

《研究速報》

3 検出器型装置による高分解能・高感度 SPECT: 心筋イメージングへの応用

中嶋 憲一* 滝 淳一* 久田 欣一* 松平 正道**
分枝 久志* 市原 隆*** 藤木 裕*** 岩崎 俊郎**
久保田雅博****

要旨 新しく開発された 3 検出器型 SPECT 装置を用いて、その基本性能と臨床応用を検討した。システムの分解能は半径 20 cm の回転中心で FWHM 10.8 mm が達成できた。本 SPECT 装置を用い正常者で ^{201}Tl 心筋シンチグラフィに応用し、2 検出器型システムと比較したところ、心筋像はより薄く描画され鮮明で、また右室負荷のない症例でも全例で右室を描画できた。さらに本 SPECT 装置は感度の増加により短時間のデータ収集が可能となったため、経時変化の早い放射性医薬品の動態や、心電図同期検査にも適していると考えられた。3 検出器型 SPECT は高分解能かつ高感度の装置として、臨床的有用性が期待できる。

I. はじめに

核医学施設において single-photon emission computed tomography (SPECT) 装置が普及するようになったが、1 台のガンマカメラの回転による SPECT が一般的である。より SPECT 検査に適した装置の考案が望まれており¹⁾、3 検出器型の SPECT 装置も高分解能、高感度のシステムをめざして研究開発が行われてきた^{2~4)}。本報告ではその 3 検出器型 SPECT の基本性能と臨床応用についての検討を行い、その有用性を報告する。

II. 対象および方法

1. SPECT の基本性能の評価

検討に用いた装置は 3 台の検出器を有する

* 金沢大学医学部核医学科

** 同 附属病院放射線部

*** 東芝那須工場

**** 東芝メディカル

受付: 2 年 1 月 24 日

最終稿受付: 2 年 3 月 16 日

別刷請求先: 金沢市宝町 13-1 (☎ 920)

金沢大学医学部核医学科

中嶋 憲一

SPECT (東芝 GCA 9300A), および従来型の 2 台の検出器を有する SPECT (東芝 GCA 90B-E2) であり、それぞれ核医学専用コンピュータ (東芝 GMS 550U) によってデータ収集および画像処理を行った。

分解能の評価のため full width at half maximum (FWHM) を求めるとともに、Jaszczak の SPECT ファントムに $^{99\text{m}}\text{Tc}$ を 300 MBq (8.1 mCi) (比放射能約 0.08 MBq (0.002 mCi)/ml) みだし、SPECT データの収集を行った。収集条件は 128×128 画素で、6 度ステップ、360 度収集で総収集時間は 20 分で臨床に近い条件にした。

また 3 種類の低エネルギー用コリメータ、すなわち超高分解能 (SHR)、高分解能 (HR)、汎用 (GP) コリメータにおいてスライス厚 1 cm あたりの感度 (Kcps/ $\mu\text{Ci}/\text{ml}/\text{cm}$) を測定した。

2. 心筋イメージング

心疾患の既往のない正常ボランティア 2 例、虚血性心疾患を含む患者 8 例を対象にして、 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィを行った。 ^{201}Tl を 111 MBq (3 mCi) 注射後、2 つの SPECT 装置でデータ収集を行った。

SPECT の収集条件は 3 検出器型装置では SHR

コリメータを装着し、 128×128 画素、6度ステップで1方向60秒、360度の収集を行い、総収集時間は20分とした。2検出器型装置ではHRコリメータを用い、1方向40秒として総収集時間を同様の20分としたが、その他は3検出器型と同一条件に設定した。

SPECT 投影像の前処理は Butterworth フィルターを用い、カットオフ周波数 (cycle/画素) は適宜変更したが、両者の比較には各装置で同一条件にした。断層像再構成は Ramp フィルターを用いた。スライス厚さは1画素すなわち3検出器型では3.2 mm、2検出器型では4.0 mm である。

短時間のデータ収集時間での評価が可能であるかどうかを検討する目的で、2例において、SHR コリメータでは総収集時間を20分、5分および1分間として、再構成画像の比較を行った。

