胎児心臓超音波スクリーニング検査で発見された 心疾患症例と見逃された症例の検討

山下美智子¹⁾, 日高 庸博¹⁾, 林 周作¹⁾, 入江 明美²⁾,
宮城 晶子²⁾, 河津由紀子³⁾, 稲村 昇³⁾, 萱谷 太³⁾,
石井 桂介¹⁾, 光田 信明¹⁾

Keywords :
congenital heart disease, ultrasound,
screening

大阪府立母子保健総合医療センター産科¹⁾, 検査科²⁾, 小児循環器科³⁾

Results of Fetal Cardiac Ultrasonographic Screening in Our Institute

Michiko Yamashita¹⁾, Nobuhiro Hidaka¹⁾, Shusaku Hayashi¹⁾, Akemi Irie²⁾, Akiko Miyagi²⁾,
Yukiko Kawazu³⁾, Noboru Inamura³⁾, Futoshi Kayatani³⁾, Keisuke Ishii¹⁾, Nobuaki Mitsuda¹⁾

Department of ¹⁾Maternal Fetal Medicine, ²⁾Laboratory Medicine, ³⁾Pediatric Cardiology,
Osaka Medical Center And Research Institute For Maternal And Child Health, Osaka, Japan

Objective: Congenital heart disease (CHD) may take a serious turn in neonates. The present study aimed to investigate CHD cases diagnosed prenatally or postnatal at our institution and clarify the efficacy of fetal cardiac ultrasonographic screening.

Method: The study included singleton pregnant women who underwent fetal cardiac ultrasonographic screening at our hospital and gave birth between April 2008 and March 2012. A retrospective chart review was performed. Fetal cardiac ultrasonographic screening for low-risk pregnancy was performed 3 times at around 18, 28, and 36 weeks' gestation, via four-chamber, outflow tract, and three-vessel views. A specialized fetal echocardiography was performed for suspected cases by skilled obstetricians and pediatric cardiologists.

Result: A total of 9983 examinations were performed, and 15 cases of CHD were diagnosed in utero. Coarctation of the aorta (CoA); CoA and ventricular septal defect (VSD); double-outlet right ventricle; corrected transposition of the great arteries (cTGA); vascular ring; TGA; persistent left superior vena cava and VSD; dysplastic tricuspid valve; VSD and tricuspid atresia; mitral valve atresia, CoA, VSD, and pulmonary valve stenosis (PS); 2 as complete atrioventricular canal defect; and 3 as isolated VSD. Among the 15 cases, 6 were diagnosed by 4-chamber view and 8 by additional outflow tract view. There were 20 false-negative cases. Tetralogy of Fallot; PS; VSD with bicuspid aortic valve; and 16 as isolated VSD. These 20 cases did not need critical care during the early neonatal period.

Conclusion: Our prenatal heart-screening program is clinically feasible to detect CHD. Reexamination in the third trimester may contribute to the diagnosis of CHD.

要 旨

目的: 胎児心臓超音波スクリーニングで発見された心疾患症例と見逃された症例を検討し、検査の効果と問題点を検証すること。

方法: 2008年4月～2012年3月に、当院で胎児超音波スクリーニングを受け分娩に至ったローリスク単胎妊婦を対象とした。検査陽性症例および偽陰性症例の内訳を診療録より後方視的に検討した。検査は妊娠18週前後、28週前後、36週前後の3回行った。

結果: 対象期間の検査のべ回数は9,983回で、実症例数は3,817例であった。対象期間中に先天性心疾患と診断されたのは35例であった。出生前診断は15例(完全型心内膜床欠損2例, 心室中隔欠損3例, 大動脈縮窄, 大動脈縮窄・心室中隔欠損, 両大血管右室起始, 修正大血管転位, 血管輪, 完全大血管転位, 左上大静脈遺残・心室中隔欠損, 三尖弁異形成, 心室中隔欠損・三尖弁閉鎖, 僧帽弁閉鎖・大動脈縮窄・心室中隔欠損・肺動脈弁狭窄が1例ずつ)であっ

