

《原 著》

心 RI first pass 法による陳旧性心筋梗塞症の
左室拡張機能障害の評価

——フーリエ近似曲線を用いた検討——

小糸 仁史* 岩坂 壽二* 吉岡 廣* 木村 穰*

要旨 陳旧性心筋梗塞症の左室拡張機能を評価する目的で対照群 58 例, OMI-1 群 ($EF \geq 55\%$) 64 例, OMI-2 群 ($EF < 55\%$) 77 例に multicrystal camera を用いて心 RI first pass 法を施行した. 左室容積曲線にフーリエ解析を行いフーリエ 1 次および 2 次近似曲線を用いた resurge curve から DE および DL を, フーリエ 4 次近似曲線より拡張期前 1/3 充満分画および拡張期後 1/3 充満分画を算出し左室拡張機能の指標とした. LVEDV および左室収縮機能の指標である LVEF, CO, SV は OMI-1 群と対照群に差はなかった. しかし, 左室拡張機能の指標は対照群, OMI-1 群, OMI-2 群の順で有意に DE は大きく, DL は小さく, 拡張期前 1/3 充満分画は大きくなった. これより, 左室収縮機能に障害を示さない陳旧性心筋梗塞症でも拡張早期の左室充満が障害されていることを示し, 拡張機能の指標は陳旧性心筋梗塞症の心機能障害の評価に有用と考えられた.

I. 緒 言

陳旧性心筋梗塞症患者においては左室壁の限局性の虚血および線維化, さらに健常部心筋の代償性肥厚により左室全体の動態特性が変化すると考えられる¹⁻³⁾. したがって, これらの患者の心機能を評価することは治療および予後の判定の上で重要である. 特に, 近年, 虚血性心疾患においては左室収縮機能の障害に先立って左室拡張機能が障害されるとの報告がなされており^{2,4-8)}, 陳旧性心筋梗塞症患者においても左室拡張機能の評価は大変重要と考えられる.

また, 心臓核医学の発展に伴い心電図同期心プールシンチ⁹⁾や心 RI アンギオグラフィー¹⁰⁾から左室容積曲線が非侵襲的に得られるようになり, 多くの左室拡張機能の指標が報告されてい

る¹¹⁻²⁰⁾. しかし, 心臓核医学的方法により得られる左室容積曲線には多くの雑音 (noise) が含まれており, この noise を除去し左室容積曲線の基本成分を取り出すためにフーリエ解析が応用されている²¹⁻²⁵⁾.

心電図同期心プールシンチでは左前斜位 (left anterior oblique, LAO) 方向で左室容積曲線が得られるのみであり, また, バックグラウンドの取り方や不整脈, 呼吸による変動等より良好な左室容積曲線が得られない欠点がある. 一方, 心 RI first pass 法では心電図同期心プールシンチに比し得られるカウント数が少なく, 通常のアンガー型カメラでは左室容積曲線の評価は困難である. しかし, 高計数率の multicrystal scintillation camera を用いればこの問題も解決され, 左室容積曲線の評価が可能となる^{18,26)}.

本研究においては, 陳旧性心筋梗塞症患者の左室拡張機能を評価する目的で, multicrystal scintillation camera を用いた心 RI first pass 法を施行し左室容積曲線を得た. そして, この曲線のフーリエ解析を行い左室拡張機能の指標を算出した.

* 関西医科大学第二内科

受付: 60年2月4日

最終稿受付: 60年4月10日

別刷請求先: 守口市文園町1番地 (☎570)

関西医科大学第二内科

小糸 仁 史

さらに, area-length 法から求めた左室拡張末期容積 (LVEDV) より 1 回心拍出量 (SV), 分時心拍出量 (CO) を算出し, これら諸指標を陳旧性心筋梗塞症と心筋梗塞症の既往のない症例において比較検討した.

II. 研究対象

急性心筋梗塞症の診断のもとに関西医科大学第二内科 CCU に収容され, 心電図および血清逸脱酵素の上昇より確定診断された症例で, 発症後 4 週以上経過した患者 (陳旧性心筋梗塞症群: OMI 群) 141 例を対象とした. OMI 群は心 RI first pass 法より求めた左室駆出分画 (LVEF) により, LVEF \geq 55% の OMI-1 群 64 例, LVEF $<$ 55% の OMI-2 群 77 例の 2 群に分類した. 対照として, 心電図, 胸部 X 線単純写真, 理学的所見等により異常を認めなかった神経循環無力症患者 11 例, および臨床的に心筋梗塞症の既往がなく安静時には循環器系に異常を認めない狭心症患者 47 例を選び, 計 58 例を対照群とした.

以上の対照群, OMI-1 群および OMI-2 群の症例数, 年齢分布, 男女比および心拍数 (HR) を Table 1 に示す. 年齢分布は 26 歳から 89 歳までにわたるが, 各群間に差は認めなかった. 男女比は各群ともに男子が多かった. また, 本研究において求める循環動態諸指標は HR によって影響されるので^{15,16)}, 以上の症例では HR 50 未満および 90 以上のものは除外した. Table 1 に示すように, 対照群と OMI-1 群の間には有意差はなかったが, OMI-2 群では他の 2 群に比して有意に増加していた. しかし, いずれも正常範囲内であり, 心拍数による影響は無視できると考えられた.

III. 検査方法

1) RI アンギオカルディオグラフィー

RI アンギオ用装置は computerized multicrystal scintillation camera, オートフルオロスコープ (Baird Atomic 社製, System 77) を用いて行った. 患者を安静仰臥位とし, 肘静脈もしくは外頸静脈より $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 20 mCi を bolus 注入し生理的食

Table 1 Age and sex distributions and heart rate in each group

Group	No. of cases	Age	Sex (M:F)	Heart rate
Control	NCA 11 AP 47	26-81 (57 \pm 13)	43:15	64 \pm 9
OMI-1 (EF \geq 55%)	64	34-82 (59 \pm 11)	41:23	66 \pm 13
OMI-2 (EF $<$ 55%)	77	26-89 (62 \pm 12)	41:23	73 \pm 13

OMI: old myocardial infarction
NCA: neurocirculatory asthenia
AP: angina pectoris
EF: ejection fraction
M: male, F: female

塩水 20 ml/ でフラッシュした. 心 RI first pass 法により心 RI 像を前後位ないし右前斜位 (Right anterior oblique, RAO) 19 度の角度で, 1 秒間 20 フレーム (50 msec/frame) にて 20 秒収録した.

