

## 《原 著》

## 201 塩化タリウムによる心筋断層像

多田 明\* 前田 敏男\* 松田 博史\* 分校 久志\*  
利波 紀久\* 久田 欣一\*

**要旨**  $^{201}\text{TI}$  心筋血流スキャンは虚血性心疾患の診断などに広く利用されているが、従来のガンマカメラによる撮像では background が高く肺野や心筋前後の activity の重なりを避けられないために病巣の検出と広がりの評価に限界があることが指摘されている。 $^{201}\text{TI}$  を用いた single photon emission CT は心筋と心内腔、肺野を明瞭に分離して描画でき、断層内の病巣の広がりの評価が容易になった。ECT 像における正常 RI 分布を決定するために 8 例の正常者において、左心室中心から放射線上の最高 count を各角度ごとにプロットして、全体の最高 count との比で表示し、各角度ごとの平均  $-2\text{SD}$  を求めてこれを正常下限と定めた。心臓中央部や心基部の断層の正常下限値は前壁の一部で 65% に低下したが、ほぼ全周で最高 count の 70% であった。12 例の心筋梗塞例において、 $\gamma$ -カメラ像では診断できなかった 3 例に ECT で異常を指摘できた。

## I. はじめに

$^{201}\text{TI}$  chloride による心筋スキャンは、 $^{201}\text{TI}$  chloride が心筋血流に比例して分布するため、心筋梗塞や狭心症などの虚血性心疾患の診断に広く利用されている<sup>1,2)</sup>。しかし、従来のガンマカメラ像では heart to background 比が約 2 倍と低いこと、RI の 3 次元分布を 2 次元画像に圧縮して見ているために欠損部の検出と広がりの評価に限界があることが指摘されている。これらの欠点を補うために、background subtraction や、カラー表示、多方向撮影などの工夫が行われてきた<sup>3,4)</sup>。

一方、Hounsfield の開発した X 線 CT の目覚しい発展により、超高速心臓用 CT の研究や、RI を用いる positron emission computed tomography (ECT) や single photon ECT の開発が強く推進されてきている。

今回、我々は single photon ECT による  $^{201}\text{TI}$  心筋断層像について検討したので報告する。

\* 金沢大学医学部

受付：55年5月9日

最終稿受付：55年6月10日

別刷請求先：金沢市宝町13番1号（☎ 920）

金沢大学医学部核医学講座

多田 明

## II. 対象と方法

30 例について検討した。8 例は甲状腺疾患や悪性腫瘍を有するが、心疾患の既往がなく、心電図上虚血性心疾患が否定された正常対照群である。12 例は臨床症状、心電図、酵素測定などから心筋梗塞と診断された患者である。他の 10 例は、狭心症と弁膜疾患であった。

装置としては J & P 社製の Tomogscanner II<sup>6)</sup> を用いたが、本装置の原理は対向する 5 インチ直徑の NaI 検出器が平行走査し、6° ごとに 30 回の回転運動をしてデータを採取し、filtered back projection によって画像を再構成する。表示はカラー(8 色)、hot body あるいは 64 段階の gray scale で行なう。

心筋断層撮影の場合には、検出器間距離は 44 cm にしたが、直線走査は 40 cm で 80 のデータを採取し、 $80 \times 80$  の matrix を補間法にて  $160 \times 160$  matrix で表示した。エネルギー設定は、60~90 keV とし、吸収補正プログラムを用いた。

患者に、安静時 2~4 mCi の  $^{201}\text{TI}$  を静注し、10 分後より撮像した。触診により心尖部を定め、これより 2 cm 上から 1 cm ごとに 3 ないし 4 スライスを撮像した。1 スライスごとの撮像時間は

投与した RI の量によって異なるが、大部分の症例で12分から15分間必要であった。

8例の正常者的心筋 ECT 像より、心筋断層内 RI 分布範囲を決定するために、pixel ごとの count 数を求め座標ごとに方眼紙に書き写した。まず画像上で左心室中心を決定するが、この場合に count 数が最低のところではなく中隔壁と外側壁の中間、さらに前壁と後壁の中間点というように解剖学的な中心点を求めた。この中心点より心筋部分へ放射線を引きこの線上の最高 count と角度を求め、count 数は断層内最高 count の % で表示した。角度は各症ごとに一定とはならないために  $10^\circ$  ごとに平均値を求め、3時の方向を  $0^\circ$  とする角度ごとの profile グラフを作成した。さらに 8 例で  $10^\circ$  ごとの平均値と、標準偏差を求めた。

