

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2015**

**Karolína Skálová**

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví (B5345)

**Karolína Skálová**

Studijní obor: Radiologický asistent (5345R010)

**ZOBRAZENÍ PLODU POMOCÍ MR**

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce: Mgr. Jindřiška Adámková, DiS.

PLZEŇ 2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta zdravotnických studií  
Akademický rok: 2014/2015

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Karolína SKÁLOVÁ  
Osobní číslo: Z12B0088P  
Studijní program: B5345 Specializace ve zdravotnictví  
Studijní obor: Radiologický asistent  
Název tématu: Zobrazení plodu pomocí MR  
Zadávající katedra: Katedra záchranářství a technických oborů

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

- Zpracovat seznam odborné literatury na vybrané téma
- Stanovit cíl kvalifikační práce
- Zpracovat teoretickou a praktickou část práce dle požadavků FZS
- Popsat metodiku praktické části
- Vypracovat diskuzi a závěr kvalifikační práce
- Dodržet formální úpravu kvalifikační práce dle požadavků FZS
- Dodržet citační normu

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- NEKULA, Josef a Jana CHMELOVÁ. Základy zobrazování magnetickou rezonancí. 1. vyd. Ostrava: Lékařská fakulta OU, 2009. ISBN 978-80-7368-335-1.
- VÁLEK, Vlastimil a Jan ŽIŽKA. Moderní diagnostické metody: Díl 3, Magnetická rezonance. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1996. ISBN 80-7013-225-6.
- CALDA, Pavel, Miroslav BŘEŠŤÁK a Daniela FISCHEROVÁ. Ultrazvuková diagnostika v těhotenství a gynekologii. 2. doplněné a kompletně přepracované vydání. Praha: Aprofema s. r. o., 2010. ISBN 978-80-903706-2-3.
- GRIM, Miloš a Rastislav DRUGA. Základy anatomie 3.: Trávicí, dýchací, močopohlavní a endokrinní systém. 1. vyd. Praha: Galén, Karolinum, 2005. ISBN 978-80-7262-302-0.
- LAMBERT, Joseph B. a Eugene P. MAZZOLA. Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy: An Introduction to Principles, Applications, and Experimental Methods. 1. vyd. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003. ISBN 0-13-089066-9
- BRUNECKÝ, Zdeněk. Vývojové vady a úchytky: Prenatální patologie. 1. vyd. Praha: Avicenum, 1972. ISBN OLA001 470.610.


Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Jindřiška Adámková, DiS.

Katedra záchranářství a technických oborů

Datum zadání bakalářské práce: 31. ledna 2014

Termín odevzdání bakalářské práce: 31. března 2015

  
Doc. MUDr. Luboš Holubec, CSc.  
děkan



  
PhDr. Alena Pistulková  
vedoucí katedry

dne 31. 01. 2015

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a všechny použité prameny jsem uvedla v seznamu použitých zdrojů.

V Plzni dne:

.....

vlastnoruční podpis

Poděkování:

Děkuji Mgr. Jindřišce Adámkové, Dis., za odborné vedení práce, poskytování rad a materiálových podkladů. Dále děkuji pracovníkům FN Plzeň, jmenovitě paní MUDr. Renatě Vondrákové za poskytování materiálů k praktické části a panu Bc. Vojtěchu Tůmovi za velkou pomoc poskytováním informací a cenných rad v oblasti magnetické rezonance.

**Anotace:**

Příjmení a jméno: Skálová Karolína

Katedra: Záchranářství a technických oborů

Název práce: Zobrazení plodu pomocí MR

Vedoucí práce: Mgr. Jindřiška Adámková, DiS.

Počet stran – číslované: 50

Počet stran – nečíslované (tabulky, grafy): 24

Počet příloh: 7

Počet titulů použité literatury: 24

Klíčová slova: magnetická rezonance, plod

**Souhrn:**

Tato bakalářská práce na téma zobrazení plodu pomocí MR je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

V teoretické části je v první řadě popsán vývoj zdravého plodu ve třech stádiích, od početí až po třetí trimestr, a v druhé řadě vývojové vady a poruchy plodu, ke kterým může dojít v průběhu těhotenství. Dále se zde nachází seznámení s prenatální diagnostikou, aneb čím vším by měla těhotná žena projít, co se týče vyšetření jí samotné a plodu. Závěrem jsou zde popsány dvě zobrazovací metody, které se používají k vyšetření plodu – ultrazvuk a magnetická rezonance.

V praktické části jsou uvedeny kazuistiky pacientek, které podstoupily magnetickou rezonanci pro vyšetření plodu, data jsou získána z Fakultní nemocnice Lochotín. Podle těchto informací se snažíme určit nejčastější indikace k vyšetření plodu pomocí magnetické rezonance.

**Annotation:**

Surname and firstname: Skálová Karolína

Department: Paramedical rescue work and Technical studies

Title of thesis: Imaging of fetus using magnetic resonance

Consultant: Mgr. Jindřiška Adámková, DiS.

Number of pages – numbered: 50

Number of pages – unnumbered: 24

Number of appendices: 7

Number of literature items used: 24

Keyword: magnetic resonance, fetus

**Summary:**

This thesis on Fetal Imaging using MR is divided into theoretical and practical part.

In the theoretical part, there is firstly described the development of a healthy fetus in three stages, from conception until the third trimester. Secondly, there are described congenital developmental defects and birth defects of fetus which may occur during pregnancy. This part also includes familiarization with prenatal diagnosis indicating what examinations a pregnant woman should go through in terms of herself and the fetus. Finally, there are described two imaging techniques which are used for examination of the fetus - ultrasonography and magnetic resonance imaging.

In the practical part, there are presented case reports of patients who underwent magnetic resonance imaging of fetus, data are obtained from the Faculty Hospital Lochotín. According to this information, we are trying to identify the most common indications for examination of fetus using magnetic resonance imaging.



# **OBSAH**

ÚVOD.....	12
TEORETICKÁ ČÁST.....	13
1 BIOLOGICKÝ VÝVOJ PLODU.....	13
1.1 Vaječné stádium.....	13
1.2 Embryonální stádium.....	14
1.3 Fetální stádium.....	16
2 PORUCHY NORMÁLNÍHO VÝVOJE PLODU.....	17
2.1 Strukturální vrozené vývojové vady.....	18
2.1.1 Rozštěp páteře (spina bifida).....	18
2.1.2 Anencefalus.....	18
2.1.3 Encefalokéla.....	19
2.1.4 Hydrocefalus.....	19
2.1.5 Vrozené vývojové vady srdce.....	19
2.1.6 Omfalokéla.....	19
2.1.7 Gastroschíza.....	19
2.2 Chromozomální: numerické odchylky autozomů.....	20
2.2.1 Downův syndrom.....	20
2.2.2 Edwardsův syndrom.....	20
2.2.3 Patauův syndrom.....	20
2.3 Chromozomální: numerické odchylky gonozomů.....	20
2.3.1 Klinefelterův syndrom.....	20
2.3.2. Turnerův syndrom.....	20
2.3.3 Supermale (Syndrom XYY).....	21
2.3.4 Superfemale (Syndrom Triple X).....	21
3 PRENATÁLNÍ DIAGNOSTIKA (FETÁLNÍ MEDICÍNA).....	22
4 DIAGNOSTICKÉ METODY.....	25

4.1 Ultrasonografie .....	25
4.2 Magnetická rezonance – technika.....	27
4.2.1 Základní principy.....	28
4.2.2 Bezpečnost.....	30
4.2.4 Konstrukce MR .....	30
4.2.5 Cívky .....	31
4.2.6 Kontrastní látky .....	31
4.2.7 Příprava pacienta .....	33
5 VLASTNÍ VYŠETŘENÍ PLODU .....	34
5.1 Úvod .....	34
5.2 Průběh vyšetření .....	34
5.3. Protokol a sekvence .....	35
5.4 Indikace .....	36
5.5 Kontraindikace.....	36
PRAKTICKÁ ČÁST .....	38
6 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY .....	38
7 METODIKA .....	39
8 KAZUISTIKY .....	40
8.1 Kazuistika 1 .....	40
8.2 Kazuistika 2 .....	44
8.3 Kazuistika 3 .....	48
8.4 Kazuistika 4 .....	52
8.5 Kazuistika 5 .....	55
9 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ.....	58
DISKUZE .....	59
ZÁVĚR.....	61
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	62

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	65
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	67
SEZNAM TABULEK .....	67
SEZNAM GRAFŮ .....	67
SEZNAM PŘÍLOH .....	68
PŘÍLOHY .....	69

## ÚVOD

Zobrazovací metody pro prenatalní diagnostiku se dnes používají běžně jako součást preventivních prohlídek v těhotenství, popřípadě k odhalení anomálií a vývojových vad plodu. Metoda první volby je ultrasonografie nejen pro její dlouhou tradici, dostupnost a nízké náklady na provoz, ale i pro možnost detekce až 90 % vrozených vývojových vad ve druhém trimestru těhotenství. Bohužel kvalita zobrazení může být limitována obezitou matky, nepříznivou polohou plodu či sníženým množstvím plodové vody.

Nejen pro takové případy se jako druhá metoda volí magnetická rezonance. V posledních letech se stala cenným doplňkem ultrasonografie k zobrazení vrozených vývojových vad plodu, proto počet vyšetření a rozsah využití magnetické rezonance trvale stoupá.

Cílem této práce je porovnat vyšetření pomocí USG a MR, zjistit nejčastější indikace k vyšetření plodu ve Fakultní nemocnici Lochotín a zmapovat výhody a nevýhody zobrazení plodu pomocí MR.

V první části práce, tedy teoretické, jsme se snažily popsat vývoj plodu, popsat možné vrozené vývojové vady a zestručnit princip magnetické rezonance spolu s ultrasonografií.

V praktické části jsme vypracovaly několik kazuistik těhotných žen, které podstoupily vyšetření na magnetické rezonanci Avanto 1,5 T ve Fakultní nemocnici Plzeň. Všechny kazuistiky jsou doplněny obrazovou dokumentací.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 1 BIOLOGICKÝ VÝVOJ PLODU

### 1.1 Vaječné stádium

Aby vznikl nový jedinec, je zapotřebí, aby došlo ke splnutí mužské a ženské pohlavní buňky (gamety) – spermie s vajíčkem. Tomu ale přechází hned několik procesů. (1)

Spermie neboli mužské zárodečné buňky se tvoří ve varlatech. Spermatogonie je název pro primitivní buňky tvořící se u chlapců v době nitroděložního života, které setrvávají až do puberty, protože neprocházejí dělením, a začínají se množit až po hormonálních změnách. Poté se začnou dělit do prvotních spermatocytů, proběhne komplikovaný vývoj a vznikne vyspělá spermie. Celý tento proces vývoje trvá asi 10 dní. Posléze spermie cestují z varlat přes nadvarlata až k semenným váčkům a prostatě. V tomto místě se sloučí se seminální plazmou a seminální tekutinou a vzniká ejakulát. Při mužském orgasmu je ejakulát vstříkovan do zadní poševní klenby v množství 2 – 6 ml. V 1 ml se nachází kolem 20 – 50 milionů spermií, délka spermie je 5 nm. Na vzduchu mimo organismus je spermie velice citlivá, ztrácí životaschopnost během pár minut. (1) (2)

Funkce spermie je oplodnit vajíčko a předat mu genetickou informaci. Absolvuje zrající dělení, díky kterému dostane svoji podobu – hruškovitá hlava a bičík. Hlava je pokryta cytoplazmatickou membránou, pod ní se nachází akrozom (na špičce hlavičky). Ten napomáhá rozštěpit povrch vajíčka a spermie může snadněji dovnitř. Koncentrovaný jaderný chromatin obsahující DNA je uložen pod akrozomem v tzv. jádře. Pohyb spermie zajišťuje bičík, který odpadá po oplození. (1) (2)

Vajíčka se rozvíjí z primordiálních folikulů. Při narození dívky je v každém vaječníku kolem 200 tisíc těchto folikulů a pouze malá část projde změnou ke zcela zralému folikulu, zahrnujícímu zrající vajíčko v období pohlavní zralosti. Zbylá část se vyvíjí pouze do určité etapy, některé mohou dříve či později degenerovat. Ve folikulu vajíčko vyžívá a má stejně jako spermie poloviční množství chromozomů – 23, jeden gonozom X a 22 autozomů. Velikost vajíčka v průměru je 100 – 150  $\mu\text{m}$ , je to největší buňka v lidském těle, na hranici viditelnosti pouhým okem. (2)

Během pohlavního styku při ejakulaci se miliony spermií dostávají do ženské pochvy dělohou až do vejcovodu. Zde dochází ke splnutí s ženskou zárodečnou buňkou (vajíčkem).

Oplození nastane, jakmile do vajíčka pronikne první spermie. Poté se vajíčko stane pro ostatní spermie neproniknutelným a z první spermie vznikne prvojádro. Toto prvojádro se spojí s vaječným prvojádrom a rozvíjí se prvotní buňka embrya. Při oplození embryo od spermie obdrží jednu polovinu z párové výbavy 23 chromozomů, které se vytvářejí při buněčném dělení. Chromozomy obsahují kyselinu deoxyribonukleovou, která je nositelkou dědičnosti. 22 z nich jsou tzv. autozomy, které nesou dědičné informace pro duševní a tělesné znaky, a 1 chromozom (gonozom) označený Y nebo X, který určuje pohlaví. U muže a ženy je chromozomální výbava odlišná. Pohlavní chromozom pojmenovaný X má vždy vajíčko. Pokud nastane oplození spermií, která nese chromozom X, narodí se dívka, protože celá pohlavní chromozomální výbava je XX. Chlapec se narodí v případě, že vajíčko oplodní spermie, která má pohlavní chromozom Y, protože vznikne embryo s výbavou XY.

(1) (2)

Pro samotné oplození je nejdůležitější ovulace, která nastává zhruba v polovině menstruačního cyklu. Kolem 12. – 14. dne se uvolní folikulární tekutina z puklého folikulu. Vzniklý proud této tekutiny strhne vajíčko, které je zabalené do vrstvy z folikulárních buněk. Tekutina dopraví vajíčko buď na zvětšený vejcovod, nebo na třásně, které ohraničují vyústění vejcovodu do dutiny břišní. V tomto období je cervikální hlen lehce prostupný pro spermie a současně má schopnost nepustit do cervikálního kanálu defektní spermie. Po 16 - 18 hodinách po ovulaci vajíčko ztrácí schopnost pro oplození, zatímco spermie může přežít přibližně dva dny, než oplodní vajíčko. Jestliže se oplození nepodaří, spermie zajde.

(1) (2)

## 1.2 Embryonální stádium

Jsou rozeznávána dvě období nitroděložního vývoje jak u člověka, tak u savců, a to embryogeneze a fetální období. První období, embryogeneze, obsahuje vývoj plodu prvních 8 týdnů po oplození vajíčka. Po oplození neboli fekundaci vznikne ve vajíčku zygota a už po 22 hodinách z ní vzniknou první dvě buňky – blastomery. Po dalších 48 hodinách vznikne 8 – 16 blastomer a vytvoří kulovitý útvar (morula, díky podobě plodu moruše). Morula je obalena vrstvou buněk a pevnou blánou, kde se předěly blastomer zdají jako rýhy (rýhování). 5. den po oplození se vytvoří blastocysta (z 50 – 60 blastomerů). Časná blastocysta má degenerující buněčný obal, ale pozdní blastocysta po pár dnech tento obal ztrácí a jsou rozlišeny buňky na povrchu oproti buňkám vyskytujícím se uvnitř při zdi vajíčku. Vzniklý obal blastocysty - trofoblast naléhá na jedné straně k terčovitému shluku větších buněk – zárodečný terčík neboli embryoblast, což je základ pro budoucí embryo a plod. (2)

Hormon choriový gonadotropin (hCG) začíná produkovat trofoblast v termínu menstruace. Tento hormon účinkuje na žluté tělísko vyvinuté ve vaječniku z puklého folikulu po ovulaci tak, že namísto zanikání se naopak zvětšuje a přeměňuje se na žluté tělísko těhotenské, které tvoří progesteron a estrogenu ve větší míře. Díky jejich působení děložní sliznice bují, prosakuje a pozměňuje se na blánu padavou (více než 1 cm vyvýšenou). Zvýšená hladina progesteronu a estrogenu má ten vliv, že očekávaná menstruace se nedostaví, což je první nezaručené znamení těhotenství. Produkce hCG je tak velká, že ji můžeme dohledat i v krevním séru těhotných. (2)

Dále trofoblast putuje do dělohy (migrace), kde se po 6 – 7 dnech uhnízdí ve sliznici, která vystýlá děložní dutinu (nidace). Nidace probíhá tak, že na povrchu blastocysty vzniká vrstva souvislých buněk (cytotrofoblast) a na tuto vrstvu se vytváří další vrstva bezjaderné hmoty, s volnými buněčnými jádry hlenovitého charakteru – syncytiotrofoblast. V této vrstvě vznikají enzymy, které jsou schopné rozpustit strukturu děložní sliznice, ta se naruší, rozpadne a blastocysta se ponořuje dovnitř. Otvor se zacelí fibrinem a postupem času se přetáhne epitelem. Tato fáze se označuje jako blastogeneze a trvá první dva týdny po oplození. Zvenku se tvoří zevní části plodových obalů, povrchové buňky, jejichž funkcí je výživa zárodku. Postupem času se z těchto buněk vytvoří placenta (plodový koláč). V období nidace je známo, že 30 - 60 % oplozených vajíček pomíjí kvůli poruše dalšího vývoje blastocysty nebo kvůli poruše implantace. Pokud tento problém nastane, je odplaveno spolu s menstruační krví v termínu očekávané menstruace. (2)

Vývoj embrya probíhá od 3. do 8. týdne po oplození. Zárodek (embryo) se vytvoří ze zárodečného terčíku, který je 20. den po oplození 2 mm velký, má tvar oválu, je přibližně lidského tvaru, má větší hlavovou část oproti kaudální části (ocasní) a jsou založené nejpodstatnější orgány – prvopočátek srdce se dvěma primárními aortami, které jsou připojené na cévy procházející stěnou žloutkového vaku. Tato fáze se nazývá organogeneze.