2) 左室 time-activity curve の作製

得られた画像において, 上大静脈, 右心室, 肺, 左心室のおおのに関心領域 (Region of interest, ROI) を設定し, おおのの部位における time-activity curve を作製した. 上大静脈領域の ROI は RI トレーサーの bolus 性をチェックするのに用いた. 右心室領域の ROI からは RI トレーサーの右心室通過時間および通過状態を, また, 肺領域の ROI からは肺通過時間および通過状態をチェックした. RI トレーサーが左心室に入る直前の左心室領域の ROI におけるカウント数をバックグラウンドとし, これを RI トレーサーが左室領域を通過する時の同領域の ROI のカウント数より subtraction して, それを左心室の time-activity curve とした (Fig. 1). そして, 3~6 心拍の左心室の time-activity curve における対応する各フレームのカウント数の平均値から代表的左室の time-activity curve を作製した (Fig. 2). 本法におけるバックグラウンドは最大カウントの約 20% で, 左室期にその周辺で求める方法と差はなかった.

3) 左室駆出分画および左室局所駆出分画画像

左室の representative time-activity curve より左室拡張末期カウント (LVEDC) および左室収縮末

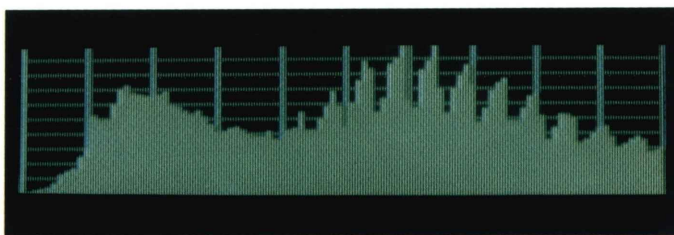


Fig. 1 Left ventricular time-activity curve.

The axis of ordinates shows the percentage of count in each frame against that in the maximum count frame. The axis of abscissas shows time.

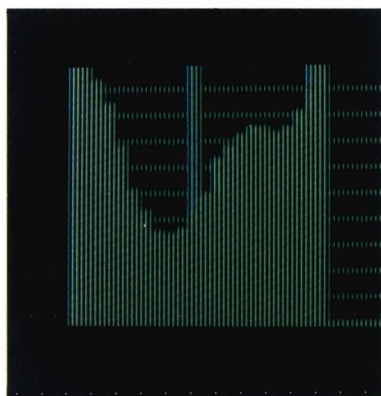


Fig. 2 Representative left ventricular time-activity curve.

The axis of ordinates shows the percentage of count in each frame against that in the maximum count frame. The axis of abscissas shows time. The time interval of each frame is 50 msec.

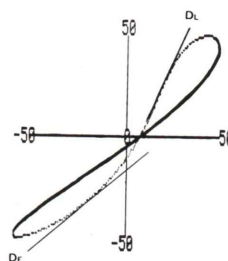


Fig. 3 Resurge curve with the value of Fourier first harmonic longitudinally and 2 harmonics approximation horizontally.

The systolic phase (a solid line) begins in right upper side and goes to left lower side, and the diastolic phase (a broken line) begins in left lower side and goes to right upper side.

D_E : tangential slope at mid-point of an early half diastolic phase.

D_L : tangential slope at mid-point of a late half diastolic phase.

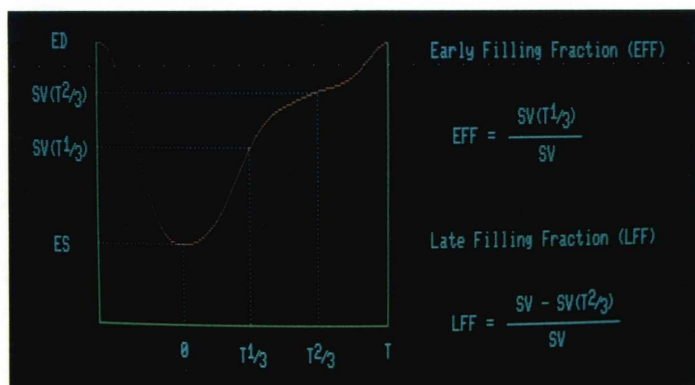


Fig. 4 Early 1/3 filling fraction (EFF) and late 1/3 filling fraction (LFF).

T means diastolic time, and $T_{1/3}$ and $T_{2/3}$ show the diastolic early and late 1/3, points, respectively. Filling volume at $T_{1/3}$ and $T_{2/3}$ are shown as $SV(T_{1/3})$ and $SV(T_{2/3})$.

SV: stroke volume (=filling volume), ED: end-diastole, ES: end-systole.

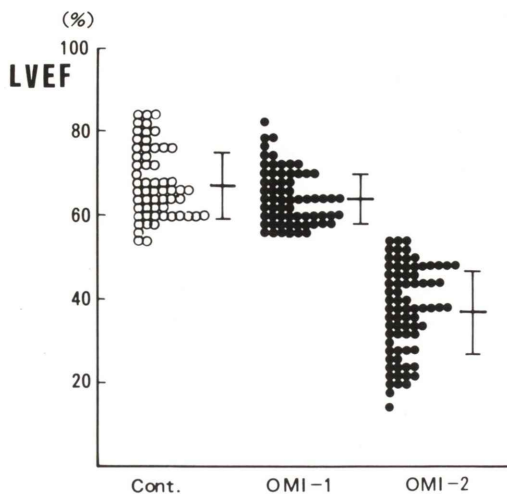


Fig. 5 Left ventricular ejection fraction (LVEF) in each group.

Cont.: control subjects

OMI-1: old myocardial infarction

(LVEF $\geq 55\%$)

OMI-2: old myocardial infarction

(LVEF $< 55\%$)

Vertical bars indicate standard deviation.

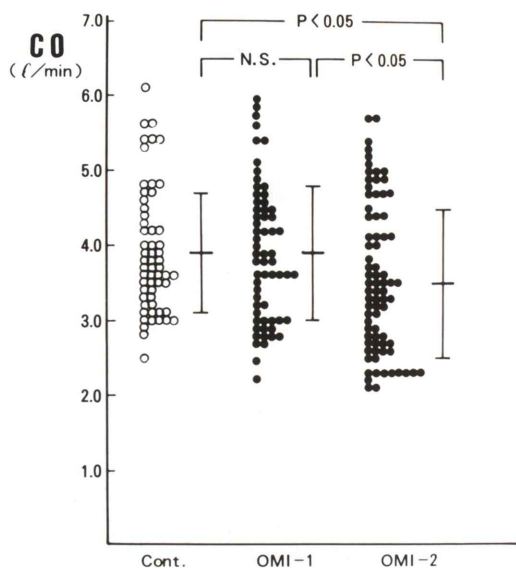


Fig. 6 Cardiac output (CO) in each group.

