

肥大型心筋症における右室  
流入動態：断層エコー・ド  
プラー法による検討

Analysis of diastolic fill-  
ing of the right ventricle  
in hypertrophic cardio-  
myopathy: A study with  
two-dimensional Dop-  
pler echocardiography

岡本 光師  
木下 直和  
宮武 邦夫  
永田 正毅  
別府慎太郎  
朴 永大  
卞 在福  
榊原 博  
仁村 泰治

Mitsunori OKAMOTO  
Naokazu KINOSHITA  
Kunio MIYATAKE  
Seiki NAGATA  
Shintaro BEPPU  
Yung Dae PARK  
Zai Fuku PYON  
Hiroshi SAKAKIBARA  
Yasuharu NIMURA

**Summary**

Inflow pattern at the tricuspid orifice was examined using two-dimensional Doppler echocardiography. The cases examined consisted of 24 cases of hypertrophic cardiomyopathy (HCM), 10 cases of left ventricular hypertrophy (LVH) due to hypertension or aortic valvular stenosis and 23 healthy subjects.

1) The right ventricular inflow pattern in HCM was characterized by a slow deceleration of a rapid filling wave, an increase in the duration of an inflow due to atrial contraction and an increased ratio of the peak velocity in atrial contraction phase to that in rapid filling phase (A/R). No definite difference was noted in the right ventricular inflow pattern between HCM with and without left ventricular obstruction. The abnormalities in the right ventricular inflow pattern in LVH were similar to those in HCM. The abnormal inflow patterns in HCM and LVH suggested a reduced distensibility of the right ventricle in early diastole and the compensatory augmentation of right atrial contraction.

2) The changes in the deceleration of the rapid filling wave and A/R ratio were significantly correlated with interventricular septal thickness (base and papillary muscle levels) in cases with LVH. This result seemed to indicate that the changes in the right ventricular inflow are mainly resulted from the influence of hypertrophy of the interventricular septum on right ventricular function.

国立循環器病センター  
吹田市藤白台 5-125 (〒565)

National Cardiovascular Center, Fujishirodai 5-125,  
Suita 565

Presented at the 24th Meeting of the Cardiography Society held in Tokyo, March 23-24, 1982

Received for publication November 6, 1982

There was hypertrophy of the interventricular septum in all cases of HCM and, in addition, that of the right ventricular anterior wall in some of them. The changes in the inflow pattern in HCM are also considered to be resulted from hypertrophy of the right ventricular anterior wall and the influence of hypertrophy of the interventricular septum on right ventricular function. However, in the cases of HCM, the extent of the changes showed no significant correlation with right ventricular anterior wall thickness and interventricular septal thickness. In HCM, hypertrophy of the interventricular septum and right ventricular free wall may coexist, and ventricular hypertrophy is often nonuniform and may exhibit disarrangement in myocardial architecture. Therefore, influential factors on the right ventricular inflow are considered to be more complicated in HCM than in LVH, resulting in the absence of significant correlation to the abnormal inflow mentioned above.

#### Key words

Pulsed Doppler echocardiography  
ventricular hypertrophy

Right ventricular inflow

Hypertrophic cardiomyopathy

Left

### はじめに

肥大型心筋症における左室の拡張特性については、種々の方面から解析され<sup>1-7)</sup>、その異常が報告されている。右室機能についても、肥大が右室へも進展する例があることや、左右両心室の相互干渉<sup>8,9)</sup>などからみて、何らかの異常があると推測される。今回は、超音波パルス・ドプラー法を使用し、肥大型心筋症における右室流入動態について検討した。

### 対 象

対象は肥大型心筋症 24 例で、その内訳は閉塞性 11 例、非閉塞性 13 例である。ただし、ここでいう閉塞性とは、心室中隔肥大ないしはそれに左室自由壁肥大を伴い、内腔狭小化の上に明瞭な僧帽弁エコーの SAM を伴うものをいい<sup>10)</sup>、このうち 8 例はカテーテル検査を受け、7 例に心室内圧較差が認められている。また非閉塞性とは、非対称性心室中隔肥大または非対称性心尖部肥大が著明で、内腔が狭小化しており、SAM を伴わないものである。併せて比較のために、高血圧および大動脈弁狭窄による左室圧負荷に起因すると考えられる左室肥大 10 例、および健常者 23 名についても検討した。このさい、圧負荷による左室肥大の程度は、今回の特殊な目的から M モード心

エコー図測定による心室中隔厚で、12 mm 以上ないしそれ以上のものをとった(最高 22 mm)。また、以上の全患者の年齢は 16~73 歳、平均 45.2 歳、健常者の年齢は 22~64 歳、平均 40.0 歳で、両者には有意の年齢差はなかった。

