

陳旧性心筋梗塞における  
<sup>201</sup>Tl 心筋 emission CT 定  
量評価の有用性：左室造影  
定量解析との相関

Quantitative correlation  
between thallium-201  
myocardial emission  
computed tomography  
and left ventriculography  
in old myocardial in-  
farction

松島 英夫  
望月 和雄  
河合 直樹\*  
岡田 充弘\*  
山本 秀平\*  
山内 一信\*  
横田 充弘\*  
林 博史\*  
外畑 巖\*  
都築 実紀\*\*

Hideo MATSUSHIMA  
Kazuo MOCHIZUKI  
Naoki KAWAI\*  
Mitsuhiro OKADA\*  
Shuhei YAMAMOTO\*  
Kazunobu YAMAUCHI\*  
Mitsuhiro YOKOTA\*  
Hiroshi HAYASHI\*  
Iwao SOTOBATA\*  
Jitsuki TSUZUKI\*\*

**Summary**

We evaluated a clinical usefulness of quantitative analysis of myocardial emission computed tomographic (ECT) images in 28 patients with old myocardial infarction and 10 healthy volunteers.

Circumferential profile analysis was performed in five or six short-axial images of the left ventricle reconstructed from ECT. Mean regional anterior, inferoposterior, lateral and septal percent thallium uptakes were calculated from three short-axial (basal, central and apical) images. The percent infarct size was evaluated as a percentage of the thallium perfusion defect volume to the total left ventricular myocardial volume. Left ventricular hemiaxis shortening was calculated at three ventricular levels corresponding to the three short-axial ECT images. Mean value of all hemiaxis shortening in RAO and LAO projections (total hemiaxis shortening) and left ventricular ejection fraction (EF) were obtained.

常滑市民病院 内科

常滑市鯉江本町 4-5 (〒479)

\*名古屋大学医学部 第一内科

名古屋市昭和区鶴舞町 65 (〒466)

\*\*大同病院 循環器科

名古屋市南区白水町 9 (〒457)

Department of Internal Medicine, Tokoname City  
Hospital, 4-5 Koiehonmachi, Tokoname 479

\* The First Department of Internal Medicine, Nagoya  
University School of Medicine, Tsurumai-cho 65,  
Showa-ku, Nagoya 466

\*\* Division of Cardiology, Daido Hospital, Haku-  
sui-cho 9, Minami-ku, Nagoya 457

Received for publication December 26, 1983 (Ref. No. 27-79)

There was a significant correlation between mean percent thallium uptake and percent hemiaxis shortening in the left ventricular anterior and inferoposterior segments. On the contrary, no statistically significant correlation was shown between these two parameters in the left ventricular lateral and septal segments. Percent infarct size obtained with ECT significantly correlated with total hemiaxis shortening and EF ( $r = -0.63$  and  $-0.60$ , respectively).

It was concluded that there is a close relationship between the size of infarcted myocardium evaluated by ECT and either of the regional or global left ventricular dysfunction assessed by LVG.

### Key words

Emission computed tomography      Left ventriculography      Old myocardial infarction      Quantitative analysis

### はじめに

最近, 心筋梗塞の非観血的診断法として, <sup>201</sup>Tl 心筋 Emission CT (以下 ECT) 像の有用性が強調されているが<sup>1~4)</sup>. その定量分析の意義に関する報告は少ない. 本研究では陳旧性心筋梗塞を対象として, ECT 像の circumferential profile 解析<sup>5)</sup>から得られる左室局所の Tl 灌流分布および心筋梗塞の大きさと, 左室造影 (以下 LVG) の定量解析から得られる左室局所および全体機能との相関を検討することを目的とした.

### 対象と方法

陳旧性心筋梗塞 28 例 (平均年齢 51.7 歳, 男 25 例, 女 3 例) および健常成人 10 例 (平均年齢 31.2 歳, 男 8 例, 女 2 例) を対象とした. 陳旧性梗塞症例はすべて, 心電図学的および血清酵素学的に典型的な急性心筋梗塞の経過を示した. 急性梗塞発症後 2 カ月から 4 年の間に, ECT および LVG を施行した.

