

Postextrasystolic potentiationによる心収縮予備能と運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチグラムの再分布の検討

Cardiac inotropic reserve examined by postextrasystolic potentiation and redistribution of exercise thallium-201 scintigraphy

杉原 洋樹
足立 晴彦
中川 博昭
北村 浩一
中西 正
辻 光
古川 啓三
朝山 純
勝目 紘
伊地知 浜夫

Hiroki SUGIHARA
Haruhiko ADACHI
Hiroaki NAKAGAWA
Hirokazu KITAMURA
Tadashi NAKANISHI
Hikari TSUJI
Keizo FURUKAWA
Jun ASAYAMA
Hiroshi KATSUME
Hamao IJICHI

Summary

Evaluation of regional contractile reserve and the viability of an infarcted segment of the myocardium is very important in determining the indications for aorto-coronary bypass after myocardial infarction and in predicting the prognosis. Regional wall motion of the left ventricle after postextrasystolic potentiation (PESP) was studied in 18 patients with old myocardial infarction, and compared with indices of redistribution of thallium after exercise.

Equilibrium radionuclide angiocardigraphy (RNA) using $\text{Tc}^{99\text{m}}$ HSA was performed at rest and after PESP produced by a programmable cardiac stimulator via a right ventricular catheter. Regional ejection fractions (REF) were determined, and wall motion was observed visually. The relative thallium activity (RTA) and washout rate (WOR) were obtained from exercise myocardial scintigraphy performed 10 minutes, and 3 hours after thallium-201 injections.

Wall motion improved in 12 of 23 infarcted segments after PESP. Regional ejection fraction and relative thallium activity (in three hours, or the difference between the activities of the initial and three hours after exercise) in the improved segments were significantly higher ($p < 0.001$) than in the unchanged segments. Washout rate was lower ($p < 0.02$) in the improved segments. Significant correlation

京都府立医科大学 第二内科
京都市上京区河原町広小路 (〒602)

The Second Department of Medicine, Kyoto Prefectural University of Medicine, Kawara-machi Hirokoji, Kamigyō-ku, Kyoto 602

Received for publication May 13, 1985; accepted August 2, 1985 (Ref. No. 30-40)

was observed between the change in regional ejection fraction and relative thallium activity (3 hours after exercise) ($r=0.654$, $p<0.05$).

Thus, the wall motion of some infarcted regions of the myocardium improved after PESP, and thallium was redistributed during three hours after exercise. It is concluded that contractility and viability might be preserved even in the infarcted site following myocardial infarction, and that these results are indications for aorto-coronary bypass surgery in cases of old myocardial infarction. Both PESP assessed by equilibrium radionuclide angiography and exercise thallium scintigraphy are useful means for these evaluations.

Key words

Postextrasystolic potentiation Exercise Tl-201 scintigraphy Redistribution Old myocardial infarction

緒 言

陳旧性心筋梗塞症例における梗塞部位心筋の生存能 (viability), あるいは同部位の局所収縮予備能の評価は, 冠血行再建術の適応や予後の判定に重要とされ, この点についてはこれまで種々の報告がある¹⁻³⁾. それらのうち, 期外収縮後の心拍における賦活, すなわち postextrasystolic potentiation (以下 PESP と略す) は鋭敏な心収縮予備能評価法の一つになるとされ, そのためには臨床的に主として X 線左室造影法が用いられている. また最近, 運動負荷タリウム-201 心筋シンチグラフィにより梗塞部に再分布のみられる例があり, これは同部位の viable な残存心筋を反映するものであるとの報告がある⁴⁻⁶⁾.

今回我々は, 造影剤を使用せずに施行可能であり, またコンピューター解析により, 種々の心機能解析を容易に行いうる心電図同期心プールシンチグラフィを用いて陳旧性心筋梗塞症の局所心収縮予備能を PESP から評価し, さらに運動負荷タリウム-201 心筋シンチグラフィの梗塞部再分布との関係を検討した.

対 象

陳旧性心筋梗塞症 18 例 (年齢 51 ± 9 歳) を対象とした. 内訳は前壁中隔梗塞 10 例, 前壁中隔および下壁梗塞 4 例, 下壁梗塞 2 例, 側壁梗塞 1 例, 側壁および下壁梗塞 1 例である.

