

《原 著》

 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィーにおける肺集積の意義

——肺の間質性浮腫の評価——

玉木 長良*	米倉 義晴*	山本 和高*	前田 尚利*
向井 孝夫*	藤田 透*	湊 小太郎*	伊藤 春海*
石井 靖*	鳥塚 菅爾*	三羽 邦久**	吉田 章**
神原 啓文**	河合 忠一**		

要旨 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィーにおける肺集積は、本剤が肺血管通過時に肺の組織拡散スペースへの滲み出し現象と考えられ、肺の間質性浮腫の評価の可能性が示唆される。

今回 328 例の安静時心筋シングラムの肺集積度を検討した。正常人ではわずか 1 例 (5%), 心筋梗塞 117 例 (78%), 狹心症 32 例 (37%), 高血圧性心疾患 6 例 (27%), 肥大型心筋症 7 例 (30%), うつ血型心筋症 6 例全例、弁膜疾患 11 例全例、先天性心疾患 7 例 (71%) に肺集積の増加を認めた。特に LVEF の低下した虚血性心疾患やうつ血型心筋症、弁膜疾患など肺うつ血を伴いやすい疾患群に高率にみられた。胸部レ線の肺うつ血所見と比較すると、肺うつ血の程度の増加するほど肺集積度も増す傾向があり、本所見が肺の間質性浮腫の程度を反映するものと考えられた。 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィーは、虚血部位の診断だけでなく、同じ写真から同時に肺うつ血の程度の評価も可能であり、さらに有用な検査法となりうると考えられた。

I. 緒 言

1970 年にタリウムによる心筋イメージングが試みられて以来¹⁾、虚血性心疾患において虚血部を直接描出できる核種として広く利用されるようになった^{2~4)}。 ^{201}Tl は血流分布に従って末梢臓器に運ばれ、Na-K ポンプを介して細胞内に摂取される拡散性物質と考えられており¹¹⁾、血流分布を良く反映している。従って心筋血流障害は欠損像として陰性描出され、また心筋摂取率の算出にて心筋血流を評価することができる^{3,5)}。

一方、うつ血性心不全を伴なう患者の心筋シンチグラム像で、 ^{201}Tl の肺へのとり込みが高まる

ことはよく知られている。これは、肺間質性浮腫により増大した肺組織拡散スペースへの ^{201}Tl の滲み出し現象と考えられ、石井らは³⁾ 肺水分量の評価に有用であることを示唆してきた。

今回我々は、過去 4 年間の心筋シンチグラムを再検討し、 ^{201}Tl の肺へのとり込みの程度を視覚的に 3 段階に分け、肺うつ血の程度を示す指標として ^{201}Tl シンチグラムの有用性を検討したので報告する。

II. 対象および方法

対象は、昭和 51 年より 55 年 8 月までに京大病院にて ^{201}Tl 心筋シンチグラフィーを施行し、診断の確定した各種心疾患患者 328 例で、男子 251 例、女子 77 例で、年令は 19 歳から 81 歳までである。なお、胸部レ線で肺に明らかな炎症性病変や腫瘍性病変を有するものは対象外とした。

心筋シンチグラフィーは ^{201}Tl -chloride 2mCi を安静時に静注し、約 15 分後より Searl radiographies

* 京都大学医学部附属病院放射線核医学科

** 京都大学医学部附属病院第 3 内科

受付：55 年 9 月 19 日

最終稿受付：55 年 9 月 19 日

別刷請求先：京都市左京区聖護院川原町（番 606）

京大病院放射線核医学科

玉木 長良

Pho-Gamma HP または日立 Gamma View を用い、低エネルギー高分解能平行コリメーターを装着し、心肺を含む胸廓全体が視野にはいる位置にて、患者を仰臥位とし、前面像より、LAO、左側面像をそれぞれ40～50万カウント集め撮像した。また虚血性心疾患32例には、²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィーと同日にマルチゲート法による心 RI アンギオグラフィーを施行し、左室駆出率(LVEF)を算出した。すなわち、ピロリン酸10mg 静注30分後に^{99m}Tc-pertechnetate 20 mCi 静注した。5分後より LAO 45°にて同装置にオンラインで接続したミニコンピューター(DEC, PDP 11/60)を用いて500心拍を加算し、左室領域に関心領域を設定して LVEF を求めた^{6,7)}。

