

《原 著》

心電図同期 99m Tc-MIBI SPECT による左室壁肥厚評価 ——Normal file の有用性——

白川 誠士* 服部 直也** 玉木 長良** 藤田 透*
矢野 慎輔* 工藤 崇** 米倉 義晴*** 小西 淳二**

要旨 99m Tc-methoxy isobutyl isonitrile (MIBI) を用いた心電図同期 SPECTにおいて、拡張末期 (ED) から収縮末期 (ES) へのカウントの増加度より左室壁肥厚評価が可能である。今回の検討は、(ES count - ED count)/ED count × 100 に基づいた % Thickening 値において正常者の左室壁肥厚評価を行った。心疾患の既往のない 20 例を対象とし、心電図同期 SPECT を 99m Tc-MIBI 600 MBq 投与 3 時間後より施行した。収集した投影データより画像再構成を行い ED, ES および % Thickening を同心円表示し normal file を作成した。血流分布では ED, ES ともに前壁から側壁にかけて高カウント域が存在し、正常者においても均一な分布は得られなかった。% Thickening についても心尖部で高値、前壁、側壁、中隔では低値を示し、区域ごとに異なる値を示した。また、男女間においても有意差が認められた。以上より、壁肥厚の定量的評価には対比する normal file 作成の必要性が示唆された。

(核医学 32: 643-650, 1995)

I. 緒 言

99m Tc-methoxy isobutyl isonitrile (MIBI)¹⁻³ は、ガンマカメラに適した物理特性 (γ 線エネルギー: 141 keV, 半減期: 6 時間) を有することから、従来の 201 Tl では行うことのできなかった種々の検査が施行できる^{4,5}。その一つに心電図同期 SPECT が挙げられる。この検査の拡張末期 (ED) から収縮末期 (ES) への部分容積効果 (Partial volume effect) によるカウントの増加から左室壁肥厚

評価が可能である⁶⁻⁸。今回、正常者における ED, ES および壁肥厚 (% Thickening) の同心円表示像より、心疾患の既往のない 20 例について normal file を作成、その傾向について評価を行った。

II. 使用機器・対象

1. 使用機器

今回の検討には、3 検出器型 SPECT 装置 PRISM3000、コリメータは LEGP とし、データ処理装置に ODYSSEY supercomputer を用いた (PICKER 社製)。

2. 対 象

対象は当院において腫瘍 99m Tc-MIBI 検査を実施した、心疾患の既往のない甲状腺癌 20 例である。内訳は男性 9 例 (平均年齢: 44.1 ± 20.2 歳), 女性 11 例 (平均年齢: 52.6 ± 13.4 歳) である。また今回の対象者の中には明らかな hypothyroidism は含まれておらず、肺転移についても事前に

* 京都大学医学部附属病院放射線部

** 同 核医学科

*** 京都大学医学部脳病態生理学講座

受付: 7 年 4 月 6 日

最終稿受付: 7 年 5 月 19 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部

白川 誠士

行った ^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 全身シンチ等で認められなかった。

III. 方 法

1. 撮像条件

安静時に $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI を 600 MBq 投与し, 3 時間後に 1 心拍を 8 等分する心電図同期 360 度収集を施行した。1 検出器につき 120 度収集, 計 360 度収集とし, 6 度ごと 20 方向, 1 方向につき 60 心拍を加算した。なお, マトリックスサイズは 64×64 (5.3 mm/pixel), 前処理フィルターにバターワース (遮断周波数: 0.25 cycles/pixel, 次数 4), 再構成フィルターには ramp を用いた。

2. 画像処理および壁肥厚 (% Thickening) の評価

画像収集データより再構成を行い, 任意に短軸像スライスをいくつか選択する。そしてそれぞれのスライスを参考に R-R 間隔 8 等分の中から, 壁肥厚の度合いを視覚的に判断し ED, ES のフレームを設定した。次に ED, ES それぞれの画像より心尖部, 心基部を別々に設定し, 各 15 スライスの同心円表示となるように補間作成した⁹。各画素ごとに壁肥厚は部分容積効果(壁が肥厚するほどカウントが増加する効果)を利用して, 次式により求めた。

$$\% \text{ Thickening} = \frac{(\text{ES count} - \text{ED count})}{\text{ED count}} \times 100$$

