

《原 著》

7-ピンホールコリメータによる心筋断層 シンチグラフィ (第2報)

—運動負荷による虚血の検出について—

西村 恒彦* 植原 敏勇* 林田 孝平* 山田 幸典*

林 真* 小塙 隆弘*

要旨 7-ピンホールコリメータを用いた心筋断層シンチグラフィを運動負荷、再分布時に施行、虚血の検出精度について従来法と比較検討した。対象は冠動脈造影を施行している労作性狭心症17例、正常5例である。虚血の検出に関する sensitivity, specificity は、従来法(82%, 80%) 7-ピンホール法(88%, 80%)であった。両者において circumferential profile 法の併用は客観的評価が行えた。特に、7-ピンホール法では、本コリメータの有する tomographic power の低下は、運動負荷、再分布時に施行する際、位置、体位が同じであれば梗塞診断の場合ほど考慮する必要がなく行える利点がある。したがって、本法は、特に梗塞を有さない労作性狭心症、ないしこれを疑う症例にて臨床的有用性が示される。また、従来法に比し、虚血の検出のみならず各断層面における虚血の拡がりもとらえられることが示された。

I. はじめに

7-ピンホールコリメータを用いた心筋断層シンチグラフィは、single photon ECT に比し通常のシンチカメラに装着するだけで断層像が得られる利点がある^{1~5)}。著者らは本法を用いて、心筋梗塞症例における有用性と限界についてすでに第1報で報告した⁵⁾。すなわち、梗塞症例において、従来法と比較して、欠損像の検出に際し、sensitivity の向上と specificity の低下を認めた。したがって、本法は、従来法と併用することにより断層法の特徴を生かして欠損像の検出に際し、診断能の向上をもたらすことが期待される。

運動負荷心筋シンチグラフィは、再分布像と併せ、一過性の欠損像の検出から梗塞、虚血部位の同定、鑑別が行えることが認められている^{6,7)}。

* 国立循環器病センター放診部

受付：57年6月7日

最終稿受付：57年10月20日

別刷請求先：吹田市藤白台5-125 (番号565)

国立循環器病センター放診部

西 村 恒 彦

そこで、本研究では、虚血性心疾患において、運動負荷、再分布時に7-ピンホールコリメータによる心筋断層シンチグラフィを適用、虚血の検出精度に関して従来法と比較検討を行ったので報告する。

II. 方 法

1. 運動負荷法

運動負荷心筋シンチグラフィは座位自転車エルゴメータによる多段階漸増負荷法を用いた。すなわち、3分ごとに25~50 watt 運動量を増加させるとともに同時に心電図、血圧を1分ごとに測定、心電図におけるST降下、狭心痛の出現に注意して²⁰¹Tl 2~4 mCi(日本メディフィジックス製)を静注、さらに1~2分間運動負荷を続けて行った(Fig. 1)。

2. データ収集

運動負荷終了後、患者を臥位とし、最初に7-ピンホールコリメータ(CMS社製)を用い、LAO方向から75万カウント(約4~6分間)データ収集を行った。次いで、通常の心筋シンチグラフィに

用いる高分解能コリメータに交換し、心5方向(ANT, LAOT, LAO 30°, LAO 45°, LAO 60°, L-LAT)からそれぞれ25万カウントによる撮像(計15~20分間)を行った。これらのデータはすべてシンチカメラ(Ohio-Nuclear Σ410 S型)とオンラインで接続したRIデータ処理装置(GAMMA-11, 128 kW)に収集し、以下の解析に用いた。

また、再分布像の撮像は、同じくLAO方向にて7-ピンホールコリメータおよび従来法では1~2方向(ANT, LAO 45°)から撮像した。再分布像

は負荷後2~4時間後に施行した。

3. データ処理

7-ピンホールコリメータによる心筋断層シンチグラフィは第1報⁵⁾で報告したごとく、LAO方向にて10~12断面にわたる断層像を、CMSソフトウェアを用いて再構成を行った。次いで、運動負荷、再分布像にて、心尖部から心基部にいたる任意の3断面を選び、circumferential profile法を用いて心筋全周囲(360°)にわたる放射活性の分布を10°ごとに求めそれぞれ運動負荷(E)、再分布(R)にてタイプライタ表示を行い比較検討した(Fig. 2)。

