

## 《ノート》

# 運動負荷心筋スキャンによる<sup>201</sup>Tl 肺野集積の臨床的意義 —心筋梗塞症例における検討—

The Clinical Significance of Lung Thallium Uptake in Stress Thallium Scan in Cases with Myocardial Infarction

小林 満\*,† 西村 恒彦\* 植原 敏勇\* 林田 孝平\*  
小塚 隆弘\* 斎藤 宗靖\*\* 住吉 徹哉\*\*

Mitsuru KOBAYASHI\*, Tsunehiko NISHIMURA\*, Toshiisa UEHARA\*,  
Kohei HAYASHIDA\*\*, Takahiro KOZUKA\*, Muneyasu SAITO\*\*  
and Tetsuya SUMIYOSHI\*\*

\*Department of Radiology, \*\*Cardiology, National Cardiovascular Center, Suita, Osaka

## I. 緒 言

運動負荷心筋スキャンは、非観血的に冠動脈病変や心筋の viability を検出する方法として虚血性心疾患の診断、経過観察に有効な方法である<sup>1~3)</sup>。一般に、負荷直後の初期分布および 4 時間後の再分布像の心筋イメージの比較から一過性欠損像の検出により、診断が行われている。しかし、心筋欠損像の出現がなくても負荷時<sup>201</sup>Tl 肺野集積が高い場合、虚血性心疾患の存在は否定しえない<sup>4~6)</sup>。そして負荷時<sup>201</sup>Tl 肺野集積の増加は、負荷による左心不全を反映しており、虚血性心疾患の重症度判定に有用な指標となりうると報告されている<sup>4,5,7)</sup>。

われわれの施設においても、冠動脈疾患を有する症例の負荷直後の初期分布像において、<sup>201</sup>Tl 肺野集積の増加している症例がしばしば認められ

る。しかし、心筋梗塞症例において<sup>201</sup>Tl 肺野集積の臨床的意義について、多数例で、検討した報告はない。

そこで、本研究は、心電図、心エコー図、心臓カテーテル検査にて診断された前壁梗塞 83 例、下壁梗塞 70 例において、運動負荷心筋スキャンでの<sup>201</sup>Tl 肺野集積の臨床的意義について対比検討した。

## II. 対 象

1980 年 4 月から 1984 年 6 までの約 4 年間に施行した運動負荷心筋スキャン 1,695 例のうち冠動脈造影を施行している心筋梗塞 153 例を対象とした。これらの症例は発症後 1~3 か月を経過した慢性心筋梗塞例である。全症例における平均年齢は 53 歳 (23~75 歳)、男性 148 例、女性 5 例であった。

各症例は、左冠動脈前下行枝 (LAD)、左冠動脈回旋枝 (LCX)、右冠動脈 (RCA) のいずれか、または複数に 75% 以上の冠動脈狭窄を有するものである。罹患冠動脈枝数に応じ、冠動脈一枝病変

\* 国立循環器病センター放診部

\*\* 同 内科

† 現秋田大学医学部放射線科

受付：60 年 5 月 31 日

最終稿受付：60 年 8 月 1 日

別刷請求先：吹田市藤白台 5-7-1 (〒565)

国立循環器病センター

西 村 恒 彦

**Key words:** Stress thallium scan, Lung thallium uptake, Myocardial infarction.

群(SVD)と多枝病変群(MVD)に分類した。

心筋梗塞153例の内訳は心電図診断から前壁梗塞83例、下壁梗塞70例であった。前壁梗塞83例のうちSVD(LAD単独群)は43例、MVD(LAD+LCX群、LAD+RCA群、またはLAD+LCX+RCA群)は40例であった。下壁梗塞70例のうちSVD(RCAまたはLCX群)は15例、MVD(LAD+RCA群、LAD+LCX群、RCA+LCX群、LAD+LCX+RCA群)は55例であった。