なお壁肥厚算出の際に, 心筋収縮時のねじれの補正を時計, 反時計方向に補正する必要性が考えられるが, 今回の検討では実施していない。

以上 ED, ES, % Thickening の 3 つの同心円表示について対象 20 例より normal file を作成した。同心円上, 左室心筋を 5 つ(心尖部, 前壁, 側壁, 中隔, 下壁)の区域に分けて, 局所上の差があるかどうかを検討した。なお, 数値はすべて平均 \pm SD で表示し, 有意差検定には分散分析を用いて危険率 5% 未満を有意差ありと判定した。

IV. 結 果

Fig. 1 に男性の normal file を示す。ED, ES およ

び % Thickening のそれぞれの同心円表示を最高値を 100% として相対表示した。ただし normal file の値および患者間の対比は絶対値で評価を行った。ED, ES においてはともに前壁から側壁間に高カウント域が存在した。

次に男性の % Thickening は心尖部 ($46.6 \pm 11.9\%$) で比較的壁肥厚が強く, 前壁 ($34.8 \pm 10.7\%$), 側壁 ($36.5 \pm 10.7\%$) にかけて低下した。特に心尖部と前壁および心尖部と側壁において危険率 1% 以下の有意差が認められた (Fig. 2)。女性の normal file (Fig. 3) については, ED, ES で前壁, 側壁が高いこと, % Thickening では心尖部 ($51.3 \pm 16.6\%$) が高値, 前壁 ($43.8 \pm 12.6\%$) で低値を示すことなど男性とほぼ同じ傾向にあった。しかし女性の場合, 側壁 ($48.8 \pm 13.3\%$) は低値を示しておらず, 中隔 ($39.6 \pm 12.5\%$) が最も低下していた。女性の normal file においても, 区域別の比較を行うと男性と同様にバラツキがみられ, 心尖部と中隔間で有意差が認められた (Fig. 4)。またすべての区域での平均の % Thickening 値の男女差を比較してみると, 男性と比較して女性の方が高く, 男性 $39.8 \pm 8.6\%$, 女性 $46.2 \pm 11.3\%$ と有意に高値を示した (Fig. 5)。

【症例呈示】

症例 1: 正常例

33 歳, 女性, 甲状腺癌で, normal file の中には含まれていない症例である。短軸像において, 前壁から側壁にかけて高カウント域があり, 均一な分布が得られていないことがわかる (Fig. 6(A))。また壁肥厚については, この短軸像上で見ても ES 像でよく肥厚しており良好なことが示唆される。

Fig. 6 (B) に同一症例の ED, ES, % Thickening の同心円表示, および normal file と対比したものを示す。ED, ES の同心円表示は, 共に前壁から側壁にかけて高カウント域の存在が認められる。% Thickening では心尖部で高値を示し, 相対表示のため側壁と下壁の一部で低下しているように見えるが, これを normal file と対比すると平均 \pm SD 以内に納まって血流, % Thickening ともに正