また、従来法による運動負荷、再分布像はすでに報告したように、Goris⁹⁾らのinterpolative background subtractionの後、心筋像を面積中心から10°ごとに放射状に円周を描かせ、36区域内におけるそれぞれの最大カウントを求め、7-ピンホールコリメータの場合と同様に、circumferential profile法による表示を行った。また、運動負荷(E)、再分布(R)にてタイプライタ表示を併用した(Fig. 3, 4)。

7-ピンホールコリメータによる心筋断層像の再

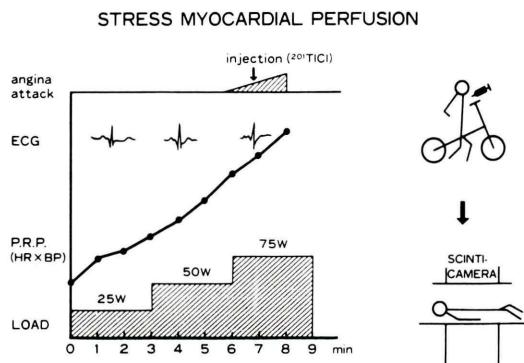


Fig. 1 Protocol of stress myocardial perfusion studies.

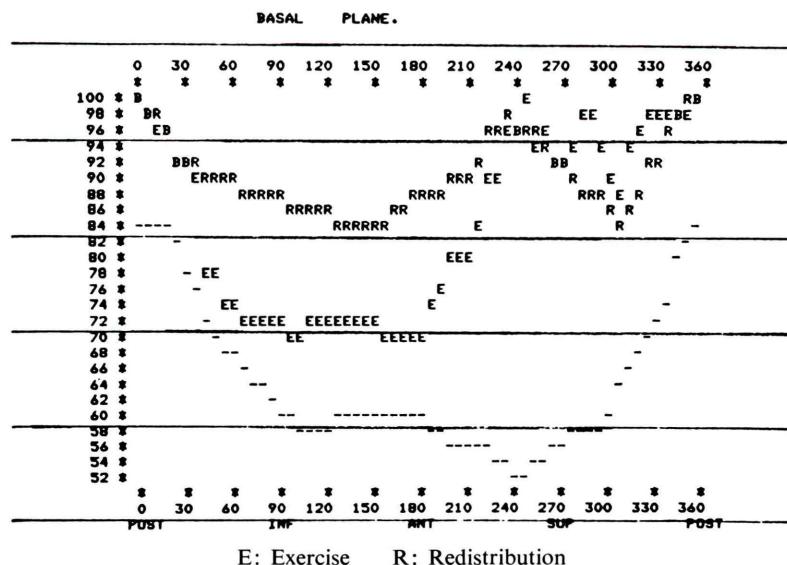


Fig. 2 Typewriter display of circumferential profile curves of exercise (E) and redistribution (R) thallium perfusion by 7-pinhole tomographic method.

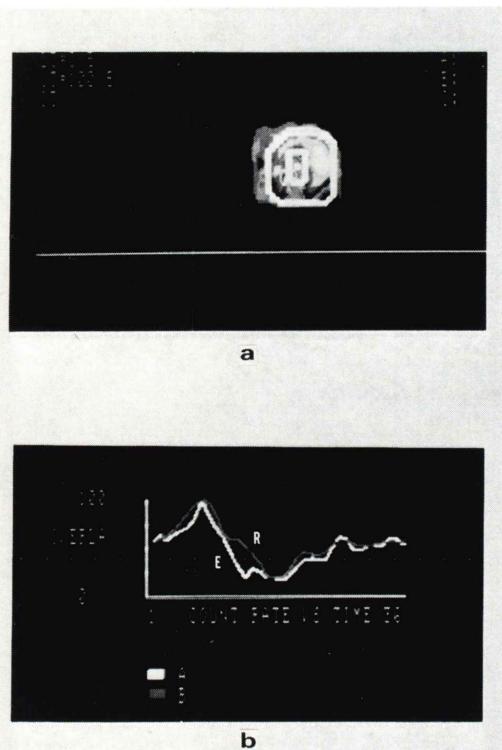


Fig. 3 Circumferential profile analysis of exercise and redistribution thallium perfusion by conventional method.

