

《ノート》

運動負荷心筋スキャン (planar image) による 三枝病変を有する労作性狭心症の評価

Evaluation of Angina Pectoris with Triple Vessel Coronary Disease by Stress Thallium Scan

浜田 星紀*** 西村 恒彦* 植原 敏勇* 林田 孝平*
斎藤 宗靖** 住吉 徹哉**

Seiki HAMADA***, Tsunehiko NISHIMURA*, Toshiisa UEHARA*,
Kohei HAYASHIDA*, Muneyasu SAITO** and Tetsuya SUMIYOSHI**

*Department of Radiology, **Cardiac Unit, National Cardiovascular Center, Suita, Osaka
***Department of Radiology, Osaka University School of Medicine

I. はじめに

運動負荷心筋スキャンは冠動脈疾患を診断するために現在不可欠の検査であり負荷心電図などに比して検出率の高いことが認められている¹⁾。しかし多枝病変になるほど相対的血流差が検出しにくくなるためその診断は困難となる。そのため視覚的判定法に加えて、各種の定量評価法（心筋 washout, 肺野タリウム集積など）が冠動脈疾患、特に多枝病変の検出の向上ならびに冠動脈病変の重症度判定に貢献している。運動負荷スキャンのもう一つの利点として心筋の viability の判定に有用なことがあげられる²⁾。すなわち、負荷時欠損像の再分布の有無により虚血と梗塞を区別できることである。しかし最近、完全再分布しない虚血の存在が報告されている³⁾。再分布時間が虚血心筋で必ずしも一定していないので、一般に報告

されている 2~6 時間以上の再分布時間を持つ心筋虚血の存在が考慮される。そこで今回われわれは梗塞非合併狭心症に対する運動負荷心筋スキャンの有用性と限界を三枝病変を対象として一枝病変と比較検討したので報告する。

II. 対 象

対象は昭和58年9月から昭和61年10月まで施行した運動負荷スキャン 3,500 例中、労作性狭心症三枝病変（梗塞非合併）33例（42~72歳、平均年齢57歳）である。比較のために同時期に診断された左前下行枝一枝病変（梗塞非合併）30例（35~79歳、平均年齢60歳）、および正常20例（38~66歳、平均年齢53歳）を対照として選んだ。

III. 方 法

運動負荷は、電気制動型自転車エルゴメータ（シーメンス社製）を用いた多段階漸増負荷法とした。運動量は3分ごとに25 watt 増加させ、1分ごとに負荷中の血圧、心電図を測定、胸痛の出現、ST 降下（horizontal, sagging 1 mm 以上）

* 国立循環器病センター放射線診療部

** 同 心臓内科

*** 現；大阪大学医学部放射線医学教室

受付：62年3月20日

最終稿受付：62年6月29日

別刷請求先：吹田市藤白台5-7-1（番号565）

国立循環器病センター放射線診療部

西 村 恒 彦

Key words: Stress thallium scan, Angina pectoris, Triple vessel disease, Incomplete redistribution.

slow rising, junctional 2 mm 以上) に注意し, その発現時点で ^{201}Tl 2~4 mCi を静注, さらに, できる限り 1 分間運動負荷を持続, 次いで, シンチカメラ下に患者を移動させ撮像を行った。負荷心電図は 12 誘導にて記録した。また ^{201}Tl の静注は, 負荷前に肘静脈に留置したインターミッテント翼状針(テルモ製)から注入, 生食水 20 ml でフラッシュした。

IV. 撮像方法

用いた装置は GAP(general all purpose) コリメータを装着したシンチカメラ(Ohio-Nuclear Σ 410 S)とオンラインで接続した RI データ処理装置(GAMMA 11, 128 kw)である。データ収集は 64×64 マトリックスにて行った。初期分布像は正面, 左前斜位 45° および 70° の 3 方向からおののおの 500 k カウントの計測にて撮像した。再分布像は 4 時間後に同方向にて、初期分布像の撮像に要した時間(プリセット・タイム)で行った。

