

拡大心における前負荷変動時の左室  
流入および肺静脈血流速波形の変化

*Changes in Left Ventricular Inflow and  
Pulmonary Venous Flow Patterns dur-  
ing Preload Alteration in Dilated Heart*

清重 浩一  
大木 崇  
井内 新  
田畑 智継  
藤本 卓  
谷本 雅人  
真鍋 和代  
影治 好美  
佐々木美和  
福田 信夫

Koichi KIYOSHIGE  
Takashi OKI  
Arata IUCHI  
Tomotsugu TABATA  
Takashi FUJIMOTO  
Masato TANIMOTO  
Kazuyo MANABE  
Yoshimi KAGEJI  
Miwa SASAKI  
Nobuo FUKUDA

**Abstract**

Changes in left ventricular inflow (LVIF) and pulmonary venous flow (PVF) patterns during preload alteration were assessed in 30 patients with dilated heart, including 10 patients with dilated cardiomyopathy and 20 with old myocardial infarction. Transesophageal Doppler echocardiography was performed during lower body negative (LBNP, -40 mmHg) and positive pressure (LBPP, +40 mmHg) in all 30 patients and 20 normal controls.

Eight of the 30 patients showed the "pseudonormalization (PN)" pattern, and 22 showed the "decreased early diastolic wave (E) and compensatorily increased atrial contraction wave (A) (N-PN)" pattern of LVIF in the control state. The diastolic wave (PVD) of the PVF and E of the LVIF were significantly higher, and the second systolic wave (PVS<sub>2</sub>) of the PVF and A of the LVIF were lower in the PN group than in the N-PN group. The amplitude of the atrial contraction wave (PVA) of the PVF in both groups of dilated heart patients was larger than in the normal group.

The ratio of the amplitude of the atrial contraction wave to the total vertical deflection (A/H) of the apexcardiogram and mean pulmonary capillary wedge pressure (PCWP) in the PN group were greater than those in the N-PN group in the control state.

LVIF in six of the 22 N-PN patients changed to the PN pattern during LBPP, and in three of eight PN patients changed to the N-PN pattern during LBNP. The six patients demonstrating the change from the N-PN to PN pattern showed a significant increase in PVD and PVA during LBPP compared with the control state, and a significant increase in PCWP in the control state compared with the 14 patients without a change in LVIF.

Peak velocity of E in each group was decreased during LBNP and increased during LBPP, but peak velocity of A did not change during preload alteration.

Peak velocity of PVS<sub>2</sub> in the normal group was significantly decreased, and those of the PN and N-PN groups were decreased but not significantly during LBNP. The peak velocity of PVD was decreased during LBNP in the PN and N-PN groups, and the decrease was significantly higher in the former than in the latter.

These findings suggest that "pseudonormalization" and "decreased early diastolic wave and compensatorily increased atrial contraction wave" patterns of LVIF can transform into each other under

various hemodynamic conditions, and that the pattern analysis of LVIF and PVF during preload alteration was useful for assessing the severity and evaluation of the preload reduction therapy in dilated heart.

### Key Words

pulmonary venous flow, left ventricular inflow, dilated heart, preload alteration

## はじめに

近年の経食道ドップラー心エコー図法の急速な普及により、経胸壁アプローチでは困難であった肺静脈血流速波形 (pulmonary venous flow velocity pattern: PVF) の明瞭な記録が可能となった。その結果、本波形と左室流入血流速波形 (left ventricular inflow velocity pattern: LVIF) を用い、各種病態における左心機能の評価に関して種々の検討がなされている<sup>1-4)</sup>。

一方、これらの両波形は種々の血行動態の因子に規定されており、両波形を用いて各病態の血行動態異常を論ずるさいには、より慎重な対処が望まれる。

このような観点から、本研究では前負荷変動時における拡大心の PVF および LVIF の変化を観察し、両波形の変化が本病態の重症度を反映する指標になりうるか否かについて検討した。

## 対 象

健常群 20 例、拡大心群 30 例の計 50 例について検討した。全例洞調律で、拡大心群の基礎疾患、性別、症例数および年齢を **Table 1** に示す。

健常 (normal) 群: 心臓病の病歴がなく、血圧が正常範囲で、理学所見、胸部 X 線写真、心電図および心エコー図に異常所見を認めない例を用いた。

拡大心 (dilated heart) 群: 30 例中 10 例が拡張型心筋症 (dilated cardiomyopathy)、20 例が陳旧性心筋梗塞 (old myocardial infarction) であり、いずれも M モード

**Table 1** Subjects

	Male	Female	Total	Age (yrs)
				Mean ± SD
Normal	18	2	20	30.4 ± 10.4
Dilated heart	20	10	30	60.9 ± 13.9
Dilated cardiomyopathy	5	5	10	
Old myocardial infarction	15	5	20	

SD=standard deviation

心エコー図法による左室拡張末期径 6.0 cm 以上、かつ左室内径短縮率 25% 未満の例を用いた。なお、今回の拡大心群 30 例中 11 例において、カラードップラー法により僧帽弁逆流シグナルを検出しえたが、いずれも軽度であり、かつ下半身陰圧・陽圧負荷により著明な逆流の変化を示した例は存在しなかった。

拡張型心筋症群は厚生省特定疾患「特発性心筋症」調査研究班の診断の手引の臨床病型分類“拡張型心筋症”<sup>5)</sup>を満足する例、陳旧性心筋梗塞群は明らかな胸痛の既往と心筋逸脱酵素の上昇があり、心電図上異常 Q 波を認め、冠動脈および左室造影でその病態が確認された例を用いた。

## 方 法

全例に経食道心エコー図法を施行した。負荷前の肺静脈血流速波形および左室流入血流速波形を記録し、さらに前負荷軽減、増大時における肺静脈血流速波形および左室流入血流速波形の諸指標の変化について検討した。また、負荷後 1-2 日以内において、全例に心尖拍動図の A 波率、28 例に右心カテーテル検査で平均肺動脈楔入圧 (pulmonary capillary wedge pressure: PCWP) を求めた。

負荷の方法としては、腸骨稜以下の下半身を密閉したステンレススチール製容器内に収納できるような下半身陰圧および陽圧負荷装置を用い、-40 mmHg の下半身陰圧 (lower body negative pressure: LBNP) および +40 mmHg の陽圧 (lower body positive pressure: LBPP) 負荷を行った。本装置は、送風量 2 m<sup>3</sup>/min を有する電動送風機の空気吸入口および吐出口を、電磁弁を介してステンレススチール製容器に接続したもので、陰圧および陽圧の使用可能許容値は 100 mmHg である。

肺静脈血流速波形の記録については、経食道カラードップラー法にて左上肺静脈血流シグナルを確認し、その開口部にサンプル部位を設定した。得られた血流速波形から、以下の諸項目を計測した (**Fig. 1 left**)。

PVS<sub>2</sub>: 収縮期の第 2 陽性波高

PVD: 拡張期の陽性波高

PVA: 心房収縮期の陰性波高

また、左室流入血流速波形の記録については、経食道カラードップラー法にて僧帽弁口血流シグナルを確認し、僧帽弁口部あるいはその直下部にサンプル部位を設定した。得られた血流速波形から、以下の諸項目を計測した (Fig. 1 right).

