

実時間超音波断層法による  
右室負荷疾患群の検討:とく  
に心室中隔の動きと左室内  
腔の形状と動きについて

Study of volume and/or  
pressure overload of the  
right ventricle by real  
time, two-dimensional  
echocardiography: Mo-  
tion of the interventricu-  
lar septum and motion  
and shape of the left  
ventricular cavity

蒲沢 壮夫  
大野みち子  
亀井 清光  
矢沢 良光  
佐藤 広則  
笠原 経子  
朱 敏秀  
樋熊 紀雄  
小沢 武文  
田村 康二  
室岡 寛\*

Takeo KABASAWA  
Michiko OHNO  
Kiyomitsu KAMEI  
Yoshimitsu YAZAWA  
Hironori SATOH  
Tsuneko KASAHARA  
Toshihide SHU  
Norio HIGUMA  
Takefumi OZAWA  
Kohji TAMURA  
Hiroshi MUROOKA\*

### Summary

Very recently, real time, two-dimensional echocardiography plays an unique role in the field of cardiovascular disease. There has been no report dealing with the cardiac motion by examining the short axis at the different levels of the interventricular septum (IVS) by echocardiography as far as we know. The purpose of the present study is to examine the motion of the left ventricular wall and its

新潟大学医学部 第一内科  
\* 同 中央検査部  
新潟市旭町通一番地 (〒951)

The First Department of Internal Medicine, and \*the  
Department of Laboratory Diagnosis,\* Niigata Univer-  
sity School of Medicine, Asahimachi Dori 1, Niigata,  
951

Presented at the 15th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Kyoto, October 15-16, 1977  
Received for publication November 14, 1977

cavity in patients with volume and/or pressure overload of the right ventricle by real time, two-dimensional echocardiography.

The subjects diagnosed by cardiac catheterization were as follows: control group (2 normal subjects), right ventricular volume overload group (RVO) (4 cases of atrial septal defect (ASD) and 1 of tricuspid insufficiency), right ventricular pressure overload group (RPO) (3 cases of primary pulmonary hypertension), and RVO with RPO (1 of ASD with pulmonary hypertension and 1 of ASD with pulmonary stenosis). In this study, we used the electronic phased array echocardiographic instrument (EUB-10, Hitachi Medico, Co, Ltd.). Real time, two-dimensional echocardiogram was recorded on 8 mm cinefilm, and the cardiac motion was analyzed at the various phases of cardiac cycle, especially at end diastole, mid systole and end systole. Not only the long axis but also the short axis of the left ventricle were studied and the latter was examined at 3 different levels, i.e., the level of the mitral valve, tips of the mitral valve and papillary muscle. The results were as follows:

1) In the longitudinal study in RVO and RVO with RPO, the “hinge point” was recognized below the lower two-thirds of IVS.

2) In the short axis study in RVO and RVO with RPO, the left ventricular cavity moved anteriorly above the “hinge point” but moved posteriorly below this point during systole. Furthermore, the left ventricular cavity rotated in clockwise rotation from the view of the apex during systole in all cases of RVO and RVO with RPO.

3) In the short axis view in RPO, the left ventricular cavity deformed from oval at end diastole to kidney like shape during systole. There was no previous report similar to our finding regarding to this change of left ventricular cavity, and we attributed this finding to the reversed Bernheim's sign.

#### Key words

Real time, two-dimensional echocardiography  
pressure overload      Reversed Bernheim's sign

Right ventricular volume overload

Right ventricular

## はじめに

心房中隔欠損症 (ASD) や他の右室容量負荷疾患群 (RVO) は、心エコー図法において右室腔の拡大や、心室中隔の奇異性運動が高頻度に認められる<sup>1-3)</sup>。一方、右室圧負荷疾患群 (RPO) のうち、肺高血圧症 (PH) や PH を伴った ASD では、正常運動する<sup>2,4)</sup>と種々報告されている。今回、我々はその機序と成因を究明するため RVO と RPO、それに右室圧負荷を伴った RVO を対照群と比較して、心室中隔ならびに左室腔の形状と動きについて real time 超音波断層法にて検討した。

## 対象と方法

対象 (Table 1) は、1) 対照群として明らかに心疾患を有さない健常例 2 例、26 歳と 30 歳、2) RVO として一次孔欠損型 ASD 1 例、48 歳、二次孔欠損型 ASD 2 例、39 歳と 41 歳、三尖弁閉鎖不全症 (TI) 1 例、36 歳、計 4 例、3) RPO として、原発性肺高血圧症 (PPH) 3 例、31~41 歳、4) 右室圧負荷を伴った RVO (RVO+RPO) として、ASD+PH 1 例、41 歳、(なお、PH は肺動脈収縮期圧 35 mmHg 以上の場合とした)、肺動脈弁狭窄症 (PS) を伴った ASD (ASD+PS) 1 例、

