

《原 著》

負荷 Thallium-201 心筋シンチグラフィーによる 右室虚血性病変の評価

片岡 一* 高岡 茂* 大窪 利隆* 黒岩 宣親*
大重太真男* 中村 一彦* 橋本 修治*

要旨 負荷 Tl-201 心筋シンチ像と冠動脈造影所見との対比を行い、右室の虚血性心病変評価における負荷 Tl-201 心筋シンチグラフィーの有用性につき検討した。対象は、有意の右冠動脈病変 ($\geq 75\%$ 狹窄) を有する群 (RCA 群) 15例と、有さない群 (non-RCA 群) 20例である。亜最大負荷によりえられた心筋シンチ像の30度、60度左前斜位2方向像における右室自由壁の描出度ならびに形態的特徴をわれわれの評価法により段階区分し、以下の結論をえた。

(1) RCA 群では少なくとも1方向像において右室自由壁の1/2以上の描出不良 (abnormal Tl-RV) を認めた症例が15例中9例であった。これに対し、non-RCA 群では20例中17例で両方向像ともに右室自由壁の1/2以上の描出が (normal Tl-RV) 認められた。(2) Normal および abnormal Tl-RV の criteria に従うと、右冠動脈病変の検出率は sensitivity 60%，specificity 85% となる。(3) 右室自由壁描出は、右冠動脈病変部位、下壁梗塞合併の有無、側副血行路の有無と関連した。

I. はじめに

右心疾患を対象とした thallium (Tl)-201 心筋シンチグラフィーの実験的、臨床的研究の多くは、右室の圧負荷、容量負荷を有する心疾患を対象としたもの^{1~3)}、右室の虚血性病変に関する報告は少ない⁴⁾。われわれは、負荷 Tl-201 心筋シンチ像の右室自由壁描出所見と冠動脈造影所見との対比を行い、右室の虚血性病変評価における負荷 Tl-201 心筋シンチグラフィーの有用性と限界につき検討した。

II. 対象と方法

対象は、運動負荷 Tl-201 心筋シンチグラフィーと冠動脈造影を施行した計35例である (Table 1)。男性30例、女性5例であり、年齢分布は、30歳～70歳で、平均年齢56.5歳であった。冠動脈造影所

見により、対象群を、有意の右冠動脈病変を有する群 (以下、RCA 群) 15例と、有さない群 (以下 non-RCA 群) 20例の2群にわけ、負荷 Tl-201 心筋シンチ像における右室自由壁 (right ventricular free wall, 以下 RVFW) 描出所見と対比検討した。Table 1 に RCA 群、non-RCA 群の疾患の内訳を示す。なお、右室の圧負荷、容量負荷疾患は対象より除外した。

運動負荷は、仰臥位エルゴメーターを使用し、多段階運動負荷を加えた。50W～60Wより開始し、3分ごとに20W～30Wずつ増加し、年齢別最大心拍数の85%を target heart rate とした亜最大負荷を加え、target heart rate で Tl-201 chloride 2 mCi を静脈内投与し、さらに1分間、同一強度の運動を続けさせた。負荷終了後10分よりデータ採取を行い、正面、30度、60度左前斜位、左側面の4方向像を撮影した。一部の症例においては、さらに3～4時間後に30度、60度左前斜位の delayed image をえた。各方向像において、コンバージングコリメーターを装着した γ カメラを用い、50万カウントを収集し、planar image をえた。

* 鹿児島大学医学部第二内科

受付：57年5月17日

最終稿受付：57年7月30日

別刷請求先：鹿児島市宇宿町1208-1 (番890)

鹿児島大学医学部第二内科 片岡 一

Table 1 Materials and Classification of Cases

No. of cases: 35 (Male 30, Female 5)	
Age: 30-70 yr (mean 56.5 yr)	
RCA group	non-RCA group
Myocardial infarction	Myocardial infarction
inferior 6	anterior 8
anterior 3	ECG abnormality & atypical chest pain 5
Effort type of angina pectoris	Effort type of angina pectoris
6	3
15	
	Hypertension 2
	Valvular disease 1
	Hypertrophic cardiomyopathy 1
	—
	20

