— 原 著 —

²⁰¹TlCl 心筋シンチグラムの定量的評価 心筋梗塞における心筋8分割局所血流指数 (CMBF) の検討

疋田 史典

日本医科大学放射線医学教室 (主任: 恵畑欣一教授)
指導: 山岸嘉彦教授

Quantitative evaluation of Thallium-201 myocardial imaging

Clinical usefulness of "CMBF" for the detection of
antero-septal myocardial infarction

Fuminori Hikita

Department of Radiology, Nippon Medical School

For quantitative analysis of Thallium-201 myocardial imaging, the computer program "CMBF" in Scintipac-1200 (Shimazu) was used in 50 patients with antero-septal myocardial infarction. In "CMBF", the Thallium myocardial image was divided into 8 areas, then Thallium Uptake Index (T.U.I.) was calculated in each area by this Formula;

$$T.U.I. = \frac{\text{Counts of the area/Pixels of the area}}{\text{Total counts of 8 areas/Total pixels of 8 areas}}$$

In most patients, T.U.I. was obtained under 0.7, having a close correlation to the diagnosis made by imaging.

Key words: quantitative analysis, Thallium-201 myocardial imaging, CMBF, myocardial infarction

結 言

近年、心疾患に対する核医学検査の進歩はめざましいものがあり、その臨床的意義は高く評価されている。心臓核医学としてのこの急速な進歩は、高性能機器の開発と新しい鋭敏な放射性医薬品の出現によるところが大きい。心筋シンチグラフィについては、²⁰¹TlCl を用いての虚血性心疾患の診断が中心であり報告¹⁻⁴⁾も多い。今回、著者は、心電図および臨床所見より、心室中隔に梗塞ありとされた症例にタリウム心筋シンチグラフィを施行し、Cardiac Muscle Blood Flow 法 (以下 CMBF 法と略す) により、客観的評価を行い、いささかの興味ある知見を得たので以下に報告する。なお、島津シンチパック 1200 の臨

床プログラムの一つである CMBF は、Cardiac Muscle Blood Flow の頭文字をとったプログラム名で、タリウム心筋シンチグラムの客観的評価を目的とするものである。プログラムは、まず得られたデータに補間型バックグラウンド減算処理 (Interpolative Background Subtraction) を施行し、心筋イメージをカーソルで手動にて囲み、次のパラメータを得るものである。すなわち、①Total: 関心領域 (Region of Interest: ROI) を8分割したものの各領域の総カウント数、②Area: 各領域の画素数、③Mean: 各領域の総カウント数を画素数で割ったもの、すなわち①Total/②Area、④Ratio: 各領域の総カウント数を関心領域全体のカウント数で割ったものである。オリジナルのプログラムは、ここまでであったが、著者は、さらに⑤Ratio (Mean): 各領域の総カウント数を各領域の画素数で割ったものと、ROI 全体のカウント数を ROI 全体の画素数で割ったものの比、すなわち1画素あたりの

Present address: Department of Radiology, Nippon Medical School Second Hospital, 1-396, Kosugi-cho, Nakahara-ku, Kawasaki-city, Kanagawa, 211 Japan

平均カウント比を Thallium Uptake Index (T.U.I.) として、つけ加えた。式で表すと次のごとくである。

$$\text{Ratio (Mean); T.U.I.} = \frac{\frac{\text{① Total}}{\text{② Area}} (= \text{③ Mean})}{\frac{\text{Total counts of ROI}}{\text{Total pixels of ROI}}}$$

Ratio は八つの領域の面積が等しく、かつ均等に分布しているとすると、 $1/8=0.125$ となり、Ratio(Mean); T.U.I. は 1 となるものである。以上のことを念頭において、今回の検討を行った。

研究対象および方法

対象は、心電図上および臨床所見より、心室中隔に梗塞ありとされたもので、1980 年 6 月～1982 年 5 月の 2 年間に、日本医科大学付属病院放射線科にて施行されたもののうちの 50 例である。

方法：機器は、ガンマカメラ (Shimazu-Searle LF-OV 型) にコンバージング・コリメータを装着し、データ処理システムとして Scintipac-1200 を用いた。

$^{201}\text{TlCl}_2$ 2 m Ci 静注 10 分後より、RAO 30°, LAO 30°, 45°, 60°, LLT 正面の 6 方向を、各方向 30 K カウントにて撮像し、LAO 45° のものについて、64×64 マトリックスのイメージモードでデータ集取を行っ

