

《原 著》

タリウム-201 冠動脈直接注入による心筋シンチグラム像の検討

杉原 洋樹*	稻垣 末次*	窪田 靖志*	中川 達哉*
片平 敏雄*	東 秋弘*	大森 斎*	立川 弘孝*
白山 武司*	辰巳 哲也*	古川 啓三*	井上 大介*
足立 晴彦*	朝山 純*	勝目 純*	中川 雅夫*

要旨 冠動脈内に直接タリウム-201 を注入することにより得られる心筋シンチグラム像を検討した。心臓カテーテル検査終了直前に左または右冠動脈あるいは両冠動脈内にタリウム-201 を約 1 mCi 注入し、心筋灌流像を得た。その結果、静脈内投与よりも少ない投与量にてバックグラウンドの少ない明瞭な心筋灌流像が得られた。左右どちらか一方の冠動脈内のみ注入の場合は、それぞれの灌流域に相当した心筋灌流像を呈し、また側副血行路の存在下ではそれを介する灌流状態をよく反映する像が得られた。さらに、右冠動脈内へのタリウム-201 投与時には左室のみならず右室も良好に描出されたが、不整脈源性右室異形成の 1 例では右室心尖部に灌流欠損像を呈し、これは電気生理学的検査による心室性頻拍の発生部位と一致した。

本法は冠動脈造影による冠動脈の解剖学的所見と冠灌流状態の関係、側副血行路の心筋灌流への寄与の程度、またバイパスグラフトの灌流域を明瞭にする有用な方法であり、さらに右室病変の把握にも役立つと考えられた。

I. はじめに

タリウム-201 心筋シンチグラフィは非侵襲的な虚血性心疾患の診断法としてその地位はほぼ確立されたと考えられる。しかし、タリウム-201 は静脈内投与時には血流分布に応じて各臓器に摂取され^{1,2)}、その心筋摂取量は数%程度であり、低エネルギーで吸収、散乱の影響があり、しかも半減期が約 73 時間と比較的長いため大量投与も不可能であり、必ずしも良好な心筋イメージングが得られているとはいえない。

冠動脈内に直接タリウム-201 を投与することにより、少量の投与で明瞭なイメージングの得られることが予想され、いくつかの報告がある^{3~5)}。

今回、放射性同位元素管理区域内併設の心臓カテーテル検査室にて、冠動脈造影検査終了直後に左または右あるいは両冠動脈内にタリウム-201 を直接注入することにより得られる心筋灌流像を検討した。

II. 対象および方法

狭心症 6 例(1 例は A-C バイパス術後)、陳旧性心筋梗塞症 5 例、大動脈弁閉鎖不全症 1 例、肺塞栓症 1 例、不整脈源性右室異形成 1 例、胸痛症候群 3 例および完全左脚ブロックを呈する 1 例を対象とした。

方法は、通常の心臓カテーテル検査終了直後に Judkins または Sones カテーテルにて左または右あるいは両冠動脈内に 0.5~1 mCi のタリウム-201 を注入した。なお、冠動脈に有意狭窄のある例はすべてニトログリセリン舌下投与後の冠動脈造影終了後に、また全例最終冠動脈造影終了 5 分後にタリウム-201 を冠動脈内に注入した。注入約 10 分後より GE 社製ポータブルガンマカメラにて正

* 京都府立医科大学第二内科

受付：63 年 2 月 10 日

最終稿受付：63 年 6 月 20 日

別刷請求先：京都市上京区河原町広小路梶井町 465
(西 602)

京都府立医科大学第二内科
杉 原 洋 樹

Injection of Tl-201 into LCA

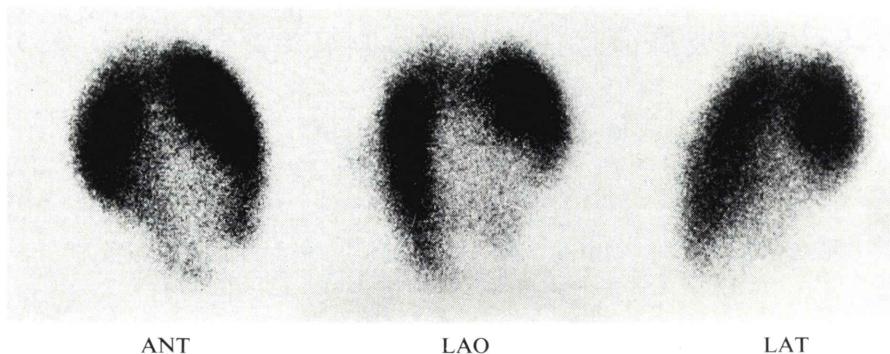


Fig. 1 Intra left coronary Thallium-201 scintigram in a patient with normal coronary artery. Anterior, anteroseptal and posterior walls are clearly shown.