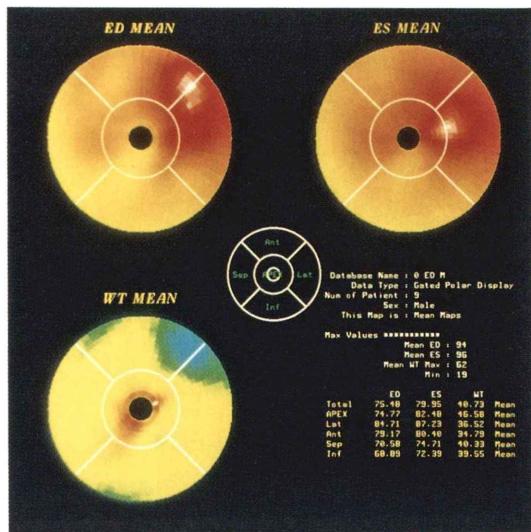


Fig. 1

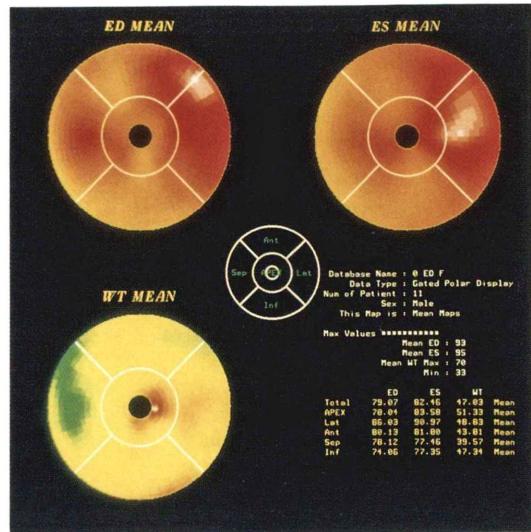


Fig. 3

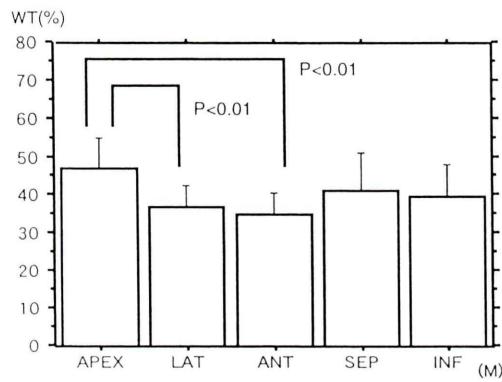


Fig. 2

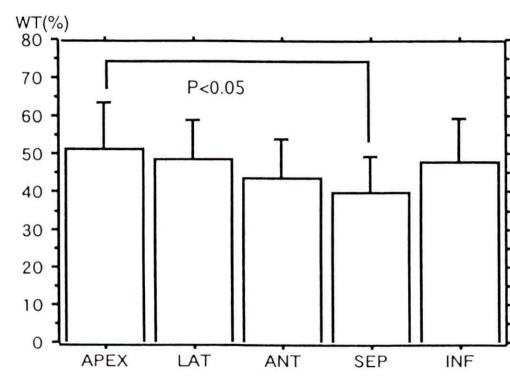


Fig. 4

Fig. 1 Normal file (Male)

Mean perfusion maps at end-diastole (ED MEAN) and end-systole (ES MEAN) (top) and mean % thickening map (WT MEAN) (bottom) in normal male subjects.

Fig. 2 % Thickening in each myocardial segment in normal male subjects. (LAT: lateral region, ANT: anterior region, SEP: septal region, INF: inferior region)

Fig. 3 Normal file (Female)

Mean perfusion maps at end-diastole (ED MEAN) and end-systole (ES MEAN) (top) and mean % thickening map (WT MEAN) (bottom) in normal female subjects.

Fig. 4 % Thickening in each myocardial segment in normal female subjects.

Fig. 5 Comparison of regional % thickening between male and female subjects.