### 方 法

#### 1. 主要装置

電子走査型超音波断層装置にドプラー機構を組み込んだシステム、東芝製 SSH-11A/SDS-10A を使用した。そのキャリア周波数は 2.4 MHz で、パルス繰り返し数は 4 KHz と 6 KHz に可変である。ドプラー・シグナルは高速 フーリエ 変換 (FFT) によって周波数分析され、周波数スペクトログラムとして表示される。この装置ではデータの取り込み時間は 21.3 msec、演算時間は 2 msec であり、2.67 msec ずつのデータの入れ換えが順次行なわれる。また、周波数分解能は 47 Hz である。ドプラー・シグナルと同時に、そのサンプル部位を示すため、超音波ビームと同一方向の M モード心エコー図も記録される。

#### 2. ドプラー検査手技

被検者を左側臥位として、左第 3 ないし第 4 肋間からの傍胸骨アプローチにより、心臓断層エコー図の水平断面を描出した。この断面で、三尖弁中央を通る超音波ビーム上でサンプルボリュームを

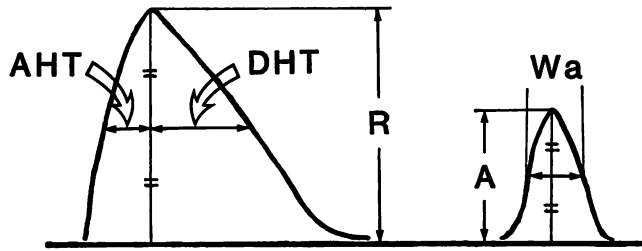


Fig. 1. Schema of the measurements on the right ventricular inflow pattern.

AHT=acceleration half time; DHT=deceleration half time;  $W_a$ =duration of the filling due to atrial contraction;  $A/R$ =ratio of the peak velocity in the filling wave due to atrial contraction (A) to that in the rapid filling wave (R).

三尖弁輪レベル(同一ビームによる三尖弁 M モード心エコー図の D 点)に設定した。呼吸時呼吸停止下に、この部位で血流記録を行った。血流シグナルは上記の M モード心エコー図、心音図、心電図と同時記録し、その際の紙送り速度は 50 mm/秒とした。

### 3. 計測

得られた三尖弁口での拡張期の血流パターンについて、瞬時最高流速の包絡線から以下のような測定を行った (Fig. 1)。なお、測定の実行はあらかじめの観察により、これらが今回の対象における病態表現に有意義と考えたことによる。

1) Acceleration half time: 急速流入期の流速がピーク流速の 1/2 の値に達した時点からピーク流速まで加速するのに要する時間。

2) Deceleration half time: 急速流入期の流速がピーク流速からその 1/2 の値にまで減速するのに要する時間。

3) 心房収縮期流入時間 ( $W_a$ ): 心房収縮期の流速がそのピーク流速の 1/2 の値よりピークに達し、それより再び 1/2 の値にまで減速するまでの流入時間幅。

4)  $A/R$ : 心房収縮期におけるピーク流速 (A) と急速流入期のそれ (R) との比。

また、心疾患例のうち 30 例では、心基部僧帽弁前尖弁レベルおよび左室乳頭筋レベルそれぞれにおける心室中隔厚を、20 例では探触子の焦点距離を 4 cm として、心基部レベルでの右室前

