

Tc-99m ピロリン酸集積を認める不安定狭心症の臨床的特徴と一過性局所壁運動の低下(いわゆる気絶心筋の存在)について

Significance of Tc-99m pyrophosphate accumulation in unstable angina: Clinical characteristics and evidence for myocardial stunning

丹下 正一**
近藤 千里
太田 淑子
日下部きよ子
重田 帝子
内田 達郎*
住吉 徹哉*
金子 昇*
細田 瑳一*

Shoichi TANGE**
Chisato KONDO
Yoshiko OHTA
Kiyoko KUSAKABE
Akiko SHIGETA
Tatsuro UCHIDA*
Tetsuya SUMIYOSHI*
Noboru KANEKO*
Saichi HOSODA*

Summary

Tc-99m pyrophosphate (PYP) and Tl-201 simultaneous dual energy single photon emission computed tomography (SPECT) were performed for 33 patients with clinically diagnosed unstable angina. Twenty-two patients (76%) showed PYP accumulation in the myocardium (PYP+group). Clinical features, types of unstable angina, electrocardiographic changes during and after the anginal attack, and serial creatine kinase (CK) sampling data were reviewed and compared in the 2 groups. Selective coronary angiography was performed in all patients, and contrast left ventriculography was carried out in 29 patients both in unstable and stable states. In the study of left ventriculograms, the ejection fraction (EF) was calculated by the area-length method and the wall motion abnormality index was calculated by the centerline method.

The PYP(+)group differed significantly from the PYP(-)group in several features as follows: 1) the "new angina at rest" type of unstable angina was more frequent in the PYP(+)group than in the PYP(-)group. The ratios of new angina at rest/effort angina (including new angina of effort and angina of effort with changing pattern) were 16/6; 2/9 for the PYP(+) and (-)groups, respectively ($p < 0.05$). 2) ST elevation during the heart attack was seen more in the PYP(+)group. The

東京女子医科大学 放射線科
*同 心臓血圧研究所 内科
東京都新宿区河田町 8-1 (〒162)
**(現)北関東循環器病院
群馬県勢多郡北橘村下箱田 740 (〒377)

Department of Radiology and *the Heart Institute of Japan, Tokyo Women's Medical College, Kawada-cho 8-1, Shinjuku-ku, Tokyo 162
**(present) Cardiovascular Hospital of Central Japan

Received for publication September 28, 1991; accepted April 3, 1992 (Ref. No. 39-PS164)

ratios of ST elevation/ST depression were 13/22 (59%); 5/22 (23%) for the PYP(+)group, and 2/11 (18%); 7/11 (64%) for the PYP(-)group, respectively ($p < 0.05$). 3) EF was improved in the PYP(+)group to the normal range. EF in the PYP(+)group changed from 57 ± 12 in the unstable state to $62 \pm 11\%$ in the stable state ($p < 0.02$), while that of the PYP(-)group showed no significant difference between the unstable state ($59 \pm 9\%$) and the stable state ($59 \pm 11\%$). 4) Wall motion abnormality index (WMI) in the PYP(+)group was poorer than in the PYP(-)group, but it improved markedly in one month to the same level as that of the PYP(-)group. WMI in the PYP(+)group in the unstable state (21.7 ± 26.2) was worse than that in the PYP(-)group in unstable state (5.7 ± 8.2) ($p < 0.001$). WMI in the PYP(+)group in the unstable state markedly improved in the stable state (from 21.7 ± 26.2 to 8.4 ± 19.8) ($p < 0.025$); whereas, WMI of the PYP(-)group showed no significant improvement (from 5.7 ± 8.2 to 15.5 ± 19.6). These data suggest that the area showing PYP(+) may represent stunned myocardium.

In conclusion, Tc-99m PYP and Tl-201 dual SPECT for unstable angina is clinically useful for detecting stunned myocardium and some clinical features of unstable angina suggest Tc-99m PYP accumulation.

Key words

Unstable angina

Tc-99m pyrophosphate

Stunned myocardium

Clinical feature

はじめに

不安定狭心症は急性心筋梗塞類似の強くかつ持続の長い胸痛発作を呈し、多彩な臨床症状を呈するため、臨床像からの鑑別診断が困難で、心筋梗塞に移行する可能性もあり¹⁾、その診断と重症度の判断が重要である²⁾。また一部の不安定狭心症は T 波逆転に代表されるような心電図変化を残すことがあり、心筋障害の存在が示唆されている^{3,4)}。

Tc-99m ピロリン酸 (Tc-99m PYP) は心筋壊死部位に集積することから、心筋梗塞の有無、梗塞部位と範囲の推定に使用されてきた⁵⁾。一方、不安定狭心症の中にも Tc-99m PYP の集積が認められる症例があることが報告されており⁶⁻⁸⁾、また近年、Tl-201 との二核種同時収集による SPECT の使用により、診断能が向上している⁹⁾。この研究では、不安定狭心症における Tc-99m PYP 集積の有無を確認し、集積を示す症例の特徴的な臨床像、心電図変化、局所壁運動の変化について検討した。

