

超音波パルス・ドプラー法からみた肥大型心筋症および心筋梗塞症の左室拡張障害の差異について：特に心プールスキャンとの対比

Left ventricular diastolic filling patterns in hypertrophic cardiomyopathy and myocardial infarction: Studies by pulsed Doppler echocardiography and multi-gated blood pool scans

大櫛日出郷
浅井 幹夫
石本 武男
富永 俊彦
福田 信夫
田岡 雅世
日下 芳子
苜原 恵子
大木 崇
仁木 敏晴
森 博愛

Hidesato OHKUSHI
Mikio ASAI
Takeo ISHIMOTO
Toshihiko TOMINAGA
Nobuo FUKUDA
Masayo TAOKA
Yoshiko KUSAKA
Keiko IRAHARA
Takashi OKI
Toshiharu NIKI
Hiroyoshi MORI

Summary

Relationship between various parameters of the left ventricular inflow velocity patterns by pulsed Doppler echocardiography and the early diastolic mean filling rate (V_1) by multi-gated blood pool scans was evaluated. The materials consist of 26 patients with hypertrophic cardiomyopathy (HCM), 24 with old myocardial infarction (MI), seven with hypertensive heart disease (HHD), seven with dilated cardiomyopathy (DCM), seven with ischemic heart disease (IHD), and 16 normal subjects (N).

The results were as follows:

1. Acceleration time (AT) and deceleration time (DT) were significantly prolonged in HCM (120 ± 20 msec, 147 ± 23 msec), MI (102 ± 17 msec, 124 ± 21 msec), HHD (105 ± 11 msec, 141 ± 17 msec) and IHD (111 ± 16 msec, 122 ± 20 msec) compared with those of normals (89 ± 20 msec, 106 ± 18 msec).

徳島大学医学部 第二内科
徳島市蔵本町 2-50 (〒770)

The Second Department of Internal Medicine,
Faculty of Medicine, University of Tokushima,
Kuramoto-cho 2-50, Tokushima 770

Received for publication July 22, 1983 (Ref. No. 26-43)

2. V_1 was significantly decreased in HCM ($1.14 \pm 0.28 \text{ sec}^{-1}$), MI ($0.68 \pm 0.24 \text{ sec}^{-1}$), HHD ($0.73 \pm 0.12 \text{ sec}^{-1}$), DCM ($0.67 \pm 0.30 \text{ sec}^{-1}$) and IHD ($1.03 \pm 0.29 \text{ sec}^{-1}$) compared with that of normals ($1.48 \pm 0.28 \text{ sec}^{-1}$).

3. There were significant negative correlations between V_1 and AT or DT in HCM, IHD with slightly impaired diastolic filling and normals. However, there were significant positive correlations between V_1 and AT or DT in MI and DCM.

These findings suggested that left ventricular diastolic filling is impaired in both HCM and MI, and that DT- V_1 relationship is useful for differentiating HCM characterized by the "chamber stiffness" from MI characterized by the "myocardial stiffness".

Key words

Hypertrophic cardiomyopathy Myocardial infarction LV diastolic filling Pulsed Doppler echocardiography RI angiocardigraphy

はじめに

左室拡張期特性は種々の病態で変化するが、収縮期特性よりも早期に変化する^{1,2)}場合が多いため、その変化を知ることは臨床重要である。

従来、拡張期の左室容積変化を知る手段として、シネアンジオグラフィーや M モード心エコー図法が用いられてきたが、心内腔の異常壁厚を有する肥大型心筋症や、壁運動異常を伴う心筋梗塞症の際には、これらの方法を用いることの妥当性が論議されている。

一方、超音波パルス・ドプラー法による左室拡張動態の評価^{3~5)}は、本法が左室形態による影響を比較的受け難いため、その有用性が指摘されてきたが、臨床的意義についてはいまだ十分解明されていない。

本研究の目的は、超音波パルス・ドプラー法で得た左室拡張期の諸指標と、比較的左室 geometry の影響を受け難いと考えられている RI angiography により得た左室容積変化との関係を、肥大型心筋症 (hypertrophic cardiomyopathy, HCM) と陳旧性心筋梗塞症 (old myocardial infarction, MI) を中心に検討し、両病態における左室拡張異常を明らかにすることにある。

