRI	35
4.8	Invazivní metody	35

4.8.1	Amniocentéza	36
4.8.2	Biopsie choria	36
4.8.3	Kordocentéza	36
4.8.4	Fetoskopie	37
4.9	Problematika zobrazení plodu	37
5	Kazuistiky	39
6	Statistika	53
6.1	Základní statistické údaje	53
6.1.1	Stáří plodu při vyšetření na MR	55
6.1.2	Nejčastěji diagnostikované případy VVV	56
6.1.1	Nejčastější diagnózy v oblasti hlavy a krku	57
6.1.2	Nejčastější poškození v oblasti hrudníku	58
6.1.3	Nejčastější poškození v oblasti břišní dutiny	59
6.1.4	Prokázání výsledku	60
6.1.5	Potvrzení výsledků na MRI	61
6.1.6	Riziko vývojových vad z důvodu věku matky	62
6.2	Diskuze	63
7	Závěr	66
8	Seznam použité literatury	67
9	Seznam symbolů a zkratk	69
10	Seznam obrázků	71
11	Seznam tabulek	73

1 Úvod

V prenatalní diagnostice se k zobrazení plodu využívají neinvazivní zobrazovací metody. Jde o jedinou kontrolu vývoje plodu.

Nejčastěji užívanou zobrazovací metodou je ultrazvuk. V dnešní době se pak využívají i doplňkové zobrazovací metody dávající průběžné informace o vývoji plodu, jako je především 3D/4D ultrazvuk a magnetická rezonance. Jedná se o postupy, které dokáží blíže specifikovat nesrovnalosti ve vývoji plodu a jsou jak pro matku, tak pro dítě nezatěžující. Doposud nebyly prokázány teratogenní účinky na plod ani u jedné z výše zmíněných zobrazovacích metod. V dnešní době je tak považováno průběžné vyšetření plodu pomocí ultrazvuku za rutinní.

Věnovat svou bakalářskou práci tomuto tématu jsem se rozhodla na základě zkušeností získaných v rámci průběžných praxí ve Fakultní nemocnici v Motole. Na jedné z praxí jsem navštívila dětské radiodiagnostické oddělení, přesněji prostory pracoviště magnetické rezonance. V průběhu praxe jsem se zúčastnila vyšetření plodu. Toto vyšetření mě už od počátku zaujalo. Samotné vyšetření začalo zhotovením základních podkladových obrazů, tzv. survey, do kterých radiologická asistentka začala za přítomnosti lékaře plánovat samotné diagnostické zobrazovací sekvence. První vyšetření bylo provedeno velmi rychle, díky minimální pohyblivosti plodu. Druhé vyšetření toho dne však bylo s prvním nesrovnatelné. Získané snímky zdaleka neodpovídaly očekávanému zobrazení naplánovanému do podkladových obrazů, a to z důvodu pohybu plodu během náběru dat. Celé vyšetření tak bylo velmi složité a náročné na správné zhotovení, výrazně se navýšil vyšetřovací čas a byla nutná velká zkušenost jak lékaře, tak radiologické asistentky. Na základě této zkušenosti jsem se o vyšetření začala více zajímat a během dalších praxí na pracovišti jsem získávala bližší informace nejen o průběhu vyšetření a jeho nástrahách, ale i indikacích k němu a diagnostických cílech. Tyto poznatky mě vedly k závěru, věnovat se tomuto tématu v bakalářské práci.

2 Současný stav řešené problematiky

Prenatální diagnostika nám napomáhá včas diagnostikovat určité onemocnění, či vadu vývoje plodu. Zjištění vrozené vývojové vady plodu vede ke určení diagnózy, z čehož vyplývá prognóza vývoje či přežití dítěte po porodu. S prenatální diagnostikou jsou nedělitelně spjaty další dílčí opatření, jako je porod ve specializovaném centru s návazností diagnostické a chirurgické péče, nebo i zahájení případné vhodné terapie před narozením. Pokud je však onemocnění plodu natolik závažné, že by ohrožovalo život matky, lze těhotenství dle §5 zákona č. 66/1986 Sb. ukončit, a to do 24 týdnů těhotenství. V České republice jsou vrozené vady v evidenci od roku 1985, kdy ve většině případů docházelo k ukončení těhotenství. V současné době se počet ukončených těhotenství snižuje. Nejprve se diagnostika prováděla především invazivně - tedy pomocí amniocentézy. V průběhu dalších let se začaly provádět i neinvazivní metody, především ultrazvuk. Při nesrovnalostech zjištěných za pomoci ultrazvuku se provádí vyšetření pomocí magnetické rezonance. Pravděpodobnost vývojové vady se zvyšuje s věkem matky, či genetickou dispozicí v rodině. (Caldá a kolektiv 2010, s. 298-307)

3 Cíle práce

Mým hlavním cílem je:

- Rozdělení vyšetřovaných těhotných žen do různých kategorií v závislosti na dg. Stanovené pomoci zvolené vyšetřovací metody
- Zjištění nejčastějších typů VVV a poruch v prenatálním období
- Stanovení nejefektivnější vyšetřovací metody pro zobrazení vývoje a odchylek vývoje plodu

Na začátku jsem si stanovila výše určené cíle, avšak v průběhu získávání bližších informací a zpracování daného tématu jsem shledala, že vytyčené cíle jsou příliš obecně formulované a snaha o jejich zodpovězení by mohla vést k zavádějícím úsudkům a závěrům. Proto jsem se rozhodla cíle konkretizovat, aby vycházely ze mnou zkoumaného vzorku pacientek. Modifikované cíle práce jsou tedy následné.

- Podání uceleného přehledu o prenatální diagnostice, tedy o postupech ke zjištění nejčastějších typů VVV a poruch v prenatálním období s důrazem na využití MRI
- Dále stanovené nejefektivnější metody pro zobrazení vývoje a odchylkách vývoje plodu, spolu se zhodnocením přínosu MRI
- V praktické části pak zpracování souboru pacientek z FN Motol, které podstoupily vyšetření pomocí MRI a jejich kategorizaci podle zvolených kritérií, vytvořím statistický přehled jednotlivých vyšetření a pokud to bude možné, zhodnotím jejich vývoj a zastoupení

4 Teoretická část

4.1 Základy zobrazení prenatálního vývoje plodu

Prenatální vývoj plodu trvá obvykle 9 měsíců. Začíná početím a končí porodem plodu. Stáří plodu se však udává v lunárních měsících, kterých je pouze 10, s délkou 28 dní. V délce lunárních měsíců pak tedy těhotenství trvá 40 týdnů. Počátek těhotenství se počítá od posledního menstruačního cyklu. Pokud je stáří porozeného plodu mezi 38 až 42 týdnem, plod je udáván za donošený. Je-li stáří plodu pod 24 týden, jedná se o potrat. Po dobu těhotenství dochází ženy na pravidelné kontroly ke svému gynekologovi, který sleduje obvyklý prenatální vývoj plodu. (Hájek a kolektiv 2014, s. 27 – 28)

4.1.1 Vývoj plodu

Průběh těhotenství je rozdělen do několika fází. Do fáze blastogeneze, embryogeneze a fetogeneze.

V první fázi blastogeneze dochází k vývoji oplodněného vajíčka. Druhou fází je embryogeneze, která začíná 22. den po oplodnění. Začíná se vyvíjet kraniální část plodu, tvoří se mozek a srdce. V období čtyř týdnů je již srdíčko plodu aktivní a reguluje krevní oběh plodu. V průběhu tohoto období se vyvíjí také prsty, ústa či nos. Konec této fáze nastává deset týdnů po oplodnění.

Anatomie plodu je uváděna až od 8. týdne, počítáno v délce lunárních měsíců. Pomocí UZ metody se dá sledovat srdeční činnost srdce již od poloviny šestého týdne těhotenství. Pohlaví plodu se však dá s přesností určit až v průběhu 14. až 16. týdne.

Poslední fází je fetogeneze. Tato fáze je charakteristická růstem a vyvíjejícími se funkcemi plodu. Také se hodnotí délka plodu, která je nejčastěji udávána dle Haasova schématu. (Lázňovská 2006, s. 25) (Hájek a kolektiv 2014, s. 27 – 28)

Váha plodu se hodnotí pomocí UZ. Posuzuje se průměr hlavičky a délka femuru plodu. Tato metoda bude přesněji popsána v další kapitole. Váha plodu se samozřejmě odrazí na váze těhotné ženy. Váhová hmotnost je závislá jak od váhy plodu, tak od váhy mateřských

faktorů. Když by se žena snažila zredukovat svoji osobní těhotenskou váhu, např. snížením přísunu potravin, vystavovala by plod riziku špatného vývoje. (Hájek a kolektiv 2014, s. 36)

Obrázek 1-Váhy mateřských faktorů

plod	3,4 kg
placenta	0,6 kg
plodová voda	0,8 kg
děloha	0,9 kg
prsní žlázy	0,4 kg
krev	1,2 kg
tuk	3,0 kg
mimobuněčná tekutina	2,5 kg

(Hájek a kolektiv 2014, s. 36)

1. měsíc těhotenství

Jedná se o období od 1. dne oplodnění do 4. týdne těhotenství datované v lunárních měsících. V prvních sedmi dnech se embryo pomalu přesouvá do děložní sliznice, kde se dále vyvíjí v průběhu celých 9. měsíců. V té době začíná období již zmíněné organogeneze. Vyvíjí se důležité orgány. Na konci období se plod pohybuje v amniální dutině napojené na pupeční šňůru.

Vývoj plodu závisí na plodové vodě, placentě, plodových obalech, pupečníku a také na plodu samotném.

Množství plodové vody se v průběhu těhotenství zvyšuje a po dosáhnutí 38. týdne se množství naopak zase snižuje. Ze začátku je plodové vody dostatečné množství na to, aby se plod mohl pohybovat a měnit svou polohu. Z toho důvodu se v období 1. trimestru těhotenství plod nevyšetřuje na MRI. Docházelo by totiž k přílišné pohyblivosti plodu a k pohybovým artefaktům. (Lázňovská 2006, s. 25) (Roztočil a kolektiv 2008, s. 93 - 94)

Obrázek 2 – Množství plodové vody

Týdny gravidity	Množství plodové vody
8	10
12	50
16	150
38	900–1000
40	800–900

(Hájek a kolektiv 2014, s. 40)

Další důležitou součástí vývoje plodu je placenta. Pomocí placenty dochází k zásobování živinami a kyslíkem mezi matkou a plodem. Placentu a plod spojuje pupeční šňůra. V průběhu těhotenství dosáhne pupeční šňůra délky až 50 cm. Plod je uložen v několika plodových obalech. Rozlišujeme obal decidua, chorionu a amnionu. (Hájek kolektiv 2014, s. 36)

2. měsíc těhotenství

Období od 5. do 8. týdne těhotenství. V tomto období se vyvinou všechny orgány plodu. Začínají se vyvíjet ruce a nohy, v obličejí se začínají jevit známky očí či uší. Hlavička plodu je ohnutá a přitisklá na zatím nevyvinutou hrudní část.

Velikost plodu se v tomto období měří dvěma způsoby. U prvního způsobu se měří od horního bodu (vrchol hlavy) k dolní části (bedra plodu). Po uplynutí třetího měsíce těhotenství se dolní bod změni buď na kostrč, či na paty plodu. To závisí na poloze a uložení plodu. V tomto období ženy docházejí na pravidelné kontroly a podstupují UZ vyšetření, které určí délku těhotenství a dosavadní vývoj plodu. (Lázňovská 2006, s. 29 - 32) (Roztočil a kolektiv 2008, s. 94)

3. měsíc těhotenství

Období od 9. do 13. týdne. V tomto období jsou již končetiny ve správném poměru k délce těla a dolní končetiny jsou delší nežli horní končetiny plodu. Je vytvořena hrudní a břišní dutina rozdělená bránicí. Pomalu se také začíná vzpřimovat hlavička plodu, která doposud byla skloněna na hrudník. Tvoří se i kostra plodu, klouby jsou již funkční. Na plodu se vytváří jemné ochlupení, v tomto období především na hlavičce plodu. Toto jemné ochlupení je jinak nazývané lanugo. (Lázňovská 2006, s. 49 - 51) (Roztočil a kolektiv 2008, s. 93)

4. měsíc těhotenství

Období od 14. do 17. týdne. V průběhu tohoto měsíce dochází hlavně k vývoji plic a plicního řečiště. Aby plíce dosáhly celkové fyziologické funkčnosti, dělí se celkem sedmnáctkrát. (Roztočil a kolektiv 2008, s. 93 - 94)

5. měsíc těhotenství

Období od 18. do 22. týdne těhotenství. Nyní dochází k růstu již viditelného lanuga i na ramenou. Začínají vyrůstat nehty a vlasy. Již vyvinutá štítná žláza začíná s produkcí hormonu. Tento hormon potřebuje ke správné funkci jód, který dostává z potravy přes matku. (Roztočil a kolektiv 2008, s. 93 - 94)

6. měsíc těhotenství

Období od 23. do 26. týdne. Nyní plod již reaguje na zvuky. Oční víčka má stále zavřená. Tvoří se nervy a pod kůží, která je tmavě červená, se vytváří slabá vrstva tuku. (Lázňovská 2006, s. 95 – 97)

7. měsíc těhotenství

Období od 27. do 30. týdne. Pokračuje tvorba nervového systému, který dokáže vyvolat dýchání. Oční víčka plodu jsou již otevřená a plod je schopen částečně regulovat svou tělesnou teplotu. Pokud je pohlaví plodu chlapecké, nastává sestup varlat do šourku. (Roztočil a kolektiv 2008, s. 94)

8. měsíc těhotenství

Období od 31. do 34. týdne. Pohyby plodu jsou již omezené (Z důvodu menšího množství plodové vody) z nedostatku místa. Kostí jsou plně vyvinuty, ale nejsou osifikovány, tudíž nejsou pevné. Lanugo se začíná pomalu vytrácet. Plod se začíná stáčet do konečné polohy k porodu. V tuto dobu se pomocí UZ kontroluje poloha plodu. (Roztočil a kolektiv 2008, s. 95)

9. měsíc těhotenství

Období od 35. do 40. týdne. Lanugo je již přítomno pouze na ramenou a horních končetinách plodu. Obvod hrudníku je o 2 cm menší než obvod hlavy. Velikost plodu závisí na genetických vlivech. (Roztočil a kolektiv 2008, s. 95) (Lázňovská 2006, s. 133 – 144)

Obrázek 3 – Souhrn vývoje plodu

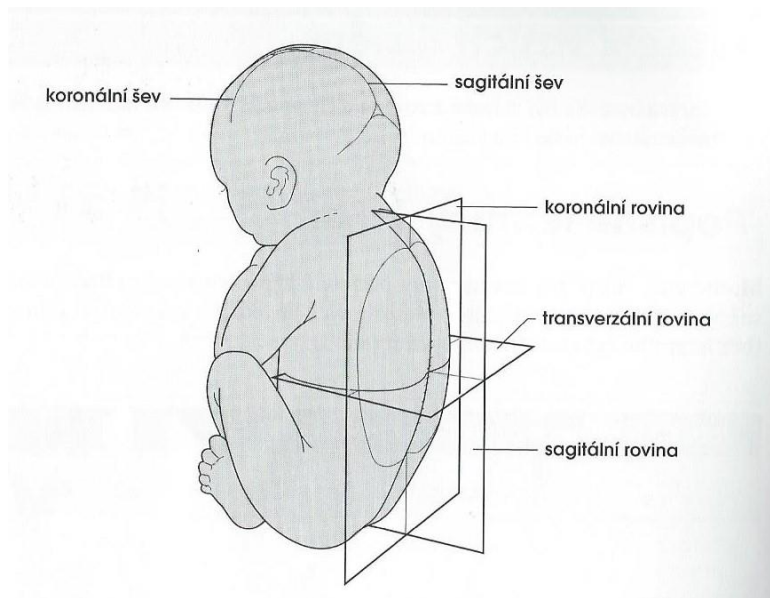
Tyden těhotenství	Délka embrya v mm	Váha embrya v g	Zevní vzhled	Vnitřní vývoj
16	19	100	Objevuje se lanugo, aktivní pohyby plodu, proporcionální poměr horních a dolních končetin, možno určit pohlaví	Vývoj zevních pohlavních orgánů, myelinizace, vývoj myokardu, vývoj ledvin ukončen, mekonium ve střevě, otevřena pochva a konečník, osifikace sedacích kostí
20	22	300	Výrazný růst dolních končetin, spona – pupek se zvětšuje	Osifikace sterny
24	32	600	Vrásčitá a načervenalá kůže, tenká vrstva podkožního tuku, na kůži přítomen mázek, primitivní dechové pohyby	Osifikace stydké kosti
28	36	1100	Kůže je méně vrásčitá, tvorba nehtů, definitivní tvar obličeje, rozpojení víček	Varlata vstupují do inguinálního kanálu, osifikace talu
32	41	1800	Hmotnost plodu se zvyšuje rychleji než jeho délka, zvyšování tukových zásob a svalové hmoty, kůže je růžová	
36	46	2200	Kůže je bledá, tělo zaoblené, mizí lanugo, růst vlasů, ušní boltce s měkkou malou chrupavkou, pupečník je ve středu těla, varlata v inguinálním kanálu, malé scrotum s několika záhyby	Osifikační jádra v distální části femuru
40	52	3200	Kůže je hladká a růžová, mizí mázek, lanugo pouze na ramenech a horní části zad, ušní boltce jsou zpevněné	Osifikační jádra v proximální tibii

(Roztočil a kolektiv 2008, s. 95)

Sledování vývoje

Vývoj plodu je sledován zejména ultrazvukem. Dělohu vyšetřujeme z různých rovin. Sagitální rovina je vedena středem tělíčka plodu. Rovina koronární je položena kolmo od roviny sagitální a rovina transverzální je kolmá k dlouhé ose těla. (Smith a kolektiv 2006, s. 13)(Hourová a kolektiv 2007, s 7-8)

Obrázek 4 – Roviny tělem plodu

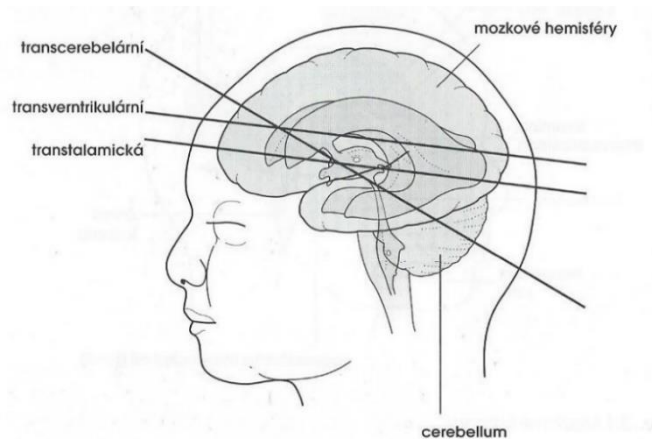


(Smith a kolektiv 2006, s. 14)

Zobrazení hlavičky plodu

Na hlavičce plodu se hodnotí celková struktura mozku. Samotný mozek se hodnotí ze tří rovin. Rovina transtalamická, transcerebrální a transvertikulární.

Obrázek 5 – Roviny znázorněny na mozku



(Smith a kolektiv 2006, s.62)

Transtalamická rovina nám napomáhá k přesnému určení délky trvání těhotenství s tolerancí deseti dnů.

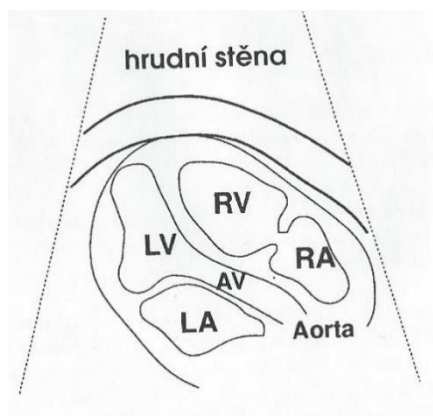
Transcerebrální rovina se využívá ke kontrole mozečkové hemisféry, především tvaru a uložení.

