

《原 著》

## $^{123}\text{I}$ -BMIPP および $^{201}\text{TlCl}$ 心筋 SPECT による不安定狭心症と安定労作性狭心症の比較

久武 真二\* 山科 昌平\* 山崎 純一\*

要旨 不安定狭心症 (UAP) と安定労作性狭心症 (SAP) に対し, BMIPP 心筋 SPECT および Tl 心筋 SPECT を用いて比較した. 対象は UAP 30 例および SAP 25 例. BMIPP は安静時に初期像および遅延像を, Tl は安静時に初期像を撮像した. SPECT 短軸像より作成した polar map を用い, severity score (SS) を算出した. さらに BMIPP の責任冠動脈領域の摂取率 (% uptake), 局所の regional washout rate (WR) を算出した. 冠狭窄率は 2 群間に有意差は認められなかった. Tl の SS は 2 群間に差を認めなかったが, BMIPP の SS は SAP 群に比し UAP 群で有意に大であった. % uptake および WR は, いずれも SAP 群に比し UAP 群で有意に小であった. UAP は, SAP と同程度の心筋灌流障害であってもより高度な心筋脂肪酸代謝障害が出現している可能性が高い.

(核医学 41: 9-16, 2004)

### I. はじめに

急性心筋梗塞 (Acute myocardial infarction: AMI) において心筋 viability が存在する領域では  $^{123}\text{I}$ - $\beta$ -methyl-*p*-iodophenyl-pentadecanoic acid (BMIPP) と  $^{201}\text{TlCl}$  (Tl) の欠損像に乖離 (mismatch) が生ずる<sup>1-3)</sup>. つまり心筋血流が保持された状態においても, 虚血により脂肪酸代謝障害が容易に発現することを意味している. 正常心筋では空腹時のエネルギー源は大半が脂肪酸の  $\beta$  酸化により賄われているが, 虚血心筋ではエネルギー源として脂肪酸から糖代謝にスイッチする<sup>1,4)</sup>. 虚血性変化に対して鋭敏なトレーサである BMIPP は, 心筋梗塞を含めた急性冠症候群 (Acute coronary syndrome: ACS) の診断や予後評価にその力を発揮すること

が期待される. 心筋梗塞に対する BMIPP 心筋シンチグラフィの有用性についてはこれまでに数多く報告されてきたが, 狭心症を対象とした報告は少ない. そこで, われわれは不安定狭心症 (unstable angina pectoris: UAP) と安定労作性狭心症 (stable angina pectoris: SAP) に対して BMIPP 心筋 SPECT を施行し, 脂肪酸代謝障害の観点から両者を比較検討した. また BMIPP 心筋 SPECT の 2 回撮像法の有用性についても検討した.

### II. 対象と方法

#### 1) 対 象

対象は冠動脈造影 (coronary angiogram: CAG) を施行した狭心症例で, Braunwald の分類<sup>5)</sup> に基づき診断した. UAP 30 例 (平均年齢  $64.4 \pm 9.9$  歳, 男性 22 例, 女性 8 例) および SAP 25 例 (平均年齢  $67.8 \pm 12.2$  歳, 男性 15 例, 女性 10 例) である. 心筋梗塞既往例, 冠血管攣縮性狭心症例, CAG に引き続き冠動脈拡張術を施行した症例は対象から除外した. また心エコー図により中等度以上の心弁膜症を有する症例および心筋症が疑わ

\* 東邦大学大森病院循環器内科

受付: 15 年 7 月 31 日

最終稿受付: 15 年 12 月 4 日

別刷請求先: 大田区大森西 6-11-1 (☎ 143-8541)

東邦大学大森病院循環器内科

久武 真二

Table 1 Lesion characteristics

	UAP	SAP	p-value
1VD*:2VD:3VD	18:10:2	21:4:0	n.s.
% diameter stenosis	85.0 ± 13.7	77.1 ± 19.8	n.s.
RCA/LAD/LCX	9/13/8	11/9/5	n.s.

