

運動負荷 Tl-201 心筋
SPECT 像にみられた心筋
梗塞症例の再分布領域と冠
側副血行路との関連

Correlations between re-
distribution areas ob-
served on exercise thal-
lium-201 myocardial
SPECT images and the
coronary collateral cir-
culations in patients with
myocardial infarction

三国谷 淳
沢井 通彦
村山 晋
坂本 佳穂
福士 智久
佐々木正則
三上 雅人
小野寺庚午
大池弥三郎

Atsushi MIKUNIYA
Michihiko SAWAI
Susumu MURAYAMA
Yoshio SAKAMOTO
Tomohisa FUKUSHI
Masanori SASAKI
Masato MIKAMI
Kogo ONODERA
Yasaburo OIKE

Summary

The significance of coronary collateral circulation for redistribution in the infarcted zone was evaluated in 16 patients with history of myocardial infarction and severe stenosis ($\geq 90\%$) of the coronary artery. Redistribution areas were quantitatively measured using the redistribution ratios and redistribution indices on the infarction-redistribution map obtained by thallium-201 scintigraphy with single photon emission computed tomography. Coronary collateral findings were categorized in 4 classes according to the Rentrop's grading.

There was good, positive linear correlation between the redistribution ratio (Y) and collateral grading (X) ($Y=0.21X+0.10$, $r=0.92$, $p<0.01$). The redistribution index (X) also correlated well with the collateral grading (Y) using a good, positive quadratic equation ($Y=0.32X^2+0.24X+0.04$, $r=0.89$, $p<0.01$).

These results suggest that the measurements of the redistribution areas in the ischemic zone in myocardial infarction correlated well with collateral perfusion. Collateral perfusion severer than

弘前大学医学部 第二内科
弘前市在府町 5 (〒036)

The Second Department of Internal Medicine, Hiro-
saki University School of Medicine, Zaifu-cho 5,
Hiroasaki 036

Received for publication April 17, 1990; accepted October 30, 1990 (Ref. No. 37-PS45)

Rentrop's grade 2 markedly reduces the severity of ischemia and increases redistribution areas.

Key words

Myocardial infarction Exercise Tl-201 myocardial SPECT Redistribution ratio Redistribu-
tion index Coronary collateral circulation

緒 言

冠側副血行路が冠循環障害時に防御, 代償機構として働く¹⁻³⁾ことは良く知られているが, 方法的な問題から, 心筋庇護としての冠側副血行循環の意義は定量的に十分には明らかにされていない。

本研究では, 心筋梗塞患者にみられる血流再分布領域を運動負荷 thallium-201 (Tl-201) 心筋 SPECT 像から定量評価し⁴⁾, 対応する冠側副血行路所見と比較検討することにより, 虚血心筋に対する冠側副血行路の意義を明らかにしようとした。

対 象

対象は責任冠動脈に 90% 以上の冠狭窄がみられた陳旧性心筋梗塞の患者 16 例である。そのうち前壁梗塞は 10 例, 下壁梗塞は 4 例, 前壁ならびに下壁梗塞は 2 例であった。以上の対象を, 運動負荷 Tl-201 心筋シンチ像の視覚的判定により, 梗塞部を含む領域に広い再分布がみられた 8 例 (A 群: 54±12 歳, 平均値±標準偏差) と, 一部にわずかに再分布がみられた 8 例 (B 群: 58±9 歳) の 2 群に分けて検討した。

方 法

1. 運動負荷 Tl-201 心筋シンチグラフィによる梗塞部, 再分布領域の定量化

自転車エルゴメーターを用いて, 25 watt から 3 分毎に 25 watt ずつ増量する多段階負荷法に従い, 胸痛などの自覚症状, 心電図 ST 変化, 不整脈の出現, 目標心拍数の到達などを終点 (end point) として運動負荷を行なった。終点に達した後, Tl-201 を 4 mCi 静注し, さらに約 1 分間

