

経食道超音波法による心房
中隔欠損の短絡血流につい
て

Transesophageal Dop-
pler echocardiography
in the diagnosis of atrial
septal defect

橋本 恵
久萬田俊明*
小坂田元太
徳永 慎吾
久保 茂**
青嶋 實**
田巻 俊一**
山里 有男**
伴 敏彦***
河合 忠一*

Satoshi HASHIMOTO
Toshiaki KUMADA*
Genta OSAKADA
Shingo TOKUNAGA
Shigeru KUBO**
Minoru AOSHIMA**
Shunichi TAMAKI**
Ario YAMAZATO**
Toshihiko BAN***
Chuichi KAWAI*

Summary

To assess the usefulness of transesophageal Doppler echocardiography (TEE) in diagnosing atrial septal defect (ASD), we studied eight cases with secundum type ASD, in which the diagnosis was confirmed by cardiac catheterization and surgery.

In all cases, TEE provided clear images of the interatrial septum with its defect. Shunt flow through the defect was observed by color Doppler technique, and its velocity was measured using the FFT mode. In two cases, right-to-left shunt blood flow was detected. Two types of probes were used in this study, a lateral scanning probe and a longitudinal scanning probe. The scanning plane of the former was perpendicular to the axis of the probe, and that of the latter was parallel to it. The two probes facilitated the measurement of the two right-angled dimensions, with which we could calculate the defect area, assuming the defect to be an ellipse.

The volume of a left-to-right shunt was obtained by multiplying the defect area by the integration of flow velocity against time.

Shunt volume per cardiac cycle obtained by this method correlated well with that obtained by the Fick's method during cardiac catheterization. In six cases without a right-to-left shunt, the coefficient of correlation was 0.98, and in all eight cases it was reduced to 0.72.

京都大学医学部 臨床検査医学教室
京都市左京区聖護院川原町 54 (〒606)

*京都大学医学部 第三内科

**武田病院

***京都大学医学部 心臓血管外科

Department of Clinical Sciences and Laboratory
Medicine, *Third Division of Internal Medicine and

***Department of Cardiovascular Surgery, Faculty
of Medicine, Kyoto University, Kawara-cho 54,
Shogoin, Sakyo-ku, Kyoto 606

**Takeda Hospital

Received for publication March 15, 1989; accepted June 24, 1989 (Ref. No. 35-40C)

Thus, we concluded that TEE is useful for diagnosing and evaluating ASD.

Key words

Transesophageal echocardiography

Doppler technique

Atrial septal defect

はじめに

今日、循環器疾患診療において超音波診断法は必須ともいえる検査方法となっている。非侵襲的、かつリアルタイムに心臓の形態、機能、さらには血流動態までも診断し得る検査法は、本法をおいて他にはない。しかし、胸郭や肺組織の干渉によって画像が不鮮明になり、診断確定および病態評価がしばしば困難なことがある。このような従来から“poor echo”として諦めざるを得なかった問題に対し、近年一つの解決法が示された。心臓の背面の近距離にトランスデューサーを位置することにより、胸郭、肺組織などの他組織による干渉を最小限に抑えることのできる経食道心エコー図法がそれである。

1976年、Frazinらは、経食道アプローチによるM-mode心エコー図法の臨床応用を報告した¹⁾。1980年代にはHisanagaらが弁膜疾患について、Hanrathらは心房中隔欠損症について、それぞれ本アプローチの有用性を報告している²⁻⁴⁾。

今回、我々は、近年実用化された断層およびカラードップラー機能を有した超音波装置を心房中隔欠損症の診断に応用し、その臨床的有用性を検討した。

対象と方法

対象は心臓カテーテル法により診断の確定した二次口欠損型心房中隔欠損症(ASD)8例である(男性5例、女性3例;年齢10歳~50歳)。この8症例はすべて検査後、欠損孔閉鎖の外科手術を受けた。一方、対照群としてASD以外の心臓血管疾患患者51例に経食道心エコー図法を施行し、対照群とASD群の心房中隔部所見を比較した。

超音波ドップラー断層装置はAloka-880を使用し、断層像は35mmフィルムによる写真記録

とともにVTR収録した。経食道ドップラー超音波探触子にはlateral scan探触子(UST-5220-5)とlongitudinal scan探触子(UST-5222-5)の二種類を使用した。両者とも、スキャン面はsector typeである。