\*VD: vessel disease

れる症例も対象から除外した。今回評価対象とした虚血領域は、冠動脈造影上高度な器質的狭窄を有し責任病変と判定された領域に限定した。その結果 UAP 群は右冠動脈 (right coronary artery: RCA) 9 枝, 左前下行枝 (left anterior descending artery: LAD) 13 枝, 左回旋枝 (left circumflex artery: LCX) 8 枝の計 30 枝で, SAP 群は RCA 11 枝, LAD 9 枝, LCX 5 枝の計 25 枝の領域を評価の対象とした (Table 1)。

## 2) 方法

### (1) 心筋 SPECT 撮像方法およびその評価

BMIPP 心筋 SPECT は 2 時間以上の絶食後, 安静時に 111 MBq を静脈内注射し 20 分後から初期像 (early image), 4 時間後から遅延像 (delayed image) を撮像した。TI 心筋 SPECT は BMIPP 遅延像を撮像直後または数日以内に, 安静時に 111 MBq を静脈内注射し 5 分後から初期像のみ 1 回撮像を行った。UAP 群は原則的に抗狭心症薬の投薬下で CAG から 7 日以内に, SAP 群は無投薬下で CAG から 30 日以内に心筋 SPECT をそれぞれ施行した。撮像には低エネルギー高分解能型コリメータを装着したガンマカメラ PRISM 3000 (Picker 社製) を使用し, 1 方向 40 秒, 6° ステップごとのデータを収集した。エネルギーレベルは BMIPP を 148 ~ 180 keV, TI を 63 ~ 83 keV に設定した。データ処理装置はワークステーション ODYSSEY で SPECT 再構成は 360° データを用いて, フィルター補正逆投影法で行い吸収補正は施行しなかった。BMIPP 初期像および遅延像, TI 初期像の SPECT 短軸データから作成した polar map を 9 分割し, 各セグメントを 4 段階 (0: 正常, 1: 軽度集積低下, 2: 中等度集積低下, 3: 欠損) に分類し視覚的評価にて defect score (DS) を

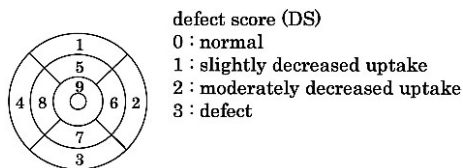
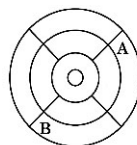


Fig. 1 For visual evaluation; Polar map was divided into 9 segments, as shown in figure, and each segment was evaluated visually at 4 grades for defect score (DS). The DS was evaluated by the total number of segments corresponding with subject ischemic regions and values at each segment.



A : count value of pixel with the highest count

B : count value of pixel with the lowest count in subject ischemic regions

$$\% \text{uptake} = \frac{B}{A} \times 100 (\%)$$

$$\text{regional washout rate} = \frac{B (\text{early-image}) \cdot B (\text{delayed-image})}{B (\text{early-image})} \times 100 (\%)$$

Fig. 2 Quantitative evaluation ( $^{123}\text{I}$ -BMIPP); Conducted by using the value of pixel with the lowest count to calculate % uptake and regional washout rate, as shown in figure.

算出した。DS は CAG で決定した評価対象の虚血領域に対応するセグメントの合計で検討し, 症例ごとの DS の合計を severity score (SS) とした (Fig. 1)。視覚的評価は心臓核医学に習熟した 2 名の医師の合議により行われた。BMIPP の定量評価法として, polar map を用いて責任冠動脈領域の摂取率 (% uptake) および局所の regional washout rate (WR) を算出した (Fig. 2)。なお, WR の算出に際し,  $^{123}\text{I}$  の物理的半減期による補正は行わなかった。

### (2) 冠動脈造影とその評価

CAG は原則的に Judkins カテーテルを用いて, 適量の isosorbide dinitrate: ISDN を冠動脈内注射後に多方向の撮影を行った。冠動脈の狭窄率は定量的冠動脈造影 (quantitative coronary angiography:

QCA) を用いて計測した。

(3) 統計学的検定

数値は平均 ± 標準偏差で表示した。2 群間の平均値の差の検定には t 検定，比率の差の検定には  $\chi^2$  検定を用いた。また  $p < 0.05$  をもって有意差ありと判定した。

III. 結 果

1. 患者背景

年齢，性別，糖尿病の既往，安静時の ST 変化 (0.1 mV 以上の ST 低下) の有無において 2 群間に差異を認めなかった (Table 2)。

2. 冠動脈造影による狭窄病変

罹患病変枝数は UAP 群では 1 枝病変，2 枝病変，3 枝病変はそれぞれ，18 例，10 例，2 例であった。SAP 群では 1 枝病変，2 枝病変はそれぞれ，21 例，4 例で 3 枝病変例はなかった。冠狭窄率 (percent diameter stenosis: %DS) は，UAP 群では  $85.0 \pm 13.7\%$ ，SAP では  $77.1 \pm 19.8\%$  であり，

