

逆方向性平衡時法による心  
筋梗塞の拡張期心機能評価

Left ventricular diastolic  
performance in patients  
with myocardial infarction: Assessment with  
backward method of ra-  
dionuclide angiography

石田 健  
有田 剛  
半田 洋治  
石根 顕史  
大田 宣弘

Ken ISHIDA  
Takeshi ARITA  
Youji HANDA  
Kenji ISHINE  
Nobuhiro OHTA

**Summary**

Radionuclide technique in the evaluation of left ventricular (LV) diastolic performance has been applied in patients with myocardial infarction (MI). But the late diastolic LV volume curve obtained from the radionuclide angiogram is unreliable, whenever we sum up radioactivities by ECG-triggered method (conventional method) because of respiratory arrhythmia.

The purpose of the present study was (1) to estimate the reliability of diastolic LV volume curve obtained from the radionuclide angiogram by our new method (backward method: backward ECG-gated radionuclide angiogram to the preceding R wave), and (2) to determine the availability of Phase 1 max and Phase 3 max as the indexes of LV diastolic performance.

We analyzed LV volume curve and its  $dV/dt$  curve in 29 cases by both conventional and backward methods. The LV diastolic period was equally divided into three time intervals. The early, mid and late trisections of the diastolic period were expressed as phase 1, phase 2 and phase 3, respectively. A Phase max was defined as maximum  $dV/dt$  in the phase corrected for end-diastolic counts.

At first, ejection fraction (EF), Phase 1 max, Phase 2 max and Phase 3 max were compared between the two different methods to estimate the reliability of diastolic LV volume curve obtained from a backward method. The backward method correlated well with the conventional method regarding EF and Phase 1 max ( $r=0.965$  and  $r=0.940$ , respectively), but there was no correlation regarding Phase 3 max. This indicated that LV diastolic volume curve obtained from the backward method was reliable.

In the second place, we analyzed LV  $dV/dt$  curve obtained from the backward method in 8 controls and 28 MI patients to determine the availability of Phase max as the indexes of LV diastolic performance. Phase 1 max was reduced earlier than a decrease of EF, and Phase 3 max was increased prior to

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 25th Meeting of the Cardiology Society held in Tokushima, October 9-11, 1982  
Received for publication January 17, 1983

a decrease of EF in MI. These data indicated that Phase 1 max and Phase 3 max as the indexes of LV diastolic performance were more sensitive than the indexes of LV systolic performance. Also MI patient had an abnormality in early diastolic filling and an increased atrial contraction in late diastolic filling of the left ventricle.

The mechanism of abnormal LV early diastolic filling, even in the absence of abnormal systolic function, might be impaired LV suction because of fibrosis or the relatively ischemic myocardium.

In mild to moderate LV failure atrial contraction compensated abnormal early diastolic filling, but there was no such a compensation in severe LV failure. It may suggest the limitation of atrial function as a booster pump.

**Key words**

Radionuclide imaging      Myocardial infarction      Myocardial contraction      Left ventricular diastolic function      Backward equilibrium method      Phase max

はじめに

虚血性心疾患における左室拡張期特性の異常に関しては多くの研究報告<sup>1-4)</sup>がみられる。虚血性心疾患では循環障害により心筋へのエネルギー供給の減少をきたすわけであるが、その結果、拡張早期の左室充満障害と心房収縮期の代償作用を生ずるとの興味ある報告<sup>5)</sup>がある。

近年 RI アンジオグラフィの分野においても、虚血性心疾患を対象とした左室拡張期特性の研究<sup>6-8)</sup>が行われるようになってきた。我々も、拡張期がそれぞれ異なった特性を有する等容拡張期、急速充満期、diastasis、心房収縮期の4時相から構成されることに着目し、拡張期を3等分することによって詳細に拡張期特性を評価し、虚血心における拡張早期充満障害の存在を報告<sup>9)</sup>してきた。しかし、通常用いられる平衡時法(以下通常法)から得られる左室容積曲線の拡張期後半は不正確である<sup>10,11)</sup>。

そこで今回は拡張後期の評価をも可能とする目的で、心電図 R 波を trigger として先行 R 波に向かう逆方向性平衡時法(以下逆方向法)を考案し、1) 通常法と逆方向法による駆出率(以下 EF)、各 Phase max, peak LV diastolic filling rate(以下 Peak D)の比較を行い、通常法による拡張期後半部の心機能評価が可能か否か、2) 逆方向法を用いて各 Phase max を求め、拡張期全体の心機能評価を試みることの2点を行うことと

した。

対象ならびに方法

1977年より1982年の間に、島根県立中央病院にて入院治療を行った急性心筋梗塞の陳旧期症例28例と健常者8例(以下健常群)の、合計36例を対象とした。急性心筋梗塞の診断は臨床症状、心電図所見、血清諸酵素所見をすべて満足するものに限定した。心筋梗塞群は、収縮期心機能の代表的指標である EF を用いて、 $EF \geq 60\%$ 、 $40\% \leq EF < 60\%$ 、 $EF < 40\%$  の3群に分類した。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目的で、心拍数 50 拍/分以上、80 拍/分以下の症例を選択した。健常群を含む4群の症例数、EF、心拍数、年齢は Table 1 に示したとおりである。

**Table 1. Classification of patients**

Group	No	EF	HR	Age
Control	8	67±2	63±3	48±2
EF≥60%	9	68±2	62±3	61±4*
40%≤EF<60%	13	51±2*	66±2	63±2*
EF<40%	6	34±2*	72±3*	72±3*

Values are indicated in mean±standard error (SE).

