

剣状突起下超音波断層法による心室中隔欠損口(膜性部型)の描出: コントラスト心エコー図法併用による右左および左右短絡の検出

Subxiphoid echocardiographic visualization of membranous septal defect: Detection of both right-to-left and left-to-right shunts with an aid of contrast technique

吉田 均
舟橋 隆
中谷 茂和
前田 利樹
谷口 昂

Hitoshi YOSHIDA
Takashi FUNABASHI
Shigekazu NAKAYA
Toshiki MAEDA
Noboru TANIGUCHI

Summary

Twenty-four patients with membranous ventricular septal defect aged from 2 months to 2 years were evaluated by two-dimensional echocardiography (2-D echo) with an aid of peripheral venous contrast technique. The 2-D echo was obtained using a real time mechanical sector scanner equipped with a 3.0 MHz transducer focused at 7.5 cm. The images were recorded by both a Polaroid camera and a 16 mm cinecamera. The scanner probe was placed on the subxiphoid region, and the sector beam was directed through the heart on a plane parallel to a line between the patient's shoulders which allowed simultaneous visualization of the left ventricle and aortic root. This subxiphoid view could image the interventricular septum, extending from the cardiac apex to the aortic root. Precise localization of the defect and hemodynamic status were verified by subsequent cardiac catheterization and angiography. The defect was visualized in all 24 patients as an interruption of the septal echo just below the aortic valve. In the contrast study, the positive contrast jet passing from the right ventricle into the left ventricle through the defect was visualized in 11 patients with a ratio of right to left ventricular peak pressure of more than 0.71. A left-to-right shunt was visualized as a negative contrast jet in the contrast echo-filled right ventricle in 19 patients with a left-to-right shunt greater than 50%. In two patients with massive right-to-left contrast shunt in the atrial level, the negative contrast jet was not observed because the left ventricle did not possess any amount of contrast-free blood to produce

金沢大学医学部 小児科
金沢市宝町13-1 (〒920)

Department of Pediatrics, School of Medicine, Kanazawa University, Takaramachi 13-1, Kanazawa 920

Presented at the 21st Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, September 14-15, 1980

Received for publication November 27, 1980

negative contrast jet. Neither positive nor negative jet was visualized in three patients with a left-to-right shunt less than 50%. Two-dimensional echocardiography allowed diagnosis of the membranous defect by direct visualization of the defect. The addition of contrast technique confirmed the anatomical defect with a great certainty, and suggested approximately the degrees of both the right ventricular pressure and shunt volume.

Key words

Ventricular septal defect

Two-dimensional echocardiography

Contrast technique

はじめに

超音波断層法の進歩は複雑な心奇型の診断も可能としたが、小児科領域でもっともポピュラーな心室中隔欠損症の診断、とくに欠損口そのものの描出についてはいまだ十分とはいえない¹⁻⁵⁾。本研究では心室中隔欠損症の中でもっとも頻度の多い膜性部欠損口を超音波断層法にて描出し、同時に末梢静脈よりのコントラスト心エコー図法(以下コントラスト法)にて、描出された欠損口での右左および左右短絡血流の検出を試みた。

対象と方法

対象は1978年9月より1980年6月までの2年間に金沢大学小児科にて心臓カテーテル・アンジオ検査を施行し、心室中隔欠損膜性部型と診断された27例のうち、年長児を除いた2歳以下の乳幼児24例である。うち5例は心房中隔欠損症を合併している。また、6例では手術にて膜性部欠損の診断を確かめている。なお、心臓カテーテル・アンジオ検査の対象乳幼児は臨床症状などより手術適応があると判断された症例か、あるいはその疑いのある症例に限られている。

装置はAloka製機械走査型超音波断層装置(Aloka SSD 1000 with ASU25 hand scanner and USM 6B amplifier)で、周波数3.0 MHz、焦点距離7.5 cm、視野角度30°~80°の可変型、コマ数10~30コマ/秒である。記録は心電図R波にトリガーさせた像をポラロイドフィルムに記録し、コントラスト法のreal time画像は16 mmシネフィルムに記録した。