Gated SPECT 検査は ^{201}Tl を静注後、心電図同期法により1心拍を8分割し、1ステップ6度で1方向1分、総収集時間を20分間に設定した。

III. 結 果

1. 基本性能とファントム実験

SPECT の分解能 (FWHM) は SHR コリメータ

を装置したとき半径 20 cm の回転中心において 10.8 mm、また、中心から 7.5 cm の距離の位置の FWHM は 10.9 mm (radial) および 10.0 mm (tangential) であった。コリメータの相対感度は HR を1とすると、SHR が 0.73、GP が 1.9 であった。ファントムの断層像を Fig. 1 に示す。再構成は Butterworth (order 8, cutoff 0.2) および Ramp フィルターによって行ったが、cold spot で 8.1 mm、hot spot で 6.5 mm を描画できた。

2. 心筋イメージングへの応用

2検出器型と3検出器型を比較したところ、Fig. 2 に示すように、3検出器型での再構成画像の方が心筋の厚さはいずれも薄く描画され輪郭が鮮明で、乳頭筋の形状も後者が明瞭であった。また、右室心筋は正常者でも全例で淡く描画された。

Figure 3 は20分と5分間のデータ収集による断層像を比較したものである。カットオフ周波数はそれぞれ 0.15 cycle/画素であるが、5分間でも十分病変を判定できる画像が得られた。さらに1分間のデータでも画質は劣るが、欠損部は識別できた。さらに通常の収集時間である20分間でも心電図同期像を得ることができ、臨床的に十分評価可能な画質が得られた (Fig. 4)。

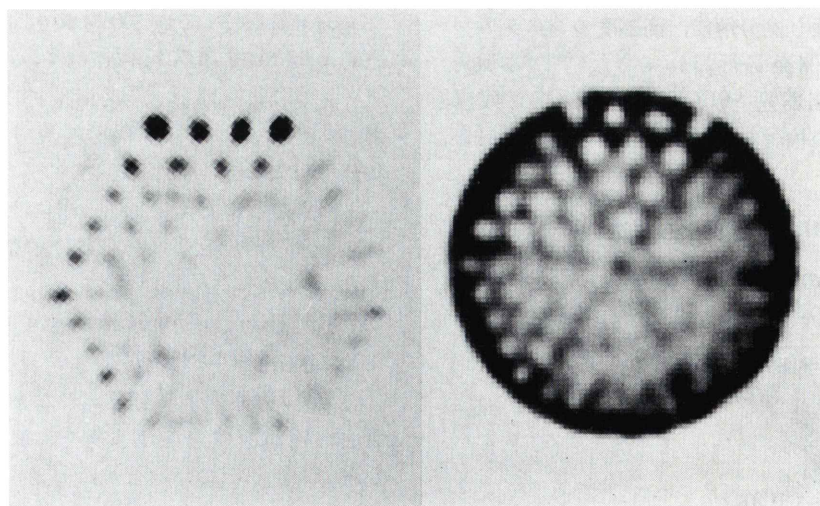


Fig. 1 Transverse slices of the cylindrical SPECT phantom with hot (left) and cold regions (right). The diameters of hot and cold regions are 12.8, 11.1, 9.6, 8.1, 6.5 and 4.8 mm, respectively.

IV. 考 案

SPECT 装置は本邦においても急速に普及し、日常検査の中で不可欠の検査法となったが、一般に使用されているシステムは 1 検出器の回転によ

る SPECT である。そこで、SPECT 専用装置として複数検出器型のシステムが検討されてきた²⁻⁴⁾。その利点は感度の大幅な増加による統計的ノイズの減少だけでなく、感度をある程度抑えれば分解能の改善も期待できることにある。さらに従来心筋で用いられていた 64×64 画素の代わりに 128×128 画素を日常検査に用いることも可能である。