方 法

1. 心電図同期心プールシンチグラフィ

経静脈的に右室心尖部に電極カテーテルを挿入し, フクダ電子製 cardiac stimulator BC-02A を用いて, 早期刺激投入時期を刺激前の R-R 間隔の 40 ないし 50% に設定して, 心室性三段脈を作成した. 一方, ^{99m}Tc-ヒト血清アルブミン 20 mCi 投与後, 平衡に達した時点で, 高感度平行孔型コリメーターを装着したガンマシンチレーションカメラを使用し, 左室と右室の明瞭に分離される左前斜位で心電図同期心プールシンチグラフィを行なった. ミニコンピューターは島津シンチパック 1200 を使い, ペーシング時はリストモードにて 12 分間, 非ペーシング時, すなわちコントロール心拍はフレームモードにて, 5 分間データ採取した. ペーシング時のリストモードデータより得られる R-R 間隔のヒストグラムは三峰性を示し (Fig. 1), これらは R-R 間隔の短いものから順に, 期外収縮後第 2 拍, 期外収縮後第 1 拍, ペーシング心拍と同定される. これらを個別に編集し, 期外収縮後第 1 拍とコントロール心拍における左室の拡張末期カウント数, 収縮末期カウント数, 駆出カウント数, 駆出率などをそれぞれ求めた. 局所壁運動は心室中隔, 心尖下壁, 後側壁の 3 領域に分け, シネモード表示から視覚的に normal, hypokinesis, akinesis, dyskinesis と判定し, 左室拡張末期像の面積重心を中心とした 4 分

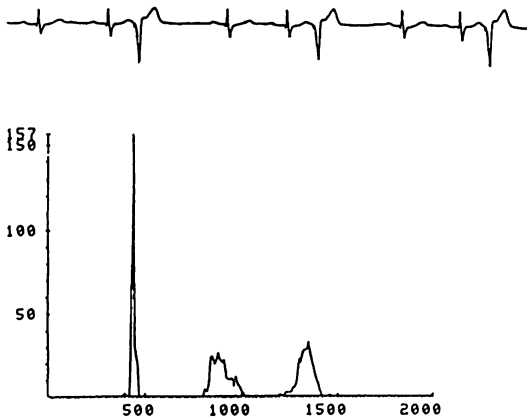


Fig. 1. Electrocardiogram showing pacing-induced ventricular trigeminy (upper), and histograms of R-R intervals during ventricular trigeminy (lower).

割から、心基部を除いた3領域の局所駆出率を算出した。

2. 運動負荷タリウム-201心筋シンチグラム

仰臥位自転車エルゴメーターを用い、初期負荷量 25 watt にて3分ごとに 25 watt ずつ漸増する多段階運動負荷を行った。目標心拍数、胸痛、心電図上の虚血性 ST 低下、極度の下肢疲労などを終了点とし、2ないし3 mCi の塩化タリウムを投与し、その後1分間、同程度の負荷を続行した。負荷10分後および3時間後にそれぞれ正面、左前斜位45度、左側面の三方向から撮像し、コンピューターに128×128のマトリックスで各方向5分間のデータを入力した。負荷後(i)および3時間後(d)の左前斜位15度像をそれぞれ補間法にてバックグラウンド処理⁷⁾した後、心室中隔、心尖下壁、後側壁に関心領域を設定し、梗塞部位(A)の最大カウント部位(C)に対するカウント比(相対的タリウム活性 relative thallium activity: RTA)を求め、3時間後の RTAd と負荷後 RTAi の差を ΔRTA とした。

$$RTAi = Ai/Ci,$$

$$RTAd = Ad/Cd,$$

$$\Delta RTA = RTAd - RTAi$$

$$= Ad/Cd - Ai/Ci$$

さらに負荷後梗塞部カウント数 Ai から3時間後梗塞部カウント数 Ad を差し引いた値を、さらに負荷後梗塞部カウント数 Ai で除した値を洗い出し率 (washout rate: WOR) とし、これらを再分布の指標とした。すなわち