²⁰¹Tl の肺への集積は、シンチグラム前面像にて3人以上の検者が患者名、症候名をふせ、合議の上で以下のように3つに分類した。0:縦隔など他のバックグラウンドとほぼ等しくみえるもの。
+1:肺への集積が高く、両肺野全体が明らかに描出されているもの。
+2:肺への集積が著明で、一部心筋の activity とほぼ等しくみえるもの。

一方、29例では検査3日以内に胸部レ線立位正面像をとり、肺うっ血の程度を以下のように分類し、²⁰¹Tl の肺集積の程度と比較検討した。0: 肺血管が正常に末梢まで分布するもの。I: 上肺野の肺静脈が下肺野のものと同じ太さか拡張しているもの。II: kerley 線など間質性浮腫を伴なうもの。III: 肺胞性の浮腫を伴なうもの。

なお、各種心疾患の診断は次のように下した。
心筋梗塞：酵素の上昇および心電図上典型的な心筋梗塞のパターンを呈したもの。さらに心筋イメージをだ円と考え、欠損部の中心角の最大値が45°以上のものを大、45°以下を小として2つに細分した。
2)狭心症：胸痛発作があり、発作時に心電図変化を伴なうもの、または負荷心電図が陽性のもの。
3)高血圧性心疾患：1年以上にわたり持続的な高血圧(最高血圧150 mmHg、最低血圧90 mmHg以上)があり、心血管症状を伴なうもの。ただし上記の1)2)に該当するものは除外する。
4)肥大型心筋症：超音波、アンギオ、心筋シンチ

等で著明な心筋肥厚、非対称性肥厚がみられ、臨床所見、冠状動脈遠影等から、高血圧や虚血性心疾患などの基礎疾患の否定されたもの。
5)うっ血型心筋症：著明な心拡大があり、心臓カテーテル検査等で弁膜疾患、先天性心疾患、虚血性心疾患を伴なわないもの。
6)弁膜疾患：超音波、心カテーテにて診断の確定した僧帽弁または大動脈弁疾患。
7)先天性心疾患：心カテーテにてシャントを有するものの、(ただし、今回の例は全例心房中隔欠損であった)。
8)正常人：胸痛、動悸などの自覚症状があるため心筋シンチグラフィーを施行したが、理学的所見、心電図、超音波、心筋シンチ等で全く異常の認められなかった例。

III. 結 果

Table 1 に正常人、および各種心疾患患者の²⁰¹Tl 肺集積度を示した。正常人では1例を除き21例に異常集積を認めなかった。心筋梗塞例では78%に肺への異常集積を認め、特に広範囲の心筋梗塞例に高率にとり込みの増加を認めた。狭心症、高血圧性心疾患、肥厚性心筋症では約30%に集積の増加があった。一方、うっ血型心筋症では6例全例、弁膜疾患では11例全例、先天性心疾患でも1例を除き全例(71%)に²⁰¹Tl の肺への集積の増加を認めた。このように、肺うっ血をきたしやすい疾患に多いことが示唆された。

次に左心機能の指標のひとつである左室駆出率(LVEF)を1)と2)の虚血性心疾患32例について求め、²⁰¹Tl の肺への集積と比較した(Fig. 1)。肺の集積の増すほど LVEF は有意に低下しており、左心機能不全を伴う虚血性心疾患は、一般に²⁰¹Tl の肺集積度が高い傾向にあることが判明した。

さらに、肺の間質性浮腫との相関をみると、29例については²⁰¹Tl の肺集積度と、心筋シンチ施行3日以内に撮像した胸部レ線での肺うっ血の程度との関係をみた(Table 2)。胸部レ線で肺うっ血所見の認められなかった例のほとんどは、肺の集積增加はみられなかった。一方、間質性浮腫を伴なう6例全例に²⁰¹Tl の肺への集積増加があり、

Table 1 Lung uptake on TI-201 perfusion imaging at rest

	No. of cases	Lung uptake			% (+1 or +2)
		0	+1	+2	
1. Myocardial infarction	150	33	92	25	78%
(Large)	(92)	(11)	(56)	(25)	(88%)
(Small)	(58)	(22)	(36)	(0)	(62%)
2. Angina pectoris	87	55	32	0	37%
3. Hypertensive H. D.	22	16	5	1	27%
4. Hypertrophic CM.	23	16	7	0	30%
5. Congestive CM.	6	0	4	2	100%
6. Valvular H. D.	11	0	8	3	100%
7. Congenital H. D.	7	2	5	0	71%
8. Normal subjects	22	21	1	0	5%
Total	328	143	154	31	56%