**Table 1. Summary of hemodynamic and echocardiographic findings in patients studied**

No. of Case	Diagnosis	Age (yrs)	Sex	PAW (mean)	Pressures (mmHg)				C.O (L/min)	Qp/Qs	Pp/Ps	Paradoxical motion of IVS by M-mode echo.	Hinge point by real time echo.
					PA	RV	RVEDP	RA					
<b>I) Control</b>													
1	Normal	30	M	/	/	/	/	/	/	/	/	-	Upper 1/3
2	Normal	26	M	/	/	/	/	/	/	/	/	-	Upper 1/3
<b>II) RVO</b>													
3	ASD	39	F	8	27/9	29/2	8	13/1	8.0	3.0	0.2	+	Lower 2/3
4	ASD	39	M	7	28/6	32/0	7	10/0	7.8	2.3	0.2	+	Lower 2/3
5	ECD	48	M	9	25/8	31/1	7	11/2	7.5	4.9	0.2	+	Lower 2/3
6	TI	36	F	/	/	34/4	16	20/10	/	/	/	+	Lower 2/3
<b>III) RPO</b>													
7	PPH	43	M	10	155/40	150/0	10	/	4.4	1.0	1.0	-	Upper 1/3
8	PPH	31	F	/	75/36	70/6	10	17/4	/	/	0.5	-	Upper 1/3
9	PPH	41	M	8	100/46	97/6	10	26/16	3.2	1.0	1.0	-	Upper 1/3
<b>IV) RVO+RPO</b>													
10	ASD+PH	41	F	9	39/17	42/6	13	13/3	7.0	1.7	0.4	+	Lower 2/3
11	ASD+PS	26	F	14	26/9	50/1	9	9/3	5.7	2.2	/	+	Lower 2/3

PAW: pulmonary artery wedge, PA: pulmonary artery, RV: right ventricular, RVEDP: right ventricular end diastolic pressure, RA: right atrial, C.O: cardiac output, Qp/Qs: pulmonary flow/systemic, Pp/Ps: pulmonary pressure/systemic, IVS: interventricular septum, M-mode echo: M-mode echocardiography, real time echo: real time echocardiography, RVO: right ventricular volume overloaded group, RPO: right ventricular pressure overloaded group, ASD: atrial septal defect, ECD: endocardial cushion defect, TI: tricuspid insufficiency, PPH: primary pulmonary hypertension, PH: pulmonary hypertension, PS: pulmonary stenosis.

26歳, 合計11例である.

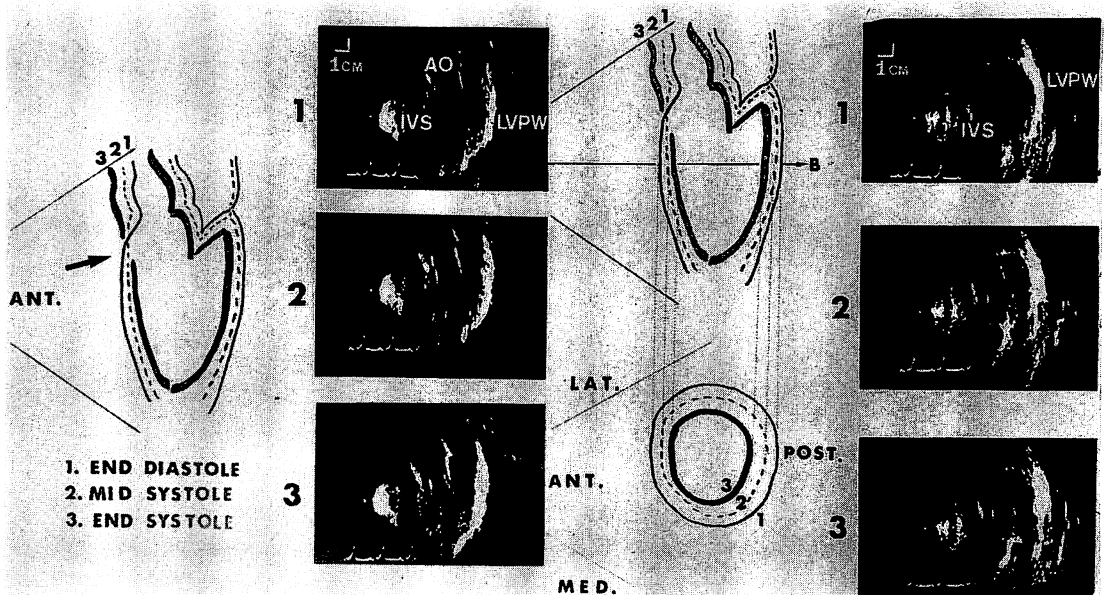
全例に通常の心エコー図法と real time 超音波断層法を施行した. 通常の心エコー装置は SSD-60B, 110 である. 心臓断層装置は扇型電子走査型超音波心臓断層装置 EUB-10, 周波数 2 MHz, パルス繰り返し周波数 5KHz, 32素子の振動子より成り, 扇形走査角度は 72度および 36度, 走査線本数 1 フレーム 256 本, コマ数 1 秒 36 コマである. 患者は仰臥位にて心エコー図をポラロイドフィルム, 断層図は 8 mm シネフィルムにて記録し, 心臓長軸断層法および僧帽弁尖と乳頭筋部位での心臓短軸断層法とで心の各時相をトレースした. 2 例の健常例を除く 9 例に心臓カテーテル法を施行した. RVO の右室収縮期圧は 29~34 mmHg, 肺体血流量比 (Qp/Qs) は 2.3~4.9, RPO の右室収縮期圧は 70~150 mmHg, 肺体血圧比 (Pp/Ps) は 0.5~1.0, RVO + RPO の右室収縮期圧は 42

~50 mmHg, Qp/Qs は 1.7~2.2 であった. なお PS での肺動脈と右室の圧較差は 24 mmHg であった. 心エコー図法では **Table 1** に示すごとく RVO と RVO+RPO の全例に, 通常の後壁を観察できるビーム位置で心室中隔の奇異性運動を認めた.

