

各心筋製剤における典型正常例と注意すべき正常例

—心臓核医学ワーキンググループ共同研究報告—

大嶽 達*1	佐々木康人*1	濱田 希臣*2	坂本 貴昭*3
神原 啓文*3	西村 恒彦*4	中嶋 憲一*5	工藤 崇*6
小西 淳二*6	橋本 順*7	桑原 洋一*8	増田 善昭*8
鯉坂 隆一*9	杉下 靖郎*9	村田 啓*10	玉木 長良*11
清水 啓之*12	中野 起*12		

要旨 世界心臓核医学会の日本側の受け皿として作られた心臓核医学ワーキンググループ(日本循環器学会と日本核医学会の共同)の研究活動のひとつとして、各心筋製剤の典型正常例と注意すべき正常例についてまとめた。11施設から、典型正常例として TI 16例、BMIPP 14例、MIBG 8例、MIBI 8例、tetrofosmin 14例、注意すべき症例として TI 12例、BMIPP 5例、MIBG 12例、MIBI 10例、tetrofosmin 5例を提示してもらい、各施設の撮像条件のちがいを集計し、注意すべき症例についても分類して集計した。さらに撮像条件や、注意すべき症例の異常例との区別のしかたについて、文献的に考察した。MIBGは他の製剤と比べ、典型正常例、注意すべき正常例が異なるが、他の4製剤は横隔膜や女性乳房の吸収による減弱や心尖菲薄など注意すべき正常例はほぼ同様の傾向であった。

(核医学 34: 837-849, 1997)

I. はじめに

世界心臓核医学会の日本側の受け皿として、日本循環器学会と日本核医学会の協力により、心臓核医学ワーキンググループが作られた。ワーキン

ググループの活動として、日本循環器学会と日本核医学会において講演会を行っている。また、心臓核医学臨床に貢献する研究活動のひとつとして、心筋シンチグラムの正常像の研究を行うことになった。その中間報告として、各心筋製剤における典型正常例と注意すべき正常例について日本核医学会で報告し、それを論文として提示することとした。

核医学専門医のいない病院では、心臓核医学の撮像の条件や、フィルム焼き付けの条件などに苦労する場合があると思われる。また、読影の際にも、正常と軽度異常の区別がつきにくい場合もある。また、新しい心筋製剤が増え、それがさらに複雑になっている。そこで、心臓核医学を熱心に行っている施設から症例を提供してもらい、各製剤ごとの撮像条件や、適当なフィルム焼き付け条件を示し、また注意すべき正常例も提示することとした。

本論文は1996年核医学会総会心臓核医学ワーキンググループ講演会での発表をもとに作成された。

*1 東京大学医学部放射線科, *2 愛媛大学医学部第二内科, *3 大阪赤十字病院心臓血管センター心臓内科, *4 大阪大学医学部トレーサ情報解析学, *5 金沢大学医学部核医学科, *6 京都大学医学部核医学科, *7 慶應義塾大学医学部放射線治療核医学科, *8 千葉大学医学部第三内科, *9 筑波大学臨床医学系内科, *10 虎の門病院核医学科, *11 北海道大学医学部核医学科, *12 三重大学医学部第一内科

受付: 9年5月12日

最終稿受付: 9年7月16日

別刷請求先: 東京都文京区本郷 7-3-1 (☎ 113)

東京大学医学部附属病院放射線科

大 嶽 達

Table 1 Case card

1. Category	(1) typical normal (2) normal like abnormal
2. Radiopharmaceutical and injected dose	(1) $^{201}\text{TlCl}$ (2) $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$ (3) $^{99\text{m}}\text{Tc-Tetrofosmin}$ (4) $^{123}\text{I-BMIPP}$ (5) $^{123}\text{I-MIBG}$ injected dose (MBq)
3. Patient	(1) initial (2) age (3) sex (4) height (cm) weight (kg)
4. condition of examination	(1) rest (2) stress (exercise, drug) (3) injection within 2 hour or 3-6 hour or more than 6 hour after meal (4) early data acquisition x minutes after injection delayed data acquisition y minutes after injection or after reinjection
5. gammacamera maker type year	(1) head 1 or 2 or 3 or 4 or ring (2) kind of collimator LEAP or LEHR or other
6. data processing computer	
7. condition of data acquisition	(1) gate no or yes (2) gamma camera rotation 360° or 180° or 120° or 90° or 0 (ring) (3) data acquisition 180° or 360° or others (4) energy window dual no or yes (1) % (keV) (2) % (keV) (5) projection (1) step x projection, every y degree (2) continuous x projection (6) data acquisition time total x minutes (7) attenuation correction no or yes (8) scatter correction no or yes (9) pre filter (10) reconstruction filter (11) planar data added or no x minutes after injection

II. 方法および対象

題に示す施設に各心筋製剤ごとの典型正常例と注意すべき正常例を送ってもらい、Table 1 に示す撮像条件のシートを添付してもらった。各心筋製剤ごとの典型正常例の症例数、年齢と注意すべき正常例の症例数、年齢を Table 2 に示す。

撮像条件のシートの項目に沿って、各心筋製剤ごとに各施設で行われている撮像条件を集計した。各製剤ごとに典型正常例を 1 例ずつ提示した。

注意すべき正常例についてどのような症例が提示されたか、各製剤ごとに集計した。また、それぞれ症例提示した。

III. 結果

^{201}Tl (TI) 心筋 SPECT の撮像条件

静注は食後 6 時間以後が 7 施設、3-6 時間後が 2 施設であった。

全施設で早期像は静注 5-20 分後に撮像され、後期像は静注 180-240 分後に撮像されていた。ルーチンで早期再静注を行っている施設が 1 施設だけあった。単なる冠動脈病変診断では、再静注はあまり行わない施設が大部分であった。コリメータは低エネルギー汎用型 (low energy general purpose, LEGP) が 2 施設と、低エネルギー高分解能型 (low energy high resolution, LEHR) が 7 施設であった。

ガンマカメラの検出器数は 1 から 3 であったが、3 検出器が 4 施設、2 検出器直交型が 1 施設、2 検出器対向型が 1 施設、1 検出器が 4 施設であった (1 施設で 2 種類使用)。1 検出器と 2 検出器直角型では 180 度収集法が用いられ、2 検出器対向型と 3 検出器型では、すべて 360 度収集法が用いられていた。ステップ回転を用いている施設が多いが、連続回転を用いている施設も 2 施設ある。

すべての施設がエネルギーピークは 70-75 keV、エネルギーウィンドウは 15-25% の 1 ピークを用いていた。データ収集時間は 10-25 分が多く、10 分は 2 検出器直角型と 3 検出器の施設であったが、1 検出器の場合はデータ収集時間を 30 分以上かけている施設も 1 施設のみあった。

