

# Peak left ventricular diastolic filling rate の時相による虚血性心疾患の心機能評価

# Assessment of left ventricular function using diastolic filling pattern

有田 剛  
石田 健  
半田 洋治  
部坂 浩二  
太田 宣弘

Takeshi ARITA  
Ken ISHIDA  
Youji HANDA  
Kouji HESAKA  
Nobuhiro OHTA

## Summary

To assess the left ventricular function of ischemic heart disease at rest, ejection fraction (EF), peak left ventricular (LV) systolic ejection rate (Peak-S), peak LV diastolic filling rate (Peak-D) and phase max were analyzed using LV volume curve and LV  $dv/dt$  curve obtained from technetium 99 m radionuclide angiography. Materials consisted of 49 patients (13 with angina pectoris and 36 with old myocardial infarction) and 9 normal subjects. The left ventricular diastolic period was divided into three equal time intervals to assess left ventricular diastolic function in detail. Early and mid 1/3 of the diastolic period were expressed as Phase 1 and Phase 2, respectively. The Peak-D was in either Phase 1 (Type 1) or Phase 2 (Type 2) and all of normal subjects belonged to Type 1. Phase max was defined as maximum  $dv/dt$  in a phase / end-diastolic count. Phase max of Phase 1 and Phase 2 was named as Phase 1 max and Phase 2 max, respectively.

The results were as follows:

There were no significant differences in EF and Peak-S between the angina pectoris (AP) group and the control group, but Peak-D was significantly reduced in the AP group. Of these three hemodynamic parameters in the patients of Type 1 and Type 2, EF was significantly reduced in Type 2 compared to Type 1 and the control group, but there was no significant difference between latter two groups. There was no significant difference in Peak-S among three groups. Peak-D was significantly reduced in Type 1 and further reduced in Type 2 compared to the control group.

When assessing left ventricular diastolic filling with Phase max, Phase 1 max was significantly reduced in Type 1 and was further reduced in Type 2 compared to the control group, but there was no remarkable change in Phase 2 max.

In conclusion, these findings imply that diastolic property tends to be affected much earlier than systolic property and indicates that early diastolic filling is most remarkably disturbed in the left ventricular diastolic filling period. In addition our data stress the usefulness of Phase max to assess left ventricular function.

## Key words

Phase max      Peak LV diastolic filling rate      RI angiography

島根県立中央病院 第二内科  
出雲市今市町 116 (〒 693)

The Second Department of Internal Medicine,  
Shimane Prefectural Central Hospital, Imaichi 116,  
Izumo 693

Presented at the 24th Meeting of the Cardiology Society held in Tokyo, March 23-24, 1982  
Received for publication June 11, 1982

## はじめに

左室心機能の評価にさいして、従来より収縮期特性には多大の関心が払われていたが、拡張期特性については十分な検討が加えられていなかった。このことは虚血性心疾患においても例外ではなかったが、近年、拡張期特性における障害性が報告されるにつれ<sup>1-4)</sup>、多方面において拡張期特性についての詳細な検討が行われるようになった。それらの論文の中には、拡張期心機能障害は拡張早期の心機能を検討することによって、より詳細にその程度を評価し得るとする報告もみられる。その代表的なものとして、等容弛緩期における圧曲線の検討と<sup>5-7)</sup>、急速充満期における容積変化率の検討がある<sup>8)</sup>。これらは最近とみに注目を集めている ventricular suction の問題<sup>9-11)</sup>とも併せて、興味深い指針を提起している。Radioisotope (RI) angiocardigraphy の分野においても同様の研究が行われ、同じように収縮期特性との比較検討により、拡張期特性の早期障害性が論じられている<sup>12,13)</sup>。

今回我々は、虚血性心疾患における心機能障害の評価を目的とし、RI angiocardigraphy を用いて拡張期充満速度の変化とその時相を検討するとともに、収縮期特性との比較検討を行った。以下はその知見の概要である。

## 対象と方法

対象は虚血性心疾患 (IHD) の 49 例で、その内訳は陳旧性心筋梗塞 (MI) 36 例、狭心症 (AP) 13 例である。また control として、健常成人 9 例を用いた。性別、平均年齢については **Table 1** に示したごとくである。心筋梗塞は臨床症状、CPK, LDH などの酵素学的検査、特徴的な心電図所見にて診断し、併せて塩化タリウム 201 (<sup>201</sup>Tl) 心筋シンチグラフィにて、心筋壁局所低灌流部位を確認した。一方、狭心症はその典型的な臨床症状、発作時あるいは運動負荷時における特徴的な心電図所見、亜硝酸剤の著効性などから診断した。

**Table 1. Number, age and hemodynamic parameters of the patients and the control subjects**

	Control	Angina pectoris	Myocardial infarction
No (F/M)	9 (1/8)	13 (3/10)	36 (9/27)
Age	47±12	60±10	63±11
HR	62±9	60±7	65±8
EF (%)	65±4	61±8	56±14
Peak-S (/sec)	3.1±0.3	2.8±0.3	2.8±0.7
Peak-D (/sec)	3.1±0.5	2.3±0.7	2.2±0.6

Values are indicated in mean ± standard deviation. No=number, (F=female, M=male); HR=heart rate in beats/minute; EF=ejection fraction; Peak-S =peak left ventricular systolic ejection rate; Peak-D =peak left ventricular diastolic filling rate.

