

《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4報 心拍同期 ECT の試み —

玉木 長良*	向井 孝夫*	石井 靖*	山本 和高*
藤田 透*	湊 小太郎*	鳥塚 華爾*	鈴木 幸園**
田巻 俊一**	門田 和紀**	神原 啓文**	河合 忠一**

要旨 回転型ガンマカメラを用いて、マルチゲート法心プール ECT、および²⁰¹Tl 心筋 ECT を10例に施行した。いずれも 180° 収集法を利用し、収集時間は心プールで16分、心筋で30分であった。得られた再構成画像は、横断面、前額面、矢状面、および斜位の断面の多層断層像であり、心臓の形態や機能を立体的に把握することができた。特に心プール ECT の場合、斜位横断面で4室が同一面で評価でき、斜位前額面や矢状面では、おのおの心室の短軸、長軸断面が得られるため、4室を分離し相互関係を理解しつつ壁運動を評価でき、きわめて有用であった。

本法は再構成に約1時間を要するため、今の所あまり実用的でないが、今後の機器の改良による本法の普及が期待される。

I. はじめに

Kuhl¹⁾らにより紹介された RI 断層法(emission CT:ECT)は、近年回転型カメラの開発により、種々の施設で試みられるようになった。心臓画像の場合、他の臓器と異なり、拍動による motion artifact を生じやすく、したがって画質の低下を招きやすい。著者らは、一昨年来²⁰¹Tl を用いた心筋断層像を心拍同期しないまま再構成してきた²⁻³⁾。今回、^{99m}Tc- 標識赤血球による心プール像、および²⁰¹Tl 心筋像において、心拍同期を行った ECT を施行し、心室の形態並びに壁運動の評価を試みた。心拍同期 ECT 像の紹介とともに、その有用性と問題点について検討したので報告する。

* 京都大学医学部放射線核医学科

** 同 第三内科

受付: 57年2月15日

最終稿受付: 57年4月1日

別刷請求先: 京都市左京区聖護院川原町54 (番606)

京都大学医学部附属病院放射線核医学科

玉木 長良

II. 対象および方法

1. 対象

種々の心疾患患者7人(心筋梗塞4例、心房中隔欠損症2例、肥大型心筋症1例)、および虚血性心疾患を疑ったが諸検査にて異常のみられなかつた正常例3例の計10例を選び、8例に心拍同期した心プール ECT を、3例に²⁰¹Tl 心筋 ECT を施行した(1例は両者を施行)。

2. 心拍同期心プール ECT

心拍同期心プール ECT は、^{99m}Tc- 標識赤血球約 20 mCi 静注約10分後、通常のマルチゲート法による収集を行った後に、マルチゲート法による ECT の収集を行った。ECT は、回転型ガンマカメラ(GE, Maxi 400T)を用いオンラインで接続したミニコンピュータ(DEC, PDP11/60)にデータ収集した。収集法は、一心拍を8から12等分し、カメラを 180° 回転する間に16方向からデータ収集した。収集時間は1方向1分で、合計16分である。180° 収集法では、左後斜位(LPO) 45° から右前斜位(RAO) 45° まで、心臓の前半分のみのデ

ータを集めた⁴⁾.

3. 心拍同期心筋 ECT

心拍同期心筋 ECT は、²⁰¹Tl 2~3 mCi 静注約10分後より、通常の多方向撮像を行った後、マルチゲート法による ECT のデータ収集を施行した。収集法は、一心拍を 6 ないし 8 等分し、1 方向から100秒で16方向から収集した。心プール ECT と同様180°法を利用しており、全収集時間は約30分であった。

4. 画像再構成

再構成は、逆投影されたデータから重畠積分法により、心臓全体をカバーする多層の横断断層像を再構成し、さらに前額面、矢状面断層像も得た。また斜位の横断断層像や斜位前額面断層像を加えることにより、心尖部から心基部を見上げた、いわゆる four chamber plane や心臓の短軸断面も得られた (Fig. 1)。斜位断面は心室長軸および短軸断面になるよう、矢状断面より最適な角度を設定