画像再構成の前処理フィルターは Hanning, Butterworth, low pass が用いられ、再構成フィルターは ramp または Shepp and Logan が用いられていた。カットオフ周波数調整の一般的な考え方としては、カットオフ値を高値にする (すなわち画像はよりシャープになるがノイズも多くなる) 条件は、投与量が多いこと、収集時間が長いこと、心筋の取り込みが多いこと、である。各施設で、ノイズが多くならない範囲で画像がシャープに

Table 2 Case number

	Typical normal		Normal like abnormal	
	Number (male, female)	Age	Number (male, female)	Age
Tl	16 (10, 6)	52.8±21.6	12 (10, 2)	57.6±15.3
BMIPP	14 (10, 4)	59.8±14.5	5 (4, 1)	60.2±12.4
MIBG	8 (5, 3)	43.4±21.4	12 (9, 3)	49.7±15.6
MIBI	8 (5, 3)	58.1±25.9	10 (3, 7)	58.4±20.7
Tetrofosmin	14 (9, 5)	59.4±15.6	5 (4, 1)	59.0±18.8

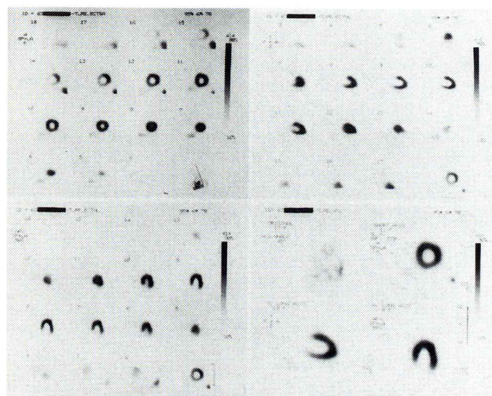
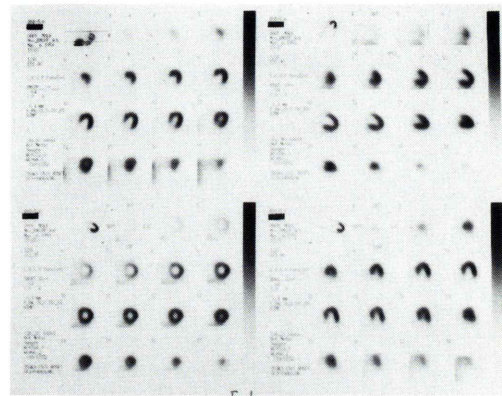
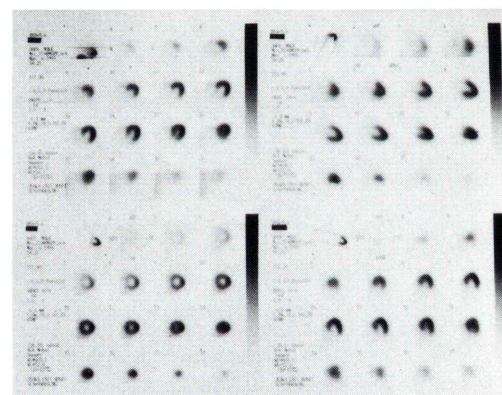


Fig. 1 Thallium SPECT of typical normal 63-year old female case. 111 MBq of Thallium was injected 3–6 hours after meal at rest. SPECT data was acquired 15 minutes after thallium injection by single headed camera with LEHR collimator in 16 minutes 180 degree data sampling.



a



b

Fig. 2 BMIPP SPECT of typical normal 34-year old male case. 111 MBq of Iodine-123 BMIPP was injected at rest. SPECT data was acquired 20 minutes (early image, a) and 240 minutes (delayed image, b) after injection by three headed camera with LEGP collimator in 20 minutes 360 degree data sampling.

なる適切なカットオフ値を設定する必要がある。

¹²³I-beta-methyliodophenylpentadecanoic acid (BMIPP) 心筋 SPECT の撮像条件

静注は食後 3–6 時間が 2 施設, 6 時間以後 5 施設, 記載なしが 1 施設であった。全施設で, 安静時に 111–148 MBq 静注されていた。

1 施設を除き, 早期像は 15–30 分後に撮像されていた。その施設では 60 分後に撮像されていた。後期像は 3 施設では撮像されておらず, 他の 5 施設では 180–240 分後に撮像されていた。BMIPP の washout については, 機序が必ずしも明らかになっておらず, 後期像の解釈はいまだに難しい面もある。

撮像のエネルギーピークは 159–160 keV, エネ

ルギーウィンドウは 20–24% であった。他の撮像条件はタリウムとほぼ同じである。ガンマカメラの検出器数は 1 から 3 であったが, 3 検出器が 4

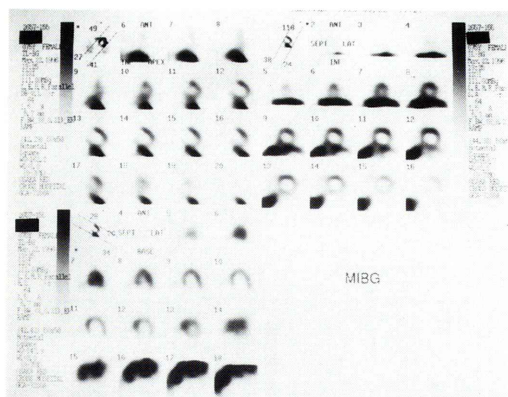


Fig. 3 MIBG SPECT of typical normal 75-year old female case. 111 MBq of Iodine-123 MIBG was injected more 3–6 hours after meal at rest. SPECT data was acquired 120 minutes after injection by two headed camera with LEHR collimator in 17 minutes 360 degree data sampling.

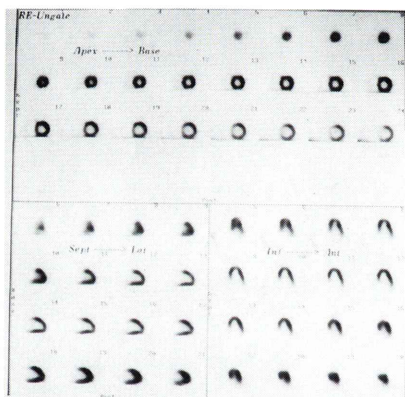
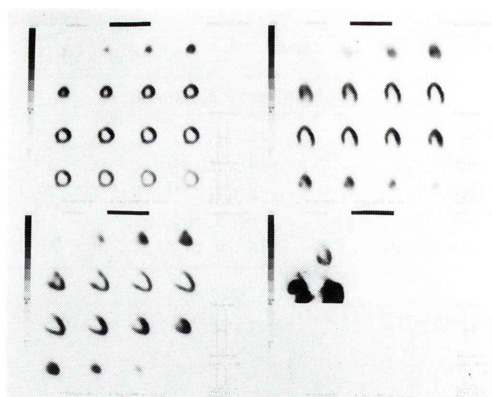
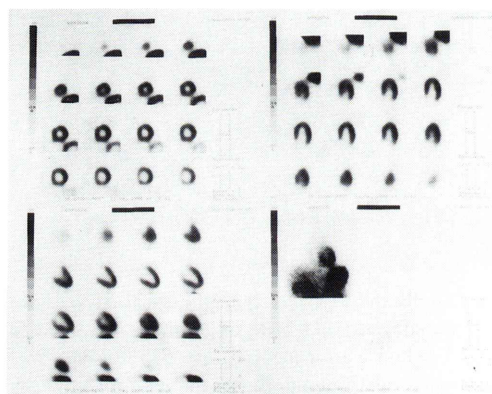


