

正常および虚血心筋における Iodine-123-Beta-Methyl-*p*-Iodophenyl-Pentadecanoic Acid の洗い出し率と心筋酸素消費量の関係

*Relationship Between Iodine-123-Beta-Methyl-*p*-Iodophenyl-Pentadecanoic Acid Washout Ratio and Oxygen Consumption in Normal and Ischemic Myocardium*

齋藤 公正
齋藤 誉宏*¹
岡本 隆二
宮原 眞敏
岡本 紳也
牧野 克俊
幸治 隆一
青木 茂*²
竹田 寛*³
中野 赳*¹

Kimimasa SAITO, MD
Yasuhiro SAITO, MD*¹
Ryuji OKAMOTO, MD
Masatoshi MIYAHARA, MD
Shinya OKAMOTO, MD
Katsutoshi MAKINO, MD
Takakazu KOJI, MD
Shigeru AOKI, CNMT*²
Kan TAKEDA, MD*³
Takeshi NAKANO, MD, FJCC*¹

Abstract

The relationship between oxygen consumption and iodine-123-beta-methyl-*p*-iodophenyl-pentadecanoic acid (¹²³I-BMIPP) washout at rest and after exercise was investigated in normal and ischemic myocardium. Sixteen healthy volunteers and 14 patients with ischemic heart disease were examined. After injection of 111MBq of ¹²³I-BMIPP, serial single photon emission computed tomography imaging was performed to evaluate washout ratio after 30 min and 1 hour of rest and after exercise.

In the volunteers, the mean washout ratio was 3.3±3.5% after 1 hour of rest and increased during exercise. The exercise washout ratio showed a better correlation with net pressure rate product (net PRP : cumulative values of PRP during exercise) than with the peak PRP. The exercise washout ratio showed a strong correlation with the net PRP in the range from 180 to 300×10³ mmHg · beat/min and a plateau of 10-15%. In the nine ischemic patients with net PRP≥300×10³ mmHg · beat/min, the exercise washout ratio values were significantly elevated in normal segments relative to ischemic segments (10.1±1.9% vs 4.7±2.9%, *p*<0.001). In the five ischemic patients with net PRP<300×10³ mmHg · beat/min, washout ratio at rest and after exercise did not differ significantly between normal and ischemic segments.

¹²³I-BMIPP washout ratio increased with increased oxygen consumption during exercise in normal myocardium but not in ischemic myocardium. The patient must exercise before fatty acid metabolism can be compared between normal and ischemic myocardium.

J Cardiol 1997; 30 (4): 189-195

Key Words

Radionuclide imaging (¹²³I-BMIPP), Oxygen consumption, Exercise, Fatty acids, Ischemia (reperfusion), Washout ratio, Pressure rate product

松阪中央病院 内科, *²放射線科: 〒515 三重県松阪市川井町字小望 102; 三重大学医学部 *¹第一内科, *³放射線科, 三重
Departments of Internal Medicine and *²Radiology, Matsusaka Central Hospital, Mie; *¹The First Department of Internal Medicine and *³Depart-
ment of Radiology, Mie University School of Medicine, Mie

Address for reprints: SAITO K, MD, Department of Internal Medicine, Matsusaka Central Hospital, Konozomi 102, Kawaimachi, Matsusaka,
Mie 515

Manuscript received April 21, 1997; revised July 28, 1997; accepted July 29, 1997

はじめに

Iodine-123-beta-methyl-*p*-iodophenyl-pentadecanoic acid ($^{123}\text{I-BMIPP}$) は天然の脂肪酸と同様に細胞内に取り込まれ、脂肪酸の利用に応じてトリグリセリドなどの脂質プールおよびミトコンドリア内に分布するが、側鎖として β 位にメチル基を有するために、従来より β 酸化を受けないとされてきた¹⁾。しかし、最近の動物実験における検討で、 $^{123}\text{I-BMIPP}$ の一部は、ミトコンドリア内で α 酸化された後で β 酸化を受け、最終代謝産物である $^{123}\text{I-PIPA}$ (*p*-iodophenylacetic acid) まで代謝されることが明らかとなった²⁻⁴⁾。