えられた TI-201 心筋シンチ像の 30 度, 60 度左前斜位の 2 方向像について詳細な観察を行い, Table 2 の如く, 以下に述べる規準にもとづき, RVFW 所見を, 視覚的判断により評価した. TI-201 心筋シンチ像において, RVFW の心尖部より心基部に至る連続性に注意し, RVFW が全く描出されないもの (non-visualization, 以下 "non-visual."), RVFW の部分的描出はみられるが, defect を有するもの (defective visualization, 以下 "def. visual."), 連続的に RVFW が描出されるもの (continuous visualization, 以下 "cont. visual.") に大別した. "Non-visual." は注意深い観察によつても RVFW が全く認められないものである. "Cont. visual." については, Cohen らの評価方法に準じ¹⁾, RVFW の TI-201 radioactivity の程度を, 肺野バックグラウンドおよび左室自由壁部分のそれと比較することにより, さらに段階区分した. すなわち, "faint" は, RVFW の描出が肺野のバックグラウンドに近く, 注意深い観察により認められるもの, "moderate" は, RVFW 描出が一見して明らかであるが, 左室自由壁に比べ弱いもの, "marked" は, RVFW の radioactivity が, 左室自由壁と同程度あるいはそれ以上のものとした.

Table 2 Grading of Visualization of the Right Ventricular Free Wall (RVFW) on Stress TI-201 Myocardial Perfusion Image

(A) Immediate Image
a) Continuous Visualization
"faint"
"moderate"
"marked"
b) Defective Visualization
"insignificant defect"
"significant defect"
c) Non-visualization
(B) Delayed Image
Presence or absence of redistribution.

"Def. visual." については, 心尖部より心基部に至る RVFW 長の 1/2 以上にわたり defect が認められる場合は, significant defect (以下 "sig. def."), 1/2 に至らない場合は insignificant defect (以下 "insig. def.") として区分した. Fig. 1 にわれわれの grading system による RVFW 所見の代表例を示す. 以上, われわれの TI-201 心筋シンチ像の RVFW 評価法は, immediate image において 6 段階区分となり, さらに, delayed image による redistribution の有無が加味される. なお, TI-201 心筋シンチ像の解析は, 他の臨床検査所見とは独立に, 2 人の経験者により判定した.

冠動脈造影は, Sones 法にて行い, isosorbide dinitrate 5 mg を大動脈内に注入したのち, 76% Urographin 造影剤 4~8 cc を手動にて冠動脈に選択的に注入し, 右冠動脈, 左冠動脈とともに, 少なくとも 2 方向 (右前斜位 30 度, 左前斜位 60 度) にて撮影し, 症例によりさらに追加した. Ergonovine 0.2 mg を, カテーテルを通じて大動脈内に注入, 4 分後に冠動脈造影を施行し, 有意の冠れん縮が認められた症例は, 本研究より除外した. 冠動脈所見の評価は, AHA 分類に準じて行い⁵⁾, 冠動脈を, 15 の segment にわけ, 病変部位と狭窄度とを判定した. 直径の 75% 以上の狭窄をもつて有意の冠狭窄と判定した.

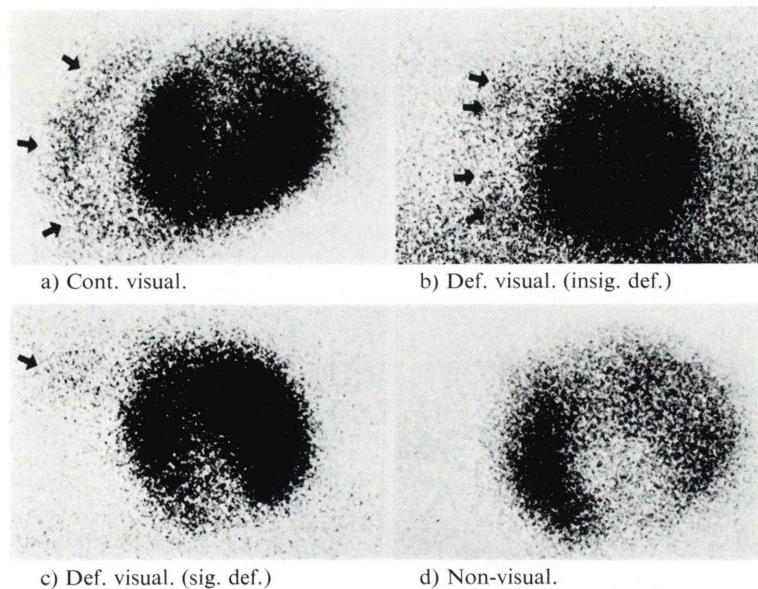


Fig. 1 Representative drawing of the right ventricular free wall (RVFW). a) Continuous visualization. b) Defective visualization (insignificant defect). Midportion of the RVFW is not visible. c) Defective visualization (significant defect). Only the basal portion of the RVFW is visible. d) Non-visualization.