Fig. 4 MIBI SPECT of typical normal 68-year old male case. 555 MBq of Technetium-99m MIBI was injected within 2 hours after meal at rest. SPECT data was acquired 60 minutes after injection by three headed camera with LEGP collimator in 20 minutes 360 degree data sampling.

施設, 2 検出器直交型が 1 施設, 2 検出器対向型が 1 施設, 1 検出器が 3 施設であった (1 施設で 2 種類使用), コリメータは LEGP が 3 施設, LEHR が 5 施設である. 連続回転は 2 施設. 収集時間は 10–25 分. 他はタリウムと同じである.



a



b

Fig. 5 Tetrofosmin SPECT of typical normal 66-year old male case. Technetium-99m Tetrofosmin was injected within 2 hours after meal at exercise (a) and rest (b) in the other day. SPECT data was acquired 60 minutes after injection by two headed camera with LEGP collimator in 10 minutes 180 degree data sampling.

¹²³I-metaiodobenzylguanidine (MIBG) の撮像条件

静注は食後 3–6 時間が 5 施設, 6 時間以後が 5 施設と半々であった. 食事が交感神経緊張状態に影響する可能性があると考えられているようである. 三環系抗うつ薬やレセルピンの投与は中止する. 全施設で安静時に 111 MBq 静注されていた.

早期像は 10–30 分後から撮像されていたが, planar 像・SPECT 像両方が 4 施設, planar のみの撮像が 2 施設, SPECT のみが 1 施設, いずれも片方のみが 1 施設, planar 像・SPECT 像いずれも

Table 3 Classification of normal like abnormal cases

	Tl	BMIPP	MIBI	Tetrofosmin
1.	5	2	0	2
2.	1	0	3	0
3.	3	1	2	1
4.	2	0	0	0
5.	0	1	0	0
6.	0	0	1	0
7.	0	0	0	0
8.	0	0	0	2
9.	0	0	2	0
10.	1	1	2	0

1. Diaphragmatic attenuation (decreased posteroinferior uptake)
2. Breast attenuation (decreased anterior uptake)
3. Apical thinning
4. Increased uptake by papillary muscle
5. Upper limb attenuation when patient cannot lift his arm
6. Artifact by patient movement
7. Artifact by inappropriate center of rotation
8. Reflow of radiopharmaceutical in bile to esophagus
9. Increased posteroinferior uptake by overlying liver uptake
10. Others

早期像をとったりとらなかつたりが2施設であった。後期像は120-300分後に撮像されており、1施設を除き、planar像とSPECT像が撮像されていた。

撮像のエネルギーピークは159-160 keV、エネルギーウィンドウは20%であった。他の撮像条件はタリウムとほぼ同じである。3検出器が7施設、2検出器対向型が1施設、2検出器直交型が1施設、1検出器が3施設で1施設は3台併用であった。コリメータはLEGPが3施設、LEHRが7施設であった。連続回転が3施設、データ収集時間は10-25分で、1施設のみ40分であった。他はタリウムと同じである。

^{99m}Tc-methoxyisobutylisonitrile (MIBI) の撮像条件

静注は食後2時間以内3施設、3-6時間1施設、3-6時間または6時間以後が2施設、不明1施設と各施設でさまざまであった。300-740 MBq静注されていた。

撮像は静注40-60分後に行われていたのが5施設

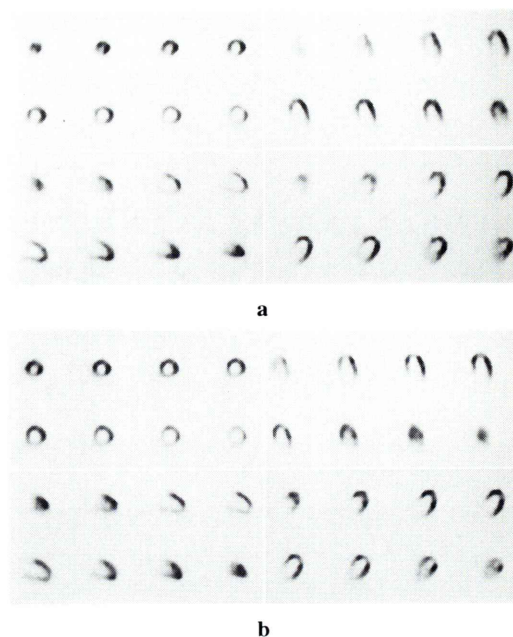


Fig. 6 Thallium SPECT of normal 62-year old male case. 74 MBq of Thallium was injected more than 6 hours after meal at exercise. SPECT data was acquired 5 minutes after thallium injection (a) and 180 minutes after reinjection (b) by single headed camera with LEGP collimator in 20 minutes 180 degree data sampling. Uptake of posteroinferior wall is slightly decreased because of diaphragmatic attenuation.

設で、2施設では150-220分後に撮像されていた。少なくとも30分以上待つ、肝の集積が胆汁へ排泄されて減弱するのを待つ必要がある。再分布は乏しいので、負荷時と安静時は別々に静注しなければならない。同一日の場合は一回目の投与量を少なくする必要がある。

撮像のエネルギーピークは140 keV、エネルギーウィンドウは15-20%であった。3検出器が4施設、2検出器対向型が1施設、1検出器が3施設(1施設が2台使用)であった。コリメータはLEGP3施設、LEHR4施設。心電図同期は行われておらず、連続回転が2施設。データ収集時間は10-20分で1施設のみ40分であった。他はタリウムと同様である。

