

《技術報告》

三検出器型 SPECT 装置 (PRISM-3000) による 心筋 3 次元画像表示の有用性について

山崎 純一* 蒲野 俊雄* 内 孝* 飯田美保子*
 細井 宏益* 森下 健* 小暮 喬** 高野 政明***
 高橋 秀樹*** 丸山 雄三*** 高橋 宗尊****

要旨 三検出器型 SPECT 装置 (PRISM-3000) は従来の単検出器型 SPECT 装置に比較して、短時間に 360 度のデータ収集が可能であり、また各患者の体型を基準とした非円軌道を描くため、空間分解能も向上した。さらにデータ処理の高速化により、心筋 3 次元画像表示が短時間で済み、臨床への応用を可能とした。そこで今回、虚血性心疾患症例の心筋 3 次元画像表示を行い、その有用性と現時点での問題点について検討した。心筋梗塞症例では梗塞領域をより客観的に把握することができ、狭心症例でも 3 時間後遅延像で従来の心筋 SPECT 像に比較して、再分布領域の評価がより容易であった。しかし、現時点では虚血領域の Threshold を 40~50% の一定値に設定する必要がある、虚血重症度評価が困難であるため、今後新たなプログラムの導入が望まれる。

(核医学 30: 95-105, 1993)

I. はじめに

現在、心臓核医学では心筋虚血や心筋障害判定にあたり、心筋 SPECT 像が広く用いられているが^{1,2)}、より客観的な評価法として心筋 2 次元画像表示^{3,4)}や立体的観察を目的とした心筋 3 次元画像表示^{5,6)}が試みられている。特に後者は核医学を専門とする医師のみだけでなく、一般臨床医においても心筋虚血や心筋障害領域の評価が容易であるが、画像作成に時間を要する。この点、三検出器型 SPECT 装置である PRISM-3000 (PICKER) は、データ解析装置の高速化により、

心筋 3 次元画像表示までの処理時間がわずかに数分であり、この問題を克服することができた。東邦大学大森病院では、今回 PRISM-3000 を設置し、虚血性心疾患症例に対し、心筋血流検査を行ったので、心筋 3 次元画像表示の有用性ならびに現時点での問題点について症例を提示し報告する。

II. 方法ならびに対象

1. 方 法

1) 運動負荷法によるデータ収集

運動負荷は自転車エルゴメータによる多段階漸増負荷法で、胸痛などの自覚症状の出現、最大心拍数の 85% の心拍数に達した時、心電図上有意な ST 変化を終点として ²⁰¹TlCl 74~148 MBq (2~4 mCi) を静注し、さらに 1 分間の運動を継続した。静注 5 分後より低エネルギー、汎用コリメータを装着した PRISM-3000 を用い、初期像 (stress image) と、さらに 3 時間後に遅延像 (delayed image) を撮像した。

* 東邦大学内科学第一講座

** 同 放射線科

*** 同 RI

**** 島津製作所

受付: 4 年 8 月 21 日

最終稿受付: 4 年 10 月 14 日

別刷請求先: 大田区大森西 6-11-1 (☎ 143)

東邦大学内科学第一講座

山 崎 純 一

当院でのルーチン検査時のデータ収集条件は、収集マトリックスサイズが 64×64 で、収集時間は 1 View 15 秒ないし 20 秒、5 度ステップ (Stress image : 15 秒, Delayed image : 20 秒) で連続収集モードにて 2 往復、収集 View 数は total 72 View \times 2 である。以上のごとく、通常の検査でのデータ総収集時間は 12 分 (Delayed image : 16 分) であるが、ダイナミック・スタディモードでは最短 5 秒で 360 度のデータ収集が可能である。また患者の左右胸壁、および前胸壁にコリメータを位置合わせすることにより、各患者の体型を基準とした非円形軌道を描くことが可能である (Fig. 1)。

2) データ処理

データ収集後、Butterworth Filter でプロジェクションデータを前処理し、Ramp Filter を用いた 360 度フィルター補正逆投影 (filtered back projection) により体軸断層像を作成した。そして得られた体軸断層像の最高値を 100% とし、下限カットレベル (Baseline) を表面作成のためのしきい値 (Threshold) とした。この Threshold により決定された等カウント面を表面として、心筋 3 次元画像表示を行った。心筋 SPECT 像を参考に Baseline を 0%, 25%, 45% と変化させたが、25% で右室壁も描出され、さらに Baseline を 45% まで変化させた時、左室壁のみ描出され、かつ梗塞症例などでは梗塞領域に一致して欠損像が示された (Fig. 2)。

2. 対 象

対象は急性期に心筋逸脱酵素の上昇や心電図変化が認められ、梗塞発作から 1 か月以上経過した陳旧性心筋梗塞症 (Old myocardial infarction: OMI) 10 例および運動負荷心電図や冠動脈造影から診断された狭心症 (Angina pectoris: AP) 3 例の計 13 例である (男性: 8 例, 女性: 2 例, 年齢 60.9 ± 12.4 歳)。OMI では前壁・中隔梗塞 4 例, 下後壁梗塞 5 例, 側壁梗塞 1 例である。AP における病変部位は左前下行枝 1 例, 右冠動脈 1 例, 左回旋枝 1 例である。また胸痛を主訴とするも Treadmill 運動負荷心電図, 運動負荷心筋 SPECT にて異常所見の認められなかった 4 例を正常群とした。

