

《原 著》

# 運動負荷誘発心筋虚血と心機能障害の関連： $^{99m}\text{Tc}$ -Tetrofosmin 心筋血流画像と心機能画像の同時評価による検討

今井 嘉門\* 芝田 貴裕\* 小川 洋司\* 堀江 俊伸\*

**要旨** 心筋虚血と心機能障害との詳細な検討はヒトでは少ない。健常者および冠動脈疾患患者で運動負荷  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmin 心筋シンチグラフィを行い、心筋血流障害と心機能障害との関連を検討した。心機能は初回循環法で、心筋血流は SPECT 画像で記録した。対象は冠病変のない 36 症例 (CAD (-)), 心筋梗塞症を除外した冠動脈疾患患者 32 症例である。後者はさらに運動負荷時の心筋血流障害の extent score (ES) により 3 群 : ES < 10% 群 (n=15), ES = 10–20% 群 (n=7), ES > 20% 群 (n=10) に区分した。運動負荷時の左室駆出率は、CAD (-) 群  $61.7 \pm 5.3\%$ , ES < 10% 群  $59.0 \pm 5.8\%$ , ES = 10–20% 群  $57.4 \pm 6.6\%$ , ES > 20% 群  $47.4 \pm 10.5\%$  で、ES > 20% 群は他群より有意に低値であった。心筋血流と心機能との同時評価により、運動で誘発された血流障害が左室の 20% 以上に達した時に、有意な左心機能障害が生ずることが明らかになった。

(核医学 33: 981–989, 1996)

## I. 緒 言

冠動脈を閉塞した後の心筋血流、心筋代謝、心機能、心電図の変化および自覚症状の出現の推移はすでに報告されている<sup>1)</sup>。心筋血流と心電図変化との対比、あるいは心機能と心電図との対比はヒトでも比較的容易であるが、心筋血流の変化と心機能障害との対比する検討は実験動物では多く認めるも、ヒトでは少ない<sup>2~5)</sup>。今回運動負荷時および安静時に心筋血流と心機能とを同時評価し、ヒトで心筋虚血の程度と心機能との関連より有意な左心機能障害を生ずる心筋血流障害の程度に関して検討した。

## II. 対象および方法

対象は  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmin (Tf) 心筋シンチグラフィと冠動脈造影検査とが 2 週間以内に施行され、心筋梗塞症の既往のない 68 症例である。平均年齢は  $60 \pm 10$  歳で、男女比は 50/18 であった。有意冠病変は 32 症例で認め、一枝病変 22 症例および多枝病変 10 症例で、冠病変の分布は右冠動脈 13 症例、左前下行枝 18 症例、左回旋枝 12 症例であった。有意冠病変を認めない者は 36 症例であった。

心筋シンチグラフィは一日法(負荷時／安静時)で施行した(Fig. 1)。詳細な方法はすでに報告すみであるが、その概略は下記の通りである<sup>6)</sup>。運動負荷検査時に心電図および血圧などをモニターできるように準備した後に、心臓が多結晶カメラ(シンチコア SIM-400)の視野の中心に入るよう被検者の正面にカメラを設定した。運動負荷は臥位エルゴメータで、25 ワット (W) より開始し、3 分毎に 25 W ずつ増加する多段階負荷法で行っ

\*埼玉県立小原循環器病センター循環器科

受付：8年2月20日

最終稿受付：8年6月24日

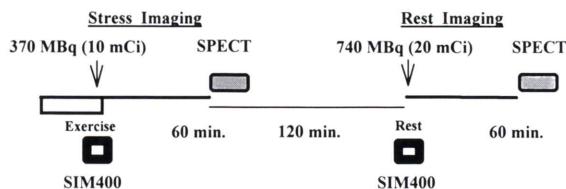
別刷請求先：埼玉県大里郡江南町板井 1696

(〒360-01)

埼玉県立小原循環器病センター循環器科

今井 嘉門

た。運動負荷検査中を通じて、収縮期血圧、拡張期血圧、心拍数および pressure rate product (PRP) を 1 分ごとに求め、中等度の胸痛出現、心電図 ST 低下  $\geq 0.2$  mV、収縮期血圧  $\geq 230$  mmHg、拡張期血圧  $\geq 130$  mmHg、PRP  $\geq 25000$ などを運動終了点とした。運動終了点に到達した時に  $^{99m}\text{Tc}$ -Tf 370 MBq をボーラス投与し、原則としてその



