

虚血性心疾患における断層 心エコー図法と Tl-201 心 筋 SPECT の対比

Comparison of two-di- mensional echocardiog- raphy and Tl-201 SPECT in the evalua- tion of ischemic heart disease

山口 浩一
林 輝美
諸岡 成徳
高柳 寛
井上 晃男
酒井 良彦
山中 俊彦
佐藤 勉
佐々木高信
高島 豊

Hirokazu YAMAGUCHI
Terumi HAYASHI
Shigenori MOROOKA
Kan TAKAYANAGI
Teruo INOUE
Yoshihiko SAKAI
Toshihiko YAMANAKA
Tutomu SATOH
Takanobu SASAKI
Yutaka TAKABATAKE

Summary

To ascertain the influence of severity of coronary stenosis and the presence or absence of collateral circulations on echocardiographic (2DE) asynergy or abnormal myocardial perfusion by exercise Tl-201 SPECT, we performed a correlative study of 40 patients undergoing coronary angiography, including 27 with myocardial infarction and 13 with angina pectoris, whose mean age was 55 years. Each view of the left ventricle (LV) obtained by both methods was assigned to five segments; i.e., anterior, septal, inferior, lateral and apical. The correlation of abnormal segments was investigated using both methods. The segments showing a severe perfusion defect coincided those with severe asynergy. Among 116 segments with normal perfusion, 99 (85%) revealed normal wall motion, but the remaining 15% showed asynergy. Among 84 segments with abnormal myocardial perfusion, 26 (31%) had normal wall motion, and most of these were non-infarcted regions.

Concerning the severity of coronary artery stenosis, greater than 99% coronary arterial stenoses existed in most of the segments showing a complete defect or incomplete redistribution on Tl-201 SPECT and akinesis or hypokinesis on 2DE. Collaterals were observed in 22% of the segments with a complete defect and 66% of segments with incomplete redistribution; whereas, there was no significant correla-

獨協医科大学越谷病院 循環器内科
埼玉県越谷市南越谷 2-1-50 (〒343)

Department of Cardiology, Koshigaya Hospital, Dok-
kyo University School of Medicine, Minamikoshi-
gaya 2-1-50, Koshigaya 343

Received for publication May 2, 1989; accepted August 19, 1989 (Ref. No. 36-421)

tion between the severity of LV wall motion abnormality and the presence or absence of collaterals.

The severity of asynergy is possibly related to the severity of abnormal myocardial perfusion, however, asynergy could occur at the site of ischemic regions where Tl-201 SPECT can not detect the abnormalities. In patients with myocardial infarction who show incomplete redistribution by exercise Tl-201 SPECT, temporal ischemia of collaterals might cause such a perfusion abnormality.

Key words

Ischemic heart disease

Two-dimensional echocardiography

Tl-201 SPECT

はじめに

虚血性心疾患における心筋虚血の診断には、主として運動負荷心電図が用いられる。しかし、その ST 偏位の変化は偽陽性的の場合も稀でなく、また冠動脈の障害部位や重症度の判定にも十分でない¹⁾。近年、虚血性心疾患の病態の把握には核医学法、超音波法による血流灌流状態や局所壁運動を検討することが、一般的、かつ重要な診断法となってきた。

従来、冠動脈疾患に対する心筋シンチグラフィ^{2~7)}や心エコー図法^{8~10)}による診断に関する報告は多いが、同一例で心エコー図と心筋シンチグラムとを対比し、その相互関係についての報告は少ない^{11,12)}。この研究は、断層心エコー図と Tl-201 心筋シンチグラム (SPECT 法) がほぼ同じ左室断面を評価できることに注目し、安静時断層心エコー図の壁運動と、運動負荷 Tl-201 心筋シンチグラムによる心筋血流状態とを対比し、さらに冠動脈造影法による冠動脈病変の重症度と側副血行路の有無が、どの程度両法の異常所見に関与しているかを検討した。

対象と方法

1. 対象

対象は選択的冠動脈造影を行った虚血性心疾患 40 例 (男性 37 例, 女性 3 例) で、年齢は 38 歳から 75 歳, 平均 55 歳である。内訳は狭心症 13 例 (一枝病変 6 例, 二枝病変 4 例, 三枝病変 3 例), 心筋梗塞 27 例 (一枝病変 10 例, 二枝病変 7 例, 三枝病変 10 例) であった。