両群間に有意差は認められなかった。責任冠動脈の分布においても両群間で有意差は見られなかった (Table 1)。

3. 心筋 SPECT の視覚的評価

UAP 群では CAG の所見に対応した虚血領域で BMIPP 初期像の DS が 0 の症例はなく，虚血検出感度は 100% であった。一方 Tl 初期像の DS が 0 の症例は 5 例あり，虚血検出感度は 83.3% であった。SAP 群では BMIPP と Tl の虚血検出感度はそれぞれ 85% であり，両群間に差異はなかった (Table 3)。

UAP 群では DS が BMIPP = Tl である領域は 10%，BMIPP > Tl である領域は 66.7%，Tl > BMIPP の領域は 23.3% であり，BMIPP の方がより高度な欠損を示す領域が多かった。SAP 群では DS が BMIPP = Tl である領域は 16%，BMIPP > Tl の領域は 40%，Tl > BMIPP の領域は 44% であり，UAP 群に比し Tl > BMIPP の領域が多くみられた。

BMIPP 遅延像における所見を両群で比較したが，UAP 群では washout, fill in を示す領域がそれぞれ 36.6%，26.7%，不変であった領域が 23.3% みられた。SAP 群ではそれぞれ 48%，36%，8% であり，2 群間に差異は認められなかった。

UAP 群と SAP 群で Tl と BMIPP の欠損を示す SS を比較した。Tl の SS は SAP 群では  $2.8 \pm 2.3$ ，UAP 群では  $3.1 \pm 2.1$  と 2 群間に差異を認めなかったが，BMIPP の SS は初期像では SAP 群の  $2.7 \pm$

Table 2 Patient characteristics

	UAP	SAP	p-value
number	30	25	
male:female	22:8	14:8	n.s.
age	64.4 ± 9.9	67.8 ± 12.2	n.s.
diabetic mellitus (%)	33.3	32.0	n.s.
ST depression > 0.1 mV	9 (27.2%)	6 (24.0%)	n.s.

Table 3 Visual evaluation by ischemic regions

	DS	UAP (n = 30)	SAP (n = 25)	p-value
early image	BM* = 0	0 (0%)	3 (15%)	n.s.
	Tl** = 0	5 (16.7%)	3 (15%)	
early image	BM = Tl	3 (10%)	4 (16%)	n.s.
	BM > Tl	20 (66.7%)	10 (40%)	
	Tl > BM	7 (23.3%)	11 (44%)	
delayed image	washout	11 (36.6%)	12 (48%)	n.s.
	fill-in	8 (26.7%)	9 (36%)	
	mix	4 (13.3%)	2 (8%)	
	no change	7 (23.3%)	2 (8%)	

\*BM: <sup>123</sup>I-BMIPP, \*\*Tl: <sup>201</sup>TlCl

## severity score

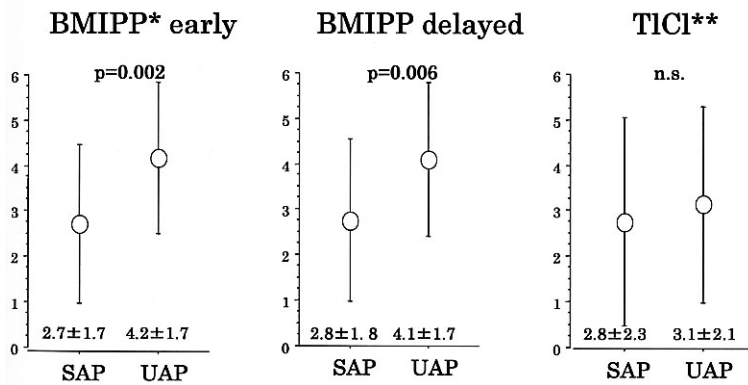


Fig. 3 Visual evaluation by ischemic regions. \*BMIPP:  $^{123}\text{I}$ -BMIPP, \*\*TICI:  $^{201}\text{Tl}$