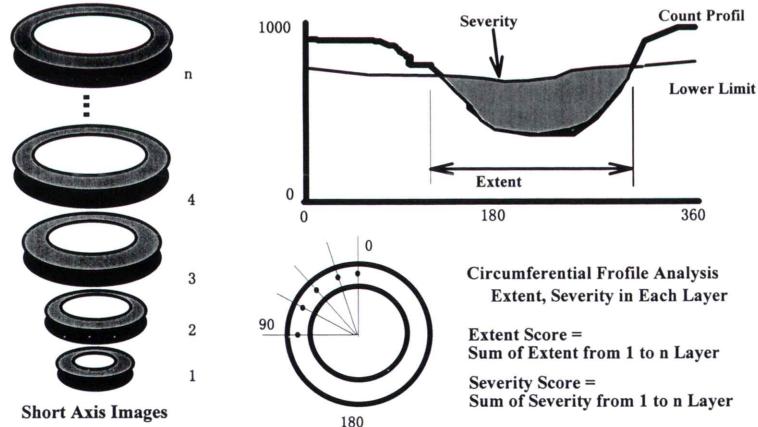
SIM-400 : Function Image, SPECT : Perfusion image

Exercise stress test : With ergometer, Staring at 25 watts  
25 watts increment every 3 minutes

**Fig. 1** Procedure of simultaneous perfusion and function imaging with  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmin. Ergometer exercise myocardial scintigraphy was performed with the one day protocol; stress imaging was performed, rest imaging was taken 3 hours later. Function image was taken by SIM-400 at time of tracer injection. Perfusion was taken by SPECT 60 minutes after tracer injection.

後さらに 90 秒間運動を持続した。ボーラス投与時に初回循環時法で心機能画像を記録し、被検者は直ちに朝食を取り、ボーラス投与 1 時間後に single photon emission computed tomography (SPECT) 画像を島津製ガンマカメラ装置 (SNC-510R)で撮像した。さらに 2 時間後の安静時に  $^{99m}\text{Tc}$ -Tf 740 MBq を投与し、運動負荷時と同様に安静時の心機能画像および血流画像を順次記録した。

SPECT は 180 度回転で、1 方向 25 秒間で 32 方向から撮影し、Butterworth 前処理フィルターおよび Shepp & Logan 再構成フィルターを用いて再構成した。まず左室の短軸像より Bull's eye map (極座表) を作成し、さらにガンマカメラに付属したコンピュータで心筋血流分布を circumferential profile analysis で定量的分析した。冠病変のないことを確認された健常者 19 名より normal data-base を求め、正常下限値 (平均  $-2 \times$  標準偏差) 未満の部分を欠損部位とした。すべての短軸像で欠損の範囲および程度を各々測定し、これらを集計したものを extent score および severity score とし、運動負荷時および安静時画像で各々算出した (Fig. 2)。



**Fig. 2** Quantitative analysis in perfusion image. Short axis images were obtained after reconstruction. Circumferential profile analysis was performed in each short axis images. Area and magnitude of abnormal perfusion, less than normal lower limit ( $\text{mean} - 2\text{SD}$ ), was defined as extent and severity. Sum of extent from apical layer to basal layer was defined as extent score. Severity score was also obtained by same procedure.

有意冠病変を有する 32 症例は、運動負荷時の extent score (ES) により ES<10% 群 (n=15), ES = 10–20% 群 (n=7), ES>20% 群 (n=10) の 3 群に区分し、さらに冠病変を認めない CAD (−) 群 (n=36) と合わせて、対象を総計 4 群に分類した。

初回循環時法による心機能画像の記録条件は正面より 40 msec のフレーム間隔で、1,500 フレームを撮像した。左室に関心領域を設定し、まず同部位の時間一カウント曲線も求め、この曲線で最高カウントを示す心拍の前後の数心拍より左室の時間一容積曲線を作成し、左室駆出率 (LVEF), 左室拡張末期容積係数 (EDVI), 左室収縮末期容

積係数 (ESVI) および一回拍出係数 (SVI) を求めた。

結果は平均値±標準偏差で表示し、統計分析は Fisher ソフトウェアで、多重比較の実行 (Scheffe 検討、水準間比較) を行い、p<0.05 の場合に有意差ありとした。

### III. 結 果

#### 1) 運動時間および血行動態の変化

運動負荷終了点すなわち運動負荷ピーク時に達するまでの時間は、CAD (−) 群 548±198 秒、ES<10% 群 392±202 秒、ES=10–20% 群 467±196

