

## 《原 著》

# $^{13}\text{NH}_3$ による心筋ポジトロン CT イメージングの 心筋梗塞診断への応用

—Positologica-II による経時的イメージと多断層イメージ—

穴戸 文男\* 舘野 之男\* 吉田 勝哉\*\* 池平 博夫\*  
山根 昭子\* 福田 信男\* 山崎統四郎\* 鈴木 和年\*\*\*  
玉手 和彦\*\*\* 中山 隆\*\*\* 入江 俊章\* 福士 清\*  
井上 修\* 増田 善昭\*\*

**要旨** 局所心筋血流量を指示するトレーサと考えられている  $^{13}\text{NH}_3$  と全身用多断層ポジトロン CT であるポジトログラ-II を用いて  $^{13}\text{NH}_3$  ポーラス注入後の心筋の経時的イメージングと平衡時の多断層イメージングを合わせて行った。経時的イメージングでは 1 回のトレーサの注入で心内腔のイメージと心筋のイメージとが得られる。この位相の異なるふたつのイメージを比較したり、心内腔の輪郭を抽出して心筋イメージに重ねて表現することにより心内腔と心筋との関係が明瞭となり、心筋梗塞の部位と大きさの確認、および心室瘤の診断に役立つこと、6 mm 間隔の多断層イメージでは心筋の血流低下の部位や範囲がより明瞭となることより、本法は心筋梗塞の診断に有用な情報を与える方法と考えられた。

## I. はじめに

心筋梗塞の病変の部位・梗塞の範囲などの診断に  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチグラフィおよびその断層イメージングが用いられている<sup>1-3)</sup>。しかし  $^{201}\text{Tl}$  などの  $\gamma$  線放出核種を用いる場合、心臓のように体幹の深部に存在する臓器では放出される  $\gamma$  線の吸収補正が大きな問題となる。特に断層イメージングでは重要で、補正法の研究が進められているが<sup>4)</sup>、いまだに臨床的に有効と認められる方法がないのが現状である。

これに対してわれわれは吸収補正が理論的に可

能なポジトロン放出核種で標識された  $^{13}\text{N}$ -アンモニア注射液 ( $^{13}\text{NH}_3$ ) を用いて心筋の断層イメージングを試みた。 $^{13}\text{NH}_3$  は心筋血流を反映したイメージング剤として位置づけられること<sup>5)</sup>、合成が比較的容易であり標識合成の自動化し進んでいる薬剤であること<sup>6)</sup>、被曝線量が比較的少なく<sup>7)</sup>、くりかえして使用可能であること、などの点で心筋梗塞患者の診断に利用する心筋イメージング剤として適していると考えられる。

今回使用したポジトロン CT 装置は 1 回のスキャンで 5 スライス撮影可能であり、良好な分解能と適切な感度を兼ねそなえた装置であることから<sup>8)</sup>、投与された  $^{13}\text{NH}_3$  が心筋に摂取され平衡に達した後の心筋断層イメージだけでなく、投与直後から 5 分後までの間の経時的イメージングも合わせて検討した。

心筋梗塞患者から得られた心筋の経時的なイメージおよび 6 mm 間隔の多断層イメージは心筋梗塞の診断に有用な情報であると考えられたので、ここに報告する。

\* 放射線医学総合研究所臨床研究部

\*\* 千葉大学医学部第三内科

\*\*\* 放射線医学総合研究所サイクロترون管理課

受付: 59 年 2 月 20 日

最終稿受付: 59 年 4 月 6 日

別刷請求先: 千葉市穴川 4-9-1 (☎260)

放射線医学総合研究所  
臨床研究部

舘 野 之 男

## II. 方法と対象

放医研サイクロトロンと  $^{13}\text{NH}_3$  自動合成装置により生産された  $^{13}\text{N}$ -アンモニア注射液を用いた。使用したポジトロン CT 装置は全身用多断層ポジトロン CT として開発されたポジトロジカ-II である。本装置は直径 85 cm の円周上に 160 個の BGO 検出器を配列したリングを 3 層もち、18 mm 間隔のイメージが同時に 5 スライス撮影可能となっている<sup>8)</sup>。予備的な測定では 9~10 mm FWHM の空間分解能と 28~30 kcps/ $\mu\text{Ci}/\text{ml}$  の感度を示した<sup>8)</sup>。