### III. 方 法

#### 1. 運動負荷法

運動負荷は、坐位にて電気制動型自転車エルゴメータ(シーメンス社製)を用いた多段階漸増負荷法とした。初回負荷量は25wattまたは50wattとし、3分ごとに25watt増加させた。1分ごとに負荷中の血圧、心電図測定を行い、胸痛の出現、心電図におけるST降下、または両下肢疲労によるend-pointで<sup>201</sup>TlCl 4mCiを静注し、さらに1分間できる限り運動負荷を持続させた。次いで、シンチカメラに患者を移動させ、仰臥位で撮像を行った<sup>8)</sup>。

#### 2. データ収集

GAP(General All Purpose)コリメータを装着したシンチカメラ(Ohio-Nuclear Σ410 S)とオンラインで接続したRIデータ処理装置(GAMMA 11, 128 kw)を用いた。

負荷直後の初期分布像は正面、左前斜位45°および70°の3方向から、それぞれ500kカウントの計測にて撮像した。次いで、負荷4時間後に初期分布像と同様の3方向で、プリセットタイムにて再分布像を撮像した。

#### 3. データ処理

##### 1) 負荷心筋スキャン

負荷心筋スキャン初期分布および再分布像は原画像とコンピュータ画像(64×64マトリックス、カラー表示)を用いた。

<sup>201</sup>Tl肺野集積は初期分布正面像において心筋局所(前側壁、心尖部、下壁)に閑心領域(3×3マトリックス)を設定した。また左上肺野にでき

るだけ広く閑心領域を設定した。肺野での平均カウントを心筋局所の最大カウント領域の平均カウントで除した値を<sup>201</sup>Tl肺野集積とした<sup>5)</sup>。著者らの施設における正常20例の<sup>201</sup>Tl肺野集積は27±3%であった。正常値+2SD以下を正常範囲とし、34%以上の<sup>201</sup>Tl肺野集積を認めるとき、異常と判定した<sup>6)</sup>。

負荷心筋像は原画像とコンピュータ画像から3人の医師の視覚的判定により欠損像の検出を行った。初期分布像における欠損像が再分布像で消失する仕方により、次の2種類に分類した。初期分布像における欠損像が、再分布像において完全に消失する群のみを再分布陽性とし、欠損像が消失しないか、部分的、ないし不完全に消失する群は再分布陰性とした。