した。1 スライス当たりの平均カウントは、心プール ECT で約10万、心筋 ECT で約 6 万カウントであった。

III. 結 果

1. 心拍同期心プール ECT

正常人の心拍同期心プール ECT 像を Fig. 2 に示す。上から順に横断面、前額面、矢状面、斜位の前額面のおのおの 1 断面で、拡張末期から収縮末期までの 4 枚ずつを並べてある。横断面は下から見上げた断面、前額面は LAO 位からみた断面、矢状面は RAO 位からみた断面でおのおの左室の最も良く描出された一断面ずつを示した。いずれの断層面でも右室と左室とを分離でき、矢状面および斜位の前額面では左室の長軸および短軸断面が得られ、左室の壁運動は良好であった。Fig. 3 は同例の斜位横断断層像の一周期を示す。この断面では、心臓の 4 室が同一面に描出され (four

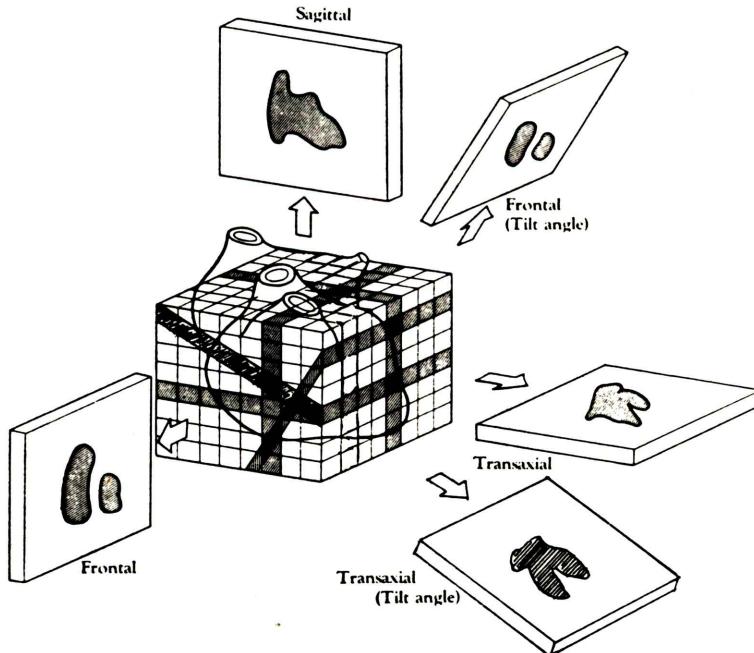


Fig. 1 Schematic presentation of various angle tomographic sections in relation to the heart. Tilted transaxial and tilted frontal sections are also reorganized, so that "four-chamber-view" plane and short axis plane can be obtained, respectively.

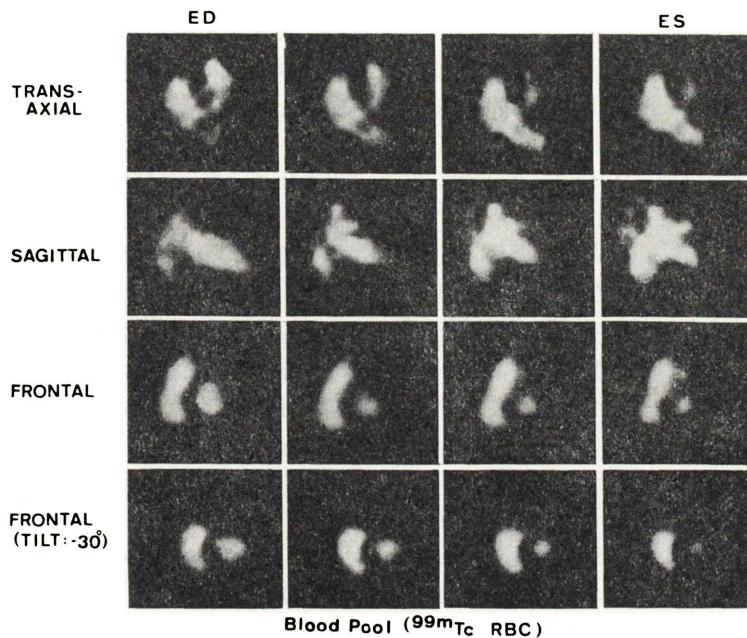


Fig. 2 Gated blood-pool ECT images of a normal subject. The left ventricle is visualized separately from other cardiac chambers.

