

## タリウム心筋シンチグラフィ による心筋梗塞サイズの の定量化

## Estimation of infarct size with <sup>201</sup>Tl by multipro- jection analysis

金子 作蔵\*  
宮崎 彰\*  
吉田 秀夫\*  
角田 興一\*  
宿谷 正毅  
増田 善昭  
稲垣 義明

Sakuzo KANEKO\*  
Akira MIYAZAKI\*  
Hideo YOSHIDA\*  
Koichi TSUNODA\*  
Masatake SHUKUYA  
Yoshiaki MASUDA  
Yoshiaki INAGAKI

### Summary

Since mortality resulting from cardiac arrhythmia has been decreased by an introduction of CCU, power failure has become the major cause of death in patients with acute myocardial infarction. The power failure is assumed to be related to an infarct size. Therefore, noninvasive quantification of the infarct size is required for proper assessment of prognosis and treatment.

Recently, a scintigraphic technique using radionuclide thallium-201 has developed, which is accumulated not in myocardial necrosis but in the intact myocardium.

In this study, we tested two different parameters expressing the infarct size based on 5-projection myocardial scintigrams. One parameter is the ratio of the defect area to the total myocardium (% area), and the other is the ratio of a count decrease by the defect to total counts (% loss counts) in the planar image. Each parameter was obtained from uni- and multi-projection analysis.

Six items were selected in the study including % area of 1-projection analysis, % area of 3-projection analysis, % area of 5-projection analysis, % loss counts of 1-projection analysis, % loss counts of 3-projection analysis, and % loss counts of 5-projection analysis.

In 56 patients with the first attack of acute myocardial infarction, these parameters showed a clinically acceptable correlation with ejection fractions obtained by contrast ventriculography performed about 4 weeks later, with pulmonary end-diastolic pressure shortly after the onset, and with peak-CPK and  $\Sigma$ CPK obtained by 4 or 6 hourly measurements. Correlation coefficients between two parameters among 6 items showed no difference from each other.

Scintigraphy was performed more than twice in 11 patients and the infarct size of these patients was decreased with the clinical course.

Validity for estimates of the infarct size obtained with two parameters (% loss counts and % area) in different projection analysis was examined by a phantom model experiment and the clinical im-

千葉大学医学部 第三内科  
千葉市亥鼻 1-8-1 (〒280)  
\*千葉県救急医療センター  
千葉市磯辺 70-9 (〒260)

The Third Department of Internal Medicine, School  
of Medicine, University of Chiba, Inohana 1-8-1,  
Chiba 280  
\*Chiba Emergency Medical Center, Isobe 70-9,  
Chiba 260

Presented at the 24th Meeting of the Cardiography Society held in Tokyo, March 23-24, 1982  
Received for publication May 31, 1982

plications were discussed.

In conclusion, an infarct size estimated by  $^{201}\text{Tl}$  scintigraphy provides useful informations about the size of necrosis and cardiac function in patients with acute myocardial infarction.

#### Key words

Thallium-201

Infarct size

Serum CPK

Cardiac function

### はじめに

急性心筋梗塞における死因は、不整脈死を除けば、心不全、心原性ショックなどの左室機能低下によるものが多い。梗塞の大きさは左室機能低下の程度と密接な関係にあるといわれており、したがって梗塞サイズを推定することは予後を知る上で重要である<sup>1-6)</sup>。梗塞サイズ測定には種々の方法が用いられているが、急性期に応用可能な方法は非侵襲的なものに限られる。そのような方法としては、CPK などの酵素学的検査<sup>4,7,8)</sup>、心電図(体表面マッピング)、アイソトープ検査<sup>6,9-11)</sup>などがあげられる。しかし、最近、心筋梗塞の診断に広く使われているタリウムによる心筋シンチグラフィも非侵襲性であり、梗塞が欠損として捉えられるので、梗塞部位とサイズの検出に極めて有用と思われる。従来も種々の心筋シンチと梗塞サイズの関係が論じられてきているが、種々の時期のものが混在しており、実際に梗塞サイズを知る必要がある急性期のデータは少ない。我々は梗塞発症後 3 日から 20 日の間に得られたタリウムシンチグラムを使用して、欠損の大きさを数量的に表現し、左室機能を表わす左室駆出率、左室拡張末期圧、肺動脈圧、および血清 CPK などとの関連を検討した。一方、心臓ファントムを使い、種々の大きさや位置の欠損をつくり、臨床的方法と同様の方法で欠損の大きさを求め、シンチグラフィ所見と欠損の関係を検討した。

