

運動負荷タリウム心筋シンチ  
グラムの定量的評価および  
functional image としての  
左室壁展開図表示法

Quantitative evaluation  
of thallium-201 exercise  
myocardial scintigraphy  
and its display on the  
two-dimensional view of  
the left ventricular wall  
as the functional image

大友 敏行  
辻 光  
北村 浩一  
浦野 澄郎  
坂中 勝  
斎藤 良夫  
国重 宏

Toshiyuki OHTOMO  
Hikari TSUJI  
Hirokazu KITAMURA  
Sumio URANO  
Masaru SAKANAKA  
Yoshio SAITO  
Hiroschi KUNISHIGE

**Summary**

We developed a new method for the quantitative evaluation of <sup>201</sup>Tl exercise myocardial scintigraphy. Final diagnostic images obtained by this method were displayed on the two-dimensional views of the left ventricular wall. Five projection images obtained 10 min and 3 hrs after exercise were recorded respectively in the magnetic disk. Each image was divided into seven fan-shaped segments utilizing the apical image as the reference which was placed in the middle.

The corrected uptake indices were examined in 20 normal controls and served as the normal data. Each segment was then judged to be intact or ischemic or infarcted by matching the segmental uptakes of the images given 10 min and 3 hrs after exercise. The results were displayed on the computer-assisted color monitor as the two-dimensional view of the left ventricular wall.

In order to evaluate its diagnostic usefulness in coronary artery disease, comparative coronary angiography was performed in 25 patients. The present technique proved to have high sensitivity and specificity both in left anterior descending artery and right coronary artery diseases (88 and 78%, respectively in the former and 83 and 89%, respectively in the latter).

---

松下電器健康保険組合松下病院 第三内科  
守口市日吉町 2-16 (〒570)

The Third Department of Internal Medicine, Matsu-  
shita Hospital, Hiyoshi-cho 2-16, Moriguchi 570

Presented at the 26th Meeting of the Cardiography Society held in Osaka, April 1-2, 1983

Received for publication May 4, 1983

**Key words**Exercise thallium-201 myocardial scintigraphy  
angiography

Two-dimensional view of the left ventricular wall

Coronary

**はじめに**

タリウム心筋シンチグラムによる虚血部位の定量的評価法として、関心領域を個々に設定する方法、circumferential profile curveを用いる方法などが考案され、臨床に用いられている。後者は現在最も信頼性の高い方法として利用されつつあるが、従来の方法は、心筋イメージのある定められた一点より、一律に数度ずつ回転してセグメントを作製するため、心の形態が様々であり、そのため個々の例では異なった部位が同一部位として表わされる可能性があった。また、多方向シンチグラム上のタリウム灌流低下部位が左室心筋のどの部位に相当するかは、熟練した医師の判断に頼っており、客観的な部位診断が望まれていた。多方向シンチグラム上のイメージの情報は本来連続したものであり、一つの心筋像として捉えられねばならない。我々は心尖部を基点として心筋イメージの位置決定を行った後、電算機を用いて5方向運動負荷シンチグラムを合計41セグメントに分割し、その定量的な判定結果を左室壁展開図上に色別表示する方法を考案した。さらに本法を用いた冠動脈病変診断能につき検討したので報告する。

**方法と対象****1. 運動負荷 Tl 心筋シンチグラム**

EDC 製坐位エルゴメーターを使用し、多段階負荷を加え、亜最大心拍数を目標とし、あるいはまた、虚血性 ST 変化 (2 mm 以上)、血圧の低下、重症不整脈の出現した時点を終了点とした。目標心拍数に達した後、1分30秒間同レベルの負荷状態を保った後、塩化タリウム (Tl-Cl) 2 mCi を肘静脈より静注し、10分後より Ohio 製  $\Sigma$  410 シンチカメラにて、正面、LAO 30°, LAO