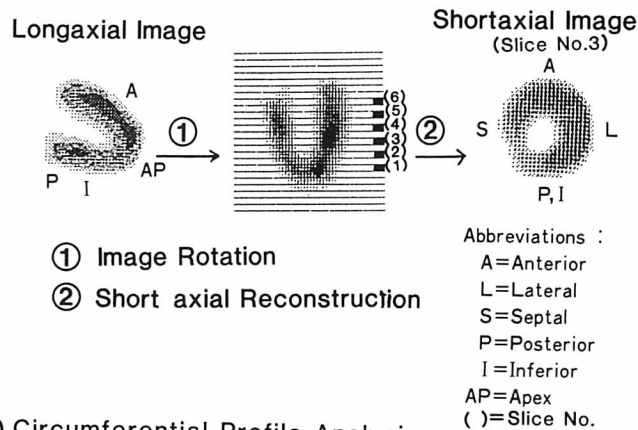
#### 1. ECT による心筋局所 Tl 摂取率と, % infarct size の算出

安静時にタリウム -201 を 2 mCi 静注し, 10 分後より回転式ガンマカメラ (島津製 LFOV-E) およびミニコンピューターシステム (島津シンチパック 1200) を用いて, 被検者の右前斜位 45° から左後斜位 45° までの 180° の範囲における, Tl 心筋像のデータを収録した<sup>6)</sup>. データ収録は 5° ごと計 36 方向においておのおの 8~25 秒間行い, 全収集

時間は 5~15 分であった. データ収録後 Sorenson の式<sup>7)</sup>に基づいて吸収補正 (補正係数 0.05) し, おおの 12 mm 間隔で, 左室水平, 長軸, および短軸断層像を再構成した. このうち短軸断層像について circumferential profile 解析を行い, 左室の中心より放射状に 10° 間隔で, 36 本設定した各 profile line 上の全画素の Tl count 値を算出した. 全 36 line のうち, 最高 count 値を示した line の Tl 摂取率を 100% とし, 各 line の Tl 摂取率を求めた (Fig. 1). 心基部側, 左室中央部, 心尖部側の 12 mm 間隔の 3 断層像において, 時計の 3 時方向を 0° とし, 反時計方向に 350° までの角度を設定し, LVG の左室前壁, 下後壁, 心室中隔, および後側壁に相当する ECT 上の左室心筋領域を Figs. 2, 3 のごとく設定した. また各領域での 18 profile line における平均 Tl 摂取率を算出した.

心基部から心尖部までの 12 mm 間隔の 5~6 短軸断層像を用い, 心筋梗塞の大きさを近似的に算出した. まず梗塞領域を決定するため健常成人 10 名の ECT 短軸断層像に circumferential profile 解析を行い, 各 profile line 上の Tl 摂取率の 90 percentile 値を正常下限値とし, 正常下限 profile curve を作成した (Fig. 4). この正常下限 curve を連続して 2 個所以上下まわる領域を梗塞領域とした. 次に各症例の短軸断層像を円形とみなし, 心中心から心外縁までの半径 R, 心内縁までの半径 r, 梗塞領域角  $\theta$  を求め, Fig. 5 に示す式より全左室心筋領域に対する梗塞容積率 (%)

(I) Long- and Shortaxial Reconstruction



(II) Circumferential Profile Analysis

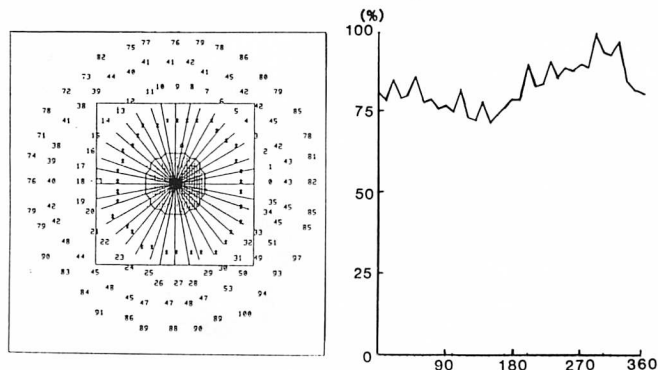


Fig. 1. Short-axial reconstruction and circumferential profile analysis of ECT.

infarct size) を算出した。

2. LVG の定量解析

LVG では右前斜位 30° および左前斜位 60° の 2 方向像において、収縮および拡張末期像における左室辺縁を trace し、ECT の心基部、左室中央部、および心尖部の 3 短軸断層像に相当するレベルでの左室壁の局所短縮率を求めた<sup>8,9)</sup> (Figs. 2, 3)。また左室全体における局所短縮率の平均値、および Dodge の biplane 法<sup>10)</sup>により求めた左室駆出率を算出した。

