

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2018

Gabriela Havránková

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD
Ústav radiologických metod

Gabriela Havránková

**Prenatální a postnatální ultrazvuková diagnostika vrozených a
vývojových srdečních vad**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Doc. MUDr. Jaroslav Vomáčka, Ph.D., MBA

Olomouc 2018

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 30. dubna 2018

podpis

Děkuji doc. MUDr. Jaroslavu Vomáčkovi, Ph.D., MBA za odborné vedení práce, veškeré informace a připomínky, které mi při psaní práce poskytl. Dále děkuji MUDr. Evě Kláskové za dodání přiložených obrazů.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská

Téma práce: Ultrasonografická diagnostika

Název práce: Prenatální a postnatální ultrazvuková diagnostika vrozených a vývojových srdečních vad

Název práce v AJ: Prenatal and postnatal ultrasound diagnosis of congenital and developmental heart defects

Datum zadání: 2017-11-13

Datum odevzdání: 2018-04-30

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

Autor práce: Havránková Gabriela

Vedoucí práce: doc. MUDr. Jaroslav Vomáčka, Ph.D., MBA

Oponent práce: MUDr. Zuzana Sedláčková

Abstrakt v ČJ:

Cílem této přehledové bakalářské práce na téma „Prenatální a postnatální ultrazvuková diagnostika vrozených a vývojových srdečních vad“ je podat informace o moderních trendech a využití diagnostické ultrasonografie v prenatálním a postnatálním období za účelem zjištění přítomnosti vrozených a vývojových srdečních vad.

Tyto informace byly získány rešeršní činností z odborné literatury. Jako zdroje informací byly použity odborné články v českém i anglickém jazyce. Práce čerpala z databází: Web of Science, MEDLINE, Medvik, EBSCO a Google Scholar.

Abstrakt v AJ:

The aim of this survey bachelor thesis is to inform the reader about the use of prenatal and postnatal diagnostic ultrasonography and also to provide information about modern trends in this field.

The findings for this thesis were taken from specialised medical literature and specialised medical articles both in Czech and English language. These articles were looked

up in these databases: Web of Science, MEDLINE, Medvik, EBSCO a Google Scholar.

Klíčová slova v ČJ:

ultrasonografie, ultrazvuková elastografie, kontrastní vyšetření, Doppler, vrozená srdeční vada prenatální, postnatální, vývojové vady plodu, vady srdce, defekt síňokomorového septa, koarktace aorty, valvulární stenóza plicnice, bikuspidální aortální chlopeč, Fallotova tetralogie, Eisenmengerův syndrom, Marfanův syndrom, Ebsteinova anomálie, paroxysmální tachykardie, flutter síní, síňokomorový blok, Downův syndrom, Edwardsův syndrom, Patauův syndrom

Klíčová slova v AJ:

ultrasonography, ultrasound elastography, contrast enhanced ultrasonography, Doppler, congenital heart disease, prenatal, postnatal, fetal development defects, heart defect, atrioventricular septal defect, coarctation of the aorta, pulmonary valve stenosis, bicuspid aortic valve, Tetralogy of Fallot, Eisenmenger's syndrome, Marfan syndrome, Ebstein's anomaly, paroxysmal tachycardia, atrial flutter, Atrioventricular block, Down syndrome, Edwards syndrome, Patau syndrome

Rozsah: 39/3

Obsah:

ÚVOD	7
1. SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY.....	10
1.1 Obecná část.....	10
1.2 Princip diagnostického ultrazvuku.....	11
1.3 Moderní trendy v echokardiografii.....	16
2. PATOLOGIE A PATOFYZIOLOGIE MYOKARDU.....	23
2.1 Nejčastější vrozené srdeční vady.....	23
2.2 Komplexní a cyanotické vrozené srdeční vady.....	25
2.3 Poruchy srdečního rytmu.....	26
2.4 Chromozomální syndromy s častým výskytem srdečních vad.....	27
2.5 Indikace k echokardiografickému vyšetření.....	29
3. METODIKA VYŠETŘENÍ.....	31
3.1 Vybavení vyšetřovny a role radiologického asistenta při ultrasonografickém vyšetření.....	31
3.2 Základní metodické postupy při diagnostickém vyšetření	32
ZÁVĚR.....	34
BIBLIOGRAFICKÉ A ELEKTRONICKÉ ZDROJE.....	35
SEZNAM ZKRATEK.....	38
SEZNAM TABULEK	39
OBRAZOVÁ PŘÍLOHA.....	40

Úvod

Diagnostická ultrasonografie je jedna ze základních diagnostických metod využívaných v biologii a medicíně. Rozvíjí se při vyšetření všech částí lidského těla, kam ultrazvuk může proniknout, nemalý význam má v oblasti srdce a cév, zejména však v oblasti gynekologie a porodnictví. Vyšetření provádí lékař, a to pomocí ozvučovací sondy, kterou pohybuje ve vyšetřované oblasti buď na povrchu těla nebo pomocí zavedení do tělních dutin. Endokavitární a povrchové sondy se dělí podle svého tvaru, účelu nebo technických parametrů. Na obrazovce je poté vidět průřez tělem, a to zpravidla černobílý (odstíny šedi) nebo je znázorněn v barevných odstínech, například toku krve nebo při barevném odstupňování tuhosti tkání.

Vzhledem k tomu, že toto vyšetření není nijak invazivní ani bolestivé a nevyžaduje úplnou nehybnost pacienta, může být prováděno při plném vědomí pacienta. Dalšími výhodami jsou například cena, dostupnost a rychlost vyšetření, v neposlední řadě však nulová radiační zátěž, tudíž i absence ionizujícího záření. Ultrazvuk není elektromagnetické záření, ale vlnění mechanické, tedy jde jen o slabé tlakové vlny o vysoké frekvenci (nad 20 000 Hz) šířící se prostředím. Od slyšitelného zvuku se ultrazvuk liší pouze frekvencí. Samotný ultrazvuk není pro člověka nijak škodlivý ani nebezpečný, ve vyšetřovaném místě sondou může způsobovat lokální zahřátí tkáně, které při neopatrnosti může představovat určité nebezpečí (TI – termální index).

Do zobrazení pomocí ultrazvuku řadíme také elastografii (zjištění tuhosti tkáně), intervenční ultrasonografii (pomáhá při navádění nástroje pro odběr vzorku tkáně) a dopplerovskou ultrasonografii (dokáže změřit rychlost a směr pohybu tkáně nebo proudění krve). Pro zvýšení přesnosti a kontrastu tkání se využívají v dnešní době mikrobublinové kontrastní látky podávané pacientům intravenózně. Ty neprodukují žádné záření, bývají neškodné a jsou během krátké doby vyloučeny ven z těla. Vyžadují speciální software jednotlivých ultrazvukových přístrojů.

Vrozené srdeční vady jsou vývojové vady teratogenního a také často chromozomálního původu. Mnoho z nich je možné postnatálně operovat, často i s dobrými výsledky. V každém případě je důležité tyto vady identifikovat, a to co nejdříve, protože neodhalené a neléčené mohou mít za následek komplikace až dokonce smrt plodu nebo

novorozeného dítěte. Pokud je vrozená srdeční vada nebo i jiná vážná vada včas zjištěna, může být rodičům nabídnuta možnost těhotenství předčasně ukončit.

Vliv na vrozené vývojové poruchy má mnoho faktorů, a některým z nich ženy kvůli neinformovanosti přikládají mnohem menší váhu, než ve skutečnosti je. Jedním z asi nejpodceňovanějších, ale paradoxně nejlivnějších je věk matky. S rostoucím věkem značně stoupá riziko vrozených vývojových poruch, včetně vad srdečních.

Bakalářská práce se zaměřuje na ultrazvukovou diagnostiku srdce plodu v prenatalním a postnatálním období. Odpovídá na otázky:

- S jakými nejčastějšími vrozenými srdečními vadami v prenatalním a postnatálním období je možné se setkat?
- Jaké jsou moderní trendy v ultrazvukové diagnostice?
- Jaké jsou dosavadní poznatky při využití ultrasonografického vyšetření při onemocnění srdce v prenatalním a postnatálním období?
- Jaká jsou rizika při užití ultrazvuku a jakou radiační zátěž přináší?

Mezi **cíle** práce tedy patří:

- Zmapovat spektrum chorob srdce v prenatalním a postnatálním období.
- Podat informace o současných technologických trendech při vyšetřování diagnostickým ultrazvukem.
- Shrnout poznatky o využití diagnostické ultrasonografie při onemocněních srdce prenatalního a postnatálního období.
- Získat informace o rizicích ultrasonografického zobrazování v prenatalní a postnatální diagnostice.

Pro přípravu bakalářské práce byla použita tato vstupní studijní literatura:

1. Pavel Calda, Miroslav Břešťák, Daniela Fischerová: Ultrazvuková diagnostika v těhotenství a gynekologii, 2010
2. J.Vomáčka a kol.: Zobrazovací metody pro radiologické asistenty, 2015
3. I. Hrazdira: Úvod do ultrasonografie, 2008
4. Evžen Čech a kol.: Porodnictví, 2006

Bakalářská práce je členěna do třech kapitol. První kapitola vysvětluje původ a princip fungování ultrazvuku, dále pojednává o moderních trendech zobrazování tkání v této oblasti.

Druhá kapitola shrnuje poznatky o nejčastějších vrozených srdečních vadách,

pojednává o poruchách srdečního rytmu a chromozomálních syndromech, u kterých je velice častý výskyt vrozených srdečních vad.

Třetí kapitola se věnuje popisu a rozboru metodiky zobrazování tkání užívané při samostatných ultrasonografických vyšetřeních.

Pro tuto bakalářskou práci byly dohledány informace pomocí rešerše odborných článků. Informace byly hledány pomocí klíčových slov v těchto databázích: Web of Science, MEDLINE, Medvik, EBSCO, Google Scholar. Během zpracovávání informací a zdrojů byly nalezeny další zdroje, ze kterých bylo také čerpáno. Využita byla rovněž odborná literatura, která poskytla užitečné informace. Vyhledávacími jazyky pro tuto bakalářskou práci byly jazyk český a jazyk anglický.

Pro práci byly po prostudování z celkových 24 odborných článků čerpány informace pouze z 11 z nich. Zbylé články neposkytovaly potřebné informace nebo pojednávaly o tématech mimo oblast zaměření této práce.

Při hledání byly použita tato klíčová slova: vrozená srdeční vada, Dopplerův jev, ultrasonografie, prenatální, postnatální, vývojové vady plodu, vady srdce, defekt síňokomorového septa, koarktace aorty, valvulární stenóza plicnice, bikuspidální aortální chlopeč, Fallotova tetralogie, Eisenmengerův syndrom, Marfanův syndrom, Ebsteinova anomálie, paroxysmální tachykardie, flutter síní, síňokomorový blok, Downův syndrom, Edwardsův syndrom, Patauův syndrom.

1. SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

1.1 Obecná část

Ultrasonografie je v dnešní době nejdostupnější a nejrozšířenější lékařská zobrazovací technika. Původně, od 30. let 20. století, se ultrazvuk pro diagnostiku začal využívat v průmyslu k odhalení vnitřních vad materiálu, které běžnými nedestruktivními metodami zvenčí nebyly zjistitelné. Až v 50. letech se pak začala využívat i pro lékařské účely, kde však probíhal vývoj 2 základních principů ultrasonografie odděleně. Prvním z nich je detekce akustických rozhraní, tedy přechodů mezi různými akustickými impedancemi, které mají různé tkáně odlišné. Na těchto rozhraních dochází k částečnému odrazu vlnění, které zpětně zaznamenáváme, a podle doby za kterou se echo vrátí zpět k ozvučovací hlavici se zpětně dopočítá hloubka, ve které došlo k odrazu. Druhý princip využívá Dopplerova jevu k měření rychlosti pohybu tkání nebo tekutin v těle.

Teprve na počátku 70. let se oba principy začaly kombinovat, dávající vzniku pokročilejším ultrasonografům umožňujícím současně sledovat v echotomogramu i směr a rychlost pohybu tkání, jako je např. (například) pohyb srdečního svalstva nebo proudění krve nebo dokonce i jen vlasečnicové prokrvení tkání. Navíc díky své bezpečnosti a cenové dostupnosti umožnilo ultrasonografii stát se v mnoha lékařských oborech nejpoužívanější diagnostickou zobrazovací metodou (Hrazdira, 2008, s.3).

V českém porodnictví a gynekologii se první pokusy o ultrazvukové zobrazování začaly uskutečňovat koncem 60. let při zobrazování a měření hlavy plodu, při pokusu o zobrazení placenty a zkoumání děložních myomů a ovariálních cyst. V tuto dobu byl využíván dvourozměrný B-mód i TM-mód (time motion), který umožňoval i zhotovit dokumentaci. V první polovině 70. let již bylo možné detekovat srdeční funkci plodu (Calda, Břešťák, Fischerová a kol. 2010, s.29). Další následný rozvoj ultrazvukové diagnostiky pokračoval, a v polovině 80. let se postupně začalo s vyšetřováním těhotných žen ve 20. a 30. týdnu těhotenství. V polovině 90. letech se již začala rozvíjet i transvaginální vyšetření. Ultrazvuková (UZ) diagnostika se také začínala specializovat do různých oblastí, jako je např. onkogynekologie, senologie, neonatologie a dětská gynekologie (Calda, Břešťák, Fischerová a kol. 2010, s.31).

Ve srovnání se zbytkem světa rozvoj UZ diagnostiky v České republice nezaostával a velmi brzy se dařilo tuto metodiku zpřístupňovat po celé České republice. Také právě

porodnictví a gynekologie byly ty oblasti, kde jako první našly užití dvourozměrný statický B-mód, dynamické tzv. (takzvaný) „real time“ zobrazení, transvaginální ultrazvukové vyšetření, dopplerovské metody a také 3D i 4D (vystínovaný 3D obraz v reálném čase) a další. Až poté se začala UZ diagnostika rozšiřovat do dalších oblastí lékařství, jako jsou urologie, gastroenterologie, onkologie, neurologie, dětská echokardiografie a jiné (Calda, Břešťák, Fischerová a kol. 2010, s.32).

1.2 Princip diagnostického ultrazvuku

Fyzikální principy ultrasonografie

Ultrazvuk je mechanické podélné vlnění částic frekvence 20kHz – 1GHz. Jeho rychlost šíření v prostředí je závislá na hustotě a pružnosti daného prostředí. V tužších (méně pružných), pevných prostředích se ultrazvuk šíří mnohem rychleji než v prostředích pružných /měkkých jako je sval, tuková tkáň, krev, voda. Nejpomaleji pak v řídkých prostředích a nešíří se vůbec ve vakuu. Pro srovnání různých rychlostí viz (tab.1). Vlnová délka je popsána vztahem

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

kde c [m/s] je rychlost šíření a f [Hz] je frekvence vlnění (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s. 35).

Vlastní vznik UZ vlnění diagnostických frekvencí se dociluje pomocí tzv. piezoelektrických krystalů. Tyto krystaly, jako např. Bariumtitanát nebo niobát olova, mají tu vlastnost, že při jejich stlačení se na jejich povrchu vytvoří elektrický potenciál. Tento jev funguje i opačně. Přivedeme-li elektrický potenciál na povrch krystalu, ten se deformuje. Při změně polarity se krystal deformuje opačným směrem. Změny polarity tedy zapříčiňují, že se krystal střídavě stahuje a roztahuje, čehož se využívá ke generaci mechanických, a tím tedy ultrazvukových vln (Vomáčka, 2015, s.38).

Tabulka 1: Rychlost ultrazvukového vlnění v různých tkáních

Materiál	Rychlost zvuku [m/s]
voda 20 °C	1460
krev	1570
mozek	1541
tuk	1450
měkká tkáň	1540
játra	1549
ledviny	1561
slezina	1566
sval	1585
kosti, lebka	2700-4000

(Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s. 35)

Odraz, lom atd.

Nejčastější jevy, které nastávají nejen v biologických tkáních a jsou pro ultrasonografii důležité, jsou útlum, odraz, lom, ohyb a rozptyl.

Útlum je způsoben absorpcí vlnění prostředím, přičemž se mechanická energie přeměňuje na tepelnou.

Odraz a lom nastávají společně na rozhraní dvou prostředí s různou hustotou, přesněji s různou akustickou impedancí. Část vlnění se na rozhraní odrazí a část pokračuje dále, avšak směr je vychýlený, a to v závislosti na hustotách prostředí a úhlu dopadu.

Ohyb a rozptyl nastává, pokud se vlnění setká s rozhraním dvou prostředí, které ale má mikroskopické rozměry, srovnatelné s vlnovou délkou nebo menší (Vomáčka, 2015, s.38). Například červená krvinka, o velikosti 7,5 μm , je mnohem menší než vlnová délka ultrazvuku o frekvenci 2MHz, $\lambda=0,79\text{mm}$. Proto na krvince nenastává přímo odraz, ale přesněji rozptyl (Zuna, Poušek, 2000, s.76).

Způsoby zobrazení

Nejstarším a nejjednodušším zobrazením je amplitudové, tzv. A-mód. Toto zobrazení je jednorozměrné. V ultrazvukové sondě je měnič, který je zdrojem a zároveň přijímačem vln, které jsou vyhodnoceny přístrojem. Ultrazvuková vyšetřovací hlavice pracuje na pulzním principu, to znamená, že sonda vyšle relativně krátký signál ultrazvuku, a pak několikanásobně delší čas pouze čeká na odrazy signálu z rozhraní prostředí. Výsledkem je

potom amplitudový graf na obrazovce měřícího přístroje. Na vodorovné ose je znázorněn čas a na svislé ose amplituda odrazů (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s. 39-40).

Dalším druhem zobrazení je M-zobrazení, dříve též TM-mód, které se uplatňuje zejména v echokardiografii. Zde je ozvučovací sonda fixně orientovaná a vysílá pulzy jedním směrem, takže v závislosti na čase snímáme z daného směru pouze pohyb tkání. Na obrazovce vodorovná osa představuje čas a svislá osa vzdálenost od ultrazvukové sondy, tedy hloubku v těle. Stupnice šedi nám pak udává intenzitu odrazu, tím z výsledného obrazu sledujeme pohyb struktur těla vždy ve směru vysílání sondy (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s. 40).

Zdokonalené M-zobrazení, zvaný úhlově nezávislý M-mód (movement mode) nebo anatomický M-mód, nám umožňuje vidět výřez v reálném čase. Na obrazovce na tomto výřezu si kurzorem nastavíme radiálně od ozvučovací hlavičky linii, která nám představuje ten směr pohybu tkání, který si chceme dále zobrazit v závislosti na čase. Toto časové zobrazení už představuje M-mód. Ale díky tomu, že nám anatomický M-mód současně zobrazí i okolí, umožňuje nám to snadnější orientaci a přesnější zaměření (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s. 40).

B-obraz neboli B-mód (brightness modulated), též 2D-obraz, je dnes nejpoužívanějším typem zobrazení. B-mód nám umožňuje dvourozměrně vidět průřezy tkání. Intenzitě odražené části energie, kterou zaznamená sonda, je přiřazena stupnice šedi. Bílá barva znamená intenzitu největší, černá nejmenší. Podle opoždění echa od vyslaného pulzu ultrazvuku je danému odrazu přiřazena hloubka v těle. Tímto způsobem je bod po bodu vykreslen celý dvojrozměrný obraz řezu pod ozvučovací hlavičkou. Rozlišovací schopnosti hrají důležitou roli pro kvalitu zobrazení řezu. Jsou to: axiální, laterální, transverzální a časová (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s. 40).

Axiální neboli osová rozlišovací schopnost je ve směru šíření svazku, a je tím přesnější, čím kratší pulz ultrazvuku vyšleme. Délka typického pulzu je cca 1–2 periody vlnění. Abychom zvýšili přesnost axiální, je nutné zvýšit frekvenci ultrazvuku (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s. 40).

Laterální rozlišovací schopnost je v rovině řezu a ve směru kolmém na směr šíření. Tu ovlivňuje kvalita zaostření vyslaného svazku z ultrazvukové vyšetřovací hlavičky (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s. 40).

Transverzální rozlišovací schopnost je v kolmém směru na rovinu řezu a určuje

tloušťku řezu. Čím tlustší řez, tím je horší kvalita obrazu, protože řez se nám zobrazuje jako dvojrozměrný, tedy tkáň, které jsou o něco blíže nebo dále ve směru kolmém na rovinu řezu, se nám zobrazí do jednoho bodu. To může vést k rozmazanému vjemu nebo nepřesnostem (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s. 40-41).

Časová rozlišovací schopnost je schopnost přístroje, jak rychle dokáže zpracovávat echo signálu (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s. 41).

Panoramatické zobrazení

Panoramatické zobrazení se skládá z více B-skenů, které jsou snímány a ukládány do paměti přístroje. Jednotlivé skeny jsou spojeny tak, že vznikne jeden panoramatický pohled. Při vyšetřování nesmí dojít k oddálení ozvučovací sondy od povrchu těla a musí být zajištěn dobrý kontakt s vyšetřovanou oblastí, pohyb sondy také musí být souvislý. Panoramatické zobrazení umožní zobrazení orgánů větších, než je rozsah ultrazvukové sondy. Nevýhody tohoto vyšetření jsou časová náročnost a problematika zapříčiněná nerovnostmi na povrchu těla jako jsou například žebra, klíční kost nebo krk (Hrazdira, 2008, s.8).

