

<sup>201</sup>Tl 心筋クリアランス法による冠状動脈病変の検討：運動負荷後 2 時間から 4 時間の心筋クリアランスの意義について

Quantitation of coronary artery lesions by 2-4 hour stress-myocardial clearance of thallium-201

樋熊 紀雄  
佐藤 広則  
小田 弘隆  
小田 勇司\*  
山添 優\*\*

Norio HIGUMA  
Hironori SATO  
Hirotaka ODA  
Yuhji ODA\*  
Masaru YAMAZOE\*\*

**Summary**

The stress-redistribution thallium-201 scintigraphy and thallium-201 washout method have limitations in their ability to detect individual coronary lesions in patients with multivessel coronary artery disease. The purpose of this study is to investigate the value of the quantitative planar method using the dynamics of thallium-201 redistribution after exercise.

We observed the patterns of thallium clearance in the late stages (at 2 and 4 hrs) which are characteristic of decreased myocardial blood supply by the obstructed coronary arteries. In 20 subjects, quantitative thallium scintigrams (planar image and circumferential count profile) and blood samples for thallium concentration were obtained immediately, and 2 and 4 hrs after maximal treadmill exercise. Coronary angiography was performed in all subjects, and 16 patients had coronary artery disease (CAD) and four were normal. The rate of thallium clearance from the blood (TCB) was compared with the rate of thallium clearance from each segmental lesion of the myocardium (TCM) between the 2- and 4-hr images. The system adopted for assignment of myocardial regions to individual coronary arteries has been used as an approach to localization of anatomic disease.

In the four patients with normal coronary arteries, TCM exceeded TCB in all regions of all images (specificity 100%). Fourteen of the 16 CAD patients had at least one region where TCM was less than TCB (sensitivity 88%). Ten of the 14 patients with multivessel CAD had multiple regions where TCM was less than TCB (sensitivity 71%). All of the six patients without multivessel CAD (four with normal coronary arteries and two with one vessel disease) did not have multiple regions where TCM was less than TCB (specificity 100%). Quantitative thallium scintigraphy showed sensitivities of 86%, 56% and 91% in the left anterior descending artery, the circumflex coronary artery and right coronary artery, respectively.

新潟市民病院 循環器科  
新潟市紫竹山 2-6-1 (〒950)  
\*新潟南病院 循環器科  
新潟市女池神明町 1-7-1 (〒950)  
\*\*新潟大学医学部 第一内科  
新潟市旭町通り 1 (〒951)

Division of Cardiology, Niigata Shimin Hospital, 2-6-1 Shichikuyama, Niigata 950, \*Division of Cardiology, Niigata Minami Hospital, 1-7-1 Meike Shinmeicho, Niigata 950, and \*\*the First Department of Internal Medicine, Niigata University School of Medicine, Asahimachi-dori 1, Niigata 951

Received for publication May 12, 1986; accepted July 1, 1986 (Ref. No. 32-PS 33)

These results showed that decreased TCM in the late stage is characteristic of myocardial regions where blood is supplied by the diseased coronary arteries. This finding may improve diagnostic sensitivity under the condition of multivessel coronary artery disease.

**Key words**

Stress-thallium-201 myocardial scintigraphy      Circumferential profile      Myocardial thallium clearance  
 Blood thallium clearance      Multivessel coronary artery disease

はじめに

虚血性心疾患の診断および治療, 特に手術の適応決定は, 左室造影や冠状動脈造影のような観血的検査法により行なわれるのが一般的である. しかし, このような侵襲的検査法は, 予後の判定, 経過の追跡には, 被検者の年齢や一般状態を考え, 繰返し行える方法ではない. 運動負荷 thallium-201 (<sup>201</sup>Tl) 心筋シンチグラフィは, 非侵襲的検査法として, 今日, 虚血性心臓病患者の心筋の viability を含む虚血部位の診断や, 予後の判定, さらには経皮経管的冠状動脈形成術 (percutaneous transluminal coronary angioplasty: PTCA)<sup>1-4)</sup> や, 大動脈冠状動脈吻合血管再建術 (aorto-coronary bypass graft: ACBG) の効果判定に用いられている<sup>5)</sup>.

心筋イメージの判定法としての視覚的判定には, 経験が必要とする. 近年, planar <sup>201</sup>Tl 心筋シンチグラフィの定量的解析法として, circumferential count profile が, 冠状動脈病変の検出に有用であると報告されている<sup>6-8)</sup>.

我々は, 運動負荷直後, 2時間後, さらに4時間後の <sup>201</sup>Tl 心筋シンチグラフィと, 採血による血中 <sup>201</sup>Tl のカウントを得た. そして Garcia<sup>9)</sup>の方法に従い, この planar image から circumferential count profile curve を算出した. 血中 <sup>201</sup>Tl のカウントから, 2時間と4時間の間のクリアランス率, すなわち, <sup>201</sup>Tl 血中クリアランス率と, 同じ時間内の <sup>201</sup>Tl 心筋クリアランス率を比較し, 心筋虚血部位の存在と, 冠状動脈造影でえた罹患冠状動脈との関係について検討したので報告する.

