

胎児心エコー図：胎児心構造評価と先天性心奇形出生前診断の可能性

Fetal echocardiography: Structural evaluation of the fetal heart and prenatal diagnosis of congenital heart disease

力武 典子\*  
武知 哲久  
鈴木 和重  
松永 伸二\*  
吉岡 史夫  
加藤 裕久

Noriko RIKITAKE\*  
Tetsuhisa TAKECHI  
Kazushige SUZUKI  
Sinji MATSUNAGA\*  
Fumio YOSHIOKA  
Hirohisa KATO

**Summary**

Two-dimensional echocardiography has developed to the routine examination to diagnose congenital heart disease. In this study, we studied the value of two-dimensional echocardiography for evaluating the development of the fetal heart and for prenatal diagnosis of congenital heart disease.

We studied 100 fetuses whose gestational ages were 16-40 weeks of pregnancy. The examination was performed with Toshiba Sonolayer-V model SSL-53M. The scanners were the 2.25 MHz linear and sector transducers. The images were recorded on videotapes. Changing the scanner direction according to the fetal position, we recorded the left ventricular long-axis view, short-axis view of great arteries and four-chamber view. In the four-chamber view, diameters of the tricuspid and mitral valve rings were measured. In the short-axis view of great arteries, the diameters of the aorta and pulmonary artery were measured.

We identified the right and left ventricles by detecting both the great arteries and attaching sites of the atrioventricular valves. The identification of the aorta was made by detecting the arch and the identification of the pulmonary artery was made by depicting its two branches. Cardiac structures were identified on the fetus over five months of pregnancy. In many instances recordings were obtained in 7 months fetuses. The success rate to get clear recordings was 88% of all cases in the four-chamber view, 75% in the short-axis view of great arteries and 71% in the left ventricular long-axis view, respectively. The average ratio of the mitral to tricuspid valvular diameter and that of the pulmonary arterial to aortic diameter were both less than 1, suggesting the right ventricular dominance in fetal hearts.

From these findings, it might be possible to diagnose prenatally certain congenital heart diseases

久留米大学医学部 小児科  
久留米市旭町 67 (〒830)

\*(現)聖マリア病院 小児循環器科

Department of Pediatrics, Kurume University,  
School of Medicine, Asahi-Machi 67, Kurume 830

Presented at the 22nd Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, March 25-26, 1981  
Received for publication June 8, 1981

such as atrioventricular valve atresia and semilunar valve atresia which require the critical evaluation and management in the neonatal periods.

**Key words**

Fetal heart      Congenital heart disease      Echocardiography

はじめに

重症先天性心疾患は新生児早期に重篤になりやすく, “出生前に診断できれば...” という想いは小児循環器医にとっては大きな夢である. その出生前診断のために心エコー図による胎児心の描出は, M-mode, B-scanner により産科および小児科領域において試みられており<sup>1-5)</sup>, 胎児心エコー図による先天性心疾患の出生前診断の可能性を, 1980年 Sahn ら<sup>6,7)</sup>は断層心エコー図を用い報告している.

我々も, 断層心エコー図により胎児 developing heart の評価や, 先天性心疾患の出生前診断の可能性について検討した.

対象および方法

対象は妊娠 16~40 週の胎児 100 例であり, 全例出生後 1 週間以内に臨床的または非観血的に心疾患の有無について検討し, 心疾患の無いことを確認した. 妊娠期間中胎児を 1~3 回観察した.

方法は東芝製 SSL-53M 電子走査型超音波診断装置を用い, トランスジューサーは 2.25 MHz のリニアスキャンとセクター スキャンを併用し, 全例ビデオテープに録画した. 静止画像はフリーズシポラロイドフィルムに記録した.

Fig. 1 に示すように, 妊婦腹壁にトランスジューサーをあて, 胎位胎向を確認し, トランスジューサーの方向を換えながら左室長軸断面, 大動脈水平断面, four-chamber view を記録した.

Four-chamber view で三尖弁輪径と僧帽弁輪径を計測し, 大動脈水平断面にて大動脈径と肺動脈径を計測した.

