

高速度超音波心臓断層法による心房中隔欠損症の臨床的研究：とくに心室中隔の後方偏位について

Clinical study on atrial septal defect by means of ultrasono-cardiotomography: with special reference to the backward deviation of interventricular septum

福井 洋一
加藤 忠之
日比 範夫
荒川 武実
西村 欣也
立松 廣
三輪 新
多田 久夫
神戸 忠

Yoichi FUKUI
Tadayuki KATO
Norio HIBI
Takemi ARAKAWA
Kinya NISHIMURA
Hiroshi TATEMATSU
Arata MIWA
Hisao TADA
Tadashi KAMBE

Summary

High-speed ultrasono-cardiotomography was performed on 20 patients with atrial septal defect of secundum type and 10 normal subjects, in order to study the backward deviation of the interventricular septum (IVS), using a Sonolayergraph of Toshiba, SSL-51H. The cross-sectional echocardiograms were taken by 8 mm cinecamera in combination with ordinary 35 mm camera or polaroid camera through the left ventricular long axis at the 4th left intercostal space.

The angle between the interventricular septum and the parallel line with the anterior chest wall was measured at 3 different points (Figure 1) of the IVS. The data were analysed at end-systole and end-diastole.

In atrial septal defect, there was a significant backward deviation of the IVS, compared with that in normal subjects. Especially, the middle portion showed a remarkable change. Additionally, the deviation of IVS was prominent in ASD with severe pulmonary hypertension or large left-to-right shunt.

Moreover, there was a significant correlation between the mean pulmonary artery pressure and the backward inclination of the upper part of IVS. However, the ratio of left-to-right shunt (%) was not significantly related with the deviation.

In conclusion, high-speed ultrasono-cardiotomography appears to be of value in observing in real time motion of the IVS in ASD.

Key words

- high-speed ultrasono-cardiotomography
- atrial septal defect
- backward deviation of the interventricular septum
- pulmonary artery pressure
- left-to-right shunt

はじめに

我々は、1973年以来、高速度超音波心臓断層法を各種心疾患に応用して、心臓の実時間観察を行って来た。¹⁾今回は心房中隔欠損症 (ASD) について検索し、従来より強調されている右室容量負荷の特徴である心室中隔の奇異性運動²⁾や右胸腔拡大のほかに、心室中隔の解剖学的な異常偏位に気付いたので、ここにその所見を提示し、さらに左右シャント率、肺動脈圧、右室流出路徑、胸部レントゲン写真 (心胸郭比、肺動脈突出度) と比較検討したので、その結果を報告する。

目的ならびに方法

今回の研究目的は、健康人と ASD の両者で、前胸壁に対する心室中隔の傾きを比較し、さらに ASD における心室中隔の偏位が、右室容量負荷や圧負荷と、どのように関係しているかを調べるため、左右シャント率と肺動脈圧と比較した。

1) 対象: ASD を有する患者 20 名 (男 7 名, 女 13 名) で 2 才から 41 才 (平均 25.1 ± 11.48 才) と健康人は 10 名 (男 9 名, 女 1 名) で 10 才から 46 才 (平均 21.0 ± 10.02 才) を対象とした。

2) 装置: 東芝製 SSL-51H 型高速度超音波心臓断層装置を使用した。³⁾⁻⁵⁾ 探触子は、周波数 2 または 3 MHz, 直径 10 mm, 焦点距離 75 mm のものを用いた。