III. 結 果

1. RCA 群と non-RCA 群とでの各方向像における RVFW 描出所見の比較

今回対象とした症例の負荷 Tl-201 心筋シンチ像による RVFW の描出度をみると “marked” visualization の所見を呈した症例はなかった。

Table 3 は各方向像ごとの RVFW 描出所見を RCA 群と non-RCA 群とで比較検討したものである。Non-RCA 群においては、30度左前斜位方向像では20例中18例 (90%) の、また 60度左前斜位方向像では20例中17例 (85%) の “cont. visual.” の描出像がえられ、 “def. visual.” まで加えると、それぞれ20例中20例 (100%)、20例中 19 例 (95%) であった。ことに、心電図異常あるいは非定型的胸痛精査のため冠動脈造影を施行し、正常冠動脈像を呈した 5 症例は心肺循環動態に異常のない健常症例と考えられるが、これらの症例では全例とも “cont. visual.” であり、しかも 1 例の 30 度左前斜位方向像で “faint” であった以外はすべて

Table 3 Incidence of Stress Tl-201 RVFW Findings according to our grading system in association with presence or absence of RCA stenosis

	LAO 30°		LAO 60°	
	RCA	non-RCA	RCA	non-RCA
Cont. Visual.				
“moderate”	2	15	3	14
“faint”	2	3	2	3
Def. Visual.				
“insig. def.”	3	1	2	1
“sig. def.”	2	1	3	1
Non-visual.	6	0	5	1
	—	—	—	—
	15	20	15	20

RVFW=right ventricular free wall; RCA=right coronary artery; LAO=left anterior oblique; Cont.=continuous; Def.=defective; Visual.=visualization; sig.=significant; def.=defect.

“moderate” の描出度であった。

これに対し、RCA 群の RVFW 描出所見を検討すると、30度左前斜位方向像においては15例中 6 例は “non-visual.” の、5 例は “def. visual.”

Table 4 Normal vs Abnormal TI-RV

	RCA	non-RCA	
Normal TI-RV	6	17	23
Abnormal TI-RV	9	3	12
	15	20	35

sensitivity=60% specificity=85%

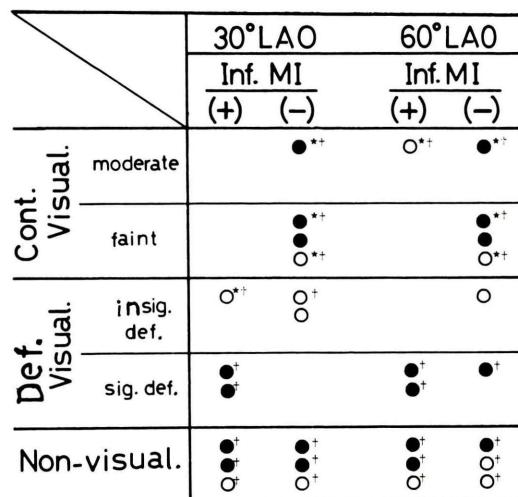
の所見を呈し, “cont. visual.” の描出例が 4 例であった. “Def. visual.” の 5 例中 2 例は “sig. def.” であった. また 60 度左前斜位方向像においては, 15 例中 5 例において “non-visual.” の所見を, 5 例において “def. visual.” の所見を呈した. “Def. visual.” を呈した 5 例中 3 例に “sig. def.” を認めた.