Cont.: control subjects

OMI-1: old myocardial infarction

(LVEF $\geq 55\%$)

OMI-2: old myocardial infarction

(LVEF $< 55\%$)

N.S.: not significant

Vertical bars indicate standard deviation.

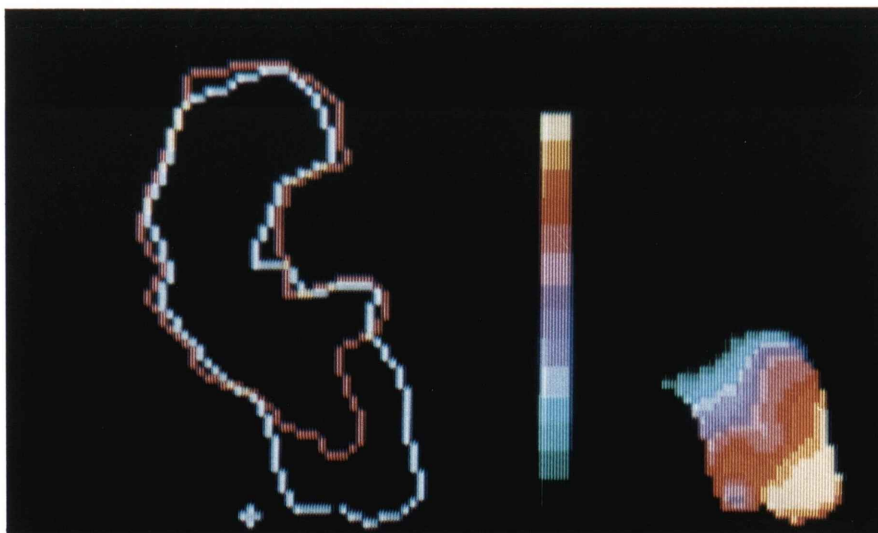


Fig. 7 Left ventricular perimeter and regional ejection fraction images in control group.

A 36-year old male with NCA. LVEF in this patient is 65%, and his left ventricular perimeter image (left side) and regional ejection fraction image (right side) obtained from anterior view show normal left ventricular wall motion.

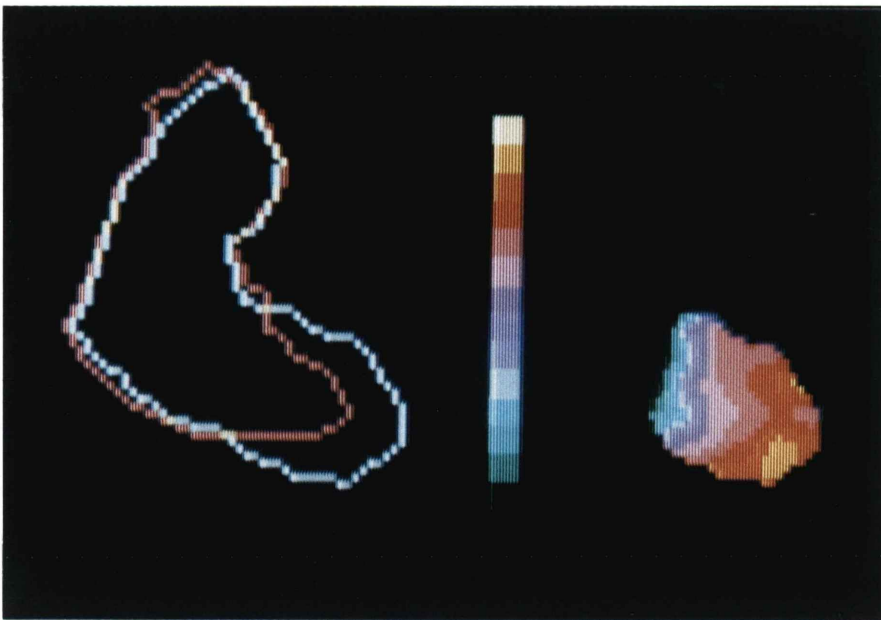


Fig. 8a Left ventricular perimeter and regional ejection fraction images in OMI-1 group. A 69-year old male with prior inferior myocardial infarction. These images were obtained from RAO 19 degree projection. His perimeter image and regional ejection fraction image show normal left ventricular wall motion. His LVEF is 70%.

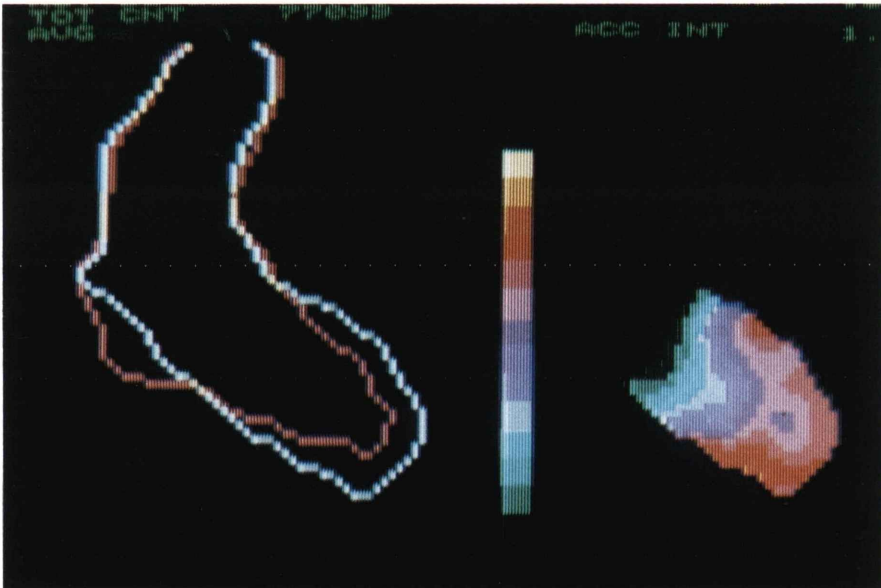


Fig. 8b Left ventricular perimeter and regional ejection fraction images in OMI-1 group. A 73-year old male with prior antero-lateral myocardial infarction. These images were obtained from RAO 19 degree projection. His left ventricular perimeter image and regional ejection fraction image show localized hypokinetic wall motion in the anterior area. His LVEF is 60%.