**Table 1** Exercise duration and changes of hemodynamics by exercise

Parameter	Condition	A CAD (−) (n=36)	B ES<10% (n=15)	C ES=10–20% (n=7)	D ES>20% (n=10)	
Time to PE		548±198	392±202	467±196	398±171	ns
HR	Rest	70±15	72±15	62±7	80±15	ns
	Peak-Ex.	129±14	116±16	109±21	115±15	A-C
S-BP	Rest	138±22	146±23	155±19	150±18	ns
	Peak-Ex.	200±27	181±29	182±23	192±25	ns
D-BP	Rest	76±13	79±10	83±7	79±18	ns
	Peak-Ex.	95±15	93±15	97±12	95±19	ns
PRP	Rest	9697±2981	10608±3162	9584±1559	12093±3066	ns
	Peak-Ex.	25746±4072	21204±5485	20049±5665	22320±5127	A-B, A-C

HR = Heart rate (beat / minute), S-BP = Systolic blood pressure (mmHg),

D-BP = Diastolic blood pressure (mmHg), PRP = Pressure rate product,

Time to PE = Time to peak-exercise (second), Peak-Ex. = Peak-exercise,

Mean +/- standard deviation, ns = no significant

A-B = p<0.05 A vs. B, A-C = p<0.05 A vs. C

**Table 2** Extent score and severity score of defect on perfusion image

Parameter	Condition	A CAD (−) (n=36)	B ES<10% (n=15)	C ES=10–20% (n=7)	D ES>20% (n=10)	
ES	Peak-Ex.	2.1±3.0	8.1±7.0	18.6±4.0	48.3±15.1	a-c, a-d, b-d, c-d, B-C
	Rest	1.0±2.4	3.5±5.9	3.4±2.4	11.3±9.6	a-d, b-d, C-D
	Delta	1.1±2.2	4.7±4.6	15.1±2.7	37.0±12.1	a-c, a-d, b-c, b-d, c-d
SS	Peak-Ex.	43±77	393±440	937±614	5907±2814	a-d, b-d, c-d
	Rest	14±39	113±203	60±72	494±508	a-d, b-d, c-d
	Delta	30±69	280±340	877±596	5413±2630	a-d, b-d, c-d

ES = Extent score, SS = Severity score, Peak-Ex = Peak exercise, Delta = Peak-Ex - Rest

Mean +/- standard deviation, a-c = p<0.01 A vs. C, a-d = p<0.01 A vs. D, b-c = p<0.01 B vs. C,

b-d = p<0.01 B vs. D, c-d = p<0.01 C vs. D, B-C = p<0.05 B vs. C, C-D = p<0.05 C vs. D

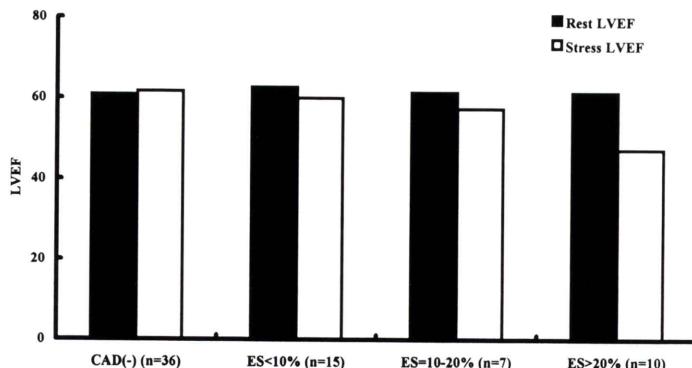


Fig. 3 Left ventricular ejection fraction at rest and at peak exercise.

Table 3 Changes of cardiac function by exercise

Parameter	Condition	A	B	C	D	p value
		CAD (-) (n=36)	ES <10% (n=15)	ES=10-20% (n=7)	ES >20% (n=10)	
LVEF	Rest	60.8±7.9	61.9±8.8	61.4±2.2	61.4±3.4	ns
	Peak-Ex.	61.7±5.3	59.0±5.8	57.4±6.6	47.4±10.5	
	Delta	0.9±7.9	-2.6±7.1	-4.0±5.5	-14.0±11.4	
EDVI	Rest	65.1±12.6	60.6±13.9	68.3±15.1	59.5±10.4	ns
	Peak-Ex.	69.7±12.8	68.5±9.0	69.8±21.3	67.8±10.1	
	SVI	25.6±7.5	23.2±8.0	26.3±5.5	23.3±5.3	
ESVI	Rest	26.8±6.5	28.0±4.8	30.4±14.5	35.4±7.0	A-D
	Peak-Ex.	39.4±8.8	37.3±9.1	42.1±9.8	36.3±6.0	
	SVI	43.0±8.2	40.5±7.4	39.1±8.3	32.4±9.8	