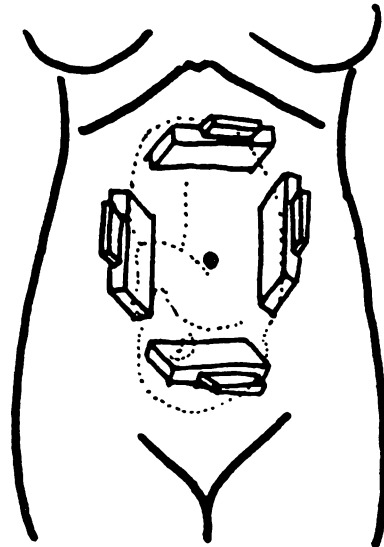


Fig. 1. Transducer position to detect the fetal heart.

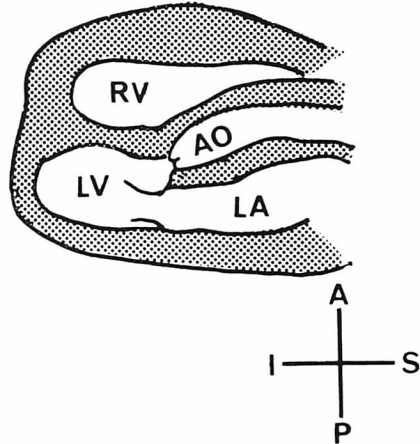
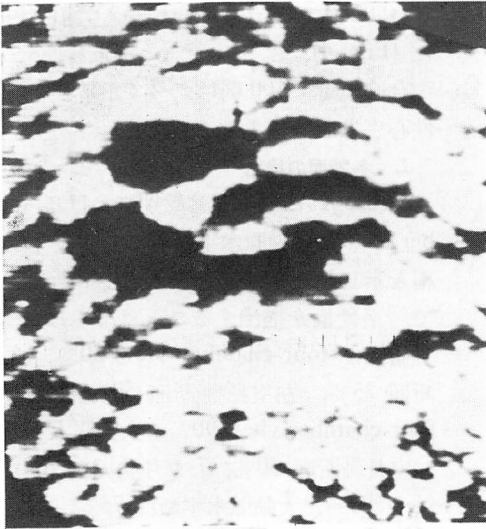
After the fetal position is identified, the image of the fetal heart is recognized. Changing the directions of the transducer, the left ventricular long-axis view, short-axis view of great arteries and four-chamber view are recorded.

成績

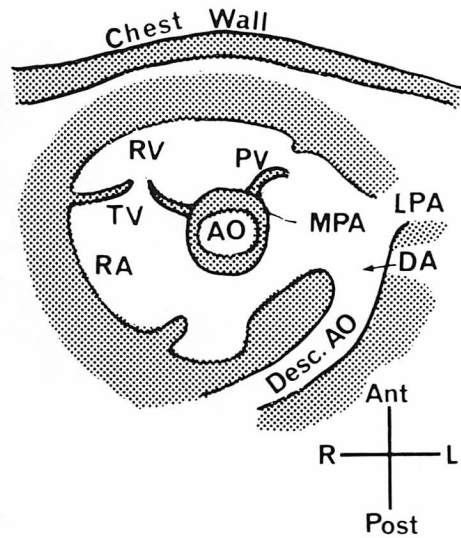
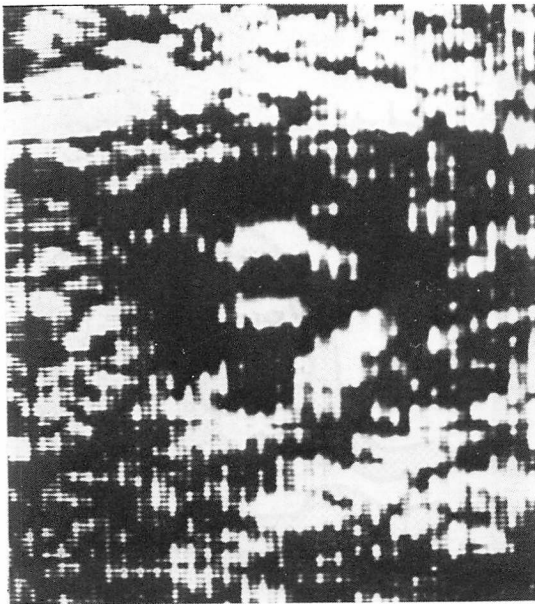
1. 断面の描出