$$WOR = (Ai - Ad)/Ai$$

統計処理は paired または unpaired Student's t test により行ない、危険率5%以下を有意とした。

結 果

1. 症例例示

症例1: 54歳, 男, 陳旧性前壁中隔梗塞症

コントロール心拍では中隔から心尖部におよぶ hypokinesis を呈し、左室駆出率は41%、局所駆出率は中隔部30%、心尖下壁部48%であったが、期外収縮後心拍では壁運動は正常化し、左室駆出率は53%、局所駆出率は中隔部41%、心尖下壁部68%と増加した。本例はその後大動脈-冠動脈バイパス術を施行された。その後の左室駆出率は51%、局所駆出率は中隔部36%、心尖下壁部60%と増加し、壁運動の改善を認めた (Fig. 2)。本例の相対的タリウム活性 (RTAd), ΔRTA はそれぞれ中隔部70%、10%、心尖下壁部81%、12%、洗い出し率 (WOR) は中隔部29%、心尖下壁部24%であった。

症例2: 52歳, 男, 陳旧性側壁梗塞症

コントロール心拍では後側壁の akinesis がみられ、左室駆出率は33%、局所駆出率は後側壁部で54%であったが、期外収縮後心拍では左室駆出率は46%となり、後側壁部の壁運動は hypokinesis と改善し、また局所駆出率は61%へと増加した (Fig. 3)。本例の後側壁部の3時間後の相対的タリウム活性 (RTAd), ΔRTA は、それぞれ68%、18%であり、洗い出し率 (WOR) は29%であった。

2. 左室機能

期外収縮後心拍はコントロール心拍に比し、拡張末期容積 (EDV) は $10.5 \pm 8.2\%$ 増加、収縮末

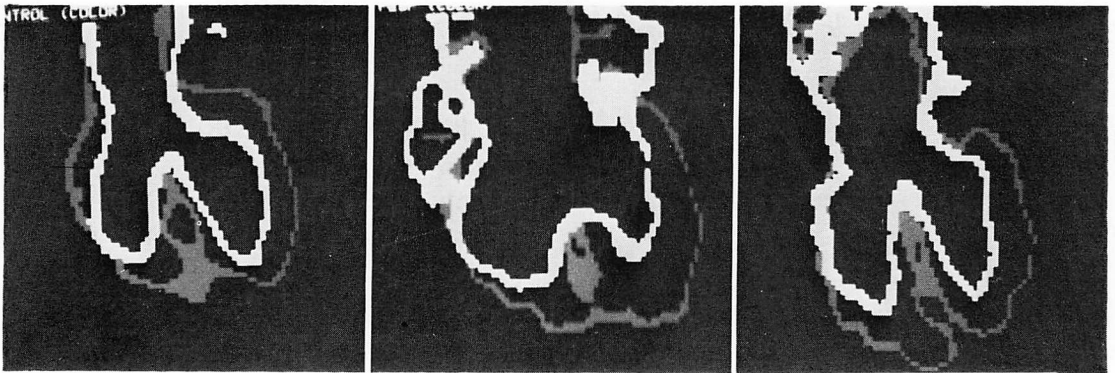


Fig. 2. Left ventricular perimeters at end-diastole and at end-systole observed in a patient with anteroseptal myocardial infarction (Case 1).

Asynergy of the apico-septal region found in a control beat (left) improves in a postextrasystolic beat (middle) and after aorto-coronary bypass surgery (right).

