

〈原 著〉

健常者的心筋における ^{123}I -MIBG の分布と動態について

志賀 浩治* 杉原 洋樹** 井上 孝* 藤田 信男*
 小川 史顕* 中川 達哉*** 大槻 克一*** 馬本 郁男***
 谷口 洋子*** 中川 雅夫***

要旨 健常者 12 例に対して ^{123}I -MIBG 心筋シンチグラフィを施行し、MIBG の分布およびクリアランスについて検討した。Planar における心縦隔・肺縦隔取り込み比は、初期像 2.68, 1.82, 遅延像 2.75, 1.55 であった。クリアランスは心筋 29.8, 肺 41.6 (%) と肺で有意に速く、心筋像は遅延像でより明瞭となった。SPECT における左室前壁・中隔・下壁・側壁間の相対的取り込みは、初期像 100.0, 93.9, 85.0, 104.9 (%), 遅延像 100.0, 96.8, 79.4, 99.1 (%) と下壁で有意に低く、局所クリアランスは 25.1, 22.5, 29.7, 29.3 (%) と下側壁で有意に高値であった。左室心基部・中部・心尖部間の相対的取り込みは、初期像 100.0, 104.5, 98.9 (%), 遅延像 100.0, 103.9, 96.8 (%) と基部に対し中部で高く、局所クリアランスにはそれぞれ 26.5, 27.0, 28.3 (%) と有意差を認めなかった。Bull's eye 法による左室平均クリアランスは 26.9(%) であった。本検討により健常心筋における MIBG の分布およびクリアランスの正常値を得た。健常心筋においてもこれらが不均一である点に注意を要すると思われた。

(核医学 30: 1359-1367, 1993)

I. はじめに

心筋の交感神経機能イメージング製剤としての ^{123}I -metaiodobenzylguanidine (MIBG) の臨床応用が可能となった。MIBG 心筋シンチグラフィが、虚血性心疾患や心筋症のみならず、糖尿病や抗癌剤等による心機能障害など各種心疾患の病態を、心臓交感神経活動の面より解明するための有力な検査法となることが期待される。こうした心筋における交感神経機能異常の診断には、健常心筋における MIBG の分布や動態についての正確な理解が前提となるが、これらについてはまだ十

分に検討されていないのが現状である。今までの経験では、健常者の心筋においても MIBG は必ずしも均等には取り込まれていないよう思われる。そこで、MIBG 心筋シンチグラフィの正常像(値)を把握するため、健常者における MIBG の心筋・肺・縦隔間における相対的分布、左室心筋内における相対的分布、クリアランス等について検討した。

II. 対象および方法

1) 対 象

明らかな心疾患や肺疾患、高血圧症、糖尿病のない 12 例(男性 8 例、女性 4 例、平均年齢 49 ± 13 歳)を対象とした。その内訳は健常志願者 3 例、化学療法開始前の骨腫瘍患者 1 例、胸痛を主訴に来院したが、心臓超音波検査と運動負荷タリウム心筋シンチグラフィもしくは冠動脈造影検査あるいはこれら両検査にて異常なしと診断された胸痛症候群 8 例である。全例 MIBG の取り込みに影

* 京都第一赤十字病院放射線科

** 京都府立医科大学放射線科

*** 同 第二内科

受付: 5 年 5 月 25 日

最終稿受付: 5 年 8 月 11 日

別刷請求先: 京都市東山区本町 15-749 (番 605)

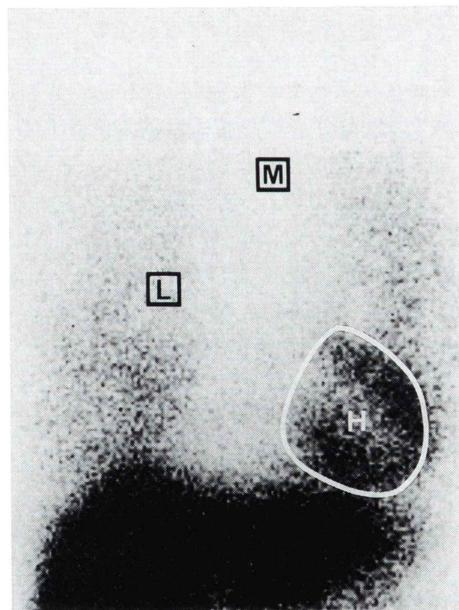
京都第一赤十字病院放射線科

志賀 浩治

響する可能性のあるレセルビンや三環系抗うつ薬などの薬剤は服用していない。

2) MIBG 心筋シンチグラムの撮像

安静空腹時に¹²³I-MIBG 111 MBq を肘静脈より静注し、15 分後(初期像)および4 時間後(遅延像)にそれぞれ Planar 正面像および SPECT(Single Photon Emission Computed Tomography)を撮像した。MIBG のクリアランスに影響する可能性があるため、全例、検査終了時まで絶食とした¹⁾。撮像および画像処理には、Nuclear Fields 社製¹²³I 専用コリメータを装着した Siemens 社製 ZLC-7500 回転型ガンマカメラ、島津社製 SCINTIPAC 700 型イメージプロセッサを用いた。収集エネルギーインドウ幅は、159 keV±20%とした。Planar 像はマトリックスサイズ 256×256 で正面方向にて 5 分間収集した。SPECT はマトリックスサイズ 64×64 とし、左後斜位 45° より右前斜位 45° まで 1 方向 50 秒で 32 方向 180° 収



