

UNIVERZITA PALACKÉHO  
V OLOMOUCI  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD  
Ústav radiologických metod

Markéta Hanáková

## **Ultrazvuk a magnetická rezonance v prenatální diagnostice**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Kamila Michálková

Olomouc 2012

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Ultrazvuk a magnetická rezonance v prenatalní diagnostice vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Univerzitou Palackého v Olomouci na jejich internetových stránkách.

Olomouc 30. dubna 2012

-----

podpis

Děkuji MUDr. Kamile Michákové za odborné vedení bakalářské práce, za cenné rady a připomínky, které mi v průběhu psaní udělila.

## **ANOTACE**

**Název práce:** Ultrazvuk a magnetická rezonance v prenatalní diagnostice

**Název práce v AJ:** Ultrasound and magnetic resonance imaging in prenatal diagnosis

**Datum zadání:** 2012-01-03

**Datum odevzdání:** 2012-04-30

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta zdravotnických věd  
Ústav radiologických metod

**Autor práce:** Markéta Hanáková

**Vedoucí práce:** MUDr. Kamila Michálková

**Oponent práce:** MUDr. Jiří Hyjánek, Ph. D.

### **Abstrakt v ČJ:**

Přehledová bakalářská práce popisuje význam zobrazovacích metod v prenatalní diagnostice. Informuje o objevu ultrazvuku, fyzikálních principech, historii sonografických vyšetření v gynekologii a porodnictví a historii užívání magnetické rezonance v lékařství. Zabývá se ultrazvukovým screeningem vrozených vývojových vad v jednotlivých trimestrech,

invazivními metodami prováděnými za pomoci ultrazvuku, popisuje možnosti zobrazování plodu magnetickou rezonancí. Práce popisuje také výhody a nevýhody jednotlivých metod a jejich bezpečnost.

**Abstrakt v AJ:**

The review bachelor thesis describes importance of imaging methods in prenatal diagnosis. It informs about invention, history and physical principle of ultrasound examination in obstetrics and gynecology and about history of magnetic resonance imaging in medicine. The thesis concerns ultrasound screening of congenital developmental defects during each trimester, invasive ultrasound guided methods and describes possibilities of fetal magnetic resonance imaging.

Thesis also describes advantages and disadvantages of the methods and their safety.

**Klíčová slova v ČJ:**

prenatální diagnostika, ultrazvukový screening plodu, magnetická rezonance, ultrasonografie, vrozené vývojové vady

**Klíčová slova v AJ:**

Prenatal diagnosis, Ultrasound fetal screening, Magnetic resonance imaging, Ultrasonography, Congenital developmental defects

**Rozsah:** 45 s., 8 s. příl.

**Místo uložení:** Ústav radiologických metod, FZV UP – sekretariát

# OBSAH

1 ÚVOD.....	7
2 PŘEHLED DOHLEDANÝCH INFORMACÍ.....	8
2.1 HISTORIE ULTRAZVUKU.....	8
2.1.2 HISTORIE ULTRAZVUKU V GYNEKOLOGII A PORODNICTVÍ.....	9
2.2 ZÁKLADNÍ POJMY.....	12
2.3 PRINCIP ULTRAZVUKU.....	14
2.3.1 DRUHY ULTRAZVUKOVÝCH VYŠETŘENÍ.....	16
2.3.2 POZITIVA A NEGATIVA UZ VYŠETŘENÍ V TĚHOTENSTVÍ.....	17
2.4 UZ SCREENING A DALŠÍ UZ VYŠETŘENÍ.....	19
2.4.1 ULTRAZVUKOVÉ VYŠETŘENÍ V I. TRIMESTRU.....	21
2.4.2 ULTRAZVUKOVÉ VYŠETŘENÍ V II. TRIMESTRU.....	24
2.4.3 ULTRAZVUKOVÉ VYŠETŘENÍ V III. TRIMESTRU.....	27
2.4.4 ULTRAZVUKOVÉ VYŠETŘENÍ PŘED PORODEM.....	28
2.4.5 DOPPLEROVSKÁ FLOWMETRIE.....	28
2.4.6 TROJROZMĚRNÉ ULTRAZVUKOVÉ VYŠETŘENÍ.....	30
2.4.7 FETÁLNÍ ECHOKARDIOGRAFIE.....	31
2.4.8 INVAZIVNÍ UZ DIAGNOSTIKA.....	31
2.5 MAGNETICKÁ REZONANCE V PRENATÁLNÍ DIAGNOSTICE.....	34
2.5.1 HISTORIE MAGNETICKÉ REZONANCE V LÉKAŘSTVÍ.....	34
2.5.2 BEZPEČNOST VYŠETŘENÍ.....	35
2.5.3 INDIKACE A KONTRAINDIKACE.....	36
2.5.4 TECHNIKA FETÁLNÍ MAGNETICKÉ REZONANCE.....	37
3 ZÁVĚR.....	38
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	40
SEZNAM ZKRATEK.....	43
SEZNAM PŘÍLOH.....	45

# 1 ÚVOD

Rizikové faktory, které mohou ovlivnit průběh těhotenství, se vyskytují až u třetiny těhotných (Hájek, 2004, str. 1). Vrozené vývojové vady se vyskytují ve 3 až 5 procentech těhotenství (Vajdová, 2007, str. 11). Objev ultrazvuku a jeho zavedení do prenatalní péče znamenalo obrovský zlom v diagnostice vrozených vývojových vad, a to i přesto, že jeho výsledky nejsou stoprocentní. Navíc patří ultrazukové vyšetření v gynekologii a porodnictví k jediné bezrizikové zobrazovací metodě a jeho význam je natolik velký, že sonografické výsledky mohou být hlavním argumentem pro umělé ukončení těhotenství.

Tato přehledová bakalářská práce si klade za cíl podat informace o tom, co bylo publikováno o vyšetřeních prováděných pomocí ultrazvuku a magnetické rezonance v rámci prenatalní diagnostiky.

Velkou roli v prenatalní diagnostice hraje ultrazukový screening. Primární screening si klade za cíl určit těhotenství, která mají větší riziko výskytu vrozených vývojových vad. Screeningová vyšetření se realizují během těhotenství několikrát. Z hlediska zachycení nejčastějších chromozomálních vad je nejúčinnější vyšetření provedené v prvním trimestru. Naopak ultrazuková vyšetření prováděná v druhém trimestru patří k nejspolehlivějším metodám při posuzování plodu. Ve třetím trimestru se hodnotí funkce fetoplacentární jednotky.

Součástí prenatalní diagnostiky jsou i specializovaná ultrazuková vyšetření, jako jsou například dopplerovská flowmetrie a fetální echokardiografie. Kromě funkčních a morfologických vyšetření se ultrazvuku užívá i při invazivních metodách. Za sonografické kontroly se provádí amniocentéza, biopsie choria a punkce pupečníku.

K zobrazovacím metodám, které jsou využívány v prenatalní diagnostice, patří i magnetická rezonance. V současné době patří k nejrozšířenějším vyšetřením prováděným magnetickou rezonancí diagnostika anomálií centrální nervové soustavy plodu.

## 2 PŘEHLED DOHLEDANÝCH INFORMACÍ

### 2.1 HISTORIE ULTRAZVUKU

První objevy týkající se ultrazvuku se datují do předminulého století. K jeho praktickému využití v lékařství a zejména v diagnostice došlo až mnohem později. Původně nacházely ultrazvukové vlny uplatnění spíše v technických odvětvích.

Na konci 18. století zaujali italského vědce Lazzara Spallanzani netopyři, u kterých si všimnul, že se dokážou ve tmě bez problémů orientovat a vyhýbat se nejrůznějším překážkám. K tomu nevyužívají zrak, ale zvukové vibrace, které nejsou pro člověka slyšitelné. Jeho objev byl potvrzen až o 150 let později zoology Griffinem a Galambosem (Calda, 2010, str. 25).

Důležitým okamžikem v historii ultrazvuku byl objev a zrekonstruování piezoelektrického měniče jakožto zdroje ultrazvuku, o což se zasloužil v roce 1916 francouzský fyzik P. Langevin. Do té doby se jako zdroj ultrazvuku používaly různé píšťalky, sirény a vodní trysky. (Dvořáková, 2010, str. 11). Jak Calda uvádí, zařízení sloužilo k vyhledávání německých ponorek a min. Později se zařízení stalo základem pro hloubkoměry. Echolot pracoval na principu zachycení odraženého ultrazvukového vlnění od neviditelných překážek a následně jejich prostorového lokalizování. I když původně bylo zařízení zrekonstruované kvůli válečným úmyslům, stalo se vlastně i předchůdcem dnešních lékařských diagnostických systémů (Mornstein, <http://www.med.muni.cz/~vmornst/ultrazv.htm>).

O ultrazvuk se velmi zajímal také ruský vědec Sokolov, který v roce 1929 položil základy ultrazvukové průmyslové defektoskopie. Prozvučovací metoda byla v roce 1934 nahrazena impulsní odrazovou. (Calda, 2010, str. 26).

O možnosti využití ultrazvuku v lékařství se začalo hovořit ve 30. letech minulého století, kdy byly zaznamenány biologické účinky ultrazvuku. Využívat se začal od roku 1938 nejprve ve fyzioterapii, o což se zasloužil především Němec Pohlman, který je považován za



nejvýznamnější osobnost v oblasti aplikovaného výzkumu ultrazvuku. Zrekonstruoval Pohlmanův článek, díky němuž lze zachytit dvojrozměrný obraz intenzity dopadajícího ultrazvuku. V odraženém světle se místa, na které dopadá intenzivnější vlnění, zobrazují světlejší (Mornstein, <http://www.med.muni.cz/~vmornst/ultrazv.htm>).

Důležitou roli v historii ultrazvuku sehrál Američan Fireston, který vymyslel odrazový defektoskop. V lékařství byla tato metoda poprvé využita v roce 1949, kdy Ludwig a Struthers zaznamenali odrazy od žlučových kamenů a cizích těles. Dalším významným mezníkem v ultrazvukové diagnostice byl objev dvojrozměrného obrazu B, se kterým v roce 1952 přišli nezávisle na sobě Howry a Bliss, Wild a Reid (Calda, 2010, str. 27).

V 50. letech minulého století se začalo využívat metody pracující na bázi Dopplerova jevu, díky kterému lze vysledovat směr a rychlost pohybu struktur. Poprvé bylo Dopplerova principu použito v roce 1957 k rozpoznání pohybu srdečního svalu. Na přelomu padesátých a šedesátých let byla tato metoda využívána především k měření rychlosti toku krve.

Dlouhou tradici má zkoumání ultrazvuku i v bývalém Československu. Výsledky českých a slovenských odborníků ale nedosahovaly takových výsledků jako jinde ve světě. Za zřejmě první vědeckou práci o ultrazvukových účincích lze považovat práci brněnských lékařů Herčíka, Šprindricha a Martince z počátku čtyřicátých let minulého století. Autoři se v ní zabývají biologickými účinky na rostlinný materiál (Mornstein, <http://www.med.muni.cz/~vmornst/ultrazv.htm>).

### **2.1.2 HISTORIE ULTRAZVUKU V GYNEKOLOGII A PORODNICTVÍ**

Cesta ultrazvuku do prenatální diagnostiky byla dlouhá. V porodnictví a gynekologii se ultrazvuku začalo využívat až na konci 50. let minulého století. Za začátek využívání ultrazvuku v těchto oborech lze považovat práci Barbera a jeho spolupracovníků z roku 1974, ve které byly popsány výhody dvojrozměrného B-zobrazení a měření rychlosti krve pomocí

Dopplerova principu. (Mornstein, <http://www.med.muni.cz/~vmornst/ultrazv.htm>). Poprvé se o akustickém sledování ozev na bázi Dopplerova principu hovoří v roce 1964 (Caldá, 2010, str. 28).

Bývalé Československo se může i přes izolaci a omezené možnosti odborníků pochlubit docela dlouhou historií využívání ultrazvuku v porodnictví. V rámci Evropy se dokonce svými úspěchy řadí za Velkou Británii, Rakousko a Švédsko. Rozvoj sonografické diagnostiky ale brzdilo nedostatečné přístrojové vybavení a chudé informace. K vyšetření se zpočátku využívalo průmyslových defektoskopů, které poskytovaly pouze jednorozměrný obraz A. K prvním průkopníkům v Československu patřili Stožický a Čech, kteří v roce 1969 poskytli informace o měření biparietálního průměru hlavičky a o zobrazení placenty se pokoušel Kříkal. Hrazdira se zaměřil na možnosti diferenciací děložních myomů a ovariálních cyst tím, že měřil útlum ultrazvukové energie v těchto útvarech. V oblasti bezpečnosti sonografické diagnostiky se Hrazdira stal světově uznávaným odborníkem (Čech, <http://sud.gynpor.cz/historie.htm>)

Čeští odborníci, kteří se zabývali ultrazvukovou diagnostikou, založili v roce 1972 při České gynekologické a porodnické společnosti komisi UZ diagnostiky. Už o rok později uspořádala komise celostátní sjezd v Olomouci, kde byly odborné veřejnosti představeny dosavadní poznatky týkající se ultrazvukové diagnostiky. Velkou zásluhu mají členové komise také na rychlém rozšíření malých přístrojů pracujících na bázi dopplerova jevu, které umožňovaly brzkou detekci srdeční akce embrya.