壁厚を、それぞれ心電図 R 波の時相で測定した。

以上の各測定値には連続 5 心拍における測定値の平均を採った。

## 結 果

### 1. 三尖弁口血流パターンの大要

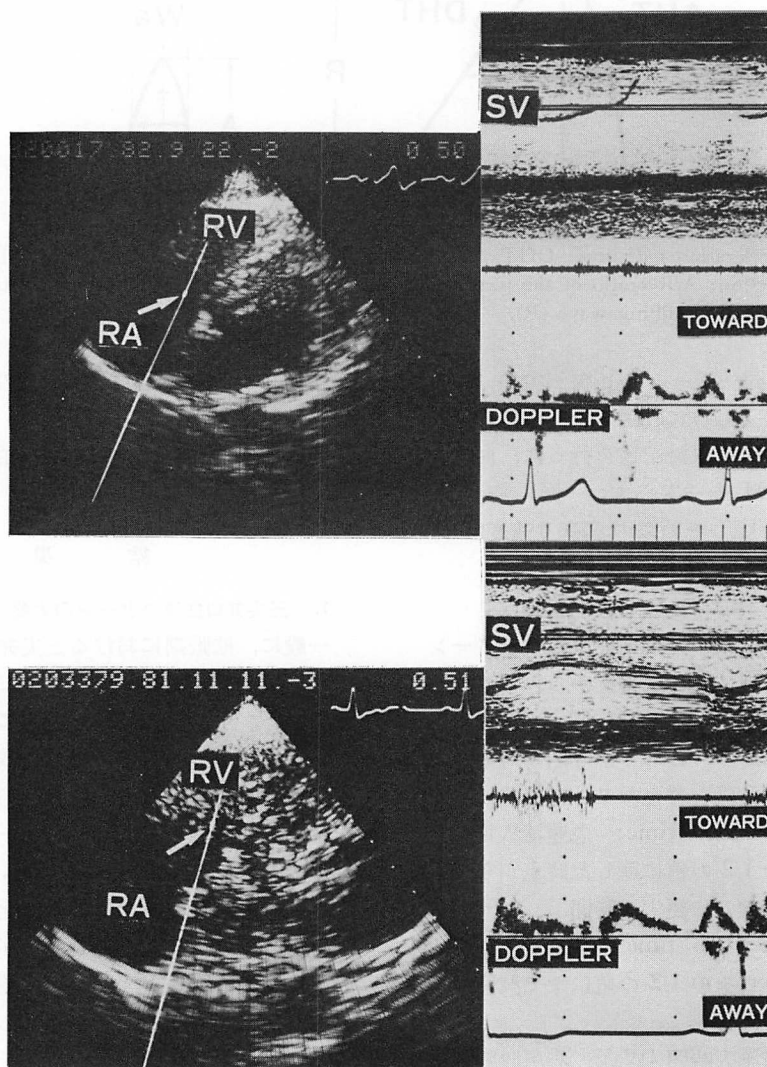
一般に、拡張期における三尖弁口血流パターンは急速流入期と心房収縮期の二峰性を呈した。すなわち、急速流入開始とともに流速は速やかにピーク流速に達し、その後、比較的緩やかに減速し基線近くに復帰した後、再び心房収縮期のピークを示した。一般にはこの時のピーク高は急速流入期のそれに比し小であった (Fig. 2 上段)。

肥大型心筋症では、健常者に比し、急速流入期や心房収縮期の流入時間の延長が認められ、また、心房収縮期のピーク流速が急速流入期のそれに比し相対的に増大することが認められた (Fig. 2 下段)。

### 2. 血流パターンからの計測

1) Acceleration half time: Acceleration half time は健常者、肥大型心筋症、圧負荷による左室肥大心において、それぞれ平均 88 (標準偏差 10), 89 (16), 90 (15) msec であり、これらそれぞれの間有意の差は認められなかった (Fig. 3)。また肥大型心筋症の中で閉塞性と非閉塞性との間にも、その平均値に有意の差はみられなかった。

2) Deceleration half time: Deceleration half



**Fig. 2. Right ventricular inflow pattern.**

Upper panel: healthy subject. The inflow pattern consists of two waves, i.e., an early diastolic rapid filling wave and atrial contraction wave. The arrow in the two-dimensional image indicates the site of sampling volume in the right atrium (T.T., a 30-year-old healthy man). Lower panel: hypertrophic cardiomyopathy. The rapid filling wave exhibits a slow deceleration and the atrial contraction wave is exaggerated (I.K., a 67-year-old woman, hypertrophic obstructive cardiomyopathy).

RV=right ventricle; RA=right atrium; SV=sampling volume; TOWARD=flow components toward the transducer; AWAY=flow components away from the transducer.

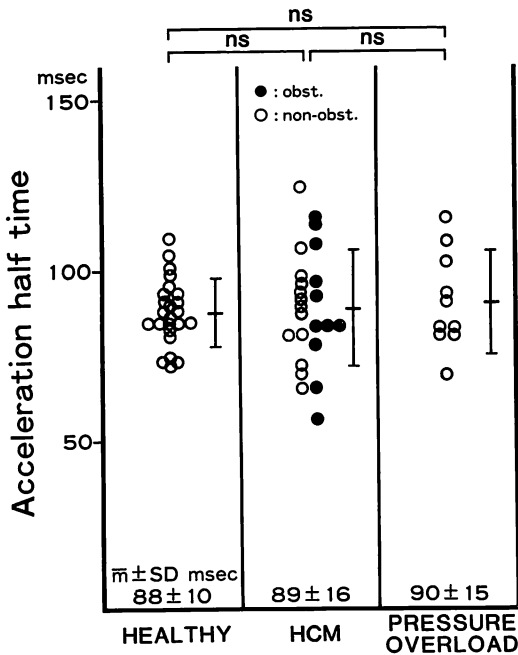


Fig. 3. Acceleration half time in healthy subjects, cases of hypertrophic cardiomyopathy and those with left ventricular hypertrophy due to pressure overload.