方法は、患児を仰臥位とし、剣状突起下アプローチ(Fig. 1-A)を用い、左室長軸および大動脈が同時に描出できる断層面(Fig. 1-B)にて心室中隔エコーを観察した⁶⁾。同時に末梢静脈よりインドサイアニングリーン0.1~0.2 ml/kgを急速注入するコントラスト法を行い、描出された欠損口での右左および左右短絡血流の有無を観察した。右左短絡血流はコントラストエコーが右室より欠損口を通り左室へ流入すること(positive jet)より判定し、左右短絡血流はコントラストエコーで満たされた右室内に左室より流れこむ血流により生ずるnegative jetより判定した。これらのjetの有無は16 mmシネフィルムをreal time, slow-motion およびコマ送りにて観察して判定した。

心臓カテーテル・アンジオ検査は、超音波検査後24時間以内に施行した。いずれの症例も左室発射でのaxial angiography^{7,8)}にて膜性部欠損型と診断した。心内圧測定はfluid-filled catheter systemを用い、短絡率は酸素飽和度にてFickの原理より求めた。これらの結果とコントラスト法での右左および左右短絡の結果を対比検討した。

結 果

心臓カテーテル検査の結果では、左右短絡率50%以上が24例中20例、アイゼンメンジャー化例が1例、左右短絡率が50%未満で手術適応がないとされた例は3例であった。超音波断層法では対象児全例に欠損口が描出できた。欠損口は大動脈弁直下で心室中隔上部に中隔エコーの断裂像

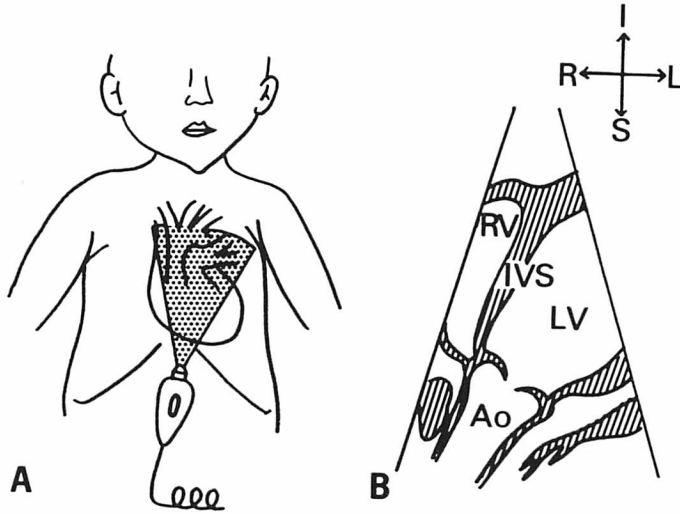


Fig. 1. Position of the subxiphoid frontal plane (A), and the diagrammatic representation of the area encompassed by this section (B).

LV=left ventricle; RV=right ventricle; IVS=interventricular septum; Ao=aorta; S=superior; I=inferior; R=right; L=left.