の運動を継続させ, 撮像を開始した。Planar 像を撮像後, 高分解能コリメーターを装着した回転式ガンマカメラ (GCA-70A 東芝製) を用い, 被験者の右前斜位 30° から左後斜位 60° にかけて 6° ずつカメラを回転させ, 一方向 30 秒, 128×128 マトリックスでデータ収集した。画像再合成にはミニコンピューター (GMS-55A 東芝製) を用い, 左室短軸断層像を得た。使用したフィルターは Shepp & Logan filter で, 吸収補正は行なわなかった。

得られた左室短軸像から circumferential profile curve を得て, 梗塞部, 再分布領域を定量的に表示する梗塞部・再分布領域図を作製した。梗塞部, 再分布領域図の作製方法については既に報告^{4,5)}しているので概略すると, 健常者の安静時 SPECT 像から total カウント法により profile curve を求め, その profile curve の平均値-2 標準偏差以下の部分を梗塞領域とするものである。また, 再分布領域図作製には健常者から得た正常下限 profile curve か個々の患者の運動負荷 3 時間後の profile curve のうち, いずれか低値の方を基準 curve として, 運動直後像の curve が基準 curve を下まわる部分を再分布領域とする方法を用いた。いずれの領域も Fig. 1 のように, 二次元ならびに三次元的に表示マップされる。特に二次元表示マップ上では, 梗塞部と再分布領域が一つの画面に重ねて表示されるので, その理解が容易である。また定量指標としては, 三次元表示マップから正常下限を下まわった領域における Tl 取り込みの % カウント総和を defect score (DS), 二次元表示マップから左室面積に対する梗塞部あるいは再分布領域の割合を % defect (%D) として求めた。それらの指標を用いることにより, さらに再分布比 (再分布時の DS/

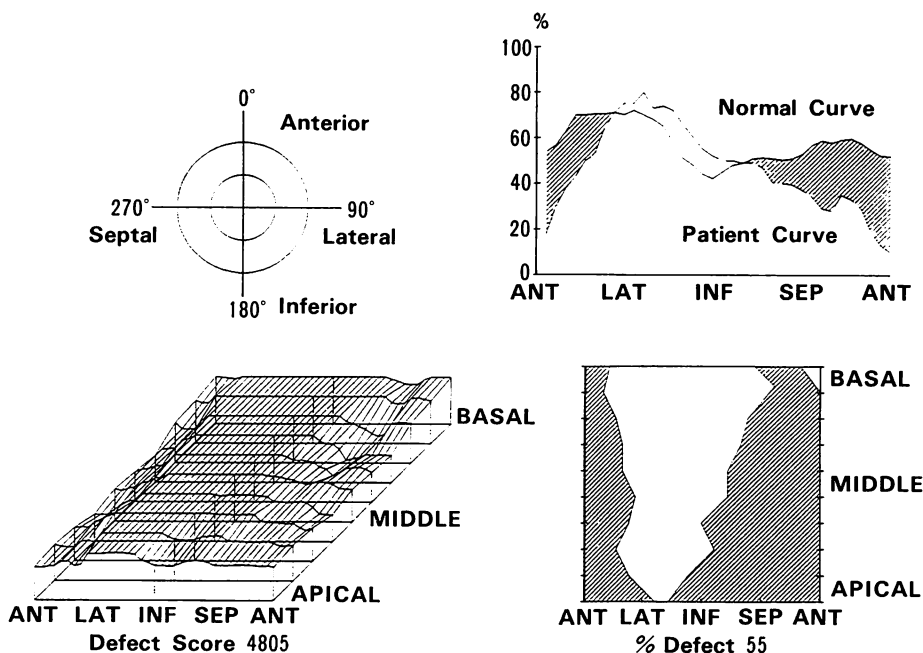


Fig. 1. Methods of measuring redistribution areas based on images of exercise thallium-201 myocardial SPECT.

The shaded areas between the normal curve and patient curve (right, upper panel) were expressed in three-dimensions (left, lower panel) and two-dimensions (right, lower panel).

Defect score = sum of the 10 sections below the normal curve; % defect = the ratio of infarct-related area to the whole left ventricular surface area (%).