O další významný krok se zasadili Čech, Papež a Taraba, kteří vydali monografii Ultrazvuková diagnostika v porodnictví a gynekologii. Kniha podávala informace o všech indikacích dvourozměrného obrazu B. Obsahovala také podrobný výklad o fyzikálních principech ultrazvuku a diagnostických přístrojích. Nedílnou součástí byl přehled veškeré dostupné literatury. V roce 1984 vydal Čech a jeho spolupracovníci knihu Ultrazvuk

v lékařské diagnostice, která je považována za první komplexní studijní pramen pojednávající o ultrazvukové problematice.

Od roku 1990 probíhají pravidelně celostátní konference. Jejich součástí jsou i výstavy nové ultrazvukové techniky. První konference ve Splavech u Máchova jezera měla ještě všeobecný charakter. Později už bylo její téma užší. V Prachaticích bylo hlavním tématem uložení placenty a stanovení plodové vody, ve Smilovicích se zabývala dopplerovskou technikou, v Milovech byl na programu diagnostický screening a v Nymburce se probírala problematika vrozených vývojových vad (Dvořáková, 2010, str. 11 – 12).

Devadesátá léta znamenají další zlom v ultrazvukové diagnostice. Přestože je pořizování moderních ultrazvukových přístrojů finančně nákladné, objevují se přístroje i v soukromých ordinacích a sonografické vyšetření se tak stává všeobecně dostupné (Čech, <http://sud.gynpor.cz/historie.htm>)

Další zlomový bod v oblasti ultrazvukové prenatalní diagnostiky nastal s využíváním 3D techniky, díky níž lze lépe posoudit jednotlivé části plodu a jeho uložení v děloze. Nejnovější možností je pak užití 4D zobrazení, které umožňuje zobrazení 3D v reálném čase.

(Vachutka, str. 15, 2009).

## 2.2 ZÁKLADNÍ POJMY

**Ultrazvuk** – jedná se o mechanické vlnění, které způsobuje kmitání částic v prostředí o frekvenci vyšší než 20 kHz (tj. 20 tisíc oscilací za sekundu). O ultrazvukovém poli vypovídá rychlost, vlnový odpor (akustická impedance), vlnová délka, intenzita a rozlišovací schopnost (Švecová, 2010, str. 9). Ultrazvuk se dělí na nízkofrekvenční a vysokofrekvenční. Nízkofrekvenční ultrazvuk má frekvenci 20 až 100 kHz a využívá se především v ultrazvukové chirurgii. Vysokofrekvenční ultrazvuk pracuje s frekvencemi vyššími než 100 kHz. V ultrazvukové terapii se využívá frekvence 1 až 3 MHz. V diagnostice nachází uplatnění ultrazvukové přístroje, které pracují s frekvencemi 2 až 40 MHz. Za hyperzvuk lze označit ultrazvuk, jehož frekvence je vyšší než 1 GHz (Sedlář, 2010, str. 22).

**Rychlost** – rychlost šíření ultrazvukových vln závisí na obsahu vody ve vyšetřované tkáni. Nejlépe se ultrazvuk šíří v kapalině, a to z důvodu velké hustoty a soudržnosti elementárních částic. Naopak v plynech, kde je soudržnost a hustota elementárních částic malá, se ultrazvukové vlny šíří pomaleji. Jako průměrná rychlost šíření ultrazvuku v živé tkáni se udává 1540 m/s (Švecová, 2010, str. 9).

**Akustická impedance** – vlnový odpor je dán poměrem akustického tlaku ultrazvukové vlny a rychlostí šíření vlny prostředím. Důležitý význam má akustický rozdíl dvou sousedních prostředí, který určuje velikost odrazu a lomu ultrazvukových vln na rozhraní těchto dvou prostředí.

**Intenzita** – udává se v jednotkách W/m<sup>2</sup> a vyjadřuje průměrnou energii vlnění kolmou na směr šíření, která projde za jednotku času jednotkovou plochou (Sedlář, 2010, str. 31 – 33). Švecová k intenzitě ultrazvuku píše, že po projití ultrazvukové vlny prostředím se přemění její mechanická energie na tepelnou, energie se absorbuje a intenzita vlnění klesá se vzdáleností ve směru šíření (Švecová, 2010, str. 9).

**Vlnová délka** – důležitý parametr v ultrazvukové diagnostice. Udává vzdálenost dvou nejbližších bodů, které kmitají ve stejné fázi (Sedlář, 2010, str. 16). Švecová píše, že vlnová délka je nepřímo úměrná frekvenci ultrazvuku. Rozlišovací schopnost tedy roste se zkracující se vlnovou délkou.

**Rozlišovací schopnost** – je nejmenší možná vzdálenost mezi dvěma strukturami, které lze zobrazit odděleně. S rostoucí frekvencí roste i rozlišovací schopnost ultrazvuku, ale klesá průnik tkáněmi (Švecová, 2010, str. 10).

**Dopplerův jev** – při vzájemném pohybu zdroje a detektoru ultrazvukového vlnění dochází ke změně frekvence vlnění. V případě, že se zdroj a detektor vzájemně přibližují, frekvence vysílaná zdrojem je nižší než frekvence zaznamenaná na detektoru a naopak. Stejný stav nastává i v případě, že zdroj vlnění, který je současně také detektorem, svoji polohu nemění a naopak svoji polohu mění pouze reflektor, od kterého se ultrazvukové vlnění odráží. V lékařství nachází dopplerův jev uplatnění k měření rychlosti toku krve, kdy v tomto případě jsou základními reflektory odrazu erythrocyty (Vachutka, str. 13 - 15, 2009).

## 2.3 PRINCIP ULTRAZVUKU

Ultrazvuk lze charakterizovat jako akustické vlnění o kmitočtu v rozmezí 16 kHz až 1 GHz. V lékařství se však užívá mnohem menšího rozsahu 2,5 až 7,5 MHz. Na počtu kmitočtů závisí rozlišovací schopnost. S rostoucími kmitočty rozlišovací schopnost stoupá, ale na druhou stranu klesá hloubka vyšetřované oblasti. K vytvoření ultrazvukové vlny se může použít elektromechanické, optické, termické nebo piezoelektrické přeměny energie. V lékařství se užívá piezoelektrického principu, kdy dochází k přeměně mechanické deformační energie na elektrickou a na základě elektronického zpracování je možné vyšetřovaný objekt zobrazit v obraze vytvořeném ze škály různých stupňů šedi (Neruda, 2004, str. 1). Dvořáková popisuje fyzikální princip piezoelektrického jevu: *„Deformuje-li se krystal, vznikne mezi jeho protilehlými elektrodami elektrické napětí, a naopak, přivede-li se na tyto elektrody krystalu elektrické napětí, krystal se deformuje. Přivede-li se na piezoelektrický krystal střídavý proud, začne se krystal periodicky deformovat, začne kmitat s frekvencí rovnou frekvenci použitého střídavého proudu, a stane se tak zdrojem ultrazvukového vlnění. Jestliže naopak dopadající ultrazvukové vlnění piezoelektrický krystal rozkmitá, vyvolá tím na jeho protilehlých elektrodách měřitelné střídavé napětí o vlastní frekvenci a amplitudě, piezoelektrický krystal se tak stává detektorem dopadajícího ultrazvukového vlnění. Technická realizace tohoto jevu spočívá v zabudování jednoho nebo více (i 400) krystalů do ultrazvukové sondy, který současně slouží jako zdroj vyslaných a detektor reflektovaných ultrazvukových impulsů.“* (Dvořáková, 2010, str. 16).

Základní vlastností ultrazvuku je, že se v homogenním prostředí šíří přímočaře a přenáší energii. Rychlost šíření ultrazvuku je různá. Záleží na prostředí, kterým se šíří. Například ve vzduchu dosahuje rychlosti 330 m/s, ve vodě probíhá ultrazvuková vlna mnohem rychleji. Ve vodním prostředí dosahuje rychlost ultrazvuku 1480 m/s. Z toho vyplývá, že se

ultrazvuková vlna bude šířit různou rychlostí i v lidském těle. V tuku dosahuje rychlosti 1450 m/s, v játrech a ledvinách 1560 m/s a v kostech má rychlost 3800 m/s.

Ultrazvukové vlnění může být podélné, příčné a povrchové. V lidském organismu se ultrazvukové vlnění šíří podélně, výjimkou jsou kosti, kde se ultrazvuk šíří povrchovým a příčným vlněním. Živý organismus představuje nehomogenní prostředí. Je tvořen tkáněmi, které mají nepravidelně uspořádanou strukturu, jsou různě prokrveny a mají různou akustickou impedanci (Dvořáková, 2010, str. 17).

V lékařství nachází největší uplatnění duplexní zobrazovací systémy, při nichž lze využít výhod ultrazvukové tomografie, neboli dvojrozměrného zobrazení akustických rozhraní a dopplerovského měření parametrů toku krve, kdy je pomocí různých barev zobrazen tok krve směrem od sondy nebo k sondě. Pomocí barevného kódování je možné rozpoznat patologické turbulentní proudění krve. Další informace podává rychlostní křivka, kterou je možné získat ve zvolených místech řezu (Mornstein, <http://www.med.muni.cz/~vmornst/ultrazv.htm>).

V prenatalní diagnostice se podle Nerudy využívá hned několika dopplerovských technik. Kontinuální dopplerovská technika umožňuje sledovat srdeční akci plodu, pulzní technika je vhodná k vyšetření cév. Pomocí ní je možné diagnostikovat například trombózu cév nebo koarktaci aorty. Z dynamického záznamu dopplerovské křivky, která automaticky vyhodnocuje maximální rychlost na vrcholu systoly, minimální rychlost na konci diastoly a střední průtokové rychlosti, lze vyčíst změny prokrvovaných orgánů. Naměřené hodnoty podávají informace o pulzatilních (PI) a rezistentních indexech (RI) vyšetřovaných cév. Průtoky naměřené v umbilikální cévě, v ductus hepaticus a v arterii cerebri media mohou pomoci včasné diagnostice hypoxie plodu. Barevného dopplera se využívá k přesnému změření velikosti průtoku a power doppler paging dokáže zaznamenat i velmi pomalé proudění v cévách a tím dát vyšetřujícímu podrobnou barevnou informaci o sledovaném objektu, například o vaskularizaci tumorů (Neruda, 2004, str. 2).

Ultrazvuková zobrazovací technika umožňuje metodou odstupňované šedi odlišit tkáň s různými akustickými vlastnostmi. Hyperechogenní tkáň a orgány, ve kterých dochází k mnoha impedančním změnám, se zobrazují jako světlé. Jako hypoechogenní, tedy tmavě, se jeví orgány, ve kterých dochází jen k malým impedančním změnám. Za anechogenní lze označit homogenní tekutiny, které se zobrazují černě. Anechogenní jsou krev, výpotky, plodová voda, obsahy cyst apod. (Dvořáková, 2010, str. 17).

Zpočátku se při sonografickém vyšetření pracovalo na bázi A modu, který však poskytoval pouze jednorozměrný obraz. Později se do praxe zavedl B mod, který umožňuje dvojrozměrné zobrazování. Nyní, po velkém rozmachu výpočetní techniky, se využívá rekonstruovaného 3D a 4D obrazu (Dvořáková, 2010, str. 18). 3D zobrazení probíhá pomocí speciálních sond a výsledný obraz je dále zpracován pomocí speciálního softwaru. Lékař může využívat i speciálních funkcí, jakými jsou elektronický skalpel a programů, které umožňují velmi přesná měření ve třech rovinách. Zobrazení v režimu 4D, neboli zobrazení v reálném času, se využívá nejčastěji k sledování plodu (Neruda, 2005 str. 1).

O multiplanárním zobrazení informuje Neruda takto: *„Umožňuje vizualizaci obrazu ve 3 rovinách na místo ve 2 a pohyb vpřed i zpět v různých rovinách námi zobrazované anatomické struktury. Ultrazvuk dává objektivní obraz v rovině X, Y, Z a integrací těchto 3 rovin získáme flexibilnější zobrazování vyšetřovaného místa a tím i přesnější stanovení diagnózy (omfalokéla, rozštěp patra). Zjednodušeně řečeno vyšetření umožňuje nahlédnout dovnitř zkoumaného orgánu“* (Neruda, 2005, str. 1).