**Table 1 Protocol**

Exercise test (treadmill)		
↓	← 2~4 mCi <sup>201</sup> Tl intravenous (45—90 seconds)	
Immediate		
↓	← blood sample	
2 hours		
↓	← blood sample	
4 hours		
↓	← blood sample	
# 1 image:	anterior-posterior	
	left anterior oblique	45°
	ibid.	70°
	left lateral	
# 2 image is taken for 300 seconds		

対象および方法

対象は労作性狭心症 6 例, 心筋梗塞症 13 例, 高血圧症があり, 虚血性心臓病が疑われた 1 例の計 20 例で, 全例に冠状動脈造影を施行した. 年齢は 39 歳から 66 歳 (平均年齢 56.7±7.5 歳) で, 男子 15 例, 女子 5 例であった (Table 2).

対照として, 日常の訴えがなく, 運動負荷心電図および心エコー図上異常のみられなかった volunteer の 9 例 (年齢は 24 歳から 43 歳, 平均年齢 29.8 歳, 男子 6 例, 女子 3 例) を用いた.

運動負荷試験は, treadmill を用いて Bruce<sup>10)</sup>の変法で施行し, 同時に血圧, 12 誘導心電図をモニター記録した. 運動負荷により目標心拍数の 90% 以上, 狭心痛の出現, 足の疲れ, および心電図 1 mm 以上の ST 低下を示す心筋虚血がみられた時点で, あらかじめ留置しておいた末梢静

**Table 2. Patient profiles**

No.	Name	Sex	Age	Clinical diagnosis	Coronary angiogram			Thallium imaging		
					LAD	Cx	RCA	LAD	Cx	RCA
Normal										
1	S.S.	M	56	angina pectoris						
2	S.Y.	M	55	angina pectoris						
3	M.K.	F	54	IHD						
4	T.N.	F	52	MI						
1 vessel disease										
5	M.N.	F	66	angina pectoris	○			#		
6	T.T.	M	60	angina pectoris			○			#
2 vessel disease										
7	M.Y.	M	64	MI	○	○		#		
8	S.K.	M	48	MI	○		○	#		#
9	M.K.	M	62	MI	○		○	#		#
10	Y.H.	M	56	MI	○		○			#
11	H.S.	F	65	MI	○	○				
12	A.M.	M	39	MI	○	○		#	#	
13	T.N.	M	66	MI	○		○	#		#
14	M.A.	M	49	MI, variant angina	○	○		#	#	#
15	T.T.	F	62	MI		○	○			#
16	H.K.	M	45	MI	○	○		#		#
3 vessel disease										
17	C.K.	M	62	MI, gastric cancer	○	○	○	#	#	#
18	Y.S.	M	54	MI	○	○	○	#	#	#
19	A.Y.	M	64	angina pectoris	○	○	○	#		#
20	K.Y.	M	54	angina pectoris	○	○	○	#	#	#

○=75% greater luminal narrowing; #=abnormal thallium clearance; M=male, F=female, MI=myocardial infarction; IHD=ischemic heart disease; LAD=left anterior descending coronary artery; Cx=circumflex coronary artery; RCA=right coronary artery.

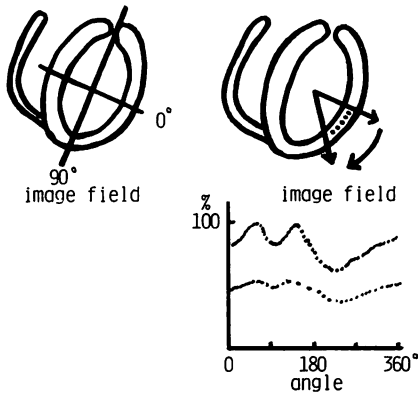
脈より、<sup>201</sup>Tl を 2~4 mCi を注入し、さらに 45~90 秒間運動負荷を続け、5 分後より収集を開始した。

運動負荷 <sup>201</sup>Tl 心筋シンチグラフィおよび採血は、Table 1 に示した手順に従って行った。テクニカ製 V438 シンチレーションとオンライン接続した Varian II 100 コンピューターシステムを用いて、イメージの収集および解析を行った。撮像は前後像、LAO 45°、LAO 70°、および左側画像の 4 方向で行い、解析の対象とした。収集時間は各方向 300 秒のプリセットタイムとし

た。撮像には、コンピューターを 64×64 マトリックスサイズにし、2 倍拡大収集した。9 点スムージングを行い、さらに右室および肝などの <sup>201</sup>Tl 高摂取部位を避けて、任意に ROI を設定し、Goris ら<sup>11)</sup>の補間法によるバックグラウンド・サブトラクションを行った。

解析法

Circumferential count profile は Fig. 1 に示した Garcia ら<sup>9)</sup>の方法に従い、算出した。すなわち、バックグラウンド処理を行った画像の左室壁中心に外接円中心をセットし、左室中心を左手



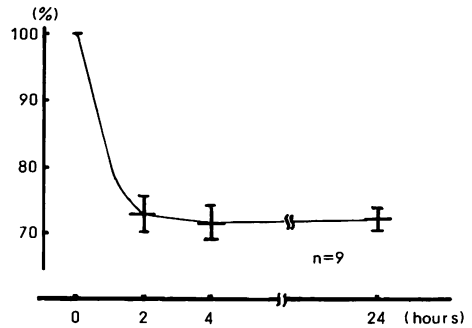
**Fig. 1. Diagrammatic representation of the method for obtaining circumferential profiles of the myocardium (modified from Garcia et al<sup>9)</sup>)**

Polar coordinate reference axis is shown in the left upper panel. Image pixels for circumferential profile analysis are found by performing a radial search for the maximum value at 6° intervals (right upper panel) throughout 360°. Maximal values shown as black dots are then replotted in the right lower panel for each angle as a percentage of the maximum value for the circumferential profile. Top curve in the right lower panel represents circumferential profile from stress thallium-201 image, and bottom curve from a one-hour delayed image.

