

〈原 著〉

運動負荷 ^{201}Tl 心筋 SPECT 24 時間後少量再静注の試み

杉原 秀樹* 玉木 長良*** 野澤 真人* 稲本 康彦*
谷口 義光** 青木 悦雄** 三ッ浪健一**** 木之下正彦****

要旨 運動負荷 ^{201}Tl 心筋 SPECT 24 時間後遅延像の画質を向上させるため、24 時間後に少量の ^{201}Tl を再静注する方法を試み同法の有用性について検討した。対象は 24 時間後遅延像 (24 DL) を撮像した 18 例、および 24 時間後再静注 (24 RI) を施行した 27 例。 ^{201}Tl 111 MBq を用いた運動負荷心筋 SPECT を施行し、読影の後、不完全再分布および固定性欠損を示す症例に対してのみ 24 時間後の撮像を行った。24 DL 群において、心筋カウントは 3 時間後に約 1/2、24 時間後に約 1/4 (同一収集時間に換算) になったが、24 時間後 ^{201}Tl を 37 MBq 再静注した場合、3 時間後とほぼ同等の心筋カウントと画質が得られた。3 時間後に欠損と判定した区域のうち、24 RI で初めて再分布を認めたのは 5/14 区域 (36%)、再分布の明瞭化は 6/24 区域 (25%) であり、24 DL のそれぞれ 11%、17% に比べ分布の改善頻度が高い傾向にあった。本法は画質の低下も少なく、再分布の出現頻度も多い傾向にあり、心筋 viability の評価に有用と思われた。

(核医学 32: 359-365, 1995)

I. はじめに

負荷 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィは虚血性心疾患の診断のみならず心筋 viability の判定にはきわめて有用であり、血行再建術の適応を決定する際にも重要な検査法と考えられている^{1,2)}。しかし ^{201}Tl を用いた心筋 viability の判定において、3~4 時間後の遅延像のみでは viable な心筋を過小評価することが指摘されて以来^{3~6)}、より正確に心筋 viability を評価するため同日再静注法^{7~10,16)} や 24 時間

後遅延像の撮像^{11~13)}、負荷像と安静時像を他日に撮像する方法^{14,15)} などが行われその有用性が報告されてきた。しかし特に 24 時間後遅延像ではカウント低下による画質の低下が指摘されている¹⁶⁾。今回われわれは 24 時間後遅延像の画質を向上させるため 24 時間後に ^{201}Tl を少量再静注する方法を試みその有用性について検討した。

II. 対 象

心筋梗塞 12 例、虚血性心疾患の疑われた 33 例の計 45 例 (男性 31 例、女性 14 例、平均年齢 64 ± 10 歳) を対象とした。これらの症例をランダムに 24 時間後遅延像撮像群 18 例、24 時間後再静注施行群 27 例に選別した。両群間に年齢、性別、心筋梗塞の既往の有無について差はなかった。いずれの群も 3 時間後遅延像撮像後、明らかな灌流異常を認めない症例、完全再分布を認める症例は対象から除外した。

* 公立高島総合病院内科

** 同 放射線科

*** 京都大学医学部核医学科

**** 滋賀医科大学第一内科

受付：6 年 9 月 19 日

最終稿受付：7 年 1 月 26 日

別刷請求先：滋賀県高島郡高島町勝野 1667

(☎ 520-11)

公立高島総合病院内科

杉原 秀樹

III. 方 法

トレッドミルによる多段階運動負荷を行い最大負荷時 ²⁰¹Tl 111 MBq を投与し、負荷を 1 分間持続した。投与 10 分後、3 時間後は 1 方向 30 秒、32 方向、180 度収集を行った。両者の画像にて不完全再分布を示す症例や固定性欠損を示す症例を選んで 24 時間後の撮像を試みた。24 時間後遅延像群では 1 方向 60 秒にて収集を行った。一方 24 時間後再静注群は 24 時間後に ²⁰¹Tl を 37 MBq 投与し 15 分後 1 方向 30 秒にて撮像した (Fig. 1)。