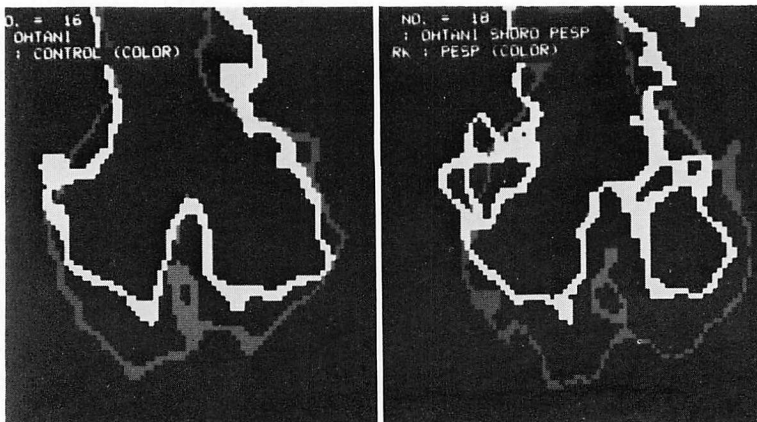


Fig. 3. Left ventricular perimeters at end-diastole and at end-systole observed in a patient with lateral infarction (Case 2).

Asynergy of the lateral region found in a control beat (left) improves in a postextrasystolic beat (right).

期容積 (ESV) は $6.1 \pm 4.6\%$ 減少, 1 回拍出量 (SV) は $28.7 \pm 14.1\%$ 増加, 左室駆出率は $38.5 \pm 11.4\%$ から $46.5 \pm 12.7\%$ へ増加した (Fig. 4).

3. 左室局所機能

コントロール心拍の梗塞部局所駆出率はほとんどの例で正常域より低値を示したが, 期外収縮後心拍では不変ないし増加を示した (Fig. 5). コントロール心拍で認められた hypokinesis 9 領域のうち, 5 領域が期外収縮後心拍では normal に,

akinesis 12 領域のうち 1 領域が normal, 6 領域が hypokinesis にそれぞれ改善し, hypokinesis の 4 領域, akinesis の 5 領域, dyskinesis の 2 領域は不変であった (Fig. 6). 期外収縮後心拍での壁運動改善領域と非改善領域の局所駆出率の変化率は, 改善領域 ($18.4 \pm 7.1\%$) の方が非改善領域 ($4.7 \pm 4.1\%$) よりも有意に大であった (Fig. 7).

4. 心筋タリウム再分布

運動負荷タリウム-201 心筋シンチグラムと

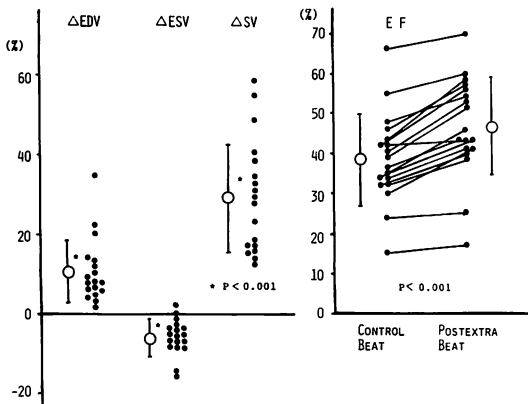


Fig. 4. Changes in end-diastolic volume (EDV), end-systolic volume (ESV) and stroke volume (SV) in postextrasystolic beats, and ejection fraction (EF) in control beats and postextrasystolic beats.

Δ EDV=change in end-diastolic volume; Δ ESV=change in end-systolic volume; Δ SV=change in stroke volume.

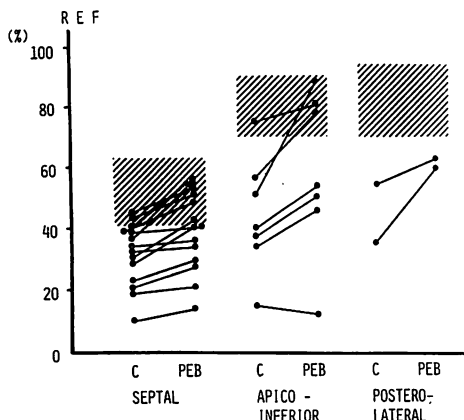


Fig. 5. Regional ejection fraction (REF) in control beats (C) and in postextrasystolic beats (PEB).

Shaded areas show mean \pm 2 standard deviation of the normal area.