III. 結 果

1) 心筋ファントムを用いた基礎的検討

今回用いた心筋ファントム (RH2 型: 京都科学社製) は心筋部分容量 175 ml, 左室腔 133 ml, 右室腔 170 ml である。42 KBq/ml の $^{201}\text{TlCl}$ 水溶液を注入した心筋ファントムの心尖部, 中隔, 後壁に直径 3 cm の, 前壁, 側壁に直径 2 cm の欠損部を作成した。PRISM-3000 を用い, 3 次元画像表示の基礎的検討を行ったが, 同部位に一致して欠損像が示された (Fig. 3)。

2) 非円軌道と円軌道の比較

非円軌道および円軌道により得られた短軸断層像を, 臨床例および心筋ファントムを用いて比較した。非円軌道により得られた断層像において, 左室内腔がより明瞭に描出された (Fig. 4)。

3) 心筋 SPECT 像と心筋 3 次元画像との比較

13 例の心筋 SPECT 像と心筋 3 次元画像を比較したが, OMI 10 例全例心筋 SPECT 像での欠損部位に一致して, 心筋 3 次元画像においても欠損が示された。また AP 3 例においても再分布の観察が容易であった。

IV. 症 例 提 示

症例 1: Z.Y., 54 歳, 男性。非典型的な胸痛の精査目的で来院した症例であるが, Treadmill 運動負荷心電図, 運動負荷心筋 SPECT で異常所見は認められなかった。運動負荷直後, ならば 3 時間後に収集したデータより心筋 3 次元画像表示を行ったが, 画像作成にあたり Threshold を 45% とした。右側面像では心室中隔, 正面像では心尖部および前壁, 左側面像では左側壁, 後面像では心基部の観察が容易であるが, 任意の方向からの観察が可能である。初期像, 遅延像とも左室心筋が明瞭に描出されており, TI 欠損や再分布を認めない (Fig. 5)。

症例 2: A.T., 63 歳, 男性。前壁中隔心筋梗塞にて入院した症例である。心筋 SPECT 像では前壁, 心尖部, 心室中隔に欠損が認められたが, 3 時間後の遅延像ではいずれの領域にも再分布が示

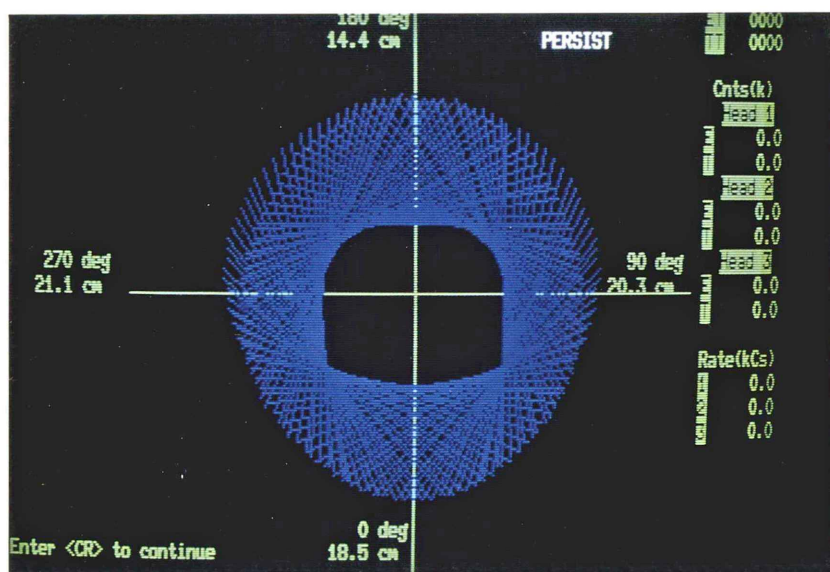


Fig. 1 The non-circular orbit of the camera heads fitting the individual form of the body.