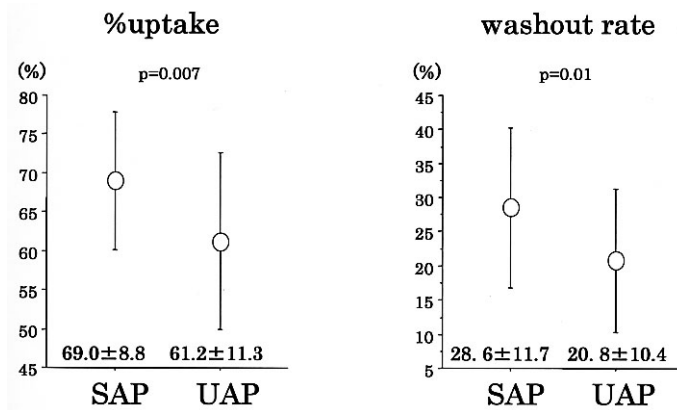


Fig. 4 Quantitative evaluation of  $^{123}\text{I}$ -BMIPP.

1.7 に比し UAP 群では  $4.2 \pm 1.7$  と有意に大であり、後期像では SAP 群の  $2.8 \pm 1.8$  に比し UAP 群では  $4.1 \pm 1.7$  と有意に大であった (Fig. 3)。

#### 4. BMIPP 心筋 SPECT の定量的評価

BMIPP 心筋 SPECT の 2 回撮像法による定量的評価では、% uptake は UAP 群で  $61.2 \pm 11.3\%$ 、SAP 群で  $69.0 \pm 8.8\%$ 、WR は UAP 群で  $20.8 \pm 10.4\%$ 、SAP 群で  $28.6 \pm 11.7\%$  であり、いずれも SAP 群に比し UAP 群で有意に小であった (Fig. 4)。

#### IV. 考 案

UAP は ACS の 1 つの病態であるが、冠動脈の粥腫破綻により、血栓や冠攣縮が惹起され発症す

る<sup>6,7)</sup>。UAP は臨床症状に基づき、初期労作性狭心症 (new angina of effort)、増悪型狭心症 (changing pattern)、初発安静狭心症 (new angina at rest) に分類される<sup>8)</sup>が、その診断に際し運動負荷試験は禁忌であることが多い。低リスクの UAP 症例では安静時の心電図変化は軽微なことが多く、しばしば診断に苦慮する。最終的には CAG を要するが、全例に対して直ちに CAG を施行することは必ずしも有益ではない。このため、UAP における診断精度を向上させるため虚血性変化に鋭敏な BMIPP 心筋 SPECT を施行することは合目的である。

## 1. BMIPP の心筋内集積機序

BMIPP は膜結合型の長鎖脂肪酸輸送蛋白 CD36 を通じ血中から心筋細胞に摂取された後、アシル化を受け BMIPP-CoA になる。BMIPP-CoA は直接ミトコンドリアの膜を通過できないため、ミトコンドリアの膜に存在するカルニチンシャトルを介してこの膜を通過する<sup>9,10)</sup>。また BMIPP は  $\beta$  位にメチル基を有するため、ミトコンドリア内で  $\beta$  酸化を受けにくく、主にトリグリセライドなどの貯蔵型脂肪酸として心筋内に長時間留まる<sup>11~14)</sup>。このため心筋梗塞発症時にはまず脂肪酸代謝障害が発現する<sup>1,15,16)</sup> が、脂肪酸代謝を反映する BMIPP を用いることにより、心筋代謝障害の画像化が可能となった<sup>17~19)</sup>。AMI では、再灌流療法によって壊死から免れた心筋においても脂肪酸代謝障害が残存するため、BMIPP と TI の欠損像に乖離 (mismatch) を生ずる<sup>1~3)</sup>。しかし狭心症における BMIPP 心筋 SPECT の臨床的意義についての報告は少ない。そこで今回、有意狭窄病変を有した SAP 群と UAP 群を対象として、BMIPP と TI 心筋 SPECT を施行し得られた所見を比較した。

## 2. BMIPP と TI の心筋 SPECT 比較

### a. 視覚的評価による検討

今回、著者らの検討では UAP 群においては BMIPP の虚血検出感度は 100% で安静時 TI の 83.3% よりも優れており、BMIPP の欠損度は TI の欠損度に比較してより高度であり、BMIPP のみ集積低下を示すセグメントの割合が多かった。一方、SAP 群では BMIPP と TI の欠損度に差異は認められなかった。この結果は、諸家の報告<sup>12,20)</sup> を支持するものであり、BMIPP が虚血に対して鋭敏であることが示された。