60°, 左側面、RAO 30° の5方向より心筋像を得た。コリメーターは low energy, parallel hole コリメーターを使用し、1画像当たり60万カウント集積させた。さらに3時間後に同じ撮影方向より撮影した。データはカメラに on line された DEC 製 PDP-11 の磁気ディスクに、128×128 のマトリックスサイズで記録した。

**2. 局所心筋 Tl 摂取の定量化**

Goris ら<sup>1)</sup>の補間法によるバックグラウンド (BG) 除去を行った後、isocount 法にて心筋領域を決定した。ついで電算機に接続されたカラーモニター上でカーソルを操作し、心尖部を定めた。電算機により、心尖部を含むセグメントが中央に位置するように、面積中心から45°ずつ扇形の7セグメントに心筋領域を分割させた。5つの撮影方向の心筋イメージについて同上の操作、処理を行わせた。7セグメント中最高の Tl uptake/cell を持つセグメントを100として、各セグメントの摂取係数 (UI) を算出させた。RAO 60° 方向の心筋イメージは撮影不能のため、左側面像と RAO 30° 像の摂取係数から補間法で求めた。ただしこの部の心尖部は除外した。

病歴、心電図などにて正常心筋例と考えられた20名で、運動負荷10分および3時間後像を得、おのおのの時相で各セグメントの UI を算出し、各セグメントの平均値 (m)、標準偏差 (SD) を算出した。

セグメントごとの取り込み程度の判定は、各セグメントの摂取係数が正常者の  $m-2SD$  以上を正常、 $m-2SD \sim m-3SD$  の範囲にある場合を defect (+)、 $m-3SD$  以下の場合を defect (++) と判定させた。10分後像、3時間後像の判定の組み合わせにより、Table 1 に示す規準で、正常、虚血および梗塞の3部に分類させた。

**Table 1. Criteria for classification of the material**

	Ex. scintigram	
	10 min	3 hr
Normal	WNL	all
Ischemia	Defect (+)	WNL
	Defect (++)	WNL Defect (+)
Infarct	Defect (+)	Defect (+) Defect (++)
	Defect (++)	Defect (++)

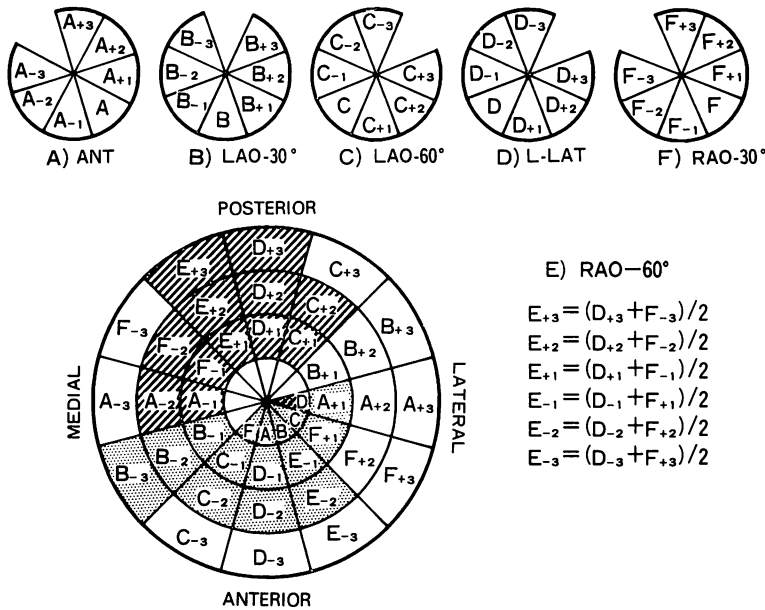
Ex=exercise; WNL=within normal limit (normal uptake index (UI)≥mean-2SD); (+)=UI<mean-2SD; (++)=UI<mean-3SD.