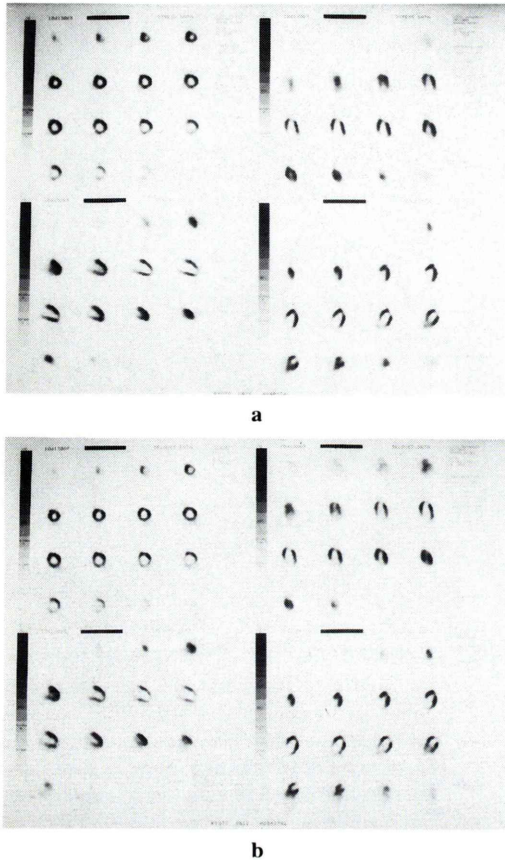


Fig. 7 Thallium SPECT of normal 60-year old male case. 74 MBq of Thallium was injected more than 6 hours after meal at exercise. SPECT data was acquired 5 minutes after thallium injection (a) and 180 minutes after reinjection (b) by dual headed cameras with LEGP collimator in 10 minutes 180 degree data sampling. Uptake of apex is slightly decreased because of apical thinning.

^{99m}Tc -tetrofosmin の撮像条件

食事と静注の関係は 2 時間以内が 3 施設, 3-6 時間が 3 施設, 6 時間以後が 1 施設であった。

撮像は静注 30-60 分後に行われていたのが 5 施設で, 1 施設では 40-150 分, 1 施設では 60-100 分であった。MIBI とまったく同様であるが, MIBI よりも肝から胆汁への排泄がやや早いともいわれている。

撮像のエネルギーピークは 140 keV, エネルギーウィンドウは 15-20% であった。3 検出器が

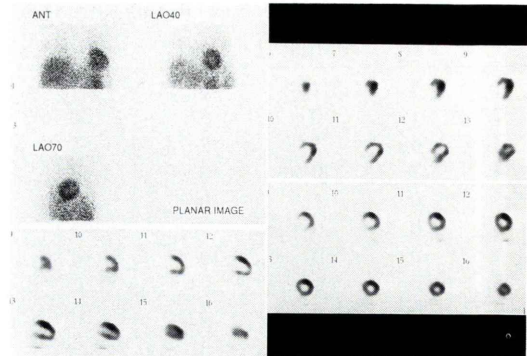


Fig. 8 Thallium SPECT of normal 74-year old male case. 111 MBq of Thallium was injected at rest. SPECT data was acquired 10 minutes after thallium injection by triple headed cameras with LEHR collimator in 10 minutes 360 degree data sampling. Uptake of anterior wall is slightly increased because of papillary muscle uptake.

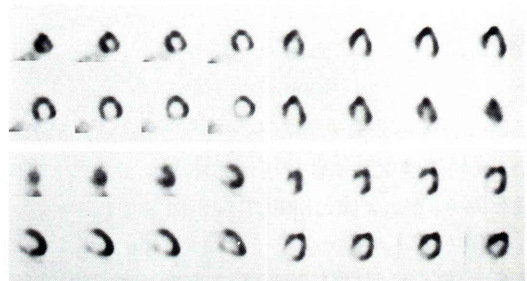


Fig. 9 BMIPP SPECT of normal 75-year old male case. 111 MBq of Iodine-123 BMIPP was injected 3-6 hours after meal at rest. SPECT data was acquired 15 minutes after injection by dual headed cameras with LEGP collimator in 10 minutes 180 degree data sampling. Uptake of lateral wall and posterior wall is slightly decreased because of arm attenuation.

5 施設, 2 検出器対向型が 1 施設, 2 検出器直交型が 1 施設, 1 検出器が 1 施設 (1 施設が 2 台使用) であった。コリメータは LEGP 2 施設, LEHR 5 施設であった。心電図同期は 2 例のみで行われていた。連続回転は 2 施設。データ収集時間は 10-21 分で 1 施設のみ 40 分であった。他はタリウムと同様である。

撮像条件は MIBI とまったく同様である。

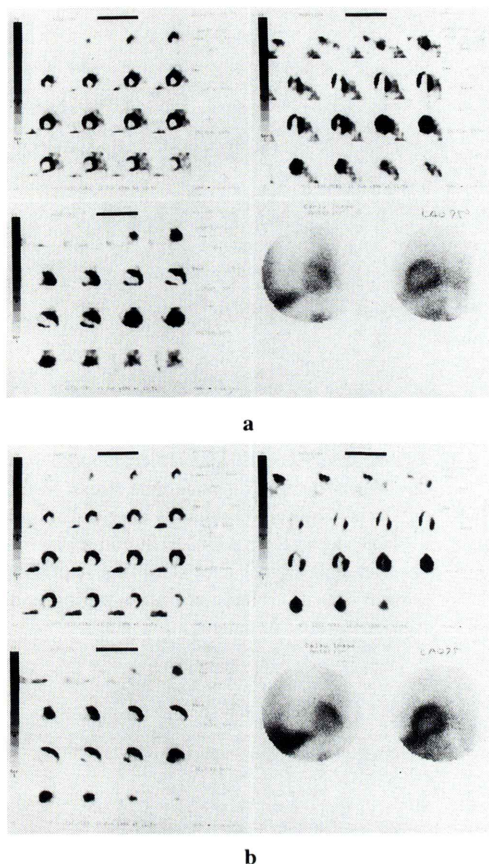


Fig. 10 MIBG SPECT of normal 66-year old male case. 111 MBq of Iodine-123 MIBG was injected 3–6 hours after meal at rest. SPECT data was acquired 15 minutes (a) and 240 minutes (b) after injection by single headed camera with LEHR collimator in 40 minutes 180 degree data sampling. Uptake of posteroinferior wall is severely decreased.

Tl の典型正常像

Fig. 1 に典型正常像を示す。各部位で均一の集積を示す。

BMIPP の典型正常像

Fig. 2 に BMIPP の典型正常像を示す。各部位で均一の集積を示す。

MIBG の典型正常像

Fig. 3 に MIBG の典型正常像を示す。正常でも後下壁の集積がやや低い傾向にある。

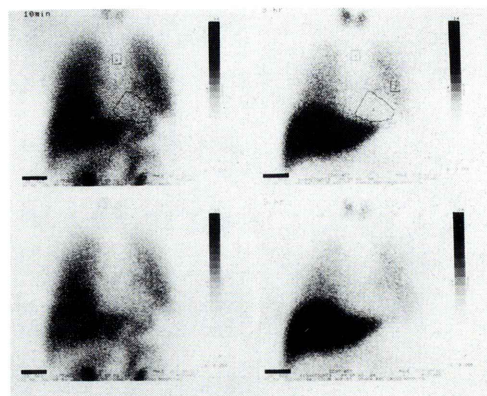


Fig. 11 MIBG SPECT of normal 55-year old male case. 111 MBq of Iodine-123 MIBG was injected 3–6 hours after meal at rest. SPECT data was acquired 10 and 180 minutes after injection by dual headed cameras with LEHR collimator in 17 minutes 360 degree data sampling. Uptake of whole myocardium is decreased in spite of normal coronary artery and normal wall motion.

