

《原 著》

運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチ断層法における Diffuse Slow Washout Pattern の意義

成田 充啓* 栗原 正* 村野 謙一* 宇佐美暢久*
本田 稔**

要旨 運動負荷・再分布時 ^{201}Tl 心筋シンチ断層法で ^{201}Tl washout rate が左室全域で低下する diffuse slow washout pattern (DSWO) の臨床的意義を検討した。 ^{201}Tl washout rate (3 時間) は Bull's-eye 法で求め、すべての冠動脈領域の 2/3 以上に 30% 未満の部分が存在する時 DSWO ありと判定した。 ^{201}Tl 静注時心拍数が 120/分以上の 974 例中 51 例 (5.2%) に DSWO がみられ、43 例で冠動脈造影を施行、三枝病変 (3VD) 23 例 (53%)、一枝または二枝病変 (1VD/2VD) 8 例 (19%)、冠動脈狭窄の無い症例は 12 例 (28%) で内 6 例は肥大型心筋症 (HCM)、5 例は高血圧 (HT)、1 例は心電図上左室肥大を示す症例であった。病歴、心筋シンチでの欠損、肺・心筋 ^{201}Tl 取り込み比等からの検討は、3VD では冠狭窄に基づく左室全域での虚血が、1VD/2VD では負荷時左心機能障害が、HCM では微小循環レベルでの虚血が、HT では負荷時左心機能障害や微小循環レベルでの虚血が DSWO の原因と考えられ、臨床に注目すべき所見と思われた。

I. はじめに

運動負荷・再分布時 ^{201}Tl 心筋シンチグラム断層法は虚血性心疾患の有用な診断、評価の方法として広汎に臨床応用がなされている^{1,2)}。ことに心筋内 ^{201}Tl の定量的解析、すなわち ^{201}Tl washout rate の計測は、心筋虚血の診断を向上させた^{3,4)}。運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチグラムにおいて ^{201}Tl washout rate が局所的に低下する場合には心筋虚血の診断が比較的容易である^{5,6)}。しかし ^{201}Tl washout rate が左室全域にわたって低下するいわゆる diffuse slow washout pattern に遭遇した場合、直ちに左室全体に及ぶ虚血、すなわち三枝病変の存在を示す所見とは考え難い、というのは ^{201}Tl washout rate は心筋虚血のみでなく、運

動負荷量、運動負荷時の左室機能と言った他の因子の影響も受ける^{7,8)} からである。そこで運動負荷・再分布時 ^{201}Tl 心筋シンチグラム断層法を施行した症例の内 diffuse slow washout pattern を示した症例を選び出し、diffuse slow washout pattern の臨床的意義を検討した。

II. 対象と方法

対象：対象は心筋虚血の有無の診断を目的とし、運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチグラム断層法を施行した 1,054 例中、 ^{201}Tl 静注時の心拍数が 120/分を超えており、かつ運動負荷直後と 3 時間後 (再分布時) に断層像の撮像を行った 974 例 (男性 612 例、女性 362 例) である。平均年齢は 56 ± 12 歳 (mean $\pm$ SD) (32–83 歳) であった。

方法：検査前最低 24 時間は抗狭心症薬、降圧薬等の服用を中止した。検査当日は朝から絶食とし、午前中に運動負荷を行い、再分布像の撮像が終了するまでは絶食を続け、薬の服用も中止した。この間歩行は許可したが、運動はしないよう指導された。運動負荷は自転車エルゴメータを用い、座

* 住友病院内科

** 住友病院アイソトープ検査部

受付：3 年 1 月 23 日

最終稿受付：3 年 3 月 14 日

別刷請求先：大阪市北区中之島 5-2-2 (☎ 530)

住友病院内科

成田 充 啓

位で施行, 一定基準に達したとき(胸痛出現, 年齢別最大予測心拍数の85%にいたる, 重症不整脈の出現, 下肢疲労等)^{4,8)}, ^{201}Tl 111 MBq (3 mCi) を静注, さらに1分間同レベルの運動を継続した後, 低エネルギー汎用コリメタを装着した回転型ガンマカメラ(Starcum 400AC/T)を用いシンチグラムの撮像を行った. シンチグラムは運動負荷直後と3時間後の2回撮像を行ったが, いずれも左