3) 記録方法: 被験者を背臥位にし、第 4 肋間胸骨左縁で扇形走査し、左室長軸方向にほぼ一致する断面を、8 mm シネカメラと 35 mm カメラ

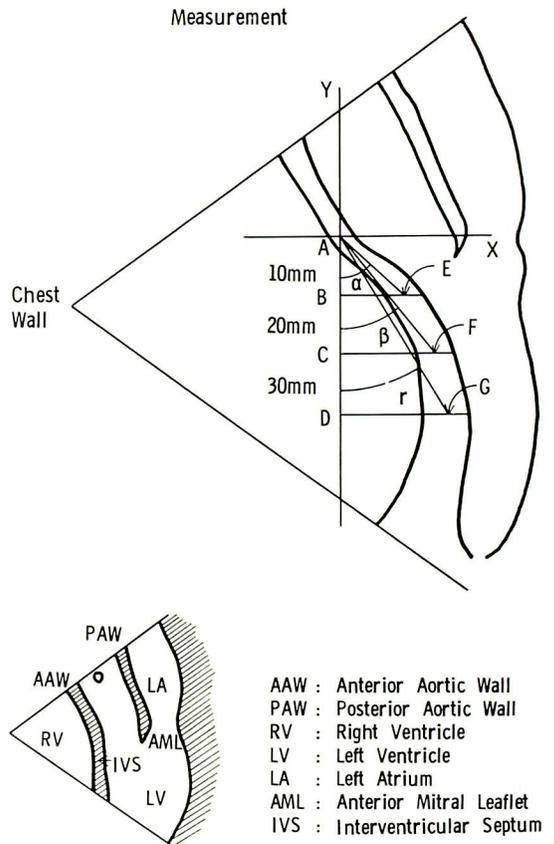


Figure 1. Method of measurement.

Initially, a horizontal line X is drawn at the boundary between the anterior aortic wall and the interventricular septum, and a line Y perpendicular to X is described passing through the point A. Furthermore, points B, C and D are given at the distance of 10 mm, 20 mm and 30 mm from A, respectively. In addition, three lines are drawn parallel with X passing through B, C and D, giving points E, F and G as shown in Fig. 1. Thus, the angle α , β , and γ are measured.

でフィルムに記録した。

4) 心室中隔の位置の計測: Figure 1 に示すごとく, 大動脈前壁と心室中隔の境界(移行部)を通り前胸壁に垂直な直線 X をひき, その直線上に中隔移行部を 2 分する点を A とし, 点 A を通り X に直角で前胸壁に平行な直線 Y をひく。この直線上に A より下方へ 10 mm, 20 mm, 30 mm の各点を B, C, D とする。この各点 B, C, D を通り, 直線 Y に垂直な直線が心室中隔に交り, かつ中隔の右室縁と左室縁の midpoint を各々 E, F, G とする。∠BAE, ∠CAF, ∠DAG を計り, 直線 Y より右側の角度を(+), 左側のものは(-)とした。なお時相は, 収縮後期と拡張後期に統一

Table 1. The measured angles of IVS in normal subjects

Case	Normal			End-Systole			End-Diastole		
	Sex	Age		α_1	β_1	r_1	α_2	β_2	r_2
1) M.T.	m.	15		29	16	8	0	-8	-13
2) M.K.	m.	22		0	-17	-26	-23	-27	-30
3) T.I.	m.	46		8	-8	-16	-26	-24	-25
4) T.M.	m.	11		16	10	0	0	-14	-20
5) M.I.	m.	30		33	23	11	0	0	-4
6) M.T.	m.	20		0	-11	-17	-23	-23	-23
7) H.Y.	f.	22		19	15	10	0	-10	-13
8) Y.E.	m.	15		22	11	2	8	0	-7
9) S.K.	m.	19		8	0	-9	-5	-12	-16
10) K.T.	m.	10		10	-6	-12	-16	-23	-25 (degree)
Mean		21.0		14.5	3.3	-4.9	-8.5	-14.1	-17.6
S.D.		10.02		10.75	12.78	12.23	11.66	9.38	8.00