対象と方法

肥大型心筋症 (HCM)⁶⁾ 群 26 例、既往歴、心

電図所見、左室造影法または断層心エコー図法により、左室壁異常運動と左心機能不全を認めた陳旧性心筋梗塞症 (MI) 群 24 例、160/95 mmHg 以上の高血圧を示し、有意な左室壁肥厚を認めた高血圧性心疾患 (hypertensive heart disease, HHD) 群 7 例、原因不明の左室拡大を示した拡張型心筋症 (dilated cardiomyopathy, DCM) 群 7 例、および上記基準の MI 群より軽症と考えられる虚血性心疾患 (ischemic heart disease, IHD) 群 9 例の、計 73 例を対象とした。対照としては健常 (normal control, N) 群 16 例を用いた (Table 1)。これらの例はすべて洞調律であった。

心プルスキャンには、汎用平行コリメーターを装置したシンチカメラ (LFOV) を用い、心電計をミニコンピューター (Scintipac 1200) に on line で接続して撮影した。^{99m}Tc-HSA 20 mCi 静注後、安静仰臥位で、左右心室を明確に分離し、コリメーターを足方に 10 度挙上した modified LAO の体位で、40 msec/frame の multi-gate 法により 10 分間データを採取した。この際、一定の R-R 間隔を予め設定し、特定の R-R 間隔を示す心時相のデータのみを記録した。

上記の方法で得たデータから background を除去した後、左室容積変化曲線および変化速度曲線を描かせ、それらの曲線から左室の収縮期および拡張期における諸指標を算出した。左室収縮期指標としては左室駆出率 (ejection fraction, EF) を

Table 1. Subjects

Group	No. of cases	Age (yrs) Mean ± SD (range)
Normal control (N)	16	40 ± 16 (16–65)
Hypertrophic cardiomyopathy (HCM)	26	48 ± 13 (19–69)
HCM (non-obstructive)	(21)	
HOCM (obstructive)	(5)	
Myocardial infarction (MI)	24	57 ± 10 (35–72)
Hypertensive heart disease (HHD)	7	56 ± 5 (49–64)
Dilated cardiomyopathy (DCM)	7	51 ± 13 (31–66)
Ischemic heart disease (IHD)	9	57 ± 5 (49–65)
Total	89	

SD=standard deviation.

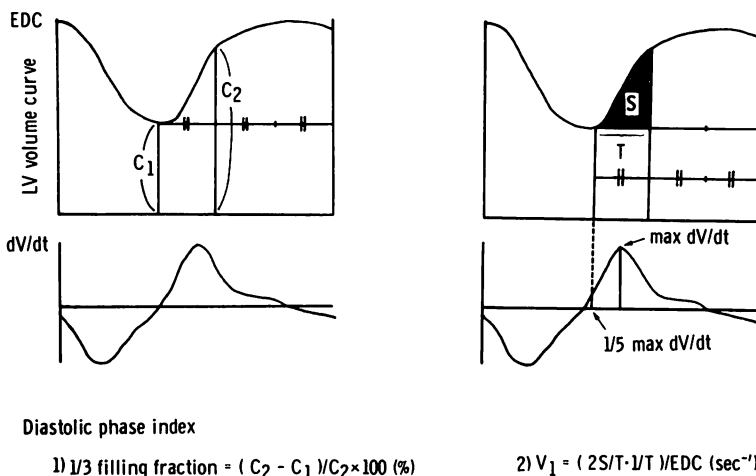


Fig. 1. Various parameters reflecting left ventricular function in diastole obtained by the multi-gated blood pool scan.

C1=end-systolic counts; C2=counts at the end of the first third of diastole; EDC=end-diastolic counts; S=filling volume area during the first third of diastolic phase; T=time of early 1/3 of diastolic phase; V_1 =mean filling rate during the first third of diastolic phase.