LVEF = Left ventricular ejection fraction (%), EDVI = End-diastolic volume index ( $\text{ml} / \text{m}^2$ ),  
ESVI = End-systolic volume index ( $\text{ml} / \text{m}^2$ ), SVI = Stroke volume index ( $\text{ml} / \text{m}^2$ ),  
Peak-Ex. = Peak-exercise, Mean +/- standard deviation, a-d =  $p < 0.01$  A vs. D, b-d =  $p < 0.01$  B vs. D,  
A-D =  $p < 0.05$  A vs. D, B-D =  $p < 0.05$  B vs. D, C-D =  $p < 0.05$  C vs. D, ns = no significant

秒, ES>20% 群 398±171 秒であった。CAD(−)群以外の冠病変を有する群での運動時間は CAD(−) より短時間であるも、有意差は認めなかった。

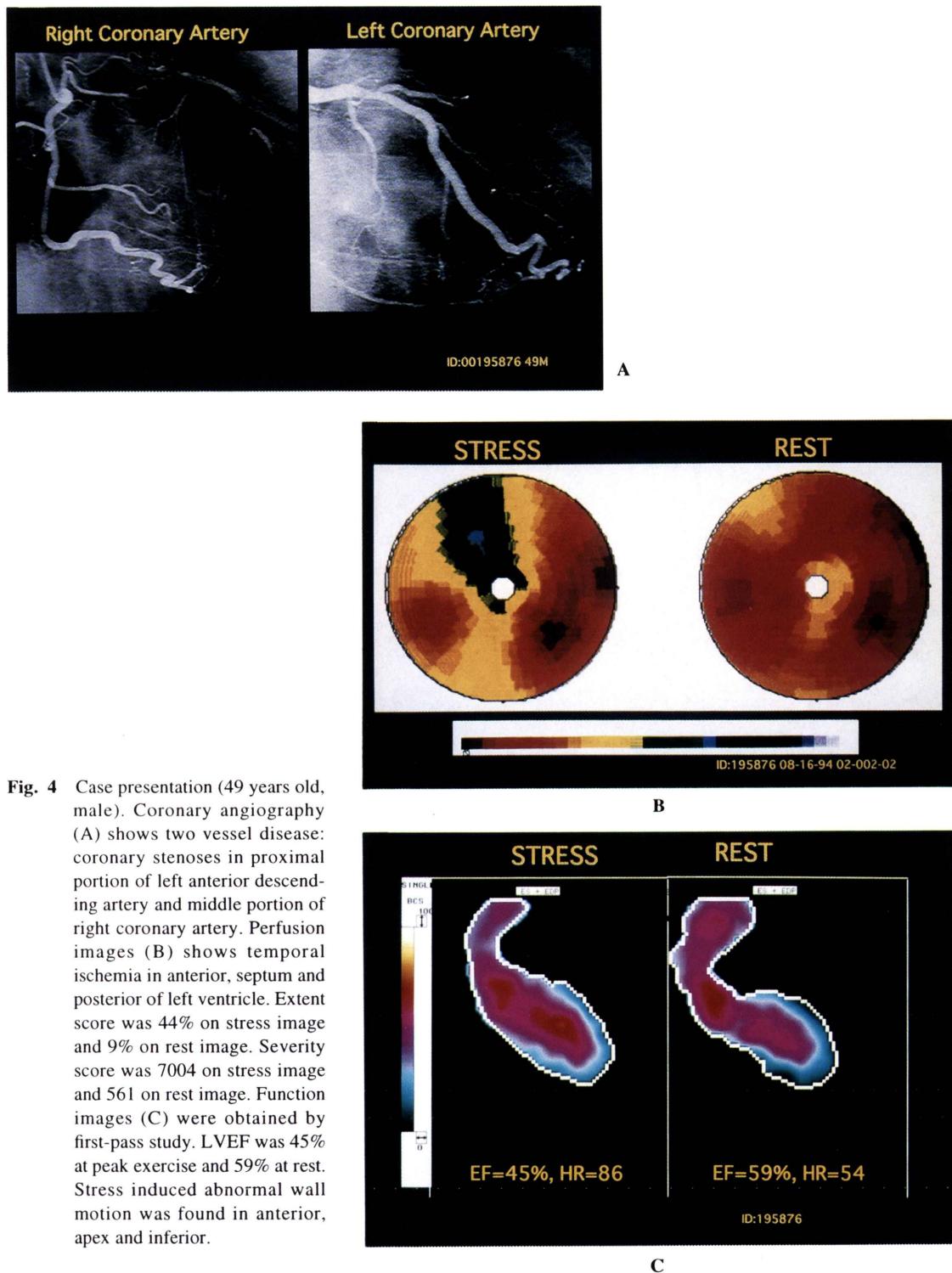
安静時および運動負荷ピーク時の心拍数、収縮期血圧、拡張期血圧および PRP を 4 群間で比較した。安静時の心拍数、収縮期血圧、拡張期血圧および PRP は、4 群間で有意差を認めなかった。さらに運動負荷ピーク時の収縮期血圧および拡張期血圧は、4 群間で有意差を認めなかった。

