

**Iodine-123 15-(*p*-Iodophenyl)-3-R,  
S-Methylpentadecanoic Acid  
Myocardial Single Photon Emission  
Computed Tomographyで異例の変  
化を示した急性心筋梗塞の1例**

**Unusual Changes Detected by Iodine-123 15-(*p*-Iodophenyl)-3-R,  
S-Methylpentadecanoic Acid  
Myocardial Single Photon Emission  
Computed Tomography in the  
Process of Acute Myocardial  
Infarction: A Case Report**

全 完<sup>\*1</sup>  
伊藤 一貴  
彦坂 高徹  
足立 芳彦  
米山 聡嗣  
加藤 周司  
東 秋弘<sup>\*2</sup>  
杉原 洋樹<sup>\*2</sup>

Kan ZEN, MD<sup>\*1</sup>  
Kazuki ITO, MD  
Takato HIKOSAKA, MD  
Yoshihiko ADACHI, MD  
Satoshi YONEYAMA, MD  
Shuji KATO, MD  
Akihiro AZUMA, MD, FJCC<sup>\*2</sup>  
Hiroki SUGIHARA, MD<sup>\*2</sup>

**Abstract**

Iodine-123 15-(*p*-iodophenyl)-3-R,S-methylpentadecanoic acid myocardial single photon emission computed tomography (iodine-123 BMIPP myocardial SPECT) is useful for the diagnosis and evaluation of ischemic myocardial disease or cardiomyopathy. Changes in fatty acid metabolism in the post-myocardial ischemic state were evaluated using iodine-123 BMIPP myocardial SPECT.

A 77-year-old woman was hospitalized for treatment of acute myocardial infarction. Emergency coronary angiography showed severe stenosis with delayed filling of contrast medium in the middle portion of the left anterior descending artery, so primary percutaneous transluminal coronary angioplasty was performed successfully. On the second day, iodine-123 BMIPP uptake was decreased slightly on the early imaging in the apico-anterior region, and increased slightly on the delayed imaging. On the seventh day, iodine-123 BMIPP uptake was decreased moderately or markedly in the apico-anterior region on the early imaging, and decreased markedly on the delayed imaging. Iodine-123 BMIPP myocardial SPECT subsequently became almost normalized. These unusual dynamic changes in iodine-123 BMIPP myocardial SPECT imaging may reflect metabolic changes of fatty acids in the ischemic state, the size of the triacylglycerol pool, and the degree of turnover in the triacylglycerol pool.

J Cardiol 2001; 37(4): 215 - 222

**Key Words**

Fatty acid( triacylglycerol )  
Myocardial infarction, pathophysiology

Radionuclide imaging( <sup>123</sup>I-BMIPP SPECT )  
Metabolism

朝日大学歯学部附属村上記念病院 循環器内科: 〒500 - 8523 岐阜県岐阜市橋本町3 - 23; \*(現)<sup>\*2</sup>京都府立医科大学 第二内科: 〒602 - 8566 京都市上京区河原町通広小路梶井町465

Department of Internal Medicine, Murakami Memorial Hospital, Asahi University, Gifu; \*(present)<sup>\*2</sup>The Second Department of Medicine, Kyoto Prefectural University of Medicine, Kyoto

**Address for correspondence:** ZEN K, MD, The Second Department of Medicine, Kyoto Prefectural University of Medicine, Kajii-cho 465, Kawaramachi-dori Hirokoji, Kamigyo-ku, Kyoto 602 - 8566

Manuscript received July 6, 2000; revised January 22, 2001; accepted January 22, 2001

はじめに

<sup>123</sup>I-15(*p*-iodophenyl)-3-R *S*-methylpentadecanoic acid (<sup>123</sup>I-BMIPP)は高い心筋集積率を有し、心筋における停滞時間も長いため、心筋 single photon emission computed tomography(SPECT)に適した放射性医薬品である。<sup>123</sup>I-BMIPPによって得られる心筋脂肪酸代謝の情報は<sup>201</sup>Tlなどにより得られる心筋血流の情報とは異なるため、虚血性心疾患や心筋症などの診断や病態評価に汎用されている<sup>1,2)</sup>。従来、虚血性心疾患における<sup>123</sup>I-BMIPP心筋SPECTの所見は、初期像では虚血障害領域に一致して集積低下が認められ、後期像では逆再分布現象が認められると報告されている<sup>3,4)</sup>。今回、急性心筋梗塞の急性期に経皮的冠動脈形成術

(percutaneous transluminal coronary angioplasty: PTCA)を行い良好な再灌流が得られた症例において、<sup>123</sup>I-BMIPP心筋SPECTを経時的に施行したところ、従来の報告にない興味ある所見が認められた。<sup>123</sup>I-BMIPPは心筋における脂肪酸代謝の病態を反映すると考えられている。今回経験した症例の所見は、急性虚血がヒト心筋細胞の脂肪酸代謝に与える影響を解明するための一助になると考えられたため報告する。