E : 拡張早期波高

A : 心房収縮期波高

A/E: 心房収縮期波高と拡張早期波高の比

経食道心エコー図法の施行にさいし、使用した装置は Aloka 製 SSD 870 (5MHz 経食道探触子) である。各波形の記録は左側臥位で安静呼気時に行い、ストリップチャートレコーダーにより 50 mm/sec の速度で心電図 II 誘導および心音図と同時に記録した。また、計測値は連続 5 心拍の平均値を用いた。

統計学的処理には、同一群の負荷前後の比較の場合は Student の paired *t*-test, その他の比較の場合は unpaired *t*-test を用い、 $p < 0.05$  をもって有意差ありと判定した。

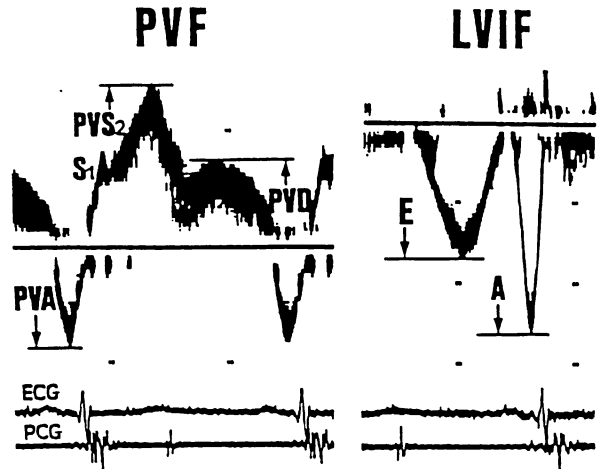


Fig. 1 Measurement methods of various parameters obtained from pulmonary venous flow and left ventricular inflow velocity patterns

PVF=pulmonary venous flow velocity pattern; LVIF=left ventricular inflow velocity pattern; PVS<sub>2</sub>=amplitude of the second systolic wave of PVF; PVD=amplitude of the diastolic wave of PVF; PVA=amplitude of the atrial contraction wave of PVF; E=amplitude of the early diastolic wave of LVIF; A=amplitude of the atrial contraction wave of LVIF; ECG=electrocardiogram; PCG=phonocardiogram

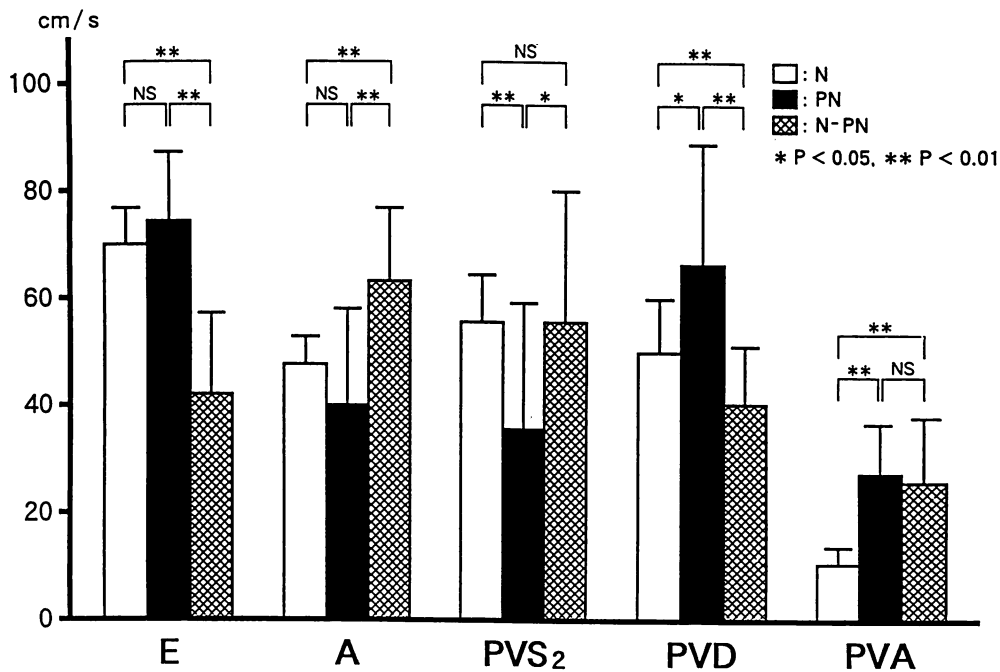
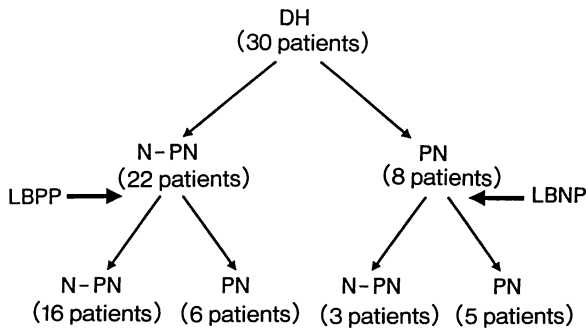


Fig. 2 Comparisons of various parameters of left ventricular inflow and pulmonary venous flow velocity patterns in the control state in normal and dilated heart groups

N=normal group; PN=group with pseudonormalization of LVIF; N-PN=group with decreased early diastolic wave and compensatorily increased atrial contraction wave of LVIF; NS=not significant. Other abbreviations as in Fig. 1.



**Fig. 3** Changes in left ventricular inflow velocity pattern due to lower body negative and positive pressures in 30 patients with dilated heart  
 DH=dilated heart; LBNP=lower body negative pressure; LBPP=lower body positive pressure. Other abbreviations as in Fig. 2.

