心エコー図による乳幼児心室中隔欠損症の位置診断とコントラスト法併用による右室血行動態の観察

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/9093

心エコー図による乳幼児心室中隔欠損症の位置診断とコントラスト法併用による右室血行動態の観察

金沢大学医学部小児科学教室（主任：谷口　昂教授）
舟　橋　　隆

(昭和58年10月15日受付)

2才以下の心室中隔欠損症（VSD）患児31例に対し，のべ33回の末梢からのコントラスト法を併用した M-mode および two-dimensional echocardiography を施行し，血行動態の評価と欠損口の描出方法について検索を行った．M-mode contrast echocardiography では，最大右室圧左室圧比が0.60以上の18例で心内右左短絡が認められたが，このうち心房中隔欠損症を合併する5例では心房位での右左短絡が大量に存在するため，心室位での右左短絡の有無の判定は困難であった．肋骨弓下アプローチによる two-dimensional echocardiography では全例に欠損口の描出が可能であり，しかも membranous-type VSD では subcostal frontal approach で描出され，supracristal-type VSD では subcostal sagittal approach で描出できた．なお，membranous-type VSD の4例では，subcostal frontal approach と subcostal sagittal approach の両方で欠損口の描出が可能であったが，欠損口が肺動脈弁直下になく，室上稜下に描出されることより supracristal-type VSD と明瞭に鑑別できた．欠損口を描出し末梢からのコントラスト法を施行すると，最大右室圧左室圧比が0.71以上の16例で欠損口を通り左室へ流れこむ contrast echo（positive jet）が描出された．また，肺体血流比が2.0以上の28例で，contrast で充満した右室内に左室より contrast-free の血液が流れこむために生じる negative jet が描出された．この negative jet は membranous-type VSD では右室流入路に，supracristal-type VSD では肺動脈に向かって走行した．これらの結果より，乳幼児では two-dimensional echocardiography により VSD の描出とその位置診断が可能であり，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の描出が可能で，これにより肺高血圧症や肺体血流比の推定が可能であると考えられた．

Key words　M-mode echocardiography, Two-dimensional echocardiography, Peripheral contrast technique, Ventricular septal defect.

心室中隔欠損症（ventricular septal defect，以下VSDと略）は，もっとも頻度の高い先天性心疾患であるが，乳幼児期における臨床像は多彩で，乳児期早期に手術の必要な重症例から，無症状でまったく治療を必要としない軽症例まで，種々の血行動態を呈する．また重症例でも加令とともに軽症化を示し，あるいは自然閉鎖することが知られており，手術の決定や経過を観察していくためには，その血行動態と欠損口の位置を正確に診断することが必要と思われる．欠損口の位置は解剖学的に4つに分類され[1)2)]（① membranous-type，② supracristal-type，③ atrioventricular canal-type および，④ muscular-type），欠損口の位置診断は手術時の欠損口への到達方法の選択に重要である．

近年までは，以上のような診断は侵襲的な心臓カテーテル・アンジオ検査に依らざるを得なかったが，超音波による非侵襲的な診断方法の発達とともに，VSDに関する超音波診断方法の報告が散見されるようになった[3)~9)]．

M-mode echocardiography では，VSDは左室拡

Echocardiographic Imaging of Ventricular Septal Defect in Infants and Assessment of Right Ventricualr Hemodynamics Using a Peripheral Contrast Technique. **Takashi Funabashi,** Department of Pediatrics, (Director; Prof. N. Taniguchi), School of Medicine, Kanazawa University.

大，左房拡大，心室中隔や左室後壁の hyperdynamic motion を示すが[3]，これらの所見は左室容量負荷を示す僧帽弁閉鎖不全症や動脈管開存症などでも認められ，特徴的な所見とはいえない．大動脈弁から僧帽弁への M-mode scan では心室中隔の断裂像として VSD の欠損口を描出できることがあるが，false posisive や false negative が多く認められ，信頼できる方法とはいえない[3)4)]．しかし，肺高血圧症を合併した症例ではコントラスト法を併用することにより，心室位での右左短絡を検出することにより VSD の診断と血行動態の観察は可能である[5)~8)]．

しかし，VSD のより正確な診断方法は，two-dimensional echocardiography により欠損口そのものを描出することと思われる．Aziz ら[9]は，前胸部からの長軸断層面にて suparcristal-type VSD の欠損口の描出方法を報告しているが，この方法では VSD の中で最も頻度の高い membranous-type VSD の欠損口の描出は難しい．

この研究では subcostal approach による two-dimensional echocardiography にて欠損口の描出を試み，同時に M-mode および two-dimensional contrast echocardiography を施行し，VSD の血行動態について臨床上有用な知見を得ることが出来たので報告する．

対象および方法

〈対象〉 金沢大学医学部小児科にて心臓カテーテル・アンジオ検査を施行し，VSD と診断された 2 才以下の乳幼児 31 例で，5 例は二次口型の心房中隔欠損症を合併しているが，他の 26 例は合併心疾患はない．このうち 2 例には，約 2 年の間隔をおいて 2 回の超音波検査と心臓カテーテル・アンジオ検査を施行しているため，のべ 33 例について検討を行った．このうち 13 例では手術にて VSD の位置診断がなされている．なお，これらの対象児は臨床症状などに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．

〈方法〉

M-mode echocardiogarphy

装置は Aloka SSD 110 echocardiograph, 3.0 MHz non-focused transducer を使用し Honeywell strip chart recorder により紙送りスピード 50 mm/sec で記録を行った．ビーム方向は，僧帽弁前尖・僧帽弁後尖・心室中隔・右室および左室流出路が同時に記録できる部位とした．末梢からのコントラスト法は，# 20 F の Teflon venous sheath を手背もしくは足背の静脈に留置し，Indocyanine green を手動にて 0.1~0.2 ml/kg を急速注入して行った[5)7)10)11)]．全例で右室内に contrast echo が充分に観察され，左室流出路に contrast echo が出現したとき，右左短絡ありと判断した．

Two-dimensional echocardiography

装置は Aloka 製機械走査型超音波断層装置 (Aloka SSD 1000 with ASU Hand Scanner and USM 6B Amplifier) を使用した．周波数は 3.0 MHz，焦点距離は 7.5 cm，視野角度は 30°~80°の可変型で，コマ数は 10~30/sec である．患児を仰臥位とし肋骨弓下よりビームを投入し，次のような 2 つの断層面にて欠損口の描出を行った[12)13)]．