症 例

症 例 77歳，女性  
 主 訴: 安静時胸部圧迫感  
 家族歴: 特記事項なし  
 既往歴: 高血圧症

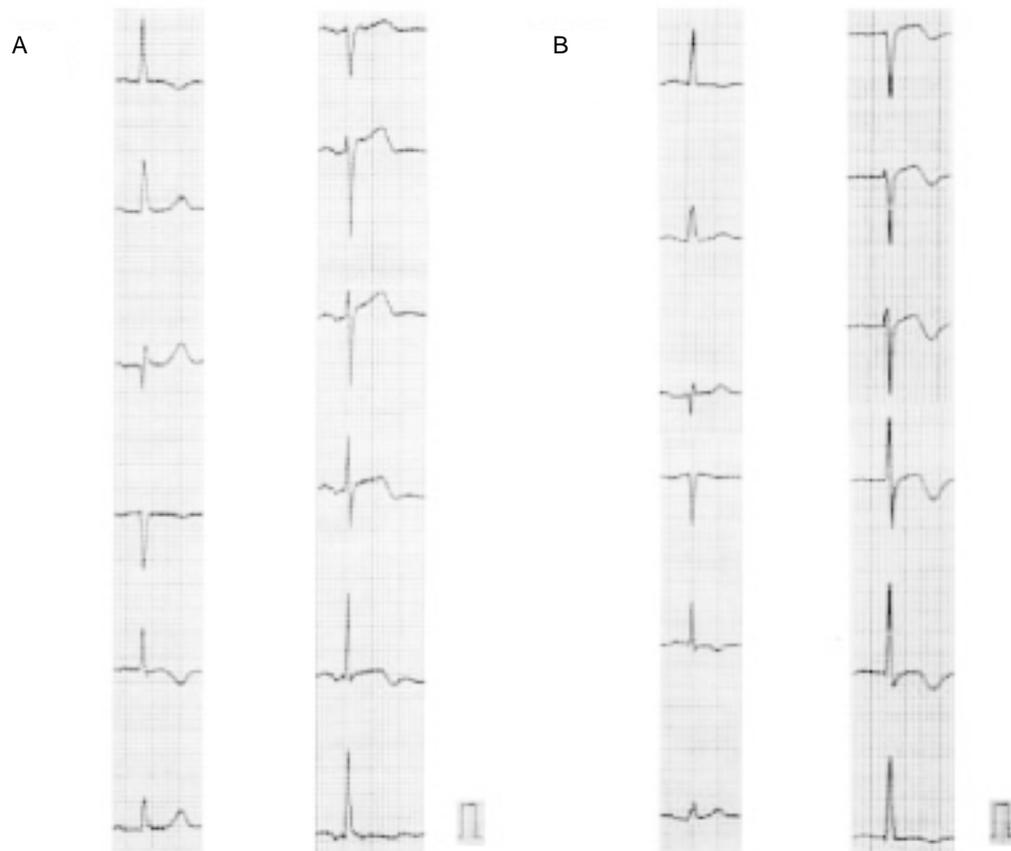


Fig. 1 Serial electrocardiograms

A: Electrocardiogram at the onset of anterior chest pain showing increases in the ST-segment in leads II, III, aVF, and aVL, and negative T wave in leads I and aVL.

B: Electrocardiogram performed on the 14th day after the onset of anterior chest pain showing neither abnormal Q wave nor poor progressive R wave in any leads, and indicating coronary T wave in leads II-

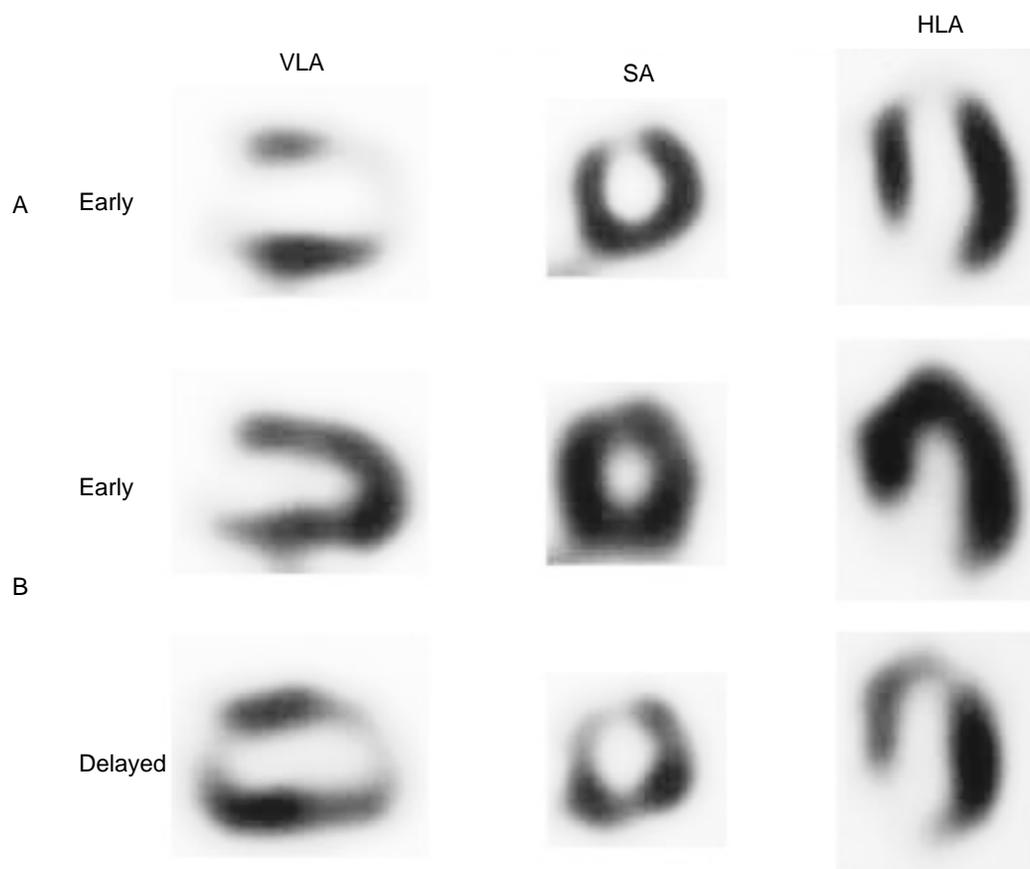
5.