再分布の評価は Fig. 2 のごとく心筋を 9 区域に分割し、両群の再分布の出現頻度の検討を行った。使用機種は GE 社製 STARCAM400 AC/T、

フィルターは前処理に Hanning, 再構成に Rump filter を用いた。

体軸横断断層像にて Fig. 3 のごとく心筋 3 箇所と胸郭に 3×3 の、肺野に 5×10 pixel の ROI をとり、各部位での 1 pixel あたりのカウントを算出し、心筋対バックグラウンドのカウント比を求めた。また画質についても Good, Fair, Poor, Uninterpretable の 4 段階に分類した。なお 1 pixel のサイズは 6 mm である。

結果は mean±S.D. で表し、二群間のカウントの比較には unpaired-t test, その他は χ^2 test をもちい、 $p < 0.05$ をもって有意差ありとした。

IV. 結 果

Fig. 4 に各撮像における心筋の平均カウントを

PROTOCOL

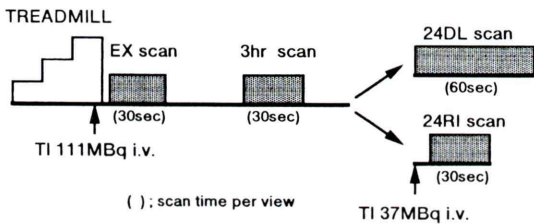


Fig. 1 Schema of the protocol of this study.

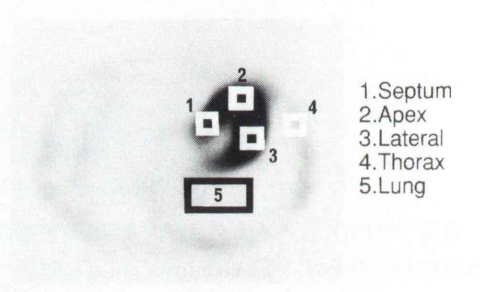


Fig. 3 Definition of the region of interest.

Myocardial Segments

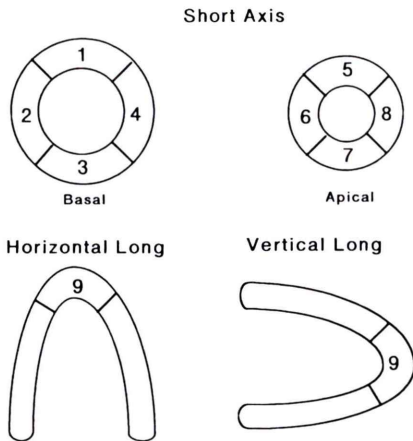


Fig. 2 Diagram of the nine left ventricular segments.

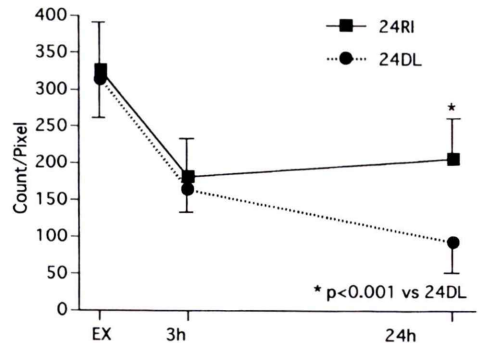


Fig. 4 The time activity of the myocardium. Myocardial count of 24 DL was corrected by the scanning time. Values are mean ± standard deviation.