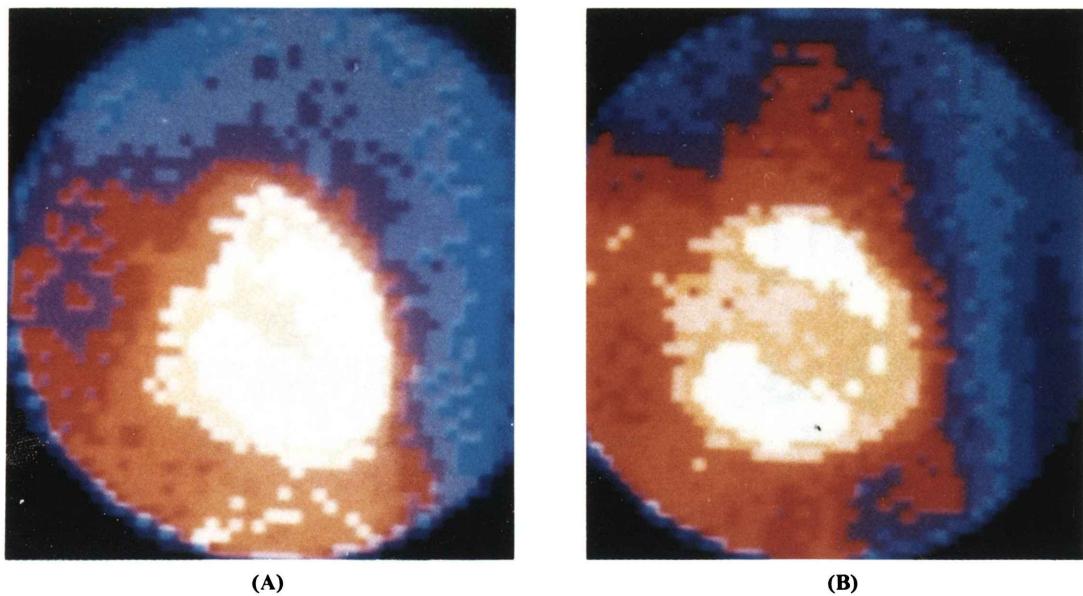
##### 2) 心臓カテーテル検査

冠動脈造影は大部分Judkins法で、一部Sones法により施行した。両側冠動脈とも、30°右前斜位像、60°左前斜位像を基本とし、適宜に体軸長軸方向にも20~30°の角度を加え、毎秒60コマの35mm映画法にて撮像した。冠動脈狭窄は75%以上を有意の狭窄とした。冠動脈狭窄枝数、狭窄度の判定は3人の医師によりシネフィルムから視覚的に判定した。なお、左冠動脈主幹部病変を有するものは今回の対象からは除外した。

左室造影は左前斜位30°、左前斜位60°にて毎秒60コマの35mm映画法にて撮像した。3人の医師により、左室局所壁運動の異常を視覚的に判定した。AHAの分類<sup>9)</sup>により左室壁を右前斜位像では5区画、左前斜位像では2区画に分けた。それぞれの区画の壁運動をnormal, hypokinesis, akinesis, dyskinesis(aneurysmalを含む)の4段階に分け、akinesis, dyskinesisを示す区画数をAkineic Segmentsとした。左室駆出率(LVEF)は左室造影の主として右前斜位30°から、時に斜位30°と左前斜位60°の2方向からarea-length法を用いて算出した。

#### 4. 統計処理

有意差検定はunpaired-t-testを用いて行った。



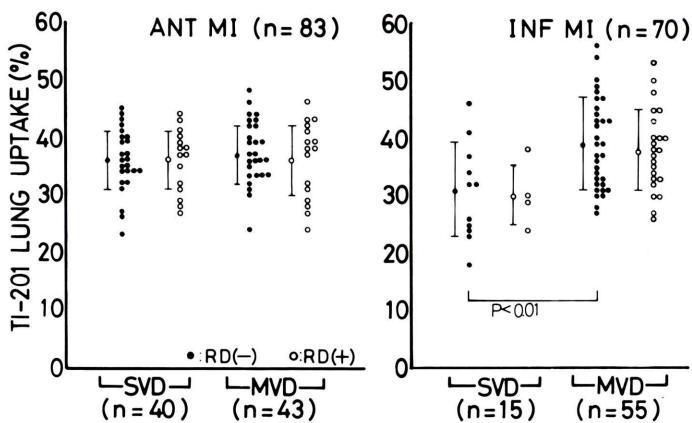
(A)

(B)

**Fig. 1** Thallium images of patients with coronary artery disease. Normal lung uptake (A) and increased lung uptake (B).

(A); Anterior myocardial infarction with single vessel disease. Lung thallium uptake is 26%.

(B); Anterior myocardial infarction with single vessel disease. Lung thallium uptake is 39%.



**Fig. 2** Relationship between lung thallium uptake and extent of coronary artery disease with or without redistribution.

ANT MI; anterior myocardial infarction, INF MI; inferior myocardial infarction,  
SVD; single vessel disease, MVD; multivessel disease, RD; redistribution

