

運動負荷時心電図変化を認めない心筋虚血の放射性アイソトープ法による評価

Myocardial ischemia with negative stress electrocardiography: Evaluation by stress RI studies

矢田 隆志
二神 康夫
山室 匡史
小山 孝夫
小西 得司
浜田 正行
中野 赴
竹沢 英郎
前田 寿登*

Takashi YADA
Yasuo FUTAGAMI
Masashi YAMAMURO
Takao KOYAMA
Tokuji KONISHI
Masayuki HAMADA
Takeshi NAKANO
Hideo TAKEZAWA
Hisato MAEDA*

Summary

Patients with negative stress electrocardiography (ECG) (no ST segment depression) were re-evaluated by means of stress RI studies including ^{201}Tl single photon emission computed tomography (SPECT) and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -RBCs radionuclide ventriculography (RNV).

Four hundred seven patients, including 303 with old myocardial infarction (OMI; SPECT: 188, RNV: 115) and 104 with effort angina (EA; SPECT: 58, RNV: 46), all of whom underwent left ventriculography and coronary arteriography, were re-evaluated by symptom-limited graded bicycle ergometer exercise RI testing. The results were as follows:

1. Among those with negative stress ECG (53% of OMI and 31% of EA), 54% and 73% of OMI and EA, respectively, had positive SPECT.

2. Among those with negative stress ECG (56% of OMI and 39% of EA), 70% and 39% of OMI and EA, respectively, had positive ΔEF (poor increase in ejection fraction: $\Delta\text{EF} < 5\%$) and, 41% and 28% of OMI and EA had deteriorated regional wall motion.

3. Those with OMI and negative ECG showed no correlations with the numbers of diseased vessels, infarcted sites, or ischemic areas.

In conclusion, RI testing appears to be a significantly more sensitive means of detecting stress-induced ischemia, compared to stress ECG.

Key words

Stress ECG, ^{201}Tl SPECT $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -RBCs radionuclide ventriculography

三重大学医学部 第一内科

*同 放射線科

津市江戸橋 2-174 (〒514)

The First Department of Internal Medicine and

*Department of Radiology, Faculty of Medicine, Mie

University, Edobashi 2-174, Tsu 514

Received for publication October 6, 1986; accepted December 2, 1986 (Ref. No. 32-PS34)

はじめに

放射性同位元素 (RI) を用いた心臓の検査は, RI を静注するだけでその正確な機能と形態に関する情報を提供し, さらに運動負荷, 薬物負荷等も同時に施行できる利点を有する.

今回我々は虚血性心疾患を対象に運動負荷 RI 検査, すなわち ^{201}Tl myocardial single photon emission computed tomography (SPECT) および $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -RBCs radionuclide ventriculography (RNV) を施行し, 特に運動負荷時に心電図変化 (ST 低下) を示さない心筋虚血例について検討したので報告する.

対 象

対象は心血管造影を施行し, 主要冠動脈の一枝以上に有意な狭窄性病変を有する虚血性心疾患患者, 延べ 407 例 (陳旧性心筋梗塞 = OMI 303 例, 労作狭心症 = EA 104 例) である.

対象の詳細を **Table 1** に示す.

方 法

1. ^{201}Tl 心筋 SPECT

既報のごとく¹⁾, 心電図モニターのもとに, 坐位自転車エルゴメーターによる symptom-limited 多段階運動負荷を施行し, 症状出現時に ^{201}Tl 2.5~3.0 mCi を静注し, さらに 1 分間の運動を継続したのち, 静注 10 分後 (stress image) および 3 時間後 (delayed image) に SPECT データを収集した. 画像評価は体軸横断, 第一斜位 (RAO), 第二斜位 (LAO) の 3 断層像を用いて視覚的にを行い, 再分布を認めたものを一過性虚血陽性と判定した.

2. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -RBCs RNV

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 30 mCi 静注後, 臥位自転車エルゴメーターによる多段階運動負荷を施行し, modified LAO view にて安静時 5 分間, 負荷時 2 分間データ収集後, ミニコンピュータで画像処理を行った. RNV による判定は, 運動による左室駆出率

(EF) の増大が十分でないもの, すなわち $\Delta\text{EF} < 5\%$ ($\Delta\text{EF} = \text{負荷時左室駆出率} - \text{安静時左室駆出率}$), または局所壁運動 (regional wall motion) の悪化するものを一過性虚血陽性とした.

3. 負荷心電図

Mason-Likar の方法を modify した位置に電極を置き, 12 誘導又は 9 誘導 (四肢と胸部 3 誘導) を記録し, 安静時 ST レベルと比べ, J 点から 0.08 秒時点での ST 低下が 1 mm 以上のものを虚血陽性とした. なお, 今回は ST 上昇や U 波の出現等は検討に加えなかった.

有意差検定は χ^2 検定または McNemar test を用いて行った.