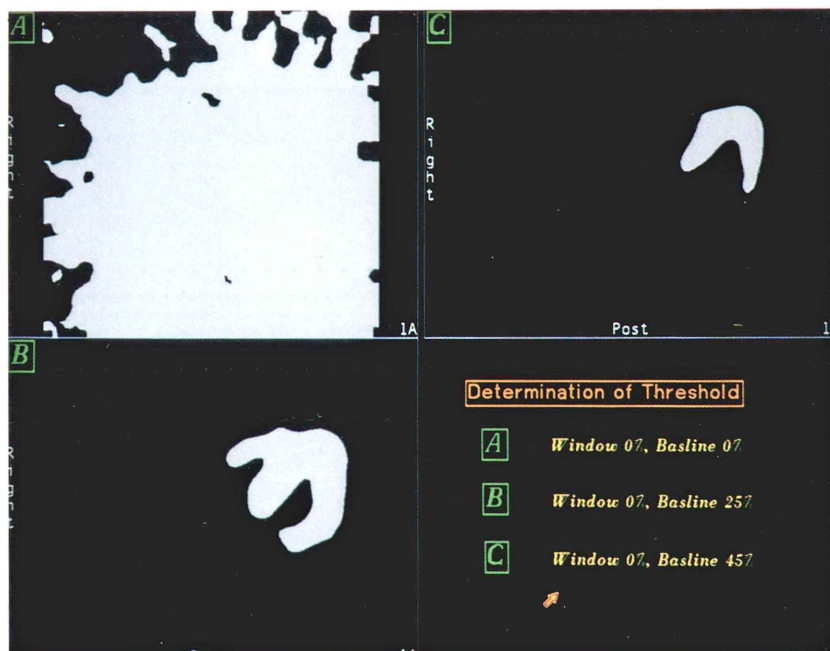


Fig. 2 The setting of the threshold.

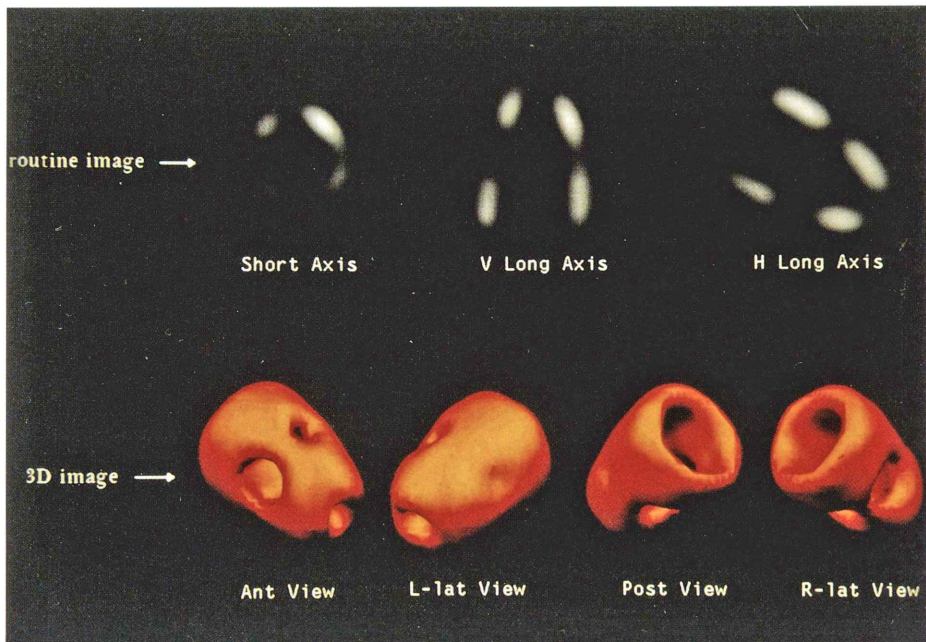


Fig. 3 Basic study with phantom of myocardium. When the phantoms were scanned, the defects were consistently imaged in the corresponding positions.

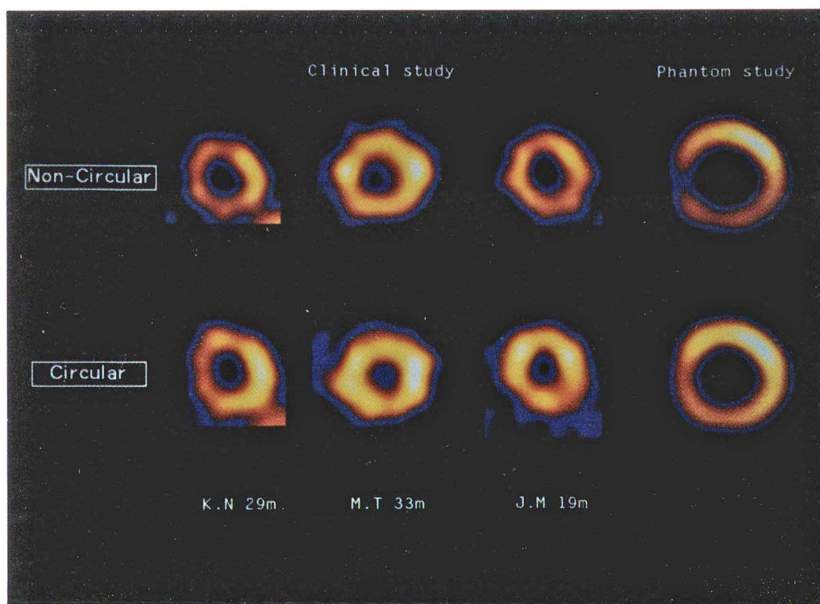


Fig. 4 Comparison the short axial images obtained by the non-circular orbit and the circular orbit.