た。タリウム心筋イメージは各方向により投影される心筋部位が異なるが、今回は心室中隔をみるために、LAO 45° のものを検討した。すなわち、50 例について CMBF を行い、イメージ診断と T.U.I. とを対比して、T.U.I. の有用性を検討した。

結果

実際のプログラム実行例を Fig. 1 に示す。右端 % は、Mean 最大の領域を 100 とした時のものである。また、ROI の命名法は ROI 全体が A、8 領域の下半分左側より反時計回りに B.C.D.E. とし、上半分左側より時計回りに F.G.H.I. としている。Fig. 中の折れ線グラフは前記 % を、領域ごとに横に展開したものである。CMBF では、ROI を手動にて囲むため、ROI の取り方によって数値が変動する欠点があるが、この変動の程度を確かめるために正常 10 例につき、各 10 回ずつ処理を行い、Ratio および Ratio (Mean) の数値の変化を調べた。Table 1 に結果を示す。これにより、ROI 設定に伴う変動は、ほとんど問題とならず、また、同じ術者が施行する場合は、ROI の取り方もほぼ一定しており、実用上大きな誤差は生じなかった。次に、著者のつけ加えた Ratio (Mean) が、Ratio と比してどの程度の診断上の利点を有するかをみるため

ROI	TOTAL	AREA	MEAN	RATIO	RATIO (MEAN)	%
B	742	30	25	.1	.96	83.3
C	804	36	22	.11	.87	73.3
D	976	33	30	.14	1.15	100
E	1086	36	30	.15	1.17	100
F	831	32	26	.12	1.01	86.6
G	708	33	21	.1	.83	70
H	964	39	25	.14	.96	83.3
I	986	36	27	.14	1.06	90

P. NO. F. NO. INTVL SIZE DEVICE MAX DATE NAME
 26 1 50 50 G 40 1980.11.14
 REMARK : IBS

47 Y

Fig. 1 Cardiac muscle blood flow

Table. 1 Variation of T.U.I. accompanied with ROI formation
(In F region with normal 10 cases)

	RATIO				RATIO (MEAN)			
	Max	Min	Mean	S.D.	Max	Min	Mean	S.D.
1	0.1	0.07	0.08	0.01	0.78	0.66	0.73	0.03
2	0.12	0.09	0.11	0.01	0.96	0.83	0.88	0.04
3	0.14	0.12	0.13	0.01	1.16	0.97	1.06	0.05
4	0.12	0.09	0.11	0.01	0.99	0.82	0.92	0.05
5	0.12	0.09	0.11	0.01	0.99	0.82	0.91	0.04
6	0.1	0.08	0.09	0.01	0.77	0.64	0.70	0.04
7	0.1	0.07	0.09	0.01	0.8	0.72	0.77	0.03
8	0.15	0.12	0.13	0.01	1.07	0.89	0.98	0.06
9	0.14	0.11	0.13	0.01	1.11	0.92	1.04	0.05
10	0.13	0.12	0.13	0.005	0.99	0.87	0.93	0.03

に、イメージ上、明らかに欠損像となっているものを、Cold+, 疑わしいものを±, 正常のものをーとして、数値とイメージ診断を22例39回について対比した。その結果、RatioをFig. 2に、Ratio (Mean)をFig. 3に示すごとく、両者とも視診による判断とよく一致しているが、RatioよりもRatio (Mean)のほうが数値の変動幅が大きく、より鋭敏な差違を表現できると考えられた。一方、CMBFでのT.U.I.の正常値を知るため、正常例のうち冠動脈造影が施行された9例でのT.U.I.の最大値、最小値、平均値および標準偏差をまとめたものが、Fig. 4である。G領域は、イメージ上大血管の重なる部で、正常でもやや低値を示すのが普通である。LAO 45°のイメージ上、心室中隔はB, F領域に、自由壁はE, I領域に相当するが、中隔は自由壁に比し、若干低い値をとる傾向にある。次に、実地症例における検討例をFig. 5に示す。症例は61歳、男性。前壁中隔梗塞でイメージ上も中隔にCold Areaを認め、T.U.I.もF領域で0.66と低値を示している。視診による判断と、T.U.I.はよく一致した。具体的に50例のシンチグラム診断とB, F領域でのT.U.I.との対比をTable 2に示す。これをまとめると次のごとくである。

シンチグラム上

Cold Area + 34例, 68%

Fig. 2 Ratio of the septal infarction in B and F region

	±	10例, 20%
	—	6例, 12%
T.U.I.	0.7以下	36例, 72%
	0.71~0.8	4例, 8%
	0.81以上	10例, 20%

イメージ+T.U.I.