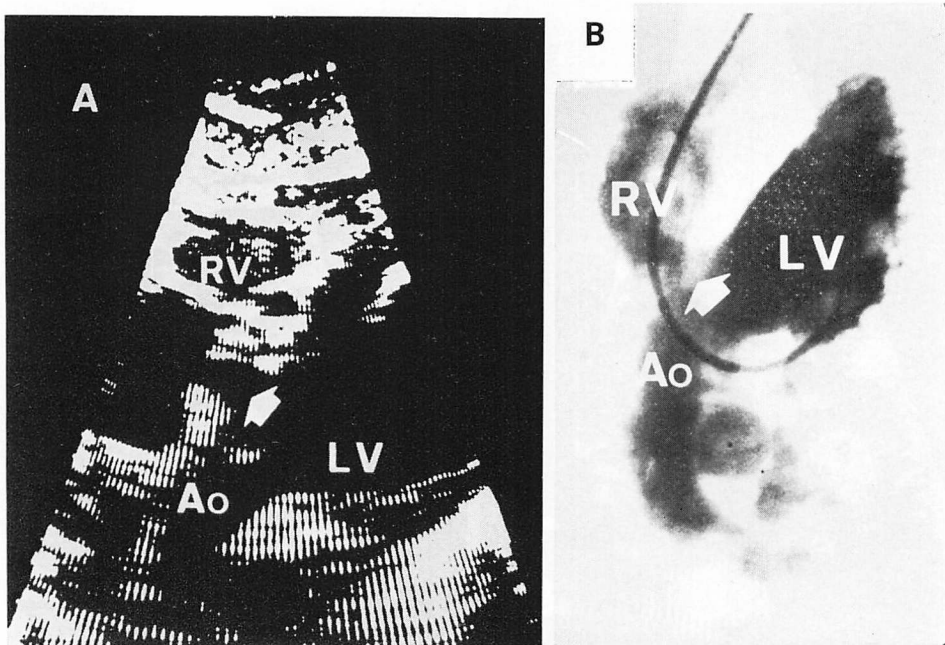


Fig. 2. An echocardiogram of 4-month-old boy (A) and the left ventricular angiogram (B) showing a defect (arrow) in the membranous interventricular septum.

The defect (arrow) is clearly visualized in the upper part of the interventricular septum, just below the aortic valve echo.

LV=left ventricle; Ao=aorta.

として描出された (Fig. 2-A). この症例は5ヵ月男児で左右短絡率 58% であった. Fig. 2-B は同症例の左室の axial angiogram であるが, 大動脈弁直下の膜性部と考えられる部位に欠損口が造影されていた. この画像は心断層エコー図の描出法に合わせるため, 逆さまで裏返してある. 2歳時の手術所見では膜性部欠損は 11×11 mm の大きさであった. Fig. 3-A は2歳男児の心断層エコー図であるが, 大動脈弁直下に大きな欠損口が描出されており, 手術時の所見では欠損口の大きさは 7×7 mm であった. 同症例の術後の検査 (Fig. 3-B) では術前に見られた心室中隔エコーの断裂像は消失していた. Figs. 4~6 はいずれも左右短絡率 50% 以上の欠損例であるが, 同様に

大動脈弁直下に欠損口が鮮明に描出された. Fig. 7 は左右短絡率 27% の小欠損例であるが, やはり大動脈弁直下に小さな欠損口が描出された. 左右短絡率 50% 未満の他の2例もこの症例と同様に鮮明に欠損口が描出できた. この3例のように欠損口が小さい場合は real time での観察がとくに大切であった.

末梢静脈よりのコントラスト法では, 欠損口を通る短絡血流を描出できた. Fig. 8-A コントラストエコー出現直前の心断層エコー図で, 大動脈弁直下の膜性部と考えられる部位に欠損口が描出された. ついで右室内にコントラストエコーが出現し, その一部が右左短絡血流に乗って欠損口を通り左室流出路に流れこんだ (Fig. 8-B).