### **2.3.1 DRUHY ULTRAZVUKOVÝCH VYŠETŘENÍ**

K transabdominálnímu sonografickému vyšetření se nejčastěji užívají sondy pracující s frekvencí 3,5 až 5 MHz, které umožňují zobrazit dutinu břišní přes stěnu břišní. Využívány jsou sondy konvexní, lineární a sektorové. Malá pánev se lépe zobrazuje při naplněném



močovém měchýři. Na kvalitě obrazu se negativně projevuje obezita těhotné a dilatované střevní kličky. Tento způsob vyšetření je vhodný od 3. měsíce těhotenství a používá se pro zobrazování útvarů, které vystupují nad symfýzu směrem nahoru do dutiny břišní (Dvořáková, 2010, str. 08).

Při transvaginálním vyšetření se využívá pracovní frekvence 4,0 až 7,5 MHz. Dosah je 8 až 12 centimetrů a je vhodné pro zobrazení orgánů malé pánve. Při tomto vyšetření není nutné mít naplněný močový měchýř. Transvaginální způsob vyšetření se uplatňuje nejvíce při časné diagnostice gravidity a k odhalení patologických stavů v malé pánvi (Neruda, 2004, str. 2). Dvořáková doplňuje, že tohoto vyšetření se využívá k diferenciaci diagnostice extrauterinního těhotenství a v pokročilejších stádiích gravidity pro zobrazení děložního hrdla a dolního pólu gestačního váčku (Dvořáková, 2010, str. 19).

Transperineální, transvestibulární a transrektální vyšetření se v oblasti prenatální diagnostiky nevyužívá, uplatnění našlo především v dětské gynekologii a urogynekologii (Neruda, 2005, str. 2).

### **2.3.2 POZITIVA A NEGATIVA UZ VYŠETŘENÍ V TĚHOTENSTVÍ**

Ultrazvuková vyšetření prováděná v těhotenství s sebou nesou celou řadu výhod. Sonografie podává výborné informace o orgánech plodu, placentě a plodovém vejci. Díky ultrazvuku je možné sledovat dynamické jevy, jako jsou pulsace v embryonálním pólu od 6. týdne těhotenství, srdeční akce, pohyby embrya a průtok důležitými cévami. Nezbytné jsou také informace o změnách v uložení plodu, antropometrii a kontrolu časného vývoje gestačního váčku, důležitý je při prokazování vícečetného těhotenství, sledování růstu a vývoje plodu. Nezastupitelnou roli hraje ultrazvuk při invazivních diagnostických výkonech (Dvořáková, 2010, str. 18). Ultrazvukové vyšetření je také nenahraditelné při biometrii plodu, která slouží

k přesné dataci velikosti a stáří gravidity a přesnému měření velikosti plodu (Neruda, 2004, str. 2).

Ultrazvuková vyšetření mají ale i svá omezení a limitace. Z fyzikálního hlediska může nastat problém s tzv. akustickým stínem vznikajícím za kompaktními strukturami, kam ultrazvuková vlna nedokáže proniknout. Problémem při vyšetření může být i uložení plodu hlouběji než 20 centimetrů od ultrazvukové sondy, čímž se plod ocitá mimo vyšetřovací pole. Rovněž obezita matky má negativní vliv na sonografické vyšetření. Kromě nekvalitního zobrazení plodu může dojít i ke vzniku artefaktů (Dvořáková, 2010, str. 19).

Občas se mezi laickou veřejností objevují zprávy o nebezpečí ultrazvuku pro plod. Hovoří se o kavitaci a zvýšené teplotě prostředí. Údajně může dojít ke genetickému poškození plodu. Některé studie vypovídají o mírných poruchách vyšší nervové činnosti prenatalně vyšetřovaných jedinců. Žádná z těchto studií nebyla ale dosud potvrzena a ultrazvukové vyšetření tak stále patří k nejbezpečnějším vyšetřením prováděným v rámci prenatalní diagnostiky (Mornstein, <http://www.med.muni.cz/~vmornst/ultrazv.htm>). Stejně se k této problematice vyjadřuje i Dvořáková, která informuje, že i přes řadu rozsáhlých pokusů prováděných na zvířatech, nebyl prokázán negativní vliv ultrazvuku na živý organismus v případě užívání doporučených frekvencí a intenzit. Přesto Sekce ultrazvukové diagnostiky České gynekologicko-porodnické společnosti České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně doporučuje užívání ultrazvuku v diagnostice jen v nezbytně nutné době. Vychází přitom ze stanovisek o bezpečnosti užívání ultrazvuku v medicíně, která vydaly ISUOG (Mezinárodní společnost pro Ultrazvuk v gynekologii a porodnictví), WFUMB a EFSUMB (Světová a evropská federace pro ultrazvuk v medicíně a biologii) a AUIM (Americký institut pro ultrazvuk v medicíně) (Dvořáková, 2011, str. 19).

## 2.4 UZ SCREENING A DALŠÍ UZ VYŠETŘENÍ

Význam prenatalní diagnostiky spočívá ve snaze minimalizovat možnost narození dítěte s vážnými vrozenými vývojovými vadami. Hlavním úkolem je tyto vady odhalit v rámci prenatalního screeningu (Vajdová, 2007, str. 11).

Důležitou vyšetřovací metodou je sonografie. Mornstein uvádí, že v gynekologii a porodnictví patří ultrazvukové vyšetření k jediné bezrizikové zobrazovací metodě. Sonografické výsledky mají pro lékaře takový význam, že mohou být hlavním argumentem umělého přerušování gravidity. Zejména se jedná o nálezy vrozených vývojových vad (Mornstein, <http://www.med.muni.cz/~vmornst/ultrazv.htm>).

Podle Vajdové se vrozené vývojové vady vyskytují ve 3 až 5 procentech těhotenství (Vajdová, 2007, str. 11). Hájek uvádí, že ve většině případů probíhá těhotenství normálně. Nicméně u čtvrtiny až třetiny těhotných se vyskytují rizikové faktory, které mohou mít vliv na průběh těhotenství. V reálu ale dojde k rozvoji patologického těhotenství jen ve 20 až 30 procentech (Hájek, 2004, str. 1). Jedním z faktorů, které mohou mít vliv na vznik chromozomálních vad plodu, je věk matky. Riziko stoupá s rostoucím věkem matky (Stejskal, 2004, str. 3).

Riziko výskytu chromozomálních odchylek, fetálních anomálií a růstových anomálií je vyšší u vícečetných těhotenství. Proto je nutné pravidelně provádět ultrazvuková vyšetření, u kterých se lékař zaměřuje na růsty plodů a biofyzikální profil, aby případně odhalil diskrepanci mezi plody a včas se zabránilo nepříznivému vývoji jednoho z plodů (Kotrčová, 2008, str. 4). Hruban uvádí, že výskyt vrozených vývojových vad u dvojčetných těhotenství je dokonce dvojnásobný a vyzdvihuje tak význam screeningového ultrazvukového vyšetření na konci prvního trimestru (Hruban, 2004, str. 7).

Primární screening si klade za cíl určit těhotenství, která mají větší riziko výskytu VVV. V popředí zájmu jsou zejména defekty neurální trubice a stěny břišní, chromozomální aberace

a komplikace, které se mohou objevit ve třetím trimestru. Patří k nim například intrauterinní růstová retardace plodu (IUGR), perinatální úmrtí plodu a nízká porodní hmotnost (Vajdová, 2007, str. 11).

Ultrazvuková vyšetření v prenatalní diagnostice musí provádět kvalifikovaný odborník kvalitními ultrazvukovými přístroji (Calda, 2005, str. 117). Jeho slova potvrzuje i Dvořáková, která uvádí, že kvalita vyšetření závisí na odborných, organizačních a ekonomických faktorech (Dvořáková, 2010, str. 30). Součástí ultrazvukového screeningu je podrobná anamnéza, která už může poukázat na možné budoucí problémy v těhotenství. Kromě anamnézy a identifikačních dat těhotné je nutné během vyšetření stanovit stáří gravidity podle ultrazvuku a poslední menstruace (PM), popsat morfologii plodu a učinit diagnostický závěr. Lékař, který vyšetření provádí, musí těhotné dát doporučení k dalším vyšetřením a kontrolám. Vyšetření je nutné obrazově zdokumentovat (Calda, 2005, str. 117).

Screeningové vyšetření u normálního těhotenství se v České republice provádí několikrát. Při prvním vyšetření se stanovuje těhotenství po vynechání menstruace. Další následuje mezi 11. až 14. týdnem, mezi 18. až 22. týdnem, 30. až 32. týdnem. Poslední ultrazvukové vyšetření těhotná podstupuje zhruba jeden až dva týdny před porodem (Dvořáková, 2010, str. 29).

Ultrazvuková prohlídka v prvních deseti týdnech gravidity se provádí vaginální nebo abdominální sondou. V tomto období se vyšetření zaměřuje na to, zda se jedná o intrauterinní nebo extrauterinní těhotenství a mělo by vyloučit patologii na adnexech. Dále by mělo ultrazvukové vyšetření ukázat, zda se plod vyvíjí normálně, vyloučit afetální vejce, což znamená, že dochází k vývoji těhotenského vajíčku bez přítomnosti plodu, nebo odhalit missed abortion, kdy plod odumře v průběhu prvního trimestru, ale na rozdíl od normálního potratu není samovolně vypuzen ven z těla matky. V neposlední řadě se v tomto období stanovuje doba trvání těhotenství a hodnotí se, jestli se tento údaj shoduje s datem PM (Calda, 2005, str. 117).

Podobně píše o diagnostice časného těhotenství také Neruda. V pátém týdnu, kdy se objevuje gestační váček, lze těhotenství prokázat pomocí ultrazvuku. V šestém týdnu je možné zobrazit srdeční akci a v sedmém týdnu pohyby plodu. Stáří plodu se určuje měřením velikosti gestačního váčku ve čtvrtém až sedmém týdnu těhotenství. V sedmém až třináctém týdnu lze informace o délce těhotenství upřesnit měřením temeno-kostrční délky (Neruda, 2004, str. 3).

#### **2.4.1 ULTRAZVUKOVÉ VYŠETŘENÍ V I. TRIMESTRU**

V prvním trimestru lze pomocí ultrazvuku vidět většinu hrubých malformací. Končetiny se v tomto období dokonce zobrazují lépe než v pokročilém těhotenství. Dále je možné posoudit kontury plodu, ledviny a močový měchýř. Lze vidět počet cév v pupečníku a nosní kost plodu. Naopak srdce, menší defekty na páteři a orofaciální oblast v tomto období jsou špatně hodnotitelné (Dvořáková, 2010, str. 30).

Podle Vajdové se v prvním trimestru pomocí ultrazvuku potvrzuje intrauterinní těhotenství a přesně se datuje gestační stáří plodu, diagnostikuje se mnohočetné těhotenství a určuje se chorionicita, lokalizuje se těhotenství, prokazuje se vitalita plodu, diagnostikuje se abnormální vývoj choria a určuje se postup při plánovaném odběru choriových klků. Dále se provádí lokalizace zdroje krvácení při hrozícím abortu, vylučuje se patologický nález na děloze a vaječnicích. Vyšetřující lékař se také zaměřuje na případné morfologické odchylky plodu a detekuje ultrazvukové minor markery, které by mohly poukazovat na vrozené vývojové vady plodu (Vajdová, 2007, str. 12 – 13.).

Screening prováděný v prvním trimestru je nejúčinnější z hlediska záchytu nejčastějších chromozomálních vad. Na základě výsledků krevních testů, ultrazvukových parametrů a věku rodičky je možné odhalit možnost narození dítěte s chromozomální vadou (Macková, 2009, str. 19). S věkem matky stoupá riziko vzniku chromozomálních aberací a zvyšuje se pravděpodobnost úmrtí plodu s chromozomálními vadami in utero. S délkou gestace riziko

klesá (Nicolaidis, 2004, str. 19). Nicolaidis dále uvádí, že úmrtnost plodu s trizomií 21 dosahuje mezi dvanáctým až čtyřicátým týdnem třiceti procent a mezi šestnáctým až čtyřicátým týdnem je dvacetiprocentní. U plodů s trizomií 18 a 13 a Turnerovým syndromem je úmrtnost mezi dvanáctým až čtyřicátým týdnem dokonce osmdesátiprocentní (Nicolaidis, 2004, str. 22).