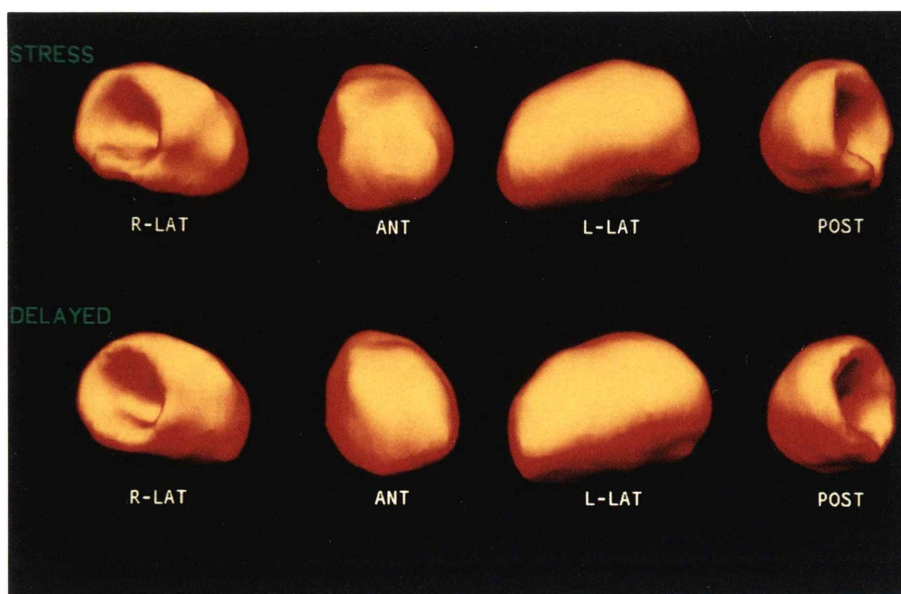


Fig. 5 The reconstructed three dimensional images of the right lateral, anterior, left lateral, and posterior myocardial views were obtained immediately and 3 hours after exercise in a normal case 1. Neither a defect of TI distribution nor redistribution was demonstrated.

された (Fig. 6a). 4 方向から観察した心筋 3 次元画像では、心筋 SPECT 像同様、前壁、心室中隔の一部および心尖部に欠損が示され、3 時間後の遅延像では欠損は消失した (Fig. 6b).

症例 3: M.S., 58 歳, 男性. 心筋梗塞急性期に右冠動脈 (4PD) に対し、冠動脈血栓溶解療法が施行された下壁梗塞症例である. 心筋 SPECT 像では限局性に欠損像が認められた (Fig. 7a). 同症例における心筋 3 次元画像を下後壁側より観察したが、下壁に限局性の Persistent defect を認めた (Fig. 7b).

症例 4: Y.H., 64 歳, 男性. 前壁ならびに心尖部の心筋梗塞症例であるが、3 時間後の SPECT 像にて心尖部周囲に再分布が観察された. 同症例での 3 次元画像表示では、心尖部の欠損像が示され、3 時間後に前壁の一部に再分布が認められた (Fig. 8a, b).

症例 5: M.S., 65 歳, 女性. 労作性狭心症例であるが、冠動脈造影で左回旋枝 (LCX: #11) は

100% 閉塞で左前下行枝、右冠動脈より良好な側副血行路が認められた. 運動負荷 TI 心筋 SPECT では後側壁に欠損像が示され、運動負荷 30 分後の早期相から、不完全ながら再分布が認められた. 同症例の 3 次元画像表示では、SPECT 像同様に後側壁に欠損像が認められたが、3 時間後には良好な再分布が認められた (Fig. 9).

症例 6: S.I., 57 歳, 男性. 下壁梗塞症例で右冠動脈 (RCA: #1) に 74% の狭窄病変が認められた. また左前下行枝 (LAD: #7) にも 74%, 86% の狭窄病変があった. 心筋 SPECT 像では下壁および心室中隔の一部に欠損像が認められたが、3 時間後の遅延像では中隔に完全再分布が、下壁も一部の領域を残し再分布が示された. TI 再静注後、下壁に良好な心筋灌流が認められた (Fig. 10a). 下後壁側より観察した心筋 3 次元画像でも、心筋 SPECT 像同様の変化が示されたが、再分布の観察が容易であった (Fig. 10b).

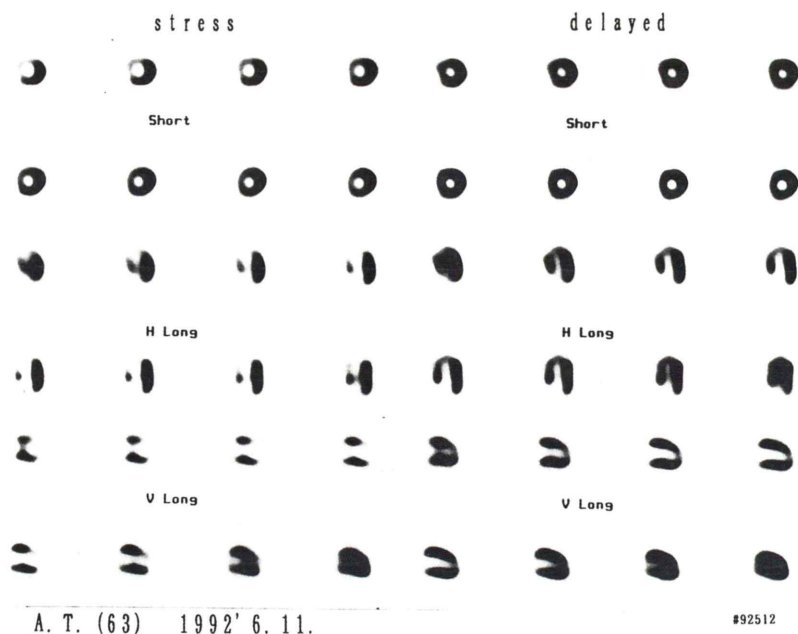


Fig. 6a Case 2 is a 63-year-old man who was admitted after antero-septal myocardial infarction. Myocardial SPECT demonstrated defects in the anterior wall, ventricular septum, and apex. The delayed images obtained 3 hours after exercise showed redistribution in all areas.