一方、臨床における $^{123}\text{I-BMIPP}$ の安静時および運動負荷後の洗い出し率に関しては、正常心筋における安静時の値は約3時間で平均13-19%であり、運動負荷によって増加することが、報告されている⁵⁻⁸⁾。しかし彼らの求めた運動負荷時の値は、最大運動負荷に達した時点で $^{123}\text{I-BMIPP}$ が投与されているため、いわば負荷終了後の洗い出し率に相当すると考えられる。

そこで我々は、 $^{123}\text{I-BMIPP}$ を投与して一定時間経過後より運動負荷を開始して洗い出し率を求め、1) 正常ボランティア16例に対し、正常心筋において心筋酸素消費量の変化に応じ、 $^{123}\text{I-BMIPP}$ の洗い出し率はどのように変化するのか、2) 虚血性心疾患患者14例に対し、運動負荷による $^{123}\text{I-BMIPP}$ 洗い出し率の変化を求めることにより、正常および虚血心筋の脂肪酸代謝を定量的に評価しうるか、の2点につき検討した。

対象と方法

1. 対象

本研究の趣旨を理解し賛同を得た16例の正常ボランティアを対照群とした。彼らはいずれも当病院に勤務する医師または技師であり、男性15例、女性1例、年齢は26-63歳、平均39歳であった。全例、心疾患、糖尿病および肺疾患の既往はなく、血液生化学検査も正常範囲内であった。

虚血性心疾患患者14例の平均年齢は57歳、男性11例、女性3例で、その内訳は労作性狭心症5例、陳旧性心筋梗塞6例、急性心筋梗塞3例であった。全例に冠動脈造影を行い、更に本検査施行日の2週以内に運動負荷 thallium-201 (^{201}Tl) 心筋シンチグラフィーを施行した。

Selected abbreviations and acronyms

$^{123}\text{I-BMIPP}$ = iodine-123-beta-methyl-*p*-iodophenyl-pentadecanoic acid

PRP = pressure rate product (double product)

^{201}Tl = thallium-201

2. 方法 (Fig. 1)

朝食後より本研究終了時まで絶飲絶食とした。朝食約2時間後に $^{123}\text{I-BMIPP}$ 111 MBq を静注し、約30分後に1回目の single photon emission computed tomography (SPECT) 像を撮像した。安静1時間後に2回目の SPECT 像を求め、それぞれのカウント数の差より安静時洗い出し率を算出した。2回目の SPECT を撮像後、運動負荷を施行した。運動負荷には自転車エルゴメーターを用い、多段階漸増方式で施行した。負荷は50Wより開始し、5分ごとに25Wずつ増加させ、計20分間行った。負荷終了後約10-15分経過した時点で3回目の SPECT 像を撮像し、洗い出し率を求めた。

3. データ収集および処理

1) $^{123}\text{I-BMIPP}$ SPECT 像

SPECT 撮像には、低エネルギー用高分解能コリメーターを装着した3検出器回転型 SPECT 装置 (東芝製 9300A, 東京) を使用した。連続回転モードにより360°方向のデータを4°ごと90方向より収集した。収集時間は1方向につき20秒間とした。データ収集条件は主ウィンドウを159 KeV (12%) とし、散乱補正用に3%のサブウィンドウを設定した。得られたデータに対しピクセルごとにトリプルエネルギーウィンドウ法により散乱補正を行った⁹⁾。画像再構成には Butterworth および Ramp フィルターを用い、128×128 マトリックスにてスライス厚12.8 mmで、心尖部から心基部まで連続する左室短軸断層像を求めた。

2) 正常心筋における $^{123}\text{I-BMIPP}$ 洗い出し率の算出
短軸断層像における各スライスでの $^{123}\text{I-BMIPP}$ カウント数を正確に求め、その総和を左室総カウント数とした。安静時および運動負荷時の洗い出し率は、安静前後および負荷前後の左室総カウント数を用い次式にて求めた。

洗い出し率 (%) = (前の左室総カウント数 - 後の左室総カウント数) / 前の左室総カウント数 × 100

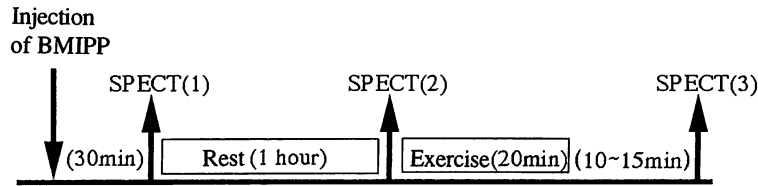


Fig. 1 Study protocol

^{123}I -BMIPP (111 MBq) was injected into the antecubital vein of each subject about 2 hours after breakfast. The first single photon emission computed tomography (SPECT) imaging was started 30 min later. After 1 hour of rest, the second SPECT imaging was performed to calculate the resting washout ratio. This was followed by exercise using a bicycle ergometer for about 20 min, then the third SPECT imaging was performed after 10–15 min.