$$\text{clearance rate} = \frac{C_i - C_d}{C_i} \times 100 [\%]$$

Fig. 1 Definition of ROIs on anterior PLANAR image and the formula for calculating the clearance rate. M=mediastinum; L=lung; H=heart; C=count; i=initial; d=delayed

集を行った。画像再構成には Butterworth filter および Shepp and Logan filter を用いたが、吸収補正および¹²³I の減衰補正は行わなかった。また、定量的評価を目的としているため、全例 MIBG 単剤投与による撮像とした²⁾。

3) Planar 像における MIBG の分布、クリアランス

Planar 正面像における MIBG の分布、経時的变化について視覚的に評価した。さらに、定量的評価のために上縦隔(M)・右中肺野(L)・心筋部(H)に関心領域(ROI)を設定(Fig. 1)し、ピクセルあたりの平均カウントを計測した。心筋と肺における MIBG の取り込みの指標として、縦隔に対する心筋と肺のカウント比 H/M, L/M を求めるとともに、初期像と遅延像の間でのこれらの値の変化について検討した。また、運動負荷タリウム心筋シンチグラフィにおける washout rate の算出法に準じて縦隔・心筋・肺の MIBG の clearance rate を求め、これらの差を比較した。心筋部の ROI は肺野のカウントの影響を受けるが、適当な減算法が確立されていないため補正是行わなかった。

4) SPECT における左室内の MIBG の分布、クリアランス

SPECT における左室内での MIBG の分布、経時的变化について視覚的に評価した。さらに、定量的評価のために垂直長軸像の心尖部と、短軸像の左室中部と基部のそれぞれ前壁・中隔・下壁・側壁に合計 9 個の ROI を設定し(Fig. 2), ピクセルあたりの平均カウントを計測した。初期像と遅

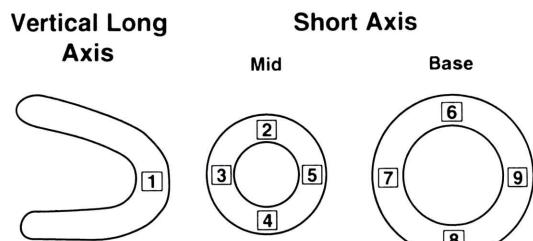


Fig. 2 Definition of ROIs on SPECT images.

延像それぞれについて、ROIの組み合わせにより前壁(②+⑥)・中隔(③+⑦)・下壁(④+⑧)・側壁(⑤+⑨)間と、心尖部(①)・中部(②～⑤)・基部(⑥～⑨)間のカウントの差を比較することにより、左室内におけるMIBGの分布の差について検討した。この際、症例により実測カウントに差があるため、それぞれ前壁、心基部を100とする相対的表示とした。一方、Planar像における検討と同様の計算式(Fig. 1)により各部位ごとの局所clearance rateを求め、部位間で比較した。

5) 左室全体の平均 clearance rate

SPECT短軸初期像および遅延像よりBull's eye法を用いてMIBGの左室全体の平均clearance rateを求めた。

6) 統計処理、その他

いずれの検討においても¹²³Iの減衰補正是行わず、差の検定にはpaired-t-testを用いた。対象の12例中5例ではタリウム心筋シンチグラフィが施行されており、MIBG心筋シンチグラムの視覚的診断の際に参考とした。

III. 結 果

1) Planar像におけるMIBGの分布、クリアランス

MIBG心筋シンチグラムはタリウム心筋シンチグラムに比し、相対的に心筋の取り込みが少なく、肺・肝臓の取り込みが多い。このため健常者でさえ心筋の描出がやや不明瞭であった。しかし、肺の取り込みの減衰が速いため、遅延像で心筋が明瞭となる傾向を認めた(Fig. 3)。肝臓の取り込みは遅延像においても高く、下後壁心筋の診断の妨げになる症例があった。

H/Mは初期像 2.68 ± 0.45 、遅延像 2.75 ± 0.44 、L/Mは初期像 1.82 ± 0.23 、遅延像 1.55 ± 0.13 であった。初期像と遅延像の間でH/Mには有意差を認めなかつたが、L/Mは遅延像で有意に低値であった。clearance rateは縦隔・心筋・肺でそれぞれ $31.5 \pm 4.5\%$ 、 $29.8 \pm 3.2\%$ 、 $41.6 \pm 4.1\%$ であり、縦隔・心筋に比し肺で有意に高値であった(Fig. 4)。