Harmonické zobrazení

Tato metoda se používá u pacientů, u kterých není snadné použít běžné dvourozměrné UZ vyšetření. Tato problematika nastává u 15-20 % pacientů. Aby i přesto mohli být vyšetřeni, využívá se tzv. Harmonické zobrazení. Abychom mohli zvýšit rozlišení i bez použití kontrastních látek, musíme zaznamenávat sondou ne odrazy základní vysílací frekvence f_0 , ale vyšší harmonické frekvence, tedy její celočíselné násobky $n \cdot f_0$, typicky však frekvenci dvojnásobnou. Kmitání o těchto vyšších frekvencích vznikají v tkáních kvůli nelineárnímu šíření UZ signálu, avšak jejich intenzita je mnohem nižší, než odrazy původní frekvence f_0 . Nutné je tedy vysílat relativně krátké periody, ale velké intenzity signálu, a dostatečně citlivou sondou přijímat pouze vyšší frekvence $n \cdot f_0$. Přijímač pak tyto frekvence zaznamená a zpracuje do obrazu. Celkový přínos je pak zdokonalení zobrazení pacientů, zejména obtížně vyšetřitelných a zkrácení doby jejich vyšetření (Hrazdira, 2008, s.7).

Bezpečnost, přínos a limitace ultrasonografické diagnostiky v průběhu gestace

Hlavním předpokladem pro použití ultrasonografie během těhotenství je bezpečnost. Přestože bylo v minulosti provedeno mnoho výzkumů na toto téma, ať už pokusů in vitro, provádění pokusů na zvířatech nebo rozsáhlé retrospektivní epidemiologické studie, nebylo prokázáno, že by ultrazvuk při běžně používaných intenzitách a frekvencích ultrazvuku měl

škodlivý vliv (Hájek et al., 2006, s.404).

To je dáno tím, že se jedná o mechanické vlnění, které v porovnání s izotopovými a rentgenovými metodami není ionizující záření. Zatížení tkáně ultrazvukem je pouze mechanické a od něj se pak odvíjející tepelné. Energie, která je vyslaná ozvučovací hlavicí v podobě mechanického kmitání částic, se šíří tkání, kde je rozptýlována, odražena nebo absorbována. Část energie se navrátí k ultrazvukové sondě, zbylá je rozptýlena do okolí ve formě vibrací právě o frekvenci ultrazvuku. Tyto vibrace jsou tlumeny, přičemž se mechanická energie přeměňuje na teplo, tedy tzv. termální zátěž. Ta je téměř přímo úměrná narůstající frekvenci. Každá látka, v závislosti na své akustické impedanci, absorbuje jinou část množství vlnění. Kapaliny neabsorbují téměř nic, měkké tkáně více, a nejvíce absorbuje kostní hmota. Proto je třeba dbát zvýšené obezřetnosti při vyšetření plodu s již osifikovanými kostmi, protože v měkkých tkáních a plodové vodě mezi nimi a sondou a plodem nedochází k téměř žádné absorpci, proto téměř stoprocentně jsou pak zatíženy kosti plodu. Druhým typem zatížení, tzv. mechanická zátěž, je způsobena převážně kavitací. Když na malé bubliny nebo vzduchové kapsy ve tkáni nebo kapalině působí změny tlaku, tak se deformují, což ale také znamená střídavé elastické napínání a smršťování okolní tkáně, která bublinu obaluje. Při dostatečně vysoké energii může přejít elastická deformace do plastické. To je nevratný stav poškození okolních buněk, membrán nebo tkáňových mikrostruktur. U kavitace je relativně nebezpečný jev, tzv. Microstreaming, který nastává těsně kolem bublin, a to převážně ve tkáních s vysokou elasticitou. Zde může kavitace představovat jisté riziko i při nižších výkonech ultrazvuku (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s.37-38).

Přesto je ultrasonografická diagnostika velmi bezpečná a má během těhotenství nespočet výhod. UZ vyšetření lze použít jak během gestace, tak při porodu, ale i v průběhu šestinedělí. Pomocí UZ můžeme zobrazovat nejen měkké tkáně jako např. placentu, orgány plodu, embryo nebo plodové vejce, ale také kosti. Společně zobrazuje nejen plod, placentu a plodovou vodu, ale také vnitřní stavbu plodu a placenty a zaznamenává dynamické jevy jako je pohyb plodu, srdeční akci plodu, průtok krve cévami a pulzaci v embryonálním pólu. Pro vyšetření v oblasti genetiky, neonatologii, antropometrii apod. je nepostradatelnou součástí. Výhodou, zejména u orgánových anomálií centrální nervové soustavy, srdce aj. je také možnost porovnání u novorozence s ultrasonografickými nálezy plodu.

Toto vyšetření má ale během těhotenství také limitace, které vycházejí z fyzikální podstaty UZ. Jeden z problémů je vznik akustického stínu. Od kompaktnějších hmot se UZ

odráží zpět, tudíž se tvoří zejména za kostmi, zde pak brání zobrazení struktur za nimi. V praxi nám stín může tvořit např. hlava jednoho ze dvojčat, přes kterou nelze zobrazit část druhého plodu. Pokud je plod uložen dorzoanteriorně, nachází se v akustickém stínu jeho srdce. Další komplikace může nastat při oligohydramniu nebo anhydramniu. V těchto případech lze chybějící imerzní prostředí plodové vody, které silně zhoršuje zobrazení doplnit amnioinfuzí.

Také uložení nebo natočení plodu může způsobit, že se jeho část začne nacházet v hloubce přesahující 20 cm od ultrazvukové vyšetřovací hlavice, což je většinou mimo oblast vyšetřovacího pole. Problém s viditelností pak nastává také u obézních žen, kdy může činit obtíže dostat se sondou dostatečně blízko k plodu. Další komplikace viditelnosti a zobrazitelnosti může způsobit plyn ve střevech matky, kde za vzduchovými bublinami vzniká akustický stín (Hájek et. al., 2006, s.404).

1.3 Moderní trendy v echokardiografii

Dopplerův jev

Pokud se zdroj vlnění a přijímač vůči sobě pohybují, lze zaznamenat změnu vlnové délky vlnění. Tento efekt lze pozorovat nejen u mechanického vlnění (zvuk, ultrazvuk), ale i u elektromagnetického vlnění (světlo, rádiové vlny apod.). Pokud se zdroj od přijímače vzdaluje, vnímá přijímač vlny jako delší, tedy nižší frekvenci. Naopak když se zdroj k přijímači přibližuje, dorazí během stejného časového úseku více vln k přijímači, tím můžeme zaznamenat vyšší frekvenci, tedy kratší vlnovou délku. Právě tohoto efektu se využívá v ultrasonografii k měření rychlosti krve, tzv. dopplerovská diagnostika. Ozvučovací sonda vysílá ultrazvukové vlnění o frekvenci f_0 , červená krvinka v tu chvíli slouží jako přijímač, kde se zadetkuje změněná frekvence f_1 , a to zvýšená nebo snižená v závislosti na rychlosti a směru pohybu krvinky, tedy krve (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s.36).

Na krvince dochází namísto přímého odrazu k rozptylu. Při tom krvinka slouží jako zdroj odraženého vlnění, a to o frekvenci f_1 . Část odražené energie doputuje do ozvučovací hlavice, avšak kvůli relativnímu pohybu krvinky a sondy zaznamenáme vlnění o pozměněné frekvenci f_2 . Tzv. dopplerovský posuv f_D je pak rozdíl přijaté a vyslané frekvence (Zuna, Poušek, 2000, s.69-70). Vztahy, podle kterých se řídí změna vlnové délky jsou (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s.36):

$$f_1 = [(c-v)(c-u)]f_0$$

kde je

- f_1 frekvence přijímače,
- f_0 frekvence zdroje,
- c rychlost šíření vlnění v daném prostředí,
- u rychlost zdroje,
- v rychlost přijímače.

(Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s.36).

CW (nemodulovaná nosná vlna) Doppler je technika, která na rozdíl od pulzních vyšetření využívá spojitý signál. Toto nepřetržité vlnění je vysíláno jednou součástí ultrazvukové vyšetřovací hlavičky a přijímáno druhou. Z vysílacího prvku se vysílá vlnění, které je tvořeno v generátoru o daném výkonu a frekvenci. Přijímací prvek se nachází v těsné blízkosti prvku vysílacího, a to buď vedle něj, nebo jsou oba prvky anulárně v sousedním umístění. U CW vyšetření zkoumáme i velmi slabé odražené signály, které vycházejí zejména od krevních částic, proto musí být citlivost přijímače vyšší. Při zobrazení na přístroji bývá možné současně zobrazit B obraz a dopplerovskou křivku. U novějších přístrojů je možné zobrazit B-mód s nastavitelným kurzorem, který nám ukazuje směr měření CW Dopplera. Tento typ zobrazení, také nazýván říditelný CW, nám umožňuje přehlednější nastavení směru. Uživatelské rozhraní je totiž v principu podobné jako u M-módu (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s.44).

PW (modulovaná nosná vlna) Doppler, z anglického „pulsed wave“ je technika, která nám umožňuje určit také umístění v prostoru měřeného dopplerovského posuvu. Ozvučovací hlavička obsahuje pouze jeden vysílač, který je zároveň i přijímač. Ten vysílá pulzy o dané frekvenci. Za každým pulzem přijímač čeká na odražený signál. Podle doby, za kterou se vrátí, přístroj určuje hloubku, ve které k odrazu došlo. Délka odraženého signálu nám také vyjadřuje rozměr vzorku, a to ve směru šíření signálu, tzv. Vzorkovací objem, angl. „sample volume“. Tato technika je sice mnohem přesnější a méně náročná na obsluhu, ale je omezená největším frekvenčním posuvem, který je schopna naměřit (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s.45).

Barevné dopplerovské mapování, také barevný Doppler, je způsob zobrazení, při kterém se do dvourozměrného zobrazení vykreslí barevnou škálou také směr a rychlost proudění krve v těle. Takto zvýšený kontrast na obrazovce umožňuje sledovat i tok v menších

cévách, což by bylo u klasického zobrazení nesnadné. A právě tím, že echa vysílaných signálů od krvinek jsou špatně detekovatelné, využívá se při měření fázového posuvu nejméně dvou po sobě jdoucích signálů. Pokud vyšleme dva pulzy o stejné fázi, musí se fáze echa taktéž shodovat. Pokud tomu tak není, znamená to, že se reflektor, tedy místo odrazu, pohybuje. Tento fázový posuv závisí jak na rychlosti pohybu reflektoru, tak na dopplerovském posuvu. Při měření se pro snížení šumu vyhodnocuje průměr z více po sobě následujících signálů, odpovídající střední rychlosti toku daným místem (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s.46).