3) 虚血心筋における ^{123}I -BMIPP 洗い出し率の算出

虚血性心疾患患者を対象として、対照群と同様の方法で、安静時および運動負荷時の洗い出し率を求めた。運動負荷 ^{201}Tl 心筋 SPECT 検査にて、虚血や梗塞などの異常を示した領域と正常血流を示した領域とに分け、 ^{201}Tl において最も虚血の強かった断層像をもとに、それぞれの領域における安静時および運動負荷時の洗い出し率を算出した。

4) 心筋酸素消費量の指標

心筋酸素消費量の指標として最大血圧と心拍数の積である二重積 (double product = pressure rate product: PRP) を毎分測定し、最大 PRP (運動負荷時の PRP の最高値) および二重積の総和 (net PRP: 運動負荷時の毎分の PRP の総和) を求め、 ^{123}I -BMIPP 洗い出し率との関連を検討した。

5) 統計学的解析

結果の数値はそれぞれ平均 [±SD] で表示し、安静時および運動負荷時における洗い出し率は、両側 t 検定を用いて検討した。 $p < 0.05$ をもって統計学的有意とした。

結 果

1. 対照群 16 例における検討

1) 安静時および運動負荷時の洗い出し率

安静 1 時間後の値は 2–10%，平均 $3.3 \pm 3.5\%$ ($n=16$) であった。運動負荷時の平均値は $8.8 \pm 4.9\%$ ($n=16$) であり、安静時に比し $p < 0.01$ で有意に増加していた。

2) 運動負荷時の PRP と洗い出し率との関係

運動負荷時の最大 PRP は $18.4\text{--}44.3 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ ，平均 $26.8 \pm 7.2 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ であった。しかし最大 PRP との間に有意な相関は認められなかった (Fig. 2)。一方、net PRP は $191.2\text{--}494.0 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ (平均 $294.6 \pm 92.7 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$)

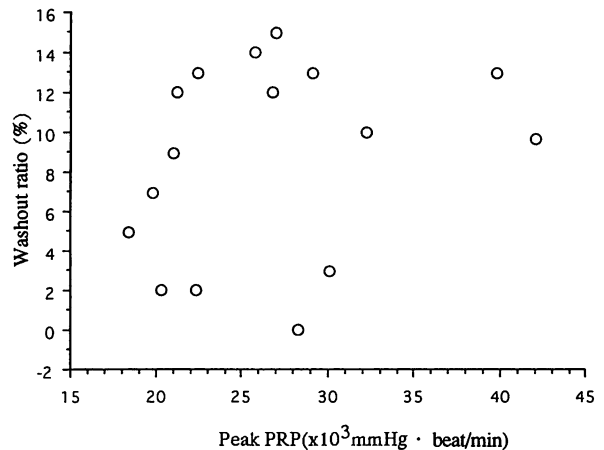


Fig. 2 Relationship between ^{123}I -BMIPP washout ratio and PRP after exercise

After exercise, the peak PRP showed a considerable increase with a mean of $26.8 \pm 7.2 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ but showed no significant correlation with the washout ratio.

min) と個々の運動能力に応じ幅広い値を示した。運動負荷時の net PRP と洗い出し率との関係を Fig. 3 に示す。Net PRP が約 $180\text{--}300 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ の範囲では洗い出し率の直線的な増加 ($r=0.794$, $p < 0.01$, $n=10$) を認めたが、約 $300 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ を超えると、その値は 10–15% (平均洗い出し率 $12.5 \pm 1.6\%$, $n=6$) の範囲で定常状態となった。