2. RVFW 所見による RCA 病変の検出率

30 度および 60 度左前斜位の 2 方向像の TI-201 心筋シンチ像の RVFW 所見により, RVFW 描出が両方向像とともに, 少なくとも 1/2 以上認められる群 (normal TI-RV 群) と, 少なくとも 1 方向像において 1/2 以上の defect (“sig. def.”) が認められるか, あるいは RVFW 描出が全く認められない群 (abnormal TI-RV 群) とにわけ, 冠動脈造影所見上の右冠動脈病変の有無との関係において検討した. Table 4 のごとく, RCA 群においては, 15 例中 9 例が abnormal TI-RV 群に属し, non-RCA 群では 20 例中 3 例のみであった. したがって, TI-201 心筋シンチ像の RVFW 所見を, 上述のわれわれの診断基準にもとづき, normal TI-RV と abnormal TI-RV とに判定した場合, RCA 病変の検出率は, 今回の症例を対象とした場合には sensitivity 60%, specificity 85% となる. さらに, non-RCA 群のうち, 心電図異常あるいは非定型的胸痛精査のため冠動脈造影が行われ, 正常冠動脈像を呈した 5 症例は, 心肺循環動態にも異常がなく, 健常例と見なしうる症例と考えられるが, これらの症例を正常コントロールとした場合には, specificity は 100% と改善し, さらに診断精度の向上が期待された.

3. RCA 群における RVFW 所見の検討

Fig. 2 は, RCA 群について, 30 度, 60 度左前



● RCA1 ○ RCA 2.3 *collateral(LCA→RCA)

† RCA stenosis ≥ 90%

Fig. 2 The RVFW appearance on stress TI-201 myocardial image in patients of RCA group. RVFW = right ventricular free wall; LAO = left anterior oblique; inf. = inferior; cont. = continuous; Def. = defective; visual. = visualization; sig. = significant; def. = defect.

斜位の各方向像ごとに, TI-201 心筋シンチ像の RVFW 描出所見を, 下壁梗塞合併の有無, 右冠動脈における病変部位, 左冠動脈より右冠動脈に至る側副血行路の有無との関係を考慮しつつ, プロットしたものである. これをみると, RCA1 の病変により下壁梗塞を生じた 4 症例は, 両方向像とともに RVFW の “sig. def.” を有するか, あるいは “non-visual.” の所見を呈した. 下壁梗塞非合併 9 例中, 4 例は RCA1 に高度冠狭窄 (90% 以上) を有した. このうち, 左冠動脈より, 右冠動脈にいたる側副血行路のよく発達した 2 例では, RVFW は “cont. visual.” の所見を呈し, normal TI-RV と診断されたが, 側副血行路の発達をみない 2 例の RVFW 所見は “sig. def.” あるいは “non-visual.” で abnormal TI-RV と診断された. RCA 2 あるいは RCA3 に病変を有する場合は, 下壁梗塞合併の有無にかかわらず, “non-visual.” より, “cont. visual.” に至るまで幅広く分布した.

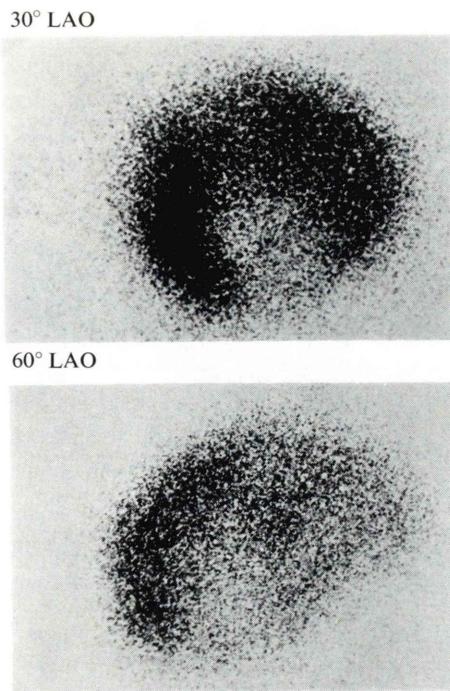


Fig. 3 The exercise Tl-201 myocardial images of a 60 year-old man with inferior myocardial infarction showing non-visualization of the RVFW in both projections. The right coronary artery (RCA1) was totally occluded proximally in this patient.

4. 症例呈示

特徴的 RVFW 所見を呈した症例の心筋シンチ像を呈示する。Fig. 3 は、冠動脈造影上、RCA1 に完全閉塞を有する下壁梗塞の症例(60歳、男性)の負荷直後的心筋シンチ像で、仰臥位エルゴメータ運動負荷により脈拍数 120/分に達した時点で Tl-201 chloride の静注内投与を行い、さらに 1 分間の同一強度の運動負荷をつづけさせたのち撮像したものである。図のごとく、30度および 60 度左前斜位両方向像とともに RVFW 描出が認められず、“non-visual.” と判定された。さらに 4 時間後の delayed image にても、再分布は観察されなかった。