H. D.: Heart disease, CM.: Cardiomyopathy

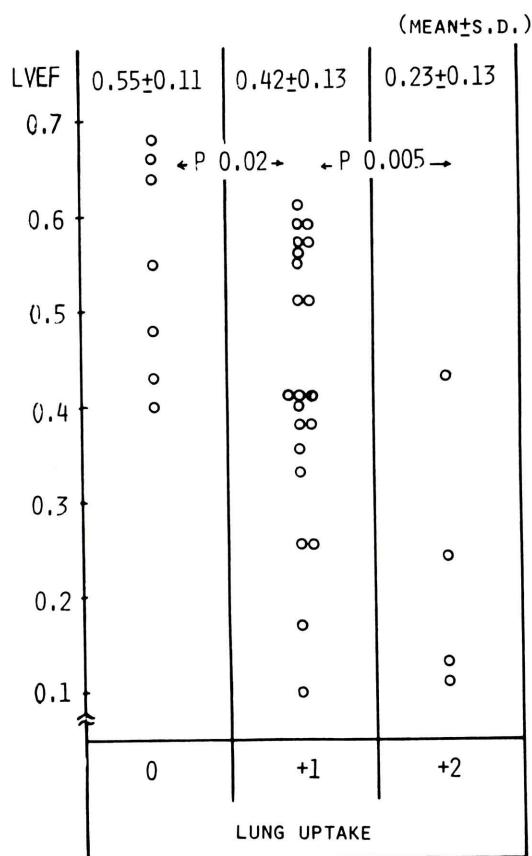


Fig. 1 Comparison of the grade of lung uptake of thallium and left ventricular ejection fraction (LVEF) in ischemic heart disease.

Table 2 Correlation between the grades of pulmonary edema on chest X-ray and lung uptake of ²⁰¹Tl

Pulmonary edema on chest X-ray	Lung uptake of ²⁰¹ Tl		
	0	+1	+2
0	10	3	0
I	4	6	0
II	0	4	2
III	0	0	0

胸部レ線上の肺うつ血所見と ²⁰¹Tl の肺への集積度との間には、明らかな正の相関が認められた。

代表的症例を供覧する。

症例 1: H.H. 69歳、女性、前壁心筋梗塞

²⁰¹Tl 心筋シンチグラム前面像 (Fig. 2 左) では、肺への著明な集積が認められるが、心筋への集積よりは明らかに少ない (肺集積度+1)。心尖部に欠損を認めるものの、肺の集積増加のため判定がやや困難である。当日にとった胸部レ線 (Fig. 2 左) では、右下肺野に Kerley B line を伴なう肺間質性浮腫が認められた (肺うつ血 II)。

症例 2: Y.I. 51歳、男性、うつ血型心筋症。

²⁰¹Tl 心筋シンチグラム前面像 (Fig. 3) では、肺への集積の増加が認められる (肺集積+1)。心内腔の著明な拡大があるが、心筋の perfusion defect はみられない。臨床所見、諸検査より上記の診断が下されている。