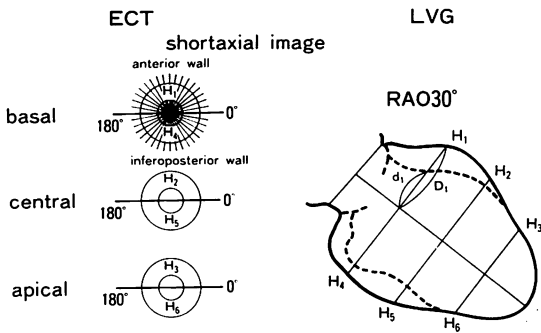
結 果

1. 左室局所 Tl 摂取率と局所短縮率との相関  
 左室前壁領域では、ECT より求めた局所 Tl

摂取率は右前斜位 30° での LVG より求めた局所短縮率との間に、心基部側、左室中央部、および心尖部側でそれぞれ  $r=0.65$  ( $p<0.001$ )、 $0.62$  ( $p<0.01$ ) および  $0.48$  ( $p<0.01$ ) の有意な相関を示した (Fig. 6)。

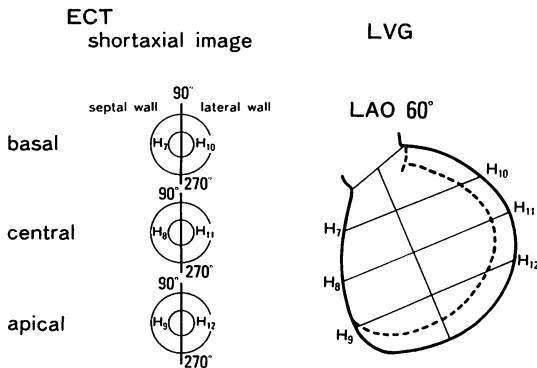
同様に下後壁領域でも両計測値は心基部側、左室中央部、および心尖部側でそれぞれ  $r=0.62$ 、 $0.67$ 、および  $0.67$  (いずれも  $p<0.001$ ) の有意な相関を示した (Fig. 7)。

心室中隔および側壁における左室局所 Tl 摂取率と、左前斜位 60° での LVG より求めた局所短縮率との間には、有意な相関はみられなかった (Fig. 8)。



**Fig. 2. Calculation of mean anterior and inferoposterior regional percent hemiaxis shortening in the 30° right anterior oblique projection of LVG.**

Mean regional percent thallium uptake and mean percent hemiaxis shortening are measured as a mean value of percent Tl uptake and the percent axis shortening from end-diastole to end-systole in each LV segment ( $H_{1-6}$ ), respectively.



**Fig. 3. Calculation of mean septal and lateral regional percent hemiaxis shortening in the 60° left anterior oblique projection of LVG.**

Mean regional percent thallium uptake and mean percent hemiaxis shortening are measured as a mean value of percent Tl uptake and the percent axis shortening from end-diastole to end-systole in each LV segment ( $H_{7-12}$ ), respectively.

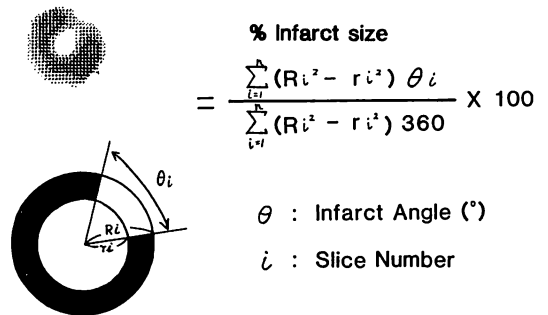
**2. ECT より求めた % infarct size と左室全体短縮率および左室駆出率との相関**

ECT より求めた % infarct size は, LVG 2 方向像における計 12 箇所 の 左室局所短縮率の平均



**Fig. 4. Lower limit curve of normal percent thallium uptake in the central shortaxial image.**

The normal percent thallium uptake curve is obtained on 10 presumably healthy volunteers in each of the 5 short-axial images.



**Fig. 5. Evaluation of percent infarct size in ECT.**

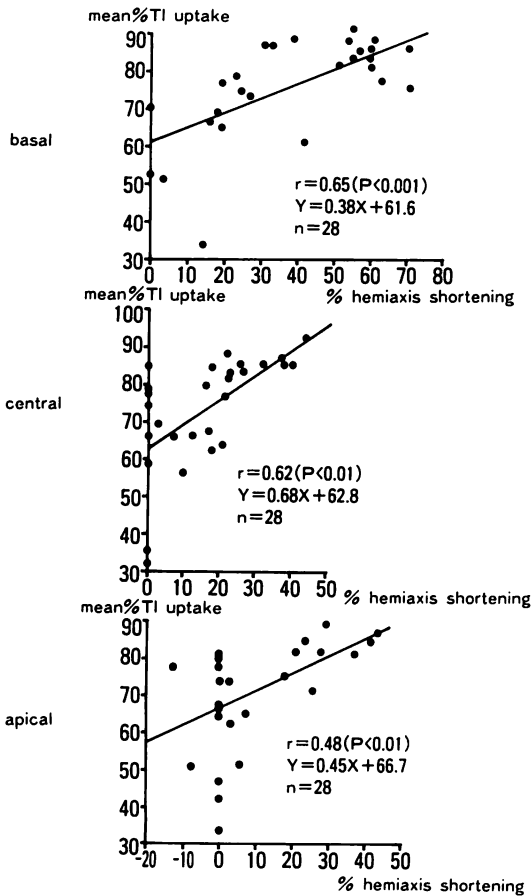
Percent infarct size is evaluated as a percentage of the thallium perfusion defect volume to the total left ventricular myocardial volume.