- (a) thallium perfusion after interpolative background subtraction
- (b) circumferential profile curves of exercise (E) and redistribution (R) by planar image

合成から circumferential profile 表示までのデータ処理の所要時間、および、従来法による circumferential profile 表示までのデータ処理の所要時間は、ともに15分以内と、短時間で処理が行えた。

4. 心筋像の読影

心筋像における欠損像の判定は、オリジナル画像に加え、circumferential profile 表示を併用した。

従来法による心筋シンチグラムにて circumferential profile 表示による虚血の判定は、運動負荷にて全周囲の 1/8 以上の部位が最大値の 70% 以下の値を示すとき、再分布 (R) にて、10% 以上の増加を示すとき異常と判定した^{10,11}。

7-ピンホールコリメータによる心筋断層シンチ

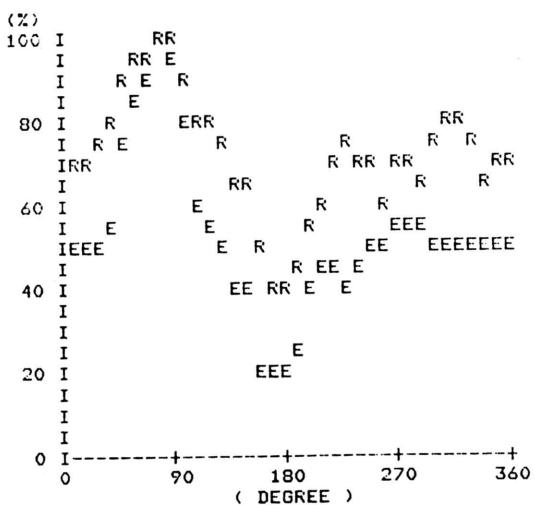


Fig. 4 Typewriter display of circumferential profile curves of exercise (E) and redistribution (R) thallium perfusion by planar image.

グラムでは、Riji ら¹²と同様に、運動負荷 (E) にて circumferential profile 表示にて、全周囲の 1/8 以上の部位が正常例曲線に比べ、低値を示すとき、また再分布 (R) にて正常例曲線に比し、20% 以上の増加を示すとき異常と判定した。ところで、この正常例曲線は CMS 社製コリメータではすでに circumferential profile 表示にて設定されているものであり、この曲線を基準として使用した。

III. 対象

対象は、冠動脈造影を施行している狭心症17例および正常5例である。今回の対象からは心筋梗塞を合併した症例は除き、また狭心症例は、臨床症状、負荷心電図に加え、冠動脈造影にて 75% 以上の狭窄を1枝以上に認めたものである。その内訳は1枝障害7例、2枝障害4例、3枝障害6例である。

IV. 結果

1. 従来法と7-ピンホール法との比較

1) 正常例における7-ピンホールコリメータによる心筋断層シンチグラム像および circumferential 表示を Fig. 5 に示す。正常例では、運動負荷、