Vyšetření v prvním trimestru se nejčastěji provádí abdominální sondou. Je možné použít i sondu vaginální, a to zejména v případě zhoršených akustických podmínek, které může způsobit například obezita matky. Lékař se při prohlídce zaměřuje na biometrii a anatomii plodu a na nuchální translucenci (Dvořáková, 2010, str. 30).

K základním ultrazvukovým vyšetřením v prvním trimestru patří měření nuchální translucence, neboli nuchální řasy, kdy může být v nuchální oblasti pod krkem zatím z neznámých příčin přítomna vrstva tekutiny. U těchto plodů je zaznamenáván větší výskyt abnormalit, jako jsou například závažné srdeční vady, brániční hernie, omfalokéla, anomálie tělesného trunku, skeletální defekty a genetické syndromy (Šišková, 2011, str. 31).

Švolbová se shoduje, že ztlustění na šíji plodu podává informaci o možném postižení plodu Downovým syndromem. Až 70 procent plodů, které jsou postiženy Downovým syndromem, mají výrazný otok na šíji, který je způsobený nahromaděním tekutiny v tomto místě (Švolbová, 2011, str. 78). Nicolaidis uvádí, že už Langdon Down si v roce 1866 všiml nápadných znaků u jedinců s trizomií 21. chromozomu. Kůže se zdá jakoby velká pro tělo, nos je malý a obličej plochý. Tyto typické rysy je možné pozorovat u plodu pomocí ultrazvuku už ve třetím měsíci těhotenství. Zvýšená tloušťka záhlaví, tzv. nuchální translucence, se vyskytuje u embrya s trizomií 21 v 75 procentech a absence nosní kosti v 60 až 70 procentech (Nicolaidis, 2004, str. 10).

Podle Caldy je důležité při vyšetření nuchální translucence dodržovat určitá pravidla: *„Temeno-kostrční rozměr plodu mezi 45 až 84 milimetry, dobré zobrazení sagitálního řezu*

*plodu v horizontální poloze. Při správném zobrazení je zachycen profil plodu. Plod v neutrální pozici - s hlavou ve stejné rovině jako páteř, ani v hyperextenzi ani flexi. V ideálním případě je zobrazena hlava a horní část hrudníku plodu. Použít maximální možné zvětšení, ale alespoň takové, kdy malý pohyb kaliperu znamená změnu jen 0,1 mm. Vždy měříme nejširší místo translucence.“ (Calda, 2005, str. 118).*

Kromě nuchální translucence se posuzuje také přítomnost nosní kůstky. Ultrazvukem se dobře zobrazuje profil plodu, kdy lze provádět měření frontomaxilárního obličejového úhlu. Důvodem je odhalení plochého obličeje, který je považován za dimorfický rys u Downova syndromu. Stejně tak chybění nosní kosti v prvním trimestru je ve velké míře spojeno s tímto syndromem (Šišková, 2011, str. 31 a 32).

S rostoucí nuchální translucencí (NT) stoupá riziko trizomie 21 (Dvořáková, 2010, str. 29). Pacienti s trizomií 21 mají malý nos. Antropometrické studie pacientů, kteří trpí Downovým syndromem, uvádí, že v padesáti procentech je hloubka kořene nosu abnormálně krátká. Rovněž radiologické post mortem studie potracených plodů s trizomií 21 vypovídají v polovině případů o absenci osifikace nebo hypoplazii nosní kosti. Ultrazvukové studie, které byly provedeny v 15. až 24. týdnu těhotenství, prokázaly u 65 procent plodu s trizonií 21 absenci nebo zkrácení nosní kosti (Nicolaidis, 2004, str. 51).

Svou informační hodnotu má i měření srdeční frekvence plodu. V prvním trimestru se lékař snaží zachytit trikuspidální regurgitaci a zobrazit ductus venosus. Šišková píše: *„Fetální myokard má nižší poddajnost, což vede ke zvýšení intraventrikulárního tlaku při jakémkoliv srdečním objemu. V časném těhotenství je poměrně vysoký placentární cévní odpor vedoucí k dalšímu zatížení srdce. V důsledku toho pracuje srdce plodu na horní hranici křivky. Abnormality a výkon srdečních struktur může vést k prokazatelným změnám v průtoku krve některými oblastmi fetálního oběhu. Trikuspidální chlopeč (TCV) a ductus venosus (DV) jsou dvě struktury, kterým*

*byla doposud věnována největší pozornost. Za abnormální považujeme regurgitaci krve na trojcípé chlopni.*

*Ductus venosus směřuje okysličenou krev, která přichází pupečnickovou žílou, do koronárního a cerebrálního oběhu. Průtok má charakteristickou rychlostní křivku s vysokou rychlostí během komorového stahu i diastoly. Během stahu síně (a-vlna) dochází k prudkému snížení rychlosti, ale směr toku dopředu je za normálních okolností zachován. A-vlna je považována za abnormální, jestliže tok směrem dopředu úplně ustane anebo dojde k toku reverznímu. Příčina není zcela zřejmá.“ (Šišková, 2011, str. 32).*

Pomocí ultrazvuku se také stanovuje stáří těhotenství. Tato metoda patří k nejpřesnějším k určení termínu porodu a zjišťuje se měřením různých struktur plodového vejce. Například měřením délky gestačního vaku lze stanovit termín porodu s přesností plus minus deset dnů. Mnohem přesnější je tzv. crown rump length, kdy se měří vzdálenost mezi temenem plodu a jeho kostrčí. Odchylka ve stáří plodu se v tomto případě udává plus minus tři a až pět dní (Vajdová, 2007, str. 3).

Ultrazvukové vyšetření v prvním trimestru je důležité i z hlediska stanovení případného vícečetného těhotenství a správného určení chorionicity (počet placent) a amnionicity, protože odlišení samostatného choria či amnia je v tomto období relativně jednoduché. Ve druhém a třetím trimestru již bývá toto určení obtížné (Hruban, 2004, str. 6).

#### **2.4.2 ULTRAZVUKOVÉ VYŠETŘENÍ V II. TRIMESTRU**

Ultrazvuková vyšetření prováděná v druhém trimestru patří k nejspolehlivějším metodám při posuzování plodu (Dvořáková, 2010, str. 31). Podle Vajdové se provádí v tomto období přímá detekce strukturálních defektů plodu a stanovují se nepřímé ultrazvukové markery vrozených vývojových vad. Ultrazvukové vyšetření mezi 18. až 22. týdnem může prokázat konkrétní vývojové vady, jako jsou například gastroschýza, spina bifida, defekt komorového septa,



omfalokéla nebo anencefalie (Vajdová, 2007, str. 13). Podle Matějky je jedním ze základních cílů prenatalní diagnostiky vrozených vývojových vad diagnostika chromozomálních odchylek, zejména Downova syndromu (trizomie 21). Odhalit lze i další chromozomální aberace – Patauův syndrom (trizomie 13) a Edwardsův syndrom (trizomie 18) či méně časté vrozené vývojové vady jako jsou například Klinefelterův syndrom, Turnerův syndrom, Smith-Lemli-Opitz syndrom a defekty neurální trubice (Matějka, 2008, str. 9).

Trizomie chromozomu 21, neboli Downův syndrom, tvoří při invazivní prenatalní diagnostice prováděné v druhém trimestru zhruba polovinu patologických nálezů.

Pětadvacet procent tvoří aberace pohlavních chromozomů. Nejčastěji to jsou XXY a XO (Klinefelterův a Turnerův syndrom). V patnácti procentech jsou diagnostikovány letální numerické aberace, do kterých spadá například trizomie chromozomu 13 a 18 (Patauův a Edwardsův syndrom). Zbývajících deset procent zahrnuje neobvyklé patologické nálezy (Stejskal, 2004, str. 3).

Jednotlivé chromozomální odchylky se vyznačují i ve druhém trimestru typickými příznaky zjištělných aberací. V případě, že se vyskytne při ultrazvukovém vyšetření nějaký marker, doporučuje se provedení kontroly výskytu i ostatních znaků, které jsou typické pro chromozomální aberace (Nicolaidis, 2004, str. 62 – 63).

Calda informuje, že při ultrazvukovém vyšetření prováděném v druhém trimestru se lékař zaměřuje na počet embryí a vitalitu plodu, biometrii a anatomii plodu a množství plodové vody. Měří se délka a tvar děložního hrdla a je potřeba se zaměřit i na umístění a strukturu placenty (Calda, 2005, str. 118). Potvrzuje se také vícečetná gravidita. Pro stanovení délky gravidity se užívá biparietální rozměr hlavičky, délka femuru a obvod břicha plodu. Provádí se také měření mozečku (TCD), postranních komor (Va) a cisterny magny (CM). Údaje, které jsou během vyšetření naměřeny, se ihned vloží do speciálního medicínského softwaru, který

bývá i součástí přímo ultrazvukového přístroje. Na první pohled je tak jasné, jestli naměřené hodnoty odpovídají očekávaným hodnotám (Šišková, 2011, str. 33).

V souvislosti s vrozenými vývojovými vadami se posuzují přímé a nepřímé známky postižení plodu a stupeň postižení. V případě nutnosti se v tomto období přistupuje k invazivní diagnostice (Neruda, 2004, str. 4). *„Vyšetřují se jednotlivé orgánové systémy s cílem odhalit případnou VVV, vyšetřující postupuje systematicky zpravidla od hlavičky plodu, stanoví její velikost a tvar, dále v několika rovinách posoudí její obsah. Vždy by měl být popsán mozeček, jeho tvar a uložení, mozkové komory s chorioidálními plexy, thalamus, centrální echo (falx cerebri). Dále je zhodnocen tvar obličejce, poměr jeho velikosti k velikosti mozkové části lebky, je stanoven počet, velikost a symetrie očí, zobrazen nos, rty, nasolabiální rýha a brada. Poté je posouzeno prosáknutí záhlaví, vyšetřena intaktnost krční páteře a krk plodu. U trupu je nutno nejprve v mediální rovině zhodnotit proporcionalitu jednotlivých oddílů, všimnout si rozdílu v echogenitě plicního parenchymu a srdce, posoudit intaktnost bránice, jaterního parenchymu, střev, náplně močového měchýře, celistvost páteřního kanálu a neporušeného kožního krytu v oblasti zad i břicha plodu. Podrobně je vyšetřena anatomie srdeční (uložení srdce, směr osy srdeční, čtyřkomorová projekce, poměr velikosti srdce k velikosti dutiny hrudní, křížení velkých cév, frekvence a rytmus akce srdeční). V sagitálních rovinách se dále hodnotí velikost, tvar a uložení ledvin. Popíše se také velikost, lokalizace a tvar žaludku, jater, ledvin a močového měchýře, charakter náplně střev. Dále se posoudí místo inserce pupečníku a na jeho transverzálním řezu se zjistí počet cév (2 arterie, 1 žíla). Na páteři plodu se prozkoumá zakřivení, ossifikace a celistvost v sagitální a transverzálních rovinách. Poté je vyšetřen genitál plodu a určeno pohlaví (dle přání matky). Nakonec je nutno zhodnotit horní i dolní končetiny, jejich pohyb, zkontrolovat počet, tvar, délku a ossifikaci dlouhých kostí, tvar a velikost rukou a nohou (počet prstů, tvar a úhel kotníků). Dále se vyšetřuje velikost, tvar a uložení placenty (vztah k vezikouterinní junkci a určení stupně placenty praevia,*

*retroplacentární hematom). Hodnocení její zralosti je značně subjektivní. Významným parametrem je měření množství plodové vody (VP). To se provádí pomocí měření depa VP (sloupec VP neobsahující malé části a pupečník), buď největšího (norma 30–100 mm ve sloupci) nebo metodou čtyř kvadrantů. Při oligohydramniu až anhydramniu je nutno pomýšlet na spontánní odtok VP, intrauterinní tíseň nebo VVV uropoetického systému. Polyhydramnion se vyskytuje u DM, intrauterinních infekcí plodu nebo VVV (Neruda, 2004, str. 4).*

### **2.4.3 ULTRAZVUKOVÉ VYŠETŘENÍ V III. TRIMESTRU**

Ve třetím trimestru, kdy se provádí další ultrazvukové vyšetření v rámci screeningu, se hodnotí funkce fetoplacentární jednotky. Biometrické parametry plodu se mohou v tomto období lišit, proto je potřeba zkontrolovat fetální a fetomaternální průtokové parametry, zhodnotit biofyzikální profil plodu a ostatní části plodového vejce, jako jsou placenta a plodová voda (Vajdová, 2007, str. 14). V souvislosti s pozdně vzniklými vývojovými vadami se provádí podrobné vyšetření jednotlivých orgánů. Při vyšetření je potřeba zaměřit se i na časování termínu porodu a na vyloučení případného intrauterinního či intrapartálního poškození plodu (Neruda, 2004, str. 5). Calda upřesňuje, že malé abnormality mohou být viditelné až v pozdějších fázích těhotenství. Tedy až v době, kdy se zvětší natolik, že je možné je ultrazvukem diagnostikovat. Končetiny se v tomto období už hůře vyšetřují. Ve třetím trimestru je potřeba se soustředit na mozkové struktury a komory, orofaciální oblast, žaludek a celý gastrointestinální trakt a ledviny. Do 36. týdne je nutné se zaměřit na placentární grading, který informuje o změnách na placentě. Později jeho význam upadá, protože i normální placenta může mít po 36. týdnu různou vnitřní strukturu (Calda, 2005, str. 115).