MIBI の典型正常像

Fig. 4 に MIBI の典型正常像を示す。各部位で均一の集積を示す。

tetrofosmin の典型正常像

Fig. 5 に tetrofosmin の典型正常像を示す。各部位で均一の集積を示す。

Tl の注意すべき正常像

正常例でもしばしば病変と紛らわしい集積低下を示す場合がある。Table 3 に列挙して、実際の症例も提示する。その他の1例は漏斗胸による形態変化、部分的集積低下である。Fig. 6 に横隔膜などの吸収による後下壁の集積低下の症例を示す。Fig. 7 に心尖菲薄の症例を示す。Fig. 8 に乳頭筋のために前壁の集積が高い症例を示す。

BMIPP の注意すべき正常症例

Tl と同様に Table 3 に示すように正常例でもしばしば病変と紛らわしい集積低下を生じる。その他の1例は原因のわからない中隔上部から前壁の集積低下である。

しかし、 ^{123}I の γ 線のエネルギーが高いため吸

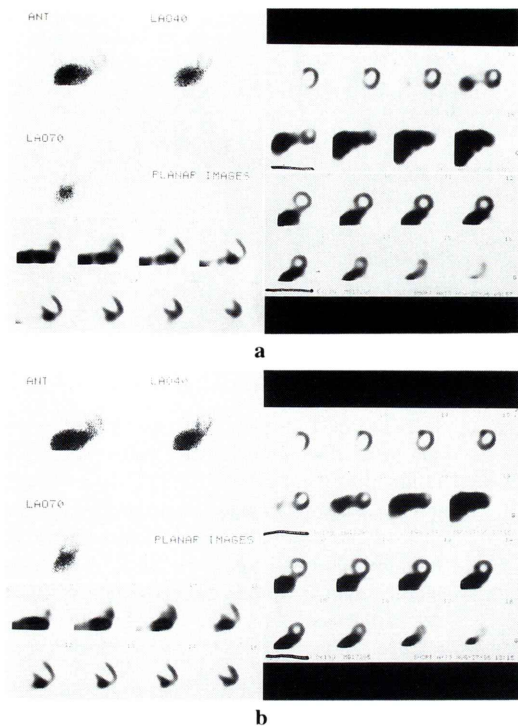


Fig. 12 MIBG SPECT of normal 21-year old male case. 111 MBq of Iodine-123 MIBG was injected more than 6 hours after meal at rest. SPECT data was acquired 20 minutes (a) and 180 minutes (b) after injection by triple headed camera with LEHR collimator in 10 minutes 360 degree data sampling. Uptake of posteroinferior wall is increased because of overlying liver uptake.

収による減弱がおこりにくいのか、TIに比べるとこのような現象は少ないようである。Fig. 9に上肢挙上不能のため上肢による吸収による側壁、後壁などの部分的集積低下のみられた症例を示す。

MIBG の注意すべき正常症例

MIBG で生じる病変と紛らわしい集積異常は、

1. 後下壁の集積低下 8 例
2. 全体の集積低下 2 例
3. 肝の集積の重なり 2 例

である。

Fig. 10 に後下壁集積低下の症例を示す。MIBG では、交感神経末端の分布自体が、後下壁で少な

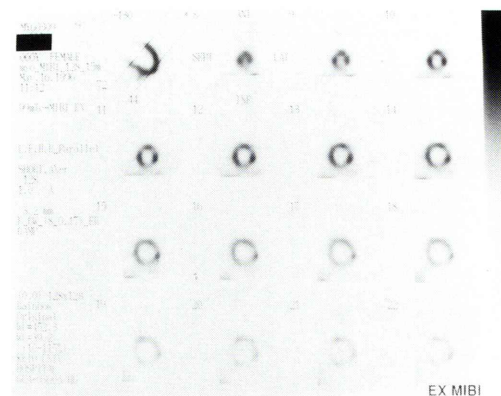


Fig. 13 MIBI SPECT of normal 81-year old male case. Technetium-99m MIBI was injected more than 6 hours after meal at dipyridamole stress. SPECT data was acquired 40 minutes after injection by triple headed camera with LEHR collimator in 15 minutes 360 degree data sampling. Uptake of several areas unrelated coronary region is decreased because of patient movement.

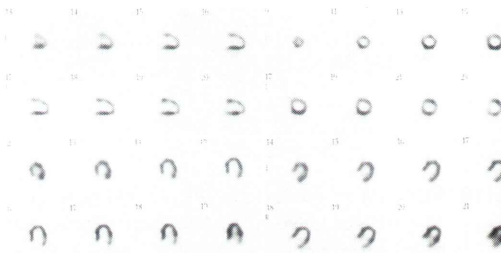
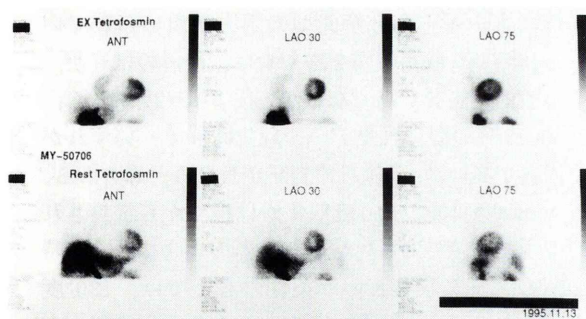
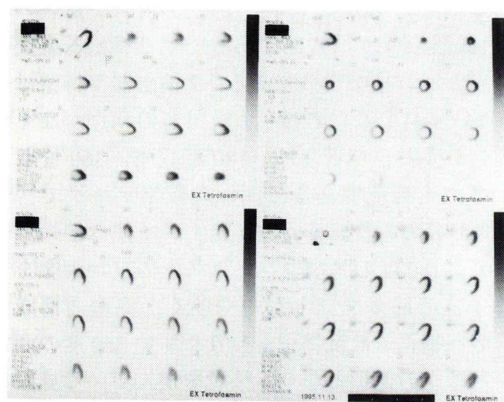


Fig. 14 MIBI SPECT of normal 67-year old female case. Technetium-99m MIBI was injected more than 6 hours after meal at rest. SPECT data was acquired 40 minutes after injection by triple headed camera with LEHR collimator in 15 minutes 360 degree data sampling. Uptake of anterior wall is slightly decreased because of breast attenuation.