V. データ処理

1. 視覚的判定

得られた心筋イメージ(64×64 マトリックス, カラー表示)は, 3人の医師の視覚的判定により欠損像の検出を行った。初期分布における欠損像の消失の仕方により, 再分布の様式は, 初期分布における欠損像が, 完全に消失する群(完全再分布: complete redistribution), 欠損像が再分布にて完全ではないが, 部分的ないし不完全に再分布を認める群(不完全再分布: incomplete redistribution)に分類した。前側壁(正面), 前壁中隔(左前斜位 45°), 前壁(左前斜位 70°)を左前下行枝領域, 後側壁(左前斜位 45°)を左回旋枝領域, 下壁(正面, 左前斜位 70°)を右冠動脈領域に相当する部位として判定した(Fig. 1)。心尖部は多枝の重なりや apical thinning の影響が考えられるため今回の検討より省いた。

2. Washout rate の算出(定量的判定)

Washout rate の算出は, すでに報告した方法を用いた⁴⁾。運動負荷直後(EX), 再分布時(RD)

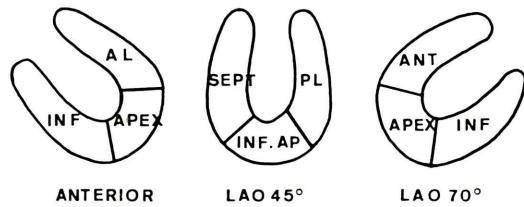


Fig. 1 Myocardial regions assessed visually and quantitatively in each of three views and their relation to coronary blood supply.

LAD: left anterior descending branch, RCA: right coronary artery, LCX: left circumflex branch, AL: anterior lateral segment, INF: inferior segment, APEX: apical segment, SEPT: septal segment, INF. AP: inferior apical segment, PL: posterior lateral segment, ANT: anterior segment.

のコンピュータ画像にてバックグラウンド除去後, 心筋像を 18 領域に分割しそれぞれの circumferential profile curve を作成(EX-RD)カウント/(EX)カウントを各領域にて求め, washout rate curve を抽出した。あるいは各方向の心筋像にて心筋局所に関心領域(3×3 マトリックス)を設定, 同様の方法にて washout rate を求めた。

3. 冠動脈造影

全症例における心カテーテル検査は, 大部分 Judkins 法により, 一部 Sones 法により施行, 右前斜位 30°, 左前斜位 60° の左室造影および選択的冠動脈造影を施行した。冠動脈狭窄は, AHA 分類に従い, 75% 以上を有意の狭窄とし, 75%, 90%, 99% 狹窄, および 100% (閉塞) に分類した。これらの冠動脈狭窄枝数, 狹窄度の判定は, 3人の医師によりシネフィルムより視覚的に判定した。

4. 統計処理

有意差検定は t 検定法にて行った。有意差は有意水準 5% で判定した。

VI. 結 果

1. 負荷時の臨床所見(Table 1)

運動負荷心筋スキャン時の胸痛出現頻度は一枝病変では 18/30 例(60%), 三枝病変では 17/33 例

Table 1 Clinical characteristics and lung thallium uptake in Single Vessel Disease (SVD) and Triple Vessel Disease (TVD)

	SVD (n=30)	TVD (n=33)
Chest pain	18/30 (60%)	17/33 (52%)
EKG (+)	20/30 (67%)	25/33 (77%)
ST-T change		
V ₂₋₆ and II III F	17	21
V ₂₋₆	3	3
II III F	0	1
Double product	22,133±5,987	18,776±5,415*
Lung thallium uptake (>normal {M+2 SD})	36±7 19/30 (63%)	40±7* 27/33 (81%)

*p<0.05

(52%) で有意差なく、心電図変化の出現頻度も一枝病変では 20/30 例 (67%), 三枝病変では 25/33 例 (77%) と有意差はなかった。心電図変化の出現部位にも有意差は認められなかった。負荷量を示す Double Product (収縮期血圧×心拍数) は一枝病変では、22,133±5,987, 三枝病変では 18,776 ±5,415 となり有意差を認めた (p<0.05)。Double Product 25,000 以上を正常とすると、三枝病変では 5 例 (15%), 一枝病変では 10 例 (33%) が正常値範囲であった。