Lateral scan探触子は、断層面が探触子軸に垂直になっており、水平断面を得ることができ、一方longitudinal scan探触子は断層面が探触子軸に平行であり、縦断面を得ることができる。二者の併用により、直交2断面で中隔欠損像を描出できた。

経食道ドップラー超音波探触子は以下の手順により挿入、固定した。

1) 患者は検査施行前少なくとも4時間の絶飲食とした。

2) 覚醒時検査の場合:キシロカインゼリー、およびスプレーにて咽頭麻酔を施行した。手術前麻酔導入下の場合には咽頭麻酔は施行しなかった。

3) 咽喉頭部を傷つけることなく、円滑に食道内に導入させるため、先端部にキシロカインゼリーを塗布した探触子を上方に屈曲させ胃カメラ挿入と同要領で口腔から食道内に誘導した。覚醒時の検査では、患者自身の嚥下運動により容易に咽喉頭部を通過させることができた。

4) 探触子のコネクターをドップラー断層装置に接続し、得られる画像により探触子先端部の位置を確認しながら徐々に挿入した。探触子を上方に軽度屈曲させ、食道粘膜に探触子先端を密着させることにより、画像を鮮明にすることができた。

5) ゆっくり回転をかけながら探触子を徐々に胃方向に進めると、やがて最も判別しやすい指標である三弁構造の大動脈弁が見え、これが発見されれば、そのすぐ口側に隣接して心房中隔を挟んだ左心房、右心房が同定された。すなわち、左心

房は食道探触子に隣接し、超音波ビームにほぼ垂直に横たわる心房中隔を挟んで対側に右心房が位置した。

6) Lateral scan 探触子による観察、測定が終了した後、探触子を引き抜き、ついで longitudinal scan 探触子を挿入し、同様の要領で検査を行った。

7) 二種類の探触子の併用により欠損口の直交する二つの径を計測し、欠損口を楕円と仮定してその面積を算定した。

8) 欠損口通過血流速度を時間軸について積分し、欠損口面積を乗じて一心拍当たりの平均左右短絡血流量を算定した。

結 果

ASD 8 症例全例に心房中隔の欠損画像を直交二断面で描出することができた (Fig. 1)。一方、対照群 51 例のいずれにおいても、断層画像上、心房中隔に欠損画像を認めず、ASD 診断上の偽陽性は皆無であった。

Fig. 2 は欠損口を通過する短絡血流のカラードップラー画像およびその血流速度を fast Fourier transform (FFT) モードで表示したものである。8 症例におけるおのおのの最大短絡血流速度は 40~90 cm/sec であった (Table 1)。8 症例中 2 例に、右心房から左心房へ向かう逆短絡血流がカラードップラー画像上に検出された (Fig. 3)。これら 2