Když je 1. lunární měsíc u konce, velikost plodového vejce je v průměru cca 2 mm a je pokryto maličkými klky po celém povrchu. Zárodek dosahuje již 8 mm, má 4 žaberní oblouky a na kranální části jsou znatelné podklady pro nos, oči a uši, základy pro prsty jsou patrné na končetinových výčnělcích. Když končí embryonální fáze (konec 2. lunárního měsíce), zárodek se podstatně změní. Plodové vejce se zvětší na 3 cm v průměru, embryo má již 3 cm v délce a jeho hmotnost je přibližně 5 g. Stále přetrvává objemná velikost kranální části, zmizí žaberní oblouky a je zřejmý lidský tvar embrya. Po 8. týdnu se nazývá plod. (1) (2)

### 1.3 Fetální stádium

Od 9. týdne oplození do porodu se odehrává období fetální. Raně fetální období trvá až do konce 26. týdne po oplození. Stále probíhá vývin a dozrávání orgánových systémů plodu a to znamená, že na konci tohoto období získá poměrnou životaschopnost. Děloha se rovná velikosti pomeranče, pupečník je vyvinutý a dovršuje se vývoj placenty. V tomto období probíhá bouřlivý růst plodu a další rozvoj tkání a orgánů, které jsou zabezpečené před působením léků a infekce. (1) (3)

V pozdním fetálním období roste způsobilost plodu adaptovat se na vnější podmínky. Trvá od 27. týdne po oplození do porodu. Konec prvního trimestru je přibližně ve 13. týdnu těhotenství. Plod má okolo 20 gramů a měří 10 centimetrů. Na ultrazvuku jsou patrné aktivní pohyby, které ovšem nastávající matka nemůže vnímat. Ledviny už začínají produkovat a vylučovat moč a zevní tvar plodu je zcela vyvinutý. (1) (2)

Druhý trimestr probíhá od zakončeného 13. týdne těhotenství až do 26. týdne a pro velkou řadu žen je tato etapa nejkrásnější, protože se cítí psychicky i fyzicky lépe. Děloha je v přípravném stádiu na porod a jsou zřejmé i Braxton-Hicksovy stahy. U plodu nastává spousta evolučních změn. Začínají fungovat klouby a tvoří se pevné kosti. Orgány jsou plně vyvinuté, obličej má vzhled novorozence a dítě si cucá palec. Na povrchu je pokryt nepatrným chmýřím, roste obočí a řasy. Jeho kůže je prozatím průhledná a velmi tenká, s minimem podkožního tuku. Pohyby celého plodu jsou již velmi čilé, přesto je matka ještě nevnímá. Už bývají znatelné i pohlavní orgány, ale na ultrazvuku jsou zřejmé až o 2 – 3 týdny později. (1) (3)

Poslední trimestr začíná od 27. týdne těhotenství až do porodu. Těhotné ženě se hůře dýchá kvůli velikosti plodu. Ten už má otevřené oči, tudíž je schopen rozeznat tmou nebo světlo a dokonce slyší a reaguje na hudbu. Již má vrstvu podkožního tuku, a pokud je to kluk, už by měl mít sestouplá varlata. Ve 32. týdnu má vzhled jako při narození, je jen drobnější. Definitivní polohu zaujme okolo 36. týdne. (1) (3)



## 2 PORUCHY NORMÁLNÍHO VÝVOJE PLODU

Jako vrozená vývojová vada se považuje defekt určitého orgánu, který se stal v průběhu vývoje plodu a vyskytuje se při narození. Je to odchylka od zcela obvyklého vývinu jedince. Vada může porušit jak vzhled a stavbu orgánů a tkání, tak funkci. Význam vrozených vad může být odlišný – od pouhých kosmetických nedostatků až po vady letální, které mohou způsobovat smrt hned po porodu nebo ještě in-utero. (4)

Mezi příčiny může patřit změna genetické informace neboli mutace a dále vnější vlivy. Toto vnější působení má teratogenní účinek, nazýváme je proto teratogeny. Rozdělují se na chemické, biologické a fyzikální. Do chemických se řadí různorodá léčiva jako cytostatika, antibiotika nebo antiepileptika. U drog a alkoholu se teratogenní účinek objevil také, ale obecnou hrozbou jsou veškeré chemické látky s mutagenní aktivitou (např. těžké kovy). Fyzikální teratogen je především záření a vysoká teplota. Ženy by neměly chodit na vyšetření, kde se využívá RTG záření v prvních třech měsících těhotenství, protože by mohlo záporně ovlivnit vývin neurální trubice. Při kontaktu s radioaktivním zářením mohou nastat zlomy chromosomů. Biologické teratogeny zahrnují infekce matky, které negativně ovlivňují vývin plodu především v raných stádiích těhotenství. Mluví se o zarděnkách (Rubivirus), syfilu (*Treponema pallidum*), toxoplazmóze (*Toxoplasma gondii*), AIDS (HIV) a infekce, za které můžou cytomegaloviry (CMV), herpes virus (EB virus) a nebo varicella – zoster, který způsobuje plané neštovice a pásový opar. Fenylketonurie nebo diabetes mellitus jsou nemoci, které pokud matka prodělává, mají přímý teratogenní vliv na plod. (5)

Další dělení je podle způsobu vzniku. Když se orgán nebo tkáň vyvíjí abnormálně od počátku, jedná se o malformaci. Deformace znamená, že orgán nebo tkáň je poškozená výjimečně velkou silou fyzikální povahy. Mimořádné seskupení buněk, které utvářejí určitý orgán, nebo tkáň se nazývá dysplazie. Disrupce znamená, že normální vývoj orgánu nebo tkáně byl narušen patologickým děním. (4)

Udávají se tři primární typy VVV plodu, a to strukturální, chromozomální a genetické. Nejhojnější vady jsou strukturální a postihují systém plodu a orgány. Zahrnují i vrozené vady obličeje, srdce, končetin, mozku aj. Zhruba 12 – 15 % ze všech vrozených vývojových vad plodu tvoří chromozomální neboli genetické vady. Jde o defekt struktury nebo počtu celých chromosomů. Nejobvyklejší druh je trizometrie 21 alias Downův syndrom, který obsahuje o jeden chromozom více u chromozomu číslo 21. Běžně se vyskytují chromozomy dva, a pokud nastane trizomie 21. chromozomu, vznikne

stigmatizace, tj. charakteristický vzhled postiženého jedince, a většinou dojde ke zpoždění mentálního vývoje. Mezi další chromozomální vady se řadí Patauův syndrom (trizomie 13. chromozomu), Edwardův syndrom (trizomie 18. chromozomu) a Turnerův, Klinefelterův syndrom (vada počtu pohlavních chromozomů). Poslední vady jsou genetické, jsou mnohdy spojeny s výskytem vad strukturálních a jsou založeny na poruchách stavby menších částí jednotlivých chromozomů. Nebezpečí genetického syndromu výrazně roste při opětovném výskytu daného typu genetického syndromu v rodinné anamnéze nebo při kombinaci více vrozených vad plodu. Ale u nerizikové populace těhotných žen je přítomnost genetických syndromů vzácná. Zástupci jsou Pierre-Robinův syndrom, Beckwith-Wiedemannův syndrom a Sticklerův syndrom. (6)

Pro prevenci je nezbytné si pamatovat hned několik zásad. Před plánovaným těhotenstvím je nutné na co nejdelší dobu omezit styk s veškerými mutageny, které mohou porušit genetickou informaci pohlavních buněk. Dále je nutné pravidelně navštěvovat gynekologa, vyhnout se veškerým teratogenním účinkům, a to přizpůsobením životního stylu. Po 35. roku života výrazně stoupá nebezpečí výskytu VVV, proto není vhodné počítí zbytečně odkládat. (7)

## **2.1 Strukturální vrozené vývojové vady**

### **2.1.1 Rozštěp páteře (spina bifida)**

Spadá do vad vývinu neurální trubice, která může za zrod CNS. Jedná se o vadu spojení obou polovin obratlového oblouku, proto může nastat vyhrěznutí vnitřku páteřního kanálu. Rozlišujeme lehčí a těžší formu. Lehčí forma neboli uzavřená (Spina bifida occulta) a forma těžší (Spina bifida cystica), u které dochází k zásahu do míchy. Vznik není známý, hovoří se o spojení nedědičných a dědičných činitelů. Mezi nejhorší komplikace se řadí hydrocefalus a eventualita infekce nervové soustavy. Odhad dalšího vývoje závisí na místě a na rozsahu narušení míchy. (7)

### **2.1.2 Anencefalus**

Toto postižení neurální trubice se projevuje různorodými chybějícími částmi mozku a v extrémní situaci i míchy. Doprovázejí to mnohdy malformace ostatních orgánů, deformace lebky aj. Tato vada není slučitelná s životem. Smrt nastává pár dní po porodu nebo se jedinec už mrtvý narodí. (7)

### **2.1.3 Encefalokéla**

Vada neurální trubice, kde dochází k porušení obalů mozku (kostěné i membránové), a proto se kus mozku krytý mozkovými plenami a kůží dostane skrze lebku. Tato vada může nastat ve spojení s mikrocefalií (mimořádně malou kalvou). Množství úmrtí záleží na závažnosti, u těžkých případech je v rozmezí 60 – 100 %. (7)

### **2.1.4 Hydrocefalus**

Existují dva typy hydrocefalu, záleží pouze, na kterém místě se nakupí mozkomíšní mok. Hydrocefalus internus (mozkomíšní mok se nachází v komorovém systému mozku) a hydrocefalus externus (mozkomíšní mok je mezi mozkem a dura mater). Může docházet k deformacím lebky – makrocefalie (abnormálně velká kalva). Tím, jak dochází ke zvětšování průměru hlavy plodu, hrozí postižení vývinu mozku (atrofie mozku). Příčina vzniku se vysvětluje hned několika způsoby: infekcí během těhotenství (toxoplazmóza), zvýšenou produkcí mozkomíšního moku, společným prvkem dalších syndromů. (7)

### **2.1.5 Vrozené vývojové vady srdce**

Patří mezi nejhojnější vývojové vady vůbec. Existují vady, které se běžně neprojevují jako defekt komorového nebo předsíňového septa. Poté jsou tu takové defekty, které jsou život ohrožující, jako například transpozice velkých tepen, stenóza plic nebo koarktace (vrozené zúžení) aorty. (7)

### **2.1.6 Omfalokéla**

Vada stěny břišní, dochází k prolapsu střevních kliček do pupeční šňůry. Příčina vzniku je, že se břišní stěna v oblasti pupíku nezavře úplně tak jak má a vytvoří se vak, do kterého putují břišní orgány. Jsou pokryty průsvitnou membránou. Omfalokéla se dělí na malou a velkou. Malá postihuje pouze část střev, kdežto do velké se zahrnují i slezina s játry. Může se vyskytnout i vada vylučovací soustavy nebo vada srdce. (7)

### **2.1.7 Gastroschíza**

Další vada postihující břišní stěnu s prolapsem orgánů dutiny břišní s rozdílem, že zde není postižen pupek, ale pouze jeho okolí. (7)

## **2.2 Chromozomální: numerické odchylky autozomů**

### **2.2.1 Downův syndrom**

Řadí se do chromozomálních vrozených vad a jedná se o trizomii chromozomu číslo 21. Nebezpečí postižení plodu Downovým syndromem prudce narůstá od 35. roku ženy. Jedinec s touto poruchou má typický vzhled, a to široké ruce, krátké prsty, malá ústa a nos a velký jazyk. Doprovázen je odlišnou mentální retardací, hypotonií a pomalejším vývinem. Je zde vyšší riziko vzniku leukémie a vrozených vad srdce, jinak se délka života dá srovnat s průměrnými hodnotami. (8)

### **2.2.2 Edwardsův syndrom**

Chromozomální vrozená vada, která postihuje 18. chromozom. Opět nastává trizomie a charakteristickými znaky jsou menší ústa a nos, malformace ušních boltců, srdce a jiných vnitřních orgánů, celková mentální zaostalost a nejtypičtější je překřížení prstů na ruce (2. a 5. přes 3. a 4.). Je zde velká úmrtnost, do 6 měsíců zemře 90 % jedinců trpících touto vadou. (8)

### **2.2.3 Patauův syndrom**

Tento syndrom má hodně nepříznivou prognózu, jelikož do završení prvního měsíce po porodu zemře okolo poloviny jedinců. Jedná se o trizomii chromozomu číslo 13 a mezi rysy patří obvykle polydaktylie, hojné rozštěpy patra a rtu, neobvyklý vývin obratlů, malformace boltců, hluchota a vážné vrozené vady ledvin a srdce. (8)

## **2.3 Chromozomální: numerické odchylky gonozomů**

### **2.3.1 Klinefelterův syndrom**

Syndrom postihující narozené chlapce (jeden z 1000), způsobeno karyotypem 47XXY. Charakteristické znaky u každého typu jsou menší pohlavní orgány, gynekomastie, může být doprovázeno neplodností nebo vyšším věkem. (8)

### **2.3.2. Turnerův syndrom**

Syndrom postihující naopak dívky (jedna z 10 000), jde o tzv. monozomie chromozomu X (nachází se zde pouze jeden chromozom). Pokud dojde k narození holčičky, IQ je průměrné, ale dojde u ní ke zpoždění sexuálního vývinu, bude menšího věku, bude postrádat sekundární pohlavní znaky a bývá obvykle sterilní. Ale většinou k narození vůbec nedojde, velká část skončí samovolným potratem. (8)

### **2.3.3 Supermale (Syndrom XYY)**

Jedná se o karyotyp 47 XYY, postihuje jednoho z 1000 porozených hochů. Mohou mít vyšší postavu, zřídka se projeví mentální zaostalost. Ke znakům syndromu patří pokles plodnosti, za kterou může nadpočetný chromozom Y. (8)

### **2.3.4 Superfemale (Syndrom Triple X)**

Karyotyp 47 XXX, který postihuje jednu z 1000 porozených děvčat. Opět se velmi zřídka může objevit mírná mentální zaostalost a pokles plodnosti (nadbytečný chromozom X). (8)

### 3 PRENATÁLNÍ DIAGNOSTIKA (FETÁLNÍ MEDICÍNA)

Do prenatální poradny chodí drtivá většina těhotných žen. Jsou to pravidelné kontroly gynekologem, první návštěva většinou nastává po prvním vynechání pravidelné menstruace a prokázání těhotenství. Během této péče probíhají nejrůznější vyšetření jak matky, tak plodu a jsou zodpovězeny nejrůznější otázky ohledně těhotenství. Tuto poradnu navštíví těhotná žena přibližně desetkrát. (1)

V České republice je třístupeňová předporodní péče, jejímž cílem je zabezpečení těhotné ženy a předcházení rizik a komplikací, které mohou nastat a ohrozit tak průběh těhotenství. První stupeň je klasická prohlídka u obvodního gynekologa a dále pravidelné kontroly, kde je ženě vystavena těhotenská průkazka (viz příloha). Pokud se u ženy vyskytne nějaké menší riziko, funguje poradna při gynekologicko-porodnických odděleních nemocnic. A při vážnějších obtížích a nebezpečí existují poradny pro patologická a riziková těhotenství. (1)

První návštěva v prenatální poradně probíhá kolem 11. – 13. týdne těhotenství, kde obvodní gynekolog sestavuje anamnézu. Rozhovorem s těhotnými zjišťuje momentální pocity, prodělané choroby v dětství i dospělosti, předchozí porody nebo těhotenství a dále i zdravotní stav a prodělané nemoci u rodičů, sourozenců, protože tyto údaje mohou odhalit možná rizika pro průběh těhotenství. Tyto informace se evidují do lékařské karty pacientky (dokumentace) a do těhotenského průkazu. Důležité je také datum posledních měsíčků (prvního dne), podle kterého se určuje datum porodu. (1)

Pokud těhotenství probíhá bez komplikací, všechny testy jsou v pořádku a nehrozí zde žádné rizikové faktory, interval návštěv je přibližně každé čtyři týdny. Interval se mění po 37. týdnu, kdy jsou návštěvy doporučovány jednou za týden. Od 36. týdne může být žena předána do ambulantní péče tam, kde chce родit, nejdéle však v termínu porodu. Při rizikovém nebo dokonce patologickém těhotenství se postupuje naprosto individuálně v kooperaci se specializovaným zařízením, kam je žena poslána od svého obvodního gynekologa. (1)

V prenatální poradně se provádí vyšetření pravidelná, konaná při každé návštěvě prenatální poradny, a vyšetření nepravidelná, která se provádějí jen v určitém období těhotenství. (1)

Mezi pravidelné patří měření krevního tlaku, dále běžné zvažení ženy, podle kterého gynekolog určí váhový přírůstek od poslední návštěvy. Ve většině případů pak nastává vyšetření gynekologické jak zvenku přes břicho, tak zevnitř pochvou. Zvenku se posuzuje

napětí dělohy, její tvar a velikost a případné děložní stahy. Může být také měřena vzdálenostní horního kraje dělohy (fundus) od vrchního kraje kosti stydké a v pozdějším stádiu těhotenství může doktor zjistit i polohu plodu. (1)

Gynekologická zrcadla se při vaginálním vyšetření používají obvykle pouze při první kontrole, dále pak už jen pokud je to nutné, například při krvácení. Mimoto se především sleduje, jestli neodtéká plodová voda nebo jestli žena netrpí zánětlivým výtokem. V neposlední řadě se posuzuje cervikální skóre (cervix skóre, CS), což je soubor pěti informací, a to: vztah nejnižší položeného úseku plodu ke kostěné pánvi, tuhost, uložení a prostupnost děložního hrdla a čípku. Výsledkem je číslo v rozpětí 0 – 10, které vyjadřuje „zralost“ děložního hrdla pro porod. Čím je číslo větší, tím větší připravenost, ale hodnoty se v průběhu těhotenství stále mění (zvyšují). Prenatální poradna se kromě celkového vyšetření zaměřuje i na dolní končetiny – riziko vzniku edémů a tvorba křečových žil (varixů) nebo příznaky jejich zánětů. (1)

U těhotných se v 11. týdnu provádějí první těhotenské náběry, díky kterým můžeme zjistit následující informace: z vyšetření krve se zaměřuje na to, jestli těhotná neprodělala syfilis, protože infekce by mohla vážně poškodit plod, jestli není nakažená virem HIV způsobujícím AIDS, jestli neprodělala žloutenku typu B, která se přenáší většinou krví, a test na přítomnost protilátek proti erytrocytům (za normálních okolností negativní = nepřítomny). Dále se zjišťuje krevní skupina a Rh faktor, krevní obraz (množství leukocytů, erytrocytů a trombocytů) a laboratorní vyšetření moči na výskyt bílkovin, cukru, bakterií, krve a dalších látek. Na některých odděleních se provádí tzv. screening vrozených vývojových vad v prvním trimestru, což je kombinace biochemického a ultrazvukového screeningu, který odhalí možnost ohrožení plodu některými chromozomálními vadami. Tento test probíhá ve dvou fázích. V první fázi se matce odebere krev a z ní se určí  $\beta$ -hCG a PAPP-A (těhotenský placentární protein A). Ve druhé fázi probíhá ultrazvukové vyšetření, kde se vyměřuje tloušťka šíjového projasnění plodu, tzv. nuchální translucence – NT). Všechny tyto získané informace plus věk těhotné ženy se použijí k výpočtu rizika možného výskytu chromozomální vady plodu. Nejvíce je test vhodný pro rozpoznání Downova syndromu (až 90 % plodů). Bohužel zdravotní pojišťovny obvykle tento test neproplácejí, proto je prováděn pouze na některých zdravotních zařízeních. (1)

Ženy, které neprodělaly kombinovaný screening v prvním trimestru, podstoupí pouze samostatný odběr krve v 16. týdnu, tzv. trojitý test (triple test) = biochemický screening vrozených vývojových vad ve druhém trimestru. Kolem 18. týdne je už znám výsledek podstoupeného testu. Jestliže není v pořádku, žena je předána ke genetikovi, který provede

další testy. Od 24. týdne se poslouchají srdeční ozvy plodu pomocí stetoskopu (jednoduchý nástroj nejčastěji dřevěný, má tvar trychtýře a ozvy slyší pouze lékař či porodní asistentka) nebo doptonem (malý přístroj přiložený k břichu a srdeční ozvy jsou slyšet přes reproduktor). Další test se nazývá oGTT (orální glukózový toleranční test) na odhalení tzv. těhotenské cukrovky (gestační diabetes, porucha glukózové tolerance). (1)

Druhé těhotenské náběry probíhají ve 28. – 30. týdnu. Provádí se opět vyšetření krve, jestli těhotná neměla syfilis, a znovu krevní obraz. Každé ženě by se měl udělat stěr z pochvy na streptokoka skupiny B (*Streptococcus agalactiae*) kolem 36. týdne těhotenství. Přestože se vyskytuje pouze u 20 % žen, u novorozence může zapříčinit vážná onemocnění. Zabránit se tomu může podáním antibiotik při porodu. Od tohoto týdne těhotná dochází do prenatální poradny každý týden, kde se provádí kardiokografický záznam (monitor, CTG, KTG, kardiokograf) tzv. non stress test (NST). Posuzuje děložní činnost (kontrakce) a srdeční ozvy plodu. Vyšetření trvá přibližně 20 minut a výsledkem jsou dvě křivky. Spodní vyjadřuje děložní činnost, horní srdeční ozvy plodu (viz příloha). (1)

V neposlední řadě gynekolog provádí pelvimetrii – měření pánevních rozměrů, vnitřních i vnějších. A do prenatálního vyšetření patří taktéž stomatologická a interní prohlídka ve druhém trimestru. (9)

Samozřejmě prvotní diagnostickou metodou v prenatální péči je ultrasonografie, o které se podrobněji zmiňuji v následující kapitole.