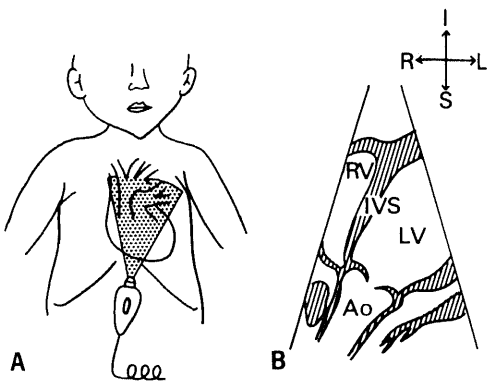


Fig. 1. The position of the subcostal frontal plane (A), and the diagrammatic representation of the area encompassed by this view (B).
LV=left ventricle, RV= right ventricle, IVS= interventricular septum, Ao=aorta, S=superior, I=inferior, R= right, L=left.

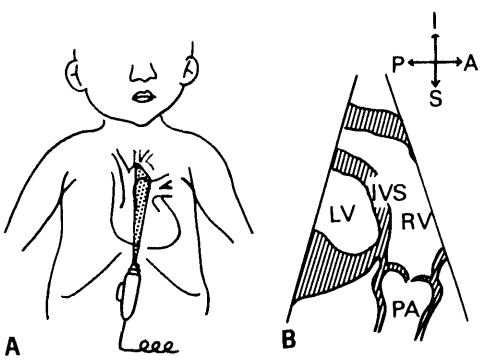


Fig. 2. The position of the subcostal sagittal plane (A), and the diagrammatic representation of area encompassed by this view (B).
LV=left ventricle, RV= right ventricle, IVS= interventricular septum, PA=pulmonary artery, S=superior, I=inferior, A=anterior, P=posterior.

① Subcostal frontal view

図1のように，ビームを肋骨弓下より前額面で投入すると，左室長軸および大動脈が同時に記録される断層面が描出される．この断層面では膜性部心室中隔の観察が容易である．

② Subcostal sagittal view

図2のように，ビームを肋骨弓下より矢状面で投入すると，右室流出路および肺動脈が同時に記録される断層面が描出される．この断層面は，室上稜上部心室中隔の観察にすぐれている．

記録は心電図に同期させた像をポラロイドフィルムに記録し，real time 画像は 16 mm シネフィルムに記録した．シネフィルムは現像後，real time, slow motion およびコマ送りにて検討を行った．

末梢からのコントラスト法は，M-mode contrast echocardiography と同様な方法で行い，欠損口の確認と短絡血流の観察を行った．右左短絡は contrast echo が右室より欠損口を通って左室に流入すること (positive jet) より判定し，左右短絡は contrast echo で充満された右室内に左室より contrast free の血液が欠損口を通って流れこむことにより生じる negative jet より判定した．

これらの超音波検査は Tricloryl syrup 100 mg/kg 経口投与による鎮静下で行った．

心臓カテーテル・アンジオ検査

Hydroxyzine pamoate 1 mg/kg, Pentobarbital 10 mg/kg 筋注投与による鎮静下で施行した．アンジオ検査は Bargeron らの方法[14)15)]に従い，全例に axial angiography による選択的左室造影を行い，VSD の欠損口の位置診断と左右短絡の観察を行った．また全例に選択的右室造影を施行し，右左短絡の評価も行った．カテーテルは flow directed balloon catheter を使用し，全例で経右心的に卵円孔もしくは心房中隔欠損口を通し左室圧および右室圧を quick pull back により測定した．短絡率や肺体血流比は，Fick 法により測定した．なお，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．

成　　績

M-mode および two-dimensional contrast echocardiography と心臓カテーテル・アンジオ検査の結果は表1に示した．

M-mode contrast echocardiography の結果により，患児は次のような3つのグループに分類された．

① Group 1；右左短絡の認められなかった 15 例

② Group 2；心室位でのみ，右左短絡の認められた 13 例

③ Group 3；心房位においても右左短絡が認められた 5 例

M-mode contrast echocardiography

〔Group 1〕　contrast echo は右室腔内のみに出現した(図3)．このグループでは，最大右室圧左室圧比は 0.30～0.59 を示し，左室圧と右室圧との圧差は 34～82 mmHg であった．また，これらの患児では心臓カテーテル・アンジオ検査で右左短絡は認められなかった．

〔Group 2〕　心室位のみで contrast echo の右左短絡が認められた．contrast echo は，まず右室に出現し，1心拍後の拡張期に僧帽弁の開放とともに左室流出路に出現した．左室流出路に流れこんだ contrast echo

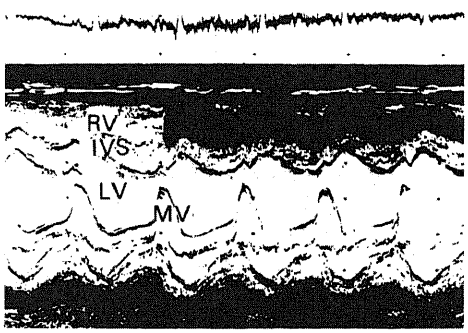


Fig. 3. An M-mode contrast echocardiogram in a patient without right-to-left shunt. The appearance of the contrast material is demonstrated only in the right ventricle (RV).
LV=left ventricle, IVS=interventricular septum, MV=mitral valve.

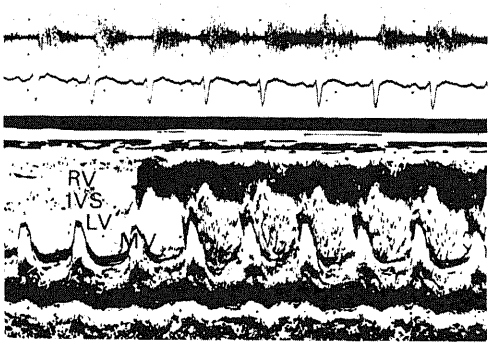


Fig. 4. An M-mode contrast echocardiogram in a patient with right-to-left shunt at ventricular level. After the initial appearance of the contrast material in the right ventricle (RV), it enters into the left ventricle (LV) during next diastole. IVS=interventricular septum, MV=mitral valve.