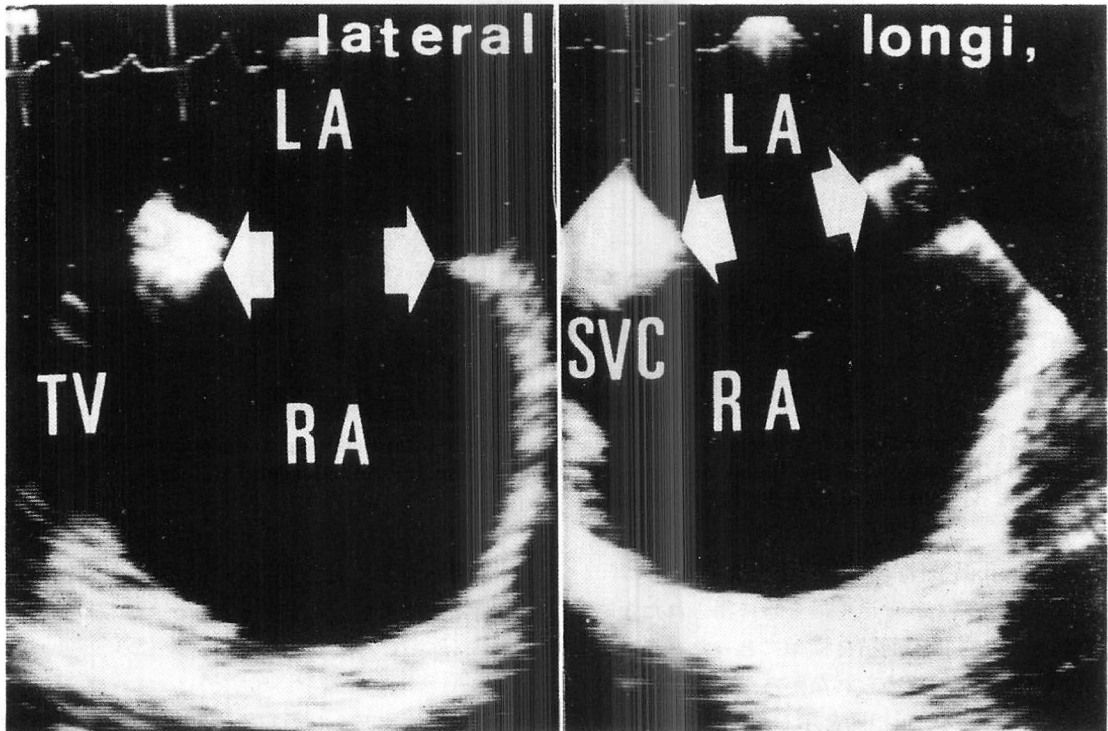


Fig. 1. Two-dimensional images of the left atrium (LA), the interatrial septal defect and the right atrium (RA) obtained from transesophageal approach.

The left panel shows the image obtained with a lateral scanning transducer. The right panel shows the image obtained with a longitudinal scanning transducer.

TV=tricuspid valve; SVC=superior vena cava. Arrows indicate an interatrial septal defect.

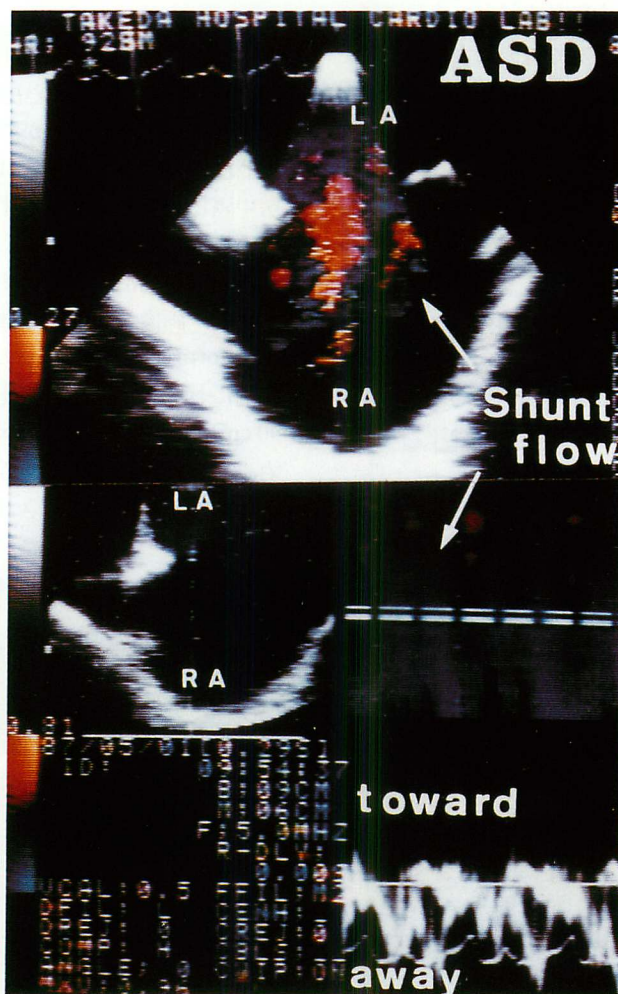


Fig. 2. Color Doppler image of shunt flow through an interatrial septal defect (upper) and the FFT analysis of the blood flow velocity through the interatrial septal defect. The flow directs toward the right atrium.