対象と方法

不安定狭心症 33 例 (男性 25 例, 女性 8 例, 平均年齢 61 歳) を対象とした。不安定狭心症の定義は、20 分以上続く胸痛を主訴とし、心筋梗塞が除外された症例 (経過中心電図に Q 波の出現がなく、3-6 時間ごとの採血でクレアチンキナーゼ (CK) の上昇を認めないか、正常上限の 2 倍以内の変化に留まるもの) とし、AHA の不安定狭心症の型に従い、new angina of effort (NE 型), angina of effort with changing pattern (CP 型), new angina at rest (NR 型) に分類した。入院後すべての患者は必要に応じて亜硝酸剤、カルシウムチャンネルブロッカー、鎮静剤が投与され、保存的治療抵抗性の症例は、適時、経皮経管的冠動脈形成術 (PTCA)、冠動脈大動脈バイパス術などの観血的治療を行なった。

心電図変化

胸痛発作時の 12 誘導心電図変化が確認できた症例について、ST 上昇, ST 下降型に分類し、入院後 3-6 時間ごとに 12 誘導心電図を記録し、発作後の陰性 T 波出現の有無を確認した。

冠動脈造影

全例について、不安定期(最長発作後平均0.5日)と安定期(10-30日)に、Judkins法により多方向から冠動脈造影を行なった。冠動脈造影所見は熟練した循環器医2名がAHA分類に従って判定し、75%以上の狭窄を有意狭窄とした。また責任血管については冠動脈造影所見と心電図のST上昇、T波逆転部位から決定した。

左室造影

不安定期に33例全例に、安定期に29例について左室造影を施行した。左室造影は右前斜位30度から撮影し、用手的に拡張末期像と収縮末期像をトレースし、area-length法により駆出率を計算した。局所壁運動についてはcenterline methodを用い¹⁰⁾、正常100人の平均-2SD以下の壁運動低下を示す面積を指標(wall motion index: WMI)とした。

Tc-99m ピロリン酸・Tl-201 シンチグラム

Tc-99m PYP・Tl-201 二核種同時収集シンチ

グラムを胸痛発作後平均 3.2±2.3日に施行した。Tc-99m PYP (20 mCi)を静注し、3時間後 Tl-201 (4 mCi)を投与、10分後に撮像を開始した。Siemens製 ZLC7500 デジトラックガンマカメラ・汎用コリメーターを使用し、右前斜位30度から左後斜位60度まで180度・32スライス、各スライス収集時間30秒で行なった。Tc-99m PYPに対しては140 keV (15% window)で、Tl-201は74 keV (20% window)のフォトピークで収集した。画像処理には島津製シンチパック700を用い、Tl-201とTc-99m PYP両画像をShepp & Logan フィルターを用いて逆投影法により再構成し、短軸像と垂直長軸断面像を作成した。Tl-201画像は40%、Tc-99m PYP画像は、50%カットの画像を用いて、視覚的にPYP集積の有無を判断した。以上の読影は、臨床情報を知らされていない放射線診断医2名が協議により判定した。

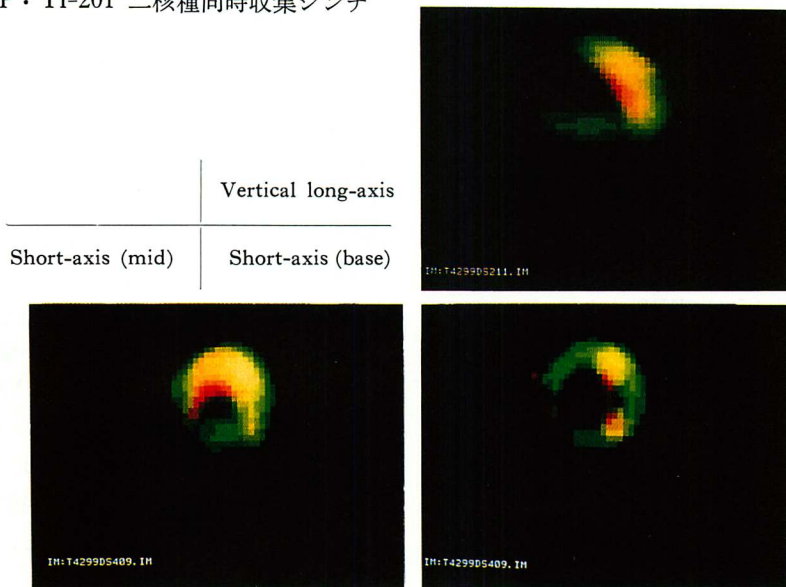


Fig. 1. Tc-99m pyrophosphate (Tc-99 m PYP) and Tl-201 dual energy scintigrams in a 60-year-old man showing Tc-99m PYP accumulation in the anterior and a part of the lateral wall.