obst=obstructive form; non-obst=nonobstructive form; HCM=hypertrophic cardiomyopathy; m=average, SD=standard deviation; ns=statistically not significant.

time は健常者, 肥大型心筋症, 圧負荷による左室肥大心において, それぞれ平均 114 (標準偏差 11), 130 (16), 134 (26) msec であった (Fig. 4). 肥大型心筋症と圧負荷による左室肥大心, それぞれにおける値は健常者のそれに比し有意に大であった。しかし, 肥大型心筋症の閉塞性と非閉塞性との間, ならびに肥大型心筋症と圧負荷による左室肥大心との間には有意の差はみられなかった。

3) 心房収縮期流入時間: 肥大型心筋症, 圧負荷による左室肥大の心房収縮期流入時間は, それぞれ平均 120 (標準偏差 12), 126 (19) msec で健常者の平均 111 (14) に比し有意に大であった (Fig. 5).

4) A/R: 健常者では年齢が増加するにつれて

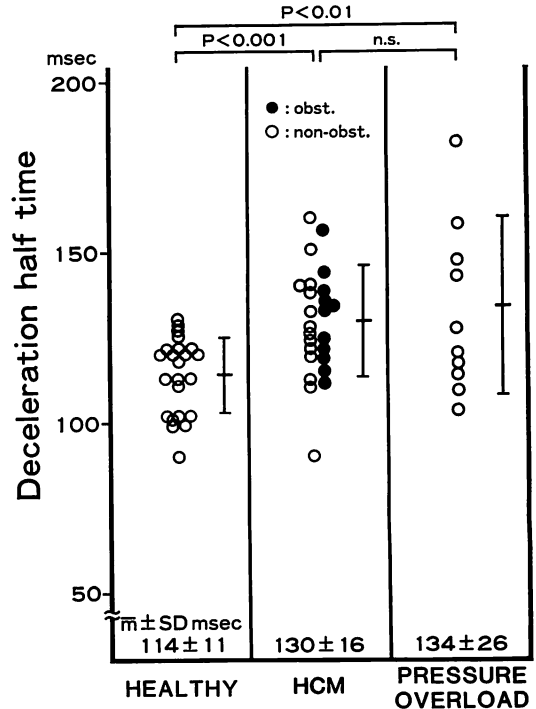


Fig. 4. Deceleration half time in healthy subjects, cases of hypertrophic cardiomyopathy and those with left ventricular hypertrophy due to pressure overload.

Abbreviations are the same as those in Fig. 3.

A/R は増大した ( $Y=0.013 X+0.086, r=0.73$ ) (Fig. 6). 肥大型心筋症と圧負荷による左室肥大心の A/R は 33 例中 3 例を除き健常者の回帰直線よりも高値側に分布していた。

回帰式を使って年齢補正した上での各群間の A/R の比較では, 肥大型心筋症, 圧負荷による左室肥大での健常者のそれに比し, 同程度のものもあるがその約 3 倍の値に達するものもあり, 平均値の比較でも有意に大であった (Fig. 7).

3. 血流パターンからの計測値と他のパラメータとの関係

以下の検討は健常者と疾患群との間で顕著な差が認められた deceleration half time と A/R について行った。

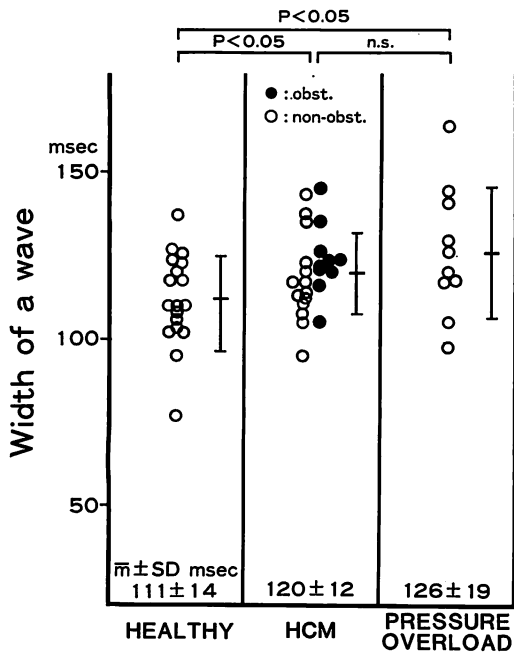


Fig. 5. Duration of the inflow wave due to atrial contraction.