2. 運動負荷 Tl-201 心筋シンチグラフィ (SPECT 法)

運動負荷はエルゴメーター多段階負荷法を 25 W より開始し、3 分間隔で 25 W ずつ増量した。終了点は自覚症状の出現 (胸痛, 下肢疲労感), 心電図上有意な ST 変化, 不整脈出現, または重大心拍数に達した時点とし、その時点で Tl-201 13 mCi を静注し、さらに 1 分間運動を続け撮像した。4 時間後同じ位置で再分布像を撮像した。用いた装置は、低エネルギー用高分解能型コリメーターを装着したシンチカメラ (東芝製 GCA-90-B) と核医学データ処理装置 (東芝製 GMS-55U) で、データ収集方法は、第一斜位 45 度から第二斜位 45 度までの 180 度を 6 度ずつ 1 ステップ 20 秒で収集した。

Tl-201 心筋シンチグラムより得られた SPECT 像を左室長軸を基準とした左室短軸像 (short-axial tomogram), 左室長軸矢状断層像 (sagittal tomogram), 左室長軸水平断層像 (horizontal tomogram) の 3 画像より、左室を前壁, 中隔, 下壁, 側壁, 心尖部の 5 分画に分けた (Fig. 1 左)。長軸矢状断層像と短軸断層像より得られた circumferential profile curve と washout rate profile curve とを、視覚判定を基に、各分画のタリウム集積の程度を、正常, 完全欠損, 不完全再分布, 完全再分布の 4 段階にわけ評価した。

3. 断層心エコー図

東芝製 SSH-65A を使用し、傍胸骨左室長軸像および短軸像, 心尖部長軸像および四腔像を記録、Fig. 1 の右に示すように、左室断層像を Tl-201 心筋シンチグラムに対応する部位の 5 つの分画に

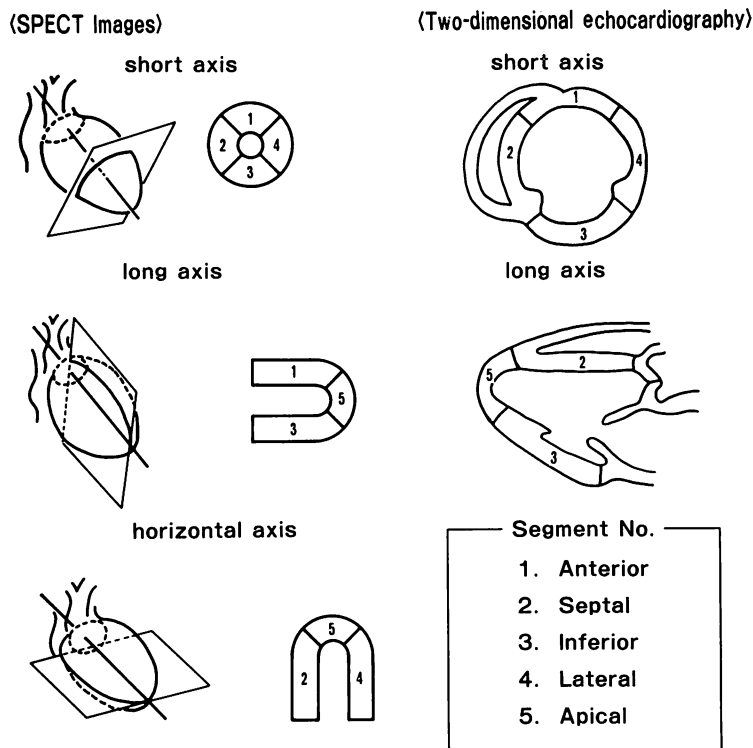


Fig. 1. Schematic representation of left ventricular segments on TI-201 SPECT and 2DE.

