

《ノート》

運動負荷心筋シンチグラムでの再分布の動態

——冠動脈造影所見との対比——

The Redistribution Pattern of Exercise Stress Myocardial Scintigraphy:
Relationship to Coronary-Arteriographic Findings

津田 隆志* 小島 研司* 林 千治* 相沢 義房*
 荒井 裕* 柴田 昭* 浜 斎** 三谷 亨**
 佐藤 正之***

Takashi TSUDA*, Kenji OJIMA*, Senji HAYASHI*, Yoshifusa AIZAWA*, Yutaka ARAI*,
 Akira SHIBATA*, Hitoshi HAMA**, Tohru MITANI** and Masayuki SATO***

*The First Department of Internal Medicine, Niigata University School of Medicine
 Kido Hospital, Niigata and *Tachikawa Sogo Hospital, Nagaoka

I. はじめに

運動負荷タリウム心筋シンチグラム（以下「負荷シンチ」と略す）は、最近虚血性心疾患の診断に広く用いられてきている。負荷シンチでの欠損出現は、局所心筋血流量の低下を良く反映するといわれ¹⁾、再分布の有無は、局所心筋の viability を示す重要な所見と考えられている^{2,3)}。

今回、われわれは負荷シンチにおいてみられる再分布現象が、冠動脈狭窄度や側副血行路の有無とどのように関係するかを検討するため⁴⁻⁶⁾、負荷シンチより求めた心筋固有カウント (Cm) と冠動脈造影所見を用いて検討した。

II. 対 象

対象は、有意な冠動脈狭窄をもち、負荷シンチ

にて視覚的に再分布を認めた虚血性心疾患11例である。内訳は狭心症5例、心筋梗塞6例（前壁梗塞3例、前壁中隔梗塞1例、広範前壁梗塞1例、下壁梗塞1例）である。心筋梗塞では、梗塞部位に一致して部分的に再分布が認められた場合を、「再分布有り」と判定した。

III. 方 法

1) 負荷シンチでの運動負荷は、トレッドミルを用い、Ellestad⁷⁾の方法に従って実施した。終了点は、胸痛、下肢疲労感などの自覚症状出現時や亜最大心拍数に達した時点とした¹¹⁾。終了点にて、タリウムを2 mCi 静注し、さらに1分間運動を続けた。静注の10分後、1時間後、2.5時間後に、正面、左前斜位45°、左側面の3方向にて心筋イメージを撮影した。心筋イメージの検出装置として、ミニコンピュータGMS-80Aに接続したガンマカメラ（東芝GCA 401）を用いた。コリメーターは、低エネルギー用汎用コリメーターを用いた。設定エネルギーは、²⁰¹Tlの水銀X線エ

Key words: Redistribution, Exercise Stress Scintigraphy, Ischemic Heart Disease.

* 新潟大学医学部第一内科

** 木戸病院 RI 室

*** 立川総合病院 RI 室

受付：58年1月11日

最終稿受付：58年3月18日

別刷請求先：新潟市旭町通 1-757 (☎ 951)

新潟大学医学部第一内科

津田 隆 志

エネルギーである 75 KeV を使い、ウインド幅は 20% とし、各方向 5 分間づつ撮影した。なお、同一方向での各時間の心筋イメージの撮影については、その幾何学的一致を保つように努めた。

2) 心筋イメージに重なった肺野のカウントの影響を除くために、心筋固有カウント (Cm) を算出し、再分布について検討した。Figure 1 のように、再分布の見られた方向の各時間像において、正常部位、再分布のみられた虚血部位、さらに肺野に同じ大きさの関心領域を設けた。投与後 t 時間での心筋固有カウント (Cmt) は、心筋部位のカウント (Raw Myocardial Count = Ct) より、肺野のカウント (BGt) を差引いた値とした。同一の冠動脈支配領域で、2 方向にわたって再分布が認められた場合は、早期に再分布を認めた方向の心筋イメージについて、Cmt の変化を測定した。なお、肺野の関心領域は、左室心基部に近い部位と