### 対象と方法

対象は初回発症の急性心筋梗塞 56 例で、34~80 歳までの男 40 例、女 16 例である。症例の内訳は前壁中隔梗塞 32 例、後下壁梗塞 20 例、側壁

梗塞 4 例である。

左室駆出率は、発症後、約 4 週から 6 週の間には左室造影を施行し、左前斜位 30° 像より、Kasser 法により求めた。左室拡張末期圧は左室造影の前後で記録した。肺動脈圧は Swan-Ganz カテーテルにより CCU 入室初期 6 時間以内の値を測定した。血中 CPK 値は 4 時間ないし 6 時間ごとにほぼ 2 日間追求し、peak CPK,  $\Sigma$  CPK を求めた。

タリウムシンチグラフィは、全例に対して発症後 3 日から 20 日の間に施行した。このうち、11 例は 2 回以上行った。撮像は高分解能平行型コリメーターで、正面、左前斜位 30°、左前斜位 45°、左前斜位 60°、左側面の 5 方向で行い、各画像はすべて 2 倍拡大し、64×64 のマトリックスで日立製核医学データ処理システムに収録した。各方向の画像について、ライトペンにより、心全体、中央心腔部分、欠損部分に関心領域を設定した (Fig. 1)。これから、欠損部の全体に対する面積比、欠損部によるカウントの減少率を求め、前者を % area、後者を % loss counts と表現した。これらを梗塞サイズを表現するものとし、両者について、全 5 方向の平均 (5 方向解析)、正面、左前斜位 45°、左側面の 3 方向平均 (3 方向解析)、および 5 方向のうち最大値 (1 方向解析) の 3 種の数値を求めた。Fig. 2 は以上の手順を数式で示したものであるが、中央心腔部分については正常か欠損かを判定することができないため、計算より除外した。したがって、ここで示す梗塞サイズは、ほぼ心断面と考えられる像に認められる欠損の大きさを表わしている。このようにして求めた梗塞サイズと、梗塞サイズに比例するといわれる peak CPK,  $\Sigma$  CPK, 左室機能を表わす左室駆出率、左室拡張末期圧、肺動脈拡張末期圧、および