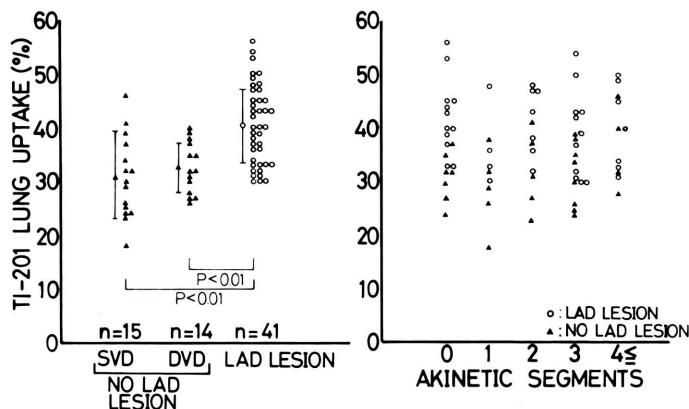


Fig. 3 Lung thallium uptake for the patients of inferior myocardial infarction with or without LAD involvement. LAD; left anterior descending artery, Akinetie segments; number of non or dyskinetic segments

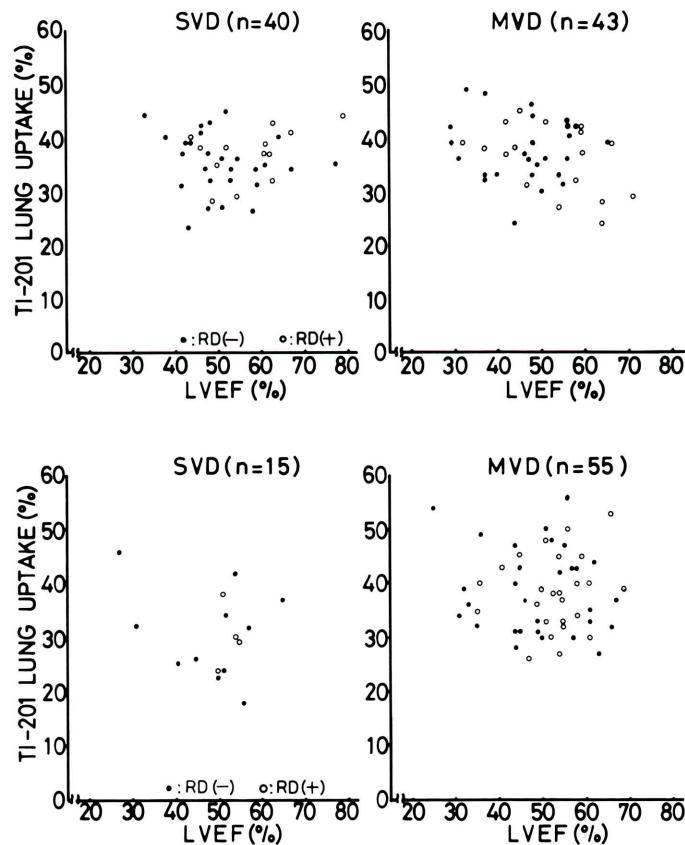


Fig. 4 Correlation between lung thallium uptake and resting LVEF in anterior myocardial infarction (top) and in inferior myocardial infarction (bottom). LVEF; left ventricular ejection fraction, SVD; single vessel disease, MVD; multivessel disease, RD; redistribution

## IV. 結 果

### 1. 運動負荷心筋スキャンにおける<sup>201</sup>Tl 肺野集積

Figure 1 に<sup>201</sup>Tl 肺野集積の正常例と、増加例を示す。(A) は LAD 一枝病変を有する前壁梗塞値である。<sup>201</sup>Tl 肺野集積は 26% であり、正常範囲内である。(B) も LAD 一枝病変を有する前壁梗塞例であるが<sup>201</sup>Tl 肺野集積は 39% と異常高値を示した症例である。

### 2. <sup>201</sup>Tl 肺野集積と冠動脈病変 (Fig. 2)

前壁梗塞 83 例 (SVD 40 例, MVD 43 例) において、肺野異常集積は SVD 29 例 (73%), MVD 29 例 (67%) に認められた。前壁梗塞全体としては 58 例 (70%) に肺野異常集積が認められた。MVD の<sup>201</sup>Tl 肺野集積 ( $37.0 \pm 5.9\%$ ) は SVD ( $35.9 \pm 5.3\%$ ) と比較し、有意差はなかった。