の対比では、3時間後の相対的タリウム活性 (RTAd) は改善領域 (76.5 \pm 11.2%) で非改善領域 (48.8 \pm 18.7%) よりも有意に高く、 Δ RTA も同様であり (改善領域 12.6 \pm 7.2%; 非改善領域

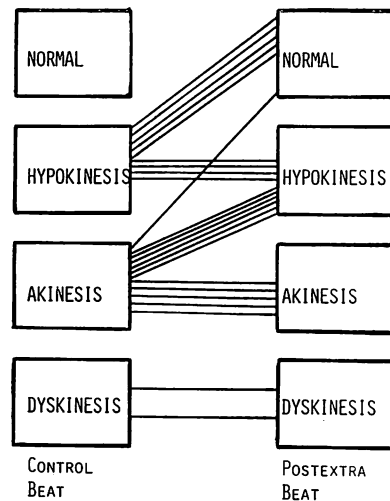


Fig. 6. Consequence of wall motion abnormalities by postextrasystolic potentiation.

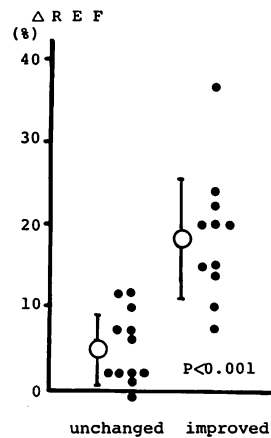


Fig. 7. Change in regional ejection fraction (REF) in infarcted areas with improved and unchanged wall motion abnormalities by postextrasystolic potentiation.

5.4 \pm 6.4%), 洗い出し率 (WOR) は改善領域 (28.0 \pm 9.8%) が非改善領域 (40.1 \pm 11.8%) よりも有意に低かった (Fig. 8). さらに、局所駆出率の変化率と3時間後の相対的タリウム活性は、 $r=0.654$ の正相関を示した (Fig. 9).

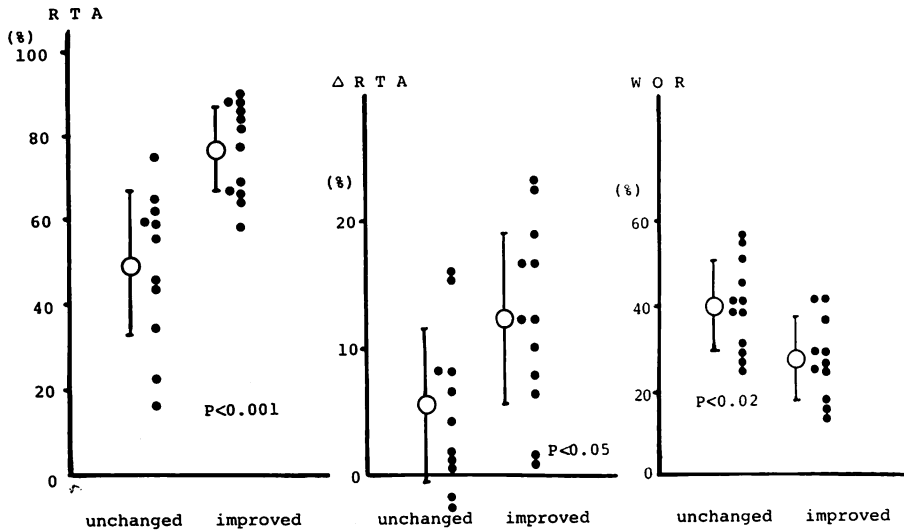


Fig. 8. Comparison of relative thallium activity (RTA) 3 hours after exercise, change in relative thallium activity (Δ RTA) and the washout rate (WOR) of areas with improved and unchanged wall motion abnormalities by postextrasystolic potentiation.

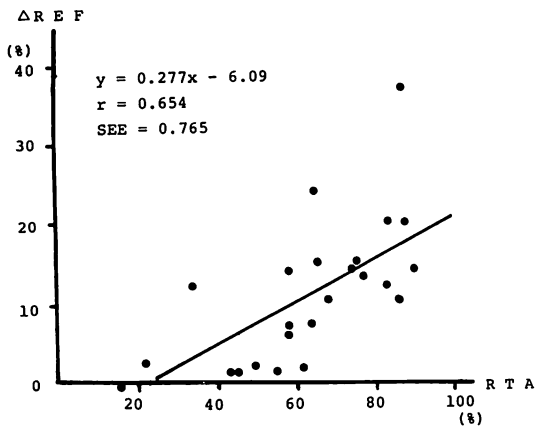


Fig. 9. Correlation of relative thallium activity (RTA) 3 hours after exercise and regional ejection fraction (REF).