法で設定し, 心尖部を結ぶ基準線より反時計方向 90° を 0° とし, 6° 間隔で各心筋壁の最高カウント部を sampling し, profile curve を作製した. なお, profile curve の表示は, 縦軸に, 60 点のうち最高カウントを 100% とした相対的カウント(%)を表わし, 横軸はサンプリング部, すなわち角度を示した.

**血中 <sup>201</sup>Tl Kinetics**

<sup>201</sup>Tl 血中濃度は, 採血 1 ml をダイナボット製オートロジックを用いて count した. Fig. 2 は, volunteer より得られた kinetics を示す. 運動負荷直後の <sup>201</sup>Tl 血中濃度を 100% とし, 2 時間後, 4 時間後の血中濃度は, それぞれ 72.8±2.7%, 71.6±2.6% (平均 ±1 SD) で, 2 時間から 4 時間間の <sup>201</sup>Tl 血中 clearance rate は僅かなものであった.



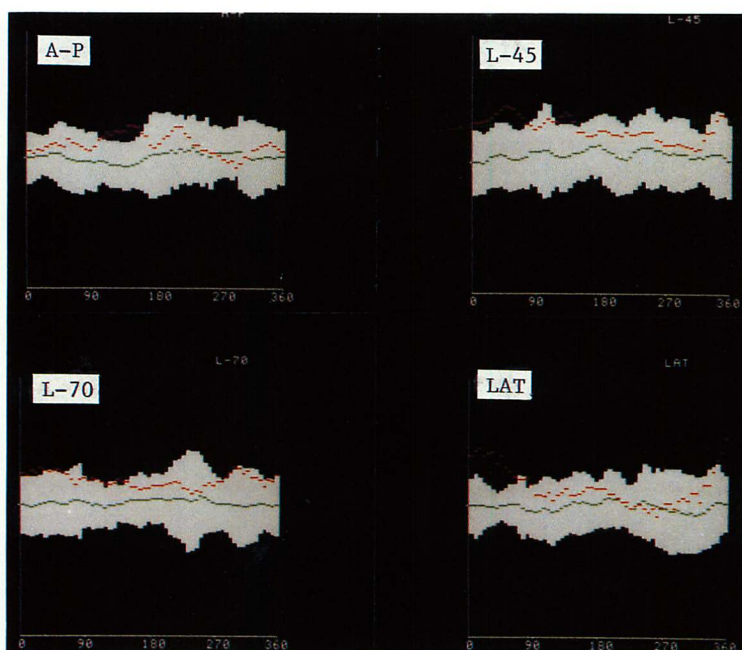
**Fig. 2. Thallium kinetics in the blood.**

Count density of 2 hour blood sample / count density of blood sample immediately after exercise and count density of 4 hour blood sample / count density of blood sample immediately after exercise were 72.8±2.7% and 71.6±2.6% (mean±1SD), respectively. The rate of thallium clearance from the blood between 2 and 4 hours is very slow.

Fig. 3 は, volunteer より得られた 2 時間から 4 時間間の <sup>201</sup>Tl 心筋 clearance rate (4 時間時の count/2 時間時の count, 平均 ±2 SD=図の白色部, 緑色は平均値), すなわち retention rate を示した. 図の中で A-P は前後, L-45 は LAO-45°, L-70 は LAO 70°, LAT は左側画像の解析結果を示すものである.

Fig. 4 に, <sup>201</sup>Tl 血中 clearance rate (4 時間時の血中 count/2 時間時の血中 count), すなわち血中の retention rate を赤横線で示し, 白点で, <sup>201</sup>Tl 心筋 clearance rate を示した. <sup>201</sup>Tl 血中 clearance rate よりも <sup>201</sup>Tl 心筋 clearance rate が低下を示した部位に, 心筋虚血の存在があると診断した.

運動負荷心筋シンチグラフィーの定量的評価を行うため, 各方向の心筋部位を設定した<sup>9)</sup>. 240° から 300° は流出路と考えられ, 判定から除いた. 前壁は前後方向, LAO 70°, 左側画像で, 心室中隔は LAO 45° で診断し, 左前下行枝(対角枝を含む)で灌流されるものとした. 下壁は前後, LAO 70°, 左側面各像で診断し, 右冠状動脈の灌流領域とした. 後側壁は, LAO 45° 像で判定し,



**Fig. 3. Multiple views (A-P=anterior-posterior, L-45=LAO 45°, L-70=LAO 70° and LAT=left lateral) myocardial clearance profiles (expressed as percent retention of counts) between 2 and 4 hours.**

Myocardial clearance profiles are represented by the mean  $\pm$  2SD in each view of the 9 volunteers. Mean curves are plotted with (green) dots. A case of ostial stenosis (90-99%) of the right coronary artery with angina pectoris is plotted with (red) dots. In the inferoposterior segment, myocardial clearance is low.

左回旋枝の灌流領域とした。心尖部は特定の灌流動脈をあらかじめ設定できないので、判定を保留した (Fig. 5).