2013年5月20日受付 別刷請求先: 〒594-1101 大阪府和泉市室堂町840

2013年12月10日受理 大阪府立母子保健総合医療センター産科 山下美智子

た。このうち18週前後に指摘し得たのは1例のみであった。28週前後での検出が最も多かったが、この時期での未検出例もあり、36週前後での再検も補完的な役割を果たしていると考えられた。検出断面については、四腔断面が15例中6例、流出路の観察を加えると15例中14例が検出可能であった。スクリーニング偽陰性は20例(心室中隔欠損16例、Fallot四徴症、肺動脈弁狭窄、心室中隔欠損・大動脈二尖弁、心房中隔欠損・肺動脈弁狭窄が1例ずつ)であり、生後早期に蘇生処置や加療を要したものはなかった。

結論：当院の胎児心臓超音波スクリーニング検査は先天性心疾患の出生前診断において良好な機能を果たしていると思われた。

緒 言

先天性心疾患の出生前診断は、出生直後からの適切な医療介入のため重要である。先天性心疾患を出生前診断するためのスクリーニングシステムは多くの施設で導入され、特に妊娠20週前後と30週前後に検査が行われることが多いようである¹⁾。当院はOGCS(産婦人科診療相互援助システム)の基幹病院として母体搬送を受けるとともに、セミオープンシステムなどを通して大阪南部地域の正常産を数多く取り扱っており、ローリスク妊婦に対する胎児超音波スクリーニングシステムを設けている。

本研究は、当院における胎児超音波スクリーニング検査で発見された先天性心疾患症例、およびスクリーニングで発見されず生後に心疾患と診断された症例を検討し、当院での胎児心臓超音波スクリーニングの意義と課題を考察することを目的とする。

方 法

2008年4月～2012年3月に、当院で胎児超音波スクリーニングを受け分娩に至った単胎妊婦を対象とした。スクリーニング陽性で出生前診断された症例、およびスクリーニングで発見されず出生後に心疾患が判明した症例の概要と、スクリーニング時の所見を診療録より後方視的に検討した。なお、今回は心臓の形態異常のみをターゲットとしており、不整脈症例は除外した。

当院における胎児超音波スクリーニングシステムは超音波技師3人で運営し、うち2人は経験年数4年以上の日本超音波医学会認定超音波検査士である。検査は①18週前後、②28週前後、③36週前後の3回施行し、通常の妊婦健診では全妊娠経過中を通じて3回のスクリーニング以外の超音波検査を原則的に行わなかった。スクリーニング検査全体に20分を要し、そのうち心臓スクリーニングには約5分をかけた。心臓スクリーニングにおける観察断面は、スクリーニング①では四腔断面像、3vessel-view、3vessel-trachea viewの3つとし

た。スクリーニング②と③では四腔断面、3vessel-view、3vessel-trachea view、左右流出路断面、大動脈弓断面の5断面とし、スクリーニング②と③での四腔断面像の観察の際には肺静脈も確認した。カラードップラーについては必須としていないが、検者の判断で使用した場合もあった。スクリーニングで心疾患が疑われた場合は、産科医または小児循環器科医による精密検査で診断を行った(Fig. 1)。スクリーニング検査で描出が不良であった場合、①と②については、その回以降のスクリーニング時に再検した。③については、①②で陰性と評価されていればそれでスクリーニング終了とし、①②を受けていないあるいは未評価であれば生後に注意深く児の経過を観察する方針とした。

なお、先天性心疾患を含む胎児の形態異常や発育不全での紹介症例は、疾病胎児専門外来で一括管理しており、スクリーニングの対象としていない。超音波装置はTOSHIBA Aplio SSA-770A型を使用した。出生した児には、日齢1と日齢5に新生児科医による診察が行われた。新生児の心臓超音波検査はルーチンでは行われず、心雑音や臨床症状などがあった時に必要に応じて施行された。1ヵ月健診で問題がなければ当院のフォローアップを終了しており、今回の研究で1ヵ月健診以降に明らかとなった先天性心疾患は網羅されていない。

結 果

対象期間の検査のべ回数は9,983回であり、検査実症例数は2009年度(5月以降)983例、2010年度1,396例、2011年度1,438例であった(Table 1)。2009年4月までの実症例数は電子カルテシステム変更の関係で集計できていない。

出生前診断に至ったのは15例で、内訳は大動脈縮窄(1例)、大動脈縮窄+心室中隔欠損(1例)、完全型心内膜床欠損(2例)、両大血管右室起始(1例)、修正大血管転位(1例)、血管輪(1例)、完全大血管転位(1例)、左上大静脈遺残+心室中隔欠損(1例)、三尖弁異形成(1

Fig. 1 The flowchart of fetal cardiac ultrasonographic screening system.