し、右室の重なりを避けるようにした。

3) 冠動脈造影は、右大腿動脈より Judkins 法にて行い、冠動脈病変の判定はアメリカ心臓病協会 (AHA) の提唱に従い、75% 以上を有意狭窄病変とした。負荷シンチと冠動脈造影は 1 か月以内に施行し、その間に投薬は変更しないこととした。

4) 3 方向より撮影された心筋イメージは、冠動脈支配を考慮して 8 部位 (前壁中隔、後壁中隔、心尖部、前壁、側壁、前側壁、後壁、下壁) に分割した (Fig. 2)。そして、この 8 部位について再分布の有無を検討した。

IV. 結 果

1. 運動負荷による血行動態の変化 (Table 1)

再分布を示した虚血性心疾患 11 例と、別途に検討した正常例 5 例の運動負荷の際の心拍数、血圧、Double Product の変化を示す。最大負荷時に、

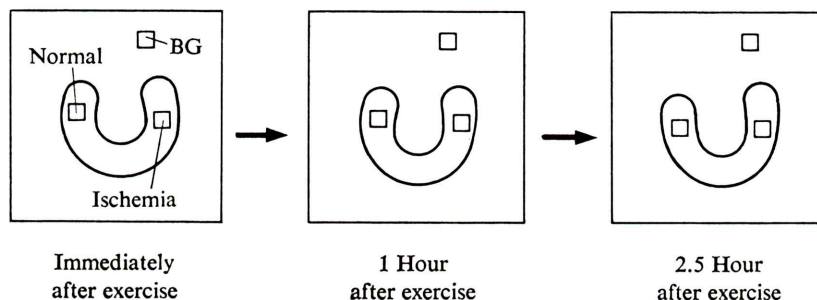


Fig. 1 Schema of method for obtaining Net Myocardial Count at t time after injection (Cmt). Cmt was gained from next formula [$Cmt = Ct - BGt$. Ct and BGt: Raw Myocardial Count and Background Count at t time after injection]. Ct was collected about normal and ischemic region with redistribution.

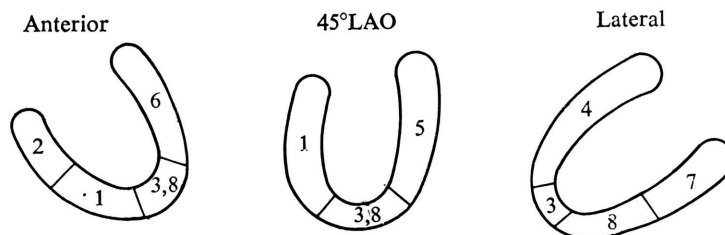


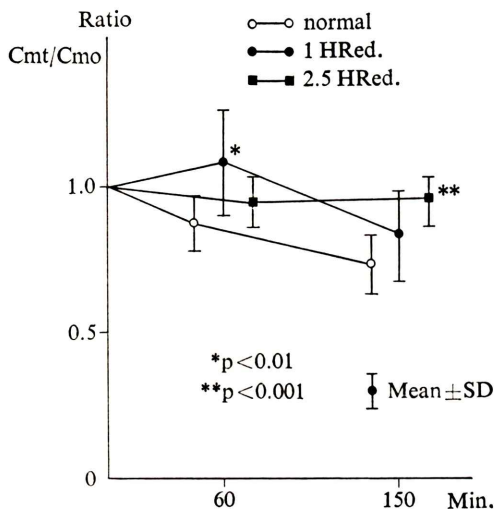
Fig. 2 Eight segments on three projections. 1: Anterior Septum, 2: Posterior Septum, 3: Apex, 4: Anterior Wall, 5: Lateral Wall, 6: Antero-Lateral Wall, 7: Posterior Wall, 8: Inferior Wall.

Table 1 Hemodynamic data of exercise stress test in five normal persons and eleven patients of ischemic heart disease with redistribution

	H.R. (/min)	S.B.P. (mmHg)	D.P. (mmHg/min)
REST:			
Normal (5)	84±13	132±21	11340±3567
I.H.D. (11)	76±16	123±10	9325±1976
EXERCISE:			
Normal	157±3 *	159±28	24940±4101
I.H.D.	127±24 *	149±23	19151±5790

* P<0.05

Abbreviations: H.R.=Heart Rate, S.B.P.=Systolic Blood Pressure, D.P.=Double Products.