負荷直後の DS), 再分布指数 (再分布領域の %D/ 梗塞領域の %D) が求められる。

2. 冠側副血行路の評価

冠側副血行路は Rentrop らの基準⁶⁾に従い, 以下の4段階に分類された。

0度: 冠動脈造影上, 全く冠側副血行路が認められない。

1度: 冠側副血行路は認められるが, 責任冠動脈の本幹は造影されない。

2度: 冠側副血行路により責任冠動脈は造影されるが, 本幹全体は造影されない。

3度: 冠側副血行路により責任冠動脈本幹全体がよく造影される。

以上のすべてのデータを平均値±標準偏差で示し, 推計学的検討には Student の unpaired t-test,

回帰分析を用いた。その結果, $p < 0.05$ を有意の変化とした。

結 果

1. 症例呈示

症例: 61歳, 男性

心電図では V_3 から V_5 にかけて異常 Q 波を, 左室造影では segment 3 に hypokinesis を認め, 冠動脈造影像では segment 7 に 90% の冠狭窄がみられた。Fig. 2 は同症例の梗塞・再分布領域図を示す。心尖部よりの前壁を中心に再分布を伴う梗塞巣がみられ, その周囲には梗塞のない再分布領域が存在している。左室面積に対する梗塞部の割合 (% defect) は 3%, 再分布領域は 22%, 再分布の拡がりを示す再分布指数は 7.33, 再分布

の程度を示す再分布比は 0.84 と広い再分布領域が描出された。なお, 本症例では右冠動脈から左

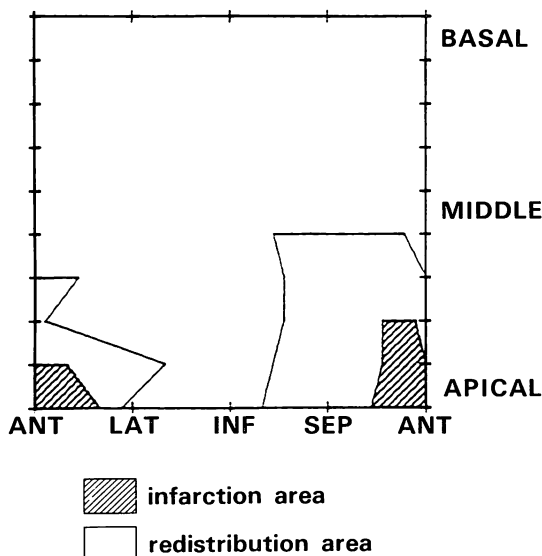


Fig. 2. A representative of infarction-redistribution area map derived from exercise thallium-201 myocardial SPECT images.

Note that the redistribution areas exist and include the infarction areas.

前下行枝領域へ2度の冠側副血行路が観察された。

2. 再分布領域の視覚的判定と定量評価

Planar 像の視覚的判定から分類した2群における, 再分布領域の定量的指標である再分布比と, 再分布指数を検討したのが Fig. 3 である。再分布比は, A 群 0.56 ± 0.19 , B 群 0.22 ± 0.12 であり, A 群で明らかに大であった ($p < 0.005$)。また再分布指数は, B 群の 0.48 ± 0.36 に対して A 群が 2.95 ± 2.02 であり, A 群で大であった ($p < 0.01$)。

以上のごとく, 再分布の定量評価として用いた再分布比と再分布指数は, 再分布領域の視覚的判定結果をよく反映していた。

3. 再分布領域と冠側副血行路との関連

再分布領域の重症度を表わす再分布比 (redistribution ratio) と冠側副血行路 (collateral grading) との関連を示したのが Fig. 4 である。再分布比は冠側副血行路と良い正の直線関係にあり ($Y = 0.21X + 0.10$, $r = 0.92$, $p < 0.01$), 冠側副血行路が0度ではその再分布比は 0.10, 1度では 0.31,