いらしく、また年齢が高くなるほど減少する傾向もあり、後下壁の集積低下が正常範囲か、異常か判断するのはかなり難しい。Fig. 11 に全体の集積低下の症例を示す。冠動脈正常、壁運動正常の症例であるが、ときにこのような症例もあるようである。Fig. 12 に後下壁に肝の集積が重なって高集積にみえる症例を示す。



a



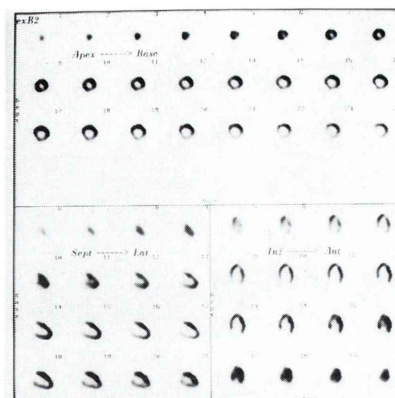
b

Fig. 15 Tetrofosmin SPECT of normal 67-year old male case. 900 MBq of Technetium-99m Tetrofosmin was injected more than 6 hours after meal at dipyridamole stress. SPECT data was acquired 45 minutes after injection by triple headed camera with LEHR collimator in 15 minutes 360 degree data sampling. a: planar images, b: SPECT. Tetrofosmin in bile from liver reflwed to reconstructed esophagus.

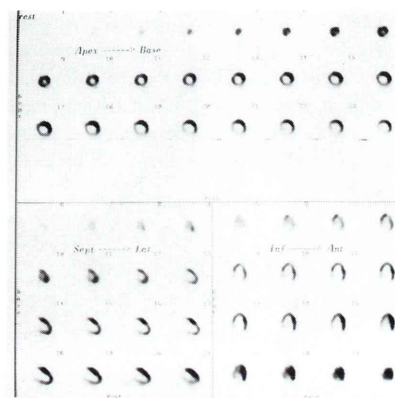
MIBI の注意すべき正常症例

Tlと同様に Table 3 に示すように正常例でも病変と紛らわしい集積低下を生じる。また胆道へ排泄された RI の食道への逆流の集積に注意が必要である。その他の 2例は原因のわからない中隔下部から下壁の集積低下の症例と、正常冠動脈で完全左脚ブロックのため中隔の集積の低い症例であるが、完全左脚ブロックの症例は正常例からははずすべきであるが、提示された症例として Table 3 には含めた。

Fig. 13 に体動のために冠動脈支配に一致しない



a



b

Fig. 16 Tetrofosmin SPECT of normal 65-year old male case. 555 MBq of Technetium-99m Tetrofosmin was injected within 2 hours after meal at exercise stress (a) and at rest (b). SPECT data was acquired 60 minutes after injection by triple headed camera with LEGAP collimator in 15 minutes 360 degree data sampling. Uptake of postero-inferior wall is decreased because of diaphragmatic attenuation.

集積低下のみられた症例を示す。projection data で体動の有無、程度を確認し、このような集積低下の出現する可能性を把握する必要がある。Fig. 14 に女性乳房の吸収による前壁集積低下の症例を示す。Tc は Tl よりも γ 線のエネルギーは高く、吸収は少ないが、このような吸収による減弱による集積低下は、Tl と同じ程度生じるようである。

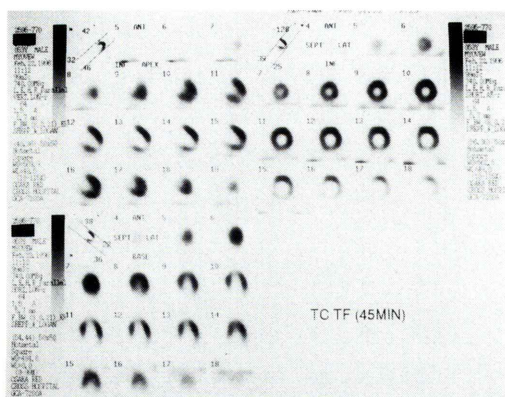


Fig. 17 Tetrofosmin SPECT of normal 53-year old male case. 740 MBq of Technetium-99m Tetrofosmin was injected 3-6 hours after meal at rest. SPECT data was acquired 45 minutes after injection by dual headed camera with LEHR collimator in 17 minutes 360 degree data sampling. Uptake of apex is slightly decreased because of apical thinning.

Tetrofosmin の注意すべき正常症例

TI と同様に Table 3 に示すように正常例でも病変と紛らわしい集積低下を生じる。また胆道へ排泄された RI の食道への逆流の集積に注意が必要である (2 例)。

Fig. 15 に胆道から排泄された RI が食道癌術後再建食道に逆流した症例を示す。Fig. 16 に横隔膜などの吸収による後下壁の集積低下の症例を示す。TI の場合と同様の注意が必要である。Fig. 17 に心尖菲薄の症例を示す。これも TI と同様の注意が必要である。

IV. 考 察

各薬剤の撮像条件について考察する。

TI の食事条件であるが、十分な運動負荷がかかる場合は、食事による消化管の集積の影響は小さいが、ジピリダモール単独負荷となる場合はその影響が大きく、やはり直前の食事は避けられているようである^{1,2)}。なお、ジピリダモール使用の際はカフェインを含む飲食物は 24 時間禁止すべきである³⁾。

コリメータについては、低エネルギー汎用型と

低エネルギー高分解能型の両方が用いられている。データ収集時間を増やせば、後者のほうが、一般的に画質が高くなるが、後者は感度が低く、10-25 分の限られたデータ収集時間で、いずれが画質が高いか、各施設で判断が異なると思われる。

180 度収集か 360 度収集かは古くから議論されてきた問題である⁴⁻⁶⁾。1 検出器の場合は、一定時間のデータ収集という条件のもとでは、180 度データのほうが、360 度データよりも心筋部カウントが多く、しかも欠損コントラストが良いので、180 度収集が一般的である⁴⁻⁶⁾。2 検出器直交型も 180 度収集が当然である。2 検出器平行型は 360 度収集にしなければ、2 検出器の利点なくなる。3 検出器の場合は、180 度収集、360 度収集いずれも可能である。同一の収集データで、180 度部分のみ使うか、360 度すべて使うかの差になり、180 度の欠損コントラストの良い画像をとるか、心筋カウントがやや多く、完全再構成で、吸収補正や散乱補正もやりやすい 360 度の画像をとるかの選択となり、後者を選んでいる施設のほうが一般的のようである。しかし、吸収補正や散乱補正は現時点ではきちんと行えないのでコントラストの良さを選んで 180 度部分のみを利用している施設もある。実際に診断率や定量の点でいずれが優れているのか、診断精度に有意差があるのか、改めて検討が必要とされている。