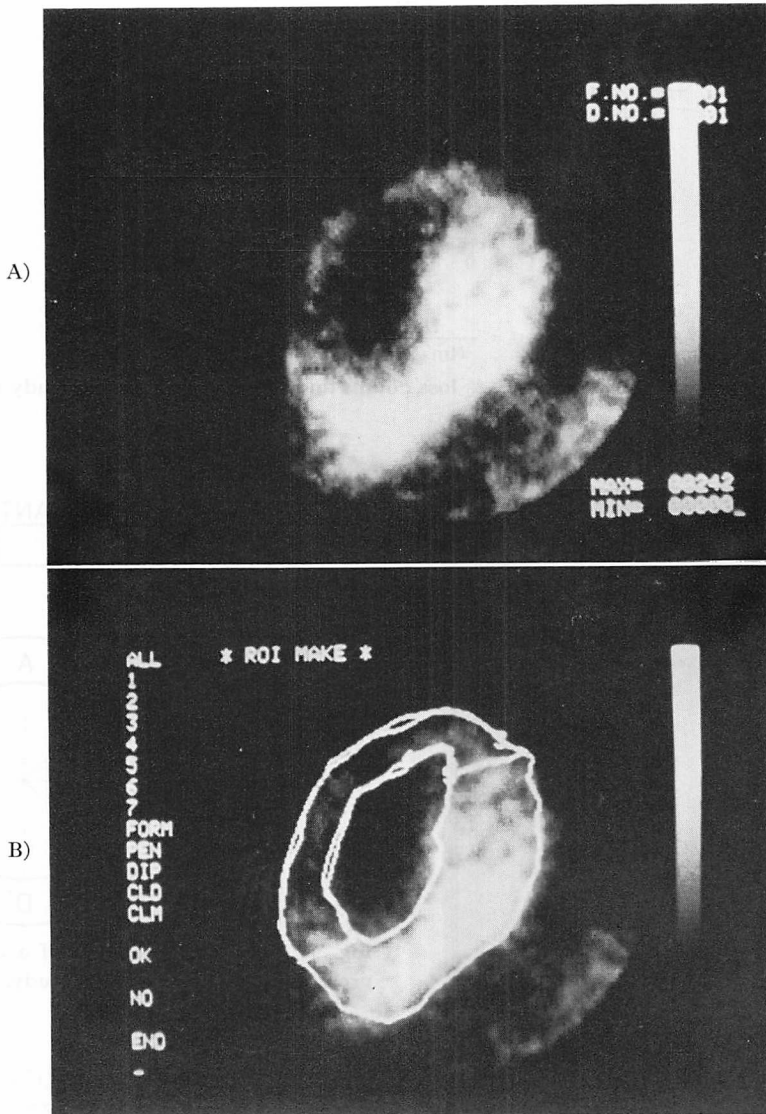
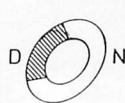


Fig. 1. Tl-201 myocardial image (A) and ROI of infarct area by the manual tracing with a light pen (B).

肺動脈収縮期圧などの相関をみた。また、タリウムシンチグラフィーを経過を追って2回以上行った例については、梗塞サイズの経時的变化を観察した。

心臓ファントムは、心エコー図法による正常心計測値を参考にして作り、最大内径 5 cm、壁厚

1 cm のプラスチック製の回転楕円体である (Fig. 3)。これに  $^{99m}\text{Tc}$  0.5 mCi を含む水溶液 60 ml を入れて、左室イメージを作製した。欠損は水の内容にした balloon により作製した円型、貫壁性のもので、全体に対する欠損の割合をそれぞれ 8 %、12.5%、20%、25%、33% とした。撮影方法



$N_m$ : matrices of normal area  
 $D_m$ : matrices of defect  
 $N_c$ : average counts of normal area  
 $D_c$ : average counts of defect

$$\% \text{ loss counts} = \frac{N_c(N_m + D_m) - (D_m \cdot D_c + N_m \cdot N_c)}{N_c(N_m + D_m)}$$

$$= \frac{N_c \cdot D_m - D_m \cdot D_c}{N_c(N_m + D_m)}$$

$$\% \text{ area} = \frac{D_m}{N_m + D_m}$$

Fig. 2. Two mathematical formulae, % loss counts and % area, used in this study to calculate the infarct size.