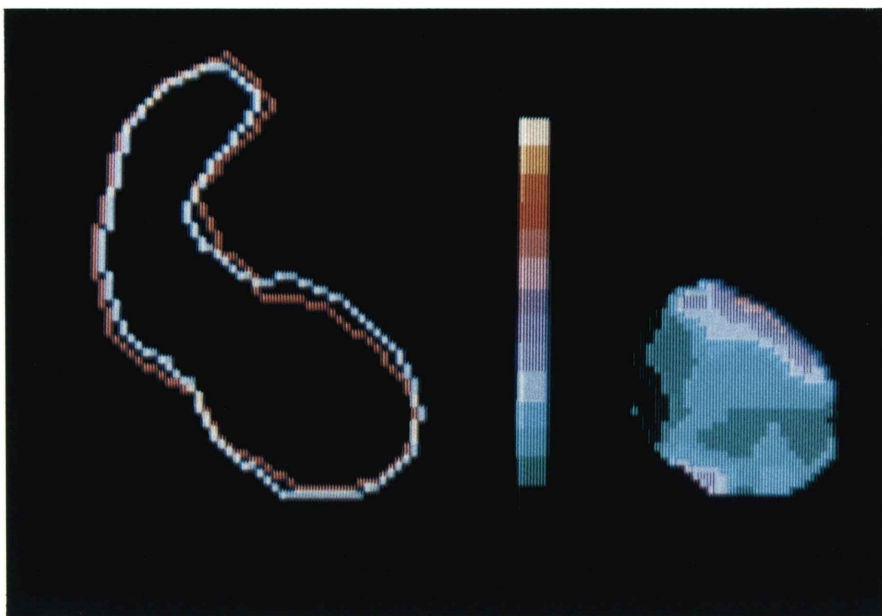


Fig. 9 Left ventricular perimeter and regional ejection fraction images in OMI-2 group. A 57-year old male with prior extensive anterior myocardial infarction. These images were obtained from RAO19 degree projection. Perimeter image shows akinetic wall motion in the apex and regional ejection fraction is very low in the anterior area. His LVEF is 22%.

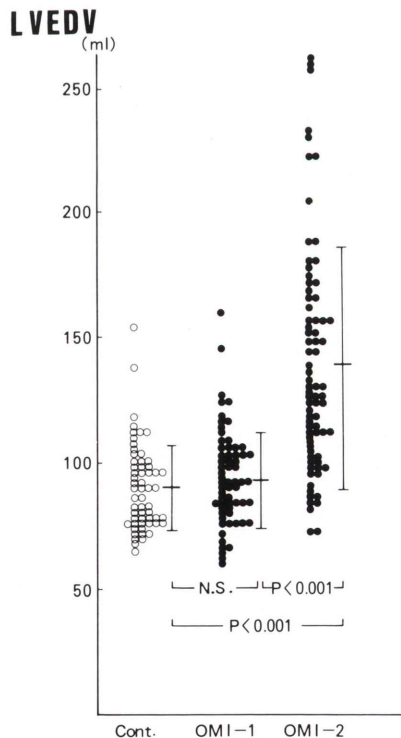


Fig. 10 Left ventricular end-diastolic volume (LVEDV) in each group.
 Cont.: control subjects
 OMI-1: old myocardial infarction (LVEF $\geq 55\%$)
 OMI-2: old myocardial infarction (LVEF $< 55\%$)
 N.S.: not significant
 Vertical bars show standard deviation.

期カウント (LVESC) を取り出し、次式のごとく LVEF を算出した。

$$\text{LVEF} = \frac{(\text{LVEDC} - \text{LVESC})}{\text{LVEDC}}$$

また、左心室領域の各画素ごとの time-activity curve から同様に左室局所駆出分画 (LV regional EF) を算出し、局所駆出分画値の 0% を黒色、100% を黄色としてこの間を 16 等分し、寒色系から暖色系になるようにカラー表示を行い左室局所駆出分画図像 (LV regional EF image) を作製した。同時に拡張末期および収縮末期における左室の辺縁像から perimeter image を作製した。

4) 循環動態諸指標の算出法

LVEDV を算出するため、左室拡張末期像を得る cut off レベルは左室輪郭を明瞭に描出しうる最小カウントとして左室の最高カウントの 23% を用い²⁷⁾、左室拡張末期像をハードコピー上に描出した。その後、プランメータを用いて面積計算を行い、Sandler-Dodge らの方法²⁸⁾にしたがって area-length 法で次式より LVEDV を得た。

$$V = \frac{8}{3\pi} \cdot \frac{A^2}{L}$$

V: 容積, A: 面積, L: 長軸

LVESV, SV, CO は、LVEDV, EF, HR を用いておのおの次式により算出した。

$$\text{LVESV} = (1 - \text{EF}) \cdot \text{LVEDV}$$

$$\text{SV} = \text{EF} \cdot \text{LVEDV}$$

$$\text{CO} = \text{SV} \cdot \text{HR}$$

5) 左室 time-activity curve のフーリエ解析

左室の time-activity curve を次式によりフーリエ解析した²⁴⁾。

$$f_k(t) = C_0 + \sum_{t=1}^n [C_k \cos(2\pi kt/N) + S_k \sin(2\pi kt/N)]$$

N: 全フレーム数

k: フーリエ級数の次数

6) 左室拡張機能諸指標

左室拡張機能の指標としては、フーリエ 1 次の値を縦軸に、フーリエ 2 次近似値を横軸にとった resurge curve (Fig. 3) を作製し、その拡張期前半

部の中点における接線の傾き D_E および拡張期後半部の中点における接線の傾き D_L を測定した¹⁸⁾。また、もう一つの左室拡張機能の指標としてフーリエ 4 次近似曲線を用い、その拡張期を 3 等分し拡張期全充満量に対する拡張期前 1/3 における充満分画 (early 1/3 filling fraction, EFF) および拡張期後 1/3 における充満分画 (late 1/3 filling fraction, LFF) を算出した (Fig. 4)。

7) 統計学的処理法

対象各群の各種指標を平均値 ± 標準偏差 (SD) で示した。また、群間の平均値の比較は student t 検定を用い、危険率 $p < 0.05$ をもって有意と判定した。

IV. 結 果

1) 左室収縮機能諸指標

i. LVEF

LVEF の平均値は対照群、OMI-1 群および OMI-2 群でそれぞれ $67 \pm 9\%$ 、 $65 \pm 7\%$ および $37 \pm 10\%$ であった。OMI 群は LVEF 55% を境として OMI-1 群と OMI-2 群に分類したので、当然のことながら OMI-2 群は対照群との間に有意差を認めた (Fig. 5, $p < 0.001$)。しかしながら、OMI-1 群と対照群との間には有意差を認めなかった (Fig. 5)。

ii. SV

SV の各群の平均値は対照群 $60 \pm 13 \text{ ml}$ 、OMI-1 群 $60 \pm 12 \text{ ml}$ 、OMI-2 群 $48 \pm 13 \text{ ml}$ であり、対照群と OMI-1 群に差はなく、OMI-2 群では対照群、OMI-1 群に比較して有意に低下した ($p < 0.001$)。

iii. CO

各群の CO の平均値は対照群 $3.9 \pm 0.8 \text{ l/min}$ 、OMI-1 群 $3.9 \pm 0.9 \text{ l/min}$ 、OMI-2 群 $3.5 \pm 1.0 \text{ l/min}$ であった。すなわち、対照群と OMI-1 群の間には有意差を認めなかったが、OMI-2 群と対照群および OMI-1 群の間にはそれぞれ有意な差を認めた (Fig. 6, $p < 0.05$)。