Table 2. Summaried clinical data of 20 patients with ASD

Case	ASD			End-Systole degree			End-Diastole degree			Shunt R. % (l-r)	Bif. Press. mmHg	RVOFD mm	CTR %	PMI / (1/2)Lb %
	Sex	Age		α_1	β_1	r_1	α_2	β_2	r_2					
1) T.Y.	f.	29		42	36	27	19	19	15	52	79/26 (39)	33	70	64
2) I.Y.	m.	21		29	26	26	20	20	18	70.5	44/-4 (24)	38	64.6	40
3) S.T.	f.	34		48	48	43	41	37	33	54	94/12 (50)	34	69.4	80
4) Y.O.	f.	39		34	27	27	15	12	10	97	58/ 2 (20)	26	58.7	65.2
5) Y.Y.	m.	17		26	19	13	9	9	7	69.9	24/12 (18)	34	52	33.3
6) K.H.	m.	14		32	20	13	25	17	12	78.5	37/14 (22)	30	53	43
7) H.O.	m.	30		23	14	6	5	5	3	83	43/13 (22)	36	51	44.5
8) M.Y.	m.	41		12	8	8	10	7	7	72	35/ 6 (15)	28	58	36
9) A.S.	f.	26		17	13	10	0	0	*	50.6	28/ 5 (16)	29	52.2	43.5
10) K.M.	f.	23		16	16	11	0	-6	-14	68.2	30/ 3 (11)	29	55	39
11) M.A.	f.	24		18	11	7	23	4	0	74.9	65/ 5 (22)	36	63	42.7
12) J.T.	f.	16		27	17	9	5	0	-5	58.3	30/ 2.5 (27)	28	52.1	37.5
13) T.Y.	m.	41		33	16	5	8	-5	-10	51	30/ 3 (13)	30	56	35
14) H.T.	m	2		30	14	7	0	-4	-6	67	40/15 (25)	34	54.9	52
15) R.I.	f.	11		14	2	-7	8	-4	-10	27.6	24/ 0 (12)	30.5	52.1	42
16) A.Y.	f.	36		30	9	-4	0	-18	-25	49	110/40 (60)	44.4	64	60
17) K.M.	f.	4		14	5	0	-6	-9	-12	37	48/28 (38)	18	52	47.1
18) S.M.	f.	24		18	2	-9	-18	-18	-24	68.2	42/ 7 (20)	30	53	44.7
19) T.I.	f.	31		-7	-15	-19	-16	-20	-23	24.3	25/ 3 (14)	22	47.1	43
20) K.K.	f.	39		20	11	11	0	0	3	33.7	33/ 7 (16)	48	54	38
Mean		25.1		23.8	14.9	9.7	7.4	2.3	-1.1	59.3	(24.2)	31.9	56.6	46.5
S.D.		11.48		11.75	12.85	13.94	13.60	13.87	15.05	18.66	(8.06)	6.65	6.21	11.69

Bif. Press.: pulmonary artery pressure, RVOFD: right ventricular outflow dimension, PMA / (1/2) Lb: the degree of protrusion of pulmonary artery.

した. 収縮後期の $\angle BAE$ を α_1 , $\angle CAF$ を β_1 , $\angle DAG$ を γ_1 とし, 拡張後期の $\angle BAE$ を α_2 , $\angle CAF$ を β_2 , $\angle DAG$ を γ_2 とした.

成 績

1) 健康人 α_1 ; 平均値 (mean) 14.5° , 標準偏差 (SD) 10.75, β_1 ; mean 3.3° , SD 12.78, γ_1 ; mean -4.9° , SD 12.23, α_2 ; mean -8.5° , SD 11.66, β_2 ; mean -14.1° , SD 9.38, γ_2 ; mean -17.6° , SD 8.00 であった (Table 1). ASD, α_1 ; mean 23.8° , SD 11.75, β_1 ; mean 14.9° , SD 12.85, γ_1 ; mean 9.7° , SD 13.94, α_2 ; mean 7.4° , SD 13.60, β_2 ; mean 2.3° , SD 13.87, γ_2 ; mean -1.1° , SD 15.05 であった (Table 2).

健康人と ASD の mean の差の t 検定は Figure

2 に示すように, α_1 ; $t=2.04$, $p<0.10$, β_1 ; $t=2.27$, $p<0.05$, γ_1 ; $t=2.75$, $p<0.05$, α_2 ; $t=3.09$, $p<0.01$, β_2 ; $t=3.25$, $p<0.01$, γ ; $t=3.13$, $p<0.01$ であり, 健康人と ASD の心室中隔の傾きについて, 点 E での収縮期を除いて, 有意差が認められた. この有意差を Figure 3 に示した.

2) シャント率 (左右) の mean は, 59.33% , SD 18.66 で, ASD の肺動脈圧 (平均値) の mean は 24.2 mmHg , SD 8.06 であり, ASD のシャント率と肺動脈圧の間に相関は, 見られなかった.

3) ASD の左右シャント率と角度には, 相関はなかった.