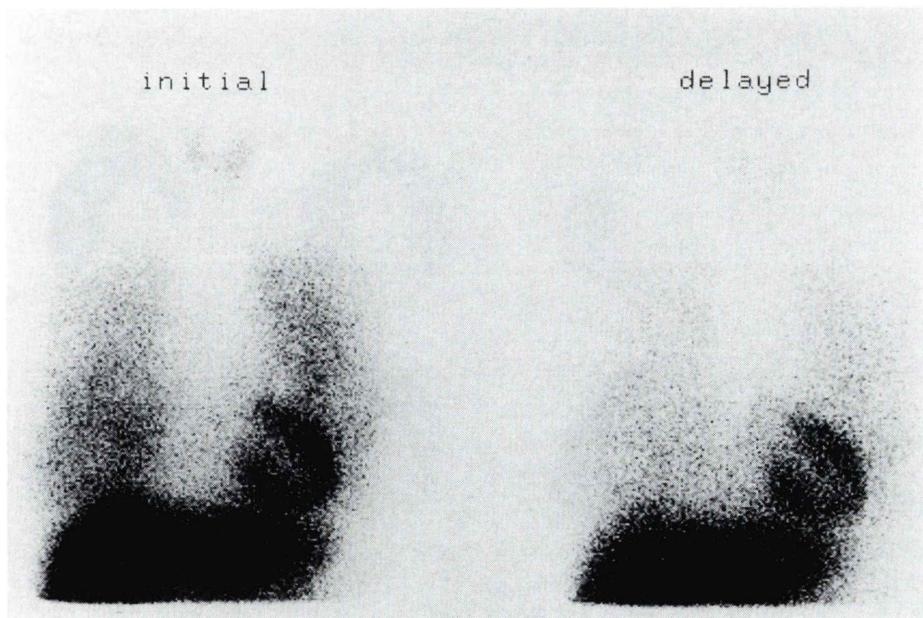


Fig. 3 Initial and delayed anterior PLANAR images in 60-yr-old man.

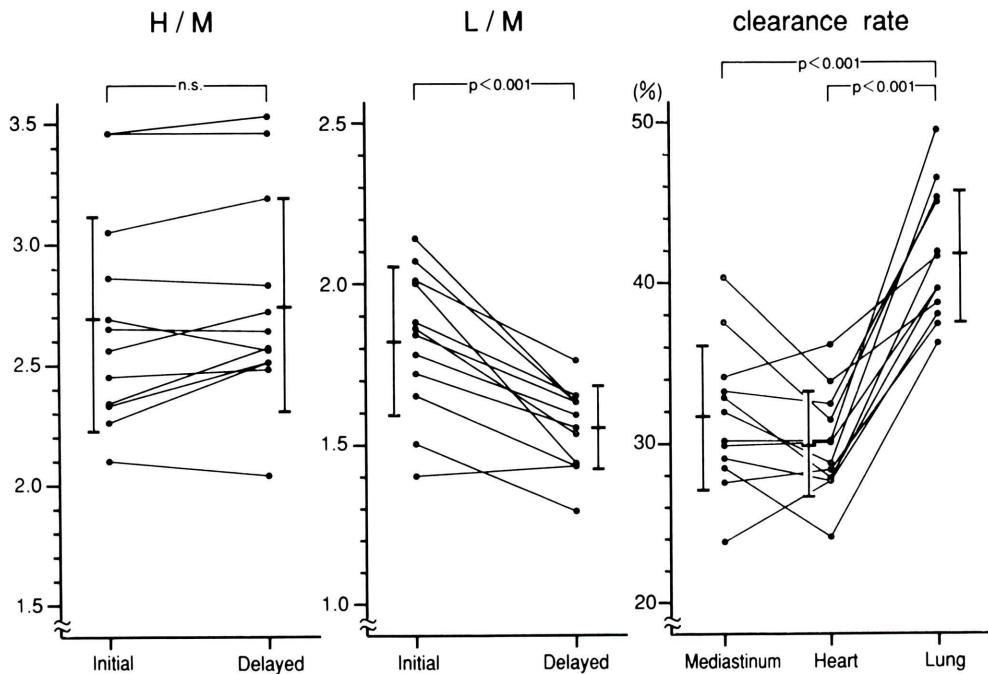


Fig. 4 Heart-to-mediastinum (H/M) and lung-to-mediastinum (L/M) activity ratio in both initial and delayed PLANAR images and the clearance rate of the mediastinum, heart and lung.

