

## 《原 著》

# 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—

成田 充啓\* 栗原 正\* 村野 謙一\* 宇佐美暢久\*

本田 稔\*\* 金尾 啓右\*\*

**要旨**  $^{99m}\text{Tc}$ -multigate 心プールイメージングを、安静時に、健常 14 例、冠動脈疾患 (CAD) 55 例で施行、左室容積曲線より求めた diastolic phase index の CAD における有用性を検討した。Diastolic phase index としては、拡張早期 1/3 における左室平均充満速度 (1/3 FR-mean)、最大充満速度、充満率の他、拡張期全体での最大充満速度の 4 者を求めた。いずれの index も左室駆出率 (EF) と良好な相関を示し、再現性も良好であった。CAD は EF 正常かつ左室壁運動正常の Group I (26 例) と、EF の低下または壁運動異常のある Group II (29 例) に区分した。いずれの diastolic diastolic phase index も健常群、Group I、Group II を区別しえたが、ことに 1/3 FR-mean では、 $1.70 \text{ sec}^{-1}$  未満を異常値とみなすことで、CAD の 91% (Group I の 81%、Group II の 100%) で CAD の存在が示唆された。また 1/3 FR-mean と収縮早期 1/3 での平均駆出速度との対比を含め、diastolic phase index (ことに 1/3 FR mean) は、CAD の存在を早期より示唆する有用な指標と考えられた。

## I. 緒 言

拡張早期における心筋の弛緩は、active な、energy dependent process であり<sup>1,2)</sup>、以前より拡張機能の障害が冠動脈疾患 (CAD) でしばしば観察される事が報告されてきた<sup>3,4)</sup>。殊に Waters ら<sup>5)</sup>の動物実験や、Mann ら<sup>6)</sup>、Papapietro ら<sup>7)</sup>の臨床研究は、CAD において、左室拡張機能障害は、収縮機能障害に先立っておこり、左室機能障害の早期かつ敏感な指標であることを示唆した。

従来、人における左室拡張機能障害は、拡張期における圧容積関係 (stiffness)<sup>8,9)</sup> や、等容拡張期における圧変化 (peak negative dP/dt, time constant T)<sup>5~7,9)</sup> より評価されてきた。他方  $^{99m}\text{Tc}$  による心プールイメージングは、左室収縮機能を非

観血的に評価する方法として広く用いられているが、本法の拡張機能評価への応用はきわめて少ない<sup>10,11)</sup>。従って、本研究においては、 $^{99m}\text{Tc}$  による安静時心プールイメージングよりえた左室容積曲線とともに、種々の拡張期指標を求め、CAD の心機能評価におけるこれら拡張指標の有用性を検討した。

## II. 対象と方法

### 1. 対 象

対象は、健常 14 例と、冠動脈の 1 枝以上に 75% 以上の狭窄を有する CAD 55 例の計 69 例である。健常例は、病歴、胸部 X 線、心電図、心エコー図より、心疾患なしと判定された症例で、男 12 例、女 2 例、平均年齢は  $37 \pm 12$  歳 (mean  $\pm$  SD) (28~54 歳) である。CAD の内訳は、男 40 例、女 15 例、平均年齢  $60.2 \pm 8.9$  歳 (46~70 歳) で、内 35 例で心筋梗塞の既往および心電図上異常 Q 波を認めた。この梗塞例は、全例急性発症後 3 カ月以上を経過していた。また残り 20 例では、安定型狭心症を示していた。罹患冠動脈数より分類すると、

\* 住友病院内科

\*\* 同 アイソトープ室

受付：57年4月22日

最終稿受付：57年6月9日

別刷請求先：大阪市北区中之島 5-2-2 (番 530)

住友病院内科 成田 充啓

1枝病変28例, 2枝病変17例, 3枝病変10例であった。

また, 心不全状態の症例, 心エコー図上心肥大を有する症例は, 本研究の対象より除外した。

## 2. 方 法

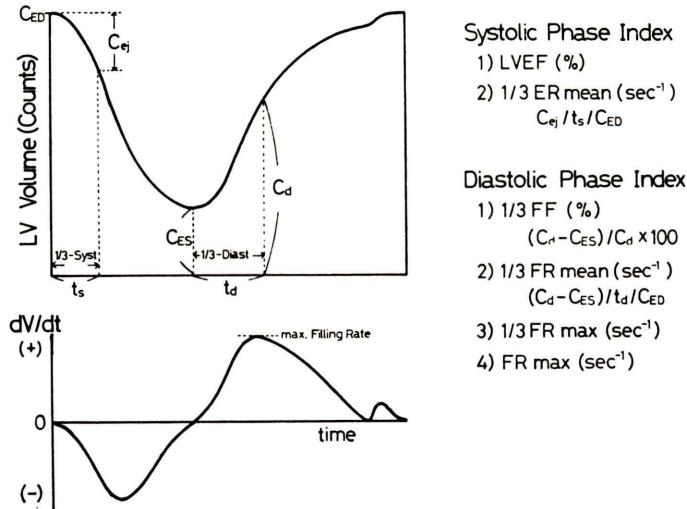
心プールイメージングは, parallel hole, all purpose collimator を装置した Pho/Gamma V型シンチカメラと心電計をミニコンピューター(Scintipac 1200)に on line で接続し撮影した。 $^{99m}\text{Tc}$ を生体内で赤血球にラベルした後, 安静時臥位で, 正面と, collimator を尾側に 10 度挙上した左前斜位40度(LAO-40)の2方向より, multiple gate 法を用い, 1 フレーム 30 msec の間隔で, 8 分間データを採取した<sup>12)</sup>。データ採取に際して, 一定の R-R 間隔をあらかじめ設定し, 検査中に採取される R-R 間隔が一定に保たれるようにした。