Transvertikální rovinou se hodnotí postranní mozkové komory, hlavně jejich velikost. (Smith a kolektiv 2006, s. 62-68)

Zobrazení hrudníku plodu

V hrudní části plodu sledujeme uložení srdce plodu. Kontrolujeme 2 srdeční síně (pravá síň - RA a levá síň - LA), komory (pravá komora – RV a levá komora - LV) a dále hodnotíme průtok krve s placentou. (Smith a kolektiv 2006, s. 81-86)

Obrázek 6 – Rozložení srdce



(Smith a kolektiv 2006, s. 86)

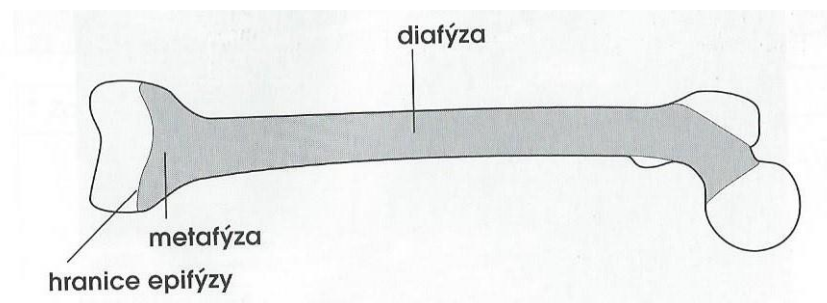
Zobrazení břišní stěny plodu

V této oblasti se kontroluje - břišní stěna, ledviny, žaludek, střeva a močový měchýř plodu. (Smith a kolektiv 2006, s. 91)

Zobrazení končetin plodu

Nejdůležitější je zaměření stehenní kosti, kdy její délka napomáhá (jako transtalamická rovina u hlavičky plodu) určit dobu trvání těhotenství. Stehenní kost se měří bez epifýzy, protože ta je viditelná až v pokročilém stadiu těhotenství. (Smith a kolektiv, s. 104)

Obrázek 7 – Stehenní kost



(Smith a kolektiv 2006, s. 105)

4.2 Indikace k vyšetření plodu

Kongenitální vady neboli vrozené vývojové vady plodu postihují plod nejčastěji v druhém trimestru těhotenství. Četnost a frekvenci ultrazvukových vyšetření plodu po dobu těhotenství určuje riziko vzniku VV nebo již diagnostikovaná vada.

4.2.1 Indikace pro ultrazvukové vyšetření plodu

Na ultrazvukové vyšetření dochází těhotné ženy podle toho, v jakém se nacházejí stupni těhotenství a rizikovosti pro předpoklad vrozené vývojové vady. Tyto skupiny jsou tři.

1. Těhotná s malým rizikem vzniku

Do této skupiny se řadí ženy, které nemají zjištěnou zvýšenou pravděpodobnost vzniku vrozené vývojové vady a všechny laboratorní testy mají v normě. Dále jsou to ženy, které ještě nejsou ve vyšším věku. Plod se vyvíjí fyziologicky správně. Takovéto ženy docházejí do 28. týdne těhotenství po čtyřech až šesti týdnech, od 29 – 36 týdne po třech až čtyřech týdnech. Pokud je žena po 36 týdnu těhotenství dochází již pravidelně každý týden. (Marešová a kolektiv 2014, s. 124 - 125)

2. Těhotná se středním rizikem vzniku

Do této skupiny řadíme ženy, které mají pravděpodobnost vzniku vrozených vývojových vad. Jsou to tedy ženy, u kterých bylo v rodině prokázáno tzv. genetické riziko. Jsou více sledovány i s dobrými laboratorní výsledky. (Marešová a kolektiv 2014, s. 124 - 125)

3. Těhotná s vysokým rizikem vzniku

Do této skupiny se řadí těhotné ženy, které se již dříve řadily do skupiny druhé, ale zhoršily se jim laboratorní výsledky. Byly tedy přeřazeny do skupiny s vysokým rizikem vzniku vrozených vývojových vad. Dále se do skupiny řadí ty, které už od začátku mají laboratorní výsledky mimo normu a měly by častěji docházet na kontroly.

Ultrazvuk je tak základní metodou pro sledování vývoje fyziologických těhotenství i těhotenství s různým stupněm rizika. Pomocí ultrazvukové metody dochází k dohledání, předcházení i časnému řešení problému v těhotenství. (Marešová a kolektiv 2014, s. 124 - 125)

4.2.2 Indikace k vyšetření na magnetické rezonanci

Mezi indikace pro toto vyšetření patří špatná poloha dítěte a tím pádem nemožnost dostatečně vyšetřit plod pomocí ultrazvukové metody. Obecně nazývané jako selhání ultrazvukového vyšetření.

Další indikací jsou lékařem objevené nesrovnalosti ve vývoji plodu. Poté je těhotná žena odeslána na toto vyšetření k posouzení předem stanovené diagnózy a jejímu potvrzení, či vyvrácení.

V případě obezity ženy, nastává komplikace, která může spadat pod selhání ultrazvukového vyšetření. U těchto žen je kvalita obrazu na ultrazvuku velmi nízká. Proto se často vyšetřují právě pomocí magnetické rezonance.

Další indikací je přesné určení rozsahu poškození plodu z důvodu výborného tkáňového zobrazení na MRI a možné reakce na toto poškození po narození dítěte. (Caldá a kolektiv 2010, s. 377)

4.3 Neinvazivní zobrazovací metody

Ve své práci se věnuji zobrazovacím metodám prenatalní diagnostiky. Mezi neinvazivní metody se řadí především již výše zmíněný ultrazvuk, magnetická rezonance, EKG či srdeční ozvy plodu, které mají v diagnostice vad plodu velký význam. Pomocí těchto metod se sledují nesrovnalosti ve vývoji plodu. Potvrdí se, či vyvrátí podezření na možný výskyt vrozené vývo-

jové vady. Navíc tyto metody nejsou pro matku či plod nijak škodlivé nebo jejich škodlivé účinky nebyly doposud prokázány. (Hájek a kolektiv 2000, s. 73)

4.3.1 Ultrazvuk

Ultrazvuková diagnostika patří k nejčastěji využívaným zobrazovacím metodám v těhotenství. Ženy jsou pomocí ultrazvuku pravidelně sledovány po celou dobu gravidity. Na rozdíl od rentgenových metod není ultrazvuk zatěžující, matka ani plod nejsou vystaveny ionizujícímu záření a tím riziku poškození. Princip ultrazvuku spočívá v tom, že ultrazvuková sonda, sloužící jako generátor i receptor, vysílá mechanické vlnění o frekvenci vyšší než 20kHz, v diagnostice pak více než 2Mhz, které se šíří tkáněmi těla s různou akustickou odezvou. Na rozhraní se vlny odráží a jsou opětovně sondou přijímány a převáděny do výsledného obrazu. Z důvodu, že se vlnění nejlépe přenáší pevnými látkami a nejhůře vzduchem, je nutné při aplikaci použít gel. Ten zajišťuje kvalitní průnik do tkání. K odrazu vln dochází díky rozdílu rychlosti a prostupnosti ultrazvukového vlnění v různých typech tkání. Diagnostické ultrazvukové sondy fungují na principu piezoelektrického jevu, kdy převádí střídavé elektrické napětí určité frekvence, pomocí změny tvaru materiálu v elektrickém poli na mechanické vlnění odpovídající frekvence a zpět. Pomocí ultrazvukové sondy je tak zaznamenána odezva tkáně a přístroj převede mechanické vlnění na viditelnou formu. K převodu slouží A-mód, M-mód, B- mód a Dopplerovské zobrazení. A mód (amplitudový mód) je jednorozměrný a slouží k detekci velikosti odrazů vlnění, které se na konci vyhodnotí jako graf. M-mód zaznamenává pohyb v čase. Toto zobrazení slouží nejvíce v kardiologii. Dalším je B-mód, který vytváří 2D zobrazení. To je nejvíce využívané právě pro prenatalní diagnostiku. U těhotných žen se dále využívá i Dopplerovského zobrazení, které zachycuje směr a rychlost pohybu tkáně, například krve plodu. Je tak možné sledovat jeho srdeční aktivitu. (Caldá a kolektiv 2010, s. 39 – 45) (Seidl a kolektiv 2012, s.39 – 43)

Cíle ultrazvukové prenatalní diagnostiky odlišujeme dle stáří těhotenství, které dělíme do trimestrů.

V I. trimestru těhotenství se zjišťuje především umístěním plodu, zda se nejedná o mimoděložní těhotenství. Zjišťují se také anatomické struktury plodu a jejich případné anomálie. Pokud se zjistí vrozené vývojové vady plodu, může se matka rozhodnout, zda chce

v těhotenství nadále pokračovat, nebo ho chce ukončit. Znamená to, že některé vrozené vývojové vady se dají diagnostikovat již v tomto stadiu těhotenství. (Hájek a kolektiv 2000, s. 73) (L'ubušký a kolektiv 2013, s 26 – 28)

Ve II. trimestru se pomocí ultrazvukové metody zjišťuje počet plodů a jejich pohlaví. Při vícečetném těhotenství se zvyšuje pravděpodobnost možnosti vrozených vývojových vad až trojnásobně. Typy těchto vrozených vad se dělí do tří skupin. První skupinou jsou specifické vady, které vznikají jedině u vícečetného těhotenství, což je twin twin transfuze. Druhou skupinou jsou nespecifické vady neboli ty, které mohou postihnout jeden plod. Třetí a poslední skupinou jsou mechanické vady, což jsou vady, které vznikají nedostatkem prostoru pro plod. (Caldá a kolektiv 2010, s. 173 – 175)

Ve III. trimestru se na pravidelných kontrolách měří růst plodu, a to především obvod hlavičky, obvod břicha a délka stehenní kosti. (L'ubušký a kolektiv 2013, s 39 – 46)

4.3.2 3D/4D Ultrazvuk

V dnešní době se využívá také speciální ultrazvukové 3D/4D zobrazení. K tomuto zobrazení se využívají 3D sondy, obsahující vysílač schopný rychlého a přesného záznamu pohybu. Při tomto typu zobrazení se získávají trojrozměrné snímky v reálném čase, tedy 4D snímky. 4D zobrazení se vytváří při rychlém zpracování obrazu v jedné rovině a zpětnému snímání. Na obrazovce je tedy snímán 2D obraz pomocí B-módu, který počítač převede na 3D/4D obraz. Tyto obrazy jsou nadále ukládány do paměti počítače a mohou se zobrazovat i při zpětném prohlížení obrazu. 3D/4D obraz udává především prostorové informace o uložení plodu. Nejčastěji se tímto zobrazením vyšetřuje obličejová část a srdeční obraz plodu. Na obrázku níže je zobrazen obrázek ze 4D snímání, tedy trojrozměrný 3D obraz viditelný v reálném čase. Díky 4D zobrazení obrazu vidíme roviny, které bychom ve 2D zobrazení obrazu nemohli vidět. (Caldá a kolektiv 2010, s. 43)

Pomocí 3D/4D ultrazvuku se také často provádí screening v I. trimestru těhotenství.

3D prostorové rekonstrukce umožňují zobrazení povrchových částí či hlubších anatomických řezů plodu. U těchto rekonstrukcí se využívá tzv. post processing, kdy na předem vytvořených snímcích lze provádět pozdější úpravy. Díky 3D rekonstrukcím se dají při vhodné

poloze včas identifikovat rozštěpové vady v obličejové části plodu. U plodů s poruchou vývoje napomáhá k určení váhového odhadu.

4D prostorové rekonstrukce dokáží zobrazit i funkční změny, které jsou zaznamenávány v reálném čase. Opět i toto zobrazení využívá post processingu. Avšak vyšetření 3D/4D se stále řadí mezi doplňkové zobrazovací metody. (Caldá a kolektiv 2010, s. 478 – 481)

Obrázek 8 – 3D/4D zobrazení dvojčat



(Caldá a kolektiv 2010, s. 43)

4.3.3 UZ příprava

Na ultrazvukové vyšetření těhotná žena dochází pravidelně ke svému gynekologovi. Pacientka má vždy předem domluvený termín a čas návštěvy, které jsou v intervalech dle individuálního stavu těhotných. Na toto vyšetření není nutná žádná předešlá příprava. Důležité je nosit s sebou těhotenskou průkazku. V těhotenské průkazce je uvedeno jméno a příjmení těhotné, termín poslední menstruace, předpokládaný termín porodu a jméno otce (není však povinné). Jsou zde záznamy o alergii či onemocnění, kterými těhotná žena prochází v době těhotenství. Gynekolog do těhotenské průkazky pravidelně zapisuje také výsledky vyšetření - měření tlaku, velikost plodu či dělohy, ozvy plodu, krevní skupinu, výšku a váhu těhotné ženy. Proto by těhotenská průkazka měla patřit po dobu těhotenství k důležitým dokladům těhotné ženy. (Caldá a kolektiv 2010, s. 121-129)

4.4 Vyšetření ionizujícím zářením – RTG nebo CT

Indikací k vyšetření je pouze ohrožení života či zdraví matky. Při vyšetření matky je dopočítávána dávka IZ na plod radiologickým fyzikem. Dříve se však provádělo snímkování plodu. To bylo prováděno v AP a PA projekci, a to ke zjištění polohy plodu. Při PA projekci byla žena pokládána na břicho s nataženými dolními končetinami. Tato projekce byla využívána ke zjištění ostrosti kosti plodu. AP projekce byla užívána již při porodu plodu, kdy nebylo možné snímkovat v projekci PA. (SAIDL a kolektiv 1937, s. 240)

Poškození plodu hrozí již u dávky 0,1 Gy. Riziko se však odvíjí od délky trvání těhotenství. V dalších týdnech, především v období od 3 do 8 týdne těhotenství při překročení prahové dávky 0,1 Gy, je téměř vždy jistý vznik malformací plodu. V období od 2. do 6. měsíce při dávce vyšší než 0,2 Gy, je riziko vzniku vrozených vývojových vad nebo porucha mentálního vývoje. (Kupka a kolektiv 2015, s 20-21)

IZ je charakterizováno jako záření, které má tak vysokou energii, že dokáže vyrazit elektrony z atomového obalu a tím látku ionizovat. Mírou velikosti účinku ionizujícího záření na látku je absorbovaná dávka. Je definována jako energie záření absorbovaná objemem hmoty o jednotkové hmotnosti. Záření působí na látku dvojím způsobem. Buď smrtí buňky, nebo poškozením cytogenetické informace.

Mechanismy účinku záření na živou tkáň

Fyzikální stádium

První stadium, kdy při interakci kvanta ionizujícího záření s hmotou je energie záření předávána elektronům v atomech za vzniku ionizace a excitace. Tento proces vzniká velice rychle, přibližně 10^{-15} s.

Fyzikálně – chemické stádium

Dochází k interakci iontů s molekulami, což vede k disociaci molekul a vzniku volných radikálů (z vody vznikají vodíkové kationty H^+).

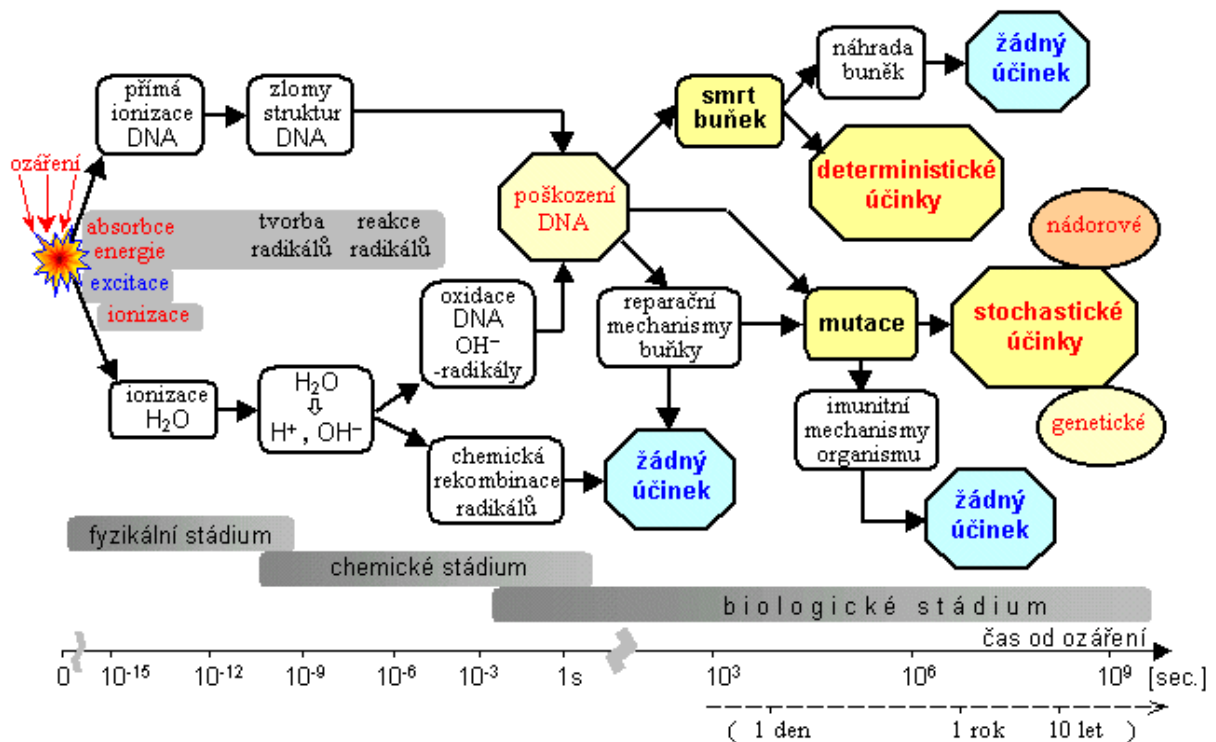
Chemické stádium

Tyto vzniklé radikály, ionty a další produkty reagují s biologicky důležitými organickými molekulami a při tom mění jejich složení a funkci.

Biologické stádium

Vznikají změny v biologicky důležitých látkách. Dochází k funkčním a morfologickým změnám v buňkách, orgánech i celému organismu. (<http://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm>)

Obrázek 9 – Mechanismus vzniku účinku na zdravou tkáň



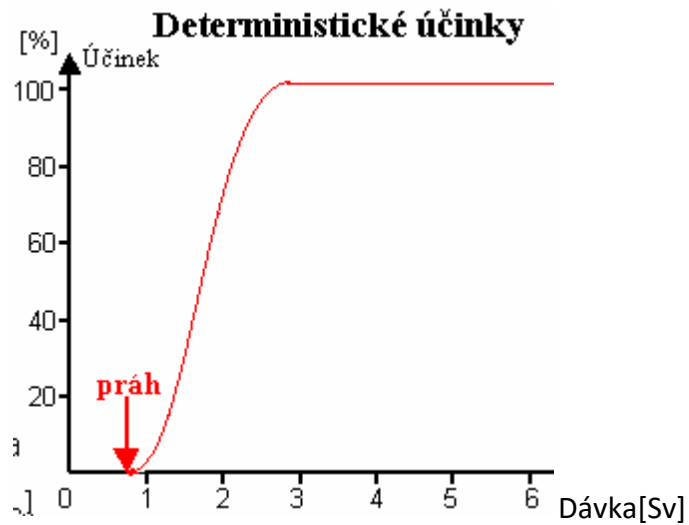
(<http://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm>)

Dva základní typy účinku

Deterministické účinky

Tyto účinky jsou závislé na velikosti absorbované dávky a projeví se po dosažení prahové dávky. Může vzniknout úplná smrt buňky, tzv. buněčná deplece, nebo tzv. mitotická smrt, při které zanikne schopnost buňky se dělit.

Obrázek 10 – Deterministické účinky



(www.sujb.cz)

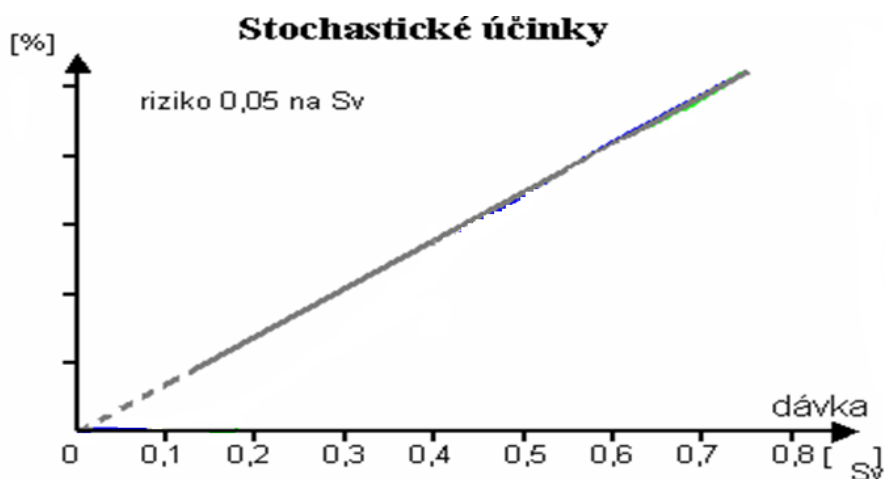
Dosažení dávky způsobuje nemoc z ozáření, či poškození plodu v těle matky.

Stochastické účinky

Tyto účinky jsou bezprahové vyvolané změnou genetické informace. Pravděpodobnost se zvyšuje s rostoucí dávkou. Záření vyvolává mutace, a to gametické či somatické, kdy se somatické mutace projevují na orgánech či tkáních.

Stochastické účinky způsobují genetické změny či rakovinu.