No=number; EF=ejection fraction; HR=heart rate in beats/min;  $EF \geq 60\%$ =myocardial infarction (MI) with  $EF \geq 60\%$ ;  $40\% \leq EF < 60\%$ =MI with  $40\% \leq EF < 60\%$ ;  $EF < 40\%$ =MI with  $EF < 40\%$ ; \*= $p < 0.01$  vs control.

RI アンジオグラフィーを施行するにあたり、すべての対象例に対し服用中の薬剤は、胸痛発作時の isosorbide dinitrate の頓用を除き、検査の 24 時間前より中止した。方法は仰臥位にて、カメラアングルは左前斜位 40 度、頭方に 10 度傾斜させた位置とし、 $^{99m}\text{Tc}$  HSA 20 mic を急速静注し、約 10 分経過した平衡時相でカウントデータを low energy, parallel hole collimeter を装着した東芝製 GCA 401-3 アンガータイプガンカメラにて集積した。カウントデータはリストモードで 10 msec の time marker 設定下で、600 心拍以上を島津製シンチパック 1200 (32 K) に収集した。なお 600 心拍以上加算するさい、cycle length は

呼吸性不整脈により最大で 90 msec の差を認められた。左室容積曲線は通常法で作成し、さらに逆方向法、すなわち心電図 R 波から先行 R 波に向かって、リストモードデータを 30 msec/frame のマルチゲートイメージに変換して、3 点法により作成した。左室関心領域 (ROI) は拡張終期画像フレーム上で左室と思われる領域にカーソルにて設定し、拡張終期 ROI より収縮終期 ROI を差し引いたものを back ground とした。このようにして得られた左室容積曲線を、さらに一次微分して、左室容積変化率曲線 (dV/dt curve) を求めた (Fig. 1)。

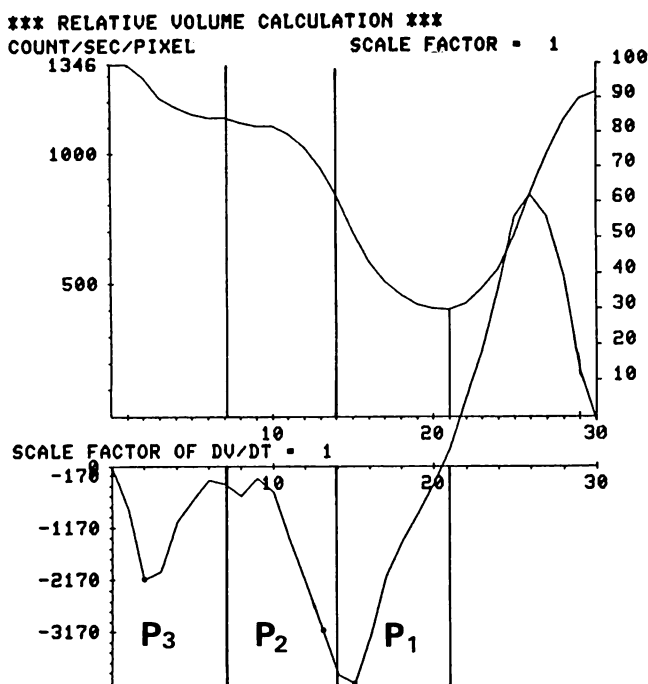


Fig. 1. Representative left ventricular (LV) volume curve and its dV/dt curve.

Upper curve is LV volume curve obtained from the ECG gated radionuclide angiogram constructed in a backward fashion from the R wave to the preceding R wave (backward method). Lower curve is dV/dt curve of LV volume curve. Diastolic phase is divided into three periods including early, mid and late 1/3. Each is named phase 1 (P 1), phase 2 (P 2) and phase 3 (P 3), respectively. Maximum dV/dt counts in each phase are measured in each point (·) which are called Phase 1 max, Phase 2 max and Phase 3 max, respectively when corrected for end-diastolic count.

$$A \text{ Phase max} = \frac{\text{Maximum dV/dt counts in the phase}}{\text{End-diastolic counts}}$$

## 計 算 方 法

1) 左室収縮終期は左室容積曲線の最小カウントの時点とし, 拡張終期は心電図 R 波の頂点とした.

2) 拡張期を 3 等分し, 拡張初期を phase 1, 拡張中期を phase 2, 拡張末期を phase 3 とした.

3) dV/dt curve のある phase における最大容積変化率を求め, 拡張終期カウント数で補正した値を Phase max とした.

$$\text{Phase max} = \frac{\text{ある phase の最大 dV/dt} (\text{/sec})}{\text{拡張終期カウント}}$$

すなわち phase 1, phase 2, phase 3 における Phase max を順に Phase 1 max, Phase 2 max, Phase 3 max と表現した. 当然のことではあるが, peak D はこれらの Phase max のうちの最大の値となる.