値との間に  $r = -0.63$ , LVG より求めた 左室駆出率との間に  $r = -0.60$  (いずれも  $p < 0.001$ ) の, 有意な相関を示した (Figs. 9, 10).

**3. 症例提示**

1) 陳旧性前側壁梗塞, 55 歳男性 (Fig. 11)

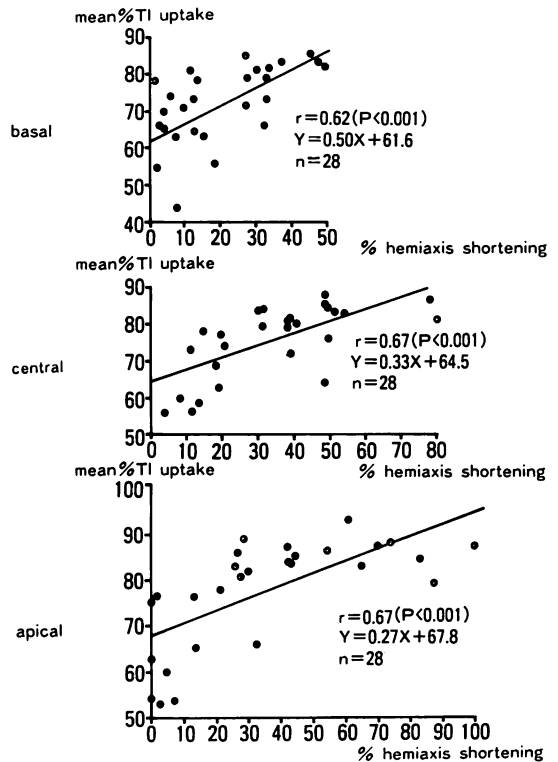
ECT 短軸断層像で前壁領域にタリウム灌流欠損を認め, 前壁領域での平均 Tl 摂取率は, 心基部では 88.1% と正常であるが, 左室中央部では 71.9%, 心尖部では 64.1% と, 心尖部に向かうにしたがって徐々に低下した. 下後壁領域では平均 Tl 摂取率はそれぞれ 81.2%, 83.9%, および



**Fig. 6. Correlation between the mean percent thallium uptake and the percent hemiaxis shortening in LV anterior walls.**

There is a statistically significant correlation between the scintigraphic and left ventriculographic parameters at the basal, central and apical levels of the left ventricle.

85.9% と正常であり, % infarct size は 20.5% であった. LVG では American Heart Association (AHA) 方式<sup>11)</sup>の segment 2 および 3 に akinesis がみられた. 心基部, 左室中央部, および心尖部での局所短縮率はそれぞれ前壁領域では 60.8%, 43.0%, および 0%, 下後壁領域ではそれぞれ 29.5%, 30.1%, および 27.1% であり, 前壁領域では心基部から心尖部に向かうにつれて局



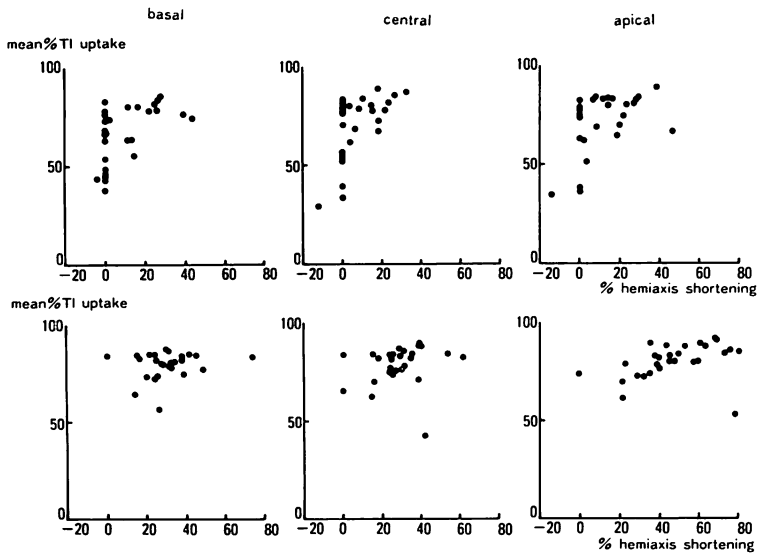
**Fig. 7. Correlation between the mean percent thallium uptake and the percent hemiaxis shortening in LV inferoposterior walls.**

A statistically significant correlation is shown between these two parameters in LV inferoposterior wall.