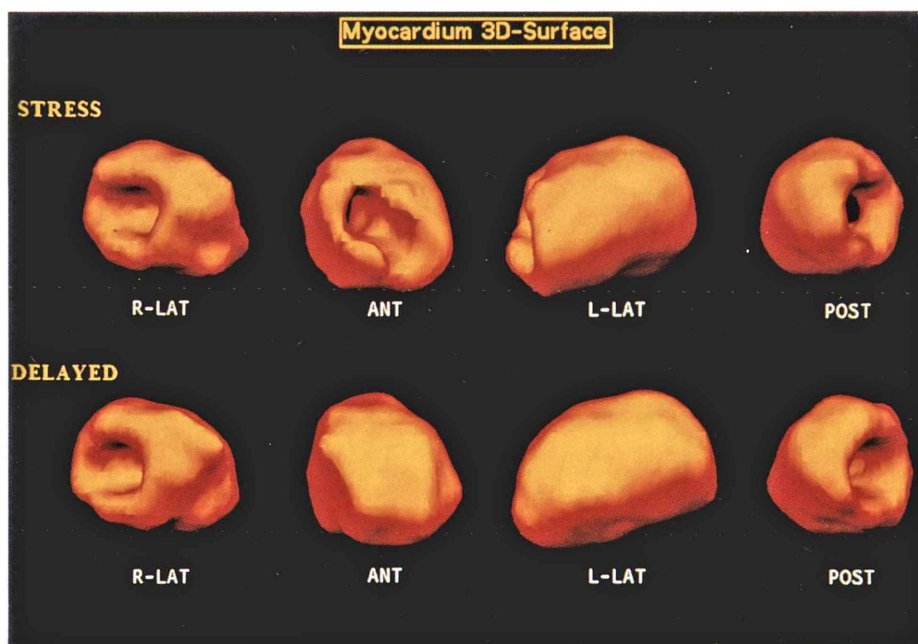


Fig. 6b Three dimensional images of the myocardium demonstrated changes similar to those observed by myocardial SPECT.

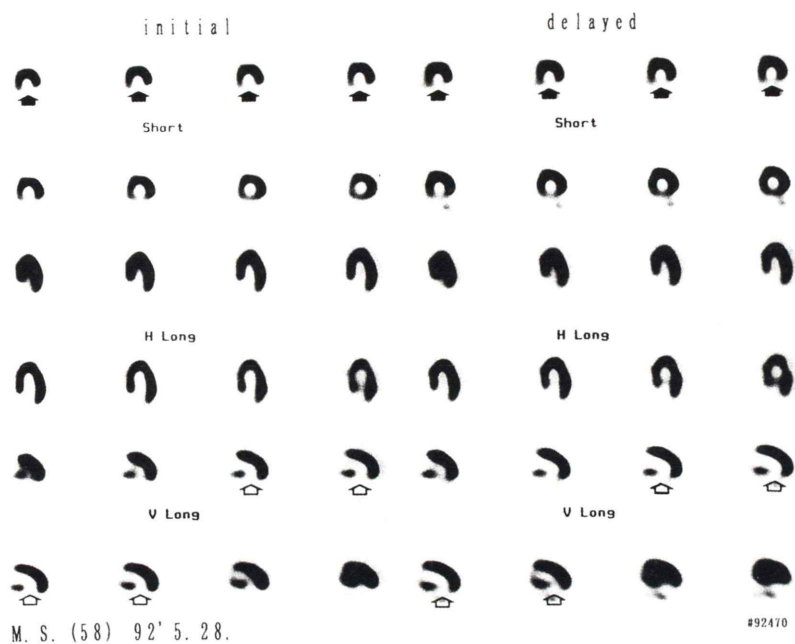


Fig. 7a Case 3 is a 58-year-old man with inferior myocardial infarction. The myocardial SPECT demonstrated a localized defect.