2) LV perimeter image および LV regional EF image

各群の LV perimeter image と LV regional EF

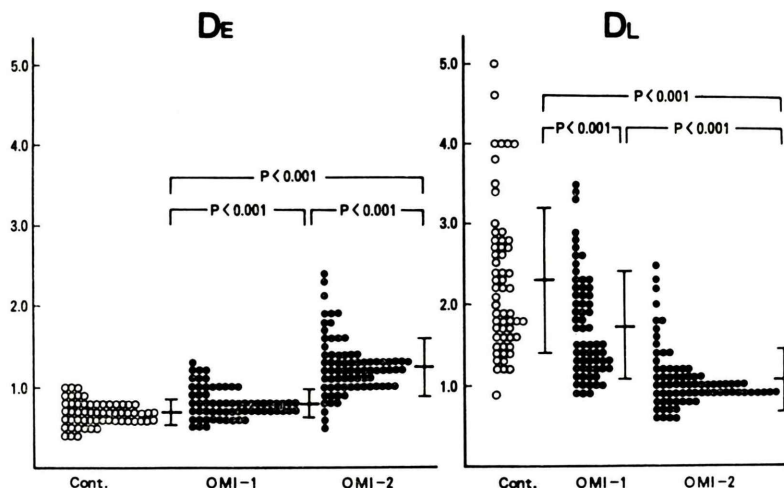


Fig. 11 DE and DL in each group.

DE: tangential slope at mid-point of an early half diastolic phase.

DL: tangential slope at mid-point of a late half diastolic phase.

Cont.: control subjects

OMI-1: old myocardial infarction (LVEF $\geq 55\%$)

OMI-2: old myocardial infarction (LVEF $< 55\%$)

Vertical bars indicate standard deviation.

image を Figs. 7, 8a, b, 9 に示す。Fig. 7 に示すように対照群では左室全体が赤から黄の暖色系で占められ, regional EF が良好であり左室の壁運動も良好であることを示している。OMI-1 群でも regional EF image 上では対照群とほとんど区別がつかず, 心 RI アンギオ上は異常なしと判定される例が多かったが (Fig. 8a), regional EF の軽度の低下を認め (Fig. 8b), 残りは暖色系で占められ, 健常部の代償性壁運動亢進が見られる症例もあった。OMI-2 群では青系統の寒色系が優位でその範囲も広く, 壁運動が低下していることが示された (Fig. 9)。

3) LVEDV および LVESV

LVEDV の平均値は対照群 90 ± 17 ml, OMI-1 群 93 ± 19 ml, OMI-2 群 139 ± 47 ml と, 対照群と OMI-1 群との間に有意差を認めなかった。しかし, OMI-2 群と対照群および OMI-1 群の間にはそれぞれ有意差を認めた (Fig. 10, $p < 0.001$)。

LVESV は対照群 29 ± 10 ml, OMI-1 群 33 ± 10 ml, OMI-2 群 90 ± 43 ml と, 対照群と OMI-1 群

の間には有意差は認めず, OMI-2 群と対照群および OMI-1 群との間には, 有意差が認められた ($p < 0.001$)。

4) 左室拡張機能諸指標

i. resurge curve による D_E , D_L , D_E/D_L

resurge curve の拡張期前半部の中点における接線の傾きである D_E は, 対照群 0.69 ± 0.14 , OMI-1 群 0.80 ± 0.18 および OMI-2 群 1.25 ± 0.35 であり, 対照群, OMI-1 群, OMI-2 群の順に増加を示し, OMI-1 群は対照群および OMI-2 群との間に有意差を認めた (Fig. 11, $p < 0.001$)。また, OMI-2 群は対照群との間に有意な差を示した ($p < 0.001$)。

Resurge curve の拡張期後半部の中点における接線の傾きである D_L は, 対照群 2.31 ± 0.92 , OMI-1 群 1.74 ± 0.67 および OMI-2 群 1.07 ± 0.38 と, 対照群, OMI-1 群, OMI-2 群の順に減少し, やはり各群間に有意な差を認めた (Fig. 11, $p < 0.001$)。

また, 両者の比である D_E/D_L は対照群 $0.36 \pm$

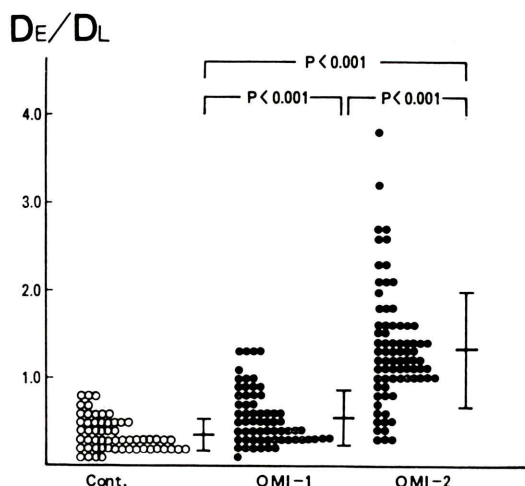


Fig. 12 DE/DL in each group

Cont. : control group

OMI-1: old myocardial infarction (LVEF \geq 55%)

OMI-2: old myocardial infarction (LVEF<55%)

Vertical bars indicate standard deviation.

0.19, OMI-1 群 0.55 ± 0.31 および OMI-2 群 1.34 ± 0.66 と、各群間に有意差がみられた (Fig. 12, $p < 0.001$).

ii. EFF および LFF

フーリエ 4 次近似曲線から求めた EFF は対照群 $43 \pm 13\%$, OMI-1 群 $37 \pm 14\%$ および OMI-2 群 $26 \pm 11\%$ であり、OMI-1 群と対照群の間に有意差を認めた ($p < 0.05$).

LFF においては、対照群 $24 \pm 7\%$, OMI-1 群 $26 \pm 9\%$, OMI-2 群 $38 \pm 12\%$ と OMI-1 群は対照群との間に差はなかったが増大傾向を認め、OMI-2 群と対照群および OMI-1 群との間には有意差を認めた ($p < 0.001$).