正面, LAO のイメージを動画として壁運動の観

察を行う他, 拡張終期(ED), 収縮終期(ES)像の左室辺縁を isocount 法で抽出し, 壁運動異常の有無の判定を行ったが, LAO イメージでは視覚的判定の他に, ED の面積中心からの ES における hemiaxis の短縮率を求め, 壁運動異常の判定に役立てた<sup>12,13)</sup>。

LAO のデータより, background を除去した後, 左室の time activity curve (容積曲線) とその 1 次微分曲線を作成, この曲線をもとに, 左室収縮期指標と, 左室拡張期指標を求めた。

左室収縮期指標としては, 左室駆出率(EF)の付, 収縮早期 1/3 における平均駆出速度 (mean first third ejection rate<sup>14,15)</sup>, 1/3 ER-mean) を求めた。この ejection rate は end-disatolic count で normalize し表現した。左室 ejection time は, 左室容積曲線が収縮初期にプラトーを作らぬときは, 第2フレームのはじまりから ES フレームの終り



**Fig. 1** Calculation of systolic and diastolic phase indexes. These indexes were obtained from the left ventricular volume curve and its first differentiation curve. Left ventricular ejection fraction (LVEF) and mean first third ejection rate (1/3 ER-mean) were calculated as systolic phase indexes. As diastolic phase indexes, left ventricular filling fraction during the first third of diastole (1/3 FF), mean first third filling rate (1/3 FR-mean), maximal filling rate during the first third of diastole (1/3 FR-max) and maximal filling rate during the whole diastole (FR-max) were calculated.  $C_{ED}$ ; end-diastolic counts,  $C_{ej}$ ; ejected counts during the first third of ejection period,  $C_{ES}$ ; end-systolic counts,  $C_d$ ; diastolic counts at the end of the first third of diastole.

までの時間とし、収縮初期にプラトーが存在する時は、容積曲線の下降点から ES フレームの終りまでの時間とした<sup>12)</sup>。

左室拡張期指標としては、以下の 4 者を求めた (Fig. 1). (1) 拡張早期 1/3 における左室の充満率すなわち first third filling fraction<sup>10)</sup> (1/3FF), (2) 拡張早期 1/3 における充満速度 (mean first third filling rate, 1/3 ER-mean), (3) 拡張早期 1/3 における最大充満速度 (maximal filling rate during the first third of diastole, 1/3 FR-max), (4) 拡張期全体での最大充満速度 (maximal filling rate during the whole diastole, FR-max). 1/3 FF, 1/3 FR-mean は左室容積曲線より Fig. 1 に示す式で、1/3 FR-max, FR-max は、容積曲線の 1 次微分曲線より求めた。1/3 FR-mean, 1/3 FR-max, FR-max は、いずれも end-diastolic count で normalize して表現した。なお、diastolic length は ES フレ

ーム終了点から最終フレームまでの時間とした。

健常 3 例、CAD 10 例の計 13 例で、安静時心プールイメージングを 1 週間の間隔でくり返し行い、これら拡張期指標の再現性を検討した。

### III. 結 果

全例で満足すべき心プールイメージングが得られた (Fig. 2)。

CAD は、EF と左室壁運動異常の有無より Group I, Group II の 2 群に区分した。Group I は、安静時心プールイメージで FE 正常 ( $\geq 55\%$ ) でかつ、壁運動異常を認めない 26 例 (狭心症 18 例、陳旧性心筋梗塞 8 例、平均年齢  $59.7 \pm 9.2$  歳) で、罹患冠動脈数で区分すれば、1 枝病変 13 例、2 枝病変 11 例、3 枝病変 2 例であった。Group II は、安静時 EF の低下 (<55%) もしくは壁運動異常を呈する 29 例 (陳旧性心筋梗塞 27 例、狭心症 2 例、