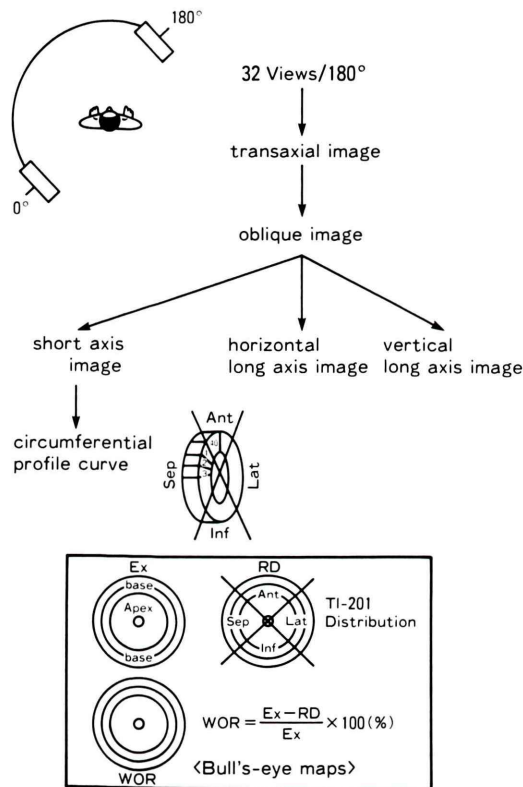


Fig. 1 Exercise-redistribution myocardial SPECT with thallium-201. Myocardial images were obtained from 32 projections (from 45-degree left posterior oblique to 45-degree right anterior oblique position). After transaxial slices were reconstructed, 3 oblique images were constructed by using left ventricular long axis as a reference line. From short axis images Bull's-eye maps (thallium-201 distribution maps at exercise stress (Ex) and redistribution (RD), and thallium-201 washout rate (WOR) map) were constructed.

後斜位45度から右前斜位45度までの180度32方向より撮像した. 1方向の撮像時間は運動負荷直後では20秒, 再分布時では25秒とした. 断層像はRump-Hanningフィルタを用いbackprojection法により, 体軸横断断層像を作成, 心長軸を基準に3つのoblique image (長軸矢状断層像, 長軸水平断層像, 短軸断層像)を作成するとともに, 短軸断層像をもとにBull's-eye map (運動負荷時, 再分布時における ^{201}Tl 分布像および ^{201}Tl washout rate map)を作成した (Fig. 1). 本法の詳細はすでに繰り返し報告している^{4,8)}ので省略するが, 簡単に述べると, 各短軸断層面を40等分し, 運動負荷時, 再分布時で相対応する小区域での ^{201}Tl の変化率を%表示したのが ^{201}Tl washout rate mapである. Bull's-eye mapにおいて心筋を3つの冠動脈領域(前下行枝, 回旋枝, 右冠動脈)に区分し

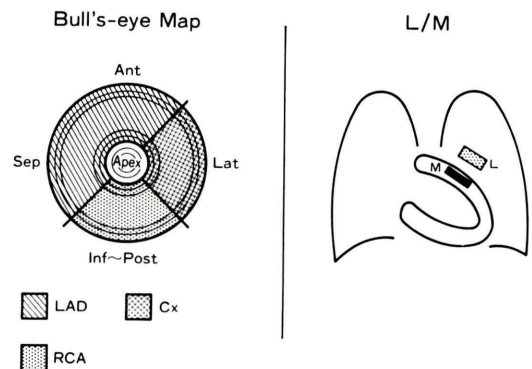


Fig. 2 Left: Left ventricular segments in Bull's-eye map and the distribution of each coronary artery.

Abbreviations: Ant; anterior segment, Sep; septal segment, Lat; lateral segment, Inf-Post; inferior and posterior segments, LAD; left anterior descending coronary artery, Cx; circumflex coronary artery, RCA; right coronary artery.

Right: Calculation of L/M (ratio of pulmonary to myocardial thallium-201 activity). L/M was calculated at anterior projection of the planar image at exercise. Myocardial ROI (M) was placed at the maximal myocardial thallium-201 activity. And pulmonary ROI (L) was placed over the lung superolaterally to the anterior wall of the left ventricle.

(Fig. 2), 負荷時での欠損の有無に関わらず ^{201}Tl washout rate が 30% 未満^{4,8)}を示す部分が各冠動脈領域の 2/3 以上に存在するとき, diffuse slow washout pattern が存在すると考えた。

また断層像作成のため撮像したプラナー像の内, 正面像において, 肺・心筋 ^{201}Tl 比 (L/M) を計測した。すなわち, 心筋前側壁外方の肺野に設定した ROI (3×4 マトリックス) での 1 マトリックス当たりの平均カウント数 (L) を, 心筋部に設定した ROI (2×3 マトリックス) の内, 最大カウントを示す ROI での 1 マトリックス当たりの平均カウント数 (M) で除して L/M を計測した^{8,9)} (Fig. 2)。

Diffuse slow washout pattern を示した症例の 5 例, diffuse slow washout pattern を示さなかった 3 例を任意に選び出し, 著者の内 2 名が異なる日に同じデータを用いて ^{201}Tl washout rate の計測 (Bull's-eye 法) を行った。

統計処理: 各群での平均値は mean±SD で示した。また各群間の比較には Student t-test または McNemar の検定を行い, 危険率 5% 未満を有意と考えた。