Cold Area+and, or T.U.I. 0.7以下

37例, 74%

Cold Area±and, or T.U.I. 0.71~0.8

Fig. 3 Ratio (Mean) of the septal infarction in B and F region

Fig. 4 Normal variation of T.U.I. (LAO 45°)

Table 2 Imaging diagnosis and T.U.I. of 50 cases with antero-septal myocardial infarction

Imaging diagnosis cold areat in septum	T.U.I.		Imaging diagnosis cold areat in septum	T.U.I.	
	B	F		B	F
±	0.81	0.83	+	0.28	0.32
+	0.79	0.6	±	0.74	0.81
±	0.79	0.6	+	0.36	0.48
±	0.87	0.82	+	0.88	0.59
+	0.43	0.34	-	1.07	0.93
+	0.6	0.45	+	0.43	0.53
+	0.79	0.66	-	0.98	0.9
-	0.83	0.91	+	0.68	0.62
+	0.38	0.31	±	1.03	0.65
±	0.99	0.89	-	1.06	0.83
+	0.52	0.38	+	1.28	0.67
+	0.69	0.49	+	0.77	0.87
+	0.48	0.32	±	0.86	1.0
+	0.85	0.39	+	0.95	0.67
+	0.52	0.51	+	0.58	0.38
+	0.65	0.68	+	0.8	0.58
+	0.99	0.74	+	0.63	0.25
+	0.58	0.47	+	0.92	0.39
±	0.66	0.78	±	1.25	1.09
+	0.7	0.65	+	0.6	0.34
+	0.43	0.19	+	0.4	0.46
±	0.87	0.77	+	0.58	0.36
+	0.82	0.66	+	0.6	0.51
+	0.34	0.48	-	1.07	0.96
+	0.47	0.66	-	1.49	0.93

7 例, 14%

Cold Area- and T.U.I. 0.81 以上

6 例, 12%

0.7 以下を梗塞とした場合, T.U.I. のほうが, イメージ診断よりも診断率が高く, 両者を合わせることにより, さらに診断率が向上することが明らかとなった。

考 察

RI イメージングの進歩は瞠目すべきものがある。機器については, 1958 年 Anger により開発されたガンマカメラが, 改良に次ぐ改良を重ねられ, さらに 1960 年代に入ってコンピュータが導入されるや, 種々の解析装置と連動させることにより, 多くのデータ処理が可能となった。一方, 秒単位の連続画像として,

フィルム上に記録することもできるようになり, 心ブールシンチグラフィや RI アンギオに応用されてい

ROI	TOTAL	AREA	MEAN	RATIO	RATIO (MEAN)	%
B	1284	49	26	.09	.81	59
C	1829	62	30	.13	.91	68.1
D	1842	58	32	.13	.98	72.7
E	2421	57	42	.17	1.31	95.4
F	1059	49	22	.07	.66	50
G	1620	53	31	.11	.94	70.4
H	2059	62	33	.14	1.02	75
I	2349	54	44	.16	1.34	100