求めた。なお、本研究において、心プールスキャン法から算出した EF と左室造影法で得た EF との間には、諸家の報告のごとく^{9,10)}、有意な正相関 ($r=0.91$, $p<0.0001$, 14 例) を認めた。左室拡張期指標としては、収縮末期から拡張期の初期 1/3 までの左室充満率、すなわち first third filling fraction (1/3 FF)⁷⁾ と、拡張早期平均流入速度

(V_1) を求めた。1/3 FF は従来の報告に従い、 V_1 は下式により算出した (Fig. 1)。

$$V_1 = (2S/T \cdot 1/T) / \text{EDC} (\text{sec}^{-1})$$

ここで S は拡張早期面積、T は拡張早期流入時間、EDC は左室拡張末期の総カウントを示す。

左室急速流入の開始点を左室容積変化速度曲線の max dV/dt の 1/5 に一致する時点と考え⁸⁾、

Table 2. Heart rate, ejection fraction and peak Vcf in normal controls and various types of cardiac disorder

Group	Heart rate (beats/min)	Ejection fraction (%)	Peak Vcf (circ/sec)
N	66±8	55±8	2.38±0.39
HCM	60±9*	63±11*	2.78±0.79
MI	70±12	35±15**	1.60±0.52**
HHD	76±12*	53±15	2.37±0.81
DCM	77±12*	25±7**	0.77±0.39**
IHD	66±12	49±16	1.79±0.65*

Mean±SD, * p<0.05, ** p<0.01 vs N

Ejection fraction is obtained from the multi-gated blood pool scan, and peak Vcf is obtained from M-mode echocardiograms.

Abbreviations are the same as shown in Table 1.

この時点に最も近いフレームから拡張末期の最終フレームまでの時間を全拡張期とし、それを3分割することにより、拡張早期流入時間(T)を求めた。さらに、Fig. 1 右側の左室容積曲線から拡張早期面積 S を求め、平均流入率を算出し、それを左室拡張末期の総カウント (EDC) で normalize して V_1 を求めた。

左室流入血流パターンの記録には、方向指示型超音波パルス・ドプラー血流計 (ATL 製 500 A, 搬送周波数 3 MHz, 繰り返し周波数 5.5 kHz) と、セクター式電子走査型超音波断層診断装置 (東芝製 SSH-11 A) の複合装置を用いた。記録方法および条件は既報^{4,5)}のごとくである。

左室流入血流パターンからは、拡張早期波 (D 波) の開始点からピークまでの時間 (acceleration time, AT), ピークから基線あるいは変曲点まで減速する時間 (deceleration time, DT), 拡張終期の心房収縮波 (A 波) と D 波の振幅比 (A/D) の各指標を連続する 3~5 心拍について測定し、その平均値を求めた。

また、M モード法により心室中隔・左室後壁エコーグラムを記録し、Goodman 製 Medical Graphics Analyzer (TEAC-PS 80) により左室収縮性および拡張性の指標として、peak Vcf, nega-

Table 3. AT, DT and A/D in normal controls and various types of cardiac disorder

	AT (msec)	DT (msec)	A/D
N	89±20	106±18	0.75±0.27
HCM	120±20**	147±23**	1.00±0.45
MI	102±17*	124±21*	1.13±0.36**
HHD	105±11**	141±17**	1.23±0.25**
DCM	96±15	107±23	0.91±0.50
IHD	111±16**	122±20**	1.40±0.45**

Mean±SD, * p<0.05, ** p<0.01 vs N

AT=acceleration time; DT=deceleration time; A/D=ratio of the amplitude of a diastolic rapid filling wave and the amplitude of an atrial contraction wave.

Other abbreviations are the same as shown in Table 1.

tive peak Vcf を算出した。

結 果

1. 心拍数および収縮性指標

各疾患群と健常群の心拍数、心プールのスキャンで得た EF および心室中隔・後壁エコーグラムから求めた peak Vcf を Table 2 に示す。

EF は、HCM 群では健常群より大きく (p<0.05), MI 群および DCM 群では小さかった (p<0.01). Peak Vcf は、MI 群および DCM 群では健常群より小さく (p<0.01), HCM 群では健常群との間に有意差を認めなかった。