2. 肺野タリウム集積 (Table 1)

正常値+2 SD (33%) 以上の症例を異常とする⁵⁾と、一枝病変、三枝病変において、それぞれ 19 例 (63%), 27 例 (81%) にて高度の肺野の ²⁰¹TlCl 集積が認められた。一枝病変では 36±7%, 三枝病変では 40±7% となり、正常群と比べていずれも高く、三枝病変と一枝病変には有意差を認めた (p<0.05)。

3. 視覚的判定法による診断 (Figs. 2, 3)

一枝病変では 28/30 例 (93%) に負荷時欠損像を認めた。しかし三枝病変では三冠動脈領域すべてを反映した症例は 2 例のみであった。二枝病変として診断された症例は 10 例、一枝病変として診断された症例は 11 例存在した。残りの症例はまったく欠損像を指摘できなかった。

4. 定量的判定法による診断 (Figs. 2, 3)

視覚的判定法と比較して一枝病変の検出率に変化はほとんどなかった (sensitivity 97%). 三枝病

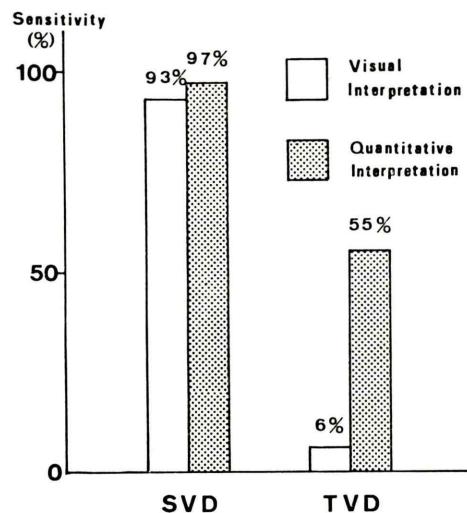


Fig. 2 Sensitivity of visual and quantitative interpretation for the correct identification of patients with Single Vessel Disease (SVD) and Triple Vessel Disease (TVD).

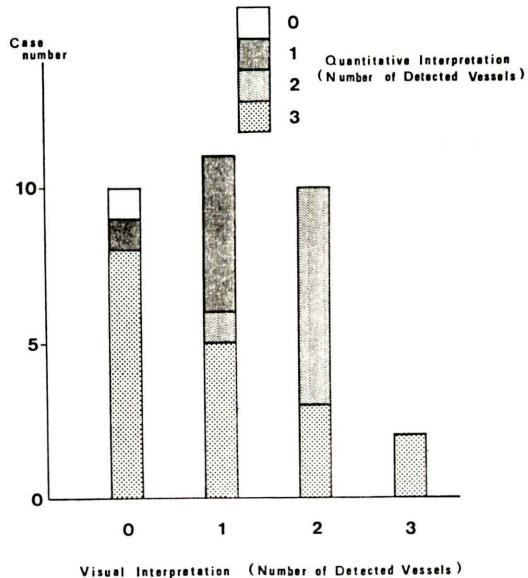


Fig. 3 A comparison between visual and quantitative evaluation of stress thallium scan for the assessment of the number of diseased coronary artery with Triple Vessel Disease (TVD).

変では 18 例検出でき検出率は 55% に向上了した (Fig. 2)。3 方向ともに circumferential profile curve を用いて心筋全周囲に washout rate の低下

Table 2 Sensitivity of specific coronary artery with Triple Vessel Disease (TVD) in relation to severity of lesions

(1) Visual interpretation

Stenosis	LAD	LCX	RCA	Total
75%	7/15 (47%)	0/13	2/9 (22%)	9/37 (24%)
90%	4/5 (80%)	2/7 (29%)	0/5	6/17 (35%)
99%	1/3 (33%)	1/4 (25%)	6/7 (86%)	8/14 (57%)
100%	8/10 (80%)	4/9 (44%)	6/12 (50%)	18/31 (58%)
	20/33 (61%)	7/33 (21%)	14/33 (42%)	41/99 (41%)