Power Doppler je metoda, u které dokážeme značně potlačit šum při měření, ale za cenu snížení snímkovací frekvence a za cenu nemožnosti určit směr toku, pouze jeho rychlosti. Avšak díky snížení šumu dokážeme pozorovat i velmi pomalé toky, jako je tomu například v kapilárách, nebo např. míry prokrvení placenty (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s.46-47).

Tkáňový Doppler (tissue doppler) je druh barevného dopplerovského mapování, který se využívá pouze v echokardiografii. Pomocí něj zaznamenáváme rychlost proudění vykreslenou barevnou škálou a také pozorujeme rychlost pohybu tkání (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s.48).

Zobrazení 3D/4D

3D je typ zobrazení, které se tvoří z množstvím plynule nasbíraných 2D rovinných skenů, které se počítačem zpracují do trojrozměrného obrazu. Je několik způsobů, kterým je možné snímat postupné 2D skeny. Nejstarší je „freehand 3D“, u kterého vyšetřující osoba pohybuje ultrazvukovou sondou ručně. Protože přístroj ukládá snímky v daných časových intervalech, a počítá s tím, že jsou jednotlivé 2D skeny od sebe stejně vzdálené, musí vyšetřující pohybovat sondou přesně danou rychlostí a také dodržet správnou geometrii.

Vylepšením této metody je ozvučovací sonda za použití snímače polohy, pomocí kterého přístroj dokáže za využití magnetického senzoru určit, jakým směrem a jak rychle se ultrazvuková vyšetřovací hlavice pohybuje. Tím dokáže jednotlivé řezy poskládat do relativně přesného 3D obrazu, protože k jednotlivým 2D snímkům přiřazuje i jeho skutečnou polohu.

V současnosti se ale používají tzv. „3D sondy“, které již v sobě mají zabudovaný mechanismus, který automaticky pohybuje vysílačem. Tím se ještě zvýší přesnost i rychlost snímání. To ve výsledku umožňuje, aby vysílač opakovaně snímkoval danou oblast rychle za sebou, z čehož se dá vytvářet 3D obraz v reálném čase, tedy „Live 3D“ obraz, nazývaný též 4D zobrazení. Abychom však přístrojem vytvořený 3D obraz mohli přenést na 2D

obrazovku, je k tomu nutné určité zpracování tohoto obrazu do 2D, nazývané renderování. Nejčastější užití této modality pak bývá zobrazení chlopní a oddílů srdce a také zobrazení obličeje plodu (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s.43).

Kontrastní látky

V roce 1968 byla první zmínka o využití kontrastních látek. Kontrastní látky se využívají ke zvýšení rozptylu ultrazvuku v krvi. V průběhu srdeční katetrizace byl zpozorován kontrast po aplikaci fyziologického roztoku. Tento jev byl způsoben vzduchovými mikrobublínkami, které vznikly kavitací v průběhu injekce roztoku. Problém představovala nízká stabilita a velikost mikrobublin, tyto mikrobubliny musí po intravenózní aplikaci procházet plicním oběhem, proto tyto mikrobubliny musí být menší než 10 μm . Mikrobubliny jsou složeny z pláště netoxického syntetického nebo přírodního materiálu. Tyto materiály například představuje protein, lipidy, polymer a inertního plynu jako je vzduch, perfulocarbon nebo fluorid sírový. Plášť má minimalizovat pronikání plynů difúzí do krve. Tloušťka pláště se pohybuje od 10 do 200 nm. Kontrastní látky se užívají ke zhodnocení ložiskových změn parenchymových orgánů, používá se ale i v zobrazování ledvin, prostaty, dělohy, prsu a dutin jako jsou močový měchýř, močovody, vejcovody a abscesy. Kontrastní látky se také využívají ke zvýšení signálů hlavních tepen a žil při vyšetření pomocí dopplerovského zobrazení (Kontrastní látky v ultrazvukové diagnostice, 2016).

Ultrazvukové vyšetření pomocí kontrastních látek v České republice není tak rozšířené, jako použití kontrastních látek u vyšetření výpočetní tomografií a magnetickou rezonancí. V roce 1991 byla pro Evropu jako první kontrastní látka schválena Echovist®, dnes se používají Optison® a SonoVue® (Kontrastní látky v ultrazvukové diagnostice, 2016).

SonoVue je kontrastní látka vyráběná společností Bracco a používá se ke zvýraznění srdečních dutin, hranice endokardu levé komory, dále u dopplerovského zobrazení makrovaskulatury (krkavice, mozková tepna, portální žíla, periferní tepny) i mikrocévního systému. Roztok se připraví protřepáním přibaleného prášku ve fyziologickém roztoku po dobu cca 20 vteřin. Tím vznikají mikrobubliny fluoridu sírového o průměru cca 2.5 μm , což je inertní plyn, který se postupně rozpouští v krvi, ze které je poté vydechován. Poločas eliminace je 6 minut. U B-módu u echokardiografie rapidně zvýší signál po dobu delší než 2 minuty a u dopplerovského zobrazení cévního systému po dobu 3-8 minut. U vyšetření se u dospělých užívá dávka při B-módu 2ml a u dopplerovského vyšetření cév 2,4ml. U těhotných a kojících žen a u pacientů do 18 let se nedoporučuje použití SonoVue, protože nebyla

prokázána bezpečnost. Dále se nedoporučuje u pacientů s umělou plicní ventilací a také u pacientů trpících nestabilními neurologickými poruchami a je třeba dávat pozor u pacientů s ischemickou poruchou srdeční (Kontrastní látky v ultrazvukové diagnostice, 2016).

Optision je kontrastní látka uvedena na trh firmou General Electric Healthcare, která se užívá ke zlepšení viditelnosti a kontrastu při pozorování srdečních komor a endokardu, také posiluje dopplerovský signál a umožňuje taktéž zobrazení pohybů stěn srdce a toku krve v něm. Optision využívá velmi stabilní mikrosféry o velikosti cca 2.5–4.5 μm s obsahem plynu perflutrenu (octafluoropropanu). Ty umožňují zviditelnění i levých srdečních dutin. Zvýšený kontrast trvá cca 2.5–4.5 minuty, eliminace trvá do 10 min (Kontrastní látky v ultrazvukové diagnostice, 2016).

Echovist využívá mikrobubliny vzduchu o velikosti cca 2 μm , které jsou obalené tenkou vrstvou galaktózy. Tato vrstva bubliny stabilizuje, ale i přesto stabilita není dostatečná pro průchod plicním oběhem po intravenózním podání. Echovist se používal k zobrazení pravé síně, pravé komory a ke zhodnocení průchodnosti vejcovodů (Kontrastní látky v ultrazvukové diagnostice, 2016).

EchoGen je látka, která mění svoje skupenství z kapalného na plynné. Tato kontrastní látka také obsahuje mikrobubliny o velikosti 3-8 μm , v dnešní době se v České republice již nepoužívá (Kontrastní látky v ultrazvukové diagnostice, 2016).

Nežádoucím účinkům je třeba předcházet nebo je případně léčit. Můžou vzniknout pouze u některých pacientů. Nežádoucí účinky rozdělujeme na nonrenální, renální a jiné. Můžeme je dělit také podle četnosti výskytu na reakce časté (bolesti hlavy, nauzea), méně časté (závratě, parestézie, erytém, vyrážka, dyspnoe, zvracení a reakce v místě vpichu injekce) vzácné (třes, tachykardie, palpitace, ztráta vědomí) (Kontrastní látky v ultrazvukové diagnostice, 2016).

Tabulka 2: Přehled kontrastních látek pro diagnostický ultrazvuk

SonoVue	zvýraznění srdečních dutin, hranice endokardu levé komory, dopplerovské zobrazení (krkavice, mozková tepna, portální žíla, periferní tepny, cévního systému jaterních a prsních lézí)
Optison	pozorování srdečních komor, endokardu, zobrazení pohybů stěn srdce a toku krve v něm, posiluje dopplerovský signál
Echovist	používal se k zobrazení pravé síně, pravé komory a ke zhodnocení průchodnosti vejcovodů
EchoGen	v České republice se již nepoužívá

(Kontrastní látky v ultrazvukové diagnostice, 2016)

Ultrazvuková elastografie

UZ elastografie je zobrazovací metoda, která měří elasticitu (tuhost) tkání. Měřenou veličinou je zde Youngův modul pružnosti, který přímo udává pružnost, respektive tuhost dané tkáně. Čím je vyšší hodnota Youngova modulu, tím je látka méně poddajná a má tedy větší tuhost. Maligní ložiska můžeme mimo jiné identifikovat při zobrazování proto, že bývají tužší, než benigní ložiska nebo okolní tkáň (Hrazdira, 2008, s.11). Zhoubné nádory oproti zdravým tkáním až cca 5 - 28x větší tuhost (Vomáčka, 2015, s. 41).

Přístroj může pracovat dvěma způsoby, a to buď na principu komprese (strain elastography) povrchových tkání ozvučovací sondou, a nebo měří rychlost šíření příčných vln při UZ vyšetření (shear wave elastography), a tu převádí na elasticitu. Tu lze poté snadno vyčíst z monitoru pomocí barevné škály, která překrývá zobrazení B-módu. Barevná škála může být dle softwarového nastavení v rozpětí od červené (největší tuhost), přechází přes žlutou, zelenou až k modré (nejelastičtější) (Vomáčka, 2015, s. 41). Měření v barevné škále se hodnotí jako kvalitativní, měření šíření příčných vln umožňuje vyhodnocovat jednotlivé tkáně pomocí kruhové výseče i kvantitativně (v m/s) nebo (kPa) (poznámky z praxe).

Intervenční ultrasonografie

Pro cytologické nebo histologické vyšetření se odebere vzorek tkáně. Toto odebrání se provádí tenkou jehlou a je ultrasonograficky monitorováno. Vše musí být za antiseptických podmínek, to znamená, nástroje musí být sterilní, okolí vpichu musí být zakryto rouškou, kontaktní gel pro ultrazvukovou sondu musí být taktéž sterilní. Samotné odebrání může být

provedeno dvěma způsoby. A to buď „z volné ruky“, což znamená, že ultrazvuková sonda je posunuta mimo místo vpichu a natočena tak, aby na obrazovce přístroje bylo vidět ložisko, ze kterého se vzorek odebírá. Vyšetřující poté vede jehlu do těla pacienta, přičemž na obrazovce sleduje, kde se jehla i ložisko nacházejí. Druhý způsob je za pomoci punkčního vodičího nástavce, díky kterému je na obrazovce vidět dráha jehly, což usnadňuje odebrání vzorku (Hrazdira, 2008, s.28).

2. PATOLOGIE A PATOFYZIOLOGIE MYOKARDU

Zaměření této kapitoly je uvedení nejčastějších vrozených srdečních vad plodu a vnesení rozšiřujících informací plynoucích z výzkumů na tuto tematiku. Zjišťováním vrozených srdečních vad (VSV) se zabývá perinatální kardiologie. Včasné zjištění VSV umožňuje brzy po porodu provést operaci, která mívá mnohem lepší výsledky ve srovnání s operací uskutečněnou u novorozence, kde se již plně vyvinuly klinické příznaky VSV (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s.278).