Table 1 The number of people who underwent screening.

	2008	2009	2010	2011	Total
①	171	554	772	871	2,368
②	1,065	905	896	898	3,764
③	982	901	936	1,032	3,851
Total no. of times	2,218	2,360	2,604	2,801	9,983
Actual no. of cases		983 (from May)	1,396	1,438	3,817

例), 心室中隔欠損+三尖弁閉鎖(1例), 僧帽弁閉鎖+大動脈縮窄+心室中隔欠損+肺動脈弁狭窄(1例), 心室中隔欠損(3例)であった(Table 2). 15例中3症例において, 肺動脈弁狭窄や心室中隔欠損の診断追加が生後にあったものの, 概ね出生前診断と出生後診断は一致していた. 発見時期については, 18週前後のスクリーニング①で陽性となったのは大動脈縮窄・僧帽弁閉鎖・心室中隔欠損・肺動脈弁狭窄の1例のみであった. 28週前後のスクリーニング②で陽性となったのは, 大動脈縮窄と心室中隔欠損の1例, 完全型心内膜床欠損の2例, 両大血管右室起始の1例, 血管輪の1例, 大血管転位の1例, 三尖弁閉鎖と心室中隔欠損の1例, 心室中隔欠損の2例であった. このうち2症例(血管輪, 三尖弁閉鎖と心室中隔欠損)は, スクリーニング①を受けておらず, 残りの7症例はスクリーニング①も受けていた. 36週前後のスクリーニング③での発見は大動脈縮窄, 修正大血管転位, 左上大静脈遺残と心室中隔欠損, 三尖弁異形成, 心室中隔欠損の合計5例であった. このうち修正大血管転位の症例は他県からの里帰りのため, スクリーニング①と②は受けていない症例であった. その他の4症例はそれまでに少なくとも1回当院でのスクリーニングを受けていた. 検出断面は,

四腔断面のみでの検出は6例(完全型心内膜床欠損のうち1例, 三尖弁異形成の1例, 三尖弁閉鎖と心室中隔欠損の1例, 僧帽弁閉鎖・大動脈縮窄・心室中隔欠損・肺動脈弁狭窄の1例, 心室中隔欠損の2例)であった. 流出路の観察をもって検出されたのは8例(大動脈縮窄と心室中隔欠損の1例, 完全型心内膜床欠損の残り1例, 両大血管右室起始の1例, 修正大血管転位の1例, 完全大血管転位の1例, 血管輪の1例, 左上大静脈遺残の1例, 心室中隔欠損の残り1例)であった. 大動脈縮窄の1例は大動脈弓断面の描出を要していた.

出生後に心疾患と診断されたのは20例で, 内訳は心室中隔欠損(16例), Fallot 四徴症(1例), 肺動脈弁狭窄(1例), 心室中隔欠損+大動脈二尖弁(1例), 心房中隔欠損+肺動脈弁狭窄(1例)であった(Table 3). Case1'は, スクリーニング②と③を受けており, いずれの場合も3 vessel-trachea view と大動脈弓の描出が不良であった. Case2'は心臓描出困難と評価されていた. Case3'はスクリーニング③のみを受けており, 全ての断面を正常確認したと記録されていた. Case4'は肥満のためエコー画像の描出不良であり, スクリーニング②で四腔断面のみ確認できた症例であった. 出生後に心疾患が診断された症例20例中, スクリーニング②と③で5断面全

Table 2 Cases showing positive findings after screening.