(2) Quantitative interpretation

Stenosis	LAD	LCX	RCA	Total
75%	11/15 (73%)	8/13 (62%)	5/9 (56%)	24/37 (65%)
90%	5/5 (100%)	4/7 (57%)	4/5 (80%)	13/17 (76%)
99%	2/3 (67%)	4/4 (100%)	6/7 (86%)	12/14 (86%)
100%	9/10 (90%)	7/9 (78%)	11/12 (92%)	27/31 (87%)
	27/33 (82%)	23/33 (70%)	26/33 (79%)	76/99 (77%)

LAD: Left Anterior Descending branch

LCX: Left Circumflex branch

RCA: Right coronary Artery

を認めた場合に diffuse slow washout rate 症例としたが、三枝病変では13例、一枝病変でも5例認められた。

5. 三枝病変の狭窄度に関する枝別の検出率

(Table 2)

枝別では左前下行枝、右冠動脈、左回旋枝の順に検出率が良く、また狭窄度が強くなるにつれて検出率が良くなつた。定量的判定法導入により検出率は全体で41%から77%に向上了。

6. 完全再分布を認めない症例 (Fig. 4)

負荷時に認められた欠損像が完全再分布を示さない症例が一枝病変では17例(57%)に、三枝病変では15例(45%)に認めた。部位別では三枝病

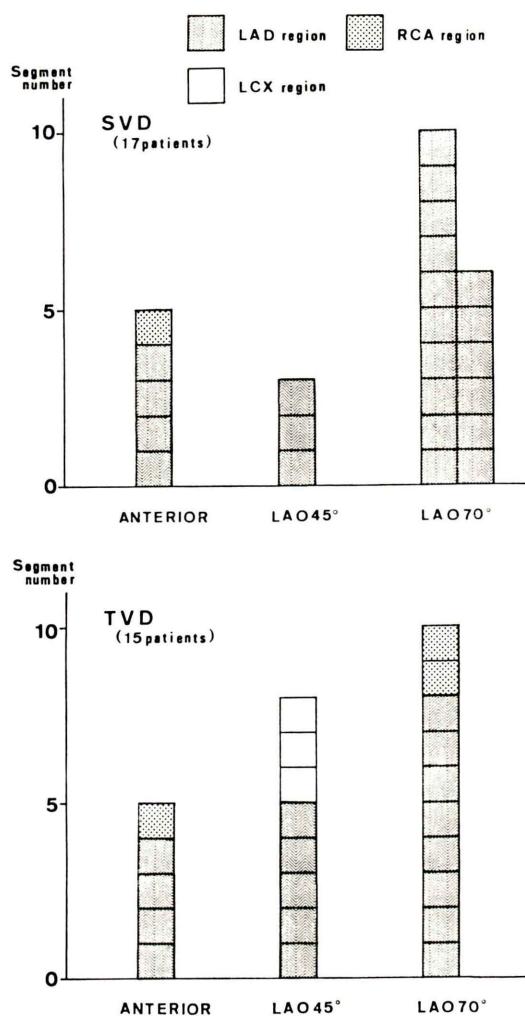


Fig. 4 Distribution of thallium perfusion defect with incomplete redistribution.

SVD: Single Vessel Disease of Left Anterior Descending branch, TVD: Triple Vessel Disease.

変、一枝病変ともに LAO 70° の前壁に高頻度に認めた。特に一枝病変では 16/17 (94%) の頻度でこの部位に不完全分布を認めた。

VII. 考 察

運動負荷心筋スキャンによる虚血の検出はその診断精度が高いことが諸家により報告されており臨床的に確立してきた^{1,6)}。運動負荷心筋スキャ

ヤンにおける付加的情報として胸痛出現、心電図変化、Double Product ならびに肺野タリウム集積が診断率を向上するために用いられている⁵⁾。負荷心電図 ST-T 変化の出現部位は、必ずしも心筋虚血の部位を反映せず⁷⁾ 今回の検討でも一枝病変と三枝病変での心電図変化には差が認められていない。負荷時肺野タリウム集積は罹患冠動脈枝数が多いほど高値を示す傾向が認められており⁸⁾、三枝病変群は一枝病変群より有意に高かった。

