

Tl-201 心筋 bull's eye 表示による冠動脈病変の検出

Ischemic heart disease evaluated by exercise stress thallium-201 myocardial scintigraphy: A comparison of SPECT and bull's eye display

羽崎理恵子
成瀬 均
大柳 光正
川本日出雄
立石 順
安富 栄生
藤谷 和大
岩崎 忠昭
福地 稔*

Rieko HAZAKI
Hitoshi NARUSE
Mitsumasa OHYANAGI
Hideo KAWAMOTO
Jun TATEISHI
Sakao YASUTOMI
Kazuhiro FUJITANI
Tadaaki IWASAKI
Minoru FUKUCHI*

Summary

Tl-201 stress myocardial scintigraphy was performed in 35 cases of ischemic heart disease (angina pectoris and myocardial infarction) to assess the accuracy of SPECT and bull's eye display in the quantitative diagnosis of coronary artery lesions. We evaluated the sites of ischemic heart disease using the following methods: ① SPECT (visual): visual evaluation by myocardial SPECT images. ② SPECT + bull's eye (visual): visual evaluation by stress, delayed and washout images of bull's eye display. ③ bull's eye (quantitative): quantitative evaluation by the washout rate and %uptake.

The diagnostic accuracy of method ② was higher than that of method ① in all coronary arterial vessels; LAD (74% vs 80%), LCX (60% vs 63%) and RCA (57% vs 60%). The diagnostic accuracy of method ③ was approximately equal to that of method ②. The diagnostic accuracy of method ② was higher than that of method ① in patients with three-vessel disease (43% vs 67%), while there was no such difference in patients with both single and two-vessel disease. Moreover, the diagnostic accuracy of method ③ was approximately equal to that of method ② in patients with three-vessel disease. In some cases the redistribution was recognized only by using washout images or by calculating the washout rate as a quantitative evaluation.

In conclusion, the bull's eye display improved the diagnostic accuracy of Tl-201 scintigraphy, but

兵庫医科大学 第一内科
*同 核医学科
西宮市武庫川町 1-1 (〒663)

The First Department of Internal Medicine and *Department of Nuclear Medicine, Hyogo College of Medicine, Mukogawa-cho 1-1, Nishinomiya 663

Received for publication September 20, 1988; November 29, 1988 (Ref. No. 35-PS90)

the quantitative analysis did not further improve the accuracy. However, there were some possibilities of evaluating the redistribution in some cases by using quantitative analysis. Therefore, bull's eye display seems to be clinically useful in detecting coronary arterial disease.

Key words

Bull's eye display

Tl-201 single photon emission computed tomography

Ischemic heart disease

緒 言

Tl-201 運動負荷断層心筋シンチグラフィ(以下 SPECT) による冠動脈病変の評価は従来より行われて来たが¹⁻⁵⁾, 近年, 関心領域がとりやすく, washout image の評価も可能な極座標 (bull's eye) 表示を用いた解析が試みられるようになった^{6,7)}. しかし虚血性心疾患の診断, 評価における bull's eye 法の有用性はあまり検討されていない⁶⁻⁸⁾. 今回我々は, 従来の SPECT 像, bull's eye 法, 更に定量的方法を加えた場合, どの方法が Tl-201 心筋シンチグラフィの評価として診断精度がよいかを明らかにする目的で, 各方法を比較検討した.

対象および方法

対象は虚血性心疾患 35 例で, 男性 29 例, 女性 6 例, 平均年齢 59 ± 9 歳. 内訳は陳旧性心筋梗塞 26 例 (広範前壁 8 例, 前壁中隔 10 例, 下壁 8 例), 狭心症 9 例である. 全例に冠動脈造影を施行した結果, 罹患冠動脈数からの分類では一枝病変 15 例, 二枝病変 13 例, 三枝病変 7 例であった. 運動負荷の方法は, 自転車エルゴメーターにより, 25 W 3 分ずつ漸増する多段階漸増負荷法で行った. 負荷終了時は自覚症状の出現 (胸部症状 3 例, 下肢倦怠 16 例), 心電図上 1 mm 以上の ST 低下 (11 例), または亜最大心拍数に達した (14 例) 時点とし, 塩化タリウム 3 mCi 静注後更に 1 分間運動を継続した. ただし心拍数 110/分以下で, 心電図変化の認められなかった症例は除外した.