運動負荷ピーク時の毎分の心拍数は CAD(−) 群 129±14, ES<10% 群 116±16, ES=10-20% 群 109±21, ES>20% 群 115±15 であった。運動

負荷ピーク時の PRP は CAD(−) 群 25746±4072, ES<10% 群 21204±5485, ES=10-20% 群 20049±5665, ES>20% 群 22320±5127 であった。ES=10-20% 群の心拍数および PRP は CAD(−) より有意に低値であった (Table 1)。

## 2 心筋血流画像での欠損の範囲と程度

対象群を運動負荷時の extent score で区分したが、運動負荷時の extent score は、CAD(−) 群 2.1±3.0%, ES<10% 群 8.1±7.0%, ES=10-20% 群 18.6±4.0%, ES>20% 群 48.3±15.1% で、ES>20% 群は他群より有意に高値であった ( $p < 0.01$ )。安静時の extent score、運動負荷時と安静時の extent score との差においても、ES>20% 群は高



**Fig. 4** Case presentation (49 years old, male). Coronary angiography (A) shows two vessel disease: coronary stenoses in proximal portion of left anterior descending artery and middle portion of right coronary artery. Perfusion images (B) shows temporal ischemia in anterior, septum and posterior of left ventricle. Extent score was 44% on stress image and 9% on rest image. Severity score was 7004 on stress image and 561 on rest image. Function images (C) were obtained by first-pass study. LVEF was 45% at peak exercise and 59% at rest. Stress induced abnormal wall motion was found in anterior, apex and inferior.

値であった。

運動負荷時の severity score は、 CAD (-) 群  $43 \pm 77$ , ES < 10% 群  $393 \pm 440$ , ES = 10–20% 群  $937 \pm 614$ , ES > 20% 群  $5907 \pm 2814$  で、 ES > 20% 群は他より有意に高値であった ( $p < 0.01$ )。安静時の severity score および運動負荷時と安静時の severity score 差においても、 ES > 20% 群は高値であった ( $p < 0.01$ ) (Table 2)。

### 3) 心筋血流障害の程度と心機能との関連

安静時の LVEF は、 CAD (-) 群  $60.8 \pm 7.9\%$ , ES < 10% 群  $61.9 \pm 8.8\%$ , ES = 10–20% 群  $61.4 \pm 2.2\%$ , ES > 20% 群  $61.4 \pm 3.4\%$  で、 各群の間で有意差を認めなかった。

運動負荷時の LVEF は、 CAD (-) 群  $61.7 \pm 5.3\%$ , ES < 10% 群  $59.0 \pm 5.8\%$ , ES = 10–20% 群  $57.4 \pm 6.6\%$ , ES > 20% 群  $47.4 \pm 10.5\%$  で、 ES > 20% 群は他群より有意に低値であった (Fig. 3)。

安静時 LVEF と運動負荷時 LVEF との差である delta LVEF は、 CAD (-) 群  $0.9 \pm 7.9\%$ , ES < 10% 群  $-2.6 \pm 7.1\%$ , ES = 10–20% 群  $-4.0 \pm 5.5\%$ , ES > 20% 群  $-14.0 \pm 11.4\%$  で、 ES > 20% 群は CAD (-) 群および ES < 10% 群より有意に低値であった ( $p < 0.01$ )。

### 4) LVEF に関する各指標の変化

安静時の EDVI, ESVI および SVI は、 各群の間で有意差を認めなかった。運動負荷時の EDVI は、 各群間で有意差を認めなかった。他方、運動負荷時の ESVI ( $\text{ml}/\text{m}^2$ ) は CAD (-) 群  $26.8 \pm 6.5$ , ES < 10% 群  $28.0 \pm 4.8$ , ES = 10–20% 群  $30.4 \pm 14.5$ , ES > 20% 群  $35.4 \pm 7.0$  で、 ES > 20% 群は CAD (-) 群より有意に高値であった ( $p < 0.05$ )。

運動負荷時の SVI ( $\text{ml}/\text{m}^2$ ) は CAD (-) 群  $43.0 \pm 8.2$ , ES < 10% 群  $40.5 \pm 7.4$ , ES = 10–20% 群  $39.1 \pm 8.3$ , ES > 20% 群  $32.4 \pm 9.8$  で、 ES > 20% 群は CAD (-) 群と比較して有意に低値であった ( $p < 0.01$ ) (Table 3)。