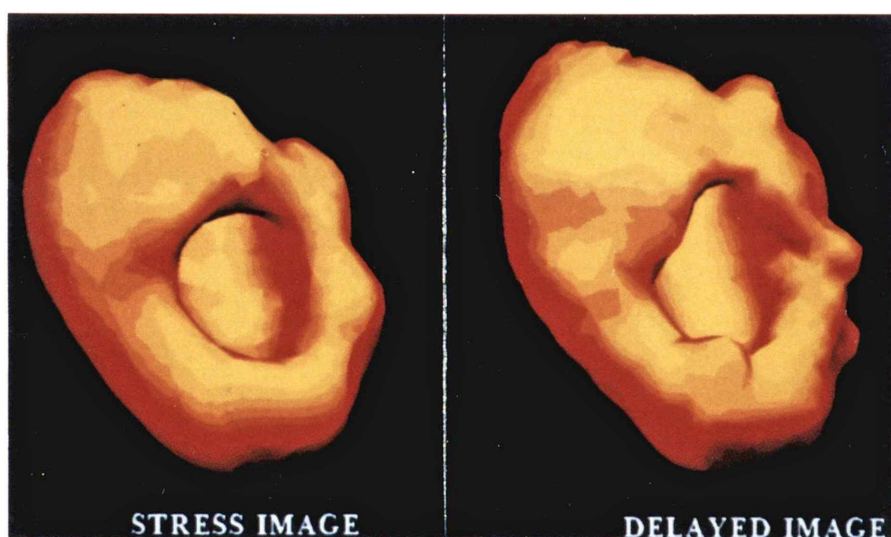


Fig. 7b One of the three dimensional images, viewed through the inferior posterior wall, demonstrated a localized persistent defect of TI distribution in a case 3.

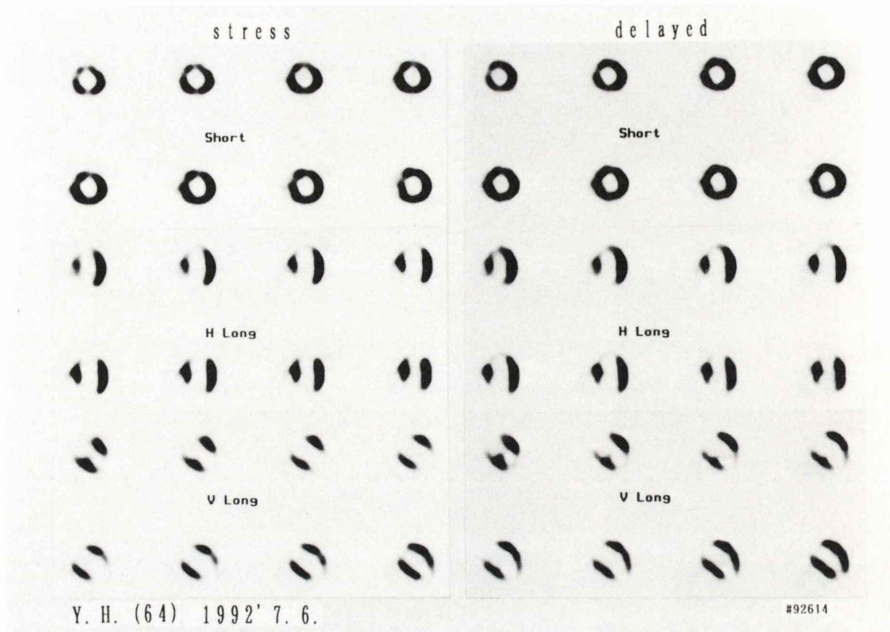


Fig. 8a Case 4 is a 64-year-old man with old myocardial infarction of the anterior wall and the apex. Redistribution was demonstrated in the apical area on SPECT images obtained.

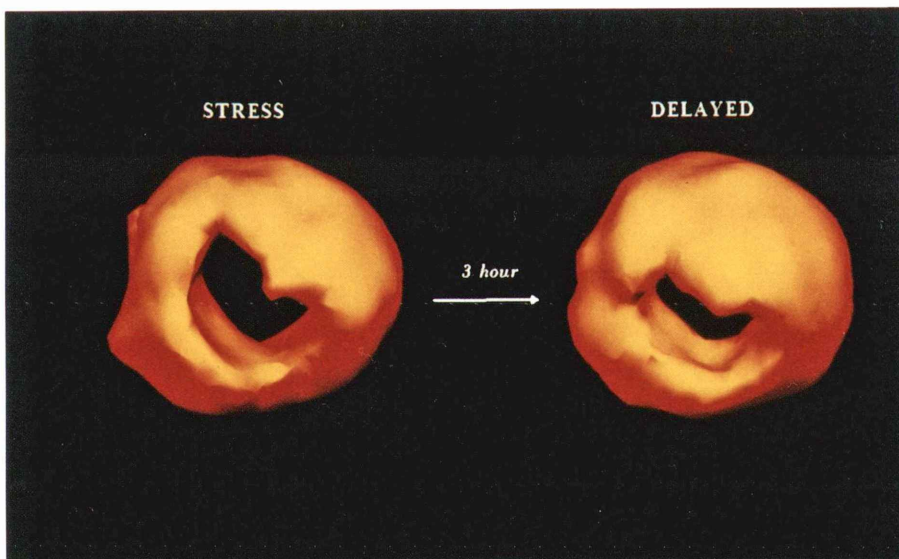


Fig. 8b In three dimensional images, a defect was demonstrated in the apex, and then, redistribution in part of the anterior wall in a case 4.