連続反復回転では、体動の影響が平均化され、小さくなる効果も期待される。

フィルムの表示条件として注意すべきと思われるのは、通常の骨シンチやガリウムシンチと同じグレイスケールで焼き付けると、心筋全体がべったりと真っ黒になってしまい、軽度の集積低下が非常にみにくになってしまうことである。低いカウントでの変化が緩やかで、高いカウントでの変化が急峻なグレイスケールを作るか、全体にグレイスケールを薄くするなどの工夫が必要となる。

BMIPP の静注に関しては、食後インスリンが分泌されて心筋の代謝が糖優位である状態はよくないが、ある程度空腹で、心筋代謝が脂肪酸優位

であるならば、厳密な空腹条件でなくてもよいようである⁷⁾。全施設で、安静時に静注されていた。より虚血を鋭敏に検出する目的で負荷時に静注している報告もあるが、負荷時血流の情報と脂肪酸代謝の情報が混じって、解釈が難しくなる可能性もある。

静注後 10 分以内は、血流に依存した画像になるといわれており、心筋細胞内に分布した BMIPP が BMIPP-CoA となり、BMIPP-CoA にならなかった BMIPP が逆拡散して心筋細胞から流出し、BMIPP 集積が脂肪酸代謝を反映するようになるのに、少し時間をおく必要があると考えられる^{8,9)}。

MIBI, tetrofosmin の場合、心筋画像の最大の妨げとなるのは肝への集積であり、肝から胆汁への排泄を促進するには、むしろ静注前に食事摂取したほうがよいとも考えられている。ただ、タリウムと同じ考えで静注前に絶食している施設もあるようである。

注意すべき正常症例であるが、最も多いのは、後下壁の吸収による減弱である。現在、線源を用いたトランスミッションスキャンを同時または、あらかじめ行い、吸収補正を行う方法が各ガンマカメラメーカーにより、商品化されつつあるところであり、散乱補正も加えると、乳房による吸収も含め、ある程度補正可能であるようである¹⁰⁻¹⁴⁾。しかし、科学技術庁の許可を得て、この固定線源を導入し、新しい装置を導入しなければならず、一般の施設に普及するのは、しばらく先になりそうである。それまでは、正常-2SD、集積低下の程度、体格や心臓の大きさから吸収の程度を推定、生の projection data の確認などにより、経験的に真の集積低下であるか、吸収による減弱であるか判断する必要がある¹⁵⁾。仰臥位と右側臥位の planar 像を追加するとよいともいわれる¹⁶⁾。腹臥位や立位で SPECT 撮像するとよいとの報告もある¹⁷⁾。心電図同期 SPECT で壁肥厚や壁運動を観察するのもよいといわれている。

女性乳房による吸収は日本人では、欧米ほど頻度は高くないが、時に経験されるのは事実であ

り、上記のような吸収補正が可能となるまでは、正常-2SD、集積低下の程度、乳房の大きさ、生データの確認などから、経験的に真の集積低下か、吸収による減弱であるか判断しなければならない¹⁵⁾。特に projection 画像のシネ表示で、心の上を乳房の陰が移動するのを観察できる¹⁵⁾。上記と同様に心電図同期 SPECT も有用である。

心尖菲薄についても、正常-2SD、集積低下の程度、心臓の大きさ、生データの確認などから、経験的に真の集積低下か、通常的心尖菲薄か判断する必要がある¹⁵⁾。

正常例からははずすべきだが、完全左脚ブロック症例で、冠動脈病変がなくても、中隔の集積が低下することはよく知られており、LAD 病変の有無の判定は難しい。ただ、運動負荷よりもジビリダモール負荷のほうが中隔集積低下の頻度が減るといって報告が多い^{18,19)}。

乳頭筋による集積増加は、通常はあまり目立たないが、個人差があり、かなり目立つ場合もあるようである。

上肢による吸収は、そのときにより、吸収による減弱の生じる部位や程度が異なるため、診断が著しく困難となる。同時トランスミッションスキャンによる吸収補正を行わない限り、正しい診断は困難となるので、可能な限り腕をあげさせ、撮像範囲やデータ収集時間の短縮などの工夫で対処する必要がある。

体動による部分的集積低下であるが、最も多いのが、撮像中の患者の心臓の [上ずれ] である。負荷後の呼吸の変化から胸郭内の心の位置がずれるともいう¹⁵⁾。患者自体が動く場合も多い。その場合、前壁と後壁に集積低下を生じやすいが、冠動脈支配とあまり一致しない複数の集積低下が特徴である¹⁵⁾。対策としては、生の projection data を観察して、体動が起きているか確認すること、撮像に際し、連続反復回転で行えば、体動が平均化されて、影響がかなり減ると考える。

center of rotation がずれているためのアーチファクトは通常のメンテナンスを行っている施設ではまれであるが、同一日に複数の患者で、同じ

ように心尖の変形、欠損を生じていれば、このアーチファクトであるとなり、center of rotationを設定しなおして再構成をやり直せば、正しい画像となる。

肝、消化管などの集積が近いためのアーチファクトは対処が難しい。心臓の正常部と思われる部分のカウント最大値をグレイスケールの最大値にしてそれより高い部分を均一化すると読影しやすい場合もある。

V. 結 語

1) MIBG は他の 4 製剤に比べ、典型正常例でも後下壁の集積が低い傾向があり、注意すべき正常例も他製剤とやや異なり、後下壁の集積が著明に低い例、全体に集積が低い例があった。

2) 他の 4 製剤は、注意すべき正常例はほぼ同様の傾向であり、後下壁の横隔膜による吸収のための低下、前壁の女性乳房による吸収のための低下、心尖菲薄が多く、他に乳頭筋による集積増加、体動による部分的集積低下、後下壁への肝集積の重なりなどが少数あった。