4) ASD の肺動脈圧と角度 ($\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \alpha_2, \beta_2, \gamma_2$) との相関係数はそれぞれ, 0.837 ($p<0.01$), 0.649 ($p<0.01$), 0.341 , 0.451 ($p<0.05$), 0.311 ,

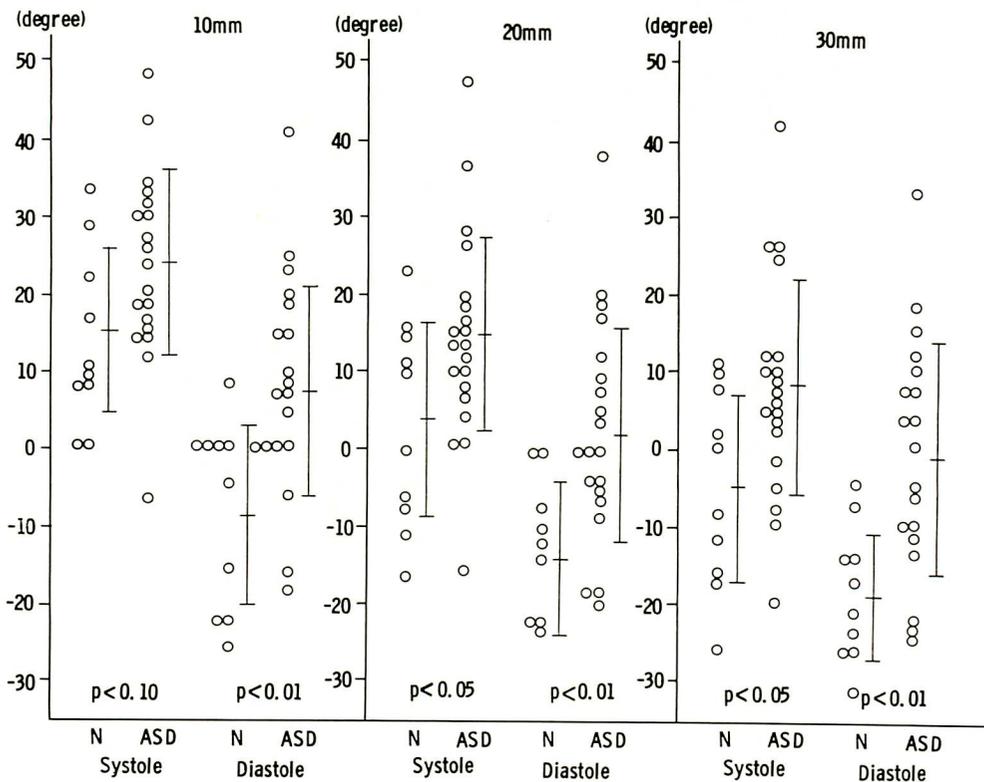
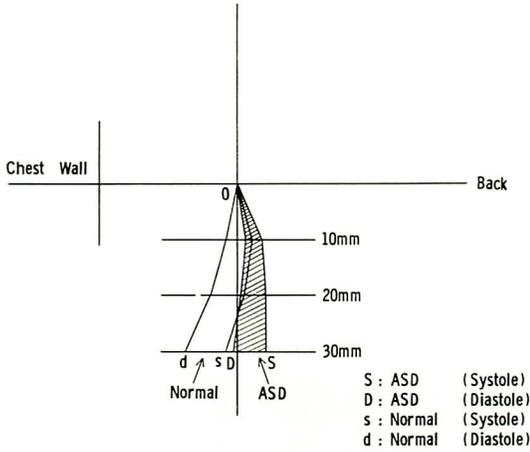


Figure 2. Comparison between the data of ASD and normal subjects.

N: normal control, ASD: atrial septal defect.



(mean degree)	End-Systole			End-Diastole		
	α_1	β_1	r_1	α_2	β_2	r_2
ASD	23.8	14.9	9.7	7.4	2.3	-1.1
Normal	14.5	3.3	-4.7	-8.5	-14.1	-17.6
t	2.04	2.27	2.75	3.09	3.25	3.13
p	<0.10	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01

Figure 3. Schema of backward deviation of IVS in ASD.