2. 左室流入血流パターン

超音波パルス・ドプラー法により得た健常群と各種疾患群における AT, DT および A/D の平均値、およびこれらと健常群の平均値との統計的比較を Table 3 に示す。すなわち、DCM 群と健常群の上記各指標には有意差を認めなかった。一方、HCM 群の AT および DT は他群に比べて著明な延長を示し、また A/D は健常群に比し増大傾向を示したが、有意差を認めなかった。MI, IHD および HHD 群の AT と DT は健常群より有意に延長し、A/D も有意な増大を示し

Table 4. Negative peak Vcf, 1/3 FF and V₁ in normal controls and various types of cardiac disorders

	Negative peak Vcf (circ/sec)	1/3 FF (%)	V ₁ (sec ⁻¹)
N	-3.64±0.80	38±8	1.48±0.28
HCM	-3.47±1.31	37±8	1.14±0.35**
MI	-1.18±0.54**	16±9**	0.68±0.24**
HHD	-2.43±0.92**	22±9**	0.73±0.12**
DCM	-0.84±0.35**	11±4**	0.67±0.30**
IHD	-2.14±1.00**	23±8**	1.03±0.29**

Mean±SD, ** p<0.01 vs N

Negative peak Vcf is obtained by the M-mode echocardiogram. 1/3 FF and V₁ are obtained by the multi-gated blood pool scan.

1/3 FF=filling fraction during the first third of diastolic phase; V₁=mean filling rate during the first third of diastolic phase.

Other abbreviations are the same as shown in Table 1.

た.

3. Negative peak Vcf

各疾患群における negative peak Vcf の平均値, およびこれらと健常群の平均値との統計的比較を **Table 4** に示す. HCM 群では分散が大きく, 健常群との間に有意差を認めなかったが, その他の疾患群は健常群に比べて有意な低下を示した.

4. 心プールのスキャンによる拡張期指標

心プールのスキャンにより得た各群における 1/3 filling fraction と V₁ の平均値, および標準偏差, ならびに健常群の平均値との統計的比較を **Table 4** に示す. MI, HHD, DCM および IHD 群の 1/3 filling fraction は健常群よりも有意に低値であったが, HCM 群と健常群との間には有意差を認めなかった. しかし, HCM 群の V₁ は健常群に比べて有意に低値を示した.

5. 拡張早期平均流入速度 (V₁) と左室流入血流パターン各指標との比較

各群における左室流入血流パターンの AT および DT と, 心プールのスキャンで得た拡張早期平均流入速度 (V₁) との相関係数を **Table 5** に示す.

Table 5. Coefficients of correlation between AT or DT and V₁ in normal controls and various types of cardiac disorders

	No. of cases	Acceleration time (msec)	Deceleration time (msec)
N	16	-0.60*	-0.72**
HCM	26	-0.48**	-0.68***
MI	24	0.73***	0.71***
HHD	7	-0.49	-0.30
DCM	7	0.26	0.52
IHD	9	0.07	0.29

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Abbreviations are the same as shown in Table 3.

HCM, HHD および健常群における DT と V₁ との相関図を **Fig. 2** 左側に, また MI, DCM, IHD および健常群における DT と V₁ との相関図を **Fig. 2** 右側に示す.

左室壁肥厚を有する HHD 群と HCM 群, あるいは心筋の変性・線維化を主とする DCM 群と MI 群は, おのおの類似した分布を示した. しかし, IHD 群は特異な分布を示し, V₁ が正常範囲の場合には健常群の分布に近く, 低値を示す場合には MI 群に類似した分布を示した.

Fig. 3 に HCM および MI 群代表例の左室容積曲線, dV/dt および左室流入血流パターンを示す. HCM 例(左図)では, DT 延長 (180 msec) および V₁ 低下 (0.61 sec⁻¹) を認めたが, MI 例(右図)では DT 短縮 (89 msec) を認め, 一方また V₁ は著明な低下 (0.48 sec⁻¹) を示し, 両指標の間に明らかな解離を認めた.

Fig. 4 に DT と V₁ の関係を示す. 軽症 IHD 群では HCM および HHD 群に類似して両者は負相関を示したが, MI 群では DCM 群に類似して正相関を示した.