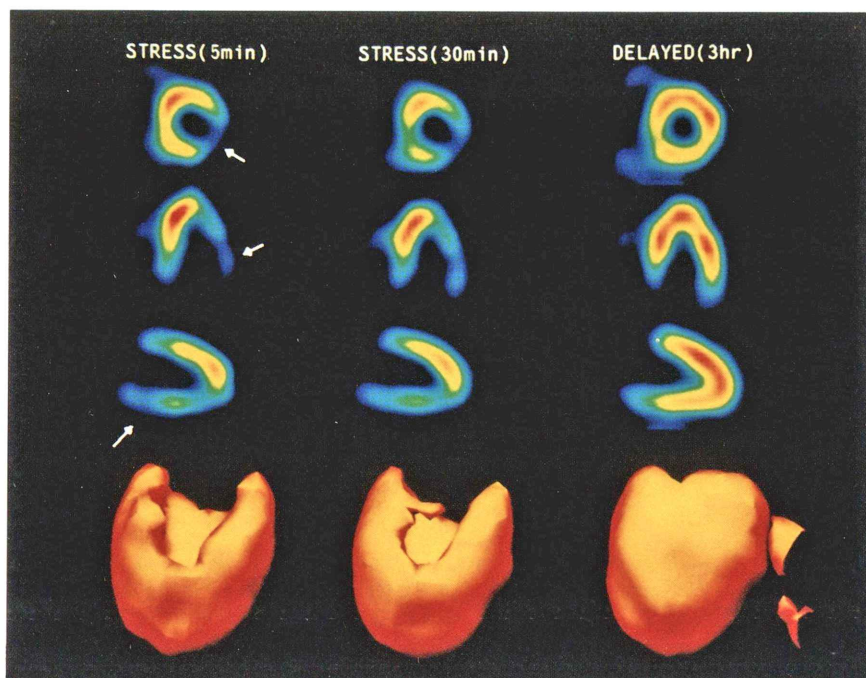


Fig. 9 Case 5 is a 65-year-old woman having angina pectoris on effort. Exercise three dimensional image demonstrated a defect in the posterior lateral wall. Redistribution, although incomplete, began as early as 30 minutes after exercise, and then became satisfactory 3 hours after exercise.

V. 考 察

三検出器型 SPECT 装置である PRISM-3000 は、従来の単検出器型 SPECT 装置に比較して、短時間に 360 度のデータ収集が可能であり、また各患者の体型を基準とした非円軌道を描くことにより、空間分解能も向上した。当院においては、通常 stress image では 12 分間、delayed image では 16 分間データを収集しているが、本装置では最短 5 秒で 360 度のデータ収集が可能である。データ処理において、すべての操作時間を加味しても、数分以内に心筋 3 次元画像表示が可能であり、臨床応用も十分可能と思われる。従来の心筋 SPECT 像では、梗塞領域の広がりを客観的に評価することは困難なことがある。臨床の場でも応用されている Bull's eye 法を用いることにより、梗塞領域をより客観的に把握することができるが³⁾、同方

法は特に左室心基部での虚血または梗塞領域を過大評価する可能性がある。この点、心筋 3 次元画像表示は、あらゆる方向から、虚血領域や梗塞領域の客観的評価が容易である点が優れていた。しかし現時点で、3 次元画像表示作成にあたり、心筋 SPECT 像を参考に、Threshold を一定値に設定する必要がある。このため、梗塞領域または虚血領域における重症度を Bull's eye 法のごとく評価することが不可能で、心筋 Viability を過小評価する可能性があり、今後新たなプログラムの導入が必要であると考えられた。

文 献

- 1) Holman BL, Hill TC, Wynne J, 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: 736-740, 1979

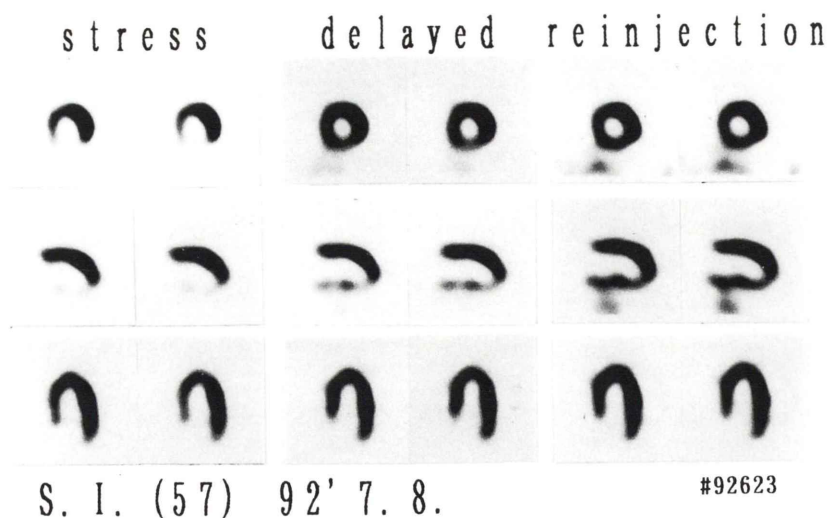


Fig. 10a Case 6 is a 57-year-old man with inferior myocardial infarction. Myocardial SPECT demonstrated defect in the inferior wall, with hypoperfusion in the septal wall. The delayed images obtained 3 hours after exercise showed incomplete redistribution in the inferior wall. After reinjection, normal perfusion was obtained.