2. 虚血性心疾患例における検討

虚血性心疾患患者 14 例を、net PRP が $300 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ 未満の A 群 ($n=5$) と、 $300 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ 以上の B 群 ($n=9$) とに分け比較検討した (Table 1)。A 群における正常心筋部の安静時および運動負荷時の平均洗い出し率は、それぞれ $2.2 \pm 1.2\%$ ， $4.0 \pm 1.8\%$ であり、両者に有意差を認めなかった。また虚血領域 (^{201}Tl 集積異常域) においても、安静時および運動負荷時の平均値は、それぞれ $2.6 \pm 2.0\%$ ， 1.8

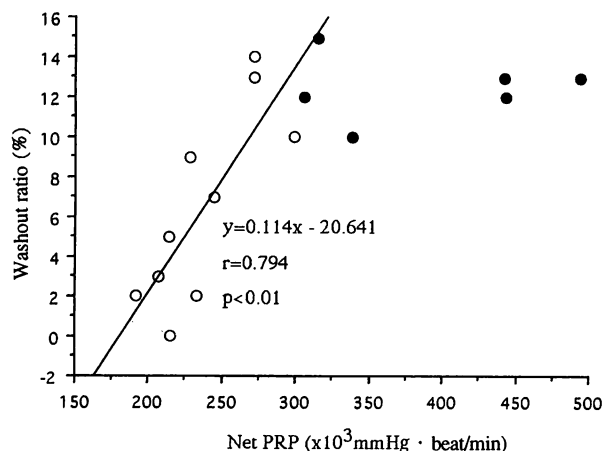


Fig. 3 Relationship between ^{123}I -BMIPP washout ratio and net PRP after maximum exercise in healthy volunteers with net PRP < $300 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ (open circles) and net PRP $\geq 300 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ (solid circles)

Washout ratio showed a nearly linear increase in healthy volunteers with net PRP in the range from 180 to $300 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ ($r=0.794$, $p<0.01$, $n=10$), and only a mildly undulating plateau was observed within a 10 to 15% range (mean $12.5 \pm 1.6\%$, $n=6$) for net PRP values greater than $300 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$.

$\pm 2.2\%$ であり、有意差はなかった。一方、B群においては、正常部位の安静時および運動負荷時の平均値はそれぞれ $3.3 \pm 1.4\%$ 、 $10.1 \pm 1.9\%$ で、運動負荷により有意の増加を示した ($p<0.001$)。しかし虚血部では、安静時の平均値の $3.7 \pm 2.0\%$ に対し、運動負荷時の平均値は $4.7 \pm 2.9\%$ で、有意の増加はみられなかった。また運動負荷時の正常心筋における洗い出し率は、虚血部位に比べて有意に増加していた ($p<0.001$)。

Fig. 4 は右冠動脈に有意狭窄を認めた労作性狭心症の1例である。 ^{201}Tl にて虚血を示した領域Aの安静時洗い出し率は4.1%、運動負荷後のそれは6.8%であったのに対し、 ^{201}Tl にて正常と考えられる領域Bにおける安静時および運動負荷時の値はそれぞれ3.2%および12.7%であった。

考 察

近年の虚血性心疾患に対する経皮的冠動脈形成術や冠動脈バイパス術の発達に伴い、その適応を判断するためにも、術前に心筋虚血や生存能を評価することがますます重要視されてきている。核医学の分野でも、 ^{201}Tl , technetium-99m 標識化合物などを用いた評価法も検討されているが、的確な評価法としての結論は得られていない。 ^{123}I -BMIPPにおいても、安静時の撮像の

Table 1 Comparison of rest and exercise ^{123}I -BMIPP washout ratios in segments with normal and abnormal ^{201}Tl perfusion in patients with net PRP < $300 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ (group A) and net PRP $\geq 300 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ (group B)

	n	Net PRP	^{123}I -BMIPP washout ratio (%)			
			^{201}Tl : normal		^{201}Tl : abnormal	
			Rest	Exercise	Rest	Exercise
Group A	5	105.3 ± 39.9	2.2 ± 1.2	4.0 ± 1.8	2.6 ± 2.0	1.8 ± 2.2
Group B	9	321.2 ± 21.6	3.3 ± 1.4	10.1 ± 1.9	3.7 ± 2.0	4.7 ± 2.9

Values are mean \pm SD. ** $p<0.001$.