P. NO. F. NO. INTVL SIZE DEVICE MAX DATE NAME
20 1 50 11 G 73 1980.11. 1 61 Y F
REMARK : IBS

Fig. 5 Cardiac muscle blood flow

る。さらに最近では、回転式ガンマカメラを用いた single photon emission CT (SPECT) も使用されるようになった。一方、放射性医薬品については、 ^{99m}Tc の出現によりその標識化合物が多く使用されているが、心筋に対してもいくつかの核種が開発使用されてきた。すなわち、 ^{131}Cs 、 ^{43}K 、 ^{81}Rb 、そして ^{201}Tl などの核種である。このうち、 ^{131}Cs はガンマ線のエネルギーが 30 KeV と低すぎ、 ^{43}K 、 ^{81}Rb は高すぎて良い画像が得られず、臨床的にはさほど普及しなかった。1970 年、Kawana ら⁵⁾により、 ^{199}Tl が心筋シンチグラム製剤として有用であると報告され、次いで ^{201}Tl が 1975 年、Lebowitz ら^{6,7)} によって報告された。 ^{201}Tl は、70 KeV の X 線を放出し、半減期も 73 時間と適当で使用しやすく、生体内分布は K と非常に類似しており、心筋への取り込みも、 ^{43}K 、 ^{81}Rb 、 ^{131}Cs よりも高く、1 回の還流で約 85% が心筋細胞に取り込まれ、長時間心筋内に留まることが分かっており、正常心筋を陽性描画し、梗塞部を陰性描画せしめるので、虚血性心疾患の診断には極めて賞用されていて、有用な放射性医薬品であるといえる。心臓の核医学イメージングとしては、現時点では心プールシンチグラフィと心筋シンチグラフィが主なものであり、前者には ^{99m}Tc -HSA や ^{99m}Tc -

RBC が用いられ、後者には梗塞巣を陰性描画する $^{201}\text{TlCl}$ の他に、陽性描画する ^{99m}Tc -ピロリン酸 (^{99m}Tc -PYP) によるものが報告⁸⁻¹⁰⁾されている。日常の診療において、心疾患のうちで核医学検査の対象となるものは、心筋梗塞を中心とする虚血性心疾患が最も多いので、 $^{201}\text{TlCl}$ および ^{99m}Tc -PYP による心筋梗塞の診断が繁用されている。しかし、 ^{99m}Tc -PYP による梗塞巣の描画は、発作直後、1 週間以内に検査を施行しないと所見が得られず、病室にて RI の使用が認められない現在の医療法制下では使用しにくい難点がある。その点、 $^{201}\text{TlCl}$ は急性期から慢性期まで広く使用でき、病状が安定してから検査することが可能で、より一般的に用いられている。タリウムによる心筋シンチグラムの診断は、イメージのみによる場合は、多少の熟練を要し、判定困難なこともしばしばあり、客観的評価法が求められるゆえんである。本邦においては、タリウム心筋シンチグラムの客観的評価の研究は、永井を班長とする放射性タリウム心筋梗塞イメージの客観的解析研究班の報告¹¹⁻¹⁴⁾があり、心筋イメージのみの正診率は、sensitivity 68%, specificity 86.3%, efficiency 78% であるが、心電図および臨床情報を与えられた場合には、各々 82.3, 91.5, 87.4% に向上したという。これはイメージ診断のも

ので、定量評価法ではないが、著者の結果もほぼこれに準ずる成績であった。定量評価法の方法としては、タリウムの投与量に対する心筋の摂取率を求める、いわば絶対的な定量化と、心筋イメージ上の相対的比率を求める方法とがあり、CMBF法は後者に属する。前者の例としては、石井らによる心筋血流量測定についての報告^{15,16)}があり、心筋部に関心領域を設定して得たカウントを、第1回 Tl 中心循環系通過時の全視野におけるカウントで割った比率を心筋血流比としている。一方、後者の例としては、CMBF法の他に、Circumferential Profile法（以下 C.P.法と略す）など、種々の方法が報告¹⁷⁻²⁰⁾されている。このうち、Scintipac-1200で利用できるものはCMBF法とC.P.法である。C.P.法は、心筋イメージの中心点を設定して36分割し、その放射線上的最大カウントの部を100として残りの部を%で表し、それを横に展開してグラフに示すもので、1979年 Burowらによって報告²¹⁾されている。CMBF法との比較では、Sensitivityという面からは、細かく分割する分だけC.P.法が有利であるが、Scintipac-1200での処理時間で、CMBF法が2~3分と簡便なのに対して、C.P.法では20分以上を要し、ルーチン検査法としてはCMBF法に利点がある。ただし、CMBF法では、心筋イメージの相対的摂取率を示すものであるため、全体的にカウントが低下しているような場合、イメージ上ではCold Areaが疑われていても、数値上は正常となる場合もありうる。また、側副血行路が発達したような場合には、イメージ上からも数値の上からも正常というものがあり、これはタリウムによる診断の限界と考えられる。今回の症例の中にも、左前下降枝(LAD)100%閉塞で、回旋枝(RCA)よりの側副血行路が発達し、偽陰性(false negative)となったものが含まれていた。さらに、心室中隔に梗塞があっても、例えば下壁により大きな欠損像があるような例では、下壁の低値に相対して、中隔部は正常値を呈するというような例もあった。今回の結果からは、T.U.I.はイメージ診断よりもやや優れており、イメージとT.U.I.を併用することにより、さらに向上が認められた。このように、CMBF法には種々の弱点もあるが、日常臨床で用いるのに優れた利点があり、タリウム心筋シンチグラムの客観的評価法の一つとして有用であると考えられる。

