

《原 著》

Single Photon Emission CT による負荷タリウム心筋
スキャンにおける wash out rate の測定

—特に coronary spasm による虚血領域、梗塞領域について—

大嶽 達*	西川 潤一*	町田喜久雄*	南 学*
岡田 吉隆*	牧田 幸三*	小坂 昇*	伊藤 正光*
百瀬 敏光*	飯尾 正宏*	川原 貴**	戸田 爲久**
吉本 信雄**	松尾 博司**	杉本 恒明**	

要旨 健康人 10 例, 虚血性心疾患 30 例の計 40 例に運動負荷および再分布時にタリウム ECT を施行し, 健常領域 (N), 虚血性心疾患非病変枝領域 (IN), 梗塞領域 (MI), coronary spasm による虚血領域 (SP), その他の虚血領域 (AP) の wash out rate を求めた. N は $45.5 \pm 7.8\%$ (n=40), IN は $38.3 \pm 10.2\%$ (n=71), AP は $28.6 \pm 10.5\%$ (n=64), MI は $32.3 \pm 12.2\%$ (n=38) であったが, SP は $-5.3 \pm 12.5\%$ (n=7), であり, 他領域に比べ著明に低く, 負の値をとった.

非病変枝領域でも特に運動負荷が十分でない場合に wash out rate が低く, false positive を生じた. wash out rate を用いても, 3 枝病変例のもっとも軽い病変枝と 1, 2 枝病変例の非病変枝との鑑別は容易ではなかった.

Tl wash out のメカニズムについて考察し, coronary spasm 領域では initial uptake が低いため, wash out rate が負となると考えた. この所見は spasm に関してある程度診断的意義があると考えられた.

I. はじめに

運動負荷タリウム-201 (^{201}Tl), 心筋スキャンは, 虚血性心疾患の診断に広く用いられているが, シングルフォトンエミッション CT (SPECT) の使用と wash out rate の算出により, 診断精度は向上している¹⁻¹²⁾. しかし, $^{201}\text{TlCl}$ の再分布現象については, メカニズムも完全には解明されておらず, また coronary spasm (冠動脈攣縮) の関与する症例については, Tl スキャンを施行した報告はあるが wash out rate はあまり検討されてい

ない¹³⁻¹⁵⁾. われわれは, SPECT を用いて周囲の重なりをのぞき, 正常領域, 梗塞領域, 虚血領域, coronary spasm の関与する虚血領域の wash out rate を求め, そのメカニズムについても若干の考察を加えたので報告する.

II. 方法および対象

運動負荷タリウム-201 心筋スキャンは, 自転車エルゴメーター漸増負荷法により, 胸痛出現, ST 変化, 予想心拍への到達, 足の疲労の時点で, Tl-201 2~4 mCi を静注し, 1 分間運動を続けた後, 負荷 5~10 分後と 3 時間後に, SPECT により撮像した. なお, SPECT 撮像後に正面, LAO 30度, LAO 60度, 左側面の 4 方向から各 5 分間, planar 画像も撮像した. カメラは, GE 社回転型 γ カメラ (maxicamera 400 AT), コンピューターは, GE 社 STAR を用い, データ収集は, LPO

* 東京大学医学部放射線科

** 同 第二内科

受付: 60 年 1 月 10 日

最終稿受付: 60 年 2 月 27 日

別刷請求先: 東京都文京区本郷 7-3-1 (☎ 113)

東京大学附属病院放射線科

大 嶽 達

から RAO の 180 度 32 方向について、1 方向 25 秒ずつ収集し、再構成は、Ramp-Hanning の filter を用いて、filtered back projection 法により、水平断層像を得て、それから心長軸に直交する短軸断層像と、長軸に平行な長軸矢状断層像、長軸水平断層像を 6 mm スライスで得た。吸収補正は行わなかった。wash out rate は、circumferential method により、短軸断層像の対応する 2～4 スライスを加算した負荷時 (St)、再分布時 (Re) 画像のそれぞれの中心と外接円を決定し、ずれをあわせて 9 度ごとの扇形の範囲内について、平均カウントと最大カウントを計算し、 $(St-Re)/St$ の式で、wash out rate を求めた。平均カウントを用いる場合を A 法、最大カウントを用いる場合を M 法と以下省略する。SPECT は、周囲組織との重なりが除去されているので、back ground 除去は、行わなかった。

得られた左室心筋像より、心筋を Fig. 1 のごとく 9 区域に分けた。冠動脈支配領域との対比は、Fig. 1 のごとく、後壁、下壁を右冠動脈 (RCA) 領域、側壁を左回旋枝 (Lcx) 領域、前壁および中隔は左前下降枝 (LAD) 領域とし、中隔は LAD 中隔枝 (S) 領域、前壁は LAD 対角枝 (D) 領域としたが、症例により、Fig. 2a, 2b のごとく、支配領域がずれている場合がある。この場合、a か b かの判定は、TI スキャンのみでは困難の場合もあるが、冠動脈造影所見と対比して、心筋断層像の各 segment の冠動脈支配領域を決定した。対象は、虚血性心疾患を疑われ、本院にて心臓カテーテル検査および TI-201 運動負荷心筋スキャンを施行された 40 例である。内訳は、冠動脈造影で、75% 以上の有意狭窄または spasm を有す虚血性心疾患 30 例で、うち 17 例が、臨床心上心筋梗塞の既往があった。罹患冠動脈枝は、1 枝病変例 16 例、2 枝病変例 5 例、3 枝病変例 9 例である。狭心症、梗塞の有無は Table 1 に示した。