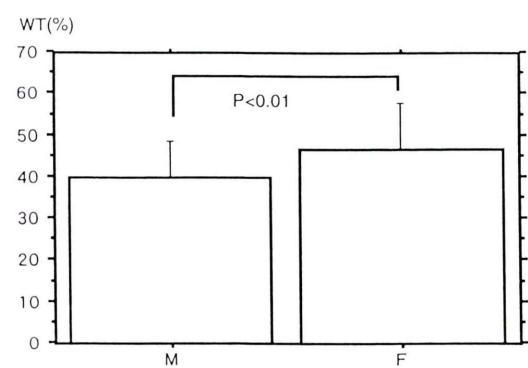


Fig. 5

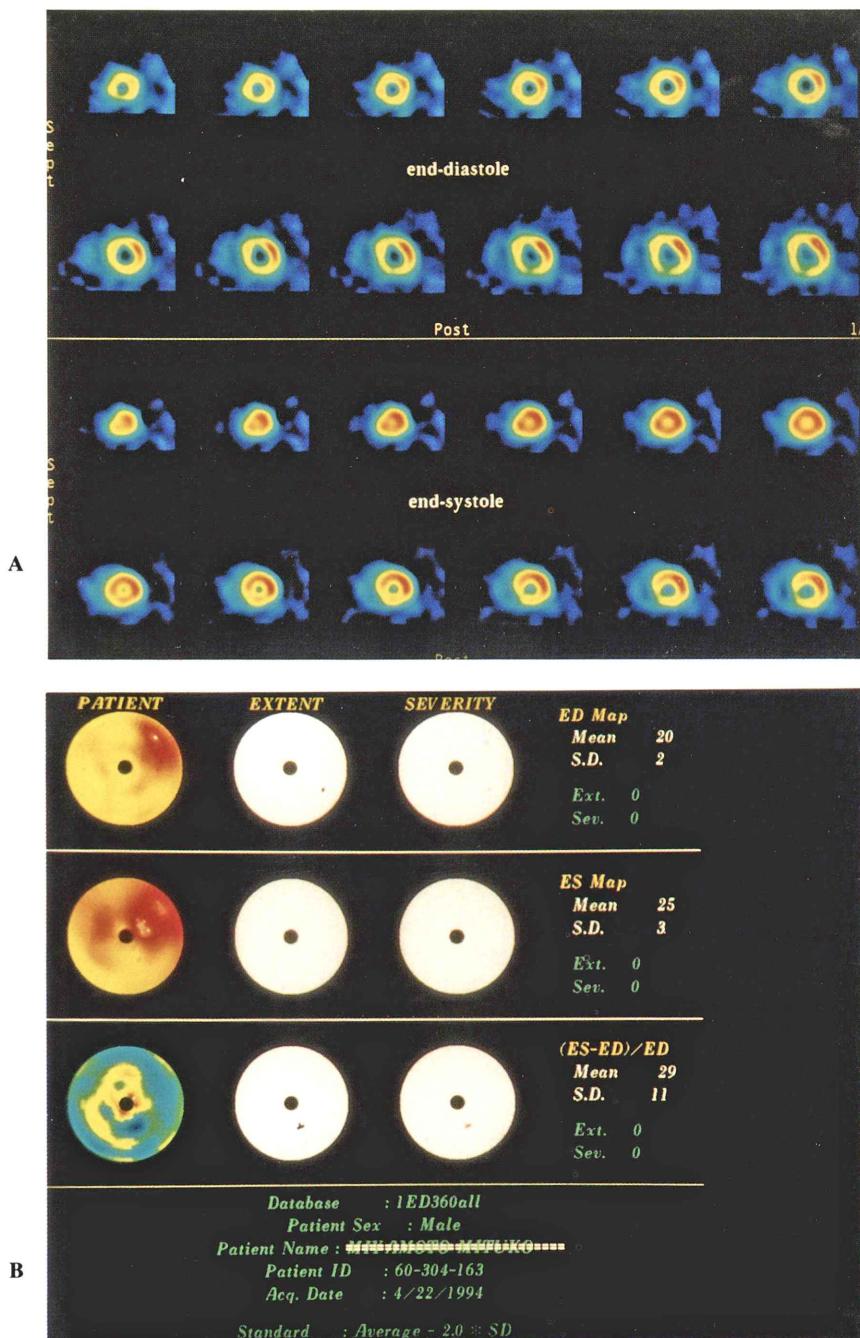


Fig. 6 (A) Case 1. Normal subject. 33-year-old female: Short axial slices at end-diastole (ED) (top) and end-systole (ES) (bottom) in gated SPECT.
(B) ED (top left), ES (middle left) perfusion and % thickening (bottom left) maps, and the extent (middle) and severity (right) maps of each image based on the comparison with normal files.