## 4 DIAGNOSTICKÉ METODY

Diagnostické metody můžeme rozdělovat na invazivní a neinvazivní. Invazivní metodou rozumíme takové vyšetření, při kterém jsou používané nástroje či přístroje vpravovány dovnitř organismu. V porodnictví se setkáváme s amniocentézou (AMC), biopsií choria, kolposkopií, cytologií, fetoskopií, kordocentézou a amnioskopií. Mezi neinvazivní řadíme USG a MR. (9) (10)

### 4.1 Ultrasonografie

Ultrasonografie je diagnostická metoda, která je nejvhodnější k zobrazení měkkých tkání uvnitř těla. Využívá odrazu vln – mechanického podélného vlnění o frekvenci vyšší než 20 kHz, v radiodiagnostice se používá frekvence 2-15 MHz. (11) (12) (13)

Vlny vznikají na hlavicí sondy, na které jsou v řadě umístěné piezoelektrické krystaly. Po přívodu elektrického proudu se krystaly vlivem periodického nabíjení rozpínají a smršťují a při kontaktu s tělem vzniká mechanické vlnění neboli piezoelektrický jev. Každý krystal pracuje v cyklech trvajících asi 1 ms. Sonda vlny generuje, ale v 99 % je přijímá zpět. Každá sonda pracuje s jinou frekvencí. Dělí se na nízkofrekvenční (2 - 5 MHz) a vysokofrekvenční (7 - 15 MHz). Spolu s frekvencí rozlišujeme ještě sondy podle tvaru povrchu. Lineární sonda vysílá vlny do tkáně paralelně a používá vyšší pracovní frekvenci, což znamená, že má lepší rozlišovací schopnost, ale kratší dosah, proto je vhodná na zobrazení povrchových struktur. Další typ sondy je konvexní, která má tvar vějíře, je poloobloukovitá a díky tomu jsou vlny rozbíhavé. Na rozdíl od lineární sondy má nižší pracovní frekvenci, a proto se hodí k zobrazení abdominální oblasti mnohem lépe i přes horší rozlišovací schopnost. Dále rozlišujeme sondy endokavitální, laparoskopickou nebo peroperační. (11) (12) (13)

Vlny se odrážejí od jednotlivých orgánů při průchodu tělem pacienta. Rychlost šíření ultrazvukového vlnění a jeho prostupnost určuje akustická impedance, což je součin hustoty prostředí a fázové rychlosti šíření zvuku. Znamená to, že pokud vlna při svém prostupu narazí na hranici mezi 2 prostředími s odlišnou akustickou impedancí, dochází k jejímu částečnému odrazu. Platí, že čím větší impedance, tím větší odraz zpět směrem k sondě. Vlnová délka se mění v závislosti na tom, jakou strukturou prochází. Přechod mezi dvěma prostředími (např. kůže a tuk) se nazývá akustické rozhraní. (11) (12) (13)

Při vyšetření na sonu můžeme pozorovat různou echogenitu tkáně. Homogenní tekutiny bez impedačních změn jako je krev, čirá moč, žluč, likvor, ascites nebo obsah čirých cyst jsou černé neboli anechogenní. Tmavá místa (hypoechogenní) představují tkáň

s malým množstvím impedačních změn a světlá (hyperechogenní) jsou tkáně, kde naopak dochází k mnoha impedačním změnám, produkuje se zde mnoho ech a výsledný vzhled struktury je světlý. (11) (12) (13)

Jediné, co se ultrazvukem nedá vyšetřit, jsou kosti, kalcifikované cévy, plíce nebo vzduchem vyplněný GIT, protože kost a vzduch má 100% odraz zpátky k sondě – akustický stín. Mezi další artefakty (klamné jevy) patří reverberace neboli opakování (z hloubky se vrací to samé echo), dorzální akustické zesílení, artefakt šíře zadní stěny nebo zrcadlení. Mezi nežádoucí účinky můžeme řadit termický efekt nebo mikrokavitace, kvalitu obrazu zhoršuje obezita nebo plynatost. (11) (12) (13)

Rozlišujeme několik způsobů zobrazení. Mezi jednorozměrné řadíme A mód, B mód a M mód. Ale v dnešním moderním světě se pracuje s UZ přístroji na bázi dvojrozměrného B obrazu, který umožňuje posouzení jednotlivých struktur v pohybu, tzv. v „real time“. Obraz je plošný v systému stupňované šedi. Existují také i trojrozměrné UZ obrazy, nazvané 3D (trojdimenzionální), které se používají hlavně v prenatálním stádiu. To ocení hlavně rodiče, kteří mohou získat 3D obrázek plodu, ale pro doktory jsou tyto snímky nepřesné pro diagnostiku, proto se zůstává u 2D zobrazení. (9) (12) (13)

Klasický ultrazvuk získává obraz statických tkání, ale můžeme vyšetřovat i rychlost průtoku částic, nejčastěji krve, pomocí dopplerovské ultrasonografie. Využívá tzv. dopplerův jev, který uvádí změnu vlnové délky a frekvence na základě pohybujících částic. Vlevo před zdrojem je vyšší frekvence, vpravo za zdrojem je frekvence nižší. Nejedná se o skutečné rychlosti, ale o rychlost ve směru k sondě nebo od sondy. Dopplerovská sonografie má dva módy: CW (continuouswave) a PW (pulsedwave), kde se výsledky většinou kódují barevně – každá barva odpovídá jiné rychlosti toku. V porodnictví a gynekologii se používá při měření průtoku krve v cévách ve fázi systoly i diastoly, plodu nebo placenty, při mimoděložní graviditě nebo onkologických onemocnění. (9) (11) (12) (13)

V gynekologii a porodnictví je ultrasonografie metoda první volby při zobrazení plodu díky skvělým vlastnostem. Ultrazvuk je levný, rychlý, nezátěžový, opakovatelný a příprava pacienta je minimální, liší se dle druhu vyšetření. V gynekologii se používá vyšetření transvestibulárně, transabdominálně nebo transvaginálně. V porodnictví nám ultrazvuk pomáhá například při zobrazení obsahu děložní dutiny a plodového vejce od 5. - 7. týdne po oplození pro diagnostiku srdeční akce plodu. (14)

Úplně první vyšetření sonem v těhotenství bývá při prokázání samotné gravidity po vynechání pravidelné menstruace. Používá se sonda zavádějící se do pochvy kvůli přesnosti.

Už v 5. týdnu je lékař schopný zjistit přesné uložení zárodku. O týden později je na ultrazvuku vidět pulzující srdce a tím se zjistí, jestli je zárodek živý. Ve stejný okamžik doktor pozná, kolik zárodků se vyvíjí (jedno dítě, dvojčata, trojčata atd.). (1)

Druhé vyšetření, tzv. záchytový ultrazvuk se provádí v 12. – 14. týdnu těhotenství. Jako první se kontroluje, jestli je plod živý, poté se může určit uložení placenty, může vzniknout podezření na nějakou vývojovou vadu a mimo to lékař dokáže určit opravdové stáří plodu, a to velice přesně. Jestliže se stáří plodu spočítané podle posledních měsíčků liší od výsledku tohoto ultrazvuku, termín porodu by se měl upravit. (1)

Třetí ultrazvuk je tzv. první screeningový. V České republice je prováděn dvoustupňový screening těhotných – 1. vyšetření je v 18 – 20. týdnu těhotenství, které je zaměřeno hlavně na četnost gravidity (počet plodů), množství plodové vody, uložení placenty a její změna struktury, detekci vrozených vývojových vad, které bohužel nejdou všechny odhalit pomocí ultrazvuku, nebo na vitalitu (srdeční akce plodu – pravidelná/nepravidelná). Provádí se biometrie plodu, měří se základní rozměry jako např. hlavička, stehenní kost nebo břicho. (1) (9) (15)

Čtvrtý ultrazvuk neboli 2. screeningový se provádí ve 30. – 32. týdnu gravidity u všech těhotných žen a zde se sleduje opět vitalita, placenta, množství plodové vody a nově se zaměřuje na polohu plodu, pohybovou aktivitu, hmotnost plodu a popřípadě zjištění pohlaví nebo možných vývojových vad. Vyšetření může být doplněno tzv. dopplerem, který zobrazuje průtok krve cévami plodu nebo v pupečníku. Pokud má těhotenství obvyklý průběh bez komplikací, ultrazvuk už není nutný. (1) (9)

## **4.2 Magnetická rezonance – technika**

Pro složitost principu MR se v této kapitole pokusím pouze stručně zmínit její hlavní principy a sekvence.

Magnetická rezonance patří mezi neinvazivní diagnostické metody, v medicíně se začala využívat už během 70. let. Za zmínku stojí rok 1972, kdy Raymond Damadian doporučil použít jako tomografickou zobrazovací metodu NMR. Tato zkratka znamená nukleární magnetická rezonance. Samostatná MR je od ní odvozena. Metoda NMR využívá odlišné magnetické vlastnosti atomových jader u různorodých prvků. Použití našla v analytické chemii. Hned v roce 1973 se Paulu C. Lauterbuovi podařil první řez magnetické rezonance a to dvou trubic, které naplnil vodou. Jen o rok později spojil své síly s J. M. S. Hutchinsonem a společně dokázali stvořit řez, který už byl živého organismu. Byla to laboratorní myš, ale to nemění nic na tom, jaký úspěch to byl. Roku 1976 pánové

P. Mansfield a A. A. Maudsley provedli řez lidského prstu pomocí MR a roku 1977 opět nastupuje na scénu Raymond Damadian, který světu ukazuje svůj první obraz lidského hrudníku. (16)

#### 4.2.1 Základní principy

Mezi základní vlastnosti magnetického pole patří, že vzniká v prostředí pohybující se elektricky nabitě částice a není možná přítomnost pouze jednoho magnetického pólu. Platí severní – jižní pól. V atomovém jádře se nachází nukleony, tedy neutrony a protony. Neutron nemá žádný náboj, je tedy neutrální. Protony nesou kladný náboj a ustavičně se otáčejí kolem vlastní osy. Takové obíhání se nazývá spin a částice díky tomu mají magnetický moment. Protony se chovají jako miniaturní magnety válečkovitého tvaru, které mají severní a jižní pól. (11) (16)

Magnetický moment se ruší v tom okamžiku, když se protony atomových jader spárují. Dochází k tomu u atomových jader se sudým nukleonovým číslem, vyruší se vzájemně magnetické momenty a jádro se na pohled chová nemagneticky. K zobrazování MR se proto nedají použít. (16) (17)

U atomů s lichým nukleonovým číslem zůstává jeden proton nepárový, který udržuje jádru magnetický moment. Typickým prvkem je atom vodíku ( $^1\text{H}$ ). Tělo je tvořeno z 60 % vody a vodík je její součástí. Je to tedy poměrně častý prvek vyskytující se ve všech živých tkáních, umožňuje až 1000krát silnější MR signál než jiné prvky. Využít se dají i další prvky s lichým počtem protonů jako  $^{23}\text{Na}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{31}\text{P}$  a  $^{19}\text{F}$ . (11) (16)

Za běžných podmínek jsou atomová jádra orientována zcela nahodile. Když se tkáň vloží do silného magnetického pole, protony se srovnají rovnoběžně svými rotačními osami se siločarami vnějšího magnetického pole. Uspořádají se buď paralelně nebo antiparalelně. (16)

V antiparalelním uspořádání je o něco méně protonů, protože tento stav je energeticky náročnější. Protonů v paralelním uspořádání je vždy o málo více než polovina ze všech. Udává se příklad 1 000 007 paralelních protonů a 1 000 000 antiparalelních. Magnetický moment se u 1 000 000 vyruší a zbývá 7 nadpočetných paralelních protonů. Díky nim tkáň začne vykazovat vlastní úhrnný magnetický moment. (16)

Protony si ve vnějším magnetickém poli udržují svůj spin = rotační pohyb. Další pohyb, který proton vykonává, je po plášti kužele = precese. Precesní pohyb probíhá za určité frekvence, která se označuje jako Larmorova. Je specifická pro určitý prvek v magnetickém

poli. Larmorova rovnice ( $\omega_0 = \gamma \times B_0$ ) je vyjádřena z intenzity magnetického pole ( $B_0$ ) a gyromagnetického poměru ( $\gamma$ ), který je pro konkrétní typ atomu neměnný. (11) (16)

Aby se úhrynný vektor tkáňové magnetizace mohl změřit, musí se z původní podélné orientace vychýlit do prostoru, protože jinak by byl „skrytý“ za vektorem intenzity magnetického pole MR magnetu, který je mnohem větší. Protony se vychýlí pomocí elektromagnetického impulsu (elektromagnetické vlnění) o stejné frekvenci jako Larmorova. Při intenzitě 1,5 T u vodíkových jader odpovídá Larmorova frekvence 63,87 MHz. Pokud jsou obě frekvence stejné, protony absorbují energii elektromagnetického vlnění a tomuto úkazu se říká rezonance. Vyslání pulzu do tkáně způsobí, že předá energii části protonům v paralelním uspořádání, otočí je tak do antiparalelního a nastane tak úbytek podélné magnetizace. Dále protony sjednotí precesi, v kolmém směru na siločáry vnějšího magnetického pole se začnou sčítat magnetické momenty a vytvoří transverzální magnetizaci, která je již měřitelná. (16)

*„Radiofrekvenční pulz způsobí absorpci energie jádra, která přejdou do excitovaného stavu. Jádra se mohou vrátit do základního stavu tím, že předají jejich přebytečnou energii do okolí, které je nazýváno lattice (mřížka). Proces lze zjednodušeně vyjádřit jako skutečnost, že vychýlení vektorů o 90° následuje zotavovací fáze, která vede k obnově původního stavu. Mírou rychlosti zotavení této longitudinální magnetizace je relaxační čas T1 (nazýván také jako čas spin-lattice). **Definice T1 relaxačního času je doba, která je nutná k zotavení 63 % původní longitudinální magnetizace.** Proces T2 relaxace popisuje zánik transverzální magnetizace způsobený defázací magnetických momentů jednotlivých spinů a ztrátu jejich fázové koherence. V biologických tkáních tvoří největší příspěvek k T2 relaxaci statická magnetická pole sousedních protonů. Zjednodušeně lze tento fenomén vysvětlit tak, že vektory, které jsou uspořádány paralelně, mají tendenci po aplikaci pulzu se vychylovat (rozfázovat), čímž klesá intenzita magnetického pole. Je nutné si vždy uvědomit, že tyto procesy vznikají v rámci jednoho voxelu. Na ztrátě fázové koherence se podílejí i zevní vlivy (nehomogenita vnějšího pole, gradientních cívek...), Mírou ztráty signálu v důsledku interakce mezi dipóly a jejich tkáňovým prostředím je relaxační čas T2 (čas spin-spin). **T2 relaxační čas je pokles transverzální magnetizace z maxima na 37 % původní hodnoty.**“ (11) (str. 55,56)*

Existuje 90° elektromagnetický impuls, který otáčí vektor tkáňové magnetizace o 90° a 180° pulz, který vektor otočí o 180°. *„Většina vyšetřovacích sekvencí je založena na opakované aplikaci radiofrekvenčních pulzů. Čas mezi dvěma excitačními radiofrekvenčními pulzy se nazývá repetiční čas TR. Čas echa je doba, která uplyne od*

*středu 90° RF excitačního pulzu do středu echa. Amplituda transversální magnetizace na vrcholu echa závisí na TE a na T2 tkáně.*“ (11) (str. 56)

T1 vážený obraz je vyznačován krátkým TE a TR, maximalizuje působení longitudinální magnetizace na výsledný kontrast. Naopak T2 vážený obraz na výsledný kontrast maximalizuje působení transversální magnetizace, je vyznačován dlouhým TE a TR. (11)

#### **4.2.2 Bezpečnost**

Bylo prokázáno, že statické magnetické pole až do 8 T nemá žádný škodlivý vliv na lidský organismus, nepředstavuje tedy žádné větší riziko. Nevyužívá škodlivé záření. (18)

Problém nastává u kovových implantátů, které mohou zapříčinit: popálení okolní tkáně vlivem zahřátí implantátu, artefakty nebo pohyby implantátu. V roce 2007 byl Radiologickou společností ČLS JEP (sekce MR) vydán metodický list pro vyšetřování pacientů s kovovými implantáty a je opakovaně obnovován. (18)

Závažnější problém nebyl shledán ani u tetování nebo piercingu. Ale přece jenom může nastat termické poškození. Každý případ má individuální řešení. Každé snímatelné elektronické zařízení a kovové náhrady je potřeba před vyšetřením sundat. Jedná se například o naslouchadlo, kovové můstky apod. (18)

Kardiostimulátor patří do absolutní kontraindikace, pokud není MR kompatibilní (včetně elektrod). Musí na to být speciální potvrzení od lékaře s razítkem, podpisem a datem, které nesmí být starší než 3 dny, a potvrzení o přepnutí kardiostimulátoru do tzv. MR módu, které nesmí být starší než 24 hodin. Během vyšetření je pacient napojen na EKG. (18)

#### **4.2.4 Konstrukce MR**

Pro MR je nezbytný řídicí počítač, který vyhodnocuje intenzitu a frekvenci elektrického proudu v závislosti na čase. Poté vytváří konečný obraz řezu díky složité matematické proceduře. „Srdcem“ přístroje je výkonný supravodivý magnet, který je spojen s radiofrekvenčními cívkami. Tyto cívky se od sebe liší velikostí, funkcí i tvarem. Supravodivý magnet je potřeba chladit tekutým He o teplotě kolem -269 °C. Chladicí zařízení udržuje pomocí této teploty magnet v supravodivém stavu. (16)

Přístroj je sám o sobě velice těžký, jeho váha dosahuje několika desítek tun. Je proto nutné umístit MR přístroj na stabilní podloží. Přístroj potřebuje vysokofrekvenční stínění, proto je ve zdech místnosti zabudovaná Faradayova klec. Jejím úkolem je izolovat od radiofrekvenčních signálů z okolí, které mohou mít vliv na kvalitu vyšetření. Dalším

vybavením je vyšetřovací stůl, gantry neboli vyšetřovací tunel a spousta elektronických a elektrických součástí. (16) (19)

#### 4.2.5 Cívky

Radiofrekvenční cívky se mohou rozdělit na volumové, gradientové, vyrovnávací a povrchové.