**Fig. 3** Serial change of the Ratio (Cmt/Cm0) in normal and ischemic region with redistribution at 1 hour or 2.5 hour after injection.

虚血性心疾患の心拍数が正常例に比し有意に低い ($p<0.05$) 以外、有意差を認めなかった。

2. 心筋固有カウントの変化 (Fig. 3)

タリウム投与後 t 時間で心筋固有カウント (Cmt) を、投与直後のカウント (Cm0) で割った値 (Cmt/Cm0) によって、心筋固有カウントの変化を検討した。正常 14 部位では、Cm 1/Cm0 = 0.88 ± 0.10 , Cm 2.5/Cm0 = 0.73 ± 0.10 であった。投与 1 時間後に再分布を認めた部位を A 群、投与 2.5 時間後に再分布を認めた部位を B 群とすると、

A 群は 9 部位、B 群は 5 部位であった。A 群の Cm 1/Cm0 = 1.08 ± 0.18 , Cm 2.5/Cm0 = 0.83 ± 0.16 , B 群の Cm 1/Cm0 = 0.94 ± 0.09 , Cm 2.5/Cm0 = 0.95 ± 0.08 であり、A 群の Cm 1/Cm0, B 群の Cm 2.5/Cm0 は正常部位に比して有意に高かった ($p<0.01$, $p<0.001$)。再分布時の Cm の変動は、A 群のごとく、投与 1 時間後に Cm が最高値を示す場合と、B 群のごとく、投与 1 時間後に Cm が軽度減少し、投与 2.5 時間後でもほぼ同じ値を示す場合を認めた。B 群では、Washout を考慮すると、投与 2.5 時間後でも心筋はタリウムを積極的に摂取しており、視覚的な再分布の出現は、虚血部位での積極的なタリウム摂取の時期と一致すると考えられた。

上記の検討により、再分布を示す時には、正常部位と再分布部位との心筋固有カウントの差が最小になると考えられる。再分布を示した中で、4 例のみ (A 群: 3 例, B 群: 1 例) について、心筋イメージの撮影時間を、投与直後、60 分、110 分、150 分と回数を増やして、心筋固有カウントの記録を行った。Figure 4 の示すように、正常部位と虚血部位の心筋固有カウントの差が最小となる時間は、A 群 3 例とも、投与後 60 分であり、B 群の 1 例は 110 分であった。以上より、症例は少ないが、再分布を示す時に、正常部位と虚血部位の心筋固有カウントの差が最小となることが確認された。

また、心筋梗塞の 1 例で、心筋固有カウントを、投与後 4 時間まで検討した (Fig. 5)。再分布は、2 部位共 1 時間後に認めた。しかし再分布を認めた 1 部位で 4 時間後に再び Cm が 2.5 時間後より増加しており、再分布が再度遅い時間で出現することもありうると考えられた。再分布を示さない梗塞部位での Cm の変動は、少なかった。

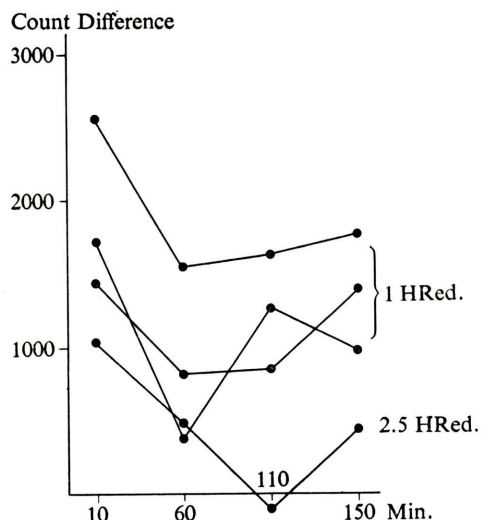
3. 再分布出現時間と冠動脈造影所見 (Table 2)

再分布出現時間は、狭心症では、A 群が 5 部位、B 群が 1 部位であった。A 群の狭窄度は、全て AHA 分類の 75% であり、B 群の 1 例は 90% であった。心筋梗塞では、A 群が 4 部位、B 群が 4 部位であった。A 群では 2 例で、再疎通を示し、4