健常例 10 例は、心筋断層像を、RCA 領域、Lcx 領域、LAD の D 領域、LAD の S 領域の 4 領域に分け、各領域 (40 segment) の wash out rate を求めた。虚血性心疾患中、15 症例は同様に 4 領域

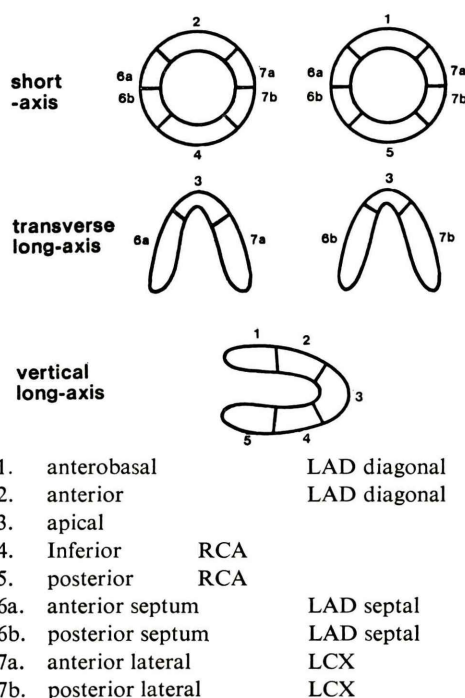


Fig. 1 Left ventricular myocardial segments of ECT images.

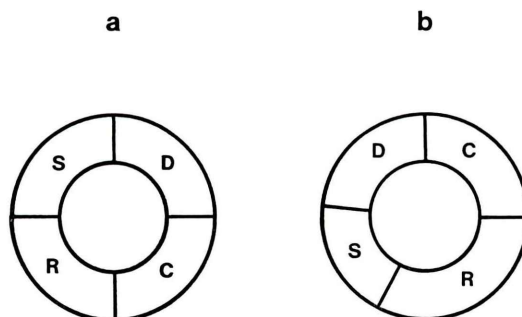


Fig. 2 Variation of coronary region (short axis tomogram of ECT image). R=RCA, L=Lcx, D=LAD diagonal, S=LAD septal

に分け、15 症例は各冠動脈領域をさらに心基部寄りと心尖寄りの領域に分け、8 領域に分けて、各領域 (180 segment) の wash out rate を求めた。冠動脈造影所見、左室造影所見、心電図所見、超音波検査所見などから、各領域を非病変枝領域 (冠動脈 75% 以上の有意狭窄のない領域)、虚血領

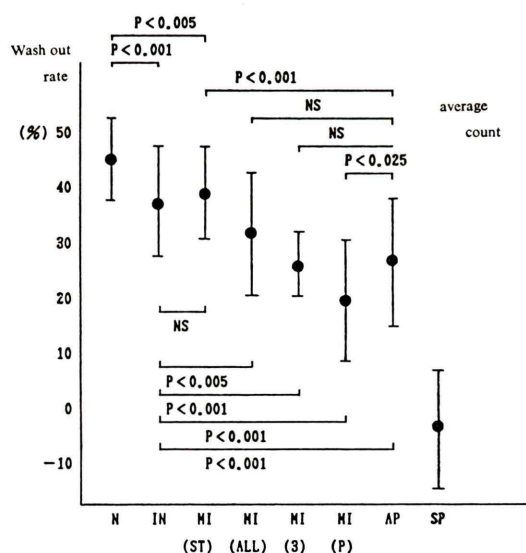
Table 1 Subjects of TI-201 scan

		AP	MI	MI+AP
0VD	10			
1VD	16	8	6	2
2VD	5	2	1	2
3VD	9	4	0	5
All	40	14	7	9

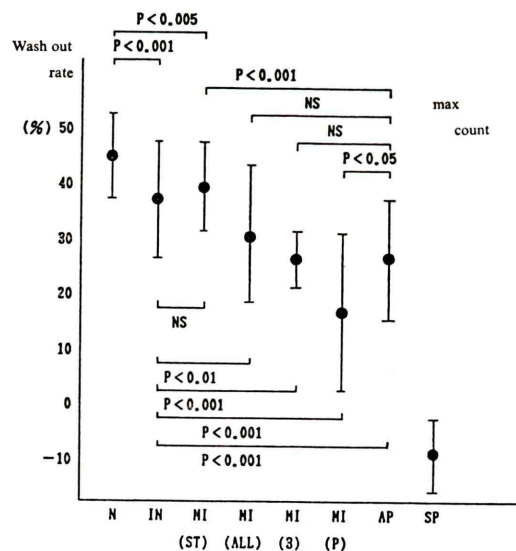
域 (75%以上の狭窄を有す冠動脈支配領域), 梗塞領域に分類した. 虚血領域は coronary spasm の関与している虚血領域と器質狭窄のみによる虚血領域に分類した. 梗塞領域は, 1, 2 枝病変例の陳旧安定梗塞領域と 3 枝病変例の虚血巣をまじえぬ梗塞領域, および虚血巣をまじえた梗塞領域に分類した.

Table 2 Coronary spasm cases

	CAG	Symptom	EX EKG	Holter EKG	Spasm region	Wash out rate
K.S.	LAD 90	restAP	ST \uparrow V ₁₋₃ negU V ₄		S	-20
T.S.	LAD 95	restAP nightAP	ST \uparrow V ₁₋₃ negU V ₄	ST \uparrow	S	-6
S.M.	LAD 90 RCA 90	restAP	ST \uparrow III, aV _F	ST \uparrow	P	-17
K.N.	RCA 25 ergonovin induced spasm	restAP nightAP	V ₁ T inversion ST \downarrow V ₂₋₄	ST \uparrow	P	4
Y.I.	LAD 90	nightAP	ST \uparrow V ₂₋₆		A S	-7



n=40, 71, 21, 38, 9, 8, 64, 7.



n=40, 71, 21, 38, 9, 8, 64, 7.