## 結 果

### 1. 対照群

健常男子 Case 1 の例を示す (**Fig. 1**). 図中の模式図は, その右側のシネフィルムから拡張末期, 収縮中期, 収縮末期の各時相の左室長軸, 短軸像を左室の心内膜エコーと思われる部分についてそれぞれ 1 コマからトレースしたものである. 心電図の最後尾がその記録の時相を示す. 心臓長軸断層像の左模式図より収縮期に心室中隔が前胸壁の方向, すなわち模式図の左側の方向へ前方運動する部位と後方に運動する部位があり, その境界点を



**Fig. 1. The real time, two-dimensional echocardiogram (real time echo) of a normal subject.** The left sided figure is the long axis view of the left ventricle. The arrow in this figure shows the "hinge point" revealed by taking the three points at each cardiac cycle. The right sided figure is the short axis view at B level (middle portion of IVS) in the left figure. AO: aortic root, LVPW: posterior wall of the left ventricle, ANT: anterior chest wall, POST: posterior surface of the left ventricle, MED: medial aspect of the left ventricle, LAT: lateral aspect of the left ventricle.

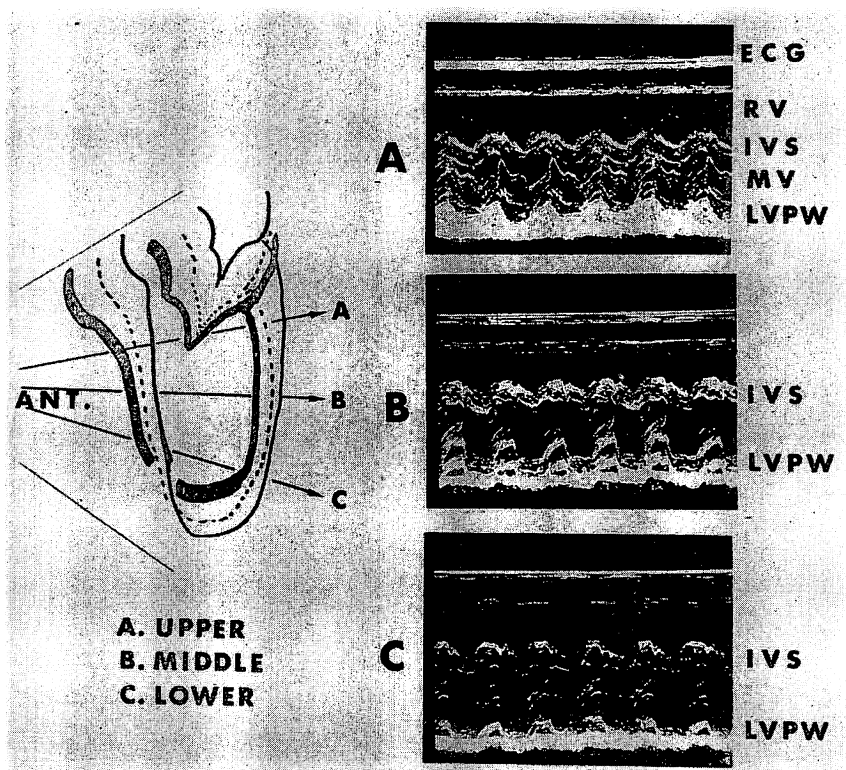


Fig. 2. The M-mode echocardiogram of ASD (Case 3).

A: upper portion of IVS, ECG: electrocardiogram, RV: right ventricular cavity, MV: mitral valve, C: lower portion of IVS.

矢印で示した。我々はこれを、ちょうど蝶番の動きに似ていたので「蝶番の支点」と名付けた。健常例では、その支点は心室中隔を便宜上3等分して、上部A、中部B、下部C、に分けると上部に認めた。同症例の心室中隔の中部“B”、すなわち僧帽弁の位置での左室短軸断層像の右下模式図より、左室腔はそれぞれの時相で円型を示し、1心拍で収縮と拡張が同心円状であった。

## 2. 右室容量負荷疾患群

Case 3 の ASD ( $Qp/Qs=3.0$ ) の心エコー図 (Fig. 2) では、健常例と異なり右室腔の拡大が著明で、A・B・C すべての位置で心室中隔は収縮期に前方運動、すなわち奇異性運動を示した。本症例を左室長軸断層法で観察すると Fig. 3 の矢印のごと