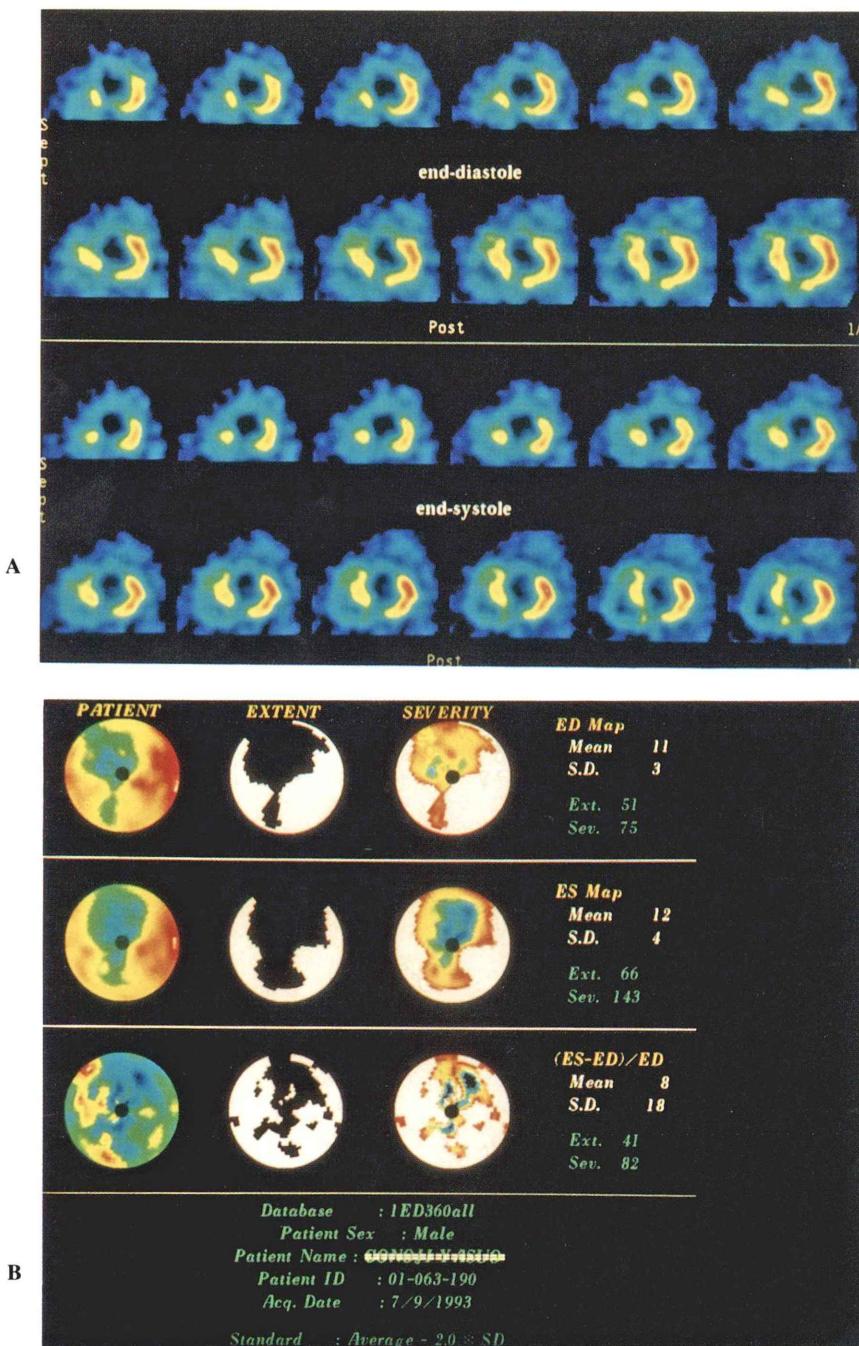


Fig. 7 (A) Case 2. Hypertrophic cardiomyopathy. 45-year-old male: Short axial slices at end-diastole (ED) (top) and end-systole (ES) (bottom) in gated SPECT.
(B) ED (top left), ES (middle left) perfusion and % thickening (bottom left) maps, and the extent (middle) and severity (right) maps of each image based on the comparison with normal files.

常範囲内であると考えられる。

症例2：肥大型心筋症例

45歳、男性、肥大型心筋症の短軸像を示す(Fig. 7(A))。前壁から中隔にかけて、また下壁にも欠損が認められる。壁肥厚についてはED、ES像を比較してみてもカウントの増加はほとんどなく、壁収縮が明らかに低下していることが考えられる。

次にED、ES、% Thickeningの同心円表示およびnormal fileとの対比を示す(Fig. 7(B))。ED、ESともに前壁から中隔および下壁に欠損が存在し、% Thickeningも低下していた。これをnormal fileと比較するとかなり広い範囲でブラックアウトされ、前壁、下壁にて血流および% Thickening低下が確認できる。

V. 考 察

1. 壁肥厚の定量的解析

1992年より臨床に使用されはじめた心筋血流製剤^{99m}Tc-MIBIは、ガンマカメラに適した優れた物理特性を示し、情報量の多い画像が得られる。このことより従来の²⁰¹Tlでは行っていなかった心電図同期SPECTが施行でき、部分容積効果を応用してEDからESへのカウントの増加率より心筋壁肥厚評価が可能となった¹⁰⁾。本来、部分容積効果は定量性を劣化させる最も根本的な因子である。特にRI画像においては解像力が低いため、他の医用画像に比しその影響は大きい。本法は部分容積効果の影響の一つ、小さな被験体(RI分布)では解像力の低さから、真のRI濃度より小さな値になることを逆に利用した。つまり、ES時に壁が肥厚するほど大きなRI分布となり、実際にはRI濃度に変化はないがED時よりカウント数は上昇する。そのEDからESへのカウントの変化より壁肥厚を評価した。