心筋虚血の判定は一過性欠損像の検出により行われる。しかし視覚的判定では相対的心筋血流分布から判定するため多枝病変、特に三枝病変において必ずしも罹患支配領域全部に欠損像を呈するとは限らない。また、タリウム静注の時点での枝の支配領域すべてに血流障害が起こらない場合もある。すなわち、視覚的判定法による罹患冠動脈数の診断率は一枝病変で 73~86%，二枝病変で 36~47%，三枝病変で 5~53% と報告されている^{5,9,10)}。実際、著者らの検討でも Dash¹¹⁾ らのごとく、三枝病変に特徴的な心筋イメージを呈した症例は 2 例 (6%) のみで視覚的判定法だけでは、全く三枝病変の診断には役立たなかった。

これまでの諸家の報告^{9,10,13~15)}によれば、視覚的判定により検討した各冠動脈病変検出率は左前下行枝が 52~78%，右冠動脈枝が 43~79%，左回旋枝が 21~49% であり、体幹深部に位置し、横隔膜との重なりも認める後、下壁に分布する右冠動脈枝、左回旋枝領域での検出率が悪い。今回の三枝病変を用いた検討でも従来までの報告に一致し、特に視覚的判定法では狭窄度が軽度 (75%) の左回旋枝の検出率が最も悪い。左回旋枝灌流領域が狭いことにも視覚的検出率の低下の一因がある。定量的判定を用いることにより左回旋枝および右冠動脈の検出率の向上を認め、それぞれ 70%，79% となり、視覚的判定による場合の、それぞれ 21%，42% に比べいずれにおいても良好な成績が得られた。しかしながら三枝病変において三罹患冠動脈枝すべてを検出することは困難であった。すなわち定量的判定により三枝病変 33 例中 18 例 (55%) が診断可能となったが、検出率は依然とし

て低かった。1 例のみ心筋スキャンだけでは虚血を指摘できなかった。

また定量的判定を併用することにより三枝病変のうち正常と診断された 10 例中 8 例に diffuse slow washout rate を認めた。しかし頻度は低いが一枝病変 30 例中 5 例にも diffuse slow washout rate を認め、したがって diffuse slow washout rate は必ずしも三枝病変のみに限った現象ではない¹²⁾。定量的判定は今回の検討でもわかるように一枝病変よりも三枝病変の診断に効果的であるが、運動負荷プラナー心筋スキャンの三枝病変の診断には限界がある。多枝病変の診断には ²⁰¹Tl の心筋内分布を 3 次元的に把握できる SPECT などの modality による検討が必要と思われる。至適再分布時間で撮像された再分布像にて初期分布時の欠損像に継続して認められる欠損像は梗塞部と考えられている。しかし今回示したように十分に再分布時間が得られたとしても欠損が完全に再分布しない症例が存在する。このような残存欠損は負荷により著明な虚血が生じたためと考えられ³⁾、この可能性は一枝病変、三枝病変にかかわらず認められる。負荷による左前下行枝領域の不完全再分布は Steep LAO で最も高頻度に出現しやすい。左前下行枝のみにて支配されている前壁領域は、Steep LAO の撮像ではコリメータとの距離が離れる。一枝病変では正常心筋である後壁との著明な相対的血流分布差がこのためにより強調されて再分布が遅延するものと思われる。この方向では正常 20 例の検討では再分布像にても欠損は認められず、単にコリメータとの距離が離れているためだけないと考える。また三枝病変では対側領域も血流低下しているため相対的には心筋虚血を検出できず過小評価している可能性がある。われわれは 4 時間後に再分布像の撮像を施行しているが、このような症例に対して完全再分布像を得るために、より長い時間を用いて再分布像を撮像することが考えられるが、総カウント数が不十分となり診断に不適な画像となるため、またルーチン検査として実際的ではない。運動負荷心筋スキャンのみでは不完全再分布が、虚血か梗塞かを鑑別する