考 按

近年, 虚血性心疾患の増加とともに大動脈・冠動脈バイパス術施行症例が増加し, さらに, 経皮的冠血管形成術が多くの施設で行なわれつつある。しかし, それらの適応および予後についての

判定には極めて困難な場合がある。特に安静時すでに局所壁運動異常を有する症例, 例えば心筋梗塞症例における梗塞部の壁運動が, 当該冠血管の大動脈・冠動脈バイパス術や経皮的冠血管形成術後, 改善するか否かの予測は極めて重要であり, これらのある程度見極めてから, これらの冠血行再建術の適応を決定すべきである。心電図上異常 Q 波が存在する貫壁性心筋梗塞症例で, akinesis や dyskinesis など, 高度の壁運動異常を呈しても, 病理学的に同部位に正常心筋の残存を認める例がある⁸⁾とされ, 冠血行再建術後, そのような高度の壁運動異常が改善する例の存在することも知られている⁹⁾。この壁運動異常改善の予測は安静時における壁運動の観察のみでは困難であり, この予測のため, 種々の薬剤負荷 (ニトログリセリン^{2,3)}, ノルエピネフリン¹⁾) により, 局所心収縮力を変動させる方法が行なわれているが, 期外収縮後の potentiation は収縮力を増加させるもっとも強力な方法の一つとされている。Hambyら¹⁰⁾はこの potentiation による壁運動改善と大動脈・冠動脈バイパス術後の壁運動改善との良好

な一致を見、さらに Nesto ら¹¹⁾はこの potentiation による左室駆出率の 10% 以上増加例では 5 年生存率が良好であったことを報告しており、予後判定上、この potentiation による変動を観察することは意義があると思われる。

通常、期外収縮後 potentiation の評価は左室造影法で行われるが、本研究では造影剤を使用しないため侵襲度が少なく、またコンピューター解析により、種々の心機能解析の容易な心電図同期心プールシンチグラフィを用いての評価が可能である。同様な RI 法を用いての検討には Kalff ら¹²⁾によるものがあり、左室容量変化、左室全体の駆出率のみについては我々の成績はそれに一致しているが、彼らの研究は冠血行再建術の適応や予後を判定する目的で行われたものではなく、そのために重要と思われる局所壁運動は観察されていない。

RI 法を用いる上での問題として、分解能を上げるために、ある程度心拍数を加算してのデータ採取が必要であり、そのため期外収縮後心拍を他の心拍と区別し、データ採取する必要がある。代償期を有する期外収縮(右室ペースング)による心室性三段脈を作成した場合には、R-R 間隔の異なる三種類の心拍が存在し、リストモードデータ採取により期外収縮後心拍のみの個別の解析が可能となり、さらに 12 分間のデータ採取により期外収縮後の加算心拍数は 200 ないし 300 に達し、データ解析には十分な分解能が得られていると考えられる。Figs. 2, 3 に示したごとく、梗塞部位であっても、期外収縮後心拍で壁運動の改善がみられたことは、この部位に生存能を有する(viable)な心筋が残存していることを示唆し、このために壁運動異常が可逆的であったことが考えられる。事実、Fig. 2 のように、大動脈・冠動脈バイパス術施行後、壁運動異常の改善が認められたことは、このことを裏付けるものである。この壁運動異常の判定は、シネモード表示により、視覚的、かつ定性的なものであるとはいえ、RI 法によるこの評価の妥当性は広く認められるところであ

り、より侵襲度の少ない本法により、期外収縮後の potentiation の評価が可能であった。本法は単に定性的な面のみならず、さらに Fig. 7 のごとく、期外収縮後心拍での壁運動の改善群と非改善群では、期外収縮後心拍の局所駆出率の変化率に有意差がみられ、壁運動改善と局所駆出率の増加はそれぞれ対応し、局所駆出率の変化から期外収縮後 potentiation を定量的に評価することも可能と思われた。