下壁梗塞 70 例 (SVD 15 例, MVD 55 例) において、肺野異常集積は SVD 5 例 (33%), MVD 37 例 (67%) に認められた。下壁梗塞全体としては 42 例 (60%) に肺野異常集積が認められた。MVD の<sup>201</sup>Tl 肺野集積 ( $35.8 \pm 7.4\%$ ) は SVD ( $30.6 \pm 7.4\%$ ) と比較し、有意に高値を示した ( $p < 0.01$ )。

なお、各群における再分布の有無による<sup>201</sup>Tl 肺野集積の有意差は認められなかった。

次に、下壁梗塞について<sup>201</sup>Tl 肺野集積の LAD 病変の関係を Fig. 3 に示す。

LAD 病変を有する群の<sup>201</sup>Tl 肺野集積 ( $40.5 \pm 7.2\%$ ) は、LAD 病変のない SVD および MVD (二枝病変群) の<sup>201</sup>Tl 肺野集積 ( $30.6 \pm 6.9\%$ ,  $32.6 \pm 4.6\%$ ) より有意に高値を示した ( $p < 0.01$ )。

さらに Akinetic Segments で分類すると、各群において、LAD 病変を有する症例が、LAD 病変のない症例に比べ、高い<sup>201</sup>Tl 肺野集積を示した。

### 3. <sup>201</sup>Tl 肺野集積と安静時 LVEF (Fig. 4)

前壁梗塞において MVD の<sup>201</sup>Tl 肺野集積と安静時 LVEF は  $r = -0.27$  の相関であった。

下壁梗塞において SVD, MVD の<sup>201</sup>Tl 肺野集積は安静時 LVEF と有意の相関はなかった。

### 4. <sup>201</sup>Tl 肺野集積と左室壁運動 (Fig. 5)

前壁梗塞 SVD において Akinetic Segments が 3 の群の<sup>201</sup>Tl 肺野集積 ( $38.9 \pm 4.1\%$ ) は Akinetic が Segments の 0 群の<sup>201</sup>Tl 肺野集積 ( $34.7 \pm 5.2\%$ ) より有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。

Akinetic Segments が大きくなる程、<sup>201</sup>Tl 肺野集積は高値を示した。前壁梗塞 MVD では Akinetic Segments の大小による<sup>201</sup>Tl 肺野集積に有意差はないが、Akinetic Segments の大きい群では小さい群に比べ<sup>201</sup>Tl 肺野集積が、やや高値を示す傾向が認められた。

下壁梗塞 SVD では、Akinetic Segments が大きい程、高い<sup>201</sup>Tl 肺野集積を示す傾向があった。

下壁梗塞 MVD の<sup>201</sup>Tl 肺野集積は Akinetic Segments と有意な相関は認められなかった。

## V. 考 察

<sup>201</sup>Tl を用いた心筋スキャンは今日では非侵襲的検査法として幅広く利用されるに至っている。安静時心筋スキャンにおいて虚血性心疾患、うつ血型心筋症および弁膜疾患など、肺うつ血を伴いやすい疾患群で、<sup>201</sup>Tl 肺野集積の増加が認められる<sup>10</sup>。また、高地肺水腫、間質性肺炎などに<sup>201</sup>Tl 肺野集積の著明な増加が認められ<sup>11</sup>、動物実験において、<sup>201</sup>Tl 肺野集積により非心原性肺浮腫の評価が可能であると報告されている<sup>12</sup>。

<sup>201</sup>Tl は他のカリウム類似物質と同じく Na-K ポンプを介して細胞内に摂取される<sup>15</sup>ので、その体内拡散スペースはきわめて広く、投与後 1 回の循環においてその大半が血管外に漏出し、血流分布にしたがって配分される。左室不全の状態になると肺血液量、血管外肺水分量が増大する<sup>16,19</sup>ため、肺組織拡散スペースが拡大し、<sup>201</sup>Tl 肺野集積は増加することになる。