Fig. 4 は、RCA2 に完全閉塞を有する下壁梗塞症例(73歳、男性)の心筋シンチ像で、脈拍数 125/分に達する運動負荷の後えられたものである。30

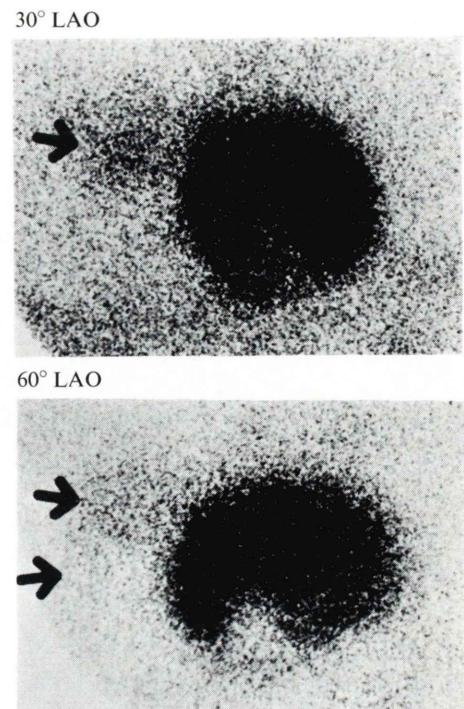


Fig. 4 The exercise Tl-201 myocardial images of a 73 year-old man with inferior myocardial infarction showing defective visualization of the RVFW in both projections. The RCA was totally occluded at the mid segment of the RCA (RCA2).

度左前斜位方向像では、わずかに心基部の RVFW が描出されるのみであり、われわれの診断基準に従い、“sig. def.” と判定された。60度左前斜位方向像でも、心基部の RVFW の描出がわずかに認められるのみで、“sig. def.” と判断された。4 時間後の delayed image にても、欠損部への再分布は観察されなかった。

最後に、collateral channel が右室心筋虚血保護に関与していると思われた症例の冠動脈造影所見、心筋シンチ像を掲げる。Fig. 5 は、RCA1 に 99% の高度狭窄を有するものの、左冠動脈より右冠動脈への良好な collateral channel の発達のために下壁梗塞の発症にいたらないと考えられた 55 歳女性の脈拍数 125/分に達する運動負荷直後にえられた心筋シンチ像で、Fig. 6 は同症例の冠動脈造影である。図のごとく、RVFW は、“moderate” の

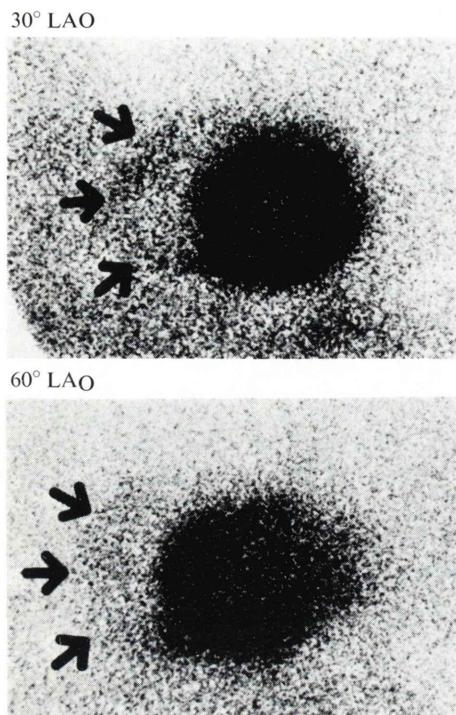


Fig. 5 The exercise Tl-201 myocardial images of a 55 year-old woman with effort type of angina pectoris showing continuous visualization of the RVFW in both projections even if the presence of severe RCA narrowing (see Fig. 6).

描出度で、continuous に描出された。4時間後の delayed image では再分布は認められず、RVFW の radioactivity は immediate image のそれに比べ低下した。

IV. 考 案

Tl-201 心筋シンチグラフィーは、心筋虚血の非侵襲的診断法として有用である⁶⁾。これまでの Tl-201 心筋シンチグラフィーの虚血性心疾患に関する研究の多くは、左室に関するもので、右室の検討は少ない。Brachman らは⁴⁾、運動負荷 Tl-201 心筋シンチ像の RVFW の再分布所見により、右冠動脈病変が示唆された 2 症例を報告している。しかしながら、右室の虚血性病変における Tl-201 心筋シンチグラフィーの診断的意義についてのまとまった報告はなく、明らかでない。本研究では、