例での欠損孔面積は 5 cm^2 以上と大であった。

Fig. 4 は心臓カテーテル検査時に得られた短絡率を縦軸に、欠損部面積を横軸にとったグラフであるが、逆短絡の認められなかった6例については、 $r=0.98$ の良い正相関を示した。

Fig. 5 は心臓カテーテル検査時 Fick 法により得られた短絡率と、経食道心エコー図法により得られた短絡血流量との関係を示す。逆短絡の認められた2症例を除いては、相関係数 $r=0.98$ と良

い相関を得た。逆短絡のある2例を含めた場合、相関係数は $r=0.72$ であった。

考 察

従来の体表面からの超音波断層法では、超音波ビームが心房中隔に対し斜めに入射するため、欠損を有しない正常心房中隔においても、時に中隔欠損と誤認される。したがって断層画像のみで ASD を確定診断することは困難であった³⁾。そ

Table 1. Patients by age, sex and findings

No.	Patients	Age (yrs)	Sex	Shunt ratio (%)		HR beats/min	Flow (cm/sec)		Area (cm ²)
				L-R	R-L		P	m	
1	E. K.	49	F	75	10	94	80	40.6	6.6
2	K. Y.	38	M	74	0	104	55	42.5	3,9
3	H. O.	18	M	55	0	90	86	32,8	2,0
4	S. M.	15	M	47	0	104	90	26.8	1.7
5	S. F.	10	F	38	0	129	86	36.0	1.2
6	R. T.	50	M	58	16	64	57	23.4	6.1
7	M. T.	36	F	63	0	71	50	24.7	2.8
8	M. I.	15	M	56	0	94	79	33.7	2.4

L-R=left-to-right shunt; R-L=right-to-left shunt; HR=heart rate; Flow=flow velocity via the interatrial septal defect as measured by TEE; P=peak flow velocity; m=mean flow velocity; Area=area of an interatrial septal defect as calculated from the two dimensions obtained by TEE, assuming the defect to be an ellipse.

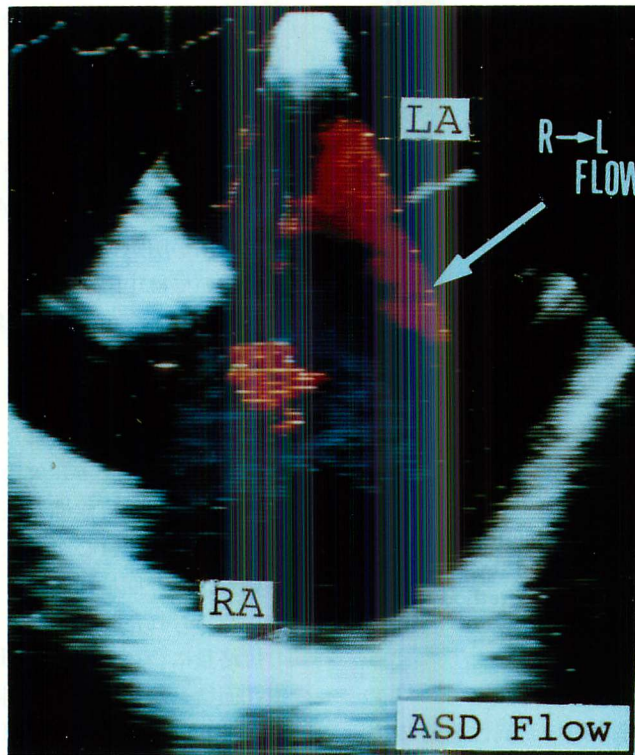


Fig. 3. Color Doppler image of interatrial shunt flow obtained by TEE in a patient (No. 6). In the early diastolic phase, right-to-left shunt flow (large arrow) is observed as red signals.

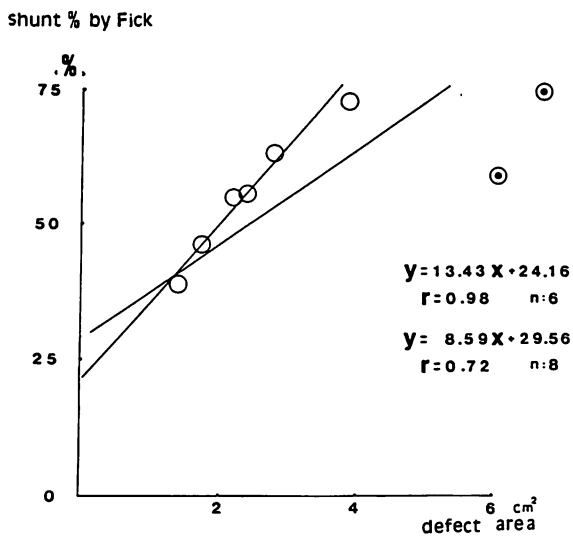


Fig. 4. Relationship of the area of an interatrial septal defect obtained by TEE and shunt rate obtained by the Fick's method during cardiac catheterization.