撮像は運動負荷直後の stress image と負荷 3 時間後の delayed image の 2 回行い, GE 製 Maxi Camera 400 A/T を用い, 右前斜位 45 度よ

り左後斜位 45 度まで, 180 度, 32 方向よりデータ収集を行った後, 核医学データ処理システム Maxi Star を用いて, データ処理を行った. 体軸横断像より垂直長軸像, 水平長軸像, 短軸像を作成した. なお, フィルターには Ramp-Hanning filter を用い, 吸収補正は行わなかった. Bull's eye 表示の作成は, SPECT の短軸像より, 心尖部が中心に, 心基部が辺縁になるよう配置した. 冠動脈病変を左前下行枝 (LAD), 右冠動脈 (RCA), 左回旋枝 (Lcx) の 3 群に分け, シンチグラフィは以下の各方法で冠動脈病変部位を判定した.

① SPECT 定性: 従来の心筋 SPECT 像を用いた視覚的判定.

② SPECT 定性 + bull's eye 定性: Bull's eye 表示の stress image, delayed image, washout image による視覚的判定.

③ Bull's eye 定量: Bull's eye 表示での washout rate (WR) および %uptake による定量的評価.

Washout rate および %uptake は, 各責任血管の灌流域に相当する関心領域を設定した後 (Fig. 1), 各領域内において以下の方法で算出した. なお, 正常の mean-2SD 以下を異常値とした.

$$WR(\%) = (\text{stress} - \text{delayed}) / \text{stress} \times 100$$

stress: 負荷直後の心筋カウント

delay: 3 時間後の心筋カウント

%uptake = stress image において, 最高カウントに対する関心領域中の平均カウントを百分率で表わしたもの.

シンチグラフィの視覚的な冠動脈罹患部位判定は, 熟練した 3 人の検者により行った. すなわち stress image と delayed image の両者を総合

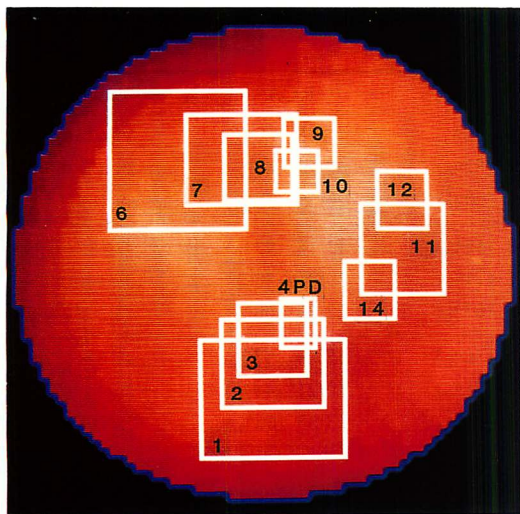


Fig. 1. Regions of interest (ROI) on bull's eye display.

Each number of the ROI represents the vascularized areas corresponding to the location of the coronary artery in the classification of the American Heart Association.

的に判定し、これを冠動脈造影結果と対比した。なお冠動脈造影上の狭窄はAHA分類⁹⁾の75%以上を有意とした。

結 果

罹患冠動脈部位別では、SPECT 定性に bull's eye 定性を加えると、感度は LAD 病変で 69% から 83%、Lcx 病変で 39% から 56%、RCA 病変で 80% から 93% へと向上した。特異度は LAD 病変で 100% から 67%、Lcx 病変で 82% から 71% と低下したが、RCA 病変では 40% から 48% と向上した。この結果、正診率は LAD 病変で 74% から 80%、Lcx 病変では 60% から 63%、RCA 病変では 57% から 66% へと向上したが、更に bull's eye 定量を加えてもそれ以上の向上は見られなかった (Table 1)。

罹患冠動脈数別では、SPECT、bull's eye 定性併用にて、感度は一枝病変で 81% から 94%、二枝病変で 68% から 75%、三枝病変では 43% から 67% へと向上したが、特異度は一枝病変が