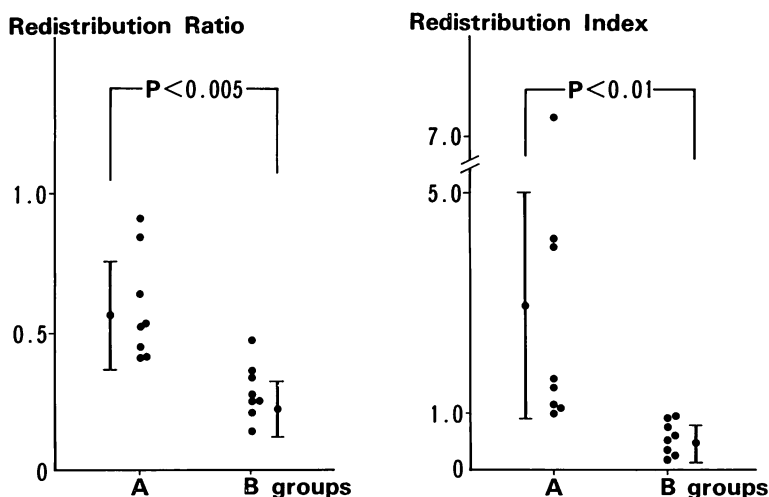


Fig. 3. Comparison of redistribution ratio and redistribution index between the 2 groups.

Both the redistribution ratio and redistribution index for group A are significantly higher than those for group B.

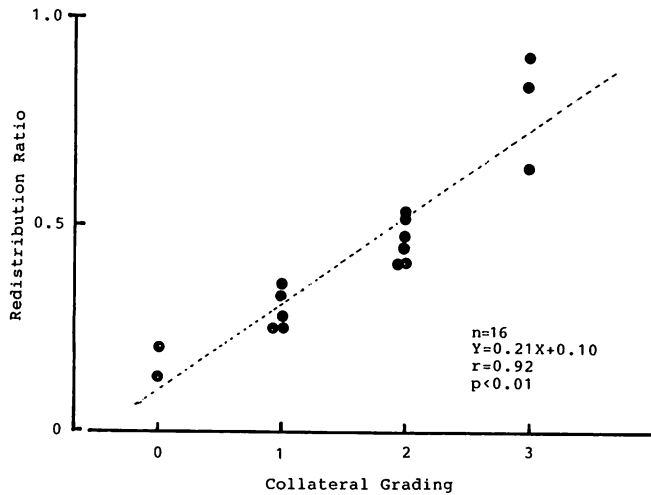


Fig. 4. Relationship between redistribution ratio and collateral grading.

Redistribution ratio (Y) correlates well with collateral grading (X) as $Y = 0.21X + 0.10$ ($n = 16$, $r = 0.92$, $p < 0.01$).

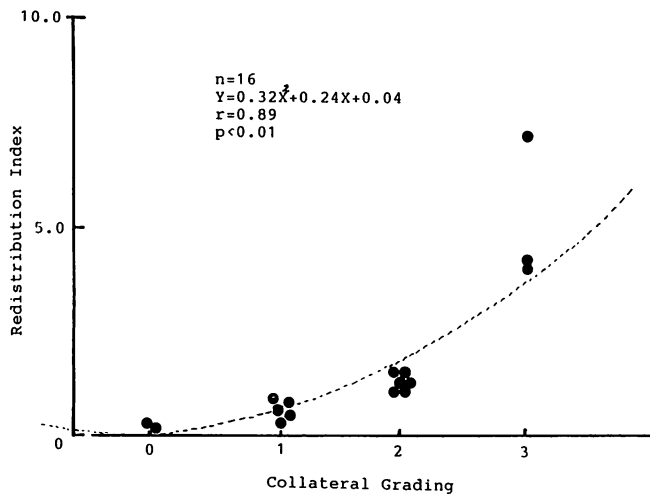


Fig. 5. Relationship between redistribution index and collateral grading.

Redistribution index (Y) correlates well with collateral grading (X) as $Y = 0.32X^2 + 0.24X + 0.04$ ($n = 16$, $r = 0.89$, $p < 0.01$).

2度では 0.52, 3度では 0.73 であった. すなわち, 2度の冠側副血行路によりその再分布領域の重症度はほぼ 1/2 に軽減されていた.