結 果

1. SPECT と負荷心電図の対比

Table 2 に SPECT と負荷心電図の一過性虚血検出率を示す. OMI 188 例では SPECT 陽性率は 69%, 負荷心電図陽性率は 47% で, SPECT で有意に高く ($p < 0.005$), 負荷心電図陰性例 53% のうち 54% (53/99) は SPECT 陽性であった. EA 58 例では, SPECT 陽性 90%, 負荷心電図陽性 69% で, SPECT で有意に高く ($p < 0.005$), 負荷心電図陰性例 31% のうち 73% (13/18) は SPECT 陽性であった.

OMI を罹患冠動脈数別および梗塞部位別に分類し, SPECT および負荷心電図の陽性率を検討した (**Table 3**). 梗塞部位は前壁, 中隔, 心尖および前側壁を前壁梗塞群, 下壁, 後壁および後側壁を下壁梗塞群とし, さらに前壁+下壁梗塞群を加え, 3 群に分類した.

罹患冠動脈数別に見ると, SPECT, 心電図ともに多枝病変例で陽性率が高かったが, SPECT 陽性で心電図陰性の例は罹患冠動脈数とは関係なく, 一定の傾向を示さなかった.

梗塞部位別に見ると, SPECT, 心電図ともに下壁梗塞群および前壁+下壁梗塞群が前壁梗塞群に比べ陽性率が高く, SPECT 陽性で心電図陰性の例については, 梗塞部位と関係なく, 一定の傾

Table 1. Subjects

	No.	Male Female		Age (mean) (yrs)	CAG findings			Infarct site		
					1VD	2VD	3VD	A	I	A+I
1. SPECT										
MI	188	175	13	31-76 (55.1)	92	50	46	91	83	14
EA	58	51	7	39-69 (56.3)	23	25	10			
Total	246	226	20	31-76 (55.4)	115	75	56			
2. RNV										
MI	115	111	4	31-71 (54.0)	50	36	29	59	45	11
EA	46	40	6	40-69 (55.5)	28	14	4			
Total	161	151	10	31-71 (54.4)	78	50	33			

Abbreviations: No.=number of cases; SPECT=single photon emission computed tomography; RNV=radio-nuclide ventriculography; MI=myocardial infarction; EA=effort angina; CAG=coronary arteriography; 1VD=one vessel disease; 2VD=two vessel disease; 3VD=three vessel disease; A=anterior infarction; I=inferior infarction; A+I=anterior and inferior infarctions.

Table 2. Stress-induced ischemia (SPECT and ECG)

		ECG change (ST depression)		Total
		(+)	(-)	
1. Myocardial infarction (n=188)				
SPECT (Redistribution)	(+)	76	53	129(69%)*
	(-)	13	46	59(31%)
Total		89(47%)*	99(53%)	188
2. Effort angina (n=58)				
SPECT (Redistribution)	(+)	39	13	52(90%)*
	(-)	1	5	6(10%)
Total		40(69%)*	18(31%)	58

*=p<0.005

向を示さなかった。

さらに SPECT 陽性例を前壁梗塞群と下壁梗塞群の2群に分け、それぞれ一過性虚血部位が梗塞部か非梗塞部か、あるいはその両者かに細分し、心電図判定を検討した (Table 4)。前壁梗塞群では、心電図の陽性、陰性に関係なく、SPECT 上、

梗塞部のみの一過性虚血が多く、心電図陽性と陰性の間には有意な差は認めなかった (χ^2 検定)。また、下壁梗塞群においても、心電図陽性例と陰性例の間には有意な差を認めなかった。

以下に実例を示す。

Table 3. Relations between the presence or absence of redistribution and number of diseased vessels, and between the presence or absence of redistribution and the infarcted site in old myocardial infarction (n=188)

SPECT	+	+	-	-	Total
ECG	+	-	+	-	
Total	76 (40%)	53 (28%)	13 (7%)	46 (24%)	188
1 VD	29 (32%)	20 (22%)	3 (3%)	40 (43%)	92
2 VD	20 (40%)	22 (44%)	3 (6%)	5 (10%)	50
3 VD	27 (59%)	11 (24%)	7 (15%)	1 (2%)	46
A MI	24 (26%)	27 (30%)	4 (4%)	36 (40%)	91
I MI	45 (54%)	22 (27%)	6 (7%)	10 (12%)	83
A+I MI	7 (50%)	4 (29%)	3 (21%)	0 (0%)	14

Abbreviations as in Table 1.

Table 4. Relation between ECG findings and the presence or absence of redistribution in infarcted area and/or non-infarcted area (anterior or inferior infarction; n=118)

1. Anterior MI		SPECT			Total
Infarct area		+	-		
Non-infarct area		+	-	+	
ECG (+)		4 (17%)	17 (71%)	3 (13%)	24
ECG (-)		2 (7%)	16 (59%)	9 (33%)	27
2. Inferior MI					
ECG (+)		16 (36%)	22 (49%)	7 (16%)	45
ECG (-)		8 (36%)	11 (50%)	3 (14%)	22

Abbreviations as in Table 1.