イメージングは肘静脈から 10~20 mCi の  $^{13}\text{NH}_3$  をボラス注入した直後より開始され、60 秒間隔で 5 分間行った。その後 180 秒、230 秒、320 秒と  $^{13}\text{N}$  の半減期に従って延長されるよう撮影時間を設定して、6 mm ずつスキャンベッドを移動させ、3 回のスキャンを行った。これにより 6 mm 間隔の断層イメージを 15 スライス得ている。経時的イメージングを 5 分で打ち切ったのは予備的に行った計測で心筋の  $^{13}\text{N}$  の放射能は 3~4 分後でほぼ

プラトーになり、以後は半減期を補正するとほぼ一定となること、4~5 分後には血液中の  $^{13}\text{N}$  の放射能は心筋内の放射能に比較して無視できること、などの理由からである。消滅放射線の吸収補正はポジトロジカ-II に内蔵されている  $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$  の線源を用いて Transmission scan を行うことにより補正している。

対象は冠動脈撮影、左室撮影、心電図、酵素測定などの所見から心筋梗塞の確認された 3 例と、心筋梗塞の疑いにて検査を行い心筋は正常と判断された 2 例である。

## III. 結 果

### (1) 経時的イメージング

$^{13}\text{NH}_3$  をボラス静注後、1 分間隔で 5 回行った経時的イメージングの 1 例を Fig. 1 に示した。最初の 1 分間のイメージでは心内腔が右心系、左心系とが別々に描出されている。心内腔の放射能が著しく高いため、心筋はほとんど描出されていないが、2 分以降からは心筋が判別できるようになってくる。この連続イメージングからその時間

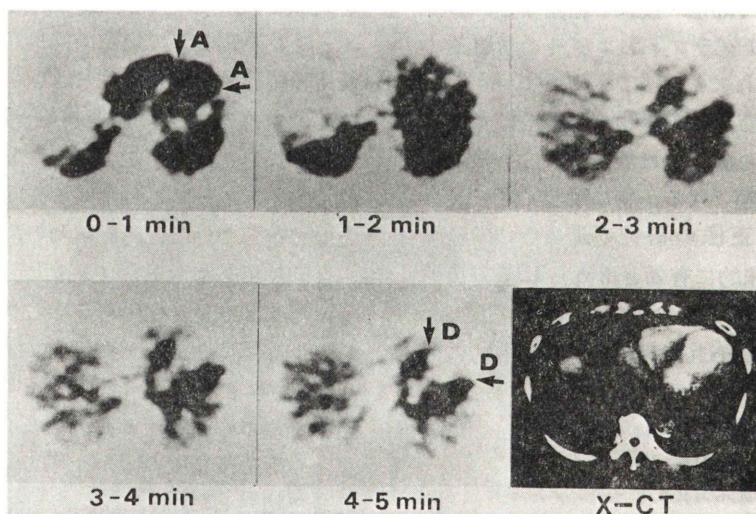


Fig. 1 Sequential images of a 60 year-old man with myocardial infarction and ventricular aneurysm.

Left ventricular aneurysm (A) was clearly shown in the first frame (0-1 min after injection), and the same region in the last frame (4-5 min after injection) was displayed as perfusion defect (D).