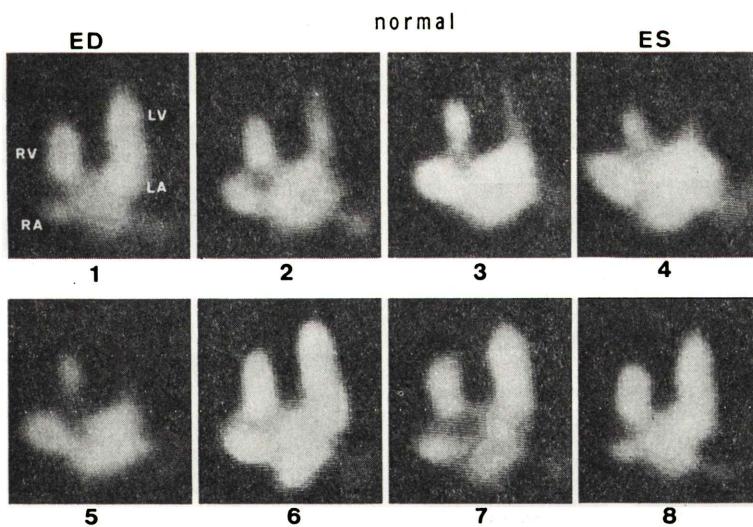


Fig. 3 Representative phases of the cardiac cycle of the tilted transaxial section in a normal subject. Four cardiac chamber are well visualized in this section.

chamber plane), 両心室と両心房とが逆位相で収縮する様子が明瞭となった。4室ともに壁運動は良好であった。

下壁梗塞の心拍同期 ECT 像を Fig. 4 に示す。斜位横断面, 斜位前額面, 矢状面の拡張末期像と収縮末期像である。左室には心尖部から下壁に限局した hypokinesis が認められた。右室の壁運動に異常はみられなかった。

次に, 心房中隔欠損症の心拍同期 ECT 像を Fig. 5 に示す。同じく斜位横断面, 斜位前額面, 矢状面の断層像で, 矢状面では右室と左室の断面を別々に表示した。いずれの断面でも, 右室と右房の拡張がみられるが, 左室の壁運動は良好であるのが明瞭となった。

2. 心拍同期心筋 ECT

Fig. 6 は正常人の ^{201}TI 心筋 ECT を施行後, ひき続いで心プール ECT を施行し, 得られたほぼ同一断面の横断断層像を示す。左室の壁運動は良好で収縮期に左室心筋が肥厚する様子が描出さ

れた。また両者を重ね合わせることにより, 左室の心プール外像と心筋内像とはほぼ一致し, その間に欠損はみられなかった。

別の正常人の ^{201}TI 心筋 ECT 像を各方向の断層像として表示した (Fig. 7)。表示法は, Fig. 2 の心プール ECT と同様であり, 左室心筋のみが描出されている。前額面の拡張末期像で, 心室中隔側のとり込みが若干低下しているものの, 明らかな欠損像はみられなかった。いずれの断面でも, 収縮期に左室心筋の肥厚が認められた。

Fig. 8 に肥大型心筋症の ^{201}TI 心筋 ECT を示す。拡張期, 収縮期とともに心室中隔の肥厚が著明で, 短軸断面では収縮期の内腔の著明な狭小化が認められた。

IV. 考 案

1. 心拍同期心プール ECT

ECT は断層像により, RIの三次元的分布の描出

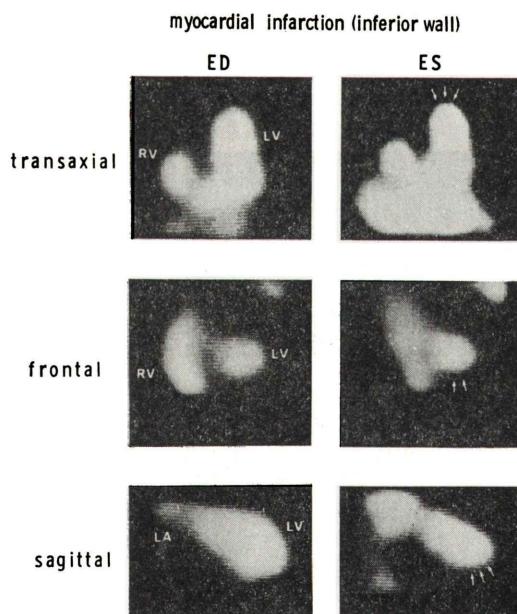


Fig. 4 Gated blood-pool ECT images of a case with myocardial infarction (inferior wall). Hypokinetic wall motion is seen in the apico-inferior region in each section (arrows).