III. 結 果

^{201}Tl 静注時の心拍数が 120/分を超えていた症例 974 例の内, diffuse slow washout pattern (Fig. 3) を示したのは 51 例 (5.2%) であった。この内 43 例で運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチグラム施行前後 1 か月以内に冠動脈造影が可能であったので, 種々の検討はこの 43 例で行った。43 例の内, 男性は 32 例, 女性は 11 例で, 平均年齢は 54±10 歳 (33–77 歳) で, 男女比, 年齢とも母体となった 974 例と差を見なかった。

この 43 例で冠動脈造影上冠動脈の 1 枝以上に 75% 以上の狭窄を示した冠動脈疾患は 31 例 (72%), 有意の冠動脈狭窄が存在しなかったのは 12 例 (28%) であった。冠動脈疾患の内 3 枝病変は 23 例, 2 枝病変は 2 例, 1 枝病変は 6 例であった。また冠動脈狭窄の無かった症例の基礎疾患は肥大型心筋症 6 例, 高血圧症 5 例, 心電図上 ST, T の

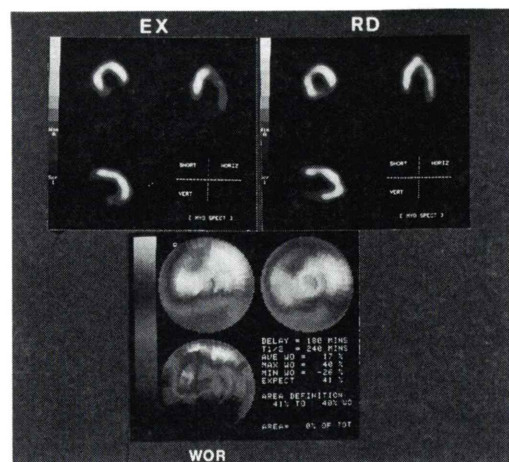


Fig. 3 A case of old inferior myocardial infarction and effort angina (triple vessel disease). Inferior and posterior perfusion defects at exercise stress (EX) were partially filled in at redistribution image (RD). In addition to these perfusion defects, diffuse slow washout pattern (thallium-201 washout rate less than 30%) was observed.

変化を伴う左室肥大を示した症例 1 例であった。この症例 (59 歳, 女性) では心エコー図上左室壁厚その他に異常所見はなく, 血圧も正常であった。これらの症例を 3 枝病変群 (3VD), 1 枝または 2 枝病変群 (1VD/2VD), 肥大型心筋症群 (HCM), 高血圧群 (HT) の 4 群に区分し, 比較検討した (Table 1)。

臨床所見: (Table 1) 年齢は HCM で他の群に比し, 有意 ($p<0.01$) に若かったが, 他の群間には差がなかった。

1) 心筋梗塞: 心筋梗塞の既往は 3VD, 1VD/2VD の冠動脈狭窄例にのみ見られ, HCM, HT には存在しなかった。3VD では梗塞の既往が 57% にみられ, 1VD/2VD では 8 例全例に見られたが有意差は存在しなかった。梗塞を有する 3VD は, 全例梗塞の既往は 1 回であり, 心電図上の梗塞部位¹⁰⁾は, 前壁梗塞 7 例, 下壁梗塞 5 例, 後壁梗塞 1 例であった。また各症例の梗塞責任冠動脈は前下行枝 7 例 (segment 6: 4, segment 7: 3), 右冠動脈 5 例, 回旋枝 1 例であった。他方 1VD/2VD では, 梗塞の既往を 2 回有する症例が 2 例存在し,

Table 1 Clinical and scintigraphic parameters in four groups

	3VD	IVD/2VD	HCM	HT
Patients number	23	8	6	5
Age (year old)	56±10	58±6	41±5	56±6
Male: Female	18: 5	6: 2	4: 2	4: 1
History of MI	13 (57%)	8 (100%)	0	0
History of CHF	4 (17%)	3 (38%)	0	2 (40%)
History of Angina	17 (74%)	1 (13%)	5 (83%)	1 (20%)
Exercise HR (/min)	139±10	142±13	145±15	144±12
Exercise stress scintigraphy				
Initial defect (+)	23 (100%)	8 (100%)	4 (67%)	1 (20%)
Redistribution (+)	19 (83%)	1 (13%)	3 (50%)	1 (20%)
L/M	0.36±0.08	0.49±0.05	0.34±0.09	0.42±0.10

Abbreviations: 3VD; triple vessel disease, IVD/2VD; single or double vessel disease, HCM: hypertrophic cardiomyopathy, HT; hypertension, MI; myocardial infarction, CHF; congestive heart failure, HR; heart rate % means the ratio of patient number in each subject to the total patient number of each group.