現病歴: 高血圧症に対して当科外来で治療を行っていたが, 狭心症を示唆する症状は認められなかった。1999年6月2日, 入浴中に突然, 胸部圧迫感が出現し, その後も症状がまったく改善しないため, 発症3時間後に当院を救急受診した。12誘導心電図の, , a<sub>F</sub>, 2-<sub>6</sub>誘導でST部分の上昇が認められたため, 急性心筋梗塞が疑われ緊急入院となった。

入院時現症: 身長154cm, 体重60kg。血圧185/80mmHg, 脈拍73/min, 整。心音で音, 肺野で軽度の湿性ラ音が聴取されたが, 頸静脈の怒張や下肢の浮腫は認められなかった。

入院時検査成績: 血液検査では, 白血球は7,900/ $\mu$ lで正常範囲内であったが, クレアチンキナーゼ(creatinine kinase: CK)は352 IU/l, CK-MB分画は67 IU/lと上

昇し, トロポニンTの定性試験は陽性であった。その他の血液検査では異常所見は認められなかった。救急受診時の12誘導心電図では, , a<sub>F</sub>, 2-<sub>6</sub>誘導において最大2mmのST部分の上昇, , a<sub>L</sub>誘導でT波の陰転化が認められた(Fig. 1-A)。胸部X線写真では心胸郭比は60%で, 肺野では軽度のうっ血所見が認められた。断層心エコー図では, 前壁中隔から心尖部にかけて壁運動の低下が認められたが, 心尖部は無収縮であった。来院して約10分後に740MBqの<sup>99m</sup>Tc-tetrofosminを静注し, さらに10分後よりSPECTで撮像した。<sup>99m</sup>Tc-tetrofosmin心筋SPECTでは前壁から心尖部に中等度の集積低下が認められた(Fig. 2-A)。発症から約3時間30分後に行った冠動脈造影では, 左前下行枝の中央部に造影遅延を伴う99%の器質的