症例 3: A.Y. 42歳、女性、僧帽弁狭窄症。

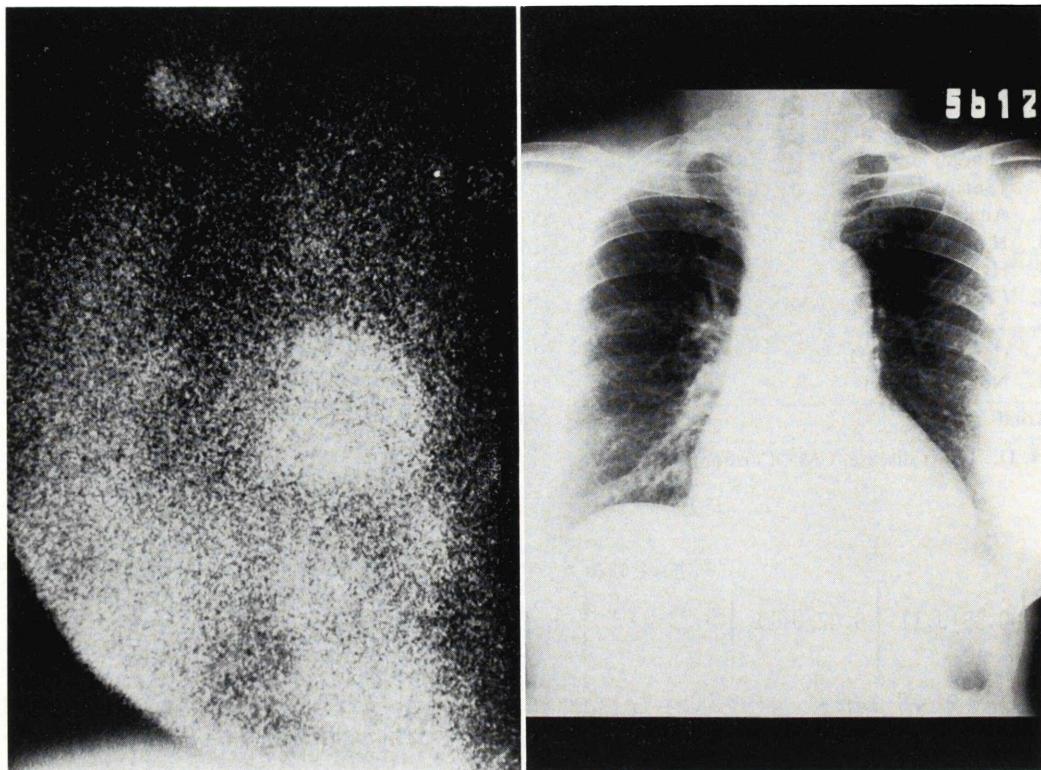


Fig. 2 Thallium resting myocardial image in anterior view (left) and chest X-ray (right) in a case with myocardial infarction. Increased lung uptake is noted but less than that of myocardium (the grade of lung uptake, +1). The chest X-ray shows Kerley's B line in the right lower lung field indicating pulmonary interstitial edema (the grade of pulmonary edema, II).

^{201}TI 心筋シンチグラム前面像 (Fig. 4 左) では、著明な肺への集積がみられ、心筋への集積と区別がつきにくい (肺集積度+2)。同日にとられた胸部レ線 (Fig. 4 右) では、両下肺野に Kerley's line を伴なう間質性浮腫がみられた (肺うつ血II)。

IV. 考 案

^{201}TI を用いた心筋シンチグラフィーは、Kawana¹⁾, Lebowitz²⁾ らにより利用されて以来、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。これら数多くの心筋シンチグラムの中で、うつ血性心不全を有する症例に、 ^{201}TI の肺への異常集積が認められることがしばしばある。石井ら³⁾は 1976 年に肺うつ血を示す例に ^{201}TI の

肺への著明な集積を認めたことを報告し、肺水分量の評価の可能性を示唆している。その後 ^{201}TI の心筋摂取についての研究は数多くなされたが、肺への集積の意義についてはほとんどふれられていない。しかしながら、近年運動負荷後の ^{201}TI の肺への集積の増加を述べた報告が散見されるようになったが^{8,10)}、これは本所見が肺うつ血の指標として取扱える事を示唆するものに他ならない。従って、その事実を安静時においてまず確認する必要がある。すなわち、従来の肺うつ血所見の手がかりとなってきた胸部レ線や心臓カテーテルの圧データなどと、生理的な安静時の状態における ^{201}TI 集積所見との照合が必要である。

我々は、安静時的心筋シンチグラム 328 例につ

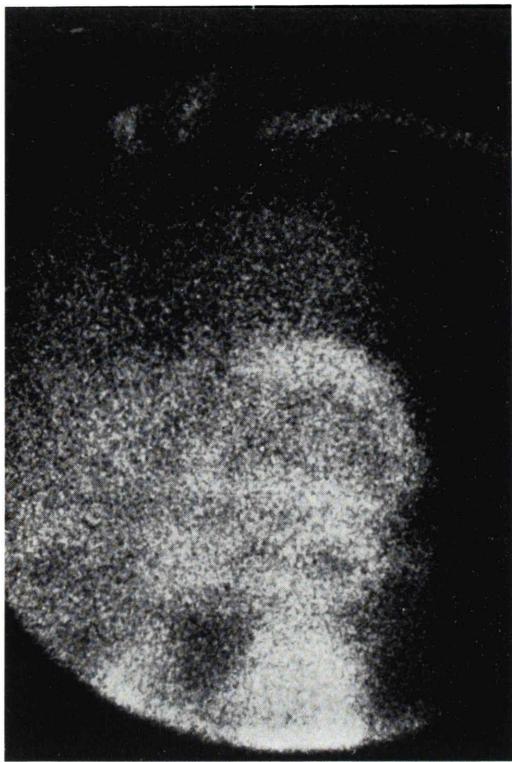


Fig. 3 Thallium myocardial image in a case with congestive cardiomyopathy. Remarkable left ventricular dilatation and increased lung uptake is noted (the grade, +1).