面、左前斜位、左側面より撮像し、一部の症例では心筋断層像を得た。18例中左冠動脈内のみ8例、右冠動脈内のみ5例、両冠動脈内への注入は5例であり、左冠動脈内のみの4例および右冠動脈内のみの2例において3時間後および18時間後像もそれぞれ撮像した。

III. 結 果

症例提示

1. 52歳男性。胸痛症候群。左右冠動脈正常。左冠動脈内のみに1mCiのタリウム-201を投与した。前側壁、前壁中隔、後側壁、後壁が明瞭に描出され、バックグラウンドのきわめて少ない良好な画像が得られた。灌流欠損像を示す下壁部位が右冠動脈の支配領域と考えられた(Fig. 1)。

2. 49歳女性。大動脈弁閉鎖不全症(II度)。左右冠動脈正常。右冠動脈内のみに0.5mCiのタリウム-201を投与した。左室下壁が明瞭に描出された以外に右室自由壁が良好に描出され、さらに本例は右心耳と思われる部位に高度のタリウム-201の集積を認めた(Fig. 2)。

3. 62歳男性。心筋梗塞の既往のない狭心症。左前下行枝近位部完全閉塞、右冠動脈近位部99%狭窄、回旋枝遠位部90%狭窄であり、回旋枝より左前下行枝および右冠動脈に側副血行路が存在し、左冠動脈内にのみ注入した。前壁、前壁中隔は灌流低下が存在するものの描出され、右冠動脈

Injection of Tl-201 into RCA

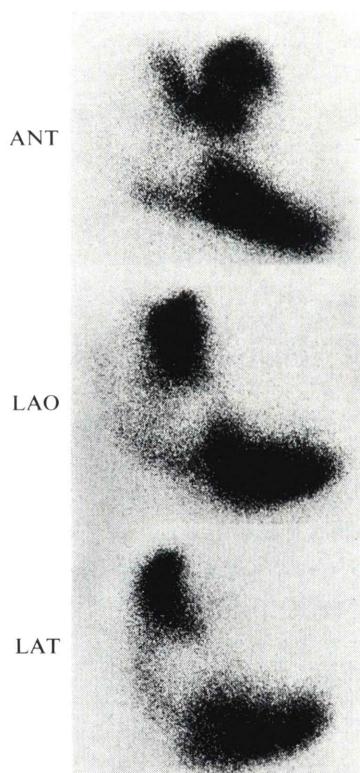


Fig. 2 Intra right coronary Thallium-201 scintigram in a patient with aortic regurgitation and normal coronary artery. Not only inferior wall of the left ventricle, but also the right ventricle and the right appendage are visualized.