みでなく、薬物負荷や運動負荷後のSPECT像により、正常心筋の虚血および梗塞部位との鑑別を行う試みもなされている^{10,11}。我々は正常心筋における ^{123}I -BMIPPの洗い出し率と心筋酸素消費量との関係を明らかにし、虚血および梗塞心筋における値との差異を検討した。

我々の検討における安静1時間後の洗い出し率は平均 $3.3 \pm 3.5\%$ ($n=16$) で、以前より報告されている安静3時間における ^{123}I -BMIPPのそれ(13–19%)とほぼ同様の結果が得られた^{5–8}。運動負荷時においては、心筋酸素消費量の増加に応じて洗い出し率の増加を認めた。

心筋酸素消費量の指標として血圧と心拍数の積である二重積 (PRP) を毎分測定し、最大 PRP および net PRP を求め検討したが、net PRP のほうが運動負荷時の ^{123}I -BMIPPの洗い出し率との間に強い相関を認めた。これはnetに換算したほうが運動負荷中の心筋酸素消費量の総和をより反映しているためであると考えられた。**Fig. 3**に示したように、運動負荷時のnet PRPと洗い出し率との関係では、net PRPが約 $300 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ を超えると、洗い出し率が10–15%の範囲で定常状態となった。これは心筋のエネルギー供給源が、脂肪酸から解糖系などの他の代謝系への依存に変化する点を反映していると推察した¹²。言い換えれば、運動負荷時の ^{123}I -BMIPPの洗い出し率を評価するためには、少なくともnet PRPが約 $300 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ を超える時点を目安として負荷をかける必要があり、正常心筋の標準値としては10–15%程度になると予想された。

以上の結果より、虚血性心疾患患者14例に運動負荷

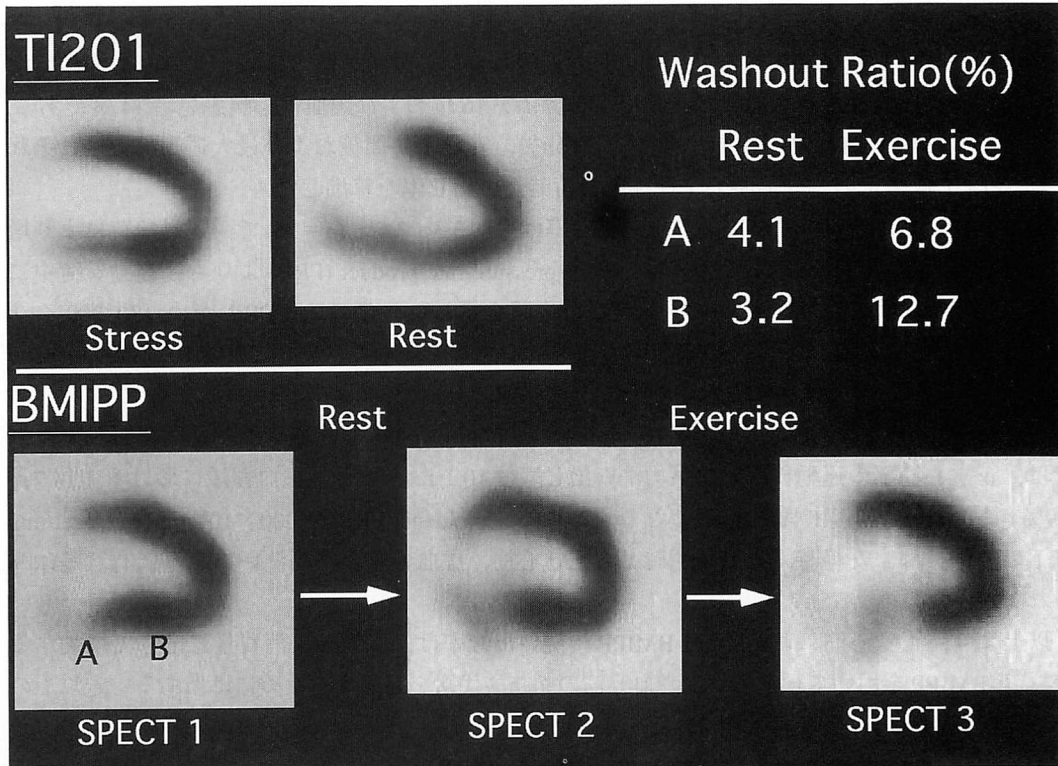


Fig. 4 ²⁰¹Tl and ¹²³I-BMIPP myocardial SPECT images of a 61-year-old male patient with effort angina
 The ²⁰¹Tl image shows stress-induced ischemia in the posterior wall (A), but the washout ratio of ¹²³I-BMIPP in this segment did not increase relative to the normal segment (B) after exercise.
 SPECT 1: before rest, SPECT 2: after rest, SPECT 3: after exercise.