V rámci biometrického měření se provádí měření biparietální průměr hlavičky (BPD), obvod trupu (AC) a délka femuru (FL) a na základě naměřených výsledků se plody diferencují na embrya eutrofická, makrosomní a růstově retardovaná (Neruda, 2004, str. 5).

Jak píše Vajdová, intrauterinní růstová retardace plodu může být symetrická nebo asymetrická. Symetrická se projevuje zpomaleným růstem hlavy a trupu. Při asymetrické hlavička roste fyziologicky a trup zpomaleně (Vajdová, 2007, str. 15).

#### **2.4.4 ULTRAZVUKOVÉ VYŠETŘENÍ PŘED PORODEM**

Svůj velký význam má i ultrazvukové vyšetření prováděné před porodem. Poskytuje informace o velikosti a uložení plodu. Nutné je také posoudit množství plodové vody, tvar a uložení placenty a výšku dolního děložního segmentu, v případě, že matka v předchozím těhotenství rodila císařským řezem (Neruda, 2004, str. 4). Ultrazvuk by měl také stanovit odhad hmotnosti plodu a možnost omotání pupečnicku kolem krku, a to zejména v případě, je-li plod uložen koncem pánevním. Odhad hmotnosti těsně před porodem v termínu nemusí být moc přesný. Naopak stanovení hmotnosti plodu u předčasných porodů před třicátým týdnem těhotenství bývá velmi přesný (Calda, 2005, str. 19).

#### **2.4.5 DOPPLEROVSKÁ FLOWMETRIE**

Do specializovaného ultrazvukového prenatalního vyšetření lze zařadit dopplerovskou flowmetrii. Jedná se o metodu, pomocí které je možné neinvazivním způsobem změřit hemodynamiku v uteroplacentární a fetální cirkulaci. K měření se používá pulzní doppler, kterým se sledují průtokové poměry v cévách reagujících na změny odporu periferních tkání (Lubušký, 2003, str. 11). Dopplerovskou flowmetrii se vyšetřují pupečnickové cévy, mozkové cévy plodu a ductus venosus. Pro posouzení anemizace plodu a k vyšetření centralizace oběhu se využívá měření maximální rychlosti v arteria cerebri media (Calda, 2005, str. 119). Podle

Vajdové nebylo před zavedením ultrazvuku do prenatalní diagnostiky možné zhodnotit fungující pupečnickovou a uteroplacentární cirkulaci, jejichž dobrá funkce je důležitá pro zajištění metabolických potřeb plodu. Využití dopplerovské flowmetrie znamenalo velký pokrok při zjištění hypoxie plodu.

Indikací k dopplerovskému vyšetření jsou dále intrauterinní růstová retardace, oligohydramniom a další ultrazvukové odchylky embrya a placenty, preeklampsie a diabetes mellitus těhotné, gemini, Rh – izoimunizace, trombocytopenie, dvoucestný pupečník a další stavy matky a plodu, které mohou mít za následek fetoplacentární insuficienci (Vajdová, 2007, str. 16).

Informace o možné tísní plodu lze dopplerovským měřením získat o jeden až čtyři týdny dříve, nežli signalizují změny na kardiokogramu. Při dopplerovském vyšetření, kdy se měří systolický a diastolický průtok v cévách plodu, se hodnotí tvar zobrazených křivek a z absolutních hodnot systolického, diastolického a středního tlaku se vypočítává rezistentní index (RI), pulsativní index (PI) a systodiastolický poměr (S/D). Tyto indexy se následně porovnají s tabulkovými hodnotami, které odpovídají danému gestačnímu stáří těhotenství (Neruda, 2004, str. 5).

RI index, tedy odpor placentárního řečiště, je dán podílem rozdílu mezi systolickou a diastolickou rychlostí toku ku rychlosti toku v systole. RI je tím vyšší, čím je nižší průtok krve diastolou. PI index se získá podílem mezi systolickou a diastolickou rychlostí toku ku střední průtokové rychlosti. Střední průtoková rychlost se vypočítá jako průměr všech rychlostí zaznamenaných za dobu jedné srdeční periody. S/D index je podíl rychlosti cévního toku v systole vztažený k rychlosti při diastole (Vajdová, 2007, str. 16).

Vyšetření probíhá následovně. Nejprve si lékař vyhledá cévu, kterou chce zobrazit. Po zobrazení dopplerovské rychlostní křivky se přistupuje k jejímu hodnocení. Křivka znázorňuje změny maximální průtokové rychlosti v závislosti na čase. Softwarový program

pak analyzuje maximální průtokovou rychlost v systole, maximální rychlost toku krve v diastole a střední průtokovou rychlost. Větší význam mají změny v rozsahu křivky v diastole. Systolický nárůst informuje o srdeční kontrakční síle, tok na konci diastoly dává informace o velikosti periferního odporu (Lubušký, 2003, str. 11 - 12).

#### **2.4.6 TROJROZMĚRNÉ ULTRAZVUKOVÉ VYŠETŘENÍ**

Trojrozměrné sonografické vyšetření našlo uplatnění i v prenatalní diagnostice. Využívá se ho v časných stádiích těhotenství. Pomocí transvaginálního vyšetření lze podat informaci o přesném uložení plodového vejce, diagnostikovat vícečetné těhotenství a měřením velikosti gestačního vakuu lze stanovit prognózu o dalším vývoji těhotenství. 3D ultrazvukové vyšetření je možné využít také k odhalení časných těhotenských patologií, jakými jsou například subchoriální hematom při hrozícím abortu, využívá se k měření šíjového projasnění a nosní kůstky. V rámci screeningu ve druhém a třetím trimestru pomáhá 3D ultrazvuk odhalit vrozené vývojové vady plodu (Neruda, 2005, str. 3).

3D sonografické zobrazení může být povrchové a multiplanární. Zatímco povrchového zobrazení se využívá k vyšetřování povrchových oblastí, například k zobrazení obličeje, multiplanární má své využití v diagnostice různých patologií, jakými jsou hydrocefalus, dilatace ledvinových pánviček, ovariální tumory atd. Některé přístroje mohou pracovat v reálném čase (4D), jejich provoz je však velmi nákladný (Neruda, 2004, str. 7). O rok později se Neruda na toto téma rozepisuje obšírněji. U povrchového zobrazení zmiňuje kromě zobrazování orofaciální oblasti i znázornění intaktnosti povrchových struktur plodu. Například lze zobrazit velikost defektu stěny břišní. Multiplanárního zobrazení se využívá k přesnému měření patologie uvnitř plodu. Lze jím zobrazit velikost rozšíření mozkových komor při hydrocefalu, dilataci kalicho-pánvičkového systému a močovodu. Lze pomocí něj změřit obsah a objem vaku při omfalokele.

Velké uplatnění našlo trojrozměrné sonografické vyšetření v diagnostice skeletálních dysplazií, kdy je kvalita obrazu srovnatelná s rentgenovým snímkem. Velmi dobře se zobrazuje páteř a různé strukturální změny metafýz a epifýz kostí.

Výhody 3D ultrazvuku spočívají v krátké době vyšetření a zálohování dat na disku. Samotné vyšetření trvá jen pár minut, rekonstrukci a analýzu obrazu je možné provádět až po odchodu těhotné. Data je možné prostřednictvím internetu posílat ke konsiliárnímu vyšetření. Nespornou výhodou také je zobrazení ve třech různých rovinách a přesnější měření objemů a odhady hmotnosti.

Nevýhodou je delší zaučovací doba práce s trojrozměrným ultrazvukem, cena přístroje a softwarového vybavení. Pro dobré zobrazení plodu je také nutné dostatečné množství plodové vody (Neruda, 2005, str. 3 – 4)

#### **2.4.7 FETÁLNÍ ECHOKARDIOGRAFIE**

Ultrazukové vyšetření srdce plodu se nazývá fetální echokardiografie, která popisuje uložení a velikost srdce, zobrazuje srdeční oddíly v tzv. čtyřdutinové projekci a odstupy velkých cév. Vyšetření se zaměřuje i na funkci srdce, hodnotí se pravidelnost srdeční činnosti a frekvence.

#### **2.4.8 INVAZIVNÍ UZ DIAGNOSTIKA**

Ultrazuková vyšetření zaujímají v prenatalní diagnostice dominantní postavení. Stále se zlepšující rozlišovací schopnost sonografických přístrojů umožňuje lékařům provádět kromě morfologických a funkčních vyšetření i další výkony. Své pevné místo má ultrazvuk i při provádění invazivních výkonů, které probíhají pod sonografickou kontrolou (Mornstein, <http://www.med.muni.cz/~vmornst/ultrazv.htm>).

S vývojem sonografických přístrojů došlo k rozvoji ultrazvukem asistovaných metod, jako jsou amniocentéza, biopsie choria a punkce pupečníku. Všechny invazivní metody znamenají

menší či větší riziko pro plod. Žádná z metod nemá univerzální využití, vzájemně se však dobře doplňují. Při výběru metody je vždy potřeba zvážit všechna rizika a zvolit metodu s ohledem na stádium gravidity (Calda, 2003, str. 6 – 7).

O indikaci k invazivnímu vyšetření pod ultrazvukovou kontrolou rozhoduje genetik na základě výsledků genetického screeningu, UZ vyšetření, genetické anamnézy, věku matky, Rh inkompatibility, suspektní infekce plodu, intrauterinní růstové retardace a dalších metabolických poruch (Neruda, 2004, str. 6). Podle Dvořákové se nejčastěji přistupuje k invazivnímu vyšetření v případě pozitivního biochemického screeningu chromozomálních aberací ve druhém trimestru (Dvořáková, 2010, str. 25). Podle délky trvání těhotenství jsou indikovány odběry choriových klků (CVS), plodové vody (amniocentéza), pupečnickové krve (kordocentéza), biopsie kůže a případně ještě další méně používané odběry (Kulovaný, <http://www.zdn.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/prevence-screening-a-diagnostika-dulezitych-chorob-ktere-mohou-b-122207>).

Nejvíce využívanou invazivní metodou prováděnou pod ultrazvukovou kontrolou je amniocentéza, neboli odběr plodové vody punkční jehlou, která vstupuje do dělohy přes stěnu břišní. Cílem je odebrání plodové vody, která se testuje na genetické abnormality. V Československu se tato metoda poprvé provedla v roce 1971 (Dvořáková, 2010, str. 25). Jak pojednává Švolbová, automaticky toto vyšetření podstupují ženy, které jsou starší 35 let. Provádí se v 16. až 20. týdnu těhotenství, kdy riziko chromozomálních vad vzniká. Mladší ženy podstupují toto vyšetření v případě pozitivní rodinné genetické anamnézy, při pozitivních krevních testech a při odhalení vrozených vývojových vad při ultrazvukovém screeningu. Tato metoda je veřejností považována za rizikovou a to zejména z důvodu rizika potratu a poranění embrya (Švolbová, 2010, str. 79). Dle dostupných informací se riziko amniocentézy pohybuje mezi 0,5 až 1 procentem (Calda, 2010, str. 4).



Ke stanovení chromozomálních abnormalit před 15. týdnem gravidity se provádí pod ultrazvukovou kontrolou biopsie choriových klků (CVS). Po technické stránce je provedení tohoto výkonu obtížnější, vyžaduje zkušeného lékaře. Riziko transabdominální biopsie choria se shoduje s rizikem při amniocentéze (Calda, 2010, str. 4). Indikace k vyšetření je stejná, jako v případě amniocentézy. Výhoda biopsie choria spočívá v kratší době kultivace. Předběžné výsledky z kultivace buněk trofoblastu jsou známy už do 48 hodin. Konečné výsledky z kultivace mezenchymálních buněk stromatu bývají k dispozici do sedmi dnů. Úspěšnost cytogenetické diagnózy je 99,7 procent. Zhruba jedno procento těhotných musí dále podstoupit amniocentézu nebo kordocentézu, většinou kvůli nejednoznačnému nálezu (Dvořáková, 2010, str. 25 - 26).