成 績

1. コントロール時における各群の左室流入血流速波形および肺静脈血流速波形諸指標の比較 (Fig. 2)

拡大心群 30 例のうち、左室流入血流速波形がいわゆる偽正常化を示した群は 8 例、A 波の代償的増高を示した群 (group with decreased early diastolic wave and compensatorily increased atrial contraction wave of LVIF: N-PN) は 22 例であった。なお、前者については左室流入血流速波形の A/E<1、後述の特徴的な肺静脈血流速波形の出現、平均肺動脈楔入圧 (≥18 mmHg) および心尖拍動図の A 波率 (≥20%) の高値をすべて満足させる例と規定した。

偽正常化群 (group with pseudonormalization of LVIF: PN) では代償的 A 波増高群に比し、対照時の E (74.4 ± 12.5 vs 41.5 ± 15.6 cm/sec), PVD (67.3 ± 20.2 vs 40.7 ± 10.1 cm/sec) が有意に大 (p<0.01), A(40.0 ± 18.5 vs 63.9 ± 11.6 cm/sec) および PVS<sub>2</sub> (36.0 ± 23.5 vs 56.5 ± 23.5 cm/sec) が有意に小であった (各 p<0.01, p<0.05)。

一方、偽正常化群は健常群に比し、PVS<sub>2</sub> (36.0 ± 23.5 vs 56.1 ± 9.0 cm/sec) が有意に小 (p<0.01), PVD (67.3 ± 20.2 vs 49.7 ± 10.6 cm/sec) および PVA (26.5 ± 9.9 vs 11.2 ± 2.4 cm/sec) が有意に大であった (p<0.01)。

代償的 A 波増高群は健常群に比し、E (41.5 ± 15.6 vs 68.6 ± 8.2 cm/sec) および PVD (40.7 ± 10.1 vs 49.7 ± 10.6 cm/sec) が有意に小 (p<0.01), A (63.9 ± 11.6 vs 47.1 ± 5.6 cm/sec) および PVA (25.1 ± 12.6 vs 11.2 ± 2.4 cm/sec) が有意に大であった (p<0.01)。

**Table 2** A/H ratio of the apexcardiogram in groups of dilated heart patients

	No. of patients	A/H (%)
PN	8	22.3 ± 2.1
N-PN	22	14.8 ± 4.5
N-PN → PN	6	17.6 ± 2.5
N-PN → N-PN	16	13.8 ± 4.8

Data are expressed as mean values ± standard deviations. \*p<0.01. A/H ratio = amplitude of the atrial contraction wave to amplitude of the total vertical deflection of the apexcardiogram. Other abbreviations as in Figs. 2 and 3.

**Table 3** Mean pulmonary capillary wedge pressure in groups of dilated heart patients

	No. of patients	PCWP (mmHg)
PN	8	22.6 ± 7.0
N-PN	20	12.1 ± 4.5
N-PN → PN	6	17.7 ± 2.7
N-PN → N-PN	14	9.7 ± 2.6

PCWP=mean pulmonary capillary wedge pressure. Other abbreviations as in Table 2, Figs. 2 and 3.

2. 前負荷の変動に伴う左室流入血流速波形の変化 (Fig. 3)

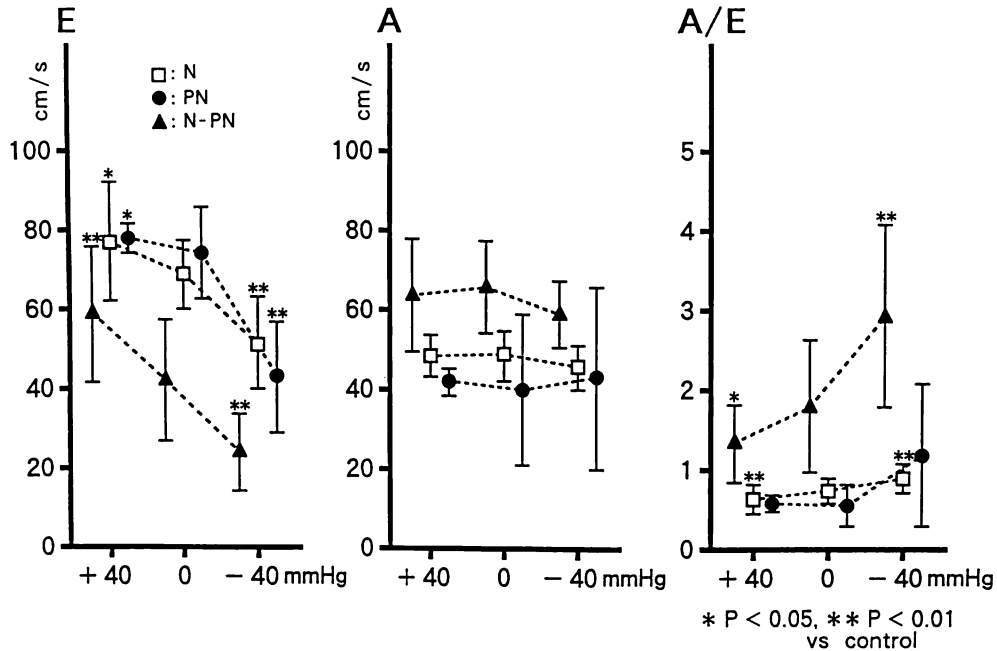
代償的 A 波増高群 22 例のうち、下半身陽圧負荷により 6 例の左室流入血流速波形が偽正常化パターン (A/E<1) に変化し、一方、偽正常化群 8 例のうち、陰圧負荷により 3 例の左室流入血流速波形が代償的 A 波増高パターン (A/E>1) に変化した。

3. 心尖拍動図の A 波率 (Table 2)

下半身陰・陽圧負荷前の心尖拍動図から求めた A 波率 (A/H) は、偽正常化群 (22.3 ± 2.1%) が代償的 A 波増高群 (14.8 ± 4.5%) に比し有意に高値であった (p<0.01)。

また、陽圧負荷により、左室流入血流速波形が A 波の代償的増高パターンから偽正常化パターンに変化した 6 例の A/H (17.6 ± 2.5%) は、変化しなかった 16 例の A/H (13.8 ± 4.8%) に比し高値の傾向を示したが、統計学的に有意ではなかった。

一方、陰圧負荷により左室流入血流速波形が偽正常化パターンから A 波の代償的増高パターンに変化した 3 例の A/H (20-22%) は、変化しなかった 5 例の A/H (21-26%) に比し低値であった。



**Fig. 4** Changes in various parameters of left ventricular inflow velocity pattern during lower body negative and positive pressures in normal and dilated heart groups  
Abbreviations as in Figs. 1 and 2.