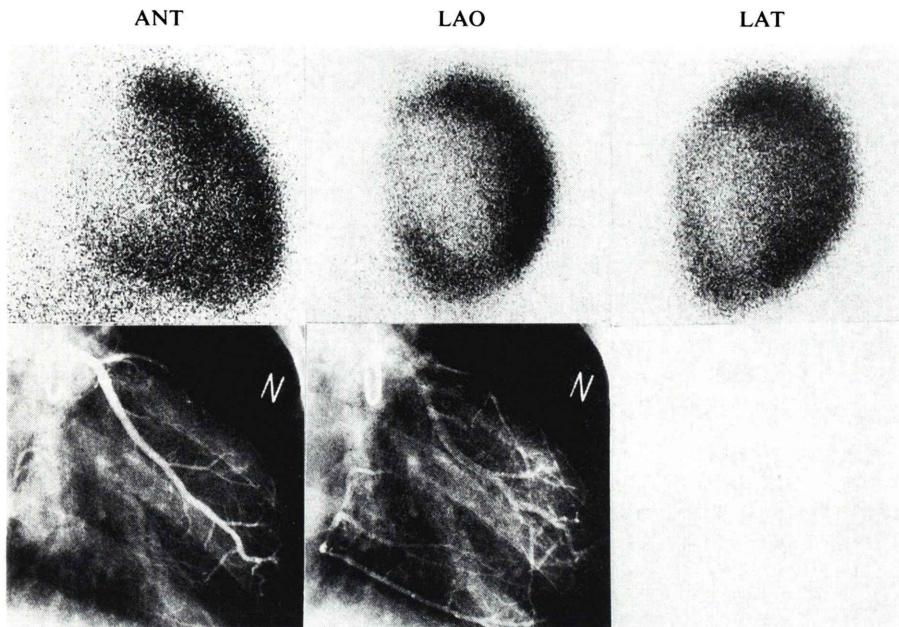


Fig. 3 Intra left coronary Thallium-201 scintigram in a patient with left anterior descending coronary artery occlusion and severe right coronary artery stenosis. Contribution of collaterals to myocardial perfusion is shown (upper). Left coronary arteriogram (lower).

Injection of Tl-201 into the graft

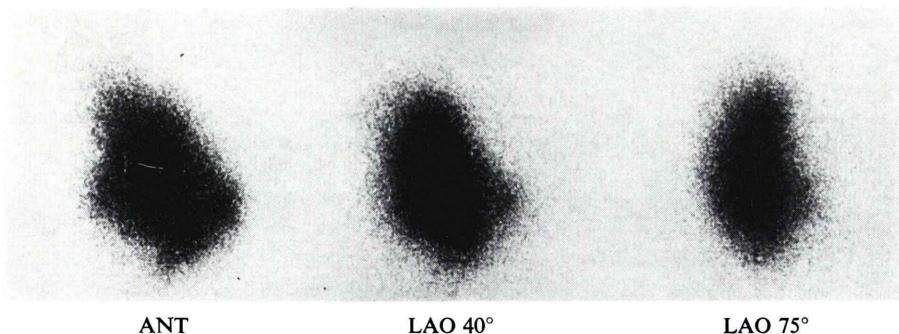


Fig. 4 Intra graft to the left anterior descending artery Thallium-201 scintigram. Anterior and anteroseptal walls, which are supplied by left anterior descending artery are shown.

の灌流域と考えられる下壁領域は明瞭に描出された (Fig. 3)。

4. 68歳男性。左右冠動脈に高度狭窄があり右冠動脈および左前下行枝に A-C バイパス術を施行した。術後の冠動脈造影時に左前下行枝へのグ

ラフト内へ 1 mCi のタリウム-201 を注入した。前側壁、前壁中隔、心尖部の左前下行枝の灌流域が明瞭に描出された (Fig. 4)。

5. 23歳男性。失神発作を主訴に来院。心室頻拍によることが判明し、右室拡大、右室心尖下壁

ARVD

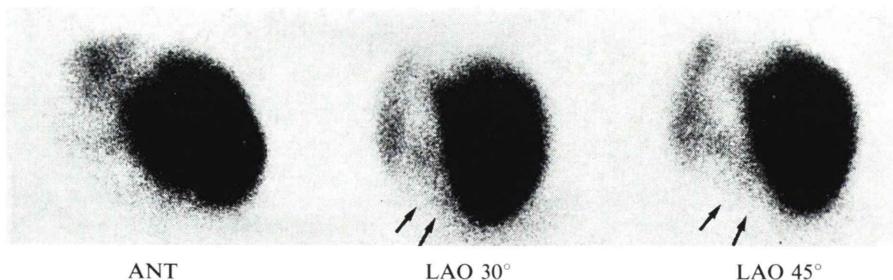


Fig. 5 Intra left and right coronary Thallium-201 scintigram in a patient with arrhythmogenic right ventricular dysplasia. Apico-inferior perfusion defect of the right ventricle is shown.

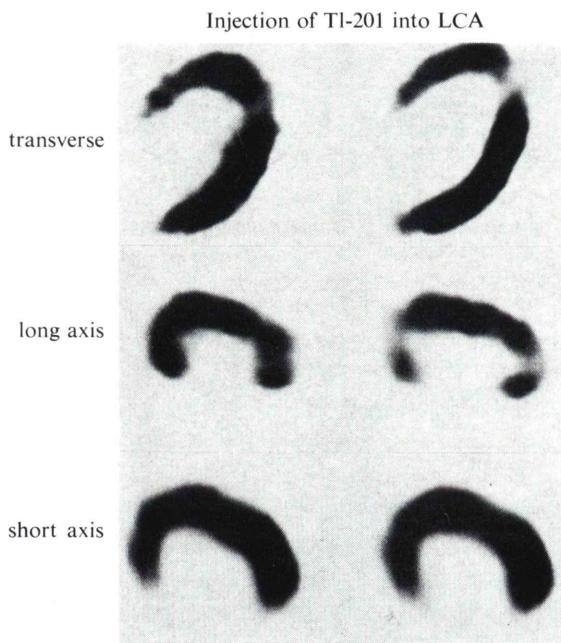


Fig. 6 Intra left coronary Thallium-201 emission computed tomography in a patient with normal coronary artery. Anterior, anteroseptal and posterior walls are clearly visualized.