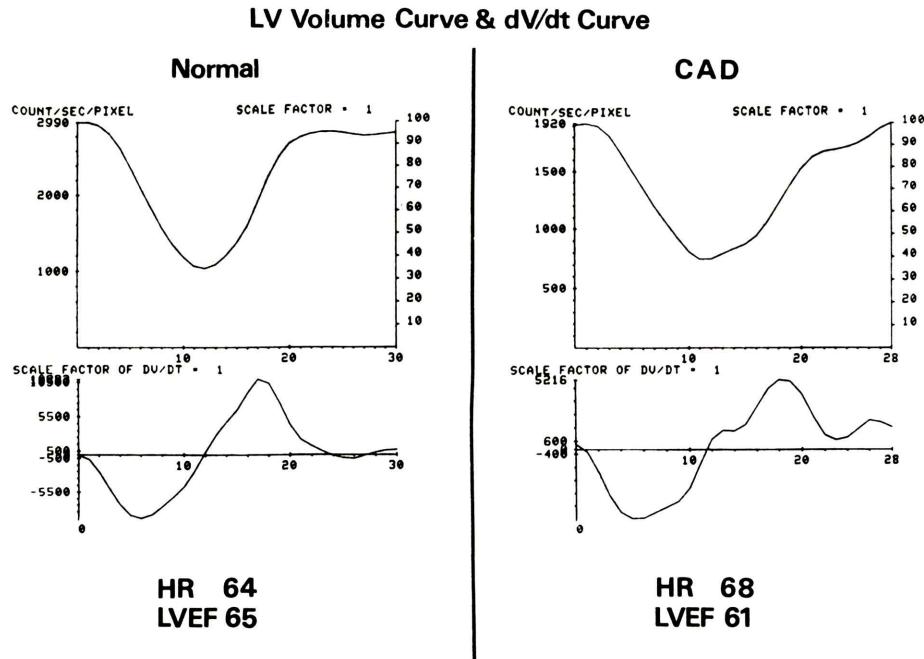


Fig. 2 Left ventricular volume curve and their first differentiation curves which were obtained from a normal subject (left) and a patient with double-vessel coronary artery disease (stable angina) (right). EF was similar (65% vs 61%) in two subjects. In normal subject, left ventricular filling during early phase of diastole was rapid, while, in patient with CAD, left ventricular filling during this period was slow.

平均年齢  $61.2 \pm 7.9$  歳)で、罹患冠動脈数で区分すれば、1枝病変15例、2枝病変6例、3枝病変8例である。

健常群、Group I、Group II の各群において R-R 間隔、diastolic length に有意差は存在しなかった (Table 1)。

### 1. Diastolic Phase, Index と EF

全例で、各 diastolic phase index と EF の関係は、Fig. 3 の如くで、直線回帰を行った所、各 diastolic phase index と EF の相関係数は、1/3 FR-mean で 0.73, 1/3 FR-max で 0.76, FR-max で 0.83, 1/3 FF で 0.81 であった。しかし EF が 50% 以上の部分は、この直線回帰では十分カバーされぬため、指数函数で回帰を行ったところ、

各 diastolic phase index と EF の相関係数は、1/3 FR-mean で 0.87 ( $1/3 \text{FR-mean} = 0.235 \cdot e^{0.030 \cdot EF}$ ), 1/3 FR-max で 0.83 ( $1/3 \text{FR-max} = 0.414 \cdot e^{0.028 \cdot EF}$ ), FR-max 0.89 ( $\text{FR-max} = 0.487 \cdot e^{0.027 \cdot EF}$ ), 1/3 FF で 0.87 ( $1/3 \text{FF} = 3.35 \cdot e^{0.038 \cdot EF}$ ) と、さらに良好となり、EF の全域にわたってカバーが可能となった。

### 2. Diastolic Phase Index の再現性

いずれの diastolic phase index も第1回の検査値と第2回の検査値はよく一致し、第1回、第2回の検査間での相関係数は、1/3 FR-mean で 0.97, 1/3 FR-max で 0.98, FR-max で 0.96, 1/3 FF で 0.97 (いずれも  $p < 0.01$ ) であった (Fig. 4)。また EF, 1/3 ER-mean も再現性は良好で、第1回、第2回検査値間の相関係数は、おのおの 0.98, 0.96