いずれも前壁兼下壁梗塞で、責任冠動脈は前下行枝 (segment 6) と右冠動脈であった。残り 6 例では梗塞の既往は 1 回で (全例前壁梗塞)、責任冠動脈は前下行枝 (segment 6) であった。

2) 心不全: 心不全の病歴は IVD/2VD, HT の両群ではおのおの 38% と 40% であり, 3VD の 17% に比し高頻度であり, また HCM では存在しなかったが各群間に有意差は存在しなかった。いずれの症例も検査時には心不全の症状は有しておらず十分運動負荷が可能な状態であった。

3) 狭心症: 狭心症は 3VD で 23 例中 17 例 (74%), HCM で 8 例中 5 例 (83%) と IVD/2VD (8 例中 1 例, 13%) に比し有意に高率であった (3VD vs IVD/2VD $p<0.01$, HCM vs IVD/2VD $p<0.05$). HT でも 1 例 (20%) に狭心症の既往が存在したに過ぎなかったが他の群と有意差を見なかった。

運動負荷心筋シンチグラム: (Table 1)

^{201}Tl 静注時の心拍数は 3VD でやや少ない傾向にあったが各群間で差を見なかった。

1) 心筋シンチグラムの灌流欠損: 運動負荷時の欠損は 3VD, IVD/2VD の冠動脈疾患では全例に, HCM では 6 例中 4 例 (67%) に存在したが HT では 1 例 (20%) に存在したに過ぎなかった。3VD では 19 例 (83%) で欠損の再分布現象を見, 梗塞例 13 例中 9 例では梗塞部への再分布現象も,

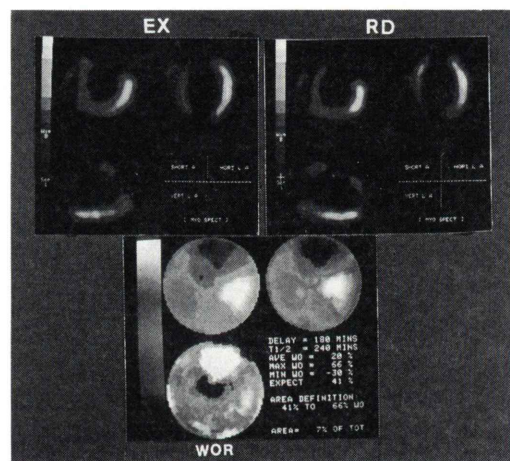


Fig. 4 A case of old anterior myocardial infarction with LAD stenosis. The patient had a previous history of CHF. The left ventricular cavity was enlarged. Large perfusion defect (apex, anterior and septum) observed at exercise (EX) did not change at redistribution (RD). And thallium-201 washout rate was diffusely retarded ($<30\%$) except for a part of the anterior wall. L/M was 0.52.

ともなっていた (Fig. 3). 他方, IVD/2VD では再分布現象を見たのは 1 例 (12%) にすぎず ($p<0.005$ vs 3VD), 88% は fixed defect を示した (Fig. 4). HCM では 4 例中 3 例 (HCM 全例の内 50%) で, 負荷時欠損の再分布現象を見た (Fig. 5). 負荷で欠

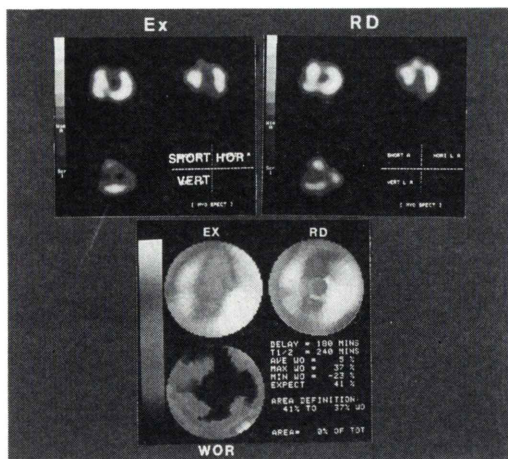


Fig. 5 A case of hypertrophic cardiomyopathy with effort angina. Perfusion abnormalities (apex and anterior) at exercise (Ex) were considerably filled in at redistribution image (RD). Coronary angiography showed normal coronary but myocardial thallium-201 washout was retarded (less than 30%) in all left ventricle (diffuse slow washout pattern).

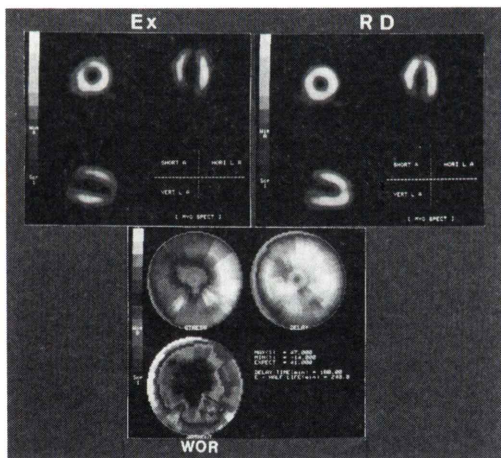


Fig. 6 A case of hypertension with angina and normal coronary artery. In addition to transient apical defect at exercise (Ex) diffuse slow washout pattern was observed.