4) EF は左室容積曲線の収縮終期カウント数を拡張終期カウント数で除して求めた.

$$\text{EF} = \left(1 - \frac{\text{収縮終期カウント}}{\text{拡張終期カウント}}\right) \times 100 (\%)$$

5) 論文中における平均値と分散は mean  $\pm$  1.96 SE にて表現し, 統計処理は student's unpaired t-test および paired t-test を用い, 危険率 5% 未満を有意とした. なお図中の \*, \*\* はそれぞれ  $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$  を意味している.

## 結 果

### 1. 通常法と逆方向法の比較

通常法ならびに逆方向法ともに評価を行い得た 29 例を対象とし, 各指標において縦軸を逆方向法の値, 横軸を通常法の値として, 両者の相関関係の有無を検討した (Fig. 2). EF は  $r=0.965$  なる良好な相関関係を, Phase 1 max も  $r=0.940$  なる良好な相関関係を認め, EF, Phase 1 max はともに  $Y=X$  の直線上に分布した. Phase 2 max は  $r=0.885$  なる良好な相関関係を有したが,  $Y=X$  の直線上より少しばらつきを認めた. Phase 3 max は  $r=0.612$  なる相関関係となり, 大多数が

$Y=X$  の直線より上方にあり, 両方法間での値の不一致を認めた.

同様に通常法と逆方向法での値の有意差検定を行ったところ (Fig. 3), EF は  $60 \pm 5\%$  と  $57 \pm 5\%$ , Phase 1 max は  $2.2 \pm 0.4/\text{sec}$  と  $2.2 \pm 0.4/\text{sec}$ , Phase 2 max は  $1.7 \pm 0.3/\text{sec}$  と  $1.8 \pm 0.3/\text{sec}$  (いずれも通常法と逆方向法) の各平均値間にいずれも有意差を認めなかった. しかし Phase 3 max は  $1.3 \pm 0.2/\text{sec}$  と  $1.7 \pm 0.2/\text{sec}$  で, 逆方向法が有意に高値を呈した ( $p < 0.01$ ).

そこで両方法間に有意差を認めた Phase 3 max に関して健常群, ならびに心筋梗塞の各群 ( $\text{EF} \geq 60\%$ ,  $40\% \leq \text{EF} < 60\%$ ,  $\text{EF} < 40\%$ ) を含む 4 群間でさらに詳細に検討した (Fig. 4). まず通常法では Phase 3 max は順に  $1.0 \pm 0.3/\text{sec}$ ,  $1.5 \pm 0.4/\text{sec}$ ,  $1.2 \pm 0.3/\text{sec}$ ,  $1.3 \pm 0.3/\text{sec}$  となり, すべての群間で有意差を認めなかった. 一方, 逆方向法では順に  $1.3 \pm 0.2/\text{sec}$ ,  $2.0 \pm 0.4/\text{sec}$ ,  $1.9 \pm 0.3/\text{sec}$ ,  $1.5 \pm 0.4/\text{sec}$  となり, 健常群と  $\text{EF} \geq 60\%$  群 ( $p < 0.05$ ), 健常群と  $40\% \leq \text{EF} < 60\%$  ( $p < 0.01$ ) の間に有意差を認めた. なお  $40\% \leq \text{EF} < 60\%$  群内では通常法と逆方向法の間にも有意差を認めた ( $p < 0.01$ ).

ついで RI アンジオグラフィーによる拡張期特性の評価にさいして繁用される指標, すなわち peak D について両方法の比較検討を行った (Fig. 5). 通常法は健常群,  $\text{EF} \geq 60\%$ ,  $40\% \leq \text{EF} < 60\%$ ,  $\text{EF} < 40\%$  の順に  $3.5 \pm 0.3/\text{sec}$ ,  $2.7 \pm 0.2/\text{sec}$ ,  $2.2 \pm 0.4/\text{sec}$ ,  $1.3 \pm 0.3/\text{sec}$  となり, 4 群間にすべて有意差を認めた ( $p < 0.01$ ). 一方, 逆方向法では, 健常群より順に  $3.5 \pm 0.4/\text{sec}$ ,  $2.7 \pm 0.3/\text{sec}$ ,  $2.4 \pm 0.3/\text{sec}$ ,  $1.5 \pm 0.3/\text{sec}$  となり,  $\text{EF} \geq 60\%$  と  $40\% \leq \text{EF} < 60\%$  の間に有意差を認めなかったが, その他の群間にはすべて有意差を認めた ( $p < 0.01$ ).

### 2. 逆方向法による拡張期特性の評価

逆方向法にて左室容積曲線を求め得た健常群 8 例と陳旧期心筋梗塞群 28 例を対象とし, Phase 1 max, Phase 2 max, Phase 3 max を健常群を含む心機能別の 4 群間で比較を行った.