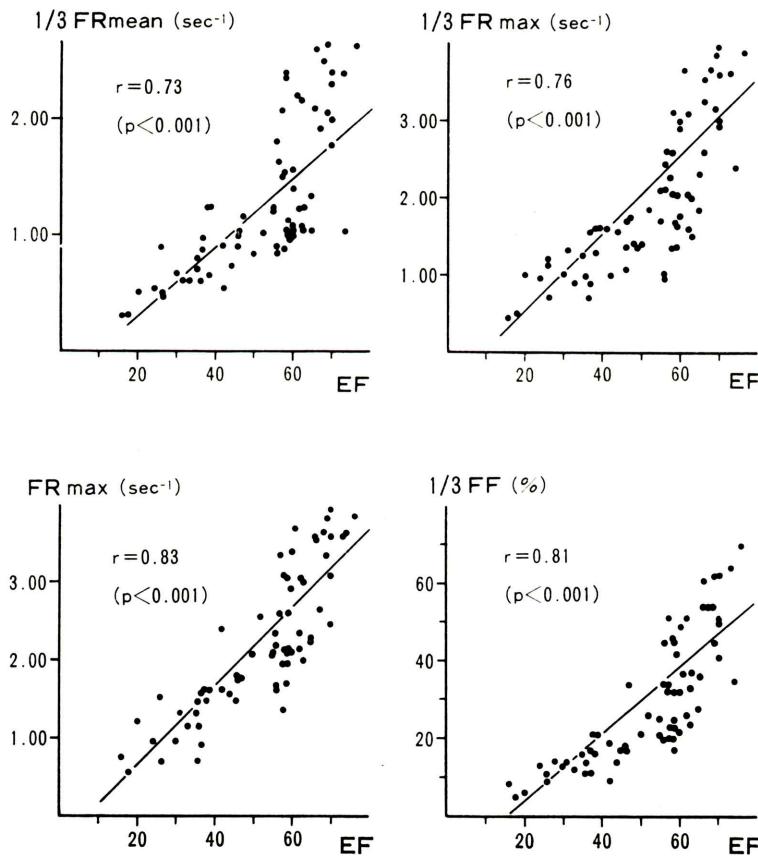
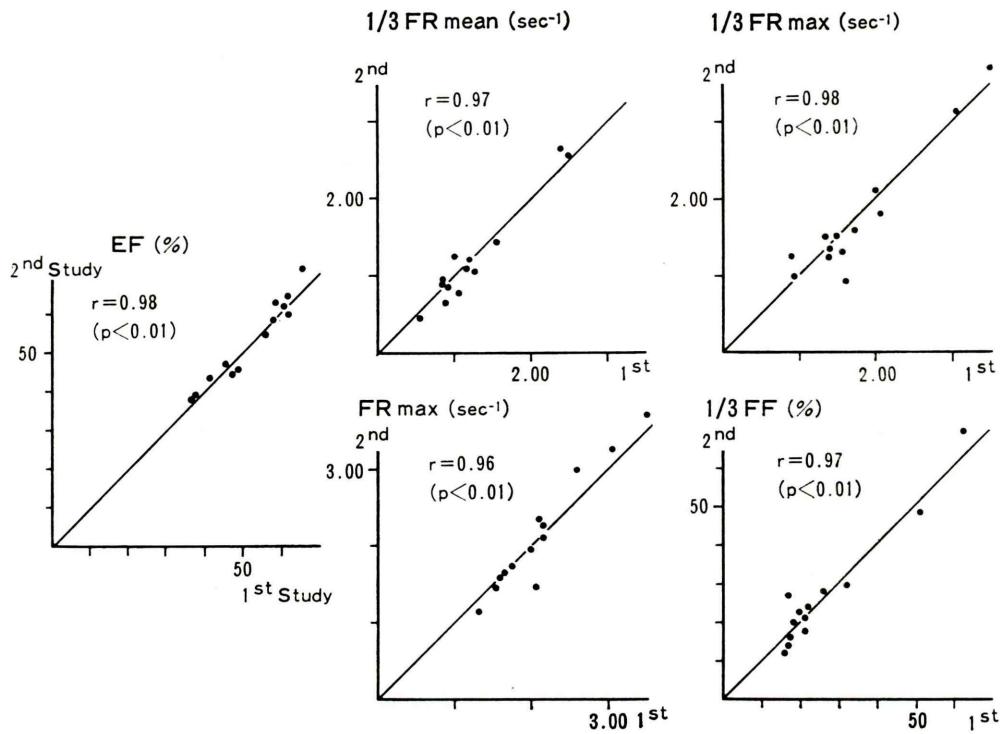


Fig. 3 Relationship of several diastolic phase indexes to left ventricular ejection fraction (EF). All diastolic phase indexes correlated well with EF.



Reproducibility of EF and Diastolic Phase Indexes (n=13)

Fig. 4 Reproducibility of ejection fraction (EF) and several diastolic phase indexes. Reproducibility of all indexes were excellent.

( $p<0.01$ ) であった。

### 3. Diastolic Phase Index による 3 群の鑑別

健常群, CAD Group I, Group II における各種 diastolic phase index, systolic phase index の平均値と分布を Table 1, Fig. 5 に示す。

Systolic phase index の内 EF は, 健常群と Group II の平均値間には有意差が存在するものの ( $63.3 \pm 4.9$  vs  $37.0 \pm 10.9\%$ ,  $p<0.001$ ), 健常群と Group I の平均値は同等であった ( $63.3 \pm 4.9$  vs  $62.4 \pm 6.2\%$ , NS). 他方, 1/3 ER-mean は, 健常群, Group I, Group II の 3 群を有意に区別したが, 健常群と Group I ( $1.39 \pm 0.21$  vs  $1.18 \pm 0.33$   $\text{sec}^{-1}$ ,  $p<0.05$ ) の間には, かなりの overlap が存在した。

Diastolic phase index は, いずれの index も, 健常群, Group I, Group II を有意に区別した

(Table 1, Fig. 5). そこで健常群の各 diastolic phase index の平均値から 2 標準偏差を減じた値を, 各 diastolic phase index の正常下限と仮定すると (1/3 FR-mean で  $1.70 \text{ sec}^{-1}$ , 1/3 FR-max で  $2.33 \text{ sec}^{-1}$ , FR-max で  $2.36 \text{ sec}^{-1}$ , 1/3 FF で  $36.8\%$ ), Fig. 6 に示す如く, CAD 55 例の内 FR-max は 43 例 (78%) (Group I 15/26, Group II 28/29), 1/3 FR-max は 47 例 (85%) (Group I 18/26, Group II 29/29), 1/3 FF は 49 例 (89%) (Group I 20/26, Group II 29/29), 1/3 FR-mean は 50 例 (91%) (Group I 21/26, Group II 29/29) で異常値を示した. これら diastolic phase index の間で, CAD 診断に対する sensitivity に有意差はみなかったが, FR-max で異常値を呈した例は全例 1/3 FR-max で, 1/3 FR-max で異常を呈した例は全例 1/3 FF で, 1/3 FF で異常を呈した例は全例 1/3 FR-mean