3. 左室壁展開図表示法

正常、虚血および梗塞に分類されたセグメントは、Fig. 1 に示すように、心尖部を中心とした円型の左室壁展開図上に色別表示した。この展開図は左心室を上部内側から覗いた形で、上方が背面、下方が前面、左方が縦隔、右方が左肺方向を示す。シンチグラム上のセグメントと展開図上のセグメントとの対応は、原則として撮影された方向に接線を出す方向の心筋部位を代表させ、心尖部はカメラに一番近い部位を代表させた。

4. CAG 所見との対比検討

運動負荷シンチグラムと CAG 検査を併せて施行した 25 例について、CAG 所見を真の値として、LAD と RCA 75% 以上狭窄例別に、こ



**Fig. 1. Method of determination of the 2 dimensional view of the left ventricular wall.**

Upper: Schema of segments in 5 view images. All images are equally divided into seven segments and the segment including the apex is placed in their middle.

Lower right: Uptake indices of the RAO-60 images are calculated by interpolation.

Lower left: The 2 dimensional view of the left ventricular wall is shown. The center of the circle is the apex and the outermost ring is the base and its vicinity. The strived area shows that of the RCA and the dotted area shows that of the LAD.

Same mathematical symbols show same segments.

ANT=anterior projection; LAO=left anterior oblique projection; L-LAT=left lateral projection; RAO=right anterior oblique projection.

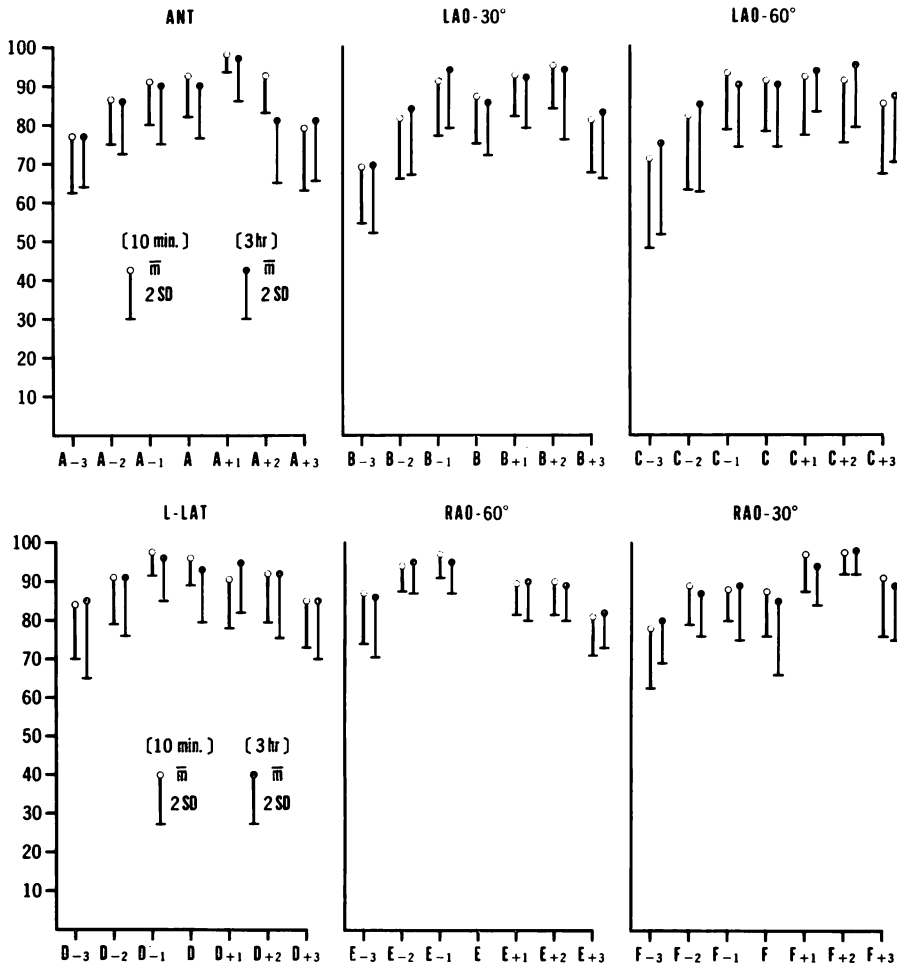


Fig. 2. Segmental uptake indices of the 20 normal controls.