Case No.	Week discovered	Test history			Cross sections with findings	Screening findings	Prenatal diagnosis	Postnatal diagnosis
		①	②	③				
1	36	○	○	○	Aortic arch	Narrow isthmus of aorta	CoA	Same as left
2	29	○	○	—	3 vessel-view	Thick pulmonary artery	CoA, VSD	Same as left
3	29	○	○	—	4-chamber view, left outflow tract view	Ventricular septal defect, indistinct left ventricular outflow tract	CAVC	Same as left, 21T
4	29	○	○	—	4-chamber view	Wide oval foramen	CAVC	Same as left
5	26	○	○	—	3 vessel-view	Large pulmonary artery	DORV	Same as left
6	36	—	—	○	Outflow tract view, 4-chamber view	Pulmonary artery and aorta do not cross each other, left ventricle appears morphologically like the right ventricle	cTGA	Same as left
7	30	—	○	—	3 vessel-view	Trachea is located between pulmonary artery and aorta	VR	Same as left
8	27	○	○	—	Left-right outflow cross section	Aorta arises from right ventricle, pulmonary artery arises from left ventricle	TGA	Same as left, PS
9	35	—	○	○	3 vessel-view	Excess blood vessels	PLSVC	PLSVC, VSD, 21T
10	35	○	○	○	4-chamber view	Tricuspid regurgitation	dysplastic TV	Same as left
11	23	—	○	—	4-chamber view	Small right ventricle, VSD, tricuspid atresia or stenosis	TA, VSD	Same as left
12	19	○	—	—	4-chamber view	Imbalance of four chambers	CoA, MA	CoA, MA, PS, VSD
13	37	—	○	○	4-chamber view	VSD	VSD	Same as left
14	29	○	○	—	4-chamber view	VSD	VSD	Same as left
15	29	○	○	—	Aortic outflow cross section	Possibility of narrowed left ventricular outflow tract	VSD	Same as left

CoA: coarctation of the aorta; VSD: ventricular septal defect; CAVC: complete atrioventricular canal; DORV: double-outlet right ventricle; cTGA: corrected transposition of great vessels; VR: vascular ring; TGA: transposition of great vessels; PLSVC: persistent left superior vena cava; TV: tricuspid valve, TA: tricuspid atresia, MA: mitral atresia, PS: pulmonary valvular stenosis, 21T: Trisomy 21

てを描出し得たのは、スクリーニング② 15 例中 4 例、スクリーニング③ 18 例中 8 例であった。Case1' と 3' は 21 トリソミーであり、出生直後に顔貌より染色体異常を疑われ心エコーが施行された。その他の 18 例は全て心雑音が発見の契機であった。心雑音を指摘された時期は、出生直後が 5 例、日齢 1 が 5 例、日齢 3 と 4 がそれぞれ 3 例、日齢 5 と 6 がそれぞれ 1 例であった。心室中隔欠損単独例において、出生前診断された 3 症例はそれぞれ、Case13 と 14 は筋性部の 2mm のもので、Case15 は膜性部の 3mm のものであった。また、出生後に診断された症例については、筋性部が 9 症例、膜性部が 5 症例、漏斗部が 2 症例であった。心室中隔欠損単独ではないが Case3' については、膜性部の 8mm という比較的大きな欠損孔であった。

考 察

先天性心疾患は新生児の約 1% にみられ、その約 1/4 が新生児期に手術等を要するといわれている。先天性心疾患の大多数はローリスク妊娠から発生するため、先天性心疾患を見落とさないためには母体疾患や前児心疾患などのハイリスク妊娠だけではなく、すべての胎児を対象としたスクリーニングが必要である。先天性心疾患の出生前診断の意義についてはさまざまな意見がある。Landis らは、先天性心疾患の出生前診断により、計画分娩の増加や術前人工換気の減少を認めたが、術前や退院までの死亡率とは関連がなかったと報告している²⁾。青木らは、胎児心臓スクリーニング検査の導入前後を比較し、先天性心疾患の胎児診断率は増

Table 3 Cases of postnatal diagnosis.