の壁運動異常を呈した。左右冠動脈とも正常像を呈し、左右冠動脈内にタリウム-201をおのおの 0.5 mCi 注入した。左室は良好に描出されたが、右室心尖部のタリウム-201の取り込み低下がみられた (Fig. 5)。

6. 50歳女性。間欠性左脚ブロックの精査のため心臓カテーテル検査施行。壁運動正常、冠動脈

正常を呈し、左冠動脈内にのみ 1 mCi のタリウム-201 を注入し心筋断層像 (SPECT)を得た。

短軸像にて前壁中隔、後側壁が、長軸像にて前壁、後壁がそれぞれよく描出され、下壁領域がともに完全灌流欠損像を呈し、左冠動脈の灌流領域を明瞭に示した (Fig. 6)。

Injection of Tl-201 into LCA

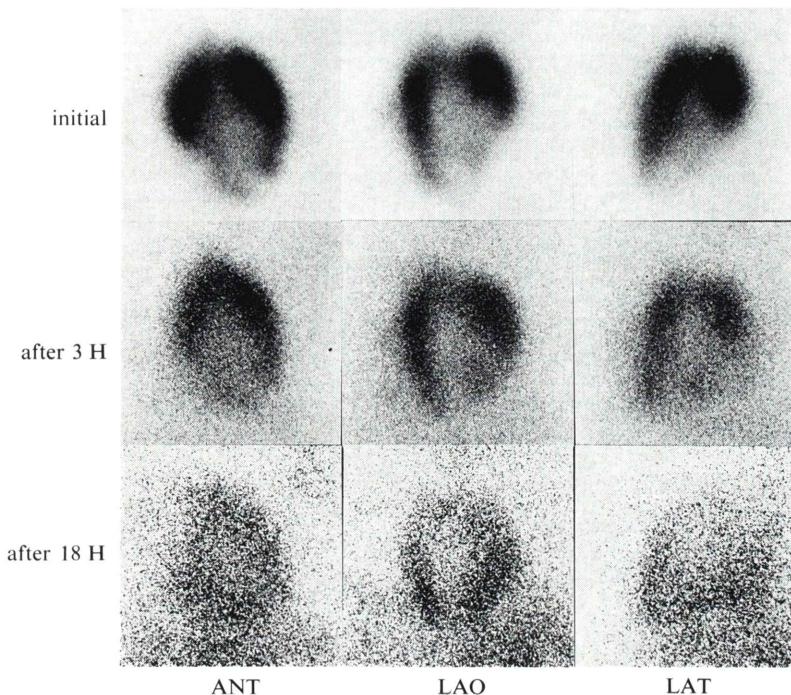


Fig. 7 Intra left coronary Thallium-201 scintigram in a patient with normal coronary artery. upper: initial images, middle: images after 3 hours, lower: images after 18 hours.

1. 全例バックグラウンドの少ない明瞭な心筋イメージが得られた。すなわち、心筋／肺カウント比は 27.4 ± 7.12 であり、安静時タリウム-201静注による10例の心筋／肺カウント比 2.77 ± 0.73 より明らかに高値を示した。

2. どちらか一方の冠動脈内にのみ投与した時にはその冠動脈の灌流領域に相当すると考えられる部位にタリウム-201の集積を認め、SPECT像はその領域をより詳細に示した。

3. どちらか一方の冠動脈内にのみタリウム-201を注入した症例のうち3時間後像を得た6例では視覚的には肺野のバックグラウンドが僅かに増加した以外は直後像と大きな差異はなく、他方の冠動脈の灌流領域は描出されなかった。しかし、18時間後には再分布され他の冠動脈灌流領域と注入冠動脈の灌流領域は同程度に描出された(Fig. 7, Table 1)。