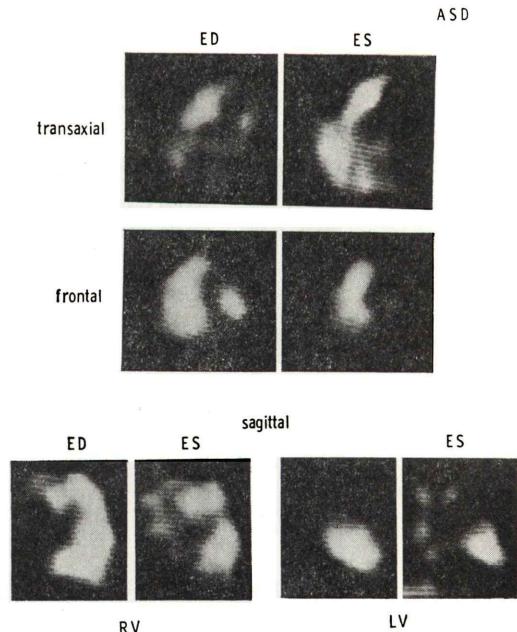


Fig. 5 Gated blood-pool ECT images of a case with atrial septal defect (ASD). Each angle section reveals dilatation of the right atrium and ventricle.

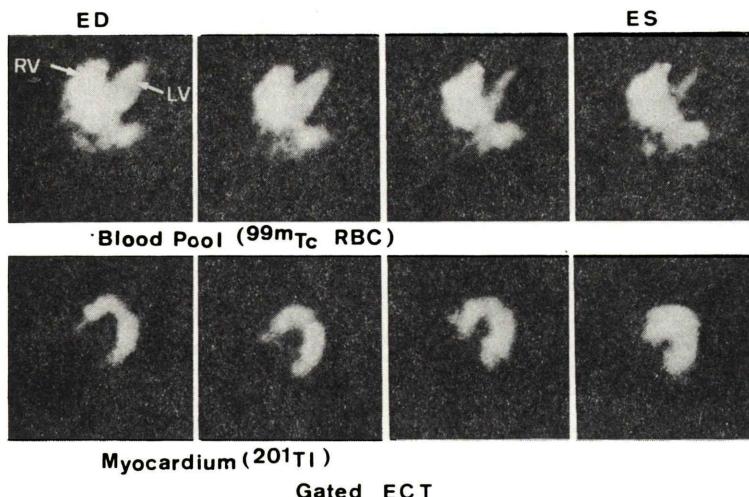


Fig. 6 Gated blood-pool and thallium myocardial ECT images of the same transaxial plane in a normal subject. Note normal motion of the ventricles and normal thickening of the left ventricular myocardium.

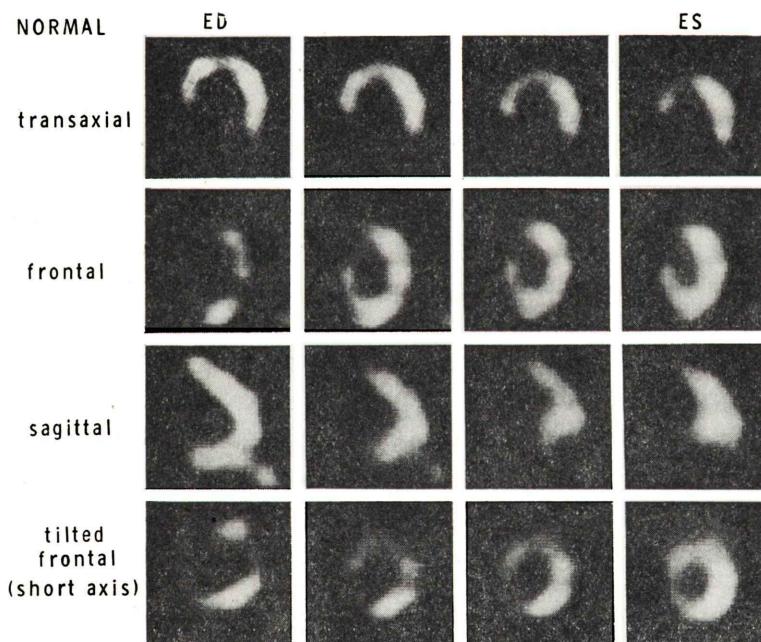


Fig. 7 Thallium myocardial ECT images of a normal subject.