分け、壁運動異常の程度を akinesis, hypokinesis, normal の 3 つに分けて評価した。

4. 冠動脈造影検査

冠動脈病変は AHA 分類により、主要冠動脈の 75% 以上狭窄を有意とし、jeopardized area を決定した。なお、断層心エコー図法、心筋シンチグラフィは、いずれも冠動脈造影検査の施行前後 10 日以内に行い、対比検討した。

結 果

1. シンチグラムの心筋灌流異常の有無と心エコー図の壁運動異常の有無の関係

全症例の計 200 分画における灌流状態と壁運動の関係を Table 1 に示す。Tl-201 心筋シンチグラム上欠損を認めず、心筋灌流が正常な 116 分画中、壁運動が正常な分画は 99 分画、85% であり、残り 15% は壁運動異常を示した。一方、完全欠

Table 1. Relationship of myocardial perfusion to a wall motion abnormality of the left ventricle

	Asynergy (-)	Asynergy (+)	Total
Normal perfusion	99 (85.3%)	17 (14.7%)	116
Abnormal perfusion	26 (31.0%)	58 (69.0%)	84
Total	125	75	200

損、不完全再分布、完全再分布の灌流異常を示す 84 分画中、26 分画、31% は壁運動が正常であり、このうちのほとんどは非梗塞部位であった。

2. Jeopardized area におけるシンチグラムの心筋灌流異常と心エコー図の壁運動異常の対比

冠動脈造影所見より決定した jeopardized area と壁運動の対比を Fig. 2 に示す。Jeopardized area で完全欠損の部位は全例に asynergy があり、その 73% は akinesis であった。不完全再分布の

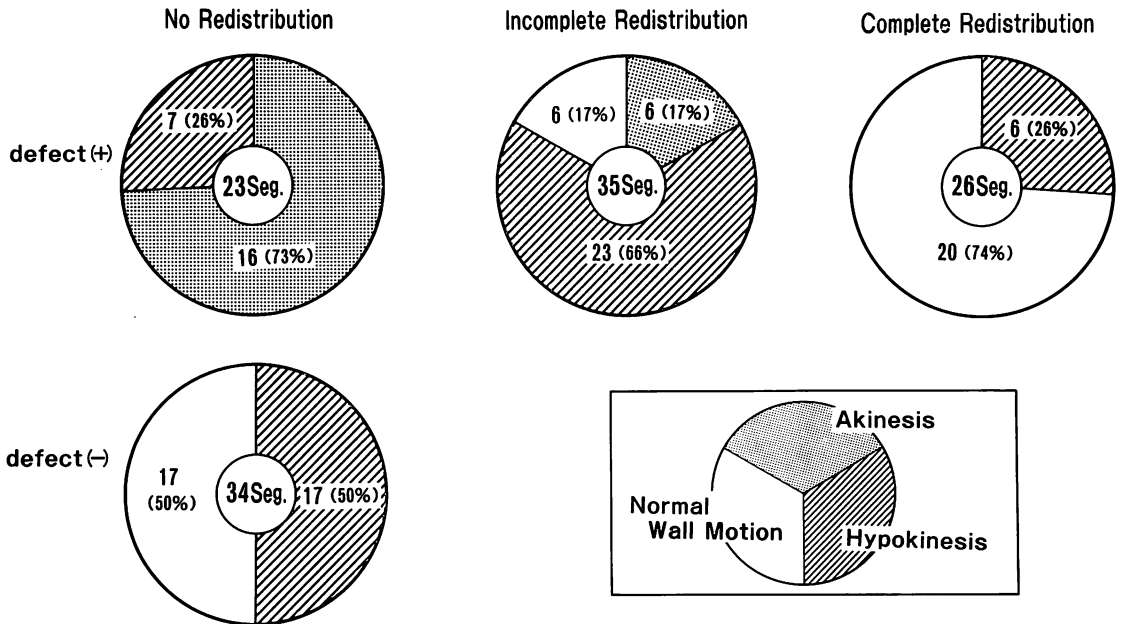


Fig. 2. Wall motion abnormalities and the presence or absence of a perfusion defect in jeopardized segments.

部位では hypokinesis を 66% に認め、このうち 90% が運動負荷心電図で ST 低下を認める非梗塞分画であった。また、jeopardized area において、シンチグラム上灌流異常を認めない 34 分画のうち、50% に hypokinesis を認めた。以上の両方の所見をまとめると、心筋灌流障害が強いほど壁運動の障害も高度であった。

3. シンチグラムの心筋灌流異常と冠動脈狭窄の関係

シンチグラムの心筋灌流状態と冠動脈造影上狭窄度との関係を Fig. 3 に示す。完全欠損および不完全再分布を認めた部位では、冠動脈狭窄 99% 以上の分画が大部分 (83%) に認められたが、一方、完全再分布の部位では、冠動脈狭窄の程度に差はなかった。