## 結 果

### 症例例示

症例 1: T. T. 60 歳 男子, 狭心症 (No. 6)

労作時の胸痛および圧迫感を訴え, 精査のため入院した。安静時心電図上, 異常はみられなかった。運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチグラフィを施行。運動負荷前心拍数 100 拍/分, 血圧 114/90 mmHg (double product 12,500) で, 負荷により Bruce stage II-2 分で胸痛発作とともに II, III, aVF に 2mm の ST 低下があり, その時の心拍数 117 拍/分, 血圧 165/89 mmHg (double product

19,300) で, 著明な運動耐容能の低下がみられた。

Fig. 3 は  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチグラフィを施行し, circumferential count profile curve より得た心筋  $^{201}\text{Tl}$  クリアランスを示す。図の volunteer より得た平均  $\pm$  2SD と比べて, クリアランスの低下がみられた部位は, A-P では下壁, L-45 は側壁の一部から心尖部下壁であり, 特に LAT では後下壁に著明な低下がみられた。

一方, 2 時間から 4 時間の  $^{201}\text{Tl}$  血中クリアランスと  $^{201}\text{Tl}$  心筋クリアランスを比較してみると, Fig. 4 に示したように, A-P, L-45, L-70 で  $^{201}\text{Tl}$  心筋クリアランスが  $^{201}\text{Tl}$  血中クリアランスより低下した部位はみられないが, LAT において, 後下壁に  $^{201}\text{Tl}$  心筋クリアランスの低下がみられた。本症例は, 冠動脈造影で, 右冠動

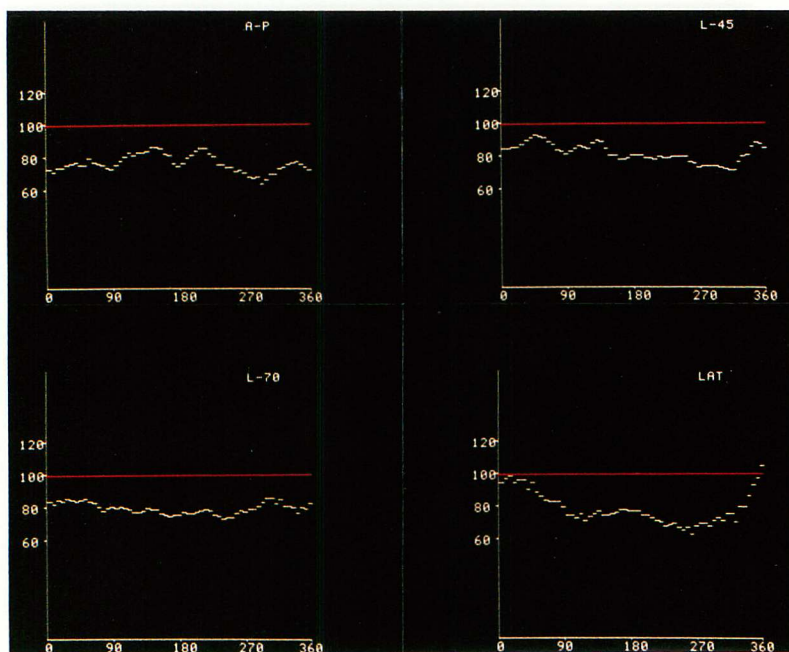


Fig. 4. Multiple views of myocardial clearance vs blood clearance.

The transverse line (red) indicates blood clearance rate (expressed as percent retention of 4-hour/2-hour). The same case as Fig. 3 is plotted (white) dots. In the left lateral view, thallium is cleared from the inferior myocardium slower than it is cleared from the blood.

脈起始部に 90~99% の狭窄があり, PTCA 術により十分な拡大が得られた. Fig. 6 は PTCA 術施行後約 1 ヶ月に施行した運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチグラフィである. 運動能は Bruce stage V-2 分で心拍数 166 拍/分, 血圧 170/80 mmHg, double product 28,200 と改善がみられ, ST 変化は出現しなかった. Fig. 3 で異常のみられた LAT 像で, 図左のように,  $^{201}\text{Tl}$  心筋クリアランスの改善がみられ,  $^{201}\text{Tl}$  血中クリアランスとの比較においても,  $^{201}\text{Tl}$  心筋クリアランスは正常化を示した. これは本法が, 右冠状動脈の灌流領域を虚血部位として評価し, 術後の経過観察上, 定量的評価が可能であることを示している.

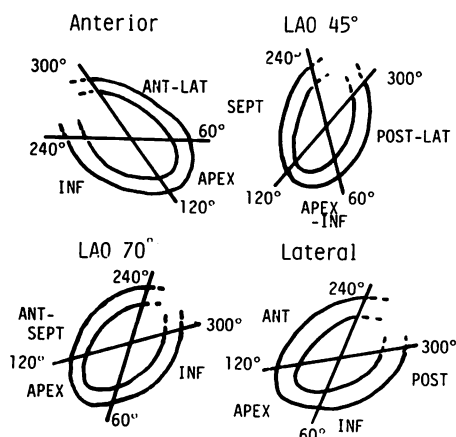
症例 2: C. K. 62 歳, 男子, 心筋梗塞症, 早期胃癌 (No. 17)

心筋梗塞症で経過中, 労作性狭心症が加わり, 又心窩部痛出現, 胃体部の中等度分化型腺癌の

IIc 型早期胃癌と診断し, 手術のため入院した. 心電図上 II, III, aVF に Q 波がみられた. Fig. 7 は本症例の  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチグラフィを示す. 図の A-P では前側壁, 心尖部から下壁に, L-45 では側後壁, 心室中隔, 前壁に, L-70 では前壁に, LAT では下壁, 心尖部および前壁に,  $^{201}\text{Tl}$  心筋クリアランスの低下がみられた. Fig. 8 に示したように,  $^{201}\text{Tl}$  血中クリアランスの比較でも, Fig. 7 と同様の結果であり, Fig. 5 の灌流領域と考え合わせ, 3 枝病変が予測された. 冠状動脈造影では明らかな 3 枝病変が示され, 左室駆出率は 45% と低下していた.