### III. 結 果

#### a) 正常者

正像例の心筋断層像を Fig. 1 に示したが、心臓の形がかならずしも球形、ないし隋円体ではなく、また心臓の長軸と断層面が垂直でもないために、各スライスごとの断層像は異なった形に描出される。大まかに分類すると、①AP+2 cm で示される心臓の下壁部分、②AP+3 cm で示される心臓中央部、③AP+4 cm, AP+5 cm で示される心基部の断層像に分けられる。

AP+3 cm のスライスでは心筋はリング状に描出されるが、心尖部に続く前壁部分の狭い範囲では low activity となって観察される場合がある。

AP+4 cm のスライスでは心筋は左へ傾いた馬蹄型を示しており、右後方部は大動脈弁や僧帽弁部位のため、欠損として認められる。馬蹄型で示される心筋内 RI 分布はほぼ均一である。

次に、心筋断層内の RI 分布の正常範囲を知る目的のために、正常者 8 例での AP+3 cm と AP+4 cm のスライスの profile グラフを作成し、各角度ごとの平均  $-2\text{ S.D.}$  の値を求めた。

Fig. 2 に示したのは、AP+3 cm のスライスでの心筋各部の平均値と平均  $-2\text{ S.D.}$  値をプロットしたものである。ほぼ全周で最高 count の 70%

以上を示しているが、 $90^\circ$  から  $150^\circ$  の間では、平均  $-2\text{ S.D.}$  が 70% ないし 65% である。

同様に AP+4 cm のスライスのグラフを作ると弁のために  $270^\circ$  から  $20^\circ$  までの間で平均  $-2\text{ S.D.}$  が 70% を割っている。また、前壁に相当する  $90^\circ$  から  $110^\circ$  の間でもわずかに 70% 以下となっている。

これより、AP+3 cm のスライスでは  $270^\circ$  から  $20^\circ$  までの範囲以外での正常下限を最高 count の 70% 以上であると定めることができた。

#### b) 心筋梗塞症例

12例の心筋梗塞患者のうち、従来のガンマカメラ像で欠損を検出できたのは、7 例のみであった。ECT では 10 例に欠損ないし、明らかな RI 集積低下を認めた。

##### 症例 1 60 才男性 陳旧性心筋梗塞

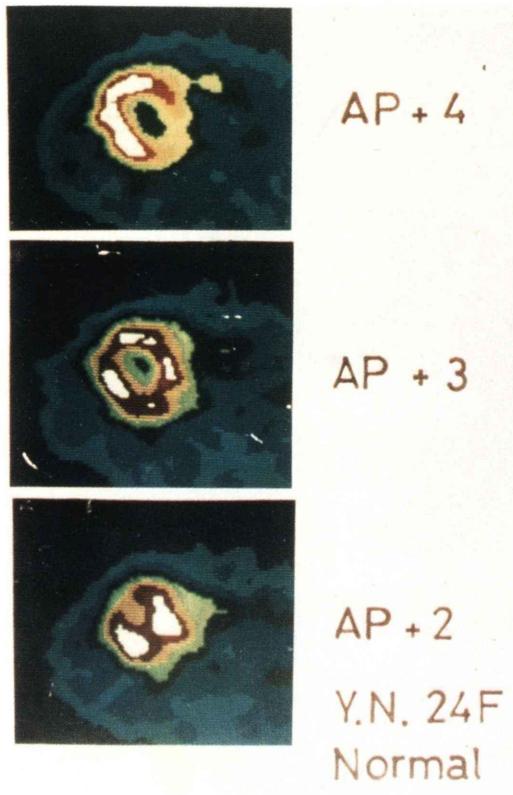
ガンマカメラ像では、左側面像で前壁部分の欠損を指摘できる。LAO  $30^\circ$  像では中隔壁部分が外側壁にくらべて薄くなっているが、中隔壁の一部に欠損があるのか、それとも中隔壁全体の RI 集積低下なのか鑑別できない。

ECT 像では、AP+2 cm, AP+3 cm で心筋はリング状に見え、後壁から中隔壁、前壁にかけて著明な RI の集積低下が認められる。AP+4 cm, AP+5 cm 像では馬蹄型の心筋の中隔壁部分が欠損様に見えている。一部に右室壁も描出されている。