4. 心エコー図の壁運動異常と冠動脈狭窄の関係

Akinesis あるいは hypokinesis を認めた分画では、99% 以上狭窄をそれぞれ 86%、66% 認めた (Fig. 4)。Normal 分画の 60% に 99% 以上の

狭窄を認めたが、このほとんどは非梗塞分画を灌流している冠動脈であった。

5. 心筋シンチグラムの心筋灌流異常と側副血行路の関係

狭窄冠動脈への側副血行路の有無と心筋灌流異常部位との関係を Fig. 5 に示す。不完全再分布を示した分画では 66% に側副血行路を認めたのに対して、完全欠損の分画では 22%、完全再分布の分画では 8% に側副血行路を認めた。これら 2 群の側副血行路の発達は不良であった。

6. 心エコー図の壁運動異常と側副血行路の関係

左室壁運動と側副血行路の関係は、Fig. 6 に示すように、asynergy の程度とその領域の側副血行路の有無との間には関係を認めなかった。

考 察

運動負荷 Tl-201 心筋シンチグラフィは心筋灌流状態を鋭敏に反映し、一般に心筋の生存能 (viability) を知る上に有力な検査法である^{2,3)}。

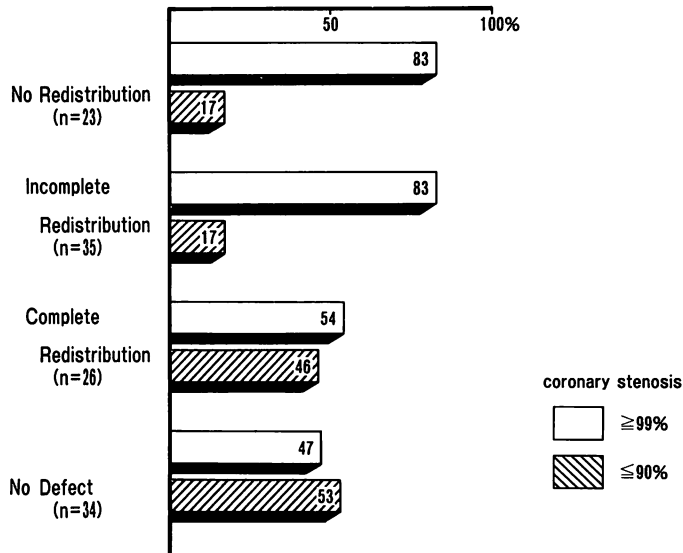


Fig. 3. Correlation between myocardial perfusion and coronary stenosis.

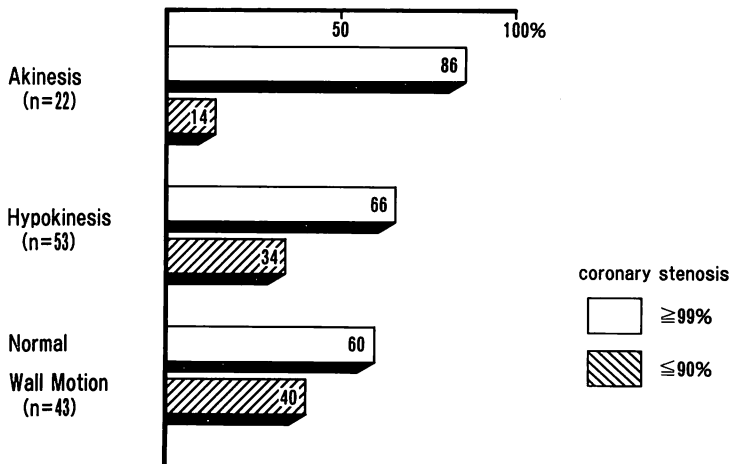


Fig. 4. Correlation between left ventricular wall motion and coronary stenosis.