虚血責任領域のセグメントごとの、核種の集積程度を反映する DS を初期像において比較した。UAP 群では TI に比し BMIPP の方がより高度な集積低下を示す領域が多かった。一方 SAP 群では集積低下の程度において TI と BMIPP の間で一定の大小関係は見いだせなかった。SAP 群では UAP 群に比して、TI > BMIPP の領域が多くみら

れた。TI > BMIPP の領域の集積機序および意義については、AMI における検討の報告<sup>21)</sup> があるが、狭心症における検討はほとんどされていない。今回の検討においても、その意義については不明であった。

また、BMIPP の遅延像の意義についての報告は数少ないが、BMIPP の第 3 相臨床試験では初期像と遅延像との間における心筋内分布の変化につき検討している。鳥塚らの検討<sup>12)</sup> では、安静時 BMIPP 2 回撮像において心筋梗塞を含む虚血性心疾患の 32% に fill-in または washout が観察されている。われわれの検討でも fill-in および washout が観察されたが、各群間で一定の傾向は得られなかった。fill-in や washout についての機序および臨床的意義については不明の点が多く、今後さらなる詳細な検討が望まれる。

### b. 定量的評価による検討

虚血領域の % uptake を算出したが、UAP 群で有意な低値が示された。今回、対象とした狭心症例の %DS は SAP 群では平均 77.1%、UAP 群では平均 85.0% と両群間に有意差がなかったことから、UAP 群は冠動脈病変の重症度に関わりなく虚血性変化が高度であることが示唆された。UAP においては、プラークの破綻によって形成された血栓や冠動脈攣縮の存在により、安静時にもより重篤な虚血が存在したと推察される。

BMIPP の集積機序は前述したが、そのような機序により BMIPP はミトコンドリアや細胞質に長く貯留し、その集積の程度は大きく変化しないと考えられ、当初は撮像時期の差異についてはさほど問題視されていなかった<sup>22)</sup>。その後の検討<sup>23~27)</sup> により、複数回撮像法による fill-in や washout が報告されている。当施設の正常者の BMIPP の左室全周の washout rate は  $33.6 \pm 4.3\%$  であるが、UAP 群で  $20.8 \pm 10.4\%$  と洗い出しの低下を認めている。さらに、UAP 群では SAP 群に比較しても洗い出しの低下を認めている。これまでは、虚血性心疾患では BMIPP の洗い出しは亢進するとの報告が多い<sup>24,25)</sup>。しかし、これらの報告は安定労作性狭心症や冠攣縮性狭心症が対象で

あった。また、心筋 stunning の際には BMIPP の洗い出しは低下するとの報告もある<sup>26,27</sup>。短期間の高度虚血に暴露後に再灌流された心筋での BMIPP の早期像では、ミトコンドリアでの脂肪酸の  $\beta$  酸化は抑制されるが、脂質プールは反応性に増大し<sup>28,29</sup>、それに比例して BMIPP が脂質プールに蓄積される量は増大する<sup>14,30</sup>と報告されている。一方、遅延像では脂質プールから血液中への逆拡散の亢進により、洗い出しを認めることが報告されている<sup>31</sup>。すなわち、BMIPP の心筋内からの洗い出しの機序は、<sup>123</sup>I-BMIPP から <sup>123</sup>I-PIPA への代謝の亢進やトリグリセリドなどの脂質プールからの血液中への逆拡散などによると考えられている<sup>10,14,18,32,33</sup>。今回の検討では、不安定狭心症において BMIPP の洗い出しは低下しており、安定労作性狭心症や冠痙縮性狭心症とは異なる心筋細胞内での BMIPP の動態が存在すると思われる。高度虚血下では心筋細胞内 ATP 濃度は低下し、ミトコンドリア機能障害により  $\beta$  酸化は抑制される<sup>1,15,16</sup>。また、BMIPP の心筋内への取り込みは心筋内 ATP 濃度に比例すると報告されている<sup>14,19</sup>。不安定狭心症では一過性もしくは持続する高度虚血が存在するため、同様に  $\beta$  酸化は抑制されていると考えられる。心筋内 ATP 濃度の低下により初期の BMIPP の取り込みが少ないために脂質プールに蓄積される量も十分でなく、遅延像で脂質プールから血液中への逆拡散も低下しているのかもしれない。BMIPP の洗い出しの低下については不明であり、今後の基礎的実験や臨床における詳細な検討が必要と考えられる。