この 3 検出器型 SPECT の開発により、10 mm 台の良好な FWHM が達成できた。また感度の点からも従来の HR コリメータを装着した 1 検出器型と比較するならば、SHR 型コリメータで 1.8 倍、GP 型コリメータでは 5.4 倍の感度が得られることになる。心筋シンチグラフィでは従来の 2 検出器型よりも、ぼけの少ない輪郭の鮮明な画像を得ることができたために、心筋はより薄く描画された。また右室描画は通常正常者では認められないと考えられていたが、3 検出器型の導入により、正常者でも全例で淡い右室の集積が評価できることが判った。これは分解能の改善とともに、最終画像表示の下限域値を 0-10% としても十分評価できるバックグラウンドノイズの少ない良質の再構成画像が得られたことによる。

放射性医薬品の体内動態を捉えるときには、その核種と種類にもよるが 5 分あるいはそれ以下の短時間収集も効率良く行えるため、代謝の早い薬

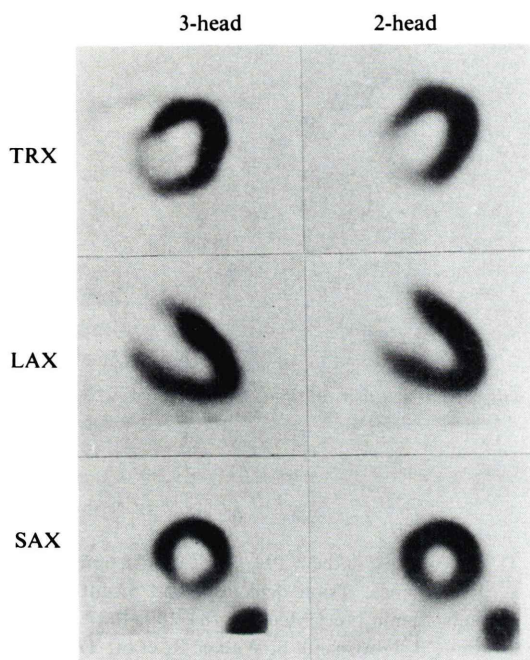


Fig. 2 SPECT images with three-headed system and dual headed system in a normal volunteer. TRX, transaxial; LAX, vertical long-axial; SAX, short-axial.

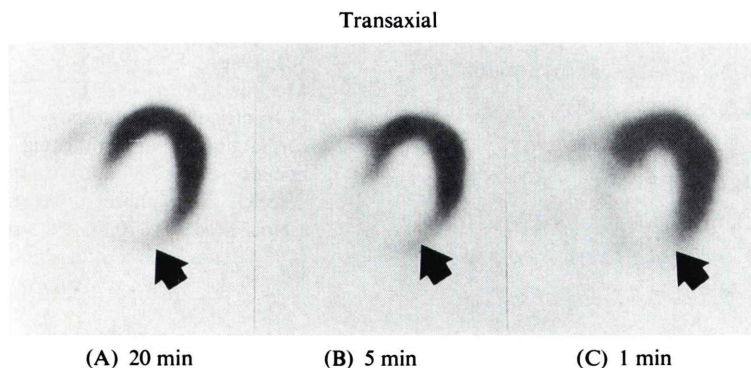


Fig. 3 Transverse images obtained with three-headed SPECT in various acquisition times; (A) 20 min, (B) 5 min, and (C) 1 min. The cutoff frequency of the Butterworth filter is 0.15 cycle/pixel for (A) and (B), and 0.10 cycle/pixel for (C). Arrows indicate the region of myocardial infarction.