Tl-201 and Tc-99m PYP uptake are shown in green and red, respectively. Yellow represents an overlay of Tl-201 and Tc-99m PYP.

Table 1. Baseline clinical data

	PYP(+)group 22 patients	PYP(-)group 11 patients	p value
Age (yrs)	62±9	60±11	NS
Sex (male: female)	16:6	9:2	NS
Prior myocardial infarction	7 (32)	4 (36)	NS
No. of vessels with ≥75% stenosis			NS
0	3 (14)	1 (9)	
1	12 (55)	3 (27)	
2	6 (27)	6 (55)	
3	1 (5)	1 (9)	
Culprit lesion			NS
left anterior descending artery	15 (68)	4 (36)	
right coronary artery	4 (18)	4 (36)	
left circumflex artery	3 (14)	3 (27)	
Stenosis of the culprit lesion ≥90%	18 (82)	10 (91)	NS
Duration of chest pain (min)	82±84	97±103	NS

()=%; NS=not significant.

統計処理

数値は平均値±標準偏差値で表わし, 群間比較については Student's t-test, χ^2 検定を, 不安定期と安定期の比較については paired t-test を用い, $p < 0.05$ を有意とした.

結 果

1. 基礎的臨床像

不安定狭心症 33 例のうち Tc-99m PYP 集積を認めたのは 22 例(67%) (PYP (+)群)で, 集積を認めない群 (PYP (-)群) よりも多かった. Fig. 1 に Tc-99m PYP 陽性の 1 例を示した. この症例は 60 歳の男性で NR 型の発作を呈し, 入院 2 日後にシンチグラフィを施行した. Tl-201 の集積は緑色, Tc-99m PYP は赤色で表わしたが, 前壁中隔と側壁の一部が黄色を呈しており, Tl-201 と Tc-99m PYP 両核種の集積を示している. 冠動脈造影では左前下行枝 90% の狭窄を認めた.

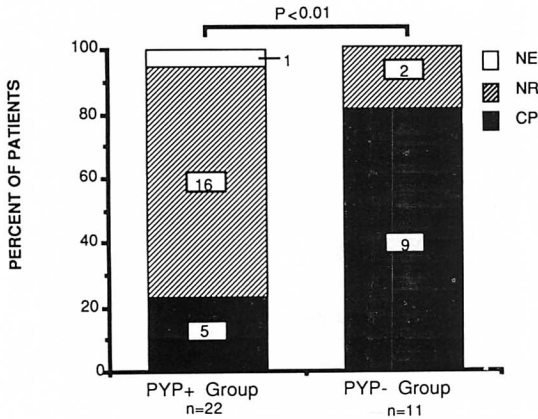
PYP (+)群・PYP (-)群両群の臨床像を Table 1 に示した. 年齢, 性別, 陳旧性心筋梗塞の比率, 胸痛持続時間については有意差を認めな

かった.

2. 冠動脈造影

不安定期に施行した冠動脈造影で 75% 以上の有意狭窄を認める障害枝数は, PYP (+)群では一枝病変 12/22 例 (55%), 二枝病変 6/22 例 (27%), 三枝病変 1/22 例 (5%) であった. 一方, PYP (-)群では一枝病変 3/11 例 (27%), 二枝病変 6/11 例 (55%), 三枝病変 1/11 例 (9%) で, PYP (+)群で一枝病変が多い傾向であったが, 有意差は認めなかった. 責任血管については PYP (+)群に左前下行枝が多い傾向があったが (PYP (+)群: 15/22 例, 68%; PYP (-)群: 4/11 例, 36%), 有意差はみられなかった. 責任血管の不安定期における狭窄度は, PYP (+)群, PYP (-)群ともに 90% 以上の狭窄がそれぞれ 18/22 例 (82%), 10/11 例 (91%) と, 高度狭窄が高頻度にみられた.

両群における発作のタイプ別比率を Fig. 2 に示した. PYP (+)群 22 例では NR 型が 16 例 (73%) と多く, PYP (-)群 11 例では CP 型が 9 例 (82%) で, 発作のタイプに差が認められた ($p < 0.05$).



NR: new angina at rest; NE: new angina of effort; CP: angina of effort with changing pattern

Fig. 2. Proportion of each unstable angina category in PYP (+) and (-) groups.

The figures in the columns indicate the numbers of patients in each category.

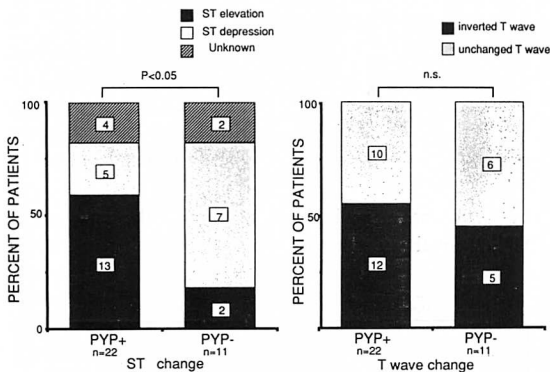


Fig. 3. ST changes during anginal attack and residual T wave changes of PYP (+) and (-) groups.