なおテクネシウム<sup>99m</sup> (<sup>99m</sup>Tc) 心プールシンチグラフィ、<sup>201</sup>Tl 心筋シンチグラフィにて、安静時局所心筋壁異常運動、心筋壁局所低灌流部位の存在する症例は AP より除外した。

いずれの症例も正常洞調律であり、心拍数による影響を可及的に回避するために、心拍数 50/分以上、80/分以下の症例を選択した<sup>8,14)</sup>。なお、服用中の薬剤は、胸部圧迫感出現時の isosorbide dinitrate の頓用を除き、検査の 24 時間前よりすべて中止した。

以上の対象例に対し、以下のごとく RI angiocardigraphy を施行した。すなわち体位は仰臥位にて、カメラアングルは左前斜位 40°、頭方に 10° 傾斜させた位置とし、<sup>99m</sup>Tc 標識赤血球 20 mCi 急速静注し、約 10 分間経過した平衡時相でカウントデータを集積した。

そのさい東芝製 GCA-401-3 アンガータイプガンマカメラに low energy, parallel-hole collimator を装着して使用した。カウントデータはリストモードにて島津製シンチパック 1200 (32 k) に収集した。そのうえで、リストモードデータを 40 msec/frame のマルチゲートイメージに変換し、600 心拍以上加算して処理を行った。処理にさいして、拡張終期画像フレーム上で拡張終期左室

ROI をカーソルにて設定し、収縮終期左室 ROI を差し引いたものを background とし、time activity curve, すなわち左室容積曲線 (LV volume curve) を求めた。その最大カウント数と最小カウント数より左室駆出率 (EF) を算出した<sup>15,16)</sup>。また左室容積曲線を微分して得られたものが左室容積変化率曲線 (LV dv/dt curve) である。さらにこの LV dv/dt curve より収縮期、拡張期の容積最大変化率を求め、拡張終期カウント数にて除し、それぞれ peak LV systolic ejection rate (Peak-S), peak LV diastolic filling rate (Peak-D) とした<sup>8,17)</sup>。

このような基本的計測基盤に立ち、今回は拡張期心機能をより詳細に検討するために、拡張期を Fig. 1 のように3等分し、拡張期前1/3を Phase 1, 拡張期中1/3を Phase 2 とした。

つぎに対象を Peak-D の存在する Phase により2つの type に分けた (Fig. 2)。すなわち、Peak-D が Phase 1 に存在するものを Type 1, Peak-D が Phase 2 に存在するものを Type 2

とした。なお健康成人はすべて Type 1 に属した。各疾患における type 分類は、たとえば MI において Type 1 に属するものを MI (T<sub>1</sub>), Type 2 に属するものを MI (T<sub>2</sub>) のように表現した。

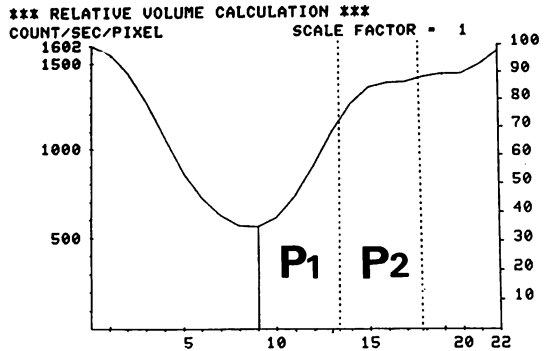


Fig. 1. A representative left ventricular volume curve (40 msec/frame) obtained with equilibrium method of radionuclide angiocardigraphy.

The vertical dotted lines on the left ventricular volume curve represent equal thirds of diastole. P<sub>1</sub> =Phase 1 (first third of diastole); P<sub>2</sub>=Phase 2 (second third of diastole).

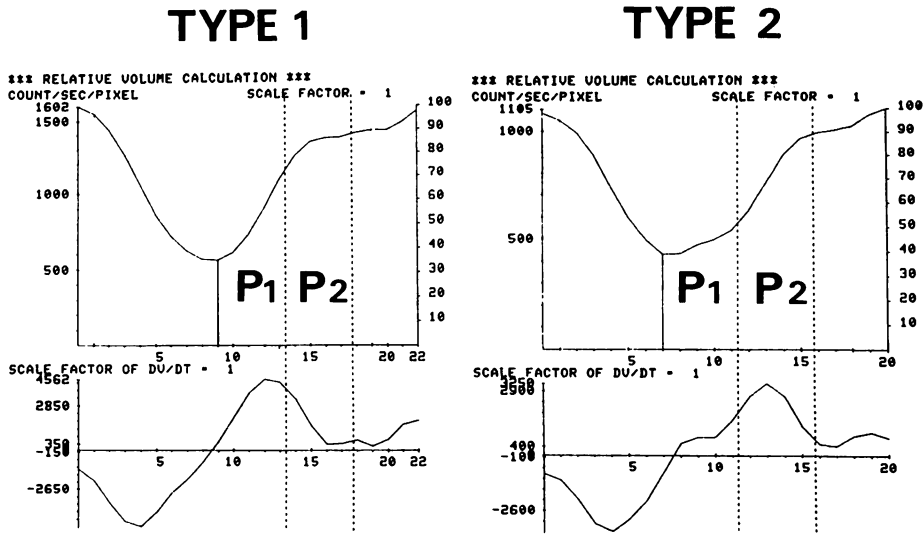


Fig. 2. Representative volume curves of two types of diastolic filling pattern.