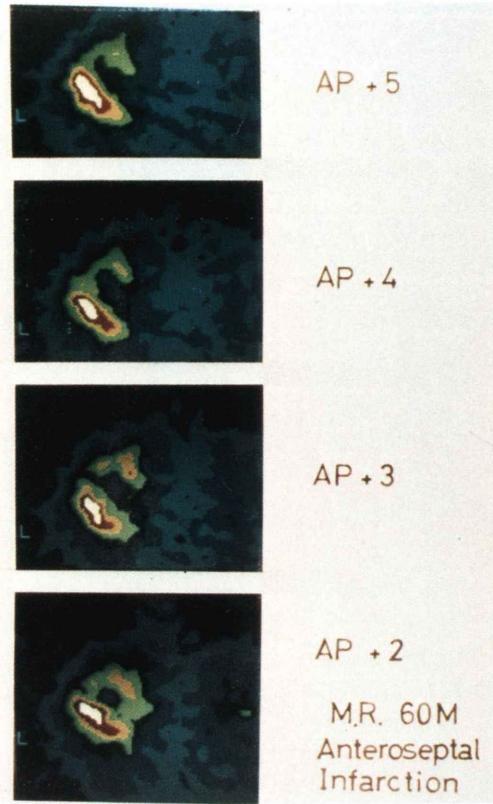
12.5% ごとの isocount をカラーで表示すると同一スライス内の RI 分布の状態を知ることができるが、Fig. 5 に示すように全周にわたる心筋内の % count をグラフにすることによって、異常部位の広がりの範囲がよりはっきりする。この症例では、 $0^\circ$  から  $170^\circ$  までさらに  $290^\circ$  から  $360^\circ$  までが正常以下であった。

### IV. 考 案

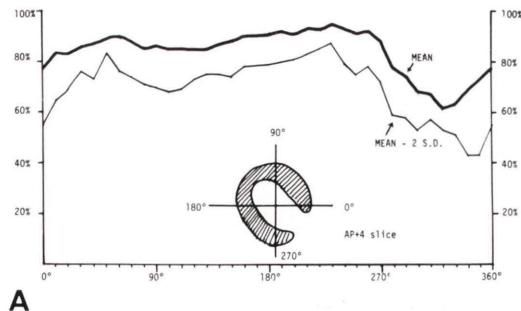
造影剤による冠動脈造影や、 $^{133}\text{Xe}$ ,  $^{99\text{m}}\text{Tc-MAA}$  などの冠動脈内注入による比較検討から  $^{201}\text{Tl}$  chloride は心筋血流によく比例して分布することが確かめられている。さらに  $^{201}\text{Tl}$  は細胞レベルでの viability の評価が可能であることから、最年心筋



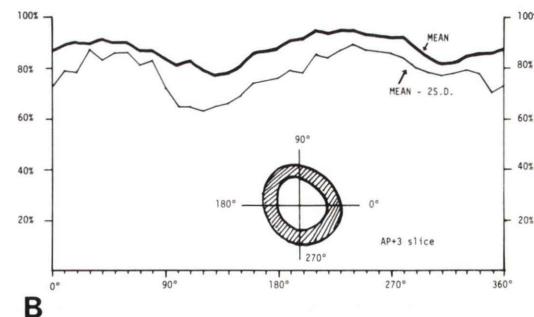
**Fig. 1** Normal transaxial tomography of the heart, displayed with 8 colors. Myocardium was shown to ring shape in the middleheart section (AP+3), and horse-shoe shape in the base of the heart (AP+4). Slices are oriented as though viewer is looking from above.