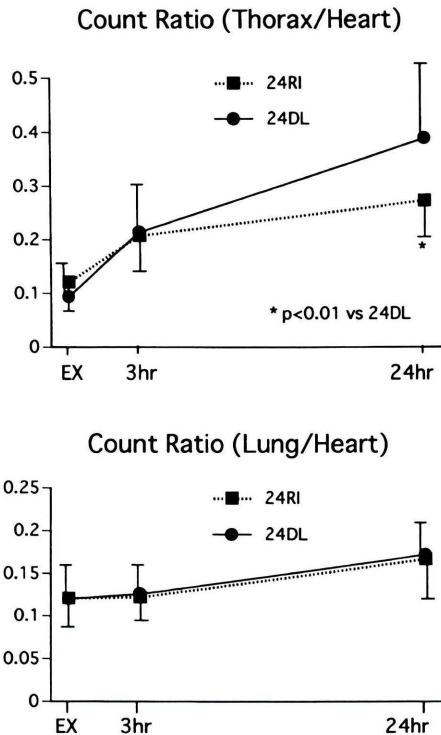


Fig. 5 The count ratio of the lung to heart and the thorax to heart. Values are mean ± standard deviation.

示す。24 時間後遅延像において心筋カウントは運動負荷初期像では 314 ± 40 count/pixel, 3 時間後に 164 ± 23 と約 1/2 になり, 24 時間後では 92 ± 33 と 1/3 ~ 1/4 程度 (収集時間を同一に換算した場合) になったが, 24 時間後の再静注により 30 秒収集でカウントは 206 ± 52 となり, 3 時間後とほぼ同程度になった。

24 時間後遅延像群において肺野のカウントは経時的に減少し, 肺対心筋カウント比もほぼ一定であることより, 肺野のカウントが 24 時間後遅延像の画質を低下させる主な要因とは考えにくかった。一方胸部のカウントはほぼ一定で胸部対心筋のカウント比は経時的に増加しており, 24 時間後遅延像の画質を低下させる一要因と考えられた (Fig. 5)。

視覚的判定では, 再静注により 3 時間後像とほぼ同等の画質が得られ, 24 時間後遅延像群に比

Table 1 Comparison of the quality of images

| | EX | 3hr | 24DL |
|-----------------|----|-----|------|
| Good | 16 | 10 | 1 |
| Fair | 2 | 8 | 11 |
| Poor | 0 | 0 | 6 |
| Uninterpretable | 0 | 0 | 0 |

| | EX | 3hr | 24RI |
|-----------------|----|-----|------|
| Good | 22 | 10 | 10 |
| Fair | 5 | 17 | 16 |
| Poor | 0 | 0 | 1 |
| Uninterpretable | 0 | 0 | 0 |

べ画質の低下する症例が有意に少なかった ($p < 0.01$) (Table 1)。

3 時間後遅延像で欠損と判定した区域のうち, 24 時間後再静注により初めて再分布を認めたのは 5/14 区域 (36%)。3 時間後再分布を認めた区域のうち再静注により再分布の明瞭化を認めた区域は 6/24 区域 (25%) で, 24 時間後遅延像撮像群のそれぞれ 11%, 17% に比べて, 有意差はないものの (それぞれ $p=0.09$, $p=0.52$), 分布の改善頻度が高い傾向にあった (Table 2)。

症例呈示

症例 1 71 歳男性, 陳旧性心筋梗塞例。冠動脈造影上, 右冠動脈 #2 に 75%, #4 PL に 90%, 左前下行枝 #6 に 90%, #7 に 100%, 左回旋枝 #13 に 75% の狭窄を有し, #4 PD, #12 から左前下行枝に側副血行を認めた。通常の負荷心筋 SPECT では中隔に不完全再分布を認めるが, 24 時間後 ²⁰¹Tl 37 MBq の再静注により中隔を中心により明瞭な再分布の出現を認めた (Fig. 6)。