Abbreviations are the same as those in Fig. 3.

1) 右室拡張末期圧: Deceleration half time, A/R と右室拡張末期圧との間には有意の相関は得られなかった(それぞれ  $r = -0.36, 0.13$ ).

2) 心室中隔厚: Deceleration half time と A/R について心室中隔厚(心基部+左室乳頭筋レベル)との関係を検討した(Fig. 8). 肥大型心筋症では deceleration half time, A/R と心室中隔厚と有意な相関は得られなかった(それぞれ  $r = 0.18, 0.35$ ). 圧負荷による左室肥大心の deceleration half time, A/R は心室中隔厚とそれぞれ ( $r = 0.74, p < 0.05$ ), ( $r = 0.80, p < 0.01$ ) の有意の正相関が得られた.

3) 右室前壁厚: 右室前壁厚は肥大型心筋症で測定し得た 17 例中 9 例で 5 mm 以上を示した. また, 左室圧負荷による肥大心で右室前壁厚の測定し得た 3 例では, その値はいずれも 4 mm 以下であった. Deceleration half time, A/R と右

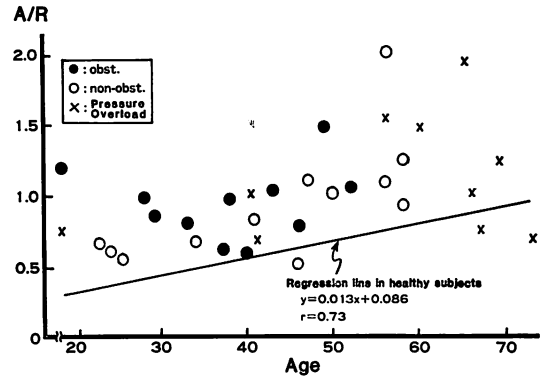


Fig. 6. Ratio of the peak velocity in the filling wave due to atrial contraction to that in the rapid filling wave in terms of patient's age.

The ratio, A/R increases with age in healthy subjects. The oblique line in the figure shows the linear regression line in healthy subjects. The values of the patients are distributed above the regression line except for three cases. Closed circle indicates obstructive cases of HCM, open circle nonobstructive cases of HCM and cross cases with left ventricular hypertrophy due to pressure overload.

室前壁厚との間には有意の相関は得られなかった(それぞれ  $r = 0.16, 0.30$ ).

#### 4. 右心と左心の計測値の比較

三尖弁口とともに僧帽弁口でも血流パターンが得られた 31 例について, 同一患者での deceleration half time, A/R を両者で比較した(Fig. 9). 右心の deceleration half time は左心のそれとは有意な相関は示さなかった. 右心の A/R と左心のそれとは粗な正相関が得られた ( $r = 0.42, p < 0.05$ ).

### 考 按

1. パルス・ドプラー法による三尖弁口血流パターン計測についての問題点

三尖弁口血流パターンについて, 流速, 時間幅などを体表より非侵襲的に測定しようとする場合, 生体側と装置側の問題がある.

主として生体側の条件に規制される問題として, 一般に右心系には超音波ビームが入りにくく,

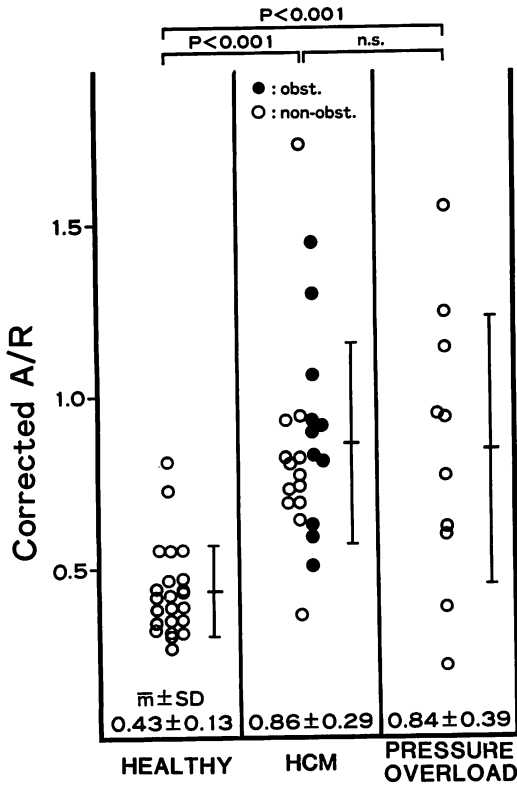


Fig. 7. A/R ratio corrected for age in each group.