### c. BMIPP の有用性

臨床の場合において UAP を疑った場合、速やかな確定診断が望まれる。つまり安静時の心電図で著明な ST, T 波の変化が捉えられれば、直ちに冠動脈造影を施行し血行再建術が必要となる<sup>34</sup>。今回、対象とした UAP は心筋梗塞既往歴のある症例や冠血管攣縮性狭心症を除外し、ほぼ同程度の有意冠動脈病変を有する SAP を対照とした。TI の所見は両群で差異がなかったことから、SAP

群、UAP 群とも同程度の心筋灌流障害を呈していたことが推察される。しかし UAP 群は BMIPP の欠損が有意に高度であったことから、SAP と同程度の心筋灌流障害であってもより高度な心筋脂肪酸代謝障害が出現している可能性が高い。

以上のことから、安静時の BMIPP 心筋 SPECT で欠損が認められるような狭心症は速やかな血行再建術を要するものと推察された。

### 3. 本研究の限界

今回、対象となった症例は SAP 群、UAP 群とも高度有意冠動脈狭窄病変を有した症例であり、今後は軽症例も含めて比較検討する必要がある。

## V. 結 語

1) 冠狭窄率は、UAP 群と SAP 群の間で有意差は認められなかった。

2) BMIPP の定量評価では、% uptake, regional washout rate とともに UAP 群のほうが SAP 群に比し有意に小であった。

3) BMIPP 2 回撮像で washout および fill-in 現象は、UAP 群と SAP 群の間で差を認めなかった。しかし、UAP 群では regional washout rate がより低値であり、両者の鑑別に BMIPP 2 回撮像法の有用性が示唆された。

以上より、UAP は、SAP と同程度の心筋灌流障害であっても、より高度な心筋脂肪酸代謝障害が出現している可能性が高い。

## 文 献

- 1) Schwaiger M, Schelbert HR, Ellison D, Hansen H, Yeatman L, Vinten-Johansen J, et al: Sustained regional abnormalities in cardiac metabolism after transient ischemia in chronic dog model. *J Am Coll Cardiol* 1985; 6: 336-347.
- 2) 西村恒彦, 佐合正義, 木原浩一, 岡 尚嗣, 下永田剛, 高野久輝, 他: <sup>123</sup>I-脂肪酸 ( $\beta$ -methyl iodophenyl pentadecanoic acid: BMIPP) による心筋イメージング: 心筋梗塞(閉塞群, 再開通群)における心筋血流, 代謝に関する研究. *核医学* 1988; 25: 1403-1415.
- 3) 中田智明, 飯村 攻: 虚血性心疾患における <sup>123</sup>I-BMIPP 心筋シンチグラフィーの有用性 特に salvage 効果と TI/BMIPP 集積乖離について. *核医学* 1994; 31: 664.