症例 1: 54 歳, 男性, 労作狭心症

負荷心電図 (Fig. 1) では有意な陽性所見は見られないが, SPECT (Fig. 2) では, stress image で前壁中隔の集積低下が存在し, delayed image で同部への再分布が認められる。

症例 2: 49 歳, 女性, 前壁中隔梗塞

負荷心電図 (Fig. 3) では陽性所見はなく, SPECT (Fig. 4) では前壁中隔の持続欠損に加え, 下後壁の一過性虚血が認められた。

2. RNV と負荷心電図の対比

Table 5 に OMI の RNV と負荷心電図の一過性虚血検出率を示す。OMI 115 例のうち負荷心

電図陽性率は 44%, ΔEF 陽性率 (ΔEF < 5%) は 80% (対心電図: p < 0.005), 局所壁運動陽性率 (局所壁運動の悪化) は 58% (対心電図: p < 0.025) であった。負荷心電図陰性例 56% のうち ΔEF < 5% は 70% (45/64), 局所壁運動の悪化は 41% (26/64) に認められた。Table 6 に同じく EA における RNV と負荷心電図の一過性虚血検出率を示す。EA 46 例中, 負荷心電図陽性率は 61%, ΔEF 陽性率は 72% (対心電図: NS), 局所壁運動の悪化陽性率は 65% (対心電図: NS) で, ΔEF, 局所壁運動, 心電図の順に陽性率が高かったが, 統計学的有意差は認められなかった。負荷心電図

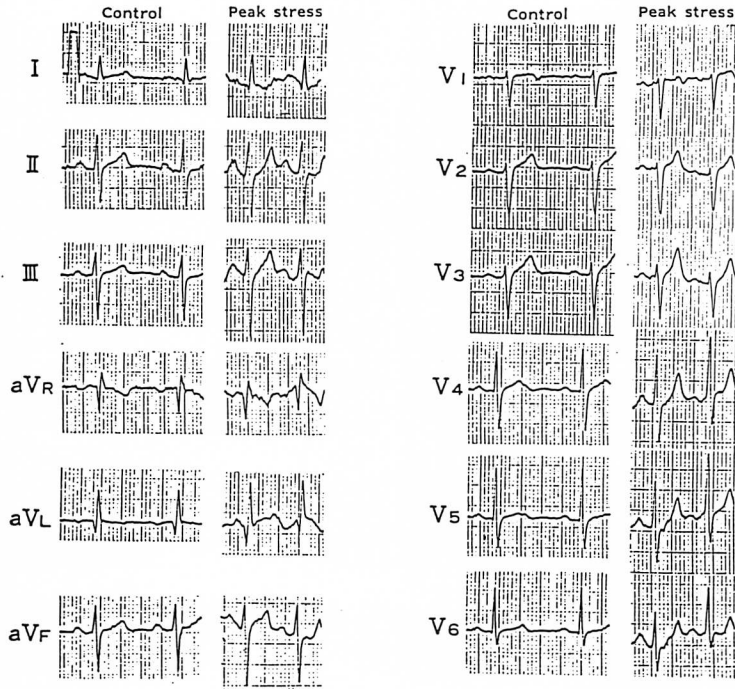


Fig. 1. Stress ECG (Case 1, a 54-year-old man with effort angina).
ST segment depression is not detected.

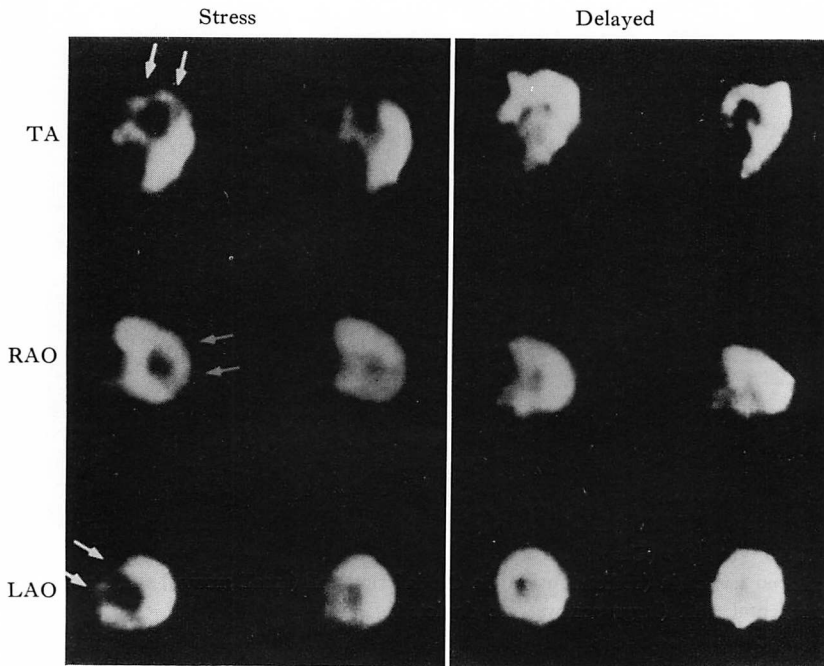


Fig. 2. SPECT images (Case 1).
Stress-induced ischemia (redistribution) in the anteroseptal wall is depicted.