的な差を利用し、同一断面内で心内腔と心筋とを1回の検査で区別することが可能であること、イメージの重ね合せにより明瞭に心内腔と心筋との識別が可能であること、などが確認できた。静注直後から1分までのイメージから心内腔の輪郭を

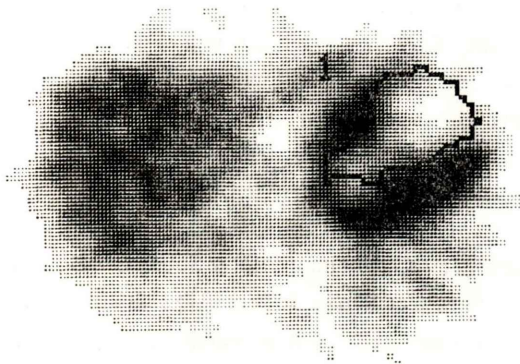


Fig. 2 A superimposed image between a myocardial image and a contour of blood pool.

抽出し、4~5分のイメージに重ね合わせて表示したのが Fig. 2 である。心筋が  $^{13}\text{NH}_3$  の欠損として描出されている部位に心内腔の突出が確認でき、心室瘤と診断できる。本症例は造影剤を使った X 線 CT により心室瘤が確認されている。その形状は X 線 CT と同様であった。

## (2) 平衡時の多断層イメージ

### (a) 広汎な前壁梗塞の症例

60歳の男性の症例で、心筋梗塞発症8か月後にポジトロン CT が行われた。心電図では広汎な前壁梗塞の所見があり、心室瘤の存在が疑われ、造影剤を用いた X 線 CT で左室瘤が確認されている。心筋壁の非薄化も認められている。

経時的イメージングの結果は Fig. 1, Fig. 2 に示されている。また 6 mm 間隔の平衡時のイメージ (Fig. 3) では前壁が完全な欠損として描出されているほかに、中隔にも集積の低下—すなわち血流の低下—が認められる。

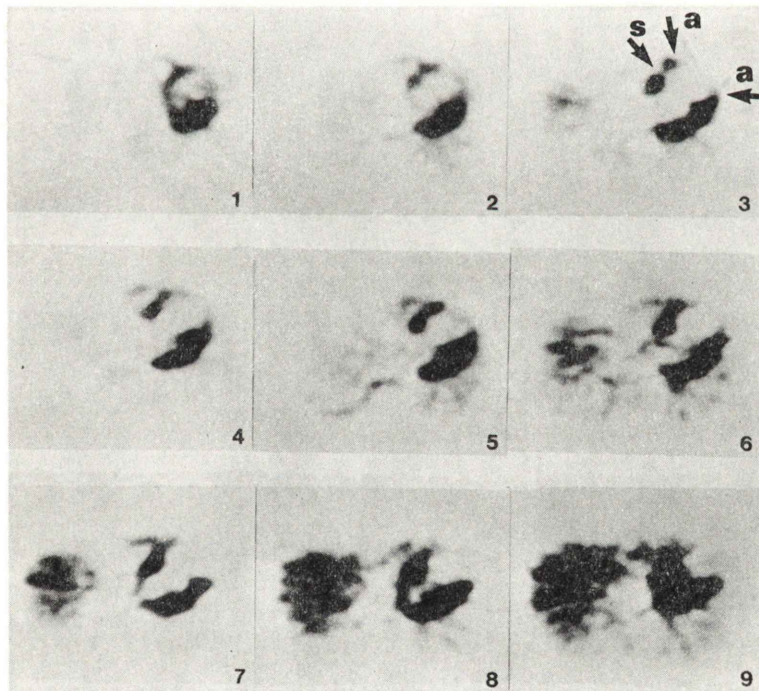


Fig. 3 A 60 year-old man with extensive anterior infarction. The perfusion defect in the anterior wall (a) and the reduced perfusion in the septal wall (s) was noted.