Table 1. Catheterization and Echocardiograpic Data

Pt	Age	RV/LV	LV-RV (mmHg)	Qp/Qs	Rp/Rs	2-D echo imaging of VSD		2-D echo contrast study	
						SFP	SSP	Positive jet	Negative jet
Group 1.									
AO	4m	0.30	82	2.9	0.09	Yes	No	No	Yes
YM°	2y	0.30	80	3.1	0.08	Yes	No	No	Yes
TK	4m	0.30	78	1.6	0.14	Yes	No	No	No
NS	8m	0.31	82	1.2	0.21	Yes	No	No	No
EN	8m	0.41	59	2.3	0.14	Yes	No	No	Yes
YM°	4m	0.45	60	3.6	0.08	Yes	No	No	Yes
KT	4m	0.47	49	2.2	0.09	Yes	No	No	Yes
TH	1y	0.48	52	2.0	0.17	Yes	No	No	Yes
RA°	2y	0.48	55	2.3	0.20	Yes	No	No	Yes
HF	8m	0.50	50	2.0	0.13	Yes	No	No	Yes
MO	3m	0.50	56	2.1	0.11	Yes	No	No	Yes
KR *	1y	0.50	50	2.4	0.18	No	Yes	No	Yes
SF	6m	0.51	50	2.7	0.07	Yes	No	No	Yes
HH	4m	0.55	39	1.3	0.28	Yes	No	No	No
RN	8m	0.59	34	2.0	0.15	Yes	No	No	Yes
Group 2.									
HI	6m	0.60	38	4.4	0.08	Yes	No	No	Yes
SM	9m	0.61	32	2.1	0.21	Yes	No	No	Yes
YN	4m	0.71	34	4.1	0.12	Yes	No	Yes	Yes
TE *	3m	0.80	16	3.8	0.25	No	Yes	Yes	Yes
YA	11m	0.82	18	2.6	0.55	Yes	No	Yes	Yes
KY	4m	0.82	30	2.9	0.27	Yes	No	Yes	Yes
RA°	7m	0.83	17	5.0	0.05	Yes	No	Yes	Yes
HU	9m	0.85	12	4.6	0.15	Yes	Yes	Yes	Yes
YK	4m	0.86	12	4.2	0.09	Yes	No	Yes	Yes
TM	3m	0.89	14	3.0	0.22	Yes	Yes	Yes	Yes
HM *	5m	0.90	8	2.4	0.33	No	Yes	Yes	Yes
HT	5m	0.92	10	2.0	0.38	Yes	No	Yes	Yes
YS	8m	1.00	0	2.0	0.46	Yes	Yes	Yes	Yes
Group 3.									
MH	6m	0.74	15	3.2	0.23	Yes	No	Yes	Yes
YM	5m	0.82	21	5.4	0.09	Yes	Yes	Yes	Yes
SI	2m	0.84	18	2.8	0.20	Yes	No	Yes	Yes
HO	6m	0.98	2	2.3	0.39	Yes	No	Yes	No
KN	3m	1.00	0	0.9	1.08	Yes	No	Yes	No

° Indicates data of the follw-up studies.

* Indicates the patient with supracristal-type ventricular septal defect. The others had membranous-type defects.

Abbreviations: 2-D echo=two-dimensional echocardiographic; VSD=ventricular septal defect; RV/LV=ratio of right to left ventricular peak pressure; LV-RV=peak systolic pressure gradient between the left and right ventricles; Qp/Qs=ratio of pulmonary to systemic blood flow; Rp/Rs=ratio of pulmonary to systemic vascular resistance; SFP=subcostal frontal plane; SSP=subcostal sagittal plane.

は記録用紙の左上方から右下方へ傾く強い線状エコーとしてとらえられた．この左室流出路に出現した contrast echo は，そのパターンが特徴的なため，他の心内構造物と明瞭に区別することが出来た(図4)．また，このグループでは最大右室圧左室圧比は 0.60～1.00 を示し，左室圧と右室圧との圧差は 0～38 mmHg であった．

〔Group 3〕 このグループの5例は，VSD の他に二次口型の心房中隔欠損症を合併しており，中等度から高度の肺高血圧症を併っている．心臓カテーテル・アンジオ検査では，心房位と心室位でともに右左短絡が認められた．しかし，M-mode contrast echocardiography では心房位での contrast echo の右左短絡が大量に認められるため，心室位での右左短絡を見いだすことは困難であった．また，contrast echo は図5のように左房，左室流出路，右室に同時に出現した．

約2年の間隔をおいて，2回の超音波検査と心臓カテーテル・アンジオ検査を施行した2例では，うち1例(症例 RA)が Group 2 から Group 1 に血行動態が変化していた．また，心臓カテーテル・アンジオ検査でも最大右室圧左室圧比が 0.83 から 0.48 と低下し，左室圧と右室圧との圧差も 17 mmHg から 55 mmHg と増加を示した．

Two-dimensional contrast echocardiography

two-dimensional echocardiography による VSD の欠損口の描出は，31例全例に可能であった．そのうち28例は membranous-type VSD と診断され，残る3例は supracristal-type VSD と診断された．

〔membranous-type VSD〕

膜性部の欠損口は，28例全例に subcostal frontal approach により図6のように，大動脈弁直下で心室中隔上部における中隔エコーの断裂像として描出することが出来た．末梢からのコントラスト法を行うと，欠損口を通る短絡血流を描出でき心室中隔エコーの断裂像が drop out による artifact でなく，真の欠損口を描出していることが確認できた．

図7－Aは contrast echo が出現する直前の心断層エコー図であるが，大動脈弁直下の膜性部と考えられる部位に欠損口が描出されている．右室内に contrast echo が出現すると，その一部が右左短絡血流となり欠損口を通り左室流出路に流入する（図7－B）．この positive jet は拡張早期に認められた．次の収縮期には，contrast free の左室血液が欠損口を通り，contrast echo で充満されている右室内に流れこみ，右室内に negative jet が描出された（図7－C）．この negative jet の方向は，右室流入路に向かっていた．図7－Dは，次の frame であるが，negative jet と positive jet が同時に描出されている．

表1に示すように，これらの28例は全例 subcostal frontal approach で欠損口の描出が可能であったが，

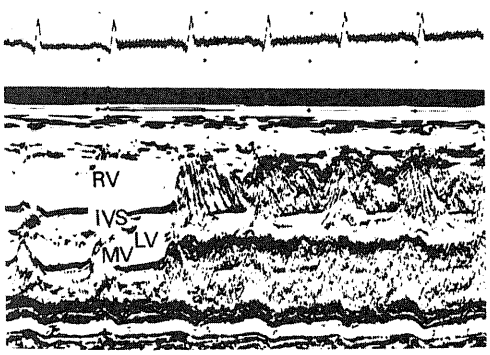


Fig. 5. An M-mode contrast echocardiogram in a patient with right-to-left shunt at atrial and ventricular levels. The simultaneous diastolic appearance of the contrast material is demonstrated in the right ventricle (RV) and the left ventricle (LV). Since the contrast material enters into the LV from the mitral valve (MV) orifice, the presence of contrast shunting at the ventricular level is unclear.
IVS=interventricular septum.