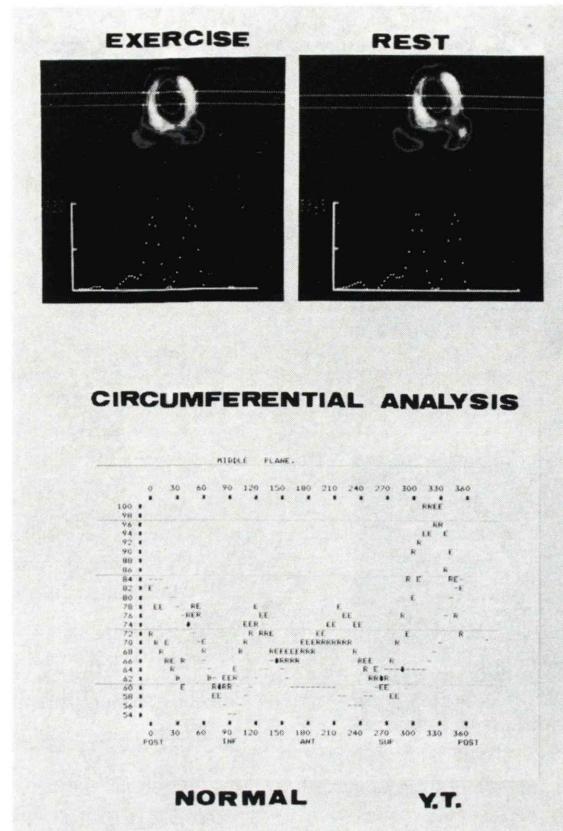


Fig. 5 Exercise and redistribution thallium perfusion in normal cases by 7-pinhole tomographic method.

再分布とともに欠損像の出現はない。ただし、心尖部、上部中隔にて放射活性の低下を認め、circumferential profile 表示でも同様である。

2) 労作性狭心症例における 7-ピンホールコリメータによる心筋断層シンチグラム像および circumferential profile 表示を Fig. 6 に示す。本症例は左前下行枝に 99% 狹窄を有する症例である。本症例では運動負荷後、前壁中隔部位にて欠損像が出現、再分布像にて filling in を認める。circumferential profile 表示でも同様である。

3) 労作性狭心症例における 7-ピンホールコリメータおよび従来法による心筋シンチグラムを Fig. 7 に示す。本症例は従来法では検出しえなかった運動負荷による一過性虚血が、7-ピンホールコリメータの併用により前壁中隔にて明瞭に認め

られた。冠動脈造影では左前下行枝 90% 狹窄を有していた。

2. 虚血の検出について

冠動脈造影を施行している正常 5 例、労作性狭心症 17 例について虚血の検出に関する sensitivity, specificity を算出した結果を Fig. 8 に示す。a) 7-ピンホール法による定量的判定、b) 従来法による定量的判定、c) 従来法による視覚的判定を比較すると、それぞれ、(Sensitivity, Specificity) は、(88%, 80%), (82%, 80%), (76%, 100%) であった (Fig. 8)。さらに、b, c, に比し、a では各断層面における虚血の判定が行え、虚血の検出のみならず、拡がりが推定できることが示された。負荷心電図による (sensitivity, specificity) は (76%, 60%) であった。

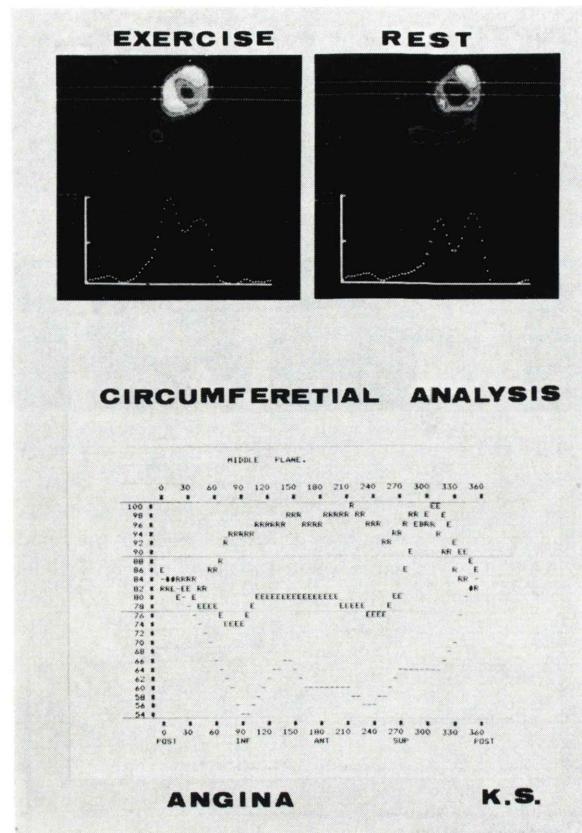


Fig. 6 Exercise and redistribution thallium perfusion in effort angina pectoris by 7-pinhole tomographic method.