良好な血流記録が得難い場合の多いことがあげられる。また、僧帽弁などの場合に比し、真の血流の方向と超音波ビームのなす角度がより判然としにくい。このため、今回の検討では流入血流の流速や加速度の絶対値を求めることは避け、超音波ビームの投入角度には比較的依存しないと考えられるパラメータ<sup>11)</sup>を測定した。

おもに装置側に存在する問題点として、時間分解能や周波数分解能がある<sup>12,13)</sup>。今回のFFTではその性能上、血流シグナルは真の時相よりも少なくとも数 msec の時間遅れを有し、かつ、時間分解能の点でも制約がある。特に、時間遅れについては、血流パターンと心音図や心電図などを時相的に対比する場合に問題となろう。今回の検討

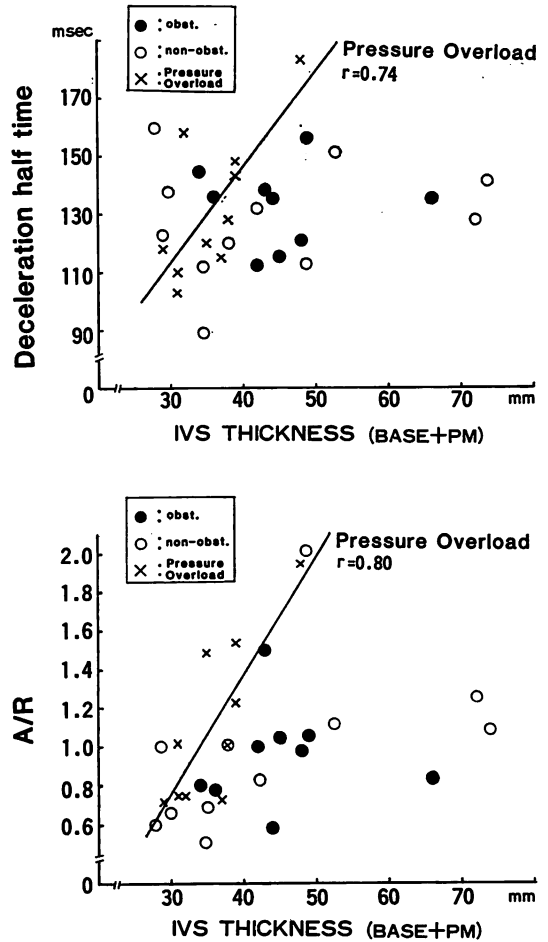


Fig. 8. Relationships between interventricular septal thickness and deceleration half time, and ratio, A/R.

Upper panel: relationship between interventricular septal thickness and deceleration half time. Lower panel: relationship between interventricular septal thickness and ratio, A/R.

Significant correlations are obtained for the group of cases with left ventricular hypertrophy due to pressure overload. The regression lines are displayed as the oblique lines in both panels.

PM=papillary muscle.

は血流パターンだけからの測定値の比較であり、時間遅れについてはある程度相殺されていると思われる。いずれにしても、血流パターンを解釈す

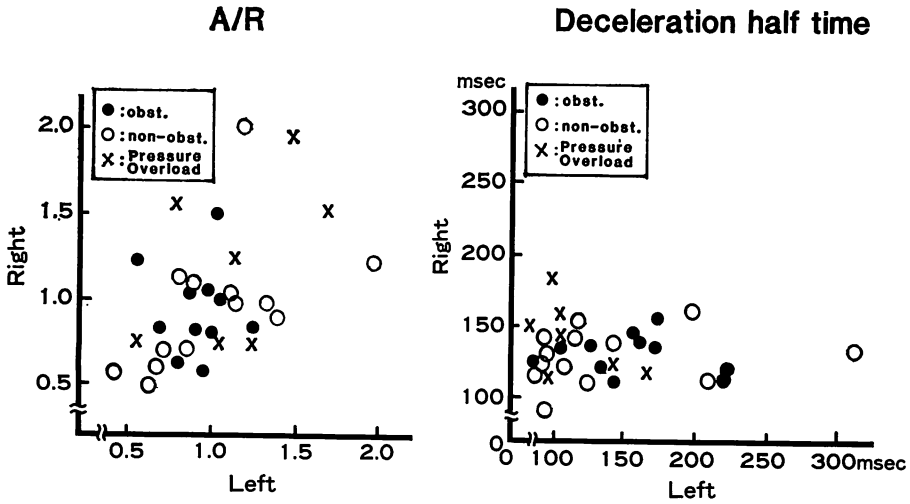


Fig. 9. Relationships between deceleration half times and ratios, A/R, in the left and right ventricles in the same patients.