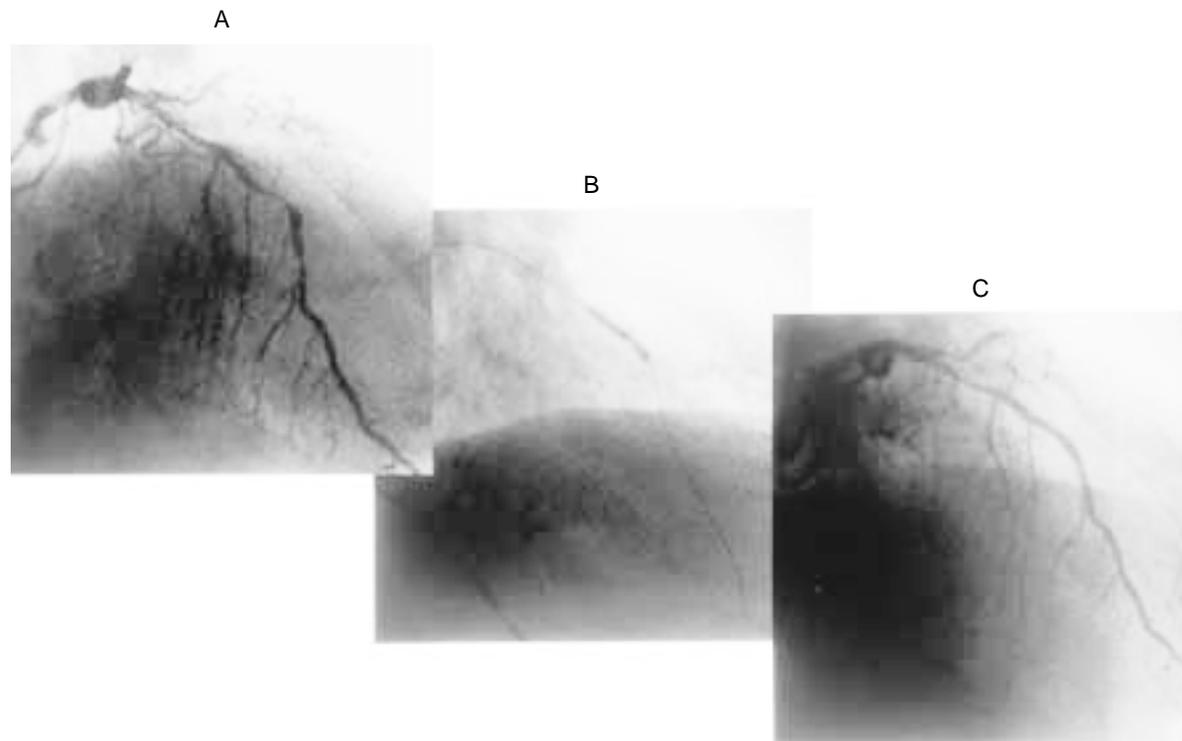


**Fig. 2 Images of technetium-99m-tetrofosmin myocardial SPECT**

A: Technetium-99m-tetrofosmin myocardial SPECT performed 3 hr after the onset of anterior chest pain indicating a moderate decrease in tracer uptake in the apico-anterior region.

B: Early imaging of technetium-99m-tetrofosmin myocardial SPECT performed on the eighth day after the onset of anterior chest pain showing no abnormalities. A mild reverse redistribution in tracer uptake in apico-anteroseptal region was observed on the delayed imaging.

SPECT = single photon emission computed tomography; VLA = vertical long axis; SA = short axis; HLA = horizontal long axis.



**Fig. 3 Coronary angiography performed 3.5 hr after the onset of anterior chest pain**

A: Coronary angiograms showed severe stenosis with delayed filling of contrast medium in the middle portion of the left anterior descending artery.

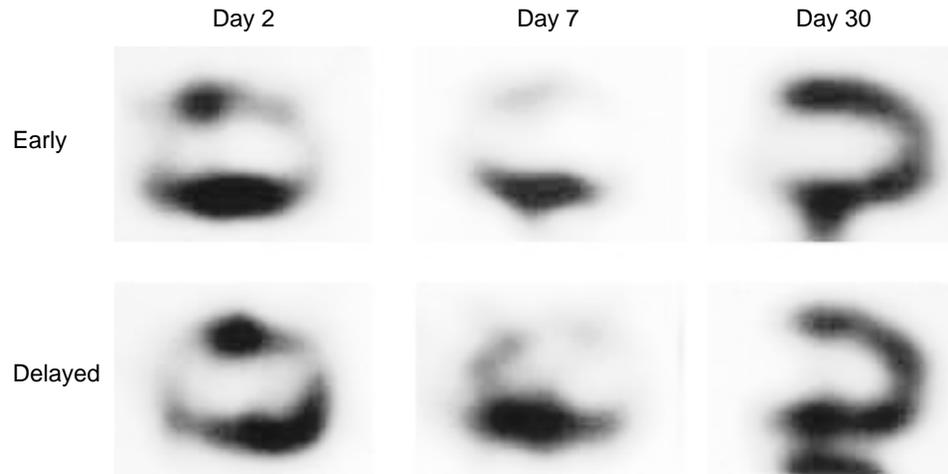
B: Percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA) procedure was done directly.

C: After the PTCA procedure was finished successfully, coronary blood flow of Thrombolysis in Myocardial Infarction (TIMI) grade 3 was confirmed.

狭窄が認められた (Fig. 3 - A). このためPTCAを施行したが (Fig. 3 - B), これにより Thrombolysis in Myocardial Infarction (TIMI) 分類の3度に相当する良好な再灌流が得られた (Fig. 3 - C).

入院後経過: 術後の経過は良好で, 合併症も認められなかった. 術後経過におけるCKの最高値は541IU/lで, CK-MBでは104IU/lであった. 12誘導心電図では, 異常Q波の出現およびR波の減高は認められなかった (Fig. 1 - B). 患者に対して心臓核医学検査を行う必要性や検査によって得られる利益, および検査時に受ける放射線被曝などの不利益について詳細に説明を行い, 承諾を得たうえで第2病日, 第7病日に $^{123}\text{I}$ -BMIPP心筋SPECT, 第8病日に安静 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -tetrofosmin心筋SPECTを撮像した.  $^{123}\text{I}$ -BMIPP心筋SPECTは安静空腹時に111MBqの $^{123}\text{I}$ -BMIPPを静注し, 15分後と3時間後に撮像した. 安静 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -tetrofosmin心筋SPECTは安静空腹時に740MBqの $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -tetrofosminを静注し, 30分後と3時間後に撮像した.