Obrázek 11 – Stochastické účinky



(www.sujb.cz)

Mezi zdroje ionizujícího záření se řadí CT a RTG přístroj. Dávky na plod při CT vyšetření jsou vyšší nežli dávky na RTG přístroji. Z tohoto důvodu se CT vyšetření u těhotných žen provádí při ohrožení života či zdraví matky. Citlivost plodu na ionizující záření však není vždy stejná. V prvních třech týdnech těhotenství platí tzv. vše, nebo nic. Dojde k zániku plodu nebo se plodu nic nestane. Mezi třetím a osmým týdnem těhotenství hrozí vysoké riziko malformací ve vývoji plodu. Poté mezi osmým a dvacátým pátým týdnem hrozí riziko vzniku mentální retardace. (www.sujb.cz)

4.5 Magnetická rezonance

Experimentální zobrazování plodu pomocí magnetické rezonance probíhalo již v první polovině 80. let, kdy však fatálním problémem byly především dlouhé vyšetřovací časy čítající několik minut na jednu zobrazovací sekvenci. To se změnilo až ve druhé polovině 90. let, nástupem výkonnějších přístrojů s magnetickým polem 1 a více Tesla. V dnešní době lze vyšetření provést za příznivých podmínek do patnácti minut.

Na magnetickou rezonanci jsou nejčastěji indikovány pacientky, u kterých byly pomocí ultrazvuku, zjištěny nesrovnalosti ve vývoji plodu ve druhém či třetím trimestru těhotenství, přibližně tedy po dosažení 18. týdne. To je plod již dostatečně vyvinut a prošel fází organogeneze. V této době se z ektodermu vyvíjí nervová tkáň, entodermu střeva a mezodermu především kosti a svaly. Vyšetření magnetickou rezonancí od druhého trimestru je považováno za bezpečné, respektive nebyl doposud zjištěn zásadní škodlivý vliv na plod. Co se však týče rané fáze těhotenství, tedy prvního trimestru, je považován za relativní kontraindikaci vyšetření, a to zejména z důvodu možných fyzikálních vlivů na plod. V případě magnetické rezonance to je energie předaná elektromagnetickými impulsy a zvýšení tepelné absorpce v tkáních.

MRI na rozdíl od UZ, které je limitováno například množstvím plodové vody, polohou plodu či obezitou, není u těhotných žen na těchto faktorech závislá. Stále se však řadí do doplňkových zobrazovacích metod v prenatální diagnostice. V indikovaných případech je pak možno vyšetření z UZ potvrdit, rozšířit, nebo vyvrátit. Těmto specifickým kritériím

k indikacím pro MRI bych se ráda věnovala v praktické části své práce. (Seidl a kolektiv 2007, s 58 – 59)(Caldá a kolektiv 2010, s 376)(Hourová a kolektiv 2007, s 21 – 22)

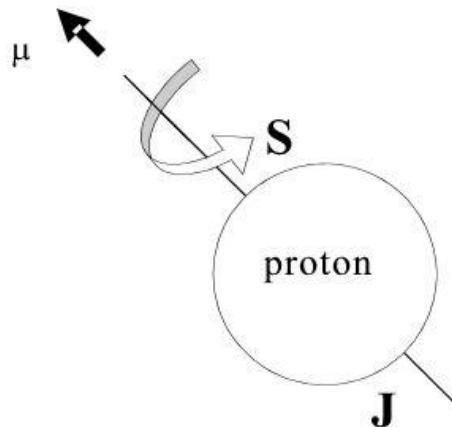
Technika zobrazení v MR problematice

Při magnetické rezonanci je využíváno magnetického pole jader, respektive kladně nabitých částic protonů. Magnetická rezonance využívá magnetických vlastností především, vodíkových jader, a to z důvodu schopností absorbovat vysokofrekvenční energie ve formě radiofrekvenčních pulzů.

Výsledný obraz tak poskytuje kvalitní kontrast měkkých tkáních. Pro magnetickou rezonanci se dají využít ještě další prvky, které obsahují lichý počet protonů (^{13}C , ^{23}Na , ^{31}P). U všech těchto prvků se vytváří spinový angulární moment. Ten je charakterizován magnetickým momentem „ μ “ a je podobný magnetickému poli v okolí magnetu. Jelikož lidské tělo obsahuje 60 % vody (u plodu až 80 %), v níž je obsažen vodík, je pro zobrazení magnetické rezonance nejvýhodnější.

Protony jsou kladně nabitě částice, často přirovnávané k magnetům, protože jejich magnetické pole obsahuje dva protilehlé póly (severní a jižní). Protony mají vlastnosti, díky kterým se mezi sebou párují. Pokud se protony spárují, jejich magnetické momenty vymizí a dále působí nemagneticky. Proto se MR využívá pouze za předpokladu lichého počtu protonů. Rezonanční frekvence je dána magnetickým polem okolí protonu, které se vytváří díky jeho rotačnímu pohybu, kdy proton rotuje po své ose. Tento pohyb nazývá spin. (Seidl a kolektiv 2007, s 51 - 54)(Válek a kolektiv 1996, s 5-7)

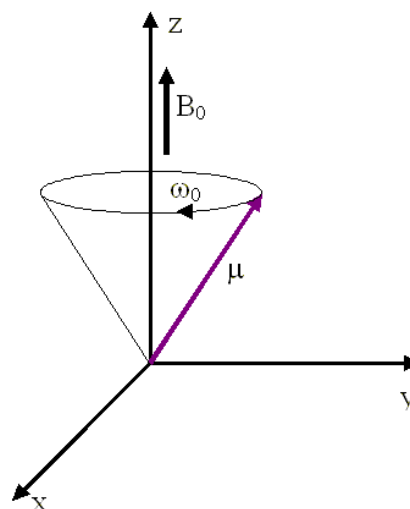
Obrázek 12 – Schéma pohybu protonu



(<http://fmri.mchmi.com/>)

Protony vykonávají dva typy pohybu. Prvním pohybem je již zmíněný rotační pohyb dle vlastní osy, na obrázku označené jako osa z. Druhým pohybem je precesní pohyb. Tento pohyb se vyjadřuje jako pohyb po pomyslném plášti kužele. (Seidl a kolektiv 2012, s. 52 – 53) (Výzkumná skupina při LF MU v Brně 2008)

Obrázek 13 – Pohyby protonu

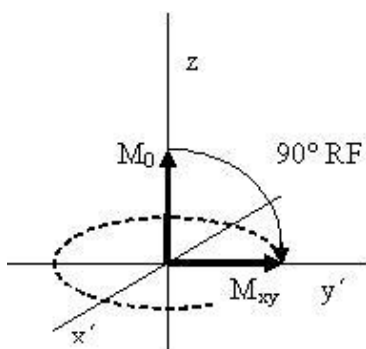


(<http://fmri.mchmi.com/>)

Frekvence precesního pohybu se nazývá Larmorova frekvence. Tato frekvence závisí jak na intenzitě magnetického pole, tak na typu atomového jádra. Pro vodík činí 42,58 MHz/T.

K tkáňové magnetizaci dochází pomocí radiofrekvenčních impulzů. Na vyznačených osách x a y je umístěn detektor, který přijímá signál jinak nazývaný jako FID (free induction decay). Když radiofrekvenční impuls přestane působit, celý systém se z vybuzeného stavu vrátí do stavu původního. Dojde k relaxaci. Přebytkovou energii protony uvolňují do okolní tkáně (pomyslné strukturální mřížky). Časová konstanta určující, jak rychle se protony vrátí z vybuzeného stavu do původního, jak rychle obnoví svoje paralelní uspořádání, se označuje jako T1 (podélná relaxace). Dobu, za kterou dojde k vymizení příčné tkáňové magnetizace, označujeme jako příčný relaxační čas T2. Čas T1 je vždy delší než čas T2. Velikost relaxačních časů je podmíněna fyzikálními vlastnostmi tkáně. (Výzkumná skupina při LF MU v Brně 2008)(Roztočil a kolektiv 2008, s. 73- 74)

Obrázek 14 – Tkáňová magnetizace



(<http://fmri.mchmi.com/>)

Sekvence MRI

Dvěma základními sekvencemi uplatňovanými při zobrazování magnetickou rezonancí, je spin-echo sekvence (SE) a gradient-echo sekvence (GRE).

Spin-echo sekvence se skládá z 90° pulsu, který je za určitou dobu, kterou označujeme jako TE/2 (TE = time to echo) následován 180° pulsem, který funguje jako pružná stěna, od které se protony odráží při své precesi zpět. Za stejnou dobu (TE/2) získáme na přijímacím zařízení silný signál – echo.

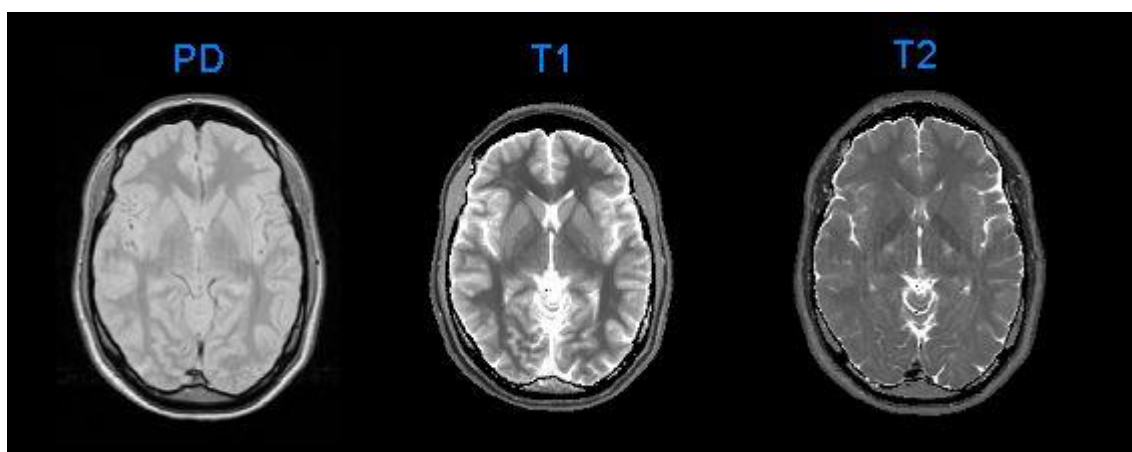
U gradient-echo sekvencí využíváme přídatných magnetických gradientů, navíc 90° puls je nahrazován pulsem mezi $10^\circ - 60^\circ$. Tyto sekvence jsou velmi rychlé, zároveň však citlivé na homogenitu magnetického pole. Označují se taktéž jako field-echo (FE) sekvence, případně fast field-echo (FFE).

Speciálními sekvencemi odvozenými od gradient-echo sekvencí jsou sekvence typu EPI (Echo Planar Imaging), používané pro získání difuzně vážených obrazů a v technikách funkční magnetické rezonance. Tyto sekvence již mají své specifické použití, jsou jistou nadstavbou a ve své práci je dále nerozvádím.

Obraz MR vzniká na podkladě různého počtu protonů, relaxačních časů T1 a T2 a různých fyziologických pohybů (dýchání, proudění krve v cévách). Jako vyšetřovací sekvence označujeme techniky vzniku MR obrazu.

T1 vážený obraz (T1W image) slouží především k anatomickému zobrazení. Z důvodu dlouhé doby T1 relaxace se voda na výsledném obrazu jeví tmavou barvou - hyposignální. Zatímco tuk s krátkým T1 relaxačním časem dává vysoký signál - je hypersignální - a jeví se bílou barvou. T1 křivka zobrazuje podélnou složku magnetizace, při které se energie protonu vyzařuje energií do okolního prostředí. V průběhu T1 relaxačního času dochází k zpětné velikosti M_z na 63 % velikosti původní.

Obrázek 15 – Porovnání obrazů



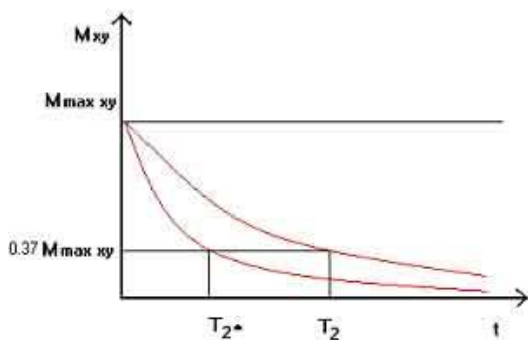
(<http://fmri.mchmi.com>)

Na T2 vážených obrazech jsou naopak zřetelně viditelné patologické léze, obsahující větší množství vody. Čím delší je doba relaxace, tím se zvyšuje síla signálu. Voda má zde vysoký signál, tak jako tuk, tudíž je zbarven do bíla – je hypersignální. T2 křivka zobrazuje naopak příčnou složku magnetizace, při které dochází k spin-spinové relaxaci, udává exponenciální čas, za který dojde k poklesu velikosti M_{xy} na 37 % svého maxima. (Seidl a kolektiv 2012, s. 55 – 58)(Výzkumná skupina při LF MU v Brně 2008) (Vomáčka, Nekula, Kozák, 2012, s. 51)

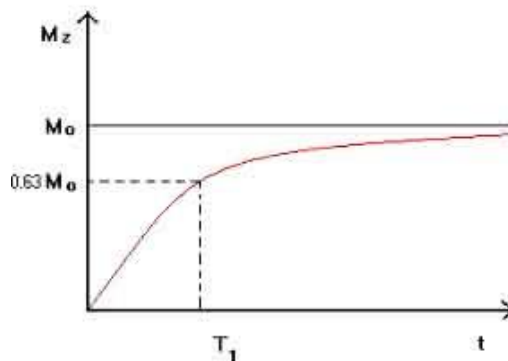
Proton-denzitně vážený obraz (PDW image) je definován jako obraz závislý na množství protonů v tkáni. Je to obraz, který je nejvíce podobný obrazu z CT vyšetření. Získáváme jej v době, kdy už rozdíly v T1 vlastnostech tkání nebudou vyjádřeny a T2 vlastnosti tkáně se ještě nestihnou projevit.

Dalšími sekvencemi užívanými v každodenní praxi jsou inverzní sekvence – inversion recovery (IR). Tyto sekvence potlačují signál tuku. Jedná se o gradient-echo sekvence s inverzním pulsem, selektivně potlačujícím signál tuku (SPIR, SPAIR – u přístroje Philips, FAT-SAT u přístrojů Siemens) nebo vody (FLAIR sekvence) nebo o speciální samostatnou sekvenci STIR, která vychází z T2 váženého času a potlačuje signál v tkáních s podobným relaxačním časem jako tuk. Potlačením tuku, který by mohl překrýt signál patologií obsahujících vodu tak zvyšují diagnostickou úroveň a zpřesňují diferenciaci diagnostickou rozvahu během vyhodnocování.

Obrázek 16 -T1 křivka,



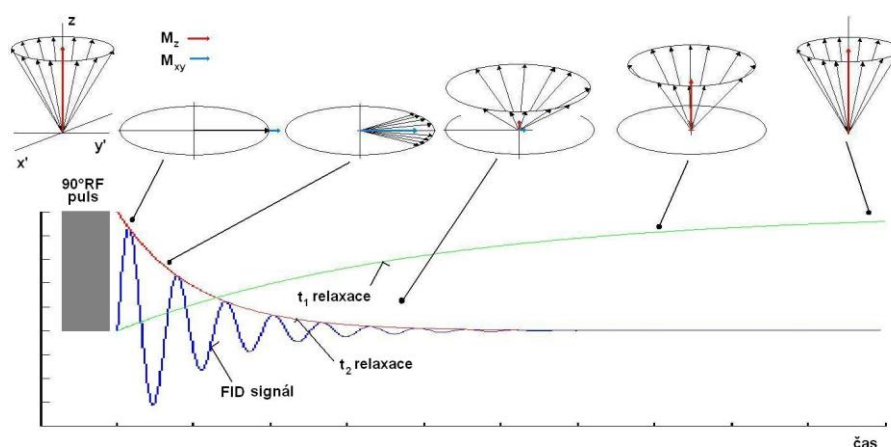
Obrázek 17 -T2 křivka



(<http://fmri.mchmi.com/>)

Na obrázku je znázorněno schéma magnetických momentů, které nastávají po dodání RF impulzů. Nejprve dochází k magnetizaci rovnoběžné k ose x a y. Rozdíl mezi T2 a T1 je v čase. T2 jsou rychlejší nežli T1 časy, které relaxují pomaleji. Rovnoběžný stav nastává, když se magnetizace vrátí zpět k ose z. (Výzkumná skupina při LF MU v Brně 2008)

Obrázek 18 – Magnetický moment



(<http://fmri.mchmi.com/>)

4.5.1 Příprava k vyšetření MR

Obecné

Lékař vystaví pacientovi žádanku a popř. objedná na vyšetření. Indikující lékař vyplní s pacientem informovaný souhlas s vyšetřením MR, kde je popsáno, jak bude vyšetření probíhat a dále pak kontraindikace k vyšetření. Pokud jde pacient na vyšetření, kde je zapotřebí speciální příprava dostane od lékaře bližší informace.

Farmaka podávané při MR

- Buscopan – způsobuje relaxaci hladké svaloviny, a snižuje peristaltiku střev. Kontraindikacemi podání je zelený oční zákal či zvýšený nitrooční tlak.

- Kontrastní látky – neboli sloučeniny těžkého kovu – Gadolinia. Zkracuje T1 relaxační čas a tím zvyšuje signál v T1 vážených sekvencích. V tkáních, které jsou KL nasyceny.

Rizikem KL je přítomnost samotného Gadolinia – těžkého kovu, který při kumulaci v organismu může poškozovat tkáň.

Typy sloučenin – lineární – molekuly jsou vázány lineárně

-cyklické – molekuly vytváří složité vzájemné vazby – jsou stabilnější, a proto je gadolinium výrazně pevněji vázáno a nedochází k uvolňování do organismu.

Pokud se při vyšetření podává kontrastní látka měl by být pacient na lačno jinak je zde riziko pocitu na zvracení či samotné zvracení. Proto pacienti s onemocněním diabetes mellitus se objednávají v ranních hodinách, právě z důvodu lačnosti. Protialergická příprava se nemusí provádět s výjimkou předešlé alergické reakce na paramagnetickou kontrastní látku.

Pacient by měl být poučen o délce vyšetření, o způsobu provedení vyšetření a o případné spolupráci s radiologickým asistentem. Spolupráce je nutná při vyšetřeních břicha, kdy jsou prováděny některé sekvence v nádechu. Pokyny ohledně nádechů jsou pacientovi dávány přes mikrofon. (Seidl a kolektiv 2012, s. 76)

Volba cívky

Při vyšetření MR se používá soustava cívek. Cívky dělíme na objemové, celotělové a povrchové.

Konstrukce cívek

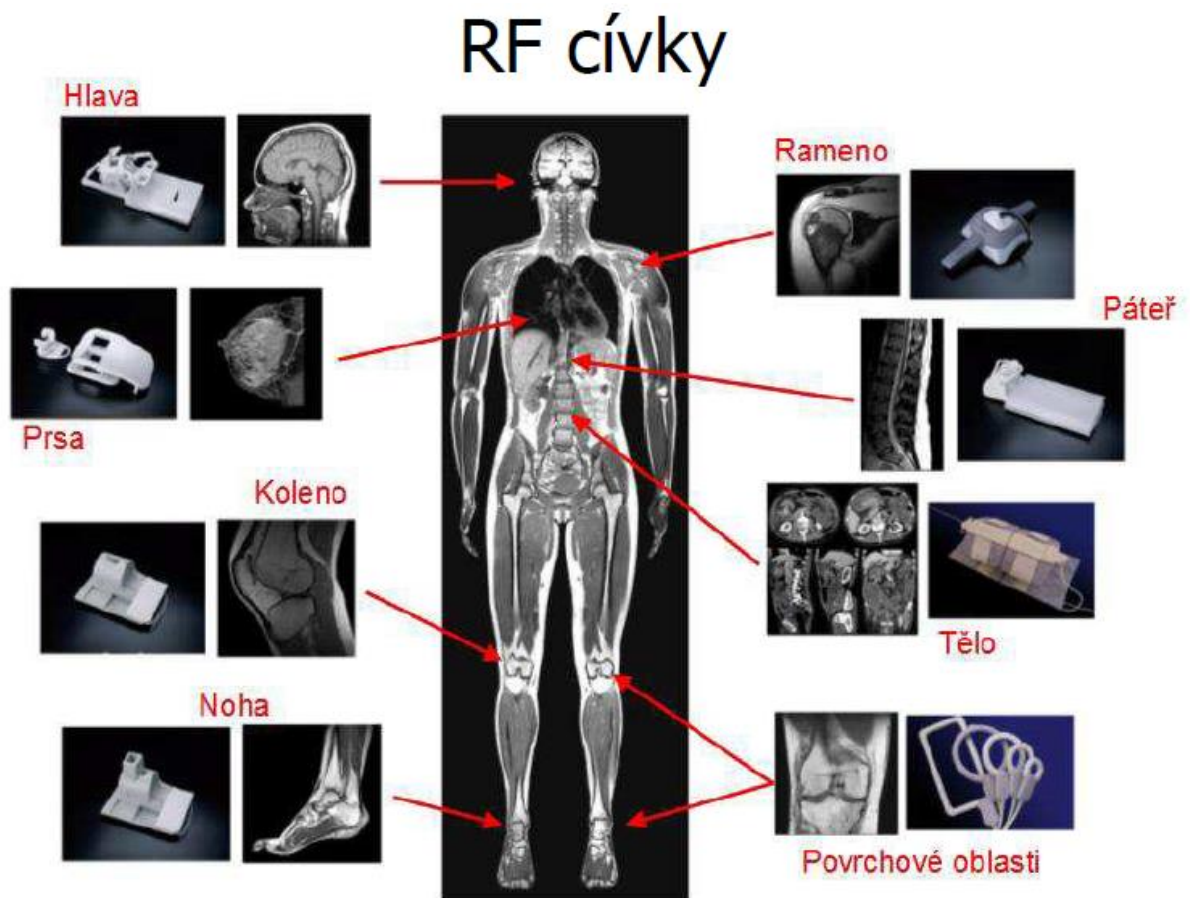
Radiofrekvenční cívky slouží jako přijímač nebo vysílač RF signálu. RF vlnění rezonuje s larmorovou frekvencí a dodává energii protonům, kterou po skončení RF impulzů zpětně vyzáří a tím informuje o struktuře vyšetřované tkáně.