**4. 平均肺動脈楔入圧 (Table 3)**

平均肺動脈楔入圧 (PCWP) は、偽正常化群 (22.6 ± 7.0 mmHg) が代償的 A 波増高群 (12.1 ± 4.5 mmHg) に比し有意に高値であった ( $p < 0.01$ ).

また、陽圧負荷により、左室流入血流速波形が A 波の代償的増高パターンから偽正常化パターンに変化した 6 例の PCWP (17.7 ± 2.7 mmHg) は、変化しなかった 14 例のそれ (9.7 ± 2.6 mmHg) に比し有意に高値であった ( $p < 0.01$ ).

一方、陰圧負荷により、左室流入血流速波形が偽正常化パターンから A 波の代償的増高パターンに変化した 3 例の PCWP (18–19 mmHg) は、変化しなかった 5 例のそれ (19–38 mmHg) に比し低値であった。

**5. 下半身陰圧および陽圧負荷による各群の左室流入血流速波形諸指標の変化 (Fig. 4)**

健常群、偽正常化、代償的 A 波増高各群の拡張早期波高 (E) は、陰圧負荷で有意に減高し ( $p < 0.01$ ), 陽圧負荷で有意に増高した (各  $p < 0.05, p < 0.05, p < 0.01$ ).

心房収縮期波高 (A) は、陰圧負荷により代償的 A 波増高群では減高傾向、偽正常化群では増高傾向を示したが、統計学的に有意ではなかった。

A/E は、健常および代償的 A 波増高群において、陰

圧負荷で有意に増大し ( $p < 0.01$ ), 陽圧負荷で有意に低下した (各  $p < 0.01, p < 0.05$ ).

**6. 下半身陰圧負荷による各群の肺静脈血流速波形諸指標の変化 (Fig. 5)**

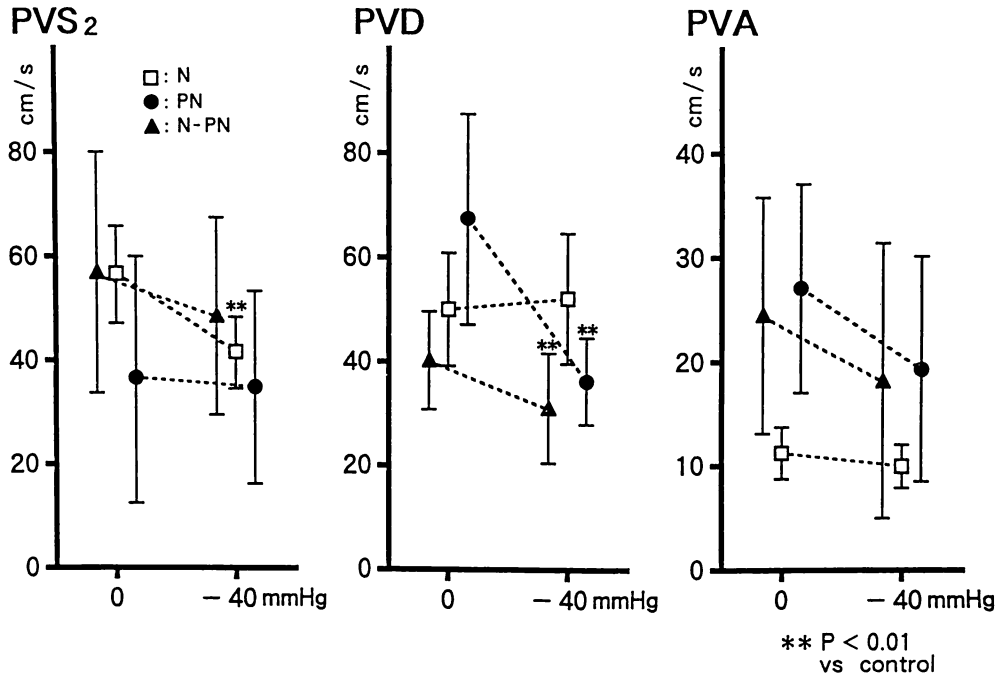
健常群の PVS<sub>2</sub> は陰圧負荷により有意に減高し ( $p < 0.01$ ), 偽正常化および代償的 A 波増高群の PVS<sub>2</sub> も減高傾向にあったが、有意差はみられなかった。

PVD は、偽正常化群および代償的 A 波増高群で陰圧負荷により有意に減高したが ( $p < 0.01$ ), その減少率は偽正常化群 (45.0 ± 19.6%) が代償的 A 波増高群 (25.3 ± 20.4%) に比し有意に大であった ( $p < 0.01$ ).

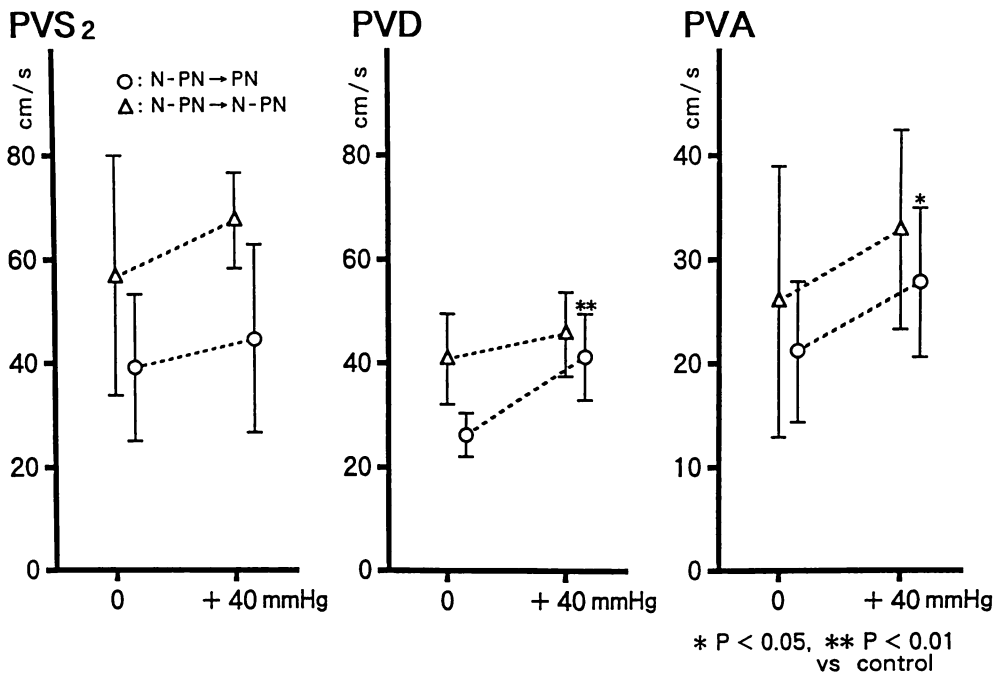
対照時の PVA は、健常群に比べて偽正常化群および代償的 A 波増高群が有意に高値であった ( $p < 0.01$ ). 一方、陰圧負荷により両群の PVA は減高傾向を示したが、統計学的に有意ではなかった。