考 察

従来, 左室の拡張特性は, 拡張期における左室圧・容積関係 (stiffness)^{11,12}, 等容拡張期における圧変化 (peak negative dP/dt, time constant

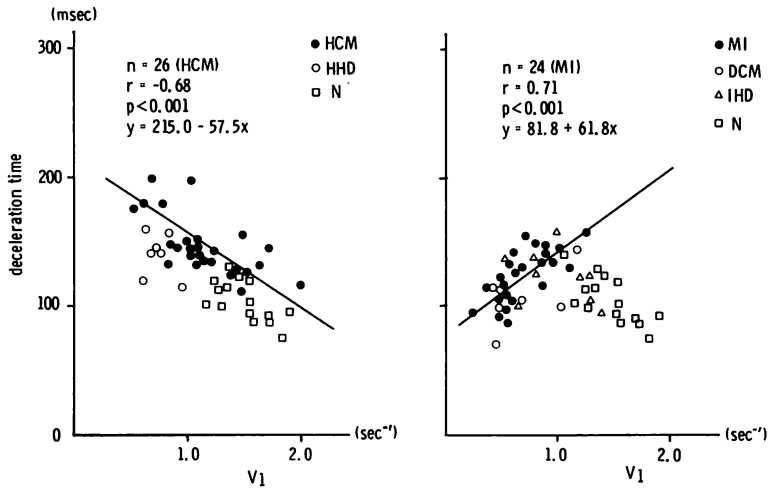


Fig. 2. Correlation between DT and V₁ in normal controls and various types of cardiac disorders.

Left panel: There are significant negative correlations between DT and V₁ in HCM and N.

Right panel: There are significant positive correlations between DT and V₁ in MI and DCM, but negative correlations in N and IHD with slightly impaired diastolic filling of the left ventricle.

Abbreviations are the same as shown in Table 3.

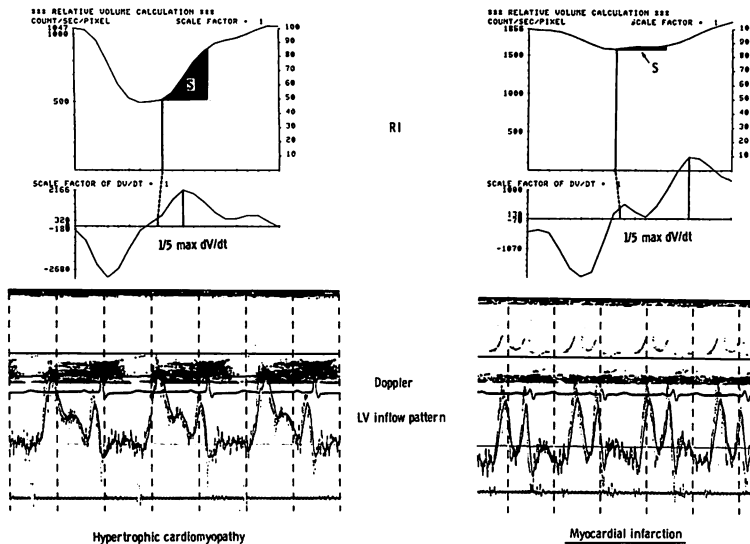


Fig. 3. Left ventricular volume curves by radionuclide angiography and left ventricular inflow velocity patterns in hypertrophic cardiomyopathy and myocardial infarction.

DT (180 msec) is prolonged and V₁ (0.61 sec⁻¹) is decreased in hypertrophic cardiomyopathy. In myocardial infarction, however, DT (89 msec) is shortened although V₁ (0.48 sec⁻¹) is markedly decreased.

DT=deceleration time; V₁=mean filling rate during the first third of diastolic phase.

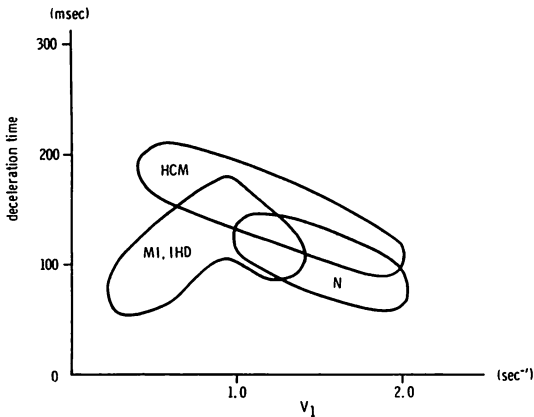


Fig. 4. Diagrammatic representation of relationship between DT and V_1 in hypertrophic cardiomyopathy (HCM), myocardial infarction (MI), ischemic heart disease (IHD) and normal controls (N).