いて、²⁰¹Tl の肺集積度を視覚的に 3 段階に分け検討した。その疾患との関連をみると虚血性心疾患については LVEF の低下した左心機能不全をきたしたもの、うっ血型心筋症、弁膜疾患、先天性心疾患といった、肺の間質性浮腫を伴ないやすい疾患群に高率にみられることが示唆された。しかも、胸部レ線で示される肺うっ血の所見は、²⁰¹Tl の肺への集積度とは明らかな正の相関を示し、特に間質性浮腫を伴なった症例には全例に肺への集積の増加がみられた。従って、²⁰¹Tl の肺への集積が、肺の間質性浮腫状態とその程度を示すものと考えてほぼ間違いないと考えられた。

²⁰¹Tl 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ので¹¹⁾、その体内拡散スペースは極めて広く、従って血流によ

って末梢に分配されると、末梢拡散スペース内に直ちに移動し摂取される事になる。ところで、正常肺は間質に乏しくほとんど空気を含んだ肺胞で充満しているために、その拡散スペースは小さく、従って²⁰¹Tl の肺血管床通過時の肺のとり込みは少ない。ところが肺うっ血を伴なうと、小葉間間質、気道、血管周囲等の間質が浮腫によって拡大し、拡散スペースが増大すると考えられ、このため²⁰¹Tl が間質に滲み出す量が増加すると考えられる。シンチグラム上、肺への集積増加として表わされる現象は、このような事実に相応するものと考えられる。肺の間質への²⁰¹Tl の滲み出し現象は、²⁰¹Tl の肺の clearance が約60分であり、肺の間質の水分の clearance と一致している¹³⁾ことからもわかる。ちなみに、肺の間質の増大する他の呼吸器疾患（肺炎、肺線維症、腫瘍性疾患等）でも²⁰¹Tl の異常集積が認められるのはよく知られているが^{14,15)}、この場合、同時に間質への血流供給が相伴なわねばならない。この点で間質性浮腫は、血管内成分の滲み出し現象そのものであるから、端的に肺集積として表現しうると考えられる。

このように²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィーは、虚血部位の診断やその範囲の判定に有用であるばかりでなく、それに相伴う左心機能不全の現象を肺うっ血所見としての肺集積像として評価が可能である。従って、一回の²⁰¹Tl の投与、一枚の写真から新たな情報が提供され、²⁰¹Tl シンチグラフィーの有用性がさらに増したといえる。

今回の検討は、過去 4 年間に施行された 328 例の心筋シンチグラムを retrospective にみたものであり、視覚的な段階評価にとどまった。肺の²⁰¹Tl の集積度は、肺局所血流入力 (F) と肺の間質の滲み出しの拡散スペース (V) との関係で規定されるはずであり、F/V は心筋等一般臓器に比べはるかに大きく、集積されたもののクリアランスもかなり速やかと考えられ、従って客観的な定量化の際に、シンチグラム撮像までの時間が問題となる。現在我々は、その定量化に先立って²⁰¹Tl の肺クリアランスを検討している。さらには、胸部レ線