### 5) 症例呈示

49 歳男性。本例は冠動脈造影では左前下行枝 (#6) および右冠動脈 (#3) に有意狭窄を認める二枝病変である。運動負荷時および安静時に、心筋血

流画像と心機能画像を同時記録した (Fig. 4)。

心筋血流画像では、運動負荷時に前壁、中隔、後壁の欠損を、安静時に fill-in を同部位に認めた。定量分析では、 extent score は運動負荷時 44%, 安静時 9% であり、 severity score は運動負荷時 7,004, 安静時 561 であった。集計分析の際、当症例の extent score は 44% とした。

心機能画像では、運動負荷による壁運動障害は前壁、心尖および後壁に認めた。LVEF は運動負荷時 45%, 安静時 59% で、運動負荷時に明らかな心機能低下を認めた。

## IV. 考 案

運動負荷で誘発された心筋虚血時の心筋血流障害の範囲と心機能障害との関連を検討した。運動負荷時の心筋血流障害が左室の 20% 以上に達すると、LVEF が有意に低下し、安静時と運動負荷時の LVEF の差が大きくなることが明らかになった。LVEF を規定する因子は EDVI および ESVI であるが、運動負荷時に LVEF が低下する群では、EDVI は不变であるも、ESVI が増加し、両者の差である SVI は減少し、その結果として LVEF が低下した。

心筋血流画像と左室機能画像との同時評価は約 10 年前より試みられた。1984 年に Kenneth らは、 $^{201}\text{Tl}$  (TI) と半減期の短い (30 秒)  $^{195m}\text{Au}$  を同時に投与して、 $^{195m}\text{Au}$  投与時に初回循環時法を用いて左室機能画像を、 $^{195m}\text{Au}$  のエネルギーが消失した 10–15 分後に TI 心筋シンチグラフィを記録し、1 回の運動負荷検査により心筋血流と心機能の 2 種類の情報を得られることを報告した<sup>7,8)</sup>。1988 年に Verani はさらに半減期の短い (5 秒)  $^{191m}\text{Ir}$  と TI を用いて同時評価の可能性を報告した。従来このように心筋血流画像および心機能画像を得るため、2 種類の核種が必要であった。その後  $^{99m}\text{Tc}$  標識心筋血流製剤である MIBI が臨床利用できるようになり、 $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI の 1 製剤で心筋血流画像と心機能画像との同時評価の試みが報告された<sup>10–14)</sup>。

心筋血流と左室機能の同時評価の有用性は、冠

動脈疾患の診断能<sup>6,15,16)</sup>、冠動脈疾患の重症度<sup>17)</sup>の診断能の分野で検討され、報告された。さらに同時評価で心筋血流の障害と心機能障害との関連性などの基礎的な病態の解明に利用できることが期待される。1981年にAkaishiらはイヌで、心筋虚血の範囲が17%以上で局所の機能障害が生じ、左室重量の25%以上の時に左室全体の機能障害が生ずることを報告した<sup>2)</sup>。1990年にJonesらは、ヒトで心筋血流と心機能とを同時に評価し、両者の関連を示したが、有意な左心機能障害を認める血流画像の欠損の範囲や程度に関して記述していない<sup>18)</sup>。その後、類似した検討として1995年にGallikらが、PTCA時の心筋虚血と心機能障害との関連をPTCAのためバルーンを膨張させた時的心筋血流の欠損の範囲と左心機能障害とを用いて、さらに冠病変の部位別に両者の関連を検討した<sup>5)</sup>。さらに持続的な冠血流障害である心筋梗塞範囲と左心機能の経時的变化との関連は1995年にChareonthattaweeらによって報告された<sup>19)</sup>。

左室全体の機能すなわちLVEFは末梢血管抵抗および心収縮能により規定され、心筋虚血は心収縮能に直接関与するものと推察される。心筋虚血は、ヒトにおいては心筋血流画像で欠損の範囲および程度として評価できる。今回、運動負荷で誘発された心筋血流の障害と心機能障害との関連を検討し、欠損の範囲が左室の20%以上に達すると有意な左心機能障害が明らかになったが、今回の結果より“負荷時の心筋血流画像の欠損範囲が左室の20%未満であるならば、心機能障害が顕著でないゆえ冠血行再建術は不要である”と結論するには、いまだいくつか検討すべき事項がある。例えば、心筋虚血画像で欠損の範囲が狭いにかかわらず心機能の障害が大きい症例や、逆に欠損の範囲が大きいにかかわらず機能障害の軽度な症例も存在している。心筋血流の障害と心機能障害との関連に関与する他の因子として、心筋血流障害の局在すなわち前壁あるいはその他の部位、欠損部位と反対側の代償的な壁運動の増加などが推察される。すでにSchneiderらは欠損の大きさと心機能障害の関連が前壁と側壁とで相違すること