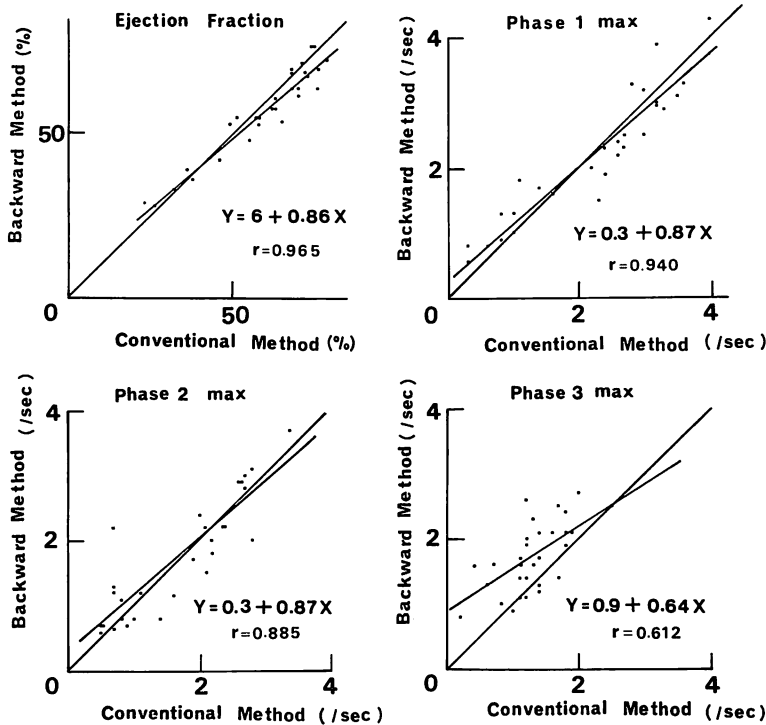


Fig. 2. Relationship of backward method to conventional method.

The data estimated by conventional method are plotted on the abscissa and the data by backward method on the ordinate. In the left top panel EF is demonstrated, in the right top panel Phase 1 max, in the left bottom panel Phase 2 max, and in the right bottom panel Phase 3 max.

Backward method=ECG gated radionuclide angiogram constructed in a backward fashion from the R wave; conventional method=ECG gated radionuclide angiogram constructed in a forward fashion from the preceding R wave.

Phase 1 max は健常群より順に  $3.6 \pm 0.4/\text{sec}$ ,  $2.3 \pm 0.4/\text{sec}$ ,  $1.7 \pm 0.4/\text{sec}$ ,  $0.9 \pm 0.2/\text{sec}$  と有意に低下した ( $p < 0.01$  あるいは  $p < 0.05$ , Fig. 6).

Phase 2 max はいずれの群間にも有意差を認めなかった (Fig. 7).

Phase 3 max は健常群より順に  $1.3 \pm 0.2/\text{sec}$ ,  $2.0 \pm 0.4/\text{sec}$ ,  $2.0 \pm 0.3/\text{sec}$ ,  $1.5 \pm 0.3/\text{sec}$  となり、健常群と  $EF \geq 60\%$  ( $p < 0.05$ ), 健常群と  $40\% \leq EF < 60\%$  ( $p < 0.01$ ),  $40\% \leq EF < 60\%$  と  $EF < 40\%$  ( $p < 0.05$ ) の間に有意差を認めた (Fig. 8).

左室拡張期特性の指標として繁用される peak D と我々の提唱する Phase 1 max を各群間で比

較した (Fig. 9). Phase 1 max は健常群より順に  $3.6 \pm 0.4/\text{sec}$ ,  $2.3 \pm 0.4/\text{sec}$ ,  $1.7 \pm 0.4/\text{sec}$ ,  $0.9 \pm 0.2/\text{sec}$  とすべての群間に有意差を認め、EFが減少するにつれ有意に低下した。Peak D も健常群より順に  $3.6 \pm 0.4/\text{sec}$ ,  $2.7 \pm 0.3/\text{sec}$ ,  $2.3 \pm 0.2/\text{sec}$ ,  $1.5 \pm 0.2/\text{sec}$  となり、 $EF \geq 60\%$  と  $40\% \leq EF < 60\%$  の間に有意差を認めなかったが、その他の群間にはすべて有意差が認められた ( $p < 0.01$ ). なお同一群内で Phase 1 max と peak D に有意差を認めた群は  $EF < 40\%$  と、 $40\% \leq EF < 60\%$  の両群であった ( $p < 0.05$ ).

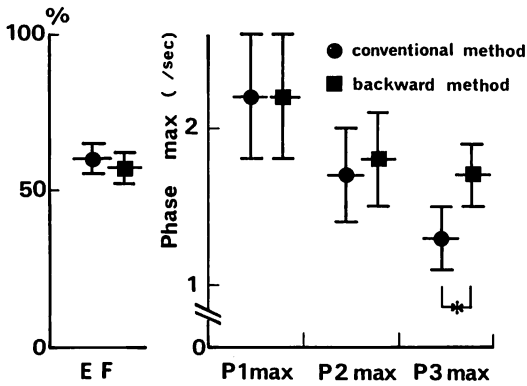


Fig. 3. Comparison of data of EF, P1 max, P2 max and P3 max obtained by two different methods in 29 cases.