症例 2 43 歳男性, 陳旧性心筋梗塞例。冠動脈

Table 2 Comparison of the assessment of redistribution between 3 hours delayed images and 24 DL (A), 24 RI (B)

| | | | |
|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--|
| 3 hr delayed image | | 24 hr delayed image | |
| A | Incomplete redistribution (23) | Improvement of redistribution (4) | |
| | | Same as 3 hr delayed image (16) | |
| | | Disappearance of redistribution (3) | |
| | Persistent defect (18) | New redistribution (2) | |
| | | Same as 3 hr delayed image (16) | |

| | | | |
|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--|
| 3 hr delayed image | | Reinjection at 24 hr | |
| B | Incomplete redistribution (24) | Improvement of redistribution (6) | |
| | | Same as 3 hr delayed image (16) | |
| | | Disappearance of redistribution (2) | |
| | Persistent defect (14) | New redistribution (5) | |
| | | Same as 3 hr delayed image (9) | |

() number of regions

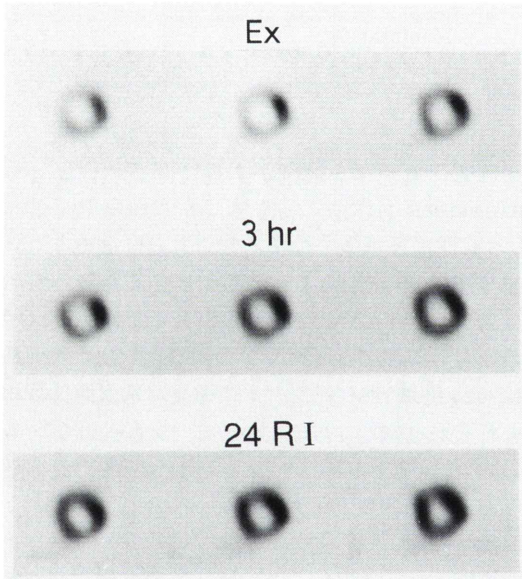


Fig. 6 (Case 1) A series of short-axial slices of stress (top), 3 hours delayed (middle) and reinjected at 24 hours delayed (bottom) scan of a patient with 3 vessels disease. Incomplete redistribution was seen in septal region in 3 hours delayed scan, and improvement of redistribution was seen in 24 RI scan.

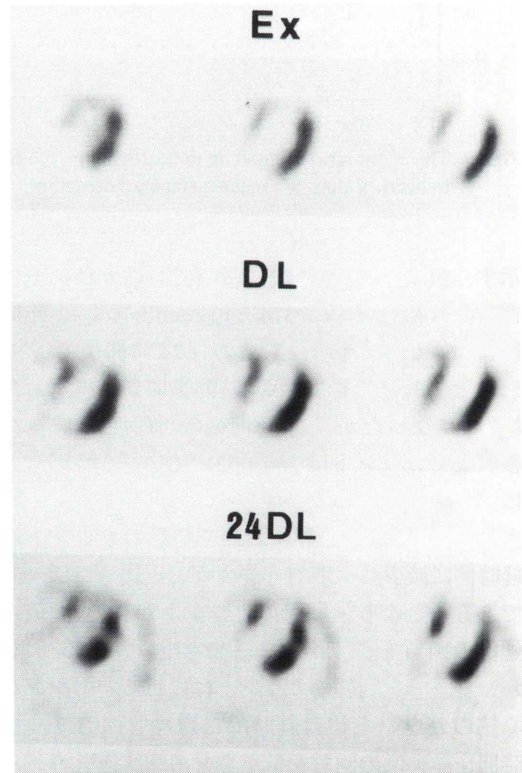


Fig. 7 (Case 2) A series of trans-axial slices of a patient with old myocardial infarction. In 24 DL scan, the count of thorax affected on the image of myocardium.

造影上、左前下行枝 #6 に 100%, 右冠動脈 #3, 左回旋枝 #13 に 50% の狭窄, および #4 PD から左前下行枝に側副血行を有し, 左室造影では segment 3 の dyskinesis を認めた. 負荷時像では心尖部の欠損, 前壁中隔の灌流低下を認め, 3 時間後遅延像では中隔を中心に軽度の再分布を認めた. 24 時間後遅延像では胸郭の相対的カウント増加が画像に影響を及ぼしていることがわかる (Fig. 7).