## (b) 前壁, 中隔および下壁梗塞の症例

53歳の男性の症例で, 心筋梗塞発作を2回起こしている。最初の発作では心電図で前壁と中隔の梗塞が確認された。2回目の発作では下壁梗塞および心内膜下梗塞と診断されている。冠動脈撮影では3枝に狭窄が認められ, 左室撮影では lateral segment と apical segment に akinesis が認められている。

2回目の発作より4か月後にポジトロンCTが行われた。得られた平衡時の多断層イメージ (Fig. 4) から前壁の血流の欠損が確認された。また中隔は前壁よりを中心に血流の低下が認められる。さらに下壁にひきつづき  $^{13}\text{NH}_3$  の集積の低下が疑われる。しかし体軸断層のイメージであるため, 下壁や後下壁の状態を正確に判断することは困難であった。心電図で心内膜下梗塞と診断された側壁で  $^{13}\text{NH}_3$  の集積の低下が認められている。

## (c) 下壁梗塞の症例

63歳の女性で心電図では下壁梗塞と診断された症例である。冠動脈撮影では右冠動脈に狭窄があり, 左室撮影で postero-basal segment に hypokinesis が認められている。

発症3か月後にポジトロンCTが行われた。平衡時の多断層イメージ (Fig. 5) では後壁に明らかな欠損が認められる。下壁の状態は診断しにくい, 下壁から続く前壁の一部にも血流の低下が疑われる。

## IV. 考 察

ポジトロンCTによる心筋の断層イメージングの研究は  $^{11}\text{C}$ -palmitate による Sobel ら<sup>9)</sup>の報告,  $^{13}\text{NH}_3$  による Phelps ら<sup>10)</sup>の報告が最初である。Sobel らはその後  $^{11}\text{CO}$  をも併用し, 心内腔のイメージングも合わせて行っている<sup>11)</sup>。  $^{11}\text{C}$ -palmitate による心筋イメージングの後, 30~60分後に

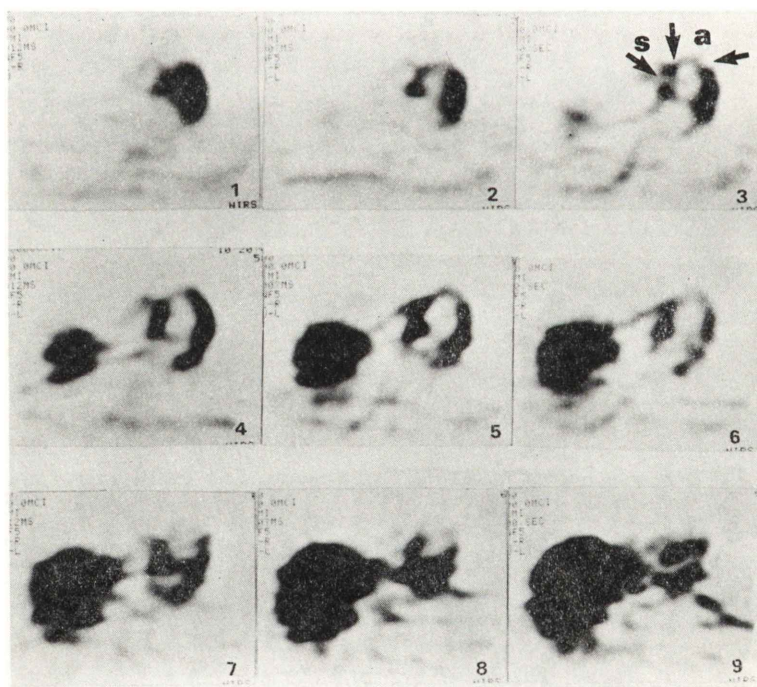


Fig. 4 A 53 year-old man with antero-septal and inferior infarction. The perfusion defect in the anterior wall (a) and the decreased perfusion in the septal wall (s) was noted.