4. 梗塞責任血管内への注入時には梗塞部の壁

Table 1 Changes of count ratio of heart/lung and injected area/non injected area

Case	Count ratio	
	Heart/Lung	Injected area/ Non injected area
1	initial	48.0
	after 3 H	25.6
	after 18 H	2.5
2	initial	22.4
	after 3 H	16.8
	after 18 H	1.1
3	initial	29.6
	after 3 H	22.3
	after 18 H	1.0
4	initial	31.4
	after 3 H	17.9
	after 18 H	1.2
5	initial	9.6
	after 3 H	8.6
	after 18 H	1.6
6	initial	26.3
	after 3 H	24.5
	after 18 H	1.1

運動低下に応じたタリウム-201の取り込み低下がみられた。

5. 右冠動脈内への投与時には左室下壁のみならず右室も良好に描出された。

IV. 考 案

タリウム-201心筋シンチグラフィは虚血性心疾患の非侵襲的診断法として汎用されている。また、その経過観察あるいは冠血行再建術の適応としての心筋の viability の判定法としても有用であることが示され^{6,7)}、虚血心の評価法としてはますます重要な役割を果たしている。しかしながら、タリウム-201は半減期が約73時間と比較的長いため大量投与が不可能であることおよび低エネルギーで散乱、吸収などの影響が強いなどその物理的性質がガンマカメラのイメージングに必ずしも最適ではなく、特に体深部の像が不鮮明になることが指摘されている。タリウム-201の体内での挙動は主に血流分布に従い、Na-K ATPase により細胞内に取り込まれるとされ、冠動脈内注入時にはそのほとんどすべてが心筋細胞内に摂取されると考えられる。1977年に D'Souza らがはじめて冠動脈内にタリウム-201の直接注入による心筋シンチグラム像を検討し、静脈内投与よりも鮮明な心筋灌流像が得られ、X線左室造影による局所壁運動の所見とよく相關すると報告している⁸⁾。今回の検討においても、少量のタリウム-201投与にもかかわらず、得られた心筋灌流像は静脈内投与时よりきわめて鮮明であり、心筋／肺カウント比も高値を示した。両冠動脈内へのタリウム-201投与による心筋シンチグラムの利点は、投与量が少なくバックグラウンドの少ない明瞭な心筋灌流像が得られること、および右室が鮮明に描出されることである。

これに対し、左右どちらか一方の冠動脈にのみタリウム-201を注入した時にはより意義のある情報が得られるものと考えられた。すなわち、その冠動脈の灌流領域のみが明瞭に描出されるので、左右冠動脈の優位性と灌流域の関係また、冠狭窄度とその順方向性血流の灌流状態の把握に役立つ

と考えられる。さらに側副血行路が存在する場合、その側副血行路の灌流への寄与の程度を評価することが可能である。症例3は左前下行枝完全閉塞で右冠動脈99%狭窄の心筋梗塞の既往のない狭心症例であり、回旋枝から右冠動脈および左前下行枝領域への側副血行路が存在した。本例の左冠動脈内のみへのタリウム-201の注入による灌流像は、その側副血行路の灌流への寄与は右冠動脈領域へは十分で前下行枝領域へは不十分であることを示す所見と考えられた。側副血行路の発達の程度は冠動脈造影上三段階、または四段階に分類されることが多いが、実際その程度に応じて灌流に寄与しているか否かは明らかでない。また、冠動脈造影上の可視血管の最大分解能は0.2mmとされ、冠動脈造影ではみえない側副血行路も存在することが推定される。事実、冠動脈内へ macro-aggregated albumin (^{99m}Tc-MAA) の投与により、血管造影上側副血行路が存在しないにもかかわらず側副血行による灌流の認められる例のあることが示されている⁹⁾。本法はこの側副血行路の灌流への寄与の評価にはきわめて有用であり、^{99m}Tc-MAA像は10-40μの塞栓粒子による心筋像であるが、タリウム-201像はNa-K ATPaseにより心筋細胞内に取り込まれた心筋像という点でその意義が若干異なると思われる。有意狭窄例ではニトログリセリン舌下後に投与しているので、ニトログリセリン投与時の灌流像を得ていることになる。造影剤は血管拡張作用を有するが、最終造影5分後にタリウム-201投与を行っているためその影響はないものと思われる。近年、通常の静脈内投与にても心筋の断層像を得ることにより飛躍的に診断精度が向上したとされる¹⁰⁾が、本法も症例6のごとく心筋断層像に応用することにより、さらに詳細な検討が可能と思われた。このように、どちらか一方の冠動脈内にのみタリウム-201を投与することにより得られる情報はきわめて有用と考えられた。しかし逆に、現在のところは評価目的とする冠動脈を一方だけ選択しなければならないのが欠点である。今後、エネルギーの異なる核種による灌流製剤が開発されれば左右異なる核種