運動負荷心筋スキャンにおける<sup>201</sup>Tl 肺野集積は心筋梗塞の既往、心筋スキャンにおける欠損の広がり、安静時左室駆出率の低下、肺動脈楔入圧の増加、冠動脈病変の重症度などと関係し、運動負荷によって引き起こされる左室不全を示唆すると報告されている<sup>4</sup>。さらに Bingham ら<sup>13</sup>は、動物実験

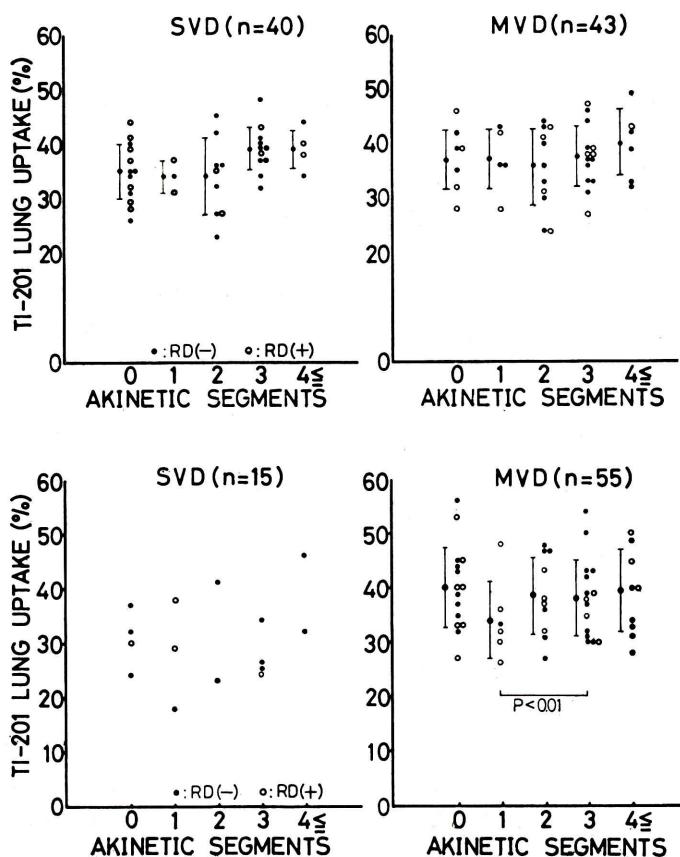


Fig. 5 Relationship between lung thallium uptake and akinetic segments of contrast left ventriculography in anterior myocardial infarction (top) and in inferior myocardial infarction (bottom).  
SVD; single vessel disease, MVD; multivessel disease, RD; redistribution, Akinetic segments; number of non or dyskinetic segments

により、左房圧の上昇、肺循環時間の延長が<sup>201</sup>Tl肺野集積を増加させることを示した。Minamiji<sup>14)</sup>は、運動負荷時の肺動脈楔入圧(PAWP)を測定し、安静時PAWPと<sup>201</sup>Tl肺野集積の相関は全くなかったが、運動負荷時PAWPと<sup>201</sup>Tl肺野集積は良い正相関を示すことを報告し、<sup>201</sup>Tl肺野集積が負荷により引き起こされる左室不全の重症度を示すことを強調している。また、急性心筋梗塞後の冠動脈病変の重症度評価に有用であるとの報告がある<sup>17,18)</sup>。

そこで、本研究では、<sup>201</sup>Tl肺野集積の臨床的意義について、多数例の心筋梗塞症例にて冠動脈

造影、左室造影と比較、検討した。

### 1. <sup>201</sup>Tl肺野集積と冠動脈病変

罹患冠動脈枝数で<sup>201</sup>Tl肺野集積を比較した場合、前壁梗塞ではSVD、MVDとも高い<sup>201</sup>Tl肺野集積を示し、両間に有意差はなかった。下壁梗塞では、MVDがSVDに比べ明らかに高い<sup>201</sup>Tl肺野集積を示した。LAD病変のない下壁梗塞SVDのみが低い<sup>201</sup>Tl肺野集積を示した。LAD病変の有無による<sup>201</sup>Tl肺野集積を比較したところ、LAD病変を有する群が有意に高い<sup>201</sup>Tl肺野集積を示し、LAD病変が合併すると<sup>201</sup>Tl肺野集積が増加することが示された。