Bars represent mean values and brackets 1.96 SE of the mean.

P1 max=Phase 1 max; P2 max=Phase 2 max; P3 max=Phase 3 max; ●=values obtained from conventional method; ■=values obtained from backward method; \*= $p < 0.01$ .

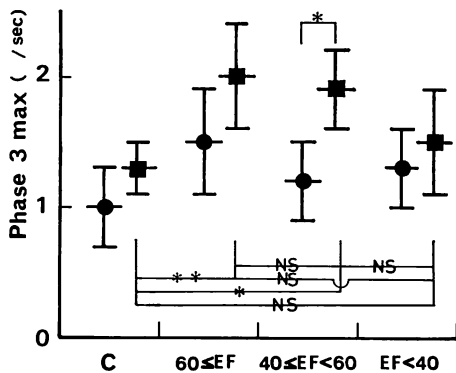


Fig. 4. Comparison of Phase 3 max estimated by conventional and backward methods.

\*\*= $p < 0.05$ ; NS=not significant.

考 按

1. 通常法と逆方向法の比較

虚血性心疾患を対象とし, RI アンジオグラフィーを用いて, 拡張期特性の評価を行った論文は多い<sup>6-9,11)</sup>. しかし通常の RI アンジオグラ

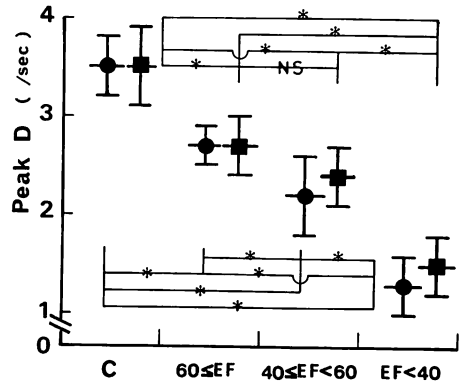


Fig. 5. Comparison of data of peak LV diastolic filling rate obtained by two different methods.

Peak D=Peak LV diastolic filling rate.

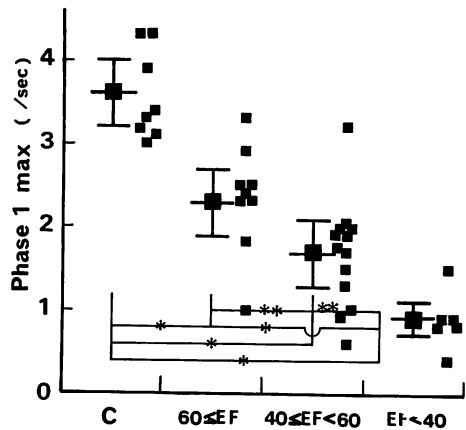


Fig. 6. The difference of Phase 1 max estimated by backward method in the four groups including control, and patients with  $EF \geq 60\%$ ,  $40\% \leq EF < 60\%$  and  $EF < 40\%$ .

フィーによる左室容積曲線は, シネアンジオグラフィーから求められた左室容積曲線と比較し, 収縮期と拡張早期はよく一致して正確であるが, 拡張中期以後はあまり一致せず不正確であるとの報告<sup>10)</sup>や, RI アンジオグラフィーによる左室容積曲線は作成方法上 trigger から時間的に隔たるとつれ不正確になるとの報告<sup>11)</sup>がある. その原因として両論文<sup>10,11)</sup>とも呼吸性不整脈をあげている. このように通常法による左室容積曲線は作成方法

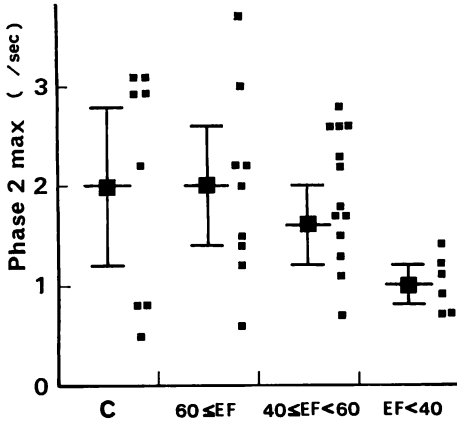


Fig. 7. The difference of Phase 2 max estimated by backward method in four groups.

There is no significant difference among four groups.

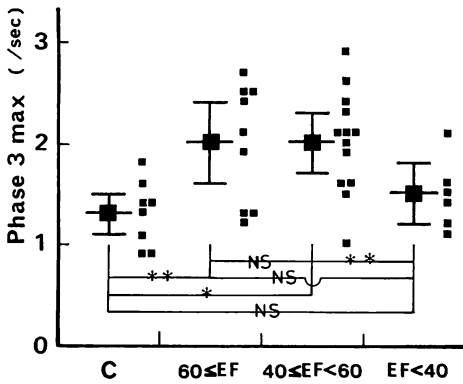


Fig. 8. The difference of Phase 3 max estimated by backward method in four groups.