- 1) 左室長軸断面 (left ventricular long-axis view)

左房 (LA), 僧帽弁, 左室 (LV), 心室中隔, 右室 (RV) が記録できた. 左室から後方の血管が起始しているのがわかり, この大血管は arch を形成し大動脈と判断でき, 左室から大動脈が起始していると判断できた. また, 大血管の後壁は房室弁と連続しており, この房室弁は僧帽弁であり, 心室は左室と判断できた (Fig. 2).



**Fig. 2. Left ventricular long-axis view of a normal fetal heart (7 months fetus).**  
 LA=left atrium; LV=left ventricle; AO=aorta; RV=right ventricle.



**Fig. 3. Short-axis view of great arteries in a normal fetal heart.**

The motion of the tricuspid, pulmonary and aortic valves are observed. The ductus arteriosus is also demonstrated which connected the main pulmonary artery with the descending aorta.

Ao=aorta; RA=right atrium; TV=tricuspid valve; RV=right ventricle; PV=pulmonary valve; MPA=main pulmonary artery; LPA=left pulmonary artery; DA=ductus arteriosus; Desc. AO=descending aorta.

2) 大動脈水平断面 (short-axis view of great arteries)

大動脈 (AO), 右房 (RA), 三尖弁 (TV), 右室 (RV), 肺動脈弁 (PV) が記録できた. また主肺動脈 (MPA) と下行大動脈 (Desc. AO) も同時に描出できた. 主肺動脈と下行大動脈の間に大きな動脈管 (DA) が, この断面を記録できたものの内 20% に記録できた (Fig. 3).

3) Four-chamber view

右房 (RA), 三尖弁, 右室 (RV), 左房 (LA), 僧帽弁, 左室 (LV), 心室中隔, 心房中隔が記録できた. 両心室の同定は, 房室弁の中隔付着部位が心尖部よりの房室弁を三尖弁とし, その心室を右室とし, 反対側の心室を左室とした. また, トランスジューサーを回転させることにより, この左室より連続した大血管, すなわち大動脈が起始することを確認した. 心房位は下大静脈が還流している心房を右房, また, 卵円孔が開口している方を左房とした. 心室中隔膜性部は 42%, 卵円

孔は 80% がエコー輝度が弱く欠損孔としてみえた (Fig. 4).

今回の対象 100 例はすべて正常心であり, 先天性心疾患を発見することはできなかった.

2. 各断面の検出

Table 1 に各胎児月齢別における four-chamber view, 大動脈水平断面, 左室長軸断面の検出率を示した. 4 カ月胎児では心拍動を認めるのみで, 各断面を描出することはできなかった. 5 カ月胎児で four-chamber view 50%, 大動脈水平断面 25%, 左室長軸断面 50%, 6 カ月胎児で four-chamber view 90%, 大動脈水平断面 50%, 左室長軸断面 30%, 7 カ月胎児で four-chamber view 88%, 大動脈水平断面 75%, 左室長軸断面 71%, 8 カ月胎児で four-chamber view 50%, 大動脈水平断面 57%, 左室長軸断面 64%, 9 カ月胎児で four-chamber view 59%, 大動脈水平断面 41%, 左室長軸断面 36%, 10 カ月胎児で four-chamber view 70%, 大動脈水平断面 61%,