心電図同期SPECTについては、1心拍を8~16分割にして行われている。今回は統計的誤差を少なくするとともにデータ処理時間を短縮するために1心拍を8等分にして実施した¹¹⁾。収集に関しては被験者間で心拍数にあまり差がなかった

ため、一律1方向につき60心拍を行った。しかし心拍の速い被験者には、情報量が少なくなるため心拍数を増やすなどの考慮が必要である。

結果に示すED、ES時の同心円表示および短軸像のとおり、正常者においても均一な血流分布は得られていない。従来の非同期SPECTに比し壁運動からの影響が少ないために、心筋本来の異なる厚みの壁による部分容積効果が出てきているものと考えられる。このように血流イメージにおいても、心電図同期SPECTで得られる正常者の血流分布を十分認識するためにnormal fileの必要性が示唆される。

2. 正常例の壁肥厚(% Thickening値)の評価

これまで壁肥厚(% Thickening値)におけるnormal fileの報告は皆無であった。今回は正常者20例を対象として検討を行い、% Thickening値は心尖部で高値、前壁、側壁、中隔で低値を示し、男女間でも有意差があると認められた。臨床検査に用いるためには、血流分布とともに対比する% Thickeningの男女別normal fileが必要と考えられる。女性の方が% Thickening値が高い原因として、詳細は不明である。しかし²⁰¹Tlシンチでも女性の方が血流が高い報告もあり^{12,13)}、それに伴って収縮もよい可能性が考えられる。また検査時に女性の方がより緊張状態に陥っていたことも原因の一つとして考えられるが、いずれにしろ断言はできない。次に男女間の局所差は、呼吸方式の差により男女間でねじれが異なり、それによる影響さらには男女間の体内での吸収の差が考えられる。今回使用したソフトウェアにおいてもねじれの補正は可能であるが、心筋のねじれ方向、その度合いが局所ごとに違うため全体を時計、反時計方向に画像上で補正することは大きな混乱を招く。今回はねじれの影響を最小限にするため、心筋を大きく5区域に分けた。今後マトリックスごとにねじれの方向、度合いが認識可能となれば、さらに細分割し評価できる。

3. 今後の課題

壁肥厚の評価法について、今回の検討に用いた% Thickening法にも問題がある。虚血、梗塞に

よってカウントの著しく減少している部分においては、誤差が非常に大きくなる。そこで分母を ED カウントに代わる ED_{max} ¹⁴⁾などの標準の数値を用いた、新しい壁肥厚の評価法が必要と考えられる。また、今回 ED, ES, % Thickening 値の同心円表示をプログラムの関係で相対表示で表している。しかし今後、散乱、吸収補正によって SPECT の定量性が向上すれば、これらの値はより意味を持つものとなり、絶対値表示で容易に比較評価が可能となる。

VI. 結 論

1) 99m Tc-MIBI を用いた心電図同期 SPECT を健常人 20 例にて施行した。局所壁肥厚を定量的に評価するため % Thickening の算出を行い、同心円上で normal file を作成しその特徴を検討した。