上, 拡張中期以後が呼吸性不整脈により不正確となることが不可避と考えられることから, 我々は拡張期全体を評価するには通常法では不適当と考えた. そこで, たとえ呼吸性不整脈が認められても, 拡張末期におけるずれを解消することを意図して, 心電図 R 波を trigger とし, 通常と逆の方向である先行 R 波に向かって, 方法論で述べたごとく左室容積曲線を作成した. このようにして得られた逆方向法による左室容積曲線と通常法による左室容積曲線を比較した結果, EF は Y =

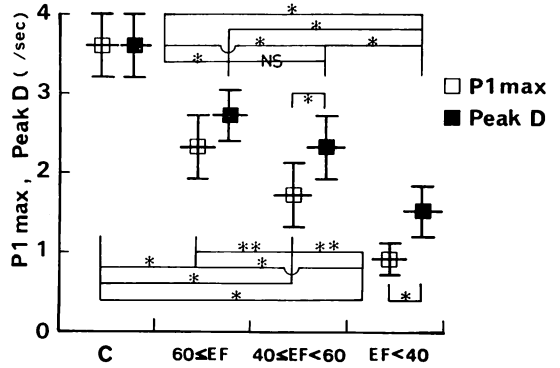


Fig. 9. Comparison between Phase 1 max and peak D estimated by backward method.

X の直線上に分布したことから, 拡張終期容積, 収縮終期容積はどちらの方法でもほぼ等しいことが明らかになった. 通常法による収縮終期容積の正確性はすでに報告<sup>10)</sup>されていることから, 逆方向法による収縮終期容積も同様に正確であることが明らかとなり, 逆方向法による拡張期全体の容積曲線の正確性が証明された (Fig. 2).

通常法による左室容積曲線は拡張早期まで正確と報告<sup>10)</sup>されている. 我々の結果でも両方法による Phase 1 max は  $Y=X$  の直線上に分布した. つまり両方法間で差を認めず, 逆方向法による拡張早期 1/3 の正確性も明らかとなった (Fig. 2). Phase 2 max においては両方法間での有意差は認めなかったが,  $Y=X$  の直線から多少のばらつきが認められ, これは通常法に軽い誤差を生じているためと考えた (Fig. 2). Phase 3 max においては両方法間で有意差が認められ,  $Y=X$  の直線上には分布しなかった. Phase 3 は方法論より考え, 逆方向法でより正確となり, 通常法では不正確であることから当然の結果であろう (Fig. 2).

以上から拡張期全体の評価を行うには, 逆方向法でのみ可能であることが明らかになった.

Tomoda ら<sup>12)</sup>はシネアンジオグラフィーを用い, peak diastolic  $dV/dt$  は左室拡張期特性の評価上鋭敏な指標ではないと報告している. 我々は通常法による拡張期特性の良好な指標とされてき

た peak D を逆方向法のそれと比較してみたが, peak D は同一群内で両方法間に有意差を認めなかった. しかしより正確な逆方向法では,  $EF \geq 60\%$  と  $40\% \leq EF < 60\%$  の間で peak D に有意差を認めなかったことから, 通常法で指摘されてきたほど良好な指標ではないと考えられた. この理由としては, 通常法で peak D が phase 2 に存在した症例のうちの約半数が逆方向法では phase 3 にあり, 通常法では真の peak D を得られないことが考えられた.

## 2. 逆方向法による左室拡張期特性の評価

左室拡張期は等容拡張期, 急速充満期, diastasis, 心房収縮期に分画することができ, 収縮期に比して複雑である. 等容拡張期に心筋の最大の relaxation が生じるが, この過程はアクチンとミオシンの解離にエネルギーを必要とする能動的時相である<sup>13,14</sup>. 急速充満期は left ventricular (以下 LV) suction<sup>15</sup> により, 能動的か否かには問題があるが, 左室に急速に血液の充満する時相である. Diastasis は左室の容積のほとんど変化しないか, もしくは緩徐な流入のある時相であり, 心拍数 80 拍/分 以下では全例に認められる<sup>5</sup>. 心房収縮期は左房の収縮により左室にとっては受動的に血液を受け入れる時相である<sup>16</sup>.

虚血性心疾患において, 拡張期特性の異常が等容拡張期<sup>17</sup>, 急速充満期の拡張早期<sup>5-7,9,12,18</sup> と心房収縮期<sup>5,11,18</sup> に認められることは興味あることといえよう. RI アンジオグラフィによる拡張期特性に関する知見は, 最近, 次第に集積されてきている. しかし前述のごとく, 通常法では拡張期全体の評価は不可能であり, 今回我々が考案した逆方向法を用いることで, 拡張期全体の心機能の評価することが可能となった.

Reduto ら<sup>6</sup> は first pass method で拡張期心機能評価を行い, すでに正常収縮期特性を有する虚血性心疾患に拡張期特性の障害を認めている. 彼らはその原因として, 心筋虚血や心筋の線維化をあげている.

また Bonow ら<sup>7</sup> は通常法を用いてやはり安静

時収縮期心機能に異常を認めない虚血性心疾患において, すでに拡張期心機能障害の存在することを報告している. この原因として, 心筋の線維化によるコンプライアンスの低下, 局所壁運動障害, relaxation の障害, diastolic tone の変化などをあげている.