をかけ、net PRP の 300×10^3 mmHg · beat/min を基準とし、2 群に分けて比較検討した。この値以下の心筋酸素消費量しか得られなかった A 群では、正常心筋部の洗い出し率は安静時のそれに比し有意の増加を示さず、負荷不十分と考えられた。一方、 300×10^3 mmHg · beat/min 以上の心筋酸素消費量の得られた B 群では、正常心筋部における運動負荷洗い出し率は安静時に比べ有意に増加し、また虚血部位の運動負荷のそれと比較しても有意に高値を示した。このことは、B 群では十分な運動負荷量が得られているため、運動負荷後、正常心筋では洗い出し率は増加したが、虚血領域では増えなかった。すなわち虚血心筋では運動負荷を行っても洗い出し率は増加しないことになる。

今までの動物実験において、虚血が強いほど ¹²³I-BMIPP の早期の逆拡散が増加し、後半の β 酸化が抑制されることも報告されており、¹²³I-BMIPP の洗い出しが主として逆拡散により起こるとすれば、安静時の虚血部においてその亢進がみられるはずである^{13,14}。ま

た、正常心筋での ¹²³I-BMIPP の洗い出しにおける逆拡散の割合は、αβ 酸化の代謝産物に比べ小さいと報告されている (2.1:6.6)³。以上の理由により、運動負荷時に正常心筋では αβ 酸化が亢進して ¹²³I-BMIPP の洗い出し率が増加するが、虚血心筋では αβ 酸化の亢進がみられないため、その率は変化しないと考えた。

このように、虚血による脂肪酸の洗い出しの変化を、運動負荷を組み合わせるにより、定量的に評価することの可能性が示唆された。

結 語

1. 正常心筋において ¹²³I-BMIPP の洗い出し率は、心筋酸素消費量に応じて増加すると考えられた。
2. ある一定量を超える心筋酸素消費量をかけることにより、¹²³I-BMIPP を用いて正常および虚血心筋における脂肪酸代謝を定量的に評価しうることが予想された。

要 約

正常および虚血心筋における ^{123}I -BMIPP の安静および運動負荷時の洗い出し率と心筋酸素消費量との関係を検討した。対象は正常ボランティア 16 例および虚血性心疾患患者 14 例である。方法は ^{123}I -BMIPP 111 MBq を静注し、約 30 分後、安静 1 時間後および最大運動負荷後にそれぞれ SPECT 像を求め、安静時および運動負荷時洗い出し率を算出した。

正常心筋における安静 1 時間後の洗い出し率は平均 $3.3 \pm 3.5\%$ ($n=16$) で、運動負荷により増加した。運動負荷時におけるこの率は、最大 pressure rate product (PRP) よりも、運動負荷中における PRP の総和である net PRP と良好な相関を示した。この net PRP が約 $180\text{--}300 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ の範囲では洗い出し率の直線的な増加を認めたが、約 $300 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ を超えるとこの率は $10\text{--}15\%$ の範囲で定常状態となった。

虚血性心疾患中、net PRP で $300 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ 以上の心筋酸素消費量の得られた 9 例では、正常心筋部の運動負荷時の平均洗い出し率は $10.1 \pm 1.9\%$ と、虚血領域における値 ($4.7 \pm 2.9\%$) に比較し、有意の増加を示した ($p < 0.001$)。一方、net PRP が $300 \times 10^3 \text{ mmHg} \cdot \text{beat}/\text{min}$ 以下の 5 例では、安静時、運動負荷時とも正常心筋、虚血心筋の平均洗い出し率に有意差はみられなかった。