Volumové cívky (volume coils) vysílají elektromagnetické impulsy, které excitují protony z paralelního postavení do antiparalelního. Jsou pevnou součástí MR přístroje a kolem dokola obkružují pacienta. (16)

Gradientové cívky (gradient coils) získávají prostorovou informaci o vlastnostech a rozložení protonů (ve vyšetřovacích tkáních) díky gradientům. Gradienty jsou přídavná magnetická pole, která si gradientové cívky umí vytvořit. (16)

Pro kvalitní zobrazení vyšetřované tkáně je důležitá perfektní homogenita magnetického pole. Vyrovnávací cívky právě slouží k vyrovnání nehomogenit v magnetickém poli MR magnetu. (16)

Všechny tyto cívky jsou pevné součásti MR a jsou uloženy za stěnou tunelu, oproti povrchovým cívkám, se kterými obsluha ručně manipuluje při každém vyšetření. Jsou přikládány na pacienta podle lokalizace cílové tkáně. Jejich úkolem je přijímat signály vycházející z vyšetřované tkáně. Čím blíže jsou cívky ke tkáni, tím zlepšují poměr signál/šum a kvalitu zobrazení. Existují cívky hlavové, krční, páteřní, kruhové, ramenní, zápěstní, kolenní, flexibilní nebo zvláštní typy cívek jako endorektální nebo prsní cívka. (16)

#### 4.2.6 Kontrastní látky

Pro MR zobrazování je důležitá změna intenzity signálu v nemocných tkáních. Za normálních okolností se překrývají relaxační časy zdravé a nějakým způsobem postižené tkáně. Za těchto okolností může dojít k její horší detekci. Jako řešení se využívají buď speciální sekvence anebo podání kontrastní látky. (11) (16)

V případě MR upřesněno jako látky usnadňující relaxaci protonů. Jsou to látky především s paramagnetickými a superparamagnetickými rysy, díky kterým dochází ke zkrácení relaxačních časů T1 a T2. Nejčastější používaná látka je gadolinium vázané na DTPA. Patří mezi nejsilnější paramagnetické látky díky sedmi nespárovaným elektronům. To znamená, že v těchto atomech s nespárovanými elektrony vzniká paramagnetismus a po umístění do vnějšího magnetického pole vykazují magnetizaci. (11) (16)

Kontrastní látky se mohou rozdělovat podle několika kritérií. První možnost je podle druhu aplikace. Do intravenózního podání se řadí téměř většina orgánově specifických

i nespecifických kontrastních látek. Pro perorální podání se využívají naředěné paramagnetické i superparamagnetické kontrastní látky a voda nejčastěji pro zobrazení GIT. Další dělení udává místa distribuce kontrastní látky na intracelulární orgánově specifické a extracelulární orgánově nespecifické. Jako příklad intracelulárních orgánově specifických se uvádí paramagnetické kontrastní látky jako Gd-EOB-DTPA (Primovist, Schering) a kdysi se zařazoval i Gd-BOPTA (Multihance, Altana). Vychytávají se v hepatocytech. Extracelulární kontrastní látky se mohou rozdělovat na vysokoosmolární a nízkoosmolární. Vysokoosmolární látka je ve většině vytvářena paramagnetickými složkami gadolinia, které se váže na bílkoviny. Zvyšuje se u nich intravaskulární čas, protože nemůžou difundovat do intersticiálního prostoru kvůli velikosti makromolekul. Nízkoosmolární látky jsou cheláty gadolinia, jejichž prototypem je Gd-DTPA (diethyltriaminopentaacetylová kyselina - Magnevist). Další látky jsou například Gd-DORA (Dotaren), Gd-BOPTA (Bracco). (11)

Jako u každé podávané kontrastní látky na RTG nebo CT, tak i u MR se mohou objevit nežádoucí účinky. Ze studií bylo prokázáno, že po aplikaci nízkoosmolárních gadoliniových chelátů je incidence nežádoucích účinků okolo 1-2 %. U pacientů s astmatem nebo alergií je tato incidence dvakrát až třikrát větší. Když porovnáme aplikaci neionické RTG kontrastní látky a nízkomolekulárních gadoliniových chelátů pro incidenci anafylaktického šoku, u chelátu gadolinia je šestkrát nižší. Těhotným ženám by se neměla podat extracelulární nespecifická KL, pouze v závažných indikacích a se souhlasem pacientky. Látky se mohou dostat do plodové vody a poškodit plod. Kojícím ženám se doporučuje na 24 hodin vynechat kojení po aplikaci KL (může se dostat do mateřského mléka). KL by se neměla podávat ani jedincům se sníženou funkcí nebo poškozením ledvin, může nastat NSF neboli nefrogenní systémová fibróza. Mezi nejčastější shledané nežádoucí účinky patří zvracení, bolesti hlavy, vyrážka, křeče, nauzea, parestezie nebo pocit tepla po těle. Především u pacientů s rozsáhlou alergickou anamnézou je pravděpodobnost vzniku akutní alergoidní reakce. Mezi její příznaky patří plicní edém, křeče, tachykardie, hypotenze, urtika, anafylaktický šok, bronchospasmus nebo laryngeální edém. (11) (18)

Kontrastní látky se podávají s obecným pravidlem ALARA (as low as reasonably achievable). To znamená podat co nejmenší množství KL, které je potřeba k dosažení potřebné diagnostické informace. Při každém podání KL se musí zhodnotit její nezbytnost pro vyšetření (jestli je to opravdu nutné). Před i po podání KL je důležitá dostatečná hydratace pacienta, protože většina látek je vylučována močí. Nízkoosmolární gadoliniové



cheláty se dávkuje podle doporučení, a to buď 0,1 mmol/kg anebo 0,2 ml/kg tělesné váhy. (11) (18)

#### **4.2.7 Příprava pacienta**

Příprava pacienta před vyšetřením MR není v podstatě nutná (pokud nejde o specializované vyšetření, například střev, kde příprava nutná je). Jestliže má pacient předepsané vyšetření s kontrastní látkou podávanou intravenózně, tak ani nemusí přijít nalačno. Žilní přístup (kanyla) zajišťuje přítomná zdravotní sestra nebo pověřený radiologický asistent. Spíše je velice důležité správně a dostatečně pacienta informovat o celém průběhu vyšetření. (11)

Ještě před samotným zahájením vyšetření MR je nutné odebrat důslednou anamnézu pacienta. Indikující lékař se ptá na přítomnost různých kovových předmětů v těle, na těhotenství, popřípadě na funkci ledvin. Potom lékař popíše vyšetření a všechny možné kontraindikace rozumně zhodnotí. Pacient obdrží informovaný souhlas (viz příloha), který si přečte, řádně vyplní osobní informace a podepíše. Jako další dostane pacient žádanku, podle které radiologický pacient může pacienta zaevidovat do systému a provést vyšetření. Bez těchto dvou dokumentů by se vyšetření nemělo provádět. (11) (20)

Pokud má pacient jakýkoli dotaz, může se zeptat jak indikujícího lékaře, tak radiologického asistenta. Na těchto pracovnících je, aby pacienta plně seznámili s vyšetřením a uklidnili, že se není čeho bát. Jelikož vyšetření MR trvá déle (od 10 až po 1 hodinu), je nezbytný klid pacienta. Mohlo by dojít ke značným pohybovým artefaktům. Magnetická rezonance proto není vhodná pro neklidné pacienty nebo pacienty v kritickém stavu. (11) (20)

Na některých pracovištích se může používat premedikace u těhotných žen, většinou před 32. týdnem těhotenství pro zkvalitnění zobrazení plodu. Podává se perorálně 0,5 mg tablety flunitrazepamu. Jedná se o lék z kategorie benzodiazepinů a nebyly u něj dokázány teratogenní účinky na plod. Začne působit za cca 30 minut a pomáhá ke zklidnění (útlumu) pohybové aktivity plodu. (21)

## 5 VLASTNÍ VYŠETŘENÍ PLODU

### 5.1 Úvod

Magnetická rezonance plodu se ve většině případů provádí, když nám samotná ultrasonografie nestačí. Mohou to být nejasné nebo diskrepantní nálezy, genetické postižení nebo podezření na patologii. Dalšími komplikacemi, kdy USG nestačí, může být obezita matky, menší množství plodové vody a pokročilejší těhotenství. Plod už je natolik velký, že je těžší ho zobrazit celý (obvykle konec druhého a celý třetí trimestr). Potvrdilo se však, že MR poskytuje i přídavné informace. Uplatnění platí zejména u brániční hernie, tumorů v oblasti pánve a břicha plodu nebo patologie, atrézie a stenózy CNS. Tyto doplňující informace dopomáhají rodičům s rozhodováním o pokračování nebo ukončení těhotenství. (22) (21)

Radiační zátěž je u této diagnostické metody nulová, protože MR nepracuje se škodlivým ionizujícím zářením. K použití pro prenatální diagnostiku je příznivá bezpečnost (nebyl prokázán škodlivý vliv), schopnost skvělého tkáňového rozlišení a použití velice rychlých sekvencí. MR se nevyužívá k vyšetření plodu v prvním trimestru, protože čím je plod menší, tím je vyšetření obtížnější. Největší podíl na to má hluk přístroje, plod na něj reaguje vyšší pohybovou aktivitou. To je také největším problémem při zobrazení plodu, dochází k pohybovým artefaktům, které nemůžeme nijak ovlivnit. Je žádoucí získat dostatečné informace za co nejkratší časový interval. Mnohem větší význam má zobrazení plodu od 20. týdne těhotenství, výjimečně od 18. týdne. Dříve se vyšetření většinou nedělá. Trvá 30 – 60 minut na přístrojích 1,5 T. (16) (22) (21)

### 5.2 Průběh vyšetření

Informovaný souhlas a žádanku pacientka odevzdá radiologickému asistentovi. Pokud je to možné, je přínosné s sebou vzít nějaký doprovod. Když je pacientka na řadě, je zavolána do svlékačí kabiny. Zde si odloží do spodního prádla a obleče se do připraveného empíru. Kanyla se zavádět nemusí, neboť se kontrastní látka u těhotných pacientek nepodává. Vyšetření je tedy nativní. Pacientka je uložena na vyšetřovací stůl, poloha by měla být co nejkomfortnější s ohledem na delší vyšetřovací čas. Nejčastější je na zádech s rukama nataženými za hlavou a podloženými kolena. Nesmí dojít k útlaku velkých břišních cév. Možná je i poloha na boku, ale zhoršuje kvalitu zobrazení. Cívky se používají povrchové, flexibilní pro vyšetření břicha a hrudníku (body coil) a cívka páteřní (spine coil). Protože MR produkuje celkem hlasité zvuky, pacientka může dostat sluchátka na uši s hudbou. Do

ruky se vkládá balonek, jehož stisknutím dává radiologickým asistentům vědět, že něco není v pořádku. Pacientka je pod kontinuálním dohledem. Pokud by bylo nutné u pacientky zadržet dech kvůli zobrazení, je včas informována pomocí mikrofonu radiologickým asistentem. Je nutné, aby se pacientka po celou dobu vyšetření nehýbala a ležela zcela v klidu. (22) (21) (23)

Když vyšetření skončí, pacientka je vyvezena ven z MR a zbavena cívek na těle. Pokud se pacientka cítí dobře, může se vrátit do šatny, převléci a odejít domů nebo zpátky na oddělení, pokud je hospitalizovaná. Výsledky jsou uloženy v informačním systému nemocnice a popsány specialistou. (23)

### 5.3. Protokol a sekvence

Ve Fakultní nemocnici Lochotín se těhotné pacientky vyšetřují na pracovišti MR 1, na přístroji Siemens Magnetom Avanto (viz příloha). Tento přístroj má sílu pole 1,5 T a průměr gantry je 60 cm. Díky technologii TIM (total imaging matrix) se může celotělově vyšetřit pacient o délce až 205 cm. (24)

Pro zobrazení plodu je potřeba velmi rychlých sekvencí, protože není možné zajistit absolutní klid plodu. Používá se technika single-shot, kdy se načítá řez jeden po druhém. Používají se převážně T2 vážené sekvence, zobrazí závažné patologie, především pokud se nacházejí v neurologickém systému. T1 vážené zobrazování se vyplatí pro zobrazení mozku a při zjištění přítomnosti vedlejších krevních produktů. Zobrazení se může provádět ve všech 3 rovinách, koronární, axiální a sagitální. (25)

Do každého protokolu pro zobrazení plodu MR se řadí TrueFISP (True Free Induction with Steady State Precession) a HASTE (Half Fourier Single Shot Turbo Spin Echo). HASTE je technika typu Turbo Spin Echo s velice dlouhým řetězcem echo-signálů, kdežto TrueFISP je odvozen ze vztahu T1/T2 (kvůli několikanásobnému vzorkování), ale může se řadit spíše do T2 váženého zobrazování. Proto je sekvence HASTE značně „čistější“ koncepcí T2 vážených sekvencí. Protokol není vždy naprosto stejný, záleží na poloze plodu, na indikaci a přání indikujícího lékaře. Mohou se lišit roviny, počty řezů i jejich tloušťka. Čím jsou řezy užší, tím lepší. (25)

Obecně řečeno, jako první krok se dělá localizer (lokalizační sken). Je to rychlá, T1 vážená sekvence, může být provedena ve všech třech rovinách s volným dýcháním. Poté navazuje TrueFISP (možné všechny tři roviny) ortogonálně vzhledem břichu a pánvi matky s volným dýcháním. Dále HASTE ve třech rovinách. Může se dělat HASTE s počtem zadržetí dechu, které se rovnají počtu řezů, HASTE s velkou tloušťkou vrstvy a s velice

pozdní TE (v sagitální orientaci plodu) nebo HASTE s mnoha tenkými vrstvami a se středně pozdní TE také v sagitální orientaci plodu. Jako poslední se může využít T1 vážená sekvence – T1 VIBE např. pro srovnání (opět všechny tři roviny). (25)

## 5.4 Indikace

Každým rokem počet vyšetření celosvětově stoupá a díky rozvíjející se technice a lepší kvalitě zobrazení MR se škála indikací stále rozšiřuje. Mohou se rozdělit na indikace hlavní, obecné a další. Obecné, neboli tradiční kvůli zkvalitnění USG postupně mizí. Hlavní celosvětově převládají a další patří mezi novější indikace (s rozvojem MR). (21)

### Hlavní indikace:

- predikce hypoplazie plic
- ageneze/abnormální poloha ledvin
- tumory v pánvi nebo břicho plodu
- patologie CNS dle UZ

### Obecné (tradiční):

- nepříznivá poloha plodu
- nejasný UZ nález
- obezita matky
- anhydramnion/oligohydramnion
- jizvy na podbřišku matky

### Další:

- defekty břišní stěny
- virtuopsie
- rozštěpové vady obličeje
- defekty neurální trubice
- placenta praevie/accreta
- kongenitální infekce
- tumory krku (21)

## 5.5 Kontraindikace

Kontraindikace se rozdělují na relativní a absolutní. Platí stejně u těhotných jako u netěhotných. (21) (18)

### Absolutní:

- implantovaný defibrilátor (ICD) nebo kardiostimulátor

- zanechané elektrody po deplataci defibrilátoru nebo kardiostimulátoru
- aneuryzmatické cévní svorky (klipy), jestliže není písemně předložena jejich kompatibilita s MR
- elektronické implantáty (inzulinová pumpa, kochleární implantát atd.), jestliže není písemně předložena kompatibilita s MR
- kovová cizí tělesa z jiného materiálu než prokazatelně nemagnetického kovu (intraorbitálně, intrakraniálně)

**Relativní:**

- stenty (cévní výztuže), žilní filtry, kovový embolizační materiál a okludery méně než 6 týdnů po implantaci, jestliže není písemně předložena kompatibilita s MR
- osteosyntetický materiál, kloubní náhrady a dentální implantáty méně než 6 týdnů po implantaci jestliže není písemně předložena kompatibilita s MR
- osteosyntetický materiál a kloubní náhrady se známkami uvolňování

**Bezpečné:**

- svorky na žlučových cestách staré 6 a více týdnů po operaci
- neaneuryzmatické chirurgické cévní svorky (klipy) staré 6 a více týdnů po implantaci
- osteosyntetický materiál, kloubní náhrady a dentální implantáty 6 a více týdnů po implantaci, bez známek uvolňování (nebere se zřetel na použitý materiál)
- náhrady chlopni srdce s výjimkou cíleně udané MR nekompatibility
- stenty (cévní výztuže), žilní filtry, okludery a kovový embolizační materiál 6 a více týdnů po implantaci

**Není kontraindikace:**

- nitroděložní tělíka
- implantát kdekoliv v těle, který je plně MR kompatibilní (od výrobce písemně potvrzeno) + písemné potvrzení od lékaře, který ho implantoval
- stenty (cévní výztuže), kovový embolizační materiál, žilní filtry a okludery, jestliže je písemně předložena jejich plná kompatibilita pro MR (bez ohledu na dobu implantace) (18)

# **PRAKTICKÁ ČÁST**

## **6 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY**

### **Cíl 1**

Porovnat vyšetření plodu pomocí USG a MR.

### **Cíl 2**

Zmapovat výhody a nevýhody zobrazení plodu pomocí MR.

### **Cíl 3**

Zjistit nejčastější indikaci fetální MR ve FN Lochoťín.

### **VÝZKUMNÁ OTÁZKA 1**

V čem je hlavní rozdíl mezi vyšetřením USG a MR?

### **VÝZKUMNÁ OTÁZKA 2**

Jaké jsou nejčastější indikace k MR vyšetření?

### **VÝZKUMNÁ OTÁZKA 3**

Jaké vývojové vady se dají na MR rozpoznat oproti USG?

## **7 METODIKA**

Ke zpracování bakalářské práce jsme zvolily kvalitativní i kvantitativní výzkum. Do praktické části jsme proto zařadily 5 podrobně zpracovaných kazuistik MR plodu. Ve druhé části jsme zvolily grafické znázornění indikací u 21 pacientek, které podstoupily vyšetření ve Fakultní nemocnici Lochotín v Plzni v rozmezí 2011-2014, protože těchto vyšetření není mnoho. Ke grafu jsme vytvořily přehlednou tabulku. Sběr dat ve Fakultní nemocnici Lochotín probíhal v době odborných praxí ve druhém a třetím ročníku, byla potřeba vyplnit souhlas s poskytnutím informací. Celou práci jsme doplnily obrazovou dokumentací. Všechny obrázky ke kazuistikám pochází ze stejného zdroje: WinMedicalc FN Lochotín Plzeň.