There is no significant correlation for deceleration half time and poor correlation ( $r=0.42, p<0.05$ ) for A/R.

るにさいしては常に以上のような装置の問題点を念頭に置く必要がある。

## 2. 左室肥大心における右室流入異常

肥大型心筋症にみられる右室の急速流入の deceleration half time の延長は、肥大型心筋症においては、一般に左心系の場合と同じく<sup>6,7)</sup>、右心系でも急速流入期においてピーク流速に達した後の右室の伸展が緩徐であることを示す。この傾向は左室圧負荷心でも同様であった。また、これら両者ともに心房収縮期の流入時間の延長、ピーク流速の相対的増大が認められた。これらの事実は、左室肥大心においては右心系にも拡張早期の伸展性低下があり、これを代償するものとして心房収縮の役割が増大しているものと考えられる。

すでに高血圧性心疾患については左心流入血流異常があり、その程度が左室壁厚と相関することが報告されている<sup>14)</sup>。今回の成績で、左室圧負荷疾患では右室流入血流異常の程度は心室中隔厚と相関を示した。これらのことから、このさいの右室流入血流異常の因子として少なくとも心室中隔の肥大が関与している可能性が大きい。心室中隔

は本来解剖的ないし機能的には左室自由壁と行動をとるにすが、右室に隣接することにより、その肥大の影響が右室に及ぶのであろう。このさい、もちろん左室全体の肥大も影響しているものと予想されるが、現段階ではその影響と心室中隔のそれとを明瞭に分けて論じることはできないであらう。

次に、肥大型心筋症の症例では、心室中隔ないし右室前壁の肥厚がみられた。上記の左室圧負荷心の場合から類推して、やはりこれらが右室流入異常の発生の主要因子と考えられる。しかし、肥大型心筋症では血流異常の程度と、心室中隔厚や右室前壁厚との間には明瞭な比例関係はみられなかった。肥大型心筋症の肥大の状況は一般に左室圧負荷心の肥大に比べ複雑であり、このさいの肥大は肉眼的にも不均一であることが特徴で、場所によって差がある。さらに心筋の組織構築が複雑であり、心筋の厚さの変化が直接その動態の変化に対応し難い。したがって、肥大型心筋症では心室中隔厚はもちろん、右室前壁厚をもってしても、それらのうちの一個所の測定値だけでは、こ



れらが右室に与える影響を総合的に代表することはできない。このため、心室中隔や右室前壁の厚さの程度と右室流入異常の程度とが比例しないのであろう。

肥大型心筋症をはじめ左室肥大心における右室流入異常を、以上のような形態の見地とは一応別個に左室機能の面からも検討することができる。すなわち、臨床上本態性高血圧でも右室機能の低下を示す症例があったり<sup>15,16)</sup>、また、一方の心室の充満圧上昇が心室中隔を介して他方の心室の伸展を抑制する<sup>9)</sup> ことなどが知られている。逆に、右室に慢性的の圧ないし容量負荷があるさいに左室機能にも低下があることが報告されているように<sup>17)</sup>、各心室、心房の相互依存性が論じられている<sup>9)</sup>。このようなことから、肥大型心筋症では左室の伸展性が低下しており、これが直接右室の伸展性低下に関係する可能性がある。しかし、同一症例で deceleration half time, A/R を左右両心室で比較した結果、いずれも左右両心室の間で良好な相関は得られなかった。このことからみて、今回得られた右室流入異常は左室の伸展性低下といった左室機能異常の直接的反映のみでは説明し難く、主として右室に近い心室中隔の肥大、あるいは右室自体の影響が強く作用した結果と考えられる。

## 要 約

リアル・タイム断層エコー・ドプラー法を用いて肥大型心筋症 24 例、ならびに比較のために高血圧あるいは大動脈弁狭窄による左室肥大心 10 例、健常者 23 名について右室流入動態を検討した。

1) 肥大型心筋症では右室急速流入期の流速がピークに達する時間は健常者のそれに比し変わらなかったが、その後の減速が緩徐であった。また、心房収縮期の流入時間も延長し、そのピーク流速は急速流入期のそれに比し増大を示した。この異常血流の程度は左室肥大が閉塞性のものと非閉塞性のものとは特に差はみられなかった。このよ

うな右室流入異常は圧負荷による左室肥大心でも同様に認められた。これらの血流異常は右室の拡張早期の伸展性の低下、ならびにこれを代償する機転として心房収縮の増強を示すものと考えられた。