前壁梗塞において、LAD 病変単独群である SVD の<sup>201</sup>Tl 肺野集積は、LAD 病変に他の冠動脈病変の合併した MVD の<sup>201</sup>Tl 肺野集積と有意差がないことと、下壁梗塞において、LAD 病変を有する群の<sup>201</sup>Tl 肺野集積が、LAD 病変のない群に比べ有意に高値を示したことから、LAD 病変は他の冠動脈病変より、<sup>201</sup>Tl 肺野集積に与える影響が強いことが示された。Gibson ら<sup>17)</sup>も、急性心筋梗塞で前壁中隔と前側壁の欠損像を有する症例に<sup>201</sup>Tl 肺野集積の増加が認められることから、LAD 病変の<sup>201</sup>Tl 肺野集積への強い関与を指摘している。

## 2. <sup>201</sup>Tl 肺野集積と安静時 LVEF

前壁梗塞 MVD において、安静時 LVEF が低い程、<sup>201</sup>Tl 肺野集積は高い値を示したが、SVD においては、その傾向が認められなかった。これは SVD では安静時左室収縮機能が保たれている症例が多く運動負荷により一過性左室不全が現われるためと考えられる。下壁梗塞 MVD では前壁梗塞 MVD と比べ、安静時 LVEF の高い症例が多い。このような安静時左室収縮機能が保たれている症例の中に<sup>201</sup>Tl 肺野集積の増加している症例が存在した。下壁梗塞および前壁梗塞 SVD においては安静時左室収縮機能が保たれていても、運動負荷による一過性左室不全がおこる症例が比較的多いことが示唆された。

## 3. <sup>201</sup>Tl 肺野集積と左室局所壁運動

壁運動異常部位が多くなる程、<sup>201</sup>Tl 肺野集積は増加する傾向はあるものの、壁運動異常部位が少ない群の中に高い<sup>201</sup>Tl 肺野集積を示す症例が存在した。負荷心筋スキャンの初期分布像における心筋欠損が大きい程、<sup>201</sup>Tl 肺野集積は高値を示すことが報告されており<sup>4,5)</sup>、冠動脈病変とあわせ、負荷時心筋虚血がおこり一過性左室不全となり<sup>201</sup>Tl 肺野集積が増加することが示唆される。また、壁運動異常部位の少ない群に、心筋虚血の影響が強く表われ、これらの症例で高い<sup>201</sup>Tl 肺野集積を示したと考えられる。

以上より、<sup>201</sup>Tl 肺野集積は罹患冠動脈枝数が多く、安静時 LVEF が小さく、左室局所壁運動

異常部位が大きい程、高値を示す。さらに罹患冠動脈では LAD が<sup>201</sup>Tl 肺野集積に最も強く関与していることが示された。

## VI. 結論

- 1) 運動負荷心筋スキャンにおいて、前壁梗塞例の 70%、下壁梗塞例の 60% に<sup>201</sup>Tl 肺野集積の増加を認めた。
- 2) 負荷時<sup>201</sup>Tl 肺野集積は、罹患冠動脈枝数が多く、左室駆出率が低く、左室局所壁異常運動部位が大きい程、高値を示す傾向があった。
- 3) 心筋梗塞における負荷時<sup>201</sup>Tl 肺野集積は、梗塞の部位、大きさと左冠動脈前下行枝領域の虚血が、その増加に大きく関与した。
- 4) したがって、負荷時<sup>201</sup>Tl 肺野集積は心筋梗塞例における重症度評価に有用である。