所短縮率が低下した. 左室全体での平均短縮率は 24.9% 左室駆出率は 53.0% であった.

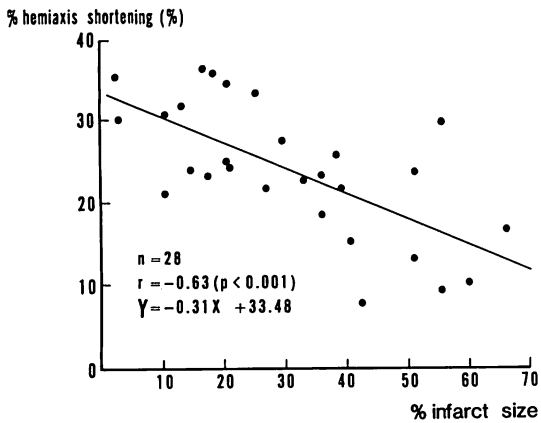
2) 陳旧性前壁下壁梗塞, 48 歳女性 (Fig. 12)

ECT 短軸断層像で前壁, 心室中隔, 下後壁領域にタリウム灌流欠損を認め, 心基部, 左室中央部, および心尖部の各断層像における平均 Tl 摂取率はそれぞれ 51.6%, 35.1%, および 33.8% と著明に, また下後壁でもそれぞれ 64.5%, 59.9% と軽度低下し, % infarct size は 55.5% であった. LVG では AHA 方式の segment 2 で akinesis, segment 3 で dyskinesis, segment 4 および 5 で hypokinesis が認められた. 心基部, 左室中



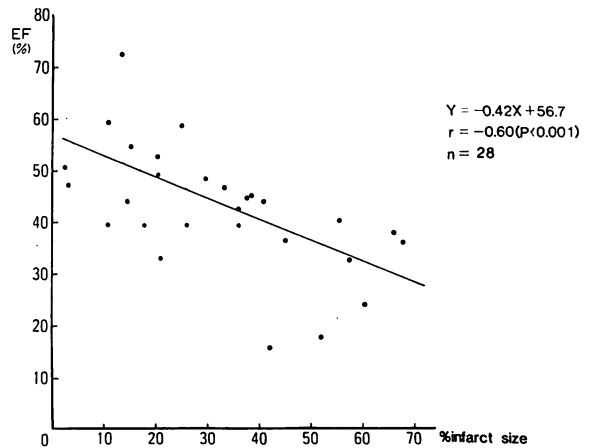
**Fig. 8. Relationship between the mean percent thallium uptake and the percent hemiaxis shortening in septal (upper panel) and LV posterolateral walls (lower panel).**

No statistically significant correlation is shown between the scintigraphic and left ventriculographic parameters in the LV segments.



**Fig. 9. Correlation between the percent infarct size in ECT and the total hemiaxis shortening in LVG.**

Total hemiaxis shortening is calculated as a mean of 12 values of local hemiaxis shortening.



**Fig. 10. Correlation between the percent infarct size in ECT and LVEF in LVG.**

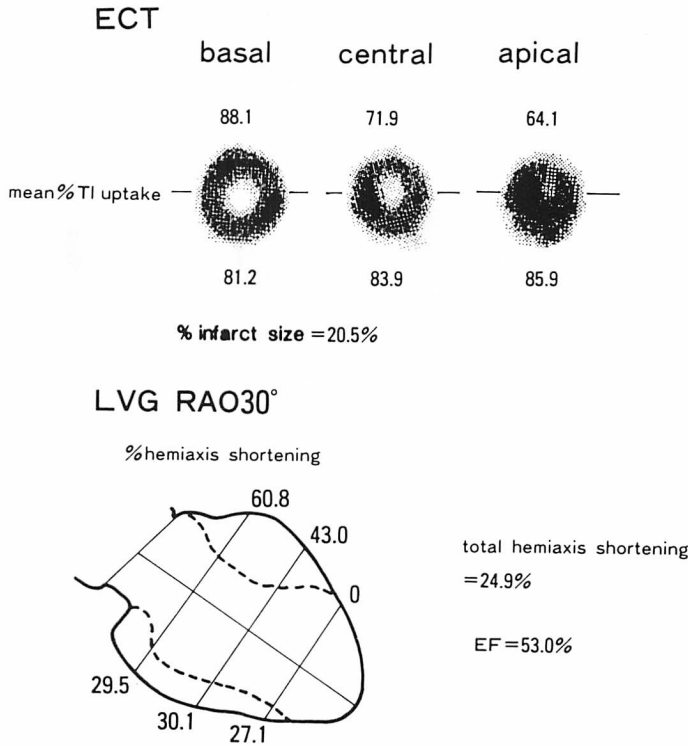


Fig. 11. Tl-201 myocardial ECT and left ventriculogram in an illustrative case.