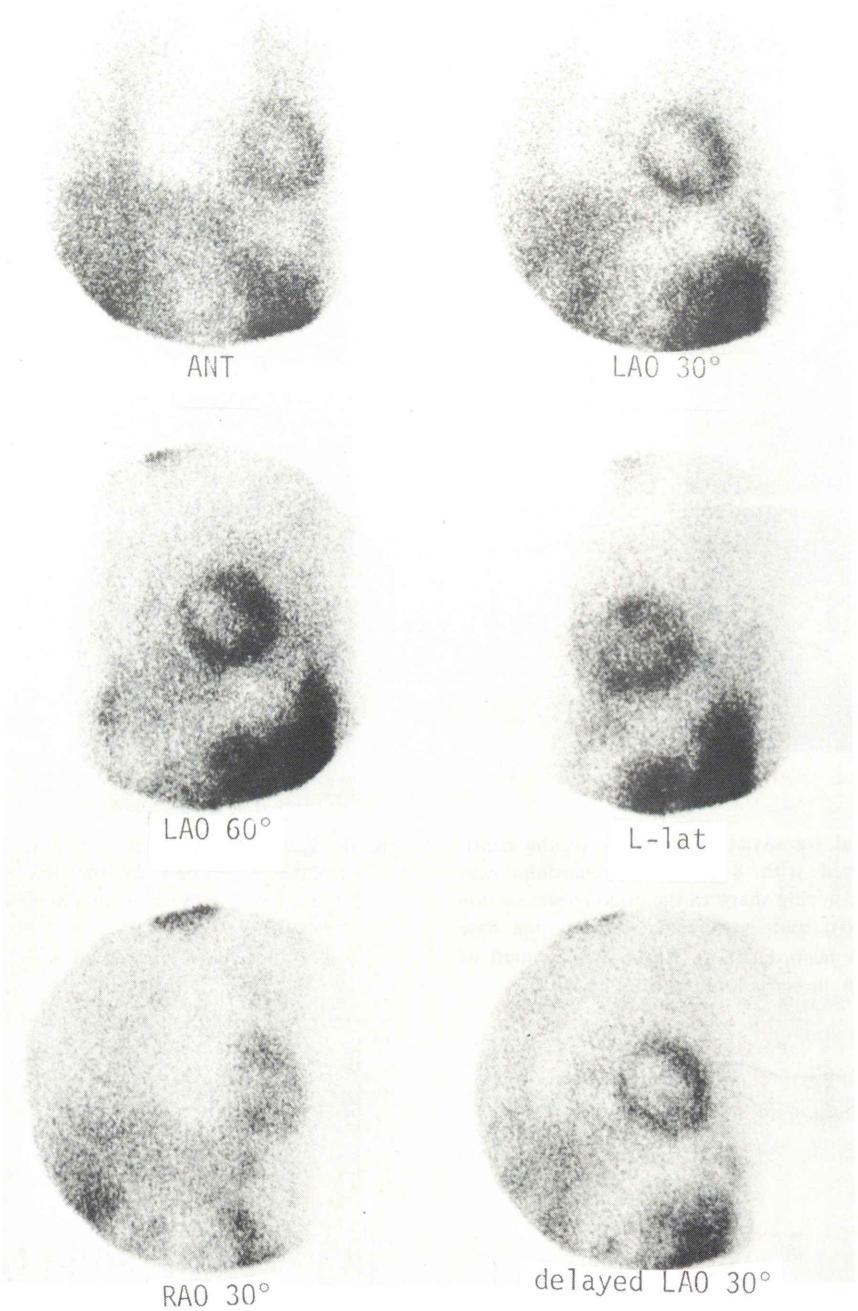


**Fig. 4** Transaxial perfusion tomography in the same case. Dilatation of the left ventricle, and decreased activity of the anteroseptal wall was shown.

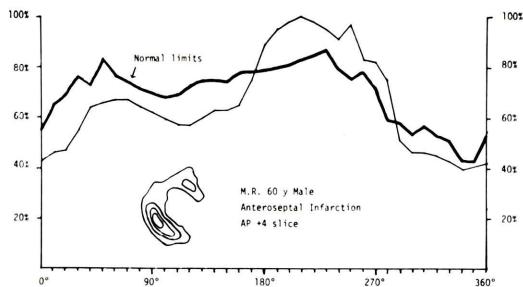


**Fig. 2** Normal circumferential profile curve measured along radii constructed from the center of the left ventricle to each point on the left ventricle circumference. Mean thallium profile curves and  $\pm 2$  standard deviations of 8 normal heart patients.  
A) AP+4 cm slice   B) AP+3 cm slice





**Fig. 3** Case 1, 60 years male, old myocardial infarction. By conventional  $\gamma$ -camera images, anterolateral wall defect was shown in the L-lateral view, and anteroseptal low activity was pointed in the LAO 30° view.



**Fig. 5** Circumferential profile curve of the same case. In the slice of AP + 4 cm, activity failed below normal limit from 0° to 170°, and from 290° to 360° corresponded to the low perfusion.