## 8 KAZUISTIKY

### 8.1 Kazuistika 1

1) Žena, 26 let

ANAMNÉZA:

**Zaměstnání:** inspektorka kvality, **Krevní skupina:** A, **Rh faktor:** pozitivní, **Alergie:** Biseptol

Pacientka prodělala v dubnu 2010 GEU (graviditas extrauterinas) - provedena salpingektomie vpravo. Časté výtoky. V začátku gravidity dvakrát infekt bez teplot, bez exantému. V září 2011 VAS páteře (vertebrogenní algický syndrom).

VYŠETŘENÍ:

**Screening v prvním trimestru** – negativní nález

28. 6. 2011: **prenatální USG** ve 29. týdnu, susp. asymetrie komor

29. 6. 2011: **AMC** – normální nález

13. 7. 2011: **MR plodu** (31. týden těhotenství)

Intrakraniálně není patrné septum pellucidum, supratentoriálně je vytvořena jediná komora, která však vytváří obvyklé výběžky všech tří komor (postranních + III.). Chybí falx i když jsou částečně oddělené frontální laloky. Mozkové laloky vytvořeny, mozeček norm. vytvořen. Pupečník obtočen kolem krčku plodu. Trup bez zjevných patologických změn, norm. vytvořená viscera. Páteř norm.

*Závěr:* jedná se o lobární formu holoprosencefalie. Pupečník otočen kolem krčku plodu.

18. 7. 2011: **sonografické vyšetření**

V mozkové tkáni nad úrovní mozečku a thalamu se zobrazuje anechogenní cystická rezistence nepravidelných okrajů ( $47 \times 48 \times 35$  mm) s několika hyperechogenními útvary uvnitř této rezistence. Cavum septi pellucidi není patrné. Susp. holoprosencephalie.

*Doporučení:* nadále zatím konzervativní postup.

8. 8. 2011: **kontrolní sonografické vyšetření**

19. 9. 2011 – 23. 9. 2011: **hospitalizace** na gynekologicko-porodnické klinice

19. 9. 2011: **laboratorní vyšetření** - výsledky

20. 9. 2011: **porod plodu**

*Pohlaví:* mužské, *hmotnost:* 3 740 kg, *délka:* 52 cm

*Diagnóza:* lobární forma holoprosencefalie plodu, *poranění:* ruptura cervix uteri, *léčení:* epidurální analgesie, Buscopan, Oxytocin, MEM, Sorbifer



*Doporučení:* Propouštěna do domácího ošetřování, dodržovat hygienický režim šestinedělí. Předepsán Aktiferrin, po dobrání kontrolní krevní obraz u praktického lékaře. Kontrola u ošetřujícího gynekologa po konci šestinedělí. Při potížích IHNEED.

2) Novorozenec

ANAMNÉZA:

**Otec:** zaměstnaní – supervizor kvality, zdravotní stav – zdrav

**Sourozenci:** sestra, zdravotní stav – sledována pro susp. mikrocefalii, t.č. normální neurologický nález

**Genetika:** dilatace mozkové komory dle USG, genetické riziko kolem 15 %

**Plodová voda:** čirá, **Plodové ozvy:** fyziologické, **Krevní skupina:** A, **Rh faktor:** pozitivní  
VYŠETŘENÍ:

**Provedený screening:** PKU kyčle, hypotyreóza, puls AF, UZ ledvin, CAH, CF, dědičné poruchy metabolismu, katarakta, sluch

20. 9. 2011 – 27. 9. 2011 – **laboratorní vyšetření**

20. 9. 2011: **RTG plic**

20. 9. 2011: **oční vyšetření** (fyziologický oční nález) + **vyšetření sluchu** (otoakustické emise bilaterálně neprokázány)

20. 9. 2011: **sonografické vyšetření** ledvin, nadledvin, jater, sleziny, žlučníku a mozku, *Závěr:* Holoprosencefalie semi- až lobární, ageneze corporis callosi

21. 9. 2011: **USG kyčlí**

**Mikrobiologické vyšetření:** krk, ucho (negativní)

22. 9. 2011: **neurologické vyšetření**, *závěr:* neurologické sledování, kontrola ve věku 3-4 měsíců v rámci CVP (centrálního venózního tlaku)

26. 9. 2011: **USG mozku**, *závěr:* holoprosencefalie semi- až lobární, ageneze corporis callosi

27. 9. 2011: **neurochirurgické konzilium** (výkon není t.č. indikován)

5. 10. 2011: **kontrola** na dětské neurochirurgické ambulanci

SOUHRN:

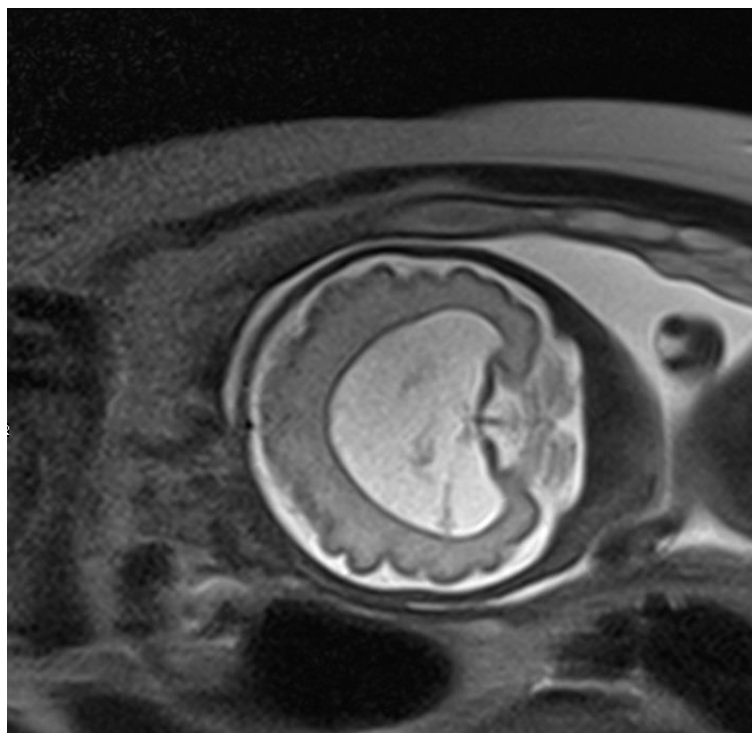
Donošený eutrofický novorozenec z 3. sledované gravidity. Prenatálně zjištěna dilatace postranních komor plodu, pro kterou bylo ve 31. týdnu těhotenství provedeno vyšetření MR – nález uzavřen jako lobární forma holoprosencefalie. Prenatálně nabraná virologie + toxoplasmóza u matky, byla s amnestickými titry protilátek. Bezprostřední poporodní adaptace dítěte byla v normě. Provedené postnatální sonografické vyšetření potvrdilo nález VVV ve smyslu lobární holoprosencefalie a ageneze corporis callosi. Dle

vyjádření dětského neurologa není nález toho času indikován k operačnímu řešení, další kontroly jsou plánovány. Ostatní vyšetření (oční, neurologické) vykazují normální nález, otoakustické emise nebyly prokázány bilaterálně, další sledování plánováno. Provedená laboratorní vyšetření vč. hormonů štítné žlázy nadledvin a hypofýzy neprokazují patologii. Během hospitalizace byl kontrolován obvod hlavičky, za 7 dní vzrostl o 0,9 cm. Před dimisí je dítě plně kojeno, na hmotnosti prospívá. Maminka byla zacvičena v péči o novorozence, kterou dobře zvládá. Hmotnost při propuštění 3 720 g a obvod hlavy 35,4 cm.

*Diagnózy při propuštění:* alobární holoprosencefalie, ageneze corporis callosi a porucha sluchu susp.

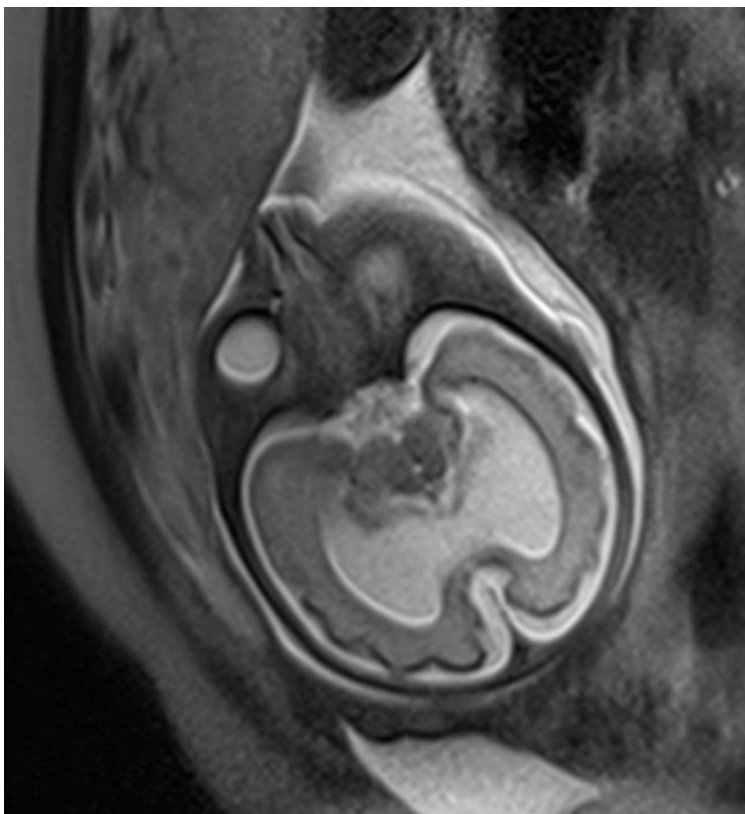
*Doporučení:* 2. 11. 2011 **kontrola USG kyčlí** na dětské ortopedické ambulanci, 27. 10. 2011 kontrola v centru vývojové péče Neonatologického oddělení FN Plzeň, neurologické sledování, kontrolní vyšetření sluchu, kontrola na oční klinice, 5. 10. 2011 neurochirurgická kontrola, kontrola obvodu hlavy.

**Obrázek 1:** MR plodu - mozek (koronální řez)



**Popis:** T2 vážený obraz. Chybí falx cerebri.

**Obrázek 2:** MR plodu - mozek (axiální řez)



**Popis:** T2 vážený obraz. Vytvořena jediná komora.

**Obrázek 3:** MR plodu (sagitální řez)



**Popis:** T2 vážený obraz. Pupečník obtočen kolem krčku plodu.

## 8.2 Kazuistika 2

1) Žena, 27 let

ANAMNÉZA:

**Krevní skupina:** 0, **Rh faktor:** + pozitivní

VYŠETŘENÍ:

24. 1. 2012: **MR plodu**

Vyšetření zaměřeno na mozek plodu. Nález na mozku odpovídá Dandyově Walkerově variantě, kdy IV. komora široce komunikuje s cereberální cisternou. Mozečkové hemisféry norm. vytvořeny, supratentoriálně norm. nález. CAVE: smyčka pupečníku kolem krčku, t.č. volná.

14. 2. 2012: **sonografické vyšetření** (mezi mozečkovými hemisférami anechogenní rozšíření 10 mm v. s. hypoplasie vermis)

6. 3. 2012: **kontrolní vyšetření**

12. 4. 2012: **sonografické vyšetření** (mozkové komory dilatované na 8 mm vpravo, 7 mm vlevo)

12. 4. 2012 – 18. 4. 2012: **hospitalizace** na gynekologicko-porodnické klinice

14. 4. 2012: **laboratorní vyšetření** - výsledky

15. 4. 2012: **porod plodu**

*Pohlaví:* mužské, *hmotnost:* 3 250 g, *délka:* 48 cm

*Diagnóza:* hrozící hypoxie plodu, hypoplasie vermis mozečku – varianta Dandy Walker syndromu dle MR u plodu, mutace MTHFR v heterozygotním stavu

*Doporučení:* propouštěna do domácího ošetřování, dodržovat hygienický režim šestinedělí. Kontrola u ošetřujícího gynekologa po konci šestinedělí. Při obtížích kontrola IHNED.

2) Novorozenec

VYŠETŘENÍ:

16. 4. 2012: **MR mozku** bez KL, *závěr:* nález má charakter Dandy Walkerova komplexu (nejspíše D-W varianta)

8. 8. 2012: **MR mozku** bez KL, *závěr:* obstrukční hydrocephalus při Dandy Walker variantě  
Zavedení VP drenáže

24. 8. 2012: **MR mozku** bez KL, *závěr:* stav po zavedení VP (ventrikuloperitoneální) drenáže, jen mírná regrese obstrukčního hydrocephalu při Dandy-Walker variantě, subakutní

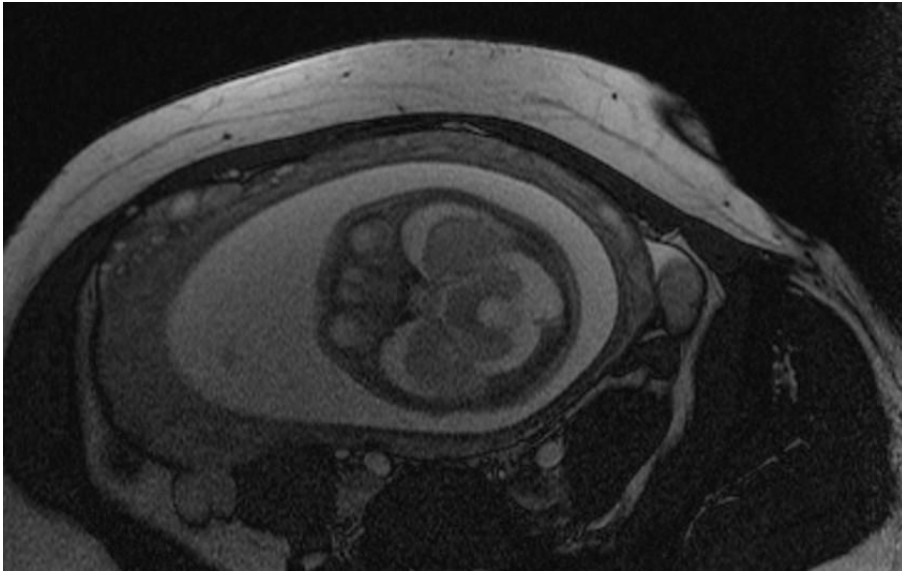
hematomy – interhemisferálně, SD za okcipitálním lalokem a v oblasti megacisterny cerebelli.

**Obrázek 4:** MR plodu - mozek (sagitální řez)



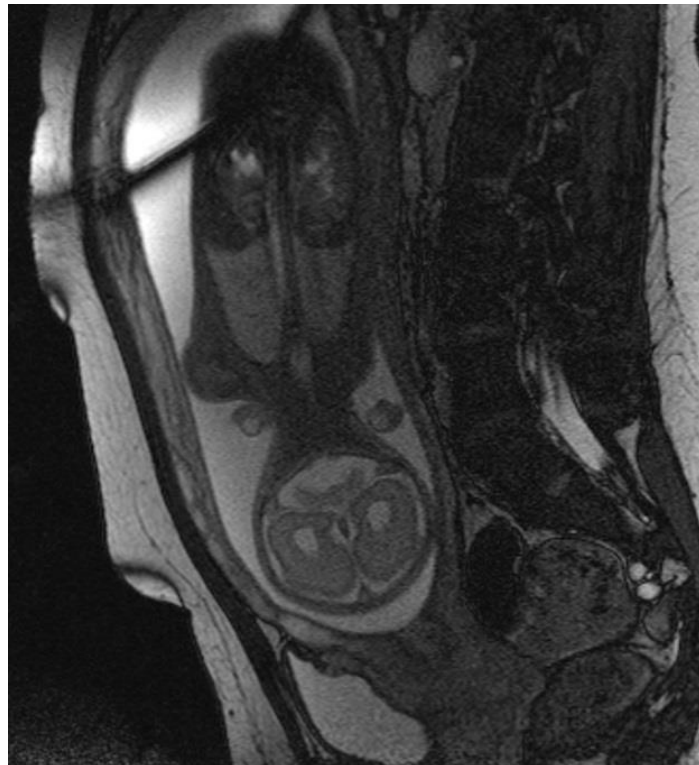
**Popis:** T2 vážený obraz. Nález na mozku odpovídá Dandy Walker variantě.

**Obrázek 5:** MR plodu - mozek (axiální řez)



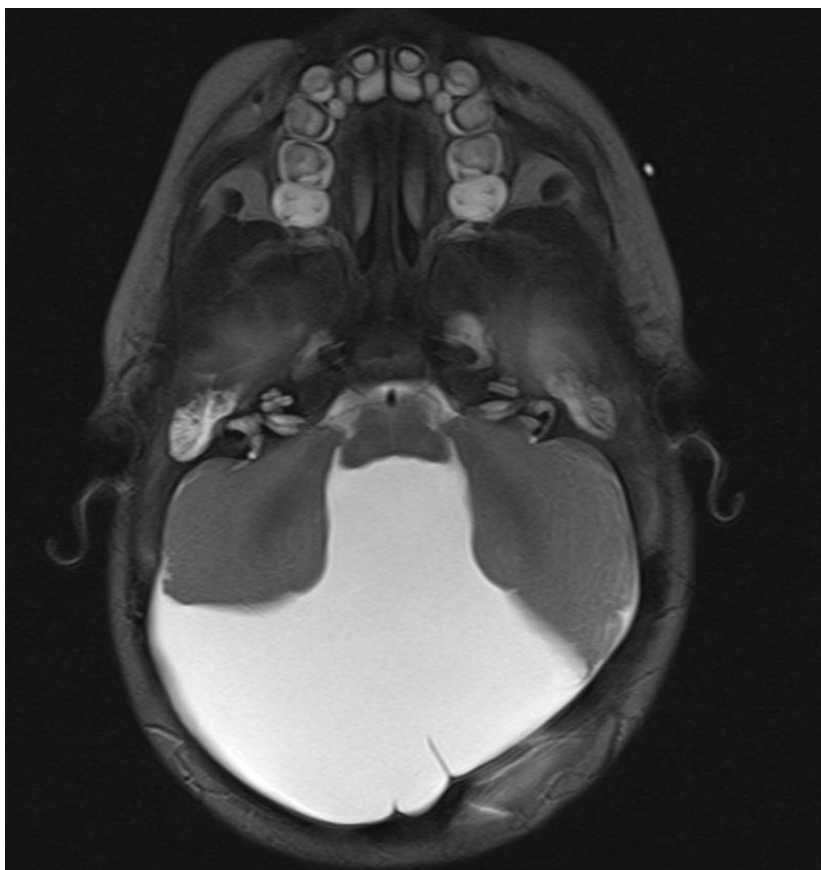
**Popis:** Nález na mozku odpovídá Dandy Walker variantě.