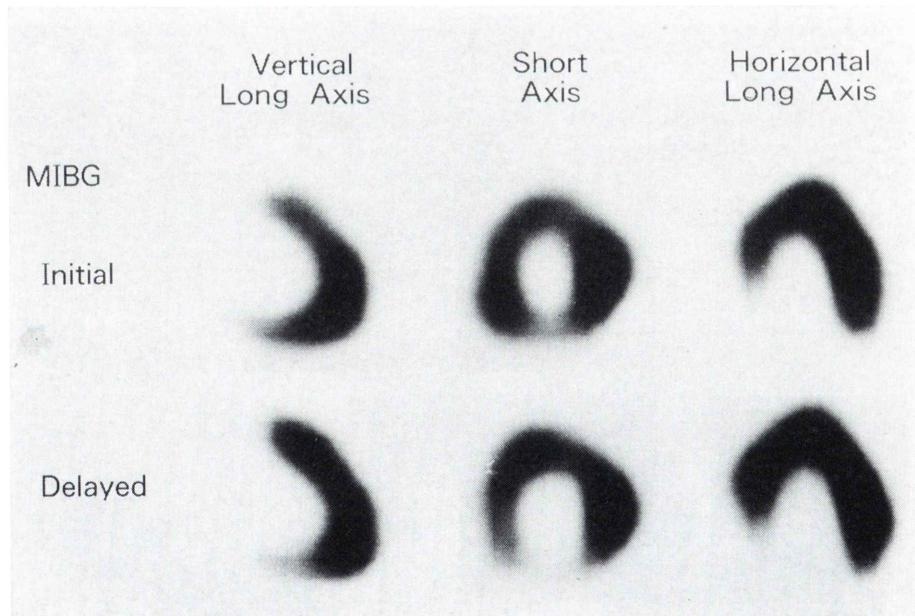


Fig. 5 Initial and delayed SPECT images in 47-yr-old woman. Radioactivity of MIBG in infero-posterior wall was relatively less than those in the other walls, which was enhanced in delayed images.

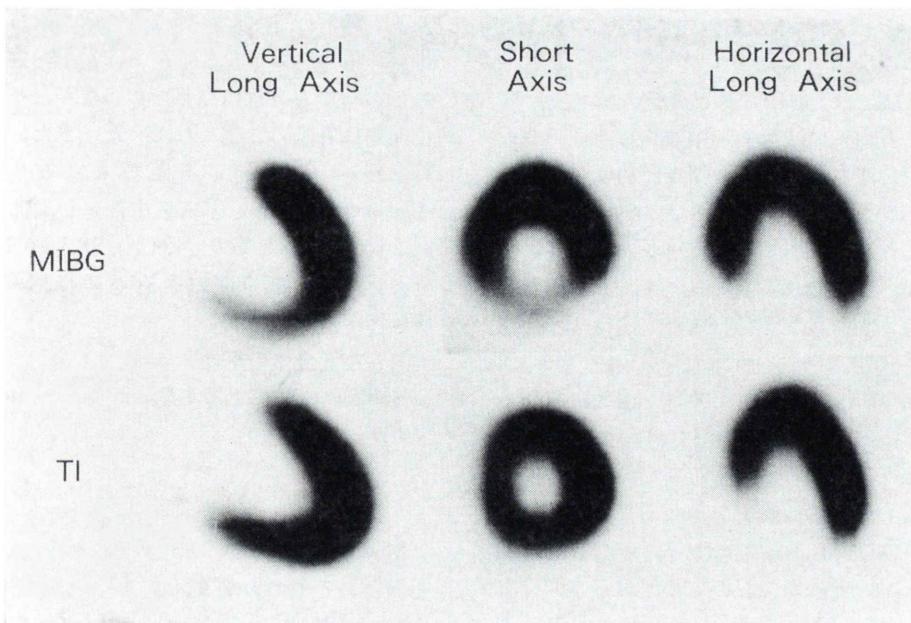


Fig. 6 Comparison of ¹²³I-MIBG and ²⁰¹Tl myocardial SPECT images in 65-yr-old woman. Radioactivity of MIBG in infero-posterior wall was relatively less than that of Tl.