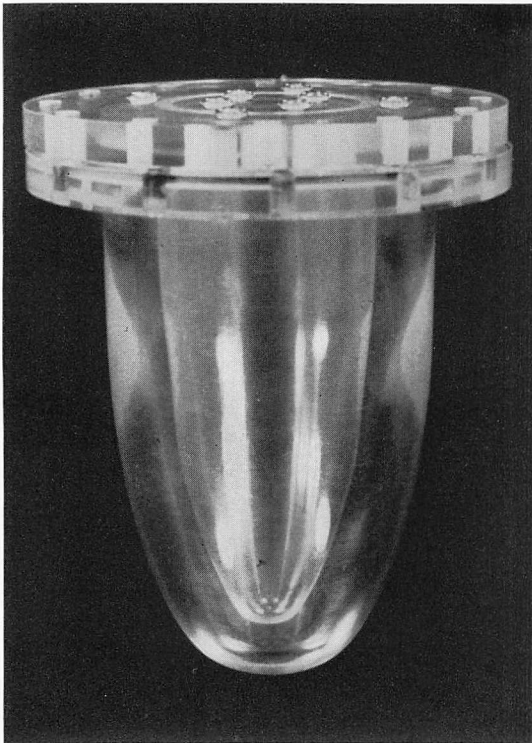


Fig. 3. Plastic model of the left ventricle for the experimental phantom study.

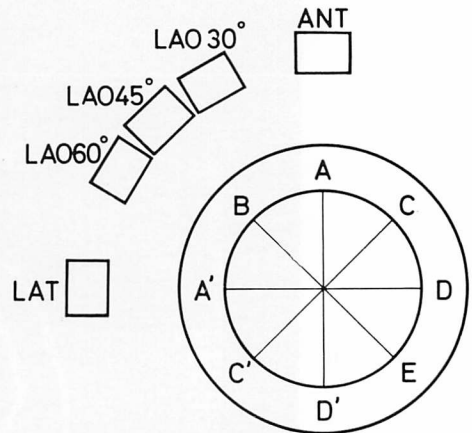


Fig. 4. Schematic relation of a defect and the projection in the phantom study.

ントムより 30 cm 離れた位置におき, ファントム長軸に平行になる角度より撮影した. 図中の欠損 A と A', C と C', D と D' は計算上同じ結果になるものである.

### 結 果

#### 1. 梗塞サイズの表現法

欠損を含む 5 つの異なる画像について各 5 回ずつ, % area, % loss counts を求めところ, 数値の差はほぼ 5% 以内であった. これは同一験者が行ったものであるが, ライトペンによる関心領

は Fig. 4 に示すごとくである. 欠損の中心を前面より 45° ずつ傾けた 8 カ所に置き, それぞれについて 5 方向より撮影した. コリメーターはファ

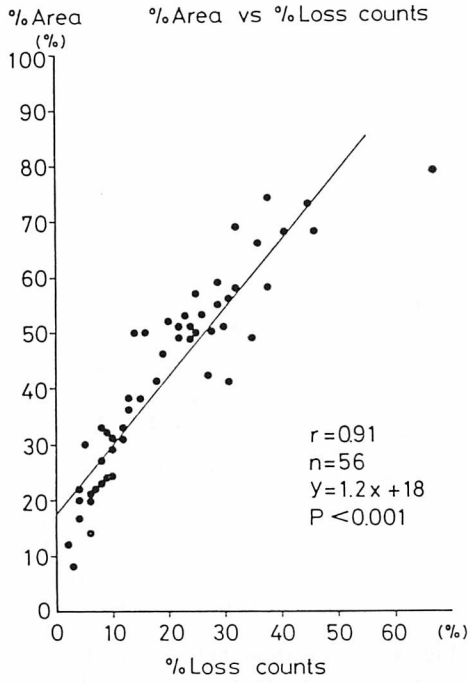


Fig. 5. Correlation between % area and % loss counts by 5-projection analysis.