Case No.	Test history			Weeks in gestation	Disease name	Timing of discovery	Reason for discovery	Screening findings
	①	②	③					
1'	-	○	○	37	TOF 21T	0-day-old	Facial features	②, ③ All confirmed except 3VTV, Ao arch
2'	-	○	○	38	PS	1-day-old	Heart murmur	② Depiction difficult, ③ tortuous aorta; other confirmed
3'	-	-	○	35	VSD, BAV, 21T	0-day-old	Facial features	③ All confirmed
4'	○	○	-	39	ASD, PS	3-day-old	Heart murmur	Poor depiction due to obesity. ① 4CV and 3VV confirmed; ② only 4CV confirmed
5'	○	○	○	38	VSD	0-day-old	Heart murmur	① 4CV confirmed; ②, ③ 4CV, 3VV confirmed
6'	○	○	○	41	VSD	1-day-old	Heart murmur	① 4CV confirmed; ②, ③ 4CV, 3VV confirmed
7'	○	○	○	38	VSD	5-day-old	Heart murmur	①, ②, ③ 4CV, 3VV confirmed
8'	○	○	○	39	VSD	1-day-old	Heart murmur	①, ②, ③ 4CV, 3VV confirmed
9'	-	○	○	40	VSD	0-day-old	Heart murmur	②, ③ 4CV, 3VV confirmed
10'	-	○	○	39	VSD	0-day-old	Heart murmur	② All confirmed, except 3VTV; ③ All confirmed, except Ao arch
11'	○	-	○	40	VSD	4-day-old	Heart murmur	① Depiction difficult, only 4CV and 3VV confirmed; ③ All confirmed except outflow tract and Ao arch
12'	○	○	○	39	VSD	0-day-old	Heart murmur	①, ②, ③ All confirmed
13'	-	○	○	39	VSD	4-day-old	Heart murmur	②, ③ All confirmed
14'	-	-	○	40	VSD	1-day-old	Heart murmur	③ Unable to depict Ao arch
15'	○	○	○	38	VSD	4-day-old	Heart murmur	①, ③ All confirmed; ② All confirmed except 3VTV, Ao arch
16'	○	-	○	27	VSD, umbilical hernia	0-day-old	Heart murmur	① Unable to depict Ao arch; ③ All confirmed
17'	-	-	○	38	VSD	3-day-old	Heart murmur	③ All confirmed
18'	-	○	-	38	VSD	6-day-old	Heart murmur	② All confirmed
19'	-	○	○	39	VSD	3-day-old	Heart murmur	② All confirmed except Ao arch; ③ All confirmed
20'	○	○	○	39	VSD	1-day-old	Heart murmur	① All confirmed except 3VTV and Ao arch; ②, ③ All confirmed

VSD: ventricular septal defect; TOF: tetralogy of Fallot; PS: pulmonary valvular stenosis; ASD: atrial septal defect; BAV: bicuspid aortic valve; PA: pulmonary artery

4CV: 4-chamber view; 3VV: 3 vessel-view; 3VTV: 3 vessel-trachea view; Ao arch: aortic arch

加したが予後の改善は証明できなかったと報告している³⁾。ただ、先天性心疾患の出生前診断が死亡率の減少には寄与しないとする意見がある一方で、特定の疾患に限れば予後を改善するとの報告は多い。Tworetzky らは左心低形成症候群において出生前診断群と生後診断群を比較し、出生前診断は術前のアシドーシスを減らし、術後死亡を減少させたと報告している⁴⁾。同様に

Sivarajan らも、左心低形成症候群において出生前診断群では生後診断群に比してアシドーシスが軽度であり、人工換気が減少し、ICU 退室までの生存率が高かったとしている⁵⁾。ほかにも大血管転位と大動脈縮窄において予後改善の報告がある。Bonnet らは、大血管転位の出生前診断群と生後診断群を比較し、出生前診断群において術前と術後の死亡が減少したと報告してい

る⁶⁾。また、Franklin らは、大動脈縮窄において出生後診断群で ductal shock の発生や死亡が多かったとしている⁷⁾。また、生命予後の改善は証明されないものの出生前診断の有無により生後の全身状態に差が出るという報告もあり、例えば、Calderon らは大血管転位の出生後診断例において出生前診断例よりも神経認知機能障害が高度であったことを報告している⁸⁾。これらの報告からも、左心低形成症候群、大血管転位、大動脈縮窄など幾つかの先天性心疾患においては出生前診断が重要な役割を占めていることが考えられる。