V. 考 案

心 RI first pass 法では、心電図同期心プールシンチに比し心内腔を空間的、時間的に分離でき、RAO 方向からの撮影も可能である。また、バックグラウンドの影響が少ないため左室の ROI を設定しやすく、加算する心拍数も 3~6 心拍と少ないので検査時間も短時間であり、呼吸や洞性不整脈等による変動がほとんど認められない利点がある。

しかし、得られるカウント数が少ないためデータを粗くする欠点がある^{18,26)}。本研究では、高計数率で時間分解能にすぐれた multicrystal scintillation camera を使い、 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 20 mCi を投与し、1 フレーム 50 msec で撮影したので拡張末期のカウント数は 3,000~5,000 カウント/フレームと比較的高いカウント数が得られ、良好な左室の time-activity curve が作製された。しかしながら、曲線のカウント数により生じる統計的変動が noise として認められるため、フーリエ高次項を用いた近似曲線を使用する必要があった。

フーリエ高次項近似を行う場合、フーリエ級数の次数を上げれば曲線近似の精度は高まるが、同時に noise をひろう危険性も高まってくる²⁹⁾。玉木ら³⁰⁾は種々の統計雑音と時間的変動を加えたシミュレーション曲線から、フーリエ 2 次項もしくは 3 次項の近似が最も適当であるとしている。Miller ら²⁵⁾はフーリエ 4 次項近似で Poisson 分布する noise を除去できたと報告しており、Fischer ら²⁶⁾は実データとフーリエ各次数項までの近似値との相関係数 (r) を検討し、4 次項近似で r が 0.99 以上の高い相関を得ている。われわれも¹⁸⁾ 22 症例について心 RI first pass 法で得られた左室容積曲線に Poisson 分布する誤差の範囲を設定し、4 次項までの近似で全例が誤差範囲内に収まることを認めている。また、各次数項までの近似値と実データとの相関係数は、2 次で $r = 0.99$ と高い相関を得た¹⁸⁾。この際、3 次項、4 次項近似では noise をひろうことによる曲線の歪みがみられる症例が数例あった¹⁸⁾。したがって、本研究ではフーリエ 2 次項近似を用いて resurge curve を作製した。しかしながら、EFF および LFF の算出においては、拡張期前 1/3 および拡張期後 1/3 の各点をより正確に判定することが必要であるため、実データに最も近い値の近似曲線としてフーリエ 4 次項近似曲線を使用した。

左室拡張機能は種々の因子によって影響され^{2,10)}、特に、虚血性心疾患では左室収縮機能の障害に先立って左室拡張機能が障害されると報告されている^{2,4-8)}。そこで、陳旧性心筋梗塞疾患

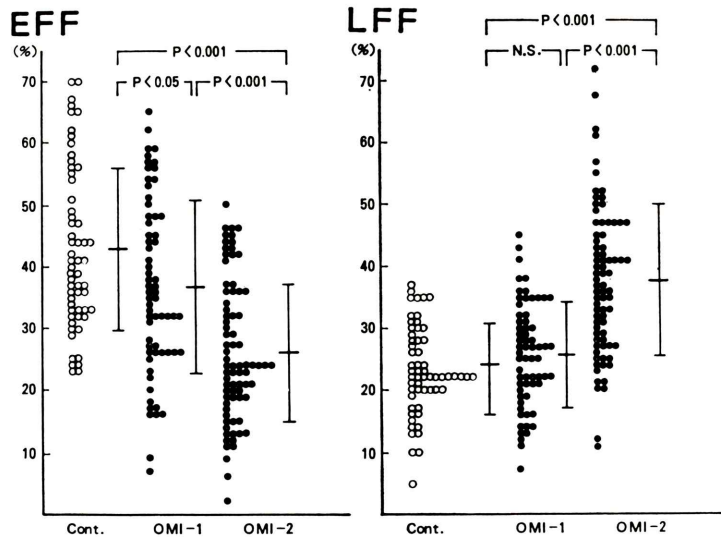


Fig. 13 Early 1/3 filling fraction (EFF) and late 1/3 filling fraction (LFF) in each group.

Cont. : control subjects

OMI-1: old myocardial infarction (LVEF $\geq 55\%$)

OMI-2: old myocardial infarction (LVEF $< 55\%$)

N.S.: not significant

Vertical bars indicate standard deviation.

者においても左室拡張機能を評価することは重要と考えられる。従来、左室拡張機能の評価は拡張期における圧容積関係や等容拡張期における圧変化によりなされてきた^{8,31,32}。また、左室容積曲線から左室拡張機能を評価する試みもなされ、Hammermeister ら³³は左室造影より求めた左室容積曲線から拡張期の指標を算出し、各種心疾患について検討を加えた。しかし、これらは観血的方法であり、日常臨床検査としての応用はきわめて制限された。

近年、心臓核医学の発展に伴い、心電図同期心プールシンチや心 RI アンギオグラフィーから左室容積曲線が非侵襲的に得られ実地臨床への応用が可能となり、多数の成績が報告されるようになった。すなわち、虚血性心疾患における左室拡張機能の指標の変化として、心電図同期心プールシンチを用いて Hirakawa ら¹¹は peak filling rate の低下を、Bonow ら¹⁴は peak filling rate の低下および time to peak filling rate の延長を、成田

ら¹⁹は拡張期前 1/3 mean filling rate の低下を報告している。心 RI first pass 法を用いた Reduto ら¹³は拡張期前 1/3 filling fraction, peak filling rate および拡張期前 1/3 peak filling rate の低下を、Polak ら¹⁶は resting peak filling rate の低下を報告している。このように、それぞれが虚血性心疾患における拡張早期の障害を指摘している。しかしながら、心機能を図形として表わしたものはなく、実地臨床では心機能を図形として視覚的に観察することも有用と考えられる。そこで、われわれは resurge curve を作製し、従来の方法に加えて視覚的に心機能を観察する方法を考案した。

前回の報告¹⁸では、resurge curve において拡張期のパターンは、LVEF が低下するにつれ S 字形、直線、逆 S 字型の特徴的な 3 パターンに分類された。そして、その resurge curve の定量化のために、拡張期前半部および後半部の midpoint における接線の傾き D_E および D_L を用い左室拡張機能の指標とした。 D_E および D_L は、フーリエ 1 次

曲線に対する2次項近似曲線の変化分であり、傾きが1以上の時は2次項近似曲線の変化分が心室容積曲線の最も基本となる1次曲線の変化分より小さいことを示しており、心室内容積変化が小さいことを意味する。また、傾きが1より小さい時は、同様に、心室内容積変化が大きいことを意味する¹⁸⁾。