く蝶番の支点が心室中隔の下2/3の心尖部寄りに移動したのを認めた。この現象は RVO 4 例全例に認めた (Table 1)。本症例の心室中隔の中部“B”の位置での左室短軸断層法で観察すると、拡張末期像では左室腔は健常例や ASD ( $Qp/Qs < 3$ ) および TI と異なって、円型ではなく楕円型を示し、収縮期には左室腔は前方に移動した (Fig. 4)。本症例の心室中隔の下部“C”の位置、すなわち乳頭筋部位での左室短軸断層像では、左室腔は健常例や他の ASD ( $Qp/Qs < 3$ ) や TI と異なり、収縮期に同心円状の収縮はなく、前方運動は軽度で内側、すなわち右室側への移動が認められた (Fig. 5)。心臓短軸断層法で観察した ASD ( $Qp/Qs < 3$ ) や TI で「蝶番の支点」の上方と下方で分けてみ

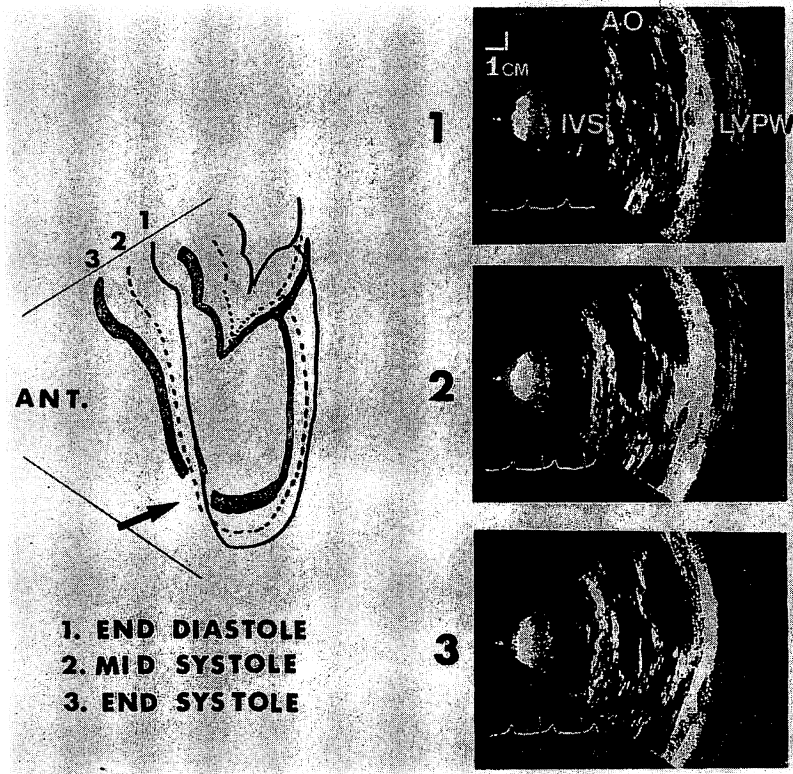


Fig. 3. The long axis view of real time echo of ASD (Case 3).  
The arrow in this figure shows the "hinge point".

ると、その上方では左室腔全体は収縮期に前方運動を、下方では求心性の後方運動を示した。各時相で乳頭筋を指標に観察すると、RVO 4 例全例に左下模式図矢印のごとく、収縮期には健常例と比し心尖部よりみて時計方向回転がより高度であった (Fig. 5).

### 3. 右室圧負荷疾患群

PPH (Pp/Ps = 1.0) の Case 7 の心臓長軸断層像で「蝶番の支点」は心室中隔の上 1/3 にあり、収縮期に健常例や RVO とは異なり、左室腔により突出するのが認められた。(Fig. 6). 本症例の心室中隔の中部 "B" の位置での心臓短軸断層像で、拡張末期には RVO により左室腔は楕円あるいは扁平であったが、収縮末期には、これは他の RVO と異なり、左室腔の前方運動も健常例のような同

心円状の移動もなく、心室中隔が左室腔に凸状に収縮した (Fig. 7). 本症例の心室中隔の下部 "C" の位置での心臓短軸断層像で、RVO に比し乳頭筋の位置でも拡張末期の左室腔は楕円で、収縮期には心室中隔は僧帽弁の位置より軽度に左室へ凸状に収縮した (Fig. 8). 乳頭筋を指標にすると、収縮期には RVO のような時計方向回転は認められなかった。

### 4. 右室圧負荷を伴った右室容量負荷疾患群

心臓長軸断層像では、RVO と同様に「蝶番の支点」は心室中隔の下 2/3 に認められた。また、心臓短軸断層像では「蝶番の支点」より上方で左室腔は前方運動を示し、その下方では求心性の後方運動を示した。また、左室の時計方向回転も RVO と同様に著明に認められた。