- 1) Celotělové cívky (vysílací i přijímací) – obepínají celé tělo
- 2) Objemové – obepínají vyšetřovanou oblast
- 3) Povrchové cívky (pouze přijímací) – přikládají se na povrch těla

Povrchové cívky se přikládají na vyšetřovanou oblast, mají specifický tvar i velikost, aby se co nejvíce podobaly vyšetřované oblasti a působily tak z co nejmenší vzdálenosti.

Existuje cívka hlavová, ramenní, zápěstní, prsní, páteřní cívka, srdeční, břišní – XL torzo (využívá se i na vyšetření pánve či stehna), kolenní, kotníková, flexi – ohebná cívka, speciální hlavová – cévní cívka, cívka na angiografii atd.

Obrázek 19 – Základní druhy cívek magnetické rezonance



(www.medmuni.cz)

Kontraindikace

Absolutní kontraindikace

Implantovaný kardiostimulátor nebo defibrilátor, ponechané elektrody po deplataci kardiostimulátoru nebo defibrilátoru, aneurymatické cévní svorky- pokud není písemně doložena MR kompatibilita, elektronické implantáty (kochleární, inzulinová pumpa) – pokud

není doložena MR kompatibilita, kovová cizí tělesa z jiného než prokazatelně nemagnetického kovu – intrakraniální.

Relativní kontraindikace

Stenty, žilní filtry, kovový embolizační materiál méně než 6 týdnů po implantaci – pokud není doložena MR kompatibilita, kloubní náhrady, osteosyntetický materiál a dentální implantáty méně než 6 týdnů po implantaci – pokud není písemně doložena MR kompatibilita, kloubní náhrady a osteosyntetický materiál se známkami uvolňování.

(www.crs.cz)

Klaustrofobie neboli stav velké či nesnesitelné úzkosti z uzavřeného prostoru. První možností jak zvládnout vyšetření u pacienta trpící klaustrofobií, je přizvání jeho blízké osoby na vyšetření. Tato osoba pak komunikuje s pacientem po celou dobu vyšetření a je přítomna v jeho blízkosti. Pro tuto osobu poté platí stejná pravidla jako pro vyšetřovanou osobu. Pokud pacient nezvládne vyšetření ani s blízkou osobou, hledá lékař další možnosti jak vyšetření provést. Další volbou je utlumení pacienta pomocí léků, či jeho úplné uspání. V tomto případě pak musí být u vyšetření přítomen ARO tým pro kontrolu pacientových základních životních funkcí. Tato varianta lze individuálně řešit farmakologicky i u těhotných žen, avšak s ohledem na možnou intoxikaci plodu. (Seidl a kolektiv 2007, s. 59) (Caldá a kolektiv 2010)

Těhotenství se také řadí mezi kontraindikace k vyšetření. Záleží však v jakém období těhotenství se žena nachází. Vyšetření na magnetické rezonanci se nedoporučuje u žen v 1. trimestru těhotenství. To především z důvodu vysokého energetického přenosu (SAR) do těla matky a nadměrného hluku pro plod.

Uložení do MR

Pacientku vyzveme do kabinky a zkontrolujeme dokumentaci k vyšetření, žádanku a informovaný souhlas s vyšetřením. Dále ji požádáme, aby se svlékla do spodního prádla a oblékla se do jednorázového empíru, který má připravený vždy každá pacientka v kabině. Po svléknutí pacientky se ujistíme, zda na sobě nemá žádné kovové předměty apod. Pokud se při vyšetření bude podávat kontrastní látka napíchneme pacientce flexilu, abychom měli připravený žilní přístup. Připravíme cívku dle typu vyšetření a pacientku vyzveme, aby si lehla do určené vyšetřovací polohy. Do ruky dáváme balónek, který při jakémkoliv problému paci-

entka zmáčkne a přivolá tak pomoc obsluhy MR. Na uši pacientky dáváme proti hluková sluchátka nebo špunty do uší dle zvyklosti oddělení. Pacientku upozorníme, že je nutné, aby se nehýbala.

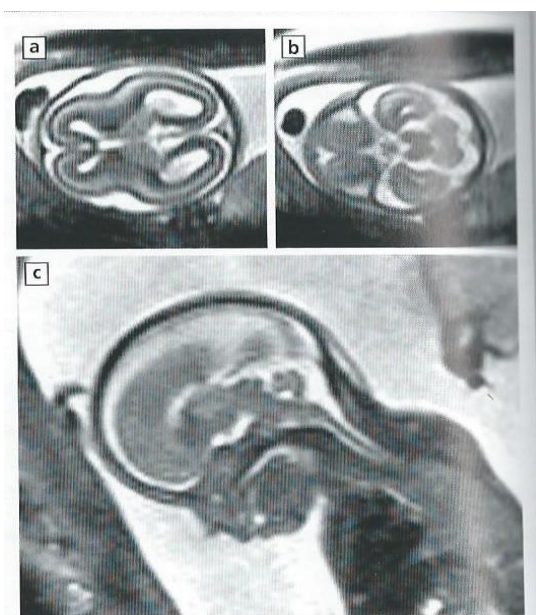
4.5.2 Postup a provedení MR vyšetření

K zobrazení plodu se těhotná žena položí na záda na část cívky a druhá část cívky se přiloží na její břicho. U tohoto vyšetření se využívají fast sekvence, především T2 a T1 vážených obrazů. Nejprve se provedou tzv. Survey sekvence, které nasnímají snímky v základních třech rovinách během třiceti sekund. Takto se získají základní anatomické informace a přesná poloha plodu. Jelikož se plod v těle matky neustále pohybuje, musí být následné sekvence naplánované rychle a přesně. Vždy se plánují další sekvence už na sekvenci předešlou.

Příklady konkrétních sekvencí a průběhu vyšetření je přiblížen v kasuistikách v kapitole č. 5.

Na dalším obrázku je vyšetřován mozek plodu pomocí T2 vážených sekvencí. Těhotná žena je v 20. týdnu těhotenství. Na levém a pravém horním snímku je hlavička plodu snímána v axiální rovině, zatímco na dolním snímku označeným písmenem c, je snímek prováděn v sagitální rovině. (Calda a kolektiv 2010, s. 376)

Obrázek 20 – Zobrazení mozku plodu



(Calda a kolektiv 2010, s. 376)

4.6 Predispozice zjištěných vad

4.6.1 Klinická genetika

Předpoklad vrozené vývojové vady se zjišťuje už pomocí Klinické genetiky. Tento medicínský obor se jako jediný zabývá vyšetřením jak těhotné ženy, tak i celé její rodiny. Proto se také jako první zjišťuje tzv. osobní a poté rodinná anamnéza. Zjištění těchto anamnéz je důležitou součástí pro zjištění rizika vrozených vývojových vad plodu.

Obor Klinické genetiky se zabývá především etiologií neboli příčinami poruch. Zjišťuje se, jakým způsobem je možné zabránit genetickému onemocnění. Nejdůležitější je časné zjištěné genetické dispozice jedince. Určení příčiny je často nejtěžším úkolem. Z klinického pohledu se příčiny mohou dělit do několika skupin, nejčastěji do tří. Jedná se o etiologii heterogenní, determinující faktory genetické, ale i negenetické. Proto je také diagnostika genetických vad složitá a velmi náročná na čas. Určení příčin je také důležité jak z hlediska zjištění typu dědičnosti, tak i k určení členů rodiny, kterých se genetické onemocnění týká, a k dalším řešením pomocí prenatální diagnostiky. Vše záleží na časném zjištění a na prevenci.

Možnost nechat se testovat by měla být v každém okrese. Z doporučení WHO vyplývá, že by měla být alespoň jedna genetická ambulance na 200 000 obyvatel.

(Maříková a kolektiv, 2013, s. 5-6) (Hájek a kolektiv 2000, s. 26,35)

4.6.2 Výpočet genetického rizika

Pravděpodobnosti vrozené vývojové vady u jedince se dá zjistit dle výpočtu genetického rizika, a dle obecných pravidel dědičnosti.

Počítá se každý jedinec postižený autosomálně dominantní chorobou, která může postihovat vždy každou generaci bez ohledu na pohlaví. Proto rizika vrozené vývojové vady u dítěte, jehož rodič je postižen takovou chorobou, je s 50% pravděpodobností přenosu. U dalších generace se poté riziko snižuje na 25% a s postupně přibývajícimi generacemi se snižuje. Výpočet není závislý na laboratorních testech. (Maříková a kolektiv 2013, s 9, 18)

4.6.3 Onemocnění matky

Další typ poruchy vývoje plodu souvisí s přítomností určitých onemocnění matky. Vzhledem k tomu, že matka a plod jsou vzájemně propojeni pomocí placenty, vzniká tak rizi-

ko, že prenatální vývoj dítěte bude narušen z důvodu choroby matky. Odezva na onemocnění matky se může projevit jak v prenatálním, tak v postnatálním vývoji plodu. Mezi nejčastější choroby těhotných se řadí např.: diabetes mellitus neboli cukrovka. Dále onemocnění hyperfunkce kůry ledvin či myotonická dystrofie. (Hájek a kolektiv 2000, s 27-29)

4.6.4 Příbuzenské sňatky

Dalším důvodem jsou příbuzenské sňatky, kdy se riziko vypočítává pomocí koeficientu příbuznosti a koeficientu pokrevnosti. Tyto genetické vývojové vady jsou nadále přenášeny z generace na generaci. I zde se riziko snižuje výpočtem pomocí Mendelových zákonů. (Maříková a kolektiv 2013, s 23-29)

4.7 Bezpečnost provedení

4.7.1 Bezpečnost UZ

K vytvoření UZ obrazu se využívá UZ sonda. Tato sonda využívá odrazu a rozptylu k vytvoření obrazu. Fyzikální účinky UZ se dělí do tří skupin.

- 1) tepelné účinky
- 2) kavitace
- 3) další mechanické účinky

První skupinou jsou tepelné účinky UZ, kdy při absorpci UZ vln se energie přeměňuje na teplo. Velikost přeměny je závislá na velikosti absorpčního koeficientu. Vysoký koeficient je především v kosti, zatímco za nízký je udávána plodová voda. Zvýšení teploty je závislé od typu tkáně, intenzitě UZ a na vyšetřovacím čase. Bezpečná teplota je do 37°C. Teplota 39,5°C je riziková především pro embryo v prenatální diagnostice pokud působí déle než pět minut.

Druhou skupinou je kavitace. Při ní vznikají bubliny v tekutém prostředí. Kavitace se dělí na přechodnou a stálou. Stálá kavitace nastává, pokud se dutina naplní plynem a při působení UZ energie se zvětšuje. Bublina zaniká při vysokých teplotách.

Přechodná kavitace vzniká v závislosti na mechanickém indexu (MI) tkáně. Prahová hodnota je závislá od typu tkáně. Hodnota MI se vypočítá jako poměr akustického tlaku UZ a dvakrát odmocněnou frekvencí. Riziková hodnota MI pro plod je 1,9. Z toho důvodu je snaha zkrátit vyšetřovací čas především u zobrazení plic a střev plodu.

U UZ se dále hodnotí tepelný index (TI), který je definovaný jako poměr akustické energie UZ potřebné k zvýšení teploty o 1°C. Riziko poškození nastává při hodnotě TI 4. Pro plod je riziková již hodnota 2,5. Nárůst tepla je individuální a závislý od typu tkáně. TI se dělí do tří skupin.

- 1) tepelný index pro měkké tkáně (TIS)
- 2) tepelný index pro lebeční kost (TIC)
- 3) tepelný index pro kost (TIB)

TIS se využívá pro měkké tkáně, především při vyšetření v 1. trimestru těhotenství.

TIC se využívá pro lebeční kost při transkraniálních vyšetření.

TIB se využívá pro kosti v blízkosti měkkotkáňových struktur. Využití má především v prenatalní diagnostice, kdy se vyšetřují plody v 2. a 3. trimestru. Vyšetřuje se pohybový aparát plodu. (<https://sonoworld.com>) (<http://www.ssum.sk>)

4.7.2 Bezpečnost MRI

Bezpečnostní rizika se odlišují pro matku a pro plod. Riziko pro těhotné ženy je identické jako pro ženu, která těhotná není. Z toho důvodu se všechny ženy vyšetřují nejprve na UZ. Bezpečnost plodu je zaměřená na teratogenní účinky a na možné poškození sluchu. Doposud však nebyly prokázány žádné škodlivé účinky jak pro plod, tak pro matku. Důležité je však dodržovat doporučené postupy a sekvence. Při vyšetřování plodu je žádoucí udržovat co nejnižší energetickou absorpci tkáně (SAR) a tím minimalizovat tepelný vliv RF pulzů. Stejně tak je možné použít sekvenci se sníženou úrovní zvukových projevů. (<https://radiology.ucsf.edu>)

4.8 Invazivní metody

V prenatalní diagnostice se invazivní metody využívají pouze při podezření lékaře na vrozenou vývojovou vadu plodu či jiných komplikací. U těchto diagnostických metod se zvyšuje riziko potratu plodu. Při invazivních zobrazovacích metodách se jehla zavádí do těla matky, což umožňuje odebrat vzorek plodu a plodové vody. Celé vyšetření je vždy prováděno pod ultrazvukovou kontrolou. Mezi nejčastější invazivní metody se řadí amniocentéza, biopsie choria a kordocentéza. Naopak méně známou a využívanou metodou je fetoskopie. (Smith 2006, s. 155 – 158)

4.8.1 Amniocentéza

Amniocentéza, neboli odběr plodové vody se většinou provádí v II. trimestru (15. – 16. týden těhotenství). Odběr u těhotných žen se uskutečňuje velmi často z diagnostických důvodů. Těhotné ženy toto vyšetření podstupují nejčastěji z rodinné anamnézy genetických poruch u potomků a nepříznivým výsledkům. Kterým je narozený potomek, má diagnostikovanou vrozenou vývojovou vadu, či matka nebo otec, které již dosahují rizikového věku pro těhotenství. Pro matku je uváděn věk nad 35 let a pro otce nad 45 let věku. (Hájek a kolektiv 2000, s. 145 – 148) (Hájek a kolektiv 2004, s. 63)

4.8.2 Biopsie choria

Odběr vzorku z placenty se provádí již od ukončeného 9. týdne těhotenství. Celé vyšetření je prováděno pod UZ kontrolou. Indikace jsou především věk matky a také vyšetření DNA u plodu.

Biopsie se dělí na časnou a pozdní. Časná se provádí v období od 9. – 12. týdne těhotenství. Zatímco pozdní se provádí až po 12. týdnu těhotenství. Prvotní výsledky jsou zpracovány do 48 hodiny a konečné výsledky jsou k dispozici již do sedmi dnů. (Hájek a kolektiv 2004, s. 64 – 65) (Hájek a kolektiv 2014, s. 104 – 105)

4.8.3 Kordocentéza

Kordocentéza je odběr krve plodu, který se provádí z pupečnicku pod UZ kontrolou. Punkce se provádí až v průběhu 20. týdne těhotenství. Do té doby není pupečník dobře viditelný pod UZ. Po odběru se fetální krev zkoumá v laboratoři, která diagnostikuje výsledek nejpozději do 72 hodin od provedení odběru (Hájek a kolektiv 2014, s. 106 – 109) (Hájek a kolektiv 2004, s. 65 – 66)

4.8.4 Fetoskopie

Fetoskopie je to méně využívaná vyšetřovací metoda, která se provádí u těhotných žen v II. trimestru, což je v 17. – 20. týdnu těhotenství. Provádí se pomocí speciálního endoskopu – fetoskop, který obsahuje vláknitou optiku. Ta umožňuje přímo vidět plod, především jeho tvar, velikost a polohu v děloze. Tato vyšetřovací metoda je však pro dítě velmi nebezpečná a může dojít i k předčasnému porodu či dokonce k úmrtí plodu. Proto se již v současné době provádí ve zcela výjimečných případech a je nahrazována jinými neinvazivními zobrazovacími metodami. (Uher 1980, s 68 – 71)

4.9 Problematika zobrazení plodu

Nejčastějším problémem při zobrazování plodu je jeho pohyb.

V I. trimestru se plod nevyšetřuje hlavně z důvodu jeho velikosti. Plod ještě není dostatečně veliký pro jeho zobrazení a jeho pohyb je velice rozmanitý díky dostatku místa v děloze.

V II. trimestru je již plod větší, ale neustálé pohyby plodu zhoršují kvalitu obrazu právě přítomností pohybových artefaktů. Pokud je plod klidný, je možné i vyšetřovací sekvence velice dobře naplánovat. Vyšetření pak trvá okolo dvaceti minut. Jsou však případy, kdy plod je neustále v pohybu a zachytit ho či naplánovat potřebnou sekvenci je velmi složité. Poté je čas tohoto vyšetření daleko delší a může dosahovat až ke čtyřiceti minutám, což je i pro matku velice náročné.

Velkým problémem při zobrazení plodu je obezita matky. Obézní ženy se lépe než ultrazvukem vyšetřují na magnetické rezonanci. Je to však limitováno průměrem gantry MR přístroje. Pokud se žena přirozeně nevejde do přístroje, není možné ji na magnetické rezonanci vyšetřit. Tento problém však nastává i u maminek, které sice netrpí obezitou, ale v průběhu těhotenství se zvětšil obvod břicha. V kombinaci s cívkou, která se využívá na vyšetření plodu na magnetické rezonanci, se opět do přístroje nevejde.

Dalším, i když relativním problémem, je klaustrofobie matky. Pokud se žena necítí ve stísněných prostorech dobře, jedná se o komplikaci při vyšetření. Tato komplikace se však dá řešit po předešlé konzultaci s lékařem. Lékař tak může naordinovat farmakologickou přípra-

vu, po které je žena schopna vyšetření absolvovat. Opět je však nutné, zvážit možnou toxicitu pro plod. (poznámky z praxe)

5 Kazuistiky

Data pro zpracování kazuistik poskytla Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem.

Vyšetření

1. Případ – žena 34 let

Indikace k vyšetření – MR se zaměřením na obličejovou část plodu z důvodu rozštěpu rtu l. sin.

Postup – vyšetření bylo zhotoveno v Haste a TrueFisp skenech ve 3 základních rovinách cíleně na obličejovou část plodu.

Haste a TrueFisp skeny jsou speciální pro přístroj MR od značky Siemens. Značka Philips má skeny jiné, a to BTFE a T2 TSE.

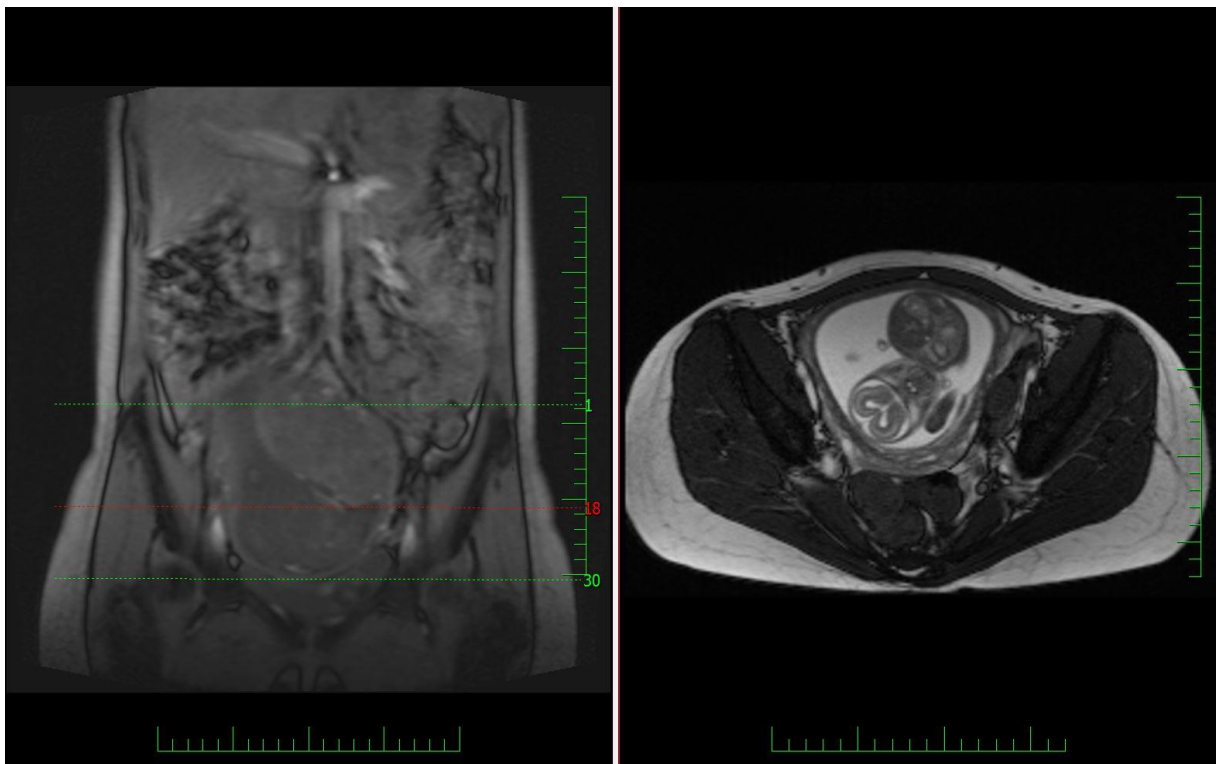
Haste – T2 vážené sekvence s potlačením tuku, kdy se tekutina jeví jako světlá. Používané u vyšetření cyst či orgánů jako žlučníku (např. pro zjištění cystického ložiska).