The figures in the columns indicate the numbers of patients.

3. 検査所見: 心電図変化とCKの変動

心電図変化では(Fig. 3), ST 上昇発作が PYP (+) 群では 13 例 (59%), PYP (-) 群では 2 例 (18%) と, PYP (+) 群で多く, ST 下降発作は PYP (-) 群で 7 例 (64%) で, PYP (+) 群の 5 例 (23%) と差がみられた ($p < 0.05$). 一方, 陰性 T 波の出現頻度は PYP (+) 群 12 例 (55%), PYP

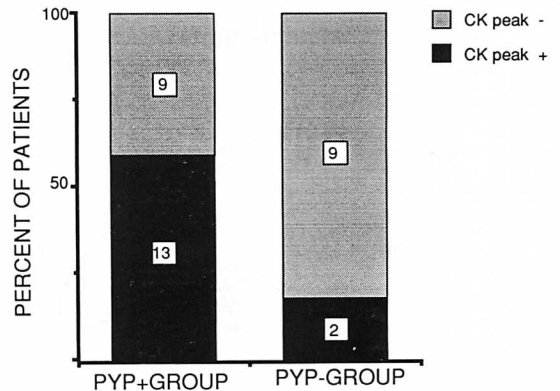


Fig. 4. Creatine kinase (CK) elevation in the 2 groups.

CK peak+ = CK peak formation under normal upper limit $\times 2$; CK peak- = no obvious change of CK. The figures in the columns indicate the numbers of patients.

(-) 群 5 例 (45%) で, 有意差はみられなかった. 入院後 CK の正常上限の 2 倍以内の変動を示した比率は, PYP (+) 群では 13 例 (59%) で, PYP (-) 群の 2 例 (18%) に比し多い傾向がみられたが, 有意差はなかった (Fig. 4).

4. 左心機能

X 線左室造影の centerline method 法による局所壁運動解析の 1 例を Fig. 5 に示した. この症例では不安定期と安定期の駆出率は 56% と 77% であったが, 局所壁運動指標 (WMI) は 94 から 0 へと著明な改善がみられた.

全体では左室造影不安定期の駆出率, 安定期の駆出率とも, 両群間に差はみられなかった. PYP (+) 群での駆出率は不安定期 $57 \pm 12\%$, 安定期 $62 \pm 11\%$ と, 有意に改善していたのに対し ($p < 0.02$), PYP (-) 群では不安定期・安定期の駆出率はそれぞれ $59 \pm 9\%$, $59 \pm 11\%$ と, 有意な変化はみられなかった (Fig. 6A). 両群の WMI (Fig. 6B) は, 不安定期は PYP (+) 群で 21.7 ± 26.2 で, PYP (-) 群の 5.7 ± 8.2 に比べ, 局所壁運動が低下していた ($p < 0.001$). しかし安定期の造影では, PYP (+) 群では不安定期の値から 8.4 ± 19.8

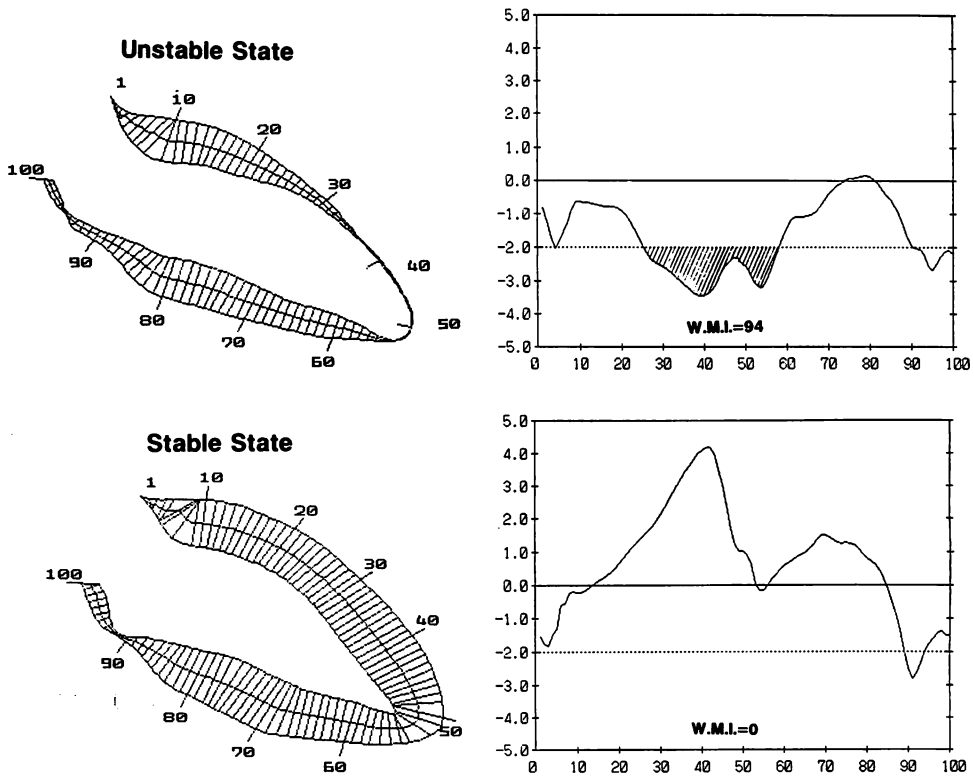


Fig. 5. The change of wall motion abnormality indices (WMI) analyzed by the centerline method.