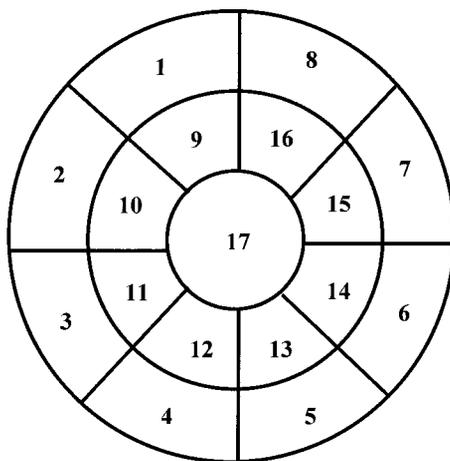
第2病日の $^{123}\text{I}$ -BMIPP心筋SPECTの初期像では, 前壁から心尖部に軽度の集積低下が認められ, 後期像では同部位に再分布現象が認められた (Fig. 4). プルズアイ表示 (Fig. 5)における定量的な取り込み率 (%) の検討でも, 左前下行枝領域の1, 2, 7 - 10, 15 - 17番の領域で, 初期像の取り込み率は52.1 - 77.8%と他の領域に比べて低値を示したが (Fig. 6 - A), 同部位における後期像の取り込み率は61.1 - 91.9%と明らかに増加していた (Fig. 6 - B). 同領域の洗い出し率は3.8 - 39.2%であり, 他の領域に比べて低値であった (Fig. 6 - C). 第7病日の $^{123}\text{I}$ -BMIPP心筋SPECTの初期像では, 前壁から心尖部の集積低下所見が高度になり, さらに後期像では同部位に逆再分布現象が認められた (Fig. 4). 第8病日の $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -tetrofosmin心筋SPECTでは, 初期像は正常化した, 後期像では前壁中隔から心尖部に軽度の逆再分布現象が認められた (Fig. 2 - B). 1ヵ月後の $^{123}\text{I}$ -BMIPP心筋SPECTはほぼ正常化した (Fig. 4), 断層心エコー図の左室壁運動も正常化した.



**Fig. 4 Images of iodine-123 BMIPP myocardial SPECT**

Early imaging of iodine-123 BMIPP myocardial SPECT performed on the second day after the onset of anterior chest pain indicated a moderate decrease in tracer uptake in the apico-anterior region, and delayed imaging showed a mild redistribution in tracer uptake in that region. Early imaging of iodine-123 BMIPP myocardial SPECT performed on the seventh day after the onset of anterior chest pain indicated a moderate or severe decrease in tracer uptake in the apico-anterior region, and delayed imaging showed a moderate reverse redistribution in tracer uptake. Iodine-123 BMIPP myocardial SPECT performed on the 30th day after the onset of anterior chest pain was almost normal.

BMIPP = 15-(*p*-iodophenyl)-3-R, S-methylpentadecanoic acid. Other abbreviation as in Fig. 2.



**Fig. 5 Diagram showing the segments of bull's eye imaging**

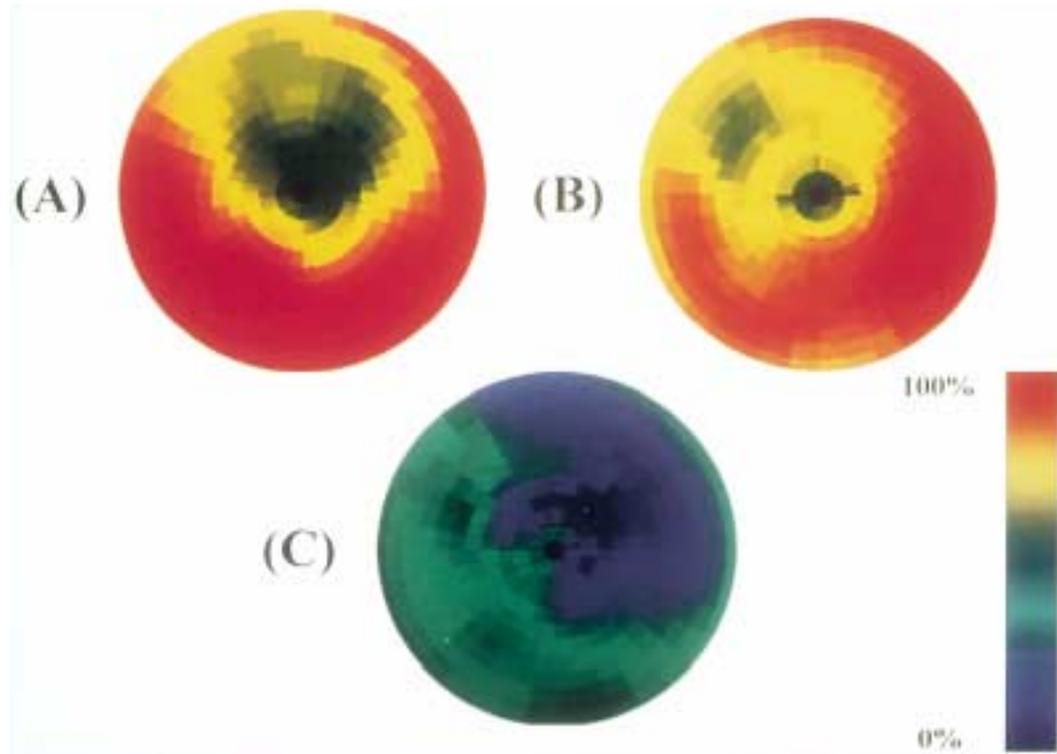
The segments numbered 1 - 8 show the image of the basal short axis. The segments numbered 9 - 16 show the image of the middle short axis. The segment numbered 17 shows the apical region of the left ventricle.