Kordocentéza, neboli punkce pupečnicku za účelem odběru fetální krve, se provádí jen výjimečně. Riziko tohoto vyšetření se udává ve výši dvou procent (Calda, 2010, str. 4). Vyšetření těhotná podstupuje po dvacátém týdnu gravidity a kromě Downova syndromu a onemocnění krve plodu se zjišťuje hladina fetálního hemoglobinu. Do rizik kordocentézy lze zahrnout krvácení v místě vpichu, předčasný odtok plodové vody, potrat a infekci (Švolbová, 2010, str. 79)

Fetoskopie je vysoce invazivní metoda přímého zobrazení plodu v děloze. Současně se provádí odběr fetální krve a tkání. Vyšetření se provádí v celkové anestezii. Fetoskopie je vysoce rizikovou metodou a v současné době se díky stále se zlepšující rozlišovací schopnosti ultrazvukových přístrojů v podstatě již neprovádí (Dvořáková, 2010, str. 26).

## **2.5 MAGNETICKÁ REZONANCE V PRENATÁLNÍ DIAGNOSTICE**

K zobrazovacím metodám, které jsou využívány v prenatální diagnostice, patří i magnetická rezonance. Toto vyšetření není z důvodu snadné dostupnosti a především vysoké finanční nákladnosti určeno ke screeningu vrozených vývojových vad a jeho role je spíše doplňková. Zobrazovací metodou číslo jedna nadále zůstává ultrazvuk.

Vyšetření pomocí ultrazvuku je na rozdíl od magnetické rezonance levné a snadno dostupné a díky němu lze ve druhém trimestru odhalit až devadesát procent vývojových vad (Frísová, 2003, str. 19). Ultrazvuk ale nemusí vždy poskytnout kvalitní a dostatečné informace. Příčinou může být obezita matky, nedostatečné množství plodové vody či nevyhovující poloha plodu v děloze matky (Horák, 2006, str. 7).

Vyšetření magnetickou rezonancí přichází na řadu až po předešlé sonografii, kdy je u plodu riziko výskytu vrozené vývojové vady nebo kdy je potřeba anomální ultrazvukový nález upřesnit (Belšan, 2003, str. 1).

### **2.5.1 HISTORIE MAGNETICKÉ REZONANCE V LÉKAŘSTVÍ**

Jako historický milník magnetické rezonance lze určitě označit rok 1938. Rabi a jeho spolupracovníci při svých pokusech zaznamenali, že atomy stříbra, které jsou uspořádány do tenkého atomárního svazku a jsou vystaveny účinkům magnetického pole, jsou závislé na jejich jaderném spinu. Za svoje bádání v oblasti nukleární magnetické rezonance byli v roce 1952 oceněni Bloch a Purcell, kteří provedli experimenty na pevných a kapalných látkách.

Za vstup magnetické rezonance do lékařství lze považovat rok 1972, kdy Damadian poprvé navrhnul užít tuto metodu k zobrazovacím účelům. První tomografický řez živým organismem byl proveden Hutchinsonem a Lauterburem v roce 1974, a to na laboratorní myši. Zobrazení lidského těla provedli v roce 1976 Mansfield a Maudsley. O rok později zobrazil Damadian lidský hrudník (Žižka, 1996, str. 4).

K diagnostice vrozených vývojových vad magnetickou rezonancí se poprvé užilo v roce 1983. Již tehdy byli autoři s výsledky vyšetření spokojeni a věřili v jeho budoucnost. A to i přesto, že první snímky nebyly příliš kvalitní. Jak píše Horák, příčinou nižší kvality snímků byly dlouhé sekvence trvající i několik desítek minut. Kvůli tomu docházelo k pohybovým artefaktům a celé vyšetření muselo být prováděno v celkové sedaci matky (Horák, 2006, str. 7).

Velký pokrok ve využití magnetické rezonance v prenatalní diagnostice nastal poté, co byly do praxe zavedeny tzv. nádechové frekvence (breath-hold), které trvají méně než 30 vteřin. Celkově se stalo vyšetření snáze dostupné v polovině devadesátých let minulého století, kdy se stále více začalo využívat přístrojů pracujících v ultrarychlých (single-shot) sekvencích (Horák, 2006, str. 7). Není proto už nutný celkový útlum matky. Na některých pracovištích se může využívat premedikace matky flunitrazepamem u těhotenství do 32. týdne. Důvodem je snížení pohybové aktivity plodu a tím zvýšení kvality obrazu (Frísová, 2010, str. 2).

### **2.5.2 BEZPEČNOST VYŠETŘENÍ**

Dosud nebyl prokázán negativní vliv silného magnetického pole o indukci 1,5 Tesla a elektromagnetického vlnění o vysoké frekvenci na postnatální vývoj dítěte a ani žádné biologické poškození matky i plodu (Belšan, 2003, str. 20). Přesto není vhodné vyšetření plodu MR provádět v I. trimestru těhotenství, a to z důvodů etických i praktických (Horák, 2006, str. 11). V prvním trimestru se plod nachází v období organogeneze, a navíc je velmi malý pro kvalitní zobrazení. Vyšetření se proto provádí nejdříve ve 20. týdnu těhotenství. Ve výjimečných případech se k němu může přistoupit po 18. týdnu těhotenství. (Frísová, 2010, str. 1). MR prováděná v druhém a třetím trimestru je považována za zcela bezpečnou (Belšan, 2003, str. 20).

V průběhu těhotenství se nedoporučuje používat při vyšetření kontrastní látku gadolinium, a to i přesto, že podle Evropské radiologické společnosti je její užití i v průběhu těhotenství bezpečné (Frísová, 2010, str. 2).

### **2.5.3 INDIKACE A KONTRAINDIKACE**

V současné době patří k nejrozšířenějším vyšetřením prováděným magnetickou rezonancí diagnostika anomálií centrální nervové soustavy plodu. Vývojové vady CNS postihují plod velmi často. Udává se, že až jedno dítě ze sta se narodí s vývojovou anomálií CNS. Fetální MR poskytuje výborné anatomické a morfologické informace o mozku. Kromě toho je schopna odhalit poruchy myelinizace, ložiska ischemie a hemoragie (Frísová, 2010, str. 4). MR dokáže dobře zobrazit gyrifikaci mozku, komorový systém, subarachnoideální prostory, bílou hmotu, kortex a struktury zadní jámy lební. Je tedy poměrně přesná v diagnostice supratentoriálních a infratentoriálních vad (Horák, 2006, str. 8).

Rychlý rozvoj techniky však umožňuje rozšiřovat škálu vyšetření i mimo centrální nervovou soustavu, čímž počet vyšetření provedených za rok rychle stoupá (Frísová, 2003, str. 3). Provádí se i MR vyšetření jiných orgánových systémů. Své uplatnění nachází při diagnostice vývojových vad plic, jater, GIT a uropoetického systému (Horák, 2006, str. 7). Pomocí fetální MR lze dobře zobrazit rozštěpové vady páteře i obličeje, tumory krku, brániční hernie, atrézie a stenozy GIT, defekty břišní stěny, tumory v břiše a pánvi, sekundární hypoplazii plic, cystická onemocnění ledvin a hydronefrozu (Frísová, 2010, str. 4).

U těhotných žen platí stejné kontraindikace pro vyšetření magnetickou rezonancí jako u ostatních pacientů. Absolutními kontraindikacemi jsou implantovaný kardiostimulátor, elektronické implantáty, jako jsou například inzulinová pumpa, aneuryzmatické cévní svorky a další implantáty vyrobené z feromagnetických materiálů. Mezi relativní kontraindikace se řadí kovový embolizační materiál, různé cévní výztuže, žilní filtry apod., které má pacientka

v sobě méně než šest týdnů. Dalšími relativními kontraindikacemi jsou kloubní náhrady, dentální implantáty, osteosyntetické materiály, které nejsou MR kompatibilní a pacient je méně než šest týdnů po implantaci (Frísová, 2010, str. 2)

Problém může nastat také u těhotných, které trpí klaustrofobií. Jako částečné řešení se jeví využití tzv. krátkých tunelů nebo otevřených systémů (Horák, 2006, str. 10).

#### **2.5.4 TECHNIKA FETÁLNÍ MAGNETICKÉ REZONANCE**

K vyšetření se používají přístroje o síle základního pole 1,5 Tesla. Přístroje pracující s polem o síle 3 Tesla nejsou z mnoha důvodů pro prenatální diagnostiku vhodné. Jedním z důvodů může být nárůst chemicalshift artefaktů nebo skin-efekt (Horák, 2006, str. 8).

Samotné vyšetření trvá cca 15 minut. Těhotná leží na stole v poloze, která je pro ni pohodlná, nejlépe na zádech. Pokud není schopna zvládnout vyšetření v této poloze, lze ji uložit na levý nebo pravý bok. V tomto případě ale může dojít ke zhoršení kvality zobrazení (Frísová, 2010, str. 3).

Základní vyšetření plodu se provádí v koronárních, sagitálních a transverzálních rovinách (Bešán, 2003, str. 20). T2 vážené sekvence poskytují dobré informace o anatomii plodu. Důvodem je výborné kontrastní rozlišení na tkáňových rozhraních. T1 vážené sekvence se využívají k zobrazování štítné žlázy, přívěsku mozkového nebo myelinizaci mozku (Frísová, 2010, str. 3).

Mozek plodu je potřeba zobrazit ve třech základních rovinkách v T2 vážených obrazech a minimálně v jedné rovině v T1 váženém obraze. Páteř se vyšetřuje ve dvou rovinách v T2 vážených obrazech, a to v sagitální a koronární rovině a v jedné sagitální rovině v T1 vážených obrazech. V případě patologického nálezu se doplňují ještě další potřebné cílené roviny (Horák, 2006, str. 10).

### 3 ZÁVĚR

Většina těhotenství probíhá normálně. U některých žen se ale mohou objevit závažné komplikace, které mohou mít negativní vliv na normální vývoj dítěte. A právě díky rozvoji zobrazovacích metod lze většinu včas odhalit. Týká se to zejména objevu ultrazvuku a jeho zavedení do prenatální diagnostiky.

Riziko patologického těhotenství stoupá s rostoucím věkem matky. Riziko výskytu chromozomálních odchylek, fetálních anomálií a růstových anomálií je rovněž vyšší u vícečetných těhotenství. Proto je nutné pravidelně provádět ultrazvuková vyšetření, u kterých se lékař zaměřuje na růsty plodů a biofyzikální profil, aby případně odhalil diskrepanci mezi plody a včas se zabránilo nepříznivému vývoji jednoho z plodů.

Ultrazvuková vyšetření prováděná v průběhu těhotenství mají řadu výhod. Kromě včasného odhalení závažných vrozených vývojových vad poskytují důležité informace o orgánech plodu, placentě a plodovém vejci. Díky ultrazvuku je možné sledovat dynamické jevy, jako jsou pulsace v embryonálním pólu od 6. týdne těhotenství, srdeční akce, pohyby embrya a průtok důležitými cévami. Nezbytné jsou také informace o změnách v uložení plodu, antropometrii a kontrolu časného vývoje gestačního váčku, důležitý je při prokazování vícečetného těhotenství, sledování růstu a vývoje plodu. Nezastupitelnou roli hraje ultrazvuk při invazivních diagnostických výkonech. Ultrazvukové vyšetření je také nenahraditelné při biometrii plodu, která slouží k přesné dataci velikosti a stáří gravidity a přesnému měření velikosti plodu.

Ultrazvukové vyšetření podstupuje těhotná žena v České republice několikrát. Během prvního vyšetření se provádí datace těhotenství po vynechání menstruace. K dalším vyšetřením přichází žena mezi 11. až 14. týdnem, 18. až 22. týdnem a 30. až 32. týdnem. Poslední ultrazvukové vyšetření absolvuje zhruba jeden až dva týdny před porodem.