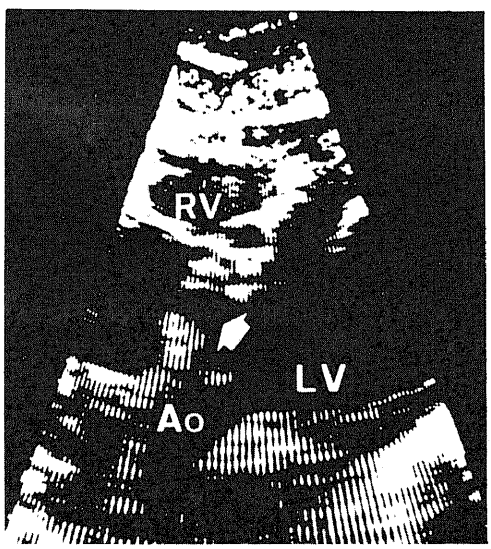


Fig. 6. A two-dimensional echocardiogram by the subcostal frontal approach. The defect (arrow) is clearly shown in the membranous portion of the interventricular septum, just below the aortic valvular echoes.
RV=right ventricle, LV=left ventricle, Ao=aortic root.

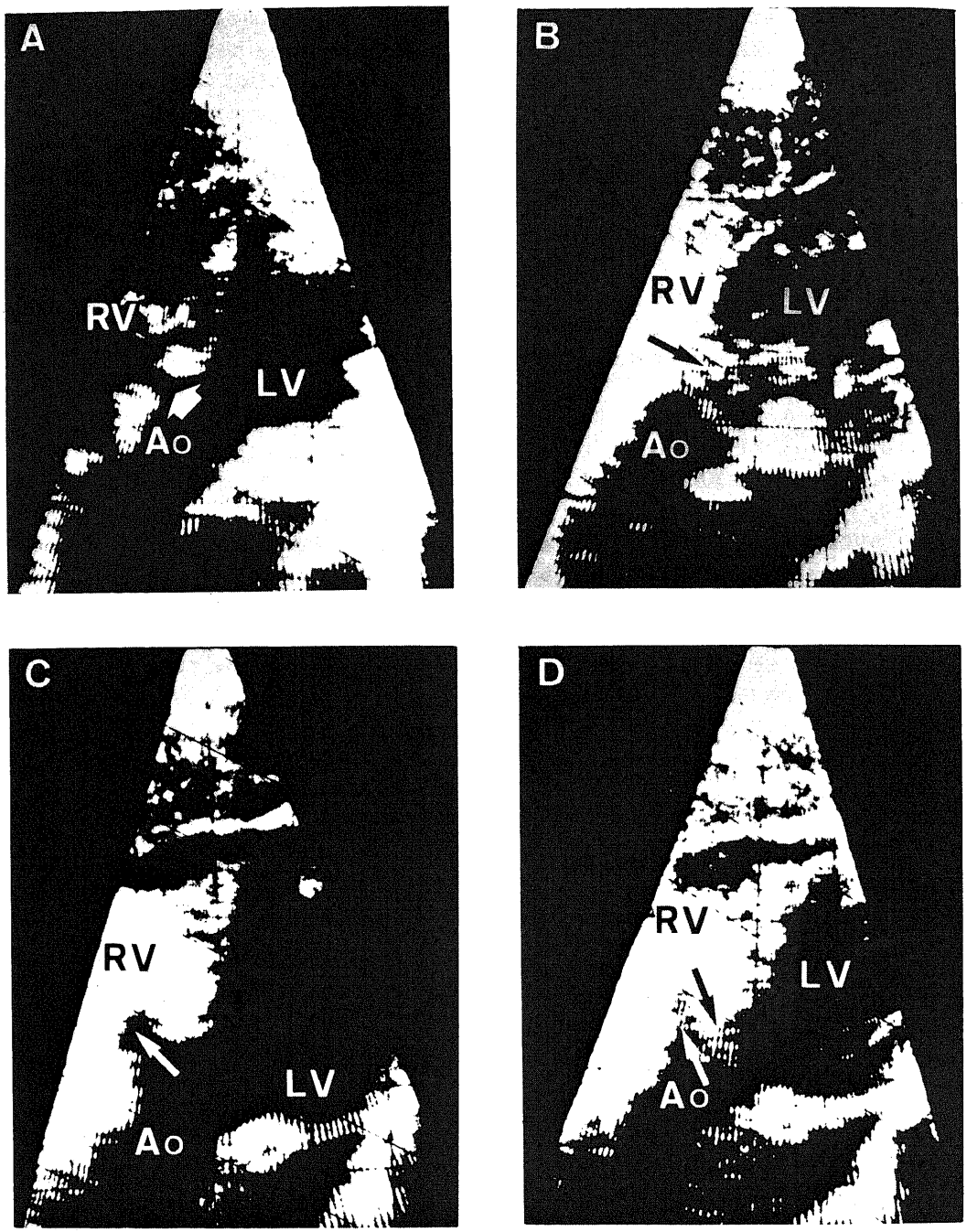


Fig. 7. Serial two-dimensional echocardiograms by the subcostal frontal approach. (A) The ventricular septal defect (arrow) is shown in the membranous portion of the interventricular septum. (B) After injection of conrast material, a positjve contrast jet (arrow) appears in the left ventricle (LV) by passage of the contrast material from the right ventricle (RV) in diastole. (C) During systole, a negative contrast jet (arrow) bracketing the margin of the defect appears in the RV. (D) Occasionally, bidirectional shunts (arrow) through the defect are shown on one frame.
Ao=aortic root.