Type 1 of diastolic filling pattern is defined as the pattern that Peak-D being in Phase 1, and Type 2 is defined as the pattern that Peak-D being in Phase 2. Upper panel: left ventricular volume curve (40 msec/frame). Lower panel: left ventricular dv/dt curve.

最後に, LV dv/dt curve よりある phase における容積最大変化率を求めて, 拡張終期カウント数にて除し, Phase max と定義した. つまり,

$$\text{Phase max} = \frac{\text{maximum dv/dt in a phase}}{\text{end-diastolic count}}$$

である. Phase 1 における Phase max を Phase 1 max, Phase 2 における Phase max を Phase 2 max と表現した. 以上の諸指標を用いて心機能評価を行った.

論文中における平均値と分散は mean ± 1.96 SE にて表現し, 統計処理には student's t-test を用いて, 危険率 5% 以下を有意と判断した.

### 成 績

#### 1. 疾患別における EF, Peak-S, Peak-D の比較検討 (Fig. 3)

EF は control 例で 65 ± 3%, AP 例で 61 ± 5%, MI 例で 56 ± 5% と順次低下傾向を認めたが, 3 群間においていずれも有意差を認めなかった.

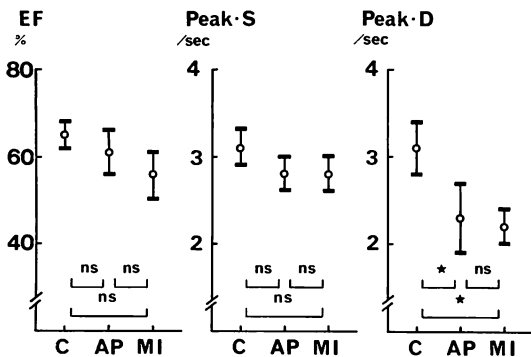


Fig. 3. Comparison of hemodynamic parameters in the controls and the patients with angina pectoris and old myocardial infarction.

Peak-D is significantly reduced in the AP group and the MI group compared to the control group. Values are indicated in mean ± 1.96 standard error. C=control; AP=angina pectoris; MI=old myocardial infarction; ns=not significant; \* = p < 0.01; the other abbreviations are the same as in Fig. 2.

Peak-S は control 例で 3.1 ± 0.2/sec, AP 例で 2.8 ± 0.2/sec, MI 例で 2.8 ± 0.2/sec であり, AP, MI ともに control に比し低下傾向を示したが, 3 群間においていずれも有意差を認めなかった.

これに対し, Peak-D は control 例で 3.1 ± 0.3/sec, AP 例で 2.3 ± 0.4/sec, MI 例で 2.2 ± 0.2/sec となり, AP, MI ともに control に比し有意の低下を示した (p < 0.01, p < 0.01). しかし AP と MI の間には有意差を認めなかった.

#### 2. Type 分類による心機能評価 (Figs. 4, 5, 6)

各疾患における Type 1, Type 2 と control の間で, EF, Peak-S, Peak-D の指標を用いて比較検討を行った. なお, control における各指標の値は前述したとおりである.

#### 1) MI (T<sub>1</sub>), MI (T<sub>2</sub>) についての検討 (Fig. 4)

MI (T<sub>1</sub>), MI (T<sub>2</sub>) における EF は, それぞれ 62 ± 6%, 50 ± 6% となり, control と MI

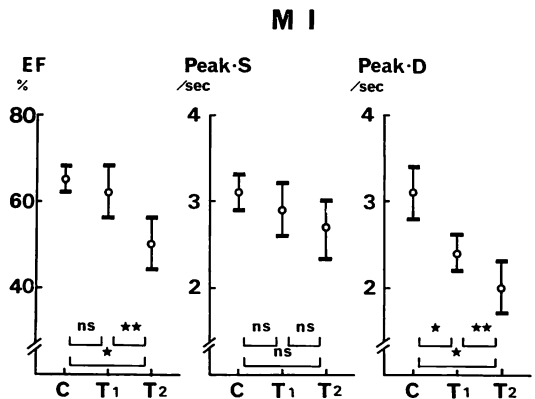


Fig. 4. Comparison of hemodynamic parameters in the controls and the patients of Type 1 and Type 2 with old myocardial infarction.

Peak-D is significantly reduced in Type 1 compared to the control group without a remarkable change in EF and Peak-S. Peak-D and EF are significantly reduced in Type 2 compared to the control group without a remarkable change in Peak-S. Values are indicated in mean ± 1.96 standard error. T<sub>1</sub>=Type 1; T<sub>2</sub>=Type 2; \*\* = p < 0.05; the other abbreviations are the same as in Fig. 3.