#### 全症例における成績

対象とした 20 例は, 全例冠状動脈造影を施行, Table 2 に示したように, 4 例 (normal) は 75% 以上の有意狭窄はないが, 16 例は主幹冠状動脈に 75% 以上の critical lesion を認めた症例であ



**Fig. 5. Myocardial regions assessed quantitatively in each view.**

In quantitative analysis, the arc from 240°–300° in each view is considered to represent the outflow tract and is not evaluated. For localization of anatomic disease, the anterior wall (anterior, LAO 70° and lateral views) and interventricular septum (LAO 45°) are considered to represent the distribution of the left anterior descending coronary artery, the inferior wall (anterior, LAO 70° and lateral views) the distribution of the right coronary artery and the posterolateral wall (LAO 45° view) the circumflex distribution. An apical or inferoapical abnormality alone is interpreted as indicating CAD, but is not used to represent localized due disease to a specific coronary artery.

ANT=anterior; INF=inferior; ANT-SEPT=anteroseptal; APEX-INF=inferoapical; POST-LAT=posterolateral.

った。表中の ○ 印が罹患冠動脈を示す。

1 枝病変の 2 例には 労作性狭心症を認め、2 枝病変は 心筋梗塞症例 10 例、3 枝病変は 労作性狭心症 2 例、心筋梗塞症 2 例が含まれていた。

<sup>201</sup>Tl 血中クリアランスと <sup>201</sup>Tl 心筋クリアランスとの比較において、<sup>201</sup>Tl 心筋クリアランスが低下した陽性部位と、Fig. 5 に示した主幹冠動脈の灌流領域とを対比すると、個々の症例では本表に示すごとくであった。

Table 3 と 4 に、冠動脈造影と比較した本法の結果を示した。多枝病変例における sensitivity は 71% であり、その specificity は 100%

**Table 3 Clearance analysis compared with angiographic findings**

		Clearance		
		Normal	1 vessel	MVCAD
Angiogram	Normal	4	0	0
	1 vessel	2	2	0
MVCAD		0	2	14
MVCAD		sensitivity: 10/14 ( 71%)		
		specificity: 6/ 6 (100%)		
CAD		sensitivity: 14/16 ( 88%)		
		specificity: 4/ 4 (100%)		

MVCAD=multivessel coronary artery disease; CAD=coronary artery disease.

**Table 4 Clearance analysis compared with angiographic findings**

Stenotic vessel		Clearance	
LAD	sensitivity:	12/14	( 86%)
	specificity:	2/ 2	(100%)
Cx	sensitivity:	5/ 9	( 56%)
	specificity:	6/ 7	( 86%)
RCA	sensitivity:	10/11	( 91%)
	specificity:	5/ 5	(100%)

LAD=left anterior descending coronary artery; Cx=left circumflex coronary artery; RCA=right coronary artery.

であった。また critical lesion を有した全症例では、sensitivity は 16 例中 14 例陽性の 88% であり、specificity は 100% であった。

さらに、主幹冠動脈別では、左回旋枝が sensitivity 56%, specificity 86% とやや低いものの、左前下行枝および右冠動脈では信頼性は高く、診断に用いるに十分なものと思われた。特に多枝病変例のうち、3 枝病変例では、本法はいずれの症例も陽性所見を示した。

### 考 按

運動負荷 <sup>201</sup>Tl 心筋シンチグラフィーは、有意な冠動脈狭窄をもつ患者を見出し、評価する

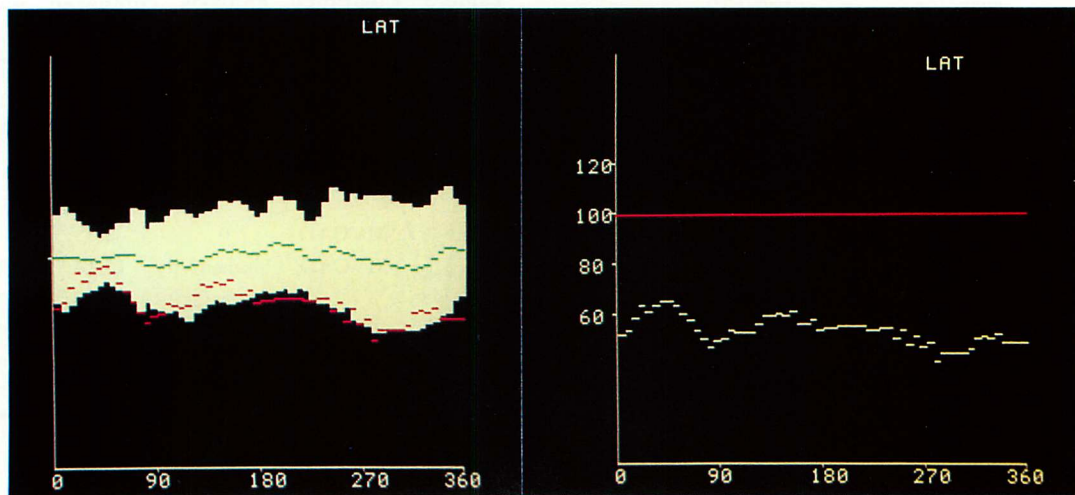


Fig. 6. Myocardial clearance profile and the ratio to the blood clearance after PTCA of the same case shown in Fig. 3.