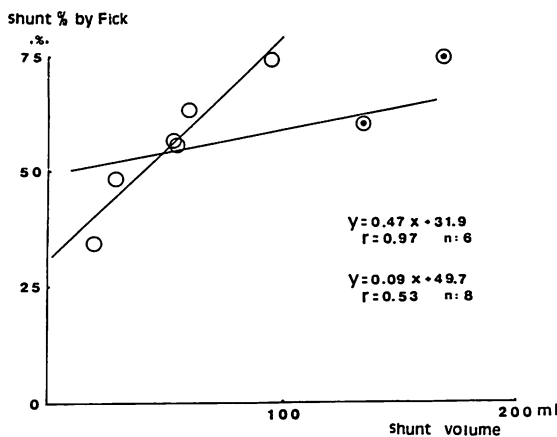


Fig. 5. Relationship of interatrial shunt flow volume per heart beat obtained by TEE and shunt rate obtained by the Fick's method during cardiac catheterization.

のため, 従来の体表面アプローチによる ASD の診断は, 右室の拡大, 心室中隔の奇異性運動など, 右室容量負荷所見の確認や, コントラストエコー図法とドップラー法による短絡血流の証明など,

間接的所見に依存してきた^{5~14)}.

Subxiphoid アプローチ^{15~16)}や胸骨右縁アプローチによる断層法¹⁷⁾では, 心房中隔を比較的鮮明に描出できるが, 全例において明瞭な画像を得ることはできず, 超音波ビーム方向のわずかな変化で画像が不鮮明になるため, 心房中隔欠損の確定的診断方法としては, 安定性, 信頼性に欠ける.

経食道アプローチは, 心房中隔に対し, 左心房を挟んだ近距離からほぼ垂直に超音波ビームを入射するため, 心房中隔の鮮明な画像を描出することができる. ASD の診断および評価における経食道超音波断層法 (TEE) の有用性は 1983 年 Hanrath らにより報告されている³⁾. 彼らは経食道心エコー図法を用いて ASD の診断評価を行い, TEE により計測された欠損孔の径と, 手術時の実測値との結果が良く相関したと報告した. Hanrath らの使用した探触子は断層画像のみで, ドップラー法による血流情報は得られず, 断層面も水平断面のみであった.

今回, 我々はカラードップラー法および血流ドップラー計測の可能な経食道超音波探触子を用い, 心房中隔欠損症診断を行い, その臨床的有用性を検討した. その結果, ASD 8 例全例において中隔欠損が明瞭に確認されたのに対し, 対照群 51 例については中隔欠損様の中隔断裂像を示すものではなく, 本症診断の感度, 特異度ともに 100% であった.

8 例中 2 例においてカラードップラー画像上で逆短絡の存在が認められたが, 2 例とも欠損孔面積は 5 cm² 以上あり, 欠損孔面積が大きくなると逆短絡が生じる可能性が高くなることが示唆された. 逆短絡血流は心室の拡張中期から末期にかけて見られ, 今回検討した 2 症例では欠損孔の辺縁部に認められた.

短絡量については, TEE により計測された欠損孔面積と短絡速度の時間積分値との積が, Fick 法により計測された短絡率と非常によい相関を示し, 短絡量の推定にも本法が有用であることを示唆した.

結 語

TEE は断層画像による ASD 診断の精度を高め、カラードプラー法による逆短絡の検出、欠損孔面積、短絡血流量の推定などの血行動態的評価が可能となる。

要 約

経食道ドプラー心エコー図法 (transesophageal Doppler echocardiography: TEE) が心房中隔欠損症 (ASD) の診断に有用であるか否かを検討した。対象は心カテによって確定診断された ASD 8 症例で、全例、外科的欠損孔閉鎖術を受けた。全症例において経食道ドプラー心エコー図法により欠損を有する心房中隔の断層画像が明瞭に描出でき、ASD の迅速かつ正確な診断が可能であった。中隔欠損部を通過するシャント血流をカラードプラー画像で観察し、その流速を fast Fourier transform (FFT) モードで計測した。