The patient is a 58-year-old man with old anterolateral infarction. A good correlation between ECT and LVG is shown.

央部、および心尖部における局所短縮率は、前壁領域ではそれぞれ 3.2%、0%、および 0%、下後壁領域ではそれぞれ 12.4%、8.3%、および 32.4% であり、本症例は広範囲前壁下壁梗塞と診断された。左室全体での平均短縮率は 9.3%、左室駆出率は 32.3% であり、冠動脈造影では 3 枝病変が認められた。

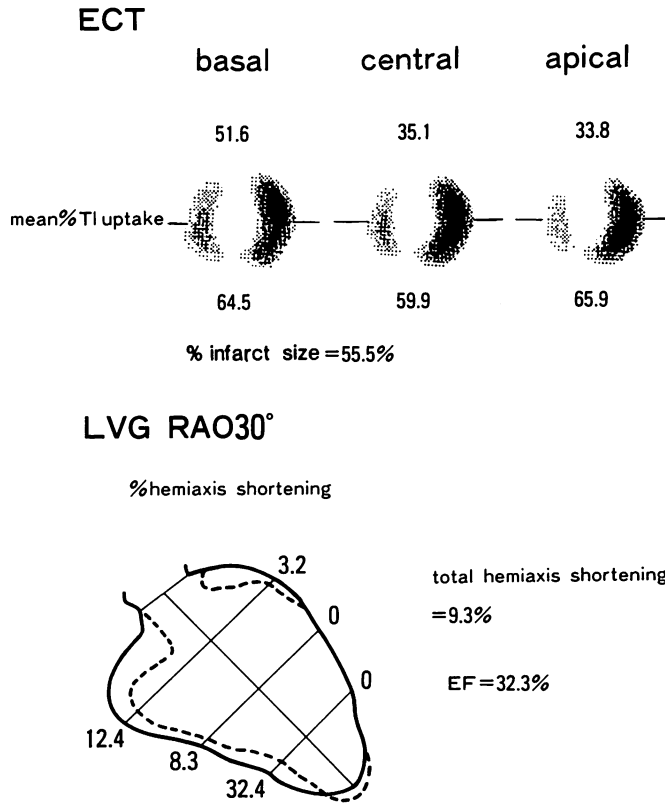
### 考 按

#### LVG および ECT の定量解析法

LVG の定量解析には種々の方法が考案されている。Feild ら<sup>12)</sup>は、LVG の拡張末期における akinesis または dyskinesis 部位の左室辺縁の長さ、拡張期左室全周の比 (percent abnormally contracting segment, % ACS) を求め、梗塞の大きさの指標とした。Gelberg ら<sup>8)</sup>は、拡張末期

および収縮末期の LVG 像において、中心から 45° ごとの放射線上の壁短縮率 (radial 法)、左室長軸を垂直に 3 等分する線上での壁短縮率 (chord 法)、および左室領域を 8 等分しその面積比 (area 法) の 3 方法を用いた左室壁運動の定量評価法を比較検討し、正常および異常壁運動の鑑別にはいずれの方法も有用であるが、特に area 法の有用性が高いことを強調した。本研究では ECT 短軸断層像と LVG 像の定量分析成績間の相関を検討する目的で、chord 法に準じて左室壁運動を評価した。

一方、ECT 像の評価には、現在のところ、定性評価が多く用いられており、定量評価に関する報告は比較的少ない。従来、二次元 Tl 心筋像の定量評価法として、segment 法<sup>13,14)</sup>および circumferential profile 法<sup>15,16)</sup>などがあり、本研究で



**Fig. 12. Tl-201 myocardial ECT and left ventriculogram in another illustrative case.**  
The patient is a 48-year-old woman with old anteroinferior infarction showing a good correlation between ECT and LVG.