V. 考 察

運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィにおいて 3 時間後遅延像だけでは心筋 viability を過小評価するとされ³⁻⁶⁾, 同日再静注法^{7-10,16)}, 24 時間後遅延像の撮像¹¹⁻¹³⁾, 他日に安静時像を撮像する方法^{14,15)}などが行われるようになった. このうち 24 時間後遅延像は心筋内 ^{201}Tl の平衡時分布を増すとされ, 心筋 viability をよく反映するとされているが, 反面カウント低下による画質の低下が指摘されている¹⁶⁾. 今回われわれは 24 時間後のカウント低下を補う目的で 24 時間後に ^{201}Tl を少量再静注する方法を試み, 従来の 3 時間後像および 24 時間後像と対比することにより, その有用性について検討した.

心筋カウントからみた場合, 24 時間後に 37 MBq の再静注により, 同一収集時間で 3 時間後像とほぼ同じカウントが得られ, 視覚的な画質評価でも 3 時間後像と同程度の画像が得られた. 一方 24 時間後遅延像は, 一方向 60 秒収集で, ほぼ 3 時間後像と同じカウントにも関わらず画質の低下する症例が少なからず存在し, 心筋カウントの低下だけでは画質が低下することの説明はできなかった. このことから収集時間の延長やフィルターの変更でも, 24 時間後像では同様に画質の低下が起こることが推察された. またバックグラウンドの影響を見るため肺野および胸郭のカウントを調べたが, 肺野のカウントは予想に反して経時的に減少し肺対心筋比もほぼ一定であり, 肺野の相対的なカウント増加が 24 時間後遅延像の画質低下の主要因とは考えにくかった. 一方胸郭のカウントは, 骨格筋に取り込まれた ^{201}Tl の洗

い出しが遅いためと思われるが, ほぼ一定であり, 胸郭対心筋のカウント比も経時的に増加することから, 胸郭のカウントは 24 時間後遅延像の画質低下の一要因と思われる.

検査の流れとしては, 同日の再静注に比べ 24 時間後の撮像になるため外来患者は翌日に来院する必要が生じるのが問題である. しかし追加の撮像をする症例を選択でき, 24 時間後遅延像に比べ撮像時間を延長させる必要がなく, 画質の低下がほとんどなかった.

^{201}Tl の読影に関しては負荷像と 3 時間後の画像だけでは判定に迷う症例も多いが, 追加の撮像をすることでより正確な判定が可能になると思われる. その追加画像は 3 時間後像だけでは判定が困難な症例, 梗塞例など症例を選んで行い, しかもあえて撮像を追加するならその画像は良好な画質が望まれる. 実際 24 時間後遅延像を追加しても画質低下によりさらに viability の判定に迷う症例が少なからず存在しており, これらのことから考えても, 本法はより有用な方法と思われた.

^{201}Tl における再分布の機序については十分解明されていないが, 本法は 24 時間後の心筋内 ^{201}Tl の平衡状態の画像と, 安静状態での再静注による安静時画像との合成像と推察され, より安静時の心筋血流分布の状態を反映することが予想される. 実際, 今回は同一症例の比較ではないが 24 時間後再静注の方がより再分布の出現頻度が高い傾向にあり, より viable な心筋を検出できる可能性が示唆された. Kayden らは 24 時間後遅延像撮像後に ^{201}Tl 2.5 mCi (92.5 MBq) を投与し, 同一症例でのそれぞれの画像の再分布の出現頻度を検討しているが, 2~4 時間後像で固定性欠損を認めた症例のうち 24 時間後遅延像で再分布の出現を認めたのは 27%, 安静時再静注では 71% と報告し安静時再静注の有用性を示している¹⁷⁾. われわれの方法は ^{201}Tl 37 MBq の少量投与であるが Kayden らと同様の結果を得た. しかし一般に行われている同日の再静注法との比較は今回行っておらず今後の対比検討が必要である.