その方法も, planar 像からバックグラウンドの影響の少ない回転型ガンマカメラを使用した SPECT 像を得ることによって, その診断率は高まった. また, その評価法も定量的に circumferential profile や washout rate を用いることによりさらに向上し^{4,5)}, 最近では定量解析法の一つとして, washout rate を functional map と

して極座標表示をする bull's eye 法が用いられ, その有用性も認められてきた^{6,7)}. 運動負荷量の適否, 多枝病変, 心機能による Tl 集積の違いなどにより, 若干, 偽陽性または偽陰性の所見も呈するが, 高齢者の虚血性心疾患が増加し, それが心エコー図で鮮明に描出されない場合には, Tl-201 心筋シンチグラムは最も適当な非観血的な検

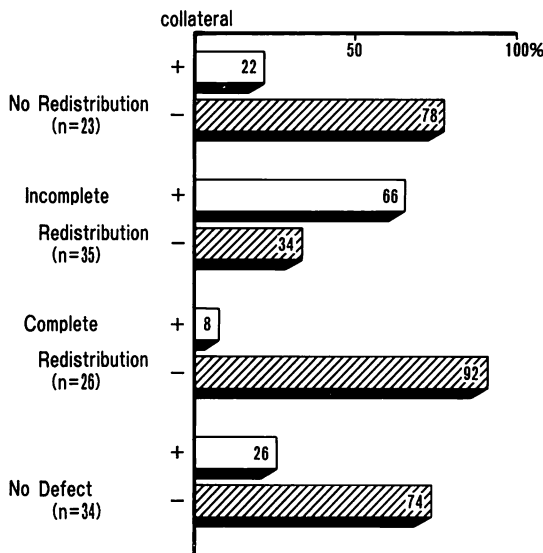


Fig. 5. Correlation between myocardial perfusion and collateral circulations.

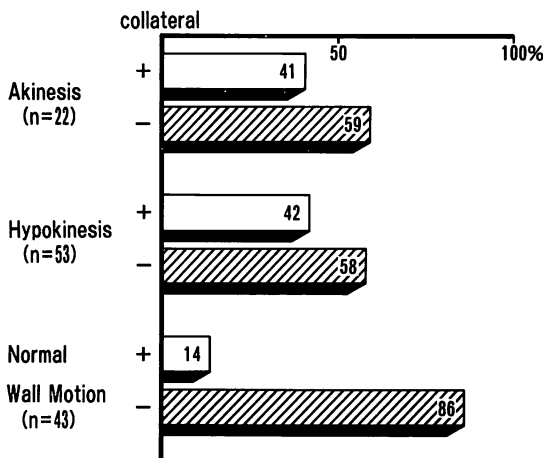


Fig. 6. Correlation between left ventricular wall motion and collateral circulations.

査法である。

本研究において我々が用いた同一部位における両法の対比では、シンチグラムにおける心筋灌流の程度と心エコー図における壁運動の程度との間には関連が認められたが、一方、灌流異常のない分画の15%に asynergy を認めた。前田ら¹¹⁾は

シンチグラム上取り込みの正常な部位で、その52%に心エコー図上 asynergy を認め、林ら¹³⁾は心プールシンチグラムの壁運動と Tl-201 心筋シンチグラムの対比で、シンチグラムで正常な分画に心プールシンチで asynergy を39%に認めた。局所の壁運動異常は心筋症¹⁴⁾や弁膜症¹⁵⁾でも認められるが、これらの症例でも心筋シンチグラム上は正常のことが多い。このことは、局所壁運動異常が虚血のみではなく、心筋の機質的病変や機能異常によっても生じ得るということを示唆させる。虚血でも微小血管循環異常や心筋に部分的に patchy ischemia が点在した場合、または小さな梗塞巣などで、灌流異常を呈さずに asynergy のみが出現した可能性もある^{11,13)}。

一方、心エコー図法では心筋虚血部位が壁運動異常として表現され、asynergy の部位およびその重症度の評価から、冠動脈病変を推定し得る⁹⁾。虚血の評価法には、Mモード心エコー図を用いて定量的に壁厚や収縮期壁厚増加率、中隔と後壁の運動振幅の大きさとその速度を求める方法などがあるが、左室全体の壁運動の評価は断層法の視覚判定に頼るところが多い。安静時の心エコー図より得られた局所壁運動はシネ左室造影の所見と一致し、梗塞領域の診断には適している。しかし、運動負荷による心筋虚血の誘発に関する診断価値は低い。今回の結果でも灌流異常を認めた分画で asynergy のない分画が31%あり、そのほとんどが完全再分布の非梗塞部位であった。最近では、このような一過性の虚血に対する診断のため、運動負荷心エコー図を行い得る施設が増え、虚血性心疾患に対する心エコー図法の診断域が広がりつつある¹⁰⁾。