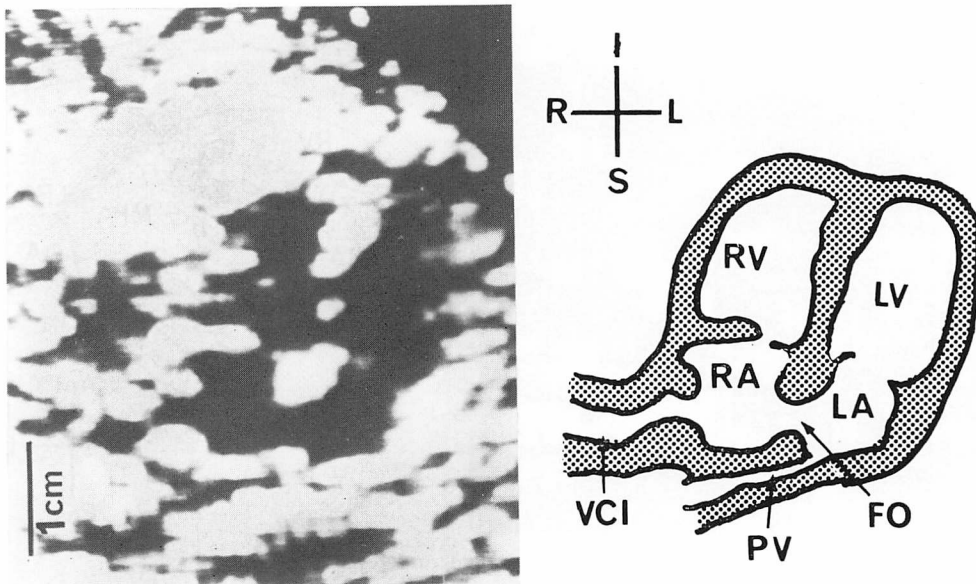


Fig. 4. Four-chamber view.

The atrial septum and membranous ventricular septum are frequently observed as defects.

RA=right atrium; RV=right ventricle; LA=left atrium; LV=left ventricle; FO=foramen ovale; PV=pulmonary vein; VCI=vena cava inferior.

Table 1. Success rate of structure identification

| Fetal age       | 4M  | 5M   | 6M   | 7M   | 8M   | 9M   | 10M  | Total |
|-----------------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|
| No. of cases    | 3   | 4    | 10   | 24   | 14   | 22   | 23   | 100   |
| 4-Chamber view  | 0   | 2    | 9    | 21   | 7    | 13   | 16   | 68    |
| (%)             | (0) | (50) | (90) | (88) | (50) | (59) | (70) | (68)  |
| Short-axis view | 0   | 1    | 5    | 18   | 8    | 9    | 14   | 55    |
| (%)             | (0) | (25) | (50) | (75) | (57) | (41) | (61) | (55)  |
| Long-axis view  | 0   | 2    | 3    | 17   | 9    | 8    | 9    | 48    |
| (%)             | (0) | (50) | (30) | (71) | (64) | (36) | (39) | (48)  |

Each view is demonstrated after 5 months of pregnancy in some cases and the clearest recordings are obtained in 7 months fetuses.

左室長軸断面 39% であった。100 例の総計では、four-chamber view 68%, 大動脈水平断面 55%, 左室長軸断面 48% であった。各断面の検出率がかもっとも高かったのは7カ月胎児であり、もっとも描出しやすい断面は four-chamber view であった。

### 3. 胎児心の発育

#### 1) 僧帽弁輪径 (mitral valve ring dimension: MVRD)

各胎児月齢別にみると、5 カ月胎児では症例数 1 であり、その値は 4 mm, 6 カ月胎児では平均値  $7.1 \pm 1.1$  mm, 7 カ月胎児では平均値  $8.4 \pm 1.3$  mm, 8 カ月胎児では平均値  $9.7 \pm 1.5$  mm, 9 カ月胎児では平均値  $10.8 \pm 0.8$  mm, 10 カ月胎児では平均値  $12.4 \pm 2.4$  mm であり、グラフに示すと Fig. 5 のようになる。その増加は直線的ではなく、ゆるやかな S 字状カーブをとっており、胎児の体重や大横径の発育カーブと一致している。

#### 2) 大動脈径 (aortic dimension: AOD)

大動脈水平断面での大動脈径を aortic dimension (AOD) として計測した。6 カ月胎児では平均値  $3.7 \pm 0.8$  mm, 7 カ月胎児では平均値  $4.2 \pm 0.9$  mm, 8 カ月胎児では平均値  $4.7 \pm 0.5$  mm, 9 カ月胎児では平均値  $5.2 \pm 0.4$  mm, 10 カ月胎児では平均値  $6.6 \pm 1.1$  mm であった。Fig. 5 に示すとおり、僧帽弁輪径と同様なカーブを示した。