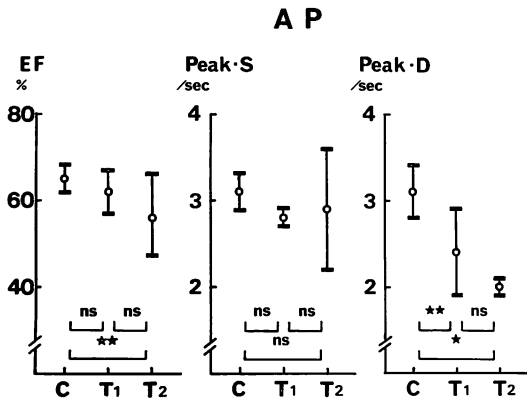


Fig. 5. Comparison of hemodynamic parameters in the control and the patients of Type 1 and Type 2 with angina pectoris.

The patterns of three hemodynamic parameters in the AP group are almost same as in the MI group (Fig. 4). Values are indicated in mean  $\pm 1.96$  standard error. Abbreviations are same as in Figs. 3 and 4.

(T<sub>1</sub>)の間においては有意差を認めなかったが、MI (T<sub>2</sub>)はcontrolとMI (T<sub>1</sub>)のいずれに比して有意の低下を示した ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ ). MI (T<sub>1</sub>), MI (T<sub>2</sub>)におけるPeak-Sは、それぞれ  $2.9 \pm 0.3/\text{sec}$ ,  $2.7 \pm 0.3/\text{sec}$ となり、3群間いずれにおいても有意差を認めなかった。MI (T<sub>1</sub>), MI (T<sub>2</sub>)におけるPeak-Dは、それぞれ  $2.4 \pm 0.2/\text{sec}$ ,  $2.0 \pm 0.3/\text{sec}$ となり、controlとMI (T<sub>1</sub>), controlとMI (T<sub>2</sub>), MI (T<sub>1</sub>)とMI (T<sub>2</sub>)のいずれの2群間においても有意差を認めた ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ ).

2) AP (T<sub>1</sub>), AP (T<sub>2</sub>) についての検討 (Fig. 5)

AP (T<sub>1</sub>), AP (T<sub>2</sub>)におけるEFは、それぞれ  $62 \pm 5\%$ ,  $56 \pm 10\%$ となり、controlとAP (T<sub>1</sub>), AP (T<sub>1</sub>)とAP (T<sub>2</sub>)の間には有意差を認めなかったが、controlとAP (T<sub>2</sub>)の間には有意差を認めた ( $p < 0.05$ ). AP (T<sub>1</sub>), AP (T<sub>2</sub>)におけるPeak-Sは、それぞれ  $2.8 \pm 0.1/\text{sec}$ ,  $2.9 \pm 0.7/\text{sec}$ となり、3群間においていずれも有意差を認めなかった。AP (T<sub>1</sub>), AP (T<sub>2</sub>)におけるPeak-Dは、それぞれ  $2.4 \pm 0.5/\text{sec}$ ,  $2.0 \pm 0.1/\text{sec}$ とな

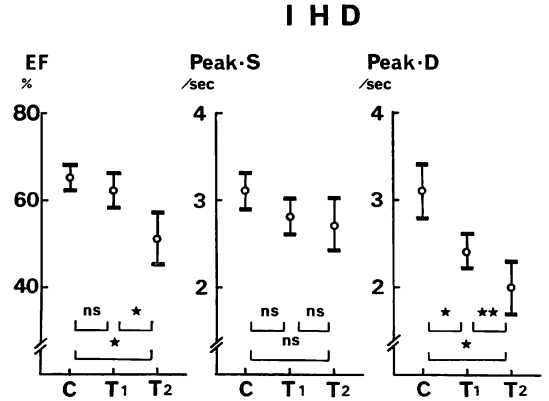


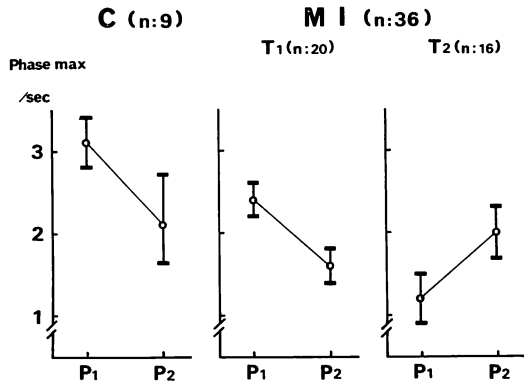
Fig. 6. Comparison of hemodynamic parameters in the control and the patients of Type 1 and Type 2 with ischemic heart disease.

The patterns of three hemodynamic parameters in the IHD group are almost the same as in the MI group (Fig. 4) and the AP group (Fig. 5). Values are indicated in mean  $\pm 1.96$  standard error. IHD = ischemic heart disease; the other abbreviations are the same as in Fig. 3, Fig. 4 and Fig. 5.