を、イヌの検討で明らかにしている<sup>4)</sup>。さらに三枝病変の一部では心筋血流画像は心筋虚血範囲を過小評価する可能性も考えられ、今後これらの方に留意して検討することが必要である。

PTCAなどの冠血行再建術の適応や、その方法を選択する際に、検討する事項として冠病変の部位、長さ、局在性、辺縁、末梢の血管の性状に加えて、心筋虚血の有無が挙げられる<sup>20)</sup>。ACCおよびAHAからのPTCAのガイドラインによると、患者は高度な心筋虚血を示していることを条件の一つと記述されているが、心筋虚血の程度に関する詳細な記述は認めない<sup>21)</sup>。他の論文またはガイドラインでも、同様に心筋虚血の程度に関する具体的な記述は認めない。

多人数より心筋血流障害の範囲あるいは程度と心機能障害に関して基礎的なデータを求め、心筋血流障害の範囲あるいは程度が冠血行再建術の適応を決める指標となり得るか、さらに検討する予定である。

謝辞：原稿を終えるに当たり、本研究にご協力いただきました循環器科の星野寛倫、青木晶、橋本浩一をはじめとする諸先生および放射線部RI室の皆さんに、心より感謝いたします。

## 文 献

- 1) Sigwart U, Grbic M, Payot M, Goy JJ, Essinger A, Fischer A: Appearance of events during transient coronary occlusion. In Rutishauser W, Roskamm H (eds.), Silent Myocardial Ischemia, Springer-Verlag, Berlin, 1984, pp. 29-36
- 2) Akaishi M, Schneider RM, Mercier RJ, Naccarella FF, Agarwal JB, Helfant RH, et al: Relation between left ventricular global and regional function and extent of myocardial ischemia in canine heart. J Am Coll Cardiol 6: 104-112, 1985
- 3) Schneider RM, Chu A, Akaishi M, Weintraub WS, Morris KG, Cobb FR: Left ventricular ejection fraction after acute coronary occlusion in conscious dog: relation to the extent and site of myocardial infarction. Circulation 72: 632-638, 1985
- 4) Schneider RM, Morris KG, Chu A, Robers KB, Coleman RE, Cobb FR: Relation between myocardial perfusion and left ventricular function following acute coronary occlusion: disproportionate effects of