Table 1 Diastolic and Systolic Phase Indexes in Three Groups

Group	R-R interval (msec)	Diastolic length (msec)			Diastolic Phase Index			Systolic Phase Index			1/3 FR-mean	
		1/3 FR-mean (sec <sup>-1</sup> )	1/3 FR-max (sec <sup>-1</sup> )	FR-mean (sec <sup>-1</sup> )	1/3 FF (%)	ES to FR- max interval (msec)	EF (%)	1/3 ER-mean (sec <sup>-1</sup> )	1/3 ER-mean (sec <sup>-1</sup> )	1/3 FR-mean		
Normal (n=14)	904±129	568±106	2.24±0.27	3.23±0.45	3.28±0.46	51.2±7.2	161±24	43.3±4.9	1.39±0.21	1.66±0.22		
Group I (n=26)	897±115	476±164	1.33±0.49*	2.10±0.81*	2.45±0.69*	32.6±13.5*	187±30*	62.4±6.2	1.18±0.33**	1.12±0.30*		
Group II (n=29)	878±110	506±103	0.83±0.29**	1.27±0.41**	1.46±0.50**	16.3±7.2**	173±31**	37.0±10.9**	0.83±0.22**	1.02±0.29*		

mean±S.D. \* p<0.001 vs Normal \*\* 0.01<p<0.05 vs Normal † p<0.001 vs Group I

で異常を呈した。健常例で diastolic phase index が、正常下限未満を呈したのは、FR-max で 1 例、1/3 FR-max で 1 例存在したのみで overall accuracy も Fig. 6 に示す如く高かった。他方、EF が 55% 未満もしくは壁運動異常を示したのは、CAD 55例中 29 例 (53%) であった。また 1/3 ER-mean の場合も同様に、健常群の平均値より 2 標準偏差を減じた値を正常下限と仮定すると、CAD 55例中 30 例 (55%) (Group I 7/26, Group II 23/29) で異常値を示し、overall accuracy は 64% であった。この CAD 診断に対する sensitivity は、FR-max とは p<0.05 で、1/3 FR-max, 1/3 FF, 1/3 FR-mean とは p<0.005 で有意に低かった。

#### 4. Diastolic Phase Index と Systolic Phase Index の対比

diastolic phase index と systolic phase index を対比するため、diastolic phase index としては、CAD 診断精度の最も高かった 1/3 FR-mean を、systolic phase index としては 1/3 ER-mean を選び、両者の比 (1/3FR-mean / 1/3ER-mean) で検討した。

健常群で、この比は 1.66±0.22 であったが、Group I では 1.12±0.30 と有意 (p<0.001) の低下を示した。Group II では、この比は 1.02±0.29 とさらに低値となつたが、Group I と Group II の間には有意差は存在しなかつた (Table 1, Fig. 7)。

#### IV. 考 案

従来、左室の拡張機能は、主として拡張期の圧容積関係<sup>8,9)</sup> や、等容拡張期における圧変化<sup>5~7,9)</sup> より論じられてきたが、心エコー図より求めた拡張早期の左室流入量 (EF-slope)<sup>16)</sup> や、シネアンギオよりえた左室容積曲線をもとにしてえられた左室最大充満速度 (DdV/dt)<sup>17)</sup> といった、拡張期における左室容積変化にもとづいて左室拡張機能を検討しようとする試みも行われてきた。

マルチゲート心プールイメージングは、1 心拍での左室容積の変化を非観血的かつ正確に知りうる方法であり<sup>18)</sup>、今回、われわれは、心プールイメージングよりえた左室拡張期の容積曲線とその 1 次微分曲線をもとに、左室充満速度、左室充満

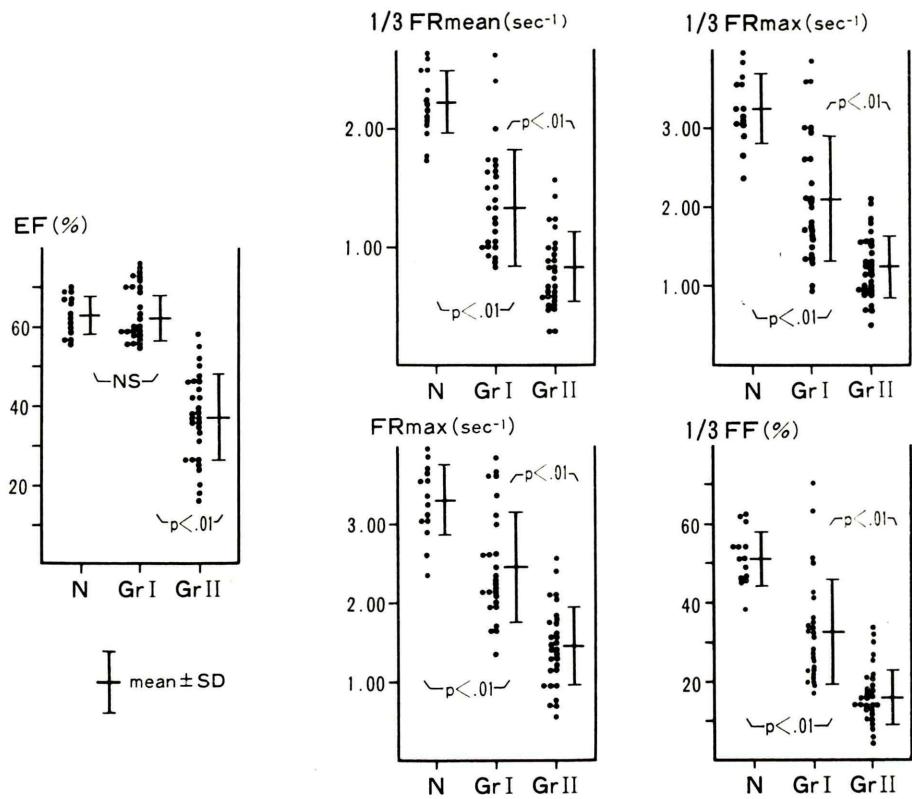


Fig. 5 Ejection fraction (EF) and several diastolic phase indexes among three groups (Normal, Group I and Group II). Every diastolic phase index could differentiate these three groups.