結 論

- 1) 心電図および臨床所見より、心室中隔に梗塞ありとされた50例につき、²⁰¹TlCl心筋シンチグラフィを行い心筋8分割局所血流指数(Cardiac Muscle Blood Flow: CMBF)を検討した。
- 2) LAO 45°のイメージを8分割し、一画素あたりの平均カウント比、Ratio (Mean)をThallium Uptake Index (T.U.I.)とした。
- 3) シンチグラムの視覚上の診断は、正診率68%であった。
- 4) T.U.I.は梗塞例0.7以下とするのが適当と考えられた。境界領域は、0.71~0.8で、梗塞を指摘できないものは、0.81以上であった。
- 5) T.U.I.のみの正診率は72%であったが、イメージ診断と併用すると74%に向上した。
- 6) CMBF法は、心筋梗塞例での²⁰¹TlCl心筋シンチグラフィの客観的評価法の一指標として、有用であると考えられた。

稿を終えるにあたり、御指導賜った日本医科大学放射線医学教室の諸先生、および実際の症例について研究の施行に御協力、御指導を頂きました第1内科、集中治療室の高野照夫助教授始め諸先生に感謝致します。

なお本論文の要旨は、第40回日本医学放射線学会総会(1981年)、第41回日本医学放射線学会総会(1982年)においてそれぞれ発表した。

文 献

- 1) 椎葉忍, 奥山厚, 細井盛一, 疋田史典, 志田幸雄, 西川博, 本多一義, 唐沢正明, 行武純一, 渡部英之, 隈崎達夫, 山岸嘉彦, 齋藤達雄, 宗像純司, 水野杏一, 金沢正邦, 宗像一雄: 心筋梗塞に対する²⁰¹TlCl心筋シンチグラフィ。核医, 14, 757, 1977。
- 2) 椎葉忍, 菅原謙三, 青海川秀敏, 三谷原重雄, 細井盛一, 奥山厚, 疋田史典, 志田幸雄, 西川博, 中沢英治, 本多一義, 隈崎達夫, 山岸嘉彦, 清水浩, 齋藤達雄, 畑典武, 宗像純司: ²⁰¹Tl-Chlorideによる心筋シンチグラフィの臨床; 心筋梗塞100例における冠動脈造影との比較。核医, 17, 760, 1980。
- 3) Hamilton, G.W., Trobaugh, G.B., Ritchie, J.L., Williams, D.L., Weaver, W.D. and Gould, K.L.: Myocardial imaging with intravenously injected Thallium-201 in patients with suspected coronary artery disease; Analysis of technique and correlation with electrocardiographic, coronary anatomic, and ventriculographic findings. Am. J. Cardiol., 39, 347~355, 1977。
- 4) Wackers, F.J.T.H., Becker, A.E., Samson, G., Sokole, E.B., Schoot, J.B., Vet, A.J.T.M., Lie, K.I., Durrer, D. and Wellens, H.: Location and

