

《原 著》

回転型ガンマカメラの心臓イメージングへの応用

——(第3報) 180° データ収集法によるタリウム心筋 ECT の検討——

玉木 長良* 向井 孝夫* 石井 靖* 藤田 透*
 山本 和高* 湊 小太郎* 鳥塚 莞爾*

要旨 タリウム心筋エミッション CT (ECT) の収集時間の短縮を計る目的で、左後斜位 (LPO) から右前斜位 (RAO) までの 180° データより断層像を再構成し、360° 法と比較した。本法にて、収集時間は22分から11分と短縮できた。基礎検討では、180° 法は解像力がかえって向上し、心臓ファントムの断層像では、欠損のコントラストは向上した。臨床例11例 (正常4例、心筋梗塞7例) での検討でも、180° 法による断層像は、バックグラウンドが少なく、心筋のコントラストを高め、欠損をより明瞭に描出できた。

180° データ収集による心筋 ECT は、体内の吸収や散乱の多い心臓の裏側のデータを捨てるため、収集時間を短縮できるだけでなく、画質が改善され、実用的な方法と考えられた。

I. はじめに

体内の RI 分布を、断層法により三次元的に把握しようとする試みは、1963年の Kuhl ら¹⁾ の仕事にさかのぼるが、その後 X 線 CT の開発に刺激され、急速に進歩するようになった。

著者らは数年来 ECT の検討を重ねてきたが²⁾、近年では回転型ガンマカメラを用いた ECT を、種々の臓器の画像診断に利用している^{3~6)}。タリウム心筋像の場合、心臓が他臓器に比べて小さいため、十分なカウントを得るには、ECT データ収集に比較的長時間を要するという欠点をもつ。そこで収集時間を短縮する目的で、カメラを心臓の前面 180° のみ回転する、180° データ収集法を試みられるようになった⁷⁾。

著者らは前回、7 ピンホール断層法との比較より、回転型カメラによる ECT が精度の高い断層法であることを報告したが^{7~9)}、今回は本法の簡

便法として、180° データ収集によるタリウム心筋 ECT を試み、従来の 360° 収集法と比較検討したので報告する。

II. 対象および方法

1) データ収集法

回転型ガンマカメラ (GE 社: Maxi 400T) を用いて、被検者の左前斜位 (LAO) を中心とした 180°、すなわち左後斜位 (LPO) から右前斜位 (RAO) までカメラを回転させた (Fig. 1)。データ収集は一方向 20 秒で、5.8° ずつ 180° カメラを回転させ、32 方向からデータ収集した。一方従来の 360° 収集法は、20 秒ずつ 360° 回転させ、64 方向から収集した。したがって全収集時間は、180° 法で約 11 分、360° 法で約 22 分である。再構成は両収集法とも Chesler のフィルターを用い、重畳積分法により横断断層像、さらには前額、矢状面断層像や、必要に応じて斜位の断層像を得た^{2,7)}。今回の検討では、吸収補正は行わなかった。

2) 基礎検討

解像力の検討のため、30×20 cm の楕円形の水タンクに、中心から 0 cm、5 cm、10 cm の位置にそれぞれ直径 1 mm のビニールチューブを置き、タリウムを満たして ECT を施行した (Fig. 2)。ラ

* 京都大学医学部放射線核医学科

受付: 57 年 1 月 14 日

最終稿受付: 57 年 3 月 1 日

別刷請求先: 京都市左京区聖護院川原町 (☎ 606)

京都大学病院放射線核医学科

玉木 長良

インスプレッドファンクション (LSF) 測定から、それぞれの X 軸、Y 軸方向の半値幅 (FWHM) を求めた。

次に欠損検出能の検討を、心臓ファントムを用いて行った。紡錘型のファントムの壁内にタリウム $1 \mu\text{Ci/ml}$ 満たし、前壁および下壁に直径 2 cm の貫通性欠損を作り、梗塞モデルとした^{8,9)}。水タンクに心臓ファントムを、長軸が LAO 45° 、下方へ 30° 傾かせた位置に置き、ECT を施行した⁹⁾。両断層像で 3×3 画素の関心領域を欠損部と隣接した正常部位に同様に設定し、欠損部と正常部とのカウント比 (D/N 比) を算出し、欠損のコントラストの定量的評価を行った。

3) 臨床検討

1980年後半にタリウム ECT を施行した11例を、retrospective に選んだ。うちわけは、諸検査にて異常のみられなかった正常例4例、および診断の確定した心筋梗塞7例 (前壁梗塞4例、下後壁梗塞3例) である。