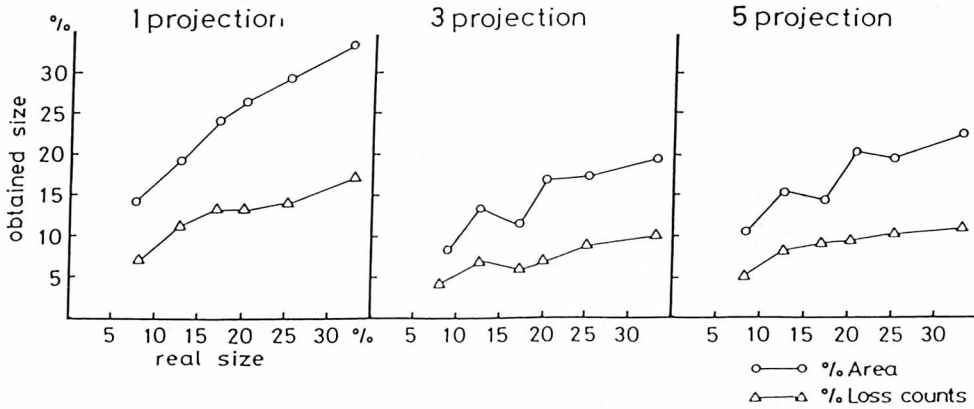
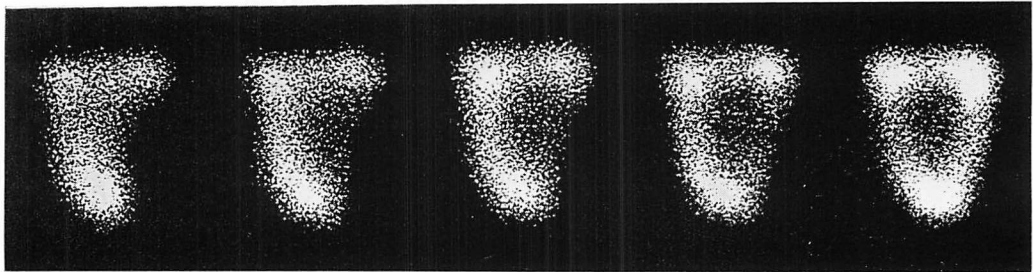


Fig. 6. Multiprojectional images obtained from the phantom with 17% transmural defect at A' area and correlation between real and obtained defect sizes at A' area in the phantom model.

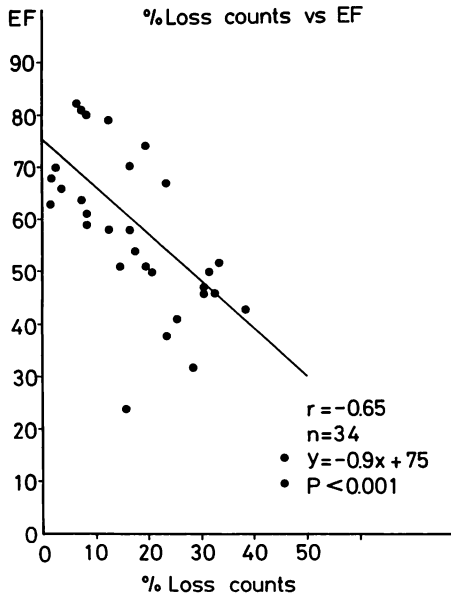


Fig. 7. Correlation between ejection fraction estimated by X-ray left ventriculography and % loss counts by 5-projection analysis.

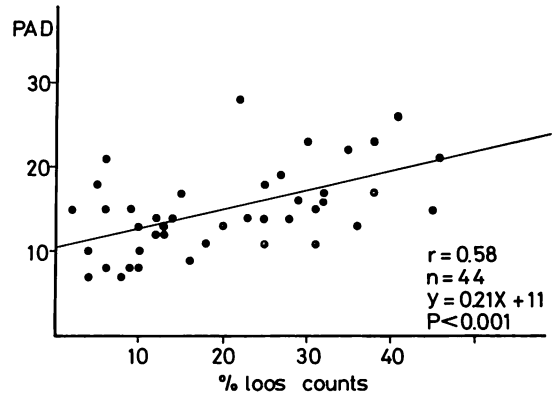


Fig. 8. Correlation between end-diastolic pulmonary arterial pressure and % loss counts by 5-projection analysis.