V. 考 案

すでに報告したように、7-ピンホールコリメータによる心筋断層シンチグラフィでは、シンチカメラに装着するだけで断層像が簡単に得られる利点がある^{3,4)}、しかし、本コリメータの有するtomographic power の不足のために、断層スライス面における前後の重なりなどがあり、梗塞診断に関しては sensitivity は従来法と比較して、前壁梗塞にて 88% から 96%，下壁梗塞にて 66% から 91% へと向上するが、specificity は、全体として 63% から 52% と低下を認めた⁴⁾。

したがって、本法はその有用性と限界について熟知した上で使用すれば従来法と併せ臨床上有用である。

心筋シンチグラフィによる虚血性心疾患の診断として、上記の梗塞診断に加え、運動負荷時における虚血の検出を精度高く行うことが重要である。このため、運動負荷、再分布像による恒久的ないし一過性欠損像の出現から梗塞、虚血部位の判定が行われ、いまや虚血心の診療に確立された検査法となりつつある。

そこで、本研究では、7-ピンホール法を用いて、運動負荷前後に心筋シンチグラフィを撮像、従来法と虚血の検出の面から対比した。この際、撮像是負荷直後、最初 7-にピンホール法（データ収集は約 5 分間）にて行い、次いで従来法（データ収集は約 20 分間）にて行った。再分布は 2~4 時間後にて両法にて行った。この結果、著明に速く再分布が完成される場合¹³⁾は除き、データ収集上、両法

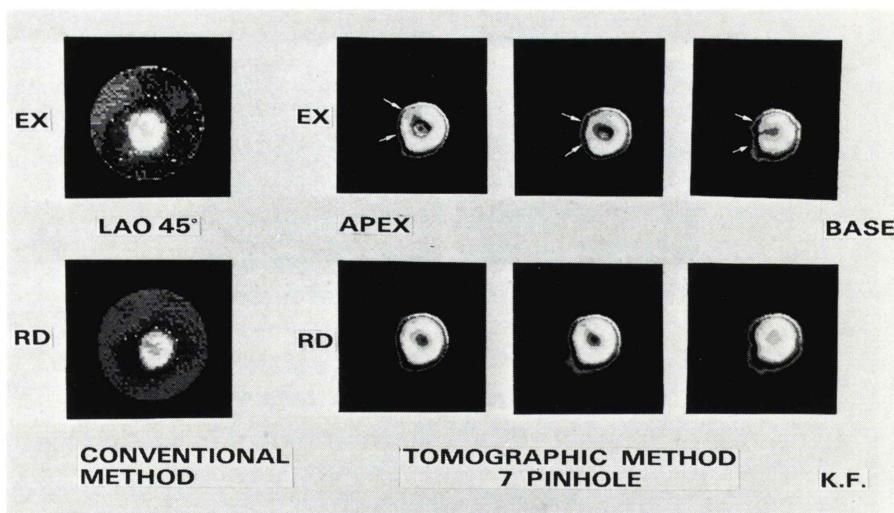


Fig. 7 Exercise and redistribution thallium perfusion by planar and tomographic method.
Perfusion defect at antero-septal region was shown only by the latter method.