3) ^{99m}Tc 心筋血流製剤では、胆汁中に排泄された製剤が、食道へ逆流する症例も注意すべき正常例として提示された。

文 献

- Wilson RA, Sullivan PJ, Okada RD, Boucher CA, Morris C, Pohost GM, et al: The effect of eating on myocardial imaging. *Chest* **89**: 195-198, 1986
- Angello DA, Wilson RA, Palac RT: Effect of eating on thallium-201 redistribution after myocardial ischemia. *Am J Cardiol* **60**: 528-533, 1987
- Smits P, Straatman C, Pijpers E, Thien T: Dose-dependent inhibition of the hemodynamic response to dipyridamole by caffeine. *Clin Pharmacol Ther* **50**: 529-537, 1991
- Coleman RE, Jaszczak RJ, Cobb FR: Comparison of 180° and 360° data collection in thallium-201 imaging using single-photon emission computerized tomography (SPECT). *J Nucl Med* **23**: 655-660, 1982
- Tamaki N, Mukai T, Ishii Y, Fujita T, Yamamoto K, Minato K, et al: Comparative study of thallium emission myocardial tomography with 180° and 360° data collection. *J Nucl Med* **23**: 661-666, 1982
- Go RT, MacIntyre WJ, Houser TS, Pantoja M, O'Donnell JK, Feiglin DH, et al: Clinical evaluation of 360° and 180° data sampling techniques for transaxial SPECT thallium-201 myocardial perfusion imaging. *J Nucl Med* **26**: 695-706, 1985
- 土持進作, 玉木長良, 河本雅秀, 多田村栄二, 藤田 透, 野原隆司, 他: 全身スキャンによる ^{123}I -BMIPP 心筋撮取率について——血中エネルギー基質濃度が及ぼす影響についての検討——. *核医学* **32**: 579-586, 1995
- 松成一朗, 一柳健次, 滝 淳一, 中嶋憲一, 利波紀久, 久田欣一: 虚血性心疾患における ^{123}I -BMIPP 早期動態の検討. *核医学* **30**: 1445-1450, 1993
- 小林秀樹, 浅野竜太, 井上征治, 岡 俊明, 百瀬満, 一方井裕子, 他: ^{123}I -BMIPP ダイナミック SPECT を利用した心筋血流と脂肪酸の同時評価. *核医学* **32**: 19-29, 1995
- Tung CH, Gullberg GT, Zeng GL, Christian FL, Datz FL, Morgan HT: Non-uniform attenuation correction using simultaneous transmission and emission conversing tomography. *IEEE Trans on Nuclear Science* **39**: 1134-1143, 1992
- Tan P, Bailey DL, Meikle SR, Eberl S, Fulton RR, Hutton BF: A scanning line source for simultaneous emission and transmission measurement in SPECT. *J Nucl Med* **30**: 1752-1760, 1993
- Ficaro EP, Fessler JA, Ackermann RJ, Rogers WL, Corbett JR, Schwaiger M: Simultaneous transmission-emission Thallium-201 cardiac SPECT: effect of attenuation correction on myocardial tracer distribution. *J Nucl Med* **36**: 921-931, 1995
- Meikle SR, Hutton BF, Bailey DL: A transmission-dependent method for scatter correction in SPECT. *J Nucl Med* **35**: 360-367, 1994
- Ichihara T, Ogawa K, Motomura N, Kubo A, Hashimoto S: Compton scatter compensation using the triple-energy window method for single- and dual-isotope SPECT. *J Nucl Med* **34**: 2216-2221, 1993
- Wackers FJT: Myocardial perfusion imaging. *In* Diagnostic Nuclear Medicine Volume 1 (third edition), Sandler MP, Patton JA, Coleman RE, Gottschalk A, Wackers FJT, Hoffer PB (eds.), Williams & Wilkins, Baltimore, 1996, pp. 457-463
- Esquerre JP, Coca FJ, Martinez SJ, Guiraud RF: Prone decubitus: a solution of inferior attenuation in thallium-201 myocardial tomography. *J Nucl Med* **30**: 398-401, 1989
- Barr SA, Shen MYH, Sinusas AJ, Haronian H, Natale D, McMahon M, et al: Reduced inferior attenuation on rest SPECT myocardial perfusion imaging in the upright position using a rotating chair: comparison with standard spine SPECT imaging. *J Nucl Med* **35**:

- s91, 1994
- 18) Delonca J, Camenzind E, Meier B, Righetti A: Limits of thallium-201 scintigraphy to detect coronary disease in patients with complete and permanent left bundle branch block: a review of 134 cases. *Am Heart J* **123**: 1201–1207, 1992
- 19) Burns R, Galliagan L, Wright LM, Laward S, Burke RJ, Gladstone PJ: Improved specificity of myocardial thallium-201 single-photon emission computed tomography in patients with left bundle branch block by dipyridamole. *Am J Cardiol* **68**: 504–508, 1991

Summary

Typical Normal Cases and Normal Cases with Abnormal Image Pattern in Every Myocardial SPECT Radiopharmaceutical

Tohru OHTAKE^{*1}, Yasuhito SASAKI^{*1}, Mareomi HAMADA^{*2}, Takaaki SAKAMOTO^{*3}, Hirofumi KANBARA^{*3}, Tsunehiko NISHIMURA^{*4}, Ken-ichi NAKAJIMA^{*5}, Takashi KUDOU^{*6}, Junji KONISHI^{*6}, Jun HASHIMOTO^{*7}, Youichi KUWABARA^{*8}, Yoshiaki MASUDA^{*8}, Ryuichi AJISAKA^{*9}, Yasuro SUGISHITA^{*9}, Hajime MURATA^{*10}, Nagara TAMAKI^{*11}, Hiroyuki SHIMIZU^{*12} and Takeshi NAKANO^{*12}

^{*1}Department of Radiology, Faculty of Medicine, University of Tokyo, ^{*2}Second Department of Internal Medicine, Ehime University School of Medicine, ^{*3}Department of Cardiology, Osaka Red Cross Hospital, ^{*4}Department of Tracer Kinetics, Osaka University Medical School, ^{*5}Department of Nuclear Medicine, Kanazawa University School of Medicine, ^{*6}Department of Radiology and Nuclear Medicine, Kyoto University Faculty of Medicine, ^{*7}Department of Radiology, School of Medicine, Keio University, ^{*8}Third Department of Internal Medicine, Chiba University School of Medicine, ^{*9}Department of Cardiology, Tsukuba University School of Medicine, ^{*10}Department of Nuclear Medicine, Toranomon Hospital, ^{*11}Department of Nuclear Medicine, Hokkaido University School of Medicine, ^{*12}First Department of Internal Medicine, Mie University School of Medicine

Working group of cardiac nuclear medicine was made as a Japanese part of society of international cardiac nuclear medicine under the cooperation between Japanese society of nuclear medicine and Japanese society of cardiology. We investigated typical normal cases and normal cases with abnormal image pattern in every myocardial SPECT radiopharmaceutical as one of the research activity of working group. From 11 faculties, 16 Tl cases, 14 BMIPP cases, 8 MIBG cases, 8 MIBI cases and 14 tetrofosmin cases were submitted as typical normal cases, and 12 Tl cases, 5 BMIPP cases, 12 MIBG cases, 10 MIBI cases and 5 tetrofosmin cases were submitted as normal cases with

abnormal image pattern. We summarized the condition of SPECT data acquisition of each faculties. And we added the discussion from literature about how to discriminate normal cases with abnormal image pattern from abnormal cases.

In MIBG, patterns of typical normal cases and normal cases with abnormal image pattern were slightly different from other 4 pharmaceuticals. In other 4 pharmaceuticals, diaphragmatic attenuation, breast attenuation, apical thinning and others were presented as normal cases with abnormal image pattern.

Key words: Myocardium, SPECT, Thallium-201, Technetium-99m, Iodine-123.