Fig. 3 TI-201 wash out rate. (N=normal segment; IN=nonischemic segment of ischemic disease; MI(all)=all infarct segment; MI(st)=infarct segment without transient ischemia of 1VD or 2VD; MI(3)=infarct segment without transient ischemia of 3VD; MI(p)=infarct segment with transient ischemia; AP=ischemic segment; SP=ischemic segment by coronary spasm.)

coronary spasm の症例は Table 2 に示す 5 症例あり、いずれも 1 枝または 2 枝病変であり、ergonovin を用いて spasm を誘発しえたのは 1 例のみであるが(他の 4 症例は有意狭窄があるため、ergonovin は使用していない)。5 症例とも安静時または夜間狭心痛を有し、運動負荷心電図では 4 症例で ST 上昇がみられた。1 症例は ST 上昇は明らかではなかったが、後壁虚血を示唆する V₁₋₄ の ST, T 変化がみられた。その症例を含む 3 症例で Holter 心電図を施行しているが、3 症例全例で、発作時の ST 上昇が観察されている。これらの症例では、運動負荷時 ST 上昇は、一過性貫壁性虚血を示し、一過性に冠動脈閉塞がおきていることを示唆すると考えられる。器質狭窄のある症例でも、それに coronary spasm が加わって一過性冠動脈閉塞がおきていると推察される。したがって、これら 5 症例全例に coronary spasm が関与していると考えられた。

III. 結 果

正常領域、虚血領域など各領域別の wash out rate は、Fig. 3 および Table 3 に示したが、A 法では、正常領域(N)の wash out rate は $45.5 \pm 7.8\%$ (n=40) に対し、虚血性心疾患非病変枝領域(IN)は $38.3 \pm 10.2\%$ (n=71) と有意に低く ($p < 0.001$) 虚血領域(AP)は $28.6 \pm 10.5\%$ (n=64) で、N, IN より有意に低かった ($p < 0.001$, $p < 0.001$)。coronary spasm による虚血領域(SP)は $-5.3 \pm 12.5\%$ (n=7) であり、他領域に比べ著明に低く、負の値をとったことが、特徴的であった。梗塞領

域については、全領域(MI(all))は、 $32.3 \pm 12.2\%$ (n=38) であり、N, IN より有意に低かったが、($p < 0.001$, $p < 0.005$)、AP とは有意差がなかった。1, 2 枝病変陳旧安定梗塞領域(MI(st))は、 $39.6 \pm 8.8\%$ (n=21) であり、N より有意に低かったが ($p < 0.005$)、IN とは有意差なく AP より有意に高かった ($p < 0.005$)。虚血巣をまじえぬ 3 枝病変梗塞領域(MI(3))は、 $26.2 \pm 5.9\%$ (n=9) であり、N, IN より有意に低く ($p < 0.001$, $p < 0.001$)、AP と有意差なかった。虚血巣をまじえた梗塞領域(MI(p))は、 $19.9 \pm 11.3\%$ (n=8) であり、N, IN, AP より有意に低かった ($p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.025$)。M法でも同様の傾向であり、N は $46.2 \pm 7.3\%$ (n=40)、IN は $37.7 \pm 10.6\%$ (n=71) で、N より有意に低く ($p < 0.001$)、AP は $28.1 \pm 11.1\%$ (n=64) と N, IN より有意に低く ($p < 0.001$, $p < 0.001$)、SP は $-10.0 \pm 7.8\%$ (n=7) と著明に低く、負の値をとり、MI (all) は、 $32.2 \pm 13.1\%$ (n=38) で N, IN より有意に低く ($p < 0.001$, $p < 0.01$)、AP と有意差なく、MI (st) は、 $40.1 \pm 7.9\%$ (n=21) で、N より有意に低く ($p < 0.005$)、IN と有意差なく、AP より有意に高かった ($p < 0.001$)。MI (3) は $26.7 \pm 5.0\%$ (n=9) で、N, IN より有意に低く、($p < 0.001$, $p < 0.001$)、AP と有意差なく、MI (p) は、 $17.6 \pm 14.8\%$ (n=8) で、N, IN, AP より有意に低かった ($p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.05$)。

なお、spasm ではない虚血領域でも、1 例 1 枝病変 99% 狭窄の症例で、wash out rate が負となり、3 枝病変例の虚血巣をまじえた梗塞巣でも 1 例が wash out rate が負、1 例が 10% 以下であった。

次に、非病変枝領域、虚血領域、梗塞領域について、正常領域の wash out rate の平均 -2 SD の値を用いて分類し、視覚的な再分布との関係もみた。coronary spasm による虚血領域も含めた虚血領域 71 segment について、視覚的再分布がみられたのは 37 segment であり、wash out rate は、A 法で 30% 未満が 36 segment、M 法で 31% 以下が 41 segment であった。再分布があるかまたは wash out rate が低い場合を true positive とする

Table 3 Tl-201 wash out rate

	Average count mean \pm SD (%)	Max count mean \pm SD (%)	
N	45.5 ± 7.8	46.2 ± 7.3	(n=40)
IN	38.3 ± 10.2	37.7 ± 10.6	(n=71)
MI (all)	32.3 ± 12.2	32.2 ± 13.1	(n=38)
MI (st)	39.6 ± 8.8	40.1 ± 7.9	(n=21)
MI (3)	26.2 ± 5.9	26.7 ± 5.0	(n=9)
MI (p)	19.9 ± 11.3	17.6 ± 14.8	(n=8)
AP	28.6 ± 10.5	28.1 ± 11.1	(n=64)
SP	-5.3 ± 12.5	-10.0 ± 7.8	(n=7)