の灌流製剤投与により左および右冠動脈おのおのの灌流域の判定が可能になると考えられた。また、タリウム-201をバイパスグラフト内へ投与した時にはそのグラフトの灌流域を視覚的に捉えることが可能である。Kolibashら⁹⁾はグラフト内に^{99m}Tc-MAAを注入することにより得られた像から、グラフトの局所の灌流パターンは非常に多様性に富むことを報告し、タリウム-201のグラフト内投与は心筋細胞内に摂取される点でまた異なる情報を提供するものと考えられ、今後検討する予定である。

右冠動脈内へのタリウム-201の投与時には右室が明瞭に描出されることが特徴であり、虚血をはじめ種々の右室病変の存在する場合には灌流異常を呈し、病変部位を指摘し得ると考えられる。今回示した不整脈源性右室異形成は右室起源の心室性頻拍、右室拡大、右室壁運動の低下、右室の脂肪浸潤などを特徴とする原因不明の疾患である^{11,12)}。右室の灌流欠損部位は他検査による右室壁運動異常および電気生理学的検査による心室頻拍の発生部位と一致し、右室壁の性状を視覚的に判定する方法として本法是有用であった。本法は観血的操作を必要とするが、不整脈源性右室異形成の診断には冠動脈造影が必須であり、その検査終了時に容易に施行可能である。通常、安静時にタリウム-201を静脈内に投与すると右室は描出されず、右室描出は右室負荷を示すと考えられている。非右室負荷疾患では運動負荷時に右室が描出されるので、右冠動脈近位部病変による右室虚血の推定に利用されている^{13,14)}が、視覚的判定に右室描出の程度は必ずしも十分でなく、また、十分な運動負荷を必要とする。本法によれば右心室の描出は明瞭であり、右心室病変の把握には大きく貢献するものと思われる。

タリウム-201は再分布の現象がみられることが大きな特徴であり、特に運動負荷時の有用性は周知のごとくである¹⁵⁾が、そのメカニズムは不明の点が多い。どちらか一方の冠動脈にのみタリウム-201を投与した時には、3時間後像は直後像と大差はなく、18時間後には他の冠動脈の灌流領

域が同程度に描出された。このことは再分布現象のメカニズムおよび意義を検討するうえで一助となると考えられる。

以上のごとく、冠動脈内タリウム-201直接注入による心筋シンチグラフィは心臓カテーテル検査室にて同位元素の使用が可能であれば比較的容易に施行可能であり、有用と考えられた。

V. まとめ

冠動脈内に直接タリウム-201を注入することにより得られる心筋シンチグラム像を検討した。本法は、少量のタリウム-201投与にて冠動脈造影による冠動脈の解剖学的所見と冠灌流状態の関連、側副血行路の心筋灌流への寄与の程度およびバイパスグラフトの灌流領域を明瞭にする有用な方法であり、さらに、右室病変の把握にも役立つと考えられた。

文 献

- Strauss HW, Harrison K, Pitt B: Thallium-201: Non invasive determination of the regional distribution of cardiac output. *J Nucl Med* **18**: 1167-1170, 1977
- Pohost GM, Zir LM, Moore RH, et al: Differentiation of transient ischemia from infarcted myocardium by serial imaging after a single dose Thallium-201. *Circulation* **55**: 294-302, 1977
- Schofer J, Mathey DG, Montz R, et al: Use of dual intracoronary scintigraphy with thallium-201 and technetium-99m pyrophosphate to predict improvement in left ventricular wall motion immediately after intracoronary thrombolysis in acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* **2**: 737-744, 1983
- Parker JA, Heller GV, Silverman KJ, et al: Intracoronary Thallium-201 assessment of thrombolysis in acute myocardial infarction: Validation of the method of imaging before and after therapy. *Invest Radiol* **20**: 17-20, 1985
- Heller GW, Parker JW, Silverman KJ, et al: Intracoronary Thallium-201 scintigraphy after thrombolytic therapy for acute myocardial infarction compared with 10 and 100 day intravenous Thallium-201 scintigraphy. *J Am Coll Cardiol* **9**: 300-307, 1987
- Massie BM, Winski JA, Inoue IK, et al: Detection and quantification of previous myocardial