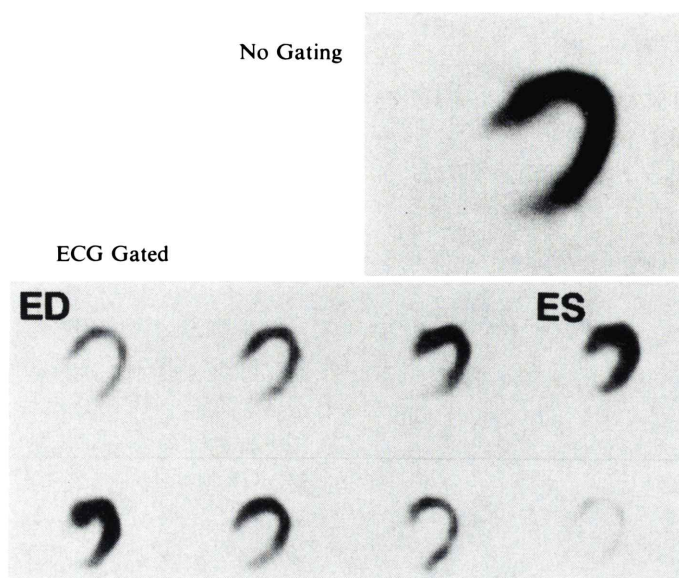


Fig. 4 Non-gated and gated myocardial images with a total acquisition time of 20 minutes in transaxial section.

剤の動態を観察する SPECT 検査には好都合である。動態検査としての収集時間の短縮は、今回の検討での画質から判定して、 ^{201}Tl では 1 回の SPECT データ収集あたり 1 分間が限度である。しかし、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 標識の心筋製剤では総投与量を増やせることや、放出放射線のエネルギーの条件が良いため、1 回あたりの SPECT 収集時間をさらに短縮できるであろう。なお、SPECT 装置の機構上は、全身スキャンでは 1 回の SPECT データ収集を最低 10 秒で施行できる。心筋集積の定量性の改善やより正確な心筋形態の評価には心電図同期併用でも日常検査として施行できる見通しがある。

以上、本 3 検出器型 SPECT により、分解能、感度とも明らかな向上が得られ、臨床的にも画質の改善のみならず、動態解析に対応できる装置として有用性が期待できることが結論できた。

文 献

- 1) Heller SL, Goodwin PN: SPECT instrumentation: performance, lesion detection, and recent innovations. *Semin Nucl Med* 17: 184-199, 1987
- 2) Lim CB, Gottschalk S, Walker R, et al: Triangular SPECT system for 3-D total organ volume imaging. Design concept and preliminary imaging results. *IEEE Trans Nucl Sci* NS-32 (1): 741-747, 1985
- 3) Lim CB, Walker R, Pinkstaff C, et al: Triangular SPECT system for 3-D total organ volume imaging: Performance results and dynamic imaging capability. *IEEE Trans Nucl Sci* NS-33 (1): 501-504, 1986
- 4) McGhie I, Akers MS, Faber TL, et al: Assessment of ventricular topography following acute myocardial infarction with gated tomographic radionuclide ventriculography using a dedicated three-detector single photon tomograph (PRISM 3000). *J Nucl Med* 30: 770, 1989 (abstr)

Summary

A Three-Headed SPECT System with High Resolution and High Sensitivity: Application to Myocardial Imaging

Kenichi NAKAJIMA*, Junichi TAKI*, Kinichi HISADA*,
Masamichi MATSUDAIRA**, Hisashi BUNKO*, Takashi ICHIHARA***,
Yutaka FUJIKI***, Toshiro IWASAKI*** and Masahiro KUBOTA****

**Department of Nuclear Medicine, Kanazawa University*

***Division of Radiation, Kanazawa University Hospital, Kanazawa*

****Nuclear Medicine Section, Toshiba Nasu Works, Tochigi*

*****Toshiba Medical, Tokyo*

A three-headed single-photon emission computed tomography (SPECT) system was developed, and the fundamental SPECT performance and clinical applications were investigated. The full width at half maximum (FWHM) of the SPECT system is 10.8 mm at the center of rotation with a radius of 20 cm. In clinical applications, ^{201}Tl myocardial images with the three-headed system demonstrated a distincter and thinner myocardium compared to those with the dual-headed system.

The right ventricular wall was observed even in patients without right ventricular overload. Owing to both the increased sensitivity and resolution, the three-headed system has high performance capability in clinical use such as ECG-gating and dynamic studies.

Key words: Single-photon emission computed tomography, Three-detector system, Myocardial scintigraphy.