Srdeční vady se vyskytují u cca 0,5 až 1 % plodů, (Procházka, Pilka, 2016, s.67), přičemž vrozené vady oběhové soustavy představují v České republice více než 40 % všech vrozených vad (Šípek et al., 2010, s.16).

Mezi nejčastější VSV patří defekt síňokomorového septa, koarktace aorty, dalšími častými jsou valvulární stenóza plicnice a bikuspidální aortální chlopeč. K nejobvyklejším komplexním a cyanotickým vrozeným srdečním vadám se řadí Fallotova tetralogie, Eisenmengerův syndrom, Marfanův syndrom (Hájek et al, 2014, s.327-330) a Ebsteinova anomálie (Gottschalk et al., 2017, 427). Časté poruchy srdečního rytmu jsou flutter síní a síňokomorový blok (A-V blok) (Hájek et al, 2014, s.327-330). K dalším syndromům, které jsou velmi často doprovázeny i vrozenou vadou srdce patří Downův syndrom, Edwardsův syndrom, Patauův syndrom a Turnerův syndrom (Procházka, Pilka, 2016, s.49 – 50).

2.1 Nejčastější vrozené srdeční vady

Defekt atrioventrikulárního septa

Defekt atrioventrikulárního septa je relativně hojně se vyskytující vrozená srdeční vada. U úplné formy defektu atrioventrikulárního septa je společná atrioventrikulární chlopeč a otevřený průtok v komorovém septu. Tímto otvorem teče okysličená krev vždy z levé komory do pravé, což má za následek zvýšené namáhání srdce a mnohonásobně vyšší průtok v malém plicním oběhu oproti velkému tělnímu oběhu. Během prvního roka po narození rychle roste odpor v plicním cévním řečišti, proto je důležité provést operaci ideálně do 4. měsíce života (Bandžuchová et al, 2015, s.32).

Koarktace aorty

Koarktace aorty (KA) je relativně častá vrozená vada srdce, přítomná při nebo brzy po narození. KA je lokální zúžení aorty, vyskytující se typicky v sestupné aortě hned

za obloukem aorty. Blokování průtoku krve v tomto místě způsobuje zvýšení tlaku před a snížením tlaku za zúžením, tím pádem vyšší krevní tlak v horní části těla, a naopak nižší v části dolní. Tento rozdíl tlaků nazýváme též jako gradient. Snaha srdce pumpovat proti vysokému tlaku může způsobit jeho špatnou funkci.

Postižení novorozenci jsou bledí, mají problémy s dýcháním, kojením a mohou být značně podráždění nebo velice slabí. Tyto symptomy mohou přejít dále v šok, a pak je nutné přijetí na jednotku intenzivní péče.

Děti, dospívající a dospělí většinou nemívají žádné příznaky. Při vyšetření u lékaře však můžeme KA identifikovat díky šelestu (způsoben turbulentním tokem krve), gradientu krevních tlaků nebo při srovnání krevních pulzů v končetinách. Ty jsou v horních končetinách zřetelné, avšak kvůli omezení průchodnosti krve do dolní části těla dochází v dolních končetinách ke snížení kvality pulzů nebo až k jejich absenci. Ověření při podezření na KA se pak provádí pomocí echokardiogramu a rentgenem hrudi nebo také zobrazením magnetickou rezonancí.

Léčba KA se většinou provádí chirurgicky, a to většinou pomocí balónkové dilatace nebo umístěním stentu, pokud balónková dilatace selže.

U chlapců je výskyt KA vyšší než u dívek, u dívek může být spojován s Turnerovým syndromem (O'Brien, Marshall, 2015, s. 363-364).

Valvulární stenóza plicnice

Valvulární stenóza plicnice se postnatálně vyskytuje u cca 6 % dětí. Lehkou variantu této VSV nelze prenatálně až do II. trimestru diagnostikovat, ale středně vážnou už lze zjistit pomocí barevného dopplerovského mapování. Kmen plicnice může být rozšířený, nevýrazně bývá zvětšení pravé komory. U významné stenózy může být pravá komora hypertrofická a neúplně vyvinutá. Vazivový prstenec plicnice může být postižen hypoplázií. Během gravidity může být plicnice úplně uzavřena. U kritické stenózy dochází ke zpětnému toku krve v Botallově dučejí (Caldá, Břešťák, Fischerová, 2010, s.296).

Bikuspidální aortální chlopeň

Bikuspidální aortální chlopeň je nejčastěji pozorovaná vrozená srdeční vada způsobena abnormální formací aortální chlopně s výskytem 1.3 %. Ačkoli zúžení aorty a nedomykavost aortální chlopně jsou nejvíce rozšířené komplikace spojené s bikuspidální aortální chlopní, rozšíření vzestupné aorty od kořene aorty po aortální oblouk se vyskytuje

přibližně u 40-50 % případů s bikuspidální aortální chlopní. Zrychlená degenerace střední vrstvy aorty se také může vyskytnout u pacientů s bikuspidální aortální chlopní (Geçmen et al, 2017, s.244-251).

2.2 Komplexní a cyanotické vrozené srdeční vady

Marfanův syndrom

Marfanův syndrom je relativně vzácná dědičná porucha postihující pojivové tkáně s incidencí 1 : 3 - 5000 (Hladíková, Šilhánová, Cibulková, 2014, s.117). Tato autozomálně dominantní porucha je způsobena mutací genu kódující protein fibrilin-1 ve chromozomu 15q21.1 (Lopes et al, 2006, s.696-699).

Při Marfanově syndromu ztrácí pojivové tkáně především kardiovaskulárních, kosterních a okulárních systémů svoji pevnost. Mezi typické příznaky v dospělosti a dospívání patří vysoká astenická postava, protáhlá lebka v předozadním směru (dolichocefalie), dlouhé končetiny, protáhlé prsty, pozitivní příznak zápěstí, hypermobilita kloubů, dále deformace hrudníku a skolióza způsobené právě oslabením vazů. Nejzávažnější je však progresivní dilatace ascendentní aorty, kde život ohrožuje nebezpečí prasknutí výdutě aorty. Vysokou mortalitu Marfanova syndromu způsobuje zejména úmrtí na rupturu aorty, a to nejčastěji na ascendentní aortě do 5 cm od aortální chlopně a na descendentní aortě. Předporodní genetické vyšetření lze provést z choriových klků nebo vzorku plodové vody (Hladíková, Šilhánová, Cibulková, 2014, s.117-122).

Eisenmengerův syndrom

Eisenmengerův syndrom je prvotně způsobený vrozenou srdeční vadou, při které dochází k levoprávnímu zkratu, a tím ke zvýšení krevního tlaku v pravé komoře a plicním oběhu, kde způsobí zvýšení plicní vaskulární rezistence (Bonello et al, 2014, 341-344). Ta má za následek vznik plicní hypertenze (Hájek et al., 2014, s.328). Plicní vaskulární rezistence omezuje průtok krve v malém plicním oběhu, což nakonec vede ke změně směru proudění krve skrze mezikomorové septum, tedy k pravolevému zkratu, rozvoji cyanózy (Bonello et al, 2014, 341-344), vadám septa síní a komor a případně přetrvání Botallovovy dučeje.

Při gestaci se výrazně zhoršuje stav, může dojít až k selhání srdce. Porod je velmi rizikový s vysokou úmrtností matky, která se odhaduje na 50 % a nitroděložní úmrtnost plodů je až 30 % (Hájek et al., 2014, s.328).

Fallotova tetralogie

Fallotova tetralogie je vrozená srdeční vada, která se vyskytuje u cca 5 % všech prenatalně zjištěných VSV. Mezi charakteristické příznaky patří defekt komorového septa s aortou nasedající nad otvorem v mezikomorové přepážce, zvětšení srdečního svalu pravé komory a obstrukce ve výtokové dráze pravé komory. U asi 1/3 postižených Fallotovou tetralogií se vyskytují i nesrdeční vady, často i chromozomální. Fallotova tetralogie je však dobře chirurgicky léčitelná.

Ve čtyřdutinové projekci se vada nasedající aorty neprojeví, lze ji však pozorovat při naklonění vyšetřovací roviny předním směrem, při vyšetření ve dlouhé srdeční ose můžeme očekávat podobné chování. Naopak v krátké srdeční ose je velmi dobře pozorovatelná subpulmonální stenóza, kdy dochází k laminárnímu proudění krve zúženou plicnicí. Naopak u běžné stenózy plicnice zvýšený tlak v pravé komoře způsobuje turbulentní proudění krve plicnicí (Caldá, Břešťák, Fischerová, 2010, s.293).

Ebsteinova anomálie

Ebsteinova anomálie je velmi vzácná vrozená srdeční vada, která má incidenci 1-5 na 200000 živě narozených dětí a tvoří necelé 1% všech vrozených srdečních vad. Při Ebsteinově anomálii dochází k posunutí septálního a/nebo zadního cípu trikuspidální chlopně směrem ke hrotu srdce, mající za následek zmenšení pravé komory. Může docházet ke zhoršení toku odkysličené krve do plic, tedy i okysličené z plic zpět do srdce a dále do celého těla. Při použití prenatalního ultrazvukového vyšetření může napovídat trikuspidální nedomykavost neb pulmonální nedomykavost (Gottschalk et al., 2017, s. 427- 436).

2.3 Poruchy srdečního rytmu

Flutter síní

Nečastou, spíše až vzácnou arytmií srdce u plodu nebo novorozence je flutter síní. Flutter síní je zapříčiněn tzv. reentry okruhem ve svalové tkáni síně, typicky v síni pravé. U novorozenců flutter síní způsobuje nárůst průměrné frekvence síní na cca 450 za minutu, avšak do komor je převod blokován na frekvenci cca poloviční. Až u poloviny plodů může flutter síní zapříčinit selhání srdce. Postnatální arytmií je možné napravit pomocí kardioverze nebo za pomoci elektrody, která se zavede do jícnu, odkud dokáže rychle stimulovat síně. Po úspěšném vyléčení se jen vzácně setkáme s návratem flutteru síní (Kubuš, 2014, 216-220).

Síňokomorový blok (A-V blok)

V prenatálním období se lze jen výjimečně setkat s jiným než III. stupněm A-V bloku. I. a II. stupeň se vyskytují výjimečně. I. stupeň sice lze diagnostikovat pomocí pulzní dopplerovské echokardiografie, avšak neprojevuje se arytmií srdce. Ani II. stupeň se neprojevuje v prenatálním období selháváním srdce. U III. stupně je riziko nitroděložního úmrtí cca 20 %. Jeho vývoj nastává kolem 16.-23. týdne těhotenství. Při echokardiografickém vyšetření o něm napovídá pravidelná pomalá komorová frekvence, typicky kolem 50-80/min. Síňová frekvence bývá 120-150/min nezávisle na komoře. Při velmi nízké komorové frekvenci může dojít k selhání srdce plodu (Caldá, Břešťák, Fischerová, 2010, s.286).