Ze zobrazovacích metod se v prenatální diagnostice využívá i magnetické rezonance. Ta přichází na řadu až po ultrazvukovém vyšetření, kdy se u plodu objeví riziko výskytu vrozené vývojové vady nebo kdy je potřeba anomální ultrazvukový nález upřesnit

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. BELŠAN, Tomáš. Vyšetření magnetickou rezonancí v prenatalní diagnostice. *Lékařské listy*. 2003, č. 43, s. 19-20.
2. CALDA, Pavel. Etické problémy prenatalní diagnostiky a terapie na počátku 3. tisíciletí. *Interní medicína – mezioborové přehledy: Perinatologie*. 2003, č. 2, s. 6-10.  
Dostupné z: [www.solen.cz](http://www.solen.cz)
3. CALDA, Pavel. Návrh doporučení k provádění prenatalního screeningu trizomie 21. *Perinatologie* [online]. 2010, č. 1 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.perinatologie.cz/dokumenty/doc/doporucene-postupy/DP%20Down.pdf>
4. CALDA, Pavel, Miroslav BŘEŠŤÁK a Daniela FISCHEROVÁ. *Ultrazvuková diagnostika v těhotenství a gynekologii*. 2. vyd. Praha: Aprofema, 2010. ISBN 978-80-903706-2-3.
5. CALDA, Pavel. Ultrazvukové vyšetření v graviditě. *Medicína pro praxi*. 2005, č. 3, s. 117-119. Dostupné z: [www.solen.cz](http://www.solen.cz)
6. DVOŘÁKOVÁ, Jana. *Intenzita UZ vyšetření v průběhu gravidity v posledních 3 letech*. Pardubice, 2010. Diplomová. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Zbyněk Albecht.
7. FRÍSOVÁ, Veronika. Klinické využití a význam magnetické rezonance v prenatalní diagnostice. *Moderní babictví* [online]. 2010, č. 19, s. 1-11 [cit. 2012-04-04].  
Dostupné z: [www.levret.cz](http://www.levret.cz)
8. FRÍSOVÁ, Veronika. Klinické využití a význam magnetické rezonance v prenatalní diagnostice. *Gynekolog*. 2003, č. 3. Dostupné z: [www.gyne.cz](http://www.gyne.cz)
9. HÁJEK, Zdeněk. Prenatální péče o fyziologické těhotenství. *Moderní babictví* [online]. 2004, č. 3, s. 1-4 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: [www.levret.cz](http://www.levret.cz)



10. HÁJEK, Z., E. KULOVANÝ a M. MACEK. *Základy prenatální diagnostiky*. 1. vyd. Praha: Grada, 2000. ISBN 80-7169-391-x.
11. HORÁK, David. *Prenatální diagnostika vrozených vývojových vad centrálního nervového systému plodu magnetickou rezonancí*. Brno, 2006. Dizertační. Masarykova univerzita. Vedoucí práce M.Heřman, J.Procházka.
12. HRUBAN, L., GERYCHOVÁ a DOSTÁLOVÁ. Využití ultrazvukové diagnostiky při sledování vícečetného těhotenství. *Praktická gynekologie*. 2004, č. 3, s. 6-7. Dostupné z: [http://www.praktickagynekologie.cz/pdf/pg\\_04\\_03\\_01.pdf](http://www.praktickagynekologie.cz/pdf/pg_04_03_01.pdf)
13. KOTEROVÁ, Kateřina. Vícečetná gravidita. *Moderní babičtví* [online]. 2008, č. 16, s. 1-5 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: [www.levret.cz](http://www.levret.cz)
14. LUBUŠKÝ, M. a Š. MACHAČ. Prenatální dopplerometrie. *Lékařské listy*. 2003, č. 41, s. 11-13.
15. MACKOVÁ, Lucie. *Prenatální péče a její vliv na těhotenství*. Zlín, 2009. Bakalářská. Univerzita Tomáše Bati.
16. MATĚJKA, Petr, Jana MATĚJKOVÁ a Jitka ŠIRŮČKOVÁ. Prenatální skrínink vrozených vývojových vad v I. trimestru: a nové soupravy Roche Diagnostics. *Labor Aktuell*. 2004, č. 8, s. 9-13. Dostupné z: <http://www.diauniverzita.cz/download/la/0408/Prenatalni.pdf>
17. MORNSTEIN, Vojtěch a Jiřina POSPÍŠILOVÁ. Ultrazvuk jako biofyzikální činitel. *Vesmír* [online]. 1995 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.med.muni.cz/>
18. NERUDA, Martin. Využití UZ diagnostiky v gynekologii a porodnictví. *Moderní babičtví* [online]. 2004, č. 5, s. 1-7 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: [www.levret.cz](http://www.levret.cz)
19. NERUDA, Martin. Využití 3D UZ diagnostiky v gynekologii a porodnictví. *Moderní babičtví* [online]. 2005, č. 6, s. 1-4 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: [www.levret.cz](http://www.levret.cz)

20. NICOLAIDES, Kypros H. *UZ screening v 11.-13.+6 gestačním týdnu*. 1. vyd. London, U.K.: Fetal Medicine Foundation, 2004. ISBN 80-244-0885-6. Dostupné z: [www.fetalmedicine.com](http://www.fetalmedicine.com)
21. SEDLÁŘ, Martin. *Fyzikální parametry a charakteristika ultrazvukového pole v biologickém experimentu*. Brno, 2010. Diplomová. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Lenka Forýtková.
22. Sekce UZ diagnostiky ČGPS. ČECH, E. *Sekce UZ diagnostiky ČGPS: Historie a vývoj ultrazvukové diagnostiky* [online]. 2010 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://sud.gynpor.cz/>
23. STEJSKAL, David. Prenatální screening vrozených vad. *Moderní babictví* [online]. 2004, č. 4, s. 1-4 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: [www.levret.cz](http://www.levret.cz)
24. ŠVECOVÁ, Vladislava. *Incidence vezikoureterálního refluxu u dětí s pozitivním postnatálním ultrazvukovým screeningem*. Ostrava, 2010. Bakalářská. Ostravská univerzita. Vedoucí práce Kamila Michálková.
25. ŠVOLBOVÁ, Monika. Prenatální diagnostika. *Sestra*. 2011, č. 3.
26. ŠIŠKOVÁ, Petra. *Moderní metody detekce genetických vad plodu*. Zlín, 2011. Bakalářská. Univerzita Tomáše Bati. Vedoucí práce Dagmar Moravčíková.
27. VACHUTKA, Jaromír. *Přímé a nepřímé měření parametrů ultrazvukového pole*. Brno, 2009. Diplomová. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Pavel Grec.
28. VAJDOVÁ, Pavlína. *Stres těhotné ženy v souvislosti s prenatální diagnostikou*. Zlín, 2007. Bakalářská. Univerzita Tomáše Bati. Vedoucí práce Jana Křemenová.
29. ŽIŽKA, J. Technické aspekty zobrazování magnetickou rezonancí. *Praktická radiologie*. 1996, roč. 1, č. 2, s. 4-9.

## SEZNAM ZKRATEK

AC	abdominal circumference (obvod trupu)
BPD	biparietal diameter (biparietální průměr hlavičky)
CNS	centrální nervová soustava
CVS	Biopsie choria
DM	diabetes mellitus
DV	ductus venosus
FL	femur length (délka femuru)
GHz	Giga Hertz
GIT	gastro-intestinální trakt
IUGR	intrauterinní růstová retardace plodu
kHz	kilo Hertz
MHz	Mega Hertz
mm	milimetr
MR	magnetická rezonance
m/s	metr za sekundu
NT	nuchální translucence
PI	pulzatilní index
PM	poslední menstruace
RI	rezistentní index
S/D	systodiastolický index
TCV	trikuspidální chlopeň
VP	plodová voda
VVV	vrozená vývojová vada
W/m <sup>2</sup>	watt na metr čtvereční

UZ

ultrazvuk

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příl. 1 – Ultrazvukové zobrazení plodu v 3D
- Příl. 2 – Měření temeno-kostrčního rozměru v I. trimestru
- Příl. 3 – Zobrazení nosní kosti v I. trimestru
- Příl. 4 – Měření nuchální translucence v I. trimestru
- Příl. 5 – Dopplerovské zobrazení trikuspidální regurgitace v I. trimestru
- Příl. 6 – Zobrazení profilu plodu v II. trimestru
- Příl. 7 – Měření obvodu hlavy v II. trimestru
- Příl. 8 – Měření délky femuru v II. trimestru
- Příl. 9 – Měření abdominálního obvodu v II. trimestru
- Příl. 10 – Dopplerovské zobrazení cév pupečníku v II. trimestru
- Příl. 11 – Dopplerovské zobrazení průtoku krve srdečními komorami v II. Trimestru
- Příl. 12 – MR zobrazení mozku plodu (gestační věk 22+1) v axiálním řezu
- Příl. 13 – MR plodu (gestační věk 22+1) v koronární projekci
- Příl. 14 – MR plodu (gestační věk 22+1) v sagitální projekci



Příl. 1 – Ultrazvukové zobrazení plodu v 3D



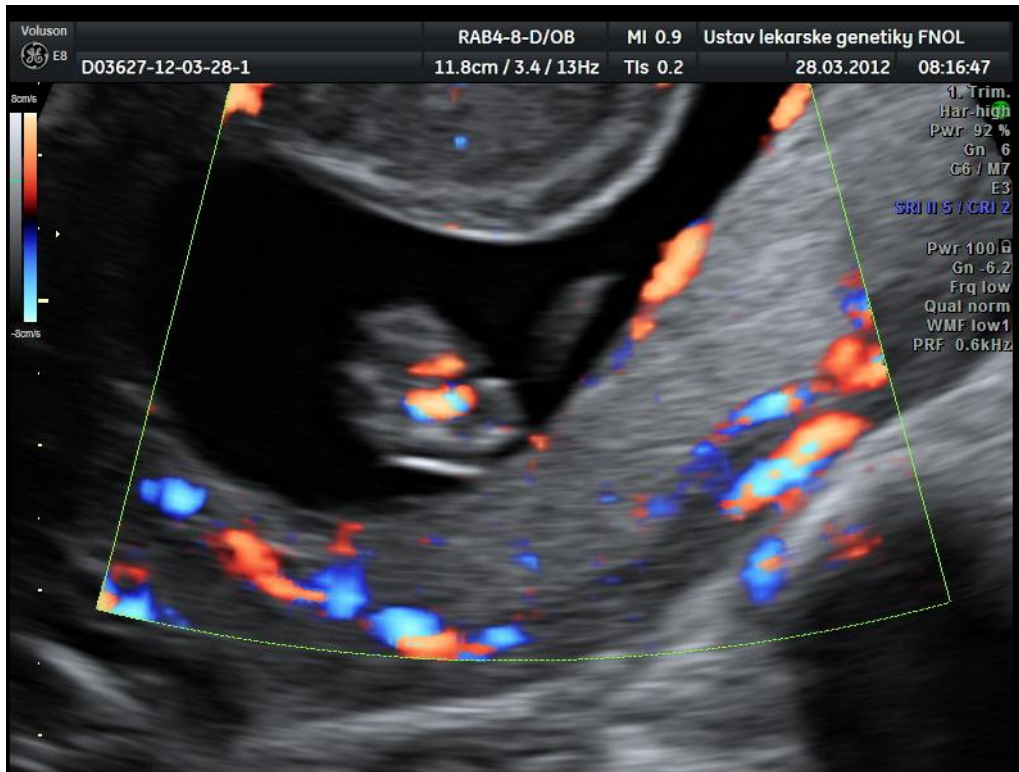
Příl. 2 – Měření temeno-kostrčního rozměru v I. trimestru