TrueFisp – T2 rychlé vážené sekvence.

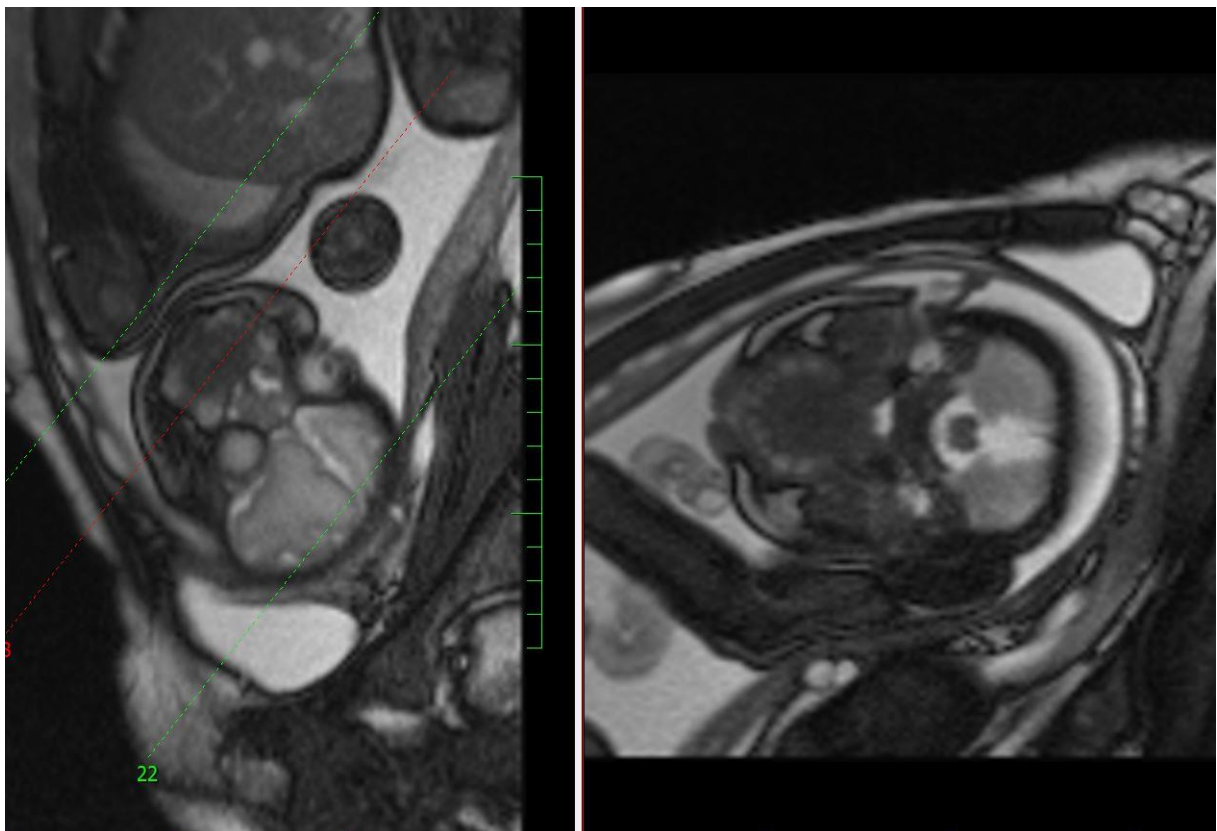
Tabulka 1 – Vyšetřovací protokol pro 1.pacientku

Provedená série	Počet snímků	Zobrazení v rovinách
1 – zobrazení základní polohy plodu – stanovení tzv.: lokalizéru	6	3 koronárně 3 transverzálně
2	20 T2 trufi Bh (nádechová sekvence)	20 transverzálně
3	23 T2 trufi Bh	23 transverzálně
4	23 T2 trufi Bh	23 koronárně
5	24 T2 trufi Bh	24 transverzálně
6	23 T2 trufi Bh	23 koronárně
7	22 T2 trufi Bh	22 sagitálně
8	22 T2 haste Thin (tenký úsek náběru dat)	22 koronárně
9	27 T2 haste Thin	27 koronárně

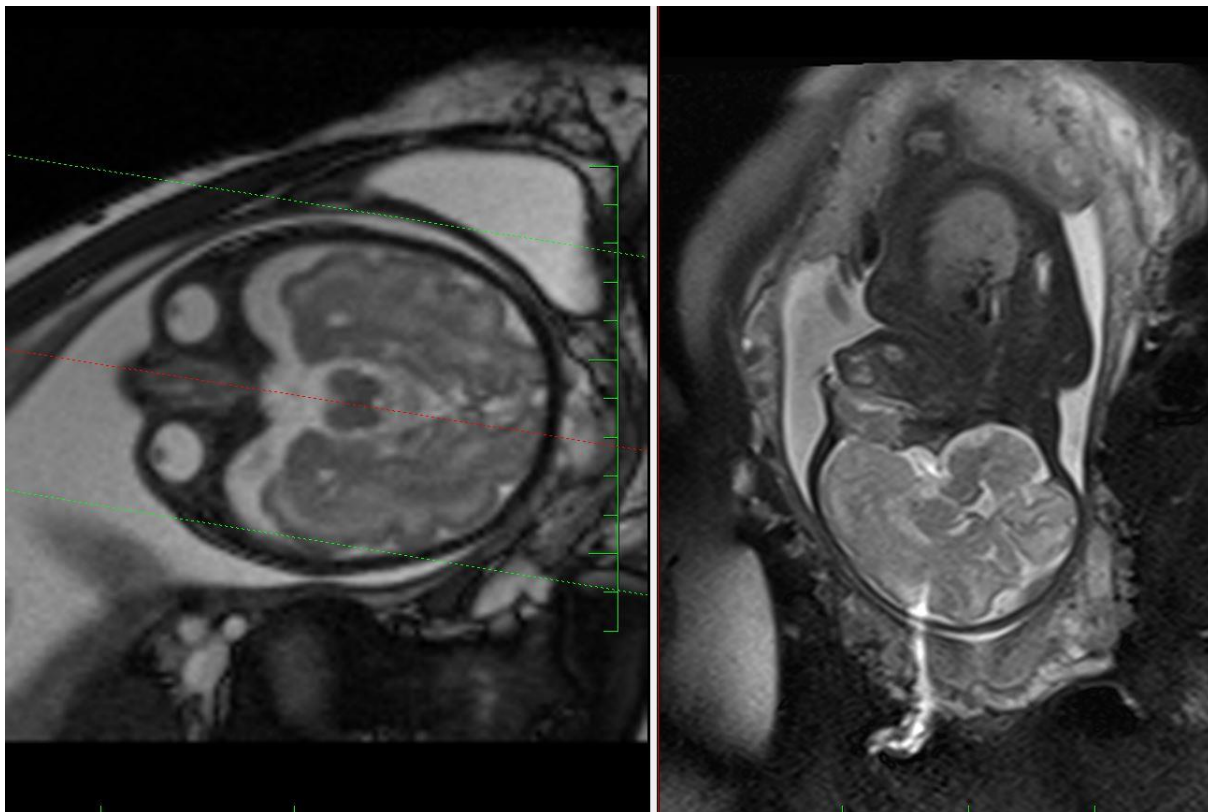
Obrázek 21 – Z lokalizéru vytvořený transverzální řez



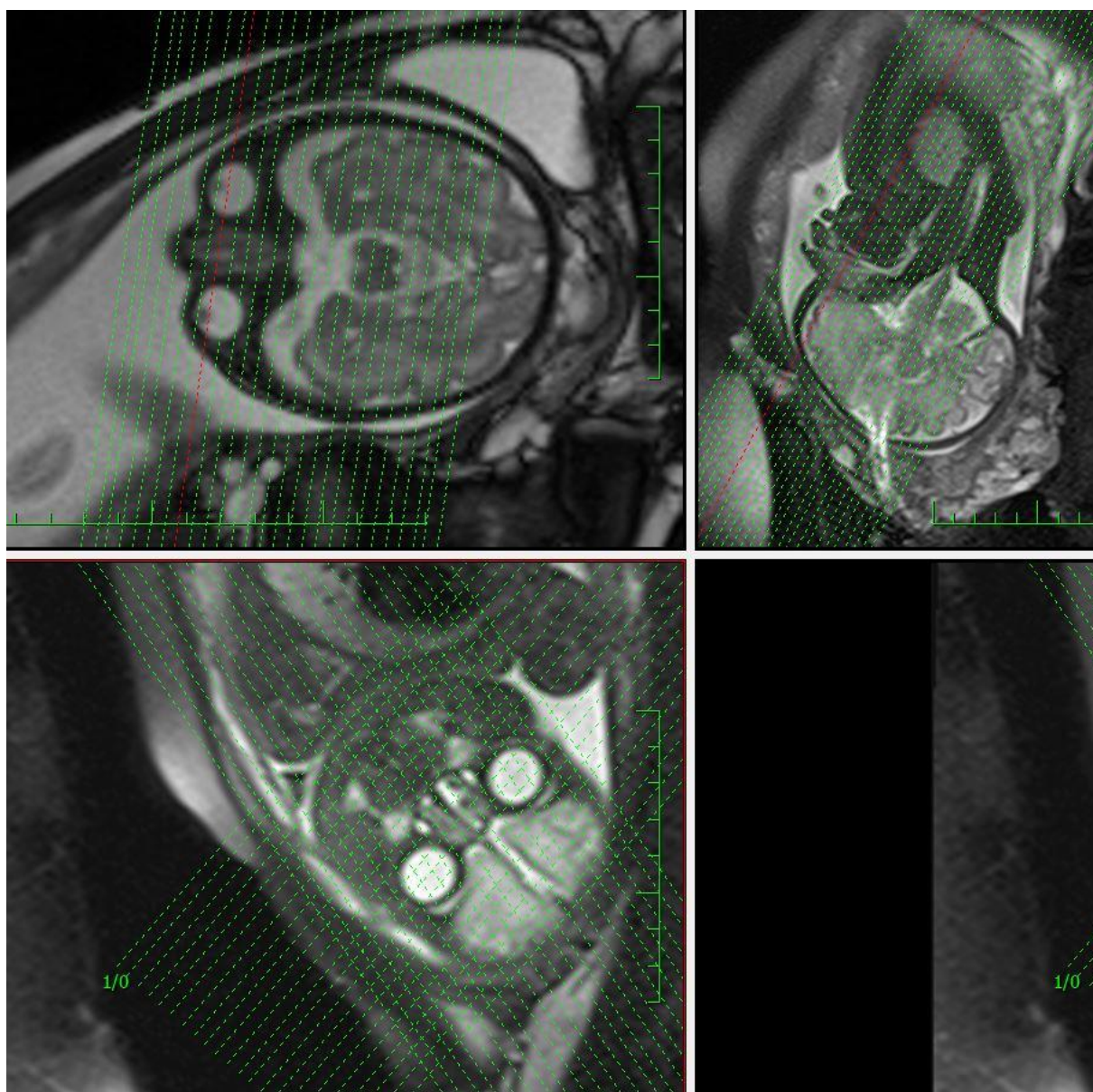
Obrázek 22 – Z koronárního snímku vytvořen transverzální obraz



Obrázek 23 – Z transverzálního snímku vytvořen sagitální řez



Obrázek 24 – Přehled centrací



Závěr – Byl zjištěn drobný rozštěp horního rtu vlevo v rozsahu max. 2 mm, nezasahující do dásně či patra. Jiné změny obličeje, ani zachycené části mozku nebyly prokázány.

2.Případ – žena 38 let

Indikace k vyšetření – MR vyšetření plodu se zaměřením na oblast sacra a malé pánve – již provedený ultrazvuk, kde byla nalezena vlevo od sacra hyperechogenní rezistence ve velikosti 9 mm.

Postup - vyšetření bylo zhotoveno v Haste a TrueFisp skenech ve třech základních rovinách cíleně na oblast břicha plodu.

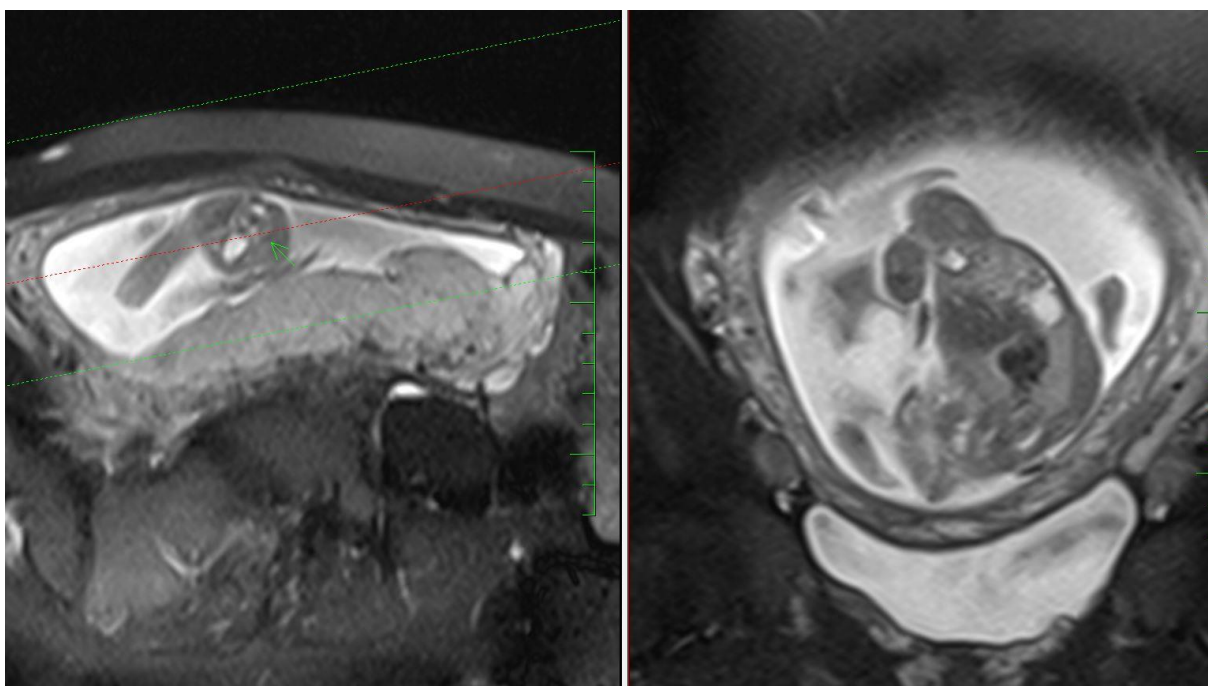
Tabulka 2 – Vyšetřovací protokol pro 2.pacientku

Provedená série	Počet snímků	Zobrazení v rovinách
1 - zobrazení základní polohy plodu – stanovení tzv.: lokalizéru	6	3 koronárně 3 transverzálně
2	30 T2 trufi Bh	30 transverzálně
3	20 T2 trufi Bh	20 koronárně
4	30 T2 trufi Bh	20 transverzálně
5	20 T2 trufi Bh	20 sagitálně
6	20 T2 trufi Bh	20 koronárně
7	20	20 sagitálně

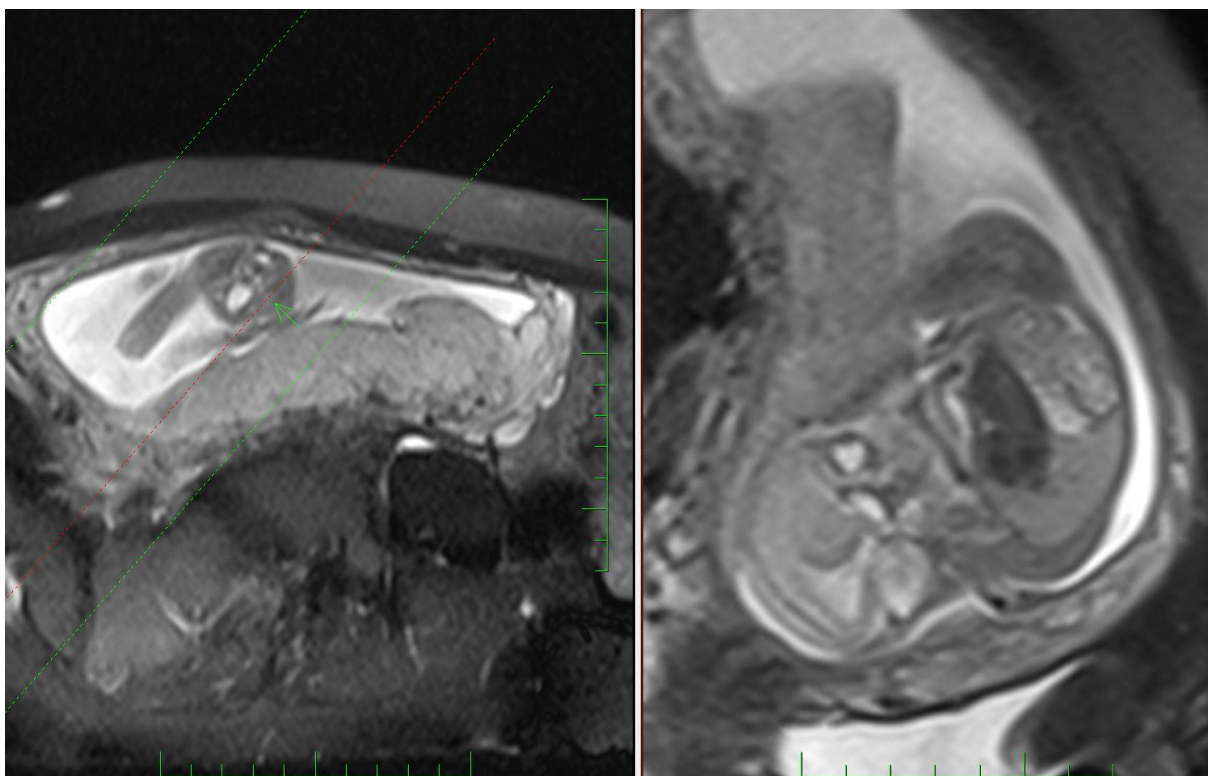
	T2 trufi Bh	
8	20 T2 haste Thin	20 koronárně
9	20 T2 haste Thin	20 koronárně
10	20 T2 haste Thin	20 koronárně
11	20 T2 haste Thin	20 koronárně
12	20 T2 haste Thin	20 koronárně
13	20 T2 haste Thin	20 koronárně
14	64 T1 flash Podán kontrast	64 sagitálně

V 90% se vyšetřuje u těhotných morfologie plodu bez kontrastní látky. V tomto případě byl zjištěn teratom a z toho důvodu byla použita kontrastní látka. Pokud je to nezbytně nutné, může se gadoliniová kontrastní látka podat i těhotným ženám, a to v co nejmenším potřebném množství k vyšetření. (<http://www.esur.org>)