2.4 Chromozomální syndromy s častým výskytem srdečních vad

Downův syndrom

Downův syndrom je vrozená vada a nejčastěji se vyskytující chromozomální abnormalita u člověka, kde postihuje 1 ze 400 až 1500 narozených dětí. Tuto nemoc způsobuje trisomie celého 21. chromozomu nebo jeho části ve všech nebo jen části tělesných buněk. Četnost postižených dětí roste s věkem matky.

Mezi příznaky patří srdeční vady, mentální retardace, anomálie trávicí soustavy, oslabené neuromuskulární napětí, ventrikulomegalie (rozšíření komorového systému mozku), tvarově pozměněná (zkrácená) hlava, rozšířený krk, narušení zrakového a sluchového ústrojí, zkrácená stehenní kost, zvětšená mezera mezi palcem u nohy a zbylými prsty, charakteristické vady obličeje a těla, poruchy krvevotvorby, časný rozvoj Alzheimerovy choroby a zvýšená incidence dalších poruch.

Screening pro zjištění Downova syndromu patří mezi důležité části rutinní prenatální péče. Mezi ně patří také ultrasonografie v druhém trimestru, zejména měření šíjového projasnění. Asi 40-50 % postižených plodů má zhuštěný šíjový záhyb, větší než 6 mm ve druhém trimestru. Po použití screeningu pro šíjové projasnění bylo 83 % těhotenství s trisomií 21 identifikováno již v prvním trimestru (Kazemi, Salehi, Kheirollahi, 2016, s.125-131).

Turnerův syndrom

Turnerův syndrom (TS) je chromozomální vada, vyskytující se jen u žen, výskyt je 1 na 2000-2500 novorozenců (dívek), na Českou republiku připadá 20-25 narozených dívek s

TS ročně. Tato vada je způsobena chybějícím jedním chromozomem X, tedy monozomie X0 (45X).

Mezi klinické symptomy se řadí mj. malá postava, vývojová porucha gonád, pozůstatky fetálního lymfedému a rozšířený hrudní koš. Dále až v 50 % se vyskytují VSV a vady cév, které nejvíce přispívají k předčasné úmrtnosti. Selhání srdce plodu často zapříčiňuje nitroděložní úmrtí.

U TS se VSV týkají hlavně ascendentní aorty a aortální chlopně, přestože u TS je velké množství vyskytujících se druhů vad. Mezi nejčastější VSV se řadí bikuspidální aortální chlopně, KA, rozšíření ascendentní aorty, dále také zvýšený výskyt parciálního anomálního návratu plicních žil, a perzistující levostranné horní duté žíly.

Nejčastější vadou je bikuspidální aortální chlopně, i když dříve byl výskyt kvůli špatné detekovatelnosti pomocí echokardiografického zobrazení podhodnocován. Později díky zobrazování magnetickou rezonancí však bylo možné všechny případy odhalit, nyní se vyskytuje u 30 % pacientek s TS.

KA a další abnormality u aortálního oblouku se také vyskytují velmi často a taktéž bývají špatně detekovatelné pomocí echokardiografu. Spolu s koarktací aorty se také často vyskytuje i bikuspidální aortální chlopně. Obě vady jsou rizikové faktory pro rozštěpení aorty.

Zjištění VSV pomocí echokardiografického vyšetření TS postižených pacientek bývá problematické kvůli špatné zobrazitelnosti u transtorakálního vyšetření, a to zejména kvůli atypické morfologii hrudníku a vyššímu výskytu obezity. Zobrazení pomocí magnetické rezonance významně napomohlo zjišťování vad kardiovaskulárního systému.

Prenatálně je možné TS zjistit pomocí prenatálního echokardiografického vyšetření, kdy boční a zadní část krku, rozšířená nahromaděnou lymfou, pomáhá odhalit TS (Klásková et al, 2012, 103-107).

Edwardsův syndrom

Edwardsův syndrom, taktéž nazývaný jako trizomie chromozomu 18, ale i T18 (trizomie chromozomu 18), je genetická porucha, avšak s mnohem nižší incidencí než Downův syndrom (T21). U T18 je velice nízká míra přežití, protože již cca 80 % plodů je potracena, podíl mrtvě narozených dětí je cca 50 % a jen 10% přežije první rok života. U těch které přežijí se vyskytuje duševní porucha.

Mezi příznaky T18 patří deformace hlavy, spojené též s různými malformacemi mozku, srdeční abnormality, rozštěp páteře, zkrácené končetiny a další.

K prenatalním znakům v prvním trimestru se řadí zvýšená hodnota šíjového projasnění a zpomalená srdeční frekvence (bradykardie). V druhém trimestru jsou pozorovatelné rozštěpy obličejů, zmenšená hlava, srdeční vady, opačně vyklenuté plosky nohou a také v pěst sevřené ruce s překrývajícími se prsty. Tento znak se vyskytuje u téměř všech postižených plodů. Dalším znakem bývá zvýšená echogenita střev, projevující se vyšší jasností při UZ vyšetření (Procházka, Pilka, 2016, s.58-59).

Patauův syndrom

Patauův syndrom, také nazýván jako trizomie chromozomu 13, zkráceně T13 (trizomie chromozomu 13) a jeho incidence je ještě nižší než u Edwardsova syndromu. U naprosté většiny plodů dojde k samovolnému potratu. V prvním trimestru může k T13 napovídat zvýšená tepová frekvence plodu a také zvýšená hodnota šíjového projasnění. V druhém trimestru se projevuje potlačení růstu, zejména mikrocefalie, dále tak jako u T18 jsou ruce sevřené v pěst, dále také vady srdce. U T13 se často vyskytuje zvýšená echogenita ledvin (Procházka, Pilka, 2016, s.59).

2.5 Indikace k echokardiografickému vyšetření

Indikace k prenatalnímu echokardiografickému vyšetření

Nejen v České republice, ale i v dalších vyspělých zemích, jako jsou severské země Finsko a Švédsko, dále i Izrael a Francie, je zavedeno plošné vyšetřování prenatalního echokardiografického vyšetření. V 18. až 22. týdnu těhotenství se standardně provádí screening srdce a velkých cév, avšak vyšetření srdeční morfologie může být doporučeno již v 1. trimestru, a to zejména pokud se u plodu projevuje zvýšená hodnota šíjového projasnění (angl. nuchal translucency) při normálním karyotypu nebo při podezření na postižení plodu z důvodů rizikových faktorů (RF). Ty můžeme rozdělit na RF matky, RF rodiny a RF plodu. U matky je častým RF věk těhotné nad 35 let, dalšími faktory jsou infekce matky (Coxsackie, Cytomegalovirus, Herpes simplex, rubeola, toxoplazmóza, parvovirus), vrozené nebo jiné vady srdce, metabolické vady matky (diabetes mellitus, fenylketonurie), vystavení látkám, které mohou narušit vývoj orgánů nebo později způsobit jeho poruchu (teratogeny), mezi které patří také alkohol (Caldá, Břešťák, Fischerová, 2010, s.278). Dále také mimotělní oplodnění, vícečetné těhotenství nebo léky užívané v těhotenství (Tomek et al, 2014, s.68).

K rizikovým faktorům rodiny patří vrozená srdeční vada v rodinné anamnéze, nitroděložní úmrtí plodu v anamnéze nebo již mrtvě narozené děti v rodině a genetické postižení jako je Downův nebo Marfanův syndrom, dále syndrom DiGeorgův, Williamsův a další.

Mezi RF plodu se řadí nesrdeční vývojové vady plodu, jako je diafragmatická hernie, oroficiální rozštěp, duodenální atrezie, hygroma colli, skeletální vady, urogenitální anomálie a jiné. Riziko může také představovat ageneze jedné umbilikální artérie nebo absence nosní kosti (Caldá, Břešťák, Fischerová, 2010, s.278).

K rizikovým faktorům se dále řadí pozitivní biochemický screening, diabetes mellitus 1. typu a dysrytmie plodu. Zvýšené nebezpečí těchto vad zůstává i tehdy, pokud těhotenství není rizikové z žádného z ostatních důvodů (Hájek et. al., 2006, s.278).

Tabulka 3: Přehled nejčastějších vrozených a vývojových srdečních vad srdce

nejčastější vrozené srdeční vady	defekt síňokomorového septa
	koarktace aorty
	valvulární stenóza plicnice
	bikuspidální aortální chlopeň
komplexní a cyanotické vrozené srdeční vady	Fallotova tetralogie
	Eisenmengerův syndrom
	Marfanův syndrom
	Ebsteinova anomálie
poruchy srdečního rytmu	flutter síní
	síňokomorový blok (A-V blok)
chromozomální syndromy s častým výskytem srdečních vad	Downův syndrom
	Edwardsův syndrom
	Patauův syndrom
	Turnerův syndrom

(Hájek et al, 2014, s.327-330)(Procházka, Pilka, 2016, s.49–50) (Gottschalk et al., 2017, 427).

3. METODIKA VYŠETŘENÍ

3.1 Vybavení vyšetřovny a role radiologického asistenta při ultrasonografickém vyšetření

Nezbytnou součástí každé místnosti specializované pro UZ vyšetření je v první řadě UZ vyšetřovací přístroj. Ten se skládá z monitoru, výpočetní elektronické jednotky, vyšetřovacích sond a kabelů. Celý přístroj je zařízení elektrické a bývá pojízdný nebo přenosný (Vomáčka, 2015, s. 39).

Monitor pak musí být dostatečně veliký, dále by měl být uchycen na pohyblivém rameni pro nastavení jeho optimální polohy vůči vyšetřovacímu lékaři (Vomáčka, 2015, s. 39).

Na panelu vyšetřovacího přístroje se nacházejí ovládací prvky a jejich rozmístění, které se liší jak podle typu přístroje, tak výrobce, je vždy popsáno v manuálu přístroje. Typicky však uprostřed zorného pole bývá obrazovka, kolem které jsou různě uspořádaná tlačítka a otočné ovládací prvky. Tato tlačítka a otočné prvky slouží např. k manipulaci s obrazem. Pod obrazovkou je většinou umístěna klávesnice. Důležitým prvkem dále bývá tzv. trackball, což je ovládací prvek kulového tvaru. Ten umožňuje pohyb po obrazovce vždy podle zvolené funkce (Hrazdira, 2008, s.24-25).