**7. 下半身陽圧負荷による代償的 A 波増高群の肺静脈血流速波形諸指標の変化 (Fig. 6)**

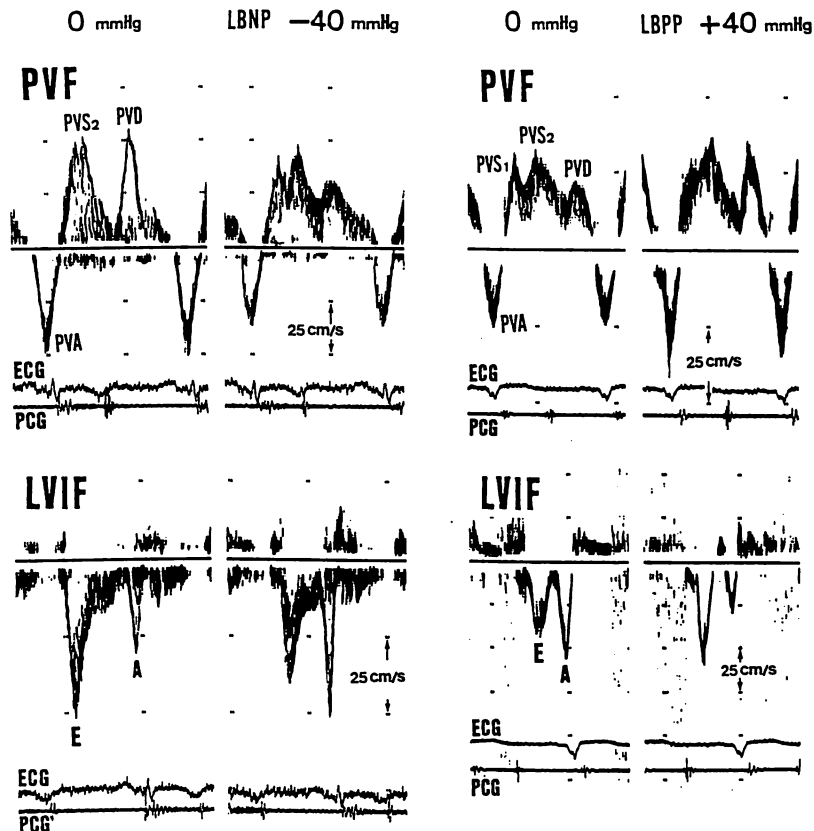
陽圧負荷により左室流入血流速波形が代償的 A 波増高パターンから偽正常化パターンに変化した 6 例の PVD は、対照時 (25.8 ± 3.0 cm/sec) に比べて、陽圧負荷時 (40.7 ± 9.2 cm/sec) で有意に増高した ( $p < 0.01$ ).



**Fig. 5** Changes in various parameters of pulmonary venous flow velocity pattern during lower body negative pressure in normal and dilated heart groups  
Abbreviations as in Figs. 1 and 2.



**Fig. 6** Changes in various parameters of pulmonary venous flow velocity pattern during lower body positive pressure in N-PN group  
Six patients demonstrated changes from the N-PN to PN pattern of LVIF (N-PN → PN) during LBPP. Sixteen patients showed no significant change in LVIF (N-PN → N-PN) during LBPP. Abbreviations as in Figs. 1 and 2.



**Fig. 7** Representative changes in pulmonary venous flow and left ventricular inflow velocity patterns during lower body negative and positive pressures in two patients with dilated heart  
*Left* (LBNP at  $-40$  mmHg): LVIF (*lower*) changes from PN to N-PN pattern, and PVF (*upper*) indicates the decreased PVD and PVA during LBNP compared with the control state.  
*Right* (LBPP at  $+40$  mmHg): LVIF (*lower*) changes from N-PN to PN pattern, and PVF (*upper*) indicates the increased PVD and PVA during LBPP compared with the control state.  
 Abbreviations as in Figs. 1, 2 and 3.

PVA においても、対照時 ( $20.9 \pm 6.5$  cm/sec) に比べて陽圧負荷時 ( $27.7 \pm 7.2$  cm/sec) で有意に増高したが ( $p < 0.05$ )、PVS<sub>2</sub> については有意な変化を示さなかった。

一方、代償的 A 波増高群 22 例中、陽圧負荷により偽正常化パターンに変化しなかった 16 例の PVS<sub>2</sub>, PVD および PVA は、対照時に比し、陽圧負荷時には増高傾向を示したが、統計学的に有意ではなかった。

**8. 症例呈示**

下半身陰圧および陽圧負荷により、左室流入血流速度波形パターンが変化した拡大心の典型例を示す(Fig. 7)。

左図の例では、陰圧負荷により肺静脈血流速度波形の PVD および PVA が減高し、左室流入血流速度波形は偽正常化パターンから代償的 A 波増高パターンに変化し

ている。

一方、右図の例では、陽圧負荷により肺静脈血流速度波形の PVS<sub>2</sub>, PVD および PVA が増高し、左室流入血流速度波形は代償的 A 波増高パターンから偽正常化パターンに変化している。

**考 察**

近年、超音波パルス・ドップラー法による左室流入血流速度波形を用い、各種病態における左室拡張動態を評価しようとする試みがなされている<sup>7-14)</sup>。さらに、経食道ドップラー心エコー図法を用いて、経胸壁アプローチでは困難であった肺静脈血流速度波形の明瞭な記録が可能となり、これら両波形の検討から左心機能に関する左房・左室連関の詳細が次第に明らかとなってきている<sup>1-4,15-17)</sup>。

一方、これらの両波形が種々の血行動態的因子に規

定されていることも事実である<sup>1-4,7-10,12-17</sup>。本研究では、とくに拡大心における前負荷の変動に対する反応性に注目し、両波形の変化の臨床的意義について検討した。