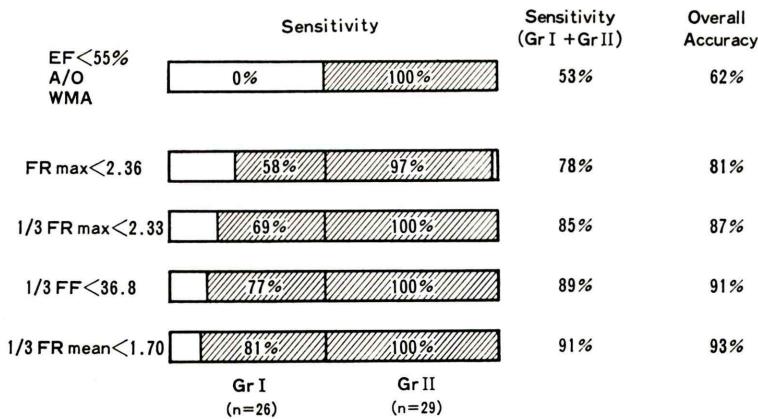


Fig. 6 Sensitivity and overall accuracy of diastolic phase indexes for the detection of CAD.

The mean value minus 2 SD of Normal group was defined as the lowest normal limits in each diastolic phase index. Every diastolic phase index is more sensitive and more accurate to detect CAD than reduced EF and/or wall motion abnormality. Among them,  $1/3\text{ FR-mean}$  was most sensitive.

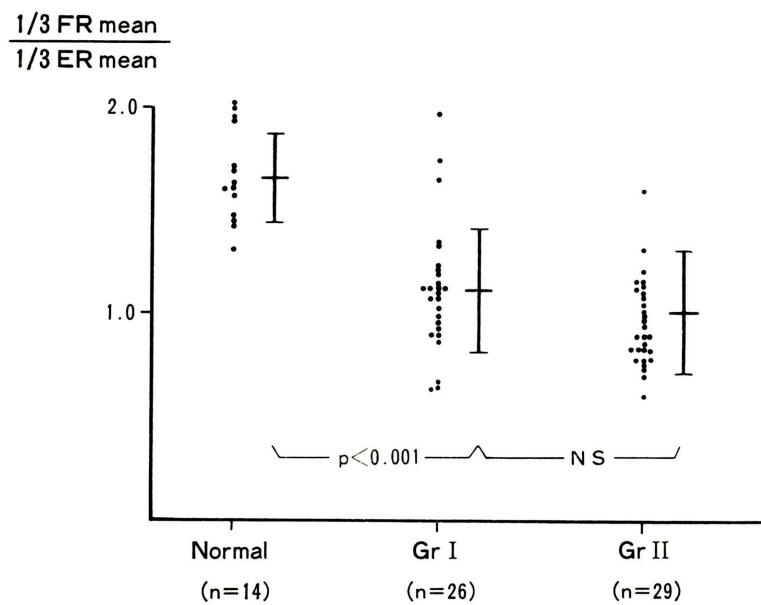


Fig. 7 The ratio of 1/3 FR-mean to 1/3 ER-mean. The ratios in Group I and Group II were significantly lower than that of Normal. But the ratio was not different between Group I and Group II.

率より diastolic phase index を求め、その有用性を検討した。Diastolic phase index としては、拡張期全体を通じての最大充満速度 (FR-max) の他に、拡張早期における指標を選んだ。拡張早期として拡張期前半 1/3 を選んだのは、FR-max が、健常群、CAD において多少時間のずれはあるものの、拡張期前半 1/3 に大体一致しており (FR-max のタイミングは、健常群では拡張期前半の 30±6% 時点に、Group I では 37±8% 時点に、Group II では 35±7% 時点に相当) (Table 1), かつ Fig. 2 に示されたように、健常例では左室容積の増加は、拡張期の開始とともに急速であるのに反し、CAD では ES 後拡張早期における容積の増加は緩徐で、拡張早期 1/3 位の時点より急速となる事、更に、心ピールイメージの採取に先立って、一定の R-R 間隔をあらかじめ設定し、検査中に採取される R-R 間隔が比較的一定に保たれるようしているが、それでも心拍加算のため生じる ejection time の生理的なずれによる容積曲線のひずみが、拡張早期 1/3 という比較的長い time interval (170±42 msec) では余り問題にな

らないと考えられたことによる。

この拡張早期 1/3 での diastolic phase index として、Reduto ら<sup>10</sup> が考案した拡張早期 1/3 での左室充満率 (1/3FF), 拡張早期 1/3 での最大充満速度以外に、今回われわれは、拡張早期 1/3 における平均充満速度 (1/3 FR-mean) を新たに考案、検討した。