0.227 であり，肺動脈圧と心室中隔の上部 10 mm 20 mm からの点では，収縮後期において，ある程度の相関が見られ，拡張後期 10 mm で，少しの相関が見られた。

次に ASD 患者の中で，心室中隔の後方偏位の典型的な 2 例を症例提示する。

症例 (Case 3). S.T., 34 才，女 (既婚)。

生下時より，心雑音を指摘されていた。1964 年，東京女子医大にて ASD を診断され，人工妊娠中絶を受ける。その後開業医にて経過観察されていたが，2 年位前より，労作時呼吸困難や立ちくらみが出現するようになり，手術適応決定のため，1975 年 9 月 8 日，当内科へ入院した。既往歴に小児期の麻疹と耳下腺炎，成人期の人工妊娠中絶がある。家族歴に父の脳卒中 (死亡) がある。入院時理学のおよび検査所見は，臨床的重症度 NYHA III°，WaR 陰性，血圧 96-60 mmHg，脈拍 80/分不整，肝脾不触，肝機能正常，ASLO

125，CRP，RA ともに陰性，電解質正常，胸部レントゲン写真は，心陰影で右 2 弓，左 2,3,4，弓の突出あり (CTR≒69.4%，肺動脈突出度 80%)，心電図上右室肥大と心室性期外収縮を見た。聴診

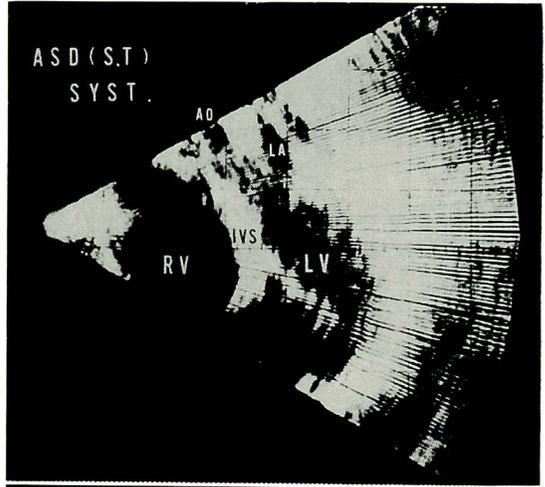


Figure 4. ultrasono-cardiotomogram through the left ventricular long axis in a 34-year-old female with atrial septal defect of secundum type (S. T.) (Case 3).

The IVS is found to be remarkably deviated posteriorly toward the left ventricular cavity. The right ventricular chamber is more enlarged in diastole. syst.: systole, diast.: diastole, AO: aorta, LA: left atrium, LV: left ventricle, IVS: interventricular septum, RV: right ventricle.

および心音図所見上, II 音は肺動脈弁成分の増強を伴う固定性分裂 (0.06 秒) で第 3 肋間胸骨左縁に最強点をもつ駆出性収縮期雑音 (3/6) があつた. 右心カテーテル法にて, 右房中央にて酸素飽和度 93%, 上下大静脈 56% であり右房レベルでの酸素飽和度の上昇があつた. 肺動脈圧 (分岐部) は, 収縮期 94 mmHg, 拡張期 12 mmHg, 平均値 50 mmHg と肺高血圧を示した. 左右短絡率は 54% で, 肺動脈注入の dye-dilution は, 左右シャントカーブを示した. 以上の患者であるが, 超音波心臓断層法では, **Figure 4** で示すごとく, 心室中隔は強度に左室腔側へ後方偏位を示し, 今回計測した結果, 収縮後期は, $\alpha_1 48^\circ, \beta_1 48^\circ, \gamma_1 43^\circ$, 拡張後期は, $\alpha_2 41^\circ, \beta_2 37^\circ, \gamma_2 33^\circ$ となった.

症例 (Case 2). I. Y., 21 才, 男.