- anterior vs. Inferior ischemia. *Circulation* **60**: 60–71, 1987
- 5) Gallik DM, Obermueller SD, Swarna US, Guidary GW, Mahmalian JJ, Verani MS: Simultaneous assessment of myocardial perfusion and left ventricular function during transient coronary occlusion. *J Am Coll Cardiol* **25**: 1529–1538, 1995
- 6) 今井嘉門, 浅川喜裕, 星野寛倫, 芝田貴裕, 小川洋司, 堀江俊伸:  $^{99m}\text{Tc}$ -Tetrofosmin 心筋シンチグラフィでの血流画像および機能画像の同時評価の有用性. *核医学* **32**: 997–1005, 1995
- 7) Mena I, Narahara KA, Jong RD, Maublant J: Gold-195m, an ultra-short-lived generator-produced radionuclide: clinical application in sequential first pass ventriculography. *J Nucl Med* **24**: 139–144, 1983
- 8) Narahara KA, Mena I, Maublant JC, Brizendine M, Criley JN: Simultaneous maximal exercise radionuclide angiography and thallium stress perfusion imaging. *Am J Cardiol* **53**: 812–817, 1984
- 9) Verani MS, Lacy JL, Ball ME, Boyce TM, Treves ST, Packard AB, et al: Simultaneous assessment of regional ventricular function and perfusion utilizing iridium 191m and thallium 201 during a single exercise test. *Am J Cardiac Imag* **2**: 206–213, 1988
- 10) Sporn V, Balino NP, Holman BL, Liprand AS, Masoli O, Mitta A, et al: Simultaneous measurement of ventricular function and myocardial perfusion using the technetium-99m isonitriles. *Clinical Nucl Med* **13**: 77–81, 1988
- 11) Baillet GY, Mena IG, Kuperus JH, Robertson JM, French WJ: Simultaneous technetium-99m MIBI angiography and myocardial perfusion imaging. *J Nucl Med* **30**: 38–44, 1989
- 12) Borges-Neto S, Coleman RE, Jones RH: Perfusion and function at rest and treadmill exercise using technetium-99m-sestamibi: comparison of one- and two-day protocols in normal volunteers. *J Nucl Med* **31**: 1128–1132, 1990
- 13) Elliot AT, McKillop JH, Pringle SD, Gillen GJ, Wilson JT, Lorimer AR, et al: Simultaneous measurement of left ventricular function and function. *Eur J Nucl Med* **17**: 310–314, 1990
- 14) Villanueva-Meyer J, Mena I, Narahara KA: Simultaneous assessment of left ventricular wall motion and myocardial perfusion with technetium-99m-methoxy isobutyl isonitrile at stress and rest in patients with angina: comparison with thallium-201 SPECT. *J Nucl Med* **31**: 457–463, 1990
- 15) Borges-Neto S, Coleman RE, Potts JM, Jones RH: Combined exercise radionuclide angiography and single photon emission computed tomography perfusion studies for assessment of coronary artery disease. *Semin Nucl Med* **11**: 223–229, 1991
- 16) Takahashi N, Tamaki N, Tadamura E, Kawamoto M, Torizuka T, Yonekura Y, et al: Combined assessment of regional perfusion and wall motion in patients with coronary artery disease with technetium 99m tetrofosmin. *J Nucl Cardiol* **1**: 29–38, 1994
- 17) Palmas W, Frieman JD, Diamond GA, Silber H, Kiat H, Berman DS: Incremental value of simultaneous assessment of myocardial function and perfusion with technetium-99m sestamibi for perfusion of extent of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* **25**: 1024–1031, 1995
- 18) Jones RH, Borges-Neto S, Ports JM: Simultaneous measurement of myocardial perfusion and ventricular function during exercise from a single injection of technetium-99m sestamibi in coronary artery disease. *Am J Cardiol* **66**: 68E–71E, 1990
- 19) Chareonthaitawee P, Christian TF, Hirose K, Gibbons RJ, Rumberger JA: Relation of initial infarct size to extent of left ventricular remodeling in the year after acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* **25**: 567–573, 1995
- 20) 鈴木 紳, 北岡正雄, 三枝広文, 長田和裕: PTCA の適応基準 Guidelines for PTCA 冠動脈の臨床(上巻)—新しい診断治療体系—. 日本臨床(増刊号) **52**: 838–844, 1994
- 21) Ryan TH, King III SB, Bauman WB, McCallister BD, Kennedy JW, Smith SC, et al: Guidelines for percutaneous transluminal coronary angioplasty. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on assessment of diagnostic and therapeutic cardiovascular procedures. *J Am Coll Cardiol* **22**: 2033–2054, 1993

## Summary

### **Relationship between Exercise Induced Ischemia and Left Ventricular Dysfunction; Simultaneous Assessment of Perfusion and Function Images with $^{99m}\text{Tc}$ -Tetrofosmin Myocardial Scintigraphy**

Kamon IMAI, Takahiro SHIBATA, Hiroshi OGAWA  
and Toshinobu HORIE

*Department of Cardiology, Saitama-Ohara Cardiovascular Center*

The propose of this study was to evaluate the relationship between exercise induced ischemia and left ventricular dysfunction, ergometer exercise  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmin myocardial scintigraphy was performed using one day protocol (exercise/rest). Subjects consisted of 68 patients without previous myocardial infarction; without coronary artery disease (CAD) ( $n = 36$ ) and with CAD ( $n = 32$ ). Perfusion and function images were evaluated simultaneously. Perfusion image was taken by single photon emission tomography (SPECT). Quantitative analysis was performed with normal data-base. The area of abnormal perfusion, less than normal lower limits, was named as extent score (ES). Left ventricular ejection fraction (LVEF) was measured by first-pass study. According to ES on stress image, 32 patients with CAD were divided into

3 groups;  $\text{ES} < 10\%$  ( $n = 15$ ),  $\text{ES} = 10\text{--}20\%$  ( $n = 7$ ) and  $\text{ES} > 20\%$  ( $n = 10$ ). LVEF at rest among 4 groups were not different. LVEF at peak exercise was  $61.7 + / - 5.3\%$  in CAD (-),  $59.0 + / - 5.8\%$  in  $\text{ES} < 10\%$ ,  $57.4 + / - 6.6\%$  in  $\text{ES} = 10\text{--}20\%$  and  $47.4 + / - 10.5\%$  in  $\text{ES} > 20\%$ . LVEF in  $\text{ES} > 20\%$  at peak exercise was lowest significantly. Thus, simultaneous perfusion and function images were evaluated for the relationship between exercise induced ischemia and left ventricular dysfunction. If extent score on stress image was more than 20% of left ventricle, significant left ventricular dysfunction was observed.

**Key words:** Myocardial ischemia, Left ventricular dysfunction,  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmin, Simultaneous assessment.