考 案

<sup>123</sup>I-BMIPPは、心筋細胞膜上に存在する長鎖脂肪酸の輸送体である膜蛋白を介して血液中から細胞内に取り込まれるが、この膜蛋白にはcluster of differentiation

36 (CD36)が発現していると考えられている。心筋細胞内に取り込まれた<sup>123</sup>I-BMIPPの一部は早期に血液中に逆拡散するが、多くはアデノシン三リン酸のエネルギーの利用下に<sup>123</sup>I-BMIPP-coenzyme A (<sup>123</sup>I-BMIPP-CoA)に変換される。さらに一部は酸化されたのちに、ミトコンドリア内で酸化され最終代謝産物の<sup>123</sup>I-*p*-iodophenylacetic acidまで代謝される。しかし、約70%の<sup>123</sup>I-BMIPP-CoAは細胞内のtriacylglycerol (TG) poolに蓄積される。そして、再びミトコンドリアでの代謝経路に帰するものや、後期の逆拡散により血液に移行するものがあると考えられている<sup>5,7)</sup>。

今回の症例ではPTCAにより良好な再灌流が得られたものの、左前下行枝領域には高度な虚血障害が生じたと考えられた。このため、急性期(第2病日)に行った<sup>123</sup>I-BMIPP心筋SPECTの初期像では心尖部から前壁領域にかけて高度な集積低下所見、後期像では逆再分布現象が生じると予想された。しかし、初期像の集積低下所見は軽度であり<sup>5)</sup>、さらに後期像では再分布現象が認められた。急性期に行った<sup>99m</sup>Tc-tetrofosmin心筋SPECTの撮像からは24時間以上が経過しており、<sup>99m</sup>Tc-tetrofosminの残存放射能がSPECT画像に与える影響は無視しうるものと考えられた。心筋虚血の



**Fig. 6 Bull's eye images**

A: Bull's eye imaging of the early imaging of iodine-123 BMIPP myocardial SPECT performed on the second day after the onset of anterior chest pain indicated a moderate decrease in percentage uptake in the apico-anterior region (segments numbered 1, 2, 7 - 10, 15 - 17). The percentage uptake values of those segments varied from 52.1% to 77.8%.

B: Bull's eye imaging of the delayed imaging of iodine-123 BMIPP myocardial SPECT performed on the second day after the onset of anterior chest pain indicated higher percentage uptake values in the apico-anterior region (segments numbered 1, 2, 7 - 10, 15 - 17) than in the early imaging. The percentage uptake values of those segments varied from 61.1% to 91.9%.

C: Bull's eye imaging of the washout rate of iodine-123 BMIPP myocardial SPECT performed on the second day after the onset of anterior chest pain indicated lower values in the apico-anterior region (segments numbered 1, 6 - 10, 14 - 17) than in the other regions of the left ventricle. The washout rate values of those segments varied from 3.8% to 39.2%.

Abbreviations as in Figs. 2, 4.

急性期には、血液中のカテコラミン濃度が上昇することにより脂肪組織の分解が亢進し、血液中の遊離脂肪酸濃度が上昇する。高濃度の脂肪酸は催不整脈作用、心筋細胞膜障害や心筋収縮能低下などの心筋毒性を有することが報告されている<sup>8・13</sup>。これらを防ぐためにTG poolが反応性に拡大し、過剰の脂肪酸を吸収することが動物実験で報告されている<sup>5</sup>。また、イヌの心筋虚血再灌流モデルにおいて、心筋梗塞領域の中心部では虚血の急性期にはTG poolは縮小するが、その周辺領域ではむしろTG poolは拡大することが報告されている<sup>14</sup>。本症例においても虚血の急性期にTG pool

が反応性に拡大した結果、TG poolに<sup>123</sup>I-BMIPPが取り込まれたため集積低下の程度が軽度になったと考えられた。一方、後期像では洗い出しの低下が認められたが、これはTG poolに取り込んだ脂肪酸を早期に血液中に放出すると脂肪酸濃度が再上昇するため、これを防ぐ目的でTG pool内に脂肪酸が保持されたためと考えられた。

亜急性期(第7病日)に行った<sup>123</sup>I-BMIPP心筋SPECTの初期像では同領域に高度な集積低下所見、後期像では逆再分布現象が認められたが、この所見は急性期における所見とは対照的であった。心筋虚血の亜急性期

から慢性期には、心筋内エネルギー代謝は好気性の糖代謝が優位となることが<sup>18</sup>F-2-fluoro-2-deoxyglucose positron emission tomographyを用いた検討により報告されている<sup>15,16)</sup>。亜急性期に<sup>123</sup>I-BMIPPの集積低下が認められた機序として、血液中の脂肪酸濃度が正常化し、さらに糖代謝の亢進により脂肪酸代謝が抑制されたため、TG poolは廃用性に縮小し、<sup>123</sup>I-BMIPPの取り込みが低下した可能性が考えられた。洗い出しが亢進した原因として、ミトコンドリアでの脂肪酸代謝は抑制されているため、代謝されずに血液中に逆拡散した可能性が考えられた<sup>4)</sup>。