**Obrázek 6:** MR plodu - mozek (koronální řez)



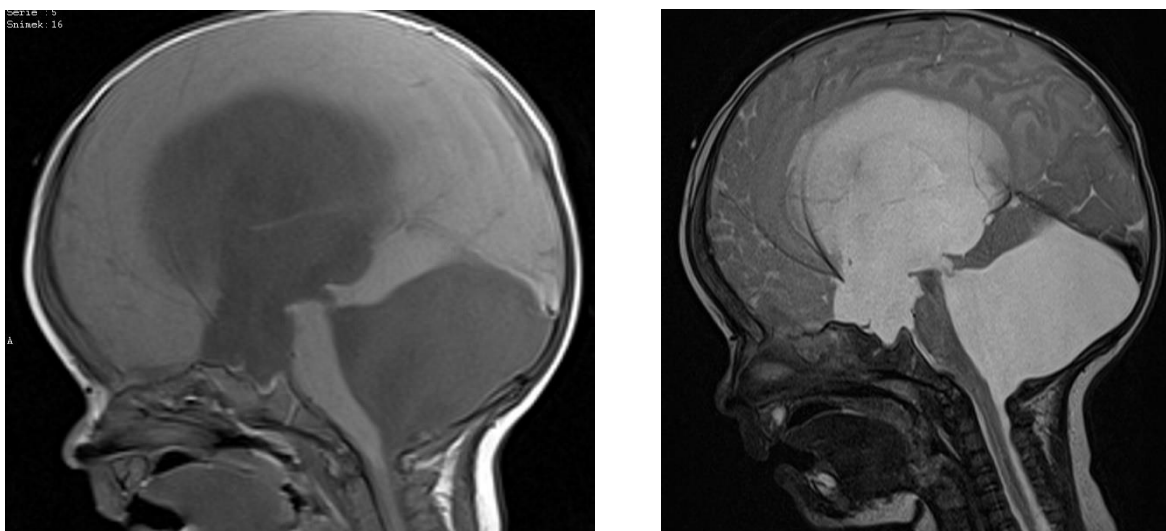
**Popis:** Nález na mozku odpovídá Dandy Walker variantě.

**Obrázek 7:** MR mozku dítěte po narození (axiální řez)



**Popis:** T2 vážený obraz. Obstrukční hydrocephalus při Dandy-Walker variantě.

**Obrázek 8:** MR mozku dítěte po narození (sagitální řezy)



**Popis:** Porovnání T1 a T2 zobrazení. Obstrukční hydrocephalus při Dandy-Walker variantě. V T1 váženém obraze je likvor tmavý, v T2 naopak světlý.

### 8.3 Kazuistika 3

1) Žena, 19 let

ANAMNÉZA:

**Krevní skupina: A, Rh faktor: +** pozitivní

VYŠETŘENÍ:

7. 5. 2013: **MR plodu**

Vyšetření zaměřeno na mozek bez KL. Cavum vergae et septi pellucidi, kalózní těleso je vytvořeno. V levé komoře a germinativní matrix (uložené dorzálně vzhledem k matčinu tělu) je přítomen hyposignální útvar, který jemně vybíhá prsovitě do okolní bílé hmoty. V komoře se zdá být koagulum, výše uvedené struktury jsou hypersignální v T1 sekvencích. Naznačený edém levé hemisféry s lehkým vyhlazením gyrů. Kolem krčku obtočen pupečník.

*Závěr:* známky krvácení v levé mozkové hemisféře, vzhledem připomíná venózní infarkt, provést kontrolní USG vyšetření do týdne a dále eventuálně kontrolní MR plodu - trombofilní stav matky?

21. 5. 2013: **sonografické vyšetření**

21. 5. 2013: **MR plodu**

Vyšetření zaměřeno na mozek bez KL. Cavum vergae et septi pellucidi, kalózní těleso vytvořeno. V levé komoře (dnes uložené ventrálně vzhledem k matčinu tělu) je přítomen hyposignální tenký útvar, který se zdá být koagulem. Výše uvedená struktura je hypersignální v T1 sekvencích. Symetrie štíhlých komor zachována, mozková tkáň dnes beze změny signálu. Kolem krčku obtočen pupečník.

*Závěr:* známky po proběhlém krvácení v levé mozkové postranní komoře, sledovat pomocí USG vyšetření a provést kontrolní MR post natum.

11. 6. 2013: **sonografická kontrola**

15. 7. 2013 – 22. 7. 2013: **hospitalizace** na gynekologicko-porodnické klinice

Přijata 15. 7. k preventivní hospitalizaci pro susp. IGRU plodu. USG biometrie plodu, průtoky v normě, provedena preindukce porodních cest Prostinem 1×.

18. 7. indikováno ukončení gravidity císařským řezem z indikací viz výše. Výkon proveden následující den, bez komplikací.

15. 7. 2013: **laboratorní vyšetření** - výsledky

19. 7. 2013: **porod plodu**

*Pohlaví: ženské, hmotnost: 2 880 g, délka: 48 cm*



*Diagnóza:* nepřipravené porodní cesty, incipientní IUGR dle USG, stav po intraventrikulárním krvácení plodu

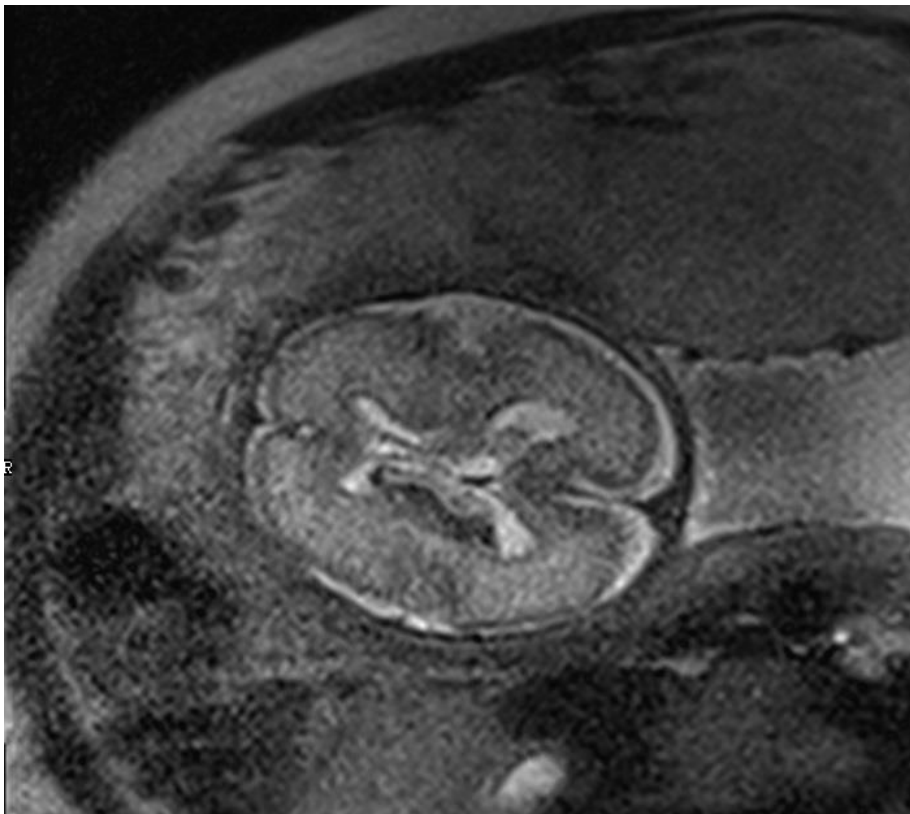
*Doporučení:* propouštěna do domácího ošetřování, dodržovat hygienický režim šestinedělí. Kontrola u ošetřujícího gynekologa po konci šestinedělí. Při obtížích kontrola IHNED.

2) Novorozenec

VYŠETŘENÍ:

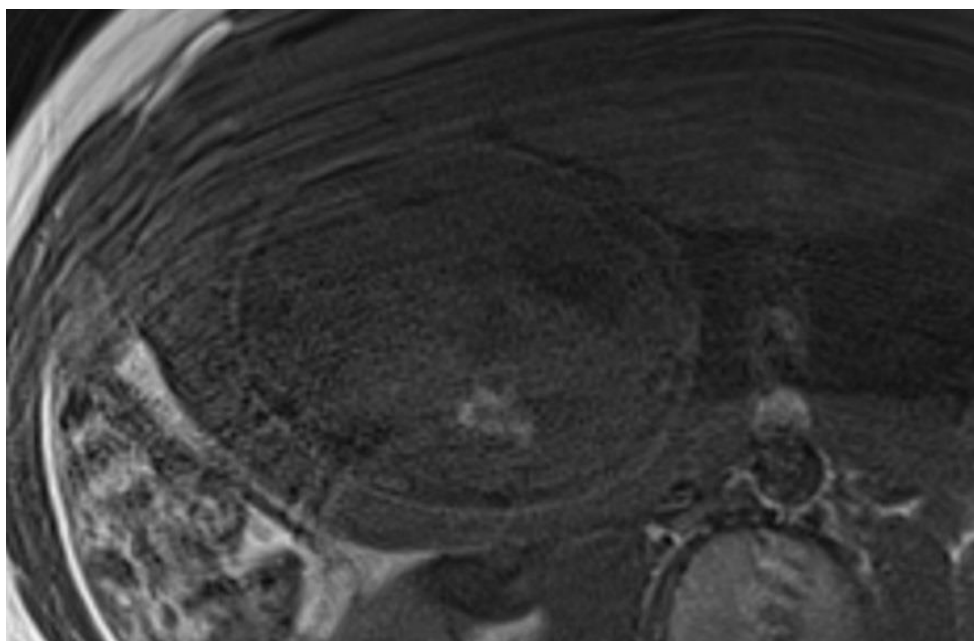
19. 7. 2013: **sonografické vyšetření** mozku, ledvin, nadledvin, jater, sleziny a žlučníku

**Obrázek 9:** MR plodu - mozek (axiální řez)



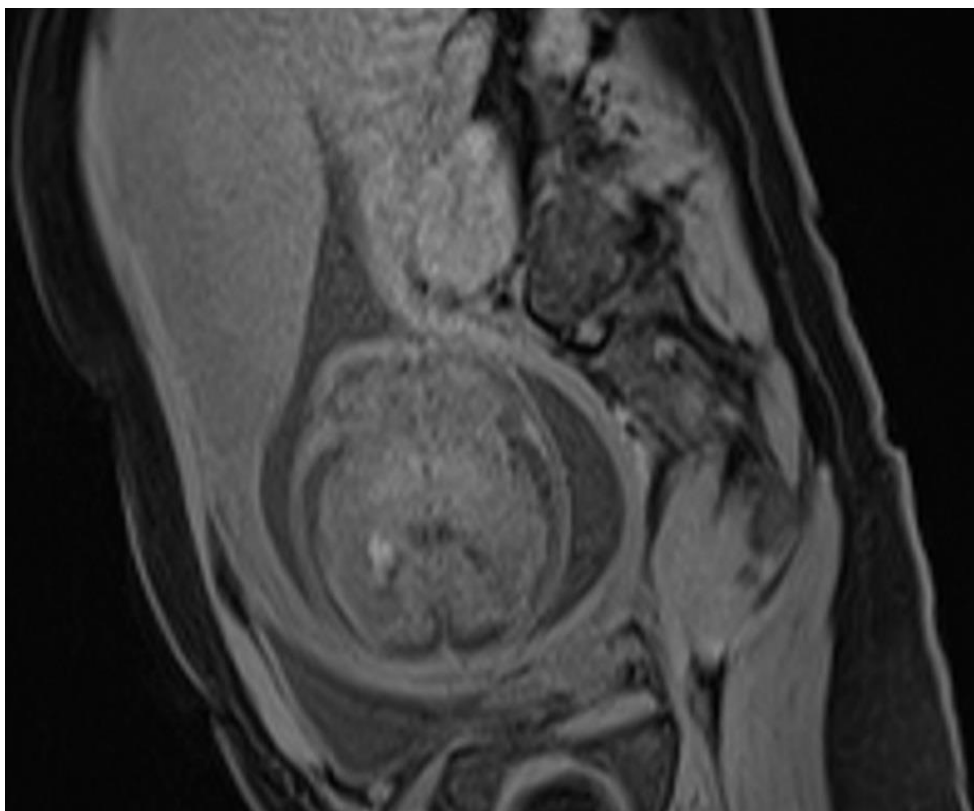
**Popis:** T2 vážený obraz. Znamky krvácení v levé mozkové hemisféře, vzhled připomíná venózní infarkt.

**Obrázek 10:** MR plodu – mozek (axiální řez)



**Popis:** T1 vážená sekvence, krvácení je světlé. Na obrázku jsou zachyceny pohybové artefakty.

**Obrázek 11:** Kontrolní MR plodu - mozek (axiální řez)



**Popis:** T1 vážený obraz. Kontrolní MR plodu zaměřeno na mozek. Přítomny známky po proběhlém krvácení v levé mozkové postranní komoře.

**Obrázek 12:** MR plodu – mozek (axiální řez)



**Popis:** Kontrolní MR, ADC  
(Apparent diffusion coefficient)

**Obrázek 13:** MR plodu-mozek (axiální řez)



**Popis:** Kontrolní MR, DWI  
(Diffusion weighted imaging )

## 8.4 Kazuistika 4

1) Žena, 28 let

ANAMNÉZA:

**Krevní skupina: A, Rh faktor: pozitivní**

VYŠETŘENÍ:

1. 11. 2011: **MR plodu**

Provedeno nativně. V pravé polovině břišní dutiny je patrný cystoidní útvar plástvovitého charakteru velikosti 58×36×55 mm, který odtlačuje střevo doleva a dorzálně pravou ledvinu, která je však od něj ohraničena. Krátkým výběžkem zasahuje útvar do pánve dorzálně od prázdného močového měchýře. Ostatní orgány normálního vzhledu. Plod v poloze hlavičkou s placentou na přední horní straně dělohy.

*Závěr:* cystický útvar dutiny břišní – může se jednat o mnohočetné mezenterální cysty, *diferenciální diagnóza:* lymfangiom.

28. 11. 2011: **sonografické vyšetření** (v oblasti pánve vpravo se zobrazuje několikakomorová cystická rezistence bez zřejmého cévního toku)

*Závěr:* cystická rezistence v oblasti pánve a v dutině břišní – mezenterální cysta.

11. 12. 2011 – 16. 12. 2011: **hospitalizace** na gynekologicko-porodnické klinice

11. 12. 2011: **sonografické vyšetření**

11. 12. 2011: **laboratorní vyšetření** - výsledky

12. 12. 2011: **porod plodu**

*Pohlaví:* mužské, *hmotnost:* 2 590 g, *délka:* 46 cm

*Diagnóza:* anémie v šestinedělí, cystická rezistence v oblasti pánve u plodu

*Doporučení:* Propouštěna do domácího ošetřování, dodržovat hygienický režim šestinedělí. Předepsán Aktiferrin na doma (1-0-1), po dobrání kontrola krevního obrazu u praktického lékaře. Kontrola u ošetřujícího gynekologa po konci šestinedělí. Při potížích kontrola IHNEDE.

2) Novorozenec

VYŠETŘENÍ:

12. 12. 2011: **sonografické vyšetření** mozku, ledvin, jater, žlučníku, sleziny a nadledvin

*Závěr:* Tumor břišní dutiny nejasného původu

12. 12. 2011: **MR břicha**

Vyšetření zaměřeno na břicho, nativně a postkontrastně (Magnevist). V pravé polovině břišní dutiny (v pravém mezo a hypogastriu a ve středním mezogastriu) je patrný

polycystický septovaný útvar velikosti 42×25×55 mm, kaudálně dosahuje až do pánve, končí vpravo od močového měchýře, expanze nevychází z parenchymového orgánu dutiny břišní. Tenké kličky jsou odtačeny, pravá ledvina dislokována dorzálně, postkontrastně se lehce sytí. Expanze je v těsném kontaktu s ventrální částí stěny břišní aorty a dolní dutou žílou.

12. 12. 2011: **sono břicha**

*Závěr:* V pravé polovině dutiny břišní je patrný objemný multilokulární útvar o průměru kolem 6 cm. Od okolních struktur a orgánů je dobře ohraničený. Je v těsném sousedství dolní plochy jater, pravé ledviny, ventrální části stěny břišní aorty a dolní duté žíly, které neinfiltruje. Sonografický obraz odpovídá nejbližše lymfangiomu, v. s. vycházející z retroperitonea. Nález nemá maligní vzhled.

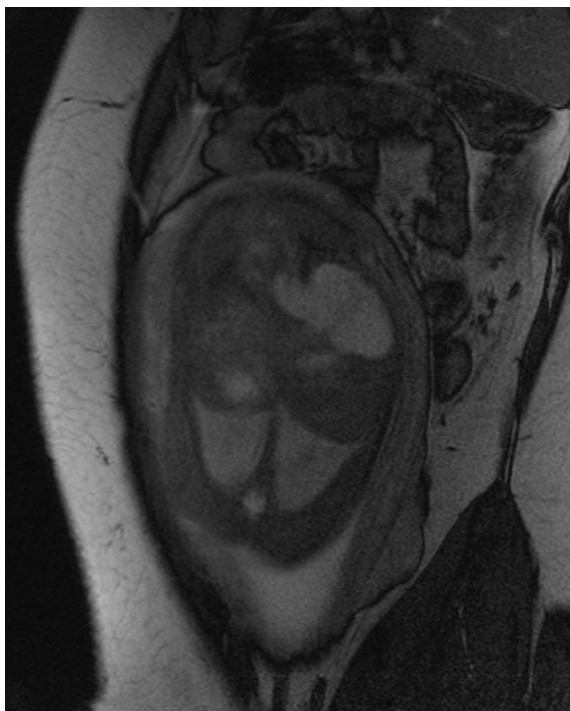
20. 12. 2011 – 30. 12. 2011: **hospitalizace** ve FN MOTOL, Praha (provedena resekce tumoru s odstraněním cca 15 cm ilea, kojenecké koliky)

leden 2012: **kontrola chirurgie Praha** (odstranění stehů, menší hydrokéla vpravo, doporučená kontrola v červnu)

20. 3. 2012: **návštěva ambulance/ordinace** (provedeno sonografické vyšetření mozku, ledvin, jater a sleziny)

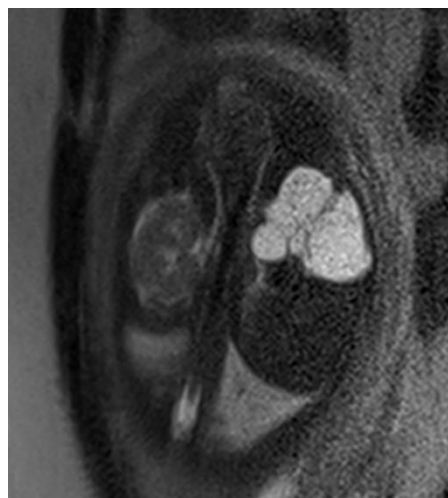
*Závěr:* stav po operaci lymfangiomu dutiny břišní, bez recidivy dle USG.