は客観性が高く簡便な方法である circumferential profile 法を用いた。

**2. ECT と LVG の相関**

二次元 Tl 心筋像と LVG との相関については、すでに幾つかの報告がみられる。Niess ら<sup>17)</sup>は、左室収縮異常部位の拡がり (% ACS) と Tl 灌流欠損の拡がり (% Tl defect) とが良好な相関 ( $r=0.80$ ) を示すことを報告した。Bodenheimer ら<sup>18)</sup>は、安静時および運動後の二次元 Tl 心筋像と、ニトログリセリン投与前後の左室造影、冠動脈造影とを比較検討した。冠動脈狭窄重症度は Tl 心筋灌流低下および壁運動異常と有意に相関し、運動後の一過性 Tl 灌流欠損はニトログリセ

リンによる可逆性の壁運動異常と、また安静および運動時に同程度にみられる Tl 灌流欠損は LVG 上の不可逆性の壁運動異常とよく一致することを報告した。

ECT 像では、Tamaki ら<sup>19)</sup>は、Tl 心筋断層像の外縁および内縁にライトペンにより関心領域を設定して梗塞サイズを求め、この ECT による梗塞の大きさが、CK-MB 値から求めた梗塞の大きさと良好な相関を示したことを報告した。しかし ECT および LVG の定量指標の相関について検討した報告は少ない。

我々はすでに、ECT より求めた梗塞の大きさ (% infarct size) と、LVG 上の akinesis ある



いは dyskinesia 部位の拡がり (% ACS) との有意な相関を報告した<sup>20)</sup>。本研究では左室局所機能を解析する目的で、LVG より左室壁短縮率を算出した。また心筋梗塞では必ずしも akinesia あるいは dyskinesia を示さず hypokinesia のみを示す症例があることより、左室壁短縮率は % ACS よりも左室全体の壁運動の定量評価に有用であると考えられる。一方、LVG で局所短縮率を計測した部位とほぼ同じ左室レベルで、ECT 左室短軸断層像より局所平均 TI 摂取率と左室全体での % infarct size を求めた。左室局所平均 TI 摂取率は、前壁および下後壁領域では、右前斜位 30° の LVG より求めた局所短縮率との間に有意な相関を示し、左室局所の viable な心筋量と左室の局所機能とは密接に関係すると考えられた。側壁および心室中隔領域では、局所 TI 摂取率は左前斜位 60° の LVG における局所短縮率と有意な相関を示さなかった。その理由として、左前斜位 60° の LVG における心室中隔領域は元来動きが少ないことに加え、前壁との重なりが避けがたく、本研究の対象には前壁領域の梗塞例が多く含まれたため、心室中隔よりも前壁の akinesia を反映する症例が多かったこと、逆に側壁領域では代償的な hyperkinesia を示す例が多かったことが考えられた。また ECT より求めた % infarct size は、LVG より求めた局所短縮率の平均値および左室駆出率との間に有意な相関を示し、左室心筋梗塞の大きさと左室全体機能との間に密接な関連が認められた。

## 要 約

陳旧性心筋梗塞 28 例および健常人 10 例を対象として、<sup>201</sup>Tl 心筋 emission CT (ECT) 像の定量解析より得られた左室局所 TI 血流分布および心筋梗塞の大きさと、左室造影 (LVG) を定量解析して得られた左室局所および全体機能との相関を検討した。

ECT では再構成して得られた左室の 3 短軸 (心基部, 中央部, および心尖部) 断層像について

circumferential profile 解析を行い、各短軸レベルでの前壁, 下後壁, 側壁, および心室中隔に相当する部位での平均 TI 摂取率を算出した。また心尖部から心基部にかけての 5~6 短軸断層像より、全左室心筋容積に対する梗塞容積率を近似式より求め、これを % infarct size とした。LVG では右前斜位 30° および左前斜位 60° の 2 方向像において、ECT の 3 短軸断層像に相当するレベルでの左室壁の局所短縮率を求めた。また左室全体における局所短縮率の平均値および左室駆出率を算出した。

ECT より得られた左室短軸各領域の平均 TI 摂取率は、前壁および下後壁領域においては、その領域に相当する左室壁の局所短縮率との間に有意な相関 ( $r=0.48\sim0.67$ ) を示した。側壁および心室中隔領域では両者間に推計学的に有意な相関はみられなかった。ECT より求めた % infarct size は、LVG より求めた局所短縮率の平均値および左室駆出率との間に、それぞれ  $r=-0.63$  および  $-0.60$  の有意な相関を示した。

ECT 像の定量解析より得られた左室局所 TI 摂取率および % infarct size は、それぞれ左室局所および全体の機能と比較的よく相関し、陳旧性心筋梗塞例での左室局所および全体における梗塞量と、左室機能との密接な関連が示された。