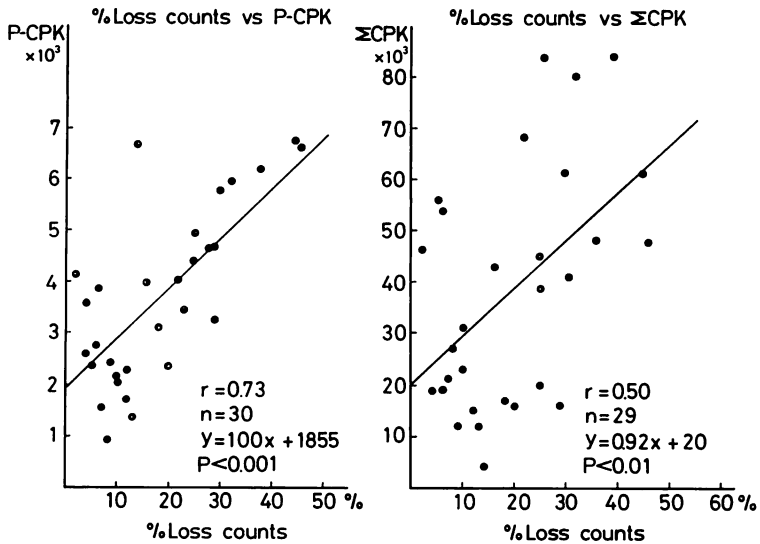


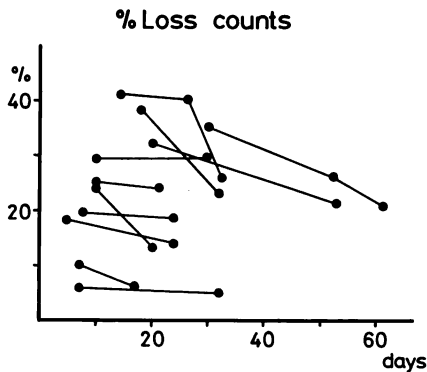
Fig. 9. Correlation between % loss counts by 5-projection analysis and peak CPK,  $\Sigma$  CPK.

**Table 1. Correlation between clinical parameters and infarct size estimated from multiprojectional nuclear methods**

Exp. Ml. S No. of direction	%Loss counts			%Area		
	(5)	(3)	(1)	(5)	(3)	(1)
E F	r=-0.65 ***	-0.56 ***	-0.59 ***	-0.62 ***	-0.62 ***	-0.56 ***
LVEDP before LVG	r=0.27 **	0.35 *	0.38	0.26	0.30	0.21
LVEDP after LVG	r=0.03	0.09	0.09	0.04	0.01	0.04
P A s	r=0.37 *	0.38	0.40 **	0.26	0.29	0.26
P A d	r=0.52 ***	0.58 ***	0.54 ***	0.42 **	0.44 ***	0.47 **
P-CPK	r=0.73 ***	0.69 ***	0.67 ***	0.68 ***	0.68 ***	0.60 ***
Σ-CPK	r=0.50 **	0.41	0.38 *	0.50 **	0.40 *	0.41 *

\* P < 0.05 \*\* P < 0.01 \*\*\* P < 0.001

(5)=5-projection analysis (mean of 5 projections);  
 (3)=3-projection analysis (mean of 3 projections);  
 (1)=1-projection analysis (maximum of 5 projections).



**Fig. 10. Time course of infarct size (% loss counts by 5-projection analysis) in 11 cases with myocardial infarction.**

The % loss counts decrease in all cases, and the decreasing ratio in patients with extensive infarction or small infarction is smaller than in others.