Open and closed circles indicate the indices at 10 min and 3 hours after exercise, respectively. m=mean; SD=standard deviation. The ordinates represent uptake index, and the abscissa correspond to the segments shown in Fig. 1.

の方法の有用性につき検討した。CAG 検査の判定は AHA 分類に基づいて行った。LAD および RCA 領域の決定は文献<sup>2)~5)</sup>を参考し、冠動脈病変の診断能の高いセグメントを検討して、Fig. 1 に点および斜線の範囲で示すごとく決定した。それぞれの領域のセグメントの中で、4 セグメント以上の虚血部位あるいは梗塞部位と判定されたセグメントが存在する場合に、有意狭窄有りと判定した。

## 結 果

1. 正常者の各セグメント別平均値および標準偏差  
運動負荷 10 分後像, 3 時間後像別に求めた正常者 20 例の値を Fig. 2 に示す。この図は各撮影方向別に、横軸を Fig. 1 と同じセグメントの場所を表わす記号とし、縦軸を Tl 摂取係数 (UI) として示した。

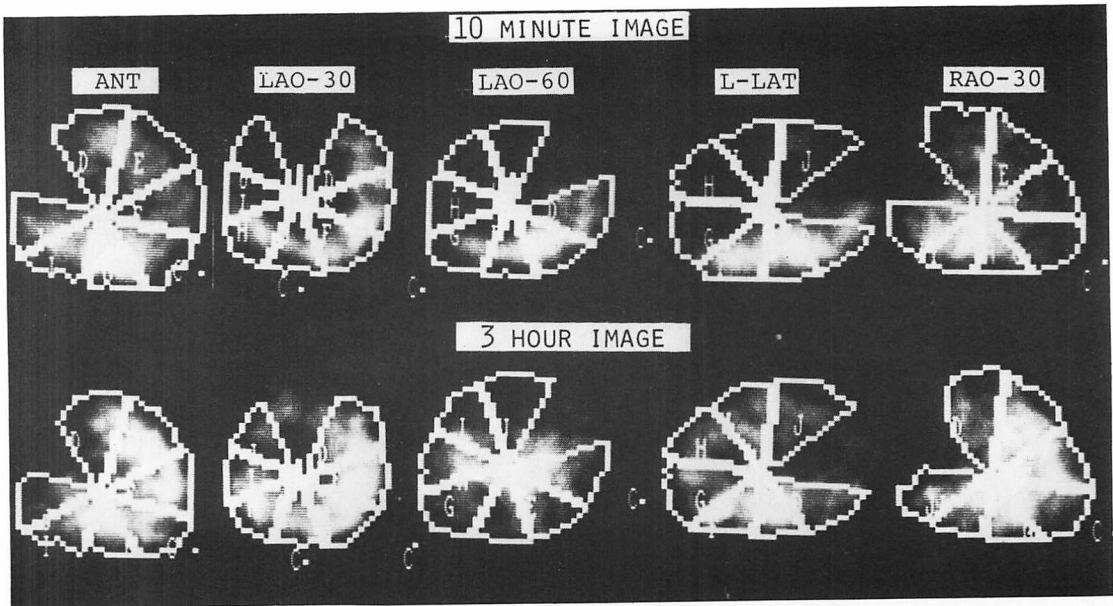


Fig. 3.  $^{201}\text{Tl}$  exercise myocardial scintigrams of a 57-year-old male. The seven segments divided by a computer are shown simultaneously in each image.