損を見た HT の 1 例は再分布現象を見た (Fig. 6).

2) L/M: L/M は 1VD/2VD では 0.49 ± 0.05 と 3VD の 0.36 ± 0.08 , HCM の 0.34 ± 0.09 に比し有意 (おのおの $p < 0.001$, $p < 0.01$) に高かった (Fig.

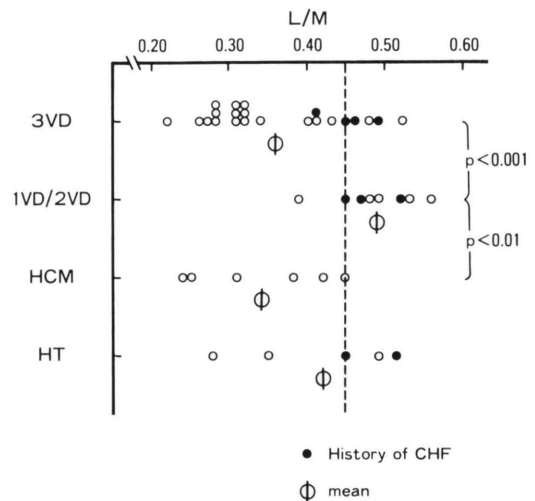


Fig. 7 Comparison of L/M between 3VD, 1VD/2VD, HCM and HT. In 1VD/2VD L/M was significantly greater than those in 3VD and HCM. In patients with previous history of congestive heart failure (CHF), L/M was greater than 0.45 in most cases.

Abbreviations: 3VD; triple vessel disease, 1VD/2VD; single or double vessel disease, HCM; hypertrophic cardiomyopathy, HT; hypertension.

7). HT では L/M は平均値は 0.42 ± 0.10 と高値を示したが 1VD/2VD と異なり、ばらつきが大きく他の群と有意差を見なかった。われわれが以前検討した ^{201}Tl washout rate の異常を心筋虚血の指標として用い得る L/M の上限である 0.45⁸⁾ 以上の症例は、3VD で 5 例 (22%), 1VD/2VD で 7 例 (88%), HCM で 1 例 (17%), HT で 3 例 (60%) 存在した。1VD/2VD は 3VD, HCM に比し有意 ($p < 0.005$, $p < 0.05$) に多かったが、他の群間には有意差を見なかった。心不全の既往のある症例は L/M が高値を示し、3VD の 1 例を除いて 0.45 以上であった。

心電図上左室肥大を示したが心エコーその他で異常を見なかった症例は diffuse slow washout pattern を示したものの運動負荷で欠損の出現を見ず、L/M も 0.28 と正常範囲に留まっていた。

^{201}Tl washout rate pattern は検者間で良く一致

し、また ^{201}Tl washout rate の値も 5% 以内の変動に留まった。

IV. 考 案

^{201}Tl の washout は冠灌流量に直接関連しており、虚血心筋において ^{201}Tl の washout が正常灌流心筋より有意に遅延していることが動物実験で示され^{11,12)}、また實際上、運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチグラムにおいて ^{201}Tl washout rate の異常が虚血性心疾患の診断上有用であることは数多く報告されてきた^{3-5,13)}。ことに運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチにおいて diffuse slow washout pattern に注目した研究^{14,15)}では diffuse slow washout pattern を呈してくる症例は運動負荷心筋シンチを行った症例の 3.6%¹⁴⁾、4.9%¹⁵⁾に存在したと述べておりわれわれの 5.2% とほぼ似た結果である。これらの研究において、あるいは冠動脈疾患のみを対象とした西村ら¹⁶⁾の研究において、三枝病変では diffuse slow washout pattern を呈する症例が多く、運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィでの diffuse slow washout pattern の重要性を述べている。しかし、これらの研究は、いずれも planar 像を用いたものであり、したがって、いくつかの問題点が存在する。一つは健常部、病変部の重なりが避け得ないことや、補間法によりバックグラウンドを除去することにより生じうるアーチファクト¹⁷⁾のため、washout rate の計測そのものの問題点であり、もう一つは、3方向の planar 像における circumferential profile curveをもとに washout rate を計測しているため、真の意味で左室全域での washout rate の低下を示しているか否かはっきりしない、と言った点である。さらにこれらの研究では、washout rate の異常を単に正常例の平均値より導いており、washout rate に影響する因子、すなわち、負荷時心拍数^{4,6-8)}、左心機能⁸⁾、性差^{18,19)}といった因子の検討に欠いている欠点が存在する。また前述の Bateman ら¹⁴⁾や Schwartz ら¹⁵⁾は、diffuse slow washout pattern を呈する症例の約 20% に冠動脈に狭窄のない症例も存在したと述べているに留まり、こうした症例で diffuse