また、jeopardized area において、両法ともに異常を認めない分画が14%あったことや、両法の相違が生じた原因として、次のような可能性が考えられる。第一に、心筋梗塞例では検査の時期の問題がある。心筋梗塞発症直後に asynergy を認めた例でも慢性期に改善した報告もあり⁹⁾、一方、冠動脈造影で急性期に99%以上の高度狭窄

を呈した例でも、慢性期に 90% 程度の狭窄しか認めないこともある。したがって、梗塞例では今回の慢性期(約一ヵ月後)の対比について、冠動脈所見と両法の因果関係の比較が妥当か否かには問題がある。第二の問題点は、冠動脈の左室に対する支配領域をいかに決定するかである。周知のごとく冠動脈の分布やその発達には個人差があり、主要冠動脈の灌流領域は、必ずしも一様ではなく、特に下壁は左回旋枝、右冠状動脈の共通支配領域であり、心尖部も左前下行枝、右冠状動脈それぞれから支配される場合もある。この jeopardized area の不適合により、両法で所見を示さなかった分画が存在したことも考えられる。

最後に、虚血性心疾患の側副血行路に関しては、側副血行路は梗塞領域の縮小化や、心機能の低下に対して心筋保護を行い、有益であるという意見^{16,17)}や、そうでないとする意見¹⁸⁻²⁰⁾があり、その意義については統一した見解が得られていない。今回の我々の方法では、一～三枝病変、非梗塞部位を含み、側副血行路の供給枝の狭窄などを考慮していない点では評価にやや問題があるかもしれないが、心エコー図法による壁運動と側副血行路の間に有意な関係を認めず、TI-201 心筋シンチグラムにおいて不完全再分布の半数以上(66%)に側副血行路を認めたことは、安静時には側副血行路は十分な血流を保てるが、運動負荷により一過性の虚血が生じた場合、心筋酸素消費量の増大に見合う冠血流を供給しがたいと考えられる。しかも不完全再分布に側副血行路を認めたことは、梗塞巣の周囲隣接部の虚血や、梗塞部位の一部に viable な心筋が残存している可能性もあると考えられた。

要 約

虚血性心疾患において心エコー図法による左室壁運動異常と運動負荷 TI-201 シンチグラフィによる心筋血流灌流状態を比較し、冠動脈障害の重症度と側副血行路の有無が、どの程度、両法の異常に関与するかを検討した。

対象は冠動脈造影を施行した心筋梗塞 27 例、狭心症 13 例の計 40 例で、平均年齢は 55 歳であった。これらについて両法の所見を、左室前壁中隔、下壁、側壁、心尖部の 5 分画に分けて対比した。TI-201 心筋シンチグラムで心筋灌流障害が強いほど、心エコー図における壁運動障害も高度な傾向を認めた。しかし、心筋灌流が正常な 116 分画中、壁運動が正常な分画は 99 分画 85% であり、残りの 15% は壁運動異常を示した。一方、灌流異常を示す 84 分画中 26 分画(31%)は正常壁運動で、このうちのほとんどは非梗塞部位であった。

冠動脈の重症度との関係については、TI-201 心筋シンチグラムで完全欠損や不完全再分布を示した分画と、心エコー図で akinesis や hypokinesis を示す分画で、大半に 99% 以上の冠狭窄を認めた。しかし側副血行路と両法の対比では、完全欠損では側副血行路を認めたものは 22% にすぎず、一方、不完全再分布では 66% にこれを認めたのに対し、壁運動異常の重症度と側副血行路の有無の間に有意な相関は認められなかった。

以上、局所壁運動異常の程度と心筋灌流異常の程度に関連性が認められたが、壁運動の異常は、TI-201 心筋シンチグラムで異常を呈さない虚血の存在によっても起こり得る可能性がある。また、心筋梗塞例においては、運動負荷 TI-201 心筋シンチグラムで不完全再分布を呈する場合は、側副血行路の一過性の虚血の存在も考えられた。

文 献

- 1) Zohrman LR, Kattus AA: Exercise testing in the diagnosis of coronary heart disease: A perspective. *Am J Cardiol* **40**: 243-250, 1977
- 2) Melin JA, Becker LC, Bulkley BH: Differences in thallium-201 uptake in reperfused and non-reperfused myocardial infarction. *Circ Res* **53**: 414-419, 1983
- 3) 西村恒彦, 植原敏勇, 林田孝平, 大嶺広海, 木村元政, 小塚隆弘: TI 心筋シンチグラフィによる心筋梗塞の質的診断. *心臓* **15**: 637-643, 1983
- 4) 玉木長良, 米倉義晴, 向井孝夫, 藤田 透, 野原隆司, 鈴木幸園, 田巻俊一, 門田和紀, 石井 靖: 回転型ガンマカメラの心臓イメージングへの応用. 核