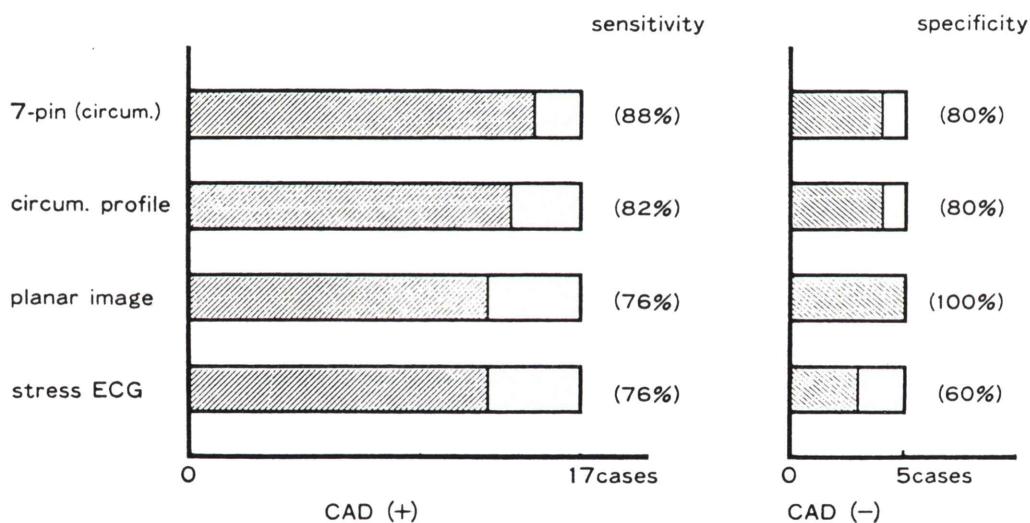


Fig. 8 Detection of coronary artery diseases by planar and tomographic stress myocardial perfusion imaging.

を比較する際に問題はないと考えられる。

7-ピンホール法が従来法にまさると考えられることは心筋全周囲における放射活性を1度の撮像で得られることである。臨 床 上、運動負荷、再分布の撮像が多くの場合、3~5方向に限られていくことに比較すれば、虚血の拡がりも加味した診

断が行えることになる。そして、負荷、再分布像の撮像は体位、位置ぎめなどが同一であれば、単に両者と比較するのみでよく、7-ピンホールコリメータの有する tomographic power の不足について、梗塞診断を目的とする時ほど考慮しなくともよいと考えられる。

この結果、7-ピンホール法による虚血の検出は自験例にて sensitivity, specificity はそれぞれ、88%, 80% と従来法に比し精度高い判定が行えることが示された。特に circumferential profile 法の併用は従来法に適用しても sensitivity が向上することが認められた。しかし、断層シンチグラムにて上部中隔や心尖部の心筋の放射活性の減少が specificity の多少の低下を示した。

特に、Fig. 7 で示した症例のように、従来法で検出しえなかった虚血が7-ピンホール法で検出できたことは、梗塞診断に比し、虚血部位の欠損低下がそれほど強くなくとも、従来法における正常心筋との重なりが分離した状態で観察できることなどに起因すると考えられる。Vogel²⁾, Rizi¹²⁾ らも、心筋梗塞症例に比し、狭心症例において従来法より7-ピンホール法が威力を発揮することを認めている。したがって、7-ピンホール法に負荷断層シンチグラフィがとりわけ必要とされるのは、従来法で検出されにくい虚血を有する労作性狭心症、ないし狭心症を疑う症例に求められることになる。

しかし、本コリメータの併用においても、虚血の診断が不可能な2症例については、従来法でも検出不可能であり、1例は75%の前下行枝狭窄、1例は3枝狭窄を有しており、虚血の範囲が小さいもの、あるいは、均等な²⁰¹Tl 分布によるものであり、²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィの元來有する特性に基づくものであった。

今後、本法は single photon ECT の導入が行われても、単にシンチカメラに装着するのみで断層像が得られる利点を有することから従来法と相補なって使用することにより、診断精度の向上に寄与するものと確信する。しかし、従来法に比し、心筋からの²⁰¹Tl washout の定量化に関しては、7-pinhole 法、single photon ECT 法とともに断層法における種々の再構成、吸収補正などに基づく因子について充分考慮して行われることが必要であろう。