生後身体が弱かったが, 発育は普通であつた. 小学生の時, 心雑音を指摘され, 多少の制限は受けたが, 体操などは出来るだけやっていたという. 1974年9月8日, 網膜剥離の治療のため, 名大眼

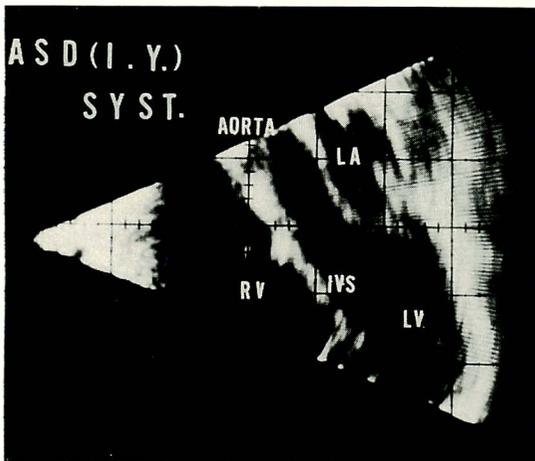


Figure 5. Ultrasono-cardiotomogram in a 21-year-old male with atrial septal defect of secundum type (I. Y.) (Case 2).

The interventricular septum is extremely pushed posteriorly, forming a greater angle with anterior chest wall. SYST.: systole, LA: left atrium, LV: left ventricle, IVS: interventricular septum, RV: right ventricle.

科へ入院した. 入院時諸検査を受け, 勧めにより, 1975年2月11日, 当内科へ転科入院した. 既応歴では1才の時, 先天性緑内障の手術を受け, 1972年網膜剥離の診断も受けた. 入院時理学的小および検査所見は, 重症度 NYHA II°, Wa-R 陰性, 血圧 126-60 mmHg, 脈拍 96/分整, 肝脾不触, 肝機能正常, ASLO 125, CRP, RA ともに陰性, 電解質正常であり, 胸部レントゲン写真は心陰影で左 2, 3, 4 弓の突出あり (CTR=64.6%,

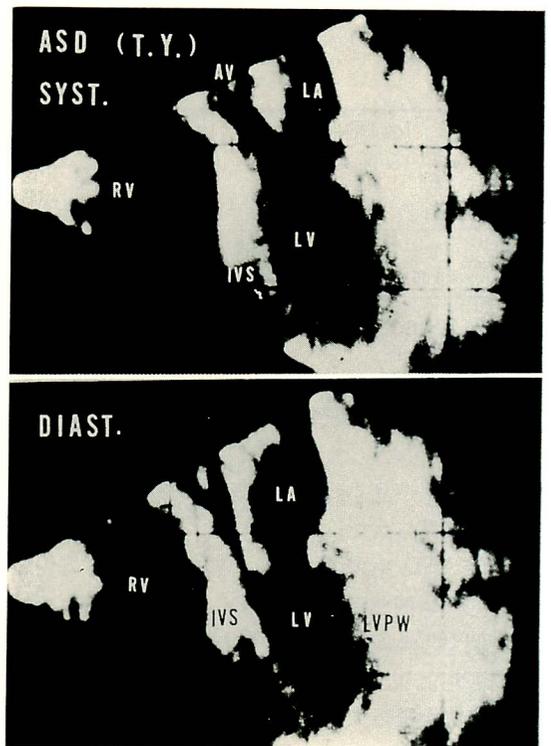


Figure 6. Ultrasono-cardiotomogram in a 29-year-old female with atrial septal defect of secundum type (T. Y.) (Case 1).

The upper picture is in systole, and the lower is in diastole. The interventricular septum is deviated backward throughout the entire cardiac cycle. But in diastole, the inclination is more remarkable than in systole. SYST.: systole, DIAST.: diastole, AV: aortic valve, LA: left atrium, LV: left ventricle, IVS: interventricular septum, RV: right ventricle, LVPW: left ventricular posterior wall.

肺動脈突出度 40%), 心電図は完全右脚ブロックと右室肥大を示した。聴診および心音図所見では, II 音は肺動脈弁成分の増強を伴う固定性分裂 (0.05 秒)を示した。右心カテーテル法では, 右房下部の酸素飽和度 90.2%, 下大静脈 73.8%, 上大静脈 69.4% であり, 右房での酸素飽和度の上昇が