Abbreviations are the same as shown in Fig. 3.

T)^{1,2,12,13} および心筋レベルでの応力・ひずみ関係 (k_2, m)^{2,14,15}などを指標として評価されてきた。しかし、これらの指標から急速流入期の拡張異常について論じることは適当でない。一方、心筋梗塞症での asynergy や肥大型心筋症での局所心筋肥厚などのように、左室 geometry の異常を有する場合には、左室容積の正確な測定は困難である。また、観血的検査法を高齢者や重症例に反復実施することにも問題がある。

近年、超音波パルス・ドプラー法による左室流入血流パターンを用いて、左室拡張特性を評価する方法の有用性が指摘されている³⁻⁵。しかし、本法による AT, DT および A/D などの各指標の臨床的意義については、まだ十分検討されていない。我々が本報において左室 geometry の影響を受け難いとされている RI angiography^{16,17}を用い、HCM および MI など、各種心疾患例の左室容積曲線を求めたのは、超音波パルス・ドプラー法各指標をそれと対比することにより、各指標の妥当性を検討しようとしたためである。

一般に、AT は急速流入期前半における左室の能動的拡張 (active relaxation), DT は急速流入

期後半から拡張中期にかけての流入血流の減速状態、すなわち心筋の受動的拡張 (passive relaxation) を反映すると考えられる。

HCM, MI, HHD, IHD の各群の AT および DT は健常群に比べ、従来の諸報告³⁻⁵のごとく有意に延長し、ことに HCM 群における延長は著明であったが、これらの所見は左室急速流入期の拡張障害を示す所見である。また心房収縮波 (A 波) と拡張早期波 (D 波) の波高比 (A/D) は、左室充満に対する心房収縮の関与を示し、MI, HHD, IHD の各群の A/D は健常群よりも増大し、拡張末期 compliance の低下が示唆されたが、compliance 低下のより明瞭な HCM 群では、かえって減少傾向を示した。

M モード心エコー図法で得た negative peak Vcf は、左室急速流入期の拡張性の指標として用いられる。本研究では HCM 群での分散が大きく、予期されるような有意な低下を認めなかったが、Sanderson ら¹⁸が指摘しているように、このことは HCM における拡張障害の多様性を示すものと考えられた。

本研究において、我々は心プルスキャンにより、拡張早期流入を反映する新しい指標として、 V_1 を提唱した。この指標は全疾患群で有意な低下を示し、Reduto ら⁷の 1/3 FF よりも拡張早期における障害をよく反映している。つまり、RI angiography から得られる左室容積曲線は多数の心拍の集積であり、個々の心拍における容積変化量が反映されないため、我々はこの点を出来るだけ考慮し、かつ、従来の 1/3 FF では十分に表現できなかった拡張早期の流入障害をも含めて反映できるよう、新たに考案したものが本指標である。

健常群では AT および DT と拡張早期平均流入速度 V_1 との関係は、AT, DT が短縮するほど V_1 が増大するが、HCM 群では健常群に比べて左上方に分布する傾向があり、急速流入期流入量の減少を流入時間の延長により代償している所見と考えられた。この点は本症での安静時徐脈傾向

が, 一定の左室充満を維持する上で合目的であることを示すものと考えられた. しかし, HCM 群の一部は健常群と overlap した分布を示し, 本群の中には急速流入期における左室流入速度の良好な例があると考えられた.

一方, MI 群では, AT および DT と V_1 との間の正相関から, 左室拡張期流入障害が高度になるに従い, AT, DT はともに短縮し, 左室の急速流入が早期に終了する所見を得た. 大木¹⁹⁾は心室瘤を合併した MI 群で, 僧帽弁前尖エコーの拡張早期後退速度 (DDR) は正常ないし増大するが, F 点高位を認める例のあることを指摘している. したがってこのような例では急速流入期における左室内流入血液量に対し, 左室壁が十分に拡張し得ないため, 相対的左室容量負荷をきたし, 左房-左室圧較差が一過性に逆転することがその原因の一つと考えられる.