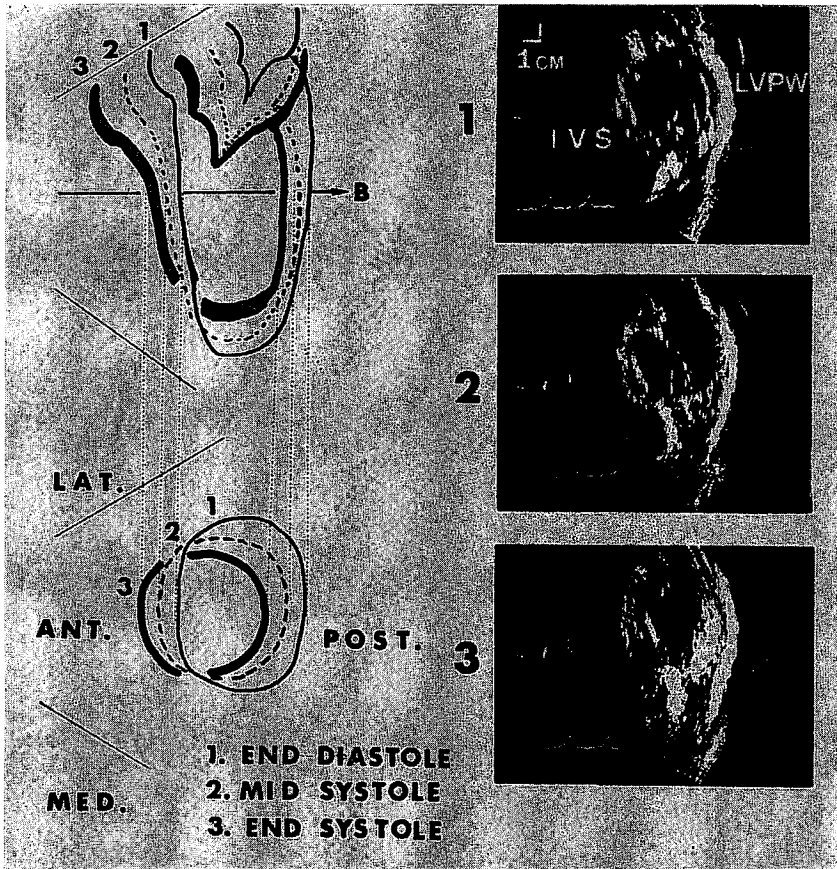
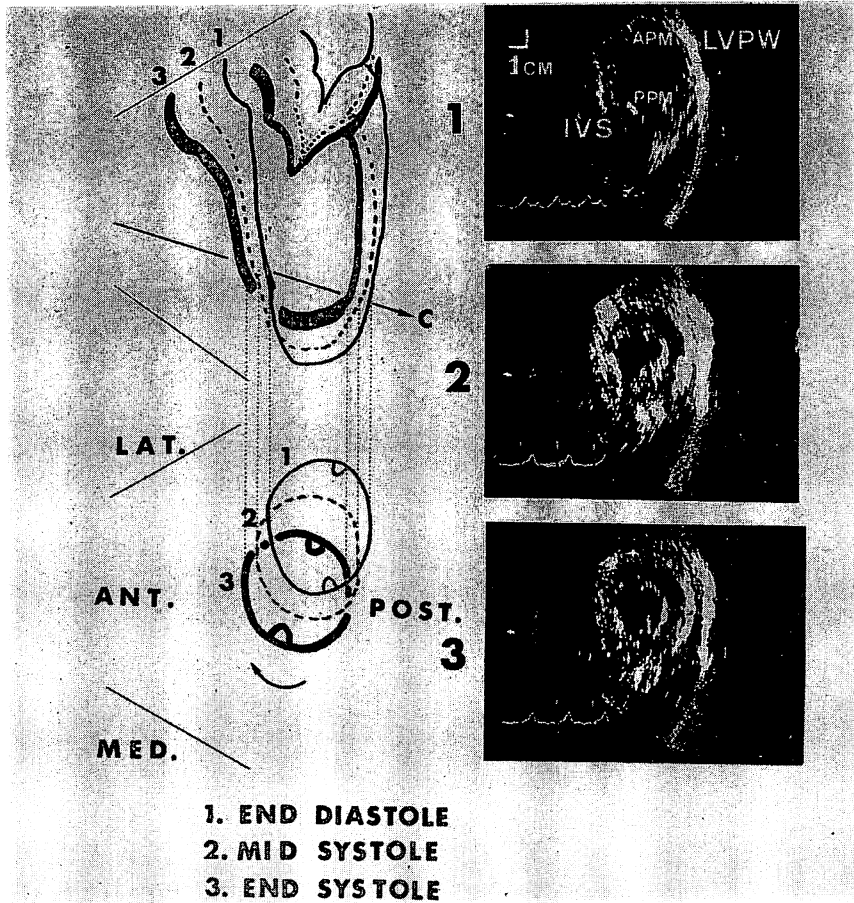


Fig. 4. The short axis view of real time echo of ASD (Case 3) at B level.



**Fig. 5. The short axis view of real time echo of ASD (Case 3) at C level.**

The arrow in this figure shows clockwise rotation of left ventricle at C level. APM: antero-lateral papillary muscle, PPM: postero-medial papillary muscle.