また, 再分布領域の拡がりの程度を示す再分布指数 (redistribution index) と冠側副血行路 (col-

lateral grading) との関係は, **Fig. 5** に示すように, 正の二次曲線関係にあった ($Y = 0.32X^2 + 0.24X + 0.04$, $r = 0.89$, $p < 0.01$). すなわち, 0度の冠側副血行路の再分布指数は 0.04, 1度では 0.60, 2度では 1.80, 3度では 3.64 と回帰された.

2 度以上の冠側副血行路により再分布領域は著明な増大を示した。

考 接

冠動脈完全閉塞により発症する心筋梗塞症において、その責任灌流域に梗塞巣ならびに血流再分布領域が存在することは、Verani ら⁷⁾の報告以後、良く知られている。再分布領域の拡がりに影響を与える因子として、梗塞部位の壁厚、壁運動異常の他に、冠動脈狭窄の程度や冠側副血行路の良否があるが⁹⁾、わけても虚血心筋に対する冠側副血行路の役割は臨床的にも注目されている。それゆえ、心筋梗塞患者にみられた運動負荷 Tl-201 心筋 SPECT 像の再分布領域を定量的に評価し、冠動脈造影像から得られた冠側副血行路所見と比較検討する必要性がある。本研究の成績では両者は良い相関関係にあり、2 度以上の冠側副血行路が認められた症例では再分布領域が著明に広がっていた。

再分布領域の定量評価には我々が独自に考案した梗塞・再分布図法を用い、再分布比、再分布指数を算出した。同法は従来、心筋梗塞領域の再分布評価に用いられていた視覚的判定法、関心領域 (ROI) 法、circumferential profile curve 法に比し、より客観性に富み、いっそう詳細な検討を可能にする。また、梗塞領域と再分布領域を一つの画面上に表示し得るので、左室全体における梗塞領域と再分布領域の拡がりが明瞭である。同法の妥当性については、観血的検査により得られた局所壁動態との比較から検討し、既に報告されている^{4,5)}。

冠側副血行路の左室動態に及ぼす役割については数多くの報告がある。冠側副血行路が梗塞巣の縮小化や急死の防止¹⁻³⁾、心収縮能の保持に有用⁹⁾とする意見がある反面、心収縮能に対してはあまり有益ではないとする意見もある¹⁰⁾。この違いは、責任冠動脈の残存狭窄のみならず、冠側副血行路の発達程度によって決定される血流再分布領域の拡がり、障害程度に起因すると考えられ

る。したがって今回の検討では、主要冠動脈枝に 90% 以上の狭窄を有する心筋梗塞の症例を対象に、再分布領域と冠側副血行路との関連を検討した。

再分布領域における重症度、すなわち、血流再分布程度は冠側副血行路造影所見と良い正の直線関係にあった。すなわち、2 度の冠側副血行路を有する例では、再分布領域の血流は非虚血領域のほぼ二分の一に相当すると考えられた。また、再分布領域の拡がりの程度を示す再分布指数は冠側副血行路所見と良い正の二次曲線関係にあり、2 度以上の冠側副血行路例では梗塞領域に対する再分布領域の割合は急激に大なることが示唆された。以上から、責任冠動脈に 90% 以上の狭窄を有する梗塞症例において、冠側副血行路の発達程度は責任病変領域における再分布領域の重症度、拡がりと共に良く相関することが示唆された。

しかし、心筋梗塞症例の梗塞巣や虚血領域には、冠側副血行路のみならず冠動脈閉塞時間、冠動脈閉塞の部位等も関係する^{11,12)}。それらの再分布領域に及ぼす影響については、今後、さらに検討されるべきであろう。

結 語

1. 運動負荷 Tl-201 心筋 SPECT 像から梗塞・再分布領域図を作製し、再分布比、再分布指数を用いて、心筋梗塞例の再分布領域を定量評価した。
2. 再分布領域の重症度を示す再分布比は、冠側副血行路所見と良い正の直線関係にあった ($Y=0.21X+0.10$, $r=0.92$, $p<0.01$)。
3. 再分布領域の拡がりを示す再分布指数は冠側副血行路所見と良い正の二次曲線関係にあり ($Y=0.32X^2+0.24X+0.04$, $r=0.89$, $p<0.01$)、2 度以上の冠側副血行路により再分布領域は著明に拡大した。