Thallium myocardial scintigram in the lateral view (LAT) is performed one month after percutaneous transluminal coronary angioplasty.

Left panel: Myocardial clearance profile is normalized. Right panel: Myocardial clearance curve is always lower than the blood clearance line.

非侵襲的検査法として、今日広く用いられている。そして、負荷直後の初期分布および再分布像から心筋内の血流分布、心筋の viability を評価するには、欠くことのできない方法である。さらに単なる treadmill や ergometer を用いた運動負荷よりは、 $^{201}\text{Tl}$  心筋イメージの併用は、予後を評価する面で有用であるとする報告が多い<sup>5)</sup>。

心筋  $^{201}\text{Tl}$  イメージの視覚的な診断は、経験が必要とする上に、読影者による評価も異なることが多い。特に多枝病変例<sup>14)</sup>においては、限界があると言われている。

Planar<sup>7,12~14)</sup> や tomographic<sup>15)</sup> の  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチグラフィでの count profile<sup>6)</sup> による定量的解析法は、視覚的方法に比べて、冠動脈疾患の定量的、かつ正確な診断を可能とした<sup>6,7,15)</sup>。

これまでの報告では、冠動脈疾患は運動負荷直後の分布と 2~4 時間後の再分布により診断されていたが、Sklar ら<sup>8)</sup> は Pohost ら<sup>16)</sup> による  $^{201}\text{Tl}$  kinetics の研究に着目し、直後、2 時間後さらに

4 時間後のイメージを収集し、同じ時間で採血し、血中の  $^{201}\text{Tl}$  濃度を測定した。その結果、血中の  $^{201}\text{Tl}$  は静注後より急速に低下、約 30 分後からは緩やかに、また 2 時間から 4 時間の間には 1 時間につき 0~6% の低下を示した。この所見は volunteer で行った本研究における  $^{201}\text{Tl}$  の kinetics の成績での clearance rate と同様であり、他の報告とも一致する<sup>17)</sup>。

一方、心筋細胞内の isotope ( $^{201}\text{Tl}$ ) の取り込みは、血液中あるいは細胞間質と、心筋細胞間の濃度勾配による受動的なものと考えられている。したがって、isotope の静脈内注入後より、取り込みは急速に起り、約 10 分後には最高となり、冠動脈に狭窄がなければ、isotope は心筋細胞内に一様に分布し、血中濃度の低下とともに細胞内濃度も一様に低下して行く。しかし、狭窄が存在すると、狭窄血管の灌流領域では、単位当りの灌流血が少ないので、細胞間質、心筋細胞間の濃度勾配が低く、細胞内への isotope の取り込みは緩



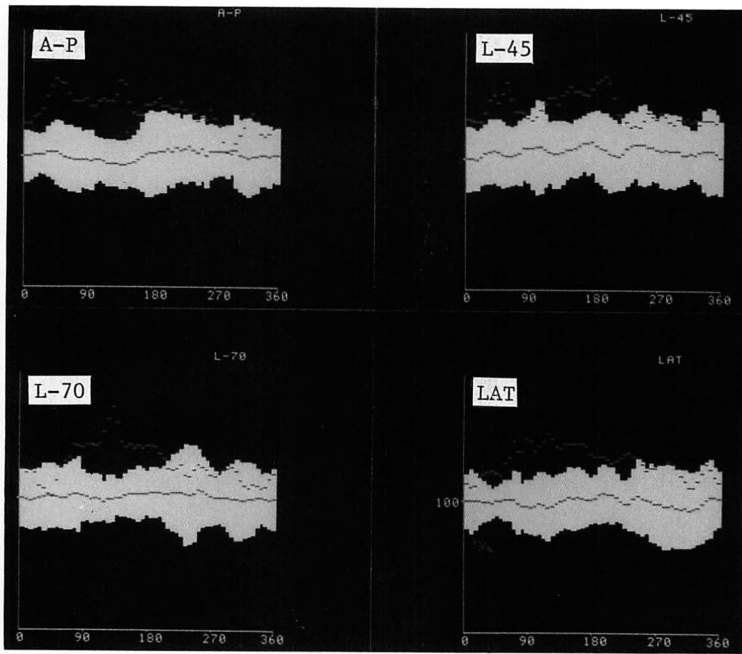


Fig. 7. Multiple views of myocardial clearance profiles between 2 and 4 hours.

Myocardial clearance profiles in 9 volunteers (expressed as percent retention of counts) are represented by means  $\pm 2\text{SD}$  in each view. Mean curves, lying between the other two are plotted with (green) dotted lines. A multi-vessel coronary artery disease with old myocardial infarction and angina pectoris is plotted with (red) dotted lines. In the anterior, inferior, posterolateral and septal myocardial walls, myocardial clearance is lower.