Příl. 3 – Zobrazení nosní kosti v I. trimestru



Příl. 4 – Měření nuchální translucence v I. trimestru

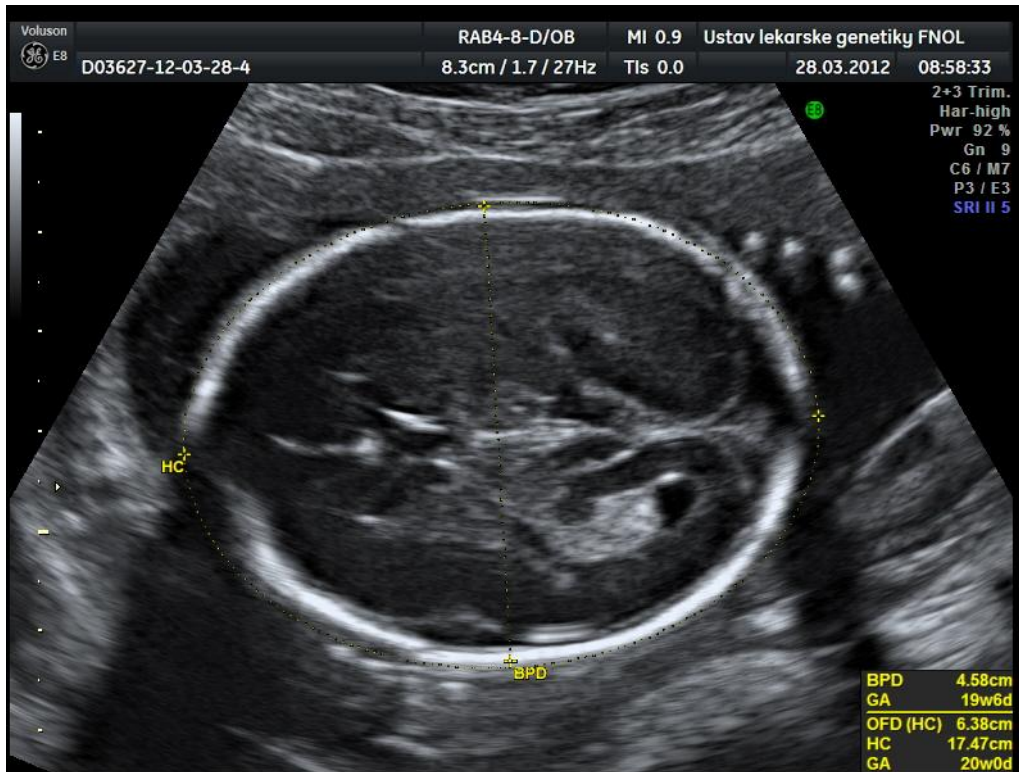


Příl. 5 – Dopplerovské zobrazení trikuspidální regurgitace v I. trimestru



Příl. 6 – Zobrazení profilu plodu v II. trimestru

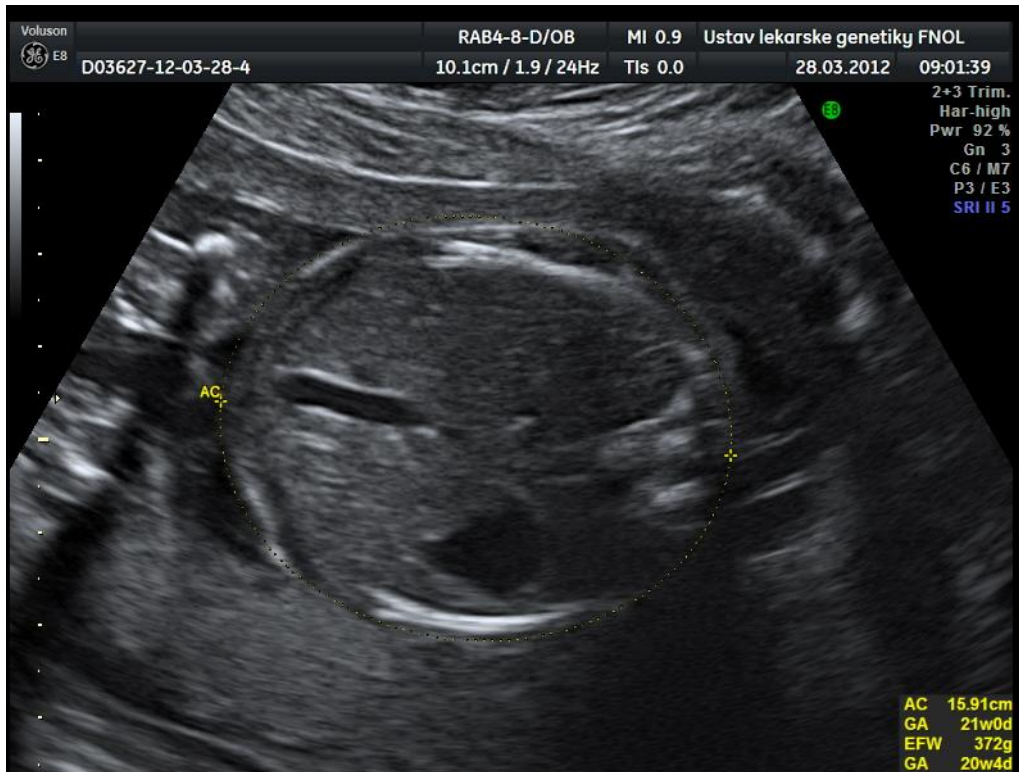




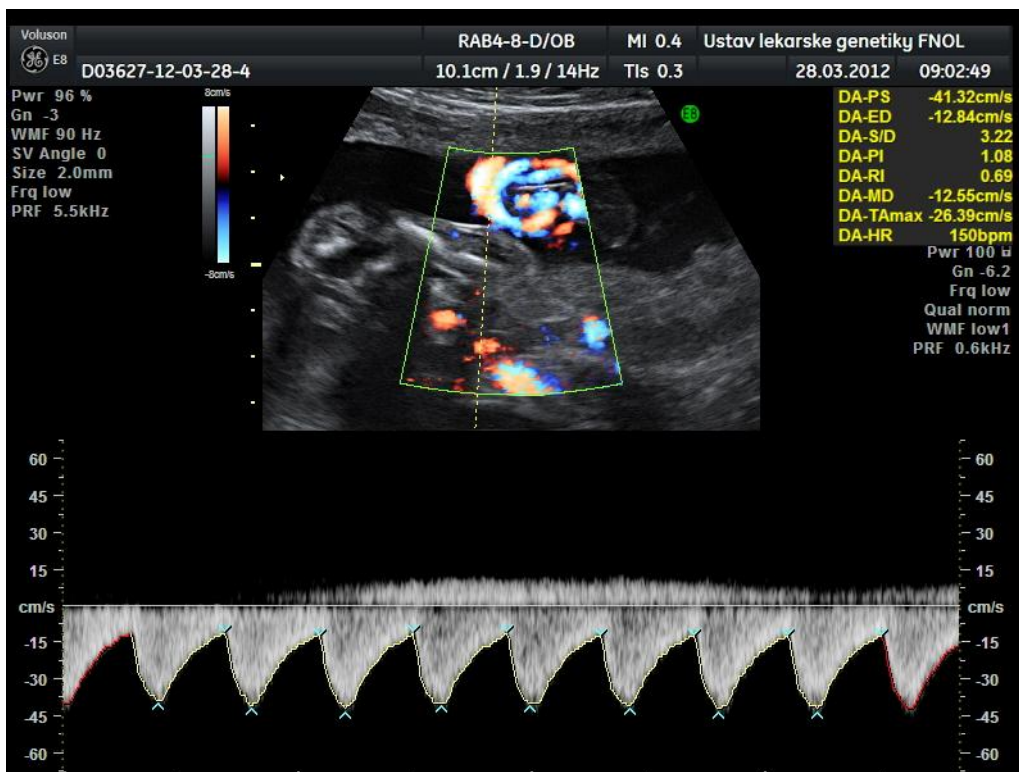
Příl. 7 – Měření obvodu hlavy v II. trimestru



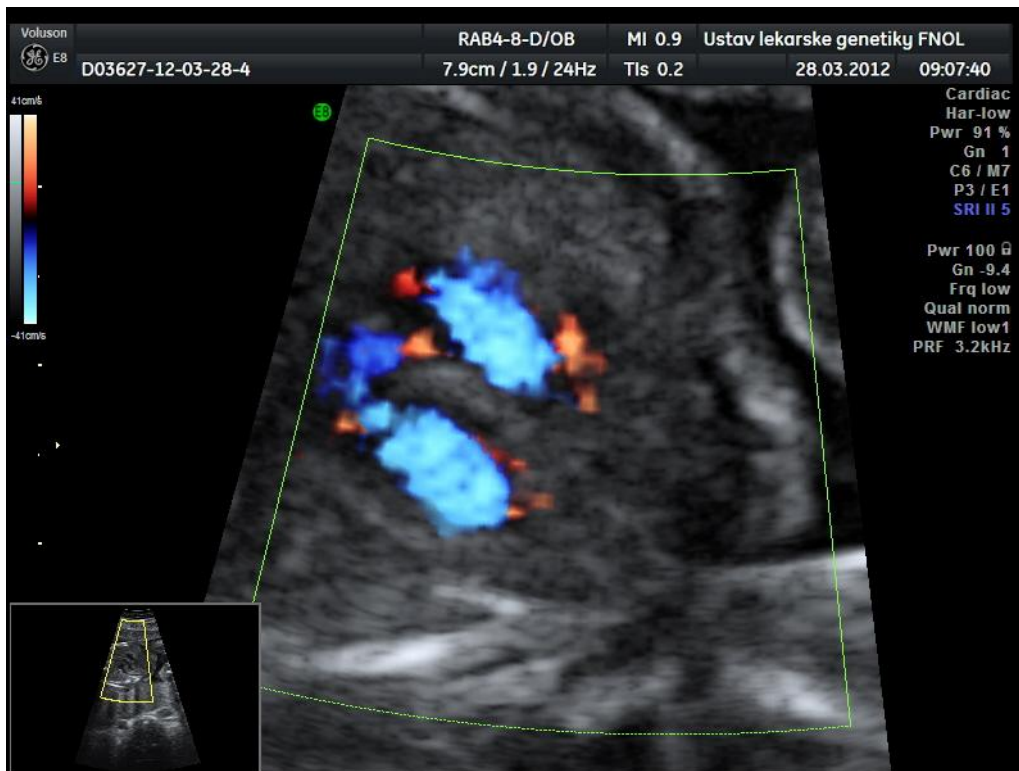
Příl. 8 – Měření délky femuru v II. trimestru



Příl. 9 – Měření abdominálního obvodu v II. trimestru



Příl. 10 – Dopplerovské zobrazení cév pupečníku v II. trimestru



Příl. 11 – Dopplerovské zobrazení průtoku krve srdečními komorami v II. trimestru



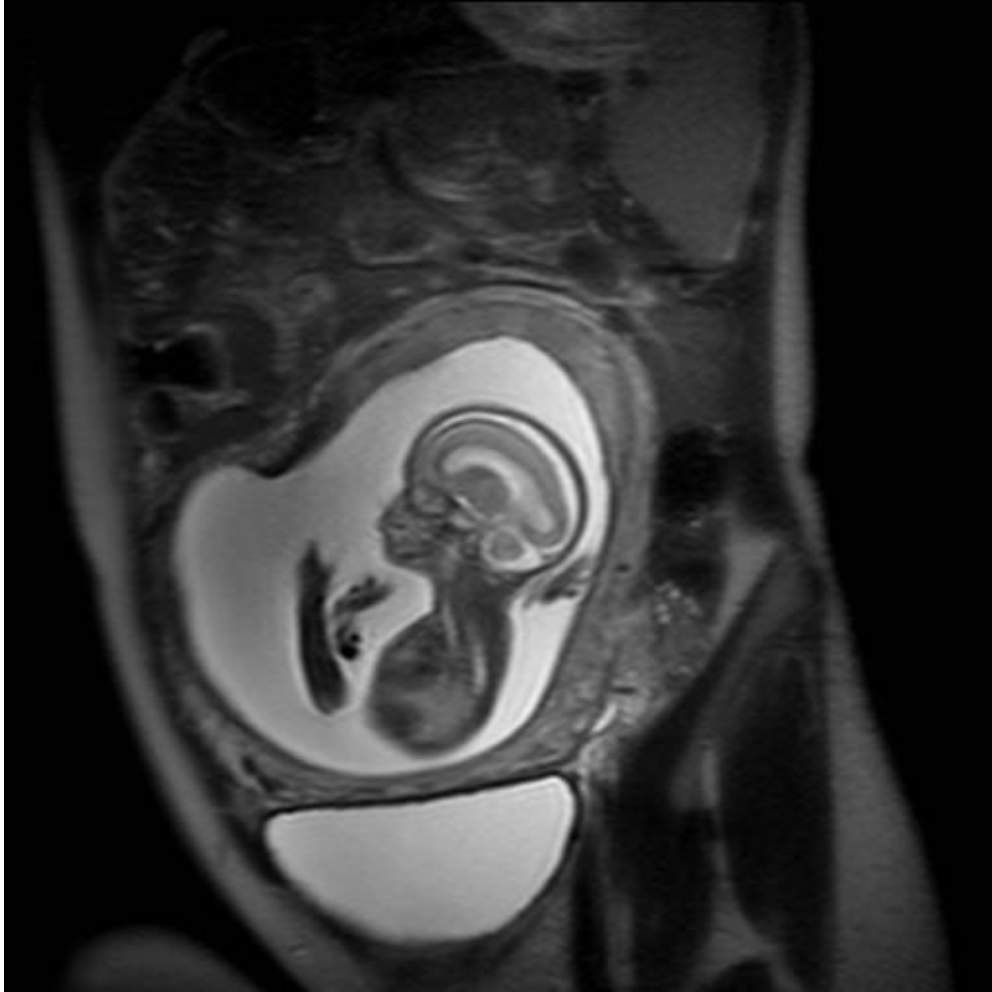
Příl. 12 – MR plodu, T2 vážená sekvence, axiální projekce, gestační věk 22+1

Zobrazení čelních rohů postranních komor a cavum septi pellucidum.



Příl. 13 – MR plodu, T2 vážená sekvence, koronární projekce, gestační věk 22+1

Na snímku jsou zobrazeny mozek s těly postranních komor (patrná velmi chudá gyrifikace odpovídající věku), plíce, játra, správně uložená bránice, částečně jsou zachycené ledviny s naplněným dutým systémem.



Příl. 14 – MR plodu, T2 vážená sekvence, sagitální projekce, gestační věk 22+1  
Na snímku je zobrazená levá postranní komora a mozeček. Dobře patrná je horní končetina.