- infarction by exercise-redistribution tomographic thallium-201 scintigraphy. Am J Cardiol **53**: 1244-1249, 1984
- 7) Kondo M, Miyazaki S, Takahashi M, et al: Assessment of viable myocardium within infarct zone by exercise thallium-201 scintigraphy. Jpn Circ J **48**: 219-224, 1984
 - 8) D'Souza VJ, Schwartz JS, Amplatz K: Correlation between intracoronary Tl-201 myocardial scanning, coronary angiography and left ventriculography. Radiology **127**: 433-436, 1978
 - 9) Kolibash AJ, Tetalman MR, Olsen JO, et al: Intracoronary radioparticulate imaging. Seminars in Nuclear Medicine **10**: 178-186, 1980
 - 10) Tamaki N, Yonekura Y, Mukai T, et al: Stress thallium-201 transaxial emission computed tomography: Quantitative versus qualitative analysis for evaluation of coronary artery disease. J Am Coll Cardiol **4**: 1212-1222, 1984
 - 11) Rossi P, Massumi A, Gillette P, et al: Arrhythmogenic right ventricular dysplasia: clinical features, diagnostic techniques, and current management. Am Heart J **103**: 415, 1982
 - 12) Marcus FI, Fontaine GH, Guiraudon G, et al: Right ventricular dysplasia: A report of 24 adult cases. Circulation **65**: 384-398, 1982
 - 13) Brachman MB, Rozanski A, Charuzi Y, et al: Thallium-201 stress redistribution abnormalities of the right ventricle: A manifestation of proximal right coronary stenosis. Am Heart J **101**: 288-291, 1981
 - 14) Brown KA, Boucher CA, Okada RD, et al: Initial and delayed right ventricular thallium-201 rest imaging following dipyridamole induced coronary vasodilation: Relationship to right coronary artery pathoanatomy. Am Heart J **103**: 1019-1024, 1982
 - 15) Sugihara H, Adachi H, Nakagawa H, et al: Cardiac inotropic reserve examined by postextrasystolic potentiation and redistribution of exercise thallium-201 scintigraphy. Journal of Cardiology **16**: 63-71, 1986

Summary

Myocardial Imaging by Direct Injection of Thallium-201 into Coronary Artery

Hiroki SUGIHARA, Suetsugu INAGAKI, Yasushi KUBOTA, Tatsuya NAKAGAWA,
 Toshio KATAHIRA, Akihiro AZUMA, Itsuki OMORI, Hirotaka TATSUKAWA,
 Tetsuya TATSUMI, Takeshi SHIRAYAMA, Daisuke INOUE, Keizou FURUKAWA,
 Jun ASAYAMA, Haruhiko ADACHI, Hiroshi KATSUME and Masao NAKAGAWA

Second Department of Internal Medicine, Kyoto Prefectural University of Medicine, Kyoto

Myocardial perfusion images were evaluated by direct injection of Thallium (Tl)-201 into coronary artery. Approximately 0.5-1 mCi of Tl-201 were instilled into the right coronary artery and/or the left coronary artery after coronary arteriography. Three images were obtained in the anterior, left anterior oblique and left lateral projections. Myocardial perfusion images of single photon emission computed tomography were also acquired in some patients.

An image of supreme quality could be obtained in spite of small dose of Tl-201 since there was a lack of interference from background activity. Myocardial perfusion images corresponded to areas which were supplied by left or right coronary artery respectively. And the regional myocardial blood flow distribution of a coronary artery bypass graft could be revealed by instilling Tl-201 into the

graft. Further, contribution of collateral channels to myocardial perfusion was showed. Not only left ventricle but also right ventricle was clearly visualized by injection of Tl-201 into right coronary artery. But in a case with arrhythmogenic right ventricular dysplasia, there was an area of decreased tracer uptake in the apex of the right ventricle which was identified as the site of dysplasia by electrophysiologic study.

We conclude that direct injection of Tl-201 into coronary artery is an useful method to clarify the correlation between coronary anatomical findings and coronary perfusion and contribution of collaterals to myocardial perfusion, and also to detect the right ventricular myopathic site.

Key words: Thallium-201 scintigraphy, Coronary blood flow, Coronary arteriography.