一方, Hammermeister ら<sup>8</sup> は虚血性心疾患においてシネアンジオグラフィを用い, 左室拡張期特性に異常の存在することを報告している. 彼らによると, 拡張早期左室流入速度は, 軽度虚血状態の心筋や線維化による左室コンプライアンスの低下により減少するが, 心房収縮期の血液流入速度は, 正常群に比較して有意に増加しており, 代償機構としての心房収縮の重要性を報告している.

今回の研究では, phase 1 は等容拡張期および急速充満期が分離されず含まれ, phase 2 は diastasis が, phase 3 は心房収縮期が主たる構成時相となった. 各 phase において Phase max を求め, これらの指標で左室拡張期心機能評価を行った.

その結果, 拡張早期充満速度の指標である Phase 1 max が, 収縮期の代表的指標である EF の減少に先行して低下したことから, 拡張期の早期障害性を支持する所見を得た. この原因として, まず軽度虚血状態にある心筋や線維化による左室コンプライアンスの低下が考えられる. さらに Hori ら<sup>15</sup> は, LV suction が inotropic state に正比例することを明らかにし, LV suction の存在と active suction の可能性を報告している. このことから, 拡張早期充満速度の減少の原因として, LV suction の減少はさらに重要な因子と考えられる.

しかし Schwartz ら<sup>13</sup> は, 病的な心筋においては, まず筋小胞体からの  $Ca^{++}$  の放出が減少し, 続いて  $Ca^{++}$  摂取の低下が生ずると報告しており, 収縮期の異常がより早期に生ずる可能性を報告している. しかし, 今回の結果では,  $EF \geq 60\%$  の心筋梗塞群は, 健常群と inotropic state に有意差



を認めないにもかかわらず、Phase 1 max が有意に低下していた。さらに虚血性心疾患では、ATP dependent な過程は冠血流量の減少によって障害されると考えられているが、収縮期心機能に異常を認めない症例においてすでに拡張期特性の障害の存在することについての報告<sup>6,7,9,17)</sup>は多い。すなわち EF による収縮期心機能、運動能の評価には厳密な inotropic state の評価上不十分な点のある可能性<sup>19)</sup>が示唆され、今後の研究が待たれる。

さて今回我々の考案した逆方向法の最大の特徴は、通常法では不可能な phase 3、つまり心房収縮期における検討が可能となったことである。しかし心房収縮の左室充満におよぼす影響に関する報告は少ない。

Hammermeister ら<sup>5)</sup>は、虚血性心疾患では正常群に比して心房収縮による左室充満は増加しており、病的心における心房収縮の重要性を報告している。

松尾ら<sup>18)</sup>は、超音波パルス変調ドプラー法により心房収縮期の指標である A/R を求め、正常群に比して心筋梗塞群で有意な増大を認めた。彼らは、この A/R の増大は左室早期充満障害を拡張末期に心房収縮によって代償している現象であると報告している。

Payne ら<sup>20)</sup>は容量負荷時の心房機能の研究を行い、容量負荷は最初は心房の booster pump を増加させるが、さらに負荷を増すと booster pump は減少すると報告している。

今回の結果では、収縮期心機能に異常を認めない心筋梗塞群や軽度心不全群では Hammermeister ら、松尾らと同様に Phase 3 max が増加していた。しかし重症心不全群では Hammermeister らとは異なり、もはや Phase 3 max の増加は認められず、軽度心不全群に比して Phase 3 max は有意に低下した。これは、重症心筋梗塞では LV suction が著明に減少し、左房の著しい拡大を生じ、Payne ら<sup>20)</sup>の報告のごとく booster pump の限界が認められるとともに、重症心筋梗塞では冠動脈障害部位は近位となり、左房への血

液循環障害が増悪し、左房の収縮力は減少する可能性が示唆された。我々是非観血的手法を用いたことから、Hammermeister らの不可能であった重症群における左房収縮を評価し得たものと考えた。

最後に RI アンジオグラフィーを用いた左室拡張期心機能評価に繁用される peak D と我々の提唱する Phase 1 max の比較を行ったところ、両者とも EF の減少に先行して低下したことから、鋭敏な指標であることが明らかにされた。しかし Phase 1 max は心不全の程度が増悪するにつれて有意に減少したが、peak D は収縮期に異常を認めない心筋梗塞群と軽度心不全を有する心筋梗塞群の間に有意差を認めなかったことから、Phase 1 max がより鋭敏な指標と考えた。

## 要 約

近年 RI アンジオグラフィーの分野においても、虚血性心疾患を対象とした左室拡張特性の研究が行われている。しかし通常法から得られた左室容積曲線の拡張期後半は、呼吸性不整脈のために不正確となることが不可避である。

今回の研究は 1) 我々の考案した逆方向法からの拡張期容積曲線の正確性と、2) 左室拡張期心機能の指標としての Phase 1 max と Phase 3 max の有用性を評価することを目的とした。

対象は健常者 8 例、陳旧性心筋梗塞 28 例の合計 36 例とした。方法は、通常法で左室容積曲線を作成し、さらに心電図 R 波を trigger として先行 R 波に向かう逆方向法にて左室容積曲線を作成した。Phase 1 max は拡張早期 1/3 の、Phase 3 max は拡張末期 1/3 の最大容積変化率を拡張終期カウントで補正して求めた。

まず最初に逆方向法から得られた EF と Phase 1 max を通常法のそれと比較し、良好な相関を得たことから逆方向法の正確さを明らかにし、拡張期全体の評価には逆方向法でなければ不可能であることを示した。

続いて逆方向法から求めた Phase 1 max と

Phase 3 max を健常群, および心機能別の心筋梗塞3群の, 合計4群間で比較検討した.