以上から、心筋梗塞例の再分布領域は冠側副血行路の発達程度と関連するといえる。

要 約

心筋梗塞症例の血流再分布領域と冠側副血行循環との関連を明らかにするため、心筋梗塞患者 16 例を対象として、運動負荷 Tl-201 心筋 SPECT 像から再分布領域を定量評価し、造影から得られた冠側副血行路所見と比較検討した。再分布領域の定量評価には心筋 SPECT の左室短軸像から circumferential profile curve を得て、梗塞部、再分布領域を定量的に表示する梗塞部・再分布領域図を作製し、定量評価の指標として再分布比と再分布指数を求めた。また、冠側副血行路は Rentrop の基準に従って分類した。

再分布領域の重症度を示す再分布指数は、造影により得られた冠側副血行路所見と良い正の直線関係 ($Y=0.21X+0.10, r=0.92, p<0.01$) を示し、再分布領域の拡がりを示す再分布比は冠側副血行路所見と良い正の二次曲線関係 ($Y=0.32X^2+0.24X+0.04, r=0.89, p<0.01$) を示した。2 度以上の冠側副血行路により再分布領域の重症度は減じ、その領域は著明に拡大した。

以上から、心筋梗塞例の再分布領域は冠側副血行路の発達程度と良く関連するといえる。

文 献

- 1) Helfant RH, Vokonas PS, Gorlin R: Functional importance of the human coronary collateral circulation. *N Engl J Med* **284**: 1277-1281, 1971
- 2) Levin DC: Pathways and functional significance of the coronary collateral circulation. *Circulation* **50**: 831-837, 1974
- 3) Williams DO, Amsterdam EA, Miller RR, Mason DT: Functional significance of coronary collateral vessels in patients with acute myocardial infarction: Relation to pump performance, cardiogenic shock and survival. *Am J Cardiol* **37**: 345-351, 1976
- 4) 堰合恭弘: 運動負荷 Tl-201 心筋 SPECT 像から求めた梗塞領域再分布図による心筋 viability の定量評価. *核医学* **25**: 735-742, 1988
- 5) 堰合恭弘, 三国谷 淳, 沢井通彦, 村山 晋, 花田裕之, 丹野恒明, 小野寺庚午, 西沢一治, 岡本勝博, 鎌田 斉, 大池弥三郎: Thallium 201 心筋シンチ断層像を用いた梗塞領域図による心筋梗塞部位の定量評価. *弘前医学* **40**: 416-425, 1988
- 6) Rentrop KP, Cohen M, Blanke H, Phillips RA: Changes in collateral channel filling immediately after controlled coronary artery occlusion by an angioplasty balloon in human subjects. *J Am Coll Cardiol* **5**: 587-592, 1985
- 7) Verani MS, Jhingran S, Attar M, Rizk A, Quinones MA, Miller RR: Poststress redistribution of thallium-201 in patients with coronary artery disease with and without prior myocardial infarction. *Am J Cardiol* **43**: 1114-1122, 1979
- 8) Liu P, Kiess MC, Okada RD, Block PC, Strauss HW, Pohost GM, Boucher CA: The persistent defect on exercise thallium imaging and its fate after myocardial revascularization: Does it represent scar or ischemia? *Am Heart J* **110**: 996-1001, 1985
- 9) Gensini GG, Costa BCB: The coronary collateral circulation in living man. *Am J Cardiol* **24**: 393-400, 1969
- 10) Carroll RJ, Verani MS, Palsetti HL: The effect of collateral circulation on segmental left ventricular contraction. *Circulation* **50**: 709-713, 1974
- 11) Rogers WJ, Hood WP Jr, Mantle JA, Baxley WA, Kirklin JK, Zorn GL, Nath HP: Return of left ventricular function after reperfusion in patients with myocardial infarction: Importance of subtotal stenoses or intact collaterals. *Circulation* **69**: 338-349, 1984
- 12) Fujita M, Sasayama S, Ohno A, Yamanishi K, Hirai T: Functional significance of coronary collateral perfusion in preserving myocardial integrity. *Clin Cardiol* **10**: 394-398, 1987