全例につき、 360° の投影データをすべて用いて再構成した 360° 収集の断層像と、そのうち LPO から RAO の 180° 間のデータのみを用いて再構成した、 180° 収集断層像とを比較検討した。なお欠損のコントラストを定量評価するため、欠損の最も良く描出される断層面で、ファントム実験と同様の方法で D/N 比を算出した。また横断面にて心筋と、心筋より1画素離れた外周のバックグ

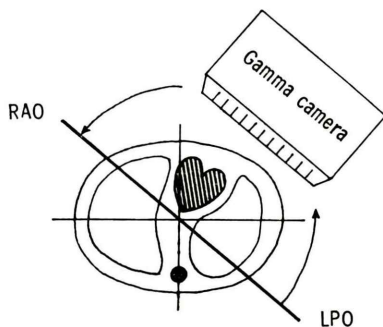


Fig. 1 The schematic presentation of a 180° rotation mode. The gamma camera rotates from left posterior oblique (LPO) to right anterior oblique (RAO) projection, so that the anterior half images of the myocardium were obtained.

ラウンドのカウントを算出し、両者のカウント比 (B/M 比) よりバックグラウンドの関与を検討した (Fig. 6 参照)。

III. 結 果

1) 基礎検討

LSF より得られた FWHM を Fig. 2 に示す。いずれもタリウムの中での成績である。水タンクの X 軸方向での解像力は、 360° 法も 180° 法も同じ値で、深浅にかかわらず、20 mm と一定値を示した。一方 Y 軸方向での解像力は、水中での長軸方向のガンマ線の吸収の影響を受けるため、深部に至るほど解像力は低下したが、その低下は 180° 法に比べ 360° 法で著しく、データ収集法による差が明らかとなった。

心臓ファントムを用いた欠損検出能の結果を Fig. 3, 4 に示す。前壁梗塞、下壁梗塞とも欠損が検出でき、どの断層面でも明らかな画像のゆがみはみられなかった。特に前壁梗塞では、 180° 法は 360° 法より欠損は明らかとなった。算出した D/N

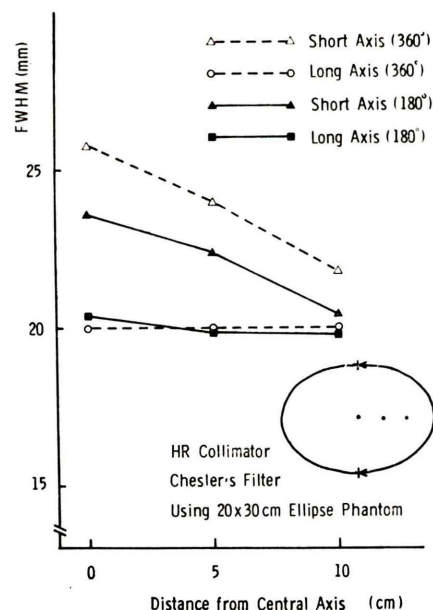


Fig. 2 Results of line spread function in an ellipse phantom with thallium 201 reconstructed from the 180° and 360° scans.

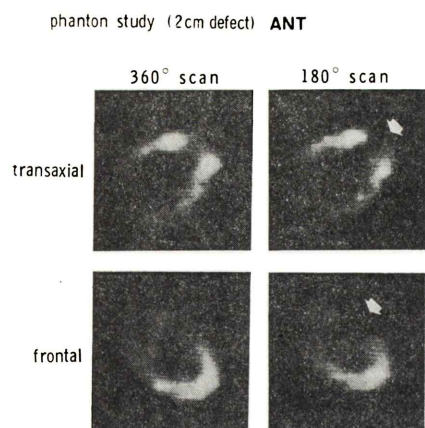


Fig. 3 ECT images of a cardiac phantom with 2 cm-diameter defect in anterior wall reconstructed from the 180° and 360° scans.

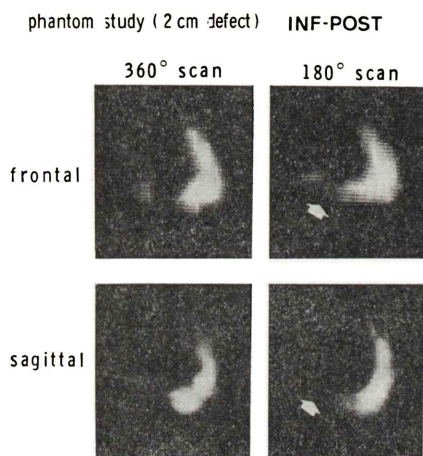


Fig. 4 ECT images of a cardiac phantom with 2 cm-diameter defect in inferior wall reconstructed from both scans.