Table 2 Comparison between the appearance time of redistribution and the finding of coronary arteriography by AHA's criteria. AHA: American Heart Association

Appearance Time of Redistribution	Clinical Diagnosis	Stenosis (%) (AHA Criteria)	Collateral Circulation
1 Hour after injection	1, O.M.I.	diffuse 75%	(+)
	2, A.P.	75%	(-)
	3, A.P.	75%	(-)
	4, A.P.	75%	(-)
	5, O.M.I.	Total Occlusion	(+)
	6, A.P.	75%	(-)
	7, A.P.	75%	(-)
	8, O.M.I.	99%	(+)
	9, O.M.I.	Total Occlusion	(+)
2.5 Hours after injection	1, O.M.I.	diffuse 75%	(-)
	2, A.P.	90%	(-)
	3, O.M.I.	99%	(-)
	4, O.M.I.	Total Occlusion	(+)
	5, O.M.I.	Total Occlusion	(+)

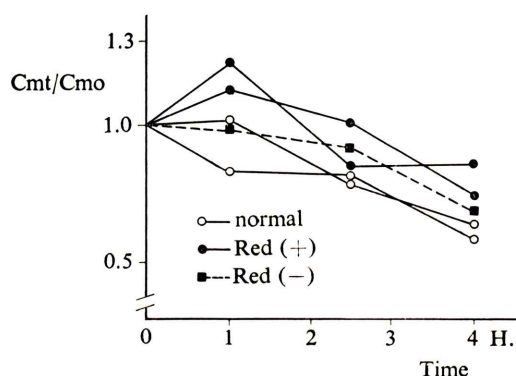
Abbreviations: O.M.I.=Old Myocardial Infarction, A.P.=Angina Pectoris

**Fig. 4** Serial count difference (normal—ischemic region) in 4 patients. Three patients showed redistribution at 1 hour after injection and the remainder at 2.5 hour.

例共、側副血行路を認めた。B群も2例で、75%と99%の再疎通を示したが、完全閉塞の2例に側副血行路を認めたのみであった。

V. 考 察

タリウム心筋シンチの判定において再分布現象

**Fig. 5** Serial change of the Ratio (Cmt/Cmo) in case of old myocardial infarction until 4 hour after injection.

は重視されているにも拘らず、再分布に影響を与える因子については明らかになっていない¹⁰⁾。動物実験では、局所心筋血流量の関与に加えて、虚血心筋量、active transport の関与などの影響が考えられている⁸⁾。

再分布の判定については、心筋イメージ上での視覚的判定と心筋上の経時的カウントの測定により、正常部位と虚血部位のカウントの差がなくなることにより判定されている。今回のわれわれの検討でも、臨床的に心筋固有カウントによる正常

部位と虚血部位の差の減少が再分布の指標となることが確認された。

再分布の時間については、動物実験では、負荷のない場合には100分～6時間で再分布し^{5,9,10)}。ペーシング負荷例では2時間⁸⁾で再分布が見られている。臨床例では、負荷のない場合が45分～8時間で再分布が見られ^{3,12)}、運動負荷例では、40分～6時間で再分布が見られたとされている^{2,13)}。運動負荷を加えた場合、再分布が早期に出現する傾向がありそうだが、いずれにしても、再分布出現時間の報告には相当な幅が見られている。

従来、虚血部心筋のタリウム動態については、タリウムの心筋への uptake 障害と心筋からの washout 障害が関与している¹³⁾と考えられている。われわれの検討では、再分布は投与後2.5時間という比較的早い時間に限定しており、この時点では心筋固有カウンットの検討からも、負荷直後の uptake 障害に影響を受けた虚血部心筋が、uptake 障害の改善につれて、活発にタリウムを摂取していると考えられる。しかし、4時間まで検討した1例のごとく、虚血部心筋の washout 障害の関与によると思われる遅い時間での再分布も考えられた。