This case in the PYP(+)group showed severe hypokinesis in the anterolateral wall during the unstable state (WMI=94). The asynergy was restored (WMI=0) in the stable state.

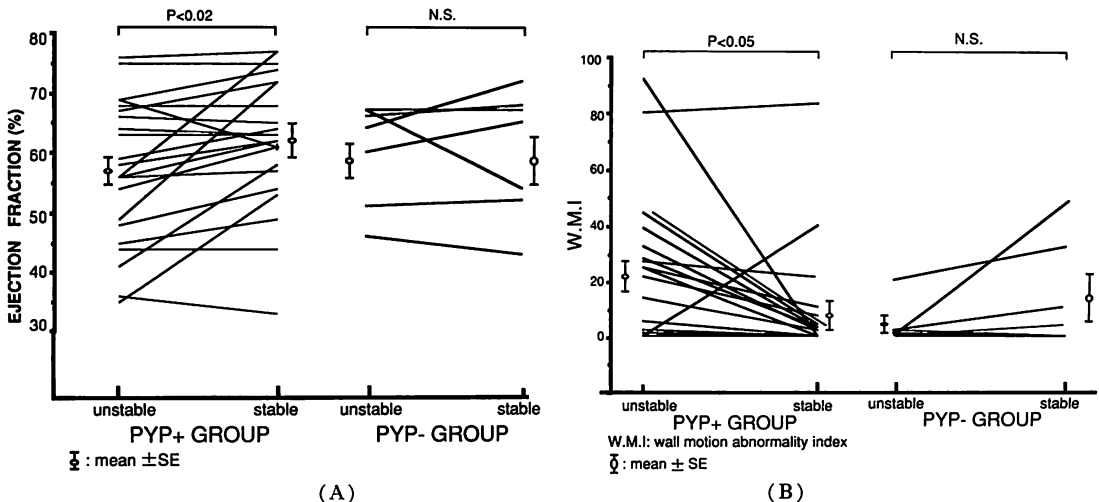


Fig. 6. Changes of left ventricular ejection fraction (A) and regional wall motion abnormality index (WMI) (B) in the PYP(+) and (-)groups.

へと著明に改善していたが ($p < 0.025$), PYP (-) 群では不安定期のそれに比し, 安定期は 15.5 ± 19.6 と改善を示さなかった. 安定期の比較では, PYP (+) 群の局所壁運動が良好となっていた.

考 察

今回の検討で以下の 2 点が明らかとなった. すなわち, 1) 不安定狭心症の中に Tc-99m PYP の集積を示す例があり, それらは NR 型の発作を呈し, 心電図上 ST 上昇を示すものが多い. 2) Tc-99m PYP 集積群は, 不安定期には局所壁運動の低下を示すが, 安定期には改善する.

Tc-99m PYP はカルシウムイオンと同様の動態を示し¹¹⁾, 骨や心筋梗塞で壊死に陥った細胞内に流入するため⁵⁾, 従来, 心筋梗塞の診断に利用されてきた⁹⁾. 梗塞部位, 範囲の判定^{12,13)}についても有効であるばかりでなく, Tl-201 との二核種同時収集により, 梗塞責任血管の開存の判定に有用であるとの報告が多い¹³⁻¹⁵⁾. 不安定狭心症中, Tc-99m PYP 集積を示す症例の存在はいくつかの論文に散見され^{6-8,16)}, その割合は 24% から 71% とまちまちである. Abdulla ら⁸⁾の検討では不安定狭心症 7 例中 5 例 (71%) にみられたというが, 対象数が少ない. また, Radhakrishnan ら¹⁶⁾は 58 例中 14 例 (24%) に, Abdulla ら⁸⁾は 35%, Jaffe ら⁶⁾は 43% の Tc-99m PYP 陽性率であった. 今回の検討では, Tc-99m PYP 集積陽性は 33 例中 22 例 (67%) と高率であった. その理由として, 以前の報告がプラナー像での検討であるため, 特に下壁の評価, 骨との鑑別が困難で, 判定も不明確であることが挙げられる. それに対し, 本研究では SPECT 像で評価しており, また, 二核種同時収集を行なうことで, Tl-201 の心筋イメージと重ねることにより, 同一断面における Tc-99m PYP の集積の有無について判定可能となり, 骨のアーチファクトが除外できるため検出率が上昇している. また, 今回は 20 分以上胸痛の持続する不安定狭心症を対象としたため, 他の論文の対象に比し, より重症であった可能性も考えられ

る.