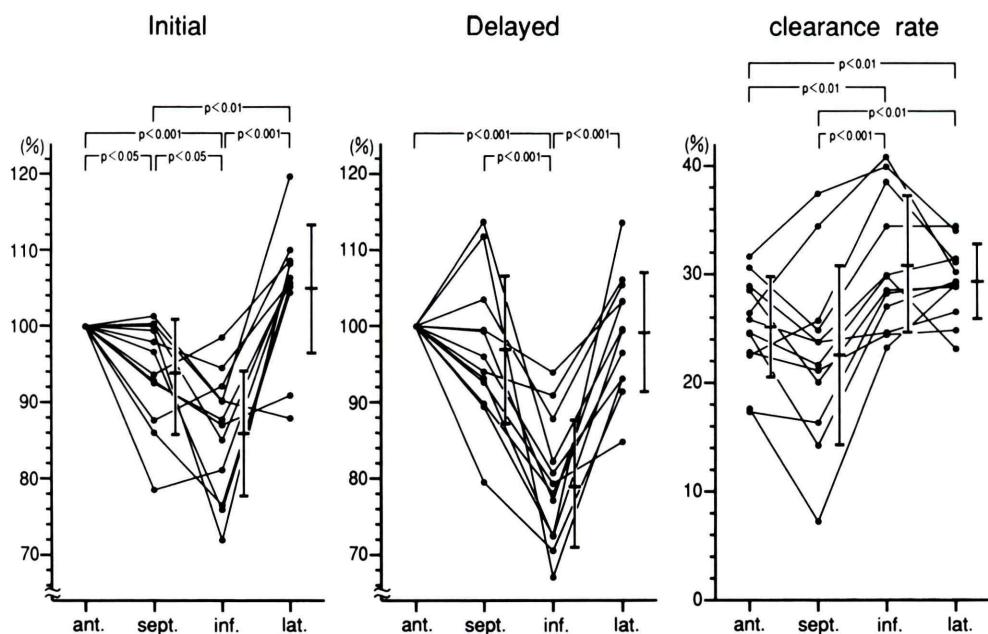


Fig. 7 Comparison of the relative regional radioactivity and the regional clearance rate in anterior, septal, inferior and lateral walls.

2) SPECTにおける左室内のMIBGの分布、クリアランス

視覚的評価では、MIBGの取り込みは左室心筋内においても均一ではなく、相対的に下後壁の取り込みが少なくみえた。この傾向は初期像よりみられ、遅延像ではさらに顕著となった(Fig. 5)。また、このような差はタリウム心筋シンチグラムには認めなかった(Fig. 6)。定量的評価では、前壁・中隔・下壁・側壁間の相対的取り込みは、初期像で $100.0 \pm 0\%$ (%), $93.9 \pm 6.9\%$ (%), $85.0 \pm 10.0\%$ (%), $104.9 \pm 8.3\%$ (%), 遅延像で $100.0 \pm 0\%$ (%), $96.8 \pm 9.6\%$ (%), $79.4 \pm 8.3\%$ (%), $99.1 \pm 7.9\%$ (%)であり、初期像・遅延像ともに下壁の取り込みはいずれの部位と比較しても有意に低値であった。また、初期像では前壁・側壁に比し中隔の取り込みも有意に低値であったが、遅延像においてはこれらの間に有意差を認めなかつた。局所 clearance rate は、前壁・中隔・下壁・側壁でそれぞれ $25.1 \pm 4.6\%$ (%), $22.5 \pm 8.2\%$ (%), $29.7 \pm 8.3\%$ (%), $29.3 \pm 3.4\%$ (%)であり、前壁と中隔に対し下壁・側壁で有意に高値であった(Fig. 7)。一方、心基部・中部・心尖部間の相対的取り込みは、初期像で $100.0 \pm 0\%$ (%), $104.5 \pm 3.3\%$ (%), $98.9 \pm 12.1\%$ (%), 遅延像で $100.0 \pm$

0% (%), $103.9 \pm 4.5\%$ (%), $96.8 \pm 15.2\%$ (%)であった。中部の取り込みは基部に比し初期像・遅延像いずれにおいても有意に高値であったが、その他の部位間には有意差を認めなかつた。また、心尖部の取り込みは症例による差が大であった。局所 clearance rate は心基部・中部・心尖部でそれぞれ $26.5 \pm 5.9\%$ (%), $27.0 \pm 4.6\%$ (%), $28.3 \pm 6.2\%$ (%)であり、いずれの部位間にも有意差は認めなかつた(Fig. 8)。

3) 左室全体の平均 clearance rate

Bull's eye 法による平均 clearance rate は $26.9 \pm 4.1\%$ (%)であった。

IV. 考 案

Metaiodobenzylguanidine (MIBG) は、量的な差異はあるものの質的にはノルエピネフリン (NE) と同様の体内動態を示すとされる^{1,3)}。このため、MIBG 心筋シンチグラムは、心筋に分布する交感神経終末の数と、NE の uptake, store, release 等の統合された総和的な状態を反映するものと考えられる。しかし、生きた健康なヒトの心筋における交感神経終末の数や NE の分布や動態を定量的に明らかにした報告がないため、これ