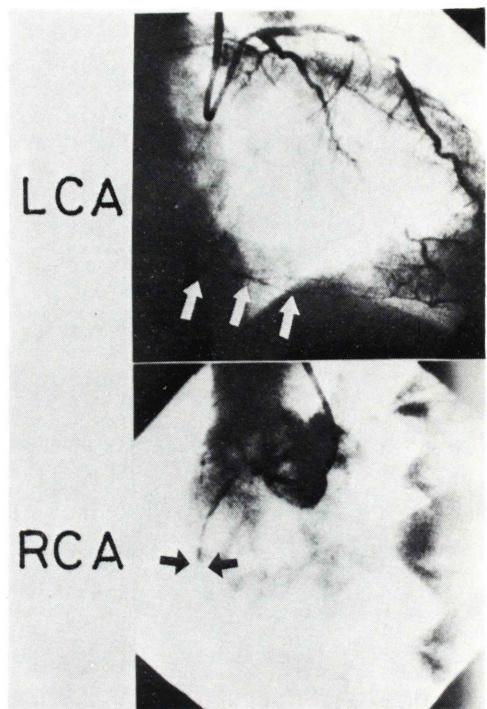


Fig. 6 Selective coronary angiographic films from the same patient in Fig. 5. The RCA was totally occluded proximally (black arrows in lower panel), but filled distally (white arrows in upper panel) from RCA collaterals.

負荷 Tl-201 心筋シンチ像の右室描出所見と冠動脈造影所見との対比を行い、Tl-201 心筋シンチグラフィーによる右室の虚血性病変評価の有用性、限界について検討した。

まず、Tl-201 心筋シンチグラフィーにより、右室の虚血性病変を評価する場合の問題点につき、若干の検討を加えたい。第 1 に、Tl-201 心筋シンチグラフィーにおいて、虚血巣描出のためには、健常心筋の血流を描出し、虚血巣を陰影欠損像として描画する必要がある。心筋の描出は、心筋血流量、心筋 mass に規定され³⁾、正常者の安静時 Tl-201 心筋シンチ像では、左室は描出されるが、右室が描出されることはある^{1,2)}。したがって、右室虚血性病変評価の際、診断的価値のある Tl-201 心筋シンチ像をえるためには、運動負荷などにより右室心筋血流を増大し、右室健常心筋を

描出することが不可欠となる。今回の亜最大負荷による RVFW の描出所見を non-RCA 群で検討すると、30度左前斜位方向で 100% の、60度左前斜位方向で 95% の症例で “def. visual.” あるいは “cont. visual.” の描出がえられた。今回対象とした non-RCA 群の症例の多くは、前壁梗塞、狭心症、弁膜疾患、心筋症など、なんらかの形で右心負荷となりうる症例が含まれており、RVFW が描出されやすいことも考えられるが、心肺循環動態に異常のない症例（心電図異常あるいは非定型的胸痛の 5 症例）に限ってみても、RVFW は全例で良好に描出された。ゆえに、亜最大運動負荷は、RVFW 描出に安全で十分な負荷量と考えられた。第 2 に、Tl-201 心筋シンチグラフィーによる RVFW 評価のための撮影方向の問題がある。Tl-201 心筋シンチ像により右室心筋虚血の評価を行う場合、多方向からの観察が望まれるが、左室との重なりが問題となり制約をうける。われわれは、左室との重なりを考慮した上で、左前斜位 30 度、60 度にて、Tl-201 心筋シンチ像を撮影した。この撮影方向により、non-RCA 群の Tl-201 心筋シンチ像の RVFW 描出をみると、心拡大の著しい 1 症例の左前斜位 60 度方向像で、 “nonvisual.” であった以外はすべて RVFW の描出をみた。このことは、著しい心拡大などで、極端な心臓の位置異常が存在しない場合には、左前斜位 30 度、60 度の 2 方向像は、RVFW をその撮影視野にとらえる上で、適切な撮影方向であることを示唆している。第 3 に、えられた Tl-201 心筋シンチ像の RVFW 描出所見の評価法が問題となる。右室の圧、容量負荷疾患の際は、Cohen らの評価法が有用であるが¹⁾、右室虚血性病変の評価に際しては RVFW の radioactivity の程度に加えて、RVFW の defect, delayed image での redistribution の有