slow washout pattern がいかなる臨床的意義を有しているかの検討はなされていない。そこで運動負荷後の ^{201}Tl の diffuse slow washout pattern の臨床的意義を、心筋虚血以外に washout rate に影響する因子をも考慮し、検討を行った。性別や年齢に関しては diffuse slow washout pattern を示した症例においてその母体となった 974 例と差を見なかったため、特に今回の検討において問題になるとは考えられなかった。また washout rate に最も大きな影響を及ぼすと思われる運動負荷量の影響を除くため、今回は ^{201}Tl 静注時の心拍数が 120/分を超えた症例のみを対象とした。これはわれわれの健常例における ^{201}Tl 静注時の心拍数と washout rate の検討に基づく^{4,8)}もので、両者の間には直線的な正の相関が存在する。したがって Kaul ら⁵⁾の述べるごとく心拍数によって washout rate の正常値を変えることも可能であるが、症例ごとに最小 washout rate を検討すると ^{201}Tl 静注時の心拍数がかなり多くても最小 washout rate が低い症例も存在する。こうした症例間のばらつきも無視し得ぬため、 ^{201}Tl 静注時の心拍数が 120/分を超える症例にのみ washout rate を適応し、一律に 30% 未満を異常とみなした。この方法は以前報告のごとく、虚血性心疾患における運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチ断層法での狭窄冠動脈の診断を、specificity をそこなうことなく、sensitivity を向上せしめる方法でもある^{4,8)}。また運動負荷時の左心機能に関しては、運動負荷心プールシンチによる左室駆出率のような直接的な指標が、大半の症例で得られていない。したがって、肺動脈圧を反映し、負荷時の左心機能を示すと報告されている肺・心筋 ^{201}Tl 取り込み比 L/M ^{9,20,21)}を用い、負荷時左心機能を推測した。またどの程度の広がりでも washout rate が低下している場合に、diffuse slow washout pattern ありと判定するか、 ^{201}Tl の取り込みの低い梗塞域での washout rate をどのように扱うかの問題も存在する。本来、虚血の無い梗塞域では washout rate は正常灌流心筋と同等である²²⁾が、 ^{201}Tl の取り込みが少ないため、washout rate の算出が不正確となる可能性は否定

し得ない。しかし、梗塞部と言えども、完全に線維化を来す事は稀で、生存心筋が含まれることが多い²³⁾。実際、われわれの3VDの症例においても高率に、梗塞部に再分布現象を伴っており、したがって、梗塞部も含めて washout rate を判定した。また、今回対象となった症例は、冠動脈疾患が多かったため、左室を便宜上3つの冠動脈領域に区分し、各冠動脈領域の2/3以上の部分で washout rate が低下した症例が diffuse slow washout pattern を有すると定義したが、実際にはいずれの症例においても左室のほぼ全域にわたる washout rate の低下を示した (Fig. 3-6)。

Diffuse slow washout pattern を来す原因を、冠動脈狭窄所見と臨床診断をもとに4群に分けて検討した。3VDの場合には冠動脈所見に加え、1) 狭心症を有する症例が73%と1VD/2VDに比し有意 ($p < 0.01$) に多かったこと、2) 83%の症例では負荷時に出現した欠損が再分布時に軽減ないし消失し、梗塞部をも含めた負荷時欠損の再分布現象の頻度が1VD/2VD、HTに比べ明らかに高いこと (Table 1)、3) L/M は平均 0.36 ± 0.08 と、以前われわれの研究で示した⁸⁾ 健常例や、一枝または二枝領域に虚血を来した冠動脈疾患より高値をとるものの、washout rate を心筋虚血の診断基準として用い得る0.45未満の症例が78%を占めたこと (Fig. 7) 等より3枝全域に心筋虚血を来した可能性が高いと考えられた。これに反し1VD/2VDの場合には3VDと異なり、1) 全例で負荷直後に欠損は出現するものの再分布時に欠損が縮小した症例は1例 (13%) に過ぎない、2) 狭心症の病歴は再分布で欠損の縮小した1例 (13%) に存在したに過ぎない、3) 心不全の既往は3例中8例 (38%) に存在した、4) L/M が極めて高く0.45以上の症例が88%と多かった、等より、心筋虚血が左室全域に生じたというよりは、運動負荷時の左心機能の障害を示唆した。すなわち左室拡張終期圧の上昇が肺野での ^{201}Tl の集積を来し^{20,21)}、これが diffuse slow washout pattern の原因と考えられた。また1VD/2VDの症例では梗塞が2つの冠動脈領域におよぶか、前下行枝 segment 6 の病

変であったことは、梗塞範囲が比較的広いことを示唆する所見であった。

HCM の場合には狭心症を有する症例が6例中5例と83%に存在し、4例 (67%) では負荷時に心筋シンチで欠損を生じ、内3例では再分布時に欠損の改善を見ている。またL/Mも3VDとほぼ同等の 0.34 ± 0.09 で1VD/2VDに比し有意に低く、L/M が0.45以上の症例は17%に過ぎなかった。こうした事実は、負荷により左室全域にわたって心筋虚血を来している可能性を強く示唆し、冠動脈に狭窄所見の無いことより冠微小循環における心筋虚血²⁴⁾ の可能性を強く示唆した。