66% から 59%、二枝病変では 64% から 58% と低下した。また正診率は三枝病変で 43% から 67% と向上したが、一、二枝病変では向上が見られず、更に bull's eye 定量を加えても向上は見られなかった (Table 2)。以下に症例を呈示する。

症 例

症例 1 (Fig. 2): 57 歳、男性、陳旧性前壁中隔梗塞

本例は冠動脈造影上 segment 3 に 75%、segment 6 に 99%、および segment 11 に 99% の狭窄があり、SPECT 定性では LAD と RCA の二枝病変と判定されたが、washout image にて広範囲の欠損像を示し、三枝病変と診断し得た。

症例 2 (Fig. 3): 70 歳、男性、陳旧性前壁中隔梗塞

冠動脈造影上、LAD の segment 6 に 90% の狭窄がみられた。本例の心筋シンチグラフィは、SPECT 定性、bull's eye 定性の stress image、delayed image とともに、再分布が明らかでなかった。しかし washout image および WR 算出を加えることによって、中隔部位 (WR=2%) の再分布が明らかとなり、評価法により結果の不一致が見られた症例である。なお本例では、SPECT 直後に撮像した planar image でも中隔の再分布が明らかに認められた。その後 segment 6 に対してバイパス術を施行したところ、術後の心筋シンチグラフィは、SPECT 定性、bull's eye 定性、bull's eye 定量 (中隔部 WR=41%) とともに、前壁中隔部に心筋血流の改善が認められ、retrospective に心筋の蘇生能 (viability) が確認された。したがって本例の術前心筋シンチグラフィは、SPECT に関しては、定量的方法によって診断が可能であったと考えられる。

考 按

Tl-201 運動負荷心筋 SPECT は、虚血性心疾患の非侵襲的診断法として、従来よりその有用性が報告されてきた¹⁻⁵⁾。また広く臨床にも用いら

Table 1. Diagnostic accuracy of SPECT and bull's eye display classified by the location of affected coronary arteries

		LAD	LCX	RCA	Total
SPECT	ST	20/29 (69%)	7/18 (39%)	12/15 (80%)	39/62 (63%)
	SP	6/6 (100%)	14/17 (82%)	8/20 (40%)	28/43 (65%)
	Acc	26/35 (74%)	21/35 (60%)	20/35 (57%)	67/105 (64%)
SPECT+ bull's eye (visual)	ST	24/29 (83%)	10/18 (56%)	13/14 (93%)	47/61 (77%)
	SP	4/6 (67%)	12/17 (71%)	10/21 (48%)	26/44 (59%)
	Acc	28/35 (80%)	22/35 (63%)	23/35 (66%)	73/105 (70%)
Bull's eye (quantitative)	ST	24/29 (83%)	10/18 (56%)	13/14 (93%)	47/61 (77%)
	SP	4/6 (67%)	12/17 (71%)	10/21 (48%)	26/44 (59%)
	Acc	28/35 (80%)	22/35 (63%)	23/35 (66%)	73/105 (70%)

ST=sensitivity; SP=specificity; Acc=accuracy.

Table 2. Diagnostic accuracy of SPECT and bull's eye display classified by the number of affected coronary arteries

		1 vessel	2 vessels	3 vessels	Total
SPECT	ST	13/16 (81%)	17/25 (68%)	9/21 (43%)	39/62 (63%)
	SP	21/32 (66%)	7/11 (64%)	—	28/43 (65%)
	Acc	34/48 (71%)	24/36 (67%)	9/21 (43%)	67/105 (64%)
SPECT+ bull's eye (visual)	ST	15/16 (94%)	18/24 (75%)	14/21 (67%)	47/61 (77%)
	SP	19/32 (59%)	7/12 (58%)	—	26/44 (59%)
	Acc	34/48 (71%)	25/36 (69%)	14/21 (67%)	73/105 (70%)
Bull's eye (quantitative)	ST	15/16 (94%)	18/24 (75%)	14/21 (67%)	47/61 (77%)
	SP	19/32 (59%)	7/12 (58%)	—	26/44 (59%)
	Acc	34/48 (71%)	25/36 (69%)	14/21 (67%)	73/105 (70%)