## 文 献

- 1) Pohost GM, Zir LM, Moore RH, et al: Differentiation of transiently ischemic from infarcted myocardium by serial imaging after a single dose of thallium-201. Circulation 55: 294-302, 1977
- 2) 西村恒彦、植原敏勇、林田孝平、他：運動負荷心筋シンチグラフィー——その実際と臨床的意義——。呼と循 : 31: 359-371, 1983
- 3) 西村恒彦、小塚隆弘：心筋シンチグラフィー——梗塞、虚血部位の判定——。循環器病研究の進歩 2: 2-5, 1981
- 4) Boucher CA, Zir LM, Beller GA, et al: Increased lung uptake of thallium-201 during exercise myocardial imaging; Clinical, hemodynamic and angiographic implications in patients with coronary artery disease. Am J Cardiol 46: 189-196, 1980
- 5) Kushner FG, Okada RD, Kirshenbaum HD, et al: Lung thallium-201 uptake after stress testing in patients with coronary artery disease. Circulation 63: 341-347, 1981
- 6) 西村恒彦、植原敏勇、林田孝平、他：運動負荷心筋スキャンによる虚血の検出およびその重症度評価——肺野の TlCl-201 集積、washout rate の併用による——。核医学 22: 467-475, 1985
- 7) 松下一夫：虚血性心疾患における運動負荷 Thallium-201 心筋イメージングの検討——Thallium-201 肺野集積の臨床的意義について——。核医学 19: 777-784, 1982
- 8) 西村恒彦、植原敏勇、林田孝平、他：下壁梗塞症例における前壁虚血の検出について——負荷心筋シン

- チ, 負荷 RI アンジオにおける検討——. 心臓 **15**: 976-982, 1983
- 9) Austen WG, Edwards JE, Frye RL, et al: AHA committee report (A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease). Circulation **51**: 7-40, 1975
- 10) 玉木長良, 米倉義晴, 山本和高, 他: Tl-201 心筋シンチグラフィにおける肺集積の意義——肺の間質性浮腫の評価——. 核医学 **18**: 159-165, 1981
- 11) 藤井忠重, 平山二郎, 金井久容, 他: 肺血管外スペースにおける Tl-201 集積の定量的評価. 核医学 **19**: 1167-1177, 1982
- 12) Slutsky RA, Higgins CB: Thallium scintigraphy in experimental toxic pulmonary edema; Relationship to extravascular pulmonary fluid. J Nucl Med **25**: 581-591, 1984
- 13) Bingham JB, Mekusick KA, Strauss HW, et al: Influence of coronary artery disease on pulmonary uptake of Thallium-201. Am J Cardiol **46**: 821-826, 1980
- 14) Minamiji K, Maeda K, Nakashima Y, et al: Assessment of left ventricular dysfunction by Thallium-201 lung uptake during exercise in coronary artery disease. Japanese Circulation Journal **47**: 381-390, April 1983
- 15) Britton J, Blank M: Thallium activation of Na-K ATPase of rabbit Kidney. Biochem Biophys Acta **159**: 160, 1968
- 16) Slutsky RA, Olson LK: Intravascular and extravascular pulmonary fluid volumes during chronic experimental left ventricular dysfunction. Am Heart J **108**: 543, 1984
- 17) Gibson RS, Watson DD, Carabello BA, et al: Clinical implication of increased lung uptake of Thallium-201 during exercise scintigraphy 2 weeks after myocardial infarction. Am J Cardiol **49**: 1586-1593, May 1982
- 18) 田中 健, 木全心一, 広沢弘七郎, 他: 急性心筋梗塞における Tl-201 肺内取り込み. 核医学 **22** (3): 321-330, 1985
- 19) Wilson RA, Okada RD, Boucher CA, et al: Radionuclid-determined change in pulmonary blood volume and thallium lung uptake in patients with coronary artery disease. Am J Cardiol **51**: 741-748, 1983