以上の結果は, 心筋肥大を主徴とする HCM 群と心筋の変性・線維化を伴う MI 群の急速流入期における拡張障害様式に, 差があることを示唆するものである. 両者間のこの差異は, HCM と DCM での急速流入障害の差異²⁰⁾に類似している.

実際, 心筋肥大を伴う HHD 群と心筋の変性および線維化を伴う DCM 群に, HCM 群および MI 群を加えた DT- V_1 相関図 (Fig. 2) では, HHD 群の分布は HCM 群, また DCM 群の分布は MI 群に重畳するから, DCM 群と MI 群の拡張早期の拡張障害様式に共通点を見出すことができよう.

一般に, 虚血性心疾患は冠動脈狭窄の程度により多様な病態を示す. すなわち DT と V_1 との関係からみて, 虚血性心疾患の軽症例では, 急速流入期の拡張障害は「DT 延長」として表現されるが, 重症になるに従って「DT は正常ないし短縮」に変化する分布を示す. したがって, 左心機能の低下した MI 例の左室流入血流パターンが, 一見, 正常化したと思われる「DT 短縮」を示すことは, 本病態の左室拡張障害がより高度である

ことの警鐘であり, DCM の予後が, 心尖拍動図および僧帽弁前尖エコーの急速流入パターンから推察できるという報告²¹⁾にも, 何らかの示唆を与える所見である.

Gaasch ら²²⁾, Mirsky ら²³⁾は, HCM と MI の拡張中期以降の障害をそれぞれ chamber stiffness および myocardial stiffness の概念により区別している. 本研究における両病態での DT- V_1 関係は, 本指標が拡張中期以降の左室 compliance あるいは stiffness 異常の鑑別に有用である可能性を示唆している.

以上の結果は, 超音波パルス・ドプラー法による左室流入血流パターンを用い, 左室拡張動態を評価する際には, 病態に応じて各指標の臨床的意義を評価することが必要であることを示している.

要 約

HCM 26 例, MI 24 例, HHD 7 例, DCM 7 例, IHD 9 例, および健常者 16 例において, 超音波パルス・ドプラー法により求めた左室流入血流パターンと心プールのスキャンより求めた拡張早期平均流入速度 (V_1) との関係を検討し, 以下の成績を得た.

1. HCM, MI, HHD および IHD の各群における AT および DT は, 健常群に比し有意に延長し, 拡張早期の流入障害の存在が示唆された.

2. HCM, MI, HHD, DCM および IHD の各群で, V_1 は健常群に比べて有意に低下し, 拡張早期の拡張異常をよく反映する指標と考えられた.

3. HCM 群および健常群では, V_1 と AT および DT の間に有意な負相関, MI 群では有意な正相関を認めた. これは, HCM 群では急速流入期血液流入量の減少を流入時間延長により代償するが, MI 群では左室拡張障害が高度になるに従い, 左室急速流入が早期に終了する所見を反映すると思われた. 心筋肥厚を伴う HHD 群は

HCM 群, 心筋線維化を伴う DCM 群は MI 群に類似した分布を示した。

以上の結果は, 心筋肥厚を特徴とする HCM 群と心筋線維化を伴う MI 群の左室拡張障害が明らかに異なることを示唆し, 超音波パルス・ドプラー法により左室拡張動態を評価する際には, その病態に応じて各指標の意義を評価する必要があることを示している。