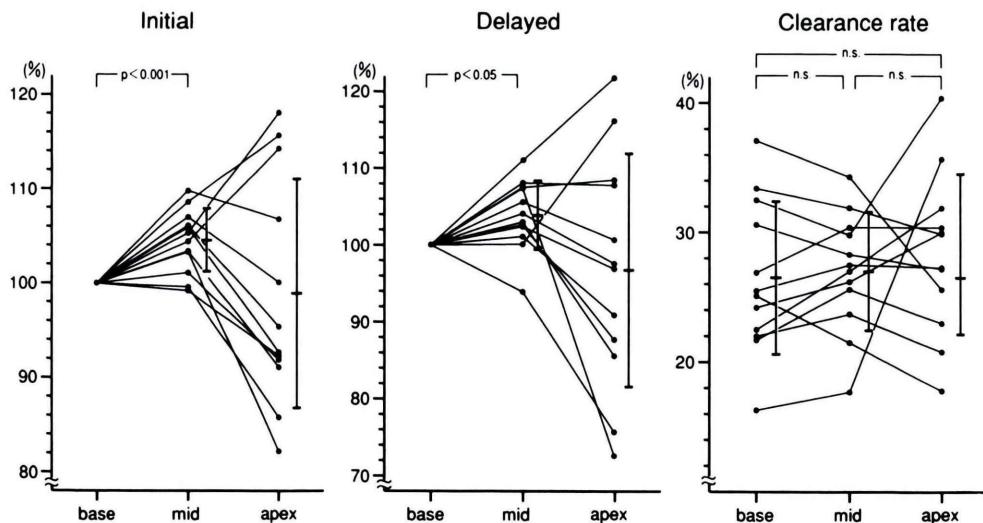


Fig. 8 Comparison of the relative regional radioactivity and the regional clearance rate in basal, mid and apical portions.

らとの関連で MIBG 心筋シンチグラムの意義を考えることは困難であり、むしろ MIBG 心筋シンチグラフィの臨床応用を契機に今後新たに検討を進めていく必要のある分野であると思われる。

MIBG 心筋像はタリウム心筋像に比し、心筋の描出が初期像ではやや不明瞭であり、遅延像でより明瞭となった。これは MIBG の投与後早期には肺の取り込みが多いが、健常心筋の 29.8(%) に比し 41.6(%) とクリアランスが速いため、遅延像において肺に対する心筋の相対的な取り込みが増大することによると思われる。事実、H/M、L/M より心筋の肺に対する取り込み比 (H/L) を計算すると、初期像で平均 1.48 倍から、遅延像で 1.79 倍へと増加している。これに対し、不全心^{4~8)} や肥大型心筋症 (HCM)^{9,10)} では心筋の MIBG のクリアランスが亢進しているため、遅延像における心筋像がむしろ不明瞭になる。この所見は、心筋内 NE と MIBG の取り込みが相關する¹¹⁾ とされることから、不全心で心筋内 NE が枯渇した^{12,13)} 状態や、HCM で NE の取り込みが障害された¹⁴⁾ 状態を反映している可能性が考えられる。Merlet らは虚血性および特発性心筋症では遅延像で心筋が不明瞭となり、H/M 値が予後の推定や心臓移植の決定に有用¹⁵⁾ とし、また両角らも H/M と心不全の重症度との関連を示唆する報告¹⁶⁾ をしている。われわれは HCM で、健常人に比し H/M が小さい例では心胸比 (CTR) が大きく、心エコー図上 %FS が不良であること、クリアランスが亢進している例では罹病期間が長く、NYHA の心機能分類が不良で、心エコー図上左房径が大であることを報告した¹⁰⁾。このように、H/M や clearance rate は左室駆出率 (LVEF)などをはじめ種々の心機能指標を包括するような新たな指標として利用できる可能性が考えられる。ところで、本検討で得られた Bull's eye 法による左室全体の平均 clearance rate は $26.9 \pm 4.1\%$ であった。HCM 自験 30 例の平均 clearance rate は $42 \pm 8\%$ であった¹⁰⁾ が、¹²³I の物理的半減期は 13.2 時間であり、4 時間で約 19(%) 減衰する点を考慮すると、健常心筋における生理的な MIBG

のクリアランスは比較的少ないとになる。これは健常心と HCM とでは交感神経の分布や活動状態に大きな差があることを示唆する重要な所見と考えられるが、これが前記のどの要因の差によるものか現時点では明らかでない。