を可能にしたが、コンピュータの容量の増大に伴ない、心拍同期画像作成も可能になってきた^{5~7)}。

われわれも回転型カメラによる ECT の検討の中で、心拍同期像の作成も試みたが²⁾、従来の方

法ではデータ収集に長時間を要し、実用的でなかった。今回 180° データ収集法⁴⁾を適用することにより、心拍同期心プール ECT も、収集時間が 16 分と比較的簡便に行えるようになった。また再

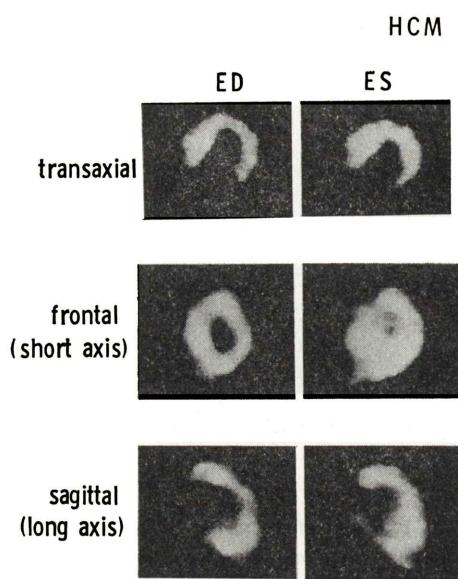


Fig. 8 Gated myocardial ECT images of a case with hypertrophic cardiomyopathy. Note asymmetrical septal hypertrophy and obstruction of the left ventricular cavity in the systolic phase.

構成画像も、横断面だけでなく前額面、矢状面、さらには斜位横断面や斜位前額面も得られるようになり、あらゆる方向から多層断面により、立体的に心臓の形態や壁運動を評価できるようになつた。特に、斜位横断面は、4室を同一面で評価でき、斜位前額面や矢状面ではおのれの心室の短軸、長軸断面が得られるため、相互の位置関係が理解しやすく、壁運動の評価に有用であった。

従来より RI による第1回循環時法と、平衡時マルチゲート法が用いられている。前者は右室と左室とを分離できるが、わずか数心拍の加算による画像のため、カウント不足による画質の低下が避けられず、くり返し検査ができないという欠点をもつ。マルチゲート法は、数百心拍の加算により画質は向上し、くり返し検査できる利点をもつが、心房心室が同時に描出されるため、左室を他と分離評価するには、左前斜位からの観察を余儀なくされる。心プール断層法は、これら二次元法の欠点を補うことができ、あらゆる方向からの断層面でも、左室を他と分離して評価でき、右室や

心房の評価も可能になった。

非侵襲的な形態、機能診断法には、他に超音波断層法や X 線 CT があり、ともに RI 法より優れた解像力を有し、心臓の細部にわたる形態診断能をもつ。しかしながら、前者はある程度熟練度を必要とし、再現性や成功率の点で問題が残されている。また後者も心拍同期画像の場合、被曝線量も少なくなく、得られた断面は 1~2 スライスで心臓全体をカバーしきれない。心拍同期心プール ECT は、全例良好な画像が得られ、再現性も高く、しかも一旦データ収集すれば、あらゆる方向から心臓全体をカバーする多層の断層像が得られる。

2. 心拍同期心筋 ECT

一方 ^{201}Tl の心拍同期 ECT も、心プール ECT と同様、 180° 収集法により収集時間は 30 分と短縮され、かつあらゆる方向からの多層断層像が得られ、心筋症例の心筋形態の立体的把握に有用であった。2 次元シンチグラムでの心拍同期画像の報告は散見されるが^{8~9)}、この心拍同期心筋 ECT の報告はわずかである⁵⁾。ただ本法の場合、投与量が少ないために、カウント不足による画質の低下を伴いやすい。虚血部の診断には、一般に非同期法で高い診断精度が得られるため^{3,4)}、同期法は不要と思われる。しかし心内膜下梗塞の診断には、今後心プールと心筋のおのれの ECT の重ね合わせによる、心内膜下部の欠損の有無の判定が¹⁰⁾、有用となると思われる。

3. 心拍同期 ECT の課題

このように心拍同期 ECT は、将来性を秘めているが、今のところ画像再構成に約 1 時間と長時間を要するため、簡便さの点で未だ問題がある。この点で、リアルタイムで断層像の得られる超音波断層法には、実用面ではるかに及ばない。また時間分解能も悪く、分解能をあげるには、さらに再構成に時間を費す必要に迫られる。今後リング型 ECT 装置など、動態専用の ECT の機器の開発とともに、コンピュータのハード化、大型化により、本法がさらに実用的なものになることが望まれる。