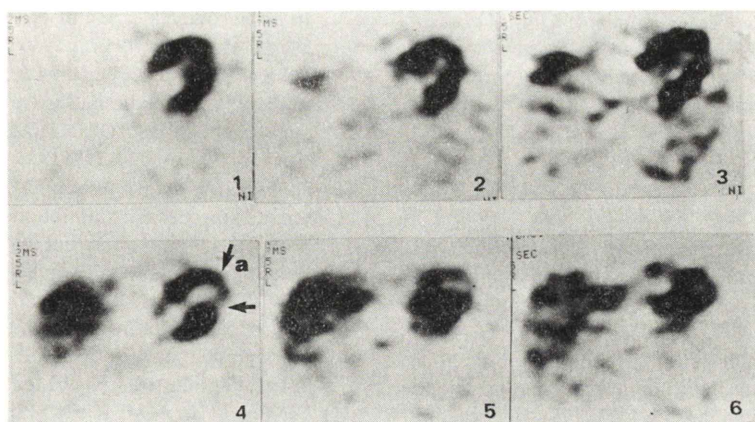


Fig. 5 A 63 year-old woman with inferior infarction.  
The reduced perfusion in the anterior wall (a) was shown.

再度  $^{11}\text{CO}$  を吸入させて心内腔イメージングを行うものである。これにより心臓の心内膜縁が明らかとなり、診断に有用であると述べている。

今回われわれは  $^{13}\text{NH}_3$  の1回のボーラス注入により、経時的なイメージングと平衡時に6 mm 間隔の多断層イメージングを合わせて行う方法を試みた。このような試みはこれまで報告はなく、われわれが最初と思われる。

経時的イメージングは1回のトレーサの注入で心内腔のイメージと心筋のイメージとが得られる。この位相の異なるふたつのイメージを比較したり、心内腔の輪郭を抽出して心筋イメージに重ねて表現することにより心内腔と心筋との関係が明瞭となり、心筋梗塞の部位と大きさの確認、および心室瘤の診断に役立つことが明らかとなった。また6 mm 間隔の多断層イメージでは心筋の血流低下の部位や範囲がより明瞭となることより、本法は心筋梗塞の診断に有用と考えられる。

しかし、現状では経時的イメージングにおいて60秒間隔でデータ収集を行っているため、循環時間の短い症例においては心内腔と心筋との分離が不十分な場合があると思われ、まだ改良の余地が残されている。ポジトロン CT の感度とトレーサの投与量との最もバランスのとれた点を求め、撮影間隔を15秒程度まで短縮できれば、さらに有益な検査法になるものと考えられる。多断層イメージ

ングにおいても体軸断層イメージのみでは下壁、後下壁の診断が困難であることが問題である。現在6 mm 間隔のイメージが得られているわけであるから、これを用いて冠状断や矢状断あるいは任意の断面でのイメージを両構成を行うことによりさらに診断価値が向上するものと考えられるが、いずれも今後の検討課題であろう。また本診断法の臨床的な有効性の評価、他の診断法との関連および心筋梗塞の診断体系における位置付けなどについても今後十分な検討が必要と考えられる。

## V. まとめ

局所心筋血流量を指示するトレーサと考えられている  $^{13}\text{NH}_3$  と全身用多断層ポジトロン CT であるポジトロジカ-II を用いて  $^{13}\text{NH}_3$  ボーラス注入後の心筋の経時的イメージングと平衡時の多断層イメージングを合わせて行った。この方法により、心筋と心内腔との関係が明瞭となり、心筋梗塞の部位診断だけでなく、心室瘤の検出にも有用であり、本法は心筋梗塞の診断に有用な情報を与える方法と考えられ、今後十分な検討が必要と思われる。