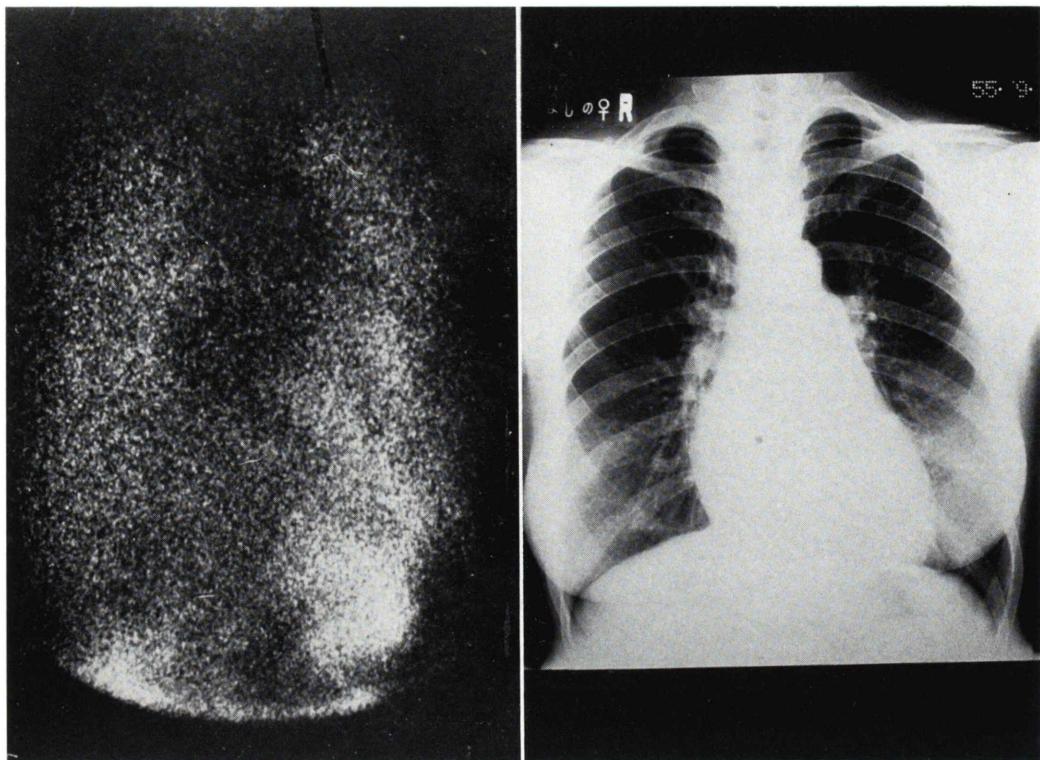


Fig. 4 Thallium myocardial image (left) and chest X-ray (right) in a case with mitral stenosis. Lung uptake of thallium is so prominent that the myocardium can hardly be separated from the background (the grade of lung uptake, +2). The chest X-ray shows interstitial edema in the bilateral lung fields (the grade of pulmonary edema, II).

や心臓カテーテルによる hemodynamic な data との関係も症例を加え、検討を重ねてゆきたいと考えている。

V. 結 語

- 1) 過去 4 年間の 328 例の安静時 ^{201}TI 心筋シンチグラムにおいて、肺の集積の程度を検討した。
- 2) 肺集積の増加は心筋梗塞 78%，狭心症 37%，高血圧性心疾患 27%，肥大型心筋症 30%，うつ血型心筋症 100%，弁膜疾患 100%，先天性心疾患 71% と肺うつ血をきたしやすい疾患に高率にみられた。
- 3) 虚血性心疾患 32 例で LVEF と比較検討すると、LVEF の低下するほど ^{201}TI の肺への集積

が増加しており、左心機能の評価の指標ともなりうる可能性が示唆された。

4) 3 日以内に得られた胸部レ線像と比較する肺うつ血所見が増すほど ^{201}TI の肺集積が増加する傾向にあり、本所見にて肺の間質性浮腫の程度を評価できると考えられた。

5) ^{201}TI 心筋シンチグラフィーは、心筋の虚血部位の判定や範囲の把握だけでなく、同時に肺の間質性浮腫の程度の評価も可能であり、さらに有用な検査法であると考えられた。

本研究に御支援下さいました日本メディフィジックス社に感謝致します。本稿の要旨の一部は、第20回日本核医学会総会および第183回日本医学放射線学会関西地方会において報告した。