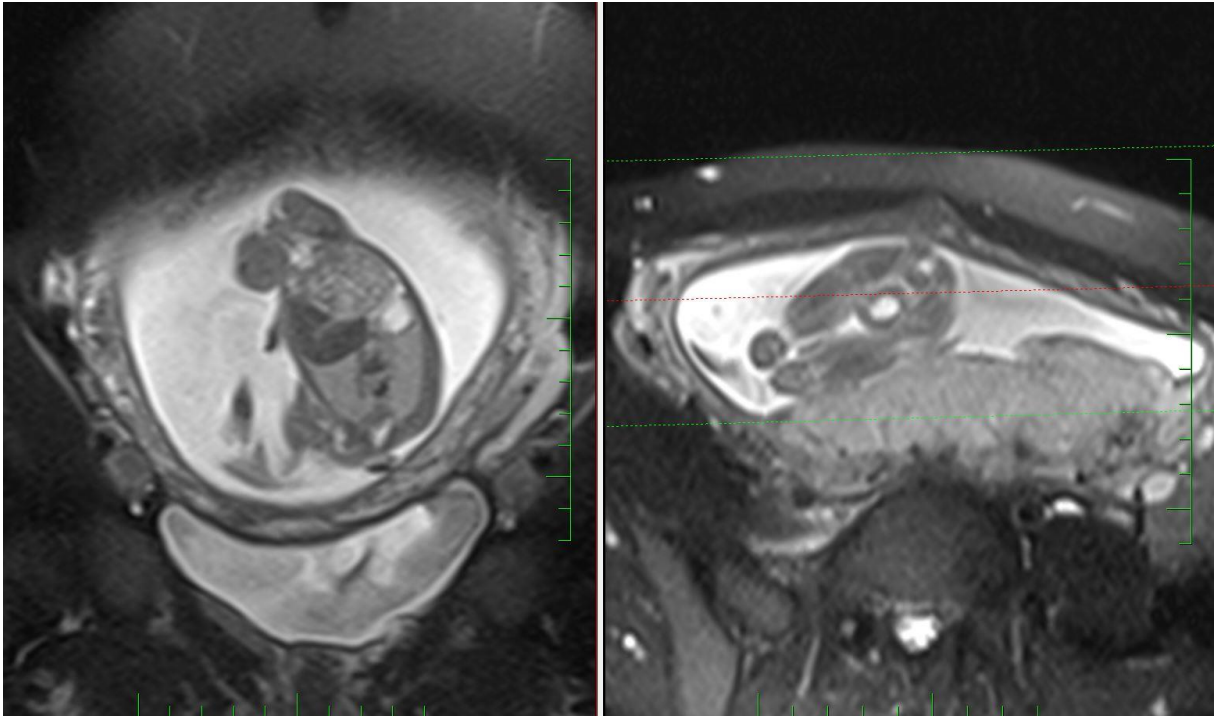
Obrázek 25 –Nález v transverzální rovině převeden na koronární rovinu



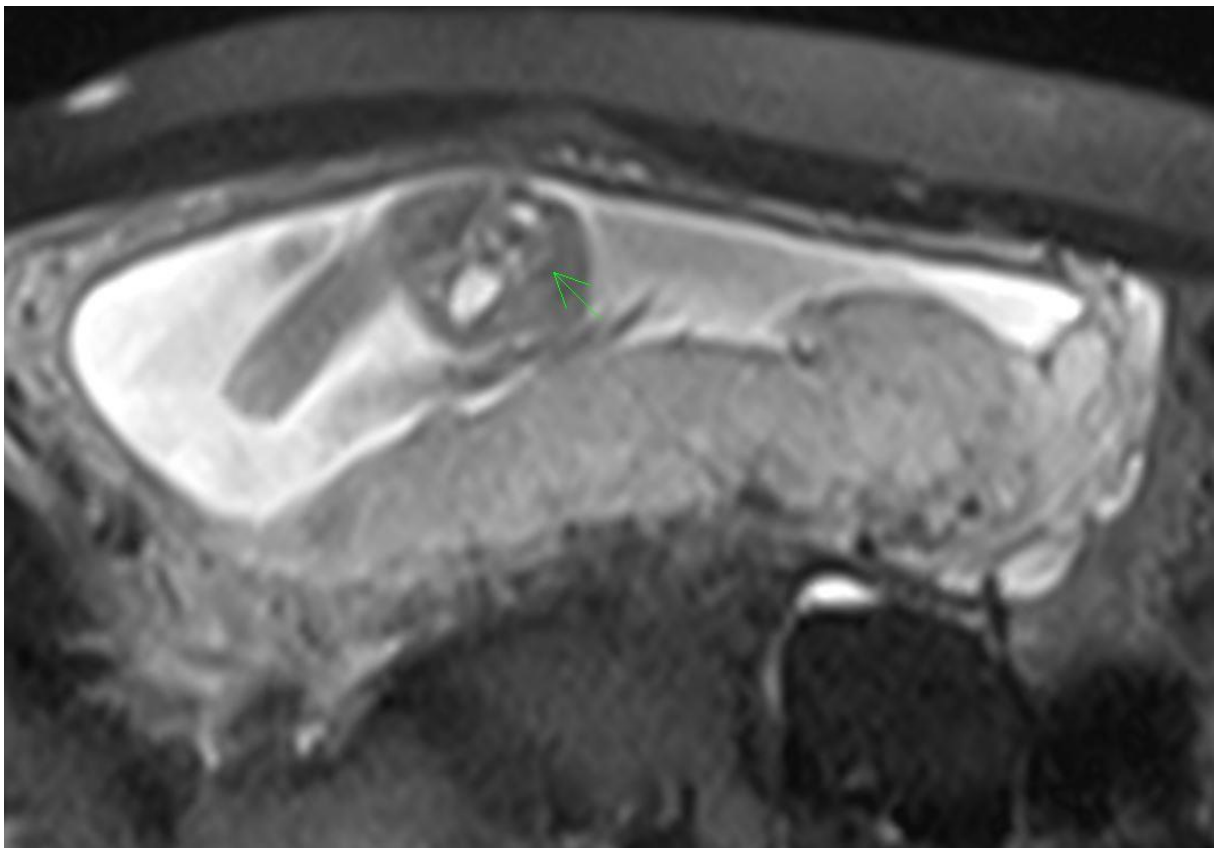
Obrázek 26 – Nález v transverzální rovině převeden do sagitální roviny



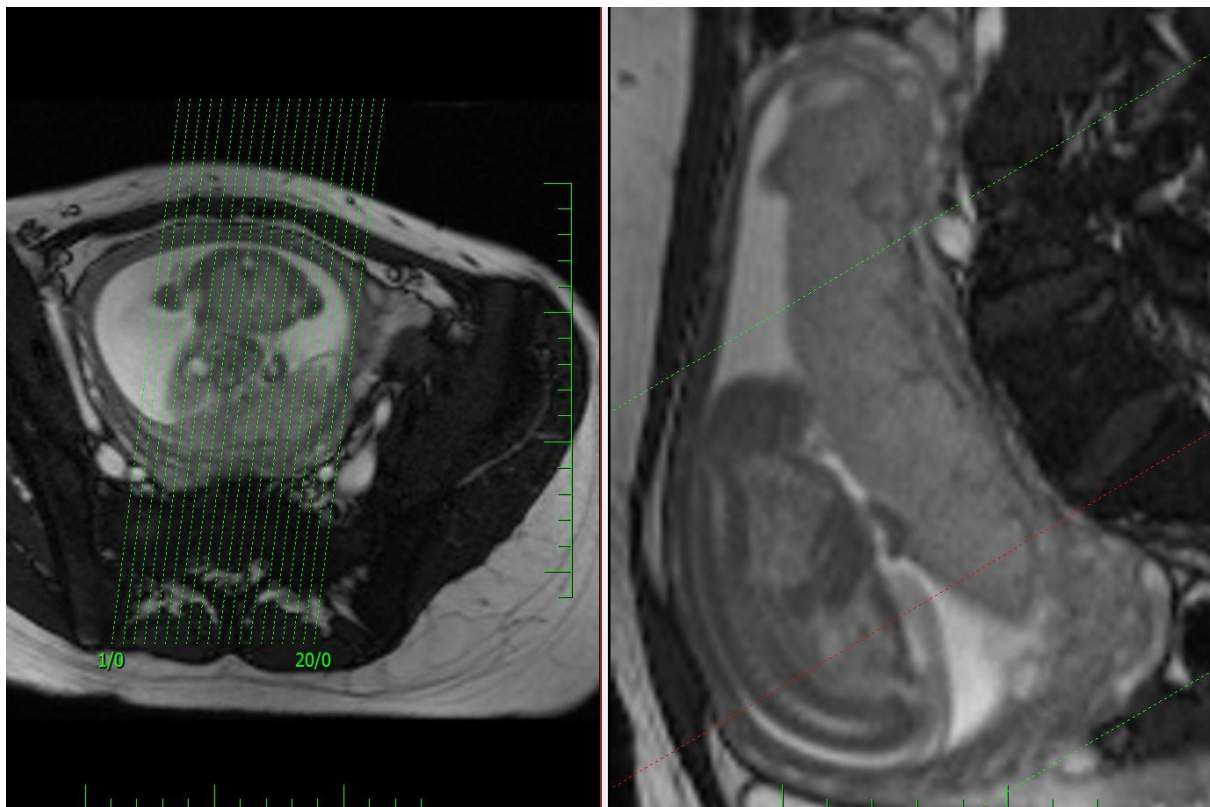
Obrázek 27 – Nález



Obrázek 28 – Nález s potlačením tuku



Obrázek 29 –Centrace



Závěr – ve shodě s UZ metodou byl presakrálně vlevo oválný útvar velikosti 9x9x6 mm, byl na hranici rozlišitelnosti, isotenzní až lehce hypointenzní. Nasedá na massa lateralis ossis sacri vlevo. Vzhledem k nižší intenzitě spíše teratom. Obě ledviny, močový měchýř, játra, žaludek i žlučník bez zjevných patologických změn.

3.Případ – žena 29 let

Indikace k vyšetření – MR plodu se zaměřením na oblast ledvin. Na UZ zjištěna hypoechogenita nad ledvinami. Podezření na Polandův syndrom.

Polandův syndrom je vzácné vrozené onemocnění, které se projevuje určitými tělesnými deformacemi.

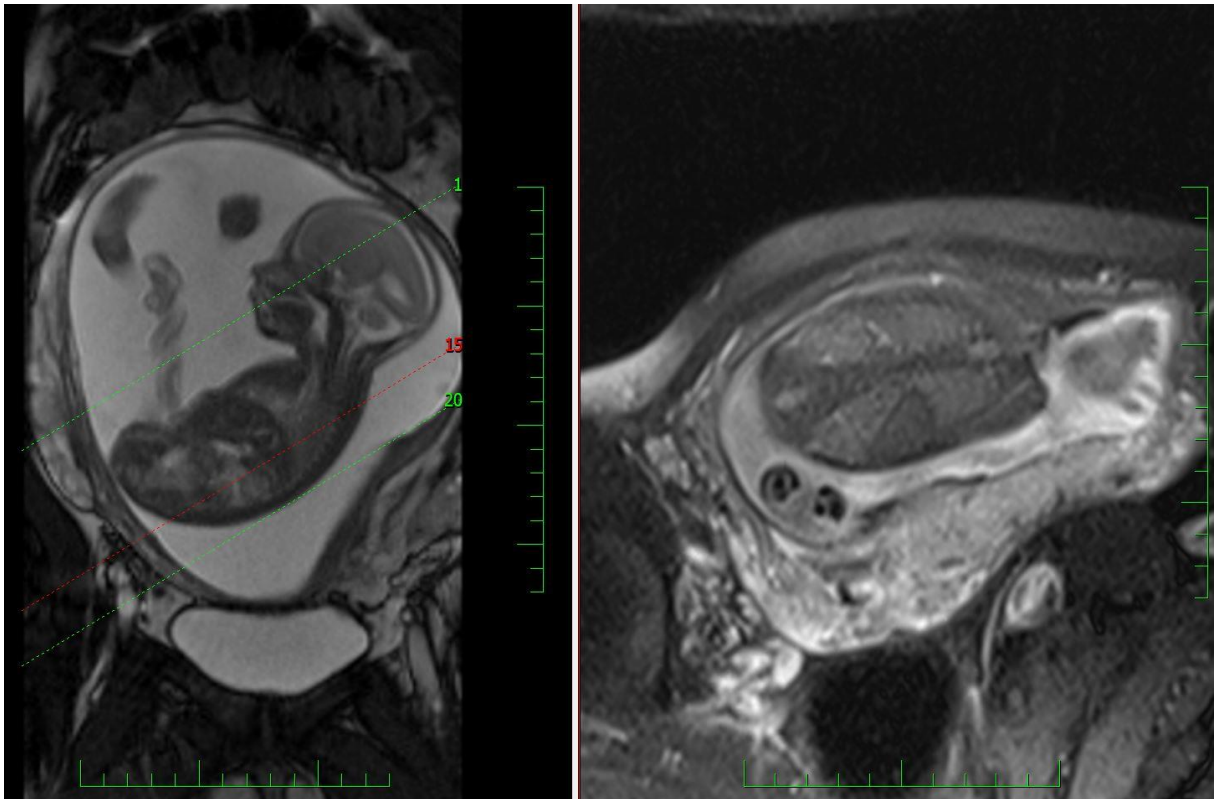
Postup – vyšetření bylo provedeno nativně v HASTE a TrueFisp ve 3 základních rovinách, T1WI cíleně na dutinu břišní.

Tabulka 3 –Vyšetřovací protokol pro 3.pacientku

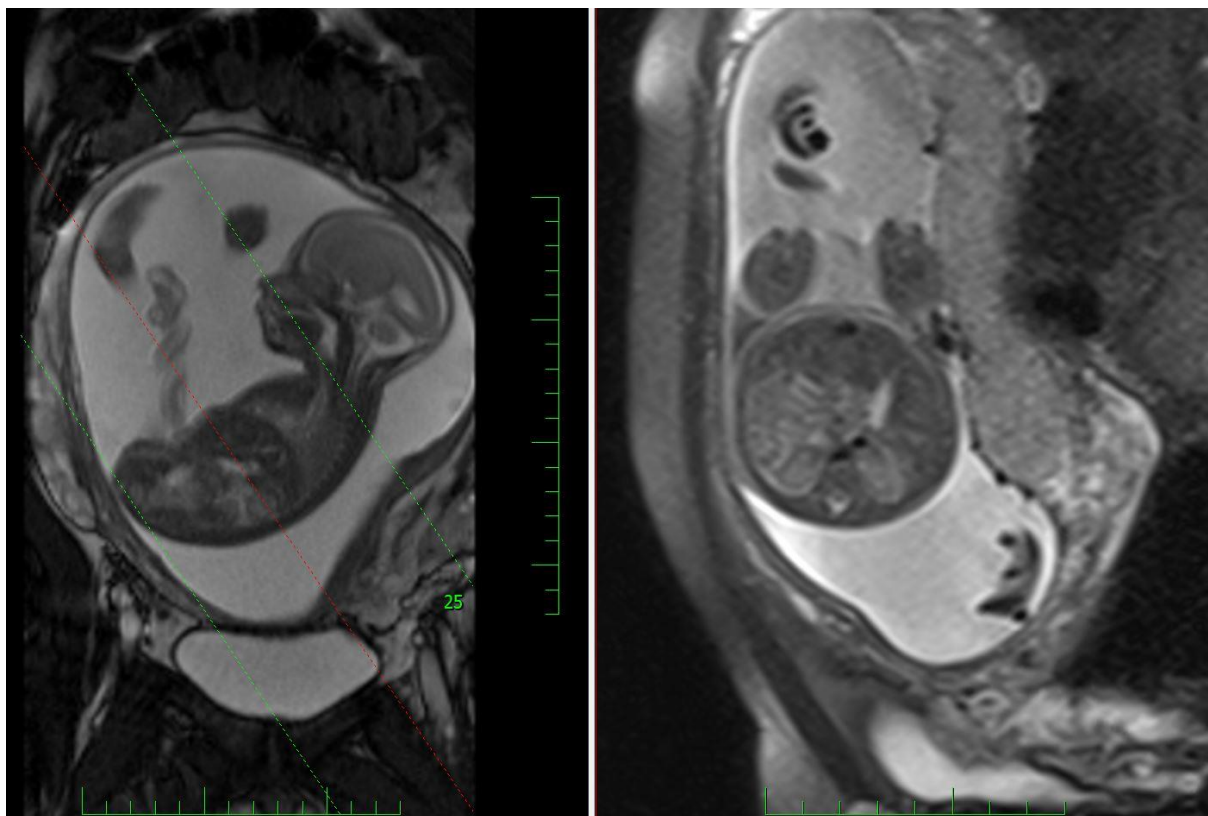
Provedená série	Počet snímků	Zobrazení v rovinách
1 - zobrazení základní polohy plodu – stanovení tzv.: lokalizéru	6	3 koronárně 3 transverzálně
2	30 T2 trufi Bh	30 transverzálně
3	20 T2 trufi Bh	20 koronárně
4	25 T2 trufi Bh	25 sagitálně
5	20 T2 haste Thin	20 koronárně
6	25 T2 haste Thin	25 koronárně

7	25 T2 haste Thin	25 koronárně
8	56 T1 3D Podán kontrast	56 koronárně

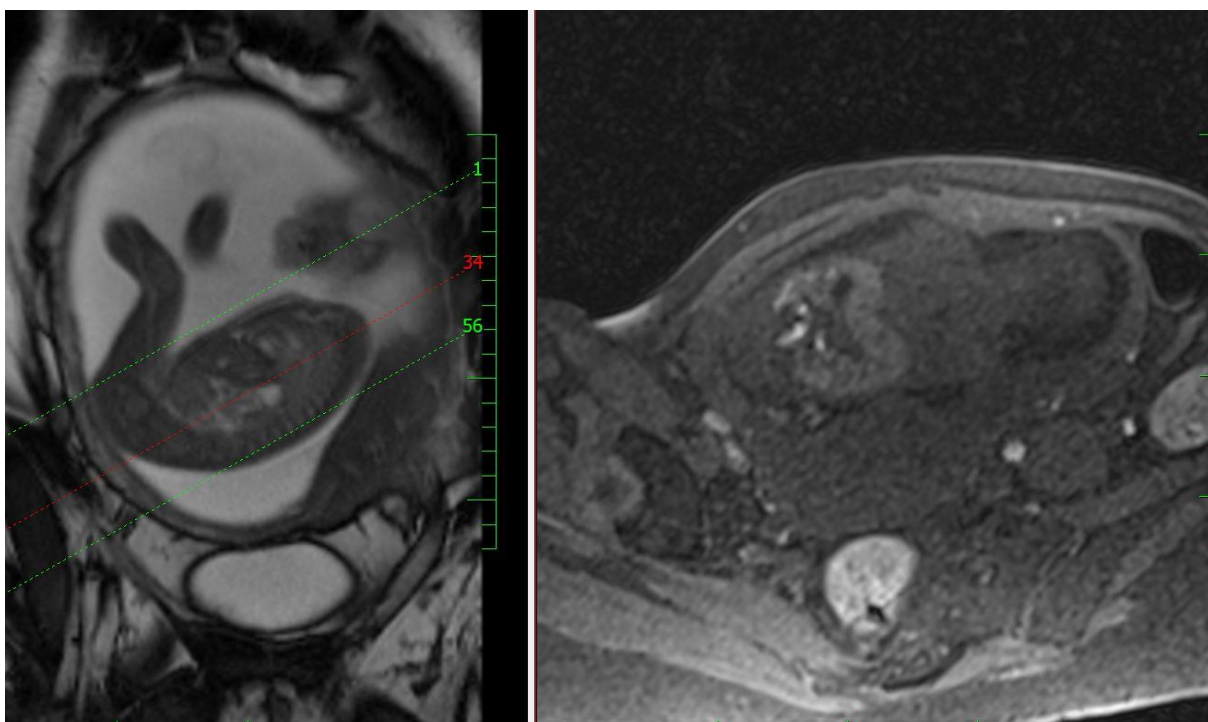
Obrázek 30 – Ledviny coronární řez na sagitální



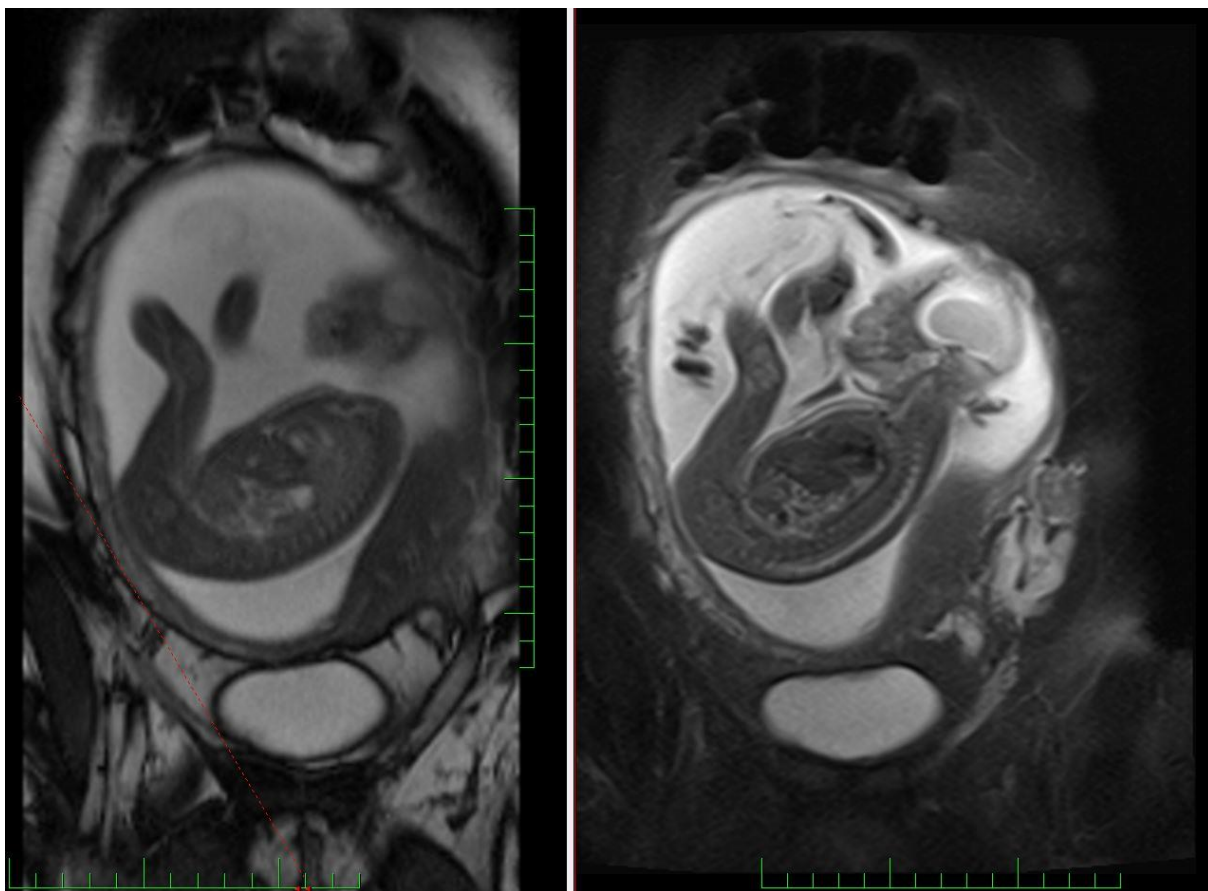
Obrázek 31 – Sagitální řez na transverzální obraz