Vyšetřovací sondy dělíme podle tvaru obrazu, který vytvářejí, na sektorové, konvexní a lineární. Sektorová ozvučovací sonda má tu výhodu, že vysílací (a přijímací) plocha (akustické okno sondy) je relativně malá, přitom ale stále umožňuje snímat celý řez s poměrně velkou šířkou. Této skutečnosti se využívá zejména při transtorakálním vyšetření srdce nebo oblasti jater při zobrazování vyšetřovací sondou umístěnou mezi žebry (Hrazdira, 2008, s.23).

Dalším typem jsou ozvučovací sondy lineární. Jejich poměrně velká rovinná plocha umožňuje pravoúhlé zobrazení, které se uplatňuje zejména při zobrazení povrchových orgánů nebo s pomocí dopplerovských modulů k zobrazení cév (Hrazdira, 2008, s.23).

Konvexní ozvučovací hlavice kombinují oba předešlé typy. Jejich poměrně velká vysílací plocha (může být i zkrácená), podobná té u lineární hlavice, je navíc zakřivena do oblouku. Tento typ nachází nejširší uplatnění (Hrazdira, 2008, s.23).

Endokavitární sondy jsou dalším typem, jejich účelem je detailní zobrazení orgánů a tkání, které se nacházejí v blízkosti tělesných dutin přístupných vyšetřovací sondě. Typičtí zástupci jsou sondy: transvaginální, které se využívají pro vyšetření orgánů malé pánve, dále

transrektální pro vyšetření prostaty a rekta, a nebo ultrazvukové sondy transesofageální k zobrazení srdce spíše u dospělých (Vomáčka, 2015, s. 40).

Vzhledem k tomu, že UZ vyšetření nevyužívá záření, není při vybavení vyšetřovny nutné dbát na její stínění nebo chránění před zářením. Důležitá je však její prostornost kvůli manipulaci s pacienty na pojízdných lůžcích. Z hygienického hlediska je nutné dbát na čistotu a také ochranu před prachem. Nezbytnost v tomto směru je vybavenost místnosti umyvadlem na mytí rukou. Součástí každé vyšetřovny je polohovatelné lehátko pro pacienta, pracovní stůl s polohovatelnou otočnou židlí a PACS stanice. Pro uložení zásob kontaktního gelu, ubrousků a dezinfekčních prostředků slouží nábytek. Samozřejmou součástí vybavení je přímé osvětlení místnosti (Vomáčka, 2015, s. 40).

Samotné vyšetření je neinvazivní a většinou zvláštní příprava pacienta není nutná. Vyšetření probíhá vleže na znak. Pro zajištění akustického kontaktu mezi ozvučovací hlavicí a pacientem se povrch vyšetřované části těla pokryje vrstvou kontaktního gelu. Tyto gely mají akustické vlastnosti velmi podobné kůži a tkáním (Hrazdira, 2008, s.27).

Role radiologického asistenta spočívá v kontrole dat pacienta na žádance a zajištění administrativy související s vyšetřením pacienta. Dále pokládá pacienta na vyšetřovací lůžko a zajišťuje jeho správnou polohu. V případě vyšetření dítěte jej musí fixovat. Klíčová je spolupráce radiologického asistenta po celou dobu jak s lékařem, tak pacientem nebo v případě dítěte s jeho rodiči. Důležité je, aby se uměl vcítit do duševního stavu pacienta a dokázal jej v případě potřeby uklidnit.

Před samotným vyšetřením zapíná vyšetřovací přístroj a zadává do něj údaje o pacientovi. V případě, že se jedná o vyšetření intervenční, chystá před vyšetřením sterilní stolek a zajišťuje informovaný souhlas pacienta. Podle potřeby pak přepíná ultrazvukové sondy a informuje pacienta o průběhu. Ultrazvukovou vyšetřovací hlavicí, lehátko a prostředí pacienta po vyšetření dezinfikuje dezinfekčními ubrousky a dezinfekcí ve spreji. Úkolem radiologického asistenta je také zabezpečit dostatek materiálu – kontaktních gelů, ubrousků na jedno použití a dezinfekce (poznámky z praxe).

3.2 Základní metodické postupy při diagnostickém vyšetření

Prenatální vyšetření srdce značně ovlivňuje budoucnost plodu, proto je důležitý správný pracovní postup při UZ vyšetření, respektive provést kontrolu všech míst a vlastností typických pro patologický stav srdce. Přesto však screeningové vyšetření neslouží k přesné diagnostice srdeční vady, ale ke kontrole, jestli je srdce fyziologicky vyvinuto (Caldá,

Břešťák, Fischerová, 2010, s.278).

Při využití čtyřdutinové projekce se nejdříve zjišťuje poloha a nasměrování srdce v hrudníku a jeho velikost. Ideálně je srdce uloženo nad žaludkem, zabírá v hrudním koši asi jednu třetinu plochy a apex směřuje doleva. Dále musí být obě síně i komory zřetelné a přibližně o stejné velikosti a komory se musí souměrně stahovat (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s.273).

Odstup aorty lze pak zobrazit využitím posouvání příčné zobrazovací roviny směrem k lebce. Při tomto pohledu vystupuje aorta z levé komory a míří do oblasti nad pravou síní. Další posun roviny umožní pohled jak na plicnici, tak na její větve (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s.274).

Dále k ujištění se je vhodné využít i další pohled, ideálně projekci dlouhé srdeční osy. Při ní je vidět levou komoru, ze které aorta vystupuje nahoru. Při obou projekcích se sledují průměry plicnice a aorty, které by měly být přibližně stejné a krev v nich proudí laminárně. Zobrazení krátké srdeční osy umožňuje takový pohled na aortu, při kterém lze ověřit polohu aorty v srdci, odstup velkých tepen a také, jestli je tok krve v plicnici v normě. Ke kontrole, jestli mají srdeční komory stejnou velikost a jestli jsou oddělené, slouží zobrazení namířené k hrotu srdce (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s. 274-276).

Přestože lze závažnější defekty UZ screeningem prakticky vyloučit, ne vždy se ale podaří zjistit zejména těžko odhalitelné malé komorové defekty, lehké aortální stenózy nebo stenózy plicnice. Ty však nemusí mít zásadní význam, co se prognózy dítěte týče (Calda, Břešťák, Fischerová, 2010, s.276).

ZÁVĚR

Včasná diagnostika vrozených a vývojových vad srdce hraje rozhodující roli pro zdraví a samotný život plodu a novorozence, pokud se odhalí již v prenatálním nebo perinatálním období. V České republice tvoří 40 % ze všech vrozených vad vady oběhové soustavy.

Jedny z nejčastějších vrozených srdečních vad jsou defekt síňokomorového septa, koarktace aorty, valvulární stenóza plicnice a další. Ve druhé kapitole této bakalářské práce jsou nejen tyto, ale i další vady podrobněji rozebrány. Dále jsou zde uvedeny i syndromy, u kterých je výskyt vrozených srdečních vad velice častý.

Diagnostický ultrazvuk je nejvýznamnější vyšetřovací metoda v oblasti pediatrie, gynekologie a porodnictví, je proto vhodný a základní pro diagnostiku vrozených a vývojových vad srdce plodu prenatálně i postnatálně. Díky své bezpečnosti a skutečnosti, že je neinvazivní, lze jej využít i pro vyšetření v brzkém postnatálním období i pro vyšetření v novorozeneckém věku. S ohledem na skutečnost, že se při ultrazvukové diagnostice nejedná o elektromagnetické vlnění, ale o mechanické vlnění, je radiační zátěž nulová.

Mezi nejčastější typy ultrazvukového zobrazení se řadí dvourozměrný B-mód, pro zobrazování v reálném čase, dále využití Dopplerova efektu pro např. barevné dopplerovské mapování krevního řečiště nebo tzv. pulzní Doppler pro měření rychlosti pohybu tkání, který se používá např. ke sledování pohybu srdečních chlopní. Využití hlavně v echokardiografii nachází také zobrazení zvané M-mód, které nám umožňuje sledovat pohyb tkání ve směru osy sondy v závislosti na čase. V neposlední řadě se využívá ještě 3D a 4D zobrazení. Další možné uplatnění také nachází ultrazvuk v intervenční ultrasonografii při odběru vzorků tkání. Ultrazvuková elastografie za účelem vyhledání vrozených a vývojových srdečních vad hraje spíše okrajovou roli, a to jak v prenatálním, tak v postnatálním období. O mnoho větší význam však nemá ani kontrastní vyšetření srdce a cév.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Monografie, odborné publikace:

HRAZDIRA, Ivo. 2008. Úvod do ultrasonografie v otázkách a odpovědích pro studenty lékařské fakulty [online]. [cit.27.10.2017]. Brno: Klinika zobrazovacích metod LF MU Fakultní nemocnice u Sv. Anny v Brně, 36s. Dostupné z: http://www.med.muni.cz/dokumenty/pdf/uvod_do_ultrasonografie1.pdf

CALDA, Pavel, BŘEŠŤÁK, Miroslav, FISCHEROVÁ, Daniela et al, 2010. *Ultrazvuková diagnostika v těhotenství a gynekologii. 2.*, kompletně přeprac. a rozš. vyd. Praha: Aprofema, 496 s. ISBN 978-80-903706-2-3.

VOMÁČKA, Jaroslav, NEKULA, Josef, KOZÁK, Jiří, 2015. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. Druhé, doplněné vydání.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 157s. ISBN 978-80-244-4508-3.

ČECH, Evžen et al, 2006. *Porodnictví. 2.*, přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 544s. ISBN 80-247-1313-9.

HÁJEK, Zdeněk et al, 2014. *Porodnictví. 3.*, zcela přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 576. ISBN 978-80-247-4529-9.

ZUNA, Ivan, POUŠEK, Lubomír, 2000. *Úvod do zobrazovacích metod v lékařské diagnostice.* Praha: Vydavatelství ČVUT, s76. ISBN 80-01-02152-1.

PROCHÁZKA, Martin, PILKA, Radovan, BUBENÍKOVÁ, Štěpánka et al, 2016. *Porodnictví pro studenty všeobecného lékařství a porodní asistence.* Olomouc: AED - Olomouc, 243s. ISBN 978-80-906280-0-7.