### 1. 左室流入血流速波形

一般に、拡張型心筋症や心筋梗塞症のような拡大心においては、左室弛緩および compliance の低下により左室への急速流入が障害され、代償的に心房収縮の増大をきたすことから、これらの例の左室流入血流速波形は「拡張早期波 (E) の減高と心房収縮期波 (A) の増高」を認めることが多い<sup>18)</sup>。

しかし、拡大心の一部においては、本波形が“一見正常パターン (pseudonormalization)<sup>6,19-21)</sup>”を示すことがあり、その多くは重症の心不全症状を呈することが特徴である。

したがって、拡大心においてはその血行動態的差異により2つの異なる左室流入血流速波形パターンがみられることになり、この両病態の背景を検討することは臨床的に極めて重要であると考えられる。

### 2. 肺静脈血流速波形

本波形は、心房収縮期波 (PVA)、心室収縮期の第1の波 (PVS<sub>1</sub>)、心室収縮期の第2の波 (PVS<sub>2</sub>)、心室拡張期波 (PVD) により構成される4峰性パターンを示す<sup>1-4)</sup>。各波形の成因に関しては、PVAは左房の収縮に伴う肺静脈への逆流、PVS<sub>1</sub>は左房の能動的拡張、PVS<sub>2</sub>は左室収縮とそれに伴う僧帽弁輪の下方移動、PVDは左室の拡張性と密接な関係を有すると考えられている<sup>1-4)</sup>。さらに井内ら<sup>22)</sup>は、各種心疾患におけるPVAとPVS<sub>1</sub>との関連性がそれぞれの病態を論じる上で重要な指標になりうることを指摘している。

一般に、拡大心では左室収縮能および拡張能の低下を認めることから、PVS<sub>2</sub>およびPVDが低下する<sup>2)</sup>。しかしながら、本研究の拡大心群では、偽正常化群でPVS<sub>2</sub>の低値を示したものの、代償的A波増高群では健常例と有意差を認めなかった。また、PVDは健常群に比し、代償的A波増高群で低値、偽正常化群では高値を示した。

以上から、拡大心における肺静脈血流速波形も病態により異なることが判明した。

### 3. 前負荷変動時の左室流入血流速波形および肺静脈血流速波形の変化

-40 mmHgの下半身陰圧および+40 mmHgの陽圧負荷法を用いると、心拍数、体血圧に有意の変化を与えない状況下で前負荷のみを変化させうることが報告されている<sup>3,23-25)</sup>。

健常、偽正常化および代償的A波増高群の3群とも左室流入血流速波形のE波は陰圧負荷により減高、陽圧負荷により増高したが、A波には有意な変化を示さず、各群とも前負荷変動による左室流入血流速波形の変化は類似していた。

一方、肺静脈血流速波形の変化に関しては、藤本ら<sup>3)</sup>が健常例に陰圧負荷を行うことによりPVS<sub>2</sub>が減高することを報告しているが、本研究においても同様の結果が得られた。

本研究の拡大心例では、陰圧負荷によりPVDおよびPVAが有意に減高あるいは減高傾向を示し、とくに偽正常化群でその程度が大であった。さらに、陽圧負荷により左室流入血流速波形が代償的A波増高パターンから偽正常化パターンに変化した例では、肺静脈血流速波形のPVDおよびPVAが有意に増高した。

以上のように、前負荷変動時の肺静脈血流速波形に関しては、健常例と拡大心例、ことに左室流入血流速波形が偽正常化パターンを示す例では異なる態度を示した。このことから、肺静脈血流速波形は左室流入血流速波形よりも血行動態変化、とくに前負荷の変動に対する影響をより鋭敏に反映することが示された。

前負荷の変動により、左室流入血流速波形のA波が有意の変化を示さず、肺静脈血流速波形のPVAが変化しやすい理由としては、左室と肺静脈の受容性の相違により説明しうる。すなわち、正常における拡張期の肺静脈は、左室に比べて、2-3倍の受容性を有することが知られており<sup>26)</sup>、さらに左室のcomplianceが低下している病態においては、前負荷の変動によってcomplianceの大きい肺静脈への逆流血流が左室流入血流よりも影響を受けやすい状況となりうることは当然であろう。

陰圧負荷時、とくに偽正常化群でPVD減高の程度が著明であったことは、左室の圧・容量曲線から容易に理解できる。Ahmadら<sup>23)</sup>は、健常例について検討し、-40 mmHgの下半身陰圧負荷時では対照時に比べて左室拡張末期容量が19%、1回拍出量が22%有意に減少



したと報告しているが、左房および左室圧がある程度高い症例ほど前負荷の変動に伴う左心系の圧変化も大となり、肺静脈血流速波形に及ぼす影響も大となることが予想される。

#### 4. 偽正常化群と代償的 A 波増高群の病態の相違

偽正常化群では代償的 A 波増高群に比し、心尖拍動図の A 波率 (A/H) が有意に高値を示し、平均肺動脈楔入圧の上昇を特徴とした<sup>20,27)</sup>。

Iuchi ら<sup>2)</sup>は、左室拡張末期圧あるいは肺動脈楔入圧の上昇した例においては PVD の著明な上昇を認めることを報告している。

左室流入血流速波形が偽正常化を示す例では、著明に上昇した肺動脈楔入圧が左室充満に対する駆動圧 (driving pressure) として作動するために、左室流入血流速波形の E 波と肺静脈血流速波形の PVD はいずれも増高をきたす。また、一方では左室拡張末期圧の著しい上昇が左室拡張末期における左房から左室への有効な血液流入を減少 (左室流入血流速波形の A 波の減高) させ、左房から肺静脈への逆流血流を増大 (肺静脈血流速波形の PVA の増高) させることが考えられた。

以上の考察の妥当性は、本研究の陽圧負荷によって、左室流入血流速波形が偽正常化パターンに変化した 6 例の肺動脈楔入圧が変化しなかった 14 例のそれよりも有意に大であったことから説明でき、拡大心における前負荷の変動が病態の重症度を把握するうえで重要な手段となることの証明ともなりうる。

#### 5. 肺静脈血流速波形記録の有用性

肺静脈血流速波形の検討により以下の利点がある。1) 拡大心における PVD の増高は肺動脈楔入圧の上昇を示唆し、ひいては左房圧の非観血的評価を可能とする。2) 左室拡張末期圧の上昇する例では、左室流入血流速波形の A 波が正常あるいは減高し、本波形の