## 文 献

- 1) 永井輝夫：放射性タリウム心筋梗塞イメージの客観的解析—第1報—。心臓 14: 969-979, 1982

- 2) Tamaki N, Mukai T, Ishii Y, et al: Clinical evaluation of thallium-201 emission myocardial tomography using a rotating gamma camera: Comparison with seven-pin-hole tomography. *J Nucl Med* **22**: 849-855, 1981
- 3) 井上登美夫, 石原十三夫, 山川通隆, 他: 心筋梗塞診断における  $^{201}\text{Tl}$  心筋 ECT の臨床評価. *核医学* **19**: 1159-1166, 1982
- 4) Tanaka E: Quantitative image reconstruction with weighted backprojection for single photon emission computed tomography. *J Comput Assist Tomogr* **7**: 692-700, 1983
- 5) Schelbert HR, Phelps ME, Huang SC, et al: N-13 ammonia as an indicator of myocardial blood flow. *Circulation* **63**: 1259-1272, 1981
- 6) 井戸達雄, 岩田 鍊: 全自動短寿命ラジオアイソトープ標識化合物合成装置の試作— $^{13}\text{NH}_3$  全自動合成装置—. *Radioisotopes* **30**: 1-6, 1981
- 7) Lockwood AH: Absorbed doses of radiation after an intravenous injection of N-13 ammonia in man. *J Nucl Med* **21**: 276-278, 1980
- 8) Takami K, Ueda K, Okajima K, et al: Performance study of whole-body, multislice positron computed tomograph.—POSITOLOGICA-II—. *IEEE Trans Nucl Sci NS-30*: 734-738, 1983
- 9) Sobel BE, Weiss ES, Welch MJ, et al: Detection of remote myocardial infarction in patients with positron emission transaxial tomography and intravenous  $^{11}\text{C}$ -palmitate. *Circulation* **55**: 853-857, 1977
- 10) Phelps ME, Hoffman EJ, Coleman RE, et al: Tomographic images of blood pool and perfusion in brain and heart. *J Nucl Med* **17**: 603-612, 1976
- 11) Ter-Pogossian MM, Klein MS, Markham J, et al: Regional assessment of myocardial metabolic integrity in vivo by positron-emission tomography with  $^{11}\text{C}$ -labeled palmitate. *Circulation* **61**: 242-255, 1980

### Summary

#### Positron CT Imaging for Assessment of Myocardial Infarction with $^{13}\text{NH}_3$ : Its Usefulness of Dynamic Images and Multi-plane Images

Fumio SHISHIDO\*, Yukio TATENO\*, Katsuya YOSHIDA\*\*, Hiroo IKEHIRA\*, Teruko YAMANE\*, Nobuo FUKUDA\*, Toshiro YAMASAKI\*, Kazutoshi SUZUKI\*\*\*, Kazuhiko TAMATE\*\*\*, Takashi NAKAYAMA\*\*\*, Toshiaki IRIE\*, Kiyoshi FUKUSHI\*, Osamu INOUE\* and Yoshiaki MASUDA\*\*

\*Division of Clinical Research, National Institute of Radiological Sciences

\*\*Third Department of Internal Medicine, Chiba University School of Medicine

\*\*\*Section of Cyclotron, National Institute of Radiological Sciences

We applied a whole-body multi-slice positron CT device for heart imaging. The positron CT device was POSITOLOGICA-II which had been installed in our institute and radiopharmaceutical was  $^{13}\text{NH}_3$ . POSITOLOGICA-II consists of 3 continuously rotating circular rings of 160 BGO detectors, providing 5 simultaneous slices. Preliminary measurements of resolution showed 9.2 mm FWHM, and measured sensitivity was 28 and 38 kcps/ $\mu\text{Ci/ml}$  for in-plane and cross-plane, respectively.

Sequential imaging with 60 second-interval scan and 3 additional scans that provided 15 static images of 6 mm interval were performed after 10-20 mCi of  $^{13}\text{NH}_3$  by intravenous bolus injection.

Three patients with myocardial infarction and two normal cases were examined by this method. The image of the first 60 second-interval showed

blood pool image of heart, and the 5th image revealed myocardium. Compared between these two sequential images the endocardial borders were delineated. In a patient with extensive anterior myocardial infarction, the location of ventricular aneurysm were clearly detected. Three additional late scans provided high quality cross sectional images of left myocardium. The images of a patient with myocardial infarction showed the reduced blood flow regions at the sites corresponding to the specific electrocardiographic findings.

These preliminary clinical results suggest that sequential tomographic heart imaging using whole-body multi-slice Positron CT device and  $^{13}\text{NH}_3$  are useful for assessment of myocardial infarction.

**Key words:**  $^{13}\text{NH}_3$ , positron CT, myocardial infarction, myocardial blood flow.