2) ED, ES の血流分布、% Thickening 値は局所ごとおよび男女間で有意差が認められ、対比する normal file の必要性が示唆された。

文 献

- Deutsch E, Vanderheyden JL, Gerundini P, Libson K, Hirth W, Colombo F, et al: Development of non-reducible technetium-99m(III)cations as myocardial perfusion imaging agents: Initial experience in humans. *J Nucl Med* **28**: 1870-1880, 1987
- Wackers FJT, Berman DS, Maddahi J, Watson DD, Beller GA, Strauss HW, et al: Technetium-99m hexakis 2-methoxyisobutyl isonitrile: Human biodistribution, dosimetry, safety, and preliminary comparison to thallium-201 for myocardial perfusion imaging. *J Nucl Med* **30**: 301-311, 1989
- Hassan IM, Mohammed MM, Constantinides C, Sadek S, Nair M, Belani N, et al: Segmental analysis of SPECT 99m Tc methoxy isobutyl isonitrile and 201 Tl myocardial imaging in ischaemic heart disease. *Eur J Nucl Med* **16**: 705-711, 1990
- Boucher CA, Wackers FJT, Zaret BL, Mena IG: Technetium-99m sestamibi myocardial imaging at rest for assessment of myocardial infarction and firstpass. *Am J Cardiol* **69**: 22-27, 1992
- Villanueva-Meyer J, Mena I, Narahara KA: Simultaneous assessment of left ventricular wall motion and myocardial perfusion with technetium- 99m -methoxy isobutyl isonitrile at stress and rest in patients with angina: comparison with thallium-201 SPECT. *J Nucl Med* **31**: 457-463, 1990
- 岡山憲一, 倉田千弘, 俵原 敬, 田口貴久, 青島重幸, 小林 明, 他: 陳旧性心筋梗塞における 99m Tc-methoxy-isobutyl-isonitrile (MIBI) による心電図同期心筋 SPECT の有用性とその限界. *核医学* **29**: 1331-1338, 1992
- 今井嘉門, 荒木康史, 斎藤 頴, 小沢友紀雄, 八杉忠男, 鎌田力三郎: 99m Tc-methoxy-isobutyl-isonitrile (MIBI) を用いての心拍同期 SPECT による左室壁運動異常の検出. *核医学* **30**: 323-330, 1993
- 杉原秀樹, 玉木長良, 野澤真人, 稲本康彦, 谷口義光, 仲口孝浩, 他: 単検出器型ガンマカメラを用いた心電図同期 99m Tc-MIBI SPECT による左室壁カウントの評価. *核医学* **31**: 1201-1208, 1994
- 汲田伸一郎, 墩崎達夫: 99m Tc-MIBI 心拍同期心筋シンチグラフィを用いた心機能解析 map の開発——三検出器型ガンマカメラシステムによる臨床応用——. *核医学* **31**: 43-52, 1994
- Hoffman EJ, Huans SC, Phelps ME: Quantitation in positron emission tomography: 1. effect of object size. *J Comput Assist Tomogr* **3**: 299-308, 1979
- Cooke CD, Garcia EV, Cullom SJ, Faber TL, Pettigrew RI: Determining the accuracy of calculating systolic wall thickening using a fast Fourier transform approximation: A simulation study based on canine and patient data. *J Nucl Med* **35**: 1185-1192, 1994
- 玉木長良, 幸田秀樹, 安達幸秀, 杉原隆夫, 加藤美保子, 田仲信幸, 他: 運動負荷心筋スキャンにおけるタリウム分布の男女差——(第1報) 健常例での検討——. *核医学* **25**: 1345-1351, 1988
- Rabinovitch M, Suissa S, Elstein J, Staniloff H, Tang A, Rush C, et al: Sex-specific criteria for interpretation of thallium-201 myocardial uptake and washout studies. *J Nucl Med* **27**: 1837-1841, 1986
- Hattori N, Tamaki N, Shirakawa S, Kudoh T, Tateno M, Tadamura E, et al: Quantitative analysis of regional wall thickening by $Tc-99m$ MIBI gated SPECT: Comparison with regional wall motion. *J Nucl Cardiology* **2**: S109, 1995

Summary

Assessment of Left Ventricular Wall Thickening with Gated 99m Tc-MIBI SPECT —Value of Normal File—

Seiji SHIRAKAWA*, Naoya HATTORI**, Nagara TAMAKI**, Toru FUJITA*, Shinsuke YANO*,
Takashi KUDO***, Yoshiharu YONEKURA*** and Junji KONISHI**

*Department of Radiology, **Department of Nuclear Medicine, ***Department of Brain Pathophysiology,
Kyoto University Faculty of Medicine

The wall thickening was assessed by regional count increase from end-diastole (ED) to end-systole (ES) in gated 99m Tc-MIBI SPECT. The wall thickening index was calculated as (ES count - ED count)/ED count \times 100 (% thickening).

Gated SPECT was performed three hours after injection of 600 MBq of 99m Tc-MIBI in 20 normal subjects to create normal files (ED, ES perfusion maps and % thickening map). In normal ED and ES perfusion maps, distribution in anterior and lateral regions were higher than other regions, indicating heteroge-

neous perfusion.

In addition, the % thickening in apex was higher than anterior and lateral and septal regions, suggesting heterogeneous % thickening in normal subjects.

Furthermore, the % thickening was different between male and female. We conclude that quantitative analysis of regional thickening can be performed by gated 99m Tc-MIBI SPECT with normal files.

Key words: 99m Tc-MIBI, Gated SPECT, % Thickening, Normal file.