2006 年に胎児心臓病学会から出された『胎児心エコー検査ガイドライン』によると、全ての妊婦に対して行われるべきレベル I のスクリーニング項目として、①胎児の左右の確認、②腹部断面、③四腔断面 [Cardiac position, Cardiac axis, 総心横径 (TCD) や心胸郭断面積比 (CTAR) での心臓の大きさの評価、心臓の左右差]、流出路の観察 (大血管が 2 本存在しサイズがほぼ同じであること、2 本の大血管が交差すること、各心室から 1 本ずつ大血管が出ること) があげられている¹⁾。理論的には前記項目の観察で、大多数の先天性心疾患は検出可能と思われる。ただしこれは検者の意識と技術、診療背景によるところも大きく、極めて少数の産科医で多くの妊婦健診を担わざるを得ない時間的制約、そして全ての妊婦健診の約半数が 1 次クリニックで行われているというわが国の産科診療の特質を考えた場合に、妊婦健診を行う施設全てにおいて有効なスクリーニング検査を施行できるかどうかは今後の課題と思われる。事実、日本産科婦人科学会と日本産婦人科医会から刊行されている産婦人科診療ガイドラインに現状で、胎児心疾患に対する明確なスクリーニングガイドラインは記述されていない。また、現行のガイドラインでのレベル I スクリーニングでは発見が比較的難しくかつ重症の疾患として、大動脈縮窄と総肺静脈還流異常がある。ガイドラインのレベル I にはこの点につき記載されていないが、これらの疾患の取り扱いについても学会レベルでの議論が待たれる。

われわれの施設では、前記ガイドラインのレベル I をやや発展させたスクリーニングプログラムを立て、有効な検査が行えている。四腔断面で検出されたのは出生前診断例 15 例中 6 例であり、流出路の観察を加えることで 15 例中 14 例が検出されていた。胎児心臓超音波検査の検出感度についての報告はいくつかあり、使用断面により感度が異なる。四腔断面のみでは 4.5 ~ 35 %⁹⁻¹¹⁾、四腔断面に流出路断面を加えると 14.3 ~ 75 %¹²⁻¹⁴⁾、四腔断面に 3 vessels view や 3 vessel trachea view を加えると 88.5 % になる¹⁵⁾ といった報告がある

が、同じ四腔断面だけにしても評価項目の置き方によって検出感度に大きな幅が生じていると思われる。

スクリーニングの施行時期について、胎児心エコー検査ガイドラインでは、1 回目を「妊娠 18 週から 20 週前半まで」としており、他の施設からの報告でも 20 週前後としている場合が多いようである。また、先天性心疾患の検索という観点からは、一般に妊娠第 3 半期後半でのスクリーニング検査を推奨する意見はほとんどないようである。当院の健診システムでローリスクの妊婦に対しては 3 回のスクリーニング検査以外には超音波検査を行っておらず、形態スクリーニングの他にも胎盤や胎児発育、羊水量といった項目も確認するため、この時期での再スクリーニングを行うこととしてきた。また、初回のスクリーニングは生命予後の不良な染色体異常や形態異常を診断することの目的が大きく、そういった背景から当院では 3 回のスクリーニング検査を 18, 28, 36 週に設定している。今回の結果より、スクリーニング①で指摘しえた先天性心疾患は比較的少数であり、見逃し例も多いと思われた。また、28 週前後のスクリーニング②での検出が最も多かったが、この時期での未検出例もあった。そういった症例に対し 36 週前後でのスクリーニング③は補完的な役割を果たしており、意義ある検査となっていると考えられた。

今回のわれわれの検討で、生後 1 ヶ月以降に気付かれた心疾患については偽陰性例と捉えられていない可能性があるものの、出生後に判明した心疾患のほとんどは単独の心室中隔欠損であり、重症の先天性心疾患についてはほぼ出生前診断が可能であった。心室中隔欠損単独の症例については、出生前診断例と出生後診断例の間に大きさや部位等の特徴はみられなかった。当院での過去の研究結果として、胎児心臓スクリーニング導入により先天性心疾患の出生前診断が増加したことをすでに報告している³⁾。出生前診断症例が増えることにより、動脈管依存性心疾患に対して生後早期のプロスタグランディン使用が可能となり、ductal shock となる症例が減少した。その結果、全身状態を安定させてからの準緊急での手術が可能となる症例が増加しており、出生前診断によって生後管理への移行が円滑になったといえるだろう。