不安定狭心症における Tc-99m PYP 集積の意義に関して, Jaffe らは, CK-MB を測定し, Tc-99m PYP 集積例と CK-MB 上昇例がよく一致することを指摘し, 不安定狭心症にも心筋壊死の存在があるとしている. 一方, 近年臨床応用されつつある抗ミオシン抗体による梗塞描出範囲と比較すると, Tc-99m PYP の集積範囲が広いことなどから, 非梗塞部位に集積する可能性も示唆されている¹⁶⁻¹⁸⁾. 不安定狭心症には凝固系の変動や血栓, 血管スパズムやアテロームの破裂¹⁹⁾など, 種々の病態が考えられている. 臨床像も多様で, その病態の把握は重要であり, 不安定狭心症と Tl-201 心筋イメージ^{20,21)}, 心電図^{3,4,22,23)}, 冠動脈造影^{23,24)}など, 各種検査との関係が報告されている. しかし Tc-99m PYP の集積との関連について検討した報告は少ない. Tc-99m PYP の集積を認める不安定狭心症例で NR 型発作が多く, ST 上昇を示すことが多いのは, 冠血流が一時的に途絶した可能性を示唆する. 以上のことから, 両群の基礎的臨床像の相違はほとんどみられなかったが, PYP (+) 群の方が心筋障害が強いと考えられた.

左心機能では, 駆出率は 2 群間に差はみられず, ともに正常範囲の値を示し, 全体として心機能は良好に保たれていた. PYP (+) 群は正常範囲内で有意に改善していた. 局所壁運動異常指数では, PYP (+) 群は不安定期には PYP (-) 群に比し著明に低下していたが, 慢性期には同程度まで改善した. 不安定狭心症における局所壁運動と心電図変化^{25,26)}, 冠動脈造影所見²⁴⁾, Tl-201 心筋シンチグラフィ²⁷⁾については多数の報告がみられる. 今回の検討では PYP (+) 群は不安定期に PYP (-) 群に比し, 明らかに局所壁運動が低下していた. しかし安定期には PYP (-) 群以上に改善しており, 一過性局所壁運動の低下を示していた.

強い虚血後に遷延する局所壁運動低下状態は, Braunwald らが気絶心筋 (stunned myocardium)

として報告してから²⁸⁾その概念は広く受け入れられており, 動物実験や心筋梗塞例についても, その存在を示唆する報告が多数みられる²⁸⁻³¹⁾. 今回の検討で Tc-99m PYP の集積を認めた不安定狭心症例では, 不安定期の局所壁運動の低下が安定期に改善しており, 気絶心筋の状態であったことが明らかとなった. Tc-99m PYP 集積が強い虚血後の部分的な心筋壊死を示しているのか, “latent” な心筋細胞にも取込まれ, 気絶心筋細胞自体を表わしているのかについては, 今後の検討が必要と思われる.

不安定狭心症に Tl-201, Tc-99m PYP dual energy SPECT を施行することにより, 心筋障害の存在の根拠・障害部位が判明し, Tc-99m PYP 集積部位の気絶心筋の存在が推定できる点で, この方法は臨床的に有用と考えられた. 不安定狭心症については各報告における定義が一定でなく, 現在も新しい分類が提唱されつつあり³²⁾, その病態の把握・診断については今後も精力的な検討が望まれる.

結 語

不安定狭心症における Tc-99m PYP の集積と, 臨床像, 局所壁運動の経時的変化について検討し, 以下の結論を得た.

1. Tc-99m PYP の集積を認める不安定狭心症例は, 新規安静型の発作を呈し, 発作時に ST 上昇を認めることが多い.

2. Tc-99m PYP の集積例では責任血管支配領域の局所壁運動低下を認めることが多いが, 安定期には改善しており, 気絶心筋の状態を示唆するものと考えられた.

要 約

Tc-99m ピロリン酸と Tl-201 の同時収集 SPECT を不安定狭心症 33 例に施行した. そのうち 22 例 (76%) で心筋内に Tc-99m ピロリン酸集積が認められた (PYP (+) 群). PYP (+) 群と PYP (-) 群の両群における臨床像, 不安定狭心症

のタイプ, 心電図変化, 局所壁運動の経時的変化について検討した. 冠動脈造影は全例に, 29 例には安定期および不安定期に左室造影を行なった. 左心機能は area-length 法と centerline method により壁運動異常指数 (wall motion abnormality index: WMI) を算出し指標とした.

PYP (+) 群は以下の点で PYP (-) 群と有意の差を示した.

1. “New angina at rest” 型の不安定狭心症が多い. すなわち new angina at rest と effort angina (new angina effort と angina of effort with changing pattern を含む) は PYP (+) 群 22 例中それぞれ 16 例と 6 例, PYP (-) 群 11 例中 2 例と 9 例であった ($p < 0.05$).