また 24 時間後像においては, 3 時間後に出現

した不完全再分布が逆に消失する症例も存在した。この原因として artifact による可能性や、再静注により健常部位への集積が増加した可能性が考えられるが、この点も今後検討を要するものと思われた。

本法は外来患者に応用するには検査が2日間に及ぶ点で煩雑であるが、入院患者においては全く問題がない。また24時間後の検査を施行するかどうかをじっくり判定できること、また検査の流れを大きく変える必要もない点で有用な検査法と思われた。

VI. まとめ

24時間後の²⁰¹Tl少量再静注法は24時間後遅延像に比べ、24時間後の再分布の明瞭化や再分布の出現頻度が高い傾向にあった。本法は追加画像を撮像する症例を選択することができ、撮像時間の延長も行う必要がなく良好な画質を得られる利点がある。したがって、24時間後に撮像するのなら、再静注を併用した方がより有用と思われた。

本論文の要旨は第57回日本循環器学会学術集会(1993年、千葉)において発表した。

謝辞：本研究にご協力いただいた田仲輝光先生(現武田病院)に感謝いたします。

文 献

- 1) Rozanski A, Bermann DS, Gray R, Levy R, Raymond M, Maddahi J, et al: Use of thallium-201 redistribution scintigraphy in the preoperative differentiation of reversible and nonreversible myocardial asynergy. *Circulation* **56**: 66-71, 1981
- 2) Lim Y, Okada RD, Chesler DA, Block PC, Boucher CA, Pohost GM: A new approach to quantitation of exercise thallium-201 scintigraphy before and after an investigation; Application to define the impact of coronary angioplasty on regional myocardial perfusion. *Am Heart J* **108**: 917-925, 1984
- 3) Tamaki N, Yonekura Y, Yamasita K, Senda M, Saji H, Hasimoto T, et al: Relation of left ventricular perfusion and wall motion with metabolic activity in persistent defects on thallium-201 tomography in healed myocardial infarction. *Am J Cardiol* **62**: 202-208, 1988
- 4) Gibson RS, Watson DD, Taylor GJ, Crosby IK, Wellons HL, Holt ND, et al: Prospective assessment of regional myocardial perfusion before and after coronary revascularization surgery by quantitative thallium-201 scintigraphy. *J Am Coll Cardiol* **1**: 804-815, 1983
- 5) Liu P, Kiess MC, Okada R, Block PC, Strauss HA, Pohost GM, et al: The persistent defect on exercise thallium imaging and its fate after myocardial revascularization: Does it represent scar or ischemia? *Am Heart J* **110**: 996-1001, 1985
- 6) Cloninger KG, DePuey G, Garcia EV, Roubin GS, Robbins WL, Nody A, et al: Incomplete redistribution in delayed thallium-201 single photon emission computed tomographic (SPECT) images an overestimation of myocardial scarring. *J Am Coll Cardiol* **12**: 955-963, 1988
- 7) Dilsizian V, Rocco TP, Freedman NMT, Leon WB, Bonow RO: Enhanced detection of ischemic but viable myocardium by the reinjection of thallium after stress-redistribution imaging. *New Engl J Med* **323**: 141-146, 1990
- 8) Tamaki N, Ohtani H, Yonekura Y, Nohara R, Kambara H, Kawai C, et al: Significance of fill-in after thallium-201 reinjection following delayed imaging: Comparison with regional wall motion and angiographic findings. *J Nucl Med* **31**: 1617-1623, 1990
- 9) Rocco TP, Dilsizian V, McKusick KA, Fischman AJ, Boucher CA, Strauss HW: Comparison of thallium redistribution with rest "reinjection" imaging for the detection of viable myocardium. *Am J Cardiol* **66**: 158-163, 1990
- 10) Bonow RO, Dilsizian V, Cuocolo A, Bacharach SL: Identification of viable myocardium in patient with chronic coronary artery disease and left ventricular dysfunction: Comparison of thallium scintigraphy with reinjection and PET imaging with ¹⁸F-Fluorodeoxyglucose. *Circulation* **83**: 26-37, 1991
- 11) Kiat H, Berman DS, Maddahi J, Yang LD, Van Torain K, Rozanski A, et al: Late reversibility of tomographic myocardial thallium-201 defects: An accurate marker of viability. *J Am Coll Cardiol* **12**: 1456-1463, 1988
- 12) Yang LD, Berman DS, Kiat H, Resser KJ, Friedman JD, Rozanski A, et al: The frequency of late reversibility in SPECT thallium-201 stress-redistribution studies. *J Am Coll Cardiol* **15**: 334-340, 1989
- 13) 滝 淳一, 中嶋憲一, 分校久志, 谷口 充, 川筋道雄, 利波紀久, 他: 運動負荷 Tl-201 心筋シンチグラフィ 24時間像による心筋 viability の評価. *核医学* **28**: 1423-1428, 1991
- 14) Iskandrian AS, Hakki A, Kane SA, Goel IP, Mundth ED, Hakki A, et al: Rest and redistribution thallium