一方、左室心筋内における MIBG の分布は健常心筋においても均一ではなく、視覚的評価では明らかに下後壁の取り込みが少なくみえた。しかし、一部の症例について別の日に施行したタリウム心筋シンチグラムにはこのような差を認めなかった。佐藤らは、運動負荷後でかつ¹²³I-MIBG と²⁰¹Tl の同時投与という条件下ではあるが、健常者 8 例における検討でやはり下壁の MIBG の集積が少ないことを報告¹⁷⁾ している。今回の検討では、運動負荷による心筋血流分布の変化や 2 核種同時投与による crosstalk の問題を排除するため、安静かつ MIBG 単独投与により定量的評価を行った。この結果、下壁の前壁に対する相対的取り込みは初期像で 85.0(%), 遅延像で 79.4(%) と有意に少なく、クリアランスも前壁の 25.1(%) に対し 29.7(%) と有意に亢進していた。¹²³I の放射するエネルギーは²⁰¹Tl より高く、attenuation 等の物理学的要因でも説明が困難であることから、この所見はまさに生理的な MIBG の分布の差に起因するものと考えられる。この分布の差は、交感神経終末の NE 貯蔵顆粒の分布の差による可能性も推測されるが、本検討の結果から少なくとも一要因として局所的な MIBG のクリアランスの差が関与しているものと考えられる。健常心筋でもみられるこの所見についての理解がなければ、特に下後壁領域の虚血性心疾患の診断を誤る可能性があり注意を要する。従来、MIBG 心筋シンチグラムの初期像は extraneuronal uptake (uptake 2) の比率が高く^{1,18)}、neuronal uptake (uptake 1) を正しく反映していないと考えられてきた。しかし、初期像ですでに下壁の取り込みが少ないと考慮すると、初期像でも十分に特異的な交感神経機能に関する情報が表現されているものと思われる。

われわれは以前に心外膜側に比し心内膜側の MIBG の取り込みが少ないと示唆する所見

についても報告¹⁹⁾した。これらはいずれも心臓の交感神経機能分布の不均一性を示唆するものであり、非常に興味深い所見である。しかし、その原因や臨床的意義については不明な点が多く、さらなる検討に期待される部分が大きい。今後、さまざまな疾患や条件下で検査された症例を蓄積し、本検討で得た正常像から逸脱する症例の原因因子を解明していくことが必要であり、このことがMIBG心筋シンチグラフィの臨床的意義や疾患心の病態解明につながるものと思われる。

文 献

- 1) Sisson JC, Wieland DM, Sherman P, Mangner TJ, Tobes MC, Jackes Jr S: Metaiodobenzylguanidine as an index of the adrenergic nervous system integrity and function. *J Nucl Med* **28**: 1620-1624, 1987
- 2) 中嶋憲一, 滝 淳一, 分校久志, 清水賢巳, 松成一朗, 久田欣一: ^{201}TI と ^{123}I による2核種同時収集の限界. *核医学* **26**: 1223-1226, 1989
- 3) Wieland DM, Brown LE, Rogers WL, Worthington KC, Wu JL, Clinthorne NH, et al: Myocardial imaging with a radioiodinated norepinephrine storage analog. *J Nucl Med* **22**: 22-31, 1981
- 4) Rabinovitch MA, Rose CP, Rouleau JL, Chartrand C, Wieland DM, Lepanto L, et al: Metaiodobenzylguanidine [^{131}I] scintigraphy detects impaired myocardial sympathetic neuronal transport function of canine mechanical-overload heart failure. *Cir Res* **61**: 797-804, 1987
- 5) Henderson EB, Kahn JK, Corbett JR, Jansen DE, Pippin JJ, Kulkarni P, et al: Abnormal I-123 metaiodobenzylguanidine myocardial washout and distribution may reflect myocardial adrenergic derangement in patients with congestive cardiomyopathy. *Circulation* **78**: 1192-1199, 1988
- 6) Glowniak JV, Turner FE, Gray LL, Palac RT, Lagunas-Solar MC, Woodward WR: Iodine-123 metaiodobenzylguanidine imaging of the heart in idiopathic congestive cardiomyopathy and cardiac transplants. *J Nucl Med* **30**: 1182-1191, 1989
- 7) 山門亨一郎, 竹田 寛, 中川 肇, 北野外紀雄, 二神康夫, 小西得司, 他: 拡張型心筋症における ^{123}I -MIBG心筋摂取率の経時的变化. *核医学* **27**: 703-708, 1990
- 8) 山上英利, 西村恒彦, 永田正毅, 林田孝平, 植原敏勇, 渡田伸一郎, 他: 拡張型心筋症における ^{123}I -Metaiodobenzylguanidine (^{123}I -MIBG) 心筋シンチグラフィ. *核医学* **27**: 1175-1181, 1990
- 9) 中嶋憲一, 分校久志, 滝 淳一, 清水賢巳, 南部一郎, 村守 朗, 他: ^{123}I -metaiodobenzylguanidineによる肥大型心筋症の評価. *核医学* **27**: 33-38, 1990
- 10) Shiga K, Sugihara H, Katahira T, Nakagawa T, Inagaki S, Kubota Y, et al: The clinical significance of ^{123}I -MIBG myocardial scintigraphy in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Jpn Circ J* **54**: 1055, 1990
- 11) Sisson JC, Lynch JJ, Johnson J, Jaques Jr S, Wu D, Bolgos G, et al: Scintigraphic detection of regional disruption of adrenergic neurons in the heart. *Am Heart J* **116** (1): 67-76, 1988
- 12) Petch MC, Nayler WG: Concentration of catecholamine in human cardiac muscle. *Br Heart J* **41**: 340-344, 1979
- 13) Pierpont GL, Francis GS, DeMaster EG, Olivari MT, Ring WS, Goldenberg IF, et al: Heterogenous myocardial catecholamine concentrations in patients with congestive heart failure. *Am J Cardiol* **60**: 316-321, 1987
- 14) Brush JE, Eisenhofer G, Garty M, Stull R, Maron BJ, Cannon RO, et al: Cardiac norepinephrine kinetics in hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation* **79**: 836-844, 1989
- 15) Merlet P, Valette H, Dubois-Rande JL, Moyse D, Duboc D, Dove P, et al: Prognostic value of cardiac metaiodobenzylguanidine imaging in patients with heart failure. *J Nucl Med* **33**: 471-477, 1992
- 16) 両角隆一, 石田良雄, 谷 明博, 佐藤秀幸, 松山泰三, 尾崎 仁, 他: 心不全の重症度評価におけるI-123 MIBG心筋シンチグラフィの意義—拡張型心筋症での検討—. *核医学* **28**: 271-279, 1991
- 17) 佐藤圭子, 加藤健一, 村田 啓, 西村重敬, 山口洋: 虚血性心疾患における ^{123}I -MIBGシンチグラムの有用性— $^{201}\text{TlCl}$ 心筋シンチグラムとの比較検討—. *核医学* **27**: 821-831, 1990
- 18) Nakajo M, Shimabukuro K, Yoshimura H, Yonekura R, Nakabeppu Y, Tanoue T, et al: Iodine-131 Metaiodobenzylguanidine Intra- and Extravesicular accumulation in the rat heart. *J Nucl Med* **27**: 84-89, 1986
- 19) 志賀浩治, 杉原洋樹, 中川達哉, 片平敏雄, 馬本郁男, 原田佳明, 他: 健常心筋の心内膜側と心外膜側におけるMIBGとTlの分布の差異. *映像情報(M)* **24**: 469-473, 1992