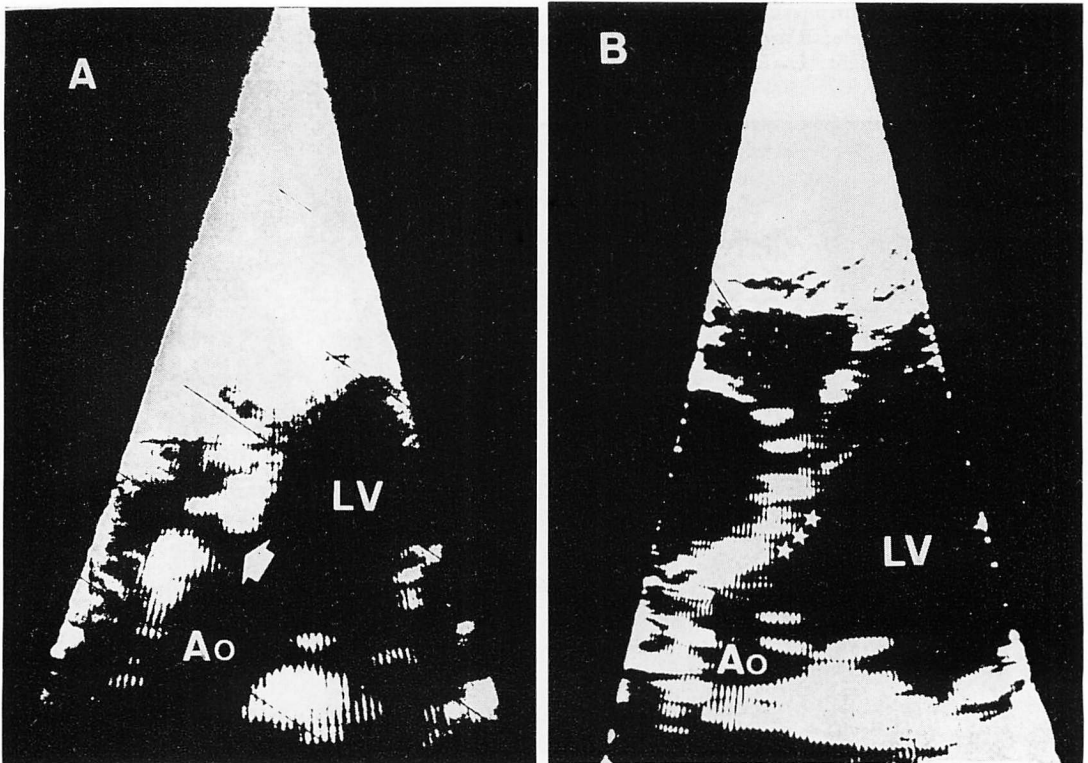


Fig. 3. Echocardiograms of 2-year-old boy.

Panel A shows the defect (arrow) of the interventricular septum. Post-operative examination (panel B) does not reveal the defect (pentagrams).

LV=left ventricle; RV=right ventricle; Ao=aorta.

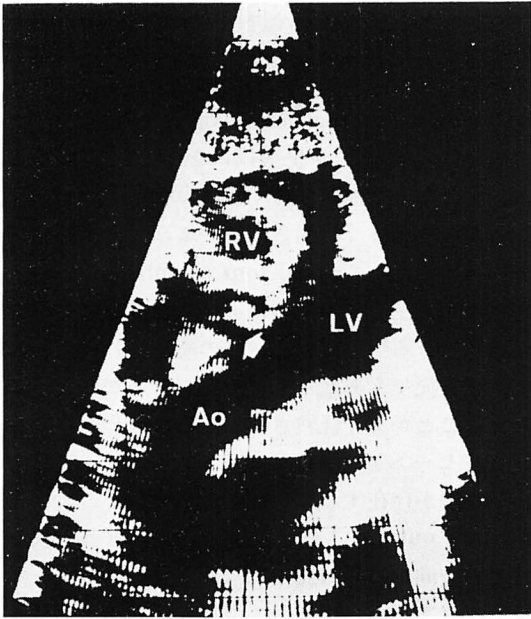


Fig. 4. An echocardiogram of 3-month-old girl showing the membranous septal defect (arrow).
LV=left ventricle; R=right ventricle; Ao=aorta.

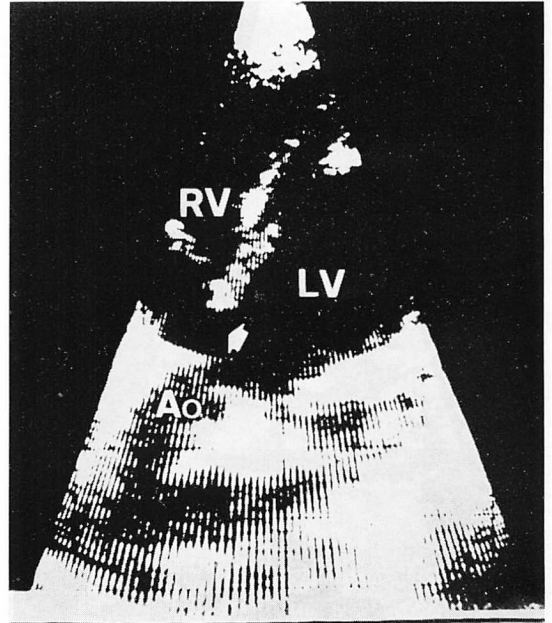


Fig. 6. An echocardiogram of 2-year-old girl showing the membranous septal defect (arrow).
LV=left ventricle; RV=right ventricle; Ao=aorta.