その結果, 拡張早期充満速度の指標である Phase 1 max は収縮期の代表的指標である EF の減少に先行し低下したことから, 鋭敏な指標であると証明され, さらに拡張特性の早期障害性を明らかにした. この機序として, LV suction の減少による可能性が考えられた.

一方, 心房収縮期の左室充満速度の指標である Phase 3 max も, EF の減少に先行し増大したことから, 同様に鋭敏な指標であり, 同時に心房収縮の増大により拡張早期充満障害が代償されることが明らかとなった. しかし重症心不全群では Phase 3 max は低下したことから, 左房収縮による左室充満も障害されることが示された. この機序として, 左房の booster pump としての機能には限界が存在することが示唆された.

稿を終えるにあたり多大なご協力をいただいた島根県立中央病院放射線科, 大屋俊男技官に謝辞を申し上げます.

#### 文 献

- 1) Bristow JD, Van Zee BE, Judkins MP: Systolic and diastolic abnormalities of the left ventricle in coronary artery disease. *Circulation* **42**: 219, 1970
- 2) Diamond G, Forrester JS: Effect of coronary artery disease and acute myocardial infarction on left ventricular compliance in man. *Circulation* **45**: 11, 1972
- 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) Hammermeister KE, Warbasse JR: The rate of change of left ventricular volume in man. II. Diastolic events in health and disease. *Circulation* **49**: 739, 1974
- 6) Reduto LA, Wickemeyer WJ, Young JB, Del 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**: 1288, 1981
- 7) 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
- 8) Arita T, Ishida K, Handa Y, Hesaka K, Ohya T, Nakasumi I, Ikezono T, Ozaki M, Kiyohara Y, Ohta N: Comparison of systolic property and diastolic property in patients with myocardial infarction.: Assessment with cardiac radionuclide angiography. *Med J Shimane Pref Cent Hosp* **9**: 33, 1982 (in Japanese)
- 9) Arita T, Ishida K, Handa Y, Hesaka K, Ohta N: Assessment of left ventricular function using diastolic filling pattern. *J Cardiography* **12**: 561, 1982 (in Japanese)
- 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) Kondo T, Hishida H, Negishi Y, Kaneko K, Kato Y, Kogame Y, Iriyama T, Mizuno Y, Takeuchi A, Koike K: Effects of atrial contribution on the two-beat left ventricular volume curve obtained by ECG-gated radionuclide angiography. *J Cardiography* **12**: 189, 1982 (in Japanese)
- 12) Tomoda H, Oeda Y, Tagawa R, Hoshiai M, Furuya H, Ide M, Hamamoto H: Cineangiographic evaluation of diastolic properties of the left ventricle in man. *Jpn Circ J* **46**: 64, 1982
- 13) Schwartz A, Soldal LA, Etman M, Allen JC, Reddy YS, Goldstein MA, Luchi RJ, Wyborny LE: Abnormal biochemistry in myocardial failure. *Am J Cardiol* **32**: 407, 1973
- 14) Frist WH, Palacios I, Powell WJ Jr: Effect of hypoxia on myocardial relaxation in isometric cat papillary muscle. *J Clin Invest* **61**: 1218, 1978
- 15) Hori M, Yelin EL, Sonnenblick EH: Left ventricular diastolic suction as a mechanism of ventricular filling. *Jpn Circ J* **46**: 124, 1982
- 16) Nolan SP, Dixson SH Jr, Fisher RD, Morrow AG: The influence of atrial contraction and mitral

- valve mechanics on ventricular filling. *Am Heart J* **77**: 784, 1969
- 17) Kumada T, Katayama K, Matsuzaki M, Matsuda Y, Kusakawa R: Assessment of left ventricular relaxation in the diseased heart in man. *Jpn Circ J* **46**: 58, 1982
- 18) Matsuo H, Kitabatake A, Asao M, Terao Y, Mishima M, Senda S, Shimazu T, Tanouchi J, Abe H: Noninvasive evaluation of diastolic properties of the left ventricle by pulsed Doppler flowmetry combined with real-time two-dimensional echocardiography. *J Cardiography* **10**: 697, 1980 (in Japanese)
- 19) Ishida K: Emax as an index of left ventricular inotropic state. *Yamaguchi Med J* **29**: 153, 1980 (in Japanese)
- 20) Payne RM, Stone HL, Engelken EJ: Atrial function during volume loading. *J Appl Physiol* **31**: 326, 1971