3) 三尖弁輪径 (tricuspid valve ring dimension: TVRD)

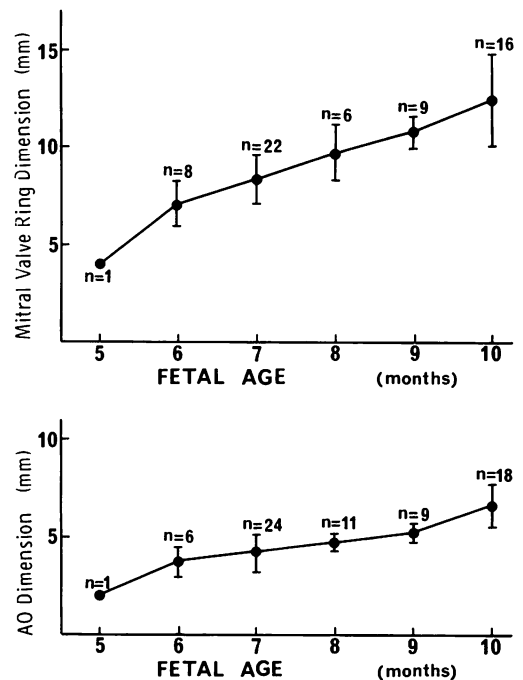


Fig. 5. Fetal development of the left ventricle and aorta.

各月齢別に TVRD をみると、5 カ月胎児では症例数 1 でその値は 4 mm, 6 カ月胎児では平均値  $7.9 \pm 1.1$  mm, 7 カ月胎児では平均値  $9.3 \pm 1.2$  mm, 8 カ月胎児では平均値  $11.0 \pm 1.2$  mm, 9 カ月胎児では平均値  $11.6 \pm 1.0$  mm, 10 カ月胎児では平均値  $14.1 \pm 2.5$  mm であった。Fig. 6 に

示すとおり, 増加のカーブは直線的ではなく, 僧帽弁輪径と同様にゆるやかな S 字状カーブを示した。

4) 肺動脈径 (pulmonary artery dimension: PAD)

大動脈水平断面での肺動脈弁輪径を pulmonary artery dimension (PAD) とした。6 カ月胎児では平均値  $3.8 \pm 0.8$  mm, 7 カ月胎児では平均値  $5.3 \pm 0.7$  mm, 8 カ月胎児では平均値  $5.8 \pm 0.5$  mm, 9 カ月胎児では平均値  $6.3 \pm 1.0$  mm, 10 カ月胎児では平均値  $7.2 \pm 0.8$  mm であった。Fig. 6 に示すとおり, 僧帽弁輪径と同様なカーブを示した。

5) 僧帽弁輪径 / 三尖弁輪径

6 カ月胎児では平均値  $0.9 \pm 0.1$ , 7 カ月胎児では平均値  $1.0 \pm 0.1$ , 8 カ月胎児では平均値  $0.9 \pm 0.1$ , 9 カ月胎児では平均値  $0.9 \pm 0.1$ , 10 カ月胎児では平均値  $0.9 \pm 0.1$  であり, 平均値は各月齢と

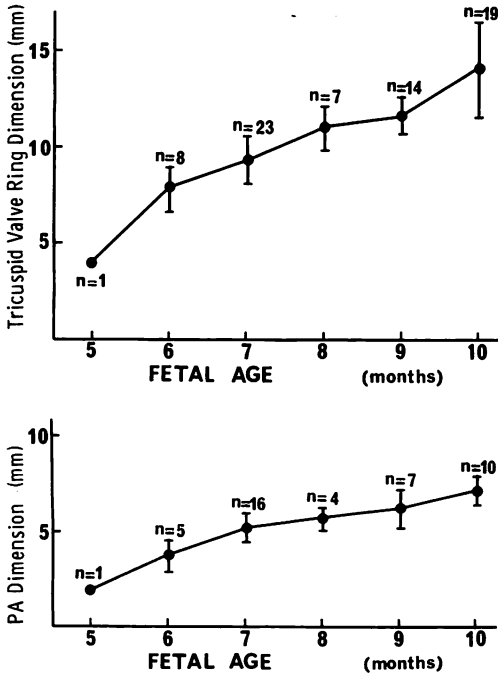


Fig. 6. Fetal development of the right ventricle and pulmonary artery.