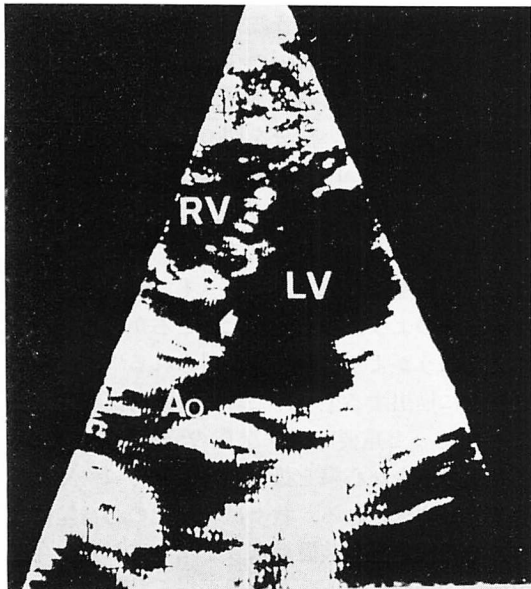


Fig. 5. An echocardiogram of 4-month-old girl showing the membranous septal defect (arrow).
LV=left ventricle; RV=right ventricle; Ao=aorta.

この positive jet は主として拡張早期にみられた。つぎに収縮期にコントラストエコーフリーの左室の血流が欠損口を通り、コントラストエコーで満たされた右室内に流れこむため、右室内に negative jet が描出された (Fig. 8-C)。Fig. 8-D はそのつぎのコマであるが、この negative jet と右室より左室へ流れこむ positive jet が同時に描出されていた。

コントラスト法にて右左短絡血流が描出された症例は 24 例中 11 例で、いずれも肺対体収縮期血圧比 0.71 以上の中等度から高度の肺高血圧合併例であった。左右短絡血流による negative jet が描出されたのは 19 例で、心房レベルで大量の右左短絡のあった 2 例および左右短絡率 50% 未満の 3 例では描出できなかった。

考 案

M モード心エコー図による心室中隔欠損症の

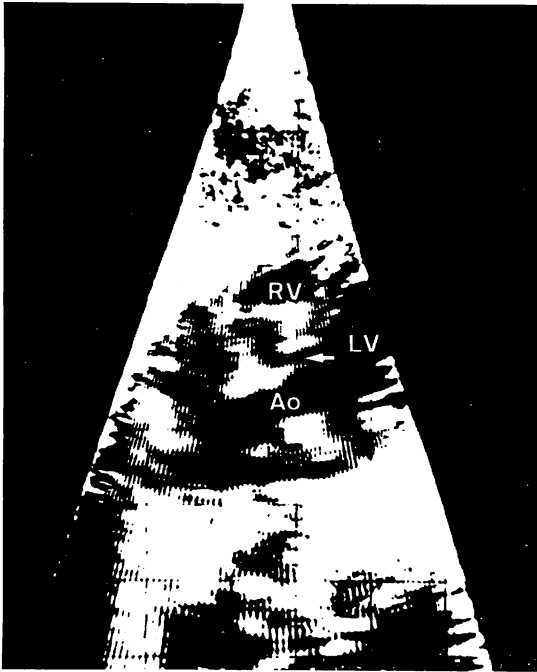


Fig. 7. An echocardiogram of 4-month-old boy with the left-to-right shunt of 27% showing the defect (arrow).

LV=left ventricle; RV=right ventricle; Ao=aorta.

診断は、大動脈より左室への M モードスキャンにて心室中隔エコーに断裂像ができることであるが、この方法は不確実で信頼性に乏しいとされている⁹⁾。しかし M モード心エコー図法に末梢性コントラスト法を併用し、心室レベルでの右左短絡エコーを描出できれば診断はほぼ確実である¹⁰⁻¹²⁾。しかしこの方法も右左短絡を有する肺高血圧合併例に限られ、しかも欠損口の部位診断には応用できない¹³⁾。一方、心断層エコー図による心室中隔欠損症の診断は欠損口そのものの描出が可能であり、さらに欠損口の部位診断にも応用できるものと考えられる。しかしながらこれまでの報告ではほとんどが前胸部アプローチの parasternal long axis view が用いられており、描出された欠損口は室上稜上部型が多く、膜性部型では非常に大きなものに限られている¹⁻⁴⁾。この原因