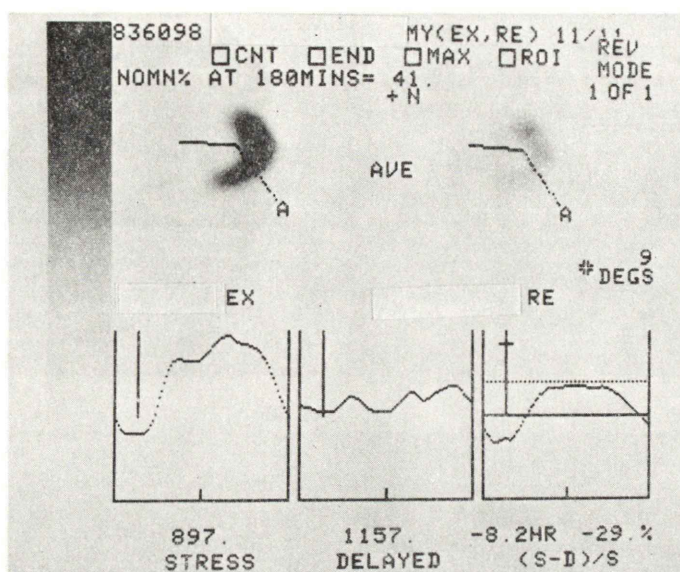


Fig. 4 Stress and redistribution ECT images (short axis) in a case with coronary spasm (LAD). Severe perfusion defect is seen in stress image. And in septum absolute count is elevated in redistribution image, wash out rate is -20% .

と, sensitivity は, A 法で 74.6% (53/71 segment), M 法で 77.5% (55/71 segment) であった。非病変枝領域では, wash out rate が A 法で 30% 以上が 58/71 segment (81.7%), M 法で 32% 以上が 49/71 segment (69%) であった。虚血巣をまじえた梗塞巣では, A 法で 30% 未満が 6/8 segment (75%), M 法では 32% 未満が 7/8 segment (87.5%) でいずれも再分布がみられた。1, 2 枝病変例の陈旧安定梗塞巣では, A 法で 30% 以上は 18/21 segment (85.7%), M 法で 32% 以上も 18/21 segment (85.7%) であり, 3 枝病変例の虚血巣をまじえぬ梗塞巣では, A 法で 30% 以上は 3/9 segment (33.3%), M 法で 32% 以上は 2/9 segment (22.2%) であった。なお, 正常領域は, A 法で 30% 以上は 37/40 segment (92.5%), M 法で 32% 以上も 37/40 segment (92.5%) であった。

症例を示す。52歳男性, LAD1D 後90%狭窄で左室造影で壁運動正常の1枝病変狭心症の症例である。安静時にも狭心痛をおこし, 運動負荷心電図で V_{1-3} に ST 上昇し, V_4 に negative U がみられ, coronary spasm が考えられた症例である。

Fig. 5 に V_3 誘導の安静時と負荷時の心電図を示した。運動負荷時 TI スキャンで中隔に severe defect (高度灌流欠損) を示し, 再分布時に同部位に再分布がみられ, 絶対カウントも上昇し, wash out rate は -20% 前後の値を示した (Fig. 4)。

この症例は, 負荷10分後から SPECT を15分間ずつ撮像したのち, Planar 画像を各方向5分間ずつ撮像しているが, 負荷35分後の LAO 30度の画像, 負荷45分後の LAO 60度の画像でも, 中隔に severe defect がみられており, 早期には著明な再分布を示していない (Fig. 5)。

もう1症例は, 40歳男性, LAD 近位完全閉塞の1枝病変例で, LAD 領域は全域梗塞となっている症例である。前壁や中隔の wash out rate は 45% 弱で, 非病変枝 Lcx, RCA 領域の wash out rate とほとんどかわりない (Fig. 6)。