2. PYP (+) 群には ST 上昇発作が多い. すなわち ST 上昇, ST 下降発作が PYP (+) 群でそれぞれ 22 例中 13 例 (59%) と 5 例 (23%) であったのに対し, PYP (-) 群ではそれぞれ 11 例中 2 例 (18%) と 7 例 (64%) であった ($p < 0.05$).

3. PYP (+) 群の駆出率は, 安定期には不安定期に比し, 正常範囲内での改善を示したのに対し ($57 \pm 12\% \rightarrow 62 \pm 11\%$) ($p < 0.02$), PYP (-) 群では有意の変化を示さなかった ($59 \pm 9\% \rightarrow 59 \pm 11\%$). 局所壁運動でみると, WMI は不安定期に PYP (+) 群は 21.7 ± 26.2 と, PYP (-) 群の 5.7 ± 8.2 に比し, 著明な低下を示していたが, 安定期には PYP (+) 群は 8.4 ± 19.8 となり, PYP (-) 群の 15.5 ± 19.6 と同程度まで改善した ($p < 0.025$).

不安定狭心症に対し, Tc-99m PYP と Tl-201 の同時収集 SPECT を施行することにより, Tc-99m PYP の集積する群では, 集積しない群に比し, 異なる心電図変化や臨床症状を呈し, 心筋逸脱酵素の変動を示すことが多く, また Tc-99m PYP 集積部位は気絶心筋の存在を示す可能性が示唆された.

文 献

- 1) Harper RW, Kennedy G, DeSanctis RW, Hutter AM: The incidence and pattern of angina prior to acute myocardial infarction: A study of 577 cases.

- Am Heart J **97**: 178-183, 1979
- 2) Pugh B, Platt MR, Mills LJ, Crumbo D, Poliner LR, Curry GC, Blomqvist GC, Parkey RW, Buja LM, Willerson JT: Unstable angina pectoris: A randomized study of patients treated medically and surgically. *Am J Cardiol* **41**: 1291-1298, 1978
 - 3) Renkin J, Wijns W, Ladha Z, Col J: Reversal of segmental hypokinesia by coronary angioplasty in patients with unstable angina, persistent T wave inversion, and left anterior descending coronary artery stenosis: Additional evidence for myocardial stunning in humans. *Circulation* **82**: 913-921, 1990
 - 4) Kloner RA: Inverted T waves: An electrocardiographic marker of stunned or hibernating myocardium in man. *Circulation* **82**: 1060-1061, 1990
 - 5) Buja LM, Tofe AJ, Kulkarni PV, Mukherjee A, Parkey RRW, Francis MD, Bonte FJ, Willerson JT: Sites and mechanisms of localization of technetium-99m phosphorus radiopharmaceuticals in acute myocardial infarcts and other tissues. *J Clin Invest* **60**: 724-740, 1977
 - 6) Jaffe AS, Klein MS, Patel BR, Siegel BA, Roberts R: Abnormal technetium-99m pyrophosphate images in unstable angina: Ischemia versus infarction? *Am J Cardiol* **44**: 1035-1039, 1979
 - 7) Donsky MS, Curry GC, Parkey RW, Meyer SL, Bonte FJ, Platt MR, Willerson JT: Unstable angina pectoris: Clinical angiographic, scintigraphic observation. *Br Heart J* **38**: 257-263, 1976
 - 8) Abdulla AM, Carodo MI, Cortez BC, McGinnis KD, Wilhelm SK: Detection of unstable angina by 99m technetium pyrophosphate myocardial scintigraphy. *Chest* **69**: 168-173, 1976
 - 9) Berger HJ, Gottschalk A, Zaret BL: Dual radionuclide study of acute myocardial infarction: Comparison of thallium-201 and technetium-99m stannous pyrophosphate imaging in man. *Ann Intern Med* **88**: 145-154, 1978
 - 10) Sheehan FH, Bolson EL, Dodge HT, Mathy DG, Schofer J, Woo HW: Advantages and applications of the centerline method for characterizing regional ventricular function. *Circulation* **74**: 293-305, 1986
 - 11) Buja LM, Parkey RW, Stokely E: Mechanism of technetium-99m pyrophosphate accumulation in damaged myocardium in myocardial imaging in the coronary care unit (ed by Wackers FJ). *Martius Nijhoff Publishers, The Hague*, 1980, pp 60-70
 - 12) Buja LM, Parkey RW, Dees JH, Stokely EM, Harris RA Jr, Bonte FJ, Willerson JT: Morphologic correlates of technetium-99m stannous pyrophosphate imaging of acute myocardial infarcts in dogs. *Circulation* **52**: 596-607, 1975
 - 13) Hashimoto T, Kambara H, Fudo T, Tamaki S, Takatsu Y, Hattori R, Tokunaga S, Kawai C: Significance of technetium-99m/thallium-201 overlap on simultaneous dual emission computed tomography in acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* **61**: 1181-1186, 1988
 - 14) Buja LM, Parkey RW, Stokely EM, Bonte FJ, Willerson JT: Pathophysiology of technetium-99m stannous pyrophosphate and thallium-201 scintigraphy of acute anterior myocardial infarcts in dogs. *J Clin Invest* **57**: 1508-1522, 1976
 - 15) Schofer J, Stritzke P, Montz R, Mathey DG: Assessment of myocardial necrosis immediately after intracoronary thrombolysis by intracoronary injection of technetium-99m pyrophosphate. *Eur Heart J* **5**: 617-621, 1984
 - 16) Radhakrishnan S, Kaul U, Malhotra A, Gopinath P, Bhatia ML: Technetium stannous pyrophosphate imaging in acute ischemic syndromes. *J Assoc Physicians India* **35**: 345-348, 1987
 - 17) Hashimoto T, Kambara H, Fudo T, Tamaki S, Nohara R, Takatsu Y, Hattori R, Tokunaga S, Kawai C: Early estimation of acute myocardial infarct size soon after coronary reperfusion using emission computed tomography with technetium-99m pyrophosphate. *Am J Cardiol* **60**: 952-957, 1987
 - 18) Khaw BA, Gold HK, Yasuda T, Leinbach RC, Kanke M, Fallon JT, Barlai-Kovach M, Strauss HW, Sheehan F, Haber E: Scintigraphic quantification of myocardial necrosis in patients after intravenous infection of myosin-specific antibody. *Circulation* **74**: 501-508, 1986
 - 19) Horie T, Sekiguchi M, Hirosawa K: Coronary thrombosis in pathogenesis of acute myocardial infarction. *Br Heart J* **40**: 153-161, 1978
 - 20) Shu YY, Chung WS, Botvinick EH, Dae MW, Lim AD, Ports TA, Danforth JW, Wolfe CL, Goldschlager N, Chatterjee K: Dipyridamole perfusion scintigraphy: The experience with its application in one hundred seventy patients with known or suspected unstable angina. *Am Heart J* **121**: 33-43, 1991
 - 21) Wackers FJT, Lie KI, Liem KL, Sokole EB, Samson G, Schoot JB, Durrer D: Thallium-201 scintigraphy in unstable angina pectoris. *Circulation* **57**: 738-742, 1978
 - 22) Ouyang P, Brinker JA, Mellits ED, Weisfeldt ML, Gerstenblith G: Variables predictive of successful