り、controlとAP (T<sub>1</sub>), controlとAP (T<sub>2</sub>)のいずれの2群間においても有意差を認めたが ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ), AP (T<sub>1</sub>)とAP (T<sub>2</sub>)の間には有意差を認めなかった。

3) IHD (T<sub>1</sub>), IHD (T<sub>2</sub>) についての検討 (Fig. 6)

IHD (T<sub>1</sub>), IHD (T<sub>2</sub>)におけるEFは、それぞれ  $62 \pm 4\%$ ,  $51 \pm 6\%$ となり、controlとIHD (T<sub>1</sub>)の間において有意差を認めなかったが、IHD (T<sub>2</sub>)はcontrolとIHD (T<sub>1</sub>)のいずれに比して有意の低下を示した ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.01$ ). IHD (T<sub>1</sub>), IHD (T<sub>2</sub>)におけるPeak-Sは、それぞれ  $2.8 \pm 0.2/\text{sec}$ ,  $2.7 \pm 0.3/\text{sec}$ となり、3群間においていずれも有意差を認めなかった。IHD (T<sub>1</sub>), IHD (T<sub>2</sub>)におけるPeak-Dは、それぞれ  $2.4 \pm 0.2/\text{sec}$ ,  $2.0 \pm 0.3/\text{sec}$ となり、controlとIHD (T<sub>1</sub>), controlとIHD (T<sub>2</sub>), IHD (T<sub>1</sub>)とIHD (T<sub>2</sub>)のいずれの2群間においても有意差を認めた ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ ).



**Fig. 7. Phase max pattern in the control and the patients of Type 1 and Type 2 with old myocardial infarction.**

Phase 1 max is significantly reduced in Type 1 and further reduced in Type 2 compared to the control group without a remarkable change in Phase 2 max. Phase 1 max is equal to Peak-D in the control and Type 1. Phase 2 max is equal to Peak-D in Type 2. Values are indicated in mean  $\pm$ 1.96 standard error.

$$\text{Phase max} = \frac{\text{maximum } dv/dt \text{ in a phase}}{\text{end-diastolic count}}$$

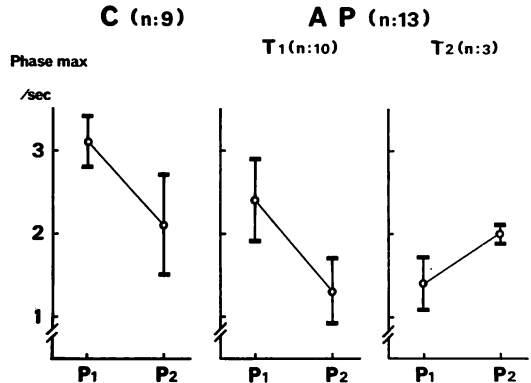
Abbreviations are the same as in Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5 and Fig. 6.

### 3. Phase max による拡張期心機能評価 (Figs. 7, 8, 9)

Control における Phase 1 max, Phase 2 max はそれぞれ  $3.1 \pm 0.3/\text{sec}$ ,  $2.1 \pm 0.6/\text{sec}$  となり, 両者間に有意差を認めた ( $p < 0.05$ ).

まず, MI の Phase max について検討した (Fig. 7). MI (T<sub>1</sub>) の Phase 1 max, Phase 2 max は, それぞれ  $2.4 \pm 0.2/\text{sec}$ ,  $1.6 \pm 0.2/\text{sec}$  となり, 両者間に有意差を認めた ( $p < 0.01$ ). MI (T<sub>2</sub>) の Phase 1 max, Phase 2 max はそれぞれ  $1.2 \pm 0.3/\text{sec}$ ,  $2.0 \pm 0.3/\text{sec}$  となり, 同様に有意差を認めた ( $p < 0.01$ ).

つぎに, Phase 1 max に着目して比較検討すると, control に比し MI (T<sub>1</sub>), MI (T<sub>2</sub>) は順次低下を示し, 3群間において有意差を認めた ( $p < 0.01$ ). しかし Phase 2 max については MI (T<sub>1</sub>) において多少の低下傾向を認めたが, 3群



**Fig. 8. Phase max pattern in the control and the patients of Type 1 and Type 2 with angina pectoris.**

Phase max pattern of the AP group is almost the same as that of the MI group. Values are indicated in mean  $\pm$ 1.96 standard error or in the control and Type 1, but in mean  $\pm$  standard deviation in Type 2. Abbreviations are the same as in Fig. 7.

間いずれにおいても有意差を認めなかった。

AP において同様の比較検討を行った (Fig. 8). AP (T<sub>1</sub>) の Phase 1 max, Phase 2 max はそれぞれ  $2.4 \pm 0.5/\text{sec}$ ,  $1.3 \pm 0.4/\text{sec}$  となり, 相互に有意差を認めた ( $p < 0.01$ ). AP (T<sub>2</sub>) の Phase 1 max, Phase 2 max はそれぞれ (mean  $\pm$  SD)  $1.4 \pm 0.3/\text{sec}$ ,  $2.0 \pm 0.1/\text{sec}$  となったが, 症例数が3例と少ないため有意差検定を施行しなかった. 各群の Phase 1 max について比較検討すると, control と AP (T<sub>1</sub>), control と AP (T<sub>2</sub>) の間には有意差を認めたが ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ), AP (T<sub>1</sub>) と AP (T<sub>2</sub>) の間には有意差を認めなかった. Phase 2 max について同様の検討を行うと, control と AP (T<sub>1</sub>) の間には有意差を認めたが ( $p < 0.05$ ), control と AP (T<sub>2</sub>), AP (T<sub>1</sub>) と AP (T<sub>2</sub>) の間には有意差を認めなかった。