こうした、左室拡張期容積変化より求めた拡張期指標の CAD 診断における有用性をみるため、CAD を EF 正常でかつ左室壁運動のない Group I, すなわち、従来からの心ピールイメージングの解釈では正常と判定される群と、EF の低下、もしくは左室壁運動異常のある Group II にわけ、この 3 群を対比しつつ検討したところ、いずれの diastolic phase index も、健常群、Group I、Group II の 3 群を有意に区別した (Fig. 5)。敏感な systolic phase index といわれる mean first third ejection rate<sup>14,15</sup> (1/3 ER-mean) も、この 3 群を有意に区別したが、健常群、Group I の間には overlap が多く、健常群での mean-2SD を正常下限とした時の、CAD 診断に対する sensitivity は、

どの diastolic phase index も、1/3 ER-mean, EF, 壁運動異常の出現といった収縮機能異常より優れており、これら diastolic phase index の有用性を示唆するとともに、CADにおいては、拡張機能の障害が収縮機能障害に先立っていることを示唆した。このことは、1/3 FR-mean と 1/3 ER-mean の比 (Fig. 7) でさらに明瞭となった。すなわち CAD 群では、Group I, Group II とも、この比が健常群に比し有意に低下しているが、Group I と Group II の間には、ほとんど差をみない。このことは、心機能障害の程度が軽度な Group I では収縮機能が余り低下せずに拡張機能の低下がみられ、さらに心機能障害の強くなった Group II では、拡張機能の低下に加え、収縮機能の大幅な低下が出現してくるためと考えられた。これは、Papapietro ら<sup>7)</sup>が、左心カテーテルでえた peak negative dP/dt と peak positive dP/dt の比から、CAD で拡張機能障害が収縮機能障害に先立っておこると結論したのと内じ結果である。

Diastolic phase index の間では、1/3 ER-mean, 1/3 FF, 1/3 FR-max, FR-max の順で CAD 診断に対する sensitivity, overall accuracy がすぐれていた (Fig. 6)。これらの index の CAD 診断に対する sensitivity には、統計学的な有意差はないものの、FR-max で CAD の存在が示唆された症例は全例 1/3 FR-max で、1/3 FR-max で CAD の存在が示された例は全例 1/FF で、また 1/3FF で CAD の存在が示された症例は全例 1/3 FR-mean で CAD の存在が示されたこと、また 1/3FF, 1/3 FR-mean では、健常例で異常低値 (<mean-2SD) を示す症例が存在しなかったことも考え併せると、これら diastolic phase index の内では、われわれの考案した 1/3 FR-mean と Reduto ら<sup>10)</sup>の提唱した 1/3FF が特に優れていると考えられた。

いずれにしても心プールイメージングでの拡張早期の容積変化より求められた diastolic phase index、特に 1/3 FR-mean は、CAD において cardiac performance をよく反映し、こうした拡張期指標の異常は CAD において、安静時に収縮機能異常より早期に出現し、左室 performance の

障害を早期から知るのに有効と考えられた。しかし、こうした左室拡張機能障害は、CAD に関連した虚血や心筋の瘢痕化のみでなく、心肥大、心筋変性、心拡大等の因子、殊に、心肥大の影響をうける<sup>3,9)</sup>。今回は心肥大のある例、心不全例は除外したが、実際はこうした因子による拡張機能の低下が、CAD に由来する拡張機能の低下と複雑に関連してくると思えるが、これは、今後の課題としたい。

## V. 結 論

1) 安静時、<sup>99m</sup>Tc による multigate 心プールイメージングからえた左室容積曲線をもとに、種々の拡張期指標 (1/3FF, 1/3FR-mean, 1/3FR-max, FR-max) を求め、これら指標の冠動脈疾患における有用性を、健常14例、冠動脈疾患55例を対象に検討した。

2) いずれの拡張期指標も EF と高度の相関を示した。冠動脈疾患は、EF 正常で左室壁運動正常の Group I (n=26) と、EF の低下または左室壁運動異常を呈する Group II (n=29) の 2 群に区分した。いずれの拡張期指標も、健常群、Group I, Group II の 3 群を区別した。

3) 健常群での各拡張期指標の平均値より 2 標準偏差を減じた値を正常下限とみなすこと、各拡張期指標の冠動脈疾患診断の sensitivity は 1/3 FR-mean で 91%, 1/3FF で 89%, 1/3FR-max で 85%, FR-max で 78% であった。これに反し収縮期指標である EF や壁運動異常、1/3ER-mean の診断率は有意に低かった。

4) 1/3FR-mean と 1/3ER-mean の比は、冠動脈疾患では健常群より有意に低かったが、冠動脈疾患の Group I, Group II の間には差をみなかつた。

5) 以上より、拡張期指標、特に 1/3FR-mean の異常は、冠動脈疾患において収縮機能の異常より早期に出現し、左室機能障害を早期から知るのに有効と考えられた。