さらに症例を増加し、また、LVEFによりOMI群を2群に分けて対照群と比較検討した今回の成績では、LVEFが低下した群(OMI-2群)においては、左室収縮機能、拡張機能のすべての指標で対照群との間に有意差を認めた。一方、LVEFが正常な群(OMI-1群)では、SVおよびCOの左室収縮機能の指標およびLVEDVは対照群との間に全く差を認めなかった。しかし、左室拡張機能の指標である D_E 、 D_L 、 D_E/D_L 、EFFで有意な差を認め、LFFも増加傾向を認めた。

D_E 、EFFの拡張早期指標の異常は、陳旧性心筋梗塞症における拡張早期の左室充満障害の存在を示しており、虚血ないし梗塞による線維化および健常部の肥大による左室コンプライアンスの低下によるものと考えられた。 D_L 、LFFの拡張後期指標は、拡張後期の左室充満を反映する。左室造影にて、Hammermeisterら³³⁾は、健常者において心房収縮による左室への流入血液量は一回心拍出量の21%と報告し、Rahamatoolaら³⁴⁾は健常者で22%、心筋梗塞症患者で35%と報告している。われわれが得たLFFは、対照群24%、OMI-2群38%と、左室造影で得られた上記の成績に比べて若干高い値を示したが、これはLFFが心房収縮の他にdiastasisの一部をも含むためと考えられ、このことはHR 60以下の症例で影響が大である可能性が考えられた。しかし、その差はきわめて僅少であり、われわれの方法の妥当性が示された。

LFFの左室充満量は大部分が心房収縮によるものであり、LFFは心房収縮を反映する指標と考えられる。すなわち、心房収縮の主な役割は左室充満の促進であり³⁵⁾、本研究で示されたOMI群における D_L の低下およびLFFの増大は、陳

旧性心筋梗塞症においては拡張早期の左室充満が障害され、代償的に拡張後期の心房収縮による左室充満が増加していることを示した。

以上より、陳旧性心筋梗塞症においては、いわゆる左室収縮機能の指標に異常がなく、左室の拡大も認めず、壁運動の面からも従来のRI診断上は正常範囲とされる症例でも左室拡張機能に異常を認めることが示された。また、 D_E 、 D_L 、 D_E/D_L 、EFF、LFFが潜在する陳旧性心筋梗塞症の心機能障害の評価に鋭敏な指標となることが示唆された。

VI. 結 語

1) 陳旧性心筋梗塞症、特にLVEF、LVEDV、CO、SVが正常に保たれている症例の左室拡張機能の評価する目的で、対照群58例、OMI-1群(LVEF $\geq 55\%$)64例、OMI-2群(LVEF $< 55\%$)77例に心RI first pass法を施行した。

2) 左室容積曲線にフーリエ解析を行い、1次および2次項近似曲線を用いたresurge curveより D_E および D_L を、フーリエ4次項近似曲線よりEFFおよびLFFを算出し左室拡張機能の指標とした。

3) 陳旧性心筋梗塞症群では対照群に比し D_E は大きく、EFFは小であり、 D_L は小でLFFは大きく、陳旧性心筋梗塞症の拡張早期左室充満が障害され、左室充満は拡張後期の心房収縮に負うところが大きであった。

4) この左室拡張機能障害は、LVEF、CO、SV等のいわゆる左室収縮機能を示す指標が正常に保たれており、LVEDVの拡大もなく、壁運動異常も認めない従来のRI診断上正常範囲とされる陳旧性心筋梗塞症例においても認められた。

5) 陳旧性心筋梗塞症において心RI first pass法を用いて左室拡張機能を検討することは、心機能異常の評価に有用である。

本論文の一部は、第23回日本核医学総会および第47回日本循環器学会総会において発表した。

稿を終えるにあたり、本研究をご指導いただいた関西医科大学第二内科稲田満夫教授に深甚なる謝意を表します。また、終始ご助言をいただいた現関西電力病院酒井

章内科部長および現男山病院院長塩田登志也名誉教授に感謝します。

文 献

- 1) Frist WH, Palacios I, Powell WJ: Effect of hypoxia on myocardial relaxation in isometric cat papillary muscle. *J Clin Invest* **61**: 1218-1224, 1978
- 2) Grossman W, McLaurin LP: Diastolic properties of the left ventricle. *Ann Intern Med* **84**: 316-326, 1976
- 3) Bristow JD, Van Zee BE, Judkins MP: Systolic and diastolic abnormalities of the left ventricle in coronary artery disease. *Circulation* **42**: 219-228, 1970
- 4) Waters DD, Luz PD, Wyatt HL, et al: Early change in regional and global left ventricular function induced by graded reductions in regional coronary perfusion. *Am J Cardiol* **39**: 537-543, 1977
- 5) Mann T, Goldberg S, Mudge GH, et al: Factors contributing to altered left ventricular diastolic properties during angina pectoris. *Circulation* **59**: 14-20, 1979
- 6) 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
- 7) Tebbe U, Hoffmeister N, Saur G, et al: Changes in left ventricular diastolic function in coronary artery disease with and without angina pectoris assessed from exercise ventriculography. *Clin Cardiol* **3**: 19-25, 1980
- 8) Mirsky I: Assessment of passive elastic stiffness of cardiac muscle: Mathematical concepts, physiologic and clinical considerations, Directions of future research. *Prog Cardiovasc Dis* **18**: 277-308, 1976
- 9) Strauss HW, Zaret BL, Hurley PJ, et al: A scintiphotographic method for measuring left ventricular ejection fraction in man without cardiac catheterization. *Am J Cardiol* **28**: 575-580, 1971
- 10) Dyke DV, Anger HO, Sullivan RW, et al: Cardiac evaluation from radioisotope dynamics. *J Nucl Med* **13**: 585-592, 1972
- 11) Hirakawa A, Saito M, Motohara S, et al: Decreased early diastolic dV/dt in ischemic heart disease observed by ECG-gated radiocardiography. *Jpn Circ J* **41**: 507-514, 1977
- 12) Qureshi S, Wagner HN Jr, Alderson PO, et al: Evaluation of left ventricular function in normal persons and patients with heart disease. *J Nucl Med* **19**: 135-141, 1978
- 13) Reduto LA, Wickemeyer WJ, Young JB, et al: Left ventricular diastolic performance at rest and during exercise in patients with coronary artery disease. Assessment with first-pass radionuclide angiography. *Circulation* **63**: 1228-1237, 1981
- 14) 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
- 15) 成田充啓, 栗原 正, 村野謙一, 他: 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**: 1147-1157, 1982
- 16) Polak JF, Kemper AJ, Bianco JA, et al: resting early peak diastolic filling rate: A sensitive index of myocardial dysfunction in patients with coronary artery disease. *J Nucl Med* **23**: 471-478, 1982
- 17) Mancini GB, Slutsky RA, Norris SL, et al: Radionuclide analysis of peak filling rate, filling fraction, and time to peak filling rate. Response to supine bicycle exercise in normal subjects and patients with coronary disease. *Am J Cardiol* **51**: 43-51, 1983
- 18) 小糸仁史, 岩坂壽二, 吉岡 廣, 他: R1 angiography による虚血性心疾患の拡張期心動態の評価——Fourier 解析による検討——. *呼と循* **31**: 315-319, 1983
- 19) 池園 徹, 尾崎正治, 山岸 隆, 他: 平衡時心電図同期心プール法による左室 Relaxation の評価. *核医学* **20**: 659-665, 1983
- 20) Magorien DJ, Shaffer P, Bush C, et al: Hemodynamic correlates for timing intervals, ejection rate and filling rate derived from the radionuclide angiographic volume curve. *Am J Cardiol* **53**: 567-571, 1984
- 21) Adam WE, Tarkowska A, Bitter F, et al: Equilibrium (gated) radionuclide ventriculography. *Cardiovasc Radiol* **2**: 161-173, 1979
- 22) Fischer P, Knopp R, Breuel H-P: Zur Anwendung der harmonischen Analyse bei der Funktionszintigraphie des Herzens. *Nucl-Med* **18**: 167-171, 1979
- 23) Links JM, Diuglass KH, Wagner HN Jr: Patterns of ventricular emptying by Fourier analysis of gated blood-pool studies. *J Nucl Med* **21**: 978-982, 1980
- 24) 外山比南子, 村田 啓, 飯尾正宏, 他: 位相分析法による第1回循環時および平衡時マルチゲートイメージの解析. *画像診断* **1**: 81-88, 1981
- 25) Miller TR, Sampathkumaran KS, Goldman KJ, et al: Quantitation of diastolic function in Fourier analysis of cardiac studies. *J Nucl Med* **23**: 62, 1982 (abst)
- 26) 千田道雄, 玉木長良, 米倉義晴, 他: 多結晶型ガンマカメラによる左室容量曲線の解析. *核医学* **22**: 231-239, 1984