- 4) Schelbert HR, Henze E, Keen R, Schon HR, Hansen H, Selin C, et al: C-11 labeled palmitic acid for the non invasive evaluation of regional myocardial fatty acid metabolism with positron computed tomography: IV. *In vivo* demonstration of impaired fatty acid oxidation in acute myocardial ischemia. *Am Heart J* 1983; 106: 736–751.
- 5) Braunwald E: Unstable angina. A classification. *Circulation* 1989; 80: 410–414.
- 6) Fuster V, Badimon L, Badimon JJ, Chesebro JH: The pathogenesis of coronary artery disease and the acute coronary syndromes (1). *N Engl J Med* 1992; 326: 242–250.
- 7) Fuster V, Badimon L, Badimon JJ, Chesebro JH: The pathogenesis of coronary artery disease and the acute coronary syndromes (2). *N Engl J Med* 1992; 326: 310–318.
- 8) AHA-Committee report: A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease. *Circulation* 1975; 51: 7.
- 9) Nakamura T, Sugihara H, Inaba T, Kinoshita N, Adachi Y, Hirasaki S, et al: CD36 deficiency has little influence on the pathophysiology of hypertrophic cardiomyopathy. *J Mol Cell Cardiol* 1999; 31: 1253–1259.
- 10) Tanaka T, Okamoto F, Sohmiya K, Kawamura K: Lack of myocardial iodine-123 15-(*p*-iodophenyl)-3-*R,S*-methylpentadecanoic acid (BMIPP) uptake and CD36 abnormality—CD36 deficiency and hypertrophic cardiomyopathy. *Jpn Circ J* 1997; 61: 724–725.
- 11) Goodman MM, Kirshch G, Knapp FF Jr: Synthesis and evaluation of radioiodinated terminal *p*-iodophenyl substituted  $\alpha$ - and  $\beta$ -methyl-branched fatty acids. *J Med Chem* 1984; 27: 390–397.
- 12) 鳥塚莞爾, 米倉義晴, 西村恒彦, 大嶽 達, 分校久志, 玉木長良, 他: 心筋脂肪酸代謝イメージング剤  $\beta$ -メチル-*p*-(<sup>123</sup>I)-ヨードフェニルペンタデカン酸注射液の第 3 相臨床試験. *核医学* 1992; 29: 413–433.
- 13) Knapp FF Jr, Ambrose KR, Goodman MM: New radioiodinated methyl-branched fatty acids for cardiac studies. *Eur J Nucl Med* 1986; 12: S39–S44.
- 14) Fujibayashi Y, Yonekura Y, Takemura Y, Wada K, Matsumoto K, Tamaki N: Myocardial accumulation of iodinated beta methyl-branched fatty acid analogue, iodine-123-(*p*-iodophenyl)-3-(*R,S*)methylpentadecanoic acid (BMIPP), in relation to ATP concentration. *J Nucl Med* 1990; 31: 1818–1822.
- 15) Schelbert HR, Hense E, Schon HR: C-11-labeled palmitic acid for the noninvasive evaluation of regional myocardial fatty acid metabolism with positron computed tomography. *In vivo* demonstration of the effects of substrate availability on myocardial metabolism. *Am Heart J* 1983; 105: 492–504.
- 16) Knabb RM, Bergmann SR, Fox KAA, Sobel BE: The temporal pattern of recovery of myocardial perfusion and metabolism delineated by positron emission tomography after coronary thrombolysis. *J Nucl Med* 1987; 28: 1563–1570.
- 17) Strauss HW, Yasuda T, Gold HK, Leinbach R, Barlaikovach M, Keech F, et al: Potential role of combined fatty acid and thallium imaging in patients with myocardial ischemia and infarction. *J Nucl Med* 1987; 28: 632.
- 18) Fujibayashi Y, Nohara R, Hosokawa R, Okuda K, Yonekura Y, Tamaki N, et al: Metabolism and kinetics of Iodine-123-BMIPP in canine myocardium. *J Nucl Med* 1996; 37: 757–761.
- 19) Nohara R, Okuda K, Ogino M, Hosokawa R, Tamaki N, Konishi J, et al: Evaluation of myocardial viability with iodine-123-BMIPP in a canine model. *J Nucl Med* 1996; 37: 1403–1407.
- 20) Tateno M, Tamaki N, Yukihiro M, Kudoh T, Hattori N, Tadamura E, et al: Assessment of fatty acid uptake in ischemic heart disease without myocardial infarction. *J Nucl Med* 1996; 37: 1981–1985.
- 21) 中田智明, 橋本暁佳, 小林 史: AMI における BMIPP 心筋シンチグラム所見. *心臓* 1997; 29: 22–28.
- 22) Antar MA: Radiopharmaceuticals for studying cardiac metabolism. *Nucl Med Biol* 1990; 17: 103–128.
- 23) Kobayashi H, Kusakabe K, Momose M, Okawa T, Inoue S, Iguchi N, et al: Evaluation of myocardial perfusion and fatty acid uptake using a single injection iodine-123-BMIPP in patients with acute coronary syndromes. *J Nucl Med* 1998; 39: 1117–1122.
- 24) 田中勝巳, 伊藤一貴, 木下法之, 中川雅夫, 寺田幸治, 梶田芳弘, 他: 冠攣縮性狭心症の診断に <sup>123</sup>I-BMIPP 心筋 SPECT の後期像が有用であった 1 例. *核医学* 1997; 34: 229–235.
- 25) 伊藤一貴, 杉原洋樹, 田邊卓爾, 弓場達也, 堂上友紀, 足立芳彦, 他: 心筋虚血および糖尿病が心筋脂肪酸代謝に与える影響 <sup>123</sup>I-BMIPP 心筋シンチグラフィを用いた検討. *核医学* 2001; 38: 699–705.
- 26) Kawasaki T, Ito K, Okano A, Nagata K, Okamoto A, Yoneyama S, et al: A dynamic change by I-123-15(*p*-iodophenyl)-3-*R,S*-methyl pentadecanoic acid myocardial single photon emission computed tomography in a 55-year-old woman. *Jpn Circ J* 1999; 63: 732–736.
- 27) 全 完, 伊藤一貴, 彦坂高徹, 足立芳彦, 米山聡嗣, 加藤周司, 他: Iodine-123-15(*p*-iodophenyl)-3-*R,S*-methyl pentadecanoic acid myocardial single