2. 左室壁展開図表示による1例

57歳男性。狭心発作を訴え、CAG検査にて#7に90%狭窄を認めた。Fig. 3上段は運動負荷10分後、下段は3時間後像を示す。心尖部を基準点とし、電算機により面積中心から45°ずつに7分画されたセグメントを同時に示した。Fig. 4は本法による展開図表示で、左図は10分後、中央は3時間後の定量化により判定されたTl摂取程度を示している。また右図は、10分後および3時間後像より、Table 1に示す基準で判定された結果を色別で表示したものである。負荷10分後では前壁、中隔壁を中心として広がっていたTl摂取低下部位が、3時間後には縮小、軽減してほとんど認められなくなり、その結果、これらの部位が虚血部位と判定されることが、その広がりをもって容易に把握された。

3. CAG所見との対比

Table 2にLAD領域、RCA領域別にCAG所見を真の診断とした時の、本法による診断率を示した。LADに関しては sensitivity 88%, spe-

Table 2. Relationship of the findings between  $^{201}\text{Tl}$  exercise scintigraphy and coronary angiography

Ex. scintigrams	CAG (LAD stenosis $\geq 75\%$ )		
	+	-	Total
+	14	2	16
-	2	7	9
Total	16	9	25

Sensitivity=88%, specificity=78%, accuracy=84%

Ex. scintigrams	CAG (RCA stenosis $\geq 75\%$ )		
	+	-	Total
+	5	2	7
-	1	17	18
Total	6	19	25

Sensitivity=83%, specificity=89%, accuracy=88%

CAG=coronary angiography; LAD=left anterior descending artery; RCA=right coronary artery.

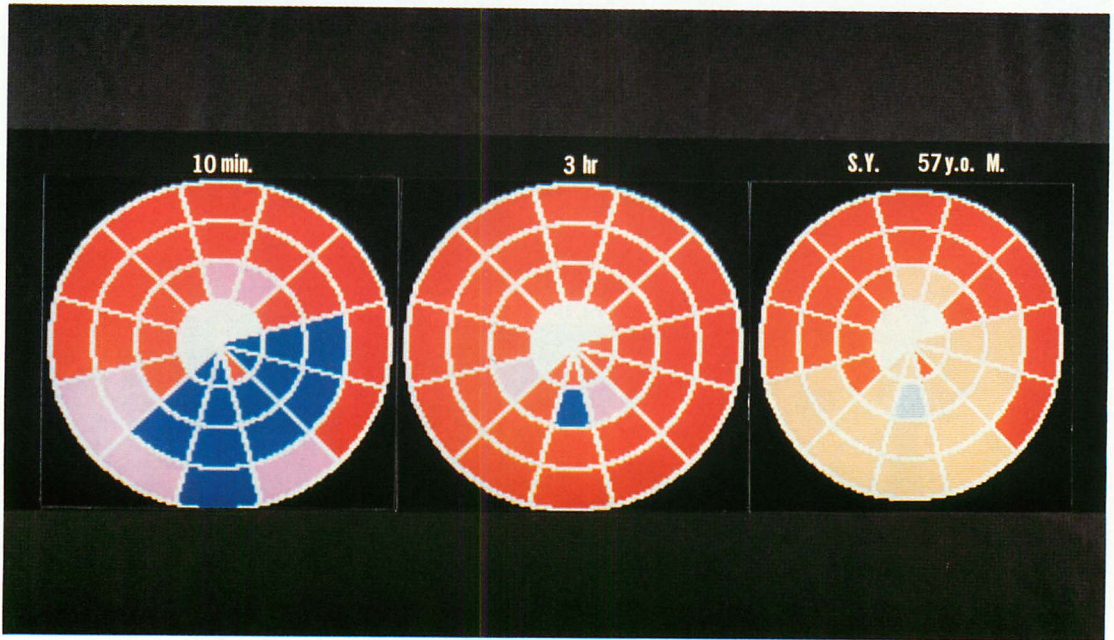


Fig. 4. Quantitative display on the two-dimensional view of the left ventricular wall.