以上より、正常心筋において ^{123}I -BMIPP の洗い出し率は、心筋酸素消費量に応じて増加するが、 ^{123}I -BMIPP を用いて正常および虚血心筋の脂肪酸代謝を評価するためには、ある一定以上の心筋酸素消費量が必要と考えられた。

J Cardiol 1997; 30 (4): 185-195

文 献

- Dudczak R, Schmoliner R, Angelberger P, Knapp FF, Goodman MM: Structurally modified fatty acid: Clinical potential as tracers of metabolism. *Eur J Nucl Med* 1986; **12**: S45-S48
- 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
- Fujibayashi Y, Nohara R, Hosokawa R, Okuda K, Yonekura Y, Tamaki N, Konishi J, Sasayama S, Tokoyama A: Metabolism and kinetics of iodine-123-BMIPP in canine myocardium. *J Nucl Med* 1996; **37**: 757-761
- Morishita S, Kusuoka H, Yamamichi Y, Suzuki N, Kurami M, Nishimura T: Kinetics of radioiodinated species in subcellular fractions from rat hearts following administration of iodine-123-labelled 15-(p-iodophenyl)-3(R, S)-methylpentadecanoic acid (^{123}I -BMIPP). *Eur J Nucl Med* 1996; **23**: 383-389
- Kropp J, Jorgens M, Glaenger KP, Luederitz B, Biersack HJ, Knapp FF Jr: Evaluation of ischemia and myocardial viability in patients with coronary artery disease (CAD) with iodine-123 labelled 15-(p-iodophenyl)-3-R, S-methylpentadecanoic acid (BMIPP). *Ann Nucl Med* 1993; **7**: SII-93-SII-100
- Matsunari I, Saga T, Taki J, Akashi Y, Hirai J, Wakasugi T, Aoyama T, Matoba M, Ichiyangi K, Hisada K: Kinetics of iodine-123-BMIPP in patients with prior myocardial infarction: Assessment with dynamic rest and stress images compared with stress thallium-201 SPECT. *J Nucl Med* 1994; **35**: 1279-1285
- 松成一朗, 一柳健次, 滝 淳一, 中嶋憲一, 西川高広, 利波 紀久, 久田欣一: 陳旧性心筋梗塞例における脂肪酸代謝イメージングの評価: 定量的解析による検討. *核医学* 1994; **31**: 927-933
- Chen SL, Uehara T, Morozumi T, Yamagami H, Kusuoka H, Nishimura T: Myocardial metabolism of ^{123}I -BMIPP in patients with hypertrophic cardiomyopathy: Assessment by radial long-axis SPECT. *Nucl Med Commun* 1995; **16**: 336-343
- 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* 1993; **34**: 2216-2221
- 宮川正男, 熊野正士, 関谷達人, 渡辺浩毅, 池田俊太郎, 阿久津 弘, 木下正之, 有光克次郎, 井町恒雄, 棚田修二, 濱本研: 虚血性心疾患における薬剤 (ATP) 負荷 BMIPP 心筋 SPECT の有用性. *ニュータウンカンファレンス心臓核医学* 1995; **20**: 167-170
- 上原敏勇, 両角隆一, 福地一樹, 伊藤康志, 辻村英一郎, 楠岡英雄, 西村恒彦: 運動負荷 ^{123}I -BMIPP 心筋シンチグラフィの問題点と軽労作負荷の有用性. *ニュータウンカンファレンス心臓核医学* 1995; **20**: 159-162
- Camicci P, Ferrannini E, Opie LH: Myocardial metabolism in ischemic heart disease: Basic principles and application to imaging by positron emission tomography. *Prog Cardiovasc Dis* 1989; **32**: 217-238
- Morishita K, Shirakami Y, Kusuoka H, Yamamichi Y, Minosako Y, Nishimura T: Uptake and washout kinetics of [I-123]-15-p-iodophenyl-3 (R, S)-methyl pentadecanoic acid (BMIPP) in rat hearts. *J Nucl Med* 1996; **37**: 94-95 (abstr)

14) Hosokawa R, Nohara R, Okuda K, Fujibayashi Y, Ogino M, Hata T, Fujita M, Tamaki N, Konishi J, Sasayama S : Can the metabo-

lism of I-123 BMIPP reflect ischemia? J Nucl Med 1996; 37 : 95 (abstr)