スキャン用剤として最もよく使用される核種となつた。しかし、投与された量の5%程度しか心筋に集積せず、background activityはかなり高く、コントラストが充分でないこと、また、中空臓器である心臓のRI分布をガンマカメラで撮影した場合には接線方向の分布状態の評価にとどまるという欠点があつた。

コントラストの改善のために画像をデジタル化して、適当な background subtractionを行なつたり<sup>3)</sup>、カラー表示によって心膜下梗塞の診断率を向上できたという報告もあるが、RI分布の重なりを避けることができないために、断層撮影による評価に期待がかけられている。

RIを用いた断層法には大別して2つのものがある。1つはPHO/CONで代表されるぼかし断層法であり、最近は、7ピンホールコメリータによる心筋断層撮影が話題となっている<sup>8)</sup>。もう1つは、投影データから数学的処理によって横断断層像を再構成する、いわゆる computed tomography の方法である。後者はさらに陽電子放出核種を用いる positron ECT と、通常の核医学に用いるγ線放出核種を用いる single photon ECT に分けることができる。

Positron ECT を用いて<sup>11</sup>C-palmitate<sup>9)</sup>や<sup>13</sup>NH<sub>3</sub>での心筋断層像が報告されているが、院内サイクロトロンの設置と、短半減期核種の迅速標識システムの確立を要するという問題があり、一般臨床利用の障害となつてゐる。

Single photon ECT の歴史は、古くは1963年のKuhlらの報告<sup>10)</sup>に始まり、現在では多くのメーカーで開発されるようになった。これには、スキヤナー方式とカメラ方式があるが現在までカメラ方式による<sup>201</sup>Tl 心筋断層撮影は、感度が低いために満足な情報画像が得られないようである<sup>11)</sup>。

我々の使用したスキヤナー方式のsingle photon ECT は、一断層像に10分以上必要であるが、得られた像は非常に鮮明であり、正常者全例に心筋と心内腔、肺野のactivityを区別することができた。

得られた心筋像は、リング状のものと馬蹄型のものに大別されるが、リング状のスライスでは、前壁部分の一部がlow activityになっている。これは、前壁部の動きが激しいためと考えられるが、かならずしも心電図同期によるstop motion像でなければ評価できないということではなく、正常者の示すvariationを知れば、十分臨床的評価が可能であると考えられた。馬蹄型のスライスではRIの分布はほぼ均一であり、中隔、前壁、外側壁が心内腔と明瞭に分離して描出できた。

カラーによるisocount表示にするとRI分布の変化が一層よく理解できる。カラー表示にすると階段効果が出て、形態的には眞の形を示さなくなる場合もあるが、<sup>201</sup>Tl 心筋スキャンに求められているのは、形態診断以上にRI分布mapであると考えれば、多少の形態描画を犠牲にしてもRIの分布状態を定量性のある画像として表示できるという長所を利用すべきであろう。

心筋内RI分布を量化しようという目的のためにBurowら<sup>12)</sup>の報告した“Circumferential Profile Curve”をECTにも応用してみた。カラー表示が視覚的に病変の広がりを評価できるのに対して、profileグラフは病巣の広がりを角度で表わすことができる。

陳旧性心筋梗塞が多かったために、12例の心筋梗塞のうち7例にのみガンマカメラ像で異常が指摘できたにすぎなかった。しかし、ECTではガンマカメラでnegativeであった3例を検出することができ、同時に病巣の横への広がりを正確に評

価することができた。LAOでの前壁中隔部のRIの減少の原因が、前壁中隔の小さな欠損のためなのかの鑑別が可能となった。

心筋のような中空臓器のRI分布の評価には断層撮影が有利ではあるが、今回用いたECTにもいくつかの問題点がある。検査に要する時間が長いことと、スキャナー方式では心電図との同期が困難なことである。また、single photon ECTの場合、吸収補正プログラムによっても、正確な補正是困難と考えられ、RIの絶対定量はできないという点である。