検討のみでは正常例と左室拡張末期圧の上昇例との区別が困難であることが多いが、肺静脈血流速波形をも含めた検討によりこのような状況把握が可能となる。3) 左室流入血流速波形の A 波、肺静脈血流速波形の PVS<sub>i</sub> および PVA、さらに心房中隔運動<sup>28)</sup>を加味すれば、各種病態における能動的左房収縮能および拡張能<sup>29)</sup>の評価が可能である。

以上の利点に加えて、陰圧・陽圧負荷による前負荷変動時の左室流入血流速波形および肺静脈血流速波形の検討を行えば、拡大心における種々の反応性の相違が推測でき、これらの検討は、左室収縮不全に伴ううっ血性心不全の病態の把握、あるいは前負荷軽減療法の有効性の評価に有用な情報を与えるものと考えられた。

#### 6. 問題点

本研究の拡大心群と健常群との間には年齢の整合が十分でなく、両群の比較が妥当でない可能性がある。健常例の左室流入血流速波形は加齢とともに E 波の減高と A 波の増高を示すようになり、ほぼ左室弛緩障害に類似のパターンを示す<sup>29)</sup>。本研究ではこのような点も考慮して、あえて真の正常波形を示す若年例を選び、その左室流入血流速波形変化を検討した。

また、下半身陰圧・陽圧負荷により、とくに肺静脈径の変化する可能性もあり、本波形から直接に血流量の変化を評価することも少なからず問題のある点であろう。

#### おわりに

拡大心における左室流入血流速波形の偽正常化例と A 波の代償的増高例は前負荷の変動により容易に移行し、肺静脈血流速波形を加えた総合的分析は本病態の重症度評価に有用である。

#### 要 約

経食道心エコー図法を用い、拡大心 30 例 (拡張型心筋症 10 例、陳旧性心筋梗塞 20 例) および健常 20 例の左室流入血流速波形および肺静脈血流速波形を記録した。さらに -40 mmHg の下半身陰圧および +40 mmHg の陽圧負荷を行い、前負荷軽減、増大時の諸指標の変化について検討し、以下の結果を得た。

1. 拡大心 30 例のうち、対照時における左室流入血流速波形が偽正常化パターンを示したものは 8 例、心房収縮期波の代償的増高パターンを示したものは 22 例であった。偽正常化群は

代償的増高群に比し、左室流入血流速波形の拡張早期波高(E)が有意に大、心房収縮期波高(A)が有意に小、肺静脈血流速波形の拡張期波高(PVD)が有意に大、収縮期第2波高(PVS<sub>2</sub>)が有意に小であった。偽正常化および代償的A波増高群は健常群に比し、肺静脈血流速波形の心房収縮期陰性波高(PVA)が有意に大であった。

2. 偽正常化群は代償的A波増高群に比し、対照時における心尖拍動図のA波率および平均肺動脈楔入圧が有意に高値を示した。

3. 代償的A波増高群22例中6例は、陽圧負荷により偽正常化パターンに変化し、偽正常化群8例中3例は陰圧負荷により代償的A波増高パターンに変化した。代償的A波増高パターンから偽正常化パターンに変化した6例のPVDおよびPVAは、対照時に比べて陽圧負荷時では有意な増高を示した。これら6例の対照時の肺動脈楔入圧は、変化しなかった14例に比べて有意な高値を示した。

4. 各群のEは、陰圧負荷で有意に減高、陽圧負荷で有意に増高したが、Aに有意の変化はみられなかった。

5. 健常群のPVS<sub>2</sub>は陰圧負荷により有意に減高し、偽正常化群および代償的A波増高群のPVS<sub>2</sub>も減高傾向にあったが、有意差はみられなかった。陰圧負荷によるPVDの変化は偽正常化群および代償的A波増高群で有意に減高したが、その減少率は偽正常化群が代償的A波増高群に比べて有意に大であった。

以上の結果から、拡大心における左室流入血流速波形の偽正常化例と心房収縮期波の代償的増高例は前負荷の変動により容易に移行し、これらの情報に肺静脈血流速波形の変化をも加えた総合的分析は、左室収縮不全に伴ううっ血性心不全の重症度の把握あるいは前負荷軽減療法の有効性の評価に有用な情報を与えることが示唆された。

*J Cardiol* 1994; 24: 23-33

## 文 献

- Ogawa S, Oki T, Iuchi A, Kawano T, Uchida T, Hayashi M, Aoyama Y, Hosoi K, Emi S, Fukuda N, Mori H: Analysis of flow velocity patterns in the superior vena cava and the pulmonary vein in cases of hypertrophic cardiomyopathy. *Jpn J Med Ultrasonics* 1990; 17: 223-232 (in Japanese)
- Iuchi A, Oki T, Ogawa S, Kawano T, Hayashi M, Aoyama Y, Emi S, Hosoi K, Fukuda N, Mori H: Evaluation of pulmonary venous flow pattern in hypertrophied and dilated hearts: A study with transesophageal pulsed Doppler echocardiography. *J Cardiol* 1991; 21 (Suppl XXVI): 75-88 (in Japanese)
- Fujimoto T, Oki T, Iuchi A, Ogawa S, Kageji Y, Hayashi M, Shinohara H, Hosoi K, Kiyoshige K, Fukuda N, Ito S: Changes in blood flow velocity pattern of the superior vena cava and pulmonary vein during lower body negative pressure in normal subjects. *Jpn J Med Ultrasonics* 1991; 18: 668-677 (in Japanese)
- 清重浩一, 大木 崇, 井内 新, 藤本 卓, 田畑智継, 真鍋和代, 福田和代, 大塚明代, 福田信夫, 伊東 進: 肥大心における下半身陰圧および陽圧負荷時の左室流入, 肺静脈血流速波形の変化に関する検討. *日超医講演論文集* 1991; 59: 739-740
- 厚生省特定疾患特発性心筋症調査研究班: 特発性心筋症診断の手引. 特発性心筋症調査研究班昭和60年度研究報告集 1986; 13-15
- Ohkushi H, Oki T, Tominaga T, Ishimoto T, Uchida T, Fukuda N, Mikawa T, Irahara K, Asai M, Mori H: Mode of left ventricular diastolic filling in hypertrophic cardiomyopathy as studied by pulsed Doppler echocardiography and multi-gated blood pool scan. *J Cardiogr* 1986; 16: 585-596 (in Japanese)
- Tsakamoto T, Takeuchi M, Fukuzaki H: Effects of lower body negative pressure and volume loading on transmitral flow velocity pattern by pulsed Doppler echocardiography. *Jpn Circ J* 1989; 53: 377-386
- Choong CY, Herrmann NC, Weyman AE, Fifer MA: Preload dependence of Doppler-derived indexes of left ventricular diastolic function in humans. *J Am Coll Cardiol* 1987; 10: 800-808
- Nishimura RA, Abel MD, Hatle LK, Holmes DR Jr, Housmans PR, Ritman EL, Tajik AJ: Significance of Doppler indices of diastolic filling of the left ventricle: Comparison with invasive hemodynamics in a canine model. *Am Heart J* 1989; 118: 1248-1258
- Takagi S, Yokota M, Iwase M, Yoshida J, Hayashi H, Sotobata I: The important role of left ventricular relaxation and left atrial pressure in the left ventricular filling velocity profile. *Am Heart J* 1989; 118: 954-962
- Myreng Y, Smiseth OA: Assessment of left ventricular relaxation by Doppler echocardiography: Comparison of isovolumic relaxation time and transmitral flow velocities with time constant of isovolumic relaxation. *Circulation* 1990; 81: 260-266
- Marino P, Destro G, Barbieri E, Zardini P: Early left ventricular