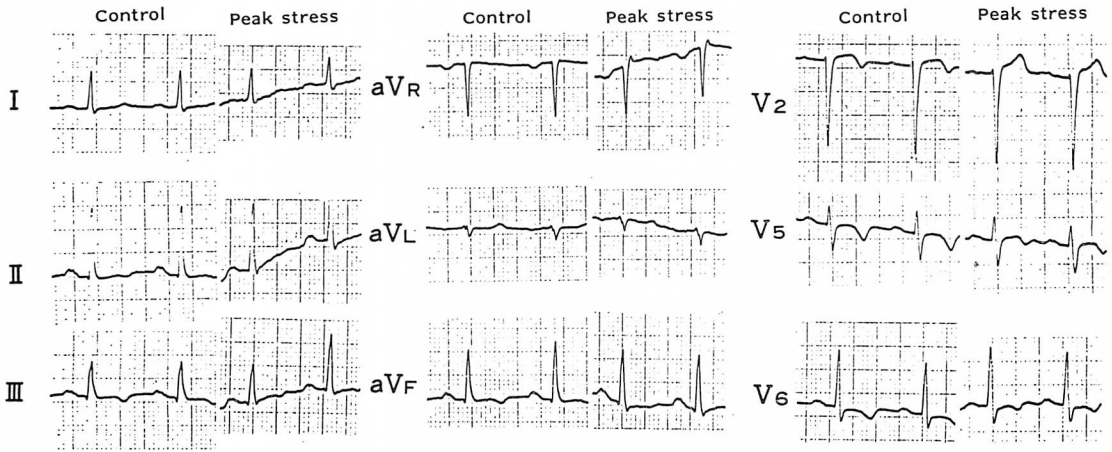


Fig. 3. Stress ECG (Case 2, a 49-year-old woman with anteroseptal infarction).
ST segment depression is not detected.

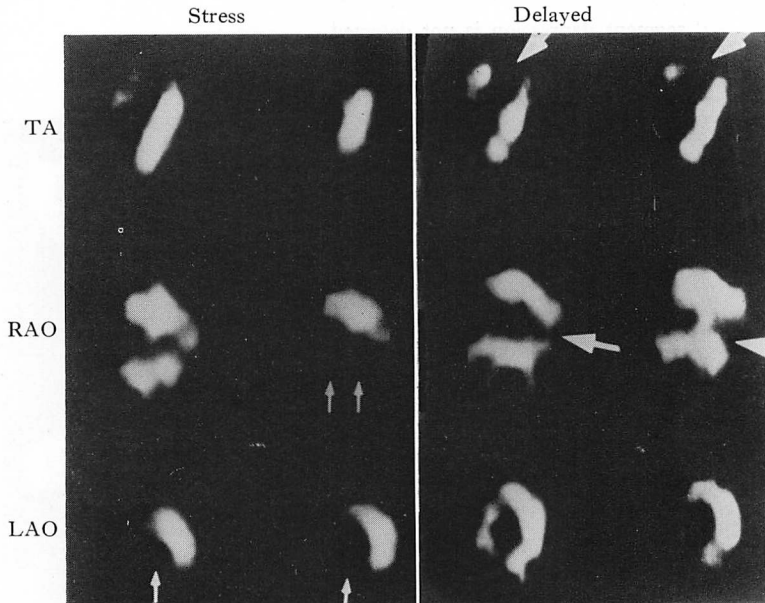


Fig. 4. SPECT images (Case 2).

Stress-induced ischemia (redistribution) in the inferior wall (small arrows) and a permanent defect in the anteroseptal wall (large arrows) are depicted.

Table 5. Stress-induced ischemia in old myocardial infarction (RNV and ECG, n=115)

1. Δ EF vs ECG			
Δ EF	ECG change (ST depression)		Total
	(+)	(-)	
Δ EF < 5%	47	45	92 (80%)*
Δ EF \geq 5%	4	19	23 (20%)
Total	51 (44%)*	64 (56%)	115

2. RWM vs ECG			
RWM	ECG change (ST depression)		Total
	(+)	(-)	
Deterioration	41	26	67 (58%)**
No deterioration	10	38	48 (42%)
Total	51 (44%)**	64 (56%)	115

Abbreviations: RNV=radionuclide ventriculography, Δ EF=difference between ejection fractions during rest and exercise, RWM=regional wall motion.

*=p<0.005; **=p<0.025.

Table 6. Stress-induced ischemia in effort angina (RNV and ECG, n=46)

1. Δ EF vs ECG			
Δ EF	ECG change (ST depression)		Total
	(+)	(-)	
Δ EF < 5%	26	7	33 (72%)*
Δ EF \geq 5%	2	11	13 (28%)
Total	28 (61%)*	18 (39%)	46

2. RWM vs ECG			
RWM	ECG change (ST depression)		Total
	(+)	(-)	
Deterioration	25	5	30 (65%)*
No deterioration	3	13	16 (35%)
Total	28 (61%)*	18 (39%)	46

Abbreviations as in Table 5.

*=not significant.