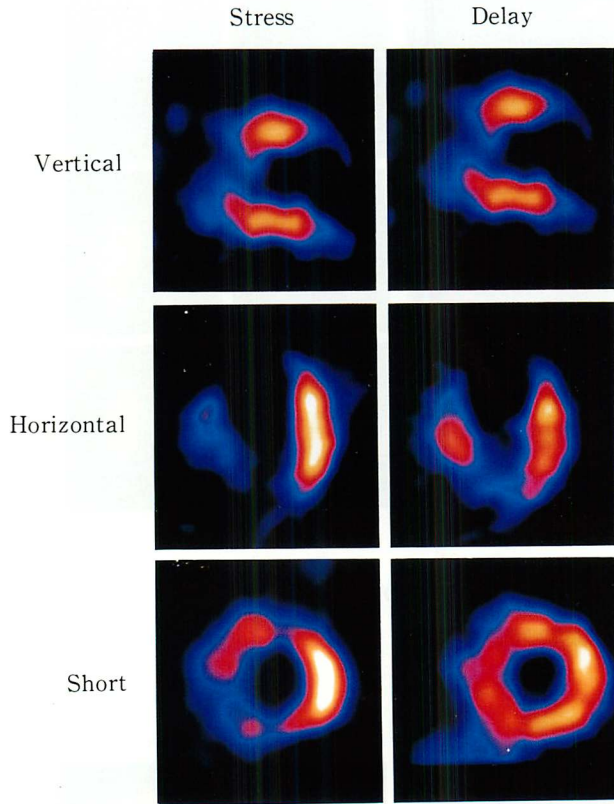
Abbreviations are the same as in Table 1.

れ, 治療方針の決定やその効果の判定, 経過観察などにも重要な役割を果たして来ており, 更に診断精度の向上が要求されつつある. 近年, 解析も比較的簡便であり, 心筋を全体像として把握できる bull's eye 法の有用性が検討されるようになってきた. 今回我々は, 心臓カテーテルによる冠動脈造影法を golden standard とした場合, Tl-201 運動負荷心筋シンチグラフィにおける正診率を, 従来の SPECT 定性, bull's eye 定性, 更に bull's eye 定量を加えた各方法で比較検討した. 従来より視覚判定法は Tl 心筋内血流分布の

相対的濃度差の評価法であるため, 病変が多枝, 特に三枝に及ぶ場合は, 全病変検出率が低下するといわれている¹¹⁻¹³⁾. また Maddahi ら¹⁰⁾は, WR を利用することにより, 多枝病変例における虚血検出能を上昇させることができたとしており, 成田ら⁸⁾も, SPECT 定性では正診率は一枝病変 78%, 二枝病変 43%, 三枝病変 27% であるが, washout rate を加えると正診率が向上 (27% から 47%) したと報告している.