- filling: An approach to its multifactorial nature using a combined hemodynamic-Doppler technique. *Am Heart J* 1991; **122**: 132-141
- 13) Courtois M, Vered Z, Barzilai B, Ricciotti NA, Pérez JE, Ludbrook PA : The transmitral pressure-flow velocity relation: Effect of abrupt preload reduction. *Circulation* 1988; **78**: 1459-1468
  - 14) Takahashi T, Iizuka M, Sato H, Serizawa T, Momomura S, Mochizuki T, Kohmoto O, Aoyagi T, Matsui H, Ikenouchi H, Sakamoto T, Sugimoto T : Doppler echocardiographic-determined changes in left ventricular diastolic filling flow velocity during the lower body positive and negative pressure method. *Am J Cardiol* 1990; **65**: 237-241
  - 15) Nishimura RA, Abel MD, Hatle LK, Tajik AJ : Relation of pulmonary vein to mitral flow velocities by transesophageal Doppler echocardiography: Effect of different loading conditions. *Circulation* 1990; **81**: 1488-1497
  - 16) Kuecherer HF, Muhiudeen IA, Kusumoto FM, Lee E, Moulinier LE, Cahalan MK, Schiller NB : Estimation of mean left atrial pressure from transesophageal pulsed Doppler echocardiography of pulmonary venous flow. *Circulation* 1990; **82**: 1127-1139
  - 17) Hoit BD, Shao Y, Gabel M, Walsh RA : Influence of loading conditions and contractile state on pulmonary venous flow: Validation of Doppler velocimetry. *Circulation* 1992; **86**: 651-659
  - 18) Oki T, Asai M, Takemura H, Fukuda N, Sakai H, Tominaga T, Murao A, Ohshima C, Kusaka Y, Niki T, Mori H : Pulsed Doppler echocardiographic assessment of diastolic left ventricular hemodynamics in hypertrophic cardiomyopathy: Relationship between the mode of left ventricular filling and the distribution of left ventricular hypertrophy. *J Cardiogr* 1983; **13**: 523-535 (in Japanese)
  - 19) Ohkushi H, Asai M, Ishimoto T, Tominaga T, Fukuda N, Taoka M, Kusaka Y, Irahara K, Oki T, Niki T, Mori H : Left ventricular diastolic filling patterns in hypertrophic cardiomyopathy and myocardial infarction: Studies by pulsed Doppler echocardiography and multi-gated blood pool scans. *J Cardiogr* 1984; **14**: 95-104 (in Japanese)
  - 20) Tominaga T, Oki T, Asai M, Ishimoto T, Ohkushi H, Uchida T, Kawano T, Kawano K, Fukuda N, Mori H : Non-invasive assessment of left ventricular filling during atrial systole by pulsed Doppler echocardiography and apexcardiography. *Jpn J Med Ultrasonics* 1986; **13**: 315-323 (in Japanese)
  - 21) Appleton CP, Hatle LK, Popp RL : Relation of transmitral flow velocity patterns to left ventricular diastolic function: New insights from a combined hemodynamic and Doppler echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol* 1988; **12**: 426-440
  - 22) 井内 新, 大木 崇, 小川 聡, 細井憲三, 林真見子, 清重浩一, 藤本 卓, 吉本和代, 福田信夫, 伊東 進 : 肺静脈血流速度波形における収縮期第1の陽性波(S<sub>1</sub>)の分析による左房機能評価の試み. *日超医講演論文集* 1991; **58**: 217-218
  - 23) Ahmad M, Blomqvist CG, Mullins CB, Willerson JT : Left ventricular function during lower body negative pressure. *Aviat Space Environ Med* 1977; **48**: 512-515
  - 24) Stevens PM, Lamb LE : Effects of lower body negative pressure on the cardiovascular system. *Am J Cardiol* 1965; **16**: 506-515
  - 25) Mohanty PK, Sowers JR, McNamara C, Thames MD : Reflex effects of prolonged cardiopulmonary baroreceptor unloading in humans. *Am J Physiol* 1988; **254**: 320-324
  - 26) Goto M, Arakawa M, Suzuki T, Tanaka T, Miyamoto H, Yamaguchi M, Takaya T, Ito H, Hirakawa S : A quantitative analysis of reservoir function of the human pulmonary "venous" system for the left ventricle. *Jpn Circ J* 1986; **50**: 222-231
  - 27) Voigt GC, Friesinger GC : The use of apexcardiography in the assessment of left ventricular diastolic pressure. *Circulation* 1970; **41**: 1015-1024
  - 28) 影治好美, 大木 崇, 井内 新, 小川 聡, 林真見子, 細井憲三, 柴 昌子, 藤本 卓, 清重浩一, 福田信夫 : 経食道心エコー法による肥大心と拡大心の心房中隔運動に関する検討. *日超医講演論文集* 1990; **56**: 335-336
  - 29) 浅井幹夫, 大木 崇, 竹村晴光, 富永俊彦, 大島千寿子, 村尾明之, 福田信夫, 坂井秀樹, 富田光子, 仁木敏晴, 森 博愛 : 超音波パルス・ドブラ法による左室流入路血流パターンの正常値: 特に加齢との関係について. *日超医講演論文集* 1981; **39**: 243-244