HTの場合にはさらに問題が複雑であり、5例中4例では欠損の出現はないが、このうち3例ではL/Mが0.45を超えていた (Fig. 7)。またL/Mが0.45を超えていた3例中2例では心不全の病歴を有しており、負荷時の左心機能障害が diffuse slow washout pattern の原因と考えられた。L/Mが0.36であった症例は狭心症を有し、負荷時に生じた欠損が再分布時に消失したこと、かつ冠動脈狭窄を有さないことよりHTにおいても微小循環における虚血²⁵⁾ が diffuse slow washout pattern の原因になり得ることもあるのではないかと考えられた。心電図上左室肥大を示したもののその他の検査で異常を見なかった症例では diffuse slow washout pattern の原因は推測し得なかった。

いずれにしても運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチで diffuse slow washout pattern を示してくる症例は左室全域にわたって虚血をきたしたり (small vessel level も含め)、運動負荷時の左室機能の低下を示す可能性が高く臨床上注目すべき所見と考えられた。

V. 結 論

運動負荷・再分布時 ^{201}Tl 心筋シンチグラム断層像で出現する左室全域での ^{201}Tl washout rate の低下、すなわち diffuse slow washout pattern の臨床上の意義について検討した。心筋虚血の検出を目的に運動負荷・再分布時心筋シンチグラムを施行し、かつ ^{201}Tl 静注時の心拍数が120/分を超

えていた 974 例中 51 例 (5.2%) に diffuse slow washout pattern が見られた。この内 43 例で冠動脈造影が施行された。43 例中 23 例 (53%) は三枝病変 (3VD), 8 例 (19%) は一枝または二枝病変 (1VD/2VD) で 12 例 (28%) では冠動脈狭窄は存在しなかった。冠動脈狭窄の無い症例の基礎疾患は 6 例 (43 例中 14%) で肥大型心筋症 (HCM), 5 例 (12%) で高血圧 (HT), 1 例 (2%) で、心電図上左室肥大を呈するが心エコーその他では異常を見ない症例であった。病歴、心筋シンチの所見、肺・心 ^{201}Tl 取り込み比等より、3VD では冠動脈狭窄による左室全域における心筋虚血が、1VD/2VD では運動負荷時の左心機能障害が、HCM では微小循環レベルでの左室全域に及ぶ心筋虚血が、また HT では運動負荷時の左心機能障害や微小循環レベルでの心筋虚血が diffuse slow washout pattern の原因と思われ、臨床上注目すべき所見と考えられた。

文 献

- 1) Taylor DN, Choraria SK, Maughan J, et al: Diagnosis of coronary artery disease using thallium imaging: tomographic versus planar imaging. *Nucl Med Commun* 10: 401-407, 1989
- 2) Iskandrian AS, Heo J, Askenase A, et al: Thallium imaging with single photon emission computed tomography. *Am H J* 114: 852-865, 1987
- 3) Garcia EV, Van Tian K, Maddahi J, et al: Quantification of rotational thallium-201 myocardial tomography. *J Nucl Med* 26: 17-26, 1985
- 4) 成田充啓, 栗原 正, 村野謙一, 他: 運動負荷 ^{201}Tl 心筋 single photon emission CT の定量解析法: Bull's-eye の虚血性心疾患評価における有用性. *核医学* 24: 55-64, 1987
- 5) Abudulla A, Maddahi J, Garcia E, et al: Slow regional clearance of myocardial thallium-201 in the absence of perfusion defect: contribution to detection of individual coronary artery stenoses and mechanism for occurrence. *Circulation* 71: 72-79, 1985
- 6) 中嶋憲一, 村 守朗, 滝 淳一, 他: SPECT を用いた ^{201}Tl の洗い出し率マップによる虚血性心疾患の評価. *核医学* 26: 617-623, 1989
- 7) Kual S, Chesler DA, Pohost GM, et al: Influence of peak exercise heart rate on normal thallium-201 myocardial clearance. *J Nucl Med* 27: 26-30, 1986
- 8) 成田充啓, 栗原 正, 村野謙一, 他: 虚血性心疾患の診断と運動負荷時心筋タリウム washout rate. Washout rate に影響する因子. *核医学* 25: 141-150, 1988
- 9) 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
- 10) The criteria committee of the New York Heart Association: Nomenclature and criterion for diagnosis of disease of the heart and great vessels. 8th ed, Little Brown, Boston, 1979, p. 91
- 11) Okada RD, Leppo JA, Strauss HW, et al: Mechanisms and time course for the disappearance of thallium-201 defects at rest in dogs. *Am J Cardiol* 49: 699-706, 1982
- 12) Grunwald AM, Watson DD, Boucher CA, et al: Myocardial thallium-201 kinetics in normal and ischemic myocardium. *Circulation* 64: 610-618, 1981
- 13) Maddahi J, Garcia EV, Berman DS, et al: Improved noninvasive assessment of coronary artery disease by quantitative analysis of regional stress myocardial distribution and washout of thallium-201. *Circulation* 64: 924-935, 1981
- 14) Bateman TM, Maddahi J, Gray R, et al: Diffuse slow washout of myocardial thallium-201: a new scintigraphic indicator of extensive coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 4: 55-64, 1984
- 15) Schwartz MH, McCarthy DM, Makler PT: Isolated focal slow washout of thallium-201 as a cause of false positive scans (abstract) *J Nucl Med* 26: P84, 1985
- 16) 西村恒彦, 植原敏男, 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 $^{201}\text{TlCl}$ 集積, washout rate の併用による. *核医学* 22: 467-475, 1985
- 17) Brown KA, Benoit L, Clements JP, et al: Fast washout thallium-201 from area of myocardial infarction: Possible artifact of background subtraction. *J Nucl Med* 28: 945-949, 1987
- 18) Rabinovitch M, Suissa S, Elstein J, et al: Sex-specific criteria for interpretation of thallium-201 myocardial uptake and washout studies. *J Nucl Med* 27: 1837-1841, 1986
- 19) 玉木長良, 幸田秀樹, 安達幸秀, 他: 運動負荷心筋スキャンにおけるタリウム分布の男女差. *核医学* 25: 1345-1351, 1988
- 20) Boucher CA, Zir LM, Beller GA, et al: Increased 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