文 献

- 1) Papaietro SE, Coghlan HC, Zissermann D, Russell RO Jr, Rackley CE, Rogers WJ: Impaired maximal rate of left ventricular relaxation in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction. *Circulation* **59**: 984, 1979
- 2) Mann T, Goldberg S, Mudge GH Jr, Grossman W: Factors contributing to altered left ventricular diastolic properties during angina pectoris. *Circulation* **59**: 14, 1979
- 3) 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, 1980
- 4) 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, 1981
- 5) 浅井幹夫, 大木 崇, 竹村晴光, 村尾明之, 福田信夫, 大島千寿子, 仁木敏晴, 森 博愛: 肥厚部位から分類した肥大型心筋症各型の左室流入血流パターンについて. *日超医講演論文集* **38**: 289, 1981
- 6) Goodwin JF: Congestive and hypertrophic cardiomyopathies. *Lancet* **1**: 731, 1970
- 7) Reduto LA, Wickemeyer WJ, Young JB, Ventura LAD, Reid JW, Glaeser DH, Quinones MA, Miller RR: Left ventricular diastolic performance at rest and during exercise in patients with coronary artery disease. Assessment with first-pass radionuclide angiography. *Circulation* **63**: 1228, 1981
- 8) Sutton MGJ, Traill TA, Ghafour AS, Brown DJ, Gibson DG: Echocardiographic assessment of left ventricular filling after mitral valve surgery. *Br Heart J* **39**: 1283, 1977
- 9) Strauss HW, Zaret BL, Hurley PJ, Natarajan TK, Pitt B: A scintiphotographic method for measuring left ventricular ejection fraction in man without cardiac catheterization. *Am J Cardiol* **28**: 575, 1971
- 10) Burow RD, Strauss HW, Singleton R, Pond M, Rehn T, Bailey IK, Griffith LC, Nickoloff E, Pitt B: Analysis of left ventricular function from multiple gated acquisition cardiac blood pool imaging. Comparison to contrast angiography. *Circulation* **56**: 1024, 1977
- 11) Gaasch WH, Levine HJ, Quinones MA, Alexander JK: Left ventricular compliance: Mechanisms and clinical implications. *Am J Cardiol* **38**: 645, 1976
- 12) Lewis BS, Gotsman MS: Current concepts of left ventricular relaxation and compliance. *Am Heart J* **99**: 101, 1980
- 13) Waters DD, Luz PD, Wyatt HL, Swan HJC, Forrester JS: Early changes in regional and global left ventricular function induced by graded reductions in regional coronary perfusion. *Am J Cardiol* **39**: 537, 1977
- 14) Fester A, Samet P: Passive elasticity of the human left ventricle. The "parallel elastic element". *Circulation* **50**: 609, 1974
- 15) Laird JD: Asymptotic slope of log pressure vs log volume as an approximate index of the diastolic elastic properties of the myocardium in man. *Circulation* **53**: 443, 1976
- 16) Bonow RO, Bacharach SL, Green MV, Kent KM, Rosing DR, Lipson LC, Leon MB, Epstein SE: Impaired left ventricular diastolic filling in patients with coronary artery disease: Assessment with radionuclide angiography. *Circulation* **64**: 315, 1981
- 17) 成田充啓, 栗原 正, 村野謙一, 宇佐美暢久, 本田 稔, 金尾啓右: 心プールイメージングより求めた Diastolic Phase Index の有用性—虚血性心疾患における検討—. *核医学* **19**: 1147, 1982
- 18) Sanderson JE, Traill TA, Sutton MGJ, Brown DJ, Gibson DG, Goodwin JF: Left ventricular relaxation and filling in hypertrophic cardiomyopathy. An echocardiographic study. *Br Heart J* **40**: 596, 1978
- 19) 大木 崇: 心エコー図診断の実際. 医学出版社, 東京, 1978, p 208
- 20) 仁村泰治, 榊原 博, 松尾裕英, 永田正毅, 別府慎太郎, 千田彰一, 北島 颯, 浜中康彦, 高橋良夫, 阿部 裕: 肥大型心筋症, うっ血型心筋症におけるいわゆる左室コンプライアンスについて. UCG によるアプローチ. 厚生省特定疾患特発性心筋症 51 年度研究報告集 166, 1976
- 21) 福田信夫, 大木 崇, 浅井幹夫, 大島千寿子, 竹村晴光, 村尾明之, 仁木敏晴, 森 博愛: うっ血型心筋症の左室充満様式に関する検討. 心尖拍動図と心

大楠, 浅井, 石本, ほか

音図・僧帽弁前尖エコーとの対比. J Cardiography
12: 331, 1982

- 22) Gaasch 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,

1972

- 23) Mirsky I: Assessment of passive elastic stiffness of
cardiac muscle: Mathematical concepts, physio-
logic and clinical considerations, directions of
future research. Prog Cardiovasc Dis 18: 277, 1976