**Obrázek 14:** MR plodu (koronální řez)



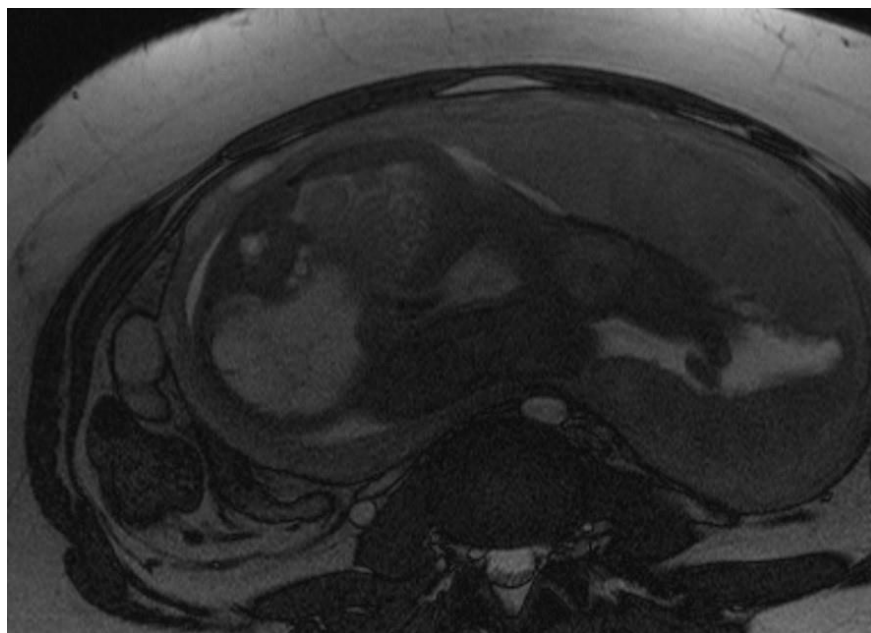
**Popis:** T2 vážený obraz. Cystický útvar v oblasti dutiny břišní a pánvi.

**Obrázek 15:** MR plodu (koronální řez)



**Popis:** T2 vážený obraz.

**Obrázek 16:** MR plodu (axiální řez)

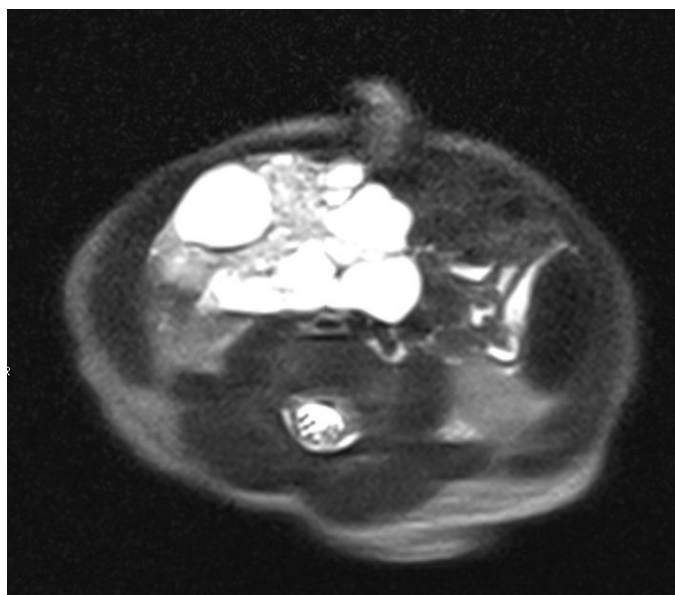


**Popis:** T2 vážený obraz.

**Obrázek 17:** MR břicha dítěte po narození (koronální řez)



**Obrázek 18:** MR břicha dítěte po narození (axiální řez)



**Popis:** T2 vážený obraz. V pravé polovině břišní dutiny je patrný polycystický septovaný útvar. Kaudálně dosahuje až do pánve, končí vpravo od močového měchýře, tenké klíčky jsou odtlačeny.

## 8.5 Kazuistika 5

1) Žena, 21 let

ANAMNÉZA:

**Krevní skupina: A, Rh faktor: pozitivní**

VYŠETŘENÍ:

3. 6. 2011: **sonografické vyšetření** (v oblasti pravé hýždě se zobrazuje dobře ohraničený anisoechogenní útvar 17×15×13 mm, mohlo by se jednat o sakrokokcygeální teratom, doplnit MR vyšetření)

8. 6. 2011: **MR plodu**

Provedeno nativně. V pravé hýžd'ové krajině je patrna oválná až hruškovitá cystoidní expanze (20×17×23 mm) vycházející nejspíše z exkavace křížové kosti a vyklenující se zevně. Má multicystický charakter se septy a v. s. nesouvisí s páteřním kanálem. Vysoký signál smolky v tračníku. Bez zřetelné patologie na intraabdominálních či hrudních orgánech a ani intrakraniálně.

*Závěr:* MR nálezn odpovídá podezření na sakrokokcygeální teratom.

6. 10. 2011 – 9. 10. 2011: **hospitalizace** na gynekologicko-porodnické klinice

6. 10. 2011: **laboratorní vyšetření**

7. 10. 2011: **porod**

*Pohlaví:* neuvedeno, *hmotnost:* 3 060 g, *délka:* 48 cm, *diagnóza:* sakrokokcygeální teratom, abusus opioidu (amfetaminu), pupečník 1× pevně kolem krku

*Doporučení:* Propouštěna do domácího ošetřování, dodržovat hygienický režim šestinedělí. Kontrola u ošetřujícího gynekologa po konci šestinedělí. Při potížích kontrola IHNED.

2) Novorozenec

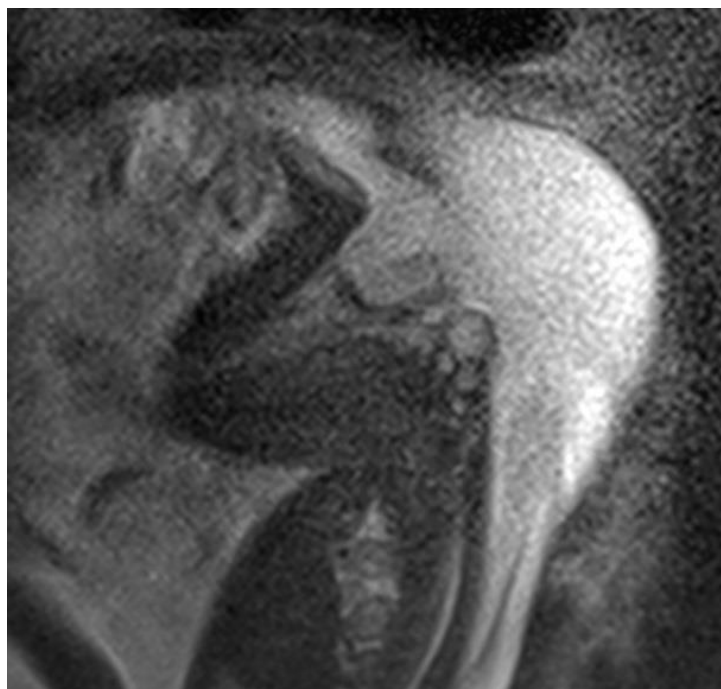
7. 10. 2011: **MR LS páteře, pánve** (se zaměřením na sakrokokcygeální oblast)

*Závěr:* Tumor, nejspíše coccygeální teratom s významnou cystickou složkou, zasahující okrajem před sakrokokcygeální přechod, je ve vztahu s rectem. Bez zjevně patrné propagace do páteřního kanálu.

Operace teratomu ve FN MOTOL (lékařská zpráva není k dispozici)

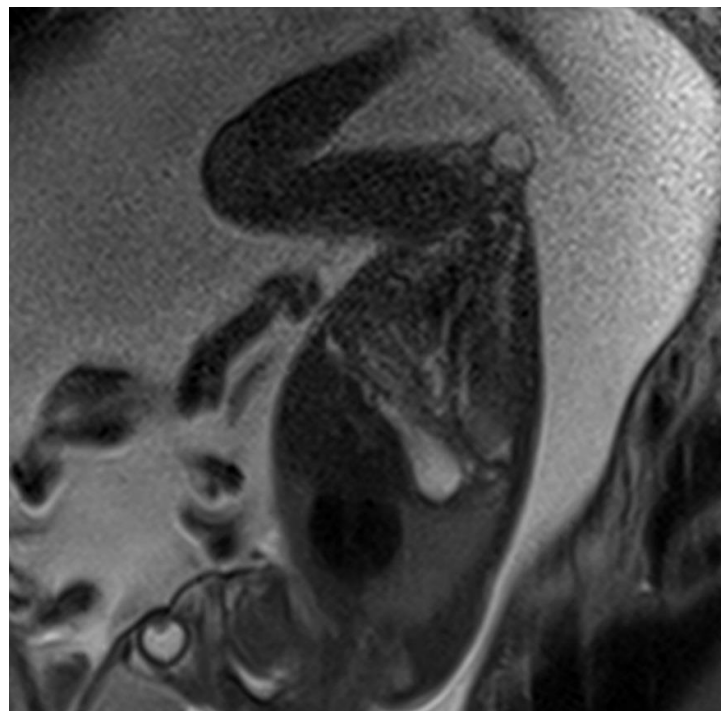
22. 11. 2011: **návštěva ambulance/ordinace** (pozitivní metanfetamin, opiáty v moči, *diagnóza:* stav po operaci sakrokokcygeálního teratomu, casus socialis, matka abusus drog v. s.)

**Obrázek 19:** MR plodu (sagitální řez)



**Popis:** T2 vážený obraz. V pravé hýžděové krajíně je patrna oválná až hruškovitá cystoidní expanze vycházející nejspíše z exkavace křížové kosti a vyklenující se zevně.

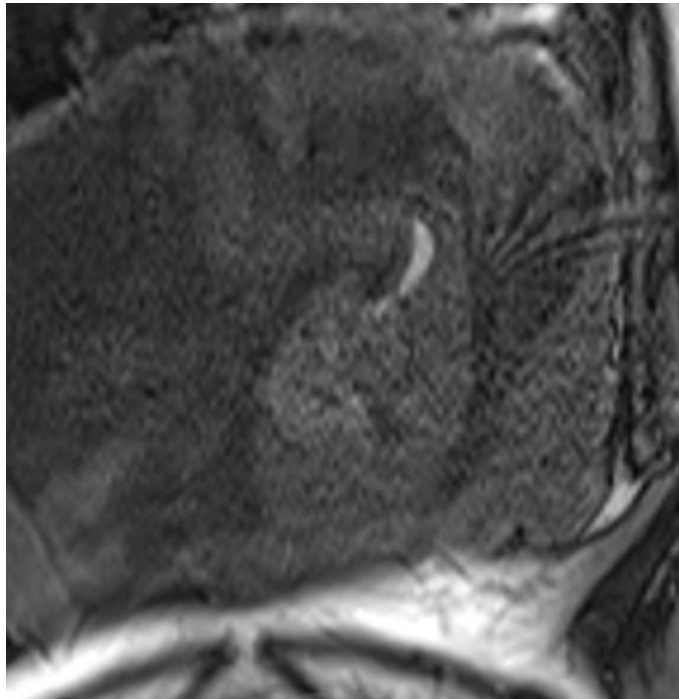
**Obrázek 20:** MR plodu (sagitální řez)



**Popis:** Nález odpovídá podezření na sakrokokcygeální teratom.

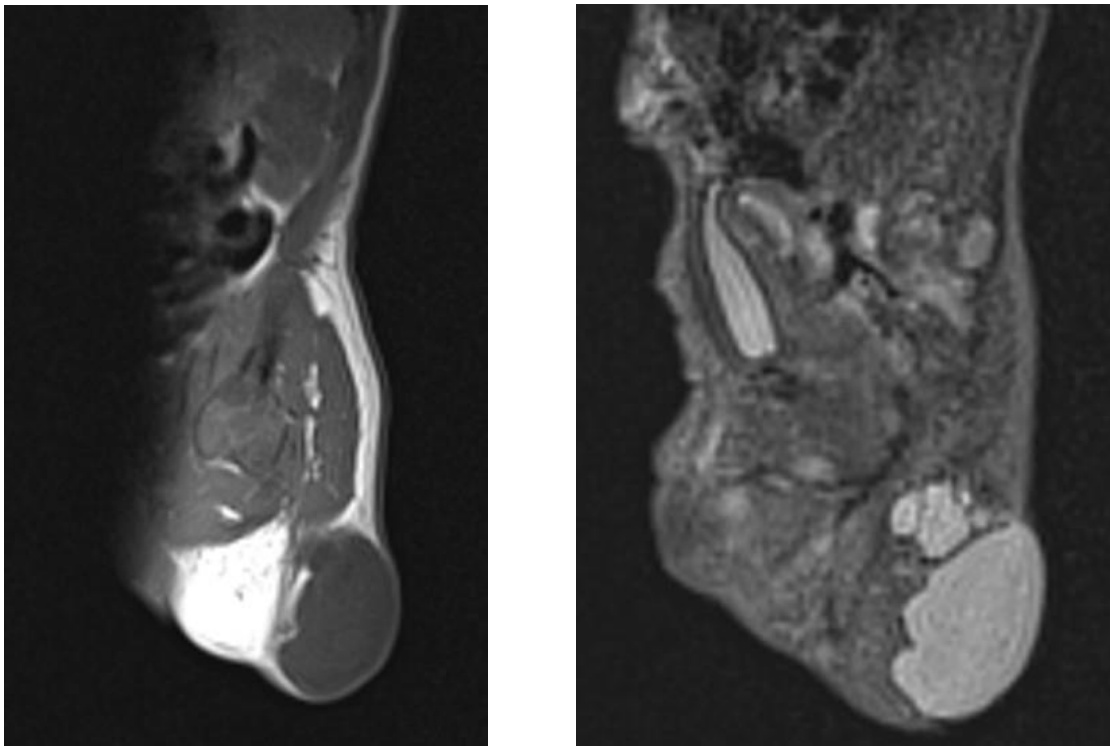


**Obrázek 21:** MR plodu (sagitální řez)



**Popis:** Vysoký signál smolky v tračniku.

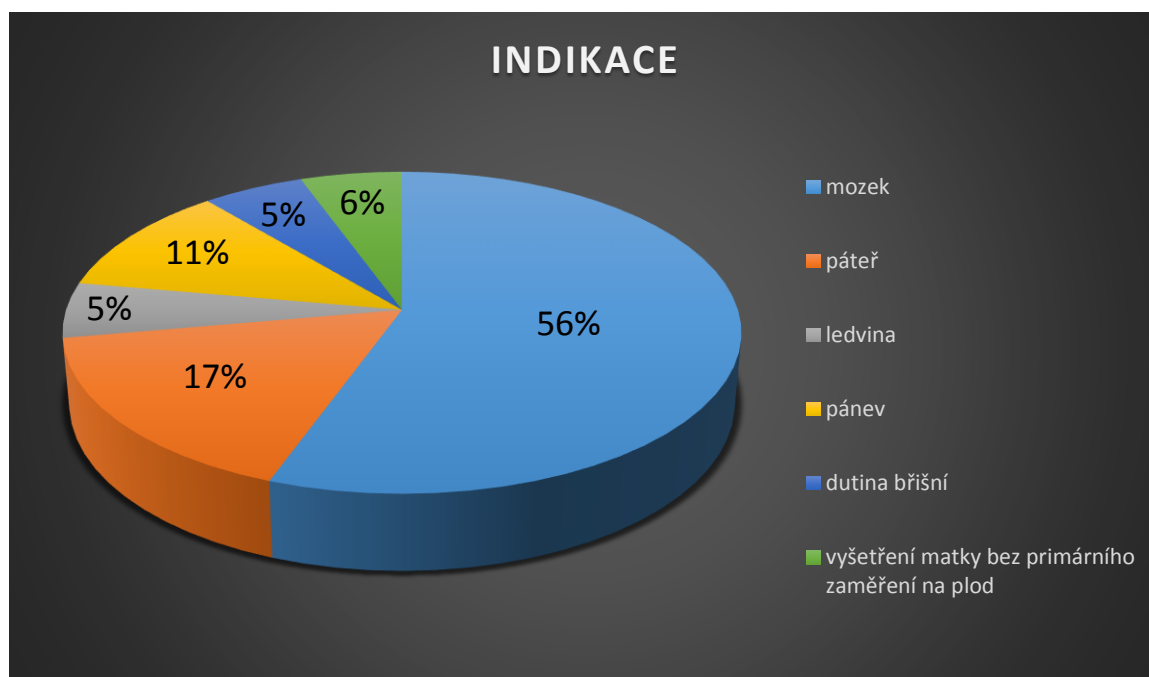
**Obrázek 22:** MR dítěte po narození (sagitální řezy)



**Popis:** Porovnání T1 a T2 zobrazení. MR LS páteře a pánve se zaměřením na sakrokokcygeální oblast. Tumor nejspíše kokcygeální teratom s významnou cystickou složkou. Na T1 (vlevo) černé zbarvení, na T2 světlé.

## 9 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ

Do statistického zpracování dat jsme zařadily 21 pacientek, které podstoupily vyšetření na magnetické rezonanci Avanto 1,5 T ve FN Lochotín v období 2011-2014. U těchto žen jsme zmapovaly indikaci k MR a data zpracovaly do grafu a tabulky. U dvou pacientek byly požadovány 2 indikace od lékaře, proto výsledný počet v tabulce činí 23 indikací.



**Graf č. 1:** Procentuální zastoupení indikací MR plodu

INDIKACE	POČET
Mozek	10
Páteř	3
Ledviny	1
Pánev	2
Dutina břišní	1
Vyšetření matky bez primárního zaměření na plod	6

**Tabulka č. 1:** Indikace k vyšetření plodu pomocí MR

## DISKUZE

Jako náš první cíl bakalářské práce jsme zvolily porovnání vyšetření plodu pomocí USG a MR. Ve výše uvedených kazuistikách je zřejmé, že počet vyšetření ultrazvukem převažuje nad počtem vyšetření pomocí MR. Důvodem je zejména to, že ultrazvuk je metoda levná, rychlá, dostupná, nezářivá a často opakovatelná. MR je pouze doplňující vyšetření, které nám lépe zobrazí měkkou tkáň.

S tím souvisí první výzkumná otázka: v čem je hlavní rozdíl mezi vyšetřeními USG a MR? Rozdíl je tedy v celém principu zobrazování, v délce a ceně vyšetření, v kontraindikacích a v neposlední řadě také v dostupnosti. Ne v každé nemocnici se najde magnetická rezonance a vybavení pro zobrazování plodu.

Náš druhý cíl byl zmapovat výhody a nevýhody zobrazení plodu pomocí MR. Mezi výhody určitě patří nepřítomnost škodlivého záření. U použití silného magnetického pole pro zobrazení nebyly shledány žádné škodlivé účinky. Lépe nám vykreslí vyšetřovanou strukturu, používá odlišný princip zobrazení než USG. Další výhodou je, že pro zobrazení plodu se neaplikuje kontrastní látka.