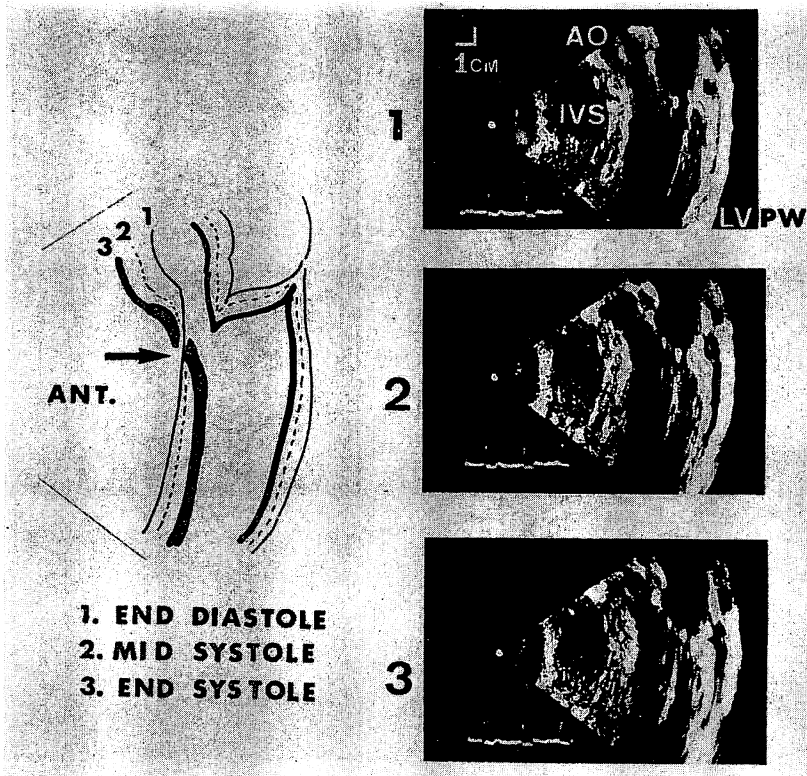


Fig. 6. The long axis view of real time echo of PPH (Case 7).  
The arrow in this figure shows the "hinge point".

## 考 察

RVO と RPO を対比して real time 超音波断層法にて、心室中隔運動だけでなく左室腔の形状や動きについてその心行動態的意義までも言及した報告はいまだない。

### 1. 右室容量負荷疾患群

#### 1) 心臓長軸断層法による検討:

健常例の「蝶番の支点」は心室中隔の上1/3に認めたが、RVO 全例では心室中隔の下2/3以下で、より心尖部寄りに認めた。はこれ Hagan と同様の所見であった<sup>5)</sup>。しかも肺体血流量比の大きい ASD 程、この「蝶番の支点」はより下方に動くように思われた。

#### 2) 心臓短軸断層法による検討:

肺体血流量比が比較的大きい2例の ASD ( $Q_p/Q_s > 3$ ) の拡張末期左室腔は楕円型を呈し、その他の肺体血流量比の比較的小さい ASD ( $Q_p/Q_s < 3$ ) や TI の左室腔は、楕円の程度は軽度で円型に類似していた。肺体血流量比の大きい ASD ( $Q_p/Q_s > 3$ ) では僧帽弁尖の位置と乳頭筋の位置でも前方運動を呈した。その他の RVO では「蝶番の支点」の上方、すなわち心基部方向で左室腔は前方運動を、その下方、すなわち心尖部方向では求心性に後方運動を呈した。以上の事実より、PH を伴わない RVO の心室中隔奇異性運動の機序は、従来、a) 「蝶番の支点」が健常例より下方に偏位し<sup>5)</sup>、b) 「蝶番の支点」より上方での拡張末期左室腔は楕円形を呈するため<sup>6)</sup>、c) 「左室腔全体が収縮期に左室から血流量の多い右室側への前方運動が

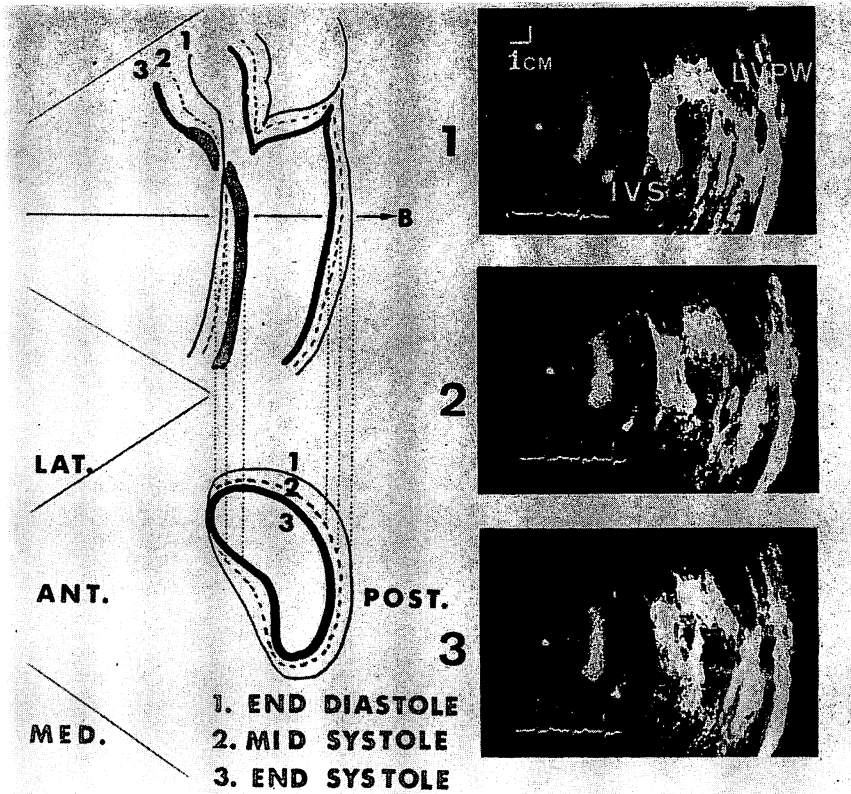


Fig. 7. The short axis view of real time echo of PPH (Case 7) at B level.