IV. 考 察

TI 心筋スキャンにおいて, 虚血性心疾患の診断, 治療方針決定上の位置づけが重要である。1つは, 負荷心電図で境界領域の症例について, 冠動脈造

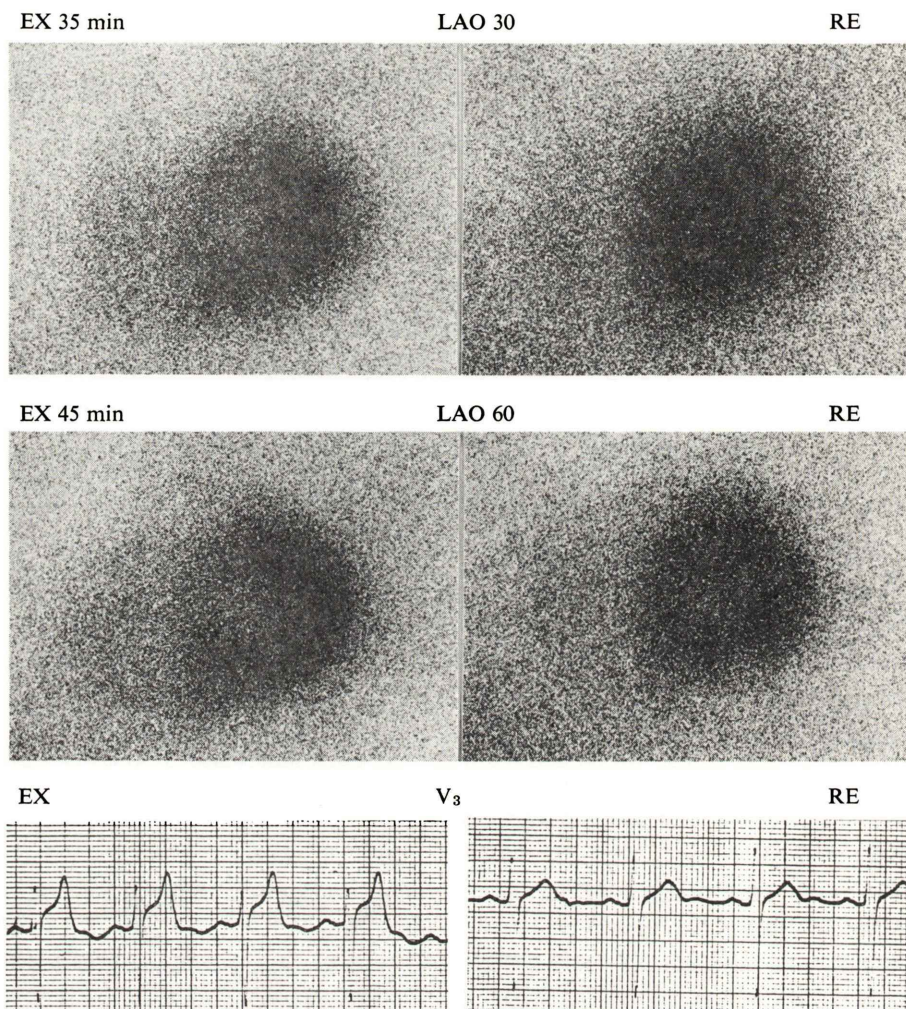


Fig. 5 Stress and redistribution planar images of the same case. Severe perfusion defect is also seen in septum in images taken 30 or 45 minutes after exercise. EKG at rest and exercise show ST elevation in V_3 at exercise.

影に進むか否か決定することである。Planar 画像では、虚血性心疾患の診断精度は必ずしも高くないが、SPECT を使用し、wash out rate を用いることで精度高く診断できると報告されている¹¹⁾。1 つは、心筋梗塞症の部位、ひろがり、程度の判定、再梗塞の部位判定をすることである。また、冠動脈造影を施行した症例でも、TI スキャンの適応はある。再分布のある冠動脈枝領域には bypass の適応はあるが、再分布のない安定梗塞巣には適

応はなく、bypass 本数の決定に TI 心筋スキャンは役立つし、術後の改善の評価や、術後開存の判定も可能と報告されている^{16~17)}。

このような意味で、今回われわれのように冠動脈造影所見と対比し、TI 心筋断層像と冠動脈支配領域を精密に対応させて regional な検討をすることは重要な意義がある。

特に、陳旧安定梗塞巣で、視覚的に再分布がなく、wash out rate が高い場合、また 3 枝病変例の梗

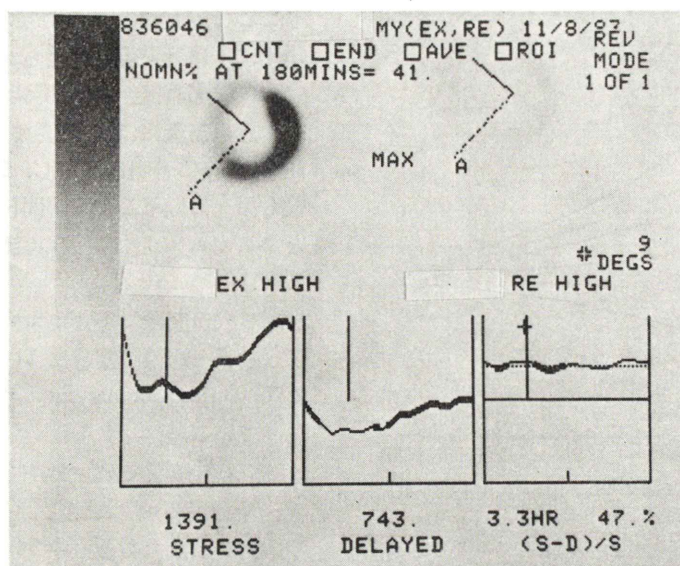
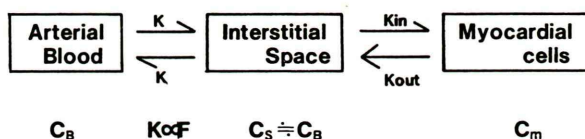


Fig. 6 Stress and redistribution ECT images in a case with myocardial infarction (1VD, LAD). Severe persistent perfusion defect is seen in septum and anterior wall. And wash out rate is as high as nonischemic segment (45%).

Measured
"Myocardial"
Activity

$$N(t) = C_B V_B + C_B V_1 + \text{Kin} e^{-K_{out} t} \int_0^t C_B(u) e^{-K_{out} u} du$$



$$\frac{dC_S(t)}{dt} = K(C_B(t) - C_S(t))$$

$$\frac{dC_m(t)}{dt} = \text{Kin} C_B(t) - K_{out} C_m(t)$$

Fig. 7 Block diagram of thallium kinetics in myocardial tissue. Thallium moves from the interstitial space into the myocardial cells at a rate K_{out} . Thallium moves from arterial blood into interstitial space at a rate K , and moves in the opposite direction at a rate K ($K \propto$ coronary blood flow).