## V. 結論

Single photon ECT (Tomoscan II)を用いて<sup>201</sup>Tl chlorideの心筋断層撮影について検討した。

- 1) 正常者において心筋と心内腔、肺野は明瞭に分離して描出され、AP+3 cm のスライスではリング状に AP+4 cm のスライスでは馬蹄型に描出される。
- 2) 正常者においても AP+3 cm のスライスで前壁の一部が low activity となって見える。また AP+4 cm のスライスでは弁の位置が欠損様に見える。その他の心筋内集積は均一であり、最高countの70%以上を示した。
- 3) 12例の心筋梗塞患者では、従来のガムマカメラ像で、7例に異常を指摘できたが、ECT像では10例で欠損や集積低下を認めた。

## 文 献

- 1) Strauss HW, Harrison K, Langan JK, et al: Thallium-201 for myocardial imaging. Relation of

- thallium-201 to regional myocardial perfusion. Circulation **51**: 641-645, 1975
- 2) Wackers FJ, Sokole EB, Samson G, et al: Value and limitations of thallium-201 scintigraphy in the acute phase of myocardial infarction. New Engl J Med **295**: 1-5, 1976
- 3) Beck JW, Tatum JL, Cobb FR, et al: Myocardial perfusion imaging using thallium-201: A new algorithm for calculation of background activity. J Nucl Med **20**: 1294-1300, 1979
- 4) 分校久志: 多方向および経時的撮像<sup>201</sup>Tl 心筋スキャナーにおける画像診断に関する研究: 金沢大学十全医学会誌 **88**: 498-521, 1979
- 5) Iinuma T, Tateno Y, Umegaki Y, et al: Proposed system for ultrafast computed tomography. Computed tomography **1**: 494-499, 1977
- 6) 前田敏男, 久田欣一, 多田 明, 他: トモスキャナーIIによる横断断層シンチグラフィー 第1報: 臨床検討. 核医学 **17**: 9-17, 1980
- 7) Strauss HW, Pitt B: Cardiovascular nuclear medicine, second edition, Mosby 1979, 281-304
- 8) Vogel RA, Kirck D, LeFree M, et al: A new method of multiplanar emission tomography using a seven pinhole collimator and anger scintillation camera. J Nucl Med **19**: 648-654, 1978
- 9) Weiss ES, Ahmed SA, Welch MJ, et al: Quantification of infarction in cross sections of carrier myocardium in vivo with positron emission transaxial tomography and <sup>11</sup>C-palmitate. Circulation **55**: 66-73, 1977
- 10) Kuhl DE, Edwards RQ: Image separation radioisotopes scanning. Radiology **80**: 653-661, 1963
- 11) Burdine JA, Murphy PH, DePuey EG: Radio-nuclide computed tomography of the body using routine radiopharmaceuticals. II. clinical applications. J Nucl Med **20**: 108-114, 1979
- 12) Burow RD, Pound M, Schafer AW, et al: Circumferential profiles A new method for computer analysis of thallium-201 myocardial perfusion images. J Nucl Med **20**: 771-777, 1979

## Summary

### Single Photon Emission CT of the Myocardium with Thallium-201

Akira TADA, Toshio MAEDA, Hiroshi MATSUDA, Hisashi BUNKO,  
Norihisa TONAMI, and Kinichi HISADA

*Department of Nuclear Medicine, Kanazawa University, School of Medicine, Kanazawa*

Myocardial scintigraphy with potassium analogue of  $^{201}\text{Tl}$  is useful for the noninvasive detection of myocardial infarction, but conventional gamma camera images obtained using  $^{201}\text{Tl}$  are often less satisfactory due to the lack of information of the third dimension. Single photon emission tomography provides the solution to the problem, that superficial structure overlies deeper structures and therefore underlying abnormal activities may be concealed, by enabling transverse tomographic sections through the organ or region of interest to be obtained from the emission of gamma rays.

We used scanner type single photon emission CT, Tomogscaler II (J & P), and evaluated normal variations of radioisotope distribution in the myocardium. To decide normal variations of

activity in the myocardium, activities along radii constructed from the center of the left ventricle to each point of the left ventricle circumference were measured in 8 normal patients. Data were then displayed graphically as a circumferential profile, and mean and mean  $-2\text{S.D.}$  (nomral limit) values of each angle were determined.

Normal middle-heart section showed a ring shape and its distribution of the activity was almost more than 70% of the peak activity, but importantly, the range of normal limit in the anterior part of the wall was about 65% of the peak. The normal cardiac base section showed horse-shoe shape, and homogenous activities more than 70% of the peak was observed.

**Key words:** single photon emission CT, thallium-201, myocardial image