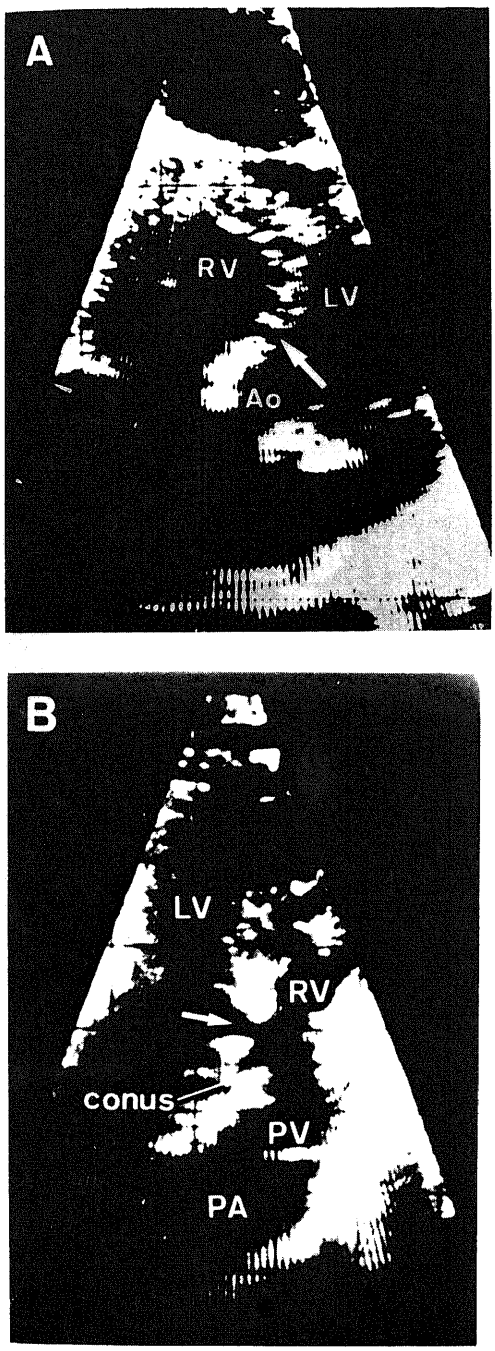


Fig. 8. Two-dimensional echocardiograms. The defect (arrow) in the membranous portion of the interventricular septum is shown not only in the subcostal frontal view (A), but also in the subcostal sagittal view (B). The location of the defect is below the subpulmonic conus.
RV=right ventricle, LV=left ventricle, Ao=aortic root, PV=pulmonic valve, PA=pulmonary artery.

そのうち高度の肺高血圧症を伴っている4例では subcostal sagittal approach でも欠損口の描出が可能であった．図8－Aは subcostal frontal approach による断層像であるが，欠損口がスリット様に認められる．しかも図8－Bのように，subcostal sagittal approach による断層像でも，大きな欠損口が描出されている．しかし，欠損口は肺動脈弁直下には存在せず，明らかに室上稜が認められるため membranous-type VSD と診断した．また，末梢からのコントラスト法を行うと negative jet は，右室流入路に向かって走行した．

Group 3の5例では，心房位での大量の右左短絡のため M-mode contrast echocardiography にて VSD の診断(心室位での右左短絡による診断)はできなかったが，two-dimensional echocardiography では全例に欠損口そのものの描出が可能であった．またコントラスト法を併用すると，心房位での右左短絡があるにもかかわらず，全例に欠損口を通り右室から左室に流れる positive jet が描出できた．negative jet は5例中3例に描出できたが，残る2例では心房位での大量の右左短絡のため右室と左室が同時に contrast echo で充満してしまうため，negative jet は認められなかった．

〔supracristal-type VSD〕

supracristal-type VSD の3症例では，subcostal sagistal approach にて欠損口の描出が可能であった．また，これらの症例では subcostal frontal approach にて欠損口の描出はできなかった．図9－Aのように，欠損口は肺動脈弁直下の心室中隔エコーの断裂像として描出され，末梢からのコントラスト法を行うと右室流出路に negative jet が描出され，その方向は肺動脈弁に向かっていた(図9－B)．1例のみであるが，左室内に positive jet も観察された．

two-dimensional contrast echocardiography では positive jet が16例に認められた．これらの症例の最大右室圧左室圧比は0.71以上であった．negative jet は左右短絡率が50%以上であり肺体血流比が2.0以上の28例に認められた．

Group 2の2症例（症例 HI および SM）は，M-mode contrast echocardiography では右左短絡を認めたが，two-dimensional contrast echocardiography では右左短絡を認めなかった．なお，この2症例の最大右室圧左室圧比はそれぞれ0.60と0.61であった．

手術を施行した13例では，1例をのぞき12例（membranous-type VSD；9例，supracristal-type VSD；3例）で two-dimensional echocardiography