Mezi nevýhody patří délka a cena vyšetření, proto se MR nemůže provádět tak často jako USG. Zobrazení pomocí MR má zásadní kontraindikace, při kterých se vyšetření nesmí provést. Bohužel další nevýhodou je nutnost absolutního klidu při vyšetření, jinak jsou obrazy rozmazané. Velice těžké je to právě u plodu, kde pohyby nedokážeme ovlivnit.

Třetím cílem, který souvisí s výzkumnou otázkou č. 2, bylo zjistit nejčastější indikace fetální MR ve FN Lochotín. Výsledky jsme statisticky zpracovaly do grafu a tabulky. Z 23 indikací se 10× provádělo vyšetření se zaměřením na mozek. Ve výše zmíněných kazuistikách je popsáno MR mozku ve 3 případech z 5.

Poslední výzkumná otázka zní: Jaké vývojové vady se dají na MR rozpoznat oproti USG? Na tuto otázku není možné odpovědět zcela jasně. MR se provádí tehdy, kdy je nález na USG nejasný, tedy pro zpřesnění. USG je metoda první volby a většinou se patologie nebo odlišnosti od normálu zjistí již při sonografickém vyšetření.

U kazuistiky č. 1 se provedla MR plodu zaměřená na mozek, kdy závěrem byla lobární forma holoprosencefalie. Podle dostupných informací se další MR k vyšetření plodu již nepoužila, doplnila ji sonografie. Po porodu se provedlo neurologické vyšetření a na neurochirurgickém konziliu byl zamítnut akutní neurochirurgický výkon. Byl proveden RTG plic a další sonografická vyšetření orgánů a naplánovala se další vyšetření.

V kazuistice č. 2 se objevuje také jedno vyšetření MR plodu, též zaměřeno na mozek. Nález na mozku odpovídá Dandy-Walkerově variantě. Před porodem proběhla ještě sonografická vyšetření, po porodu následovala 3 vyšetření MR mozku. Na druhém se prokázal obstrukční hydrocephalus při Dandy-Walker variantě. Byla provedena drenáž a na třetím MR bylo zobrazení po drenáži.

Ve třetí kazuistice se indikovala magnetická rezonance hned dvakrát. Obě vyšetření byla zaměřena na mozek. Objevily se známky po proběhlém krvácení v levé mozkové postranní komoře. Byla indikována USG kontrola a kontrolní MR post natum.

Čtvrtá kazuistika využila MR plodu se zaměřením na cystický útvar dutiny břišní, kde se mohlo jednat o mnohočetné mezenterální cysty – lymfangiom. Samozřejmě nechyběla sonografická vyšetření plodu. Po porodu se prováděla magnetická rezonance břicha nativně i postkontrastně. Mezenterální cysty byly méně pravděpodobné, útvar připomínal zmiňovaný lymfangiom. Proběhlo sono břicha, závěrem byl tumor nejasného původu, který neměl maligní vzhled. Poté proběhla hospitalizace ve FN Motol v Praze, kde se tumor resekoval, vše zkontrolováno pod USG.

Poslední kazuistika poukazuje na MR plodu, kdy závěrem byl nález, který odpovídal podezření na sakrokokcygeální teratom. Po porodu byla provedena další MR páteře se zaměřením na sakrokokcygeální oblast. Teratom byl odoperován ve FN Motol v Praze.

Jak můžeme vidět, magnetická rezonance není metodou první volby, ale v mnoha případech nám pomůže k objasnění, upřesnění a popisu nálezu, popřípadě k vyloučení stavu.

## ZÁVĚR

Naše bakalářská práce nese název Zobrazení plodu pomocí MR. V teoretické části jsme zvolily popis vývoje zdravého jedince. Tento vývoj prochází třemi fázemi, vaječným, embryonálním a fetálním až ke zrození nového života. Bohužel v životě není vše podle našich představ a přání, a proto se stává, že některý plod může mít vrozenou vývojovou vadu nebo jinou odlišnost od normálu. Některé příklady jsme uvedly do druhé kapitoly práce.

Ve třetí kapitole jsme zmínily prenatalní diagnostiku. Těhotná samozřejmě neunikne spouště vyšetření, ať už sebe samotné nebo vlastního plodu. Vyšetření mohou být jak invazivní, tak neinvazivní, o kterých jsme se rozepsaly v kapitole čtvrté. Jedná se o ultrasonografii a magnetickou rezonanci.

Ultrasonografie je ve fetální medicíně metoda první volby pro její kladné vlastnosti vyhovující k zobrazování. Magnetická rezonance pracuje na jiném principu a kvůli absenci škodlivého záření se skvěle hodí jako metoda doplňující k ultrasonografii.

Vyšetření plodu pomocí MR se bohužel neprovádí tak často, dá se říct, že počet vyšetření za jeden rok ve FN Lochotín na přístroji Magnetom Avanto 1,5 T se dá spočítat na prstech rukou. V teoretické části jsme vybraly 5 zajímavých kazuistik vyšetření, které proběhly v rozmezí 2011-2014. Vždy se tam objevuje sonografie jako převažující metoda. MR se provádělo vždy jedno, maximálně dvě vyšetření pro plod.

Také jsme se zaměřily na statistické zpracování dat. Ze zkoumaného vzorku případů jsme zjistily nejčastější indikaci na MR plodu ve FN Lochotín. Bohužel k dosažení rozsáhlejší statistiky nebylo dostatek vyšetření, neprovádí se rutinně. Ze zpracovávaných 23 indikací byla nejčastější indikace se zaměřením na mozek plodu, a to v 10 případech (56%). To potvrdil i výběr kazuistik - 3 z 5 popisují MR mozku.

Diagnostické metody se rychle vyvíjejí a zdokonalují, což výrazně napomáhá přesnému určení diagnózy a následně včasnému a cílenému řešení zdravotního problému pacienta. Věřím, že se diagnostické metody budou i nadále zdokonalovat a že toto vyšetření by se dříve či později mohlo stát rutinní záležitostí.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. **GREGORA, Martin a VELEMÍNSKÝ, Miloš ml.** *Nová kniha o těhotenství a mateřství.* 1. vydání. Praha : Grada Publishing, 2011. 229 s. ISBN 978-80-247-3081-3.
2. **PAŘÍZEK, Antonín.** *Kniha o těhotenství a dítěti: Český průvodce těhotenstvím, porodem, šestinedělím - až do dvou let dítěte.* 4. vydání. Praha : Galén, 2009. 776 s. ISBN 9788072626533.
3. **STOPPARD, Miriam.** *Nová kniha o matce a dítěti.* 1. vydání. Praha : Cesty, 2001. 168 s. ISBN 80-7181-486-5.
4. **ŠÍPEK, Antonín.** Vrozené vývojové vady. *Informační portál o vrozených vývojových vadách a jejich výskytu v ČR.* [Online] 2008-2013. [Citace: 17. prosinec 2014.] [http://www.vrozene-vady.cz/vrozene-vady/index.php?co=definice\\_vady](http://www.vrozene-vady.cz/vrozene-vady/index.php?co=definice_vady).
5. **ŠÍPEK Antonín, jr.** Genetika - Biologie. *Váš zdroj informací o genetice a biologii.* [Online] 2010-2014. [Citace: 17. prosinec 2014.] <http://www.genetika-biologie.cz/teratogeny>.
6. **FRISOVÁ, Veronika.** Šance dětem. *Pomáháme dětem, které neměly v životě štěstí.* [Online] 28. srpen 2014. [Citace: 18. prosinec 2014.] <http://www.sancedetem.cz/srv/www/content/pub/cs/clanky/prenatalni-diagnostika-vrozenych-vad-plodu-v-otazkach-a-odpovedich-73.html>.
7. **ŠÍPEK Antonín, jr.** Genetika - Biologie. *Váš zdroj informací o genetice a biologii.* [Online] 2010-2014. [Citace: 18. prosinec 2014.] Dostupné z WWW <http://www.genetika-biologie.cz/vrozene-vyvojove-vady>.
8. **ŠÍPEK Antonín, jr.** Genetika - Biologie. *Váš zdroj informací o genetice a biologii.* [Online] 2010-2014. [Citace: 18. prosinec 2014.] Dostupné z WWW <http://www.genetika-biologie.cz/chromozomove-aberace>.
9. **ROZTOČIL, Aleš a autorů, Kolektiv.** *Vyšetřovací metody v gynekologii a porodnictví.* Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1998. 179 s. ISBN 80-7013-255-8.
10. **Slovníky.cz.** *Velký lékařský slovník.* [Online] 2010. Dostupné z WWW <http://lekarske.slovníky.cz/>.
11. **SEIDL, Zdeněk, a další.** *Radiologie pro studium i praxi.* Praha : Grada Publishing, 2012. 372 s. ISBN 978-80-247-4108-6.

12. **HOFER, Matthias.** *Kurz sonografie.* 1. vydání. Praha : Grada, 2005. 240 s. ISBN: 80-247-0956-2.
13. **NOVÁK, Michal.** *Sonografická diagnostika náhlých příhod břišních.* Praha : MAXDORF s.r.o., 2004. 272 s. ISBN: 80-7345-020-8.
14. **KOBILKOVÁ, Jitka.** *Základy gynekologie a porodnictví.* 1. vydání. Praha : Galén, 2005. 368 s. ISBN 80-246-1112-0.
15. **HÁJEK, Zdeněk, MACEK, Milan a KULANOVÝ, Eduard.** *Základy prenatální diagnostiky.* 1. vydání. Praha : Grada Publishing, 2000. 423 s. ISBN 80-7169-391-X.
16. **VÁLEK, Vlastimil a ŽIŽKA, Jan.** *Moderní diagnostické metody.* 1. vydání. Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1996. Sv. III. Magnetická rezonance. 43 s. ISBN 80-7013-225-6.
17. **BUXTON, Richard B.** *Introduction to Functional Magnetic Resonance Imaging.* 2. vydání. Cambridge : Cambridge University Press, 2009. 470 s. ISBN-13: 978-0-521-89995-6.
18. **MECHL, Marek a další.** *Kontraindikace a rizika vyšetření pomoví magnetické rezonance.* Česká Radiologie. 2010. Praha : Česká lékařská společnost J. E. Purkyně. s. 69-75. ISSN 1210-7883.
19. **CHUDÁČEK, Zdeněk.** *Radiodiagnostika.* 1. vydání. Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. 293 s. ISBN-10: 80-7013-114-4.
20. **VENDIŠ, Tomáš a BAXA, Jan.** Radiologieplzen.eu. *Informační portál Kliniky zobrazovacích metod.* [Online] WorldPress, 2007-2015. [Citace: 9. únor 2015.] Dostupné z WWW <http://radiologieplzen.eu/zakladni-informace-mr/>.
21. **FRÍSOVÁ, Veronika.** *Klinické využití a význam magnetické rezonance v prenatální diagnostice.* Moderní babictví. 2010. č. 19. Praha : LEVRET s.r.o. s. 1-11. ISSN 1214-5572.
22. **KOPULETÁ, Lucie.** *Prenatální MR.* Praktická radiologie. 2014. č. 3. Olomouc : Společnost radiologických asistentů ČR. s. 4-7. E 11411. ISSN 1211-5053.
23. **VENDIŠ, Tomáš a BAXA, Jan.** Radiologieplzen.eu. *Informační portál Kliniky zobrazovacích metod.* [Online] 2007-2015. [Citace: 9. únor 2015.] Dostupné z WWW <http://radiologieplzen.eu/pruvodce-magnetickou-rezonanci/>.
24. **Siemens.** *Magnetom Avanto.* [Online] [Citace: 6. březen 2015.] Dostupné z WWW <http://www.healthcare.siemens.com/magnetic-resonance-imaging/0-35-to-1-5t-mri-scanner/magnetom-avanto>.

**25. FLAMMANG, Aaron J.** *Zobrazování plodu pomocí magnetické rezonance.* Trend. 2012. s.16-19. E 145 25.



## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

2D – dvoudimenzionální	FN – fakultní nemocnice
3D – trojdimenzionální	g – gram
aj. – a jiný	GEU – graviditas extrauterinas
AIDS – Acquired Immune Deficiency Syndrome	Gd – gadolinium
ALARA – as low as	GIT – gastrointestinální trakt
AMC – amniocentéza	H – vodík
apod. – a podobně	HASTE – half-Fourier acquisition single-shot turbo spin-echo
atd. – a tak dále	hCG ( $\beta$ -hCG) – human chorionic gonadotropin
B <sub>0</sub> – intenzita magnetického pole	He – helium
C – uhlík	HIV – Human Immunodeficiency Virus
CAH – kongenitální adrenální hyperplazie	ICD - implantabilní kardioverter-defibrilátor
cm – centimetr	IQ – intelligence quotient
CMV – cytomegalovirus	kg – kilogram
CNS – centrální nervový systém	kHz – kilohertz
CS – cervix skóre	KL – kontrastní látka
CT – computer tomography	mg – miligram
CTG = KTG – kardiogram	MHz – megahertz
CVP – centrální venózní tlak	ml – mililitr
CW – continuouswave	mm – milimetr
ČLS JEP - Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně	MR – magnetická rezonance
DNA – deoxyribonucleic acid	ms – milisekunda
DTPA – diethylentriaminpentaacetát	Na – sodík
EB – Epstein-Barr	např. – například
EKG – elektrokardiogram	nm – nanometr
F – fluor	nmol – nanomol
FISP - fast imaging with steady-state free precession	norm. - normalis
	NMR – nukleární magnetická rezonance

NST – non stress test

NT – nuchální translucence

oGTT – orální glukózový toleranční test

P – fosfor

PAPP-A – pregnancy-associated plasma protein A

PKU – fenylketonurie

PW – pulsedwave

Rh – rhesus faktor

RF – radiofrekvenční

RTG – rentgen

T – tesla

t. č. – toho času

TE – time to echo

TIM – total imaging matrix

TR – time to repeat

tzv. – takzvaně

sups. – suspektní

USG – ultrasonografie

UZ – ultrazvuk

VAS – vertebrogenní algický syndrom

VIBE - volumetric interpolated breath-hold examination

VP - ventrikuloperitoneální

v. s. – veri similer

VVV – vrožené vývojové vady

$\mu\text{m}$  - mikrometr

$\gamma$  – gyromagnetický poměr

$\omega_0$  – Larmorova rovnice

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obrázek 1:</b> MR plodu - mozek (koronální řez).....	42
<b>Obrázek 2:</b> MR plodu - mozek (axiální řez) .....	43
<b>Obrázek 3:</b> MR plodu (sagitální řez).....	43
<b>Obrázek 4:</b> MR plodu - mozek (sagitální řez).....	45
<b>Obrázek 5:</b> MR plodu - mozek (axiální řez) .....	46
<b>Obrázek 6:</b> MR plodu - mozek (koronální řez).....	46
<b>Obrázek 7:</b> MR mozku dítěte po narození (axiální řez).....	47
<b>Obrázek 8:</b> MR mozku dítěte po narození (sagitální řezy) .....	47
<b>Obrázek 9:</b> MR plodu - mozek (axiální řez) .....	49
<b>Obrázek 10:</b> MR plodu - mozek (axiální řez).....	50
<b>Obrázek 11:</b> Kontrolní MR plodu - mozek (axiální řez).....	50
<b>Obrázek 12:</b> MR plodu – mozek (axiální řez).....	51
<b>Obrázek 13:</b> MR plodu – mozek (axiální řez).....	51
<b>Obrázek 14:</b> MR plodu (koronální řez).....	53
<b>Obrázek 15:</b> MR plodu (koronální řez).....	53
<b>Obrázek 16:</b> MR plodu (axiální řez).....	54
<b>Obrázek 17:</b> MR břicha dítěte po narození (koronální řez).....	54
<b>Obrázek 18:</b> MR břicha dítěte po narození (axiální řez).....	54
<b>Obrázek 19:</b> MR plodu (sagitální řez).....	56
<b>Obrázek 20:</b> MR plodu (sagitální řez).....	56
<b>Obrázek 21:</b> MR plodu (sagitální řez).....	57
<b>Obrázek 22:</b> MR dítěte po narození (sagitální řezy).....	57

## SEZNAM TABULEK

<b>Tabulka č. 1:</b> Indikace k vyšetření plodu pomocí MR.....	58
--	----

## SEZNAM GRAFŮ

<b>Graf č. 1:</b> Procentuální zastoupení indikací MR plodu .....	58
---	----

## **SEZNAM PŘÍLOH**

<b>Příloha č. 1:</b> Průkazka těhotné.....	69
<b>Příloha č. 2:</b> Kardiotokograf.....	70
<b>Příloha č. 3:</b> Ultrazvuk ve FN Lochotín .....	71
<b>Příloha č. 4:</b> MRI scanner - schéma.....	72
<b>Příloha č. 5:</b> MAGNETOM Avanto 1.5T eco .....	73
<b>Příloha č. 6:</b> Tělová cívka.....	74
<b>Příloha č. 7:</b> Informovaný souhlas k vyšetření MR.....	75



## Příloha č. 2: Kardiotokograf



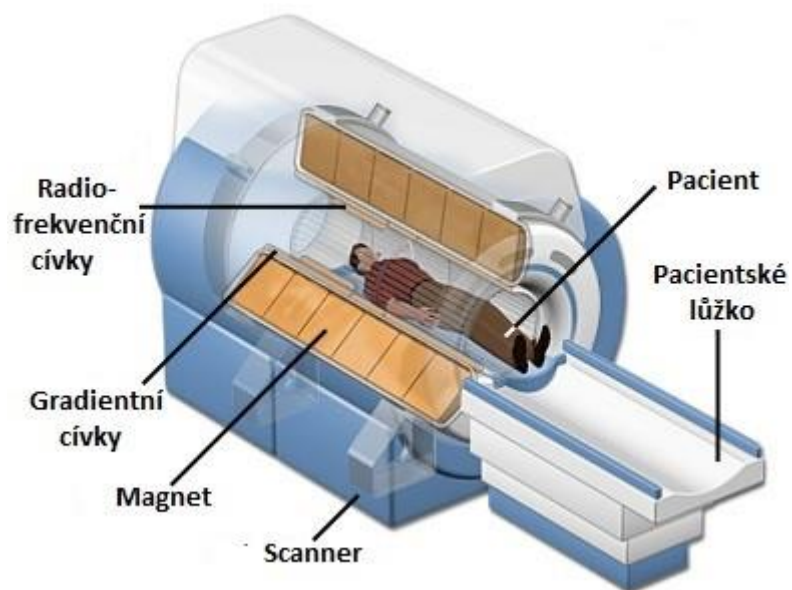
Zdroj: [www.kardioline.cz](http://www.kardioline.cz)

**Příloha č. 3: Ultrazvuk ve FN Lochotín**



Zdroj: [www.radiologieplzen.eu](http://www.radiologieplzen.eu)

#### Příloha č. 4: MRI scanner - schéma



Zdroj: popular.fbmi.cvut.cz



**Příloha č. 5: MAGNETOM Avanto 1.5 T**



Zdroj: [www.healthcare.siemens.de](http://www.healthcare.siemens.de)

**Příloha č. 6: Tělová cívka**



Zdroj: vlastní archiv