文 献

- 1) Vogal RA, Kirch D, Lefree M, et al: A new method of multiplanar emission tomography using a seven pinhole collimator and an Anger scintillation camera. J Nucle Med **19**: 648-654, 1978
- 2) Vogel RA, Kirch D, Lefree M, et al: Thallium-201 myocardial perfusion scintigraphy: Results of standard and multi-pinhole tomographic techniques. Am J Cardiol **43**: 787-793, 1979
- 3) 西村恒彦、山田幸典、植原敏勇、他：7-pinhole collimator による心筋断層シンチグラフィ。映像情報 **13**: 169-176, 1981
- 4) 西村恒彦、山田幸典、植原敏勇、他：7-ピンホールコリメータによる心筋断層シンチグラフィ（第1報）—心筋梗塞症例における有用性と限界について—。核医学 **18**: 1271-1285, 1981
- 5) Williams DW, Ritchie JL, Harp GD, et al: In vivo simulation of thallium-201 myocardial scintigraphy by seven-pinhole emission tomography. J. Nucl Med **21**: 821-828, 1980
- 6) Pohost GM, Zir LM, Moore RH, et al: Differentiation of transiently ischemic from infarcted myocardium by serial imaging after a single dose of thallium-201. Circulation **55**: 294-302, 1977
- 7) 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ー—その実際と臨床的意義—呼と循 **31** (4) 印刷中
- 8) 西村恒彦：負荷 RI 心臓検査—計測システムと虚血性心疾患への応用—臨床 ME, **5**: 183-193, 1981
- 9) Goris ML, Daspit GS, McLaughlin P, et al: Interpolative background subtraction. J Nucl Med **17**: 744-747, 1976
- 10) 西村恒彦、植原敏勇、林田孝平他：circumferencial analysis を用いた²⁰¹Tl 心筋シンチグラムによる梗塞、虚血の判定。呼と循 **30**: 895-901, 1982
- 11) 西村恒彦、植原敏勇、林田孝平、他：負荷心筋シンチグラフィの定量的解析—三枝病変におけるwashout, circumferential 法の比較。第41回、日医放学会総会発表(東京) 1982
- 12) Rizi HR, Kline RC, Thrall JH, et al: Thallium-201 myocardial scintigraphy; A critical comparison of seven-pinhole tomography and conventional planar imaging. J. Nucl Med **22**: 493-499, 1981
- 13) Berman DS, Maddahi J, Charuzi Y, et al: Rate of redistribution in Tl-201 exercise myocardial scintigraphy. Circulation **58**: II-63, 1978

Summary

Stress Thallium Perfusion Imaging with 7-pinhole Collimator (2) Detection of Ischemia by Exercise and Redistribution Study

Tsunehiko NISHIMURA, Toshiisa UEHARA, Kohei HAYASHIDA, Yukinori YAMADA,
Makoto HAYASHI and Takahiro KOZUKA

*Division of Nuclear Medicine, Department of Radiology, National Cardiovascular Center,
Suita, Osaka, Japan*

Myocardial tomography with 7-pinhole collimator was performed at exercise and redistribution, and compared with conventional thallium perfusion imaging. 17 cases with effort angina pectoris and 5 normal cases who underwent coronary angiography were studied on the detection of ischemia by both method. Quantitative analysis of perfusion image was evaluated by circumferential profile method.

As the results, sensitivity and specificity of conventional and 7-pinhole tomography method were (82%, 80%) (88%, 80%) respectively. Ischemia and normal area were identified more clearly, and the extents of the ischemia were also estimated

by 10–12 slice of tomographic approach. Moreover, limitations of exercise-redistribution study on detection of ischemia were less than on detection of myocardial infarction, as it takes little consideration about poor 7-pinhole tomographic power because of intraobservation with same patients at rest and exercise.

Thus, we concluded that tomographic imaging is highly sensitive for the detection of significant coronary artery disease in combination with planar imaging.

Key words: 7-pinhole collimator, exercise/redistribution study, ischemic heart disease, circumferential profile method.