- size of acute transmural myocardial infarction estimated from Thallium-201 scintiscans; A clinicopathological study. *Circulation*, **56**, 72~78, 1977.
- 5) Kawana, M., Krizek, K., Porter, J., Latrop, K.A., Charleston, D. and Harper, P.V.: Use of 199-Tl as a potassium analog in scanning. *J. Nucl. Med.*, **11**, 333, 1970.
 - 6) Lebowitz, E., Greene, M.W., Fairchild, R., Bradley-Moore, P.R., Atkins, H.L., Ansari, A.N., Richards, P. and Belgrave, E.: Thallium-201 for medical use. I. *J. Nucl. Med.*, **18**, 151~155, 1975.
 - 7) Bradley-Moore, P.R., Lebowitz, E., Greene, M.W., Atkins, H.L., and Ansari, A.N.: Thallium-201 for medical use. II. Biologic behavior. *J. Nucl. Med.*, **16**, 156~160, 1975.
 - 8) Parkey, R.W., Bonte, F.J., Meyer, S.L., Atkins, J.M., Curry, G.L., Stokely, E.M. and Willerson, J.T.: A new method for radionuclide imaging of acute myocardial infarction in humans. *Circulation*, **50**, 540~546, 1974.
 - 9) Bonte, F.J., Parkey, R.W., Graham, K.D., Moore, J. and Stokely, E.M.: A new method for radionuclide imaging of myocardial infarcts. *Radiology*, **110**, 473~474, 1974.
 - 10) 廖仁貴, 高谷淳, 山本陸夫, 早瀬武夫, 小野清純, 佐々木康人, 柏田和子, 染谷一彦: 急性心筋梗塞初期診療における心筋シンチグラフィの検討. *核医*, **19**, 711~720, 1982.
 - 11) 永井輝夫, 村田和彦, 鳥塚莞爾, 久田欣一, 橋本省三, 佐々木康人, 飯沼武, 河合忠一, 蔵本繁, 鈴木豊, 石井勝己: 放射性タリウム心筋梗塞イメージの客観的解析研究報告. *核医*, **17**, 1~15, 1980.
 - 12) 永井輝夫, 村田和彦, 鳥塚莞爾, 久田欣一, 橋本省三, 佐々木康人, 飯沼武, 河合忠一, 蔵本繁, 鈴木豊, 石井勝己: 放射性タリウム心筋梗塞イメージの客観的解析. 班研究報告(第1報). *心臓*, **14**, 969~979, 1982.
 - 13) 永井輝夫, 村田和彦, 鳥塚莞爾, 久田欣一, 橋本省三, 佐々木康人, 飯沼武, 河合忠一, 蔵本繁, 鈴木豊, 石井勝己: 放射性タリウム心筋梗塞イメージの客観的解析. 班研究報告(第2報). *心臓*, **14**, 1115~1122, 1982.
 - 14) 永井輝夫, 村田和彦, 鳥塚莞爾, 久田欣一, 橋本省三, 佐々木康人, 飯沼武, 河合忠一, 蔵本繁, 鈴木豊, 石井勝己: 放射性タリウム心筋梗塞イメージの客観的解析. 班研究報告(第3報). *心臓*, **14**, 1217~1223, 1982.
 - 15) 石井靖, 神原啓文, 米倉義晴, 門田和紀, 藤田透, 鳥塚莞爾, 河合忠一: ^{201}Tl による心筋シンチグラフィ及び心筋血流量測定について. *核医*, **13**, 787~797, 1976.
 - 16) 米倉義晴, 石井靖, 鳥塚莞爾, 門田和紀, 神原啓文, 河合忠一: ^{201}Tl 心筋摂取率測定による心筋血流量の評価. *核医*, **17**, 1211~1220, 1980.
 - 17) Nelson, A.D., Leighton, R.F., Andreas, L.T., Khullar, S.C., Ross, J.N., Budd, G.C. and Gohara, A.: Quantification of myocardial ischemia and infarction with 201-Thallium scintigraphy. *Clin. Cardiol.*, **2**, 450~454, 1979.
 - 18) Meade, R.C., Bamrah, V.S., Horgan, J.D., Ruetz, P.P., Kronenwetter, C. and En-Lin, Yeh.: Quantitative method in the evaluation of Thallium-201 myocardial perfusion images. *J. Nucl. Med.*, **19**, 1175~1178, 1978.
 - 19) 成田充啓, 栗原正, 宇佐美暢久, 瓦谷仁志, 松雪銀彦, 本田稔, 小川正, 金尾啓右, 鼠尾祥三, 沢山俊民: $^{201}\text{TlCl}$ 心筋シンチグラム, その定量的評価の基礎的検討と臨床応用. *核医*, **15**, 876, 1978.
 - 20) 大友敏行, 国重宏, 坂中勝, 吉良康男, 河野義雄, 山田千尋, 高木研二, 足立晴彦: タリウム 201 心筋シンチグラムにおける虚血部位および程度の定量的診断の試み. *核医*, **16**, 1222, 1979.
 - 21) Burow, R.D., Pond, M., Schafer, A.W. and Becker, L.: Circumferential Profiles; A new method for computer analysis of Thallium-201 myocardial perfusion images. *J. Nucl. Med.*, **20**, 771~777, 1979.

(受付: 1986年1月27日)