本論文を終えるにあたり、御協力いただいた常滑市民病院放射線科の木田秀夫、笠原文雄両氏に深謝いたします。

## 文 献

- 1) Vogel RA, Kirch D, LeFree M, Steele P: A new method of multiplanner emission tomography using a seven pinhole collimator and an anger scintillation camera. *J Nucl Med* **19**: 648, 1978
- 2) Holman BL, Hill TC, Lovett RD, Zimmerman RE, Smith EM: Single photon transaxial emission computed tomography of the heart in normal subjects and in patients with infarction. *J Nucl Med* **20**: 736, 1979
- 3) Keyes JW Jr., Leonard PF, Brody SL, Svetkoff DJ, Rogers WL, Lucchesi BR: Myocardial infarct

- quantification in the dog by single photon emission computed tomography. *Circulation* **58**: 227, 1978
- 4) Keyes JW Jr., Brady TJ, Leonard PF, Sretkoff DB, Winter SM, Rogers WL, Rose EA: Calculation of viable and infarcted myocardial mass from thallium-201 tomograms. *J Nucl Med* **22**: 339, 1981
  - 5) Burow RD, Pond M, Schafer AW, Becker L: "Circumferential profiles": A new method for computer analysis of thallium-201 myocardial perfusion images. *J Nucl Med* **20**: 771, 1979
  - 6) Tamaki N, Murai T, Ishii Y, Fujita T, Yamamoto K, Minato K, Torizuka K: Cardiac emission computed tomography (ECT) using a rotating gamma camera: (3). Evaluation of a 180 rotation mode for thallium ECT. *Jpn J Nucl Med* **19**: 535, 1982 (in Japanese)
  - 7) Sorenson JA: Quantitative measurement of radioactivity in vivo by whole-body counting. *in Instrumentation in Nuclear Medicine*. Vol 2. New York Academic Press, 1974, p 311
  - 8) Gelberg HJ, Brundage BH, Glantz S, Parmley WW: Quantitative left ventricular wall motion analysis: A comparison of area, chord and radial methods. *Circulation* **59**: 991, 1979
  - 9) Leighton RF, Wilt SM, Lewis RP: Detection of hypokinesis by a quantitative analysis of left ventricular cineangiograms. *Circulation* **50**: 121, 1974
  - 10) Dodge HT, Sandler H, Ballew DW, Lord JD Jr: The use of biplane angiocardiology for the measurement of left ventricular volume in man. *Am Heart J* **11**: 762, 1960
  - 11) AHA Committee Report: A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease. *Circulation* **51**: 7, 1975
  - 12) Feild BJ, Russel RO Jr., Dowling JT, Rackley CE: Regional left ventricular performance in the year following myocardial infarction. *Circulation* **46**: 679, 1972
  - 13) Watanabe Y, Yasui S, Inagaki H, Kawai N, Sotobata I: The quantitative diagnosis of thallium-201 myocardial perfusion images and vectorcardiograms in myocardial infarction and hypertrophic cardiomyopathy. *Jpn Circ J* **45**: 148, 1981
  - 14) Morrison J, Coromilas J, Munsey D, Robbins M, Zema M, Chiramida S, Reiser P, Scherr L: Correlation of radionuclide estimates of myocardial infarction size and release of creatine kinase-MB in man. *Circulation* **62**: 277, 1980
  - 15) Francisco DA, Collins SM, Go RT, Ehrhardt JC, Van Kirk OC, Marcus ML: Tomographic thallium-201 myocardial perfusion scintigrams after maximal coronary artery vasodilation with intravenous dipyridamole: Comparison of qualitative and quantitative approaches. *Circulation* **66**: 370, 1982
  - 16) Sklar J, Kirch D, Johnson T, Hasegawa B, Peck S, Steele P: Slow late myocardial coronary artery disease. *Circulation* **65**: 1504, 1982
  - 17) Niess GS, Logic JR, Russell RO Jr., Rackley CE, Rogers WJ: Usefulness and limitations of thallium-201 myocardial scintigraphy in delineating location and size of prior myocardial infarction. *Circulation* **59**: 1010, 1979
  - 18) Bodenheimer MM, Banka VS, Fooshee C, Hermann GA, Helfant RH: Relationship between regional myocardial perfusion and presence, severity and reversibility of asynergy in patients with coronary heart disease. *Circulation* **58**: 789, 1978
  - 19) Tamaki S, Nakajima H, Murakami T, Yui Y, Kambara H, Kadota K, Yoshida A, Kawai C, Tamaki N, Mukai T, Ishii Y, Torizuka K: Estimation of infarct size by myocardial emission computed tomography with thallium-201 and its relation to creatine kinase-MB release after myocardial infarction in man. *Circulation* **66**: 994, 1982
  - 20) 松島英夫, 望月和雄, 木田秀夫, 笠原文雄, 岡田充弘, 河合直樹, 外畑 巖:  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT による陳旧性心筋梗塞の定量分析: Circumferential profile 法を用いて. *ニュータウンカンファレンス* **7**: 103, 1983