の1つとして、膜性部欠損口はこの断層面で描出される心室中隔よりもさらに medial 側に位置するためであると考えられ⁹⁾、実際、我々の経験でも左室の parasternal long axis view では欠損口の描出は非常に大きな欠損口を有した例に限られ、またたとえ描出されても subxiphoid view に比しかなり小さく描出される。また、前胸部アプローチの中でも、apical four chamber view では心室中隔の三尖弁中隔尖に近接した部位に欠損口が描出できる⁹⁾。しかし、この断層面の欠点として、正常児でもあたかも欠損口があるかのようにみえることがよく経験される。これは心室中隔が超音波ビームの方向と完全に平行になってしまい、中隔が存在するにもかかわらず、そのエコーが drop out してしまうためと考えられる。我々はこの方向での断層面ではたとえ欠損様エコーが描出できても、コントラストエコーでそこを通る短絡エコーが描出されない限り、欠損口と断定するのは危険であると考えている。

一方、今回の研究で用いた剣状突起下アプローチでは、心室中隔は超音波ビーム方向に対して斜めに位置し、中隔エコーの drop out の危険は少なくなると考えられる。また、この断層面では欠損口の最大径に近い部分を切ることができると思われ、parasternal long axis view に比し明らかに欠損口の描出能がよい。また、今回用いたような焦点距離 7.5 cm の装置では、前胸部アプローチで至近距離に心臓をみるよりも、剣状突起下アプローチのように少し離れたところから心臓をとらえたほうがより鮮明な像が得られる¹⁴⁾。欠損口を鮮明に描出する上で、これらの断層面設定方法よりもっと重要な点は装置の分解能であるが、乳幼児の小さな心臓を扱う場合、とくにすぐれた分解能が要求される。我々は乳幼児の心奇型には好んで機械走査型装置のほうを用いており、今回の研究で全例に鮮明な欠損像が得られたのはこの装置に負うところが多いと考えている。