- 21) Bingham JB, McKusick KA, Strauss HW, et al: Influence of coronary artery disease on pulmonary uptake of thallium-201. *Am J Cardiol* **46**: 821–826, 1980
- 22) Pohost GM, Alpert NM, Ingwall JS: Thallium redistribution: Mechanisms and clinical utility. *Sem Nucl Med* **10**: 70–93, 1980
- 23) Bordenheimer MM, Bunka VS, Hermann GA, et al: Reversible asynergy: histopathologic and electrocardiographic correlation in patients with coronary artery disease. *Circulation* **53**: 792–800, 1976
- 24) Maron BJ, Wolfson JK, Epstein SE, et al: Intramural (“small vessel”) coronary artery disease in hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* **8**: 545–557, 1986
- 25) Yonekura Y, Brill AB, Som P, et al: Regional substrate uptake in hypertensive rats: a quantitative autoradiographic measurement. *Science* **227**: 1494–1496, 1985

Summary

Clinical Implications of Diffuse Slow Washout of Thallium-201 in Exercise Stress Myocardial SPECT

Michihiro NARITA*, Tadashi KURIHARA*, Kenichi MURANO*, Masahisa USAMI* and Minoru HONDA**

*Department of Internal Medicine, **Department of Nuclear Medicine, Sumitomo Hospital

Clinical implications of diffuse slow washout of thallium-201 (DSWO) in exercise-redistribution myocardial SPECT were studied. Thallium-201 washout rate was calculated by Bull's-eye method. DSWO was defined as having abnormal thallium-201 washout rate ($<30\%$ per 3 hours) in more than two thirds of each coronary artery (CA) area.

Of 974 patients whose exercise heart rate exceeded 120/min, 51 (5.2%) showed DSWO and coronary angiography was performed in 43. Twenty-three patients (53%) showed triple vessel disease (3VD), 8 (19%) showed single or double vessel disease (1VD/2VD) and 12 (28%) showed normal CA. Patients with normal CA consisted of 6 patients with hypertrophic cardiomyopathy (HCM), 5 with hypertension (HT) and one with electrocardiographic abnormality only.

The causes of DSWO were assessed from the history of effort angina (EA) and congestive heart failure (CHF), delayed fill-in of the perfusion defect and the ratio of lung to heart thallium-201 activity (L/M) at exercise as an indicator of the left ven-

tricular (LV) function.

High prevalence of EA (74%), high incidence of scintigraphic delayed fill-in (83%) and normal L/M suggested diffuse LV ischemia as the cause of DSWO in 3VD. On the other hand in patients with 1VD/2VD, LV dysfunction at exercise was considered as the cause of DSWO because of low prevalence of EA (13%) and scintigraphic delayed fill-in (13%) ($p<0.01$, $p<0.005$ each vs 3VD), and high L/M ($p<0.001$ vs 3VD) and high prevalence of CHF (38%, NS). In patients with HCM LV ischemia at small vessel levels was assumed as the cause of DSWO from the high incidence of EA (83%) and delayed fill-in (50%), low L/M and normal CA. In cases with HT LV dysfunction and/or LV ischemia at the small vessel levels were considered as the cause of DSWO. Thus it was concluded that DSWO is a noteworthy finding in exercise stress myocardial imaging.

Key words: Myocardial SPECT, Exercise stress, Thallium-201, Diffuse slow washout, Bull's-eye method.