Left: image 10 min after exercise.

Middle: image 3 hr after exercise.

Right: Final diagnostic image induced by the criteria shown in Table 1.

The red segments show the normal uptake area, the pink ones show the defect(+), and the blue ones show the defect(++) for the left and middle images. The red segments show the normal area, yellow ones show ischemic area and gray ones show infarcted area for the right image.

In this case, the anterior and septal walls are involved.

cificity 84%, また RCA に関しては sensitivity 83%, specificity 89% と, 高い診断率が得られた。

#### 考 按

$^{201}\text{Tl}$  心筋シンチグラムは虚血性心疾患の診断に広く用いられるようになり, その有用性が高く評価されている。しかしイメージコントラストが悪く, また肺野などのバックグラウンドの影響を受け, 視覚的な判定に加え, 定量的な判定法がさかんに検討されている。定量法としては, 関心領域を設定するものから, circumferential profile curve を求めるものまで検討されているが<sup>6,7)</sup>, こ

の方法も分析開始点を一定にすると, 個々の症例によって心の位置, 回転が異なることから, 同一部位の定量化を行うことは困難である。正常対照群との比較にさいしても, 部位の正確な決定がなされなければ, 曖昧な比較に終る。今回の我々の方法は circumferential 法の手法をとりながら, あるまとまった領域の情報が別個に得られる ROI 法の長所を生かしたものであり, さらに各イメージごとに心尖部を指定することによって, イメージ上につくられるセグメントと心筋部位との対応が症例によっても変化しない方法を考案した。このことは病的に拡大した心, 著明な軸変位を伴う心等では重要な問題となる。

正常心筋 20 例で、運動負荷 10 分後像と 3 時間後像別に各セグメントの平均値、標準偏差を求めた結果、両者の平均値にはほとんど差を認めなかったが、3 時間後像では標準偏差が大きく、wash-out は部位による差はないが、正常例でも個々の例によって差のあることが示唆された。正常範囲を  $m-2SD$  の範囲と定め、さらに 10 分後、3 時間後像別に範囲を定めたことにより、高い診断率を得られたと考える。

Tl 心筋シンチグラムは、 $\gamma$  カメラに対し接線方向にあたる心筋壁が描出されるため、心筋の Tl 集積程度を全周にわたって観察するためには、角度を変えた数回の撮影が必要となる。本法では、 $30^\circ$  間隔 5 方向撮影を行うことにより、広い範囲の情報が得られている。しかし多方向撮影のため、定量化の対象となるセグメントが多く、それぞれのセグメントが左心室心筋のどの部位のどの範囲に相当するのか、また撮影方向が異なるセグメントとの位置関係はどのようになるかを正確に把握するには熟練を要する。我々は、定量化された Tl 取り込み程度の情報を、その位置情報とともに標示する試みについて、不完全ではあるが、報告してきた<sup>9)</sup>。本法では RAO  $60^\circ$  方向の情報についても隣接するセグメントより補間法で求め、左心室心筋について  $30^\circ$  間隔で全周にわたった定量化がなされた。さらにこれらを左室壁展開図上の対応した部位に色別に標示したことにより、定量化された情報をその位置とともに示すことができた。この展開図表示は 10 分後像、3 時間後像別に示したが、さらにこの両者からセグメント別に虚血、梗塞、正常部を診断して一つの展開図上に示した。これらは左心室心筋の functional image と考えてよく、虚血部あるいは梗塞部の部位と広がりが見えられた。

冠動脈造影所見との対比は、LAD 領域、RCA 領域を展開図上で決めて行った。この領域の設定にはこれまでの報告<sup>2-5)</sup>を参考とし、また狭窄冠動脈別に予備検討を行い、診断率の高いセグメントを選んだ。LCX については、症例数が少なく