今回の対象児には心拡大や肺血流量増加などの所見のない心雑音のみの小欠損例は含まれていな

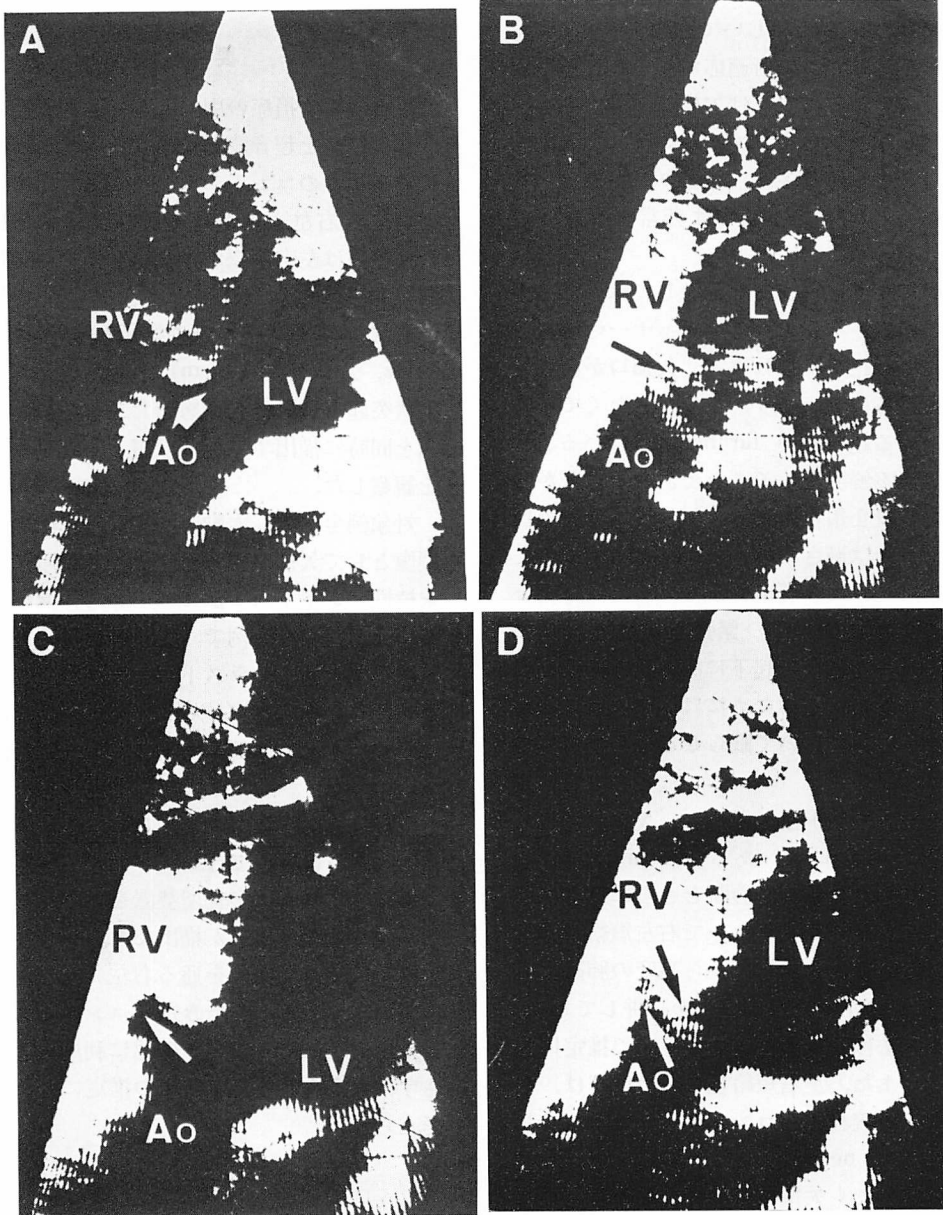


Fig. 8. Contrast echocardiograms of 3-month-old girl.

The defect (arrow) is found in the membranous septal portion (panel A). After contrast material injection, a positive contrast jet (arrow) is produced in the left ventricle (panel B). A negative contrast jet is visualized in the echo-filled right ventricle (panel C). The bidirectional shunts (arrows) through the defect are shown on one frame (panel D).

LV=left ventricle; RV=right ventricle; Ao=aorta.

いが, 現在の装置の分解能から考えてそのような例では欠損口の描出は難しいであろう。しかし, 今回の成績からみて, 手術適応があるか, あるいはそれに近い欠損口であれば欠損口の描出は比較的容易であると考えられ, コントラスト法を併用すれば得られる情報も多く, 心臓カテーテル・アンジオ検査の補助検査としては非常に優れている。

剣状突起下アプローチの欠点としては, 今回用いた装置の場合, 年長児ではスキャナーの位置から欠損口までの距離が離れすぎ, 欠損口が超音波ビームの視野外になったり, またならなくても分解能の低下する超音波の far field にはいることになり, 像が不鮮明となることである。したがって, 同様の装置を用いる限り, 年長児や大人ではこのアプローチは適さない。今回, 対象より年長児をばぶいたのはこの理由による。また, 鮮明な画像をうるためには腹壁の緊張を完全に取り去り, スキャナーを剣状突起下に深く沈み込ませることが大切である。そのためにはトリクロロールやバルビタール剤を用いて眠らせることが必要である。

末梢性コントラスト法の併用は, 欠損口を通る短絡血流を positive jet あるいは negative jet として描出でき, 欠損口の診断をさらに確実なものとする。コントラストエコーで右左短絡が描出された症例はいずれも中等度から高度の肺高血圧(肺対体収縮期血圧比 0.71 以上)を合併しており, コントラスト法は肺高血圧症の重症度の推定にも用いうる¹³⁾。また, 左右短絡量の多い例では, 右室内に左室より流れこむコントラストエコーフリーの血液により negative jet が描出され, 右左短絡のない症例でも欠損口の診断を確かなものにした。ただ心房レベルで大量の右左短絡のある心房中隔欠損合併例では, negative jet の描出はできなかった。右室内に negative jet を生ずるには, コントラストエコーフリーの血液が左室より大量に短絡する必要があるが, 左室もコントラストエコーで完全に満たされた場合は negative jet