- myocardial scintigraphy to predict improvement in left ventricular function after coronary arterial bypass grafting. *Am J Cardiol* **51**: 1312-1316, 1983
- 15) 大和田憲司, 渡辺直彦, 菅家道人, 齊藤富善, 浅倉 司, 栗野直行, 他: 心筋 viability 評価における安静時 ²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィの意義. *核医学* **27**: 1291-1299, 1990
- 16) 大谷 弘, 玉木長良, 米倉義晴, 野原隆司, 河合忠一, 小西淳二, 他: 運動負荷 ²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィにおける安静時少量追加投与の試み (第一報) ——24 時間像および局所壁運動との対比検討——. *核医学* **27**: 9-15, 1990
- 17) Kayden DS, Signal S, Soufer R, Mattera J, Zaret BL, Wakers FT: Thallium-201 for assessment of myocardial viability: Quantitative comparison of 24-hour redis-tribution imaging with imaging after reinjection at rest. *J Am Coll Cardiol* **18**: 1480-1486, 1991

Summary

Assessment of ²⁰¹Tl Myocardial SPECT Reinjected at 24 hours after Stress Imaging

Hideki SUGIHARA*, Nagara TAMAKI***, Masato NOZAWA*
Yasuhiko INAMOTO*, Yoshimitsu TANIGUCHI**, Etsuo AOKI**,
Kenichi MITSUNAMI**** and Masahiko KINOSHITA ****

**Department of Internal Medicine,*

***Department of Radiology, Takashima General Hospital*

****Department of Nuclear Medicine, Kyoto University Faculty of Medicine*

*****First Department of Internal Medicine, Shiga University of Medical Science*

To improve the quality of 24 hours delayed images (24 DL) of stress thallium-201 myocardial SPECT, reinjection was performed at 24 hours later (24 RI), and the results were compared with those of 24 DL.

A total of 45 patients were studied, including 18 patients in 24 DL, 27 patients in 24 RI. All of them showed persistent defect or incomplete redistribution on the routine stress and 3 hours delayed SPECT scans. In 24 RI, 37 MBq of thallium-201 was reinjected at 24 hours later. Myocardial count of 24 DL was about 1/4 of stress image, while 24 RI was about 1/2. Quality of 24 RI image was nearly equal to 3 hours delayed image. Of regions without redistribu-

tion at 3 hours delayed image, 5 (36%) regions showed new redistribution at 24 RI. Of regions incomplete redistribution, 6 (25%) regions showed further redistribution. Compared with 24 DL, the frequency of redistribution tended to be higher in this protocol than that of the 24 DL (11%, 17% respectively). In conclusion, the reinjection at 24 hours delayed imaging was considered to be useful to evaluate viability of myocardium in patient with CAD.

Key words: Thallium-201, Myocardial viability, 24 hours delayed scan, Coronary artery disease, Reinjection.