塞巢でも視覚的に再分布がなく、負荷、再分布時ともに severe defect で、wash out rate があまり低くない場合は、その冠動脈枝には、bypass の適応は少ないと考えられる。その部位や周辺に再分布があり、wash out rate が低い場合は、梗塞巣でも bypass の適応はある。

Wash out rate の検討にわれわれは SPECT 画像を用いたが、planar 画像に比し、周囲の心筋や

back ground の重なりを除去でき、wash out rate の測定がより正確に行える。SPECT を用いて wash out rate を検討した結果、非病変枝領域で、wash out rate が低下する false positive の場合がしばしばみられたが、これは特に胸痛や ST 低下の出現が早かったり、足の疲労が強く、運動負荷が十分でなく、非病変枝の冠血流増加が少ない場合におけると報告されている⁵⁾。

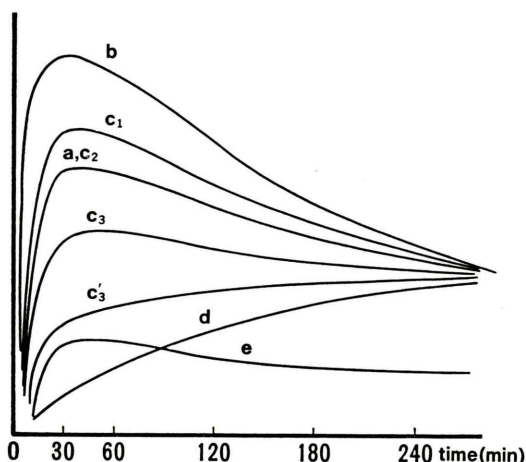


Fig. 8 Schematic plots of time dependent Tl kinetics of representative clinical situations. (a=normal segment at rest; b=normal segment at exercise; c=ischemic segment at exercise (coronary blood flow: $c_1 > a$, $c_2 = a$, $c_3 < a$); d=ischemic segment by coronary spasm; e=myocardial infarct segment.)

虚血領域でも, wash out rate が高い場合がしばしばみられたが, その多くは, 同じ症例の非病変枝領域よりは wash out rate は低く, wash out rate はその場合も診断的意義はある。ただし3枝病変例のもっとも軽い病変枝と, 1, 2枝病変例の非病変枝との鑑別は wash out rate を用いても必ずしも容易ではない。

TlCl の wash out のメカニズムについてはいくつかの報告があるが, 完全に解明されていない¹⁸⁻²³⁾。Pohost らは Fig. 7 のモデルを提示している²³⁾。彼らは, interstitial space の Tl 濃度を簡便化して, 血中 Tl 濃度 C_b と同一としており, 心筋細胞内の Tl 濃度 C_m については, $dC_m(t)/dt = K_{in}C_b(t) - K_{out}C_m(t)$ の微分方程式から, $C_m(t) = K_{in} e^{-K_{out}t} \int_0^t C_b(u) e^{-K_{out}u} du$ とし, 観察される Myocardial activity $N(t) = C_b(V_b + V_i) + V_m K_{in} e^{-K_{out}t} \int_0^t C_b(u) e^{-K_{out}u} du$ としている (V_b : 領域心筋内血管床容積, V_i : 間質容積, V_m : 心筋細胞容積)。しかし, interstitial space の濃度 C_s については, 血液との移行定数 K は, 冠血流量 F に比例し, $dC_s(t) = K'F(C_b(t) - C_s(t))$, であ

りここで冠血流量 F の関与があるが, 簡単には C_s は C_b に近い値と考えられる。

Tl の心筋細胞への initial uptake は, 運動負荷時の冠血流量にほぼ比例する。Tl 血中濃度は静注 30 分後に著明に低下し, 2%程度になり, その後も徐々に低下して 4 時間後に 1.5%程度になると Nishiyama らは, 犬の実験により報告している²²⁾。

同じ犬の実験で Nishiyama らは, 安静時および冠動脈一過性閉塞時に Tl を静注し, 領域心筋の Tl の time activity curve (時間放射能曲線) を調べている。

a) 正常領域では, 安静時に Tl を静注すると, 20~30 分でピークに達し, その後 $dC_m(t)/dt = 0$ の平衡になったあと血中 Tl 濃度の減少につれて Tl は wash out されて, 4 時間後の wash out rate は, 20~30% となると Nishiyama らは, 報告している (Fig. 8a)。

b) 運動負荷は, 犬の実験は困難であり, ほとんど実験の報告はないが, 正常領域では, 運動負荷時 Tl を静注すると, initial uptake (初期集積) は, 負荷時冠血流量の増加のために高くなり, $-dC_m(t)/dt$ も大きくなり, wash out rate は高くなる。3~4 時間後には, $C_m(t) = K_{in}C_b(t)/K_{out}$ の平衡値になっていて, $C_b(t)$ を a) と同じとすると $C_m(t)$ は a) と同じ濃度になっている (Fig. 8b)。

c) 虚血領域では, 負荷時冠血流量の程度によりいろいろの場合があり, c_1 正常の安静時冠血流量より軽度増加する場合, c_2 正常の安静時冠血流量と同程度の場合, c_3 負荷時冠血流量が正常の安静時冠血流量より低い場合があるが, initial uptake の差により, Fig. 8 のごとく, c_1, c_2, c_3, c_3' の time activity curve を示すと考えられる (いずれも 3~4 時間後には $C_m(t) = K_{in}C_b(t)/K_{out}$ に近づく)。 c_3' をのぞきいずれも正の wash out rate を示すと考えられる。非病変領域でも, 運動負荷が不十分で冠血流量の増加が大きい場合は, c_1 に近い time activity curve を示し, wash out rate は十分に高くない。