今回の検討は行わなかった。我々の施設では、冠動脈造影時にエルゴタミンなどによる負荷を行っていないが、今回の症例中に心電図上 ST 上昇発作を認め、明らかにスパズムが関与すると考えられる症例が 1 例含まれており、この例を除外すると、さらに診断率は上昇すると考えられた。

定量化に関して、本法の解析は心筋内 Tl の相対的分布を定量化したものであり、局所の血流量を示すものではない。今回は例数が少なく十分に検討できなかったが、三枝病変を有する診断には偽陰性となる可能性を有している。Washout rate による検討も報告されているが<sup>9)</sup>、展開図標示法をとり入れたこれらの方法による検討も、有意義ではないかと考えられる。

本法は心筋領域をコンピューターオシロスコープ上でカーソルを操作することにより囲み、心尖部を指定するのみで、迅速に左室心筋の虚血あるいは梗塞部位を全体にわたって把握することが可能で、臨床的に有用ではないかと考えられた。

## 要 約

運動負荷多方向 <sup>201</sup>Tl 心筋シンチグラムの新しい定量評価法、および左室壁展開図上への標示法を考案した。

負荷 10 分後および 3 時間後にそれぞれ 5 方向の心筋像を撮影し、磁気ディスクに収納し、ミニコンピューターを用いて、心尖部を基準点として、各イメージを、7 セグメントに分割した。正常者にて補正された修正摂取係数を算出することにより、各セグメントの取り込み程度の判定を行った。10 分後像、3 時間後像の判定結果の組み合わせにより、各セグメントごとに正常、虚血、梗塞の診断を行った。この診断結果は、我々の考案した左室壁展開図上に色別標示した。

本法の冠動脈病変診断能につき検討を加えるため、25 例の CAG 施行例と比較検討した結果、LAD 病変では sensitivity 88%, specificity 78%, RCA 病変では sensitivity 83%, specificity 89% と、良好な結果を得た。

文 献

- 1) Goris ML, Daspit SG, Mclaughlin P, Kriss JP: Interpolative background subtraction. *J Nucl Med* **17**: 744-747, 1976
- 2) Berger BC, Watson DD, Taylor GJ, Craddock GB, Martin RP, Teates CD, Beller GA: Quantitative thallium-201 exercise scintigraphy for detection of coronary artery disease. *J Nucl Med* **22**: 585-593, 1981
- 3) Wainwright RJ: Scintigraphic anatomy of coronary artery disease in digital thallium-201 myocardial images. *Br Heart J* **46**: 465-477, 1981
- 4) Rehn T, Griffith LSC, Achuff SC, Bailey IK, Bulkley BH, Burow R, Pitt B, Becker LC: Exercise thallium-201 myocardial imaging in left main coronary artery disease: Sensitive but not specific. *Am J Cardiol* **48**: 217-223, 1981
- 5) Dunn RF, Freedman B, Bailey IK, Uren RF, Kelly DT: Localization of coronary artery disease with exercise electrocardiography: Correlation with thallium-201 myocardial perfusion scanning. *Am J Cardiol* **48**: 837-843, 1981
- 6) Meade RC, Bamrah VS, Horgan JD, Ruetz PP, Kronenwetter C, Yeh E: Quantitative methods in the evaluation of thallium-201 myocardial perfusion images. *J Nucl Med* **19**: 1175-1178, 1978
- 7) Burow RD, Pond M, Schafer AW, Becker L: A new method for computer analysis of thallium-201 myocardial perfusion images. *J Nucl Med* **20**: 771-777, 1979
- 8) Ohtomo T, Kunishige H, Sakanaka M, Kira Y, Kono Y, Adachi H: Quantitative evaluation method of <sup>201</sup>Tl myocardial scintigram (in Japanese). *医用電子と生体工学* **17** (Suppl): 652-653, 1979
- 9) Beller GA, Watson DD, Ackell P, Pohost GM: Time course of thallium-201 redistribution after transient myocardial ischemia. *Circulation* **61**: 791-797, 1980