文 献

- 1) Kawana M, Krizek H, Perter J et al: Use of ¹⁹⁹Tl as a potassium analog in scanning. *J Nucl Med* **11**: 333, 1970
- 2) Lebowitz E, Greene MW, Bradley-Moore P et al: ²⁰¹Tl for medical use. *J Nucl Med* **16**: 151-155, 1975
- 3) 石井 靖, 神原啓文, 米倉義晴, 他: ²⁰¹Tl による心筋シンチグラフィーおよび心筋血流量測定について. *核医学* **13**: 787-797, 1976
- 4) Strauss HW, Harrison K, Langan JK et al: Thallium-201 for myocardial imaging. *Circulation* **51**: 641-645, 1975
- 5) 米倉義晴, 石井 靖, 門田和紀, 他: ²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィーによる虚血性心疾患の診断. *Radioisotopes* **26**: 14-19, 1977
- 6) Green MV, Ostraw HG, et al: High Temporal resolution ECG-gated scintigraphic angiography. *J Nucl Med* **16**: 95-98, 1975
- 7) 外山比南子, 飯尾正宏, 村田 啓, 他: 高分解能による経時的心プールおよび心筋イメージング. *核医学* **14**: 41-49, 1977
- 8) Bingham JB, Strauss HW, McKusick KA: Thallium-201 clearance from myocardium and lungs following injection at stress. *J Nucl Med* **19**: 751, 1978
- 9) Kushner FG, Okada RD, Kirshenbaum HD, et al: Stress induced pulmonary Tl-201 uptake in patients with coronary artery disease. *J Nucl Med* **20**: 649, 1979
- 10) Boucher CA, Zir LM, Beller GA, et al: Increased lung uptake of thallium-201 during exercise myocardial imaging. *Am J Cardiol* **46**: 189-196, 1980
- 11) Britton J, Blank M: Thallium activation of Na-K ATPase of rabbit kidney. *Biochem Biophys Acta* **159**: 160, 1968
- 12) Fishman AP, Pietra GG: Permeability of pulmonary vascular endothelium. *Ciba Symposium: Lung Liquids*. Amsterdam, Elsevier, Excerpta Medica, North Holland, 1976, p 29-48.
- 13) Fishman AP: Pulmonary edema. The water-exchanging function of the lung. *Circulation* **46**: 390-408, 1972
- 14) 利波紀久, 道岸隆敏, 分校久志, 他: ²⁰¹Tl-chloride による臨床腫瘍スキャンニング. *Radioisotopes* **25**: 829-831, 1976
- 15) 矢野 潔, 森田誠一郎, 古川保音, 他: ²⁰¹Tl-chloride による悪性腫瘍の診断. *核医学* **15**: 989-997, 1977

Summary

Lung Uptake of Thallium-201 on Resting Myocardial Imaging In Assessment of Pulmonary Edema

Nagara TAMAKI*, Yoshiharu YONEKURA*, Kazutaka YAMAMOTO*,
Hisayoshi MAEDA*, Takao MUKAI*, Toru FUJITA*, Kotao MINATO*,
Harumi ITO*, Yasushi ISHII*, Kanji TORIZUKA*,
Hiroyuki KANBARA** and Chuichi KAWAI**

**Department of Radiology and Nuclear Medicine*

***The third Department of Internal Medicine, Kyoto University Hospital, Kyoto*

We have noted increased lung uptake of thallium-201 on resting myocardial images in patients with congestive heart failure. To evaluate this phenomenon, lung uptake of thallium on resting myocardial imaging was examined in 328 patients with various cardiovascular diseases. Increased lung uptake was observed in 117 cases (78%) with myocardial infarction, 32 (37%) with angina pectoris, 6 (27%) with hypertensive heart disease, 7 (30%) with hypertrophic cardiomyopathy, 6 (100%) with congestive cardiomyopathy, 11 (100%) with valvular heart disease, and 7 (71%) with congenital heart disease, however, only one (5%) of normal subjects revealed increased uptake. Left ventricular ejection fraction was evaluated in 32 cases with ischemic heart disease on the same day and it was significantly decreased as the lung uptake of thallium increased. Increased thallium activity in the lung seemed to be another noninvasive marker of left heart failure in ischemic heart disease.

Lung uptake of thallium was compared with pulmonary congestive signs on chest X-ray in 29 cases. The uptake was well correlated with the degree of pulmonary edema, and thallium myocardial image revealed remarkably increased lung uptake in all the patients accompanied with pulmonary interstitial edema on chest X-ray. Therefore, this phenomenon will demonstrate pulmonary edema, since thallium may be extracted to the increased interstitial distribution space of the lung as well as the myocardium in a patient with pulmonary edema.

We conclude that thallium myocardial scintigraphy is useful not only in identification and localization of myocardial ischemia or infarction, but also in evaluation of pulmonary edema at the same time.

Key words: ^{201}Ti -chloride, myocardial scintigraphy, lung uptake, pulmonary edema