域設定の操作は、習熟したものが行えば十分な再現性をもつことを示している。5方向解析の% loss counts と % area の関係は Fig. 5 に示すごとくであり、数値的に % area のほうがやや大きい値となっているが、両者は高い相関を示した。3方向解析はこれとほぼ同じ結果であったが、1方向解析では梗塞サイズの小さいものほど、%

area と % loss counts の差が大きくなる傾向にあった。また1方向による梗塞サイズは、約 1/3 の症例で両方法での最大値を示す方向が異なり、欠損の大きさは必ずしもカウント数の変化と一致していないことが判明した。

**2. モデル実験**

Fig. 6 の上は A の位置に 17% の欠損を置いて撮影したイメージで、下はこの位置における大きさの違う欠損についての測定結果である。欠損が大きくなるにつれ、また多方向を平均することにより、実際の値よりも小さくなる傾向を認めた。この傾向は A から E までのいずれの位置においても認められた。すなわち、欠損が大きくなると中央心腔部分に入り込む欠損の割合が大きくなり、それだけ過小評価されることになる。

**3. 梗塞サイズと臨床所見**

各臨床パラメーターとの相関係数による比較は Table 1 のようになった。Peak CPK, Σ CPK, 左室駆出率、肺動脈拡張末期圧と良い相関が得られた。Figs. 7, 8, 9 はこれらと % loss counts の5方向解析との対比である。各解析別では、いずれのパラメーターにおいても、1方向解析より多方向解析のほうで、数値上、やや良い相関係数が得られているが、その差は僅かであった。

**4. 梗塞サイズの経時変化**

タリウムシンチグラフィを2回以上行った例について、% loss counts の5方向解析で経時変化を観察した結果は Fig. 10 のごとくであり、いずれも2回以後で小さな値となっていた。これは梗塞サイズの器質化による縮小を示していると思われるが、変化率の小さいものは、心不全や心拡大を伴う広範囲梗塞の例か、あるいは小範囲梗塞例であった。臨床経過の良いものは、梗塞サイズの減少率が大きい傾向にあると思われた。

**考 案**

タリウムによる心筋シンチグラフィでは、梗塞が欠損として捉えられる。この欠損から、% area, % loss counts の2種の相対的な梗塞サイ

ズを求めることができるが, 関心領域設定にライトペンを用いても, 十分な再現性が得られる. そのさい, % area は欠損の広さより求め, 欠損の程度, すなわちカウント数を考慮していない. 一方, % loss counts は欠損と正常部分の広さとカウント数から, 欠損によるカウント数の減少率を求めたものである. この両者の梗塞サイズは異なった値とはなるが, しかし, その関係は, % area が% loss counts よりも数値の上でやや大きい値を示してはいるものの, 十分良好な相関を有している.

回転楕円体の心臓ファントムを用いた実験では, 本法による欠損の大きさは必ずしも実際の欠損の大きさと一致するものではなかった. 方法で述べたように, ここで求めている梗塞サイズは, ほぼ心断面と考えられる像での相対的な欠損の大きさを求めているもので, 本来の値とは異なる. 一方, コリメーターをファントムの長軸に平行なポジションに限ったことや, 欠損による心形態の変化を作り得なかったことで, 臨床例の撮影条件とも異なった点があると考えられた. しかし, Fig. 5 に示されるように, 求められた梗塞サイズは欠損の大きさを反映しているものと考えられる.

本法による梗塞サイズは各臨床パラメーター, すなわち左室駆出率, 肺動脈拡張末期圧, peak CPK および  $\Delta$  CPK と良い相関関係にあったが, 左室機能を表わす左室拡張末期圧との相関は低く, また肺動脈拡張末期圧のそれとは明らかな差があった. これは左室拡張末期圧が発症後, 約 1 ヶ月の心不全のない時期に測定されたのに対し, 肺動脈拡張末期圧が急性期に測定されたためと考えられる. すなわち, 急性期を脱した心筋梗塞の安静時循環動態は, 残余心筋などの他要因による代償機構が関与するため, 梗塞サイズとは直接的な関係が少ないものと推定される. 肺動脈拡張末期圧と梗塞サイズは良い相関にあったが, 肺動脈拡張末期圧は左室機能を反映するのに対し, 肺動脈収縮末期圧は右心系に属し, この差はむしろ, 本法

による梗塞サイズと左室機能との関係を示唆するものと考えられる. 梗塞サイズ算出の 1 方法である peak CPK および  $\Delta$  CPK と, 本法による梗塞サイズとの関係はいずれも良好なものであった. このような傾向はいずれの解析法においても同じであり, 数値的には % area よりも % loss counts, 1 方向よりも多方向のほうでやや大きい相関係数が得られたが, しかしその差は小さかった.