検査には、lateral scanning 探触子と longitudinal scanning 探触子の二種類の探触子を用いた。前者では探触子の軸に直角な横断面、後者では探触子軸に平行な縦断面を得ることが出来た。二種類の探触子を使用することにより欠損孔の直交 2 軸を計測し、欠損孔を楕円と仮定してその面積を計算した。左-右シャント血流量は、血流速度を時間軸について積分し、それと欠損孔面積との積によって求めた。この方法により得られた一心拍当りのシャント量は心カテ時 Fick 法により得られたシャント率と良い相関を示した。8 例中 2 例に右-左シャントを検出し、右-左シャントのない 6 例については $r=0.98$ 、全例については $r=0.72$ の相関を得た。

以上の結果より、TEE は ASD の評価に有用な方法であると結論された。

文 献

1) Frazin L, Talano JV, Stephanides L, Loeb HS, Kopel L, Gunnar RM: Esophageal echocardiography. *Circulation* **54**: 102-108, 1976

2) Hisanaga K, Hisanaga A, Nagata K, Ichie Y: Transesophageal cross-sectional echocardiography. *Am Heart J* **100**: 605-609, 1980

3) Hanrath P, Schlüter M, Langenstein BA, Polster J, Engel S, Kremer P, Krebber HJ: Detection of ostium secundum atrial septal defects by transesophageal cross-sectional echocardiography. *Br Heart J* **49**: 350-358, 1983

4) Schlüter M, Langenstein BA, Hanrath P, Kremer P, Bleifeld W: Assessment of transesophageal pulsed Doppler echocardiography in the detection of mitral regurgitation. *Circulation* **66**: 784-789, 1982

5) Diamond MA, Dillon JC, Haine CL, Chang S, Feigenbaum H: Echocardiographic features of atrial septal defect. *Circulation* **43**: 129-135, 1971

6) McCann WD, Harbold NB, Giuliani BR: The echocardiogram in right ventricular overload. *JAMA* **221**: 1243-1245, 1972

7) Tajik AJ, Gau GT, Ritter DG, Schattenberg TT: Echocardiographic pattern of right ventricular diastolic volume overload in children. *Circulation* **46**: 36-43, 1972

8) Popp, RL, Wolfe SB, Hirata T, Feigenbaum H: Estimation of right and left ventricular size by ultrasound: A study of the echoes from the interventricular septum. *Am J Cardiol* **24**: 523-530, 1969

9) Radtke WE, Tajik AJ, Gau GT, Schattenberg TT, Giuliani ER, Tancredi RG: Atrial septal defect: Echocardiographic observations: Studies in 120 patients. *Ann Intern Med* **84**: 246-253, 1976

10) Hayashida N, Umeda T, Furuta S, Machii K: Echocardiographic study on interventricular septal movement in atrial septal defect. *J Cardiol* **6**: 349-355, 1976 (in Japanese)

11) Serruys PW, VanDenBrand M, Hugenholtz PG, Roelandt J: Intracardiac right-to-left shunts demonstrated by two-dimensional echocardiography after peripheral vein injection. *Br Heart J* **42**: 429-437, 1979

12) Valdes-Cruz LM, Pieroni DR, Roland JMA, Varghese PJ: Echocardiographic detection of intracardiac right-to-left shunts following peripheral vein injections. *Circulation* **54**: 558-562, 1976

13) Seward JB, Tajik AJ, Hagler DJ, Ritter DG: Peripheral venous contrast echocardiography. *Am J Cardiol* **39**: 202-212, 1977

14) Suzuki Y, Kambara H, Kadota K, Tamaki S, Yamazato A, Nohara R, Osakada G, Kawai C,

橋本, 久萬田, 小坂田, ほか

- Kubo S, Karaguchi T: Detection of intracardiac shunt flow in atrial septal defect using a real-time two-dimensional color-coded Doppler flow imaging system and comparison with contrast two-dimensional echocardiography. *Am J Cardiol* **56**: 347-350, 1985
- 15) Lange LW, Sahn DJ, Allen HD, Goldberg SJ: Subxiphoid cross-sectional echocardiography in infants and children with congenital heart disease. *Circulation* **59**: 513-124, 1979
- 16) Bierman FZ, Williams RG: Subxiphoid two-dimensional imaging of the interatrial septum in infants and neonates with congenital heart disease. *Circulation* **60**: 80-90, 1979
- 17) Tei C, Tanaka H, Kashima T, Yoshimura H, Minagoe S, Kanehisa T: Real-time cross-sectional echocardiographic evaluation of the interatrial septum by right atrium-interatrial septum-left atrium direction of ultrasound beam. *Circulation* **60**: 539-546, 1978