比は、前壁梗塞では 180° で 0.55, 360° で 0.87 と明らかに 180° 法は欠損のコントラストはすぐれた。一方下壁梗塞では、180° で 0.70, 360° で 0.76 と、わずかながら 180° 法がすぐれていた。以上、心臓ファントムでの欠損コントラストは、180° 法が短時間でかつすぐれていることが示された。

2) 臨床検討

正常例 4 例では、360° 法 180° 法ともに、タリウムが左室心筋へほぼ均等に分布している像が得られた。しかしながら 360° 法では、180° 法より

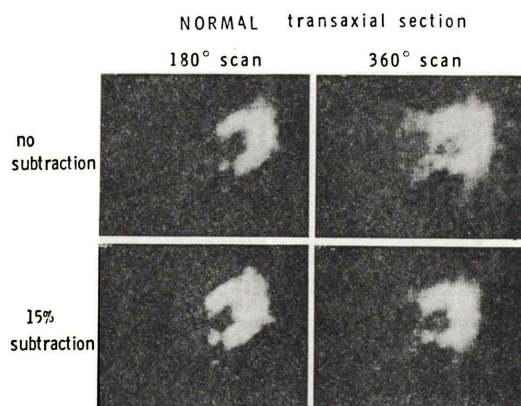


Fig. 5 ECT images of a normal heart reconstructed from both scans without background subtraction (upper row) and with 15% background subtraction (lower row). Note better contrast of the myocardial images with less background noise in the 180° scan (left) than the 360° scan (right).

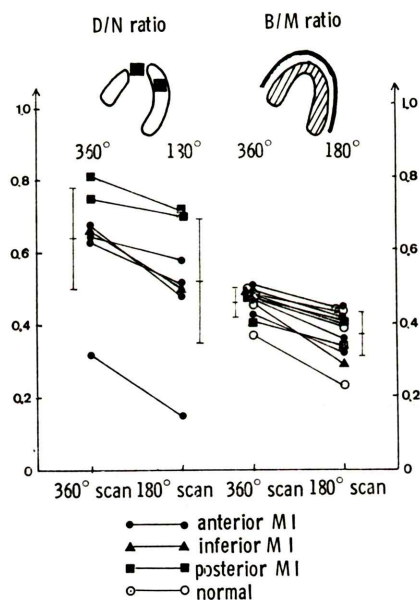


Fig. 6 Results of defect-to-normal wall count ratio (D/N ratio) in 7 cases with myocardial infarction, and background-to-myocardium count ratio (B/M ratio) in 11 cases in the 180° and 360° scans. Note lower D/N ratio and B/M ratio in the 180° scan.

もバックグラウンドが高く、心筋の辺縁が不明瞭になる傾向があった。Fig. 5 に正常人の 360° 法、

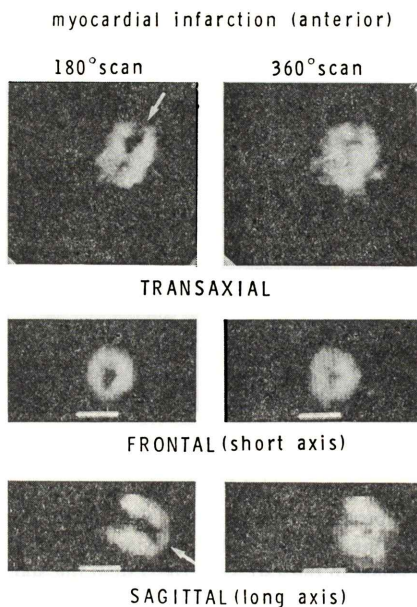


Fig. 7 ECT images in a case with anterior wall myocardial infarction. Both scans reveal the perfusion defect in the apical region in the transaxial and sagittal sections, however, the defect is seen more clearly in the 180° scans.

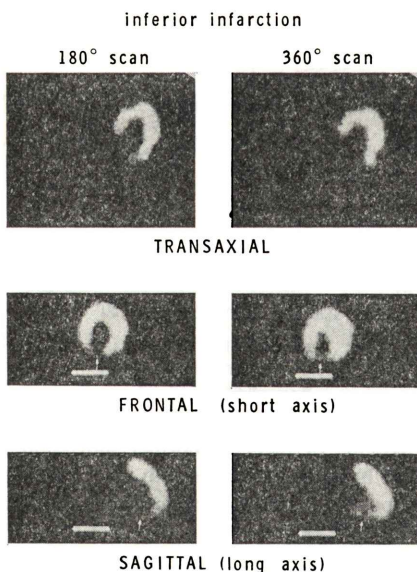


Fig. 8 ECT images in a case with inferior wall infarction. The frontal and sagittal sections demonstrate the inferior wall perfusion defect, which is better seen in the 180° scan.