陰性例 39% のうち、 Δ EF 陽性は 39% (7/18), 局所壁運動悪化は 28% (5/18) であった。

OMI を罹患冠動脈数別及び梗塞部位別(前壁梗塞群, 下壁梗塞群及び前壁+下壁梗塞群)に分類し (Table 7), 局所壁運動および負荷心電図陽性率を検討した。罹患冠動脈数別に見ると, 局所壁運動, 心電図ともに多枝病変で陽性率が高かったが, 局所壁運動陽性で心電図陰性の例は罹患冠動脈数とは無関係で, 一定の傾向を示さなかった。

梗塞部位別に見ると, 負荷心電図は前壁梗塞群に比べ, 下壁梗塞群にやや陽性率が高かったが, 局所壁運動陽性で負荷心電図陰性の例は, 梗塞部とは無関係であった。

局所壁運動陽性例を梗塞部位別に分類し, 壁運動異常と心電図所見を検討した (Table 8)。負荷心電図の陽性・陰性に関係なく, 局所壁運動の悪化は, 梗塞部のみの例が比較的多かった。特に下壁梗塞群で心電図陰性例の 80% は梗塞部のみの壁運動悪化であったが, 心電図陽性例との間には有意差は認めなかった。

以下に実例を示す。

症例 3: 55 歳, 女性, 労作狭心症

負荷心電図 (Fig. 5) では, 対照時の胸部誘導に U 波が見られるが, 今回の陽性基準を満たす ST 低下は認められず, 負荷心電図は陰性と考えられた。一方, RNV の amplitude image (Fig. 6) では, 対照時すでに前壁中隔に hypokinesis が存在し, 運動負荷により同部の局所壁運動の著明な悪化が認められた。一方, 対照時の EF は 50%, stress 時は 44% であり, Δ EF は -6% と計算され, Δ EF においても虚血陽性と診断された。

最後に, OMI 例における RI 検査施行時の各指標の陽性率を罹患冠動脈数別, 梗塞部位別に分類して Table 9 に示す。罹患冠動脈数別に見ると, 負荷心電図は罹患冠動脈数が増加するにつれ検出率が高くなり, 一方 RI では 1 枝病変で検出率がやや劣るが, 2 枝, 3 枝病変ともほぼ同様の検出率であった。また, 梗塞部位別では, 負荷心電図は前壁梗塞群でやや検出率が低かったが, RI

Table 7. Relations between regional wall motion (RWM) abnormality and number of diseased vessels, and between the RWM abnormality and the infarcted site in old myocardial infarction (n=115)

RWM	+	+	-	-	Total
ECG	+	-	+	-	
Total	41 (36%)	26 (23%)	10 (9%)	38 (33%)	115
1 VD	8 (16%)	11 (22%)	6 (12%)	25 (50%)	50
2 VD	17 (47%)	9 (25%)	2 (6%)	8 (22%)	36
3 VD	16 (55%)	6 (21%)	2 (7%)	5 (17%)	29
A MI	19 (32%)	14 (24%)	2 (3%)	24 (41%)	59
I MI	17 (38%)	10 (22%)	6 (13%)	12 (27%)	45
A+I MI	5 (45%)	2 (18%)	2 (18%)	2 (18%)	11

Abbreviations as in Table 1.

Table 8. Relation between ECG findings and regional wall motion (RWM) abnormality in infarcted area and/or non-infarcted area (anterior or inferior infarction, n=60)

1. Anterior MI		RWM			Total
Infarct area	+	+	-		
Non-infarct area	+	-	+		
ECG (+)	2 (11%)	11 (58%)	6 (32%)	19	
(-)	1 (7%)	7 (50%)	6 (43%)	14	
2. Inferior MI					
ECG (+)	5 (29%)	10 (59%)	2 (12%)	17	
(-)	0 (0%)	8 (80%)	2 (20%)	10	

Abbreviations as in Table 1.

では梗塞部位と無関係であった。

考 察

虚血性心疾患の診断および評価には負荷心電図が用いられてきたが、さらに近年では、運動負荷 RI が重要な診断方法となっている²⁾。²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィは低灌流域を集積低下ないし欠損像として視覚化し、さらに運動負荷を併用すれば、心筋梗塞部に加え、一過性虚血の検出も可能である。一方、^{99m}Tc-RBCs RNV は安静時の心機能評価に加え、運動負荷による心筋虚血を左室駆出率の低下、および局所壁運動の異常として表

現する。これらの検査法の発達により、虚血性心疾患診断精度は向上したが、なお諸検査の成績に不一致を見る。今回我々は左室造影、選択的冠動脈造影で確認した虚血性心疾患多数例に運動負荷心電図と運動負荷 RI を施行し、それらの判定の差、特に心電図陰性例について検討した。

今回の結果では、一過性虚血の検出率は OMI 例で負荷心電図 44~47%、SPECT 69%、ΔEF 陽性率 80%、および局所運動異常 58% であり、また EA 例ではそれぞれ 61~69%、90%、72%、および 65% であった。過去の報告では、OMI 例において負荷心電図の ST 低下率は 14~45%³⁻⁶⁾、