今回我々の結果では, やはり罹患冠動脈が多くなるに従って正診率は低下し, 以前の報告と同

SPECT



Bull's eye

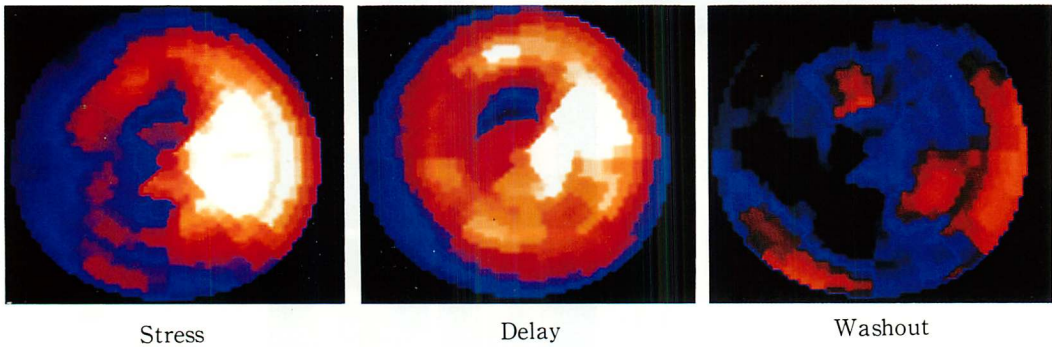
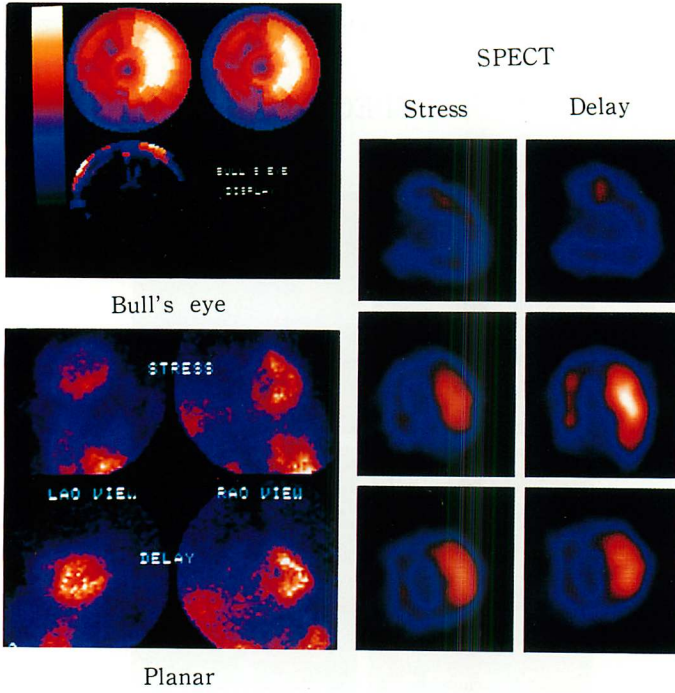


Fig. 2. SPECT and bull's eye display of a case of triple vessel disease.

SPECT and bull's eye display (stress and delayed image) show perfusion defects at the regions of the LAD and RCA, whereas the washout image shows triple-vessel disease.

Before bypass



After bypass

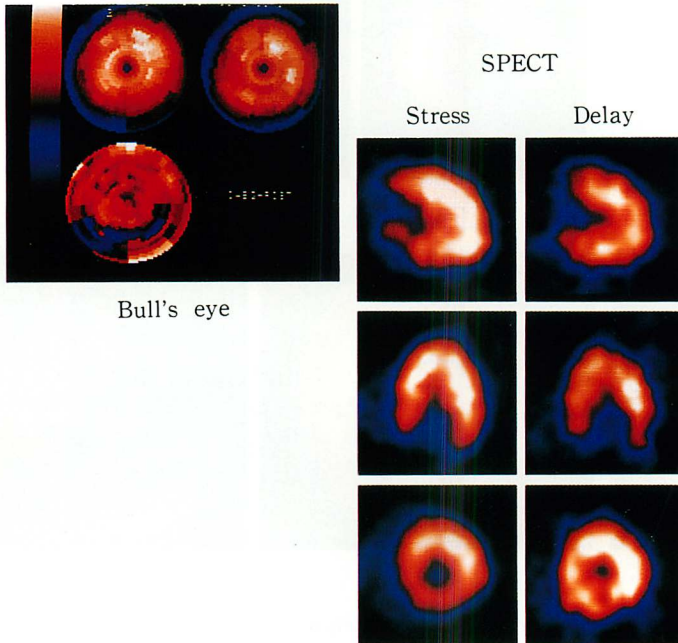


Fig. 3. SPECT and bull's eye display of a case of single-vessel disease.

SPECT and bull's eye display did not show redistribution at the region of the LAD. However, the washout image and planar image showed redistribution. The washout rate of this area was 2%. SPECT, bull's eye display, and washout rate (41%) improved after A-C bypass surgery.