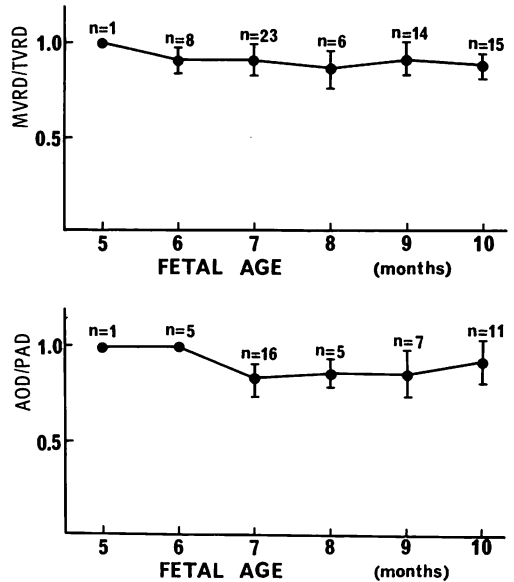


Fig. 7. MVRD/TVRD ratio and AOD/PAD ratio in fetuses.

MVRD=mitral valve ring dimension; TVRD=tricuspid valve ring dimension; AOD=aortic dimension; PAD=pulmonary artery dimension.

も 1 以下を示していた (Fig. 7).

6) 大動脈径 / 肺動脈径

6 カ月胎児では平均値  $1 \pm 0$ , 7 カ月胎児では平均値  $0.8 \pm 0.9$ , 8 カ月胎児では平均値  $0.9 \pm 0.1$ , 9 カ月胎児では平均値  $0.9 \pm 0.1$ , 10 カ月胎児では平均値  $0.9 \pm 0.1$  であった。これも僧帽弁輪径 / 三尖弁輪径と同様に平均値は 1 以下を示した。

考 案

1. 各断面の検出率

Sahn らは在胎 19~41 週の胎児 88 例について, four-chamber view で 96%, short-axis view of great artery で 95% という検出率を示しているが<sup>7)</sup>, 各胎児月齢別の検出率については示していない。我々は各断面をどの時期にもっとも描出しやすいか, また, 他の時期はなぜ描出しにくいかにあつて考察を加えてみた。7 カ月胎児で各断面の検出率をもっとも高く, four-chamber

view で 88%, 大動脈水平断面で 75%, 左室長軸断面で 71% であった。6 カ月以下では胎児心が小さく、心内構造の同定が困難な場合が多く、8 カ月以降で胎児心の位置が深くなり、エコー到達が困難になる場合や、胎児肋骨のカゲとなり描出困難な場合があるため、各断面の検出率が低下していると思われた。全体としての検出率は、four-chamber view で 68%, 大動脈水平断面で 55%, 左室長軸断面で 48% であり、Sahn らの報告よりも低値を示した<sup>6)</sup>。これは一つには在胎週が 16 週と Shan らの報告よりも若い時期からの観察を含めているためと思われる。今後検出率を上昇させるため、トランスジューサーの特性、すなわち低周波数のトランスジューサーの使用とか、リニアスキャンとセクタースキャンの使い分けなどを考える必要がある。

## 2. 胎児心の発育

各断面を用いて僧帽弁輪径、三尖弁輪径、大動脈径、肺動脈径を計測したが、各径とも胎児月齢が進むにつれて大きくなり、ゆるやかな S 字状カーブを示し、妊娠末期に急に大きくなることがわかった。これは胎児の他の発育カーブと一致している。