Články v periodických a internetové odkazy:

BANDŽUCHOVÁ, Žaneta et al. Náhrada mitrální chlopně u kompletní formy defektu atrioventrikulárního septa v kojeneckém věku. *Intervenční a akutní kardiologie*. Olomouc: Solen s.r.o., 2015, 14(1), s.32-34. SSN - 1803-5302

GEÇMEN, Çetin et al. Pulmonary artery and right ventricle function in patients with bicuspid aortic valve. *Archives of the Turkish Society of Cardiology*. Istanbul: Kare Yayıncılık, 2017, 45(3), s.244-253. doi: 10.5543/ikda.2017.86060

KAZEMI, Mohammad, SALEHI, Mansoor, KHEIROLLAHI, Majid. Down Syndrome: Current Status, Challenges and Future Perspectives. *International Journal of Molecular and Cellular Medicine*. 2016, 5(3), s.125-133. ISSN: 2251-9645

HLADÍKOVÁ, Andrea, ŠILHÁNOVÁ, Eva, CIBULKOVÁ, Petra. Marfanův syndrom – zkušenosti z klinické praxe. *Pediatrica pre prax*. Bratislava: SOLEN, s. r. o, 2014, 15(3), s.117-122. ISSN 1339-4231

KLÁSKOVÁ, Eva et al. Postižení kardiovaskulárního systému u Turnerova syndromu. *Česko-slovenská pediatrie*. Praha: Česká lékařská společnost J. E. Purkyně, 2012, 67(2): 103–111. ISSN 1805-4501

KUBUŠ, Peter. Poruchy srdečního rytmu u dětí. *Pediatrica pro praxi*. Solen, s. r. o., 2014, 15(4), s.216–221. ISSN - 1803-5264

TOMEK, Viktor et al. Prenatální diagnostika vrozených srdečních vad v České republice 1986–2012. *Aktuální gynekologie a porodnictví*. Praha: Aprofema s.r.o, 2014, 6, s.67-72 ISSN 1803-9588

ŠÍPEK A. et al. Vrozené vady u narozených dětí v jednotlivých krajích České republiky v období let 1994 – 2007. *Česká gynekologie*. Praha: Česká lékařská společnost J. E. Purkyně, 2010, 75(1), s.15–40. ISSN 1210-7832.

BONELLO, Béatrice et al. Life span of patients with Eisenmenger syndrome is not superior to that of patients with other causes of pulmonary hypertension.

Cardiovascular Diagnosis and Therapy. 2014, 4(5), 341-349. doi: 10.3978/j.issn.2223-3652.2014.10.03

LOPES K. R. M. et al. Prenatal Marfan syndrome: report of one case and review of the literature. *Prenatal Diagnosis* [online]. 2006; 26(8): s.696–699. [cit. 2017-11-08]
DOI: 10.1002/pd.1482. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16752434>

O'BRIEN, Patricia, MARSHALL, Audrey. Coarctation of the Aorta. *Circulation*. 2015, 131(9), s.363-365. ISSN: 1524-4539
Dostupné z: <http://circ.ahajournals.org/content/131/9/e363.long>

Kontrastní látky v ultrazvukové diagnostice. In: *Intereaktivní učebnice ultrasonografie* [online]. Ostrava: © VŠB-TU Ostrava, aktualizace 25.4.2016 [cit. 2017-11-04].
Dostupné z: <http://www.jtarchitekt.cz/obsah.html>

Gottschalk, Ingo et al. Ebstein's Anomaly of the Tricuspid Valve in the Fetus – A Multicenter Experience. *Ultraschall in der Medizin*. 2017, 38(4), s. 427-436. ISSN: 0172-4614

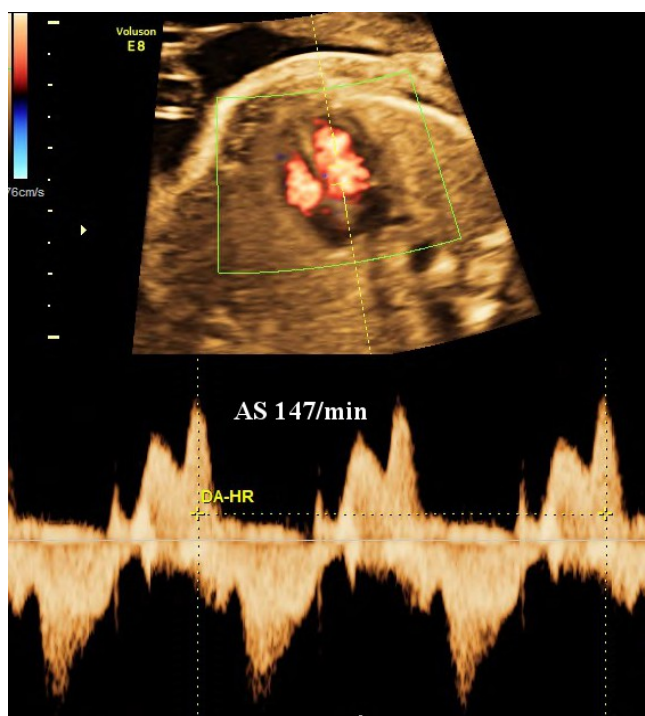
SEZNAM ZKRATEK

2D	dvoudimenzionální
3D	trojrozměrný
4D	čtyřdimenzionální
A-V blok	Síňokomorový blok
B-mód	brightness modulated
cca	přibližně
CW	nemodulovaná nosná vlna
KA	Koarktace aorty
M-mód	Movement mode
např.	například
RF	rizikové faktory
T13	trizomie chromozomu 13
T18	trizomie chromozomu 18
TM mode	time motion
TS	Turnerův syndrom
tzv.	takzvaný
UZ	ultrazvuk, ultrazvukový
VSV	vrozená srdeční vada

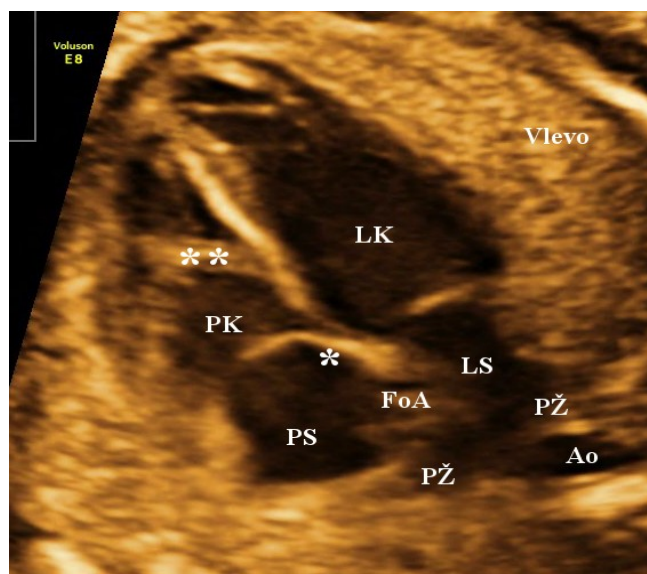
SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Rychlost ultrazvukového vlnění v různých tkáních.....	11
Tabulka 2: Přehled kontrastních látek pro diagnostický ultrazvuk	21
Tabulka 3: Přehled nejčastějších vrozených a vývojových srdečních vad srdce	30

OBRAZOVÁ PŘÍLOHA

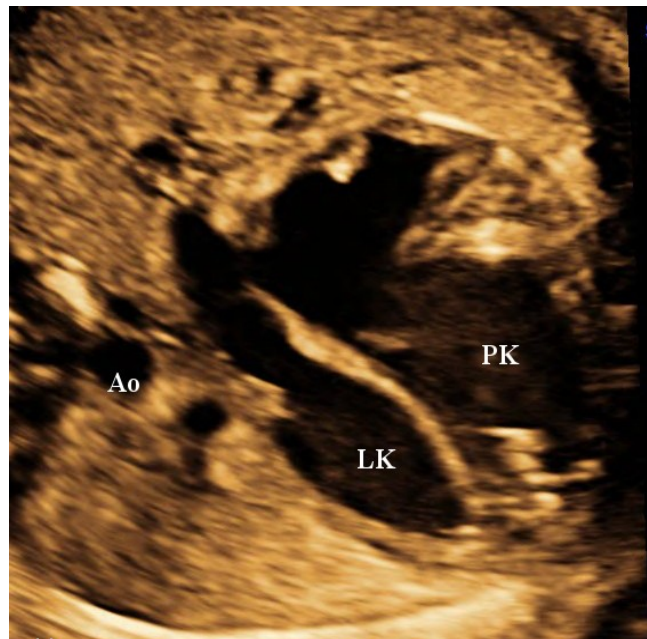


Obrázek 1. Triplexní zobrazení srdce (zdroj: Copyright FNOL)



Obrázek 2. B-mode normální čtyřduťinové projekce

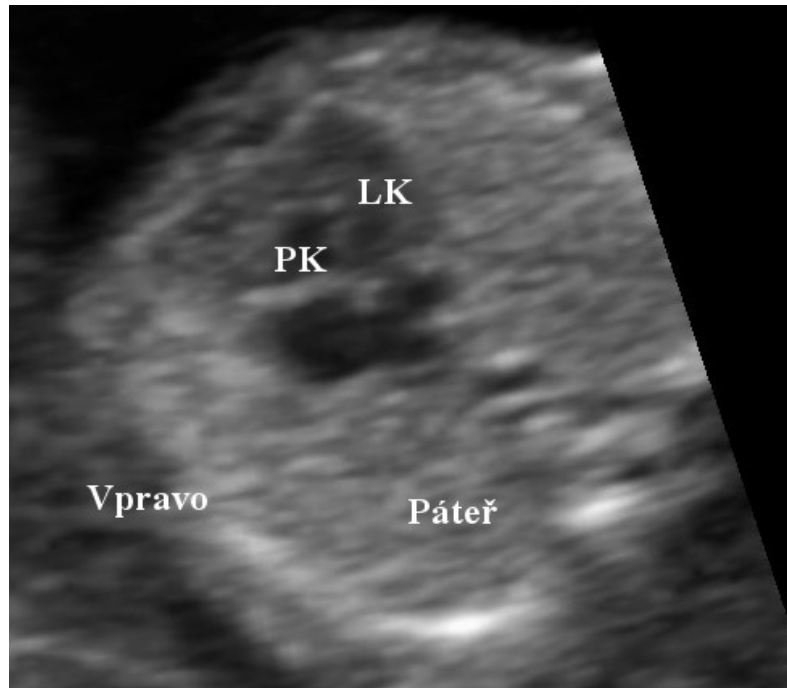
(LK – levá komora, PK – pravá komora, LS – levá síň, PS – pravá síň, PŽ – plicní žíly, Ao –
descendentní aorta, FoA – průchodné foramen ovale, *offsetting úponu trikuspidální chlopně,
**trabecula septomarginalis) (zdroj: Copyright FNOL)



Obrázek 3. Asymetrie komor u plodu s koarktací aorty
(LK – levá komora, PK – pravá komora, Ao – descendentní aorta, FoA – průchodné foramen ovale) (zdroj: Copyright FNOL)



Obrázek 4. Defekt atrioventrikulárního septa u plodu s trizomií 21. chromozomu
(MI – mitrální insuficience, *defekt atrioventrikulárního komorového septa) (zdroj: Copyright FNOL)



Obrázek 5. Normální čtyřdutinová u plodu gestačního stáří 13 t. + 6 (PK – pravá komora, LK – levá komora). (zdroj: Copyright FNOL)



Obrázek 6. Ultrazvukový diagnostický přístroj na Porodnicko-gynekologické klinice ve FNOL (zdroj: FNOL)