V. 結 語

心拍同期 ECT 画像を心プール像, ^{201}TI 心筋像に利用し, 次の結論を得た。

- 1) 180° データ収集法により, 収集時間は心プール ECT で16分, 心筋 ECT で 30 分と実用範囲内であった。
- 2) 横断面, 前額面, 矢状面, さらには斜位の断面のおののおの多層の断層像が得られ, 心臓の立体制的な形態や機能を把握するのに役立った。
- 3) 心プール ECT では, 両心室, 両心房を分離して壁運動評価ができ有用であった。
- 4) 再構成に長時間を要し, 実用面で今後の機器, コンピュータの改良が望まれた。

文 献

- 1) Kuhl DE, Edwards RQ: Image separation radio-nuclide scanning. *Radiology* **80**: 653-661, 1963
- 2) 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 ^{201}TI 心筋断層像, 特に 7 ピンホールコリメータによる断層法との比較検討 (2) 臨床的検討. *核医学* **18**: 801-808, 1981
- 3) Tamaki N, Mukai T, Ishii Y, et al: Clinical evalua-tion of thallium-201 emission myocardial tomography using a rotating gamma camera: Comparison with seven-pinhole tomography. *J Nucl Med* **22**: 849-855, 1981
- 4) 玉木長良, 向井孝夫, 石井 靖, 他: 回転型ガンマカメラの心臓イメージングへの応用 (3) 180° データ収集法によるタリウム心筋 ECT の検討. *核医学* (投稿中)
- 5) Budinger TF, Cahoon JL, Derenzo SE, et al: Three dimensional imaging of the myocardium with radionuclides. *Radiology* **125**: 433-439, 1977
- 6) Moore ML, Murphy PH, Burdine JA: ECG-gated emission computed tomography of the cardiac blood pool. *Radiology* **134**: 233-235, 1980
- 7) Hoffman EJ, Phelps ME, Wisenberg G, et al: Electrocardiographic gating in positron emission computed tomography. *J Comp Assis tomography* **3**: 733-739, 1979
- 8) Hamilton GW, Narahara KA, Trobaugh GB, et al: Thallium-201 myocardial imaging: characterization of the ECG-synchronized images. *J Nucl Med* **19**: 1103-1110, 1978
- 9) McKillop JH, Fawcett HD, Baumert JE, et al: ECG gating of thallium-201 myocardial images: Effect of detection of ischemic heart disease. *J Nucl Med* **22**: 219-225, 1981
- 10) 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**: 1267-1277, 1980

Summary

Cardiac Emission Computed Tomography (ECT) Using Rotating Gamma Camera

(4) ECG Gating in ECT for Blood-pool and Thallium Myocardial Imaging

Nagara TAMAKI*, Takao MUKAI*, Yasushi ISHII*, Toru FUJITA*, Kazutaka YAMAMOTO*, Kotaro MINATO*, Kanji TORIZUKA*, Yukisono SUZUKI**, Shunichi TAMAKI**, Kazunori KADOTA**, Hirofumi KAMBARA** and Chuichi KAWAI**

*Department of Radiology and Nuclear Medicine

**The 3rd Div, Department of Internal Medicine, Kyoto University Medical School

Electrocardiographic (ECG) synchronized multiple gated acquisition was employed with emission computed tomography (ECT) using rotating gamma camera to obtain cardiac blood-pool and thallium myocardial sections. The gamma camera rotated from the LPO to RAO position over 180 degree to collect 16 views. Each cardiac cycle was divided into 8 to 12 frames for blood-pool study and 6 to 8 frames for thallium myocardial study. The total acquisition time was 16 min, and 30 min, respectively. A series of transaxial tomograms was reconstructed, and thereafter, frontal and sagittal tomograms as well as oblique tomograms were reorganized.

In gated blood-pool ECT, each cardiac chamber could be visualized separately. The cephalad-tilted transaxial tomogram provided the four

cardiac chamber images in a single slice (four-chamber-view), while the sagittal and the tilted frontal tomograms yielded the long axis and short axis images of the ventricles, respectively. Gated myocardial ECT permitted three-dimensional evaluation of the left ventricular myocardium in cases with hypertrophic cardiomyopathy.

Although the present system is not easily applicable in routine clinical setting to gated cardiac ECT study, improvement of the detector and computer will make gated ECT more feasible for the evaluation of cardiac function.

Key words: Emission computed tomography, rotating gamma camera, ECG gated acquisition, ^{99m}Tc blood-pool imaging, thallium myocardial imaging.