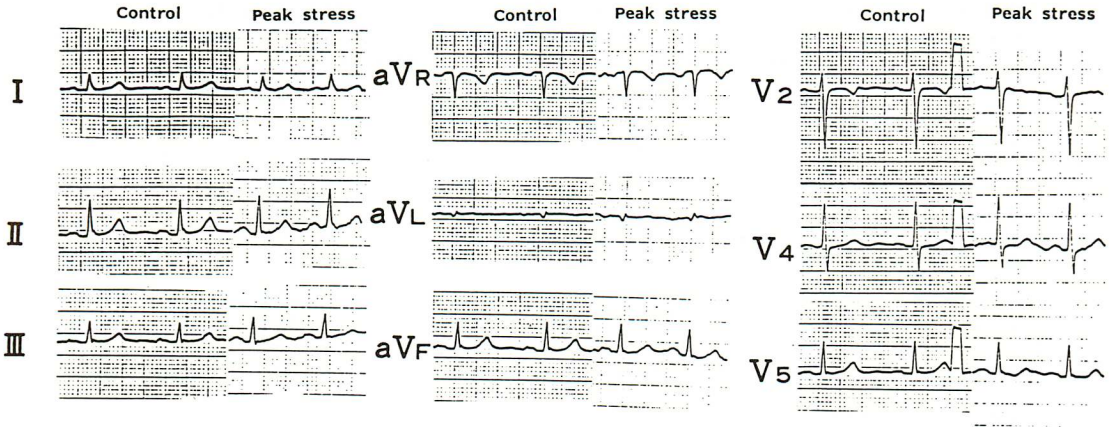


Fig. 5. Stress ECG (Case 3, a 55-year-old woman with effort angina).

No ST segment depression is noted. However, negative U waves appear in leads V₄ and V₅. An increase in heart rate is minimal.

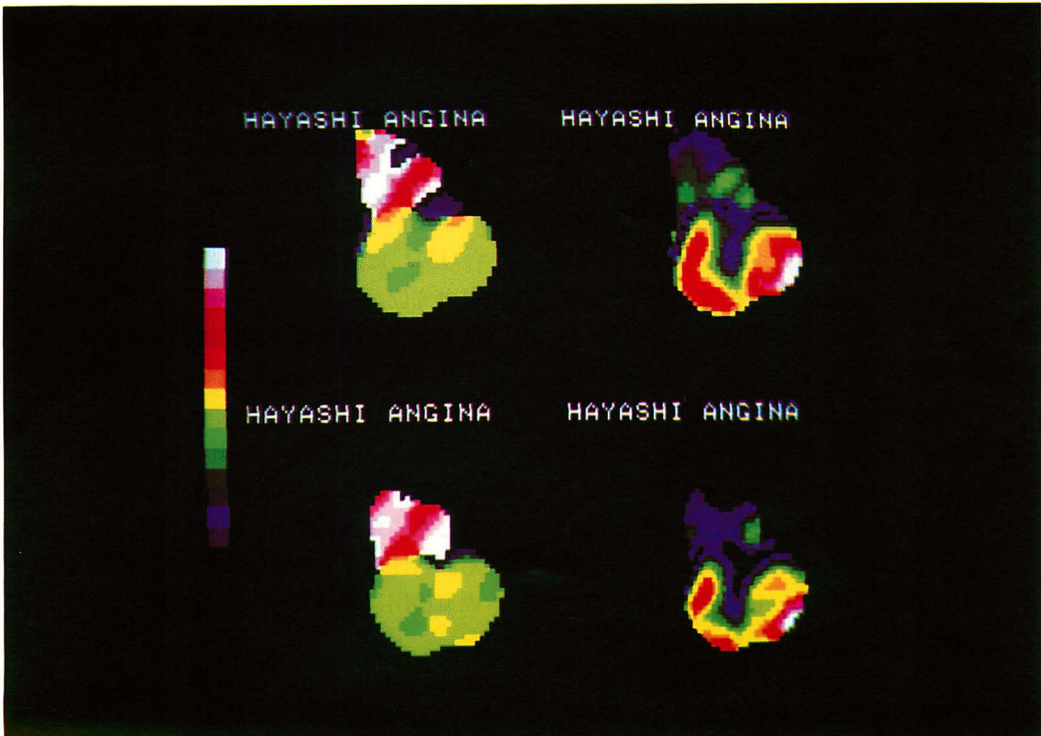


Fig. 6. Radionuclide ventriculographic images (upper: control, lower: exercise, left: phase image, right: amplitude image).

In control amplitude images, mild hypokinesia in the anteroseptal wall is recognized. In addition, regional wall motion in the same area is markedly deteriorated by stress.

Table 9. Detectability of stress-induced ischemia by SPECT, RNV and ECG

	SPECT (n=188)		RNV (n=115)		
	ECG	SPECT	ECG	Δ EF	RWM
1 VD	35%	54%	28%	74%	38%
2 VD	46%	84%	53%	92%	72%
3 VD	74%	83%	62%	76%	76%
A	30%	56%	35%	81%	56%
I	61%	81%	51%	78%	60%
A+I	71%	79%	63%	82%	63%
Total	47%	69%	44%	80%	58%

Abbreviations as in Tables 1 and 5.
(Each stress testing is expressed as %).