Shan らは胎頭大横径と腹囲より算出した胎児体重に対しての総心径、左心径、右心径、大動脈径、肺動脈径を報告し、さらに出生前後での肺動脈径 / 大動脈径、右心径 / 左心径を比較し、出生後に比し出生前が右心系が大きいことを示している<sup>6)</sup>。我々は胎児月齢に対しての僧帽弁輪径、三尖弁輪径、大動脈径、肺動脈径を計測し、その比をとってみると、僧帽弁輪径 / 三尖弁輪径、大動脈径 / 肺動脈径とも、全妊娠経過を通じてその平均値は 1 以下であり、右心系が左心系よりも大きいことを示していた。

## 3. 断面の描出と先天性心疾患の出生前診断の可能性

左室長軸断面は後方の心室から arch を形成する断面を描出し、大動脈後壁と僧帽弁の連続性、大動脈前壁と心室中隔との連続性、overriding の有無について観察した。記録できた全例に、僧帽

弁前尖と大動脈後壁および心室中隔と大動脈前壁の連続性は認められ、全例、左室から大動脈が起始するのが診断できた。しかし、本断面の検出率は低く、大動脈弓が小さく、その描出が困難な例が多かった。

大動脈前壁が心室中隔への overriding を示す例、たとえばファロー四徴、また conus があり僧帽弁と大動脈後壁の非連続性を示す例、たとえば兩大血管右室起始症、また左室から arch を形成せず左右に分岐する大血管つまり肺動脈が起始する大血管転位、その他大動脈閉鎖、左心形成不全症候群は、本断面で診断可能と思われる。

左室長軸断面よりトランスジューサーを回転させ、arch を形成する大動脈の水平断面を中央に描出すると、右房、三尖弁、右室、さらに 2 つに分岐する肺動脈の描出が可能となる。下行大動脈を同時に描出すると、主肺動脈と下行大動脈を結ぶ動脈管の描出ができる。この断面より肺動脈弁の状態と肺動脈の低形成により肺動脈弁閉鎖、また大動脈が小さく弁の動き不良な場合は大動脈弁閉鎖の診断が可能と思われる。さらに、検出率は低い動脈管の状態、とくに早期閉鎖などに応用可能である。

もっとも検出率が高いのは four-chamber view である。房室弁の中隔への付着部位より、右室と左室を判定した。従来の travecluation または心室の形による両心室の同定は胎児においては不可能であった<sup>8)</sup>。この断面では、心房中隔の卵円孔、心室中隔膜性部は欠損としてみえることが多く、Sahn らの報告と一致している<sup>7)</sup>。このことは、心房中隔欠損が心室中隔欠損の出生前診断が困難であることを示している。この断面にて三尖弁の閉鎖と右心の低形成を示す三尖弁閉鎖、僧帽弁の閉鎖と左心の低形成を示す僧帽弁閉鎖の診断が可能である。また房室弁が 1 コしか認められない、単心室の診断も可能と考える。

以上をまとめると **Table 2** のようになる。実際、肺動脈閉鎖、単心室、先天性房室ブロックなどが出生前に診断できたという報告がある<sup>4,5)</sup>。

**Table 2. Diagnosis of congenital heart disease by two-dimensional echocardiography**

| Possible           |                            | Impossible               |
|--------------------|----------------------------|--------------------------|
| Tricuspid atresia  | Tetralogy of Fallot        | Atrial septal defect     |
| Mitral atresia     | Double outlet              | Patent ductus arteriosus |
| Pulmonary atresia  | right ventricle            | Anomalies of pulmonary   |
| Aortic atresia     | Coarctation of the aorta   | venous return            |
| Single ventricle   | Interruption of            | l-Transposition of the   |
| d-Transposition of | the aortic arch            | great arteries           |
| the great arteries | Endocardial cushion defect |                          |
| Cardiomyopathy     | Ventricular septal defect  |                          |
|                    | Congenital A-V block       |                          |

The certain lesions which are diagnosed prenatally are in the left side of the table. In this group, there are many diseases which might require emergency care in the neonatal period.