様の傾向を示したが、罹患冠動脈部位別では SPECT 定性に bull's eye 定性を加えることで、三枝とも正診率が向上した。しかしながら、更に定量法を加えても向上はみられなかった。また罹患冠動脈数別では SPECT 定性に bull's eye 定性を加えた場合、三枝病変で正診率が向上したが、一枝、二枝病変では更に定量法を加えても向上はみられなかった。このように、従来の SPECT 定性に bull's eye 定性法併用を加えることで全体的に正診率の向上が見られたのは、bull's eye image が SPECT に比べ、欠損部位、広がりを見視的に判定する際、全体的に把握しやすいため^{6,7)}、中でも三枝病変例で正診率の向上が見られたのは、washout image の併用により、diffuse slow washout を検出したことが原因の一つと考えられた¹⁴⁾。

また bull's eye 定性に定量法を加えても正診率は向上しなかったが、この理由は、washout image が単に WR をイメージ化したものであるためと考えられる。しかし、症例 2 のように、SPECT 定性、bull's eye 定性では再分布が明らかでなく、washout image や定量的な WR 算出併用によって再分布が明確になる症例もみられ、またこの部位に A-C バイパス術を行うことにより心筋血流の改善を認め、心筋の viability が確認できた。

このように視覚判定法が判定者の経験にある程度影響されるのに対して、定量法は客観的であり、更に retrospective であるが、心筋の viability が評価出来ることから、診断だけではなく、心筋の viability の評価にも有用であると考えられた。なお本例では planar image でも中隔の再分布が認められており、SPECT 定性、bull's eye 定性で検出できなかった理由は明らかではないが、planar 像が SPECT の後で撮像されており、delayed image の撮像時間が、約 30 分間遅れることにより、遷延した再分布像を捉えた可能性もあると考えられた。

今回我々は冠動脈病変を心筋梗塞例、狭心症例

に分けた場合の正診率は評価していないが、この点についても今後検討する予定である。

結 語

1. 虚血性心疾患において、Tl-201 心筋シンチグラフィを用いた責任冠動脈の診断精度を、従来の SPECT 像、bull's eye 法、更に定量的方法を加えた場合との比較において検討した。

2. 罹患冠動脈部位別では SPECT 定性に bull's eye 定性を加えることで、三枝とも正診率は向上したが、更に定量法を加えても向上はみられなかった。

3. 罹患冠動脈数別では SPECT 定性に bull's eye 定性を加えた場合、二枝病変で正診率が向上したが、一枝、二枝病変では更に定量法を加えても向上はみられなかった。

4. Washout image や WR 併用により初めて再分布が著明になる症例もあり、かかる症例では定量的方法によってのみ診断が可能と思われた。

要 約

虚血性心疾患の評価における Tl-201 運動負荷断層心筋シンチグラフィ極座標 (bull's eye) 表示法において、責任冠動脈病変の診断精度と定量的評価の意義を検討した。陳旧性心筋梗塞および狭心症の計 35 例に対して、3 名の検者により、以下の 3 方法により責任冠動脈を推定し、冠動脈造影所見と比較した。すなわち、① SPECT 定性：従来の心筋 SPECT 像による視覚的評価、② SPECT 定性+bull's eye 定性：更に bull's eye 表示の stress, delayed, および washout image による視覚的評価を加えた場合、③ bull's eye 定量：washout ratio および %uptake による定量的評価。

その結果、冠血管部位別の正診率は、各血管とも ① よりも ② にて左前下行枝病変 (74% から 80%)、左回旋枝病変 (60% から 63%)、右冠動脈病変 (57% から 66%) のいずれにおいても向上が見られたが、② と比べて ③ ではそれ以上の向上

は見られなかった。罹患冠動脈数別の正診率は、①よりも②にて、三枝病変の場合にも高かったが(43% から 67%)、一枝および二枝病変では変化が見られず、さらに③でも向上は見られなかった。また、SPECT 定性や bull's eye 定性では再分布が明らかでなく、更に washout image や定量的評価としての washout ratio 算出を加えることによって、ふたたび再分布が明確となる症例が見られた。

以上より、Tl-201 心筋シンチグラフィに bull's eye 表示することによって、正診率は向上したが、定量的解析を加えても、それ以上の正診率の向上は見られなかった。しかしながら定量的解析によって再分布の評価が可能であった症例もあり、bull's eye 表示は冠動脈病変の診断と心筋の viability の評価に対し、臨床的に有用であると思われた。