²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィにおける再分布出現率は 49~62%^{2,5,7)} であり, EA 例ではそれぞれ 38~71%^{5,8~10)}, 43~79%^{5,7~12)} である。また, RNV による冠動脈病変(一過性虚血)検出率は, Δ EF では 73~90%, 局所壁運動異常では 47~94%^{13~16)} であり, 今回の我々の結果でもおおむね同様な傾向を示した。負荷心電図と比較して運動負荷 RI の優位性に疑問はなく, 我々の結果では, 特に OMI における Δ EF の成績が優れていた。しかし Δ EF は心筋虚血の重要な指標ではあるが, 種々の因子に影響されることを考慮する必要がある¹⁷⁾。過去の報告^{18~22)}では, 年齢, 性, 負荷前後血圧, 負荷前後脈拍, 負荷段階, 安静時左室駆出率, 左室拡張末期容積, 罹患冠動脈数, 各冠動脈狭窄度, 胸痛の有無, 心電図変化の有無, 患者のトレーニング状態, 精神的緊張度, 薬物服用等が, Δ EF に影響を及ぼす因子であると言われている。したがって, Δ EF が必ずしも純粹に局所の虚血を示しているとは言えず, 偽陽性例も含まれている場合もあると思われる。

また, 運動負荷 RI が負荷心電図より成績が良い一因として, 我々の施設では symptom-limited 運動負荷のため, 負荷量不足, すなわち下肢倦怠感などで運動負荷を中止し, 最大予測心拍数に達していない例が含まれていることが考えられる。

しかし, 現実問題として, それ以上の運動負荷は不可能である。

今回の検討では触れなかったが, 負荷心電図陽性, ²⁰¹Tl SPECT 陰性例は, 通常的心電図および左室造影所見より考え, 心筋梗塞部とは異なると考えられる部位に持続欠損が認められた例が大多数を占め, より高度の虚血のため, 再分布が確認できなかったものと考えられる^{23,24)}。

OMI に関して罹患冠動脈数, 梗塞部位および虚血部位が梗塞部か否かに分け RI 陽性心電図陰性群と RI 陽性心電図陽性群とを対比したが, いずれの因子でも有意差がなく一定の傾向を見出せなかった。

以上より, 負荷心電図においては症例に関係なく, 必ずある頻度で偽陰性例が出現し, これが負荷心電図の限界を示すものと思われた。また, 心電図陰性例でも多数で RI 陽性例が存在し, 心筋虚血検出における RI の有用性が実証された。

要 約

左室造影, 選択的冠動脈造影で確認された虚血性心疾患患者延べ 407 例(陳旧性心筋梗塞 303 例, 労作狭心症 104 例)に symptom-limited 運動負荷 RI 検査 (SPECT, RNV) を行い, 負荷心電図陰性例について検討し, 以下の結果を得た。

1. SPECT 検査時, 負荷心電図の陰性例は陳旧性心筋梗塞 53%, 労作狭心症 31% で, このうち SPECT では, それぞれ 54%, 73% に虚血が認められた。

2. RNV 検査時, 負荷心電図の陰性例は陳旧性心筋梗塞 56%, 労作狭心症 39% で, このうち, 運動による左室駆出率の伸びが悪い例 ($\Delta EF < 5\%$) はそれぞれ 70%, 39%, 運動による局所壁運動の悪化は 41%, 28% であった。

3. 陳旧性心筋梗塞例にて, RI 陽性で負荷心電図の陰性である群を, 罹患冠動脈数, 梗塞部位, および虚血部位が梗塞部か否かに分け検討したが, いずれも一定の傾向は認められなかった。

以上より, 負荷心電図ではある頻度で偽陰性例が存在し, 負荷心電図の診断限界を示すものと考えられ, さらに一過性虚血検出における RI の有用性を多数例で実証しえたと思われた。