が生じないと考えられる。

要 約

心室中隔欠損症の中でももっとも頻度の多い膜性部欠損口を超音波断層法にて描出し, 同時に末梢静脈よりのコントラスト法にて, 描出された欠損口での右左および左右短絡血流の検出を試みた。対象は左室アンジオにて心室中隔欠損症膜性部型と診断された 2 カ月より 2 歳までの乳幼児 24 例で, 装置は機械走査型断層装置(周波数 3.0 MHz, 焦点距離 7.5 cm)を用い, スキャナーを剣状突起下に置き, 断層面を左室長軸および大動脈を同時に描出する面に設定し, 心室中隔エコーを観察した。

対象例全例に, 大動脈弁直下に中隔エコーの断裂像として欠損口が描出された。同時に施行した末梢性コントラスト法では, 肺対体収縮期血圧比 0.71 の以上の 11 例で, 欠損口を通り左室流出路へ流れこむコントラストエコーが描出された。また, 左右短絡率 50% 以上のうち 19 例で, 右室内に左室より流入するエコーフリー血液による negative jet が描出された。心房レベルで大量の右左短絡のあった 2 例および左右短絡率 50% 未満の 3 例では描出できなかった。

乳幼児では機械走査型装置を用いると, 比較的容易に膜性部欠損口が描出でき, コントラスト法の併用により欠損口を通る右左および左右短絡血流を描出することができた。コントラスト法の併用は描出された欠損口の確認に利用できるのみならず, 肺高血圧症や短絡量の推定にも用いられると考えられる。

文 献

- 1) King DL, Steeg CN, Ellis K: Visualization of ventricular septal defects by cardiac ultrasonography. *Circulation* 48: 1215, 1973
- 2) Aziz KU, Cole RB, Paul MH: Echocardiographic features of supracristal ventricular septal defect with prolapsed aortic valve leaflet. *Am J Cardiol* 43: 854, 1979
- 3) Hibi N, Kambe T: Cross-sectional and M-mode

- echocardiographic study on ventricular septal defect. *Jpn Heart J* 20 : 127, 1979
- 4) Serruys PW, van den Brand M, Hugenholtz PG, Roelandt J : Intracardiac right-to-left shunts demonstrated by two-dimensional echocardiography after peripheral vein injection. *Br Heart J* 42 : 429, 1979
 - 5) Meltzer RS, Schwartz J, French J, Popp RL : Ventricular septal defect noted by two-dimensional echocardiography. *Chest* 76 : 455, 1979
 - 6) Lange LW, Sahn DJ, Allen HD, Goldberg SJ : Subxiphoid cross-sectional echocardiography in infants and children with congenital heart disease. *Circulation* 59 : 513, 1979
 - 7) Barger LM Jr, Elliott LP, Soto B, Bream PR, Curry GC : Axial cineangiography in congenital heart disease. Section I. Concept, technical and anatomic considerations. *Circulation* 56 : 1075, 1977
 - 8) Elliott LP, Barger LM Jr, Bream PR, Soto B, Curry GC : Axial cineangiography in congenital heart disease. Section II. Specific lesions. *Circulation* 56 : 1084, 1977
 - 9) Feigenbaum H : *Echocardiography*. 2nd ed, Lea & Febiger, Philadelphia, 1976, pp 392-394
 - 10) Valdes-Cruz LM, Pieroni DR, Roland JMA, Varghese PJ : Echocardiographic detection of intracardiac right-to-left shunts following peripheral vein injections. *Circulation* 54 : 558, 1976
 - 11) Seward JB, Tajik AJ, Spanglar JG, Ritter DG : Echocardiographic contrast studies. Initial experience. *Mayo Clin Proc* 50 : 163, 1975
 - 12) Seward JB, Tajik AJ, Hagler DJ, Ritter DG : Peripheral venous contrast echocardiography. *Am J Cardiol* 39 : 202, 1977
 - 13) Sewer GA, Armstrong BE, Anderson PAW, Sherman D, Benson DW Jr, Edwards SB : Use of contrast echocardiography for evaluation of right ventricular hemodynamics in the presence of ventricular septal defects. *Circulation* 58 : 327, 1978
 - 14) Jaffe CC, Atkinson P, Taylor KJW : Physical parameters affecting the visibility of small ventricular septal defects using two-dimensional echocardiography. *Invest Radiol* 14 : 149, 1979