d) coronary spasm 領域では, 一過性冠動脈

閉塞により負荷時冠血流が非常に低下し、initial uptake が非常に低下する。 $-dC_m(t)/dt$ は負となり、Fig. 8 の d の time activity curve を示すと考えられる。spasm の場合、早期に再分布を示すともいわれるが、Nishiyama らの実験では、一過性冠動脈閉塞中に Tl を静注した場合は、早期に再分布を示さず、Fig. 8 の d の time activity curve が得られた。このように coronary spasm の領域では wash out rate は、負となると考えられる。

e) 梗塞領域では、梗塞細胞は Tl を trap する力が低下するため、 K_{in} が低下、 K_{out} が増大するので、4 時間後の平衡値 $K_{in}C_b(t)/K_{out}$ は a～d より低下する。負荷時冠血流も低く、心筋細胞の取り込みも低下し、initial uptake は低いが、 K_{out} が大きいのと、観察される $N(t)$ の中に $C_b(V_b+V_1)$ の要素もあり、wash out rate は必ずしも低くないと考えられる。

wash out rate が負であることと、coronary spasm の関係については、spasm が関与していなくても、冠動脈に、高度狭窄があり、負荷時冠血流量が、正常安静時冠血流量より低い場合は、wash out rate が負となることもあるし、虚血巣をまじえた梗塞巣でも負となることがあるが、それらは比較的少なく、wash out rate が負の場合は、多くの場合 spasm の関与が考えられる。すなわち、wash out rate が負であることは一過性冠動脈閉塞に対応し、貫壁性虚血を示す負荷時心電図 ST 上昇と密接に関連する所見であると考えられる。

逆に、coronary spasm の場合でも、完全閉塞を生ぜず、冠血流量が著明に低下せぬ場合は、wash out rate が負とならぬ場合もあり、また異型狭心症でも運動負荷中に coronary spasm を起こさぬ場合もあり、coronary spasm の診断は必ずしもできないが、wash out rate が負であることは、coronary spasm の有無について大いに参考となる所見である。

V. 結 語

健康人10例、虚血性心疾患30例の計40例に運動

負荷時および再分布時にタリウム ECT を施行し、短軸断層像を用いて circumferential method により wash out rate を求めた。

1) wash out rate の mean \pm SD は、健常領域において $45.5\pm 7.8\%$ ($n=40$)、虚血性心疾患非病変枝領域は $38.3\pm 10.2\%$ ($n=71$)、梗塞領域は $32.3\pm 12.2\%$ ($n=38$)、虚血領域は $28.6\pm 10.5\%$ ($n=64$)、であったが coronary spasm による虚血領域は $-5.3\pm 12.5\%$ ($n=7$)、であり他領域に比べ著明に低く、負の値をとった。

2) 非病変枝領域でも、特に運動負荷が十分でない場合に wash out rate が低く、false positive を生じた。

3) wash out rate を用いても、3 枝病変例のもっとも軽い病変枝と 1, 2 枝病変例の非病変枝との鑑別は容易ではなかった。

4) Tl wash out のメカニズムについて考察し coronary spasm 領域では initial uptake が著明に低いために wash out rate が負となると考えた。この所見は spasm に関してある程度診断的意義があると考えられた。

文 献

- 1) Garcia E, Maddahi J, Berman D, et al: Space/time quantitation of thallium-201 myocardial scintigraphy. *J Nucl Med* 22: 309-317, 1981
- 2) Watson DD, Campbell NP, Read EK, et al: Spatial and temporal quantitation of plane thallium myocardial images. *J Nucl Med* 22: 577-584, 1981
- 3) Berger BC, Watson DD, Taylor GJ, et al: Quantitative Thallium-201 Exercise Scintigraphy for Detection of Coronary Artery Disease. *J Nucl Med* 22: 585-593, 1981
- 4) Maddahi J, Garcia EV, Berman DS, et al: 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
- 5) Massie BM, Wisneski J, Kramer B, et al: Comparison of myocardial thallium-201 clearance after maximal and submaximal exercise: Implications for diagnosis of coronary disease. *J Nucl Med* 23: 381-385, 1982
- 6) Sklar J, Kirch D, Johnson T, et al: Slow Late Myocardial Clearance of Thallium: A Characteristic