Summary

The Distribution and Kinetics of ^{123}I -MIBG in Normal Human Hearts

Koji SHIGA*, Hiroki SUGIHARA**, Takashi INOUE*, Nobuo FUJITA*,
Fumiaki OGAWA*, Tatsuya NAKAGAWA***, Katsuichi OTSUKI***,
Ikuo UMAMOTO***, Yoko TANIGUCHI*** and Masao NAKAGAWA***

**Department of Radiology, Kyoto First Red Cross Hospital*

***Department of Radiology, Kyoto Prefectural University of Medicine*

****Second Department of Medicine, Kyoto Prefectural University of Medicine*

^{123}I -metaiodobenzylguanidine (MIBG) myocardial scintigraphy was performed in twelve normal human subjects, and the distribution and clearance of MIBG were estimated. In PLANAR studies, heart to mediastinum (H/M) and lung to mediastinum activity ratio (L/M) were 2.68 ± 0.45 and 1.82 ± 0.23 in initial images, and 2.75 ± 0.44 and 1.55 ± 0.13 in delayed images. The clearance of MIBG in the lung was more rapid than that in the heart, 41.6 ± 4.1 vs. 29.8 ± 3.2 (%), therefore MIBG cardiac profiles were more clarified in delayed images. In SPECT studies, the regional relative uptake (RRU) in anterior, septal, inferior and lateral wall were 100.0 ± 0 , 93.9 ± 6.9 , 85.0 ± 10.0 and 104.9 ± 8.3 (%) in initial images, and 100.0 ± 0 , 96.8 ± 9.6 , 79.4 ± 8.3 and 99.1 ± 7.9 (%) in delayed images, respectively. The RRU in inferior wall was significantly lower than those in the other walls. The regional clearance rate (RCR) in these four walls were 25.1 ± 4.6 , 22.5 ± 8.2 , 29.7 ± 8.3 , 29.3 ± 3.4 (%), respectively. The RCR in inferior and

lateral wall were significantly larger than those in anterior and septal walls. The RRU in basal, mid and apical portion were 100.0 ± 0 , 104.5 ± 3.3 , 98.9 ± 12.1 (%) in initial images, and 100.0 ± 0 , 103.9 ± 4.5 , 96.8 ± 15.2 (%) in delayed images, respectively. The RRU in mid portion was significantly higher than that in basal portion. The RCR in these three portions were 26.5 ± 5.9 , 27.0 ± 4.6 , 28.3 ± 6.2 (%), respectively. No significant difference was seen in those. Mean clearance rate of the whole left ventricle was 26.9 ± 4.1 (%) by Bull's eye method.

In this study, we obtained the normal values of the distribution and clearance of MIBG. Those were concluded to be heterogeneous even in normal human hearts, and it indicated that we should pay attention to this heterogeneity.

Key words: ^{123}I -metaiodobenzylguanidine (MIBG), Normal human heart, Heart to mediastinum activity ratio, MIBG clearance, MIBG distribution.