Pohost ら⁵⁾は、動物実験にて、高度の冠動脈狭窄を作成しタリウムの再分布を検討しており、局所心筋血流量の減少の少ない欠損部位に、再分布を強く認めたと報告している。われわれの冠動脈造影所見と再分布との対比においても、軽い冠動脈狭窄や側副血行路の存在によって、冠動脈血流量が比較的保たれている場合に、早期に再分布を認めた。これは負荷シンチの再分布には、冠動脈血流量が関与していることを示唆する所見と考えられた。

今回の負荷シンチの検討では、再分布の確認を、タリウム投与後2.5時間までと限定したが、梗塞部位でない虚血領域でも、2.5時間を経ても再分布しない部位も存在し、viable muscle の判定には慎重を期す必要があると考えられた。

VI. まとめ

虚血性心疾患における負荷シンチでのタリウム投与後2.5時間までの再分布について、冠動脈造影所見と心筋固有カウンットの変化を用いて検討した。

冠狭窄の軽い例、側副血行路の発達している例では、負荷後1時間で心筋へのタリウム摂取が最高に達した。また、冠狭窄の強い例、側副血行路の発達の悪い例では、負荷後1時間と2.5時間の心筋カウンットにほとんど変化なく、負荷後2.5時間まで緩徐にタリウム摂取を行うと考えられた。以上より、負荷シンチの再分布には、冠動脈造影所見として示される冠動脈血流量の関与が示唆された。

本研究の一部は、第22回日本核医学会で発表した。

文 献

- 1) Nielsen AP, Morris KG, et al: Linear Relationship Between the Thallium-201 and Blood Flow in ischemic and Nonischemic Myocardium During Exercise. *Circulation* 61(4): 797-801, 1980
- 2) Gerald M Pohost, Leonard M Zir, Richard H Moore, et al: Differentiation of Transiently Ischemic from Infarcted Myocardium by Serial Imaging after a Single Dose of Thallium-201. *Circulation* 55(2): 294-302, 1977
- 3) Henry Gewirtz, George A Beller, H William Strauss, et al: Transient Defects of Resting Thallium scans in Patients with Coronary Artery Disease. *Circulation* 59(4): 707-713, 1979
- 4) Jeffrey S Schwartz, Richard Ponto, Peter Carlyle, et al: Early Redistribution of Thallium-201 after Temporary Ischemia. *Circulation* 57(2): 332-335, 1978
- 5) Gerald M Pohost, Robert D Okada, Dennis D O'Keefe, et al: Thallium Redistribution in Dogs with Severe Coronary Artery Stenosis of Fixed Caliber. *Circulation Research* 48(3): 439-446, 1981
- 6) Richard M Steingart, Robert Bontemps, James Scheuer, et al: Gamma Camera Quantitation of Thallium-201 Redistribution at Rest in A Dog Model. *Circulation* 65(3): 542-550, 1982
- 7) Ellestad MH, Allen W, Wan MCK, Kemp GL.: Maximal treadmill stress testing for cardiovascular

- evaluation. *Circulation* **39**: 517-522, 1969
- 8) Joseph L Gerry, Lewis C Becker, John T Flaherty, et al: Evidence for a Flow-Independent Contribution to the Phenomenon of Thallium Redistribution. *Am J Cardiol* **45**: 58-62, 1980
- 9) Hiroshi Nishiyama, Robert J Adolph, Marjorie Gabel, et al: Effect of Coronary Blood Flow on Thallium-201 Uptake and Washout. *Circulation* **65**(3): 534-542, 1982
- 10) Daniel S Berman, Dean T Mason: *Clinical Nuclear Cardiology*. p. 49-106 Grune & Stratton, Inc. New York, 1981
- 11) Takashi Tsuda, Yoshifusa Aizawa, Akira Shibata, et al: The Quantitative Analysis of Stress Thallium Myocardial Scintigraphy using Goris's Method. *Jap J Nucl Med* **19**: 369-374, 1982
- 12) Thomas C Smitherman, Roger C Osborn, Kenneth A Narahara: Serial Myocardial Scintigraphy After a Single Dose of Thallium-201 in Men After Acute Myocardial Infarction. *Am J Cardiol* **42**: 177-182, 1978
- 13) Ernest Garcia, Jamshid Maddahi, Daniel Berman, et al: Space/Time Quantitation of Thallium-201 Myocardial Scintigraphy. *J Nucl Med* **22**: 309-317 1981