ヒト心における期外収縮後 potentiation のメカニズムは完全には解明されていないが、次の三つの要因の関与が考えられている。すなわち、1) 心筋内へのカルシウム流入の増加による心筋収縮力の増強^{13,14)}、2) 代償休止期の間の全身血管抵抗の減少¹⁵⁾および、3) 代償休止期の間の左室流入の増加^{16,17)}の三者である。これらのうち、Sung ら¹⁸⁾は、少なくとも健康人においては、左室流入の増加による因子の関与は少ないとしているが、我々の結果では、平均 10.5% の左室拡張末期容量の増加があり、3) の関与も大きいように思われ、この違いは疾患心と健康心の差、または容量変化測定法の違いなどが考えられる。いずれにしても、この potentiation のメカニズムには不明の点が多く、今後の知見の集積が望まれるが、臨床応用上、心収縮予備能を把握する方法としての有用性が本研究からも示されたと思われる。

一方、陳旧性心筋梗塞症の運動負荷タリウム-201 心筋シンチグラムで、負荷直後の欠損像が 2, 3 時間後には部分的あるいは完全に改善するという例の存在することが報告されている。通常、タリウムの再分布は負荷による一過性虚血部にのみ認められ、梗塞部には認められないことから、一般には虚血部と梗塞部の鑑別に利用されているが、本研究にみるごとく、梗塞部に再分布の認められる例が多数存在した。タリウム-201 静脈内投与後の初期分布が血流分布に主に依存することは周知の事実であるが、再分布の機序に関しては未だ不明な点が多い。梗塞部におけるこの再分布現象は壁運動異常の軽度な例に多いと考えられて

いるが, Kondoら⁵⁾は高度な壁運動異常を呈しながらタリウム再分布のみられる例を挙げ, 壁運動異常と再分布とが必ずしも一致するものではないと報告している. さらに側副血行路発達の良好な例や当該冠動脈狭窄度の軽い例に再分布例が多く, 冠灌流状態とタリウムの再分布が関連するとの報告も認められる. 今回の検討は視覚的だけでなく定量的に, 3時間後の相対的タリウム活性 (RTAd), 負荷後タリウム活性との差 (Δ RTA), 梗塞部の洗い出し率 (WOR) を再分布の指標としたが, いずれの指標も期外収縮後 potentiation による壁運動の改善および非改善群間で有意差がみられ, タリウムの梗塞部再分布とこの potentiation による壁運動の改善は密接な関係にあることが示された. またその壁運動異常の改善が冠血管再建術後の改善とよく一致したという報告などから, この potentiation は局所心収縮予備能を反映し, このことはタリウムの梗塞部再分布の現象が生存能を有する残存心筋の存在を鋭敏に反映していることを示唆する. 再分布には負荷量, 負荷後の撮像時間などが関係し, それらを十分ふまえた上で解釈する必要があるが, 再分布は他の検査では得難い有用な情報を提供しているものと解される.

以上より, 期外収縮後 potentiation による局所壁運動の改善, 局所駆出率の増加および運動負荷タリウム-201 心筋シンチグラム の梗塞部再分布は, いずれも生存能を有する残存心筋の存在を鋭敏に反映し, 冠血行再建術の適応や予後判定上, 有用と考えられた. また RI 法によるこの potentiation の評価は, 侵襲度が少なく, 十分, 臨床応用が可能であると考えられた.

要 約

陳旧性心筋梗塞症における梗塞部位の局所収縮予備能, あるいはその生存能の評価は, 冠血行再建術の適応や予後判定上, 重要である. 18例の陳旧性心筋梗塞症の局所心収縮予備能を postextrasystolic potentiation (PESP) から評価し, 運動

負荷タリウム-201 心筋シンチグラム の梗塞部再分布との関連を検討した.

右室心尖部に電極カテーテルを挿入し, cardiac stimulator を用いて三段脈を作製し, 安静時および PESP 時に平衡時心プールシンチグラフィーを施行, おおのこの局所駆出率を算出し, 壁運動を視覚的に観察した. 一方, 運動負荷タリウム-201 心筋シンチグラフィーは 10 分後および 3 時間後に撮像し, 相対的タリウム活性 (relative thallium activity: RTA) および洗い出し率 (washout rate: WOR) を再分布の指標とした.