Table 2 に示す出生前診断可能な先天性心疾患の中には、出生直後より重篤な心不全、低酸素血症に陥って不幸な転帰をたどる疾患が多く、balloon atrial septostomy による低酸素血症の改善、プロスタグランジン投与による低酸素血症の改善など早期治療の可能な疾患が多く含まれている。しかし、どの時期に評価するのがもっとも適切か、false positive, false negative がどれくらいか、先天性心疾患の種類によってどう違うかなど、今後の問題点がある。

また、先天性心疾患の家族内発生に対するカウンセリングにも応用できると思われるが、一方確実に先天性心疾患の存在が診断できた場合に、どのように両親に説明するか大きな問題点となってくる可能性がある。

要 約

断層心エコー図は、先天性心疾患の構造診断上必要欠くべからざるルチーン検査となってきた。今回、胎児 developing heart の評価や、先天性疾患の出生前診断の断層心エコー図による可能性について検討した。

対象は妊娠 16~40 週の胎児 100 例である。方法は東芝製 SSL-53M 電子走査型超音波診断装置を用い、トランスジューサーは 2.25 MHz のリニアスキャンとセクタースキャンを使用し、全例ビデオテープに記録した。胎位胎向によりトラ

ンスジューサーの方向を換え、左室長軸断面 (left ventricular long-axis view), 大動脈水平断面 (short-axis view of great arteries), four-chamber view を記録した。Four-chamber view にて僧帽弁輪径、三尖弁輪径、大動脈水平断面にて大動脈径および肺動脈径を計測した。

各断面の描出において、左心室、右心室の同定は房室弁の中隔付着部位と、大血管との関係により行い、大血管の同定は大動脈は arch を確認することにより、肺動脈は分岐を見いだすことにより行った。各断面の検出は 5 カ月胎児より可能であった。もっとも検出率が高かったのは 7 カ月胎児で、その検出率は four-chamber view 88%, 大動脈水平断面 75%, 左室長軸断面 71% であった。三尖弁輪径に対する僧帽弁輪径、肺動脈径に対する大動脈径の比の平均は 1 以下となり、胎児における右室優位を示している。

各断面の描出が可能であることにより、新生児期救急処置を要する先天性心疾患、すなわち一側房室弁閉鎖、一側半月弁閉鎖などの出生前診断が可能と思われる。

文 献

- 1) Garrett JW, Phil D, Robinson DE: Fetal heart size measured in vivo by ultrasound. Pediatrics 46: 25-27, 1970
- 2) Suzuki K, Facog, Minei LJ, Schnitzer LE: Ultrasonographic measurement of fetal heart



- volume for estimation of birthweight. *Obstet Gynecol* **43**: 867-871, 1974
- 3) Egeblad H, Bang J, Northeved A: Ultrasonic identification and examination of fetal heart structures. *J Clin Ultrasound* **3**: 95-105, 1975
  - 4) Kleinman CS, Hobbins JC, Jaffe CC, Lynch DC, Talner NS: Echocardiographic studies of the human fetus: Prenatal diagnosis of congenital heart disease and cardiac dysrhythmias. *Pediatrics* **65**: 1059-1067, 1980
  - 5) 石川睦夫, 田中邦雄, 有賀 敏, 清水哲也: 胎児 Ultrasoundcardiogram (UCG) による先天性心疾患の出生前診断. *日本新生児学会雑誌* **16**: 454-457, 1980
  - 6) Sahn DJ, Lange LW, Allen HD, Goldberg SJ, Anderson C, Giles H, Haber K: Quantitative real-time cross-sectional echocardiography in the developing normal human fetus and newborn. *Circulation* **63**: 588-597, 1980
  - 7) Lange LW, Sahn DJ, Allen HD, Goldberg SJ, Anderson C, Giles H: Quantitative real-time cross-sectional echocardiographic imaging of the human fetus during the second half of pregnancy. *Circulation* **62**: 799-806, 1980
  - 8) Kato H, Yoshioka F, Yokochi K, Matsunaga S, Suzuki K, Takechi T, Rikitake N: Morphological evaluation of congenital heart disease by two-dimensional echocardiography. *J Cardiography* **10**: 1003-1019, 1980 (in Japanese)