および 180° 法による、心筋 ECT 像の同じ断面を示す。180° 法は 360° 法に比べ、バックグラウンドのノイズが少なく、コントラストの高い心筋断層像が得られた。11 例の B/M 比は、180° 法で 0.37 ± 0.06 , 360° 法で 0.46 ± 0.04 で、180° 法の断層像が明らかにバックグラウンドが少ないことが示された (Fig. 6)。

心筋梗塞 7 例の ECT では、360° 法 180° 法ともに梗塞部のタリウム欠損が描出された。D/N 比は、後壁梗塞の 2 例を含めて、7 例ともに 180° 法の方が低値を示し、欠損のコントラストは 180° 法がすぐれていた (Fig. 6)。Fig. 7 は前壁梗塞例のタリウム ECT の 2 法の同じ断層像を示す。横断、矢状面断層像で両者とも欠損がみられ、心筋梗塞を診断されたが、180° 法が欠損のコントラストが高かった。Fig. 8 は下壁梗塞例の ECT 像である。横断面では欠損はみられず、前額面、矢状面断層像にて欠損がみられ、180° 法が欠損のコントラストが高く、より明瞭に描出できた。このように臨床例の検討でも、180° 法はより短時間で画質を向上させることが示された。

IV. 考 案

タリウムを用いた心筋 ECT は、小さな欠損病変を、周囲との重なり合いをさけて、三次元的に評価できる点で有用である⁷⁻¹²。特に著者らは、回転型ガンマカメラを用いた ECT が、7 ピンホールコリメータによる縦断断層法に比べ、断層の信頼性が高いことを報告してきた^{7,9}。しかし、この ECT は多方向 (通常 360°) からデータ収集しなければならず、特に心臓のような小さな臓器の場合、収集時間は比較的長くなる。

そこで心筋 ECT の改良法として、心臓の前面 (体の左前斜位の面) を中心とする 180° のデータによる ECT 像を作成し、360° 法と比較検討した。今回の検討では、180° 法は収集時間を従来の半分に短縮できるだけでなく、解像力を向上させ、バックグラウンドを減らし、コントラストの高い画像が得られることが示された。臨床例の検討でも D/N 比は全例低下し、病巣欠損部のコントラ

トは向上した。

これらの画質の改善には次のような要因が考えられる。

1) タリウムの放出ガンマ線は低エネルギーなため、体内での吸収を受けやすく、心臓に近い位置でのデータが、ECT 画像構成に大きな影響を及ぼす。

2) 心臓の裏側のデータは、脊柱や被検者台による、ガンマ線の吸収や散乱の影響を受けやすい。

3) 360°法では肝などの腹部臓器のカウント数が多く、再構成上で心臓への散乱も多くなりうる。

一方 180°法の場合、360°法全体のデータを利用しないために、画像のゆがみや深部でのカウントの減衰の有無が問題となりうる。しかしながら、今回のファントム、および臨床例の検討では、明らかな画像のゆがみはみられなかった。Budinger^ら¹³⁾も基礎実験にて、180°以上のデータでは像のゆがみは、認められないとしている。また今回は、吸収補正を行っていないにもかかわらず、臨床例では画像深部のカウントの減少は明らかでなく、欠損の診断能の低下はみられなかった。ECT は一般に吸収補正が重要であり、正確な吸収補正は困難である。しかし心臓のような小さな臓器で病巣欠損や形態を論じる場合には、吸収補正の有無はあまり影響しないと考えられる。

従来著者らは、タリウム 2mCi 投与下でカメラを 360°22 分で回転させ、心筋 ECT のデータ収集を行っていた。しかし、180°法の導入により、11 分まで短縮が可能であり、したがって心拍同期 ECT 像の作成も、比較的容易となってきた。(詳細については続報にゆずる)。

180°データ収集法は、ECT の収集時間を短縮できるだけでなく、断層像のバックグラウンドノイズを軽減し、コントラストを向上できるため、心筋 ECT では有意義な方法と考えられた。