- 医学 20: 1299-1305, 1983
- 5) Rigo P, Bailey IK, Griffith LS, Pitt B, Wagner HN Jr, 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
 - 6) Garcia EV, Train KV, Maddahi J: Quantitation of rotational thallium-201 myocardial tomography. *J Nucl Med* 25: 17-26, 1985
 - 7) Prigent F, Maddahi J, Garcia E, Train KV, Fredman J, Berman D: Noninvasive quantification of the extent of jeopardized myocardium in patients with single vessel coronary disease by stress thallium-201 single photon emission computerized rotational tomography. *Am Heart J* 111: 578-586, 1986
 - 8) Heger JJ, Weyman AE, Wann LS, Dillon JC, Feigenbaum H: Cross-sectional echocardiography in acute myocardial infarction: Detection and localization of regional left ventricular asynergy. *Circulation* 60: 531-538, 1979
 - 9) Shiina A, Takazawa K, Yamasawa M, Namba Y, Toyosaki N, Hashimoto T, Suzuki O, Noda T, Tsuchiya M, Hosoda S, Kuroda T, Takanezawa A: Serial changes in left ventricular wall motion subsequent to acute myocardial infarction and their prognostic significance: A 2-D echo study. *Jpn Circ J* 47: 868, 1983
 - 10) Morganroth J, Chen CC, David D, Sawin HS, Naito M, Parrotto C, Meixell L: Exercise cross-sectional echocardiographic diagnosis of coronary artery disease. *Am J Cardiol* 47: 20-26, 1981
 - 11) 前田 岳, 藤井諄一, 岡部昭文, 澤田 準, 福田守人, 渡辺 熙, 加藤和三: 陳旧性心筋梗塞例における左室短軸断層心エコーと SPECT の対比. 日超医講演論文集 44: 101-102, 1984
 - 12) Kerber RE, Marcus ML, Ehrhadt J, Wilson R, Abboud FM: Correlation between echocardiographically demonstrated segmental dyskinesia and regional myocardial perfusion. *Circulation* 52: 1097-1104, 1975
 - 13) 林 千治, 津田隆志, 小島研司, 永井恒雄, 矢沢良光, 荒井 祐, 柴田 昭, 三谷とおる, 浜 齋: 心筋梗塞症の局所壁運動異常と ²⁰¹Tl 心筋 Imaging の関連について. 核医学 22: 839-847, 1985
 - 14) 杉下靖郎, 小関 迪, 松田光生, 山口 徹, 田村勤, 東郷利人, 飯田啓治, 伊藤 巖: 肥大型心筋症における運動負荷時の左室動態の検討. 厚生省特定疾患特発性心筋症調査研究班 昭和 55 年度研究報告書 1981, p 152
 - 15) Hecht HS, Hopkins JM: Exercise-induced regional wall motion abnormalities on radionuclide angiography: Lack of reliability for detection of coronary artery disease in the presence of valvular heart disease. *Am J Cardiol* 47: 861-865, 1981
 - 16) Gensini GG, da Costa BCB: The coronary collateral circulation in living man. *Am J Cardiol* 24: 393-400, 1969
 - 17) Levin DC: Pathways and functional significance of the coronary collateral circulation. *Circulation* 50: 831-837, 1974
 - 18) Lavine P, Filip Z, Najmi M, Kimbiris D, Segal BL, Linhart JW: Clinical and hemodynamic evaluation of coronary collateral vessels in coronary artery disease. *Am Heart J* 87: 343-349, 1974
 - 19) Roussaeu MF, Bertrand ME: Coronary collaterals and left ventricular function early after acute transmural myocardial infarction. *Eur Heart J* 3: 223-229, 1982
 - 20) Berger BC, Watson DD, Taylor GJ, Burwell LR, Martin RP, Beller GA: Effect of coronary collateral circulation on regional myocardial perfusion assessed with quantitative thallium-201 scintigraphy. *Am J Cardiol* 46: 365-370, 1980