亜急性期の<sup>123</sup>I-BMIPP心筋SPECT初期像の集積低下所見は、急性期の<sup>99m</sup>Tc-tetrofosmin心筋SPECT所見に類似していたことより、この時期の<sup>123</sup>I-BMIPP心筋SPECT初期像は急性期における虚血障害のメモリーイメージであると考えられた<sup>3)</sup>。

第8病日の安静<sup>99m</sup>Tc-tetrofosmin心筋SPECT初期像は正常化した。後期像では前壁中隔から心尖部に軽度の逆再分布現象が認められた。これは虚血によって心筋細胞膜やミトコンドリア機能が障害され、細胞内における<sup>99m</sup>Tc-tetrofosminの保持機能が低下した状態を反映していると考えられた<sup>17)</sup>。

1ヵ月後の断層心エコー図や、<sup>123</sup>I-BMIPP心筋SPECTがほぼ正常化したこと、心筋逸脱酵素の数値や12誘導心電図の経時的変化を考慮すると、本症例の梗塞の程度は軽度で、心筋の多くがバイアビリティを有していたものと考えられた。

本症例では、心筋虚血の急性期から慢性期において従来の報告にはない多様な<sup>123</sup>I-BMIPP心筋SPECT所見の変化が認められた。狭心症患者では、胸痛発作が出現した当日に<sup>123</sup>I-BMIPP心筋SPECTを施行しても異常所見が認められないことが報告されている<sup>18)</sup>。また、急性心筋梗塞の亜急性期には、梗塞領域の洗い出し率は非梗塞領域の洗い出し率に比べて低値を示すことが報告されている<sup>19)</sup>。このように虚血再灌流後には心筋脂肪酸代謝も多様な変化を示すことが予想されるが、これらの変化は心筋虚血や再灌流の程度、心筋虚血プレコンディショニングの程度などにより、さらに修飾を受ける可能性が考えられる。今後、<sup>123</sup>I-BMIPP心筋SPECT所見の理解にはこれらの条件を考慮することが重要と考えられた。

## 結 語

今回我々は、心筋虚血の急性期から経時的に<sup>123</sup>I-BMIPP心筋SPECTを施行することにより、ヒト心筋細胞内で生じる脂肪酸代謝の多様な変化を捉えることができた。これまでの知見を総合的に判断すると、<sup>123</sup>I-BMIPP心筋SPECTの初期像は、心筋細胞内のTG poolの大きさを反映し<sup>20)</sup>、後期像はTG poolにおける脂肪酸代謝の程度を反映していることが推測される。症例を重ねて検討することにより、ヒト虚血心筋における脂肪酸代謝の動態やエネルギー代謝の変化を解明しうることが示唆された。

## 要 約

現在、<sup>123</sup>I-BMIPPを用いた心筋SPECT像は、虚血性心疾患や心筋症などの診断や病態評価に臨床応用されている。我々は、心筋梗塞の急性期から慢性期にかけて、従来の報告にない<sup>123</sup>I-BMIPP心筋SPECT画像の変化を捉えることができた。

症例は77歳の女性で、急性心筋梗塞が疑われたため、心臓カテーテル検査が施行された。冠動脈造影では左前下行枝の中央部に造影遅延を伴う狭窄病変が認められた。このため経皮的冠動脈形成術を施行し、良好な再灌流が得られた。第2病日の<sup>123</sup>I-BMIPP心筋SPECT初期像では、前壁から心尖部の集積低下は軽度で、後期像では同部位に再分布現象が認められた。第7病日の初期像では同部位の集積低下は高度になり、後期像では逆再分布現象が認められた。慢性期には初期像、後期像ともに正常化した。これらの所見は、急性虚血がヒト心筋細胞に与える脂肪酸代謝への影響を反映していると考えられ、心筋細胞内の triacylglycerol poolの大きさや、triacylglycerol pool内の脂肪酸代謝の程度を示している可能性が示唆された。