- photon emission computed tomography で異例の変化を示した急性心筋梗塞の一例 . *J Cardiol* 2001; 37: 215–222.
- 28) Lopaschuk GD, Belke DD, Gamble J, Itoi T, Schonekess BO: Regulation of fatty acid oxidation in mammalian heart in health and disease. *Biochemica et Biophysica Acta* 1994; 1213: 264–276.
- 29) Van der Vuss GJ, Glatz JFC, Stam HCG, Reneman RS: Fatty acid homeostasis in the normoxic and ischemic heart. *Physiological Review* 1992; 72: 906–918.
- 30) 緒方雅彦:  $^{123}\text{I}$ -BMIPP による心筋ミトコンドリア機能評価 アドリアマイシン心筋障害ラットを用いて . *核医学* 1989; 26: 69–76.
- 31) 山崎純一:  $^{123}\text{I}$ -BMIPP 心筋 SPECT の臨床的意義 . *核医学* 1998; 35: 367–373.
- 32) Dudczak R, Schmoliner R, Angelberger P, Knapp FF Jr, Goodman MM: Structurally modified fatty acids: Clinical potential as tracers of metabolism. *Eur J Nucl Med* 1986; 12: S45–S48.
- 33) Yamamichi Y, Kusuoka H, Morishita K, Shirakami Y, Kurami M, Okano K, et al: Metabolism of Iodine-123-BMIPP in perfused rat hearts. *J Nucl Med* 1995; 36: 1043–1050.
- 34) A report of the American Collage of Cardiology/ American Heart Association task force on practice guidelines (committee on the management of patients with unstable angina): ACC/AHA Guidelines for the management of patients with unstable angina and non-ST-segment elevation myocardial infarction. *Circulation* 2000; 102: 1193–1209.

## Summary

### Comparison between Unstable Angina Pectoris and Stable Effort Angina Pectoris by Using $^{123}\text{I}$ -BMIPP and $^{201}\text{Tl}$ Myocardial SPECT

Shinji HISATAKE, Shohei YAMASHINA and Junichi YAMAZAKI

*Division of Cardiovascular Medicine, Department of Internal Medicine,  
Ohmori Hospital, Toho University School of Medicine*

We performed BMIPP myocardial SPECT and Tl myocardial SPECT in patients with unstable angina (UAP) and stable effort angina (SAP), and compared the results for the two groups. Our subjects were 30 patients with the UAP and 25 patients with the SAP. The early and delayed images of the BMIPP were obtained with patients at rest. The early image of the Tl alone was obtained with patients at rest. We calculated severity score (SS) using the polar map based on SPECT short-axis image on the both myocardial SPECT. And, we calculated % uptake of the responsible coronary lesion and regional washout rate (WR) on myocardial SPECT with BMIPP. On coronary angiogram, no difference in % diameter stenosis was seen between the two groups. On myocardial SPECT

with Tl, no difference in the SS was seen between the two groups. However, on myocardial SPECT with BMIPP, the SS was significantly higher score in the UAP group than in the SAP group. And, on myocardial SPECT with BMIPP, the % uptake and the WR were significant lower values in the UAP group than in the SAP group. Even if the two groups have almost the same level of myocardial perfusion disorder, the UAP group may have severer myocardial fatty-acid metabolic disorder than the SAP group, because the defects in BMIPP were significantly severer in the UAP group.

**Key words:**  $^{123}\text{I}$ -BMIPP,  $^{201}\text{Tl}$ Cl, Unstable angina pectoris, Stable angina pectoris.