結 論

当院の現在の胎児心臓超音波スクリーニング検査ローリスク妊婦に対して一定の機能を果たしていると思われた。大血管の確実な観察や妊娠後期での再スク

リーニングが、今回の結果に寄与している可能性が考えられた。また、産科医の不足が社会的な問題となっている中、技量をもった超音波検査士を育成することで、時間的制約を受けやすい産科医を十分に補うだけの精度をもった胎児心臓超音波スクリーニングシステムの構築が可能であると考えられた。

【参考文献】

- 1) 胎児心エコー検査ガイドライン作成委員会編: 胎児心エコーガイドライン. 日小児循環器会誌 2006; **22**: 591-613
- 2) Landis BJ, Levey A, Levasseur SM, et al: Prenatal diagnosis of congenital heart disease and birth outcomes. *Pediatr Cardiol* 2013; **34**: 597-605
- 3) 青木寿明, 稲村 昇, 河津由紀子, ほか: 先天性心疾患における胎児心臓スクリーニングの効果と問題点. 日小児循環器会誌 2010; **26**: 99-105
- 4) Tworetzky W, McElhinney DB, Reddy VM, et al: Improved surgical outcome after fetal diagnosis of hypoplastic left heart syndrome. *Circulation* 2001; **103**: 1269-1273
- 5) Sivarajan V, Penny DJ, Filan P, et al: Impact of antenatal diagnosis of hypoplastic left heart syndrome on the clinical presentation and surgical outcomes: the Australian experience. *J Paediatr Child Health* 2009; **45**: 112-117
- 6) Bonnet D, Coltri A, Butera G, et al: Detection of transposition of the great arteries in fetuses reduces neonatal morbidity and mortality. *Circulation* 1999; **99**: 916-918
- 7) Franklin O, Burch M, Manning N, et al: Prenatal diagnosis of coarctation of the aorta improves survival and reduces morbidity. *Heart* 2002; **87**: 67-69
- 8) Calderon J, Angeard N, Moutier S, et al: Impact of prenatal diagnosis on neurocognitive outcomes in children with transposition of the great arteries. *J Pediatr* 2012; **161**: 94-98
- 9) Fernandez CO, Ramacjotti C, Martin LB, et al: The four-chamber view and its sensitivity in detecting congenital heart defects. *Cardiology* 1998; **90**: 202-206
- 10) Buskens E, Grobbee DE, Frohn-Mulder IM, et al: Efficacy of routine fetal ultrasound screening for congenital heart disease in normal pregnancy. *Circulation* 1996; **94**: 67-72
- 11) Todros T, Faggiano F, Chiappa E, et al: Accuracy of routine ultrasonography in screening heart disease prenatally. Gruppo Piemontese for Prenatal Screening of Congenital Heart Disease. *Prenat Diagn* 1997; **17**: 901-906
- 12) Ott WJ: The accuracy of antenatal fetal echocardiography screening in high-and low-risk patients. *Am J Obstet Gynecol* 1995; **172**: 1741-1749
- 13) Oggè G, Gaglioti P, Maccanti S, et al: Prenatal screening for congenital heart disease with four-chamber and outflow-tract views: a multicenter study. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006; **28**: 779-784
- 14) Carvalho JS, Mavrides E, Shinebourne EA, et al: Improving the effectiveness of routine prenatal screening for major congenital heart defects. *Heart* 2002; **88**: 387-391
- 15) Del Bianco A, Russo S, Lacerenza N, et al: Four chamber view plus three-vessel and trachea view for a complete evaluation of the fetal heart during the second trimester. *J Perinat Med* 2006; **34**: 309-312
- 16) 富岡仁美, 江田尚子, 鶴田早苗, ほか: 当院における重症先天性心疾患に対する超音波スクリーニング検査の成績と問題点. 母性衛生 2005; **46**: 384-389
- 17) 加村和雄, 西林 学, 大澤洋之, ほか: 当院における先天性心疾患の胎内診断についての検討. 産婦人科の実際 2006; **55**: 2101-2105