のにきわめて困難な症例が存在することは注意すべきことと考えられた。

VIII. 結語

1. 三枝病変を有する労作性狭心症（梗塞非合併）33例を対象として運動負荷プラナー心筋スキャンによる診断精度の有用性と限界について検討した。
2. 三枝病変では一枝病変に比べて肺野タリウム集積は高く、Double Product が低く有意差を認めた。
3. 一枝病変では視覚的および定量的判定法の sensitivity (93%, 97%) に有意差はなかった。三枝病変は定量的判定法により 18/33 例 (55%) に向上した。しかし一枝病変でも心筋全周囲での washout rate の低下を 17% に認めた。
4. 三枝病変の枝別では LAD, RCA, LCX の順に検出率が高く定量的判定法を導入することにより sensitivity は 41% から 77% に向上した。
5. 梗塞非合併狭心症でも再分布像にて完全再分布の認められない症例が三枝病変で 45%，一枝病変で 57% 存在し、梗塞・虚血の鑑別が負荷心筋スキャンでは困難なことがある。

文 献

- 1) 西村恒彦、植原敏勇、林田孝平、他：運動負荷心筋シンチグラフィ——その実際と臨床的意義——。呼と循 31: 359-371, 1983
- 2) 西村恒彦、植原敏勇、林田孝平、他：運動負荷心筋スキャンにおける再分布完成時間、出現様式と冠動脈病変の関係について——早期および晚期再分布による検討——。核医学 22: 1625-1633, 1985
- 3) 田中 健、木全心一、広沢弘七郎、他：運動負荷試験における ^{201}Tl 安静時心筋像と再分布心筋像の不一致。核医学 23: 73-78, 1986
- 4) 西村恒彦、植原敏勇、林田孝平、他：Circumferential profile analysis 法を用いた ^{201}Tl 心筋シンチグラムによる梗塞、虚血部位の判定。呼と循 30: 895-901, 1982
- 5) 西村恒彦、植原敏勇、林田孝平、他：運動負荷心筋

スキャンによる虚血の検出およびその重症度評価——肺野の ^{201}Tl 集積、washout rate の併用による——。核医学 22: 467-475, 1985

- 6) Ritchie JL, Trobaugh GB, Hamilton GW, et al: Myocardial imaging with Thallium-201 at rest and during exercise. Comparison with coronary arteriography and stress electrocardiography. Circulation 56: 66-71, 1977
- 7) Kaul S, Kiess M, Liu R, et al: Comparison of Exercise Electrocardiography and Quantitative Thallium Imaging for one-vessel Coronary Artery Disease. Am J Cardiol 56: 257-261, 1985
- 8) 小林 満、西村恒彦、植原敏勇、他：運動負荷心筋スキャンによる ^{201}Tl 肺野集積の臨床的意義——心筋梗塞症例における検討——。核医学 22: 1815-1822, 1985
- 9) 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
- 10) 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
- 11) Dash H, Massie BM, Botvinick EH, et al: The noninvasive Identification of Left Main and Three-vessel Coronary Artery Disease by Myocardial Stress Perfusion Scintigraphy and Treadmill Exercise Electrocardiography. Circulation 60: 276-284, 1979
- 12) Bateman TM, Maddahi J, Gray RJ, et al: Diffuse slow washout of myocardial thallium-201: A new scintigraphic Indicator of extensive coronary artery disease. JACC 4: 55-64, 1984
- 13) Lenaars A, Block P, van Thiel E, et al: Segmental Analysis of TI-201 Stress Myocardial Scintigraphy. J Nucl Med 18: 509-516, 1977
- 14) Rigo P, Bailey IK, Griffith LSC, et al: Value and Limitations of Segmental Analysis of Stress Thallium Myocardial Imaging for Localization of Coronary Artery Disease. Circulation 61: 973-981, 1980
- 15) Abdulla A, Maddahi J, Garcia E, et al: Slow regional clearance of myocardial thallium-201 in the absence of Perfusion defect: Contribution to detection of individual coronary artery stenoses and mechanism for occurrence. Circulation 71: 72-79, 1985