無についても考慮する必要がある。以上のことと加味した上で、独自の criteria を作製し、右室虚血性心病変の評価を試み、意義のある成績がえられた。

負荷 Tl-201 心筋シンチ像と冠動脈造影所見との関係につき検討したところ、負荷 Tl-201 心筋シンチ像の左前斜位 30 度、60 度の RVFW 描出所見にて、 “non-visual.” あるいは “def. visual.” の所見を呈した場合には、右冠動脈病変の存在が強く疑われることが示唆された。また、RVFW 描出所見は、右冠動脈病変部位、下壁梗塞合併の有無、collateral 発達の有無と強く関連した。なお、症例は少ないが collateral channel は、右室心筋の虚血保護に関与しているものと思われた。

文 献

- 1) Cohen HA, Baird MG, Rouleau JR, et al: Thallium-201 myocardial imaging in patients with pulmonary hypertension. *Circulation* **54**: 790-795, 1976
- 2) Kondo M, Kubo A, Yamazaki H, et al: Thallium-201 myocardial imaging for evaluation of right-ventricular overloading. *J Nucl Med* **19**: 1197-1203, 1978
- 3) Wackers FJ, Klay JW, Laks H, et al: Pathophysiologic correlates of right ventricular Thallium-201 uptake in a canine model. *Circulation* **64**: 1256-1264, 1981
- 4) Brachman MB, Rozanski A, Charuzi Y, et al: Thallium-201 stress redistribution abnormalities of the right ventricle: A manifestation of proximal right coronary artery stenosis. *Am Heart J* **101**: 288-291, 1981
- 5) Austen GA, Edwards JE, Grye RL, et al: A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease. (AHA report) *Circulation* **51**: News from the American Heart Association. p 5-38, 1975
- 6) Wackers FJ, Shoot JB, Sokole EB, et al: Non-invasive visualization of acute myocardial infarction in man with Thallium-201. *Brit Heart J* **37**: 741-744, 1975

Summary

Stress Thallium-201 Myocardial Perfusion Imaging for Evaluation of Right-Ventricular Myocardial Ischemia

Hajime KATAOKA, Shigeru TAKAOKA, Toshitaka OHKUBO, Nobuchika KUROIWA, Tamao OHSHIGE, Kazuhiko NAKAMURA and Shuji HASHIMOTO

The Second Department of Internal Medicine, Kagoshima University School of Medicine, Kagoshima

Although there have been many studies on thallium (Tl)-201 myocardial imaging (TMI) for evaluation of the right ventricular overloading, there are few reports on the usefulness of this method for assessment of the right ventricle in ischemic heart disease. In this paper, we described the clinical significance of stress TMI for diagnosing the ischemic lesion of the right ventricle.

The patient population fell into two distinct categories according to the findings of coronary arteriogram; RCA group (n=15), those individuals with significant stenosis ($\geq 75\%$ narrowing) in the right coronary artery (RCA), and non-RCA group (n=20), those with no significant RCA stenosis. After the patients were exercised to 85% of the expected maximum heart rate, Tl-201 myocardial images were obtained. Presence or absence of the ischemic lesion of the right ventricle was assessed by careful observation of the appearance of the right ventricular free wall (RVFW) in 30° and 60° left anterior oblique (LAO) projections. The RVFW findings were evaluated with regard to presence or absence of the defective Tl-201 uptake, degree of Tl-201 uptake, and redistribution phenomenon, and were graded according

to our criteria.

In RCA group, 6 had non-visualization and 5 defective visualization of the RVFW in 30° LAO projection. In 60° LAO projection, there existed 5 non-visualization and 5 defective visualization of the RVFW. On the other hand, in non-RCA group, all except 2 in 30° LAO projection and all except 3 in 60° LAO projection demonstrated continuous visualization of the RVFW. According to our criteria of normal or abnormal "Tl-RV", the sensitivity and specificity of stress TMI for detecting the stenotic lesion in the RCA were 60% and 85%, respectively.

Non-visualization and defective visualization of the RVFW on stress Tl-201 myocardial images were associated with the history of inferior myocardial infarction, marked RCA stenosis ($\geq 90\%$ narrowing) without collateral blood flow from the left to right coronary artery, and location of the stenotic lesion in the RCA. Collateral blood flow seemed to protect against the development of exercise-induced ischemia in the right ventricular myocardium.

Key words: Stress thallium-201 myocardial image, Right ventricular ischemia.