IHD について同様の検討を行った (Fig. 9). IHD (T<sub>1</sub>) の Phase 1 max, Phase 2 max はそれぞれ  $2.4 \pm 0.2/\text{sec}$ ,  $1.5 \pm 0.2/\text{sec}$  となり, 相互に有意差を認めた ( $p < 0.01$ ). IHD (T<sub>2</sub>) の Phase 1 max, Phase 2 max はそれぞれ  $1.3 \pm 0.2/\text{sec}$ ,  $2.0 \pm 0.2/\text{sec}$  となり, 相互に有意差を認めた ( $p <$

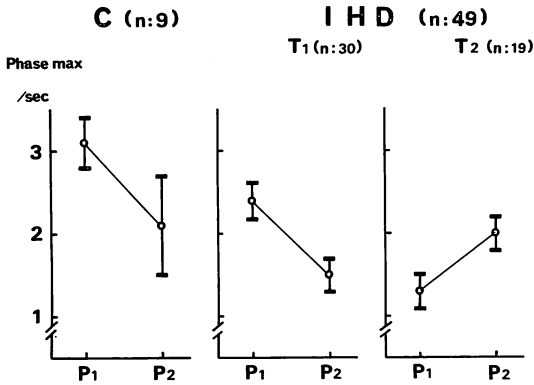


Fig. 9. Phase max pattern in the control and the patients of Type1 and Type 2 with ischemic heart disease.

Phase max pattern of the IHD group is almost the same as that of the MI group and the AP group. Values are indicated in mean  $\pm 1.96$  standard error. Abbreviations are the same as in Fig. 7 and Fig. 8.

0.01). 各群の Phase 1 max について比較検討すると、control に比し、IHD (T<sub>1</sub>), IHD (T<sub>2</sub>) と順次顕著な低下を示し、3 群間いずれにおいても有意差を認めた ( $p < 0.01$ ). Phase 2 max については、control と IHD (T<sub>2</sub>) の間には有意差を認めなかったが、IHD (T<sub>1</sub>) は他のいずれよりも有意の低下を示した ( $p < 0.05$ ).

### 考 案

従来左室機能を容積変化にて評価する場合、左室を回転楕円体と仮定し、シネアンジオグラフィーまたは M モード心エコー法を用いて左室容積を算出する方法が行われてきた。しかし、これらの方法は、局所的なジオメトリーの異常が存在する場合には、不適とされている。この点、超音波パルス・ドプラー法と RI angiocardiology は、局所的な左室ジオメトリーの異常が存在する場合にも、比較的容易にかつ正確に容積変化を評価できるとして頻用されている。しかし前者においては、血流サンプル部位の問題や、僧帽弁輪レベルでの左室流入血流速度の計測が左室全体の容積変化をどこまで反映しうるかなどの問題が残さ

れている。一方 RI angiocardiology は、現在のところ空間分解能が他の検査様式に比べ劣るという欠点を有するものの、左室全体の容積変化を global にはあるが非観血的にかつ容易に描出できるという長所を有し、またシネアンジオグラフィーから求めた EF ともよい相関を示すことが報告され、心機能評価において有用であるとされている<sup>16,18)</sup>。そこで我々は、RI angiocardiology を用いて LV volume curve, LV dv/dt curve を求め、左室機能を容積変化にて評価することを試みた。

従来より、虚血性心疾患の安静時における拡張期心機能障害を論ずる場合、その多くは心筋梗塞の既往が存在したり、局所心筋壁異常運動のみられる症例についての報告であった<sup>2,19)</sup>。また狭心症においては、運動負荷や心房高頻度ペーシングなどによる狭心発作の誘発時に、拡張期特性の障害が出現することが報告されてきた<sup>3,4)</sup>。しかし、いまだ安静非発作時における拡張期特性の障害を報告した論文は少ない。近年、わずかに Kumada らが negative dp/dt upstroke pattern が、狭心症において control と相違することを報告している<sup>6)</sup>。また一方、RI angiocardiology においても、局所心筋壁異常運動の認められない虚血性心疾患を対象とし、収縮期特性 (Peak-S, EF) が障害されていない安静非発作時に、すでに拡張期特性 (Peak-D, Time to Peak-D) の障害が出現しているとの事実を、Bonow らが示している<sup>13)</sup>。

今回我々は心筋梗塞の既往がなく、また心電図にて異常 Q 波の存在しない AP に、<sup>99m</sup>Tc 心ブールシンチグラフィと <sup>201</sup>Tl 心筋シンチグラフィを施行し、安静時に局所心筋壁異常運動や心筋壁局所低灌流部位の存在しないことを確認したうえで、収縮期特性と拡張期特性の比較検討を行った。その結果、EF, Peak-S は有意な低下を認めないにもかかわらず、すでに Peak-D は有意の低下を来していることが示された。