- medical therapy in patients with unstable angina: Selection by multivariate analysis from clinical, electrocardiographic, and angiographic evaluations. *Circulation* **70**: 367-376, 1984
- 23) deZwaan C, Bar FW, Wellens HJ: Characteristic electrocardiographic pattern indicating a critical stenosis high in left anterior descending coronary artery in patients admitted because of impending myocardial infarction. *Am Heart J* **103**: 730-736, 1982
- 24) Ambrose JA, Winters SL, Stern A, Eng A, Teichholz LE, Gorlin R, Fuster V: Angiographic morphology and the pathogenesis of unstable angina pectoris. *J Am Coll Cardiol* **5**: 609-616, 1985
- 25) Sclarovsky S, Rechavia E, Strasberg B, Sagie A, Bassevich R, Kusniec J, Mager A, Agmon J: Unstable angina: ST segment depression with positive versus negative T wave deflections: Clinical course, ECG evolution, and angiographic correlation. *Am Heart J* **116**: 933-941, 1988
- 26) Bateman TM, Czer LSC, Gray RJ, Maddahi J, Raymond MJ, Geft IL, Ganz W, Shah PK, Berman DS: Transient pathologic Q waves during acute ischemic events: An electrocardiographic correlate of stunned but viable myocardium. *Am Heart J* **106**: 1421-1426, 1983
- 27) Freeman MR, Williams AE, Robert JC, Patt NL, Greyson ND, Armstrong PW: Role of resting thallium-201 perfusion in predicting coronary anatomy, left ventricular wall motion, and hospital outcome in unstable angina pectoris. *Am Heart J* **117**: 306-314, 1989
- 28) Braunwald E, Kloner RA: The stunned myocardium: Prolonged, post-ischemic ventricular dysfunction. *Circulation* **66**: 1146-1149, 1982
- 29) Heyndrickx GR, Millard RW, McRitchie RJ, Maroko PR, Vatner SF: Regional myocardial functional and electrophysiological alterations after brief coronary artery occlusion in conscious dogs. *J Clin Invest* **56**: 978-985, 1975
- 30) Patel B, Kloner RA, Przyklenk K, Braunwald E: Postischemic myocardial "stunning": A clinically relevant phenomenon. *Ann Intern Med* **108**: 626-628, 1988
- 31) Ladenheim ML, Pollock BH, Roznski A, Berman DS, Staniloff HM, Forrester JS, Diamond GA: Extent and severity of myocardial hypoperfusion as predictors of prognosis in patients with suspected coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* **7**: 464-471, 1986
- 32) Braunwald E: Unstable angina: A classification. *Circulation* **80**: 410-414, 1989