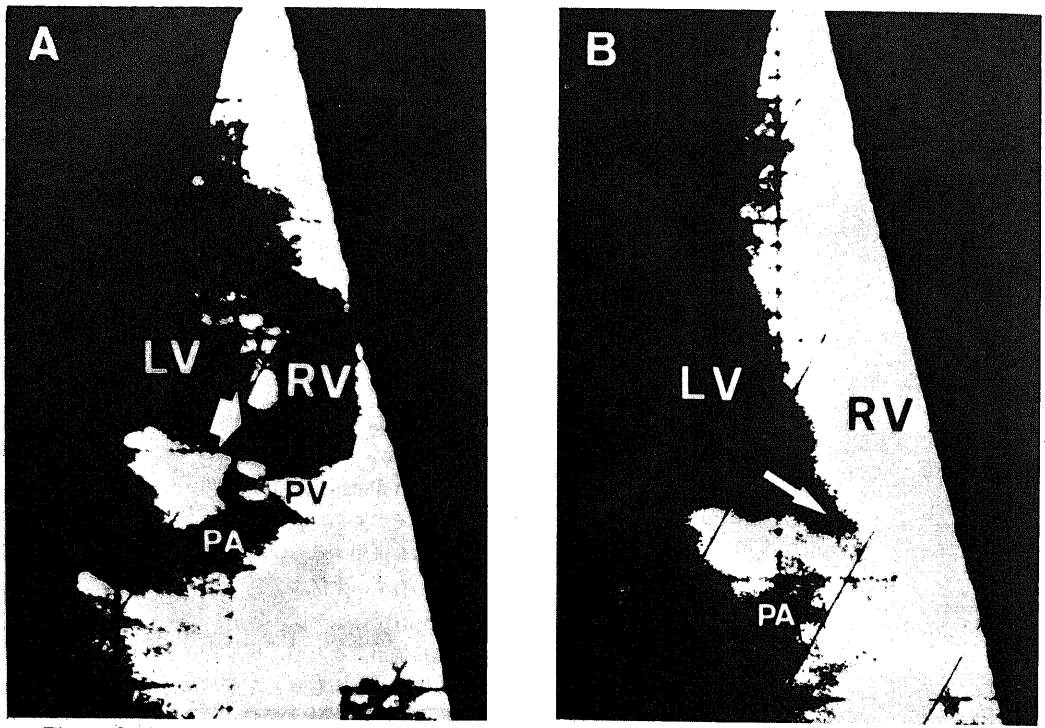


Fig. 9. Serial two-dimensional echocardiograms in the subcostal sagittal approach. (A) The defect (arrow) of the interventricular septum is shown just below the pulmonic valvular echoes. (B) After injection of contrast material, a negative jet (arrow) appears in the contrast-filled right ventricular outflow tract, through the defect toward the pulmonary artery (PA). RV=right ventricle, LV=left ventricle, PV=pulmonic valve.

による欠損口の位置診断と手術時診断は一致した．しかし，Group 3の症例HOはtwo-dimensional echocardiographyではmembranous-type VSDと診断されたが，手術時所見ではatrioventricular canal-type VSDであり，その欠損口は非常に大きく膜性部心室中隔にも及んでいた．

考　　察

Levinら[16]は，心臓カテーテル・アンジオ検査によるVSDにおける血行動態の報告を行っているが，その中で右室圧と左室圧との差が30 mmHg以下の場合に右左短絡が生じ，その時相は拡張早期であると述べている．本研究の成績も同様な結果が得られ，最大右室圧左室圧比が0.60以上で右室圧と左室圧との差が38 mmHg以下の症例で右左短絡が認められた．Serwerら[8]も，M-mode contrast echorardiographyによるVSDの右室血行動態の検討を行っているが，"appearance time"という指標を用いて肺血管抵抗の度合を知ることができると報告している．本研究では対象が2才以下であるため高度の肺血管抵抗を有する症例がなく，肺血管抵抗とcontrast echoの左室への出現パターンとの関係については検討しえなかった．しかし，肺高血圧症を伴う患児の右室血行動態の非侵襲的観察法としては，すぐれた方法であると思われる．

M-mode contrast echocardiographyにて右左短絡が認められたが，two-dimensional contrast echocardiographyにて右左短絡を認めなかった症例が2例認められたが，この原因はstrip chart recorderと16 mmシネフィルムという記録方法の違いによるものと考えられる．strip chart recorderで記録されたM-mode contrast echocardiographyの方が，ごく少量の右左短絡を示す症例でも，contrast echoと他の心内構造物との鑑別は容易であった．また，16 mmシネフィルムをslow motionやコマ送りで観察しても，ごく少量の短絡では他の心内構造物との鑑別は容易ではなく，見落してしまう可能性がある．心房位にて大量の右左短絡がある症例では，心房位での短絡によるcontrast echoが左室に充満するため，心室位での右左短絡を診断することは困難である．このような症例では，two- dimensional echocardiographyにより欠損

口を描出し，その欠損口を contrast echo が positive jet を形成し右左短絡を示すことを確認することが必要と思われる．

本研究では，約2年の間隔をおいて2回目の検索を行った症例が2例ある．そのうち，1例は，M-mode contrast echocardiography で Group 2 から Group 1へと血行動態の変化を示した．症例数は少ないが，この結果は末梢からのコントラスト法で経時的に右室血行動態を観察することにより，不必要な心臓カテーテル・アンジオ検査を省略できることを示していると思われる．

two-dimensional echocardiography による VSD の欠損口描出方法は種々考えられるが，これまでの報告の多くは parasternal long axis view が用いられている[9)17)~19)]．この方法で描出される欠損口は，supracristal-type VSD が多く membranous-sype VSD では非常に大きなものに限られていた．この原因は膜性部心室中隔が，この断層面で描出される心室中隔より medial 側に位置するためであると考えられ[4)]，本研究でも parasternal long axis view にて描出された症例では欠損口が非常に大きなものに限られ，しかも描出された欠損口は subcostal frontal approach にくらべてかなり小さく描出された．また，前胸部からの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を描出できることがある[20)]．しかし，この断層面では心室中隔が超音波ビームの方向と平行になってしまうため，心室中隔エコーの drop out により正常児にも，あたかも欠損口があるかのように見えることがある．

前胸部からのアプローチにくらべると，本研究で使用した subcostal frontal approach では，心室中隔が超音波ビームの方向に対して斜めに位置するため心室中隔エコーの drop out による false positive の危険性は非常に少ないと思われる．Canale ら[21)]も parasternal long axis view, apical four chamber view, subcostal frontal view を用いて membranous-type VSD の描出を試みており，この中で subcostal frontal view が欠損口をもっとも大きく描出でき，しかも false positive や false negative 例がもっとも少なかったと述べている．また真の欠損口と心室中隔エコーの drop out による false positive の鑑別には"T-artifact"を用いると良いと述べているが[21)]，今回の研究でも真の欠損口であれば欠損口の辺縁が超音波を乱反射するため，欠損口辺縁の心室中隔が太く描出されあたかもT字型を呈することが多かった．しかし，本研究のごとく末梢よりのコントラスト法を併用することにより positive jet や negative jet を観察し，真の欠損口であることを確認することが最もすぐれていることは異論がないであろう．