この事実は、Bonow らの報告<sup>13)</sup>と同様に、明らかな局所的な心筋障害の認められない虚血性心疾

患においても, 心筋梗塞と同様, 拡張期特性の早期障害の存在が示唆されるものと考えられる。

また Bonow ら<sup>13)</sup>は, このような症例における拡張期特性の障害の程度を健常成人と比較した場合, 年齢, 心拍数との間に相関を認めなかったことを報告し, さらに左室拡張終期容積, 左室拡張終期圧, 冠動脈狭窄の程度とも相関しないことにも言及している。

しかし, 今回我々の検討では, 全例に観血的検査が施行されているわけではなく, 今後, 左室容積, 左室圧変化, 冠動脈造影所見とも合わせた詳細な検討が心要になるものと思われた。

以上のように, 安静非発作時における虚血性心疾患において, 拡張期心機能評価の重要性が示されたわけであるが, さらに拡張期心機能をより詳細に検討するために, 拡張期を3等分し, Peak-D の存在する phase により対象を分類するとともに, 各 phase における Phase max を算出した。なお Peak-D までの絶対時間は time activity curve が 40 msec/frame のため測定しなかった。

上記した Type 分類を用いることにより, Peak-D が拡張期中 1/3 に後退している群 (Type 2) において, Peak-D, EF がより著明に低下しており, Peak-D が拡張期後半にあるものほど心機能障害が顕著であることが示された。さらに Peak-D の後退は Peak-S の低下より早期に出現しており, 時相分析の有用性が示唆された。

このような Peak-D の時相の後退については, 実際には僧帽弁開放時の正確な同定が必要であり, 容積変化のみから詳述することは問題である。Bonow らは, Time to Peak-D の延長のメカニズムの可能性として, 等容弛緩期の延長, もしくは急速流入期の延長, あるいは両者の合併をあげている<sup>13)</sup>。

この点について, 我々はさらに Phase max を用いて検討した。すなわち, Phase 1 max, Phase 2 max を各群において比較検討してみると, Phase 1 max は control に比し, Type 1, Type 2 と順次著明な低下を示したが, Phase 2 max は

Type 1 において軽度低下傾向を示したにすぎず, 総じて顕著な変化を認めなかった。また Type 1 においては Phase 1 max が Peak-D となり, Type 2 においては Phase 2 max が Peak-D となることは, 方法の項で述べた定義から明らかである。したがって, Peak-D が Phase 1 より Phase 2 に後退することの意味は, Phase 1 max すなわち拡張早期充満の障害に比し, Phase 2 max の変化が軽度であり, 相対的に Phase 2 max が増加したことにより惹き起こされたものと考えられた。

このような拡張早期充満の障害については, すでに Hammermeister らが左室造影を用いて左室容積変化を算出したところから, 観血的検査において報告されてきた<sup>8,20)</sup>。一方近年, 超音波パルス・ドプラー法の進歩により, 拡張早期充満期における血液流入速度ならびに減速度率についての検討が行われ, 心筋梗塞において有意の低下が報告されている<sup>21,22)</sup>。さらに RI angiocardiography においても, Reduto ら<sup>12)</sup>が拡張期前 1/3 における filling fraction を算出し, 虚血性心疾患において有意の低下を認めると報告している。

こうした拡張早期充満の障害がいかなる原因により惹き起こされるのかについては, 今後残された課題といわざるを得ないが, 近年 ventricular suction が active suction であるとする報告がみられ<sup>11)</sup>, 拡張早期充満の障害が active suction の障害とも考えられる興味ある指針を提起している。

以上, 今回の我々の成績は, 拡張期特性の早期障害性を示唆するとともに, 拡張期心機能障害の主たる部位が拡張早期に存在することを示し, さらに拡張期心機能を評価するにさいしては, Phase max が多大の有用性をもつことを示した。

## 要 約

狭心症 13 例, 陳旧性心筋梗塞 13 例, ならびに健常成人 9 例を対象にして, <sup>99m</sup>Tc RBC による RI angiocardiography を施行し, ejection frac-



tion (EF), peak LV systolic ejection rate (Peak-S), peak LV diastolic filling rate (Peak-D) ならびに Phase max を用いて心機能評価を行った。

拡張期心機能をより詳細に検討するために拡張期を3等分し、前1/3をPhase 1、中1/3をPhase 2とした。さらにPeak-DがPhase 1に存在するものをType 1、Peak-DがPhase 2に存在するものをType 2とした。なお健常成人は、すべてType 1に属した。つぎに、あるPhaseにおける容積最大変化率を拡張終期カウント数にて除した値をPhase maxと定義し、Phase 1、Phase 2におけるPhase maxをそれぞれPhase 1 max、Phase 2 maxとした。

その結果、狭心症においてEF、Peak-Sは健常成人に比し低下を示さなかったが、Peak-Dは有意の低下を認めた。

つぎに狭心症、陳旧性心筋梗塞のType 1、Type 2におけるEF、Peak-SならびにPeak-Dを健常成人のそれと比較した。EFはType 1において有意の低下を示さなかったが、Type 2において有意の低下を認めた。Peak-SはType 1、Type 2、controlの3群間において有意差を認めなかった。Peak-Dはcontrolに比しType 1、Type 2と順次著明なる低下を認めた。