文 献

- 1) 二神康夫, 浜田正行, 市川毅彦, 小西得司, 中野 越, 竹沢英郎, 竹田 寛, 前田寿登, 中川 毅: 心筋シンチグラムの Emission CT 法: 虚血性心疾患における検討. *心臓* **15**: 856-864, 1983
- 2) Hammond HK, Kelly TL, Froelicher VF: Noninvasive testing in the evaluation of myocardial ischemia: Agreement among tests. *J Am Coll Cardiol* **5**: 59-69, 1985
- 3) Fukui S, Sato H, Ogidani N, Miyake S, Sato K, Minamino T, Inoue M, Abe H: Clinical significance of exercise-induced ST changes in patients with prior myocardial infarction: Comparison of electrocardiographic and angiographic findings. *Jpn Circ J* **4**: 1131-1137, 1981
- 4) Shaeffer CW, Daly RG, Smith SC: Maximal treadmill exercise testing in the management of the post-myocardial infarction patient. *Chest* **68**: 20-23, 1975
- 5) Bailey IK, Griffith LSC, Rouleau J, Strauss HW, Pitt B: Thallium-201 myocardial perfusion imaging at rest and during exercise: Comparative sensitivity to electrocardiography in coronary artery disease. *Circulation* **55**: 79-87, 1977
- 6) Markiewicz W, Houston N, DeBusk ZF: Exercise testing soon after myocardial infarction. *Circulation* **56**: 26-31, 1977
- 7) Rigo P, Bailey IK, Griffith LSC, Pitt B, Wagner HN, Becker LC: Stress thallium-201 myocardial scintigraphy for the detection of individual coronary arterial lesions in patients with and without previous myocardial infarction. *Am J Cardiol* **48**: 209-216, 1981
- 8) Ritchie JL, Zaret BL, Strauss HW, Pitt B, Berman DS, Schelbert HR, Ashburn WL, Berger HJ, Hamilton GW: Myocardial imaging with thallium-201: A multicenter study in patients with angina pectoris or acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* **42**: 345-350, 1978
- 9) Verani MS, Marcus ML, Razzak MA, Ehrhardt JC: Sensitivity and specificity of thallium-201 perfusion scintigrams under exercise in the diagnosis of coronary artery disease. *J Nucl Med* **19**: 773-782, 1978
- 10) Turner DA, Battle WE, Deshmukh H, Colandrea MA, Snyder GJ, Fordham EW, Messer JV: The predictive value of myocardial perfusion scintigraphy after stress in patients without previous myocardial infarction. *J Nucl Med* **19**: 249-255, 1978
- 11) Massie BM, Botvinick EH, Brundage BH: Correlation of thallium-201 scintigrams with coronary anatomy: Factors affecting region by region sensitivity. *Am J Cardiol* **44**: 616-622, 1979
- 12) Jengo JA, Freeman R, Brizendine M, Mena I: Detection of coronary artery disease: Comparison of exercise stress radionuclide angiography and thallium stress perfusion scanning. *Am J Cardiol* **45**: 735-541, 1980
- 13) Berger HJ, Reduto LA, Johnstone DE, Borkowski H, Sands JM, Cohen LS, Langou RA, Gottschalk A, Zaret BL, Pytlik L: Global and regional left ventricular response to bicycle exercise in coronary artery disease: Assessment by quantitative radionuclide angiography. *Am J Med* **66**: 13-21, 1979
- 14) Borer JS, Kent KM, Bacharach SL, Green MV, Rosing DR, Seides SF, Epstein SE, Johnston GS: Sensitivity, specificity and predictive accuracy of radionuclide cineangiography during exercise in patients with coronary artery disease: Comparison with exercise electrocardiography. *Circulation* **60**: 572-580, 1979
- 15) Brady TJ, Thrall JH, Clare JM, Rogers WL, Lo K, Pitt B: Exercise radionuclide ventriculography: Practical considerations and sensitivity of coronary artery disease detection. *Radiology* **132**: 697-702, 1979
- 16) Johnstone DE, Sands MJ, Berger HJ, Reduto LA,

- Lachman AS, Wackers FJT, Cohen LS, Gottschalk A, Zaret BL, Pytlik L: Comparison of exercise radionuclide angiography and thallium-201 myocardial perfusion imaging in coronary artery disease. *Am J Cardiol* **45**: 1113-1119, 1980
- 17) 山室匡史: 虚血性心疾患患者の radionuclide ventriculography による, 運動負荷前後の左室駆出率に関する因子の検討. *三重医学* **30**: 153-160, 1986
- 18) Letac B, Cribier A, Desplanches JF: A study of left ventricular function in coronary patients before and after physical training. *Circulation* **56**: 375-378, 1978
- 19) Ferguson RJ, Petitclerc R, Choquette C, Chaniotis L, Gauthier P, Huot R, Allard C, Jankowski L, Campeau L: Effect of physical training on treadmill exercise capacity, collateral circulation and progression of coronary disease. *Am J Cardiol* **34**: 764-769, 1974
- 20) Slutsky R, Battler A, Gerber K, Gordon D, Froelicher V, Karliner J, Ashburn W: Effect of nitrates on left ventricular size and function during exercise: Comparison of sublingual nitroglycerin and nitroglycerin paste. *Am J Cardiol* **45**: 831-840, 1980
- 21) Borer JS, Bacharach SL, Green MV, Kent KM, Johnston GS, Epstein SE: Effect of nitroglycerin on exercise-induced abnormalities of left ventricular regional function and ejection fraction in coronary artery disease: Assessment by radionuclide cineangiography in symptomatic and asymptomatic patients. *Circulation* **57**: 314-320, 1978
- 22) Marshall RC, Wisenberg G, Schlebert HR, Henze E: Effect of oral propranolol on rest, exercise and postexercise left ventricular performance in normal subjects and patients with coronary artery disease. *Circulation* **63**: 572-583, 1981
- 23) 二神康夫, 浜田正行, 牧野克俊, 市川毅彦, 小西得司, 中野 赴, 竹沢英郎, 竹田 寛, 前田寿登: 心筋梗塞後患者における運動負荷心電図 ST 変化の臨床的意義: ^{201}Tl 心筋 single photon emission computed tomography による検討. *核医学* **21**: 241-251, 1984
- 24) Liu P, Kiess MC, Okada RD, Block PC, Strauss HW, Pohost GM, Boucher CA: The persistent defect on exercise thallium imaging and its fate after myocardial revascularization: Does it represent scar or ischemia? *Am Heart J* **110**: 996-1001, 1985