## 文 献

- 1) Fanburg BR, Fikel RM, Martonosi A: The role of calcium in mechanism of relaxation of cardiac muscle. *J Biol Chem* **239**: 2298-2306, 1964
- 2) Langer GA: Ion fluxes in cardiac excitation and contraction and their relaxation to myocardial contractility. *Physiol Rev.* **48**: 708-757, 1968
- 3) Covell JW, Ross J Jr: Nature and significance of alterations in myocardial compliance. *Am J Cardiol* **32**: 449-455, 1973
- 4) Bristow JD, Van Zee BE, Judkins MP: Systolic and diastolic abnormalities of the ventricle in coronary artery disease. *Circulation* **42**: 219-228, 1970
- 5) Waters DD, Da Luz PD, Wyatt HL, et al: Early change in regional and global left ventricular function induced by graded reduction in regional coronary perfusion. *Am J Cardiol* **39**: 537-543, 1977
- 6) Mann T, Goldberg S, Mudge GH Jr, et al: Factors contributing to altered left ventricular properties during angina pectoris. *Circulation* **59**: 14-20, 1979
- 7) Papapietro SE, Coghlan HC, Zissermann D, et al: Impaired maximal rate of left ventricular relaxation in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction. *Circulation* **59**: 984-991, 1979
- 8) Gaasch WH, Levine HJ, Quinones MA, et al: Left ventricular compliance: mechanism and clinical implications. *Am J Cardiol* **38**: 645-653, 1976
- 9) Lewis BS, Gotsman MS: Current concepts of left ventricular relaxation and compliance. *Am Heart J*, **99**: 101-112, 1980
- 10) Reduto LA, Wickemeyer WJ, Young JB, et al: Left ventricular diastolic performance at rest during exercise in patients with coronary artery disease. *Circulation* **63**: 1228-1237, 1981
- 11) Bonow RO, Bacharach SL, Green MV, et al: Impaired left ventricular diastolic filling in patients with coronary artery disease: assessment with radionuclide angiography. *Circulation* **64**: 315-323, 1981
- 12) 成田充啓, 栗原 正, 村野謙一, 他: 心プールイメージングによる虚血性心疾患における各種 systolic phase index の評価. 核医学 **19**: 409-417, 1982
- 13) 成田充啓, 栗原 正, 村野謙一, 他: 虚血性心疾患における mid-systole での左室不均等収縮の意義. (呼吸と循環, 掲載予定)
- 14) Johnson LL, Ellis K, Schmidt D, et al: Volume ejected in early systole. A sensitive index of left ventricular performance in coronary artery disease. *Circulation* **52**: 378-389, 1975
- 15) Slutsky R, Karliner J, Battler A, et al: Comparison of early systolic and holosystolic ejection index by contrast ventriculography in patients with coronary artery disease. *Circulation* **61**: 1083-1090, 1980
- 16) De Maria AN, Miller RR, Amsterdam EA, et al: Mitral valve early diastolic closing velocity in the echocardiogram: relation to sequential diastolic flow and ventricular compliance. *Am J Cardiol* **37**: 693-700, 1976
- 17) Hammermeister KE, Warbasse JR: The rate of change of left ventricular volume in man. II Diastolic events in healthy and disease. *Circulation* **49**: 739-747, 1974
- 18) Borer JS, Bacharach SL, Green MV, et al: Real-time radionuclide cineangiography in the noninvasive evaluation of global and regional left ventricular function at rest and during exercise in patients with coronary artery disease. *N Eng J Med* **296**: 839-844, 1977

## Summary

### Usefulness of Diastolic Phase Indexes by Gated Cardiac Blood Pool Imaging in Patients with Coronary Artery Disease

Michihiro NARITA\*, Tadashi KURIHARA\*, Kenichi MURANO\*,  
Masahisa USAMI\*, Minoru HONDA\*\* and Keisuke KANAO\*\*

\*Department of Internal Medicine, Sumitomo Hospital

\*\*Division of Nuclear Medicine, Sumitomo Hospital

In patients with coronary artery disease (CAD), various left ventricular diastolic phase indexes were obtained from multi-gated blood pool imaging with  $^{99m}\text{Tc}$ .

As early diastolic phase indexes, during the first third of diastole, filling fraction (1/3 FF), mean filling rate (1/3 FR-mean) and maximal filling rate (1/3 FR-max) were calculated. In addition, maximal filling rate during whole diastole (FR-max) was calculated.

These diastolic phase indexes correlated with left ventricular ejection fraction (LVEF) ( $r \geq 0.73$ ,  $p > 0.001$ ). A good reproducibility was obtained in each of diastolic phase index ( $r \geq 0.96$ ). Subjects were divided into 3 groups: Normal ( $n=14$ ), Group I ( $n=26$ ); CAD with normal LVEF ( $\geq 55\%$ ) and normal wall motion and Group II ( $n=29$ ); CAD with reduced LVEF and/or abnormal wall motion. With these diastolic phase in-

dexes, 3 groups could be differentiated ( $p < 0.001$ ). If we take the mean value minus 2SD of Normal group as the lower limits of normal, diastolic phase indexes were more sensitive to separate CAD from normal subjects (1/3 FR-mean  $> 1/3$  FF  $> 1/3$  FR-max  $>$  FR-max in order of sensitivity) than systolic functions such as LVEF, wall motion abnormality and mean first third ejection rate (1/3 ER-mean). Abnormality in 1/3 FR-mean ( $< 1.70 \text{ sec}^{-1}$ ) was found in 91% of patients with CAD (81% of Group I, 100% of Group II). The comparison of 1/3 FR-mean with 1/3 ER-mean revealed that early diastolic phase index was sensitive indicator of the left ventricular dysfunction due to myocardial ischemia.

**Key words:** gated blood pool imaging, diastolic phase index, mean first third filling rate, coronary artery disease.