そこで拡張期心機能をPhase maxを用いて検討した。Phase 1 maxはcontrolに比しType 1、Type 2と順次著明なる低下を認めたが、Phase 2 maxは著明なる変化を認めなかった。

以上より拡張期心機能障害は拡張早期流入に最も顕著に現れるものと考えられ、くわえて拡張期心機能評価においてPhase maxの有用性が示唆された。

なお今回の報告を行うにあたり、島根県立中央病院放射線科大屋俊男、中隅勲両氏の多大なるご協力をいただいた。ここに感謝の意を表するものである。

## 文 献

- 1) Covell JW, Ross J Jr: Nature and significance of alternation in myocardial compliance. *Am J Cardiol* **32**: 449, 1973
- 2) Bristow JD, Van Zee BE, Judkins MP: Systolic and diastolic abnormalities of the left ventricle in coronary artery disease. *Circulation* **42**: 219, 1970
- 3) Barry WH, Brooker JZ, Alderman EH, Harrison DC: Changes in diastolic stiffness and tone of the left ventricle during angina pectoris. *Circulation* **49**: 255, 1974
- 4) Mann T, Brodie BR, Grossman W, McLaurin LP: Effect of angina on the left ventricular diastolic pressure-volume relationship. *Circulation* **55**: 761, 1977
- 5) Weiss JL, Frederiksen JW, Weisfeldt ML: Hemodynamic determinants of the time-course of fall in canine left ventricular pressure. *J Clin Invest* **58**: 751, 1976
- 6) Kumada T, Katayama K, Matsuzaki M, Matsuda Y, Kusukawa R: Assessment of left ventricular relaxation in the diseased heart in man. *Jpn Circ J* **46**: 58, 1982
- 7) Kumada T, Karliner JS, Pouleur H, Gallagher KP, Shirato K, Ross J Jr: Effect of coronary occlusion on early ventricular diastolic events in conscious dogs. *Am J Physiol* **237**: 542, 1979
- 8) Hammermeister KE, Warbasse JR: The rate of change of left ventricular volume. II. Diastolic events in health and disease. *Circulation* **49**: 739, 1974
- 9) Sabbah HN, Anbe DT, Stein PD: Negative intraventricular diastolic pressure in patients with mitral stenosis: Evidence of left ventricular diastolic suction. *Am J Cardiol* **49**: 562, 1980
- 10) Roberts WC, Brownlee WJ, Jones AA, Luke JL: Sucking action of the left ventricle: Demonstration of a physiologic principle by a gunshot wound penetrating only the right side of the heart. *Am J Cardiol* **43**: 1234, 1979
- 11) Hori M, Yellin EL, Sonnenblick EH: Left ventricular diastolic suction as a mechanism of ventricular filling. *Jpn Circ J* **46**: 124, 1982
- 12) Reduto LA, Wickemeyer WJ, Young JB, Pel Ventura LA, 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, 1980

- 13) 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, 1980
- 14) Nolan SP, Dixon SH, Fisher RD, Morrow AG: The influence of atrial contraction and mitral valve mechanics on ventricular filling. *Am Heart J* **77**: 784, 1969
- 15) Qureshi S, Wagner HN, Alderson PO, Housholder DF, Douglass KH, Lotter MG, Nickoloff EL, Tanabe M, Knowles LG: Evaluation of left-ventricular function in normal persons and patients with heart disease. *J Nucl Med* **19**: 135, 1978
- 16) Marshall RC, Berger HJ, Costin JC, Freedman GS, Wolberg J, Cohen LS, Gottshalk A, Zaret BL: Assessment of cardiac performance with quantitative radionuclide angiocardiology: Sequential left ventricular ejection fraction, normalized left ventricular ejection rate, and regional wall motion. *Circulation* **56**: 820, 1977
- 17) Bacharach SL, Green MV, Borer JS, Hyde JE, Farkas SP, Johnston GS: Left-ventricular peak ejection rate, filling rate, and ejection fraction—frame rate requirements at rest and exercise: Concise communication. *J Nucl Med* **20**: 189, 1979
- 18) 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
- 19) Diamond G, Forrester JS: Effect of coronary artery disease and acute myocardial infarction on left ventricular compliance in man. *Circulation* **45**: 11, 1972
- 20) Tomoda H, Ooeda Y, Tagawa R, Hoshiai M, Furuta H, Ide M, Hamamoto H: Cineangiographic evaluation of diastolic properties of the left ventricle in man. *Jpn Circ J* **46**: 64, 1982
- 21) Matsuo H, Kitabatake A, Hayashi T, Asao M, Terao Y, Senda S, Hamanaka Y, Matsumoto M, Nimura Y, Abe H: Intracardiac flow dynamics with bi-directional ultrasonic pulsed Doppler technique. *Jpn Circ J* **41**: 515, 1977
- 22) Kitabatake A, Inoue M, Asao M, Tanouchi J, Masuyama T, Abe H, Morita H, Senda S, Matsuo H: Transmitral blood flow reflecting diastolic behavior of the left ventricle in health and disease: A study by pulsed Doppler technique. *Jpn Circ J* **46**: 92, 1982