亢進するため<sup>4)</sup>, という3つの因子が別個に報告されているが, 本研究の real time 超音波断層法をもとに, 我々はこれらの因子が互いに関与していると考えた. 犬を用いた実験で左室心筋の収縮機構や収縮期における左室腔の全体の rotation については Rushmer の詳細な報告<sup>7)</sup>があり, また最近では McDonald の開胸時に人にマーカーを埋め込んだ cineangiography による左室回転の検討<sup>8)</sup>が報告されている. 我々は新たな試みとして, 左室の乳頭筋を指標として, とくに心臓短軸断層法にて乳頭筋の位置での左室腔の動きを検討した. RVO は健常例や PPH とは異なり, 心尖部より見て時計方向回転が著明であった. しかし乳頭筋の三次元的 geometry と real time 超音波断層法による心臓短軸断層法の位置の関係から,

心臓の上下運動による見かけ上の乳頭筋の偏位も考慮せねばならない. これらに関しては, 健常例はともかくとして, RVO と PPH は右室拡大が共通に認められ, 時計方向回転の同定に重大な誤りはないと我々は考えた.

以上, RVO における心室中隔の奇異性運動と左室腔の収縮期時計方向回転について述べた.

次にこれらの成因について検討を加えたい. PH を伴わない RVO では, 右室は左室より多い血液を駆出するために, 左室全体が前方運動, すなわち右室側へ移動して容量負荷の右室の駆出を助長し, かつそれに右室の時計方向回転が加わって, 右室の駆出を容易にしていると思われる. 右室容量負荷が強い程, 左室腔の前方運動は著明であり, かつ左室腔の時計方向回転も強いと思われる. な

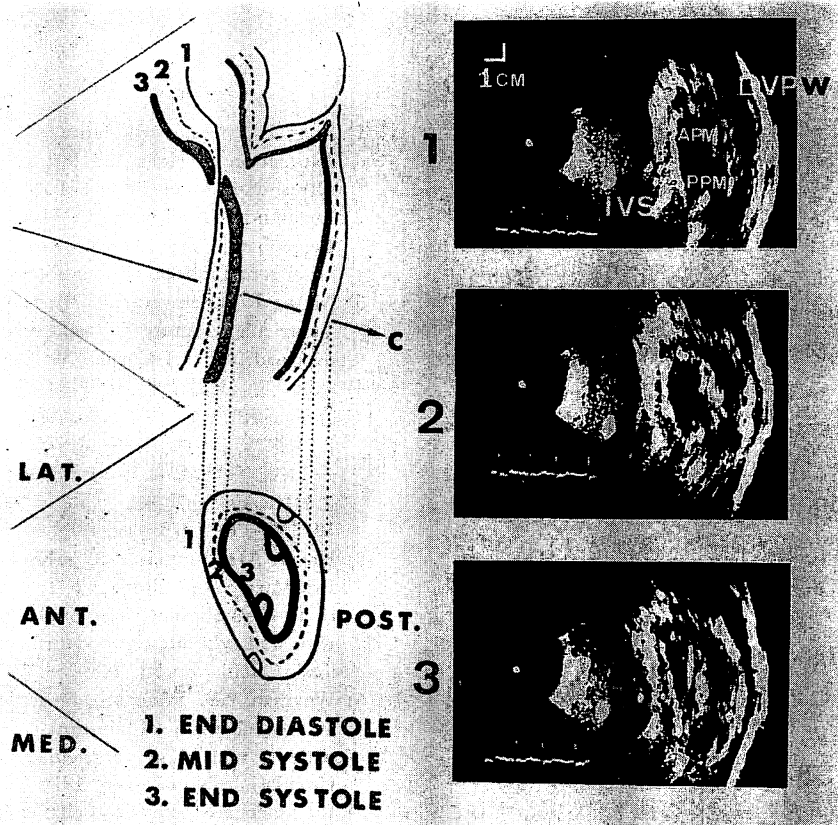


Fig. 8. The short axis view of real time echo of PPH (Case 7) at C level.

お、心エコー図法より見れば、RVOの左室からの駆出は奇異性運動のため、ほとんどないように思われるが、real time 超音波断層法にて二次的に観察すると、長軸方向の短縮はもちろん心臓短軸断層像でも左室腔の前方運動は存在するが、左室腔の収縮時の変化の程度からして、健常例と比較しても左室の駆出は十分あると考えられる。しかし通常的心エコー図法ではこの現象を捕捉しえず、計算上駆出率は見かけ上低下してしまう。

2. 右室圧負荷疾患群

1) 心臓長軸断層法による検討:

PPHの3例すべて「蝶番の支点」は健常例と同様に心室中隔上1/3に認めた。

2) 心臓短軸断層法による検討:

PPHの3例全体に心臓短軸断層像で拡張末期にRVOより強度な左室腔の扁平化を認めた。また収縮期に心室中隔が左室腔に凸状に収縮し、左室腔はより狭小化した。Nichol, Lieppeらが示唆しているごとく<sup>9,10</sup>、我々も左室腔の扁平化は、右室の容量負荷も1原因ではあるが、むしろ右室の圧負荷の中でも、この場合PHの程度により左室腔の扁平化が進行すると思われた。また逆 Bernheim's sign (reversed Bernheim's sign) という概念はすでに Dexter, Kelleyらにより実験的にも臨床的にも証明されているが<sup>11,12</sup>、逆 Bernheim's signを拡張末期左室腔の狭小化が原因とすると、RVOよりもRPOの中で高度なPHで出現し易いのではないかとと思われる。また収縮期に

心室中隔が凸状に収縮する現象は、肺体血圧比1.0からすると、圧負荷に影響を受けやすい心室中隔が、収縮末期に右室圧が左室圧を凌駕するために生ずると思われる。さらに高度なPHでは、RVOと同様に右室の拡大は著明で心室中隔は後方に偏位するが、心室中隔は奇異性運動を示さず正常に近い動きを示す。このことはPerlmanのいう心室中隔は心臓の中心部へ向けて動くという説<sup>13)</sup>からすれば矛盾している。高度なPHでは容量負荷を補う意味での左室腔全体の前方運動や左室腔の強い時計方向回転は出現しないため、高度なPHは正常運動を呈するものと考えられる。

### 3. 右室圧負荷を伴った右室容量負荷疾患群

ASD+PHとASD+PSの2例に「蝶番の支点」が心室中隔の下2/3に移動し、左室腔の前方運動や左室の時計方向回転が認められた。これは右室圧負荷があるにもかかわらずRVOとほとんど類似していた。これは右室圧が50 mmHg以下と圧負荷が軽度のために右室容量負荷が主に現われたと思われる。この現象については今後さらに検討が望まれる。以上述べてきた事によりreal time超音波断層法では、右室負荷疾患群の心臓内構造物はもちろん、両心室全体の動きをも観察することができ、ひいては非観血的手段で臨床診断のみならず、血行動態、かつ心機能の評価に有用である。

## 結 論

1. 健常例やPPHの心室中隔の「蝶番の支点」は、心室中隔の上1/3に認め、RVOとRVO+RPOでは、それより下方、すなわち心尖部寄りに認めた。

2. RVOとRVO+RPOの心臓短軸断層像では「蝶番の支点」より上方では拡張末期左室腔は楕円形で、収縮期には左室全体が前方運動を呈した。

3. PPHの心臓短軸断層像では拡張末期左室腔はRVOより楕円形は高度で、収縮期には左室腔に凸状に収縮した。

稿を終るにあたり御校閲いただいた柴田 昭教授に深謝致します。

## 文 献

- 1) Popp RL, Wolfe SB, Hirata T, Feigenbaum H: Estimation of right and left ventricular size by ultrasound. *Amer J Cardiol* **24**: 523-530, 1969
- 2) Diamond MA, Dillon JC, Haine CL, Chang S, Feigenbaum H: Echocardiographic features of atrial septal defect. *Circulation* **43**: 129-135, 1971
- 3) Meyer RA, Schwarz DC, Benzing G, Kaplan S: Ventricular septum in right ventricular volume overload. *Amer J Cardiol* **30**: 349-353, 1972
- 4) 蒲沢壮夫, 亀井清光, 大野みち子, 矢沢良光, 笠原経子, 鎌田滋夫, 佐藤広則, 樋熊紀雄, 朱 敏秀, 田村康二, 松岡松三, 室岡 寛, 山崎芳彦, 浅野献一: 右心系UCGによる心房中隔欠損症の手術前後における診断的意義について. *日超医講演論文集* **30**: 193-194, 1976
- 5) Hagan AD, Francis GS, Sahn DJ, Karriner JS, Friedman WF, O'Rourke RA: Ultrasound evaluation of systolic anterior septal motion in patients with and without right ventricular volume overload. *Circulation* **50**: 248-254, 1974
- 6) Weyman AE, Wann S, Feigenbaum H, Dillon JC: Mechanism of abnormal septal motion in patients with right ventricular volume overload. *Circulation* **54**: 179-186, 1976
- 7) Rushmer RF: Physical characteristics of myocardial performance. *Amer J Cardiol* **18**: 6-9, 1966
- 8) McDonald IG: The shape and movements of the human left ventricle during systole. *Amer J Cardiol* **26**: 221-230, 1970
- 9) Nichol PM, Gilbert BW, Kisslo JA: Two-dimensional echocardiographic assessment of mitral stenosis. *Circulation* **55**: 120-128, 1977
- 10) Liew W, Scallion R, Behar VS, Kisslo JA: Two-dimensional echocardiographic findings in atrial septal defect. *Circulation* **56**: 447-456, 1977
- 11) Dexter L: Atrial septal defect. *Brit Hert J* **203**: 18, 1956
- 12) Kelly DT, Spotnitz HM, Beiser GD, Pierce JE, Epstein SE: Effects of chronic right ventricular volume and pressure loading on left ventricular performance. *Circulation* **44**: 403-412, 1971
- 13) Perlman AS, Clark CE, Henry WL, Morganorth J, Itscoitz SB, Epstein SE: Determinants of ventricular septal motion. Influence of relative right and left ventricular size. *Circulation* **54**: 83-91, 1976