— J Cardiol 2001; 37(4): 215 - 222 —

## 文 献

- 1) Knapp FF Jr, Ambrose KR, Goodmann MM: New radioiodinated methyl-branched fatty acids for cardiac studies. *Eur J Nucl Med* 1986; **12**( Suppl ): S39 - S44
- 2) Tamaki N, Kawamoto M, Yonekura Y, Fujibayashi Y, Takahashi N, Konishi J, Nohara R, Kambara H, Kawai C, Ikekubo K, Kato H: Regional metabolic abnormality in relation to perfusion and wall motion in patients with myocardial infarction: Assessment with emission tomography using an iodinated branched fatty acid analog. *J Nucl Med* 1992; **33**: 659 - 667
- 3) Ito K, Sugihara H, Terada K, Taniguchi Y, Ohtsuki K, Matumoto K, Miyazaki H, Nakagawa T, Azuma A, Maeda T, Nakagawa M: Assessment of myocardial fatty acid metabolism in patients with vasospastic angina using <sup>123</sup>I-BMIPP myocardial SPECT. *Kaku Igaku* 1995; **32**: 1099 - 1106 (in Jpn with Eng abstr)
- 4) Tanaka K, Ito K, Kinoshita N, Nakagawa M, Terada K, Kajita Y, Sugihara H: Importance of the delayed <sup>123</sup>I-BMIPP image for detecting myocardial metabolic abnormality induced by transient myocardial ischemia: A case of vasospastic angina. *Kaku Igaku* 1997; **34**: 229 - 235 (in Jpn with Eng abstr)
- 5) Lopaschuk GD, Belke DD, Gamble J, Itoi T, Schonekess BO: Regulation of fatty acid oxidation in the mammalian heart in health and disease. *Biochim Biophys Acta* 1994; **1213**: 263 - 276
- 6) Yamamichi Y, Kusuoka H, Morishita K, Shirakami Y, Kurami M, Okano K, Itoh O, Nishimura T: Metabolism of iodine-123-BMIPP in perfused rat hearts. *J Nucl Med* 1995; **36**: 1043 - 1050
- 7) Tanaka T, Okamoto F, Sohmiya K, Kawamura K: Lack of myocardial iodine-123 15-(p-iodophenyl)-3-R, 5-methylpentadecanoic acid (BMIPP) uptake and CD36 abnormality: CD36 deficiency and hypertrophic cardiomyopathy. *Jpn Circ J* 1997; **61**: 724 - 725
- 8) Oliver MF, Kurien VA, Greenwood TW: Relation between serum-free-fatty acids and arrhythmias and death after acute myocardial infarction. *Lancet* 1968; **1**: 710 - 714
- 9) Corr PB, Gross RW, Sobel BE: Amphipathic metabolites and membrane dysfunction in ischemic myocardium. *Circ Res* 1984; **55**: 135 - 154
- 10) Katz AM, Messineo FC: Lipid-membrane interactions and the pathogenesis of ischemic damage in the myocardium. *Circ Res* 1981; **48**: 1 - 16
- 11) Liedtke AJ: Alterations of carbohydrate and lipid metabolism in the acutely ischemic heart. *Prog Cardiovasc Dis* 1981; **23**: 321 - 336
- 12) Mjos OD: Effect of free fatty acids on myocardial function and oxygen consumption in intact dogs. *J Clin Invest* 1978; **50**: 1386 - 1389
- 13) Liedtke AJ, Nellis SH, Neely JR: Effects of excess free fatty acids on mechanical and metabolic function in normal and ischemic myocardium in swine. *Circ Res* 1978; **43**: 652 - 661
- 14) Straeter-Knowlen IM, Evanochko WT, Hollander JA, Wolkowicz PE, Balschi JA, Caulfield JB, Ku DD, Pohost GM: <sup>1</sup>H NMR spectroscopic imaging of myocardial triglycerides in excised dog hearts subjected to 24 hours of coronary occlusion. *Circulation* 1996; **93**: 1464 - 1470
- 15) Heyndrickx GR, Wijns W, Vogelaers D, Degrieck Y, Bol A, Vandeplassche G, Melin JA: Recovery of regional contractile function and oxidative metabolism in stunned myocardium induced by 1-hour circumflex coronary artery stenosis in chronically instrumented dogs. *Circ Res* 1993; **72**: 901 - 913
- 16) Tsubokawa A, Lee JD, Shimizu H, Nakano A, Usui H, Takeuchi M, Tsuchida T, Yonekura Y, Ishii Y, Ueda T: Recovery of perfusion, glucose utilization and fatty acid utilization in stunned myocardium. *J Nucl Med* 1997; **38**: 1835 - 1837
- 17) Sugihara H, Nakagawa T, Yamashita E, Kinoshita N, Ito K, Azuma A, Okuyama C, Ushijima Y, Nakagawa M, Maeda T: Reverse redistribution of Tc-99m-tetrofosmin in patients with acute myocardial infarction. *Ann Nucl Med* 1999; **13**: 43 - 47
- 18) 河合裕子, 野崎洋一, 大島寛史, 櫻井正之, 宮本憲行, 小野智英, 四倉昭彦, 塚本江利子, 玉木長良: 胸痛症例における最終胸痛発症からの時間とBMIPP集積異常との関連. *Jpn Circ J* 2000; **64**( Suppl ): 490 (abstr)
- 19) 阿部充伯, 風谷幸男, 福田 浩, 立野博也, 羽原宏和, 濱田範子, 野本良一, 金本将司, 倉田 聖: Stunned myocardiumにおける<sup>123</sup>I-BMIPP washout rateの推移. *Jpn Circ J* 2000; **64**( Suppl ): 490 (abstr)
- 20) Nishimura T, Sago M, Kihara K, Oka H, Shimonagata T, Katabuchi T, Hayashi M, Uehara T, Hayashida K, Noda H, Takano H: Fatty acid myocardial imaging using <sup>123</sup>I-15-methyl-iodophenyl pentadecanoic acid (BMIPP): Comparison of myocardial perfusion and fatty acid utilization in canine myocardial infarction (occlusion and reperfusion model). *Eur J Nucl Med* 1989; **15**: 341 - 345