欠損口の正確な位置診断は外科的治療に重要であり，また合併症である大動脈閉鎖不全症への進展の可能性をあらかじめ予知するためにも重要であると思われる[22)~24)]．これまでは，左室造影による位置診断に頼らざるを得なかったが[14)15)22)]，本研究により two-dimensional echocardiography にて非侵襲的位置診断が可能になった．subcostal frontal approach では membranous-type VSD が全例に描出可能であり，例数は少ないが subcostal sagittal approach では supracristal-type VSD が全例に描出可能であった．また，subcostal sagittal approach でも membranous-type VSD の欠損口が描出された症例が4例あったが，欠損口の位置は supracristal-type VSD と違い肺動脈弁直下に存在せず室上稜下部に位置することより，membranous-type VSD と supracristal-type VSD は明瞭に鑑別可能であった．しかも，末梢からのコントラスト法を行うと membranous-type VSD では negative jet は右室流入路に向かって走行するが，supracristal-type VSD では肺動脈に向かって走行するため，negative jet の方向にも注意すると VSD の位置診断は更に正確になると思われた．なお，subcostal sagittal approach では心室中隔エコーが超音波ビームの方向に対して平行に位置するため，心室中隔エコーの drop out により false positive を生じる可能性があり，末梢からのコントラスト法の併用が必要であろう．

atrioventricular canal-type VSD では，症例 HO のように非常に大きな欠損口を伴うことが多く，しかも多くの場合，膜性部心室中隔にも欠損口が広がっているため，membranous-type VSD との鑑別は困難であると思われる．また，muscular-type VSD の症例が本研究には含まれていなかったため，描出可能かどうかは検討しえなかった．Bierman ら[25)]は，subcostal sagittal approach をやや心尖部側に傾けた方向で描出できると報告しているが，その描出感度は低いようである．

本研究では，周波数 3.0 MHz，焦点距離 7.5 cm の装置を使用したが，このようなトランスデューサーでは乳幼児のように胸壁と心臓の距離が近い場合，前胸部からのアプローチでは心臓が超音波の near field に入るためよい画像が得られない．このため肋骨弓下アプローチのように，少し離れた部位より心臓をとらえた方がより鮮明な画像が得られると思われる[26)27)]．しかし，年長児では肋骨弓下アプローチはトランスデューサーと心室中隔の距離が離れすぎるため，欠損

口が超音波ビームの視野外となったり分解能の低下するfar fieldに入るため，このアプローチは適さないと思われる．

最後に，本研究では心雑音のみで心拡大や肺血流量増加などの所見のない，小欠損例は含まれていない．現在の装置の分解能から考えて，このような症例では欠損口の描出は難しいと思われる[26)27)]．しかし，本研究で示されたとうり手術適応があるか，あるいはその疑いのある症例では欠損口の描出は容易であると思われ，末梢からのコントラスト法を併用すれば得られる情報も多く，非侵襲的検査としては非常にすぐれた方法であると思われる．

結　　論

2才以下のVSD患児31例に対し，のべ33回の末梢からのコントラスト法を併用したM-modeおよびtwo-dimensional echocardiographyを施行し，血行動態の観察と欠損口の描出方法について検索を行い，次のような結果を得た．

① M-mode contrast echocardiographyでは，最大右室圧左室圧比が0.60以上の症例で心室位での右左短絡が認められたが，心房中隔欠損症を合併する症例では心房位での右左短絡のため，心室位での右左短絡の有無の判定は困難であった．

② 肋骨弓下アプローチによるtwo-dimensional echocardiographyでは，全例に心室中隔エコーの断裂像として欠損口の描出が可能であった．

③ membranous-type VSDは，subcostal frontal approachで描出でき，しかもcontrast echoのnegative jetは右室流入路に向かって走行した．

④ supracristal-type VSDは，subcostal sagittal approachで描出でき，しかもnegative jetは肺動脈に向かって走行した．

⑤ two-dimensional contrast echocardiographyでは，最大右室圧左室圧比が0.71以上の症例でpositive jetを認め，肺体血流比が2.0以上の症例でnegative jetが描出できた．

以上の結果より，乳幼児ではtwo-dimensional echocardiographyでVSDの欠損口の描出とその位置診断が可能であり，コントラスト法の併用により血行動態の推定が可能であった．

謝　　辞

稿を終えるに臨み，御指導と御校閲を賜りました恩師谷口昻教授に心から感謝の意を表します．また終始御指導，御助言をいただきました吉田均助手をはじめ小児科循環器グループの諸先生，ならびに教室員各位に感謝いたします．

文　　献

1) **Keith, J. D.**: Ventricular septal defect, p 320-379, *In* J. D. Keith, R. D. Rowe & P. Vlad (ed.), Heart disease in infancy and childhood, 3rd ed. Maclillan Co., New York, 1978.

2) **Graham, T. P. Jr., Bender, H. W. & Spach, M. S.**: Defects of ventricular Septum, p 140-161, *In* A. J. Moss, F. H. Adams & G. C. Emmanouilides (ed.), Heart disease in infants, children and adolescents, 2nd ed. Williams & Wilkins Co., Baltimore, 1977.

3) **Williams, R. G. & Tucker, C. R.**: Echocardiographic diagnosis of congenital heart disease, p 91-99, Little, Brown and Company, Boston, 1977.

4) **Feigenbaum, H.**: Echocardiography, 3rd ed., p 358-364, Lea & Febiger, Philadelphia, 1981.

5) **Valdes-Cruz, L. M., Pieroni, D. R., Roland, J. M. R. & Varghuse, P.J.**: Echocardiographic detection of intracardiac right-to-left shunts following peripheral vein injections. Circulation, **54**, 558-562 (1976).

6) **Seward, J. B., Tajik, A. J., Spanglar, J. G. & Ritter, D. G.**: Echocardiographic contrast studies. Initial experience. Mayo. Clin. Proc., **50**, 163-192 (1975).

7) **Seward, J. B., Tajik, A.J., Hagler, D. J. & Ritter, D. G.**: Peripheral venous contrast echocardiography. Am. J. Cardiol., **39**, 202-212 (1977).

8) **Serwer, G. A., Armstrong, B. E., Anderson, P. A. W., Sherman, D., Benson, D. W. Jr. & Edwards, S. B.**: Use of contrast echocardiography for evaluation of right ventricular hemodynamics in the presence of ventricular septal defect. Circulation, **58**, 327-336 (1978).

9) **Aziz, K. U., Cole, R. B. & Paul, M. H.**: Echocardiographic features of supracristal ventricular septal defect with prolapsed aortic valve leaflet. Am. J. Cardiol., **43**, 854-859 (1979).

10) 平石　聰・三原武彦・八代公夫：末梢性contrast echocardiography, 第1報　方法についての検討．日児誌，**83**, 27-32 (1979).