Obrázek 32 – T2 s potlačením tuku a T1 bez potlačení tuku a přidání KL



Obrázek 33 –T2 s potlačením tuku a T2 bez potlačení tuku



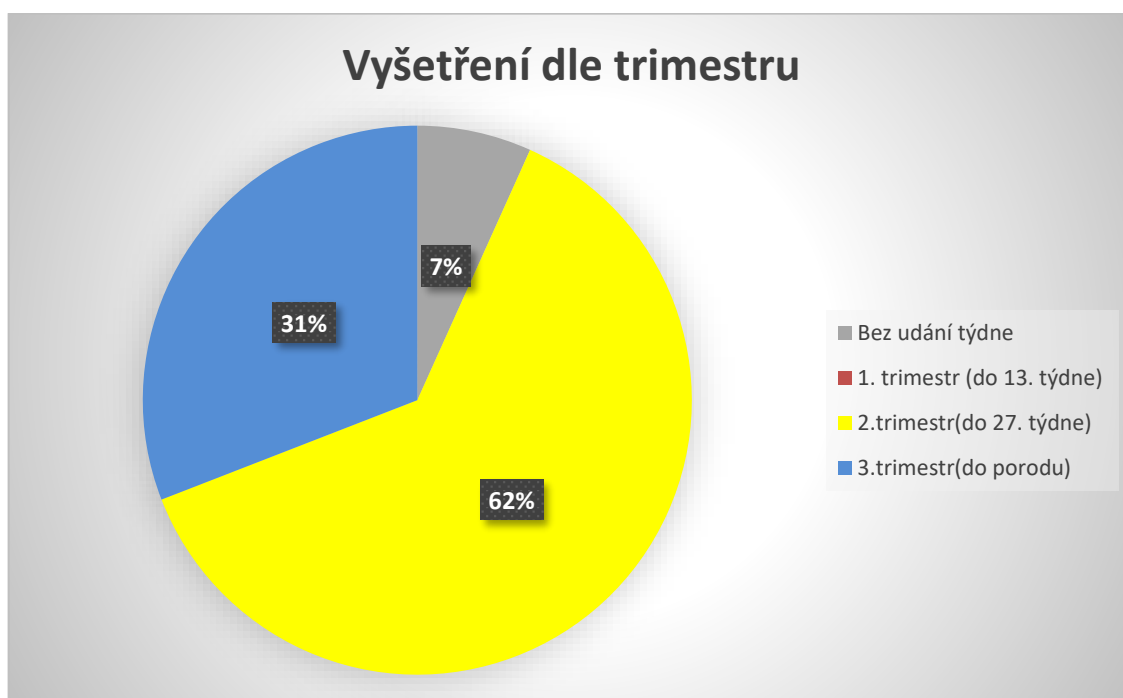
Závěr – v děloze je jeden plod, placenta je na zadní stěně. Orgány dutiny břišní se zobrazují přiměřeně, bez zjevné expanze. V oblasti nad ledvinami také bez přesvědčivých ložiskových změn. Žaludek a močový měchýř jsou patrné. Bez výpotku v dutině břišní. Orientačně hrudník, mozek, páteř jsou bez patologických změn.

6 Statistika

6.1 Základní statistické údaje

Magnetická rezonance je doplňková metoda, která často potvrdí indikace zjištěné na UZ. Počet pacientek, které podstoupily toto neinvazivní vyšetření, rok od roku stoupá. Celkový počet vyšetřených za rok 2014 – 2016 je 176 pacientek. Tento počet byl datován ve Fakultní nemocnici v Motole na největším dětském radiodiagnostickém oddělení v České republice. Z tohoto oddělení jsou všechna data, která jsem dále zpracovávala ve své praktické části. Z celkového počtu 176 žen bylo 72 pacientek datováno v roce 2014. Dalších 90 pacientek bylo vyšetřeno v roce 2015. Zbýlých 15 pacientek bylo na vyšetření v prvních třech měsících tohoto kalendářního roku. Jsou to již vysoké počty žen, které jsou indikovány pro toto vyšetření. Přes velký přínos není prenatální diagnostika pomocí MRI poskytována ve všech nemocnicích. Nejčastěji je to z důvodu velkých nároků na zkušenost pracovníků, dále z vysoké náročnosti tohoto vyšetření.

Obrázek 34 – Období těhotenství při vyšetření



Na předchozím grafu je znázorněno, v jakém období těhotenství se nacházely ženy, které v tu dobu podstupovaly vyšetření na MRI. Nulová hodnota, která vyšla v období I. trimestru je z důvodu toho, že se vyšetření v takovém to stadiu řadí mezi kontraindikace.

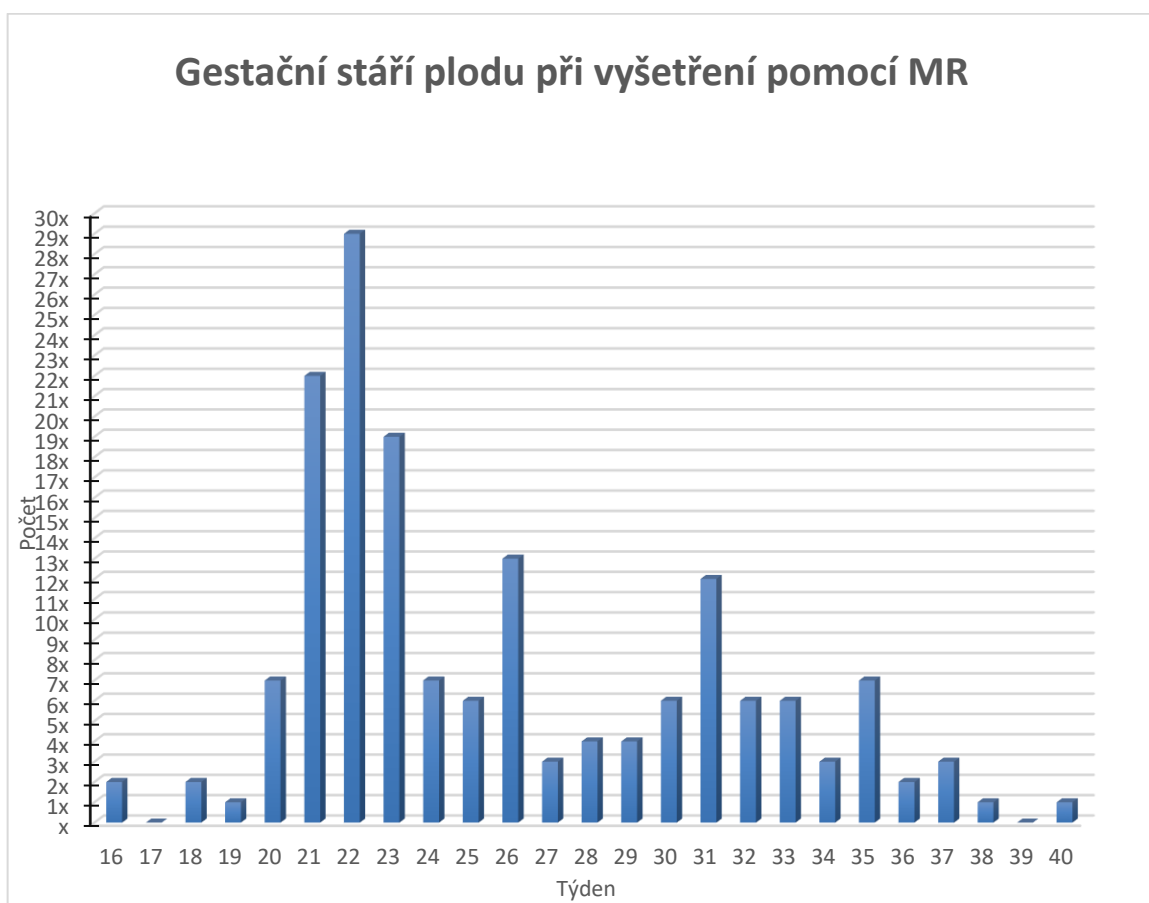
Nejvíce žen bývá vyšetřeno ve II. trimestru těhotenství. V tomto období přišlo na vyšetření celkem 111 těhotných žen. Ve III. trimestru bylo 55 vyšetřených žen. V grafu je vyobrazeno i 12 případů, kterých nebyl zaznamenán přesný týden těhotenství.

6.1.1 Stáří plodu při vyšetření na MR

Na následném grafu jsou uvedena data, která se vztahují ke stáří plodu. Na podélné ose je vyobrazeno stáří plodu, ve kterém bylo vyšetření provedeno. Tento graf částečně doplňuje i graf předchozí, který byl zaměřen na určitý trimestr, ve kterém se těhotná žena nacházela. Tento graf se vztahuje pouze na plod, kdy je jeho stáří rozděleno do jednotlivých týdnů.

Druhá osa znázorňuje počty plodů. Nejvíce plodů bylo vyšetřeno ve stáří 22. týdne, kdy byl celkový počet 29. Celkově bylo vyšetřeno nejvíce plodů do 24. týdne. Pokud těhotná žena podstoupila toto vyšetření a byla prokázána závažná genetická vada plodu, je na matčině rozhodnutí, zda chce v těhotenství pokračovat. Do 24. týdne může dle zákona matka přerušit těhotenství právě z prokázání závažného rizika či onemocnění.

Obrázek 35 – Gestační věk plodu



6.1.2 Nejčastěji diagnostikované případy VVV

V následující tabulce jsem rozdělila vady vyšetřených plodů podle lokalizace postižení, a to na oblast hlavy, krku, hrudníku, břicha a celotělového postižení.

V oblasti hlavy je dále rozlišeno postižení centrálního nervového systému (CNS) a obličejové části plodu. Postižení CNS je zde potvrzeno u největšího počtu vyšetřených těhotných.

Z dalších lokalizací byl zaznamenán vyšší počet případů postihujících plod v oblasti břicha. Patologie v oblasti břicha byly také druhé nejčastěji vyšetřované.

Poslední částí mého rozdělení je celotělové postižení. Není to postižení, které bylo časté, ale jeho zjištění může také vést k fatálním důsledkům v období těhotenství. Toto celotělové postižení je rozdělené ještě o postižení skeletu. Postižení kosterní soustavy je v této skupině nejvíce zastoupené.

Tabulka 4 – Rozdělení vad plodu do orgánových skupin

Zasažená část	Celkové množství patologií	Přesnější rozdělení	Počet patologií
Hlava	V 64 případech	CNS	56x
		Obličej	8x
Krk	V 2 Případech		
Hrudník	V 15 případech		
Břicho	V 53 případech	Git	13x
		UGT	16x
		Dutina břišní	24x
Celotělové	V 8 případech	Parenchym	2x
		Skelet	6x

V níže vyobrazené tabulce 5 jsou již rozdělené části těla a vypsané nejčastěji se opakující diagnózy. Tabulka je stejně jako tabulka 4 rozdělená do pěti hlavních skupin. Těchto pět skupin je dále rozděleno přesněji. Novými údaji v tabulce je rozdělení na typy diagnóz. Jsou

zde vypsány typy s nejvyšším počtem výskytu ve zkoumaném vzorku. Konkrétní počet je pak uveden v posledním sloupečku.

U celotělových onemocnění byla ve vzorku velká variabilita postižení, blíže jsem je tedy nerozpracovávala. Takovéto VVV jsou u plodů velmi neobvyklé a jsou diagnostikovány velmi zřídka.

Tabulka 5 – Přesnější rozdělení všech diagnóz

Zasažená část	Přesnější rozdělení	Jednotlivé diagnózy	Počet diagnóz	
Hlava	CNS	Megacisterna magna	5	
		Ventrikulomegalie	9	
		Ageneze Corpus callosum	9	
		Obličej	Cheilognatopalatoschisis	3
Krk		Cysty	2	
Hrudník		Hernie	5	
		Malformace	3	
Břicho	Git	Atrézie	4	
		Cysty	3	
	UGT	Ureterokéla	4	
		Displazie	3	
		Oligohydramnion	2	
			Cysty	6
	Dutina břišní		Hernie	3
			Sakrální teratom	3
			Malformace skeletu	2
	Celotělové		Sakrální teratom	2

6.1.1 Nejčastější diagnózy v oblasti hlavy a krku

Poškození CNS u plodu je nejčastější diagnózou. Nejvíce plodů mělo přesně diagnostikovanou Ventrikulomegalii a Agenezi corpus callosum. Každá tato diagnóza byla určena celkem v devíti případech na základě vyšetření na MRI. V dalších pěti případech byla hlavní diagnózou megacisterna magna. Tato onemocnění nejsou jedinými závažnými diagnostikovatelnými

nými nemocemi, avšak zbylá onemocnění se objevovala pouze ojediněle nebo v malém počtu případů.

Mega cisterna magna se nachází v oblasti zadní jámy lební. Její poškození se spojuje např.: s onemocněním trizomie 18 chromozomu.

Ventrikulomegalie je onemocnění diagnostikované zvětšenými mozkovými komorami. Toto poškození vede jako předešlé onemocnění k trizomie 21 chromozomu nebo k Turnerova syndromu.

Posledním onemocněním je ageneze corpus callosum. Je to VVV způsobená nepropojením hemisfér z důvodu právě nevyvinutého corpus callosum.

Všechny tato tři onemocnění, která se v prenatalní diagnostice řadí do VVV, vedou k poškození mozku plodu, a tedy i k poruše správné funkce CNS.

Další poškození hlavy je výskyt poškození v obličejové části plodu. Tento druh poškození není tak častý jako poškození CNS. Nejčastějšími zjištěnými VVV u plodu byly cheilognatopalatoschisis. Mezi tuto skupinu onemocnění patří jak rozštěpy rtu, čelisti ale i celého patra. Tyto VVV mají za následek poruchu správné funkce např.: dutiny ústní, kdy je z důvodu rozštěpu nemožnost sání potravy.

Další skupinou je poškození v oblasti krku. Poškození v této oblasti není tak často diagnostikované. Dochází především k cystickému postižení.

6.1.2 Nejčastější poškození v oblasti hrudníku

V oblasti hrudníku byly jako nejčastější diagnostikovány hernie. Přesně určené diafragmatické hernie byly určeny celkem v pěti případech. Brániční kýla u plodu způsobuje poškození, které posunuje orgány z nitrobřišní dutiny do dutiny hrudní. Toto posunutí poté brání v plné rozvinutí plicí a k následné hypoplazii plodu. Nejčastěji bývá poškozena levá plicí. Poškození je možné zjistit až v průběhu 16. – 24. týdne těhotenství. Z důvodu vysokého rizika úmrtnosti se tento stav v průběhu těhotenství radikálně neřeší. Řeší se až po porodu, minimálně po 24 hodinách a pokud je dítě stabilizováno.

Jako druhou nejčastější VVV byly zjištěny malformace a cysty. Nejčastěji typu CPAM. Tedy kongenitální malformace dýchacích cest. Toto poškození postihuje především dolní

cesty dýchací. Cysty jsou z tracheální, bronchiální a alveolární tkáně. Zda jsou cysty dostatečně velké, dají se diagnostikovat právě v průběhu těhotenství, pomocí prenatalní diagnostiky, tak jak tomu bylo v doposud zaznamenaných třech případech. CPAM dále způsobuje posun mediastina, což vede k rozvinutí syndromu dechové tísně.

6.1.3 Nejčastější poškození v oblasti břišní dutiny

VVV v dutině břišní jsem si rozdělila na část GIT, UGT a dutinu břišní, tedy peritoneum a retroperitoneum.

V oblasti GIT vyšly jako nejčastější dvě VVV. První z nich jsou atrezie, které byly zjištěny za dané období ve čtyřech případech. Byly to atrezie duodena nebo rekta. Atrezie způsobuje poruchu průchodnosti, a to již zmíněného rekta či duodena. Neprůchodnost je zaviněna zúžením či dokonce úplným uzávěrem duodena či rekta.

Druhou nejčastější patologií je tvoření cyst. Cysty byly zjištěny celkem ve třech případech. Jedním z případů bylo zjištění cysty choledochu. Tato VVV způsobuje rozšíření žlučových cest. Onemocnění způsobuje špatnou funkci vývodu pankreatu. Při rozvinutí hrozí vznik maligních nádorů.

Ve skupině onemocnění UGT jsou ve vzorku nejvíce zastoupena tři onemocnění. Nejčastějším je ureterokéla, která byla diagnostikována ve čtyřech případech. Je to VVV močových cest. Přesněji je zúžen močovod, který vede do močového měchýře. Proto dochází k poruše odtoku moči.

Druhým onemocněním je displazie, která byla určena ve třech případech. Toto onemocnění se řadí mezi nejčastější v oblasti UGT. Jsou to tzv.: hmatné útvary na ledvinách. Onemocnění není slučitelné se životem, pokud jsou útvary hmatatelné z obou stran.

Ve třetím sloupečku je dvakrát diagnostikovaný oligohydramnion, způsobený sníženým množstvím plodové vody v průběhu těhotenství. Plod nemá dostatek prostoru pro pohyb a hrozí tak riziko vzniku VVV.

V abdominální oblasti dle mé studie vyšly jako nejčastější patologický nález cysty, dále hernie a sakrální teratom. Cysty byly zjištěny u šesti pacientek s lokalizací v intraabdominální dutině.

Co se týče hernií, v břišní oblasti jsou diagnostikovány především kýly skrotální a umbilikální. Skrotální kýla se nachází v oblasti šourku. Zatímco umbilikální kýla je tzv. kýla pupeční, vznikající v místě zeslabení břišní stěny při ústí pupeční šňůry.

Sacrococcygeální teratom, který byl diagnostikován také, je VVV plodu, která je charakterizována přítomností benigního nádoru především v křížové oblasti. Při této vadě záleží na mnoha faktorech. Dle závažnosti se dále hodnotí další postupy. Může dojít i k ukončení těhotenství.

6.1.4 Prokázání výsledku

Další graf je zaměřen na četnost prokázaných vad u plodu. Je udáno procentuální zastoupení, kdy se u plodu prokázala pouze jedna konkrétní vývojová vada oproti vícenásobnému výskytu nebo složené vývojové vadě, případně neprokázání vady. Nejčastějším výskyt představuje jedna určitá vada u plodu - prokázáno ve 125 případech tedy 71 %. Již zjištění jedné vrozené vývojové vady u plodu, je však pro matku velmi složité. U devíti těhotenství tedy v 5 % byla prokázána přítomnost vícenásobných složených vývojových vad.