徐となる。血流の正常な部位では、時間の経過とともに、isotopeの血中濃度は減少して行くが、血流低下が存在する部位では、血流の停滞のために細胞間質のisotope濃度が低下しないので、心筋細胞からのisotope流出が低下し、細胞内に停滞する。さらに虚血は $^{201}\text{Tl}$ のkineticsに直接影響を及ぼすので、取り込みやクリアランスの減少を引き起すと考えられている。

Normalized circumferential count profile法は、どの方向のprofile curveにおいても、normalizeする過程で、countのもっとも高いところを100%とした相対的なcountとしてplotされるので、心筋の一部には正常な灌流域が必要である。このため、3枝病変を有する症例では、心筋全体の血流低下があって、100%領域が低いと

ころに生じ、したがってprofile curve上に血流低下を示す所見が表現されない。Sklarら<sup>8)</sup>はこのおとし穴を避けるために、心筋の各部分で、それぞれ独立させ、各領域のclearance rateのstandardは、患者自身の $^{201}\text{Tl}$ の血中クリアランス率であると考えた。したがって、彼らは7-pin-hole法を用いた断層図からcircumferential count profileを算出し、2時間から4時間の $^{201}\text{Tl}$ 心筋クリアランスと $^{201}\text{Tl}$ 血中クリアランスを比較して、 $^{201}\text{Tl}$ 心筋クリアランスの低下した部位を陽性とした評価法を用いた。この方法によれば、単にcount profileの初期および再分布像に基づいて虚血を評価する方法と比較して、特に多枝病変例において、sensitivity 85%, specificity 87%と良好な成績が得られたと報告した。

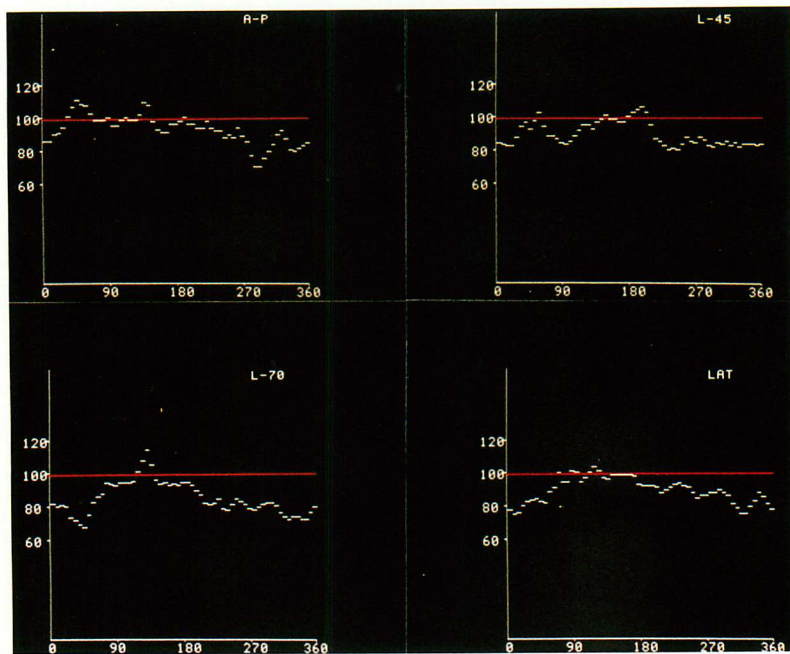


Fig. 8. Multiple views of myocardial clearance vs blood clearance.

The transverse (red) lines indicate the blood clearance rates expressed as percent retentions of 4-hours/2-hours. The same case as Fig. 7 is plotted with (white) dotted lines. In the anterior, septal, inferior and posterior myocardium, thallium is cleared from the myocardium slower than it is cleared from the blood.

Hirzel ら<sup>1)</sup>は、一枝病変においては PTCA 後殆どの例で取り込みの改善を認め、そのような例では、十分な運動負荷を行いうるとしている<sup>2)</sup>。本研究における PTCA 後の症例においても、術後は double product の増加をみた。しかし大島 ら<sup>4)</sup>は、PTCA 成功後運動負荷での改善をみても、心筋シンチグラフィー上高い陽性率(59%)が示されることから、PTCA の経過観察に運動負荷は必ずしもよい方法ではないと述べている。Fung ら<sup>3)</sup>は、この点について、冠動脈造影像は、単に解剖学的情報を与えるのみであるが、心筋シンチグラフィーは組織灌流を示しているのので、両者は必ずしも一致するものではないと述べている。

現在 single photon emission computed tomography (SPECT) による Tl-201 の検査が行わ

れるようになり、冠動脈疾患の診断率向上に役立っている<sup>18)</sup>。

先にも述べたように、患者自身の血中 <sup>201</sup>Tl クリアランスが standard となることから、正常対照例を検討する必要がないので、SPECT 領域での応用が考えられる。

しかし、患者の長時間の拘束と、安静、採血の煩わしさがあり、解析面でもまた位置確認の難しさがあるため、SPECT による Tl-201 の検査には今後に残された幾つかの問題点がある。

#### 要 約

運動負荷 <sup>201</sup>Tl 心筋シンチグラフィーの再分布法および washout 法は、多枝病変例の罹患冠動脈を診断する上に、方法論的に限界がある。本研究の目的は、運動負荷後の thallium-201 再分布

像の動態を通し, quantitative planar method の有用性について検討することにある. 狭窄した冠動脈により血液供給を受ける心筋に特徴的な所見がみられる late stage, すなわち 2 時間から 4 時間の thallium clearance の型を観察した.