11) 平石　聰・三原武彦・八代公夫：末梢性contrast echocardiography, 第2報　臨床応用．日児誌，**83**, 33-44 (1979).

12) **Tajik, A. J., Seward, J. B., Hagler, D. J., Mair, D. D. & Lie, J. T.**: Two-dimensional real-

time ultrasonic imaging of the heart and great vessels. Technique, image orientation, structure identification, and validation. Mayo. Clin. Proc., **53**, 271-303 (1978).

13) **Lange, L. W., Sahn, D. J., Allen, H. D. & Goldberg, S. J.**: Subxiphoid cross-sectional echocardiography in infants and children with congenital heart disease. Circulation, **59**, 513-524 (1979).

14) **Bargeron, L. M. Jr., Elliott. L. P., Soto, B., Bream, P. R. & Curry, G. C.**: Axial cineangiography in congenital heart disease. I. Concept, technical and anatomic considerations. Circulation, **56**, 1075-1083 (1977).

15) **Elliott, L. P., Bargeron, L. M. Jr., Bream, P. R., Soto, B. & Curry, G. C.**: Axial cineangiography in congenital heart disease. II. Specific lesions. Circulation, **56**, 1084-1093 (1977).

16) **Levin, A. R., Spach, M. S., Canent, R. V., Boiean, J. P., Capp, M. P., Jain, V. & Barr, R. C.**: Intracardiac pressure-flow dynamics in isolated ventricular septal defect. Circulation, **35**, 430-441 (1967).

17) **King, D. L., Steeg, C. N. & Ellis, K.**: Visualization of ventricular septal defects by cardiac ultrasonography. Circulation, **48**, 1215-1220 (1973).

18) **Serruys, P. W., van den Brand, M., Hugenholz, P. G. & Roelandt, J.**: Intracardiac right-to-left shunts demonstrated by two-dimensional echocardiography after peripheral vein injection. Br. Heart J., **42**, 429-437 (1979).

19) **Hibi, N. & Kambe, T.**: Cross-sectional and M-mode echocardiographic study on ventricular septal defect. Jpn. Heart J., **20**, 127-138 (1979).

20) **Melzer, R. S., Schwarts, J., French, J. & Popp, R. L.**: Ventricular septal defect noted by two-dimensional echocardiography. Chest, **76**, 455-457 (1979).

21) **Canale, J. M., Sahn, D. J., Allen, H. D., Goldberg, S. J., Valdes-Cruz, L. M. & Ovitt, T. W.**: Factors affecting real-time, cross-sectional echocardiographic imaging of perimembranous ventricular septal defect. Circulation, **63**, 689-697 (1981).

22) **Fellows, K. E., Keane, J. F. & Freed, M. D.**: Angled views in cineangiography of congenital heart disease. Circulation, **56**, 485-490 (1977).

23) **Farrú, O., Duffau, G. & Rodríguez, R.**: Auscultory and phonocardiographic characteristics of supracristal ventricular septal defect. Br. Heart J, **33**, 238-245 (1971).

24) **Steinfeld, L., Dimich, I., Park, S. C. & Baron, M. G.**: Clinical diagnosis of isolated subpulmonic (supracristal) ventricular septal defect. Am. J. Cardiol., **30**, 19-24 (1972).

25) **Bierman, F. Z., Fellows, K. & Williams, R. G.**: Prospective identification of ventricular septal defects in infancy using subxiphoid two-dimensional echocardiography. Circulation, **62**, 807-817 (1980).

26) **Jaffe, C. C., Atkinson, P. & Taylor, K. J. W.**: Physical parameters affecting the visuality of small ventricular septal defects using two-dimensional echocardiography. Invest. Radiol., **14**, 149-155 (1979).

27) **Latson, L. A., Cheatham, J. P. & Gutgesell, H. P.**: Resolution and accuracy in two-dimensional echocardiography. Am. J. Cardiol., **48**, 106-110 (1981).

Echocardiographic Imaging of Ventricular Septal Defect in Infants and Assessment of Right Ventricular Hemodynamics Using a Peripheral Contrast Technique Takashi Funabashi, Department of Pediatrics (Director: Prof. N. Taniguchi), School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa, 920 – J. Juzen Med. Soc., **92**, 721–732 (1983)

Key words: M-mode echocardiography, Two-dimensional echocardiography, Peripheral contrast technique, Ventricular septal defect.

Abstract

Thirty-one patients with ventricular septal defect (VSD), aged two months to two years, were evaluated by 33 M-mode and two-dimensional echocardiographies with the aid of a peripheral venous contrast technique. An assessment of cardiac catheterization and angiography was also

made within 24 hours. M-mode scan was unreliable for imaging the defect of VSD, whereas two-dimensional echocardiography always made it possible to visualize the defect in the interventricular septum. The defects in the membranous portion (30 patients) were visualized by the subcostal frontal approach, while those in the supracristal portion (3 patients) were by the subcostal sagittal approach. In four patients with the membranous-type VSD, the defects were visualized by both subcostal frontal and sagittal approach. Fifteen patients with 0.30-0.59 ratios of right to left ventricular peak pressure showed no evidence of right-to-left shunts on M-mode contrast echocardiography, whereas all 18 patients with 0.60-1.00 ratios of right to left ventricular peak pressure showed it. In 5 patients with atrial septal defect, however, M-mode contrast echocardiography could not detect the shunts at the ventricular level for diagnosis of VSD, because the left ventricular cavity was filled with massive contrast echoes shunted at the atrial level. Two-dimensional echocardiography revealed negative contrast jets appearing through the defect in the right ventricle in 28 patients with a pulmonary to systemic blood flow ratio greater than 2.0. And it revealed positive contrast jets appearing through the defect in the left ventricle in 16 patients with a right to left ventricular peak pressure ratio greater than 0.71. The negative jets pointed toward the body of right ventricle in patients with membranous-type VSD and toward the pulmonary artery in patients with supracristal-type VSD. In patients with atrial septal defect, it was possible by two-dimensional echocardiography to diagnose VSD by demonstrating the defect and positive jets through it. It is suggested from the results that M-mode and two-dimenstional echocardiography with peripheral contrast technique are useful to confirm that anatomic location of VSD and the approximate ratio of right to left ventricular peak pressure.