文 献

- 1) Ritchie JL, Trobach GB, Hamilton GW, Gould KL, Narahara KA, Murray JA, Williams DL: Myocardial imaging with thallium-201 at rest and during exercise: Comparison with coronary arteriography and stress electrocardiography. *Circulation* 56: 66-71, 1977
- 2) Donnemaker RE, Floyd JL, Nusynowitz ML, Bode RF, Spicer MJ, Waliszewski JA: Single injection thallium-201 stress and redistribution myocardial perfusion imaging: Comparison with stress electrocardiography and coronary arteriography. *Radiology* 131: 199-203, 1979
- 3) 二神康夫, 浜田正行, 市川毅彦, 小西得司, 中野 越, 竹沢英朗, 竹田 寛, 前川寿登: 心筋梗塞患者の多枝病変検出における運動負荷 ²⁰¹Tl 心筋 single photon emission computed tomography の有用性と限界. *核医学* 20: 1399-1347, 1983
- 4) Maublant J, Cassagnes J, Le Jeune JJ, Mestas D, Veyre A, Jallut H, Meyniel G: A comparison between conventional scintigraphy and emission tomography with thallium-201 in the detection of myocardial infarction: Concise communication. *J Nucl Med* 23: 204-208, 1982
- 5) 玉木長良, 米倉義晴, 向井孝夫, 藤田 透, 湊小太郎, 森田陸司, 鳥塚莞爾, 野原隆司, 鈴木幸園, 田卷俊一, 門田和紀, 神原啓文, 河合忠一, 石井 靖: 回転型ガンマカメラの心臓イメージングへの応用——第6報: 運動負荷時・再分布時のタリウム心筋 ECT の検討——. *核医学* 20: 1306, 1983
- 6) Garcia EV, Van Train K, Maddahi J, Pringent F, Friedman J, Areeda J, Waxman A, Berman DS: Quantification of rotational thallium-201 myocardial tomography. *J Nucl Med* 26: 17-26, 1985
- 7) Prigent F, Maddahi J, Garcia E, Van Train K, Friedman J, Berman D: Noninvasive quantification of the extent of jeopardized myocardium in patients with single-vessel coronary disease by stress thallium-201 single photon emission computerized rotational tomography. *Am Heart J* 111: 578-586, 1986
- 8) 成田充啓, 栗原 正, 村野謙一, 宇佐美暢久, 本田稔, 友延正弘, 金尾啓右: 運動負荷 ²⁰¹Tl 心筋 single photon emission CT の定量解析: Bull's-eye 法の虚血性心疾患評価における有用性. *核医学* 24: 55-64, 1987
- 9) Austen WG, Edwards JE, Frye RL, Gensini GG, Gott VL, Griffith LSC, McGoon DC, Murphy MC, Roe BB: A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease (AHA committee report). *Circulation* 51: April, 1975
- 10) Maddahi J, Garcia EV, Berman DS, Waxman A, Swan HJC, Forrester J: Improved noninvasive assessment of coronary artery disease by quantitative analysis of regional stress myocardial distribution and washout of thallium-201. *Circulation* 64: 924-935, 1981
- 11) Rigo P, Bailey LK, Griffith LSC, Pitt B, Burow RD, Wagner HN, Becker LC: Value and Limitations of segmental analysis of stress thallium myocardial imaging for localization of coronary artery disease. *Circulation* 61: 973-981, 1980
- 12) McKillop JH, Murray RG, Turner JG, Bessent RG, Lorimer AR, Greig WR: Can the extent of coronary artery disease be predicted from thallium-201 myocardial images? *J Nucl Med* 20: 715-719, 1979
- 13) 竹田 寛, 前田寿登, 中川 毅, 山口信夫, 田口光雄, 浜田正行, 二神康夫, 小西得司, 竹沢英郎: ガンマカメラ回転型 Emission Computed Tomography による ²⁰¹Tl 負荷心筋断層像 Segmental analysis による冠動脈狭窄性病変の検出率. *核医学* 20: 53-62, 1983
- 14) Bateman TM, Maddahi J, Gray RJ, Murphy FL, Garcia EV, Conklin CM, Raymond MJ, Stewart ME, Swan HJC, Berman DS: Diffuse slow washout of myocardial thallium-201: A new scintigraphic indicator of extensive coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 4: 55-64, 1984