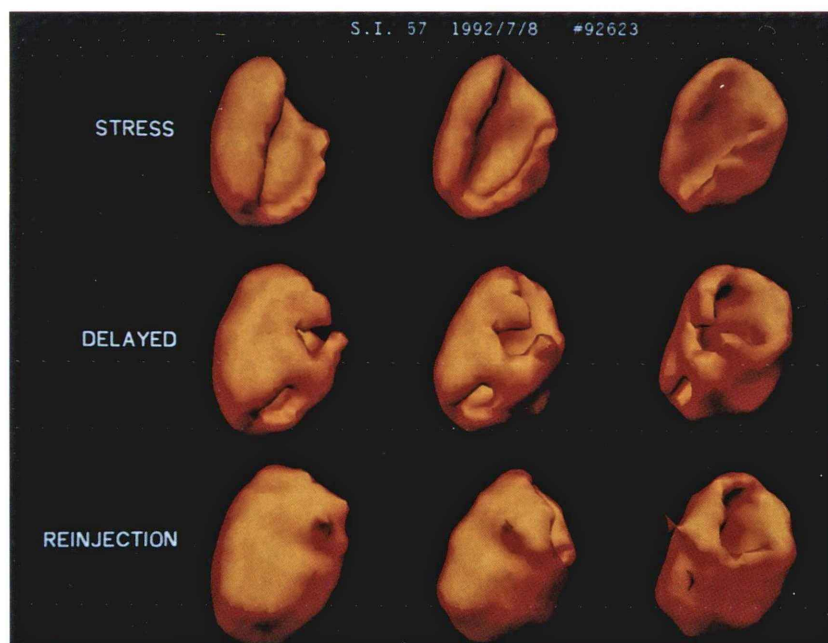


Fig. 10b Three dimensional images of myocardium demonstrated changes similar to observed those by myocardial SPECT.

- 2) Tamaki N, Mukai T, Ishii Y, Yonekura Y, Kambara H, Kawai C, et al: Clinical evaluation of thallium-201 emission myocardial tomography using a rotating gamma camera: comparison with seven-pinhole tomography. *J Nucl Med* **22**: 849-855, 1981
- 3) Maddahi J, Garcia EV, Berman D, Waxman A, Swan HJC, Forrester J: Improvement noninvasive assessment of coronary artery disease by quantitative analysis of regional stress myocardial distribution and washout of thallium-201. *Circulation* **64**: 924-935, 1981
- 4) 片渕哲朗, 西村恒彦, 植原敏勇, 松尾剛志, 林田孝平, 岡 尚嗣, 他: ^{201}Tl 心筋 SPECT 展開図表示を用いた冠動脈支配領域の定量的解析法と画像表示法の開発 (第 1 報)——基礎的検討——. *核医学* **27**: 569-577, 1990
- 5) 松田宏史, 村田 啓, 外山比南子, 西村重敬, 加藤健一: 運動負荷タリウム心筋スキャンにおける定量的解析立体表示法——Quantitative STEREO-VIEW 法の開発とその臨床応用——. *核医学* **26**: 845-854, 1989
- 6) Garcia EV, Cooke D, Van Train KF, Folks R, Peifer J, DePuey G, et al: Technical aspects of myocardial SPECT imaging with technetium-99m Sestamibi. *Am J Cardiol* **66**: 23E-31E, 1990

Summary

The Usefulness of Three Dimensional Imaging of the Myocardium Using Three Heads SPECT Camera (PRISM-3000)

Jun-ichi YAMAZAKI*, Toshio KABANO*, Takashi UCHI*, Mihoko IIDA*,
Hiromitsu HOSOI*, Takeshi MORISHITA*, Takashi KOGURE**, Masaaki TAKANO***,
Hideki TAKAHASHI***, Yuzo MARUYAMA*** and Munehiro TAKAHASHI****

*First Department of Internal Medicine, **Department of Radiology, ***Department of Radioisotope,
Toho University School of Medicine
****Shimadzu Corporation

The SPECT unit using a 3 heads camera (PRISM-3000) has an advantage over the conventional one head camera SPECT unit because it can complete full circle scans (360° scans) within a short time, and because the non-circular orbit of the camera heads fitting the individual form of the body has improved the spatial resolution. In addition, the high speed data processing has reduced the time for scan, enabling the three dimensional imaging system clinically applicable. In the present study, this modern technique was used to examine the myocardium in patients with ischemic heart disease so as to evaluate it for usefulness and depict problem to be solved.

In patients with myocardial infarction, images obtained with a PRISM-3000 machine could provide more objective information on infarcts than conventional images. In patients with angina pectoris, delayed images obtained 3 hours after exercise by the new method were superior to conventional ones in power of demonstrating redistribution.

The setting of the threshold for ischemic lesions at 40-50% hampers the assessment of the severity of ischemia. A new program should be introduced to solve this problem.

Key words: Three heads SPECT camera, Three dimensional imaging, Ischemic heart disease.