本法により梗塞サイズの経時変化をみたところ, 11 例すべてで小となる傾向を示し, その差は誤差範囲を越えるものであった. この変化率は広範囲梗塞で大きく, 小範囲梗塞で小さかった. しかし, 広範囲梗塞でも心不全や心拡大のある例では変化率が小さくなった. したがって, 梗塞サイズの変化率は臨床経過を反映するものと思われた.

## 要 約

心筋梗塞サイズの推定に対し, アイソトープ検査は繰り返し行える非侵襲的な検査法として, 適合するものと考えられ, 現在, 種々の試みがなされている. この報告では, 欠損の大きさや程度ができるだけ反映されるような方法を試みた. この結果, タリウム心筋像から相対的梗塞サイズを推定することが可能と思われた. また, 本法を繰り返すことにより, 梗塞の経過が判定できるものと考えられ, 従来とは別の形で臨床的に応用できる可能性が示された. しかし, アイソトープによる梗塞サイズ推定には, 欠損の決め方や撮影方法などにまだ問題があり, 今後さらに検討を要すると考えられる.

## 文 献

- 1) Page DL, Caulfield JB, Kastor JA, DeSanctis RW, Sanders CA: Myocardial changes associated with cardiogenic shock. *New Engl J Med* **285**: 133, 1971
- 2) Ellis LB, Allison RB, Rodoriguez FL, Robbins SL: Relation of the degree of coronary artery



- disease and of myocardial infarction to cardiac hypertrophy and chronic congestive heart failure. *New Engl J Med* **266**: 525, 1962
- 3) Pfeffer MA, Pfeffer JM, Fishbein MC, Fletcher PJ, Spadaro J, Kloner RA, Braunward E: Myocardial infarct size and ventricular function in rats. *Circul Res* **44**: 503, 1979
  - 4) Sobel BE, Bresnahan GF, Shell WE, Yorder RD: Estimation of infarct size in man and its relation to prognosis. *Circulation* **46**: 640, 1972
  - 5) Bleifeld W, Mathey D, Hanrath P, Buss H, Effert S: Infarct size estimated from serial serum creatinine phosphokinase in relation to left ventricular hemodynamics. *Circulation* **55**: 303, 1977
  - 6) Holman BL, Chisholm RJ, Braunward E: The prognostic implications of acute myocardial infarct scintigraphy with  $^{99m}\text{Tc}$ -pyrophosphate. *Circulation* **57**: 320, 1978
  - 7) Killen DA, Tinsley EA: Serum enzymes in experimental myocardial infarcts. *Arch Surg* **92**: 418, 1966
  - 8) Norris RM, Whitelock RML, Barrat-Boyes C, Small CW: Clinical measurement of myocardial infarct size. *Circulation* **51**: 614, 1975
  - 9) Henning H, Schelbert HR, Righetti A, Ashburn WL, O'Rourke RA: Dual myocardial imaging with Technetium-99m pyrophosphate and Thallium-201 for detecting, localizing and sizing acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* **40**: 147, 1977
  - 10) Parkey RW, Bonte FJ, Meyer SL: A new method of radionuclide imaging of acute myocardial infarction in humans. *Circulation* **50**: 540, 1974
  - 11) Morrison J, Coromilas J, Munsey D, Robbins M, Zema M, Chiaramida S, Reiser P, Sherr L: Correlation of radionuclide estimates of myocardial infarction size and release of creatinine kinase-MB in man. *Circulation* **62**: 277, 1980