20 例の冠動脈疾患例を対象として, maximal treadmill exercise の直後, 2 時間後, 4 時間後に quantitative thallium scintigraphy (planar 像, circumferential count profile) と採血を行い血中の <sup>201</sup>Tl クリアランス率 (TCB) と心筋各領域ごとの <sup>201</sup>Tl 心筋クリアランス率 (TCM) を比較した. 解剖学的に病変部位を決めるために, 冠動脈とその心筋灌流領域の関係をあらかじめ設定した. 冠動脈造影では 20 例中 16 例に 75% 以上の有意狭窄を認めた.

4 例の冠動脈正常例では, すべての方向, あらゆる領域で, TCM は TCB より大であった. (specificity 100%). 冠動脈狭窄例 16 例中 14 例は, 少なくとも一つの領域において, TCM が TCB より低下していた (sensitivity 88%). 多枝病変を有する 14 例中 10 例では, 複数の領域において TCM が TCB より低かった (sensitivity 71%). 多枝病変を有しない 6 例 (正常 4 例, 一枝病変 2 例) では, TCM が TCB より低い複数の領域を有しなかった (specificity 100%). Quantitative thallium scintigraphy では, sensitivity は, それぞれ左前下行枝 86%, 回旋枝 56%, 右冠動脈 91% であった.

これらの結果から, 2 時間から 4 時間の間にみられる TCM の低下は, 罹患冠動脈によって血流を受けた心筋部位を示す特徴的な所見であると考えられ, したがって本法は, 多枝病変例における罹患冠動脈を診断する上に有用な方法であると思われる.

#### 文 献

- 1) Hirzel HO, Nuesch K, Gruentzig AR, Luetolf UM: Short- and long-term changes in myocardial perfusion after percutaneous transluminal coronary angioplasty assessed by thallium-201 exercise scintigraphy. *Circulation* **63**: 1001, 1981
- 2) Scholl JM, Chaitman BR, David PR, Dupras G, Brèvers G, Guiteras P, Crepeau J, Lesperance J, Bourassa MG: Exercise electrocardiography and myocardial scintigraphy in the serial evaluation of the results of percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Circulation* **66**: 380, 1981
- 3) Fung AY, Krell M, O'Neill WW, Ackermann RJ, Buda AJ, Pitt B, Juni J: Should coronary angiography be the gold standard? A study correlation of thallium myocardial scintigraphy, trans regional pressure gradient and percent stenosis. *J Nucl Med* **26**: 41, 1985 (abstr)
- 4) 大島統男, Port S, Ray G, McNamee P, Schmidt DH: 冠動脈一枝病変の評価: 無侵襲性検査による検出率と percutaneous transluminal coronary angioplasty 成功例の検討. *核医学* **22**: 1799, 1985
- 5) Whl JM, Hakki AH, Iskandrian AS: Prognostic implication of normal exercise thallium images. *Arch Intern Med* **145**: 253, 1985
- 6) Burow RD, Pond M, Schafer AW, Becker L: "Circumferential profile": A new method for computer analysis of thallium-201 myocardial perfusion image. *J Nucl Med* **20**: 771, 1979
- 7) 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, 1981
- 8) Sklar J, Kirch D, Johnson T, Hasegawa B, Peck S, Steels P: Slow late myocardial clearance of thallium: A characteristic phenomenon in coronary artery disease. *Circulation* **65**: 1504, 1982
- 9) Garcia E, Maddhi J, Berman D, Waxman A: Space / time quantitation of thallium-201 myocardial scintigraphy. *J Nucl Med* **22**: 309, 1981
- 10) Bruce RA, Blackman, Jones JW: Exercise testing in adult normal subjects and cardiac patients. *Pediatrics* **32**: 742, 1963
- 11) Goris ML, Dasplit SG, McLaughlin P: Interpolative background subtraction. *J Nucl Med* **17**: 744, 1976
- 12) Massie BM, Botvinick EH and Brundage BH: Correlation of thallium-201 scintigrams with coronary anatomy: Factors affecting region by region sensitivity. *Am J Cardiol* **44**: 616, 1979
- 13) Rigo P, Bailey IK, Griffith LSC, Pitt B, Buriw RD, Wagner HN, Becker LC: Value and limitations of segmental analysis of stress thallium imaging for localization of coronary artery disease. *Circulation* **61**: 973, 1980

- 14) Dash H, Massie BM, Botvinick EH, Brundage BH: The noninvasive identification of left main and three-vessel coronary artery disease by myocardial stress perfusion scintigraphy and treadmill exercise electrocardiography. *Circulation* **60**: 276, 1979
- 15) Vogel RA, Kirch DL, LeFree MT, Rainwater JO, Jensen DP, Steele PP: Thallium-201 myocardial perfusion scintigraphy: Results and standard and multi-pinhole tomographic techniques. *Am J Cardiol* **43**: 787, 1979
- 16) Pohost GM, Alpert NM, Ingwall JS, Strauss HW: Thallium redistribution: Mechanism and clinical utility. *Seminars in Nuclear Medicine* **10**: 70, 1980
- 17) Iskandrian AS, Hakki AH: Thallium-201 myocardial scintigraphy. *Am Heart J* **109**: 113, 1985
- 18) Ito T, Takeda K, Maeda H, Nakagawa T, Yamaguchi N, Makino K, Futagami Y, Konishi T: Quantitative evaluation of coronary artery disease by thallium-201 myocardial emission computed tomography: Evaluation by circumferential profile analysis of regional distribution and washout. *核医学* **23**: 43, 1986 (in Japanese)