V. 結 語

タリウム心筋 ECT の改良法として 180°データ収集法を試み、従来の 360°法と比較検討し、次の結論を得た。

- 1) 解像力は 360°法よりすぐれる。
- 2) バックグラウンドが少なく、コントラストの高い像が得られる。
- 3) したがって欠損のコントラストも向上する。
- 4) データ収集時間は 11 分と短縮できる。
- 5) 本法は心筋 ECT のより実用的でかつ画質改善をはかれる、すぐれた改良法と思われる。

なお、本論文の要旨は、第 40 回日本医学放射線学会(福岡)、第 41 回日本医学放射線学会(東京)にて発表した。

文 献

- 1) Kuhl DE, Edwards RQ: Image separation radio-nuclide scanning. *Radiology* **80**: 653-661, 1963
- 2) 向井孝夫, 藤田 透, 石井 靖, 他: ミニコンによる RI 断層像の合成. *映像情報* **9**: 21-27, 1977
- 3) 山本和高, 石井 靖, 向井孝夫, 他: 肝シンチグラム. —ECT と超音波による総合画像診断. *臨床放射線* **24**: 889-891, 1979
- 4) 福永仁夫, 向井孝夫, 藤田 透, 他: 回転型ガンマカメラを用いた ⁶⁷Ga-citrate による腫瘍イメージの emission computed tomography. *核医学* **18**: 1343-1351, 1981
- 5) 山本和高, 玉木長良, 藤田透, 他: 検出器回転型ガンマカメラによる脳の Emission Computed Tomography の検討. *核医学* (投稿中)
- 6) 鳥塚莞爾, 向井孝夫, 石井 靖, 他: エミッション CT. *臨床放射線* **25**: 1343-1356, 1980.
- 7) Tamaki N, Mukai T, Ishii Y, et al: Clinical evaluation of thallium-201 emission myocardial tomography using a rotating gamma camera: Comparison with seven-pinhole tomography. *J Nucl Med* **22**: 849-855, 1981
- 8) 米倉 義晴, 向井孝夫, 山本和高, 他: 7 pinhole collimator による心筋断層シンチグラム. *核医学* **17**: 1267-1278, 1980
- 9) 玉木長良, 向井孝夫, 米倉義晴, 他: 回転型ガンマカメラによる ²⁰¹Tl 心筋断層像, 特にピンホールコリメータによる断層法との比較検討. *核医学* **18**: 793-799, 1981
- 10) Holman BL, Hill TC, Wynne J, et al: Single-photon transaxial emission computed tomography of the heart in normal subjects and in patients with infarction. *J Nucl Med* **20**: 736-740, 1979
- 11) Treves S, Hill TC, VanPraagh R, et al: Computed tomography of the heart using thallium-201 in children. *Radiology* **132**: 707-710, 1939
- 12) 多田 明, 前田敏男, 松田博史, 他: ²⁰¹塩化タリウムによる心筋断層像. *核医学* **17**: 1241-1247, 1980
- 13) Budinger TF: Physical attributes of single-photon tomography. *J Nucl Med* **21**: 579-592, 1980

Summary

Cardiac Emission Computed Tomography (ECT) Using a Rotating Gamma Camera

(3) Evaluation of a 180° rotation mode for thallium ECT

Nagara TAMAKI, Takao MURAI, Yasushi ISHII, Toru FUJITA,
Kazutaka YAMAMOTO, Kotaro MINATO and Kanji TORIZUKA

Department of Radiology and Nuclear Medicine, Kyoto University Medical School

A technique of a 180° gamma camera rotation was described for myocardial emission computed tomography (ECT) using thallium-201, and was comparatively evaluated with a full 360° rotation mode.

The gamma camera rotated from the left posterior oblique (LPO) to the right anterior oblique (RAO) position of a patient to collect 32 views, 20 seconds each, over a 180° angle. Total acquisition time was 11 min in the 180° scan, while it was 22 min in the routine 360° scan. In the study of line spread function, the 180° scan provided better resolution. In the cardiac phantom study, the perfusion defect was shown more clearly in the 180° scan without an apparent image distortion.

Defect-to-normal wall count ratio (D/N) ratio) was lower in the 180° scan than in the 360° scan. Eleven cases including 4 normal persons and 7 patients with myocardial infarction underwent thallium ECT by both 180° and 360° scans. The former method provided better lesion contrast with less background noise in each case. D/N ratio in each case was lower in the 180° scan.

We conclude that the 180° collection method is an improved and feasible technique for thallium myocardial ECT.

Key words: ²⁰¹Tl myocardial imaging, emission computed tomography, rotating gamma camera, a 180° data collection, heart.