認められた。肺動脈圧 (分岐部) は収縮期 44 mm Hg, 拡張期 -4 mmHg, 平均 24 mm Hg であった。なお左右シャント率は 70.5% であった。この患者の超音波心臓断層像も **Figure 5** に示すごとく, 心室中隔の左室側への後方偏位は著明であり, 計測によると, 収縮後期は $\alpha_1 29^\circ$, $\beta_1 26^\circ$, $\gamma_1 26^\circ$ で, 拡張後期は, $\alpha_2 20^\circ$, $\beta_2 20^\circ$, $\gamma_2 18^\circ$ であった。ここでもう 1 例 ASD の心室中隔が偏位している超音波心臓断層像 (Case 1) を **Figure 6** で示しておく。なお, 健康人の心室中隔は **Figure 7** で示すように, 前胸壁側へ向いており, ASD の心室中隔の像と異なっている。

考 察

我々は今回の研究により, ASD の心室中隔は, 健康人のそれに比べ有意に左室側へ後方偏位をしている事実を証明しえた。

仁田⁶⁾は, 十分な統計的処理はなされていないが, 超音波心臓断層法で ASD での心室中隔は前胸壁に平行になり, これは右室容量負荷に対処する右室の適応形態としている。さらに, Meyer⁷⁾は, 左室造影法にて右室容量負荷のある状態では, 心室中隔は胸壁に対し平行になると述べている。心室中隔の傾きの原因は, 我々も主に右室容量負荷によるものと考えている。すなわち, 右心系の容量負荷は, 右室流入路および流出路を拡大させ, 右室が左方へ張出し, また, 拡大した右室のため, 左室が後方へ圧迫され, この右室腔の拡大が強ければ強いほど大動脈から離れた部分に影響することが考えられる。さらに今回の研究で, 心室中隔の傾きが健康人のそれに比べ, 大動脈前壁と心室中隔の移行部より下方 20~30 mm の所で大きくなっており, 右室容量負荷が強ければ強いほど, 中隔の傾きが下方で強くなると考えられる。さらに, 右心系だけでなく左室系の發育不全も, ASD の心室中隔の傾きに影響をおよぼしているものと思われる。

心室中隔の角度と左右シャント率の間の相関係数を求めた際, 我々は意に反して, 有意なる相関

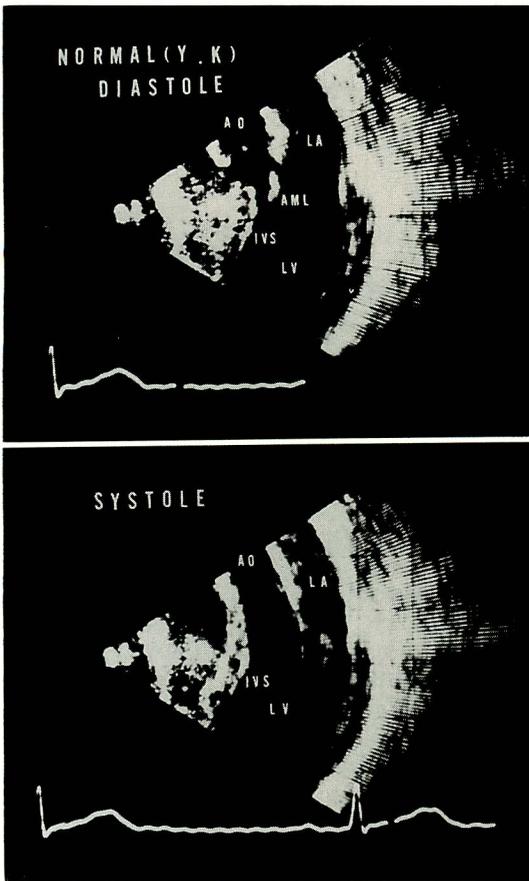


Figure 7. Ultrasono-cardiotomograms along the long axis of the left ventricle in a normal subject (Y. K.).

The upper panel is at early diastole and the lower at mid-systole. The interventricular septum is inclined forward but no backward deviation is observed. The interrupted portion in the electrocardiogram shows the moment of the cross-section. AO=aorta, LA=left atrium, AML=anterior mitral leaflet, IVS=interventricular septum, LV=left ventricle.