Obrázek 36 – Výsledný prokázaný počet vrozených vývojových vad



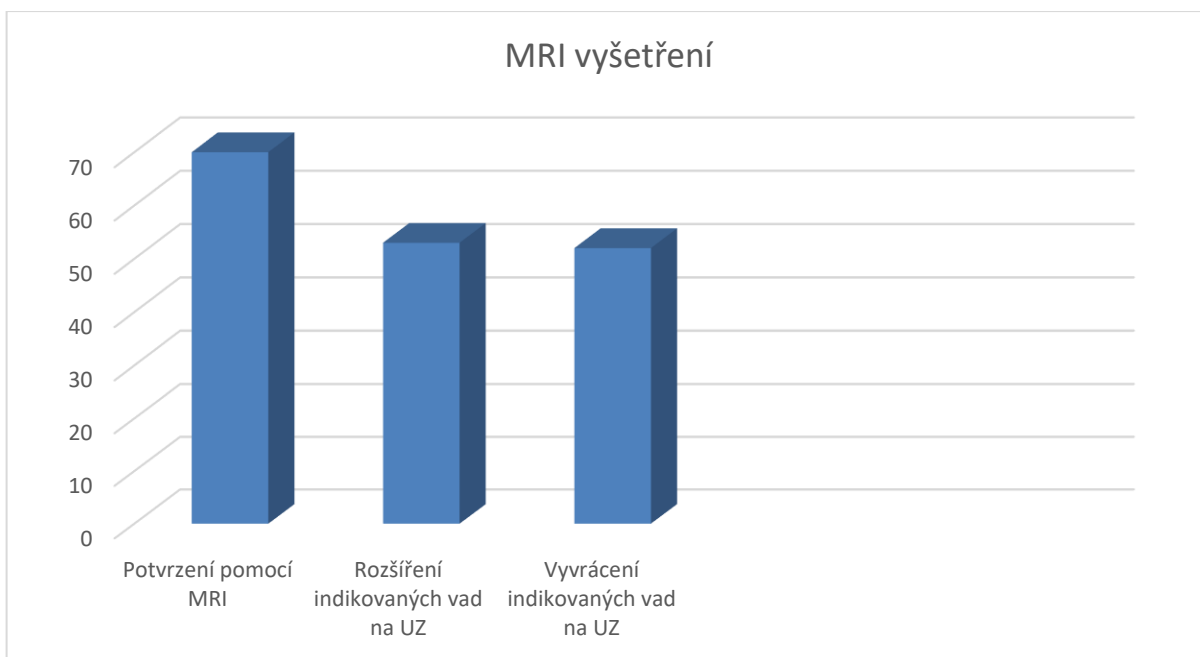
6.1.5 Potvrzení výsledků na MRI

V dalším grafu jsem se zaměřila na dvě neinvazivní diagnostické metody. Tedy na UZ a MRI. Porovnávala jsem, kdy MRI potvrdila či vyvrátila podezření z UZ nebo zda MRI přinesla jiný, zcela nový pohled.

Jeden případ těhotenství nemohl být vyšetřen. Bylo to z důvodu, že těhotná žena trpěla klaustrofobií. Ve Fakultní nemocnici v Motole se těhotným nepodávají psychofarmaka ke zmírnění klaustrofobie, možností je pak psychická podpora blízké osoby. Některým ženám pomůže, když je přítomen člen rodiny. Těhotná žena není v místnosti sama a může se tak cítit lépe. Nepomáhá to však všem pacientkám. Podporující osoba, která je přítomna při vyšetření, pak musí splňovat stejná kritéria jako těhotná pacientka, tedy nemít kontraindikace k provedení magnetické rezonance.

Ze získaných dat mohu konstatovat, že ve více než dvou třetinách případů došlo k potvrzení nebo rozšíření podezření z UZ. To ukazuje na vysokou korelaci závěrů UZ vyšetření s předpokladem výsledků na MRI. Otázkou však je, zda UZ zachytí všechna postižení, která by byla zachycena na MRI. Tento graf tedy ukazuje nízké zastoupení falešně pozitivních nálezů na UZ. Porovnání však nic nevyovídá o možnosti falešně negativních nálezů na UZ, které nebyly na MRI vyšetřeny.

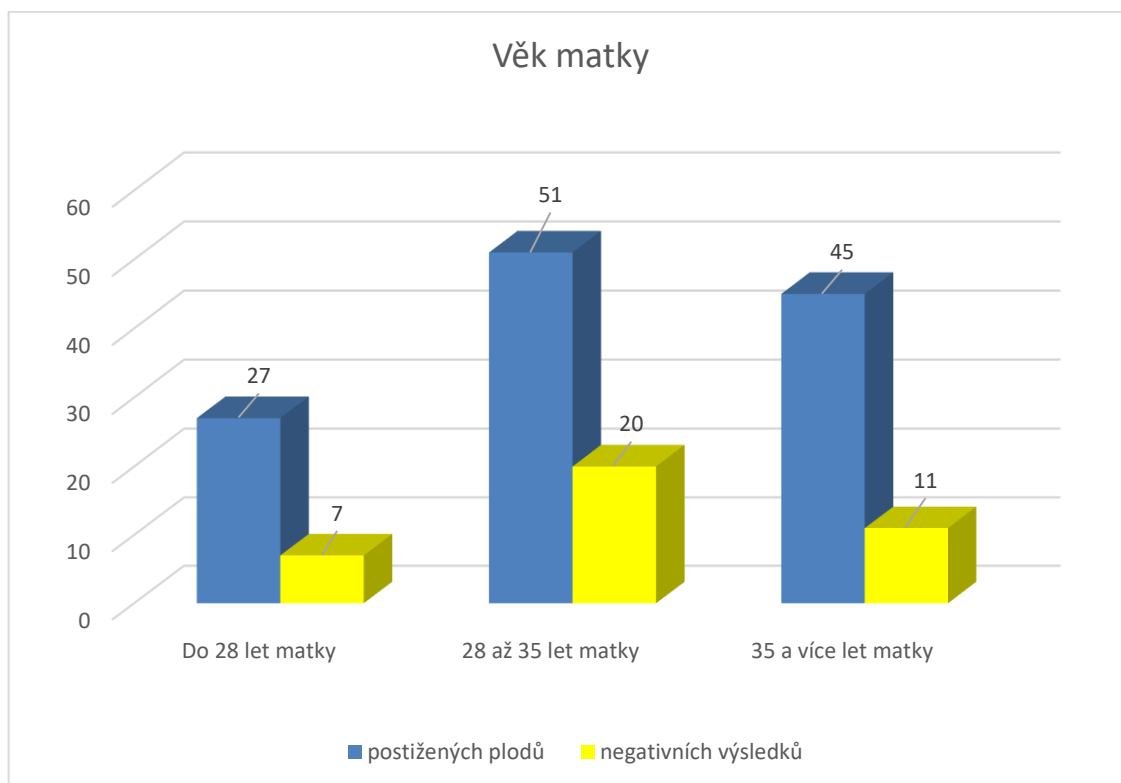
Obrázek 37 – Potvrzení výsledků na MRI



6.1.6 Riziko vývojových vad z důvodu věku matky

Následující statistika je zaměřena na věkové rozdělení vyšetřovaných těhotných žen. Uvádí se, že nejmenší riziko vrozených vývojových vad mají ženy do 28 let. U těchto žen se potvrdila vrozená vývojová vada v 27 případech z celkových 34 podezření, zároveň však byly nejméně zastoupenou skupinou pacientek ve zkoumaném vzorku. Nejrizikovější jsou ženy, které jsem zařadila do 3. skupiny, tedy starší 35 let. Z tohoto počtu, bylo celkové podezření u 56 těhotných žen. Pouze 11 těhotných bylo vyhodnoceno negativně, byla tedy vyvrácena vývojová vada plodu. Při tomto rozdělení je však nutné vzít do úvahy i celkový počet těhotných žen v daných věkových skupinách, kdy do 28 let věku ženy je nejvyšší počet těhotných a po 35 roce věku naopak nejnižší. (Demografická ročenka České republiky)

Obrázek 38 – Věk těhotných žen



6.2 Diskuze

Ve své bakalářské práci jsem se věnovala zobrazení plodu v prenatalním stadiu. Věnovala jsem se jak invazivním, tak neinvazivním technikám vyšetření, hlavním indikacím, rozdílům v přípravě pacientky na daný typ vyšetření, a především zjištění vrozených vývojových vad.

Sledovala jsem pacientky vyšetřené na magnetické rezonanci ve Fakultní nemocnici v Motole od roku 2014 – 2016.

V roce 2014 bylo kvůli podezření na vrozenou vývojovou vadu plodu vyšetřeno 72 pacientek. V dalším roce se počet navýšil na 90 pacientek. V roce 2016 jsem použila data z prvních tří měsíců. V tomto období bylo vyšetřeno 15 těhotných žen.

Praktickou část jsem zaměřila na diagnostiku vrozených vývojových vad. Na zkoumaném vzorku jsem se pokusila o kategorizaci vad z hlediska jejich četnosti a zhodnotit přínos vyšetření magnetickou rezonancí jako doplňkového vyšetření. Dále jsem vyšetření rozdělila podle zvolených parametrů.

Nejdříve jsem se zajímala o stáří plodu při vyšetření. Nejvíce vyšetřovaných plodů bylo ve 22. týdnu. V tomto období je plod dostatečně velký a je předpoklad bezproblémového vyšetření v určitých rovinách z důvodu větší pohyblivosti plodu. Potvrdila jsem si tak tvrzení z teoretické části o nejčastějším stáří vyšetřovaného plodu.

V první části praktického zkoumání jsem se také pomocí rozdělení lokalizace a diagnózy postižení pokusila potvrdit údaj z odborné literatury, že poškození CNS je nejčastějším typem poškození plodu při zjišťování vrozených vývojových vad. Toto tvrzení se podařilo potvrdit, avšak připouštím, že kdybych použila údaje o vyšetření z jiného specializovaného pracoviště, mohly by být výsledky odlišné. Seznala jsem však, že variabilita diagnóz potvrzovaných pomocí MR je velmi široká a toto vyšetření má své opodstatnění v mnoha případech.

Dalším hodnotícím kritériem bylo prokázání výsledku pomocí MRI. Zajímalo mě, jak často dojde k potvrzení diagnózy či podezření z UZ. V 71 % případů vyšetření bylo poškození prokázáno, a to jak potvrzením diagnózy nebo jejím rozšířením. Pouze u 24 % vyšetřených žen došlo k vyvrácení diagnózy. V 53 případech MRI pomohla rozšířit indikované předešlé zjištění z UZ.

Jsou však i případy, při kterých MRI nedokáže pomoci s indikací. Je to v případě, pokud žena trpí klaustrofobií. Klaustrofobie těhotných žen znemožňuje provést toto doplňkové vyšetření. Tento problém jsem však zaznamenala pouze jednou za celé hodnotící období. MRI je tedy velmi důležitá neinvazivní doplňková vyšetřovací metoda. Výhodou MRI je lepší viditelnost v oblasti hlavičky plodu. Při MRI nezáleží na množství plodové vody na rozdíl od UZ. Také špatná poloha plodu může způsobovat podezření na přítomnost vady plodu a vést tak k falešným pozitivním nálezům na UZ. Při MRI poloha plodu není rozhodující.

Položila jsem si proto otázku, zda by nebylo přínosnější vyšetřovat všechny těhotné ženy na MRI, kde se získají přesnější informace o plodu než UZ. Tuto variantu jsem poté zavrhl. MRI se stále řadí mezi doplňkové metody a prvotní screeningovou metodou je UZ. Na MRI dochází pouze indikované těhotné ženy. MRI je na rozdíl od UZ drahá vyšetřovací metoda, která není příliš dostupná. Je málo pracovišť, které se specializují na toto vyšetření a poskytují prenatální diagnostiku na MRI. Z hlediska efektivity je tedy jasnou první volbou UZ. Jeho výhodou je snadná dostupnost a relativně nízká cena. Z dat také vyplynulo, že jen v méně než třetině suspekci vylovených na UZ došlo k jejich vyvrácení pomocí provedení MRI. Dobře provedené UZ je tak velmi senzitivní.

Posledním zkoumaným kritériem bylo zařazení těhotných žen do skupin dle jejich věku. Nejvíce rizikové jsou ženy starší 35 let. Po této věkové hranici bylo zaznamenáno nejvíce případů postižení. Výstup však představuje pouze statistické rozdělení zkoumaného vzorku. Přesto si myslím, že je možné vyvodit, že vyšším věkem těhotných se zvyšuje četnost doplňkového vyšetření na MR, tedy četnost podezření na patologický vývoj plodu, a to zřejmě z důvodu vyššího věku jako rizikového faktoru. K závěru mě vede vyšší počet vývojových vad v této věkové skupině i přes to, že celkové procentuální zastoupení těhotných žen je v této věkové skupině celkově nejnižší. Věk však není jediným rizikovým faktorem pro vznik vady plodu. Záleží také na genetickém předpokladu, zdravotním stavu ženy a dalších hodnotících kritériích. Čím více je rizikových faktorů, tím větší je pravděpodobnost toho, že vývoj plodu nebude probíhat fyziologicky. Přemýšlela jsem, kdy je tedy nejlepší doba pro začátek gravidity. Pokud to budu hodnotit pouze z věkového hlediska, došla jsem k závěru, že nejvhodnější doba je do dovršení věku 28 let. V této skupině bylo vyšetřeno 34 žen pro podezření vady plodu. Podezření bylo potvrzeno v 27 případech. Tuto skutečnost interpretuji tak, že doplň-

kové MR vyšetření k UZ je v této nejhojněji zastoupené věkové skupině těhotných indikováno spíše pro potvrzení podezření či určení rozsahu postižení. Mohu tedy předpokládat, že postižení je v této věkové skupině nejméně procentuálně zastoupené a zároveň dobře rozlišitelné pomocí UZ.

Ze získaných údajů vyplývá, že díky MRI se dají přesněji indikovat podezřelé nálezy, na které se dá předběžně určit diagnóza, a začít s okamžitým řešením ihned po porodu. Nejvíce poškozená je především CNS plodu. Pomocí MRI se dají poškození lépe hodnotit díky lepšímu tkáňovému kontrastu a popřípadě určit přesnější míru poškození, nežli nám umožňuje UZ. (Demografická ročenka České republiky)

7 Závěr

Cílem bakalářské práce na téma „Problematika zobrazení plodu v prenatalním stadiu“ bylo podání uceleného přehledu o prenatalní diagnostice, tedy o postupech ke zjištění nejčastějších typů VVV a poruch v prenatalním období s důrazem na využití MRI. Kdy je ze zpracovaných dat zřejmé, že nejčastěji je u plodu postižována CNS. Počet postižených plodů roste z několika příčin. Mezi hlavní patří genetické faktory a věk matky, kdy se průměrný věk těhotných oproti minulosti zvyšuje.

Dalším cílem bylo stanovit nejefektivnější zobrazovací metody pro zobrazení vývoje a odchylek plodu a zhodnocení přínosu MRI. V praktické části je prokázáno že více než ve dvou třetinách vyšetřených došlo na MRI ke stejnému patologickému nálezu, ke kterému bylo poukázáno již pomocí UZ. Otázkou však je, zda UZ zachytí všechna postižení, která by byla zachycena na MRI. I když MRI dokáže blíže specifikovat nesrovnalosti ve vývoji plodu, přesto je to metoda doplňková pro vyšetření těhotných žen na UZ.

Cílem praktické části bylo zpracovat soubor pacientek z FN Motol, které podstoupily vyšetření pomocí MRI a jejich kategorizaci podle zvolených kritérií. Vytvořila jsem přehled jednotlivých vyšetření a zhodnotila jejich vývoj a zastoupení. Na vybraném vzorku jsem také potvrdila tvrzení z odborné literatury o nejčastějším výskytu vývojových vad oblasti CNS.

Je možné, že pokud by se tato problematika zpracovávala v jiné nemocnici, kde jsou jiné počty vyšetřených těhotných žen a zjištěných onemocnění za jiné časové období, že by výsledky práce byly rozdílné. Avšak tato bakalářská práce může sloužit FN Motol jako vyhodnocení zpracované statistiky za dané období.

Bohužel, díky skutečnosti, že vyšetření ve FN Motol byla prováděna pro různá zdravotnická zařízení z širokého okolí, nelze validně zpracovat data o následném vývoji těhotenství a stavu po narození.

8 Seznam použité literatury

CALDA, Pavel, Miroslav BŘEŠŤÁK a Daniela FISCHEROVÁ. Ultrazvuková diagnostika v těhotenství a gynekologii. 2., kompletně přeprac. a rozš. vyd. Praha: Aprofema, 2010. ISBN 978-80-903706-2-3.

DELAHAYE, Marie-Claude. Praktický průvodce těhotné ženy. Praha: Portál, 2006. ISBN 80-7367-073-9.

Demografická ročenka České republiky – 2015, ISBN 978-80-250-2722-6, Český statistický úřad, 3.10.2016

HÁJEK, Zdeněk, Evžen ČECH a Karel MARŠÁL. Porodnictví. 3., zcela přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4529-9.

HÁJEK, Zdeněk, Milan MACEK a Eduard KULOVANÝ. Základy prenatální diagnostiky. 1. vyd. Praha: Grada, 2000. ISBN 80-7169-391-X.

HÁJEK, Zdeněk. Rizikové a patologické těhotenství. Vyd. 1. české. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0418-8.

HOUROVÁ, Martina, Milena KRÁLÍČKOVÁ a Petr UHER. Vývoj miminka před narozením: od embrya k porodu. Vyd. 1. Praha: Grada, 2007. Pro rodiče. ISBN 978-80-247-1942-9.

KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína: [učební text]*. 1. vyd. Praha: P3K, 2015. ISBN 978-80-87343-54-8.

ĽUBUŠKÝ, Marek. Doporučená ultrazvuková vyšetření v těhotenství. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2014. ISBN 978-80-204-3083-0.

MAŘÍKOVÁ, Taťána a Eva SEEMANOVÁ. Klinická genetika: praktické aplikace. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2013. ISBN 978-80-246-2318-4.

ROZTOČIL, Aleš. Moderní porodnictví. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-1941-2.

SAIDL, Josef. Röntgen v porodnictví. Praha: Vesmír, 1937. 240 s.

SMITH, N a A SMITH. Ultrazvuk v porodnictví: praktická příručka. 1. vyd. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1107-9.

UHER, Jan. *Klinické vyšetřovací metody v gynekologii a porodnictví*. 1. vyd. Praha: Avicenum, 1980.

VÁLEK, Vlastimil a Jan ŽIŽKA. *Moderní diagnostické metody*. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1996. ISBN 80-7013-225-6.

Internetové zdroj

ESUR Guidelines on contrast media: European society of urogenital radiology. *ESUR Guidelines on contrast media: 3.5 TĚHOTENSTVÍ A LAKTACE* [online]. Rakousko:ESUR,2012[cit.2017-02-2].

Dostupné z: <http://www.esur.org/guidelines/cz/index.php#a>

Safety of diagnostic ultrasound in fetal scanning [online]. Kypros Nicolaides, Giuseppe Rizzo, Kurt Hecker and Renato Ximenes, 2002 [cit. 2016-07-27]. Dostupné z: https://sonoworld.com/Client/Fetus/html/doppler/capitulos-html/chapter_02.htm

Slovenská spoločnosť pre ultrazvuk v medicíne: K otázke bezpečnosti USG vyšetření [online]. Piešťany: J. Beňačka, 2002 [cit. 2016-07-27]. Dostupné z: <http://www.ssum.sk/onas/technika/k-otazke-bezpecnosti-usg-vysetreni/>

UCSF Department of Radiology & Biomedical Imaging: CT and MR Pregnancy Guidelines [online]. San Francisco: The Regents of the University of California, 2016 [cit. 2016-07-27]. Dostupné z: <https://radiology.ucsf.edu/patient-care/patient-safety/ct-mri-pregnancy#accordion-introduction-to-risks-from-mri-during-pregnancy>

Výzkumná skupina při LF MU v Brně [online]. Brno: fMRI TEAM, 2008 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: http://fmri.mchmi.com/main_index.php?strana=13

Zákony

Předpis č. 66/1986 Sb. - Zákon České národní rady o umělém přerušení těhotenství §5

9 Seznam symbolů a zkratek

2D - dvojrozměrný

3D - trojrozměrný

4D - čtyřrozměrný

A mód – amplitudový mód

B mód – brightness mode

CNS- centrální nervová soustava

CT- počítačová tomografie

DNA – deoxyribonukleová kyselina

FID – free induction detector

GIT – gastro intestinální trakt

Gy- Gray

LA - levá síň

LV - levá komora

M mód – motion mode

MHz/T- Mega Herz / Tesla

MI – mechanický index

MRI - magnetická rezonance

MZ - příčná rovina v prostoru

Např – Například

RA - pravá síň

RF- radiofrekvenční impulz

Rtg- rentgen

RV - pravá komora

TI – termický index

TIB – tepelný index pro kost

TIC – tepelný index pro lebeční kost

TIS – tepelný index pro měkké tkáně

TZV - takzvaně

UGT – urogenitální trakt

UZ - ultrazvuk

VVV – vrozená vývojová vada

WHO – světová zdravotnická organizace

Obrázek 30 – Ledviny coronární řez na sagitální	50
Obrázek 31 – Sagitální řez na transverzální obraz	51
Obrázek 32 –T2 s potlačením tuku a T1 bez potlačení tuku a přidání KL	51
Obrázek 33 –T2 s potlačením tuku a T2 bez potlačení tuku	52
Obrázek 34 – Období těhotenství při vyšetření	53
Obrázek 35 – Gestační věk plodu	55
Obrázek 36 – Výsledný prokázaný počet vrozených vývojových vad	60
Obrázek 37 – Potvrzení výsledků na MRI	61
Obrázek 38 – Věk těhotných žen	62

11 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Vyšetřovací protokol pro 1.pacientku	40
Tabulka 2 – Vyšetřovací protokol pro 2.pacientku	44
Tabulka 3 –Vyšetřovací protokol pro 3.pacientku	49
Tabulka 4 – Rozdělení vad plodu do orgánových skupin	56
Tabulka 5 – Přesnější rozdělení všech diagnóz	57