- Phenomenon in Coronary Artery Disease. *Circulation* **65**: 1504-1510, 1982
- 7) Gewirtz H, Paladino W, Sullivan M, et al: Value and limitation of myocardial thallium washout rate in the noninvasive diagnosis of patients with triple-vessel coronary artery disease. *Am Heart J* **106**: 681-686, 1982
 - 8) 中居賢司, 松下一夫, 吉永司郎, 他: 運動負荷に対する Tl-201 の空間的, 時間的動態よりみた虚血性心疾患の重症度の評価. *核医学* **19**: 1189-1197, 1982
 - 9) 河合直樹, 岡田充弘, 都田裕之, 他: 運動負荷タリウム心筋像による冠動脈病変部位の非観血的診断. *核医学* **20**: 371-383, 1983
 - 10) 玉木長良, 米倉素晴, 向井孝夫, 他: 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**: 1299-1306, 1983
 - 11) 多田 明, 分校久志, 中嶋憲一, 他: 負荷心筋スキャンにおける局所 wash out ratio の完全自動化の有用性. *核医学* **20**: 1329-1337, 1983
 - 12) Watanabe N, Machida K, Nishikawa J, et al: Functional Imaging of Thallium-201 Myocardial Washout and the Clinical Utility of this Method. *Radiation Medicine* **1**: 281-292, 1983
 - 13) Fuller VM, Raizner AE, Chahine RA, et al: Exercise-Induced Coronary Arterial Spasm: Angiographic Demonstration, Documentation of Ischemia by Myocardial Scintigraphy and Results of Pharmacologic Intervention. *Am J Cardiol* **46**: 501-506, 1980
 - 14) Boden WE, Bough EW, Korr KS, et al: Exercise-Induced Coronary Spasm with S-T Segment Depression and Normal Coronary Arteriography. *Am J Cardiol* **48**: 193-197, 1981
 - 15) Matsuda Y, Ozaki M, Ogawa H, et al: Coronary arteriography and left ventriculography during spontaneous and exercise-induced ST segment elevation in patients with variant angina. *Am Heart J* **106**: 509-515, 1982
 - 16) Verani MS, Marcus ML, Spoto G, et al: Thallium-201 Myocardial Perfusion Scintigrams in the Evaluation of Aorto-Coronary Saphenous Bypass Surgery. *J Nucl Med* **19**: 765-772, 1978
 - 17) Kolibash AJ, Call TD, Bush CA, et al: Myocardial Patency after Coronary Artery Bypass Surgery. *Circulation* **61**: 882-887, 1980
 - 18) Beller GA, Watson DD, Ackell P, et al: Time Course of Thallium-201 Redistribution After Transient Myocardial Ischemia. *Circulation* **61**: 791-797, 1980
 - 19) Gewirtz H, Maksad AK, Most AS, et al: The Effect of Transient Ischemia with Reperfusion on Thallium Clearance from the Myocardium. *Circulation* **61**: 1091-1097, 1980
 - 20) Grunwald AM, Watson DD, Holzgreffe, et al: Myocardial Thallium-201 Kinetics in Normal and Ischemic Myocardium. *Circulation* **64**: 610-618, 1981
 - 21) Llaurodo JG, Smith GA, Madden JA: Effects of Exercise on Kinetics and Distribution of K-43 and Tl-201 in Isolated Myocardium: Concise Communication. *J Nucl Med* **22**: 441-446, 1981
 - 22) Nishiyama H, Adolph RJ, Gabel M, et al: Effect of Coronary Blood Flow on Thallium-201 Uptake and washout. *Circulation* **65**: 534-542, 1982
 - 23) Pohost GM, Alpert NM, Ingwall JS, et al: Thallium redistribution mechanisms and clinical utility. *Semin Nucl Med* **10**: 70-93, 1980

Summary

Measurement of Regional Wash Out Rate in Stress Thallium-201 Myocardial Scintigraphy Using Single Photon Emission Computed Tomography —Especially in Ischemic Segment by Coronary Spasm and Myocardial Infarctional Segment—

Tohru OHTAKE*, Junichi NISHIKAWA*, Kikuo MACHIDA*, Manabu MINAMI*,
Yoshitaka OKADA*, Kozo MAKITA*, Noboru KOSAKA*, Masamitsu ITO*,
Toshimitsu MOMOSE*, Masahiro IIO*, Takashi KAWAHARA**, Iku TODA**,
Nobuo YOSHIMOTO**, Hiroshi MATSUO** and Tsuneaki SUGIMOTO**

**Department of Radiology, **Second Department of Internal Medicine,
Faculty of Medicine, University of Tokyo, Tokyo*

Wash out rate (WR) of thallium-201 was analysed in 40 cases, including 10 normal cases and 30 cases with angiographically proved coronary artery disease (CAD), by using emission computed tomography (ECT).

WR of normal segment (N) was $45.5 \pm 7.8\%$ (n=40), WR of nonischemic segment of CAD (IN) was $38.3 \pm 10.2\%$ (n=71), WR of ischemic segment (AP) was $28.6 \pm 10.5\%$ (n=64), WR of all myocardial infarctional segment (MI (all)) was $32.3 \pm 12.2\%$ (n=38), and WR of ischemic segment by coronary spasm (SP) was $-5.3 \pm 12.5\%$ (n=7). WR of SP was remarkably lower than other segments and it was interesting that its value was minus. WR of infarctional segment (IS) without transient ischemia (TI) of one-vessel disease (1VD) or two-vessel disease (2VD) (MI (st)) was $39.6 \pm 8.8\%$ (n=21), WR of IS without TI of three-vessel disease (3VD) (MI (3)) was $26.2 \pm 5.9\%$ (n=9), and WR of IS with TI (MI (P)) was $19.9 \pm 11.3\%$ (n=8).

WR of N was significantly higher than IN, AP, SP, MI (all), MI (st), MI (3), and MI (P) ($p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.005$, $p < 0.001$, $p < 0.001$).

WR of IN was significantly higher than AP, SP, MI (all), MI (3), and MI (P) ($p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.005$, $p < 0.001$, $p < 0.001$).

WR of AP was significantly higher than MI (P) and SP ($p < 0.025$, $p < 0.001$). WR of IN and MI (st), AP and MI (all), MI (3) were not significantly different.

WR of IN was sometimes low especially when exercise was not adequate, therefore false positive might be observed.

Differentiation between least severely diseased vessel of 3VD and normal vessel of 1VD or 2VD was not easy even when we used WR.

We considered about mechanism of thallium wash out. In SP segment, coronary blood flow at exercise is reduced so much that initial thallium uptake may decrease very much. Then absolute count is elevated and the value of WR becomes minus. This finding maybe useful for diagnosing coronary spasm.

Key words: Stress thallium-201 myocardial scintigraphy, Single photon emission computed tomography, Regional wash out rate, Coronary spasm, Myocardial infarction.