は求められなかった。これにはASD 20名中6名が、平均値で25 mmHgをこえる肺高血圧症⁸⁾を伴っている点が、問題になると考えられる。我々の結果で、左右シャント率と肺動脈圧には、正の相関も負の相関も求められなかったものの、Campbellら⁹⁾は、肺動脈圧が、体血圧レベルに近づくと、左右シャントは徐々に小さくなり、右左シャントを伴うようになり、ついにはシャントがバランスすると述べている。このため、シャント率(左右)と右室容量負荷を示すと考えられる中隔の傾きの相関係数は悪くなり、有意差が得られなかったものと考えられる。またこれは、逆に肺動脈圧と相関する結果が得られたことを説明するものと思われる。Diamondら²⁾は、正常肺血管抵抗の二次口欠損症では、RVD index すなわち右室径を体表面積で割ったものと、肺体血流量比(pulmonic-systemic flow ratio)との相関を認めているが、肺血管抵抗が増大するとbalanced shuntになるにもかかわらず、RVD indexが大きい症例を記述している。このことは、肺高血圧が存在し、左右シャント率が低下して来ても、右室径は減少しない症例のあることを示しており、我々の肺高血圧があり、かつ左右シャント率が低い割に、心室中隔の傾きが非常に強い症例と良く一致する所見であると思われ、このような症例では、肺高血圧出現前のシャント量を予測させると考えられ、非常に興味がある。

要 約

東芝製SSL-51H型高速度超音波心臓断層法にて、ASDを有する20例と健康人10例を第4肋間胸骨左縁で左室長軸方向に扇形走査し、心室中隔の位置を比べた。さらに、ASDの心室中隔の傾きと左右シャント率、肺動脈圧等と比較検討した。記録には8ミリシネカメラと35ミリカメラを使用しフィルムに納めた。心室中隔の位置の決定は、Figure 1にあるように、前胸壁に平行な直線と、心室中隔の異なった3点と大動脈前壁と心室中隔の移行部を結ぶ3直線がなす角度で表わ

し、時相は、収縮後期と拡張後期に統一した。ASDの心室中隔は、健康人のそれに比べ、有意に後方偏位を示し、左右シャント率の高いものや高度の肺高血圧症を伴うASDでは、その後方偏位も著明であった。左右シャント率と心室中隔の傾きの間に有意な相関は認められなかったが、肺動脈圧と心室中隔の傾きの間には、心室中隔の上部において、相関が認められた。

以上、高速度超音波心臓断層法は、ASDの心室中隔の位置およびその運動を実時間観察出来、非常に有用と考えられる。

文 献

- 1) 神戸 忠, 日比範夫, 伊藤尚雄, 荒川武実, 西村欣也, 石原光子, 三輪 新, 河野通明, 多田久夫, 竹村靖彦: 高速度超音波心臓断層法の新しい試み. 第36回日循総会発表, 第17回北陸合同地方会発表, 金沢, 1973. 11. 11
- 2) Diamond MA, Dillon JC, Halne CL, Chang S, Feigenbaum H: Echocardiographic features of atrial septal defect. *Circulation* **43**: 129-137, 1971
- 3) 竹村靖彦, 中川和雄, 佐藤 茂, 神宮雅晴, 西村欣也, 日比範夫, 多田久夫, 神戸 忠: 機械走査による高速度超音波心臓断層法. *超音波医学* **1**: 24, 1974
- 4) 西村欣也, 日比範夫, 神戸 忠, 坂本信夫, 竹村靖彦, 中川和雄, 佐藤 茂: 高速度超音波心臓断層法. *呼吸と循環* **23**: 923, 1975
- 5) Nishimura K, Hibi N, Kato T, Fukui Y, Arakawa T, Tatematsu H, Miwa A, Tada H, Kambe T, Nakagawa K, Takemura Y: Real time observation of cardiac movement and structures in congenital and acquired heart disease employing high-speed ultrasonocardiography. *Amer Heart J* (in press)
- 6) 仁田佳子: 超音波による心房中隔欠損症の形態学的ならびに動態学的研究. *抗研誌* **25**: 79-104, 1973
- 7) Meyer RA, Schwartz DC, Benzing G, Kaplan S: Ventricular septum in right ventricular volume overload. An echocardiographic study. *Amer J Cardiol* **30**: 349-353, 1972
- 8) Report of an Expert Committee: Chronic cor pulmonale. *Circulation* **27**: 594, 1963
- 9) Campbell M, Neill C, Suzman S: The prognosis of atrial septal defect. *Brit Med J* **1**: 1375-1383, 1957