- 27) 松本掲典, 白石友邦, 小糸仁史, 他: 心模型楕円体 Phantom による心室容量の検討. 核医学 19: 1387, 1982 (抄)
- 28) Sandler H, Dodge HT: The use of single plane angiocardiograms for the calculation of left ventricular volume in man. Am Heart J 75: 325-334, 1968
- 29) 前田寿登, 竹田 寛, 中川 毅, 他: マルチゲート法心プールデータについてのフーリエ解析応用による心 functional imaging——基礎的検討およびその応用について——. 核医学 19: 765-776, 1982
- 30) 玉木長良, 向井孝夫, 湊小太郎, 他: フーリエ高次解析法を用いたマルチゲート心血液プール像の壁運動の定量評価——(2) シミュレーションカーブによる基礎的検討——. 核医学 20: 301-307, 1983
- 31) Brutsaert DL, Housmans PR, Goethals MA: Dual control of relaxation. Its role in the ventricular function in the mammalian heart. Circ Res 47: 637-652, 1980
- 32) Lewis BS, Gotsman MS: current concepts of left ventricular relaxation and compliance. Am Heart J 99: 101-112, 1980
- 33) Hammermeister KE, Warbasse JR: The rate of change of left ventricular volume in man. Diastolic events in health and disease. Circulation 49: 739-747, 1974
- 34) Rahimtoo SH, Ehsani A, Sinno MZ, et al: Left atrial transport function in myocardial infarction. Importance of its booster pump function. Am J Med 59: 686-694, 1975
- 35) Nolan SP, Dixon SH Jr, Fisher RD, et al: The influence of atrial contraction and mitral valve mechanics on ventricular filling. A study of instantaneous mitral valve flow in vivo. Am Heart J 77: 784-791, 1969

Summary

First Pass Radionuclide Angiocardiographic Assessment of Left Ventricular Diastolic Function in the Patients with Old Myocardial Infarction

Hitoshi KOITO, Toshiji IWASAKA, Hiroshi YOSHIOKA
and Yutaka KIMURA

Second Department of Internal Medicine, Kansai Medical University

To assess the resting left ventricular diastolic function in the patients with old myocardial infarction (OMI), we analyzed global left ventricular volume curve obtained by first pass Tc-99m angiocardiography with Fourier analysis. Control group consisted of 11 patients with neurocirculatory asthenia (NCA) and 47 patients with angina pectoris (AP), and OMI groups are divided into two groups (OMI-1, 64 cases with LVEF \geq 55% and OMI-2, 77 cases with LVEF $<$ 55%).

The resurge curve was constructed from the first and 2 harmonics approximation curve of Fourier analysis. The tangential slopes at midpoint of an early half (D_E) and a late half (D_L) of the diastolic phase in the resurge curve were used as the indexes of left ventricular diastolic function. Early 1/3 filling fraction (EFF) and late 1/3 filling fraction (LFF) in 4 harmonics Fourier approximation curve were also used as the indexes.

CO, SV and LVEDV in OMI-1 (3.9 ± 0.9 l/min, 60 ± 12 ml and 93 ± 19 ml, respectively) did not differ from those in control group (3.9 ± 0.8 l/min,

60 ± 13 ml and 90 ± 17 ml). The significant diminution in CO and SV, and the increase in LVEDV were observed in OMI-2 (3.5 ± 1.0 l/min, 48 ± 13 ml and 139 ± 47 ml). On the other hand, D_E (0.69 ± 0.14 , 0.80 ± 0.18 and 1.25 ± 0.35 in control, OMI-1 and OMI-2, respectively), D_L (2.31 ± 0.92 , 1.74 ± 0.67 and 1.07 ± 0.38), EFF ($43 \pm 13\%$, $37 \pm 14\%$ and $26 \pm 11\%$) and LFF ($24 \pm 7\%$, $26 \pm 9\%$ and $38 \pm 12\%$) were significantly different among these three groups.

The results suggest that the patients with OMI-1 have abnormal left ventricular diastolic function in spite of normal systolic function expressed by LVEF, CO, SV and LVEDV.

We conclude that assessment of left ventricular diastolic function is useful for early diagnosis of cardiac functional abnormality in the patients with old myocardial infarction.

Key words: Radionuclide angiocardiography, Myocardial infarction, Left ventricular diastolic property, Fourier analysis.