2) 左室圧負荷心では上記の血流異常の程度は心室中隔厚(心基部+左室乳頭筋レベル)と有意の相関を示した。このことから、心室中隔ないし左室全般の肥大が直接右室機能に及ぼす影響によって異常血流が生じたものと考えられる。肥大型心筋症では全例で心室中隔の肥大が見られ、加えて一部の例で右室前壁厚も肥大を示していた。それゆえ、圧負荷心からの類推により、肥大型心筋症の異常血流もまた、このような心室中隔や右室の肥大に基くと考えられる。しかし、肥大型心筋症では血流異常の程度と心室中隔厚、右室前壁厚とは有意な比例関係は示さなかった。肥大型心筋症では一般に肥大の分布が不均等であり、かつ、右室にも肥大があることがあり、さらに、心筋構築も不均質である。それゆえ、心室中隔や右室前壁厚の1つの個所の厚みの測定値をもって、これらの因子を総合した右室流入への影響を代表することはできず、したがって異常血流の程度と比例関係は示さないのであろう。

## 文 献

- 1) Gaash WH, Battle WE, Oboler AA, Banas JS Jr, Levine HJ: Left ventricular stress and compliance in man: With special reference to normalized ventricular function curves. *Circulation* 45: 746-762, 1972
- 2) 千田彰一: 左室拡張動態の力学的特性に関する研究. 日本内科学会雑誌 67: 591-600, 1978
- 3) Gotsman MS, Lewis MB: Left ventricular volume and compliance in hypertrophic cardiomyopathy. *Chest* 66: 498-505, 1974
- 4) Mirsky I, Cohn PF, Levine JA, Gorlin R, Herman MV, Kreulen TH, Sonnenblick EH: Assessment of left ventricular stiffness in primary myocardial disease and coronary artery disease. *Circulation* 50: 128-136, 1974
- 5) Hirota Y: A clinical study of left ventricular relaxation. *Circulation* 62: 756-763, 1980

岡本, 木下, 宮武, ほか

- 6) 松尾裕英, 北島 颯, 浅生雅人, 寺尾祐輔, 三嶋正芳, 千田彰一, 島津 敬, 田内 潤, 阿部 裕: 左室流入血流パターンからみた高血圧症, 肥大型心筋症, 心筋梗塞における左室拡張機能に関する研究. *J Cardiography* **10**: 697-708, 1980
- 7) 竹村晴光, 大木 崇, 村尾明之, 福田信夫, 浅井幹夫, 大島千寿子, 沢田誠三, 仁木敏晴, 森 博愛: 超音波パルス・ドプラー法による肥大型心筋症の左室流入路および流出路血流動態の検討. *J Cardiography* **11**: 125-134, 1981
- 8) Taylor RR, Covell JW, Sonnenblick EH, Ross J Jr: Dependence of ventricular distensibility on filling of the opposite ventricle. *Am J Physiology* **213**: 711-718, 1967
- 9) Maruyama Y, Ashikawa K, Isoyama S, Kanatsuka H, Inooka E, Takishima T: Mechanical interactions between four heart chambers with and without the pericardium in canine heart. *Circulat Res* **50**: 86-100, 1982
- 10) Henry WL, Clark CE, Epstein SE: Asymmetric septal hypertrophy; Echocardiographic identification of pathognomonic anatomic abnormality of IHSS. *Circulation* **47**: 225-233, 1973
- 11) 浅生雅人: 僧帽弁狭窄症における房室間圧較差の無侵襲的推定に関する研究. 超音波パルス変調ドプラー法を用いて. *日本内科学会雑誌* **69**: 330-340, 1980
- 12) 佐藤 裕, 田辺浩二: 超音波血流分析・表示法. *電子医学* **11**: 190-193, 1976
- 13) 古幡 博: 超音波パルス・ドプラー血流計. *電子医学* **11**: 225-231, 1976
- 14) Tanouchi J, Inoue M, Kitabatake A, Hori M, Asao M, Mishima M, Shimazu T, Morita H, Masuyama T, Abe H, Matsuo H: Impaired early diastolic filling of left ventricle in hypertensive patients assessed by intracardiac pulsed Doppler flowmetry. *Circulation* **64** (Suppl 4): 255, 1981
- 15) Olivari MT, Fiorentini C, Polese A, Guazzi MD: Pulmonary hemodynamics and right ventricular function in hypertension. *Circulation* **57**: 1185-1190, 1978
- 16) Ferlinz J: Right ventricular performance in essential hypertension. *Circulation* **61**: 156-162, 1980
- 17) Kelly DT, Spotnitz HM, Beiser GD, Pierce JE, Epstein SE: Effect of chronic right ventricular volume and pressure loading on left ventricular performance. *Circulation* **44**: 403-412, 1971