梗塞部 23 領域のうち, 期外収縮後 potentiation の心拍では 12 領域の壁運動が改善を示した. 壁運動の改善領域は非改善領域に比し, 局所駆出率, 3 時間後の相対的タリウム活性, および 3 時間後と負荷後の相対的タリウム活性の差 (Δ RTA) が有意に高値を示し, 洗い出し率は低値を示した. また, 3 時間後の相対的タリウム活性と局所駆出率の変化率には, $r=0.654$ の相関がみられた.

以上より, 期外収縮後の心拍における potentiation による局所壁運動の改善, 局所駆出率の増加はタリウムの再分布と密接に関連し, これらとともに局所収縮予備能あるいは生存能を有する残存心筋の存在を鋭敏に反映することが示唆された.

文 献

- 1) Horn HR, Teichholz LE, Cohn PF, Herman MV, Gorlin R: Augmentation of left ventricular contraction pattern in coronary artery disease by an inotropic catecholamine: The epinephrine ventriculogram. *Circulation* 49: 1063, 1974
- 2) Helfant RH, Pine R, Meister SG, Feldman MS, Trout RG, Banka VS: Nitroglycerin to unmask reversible asynergy: Correlation with post coronary bypass ventriculography. *Circulation* 50: 108, 1974
- 3) McAnulty JH, Hattenhauer MT, Rosch J, Kloster FE, Rahimtoola SH: Improvement in left ventricular wall motion following nitroglycerin. *Circulation* 51: 140, 1975
- 4) Massie BM, Winseski JA, Inouye IK, Hollenberg M, Gertz EW, Henderson S: Detection and quantification of previous myocardial infarction by exercise-redistribution tomographic thallium-201

- scintigraphy. *Am J Cardiol* **53**: 1244, 1984
- 5) Kondo M, Miyazaki S, Takahashi M, Shimono Y: Assessment of viable myocardium within infarct zone by exercise thallium-201 scintigraphy. *Jpn Circ J* **48**: 219, 1984
 - 6) 菅野和治, 齊藤宗靖, 住吉徹哉, 黄田純子, 土師一夫, 平盛勝彦, 西村恒彦, 小塚隆弘: 運動負荷 ²⁰¹Tl 心筋シンチグラムにおける梗塞部再分布の意義. 呼吸と循環 **32**: 925, 1984
 - 7) Goris ML, Daspit SG, McLaughlin P, Kriss JP: Interpolative background subtraction. *J Nucl Med* **17**: 744, 1976
 - 8) Ideker RE, Behar VS, Wagner GS, Starr JW, Starmer CF, Lee KL, Hackel DB: Evaluation of asynergy as an indicator of myocardial fibrosis. *Circulation* **57**: 715, 1977
 - 9) Popio KA, Gorlin R, Bechtel D, Levine JA: Postextrasystolic potentiation as a predictor of potential myocardial viability: Preoperative analyses compared with studies after coronary bypass surgery. *Am J Cardiol* **39**: 944, 1977
 - 10) Hamby RI, Aintablian A, Wisoff BG, Hartstein ML: Response of the left ventricle in coronary artery disease to postextrasystolic potentiation. *Circulation* **51**: 428, 1974
 - 11) Nesto RW, Cohn LH, Collins JJ, Joshua W, Holman L, Cohn PF: Inotropic contractile reserve: A useful predictor of increased 5 year survival and improved postoperative left ventricular function in patients with coronary artery disease and reduced ejection fraction. *Am J Cardiol* **50**: 39, 1982
 - 12) Kalff V, Chan W, Radinovitch M, O'Neill W, Walton J, Stewart J, Thrall JH, Pitt B: Radionuclide evaluation of postextrasystolic potentiation of left ventricular function induced by atrial and ventricular stimulation. *Am J Cardiol* **50**: 106, 1982
 - 13) Suko J, Ueba Y, Childsey CA: Intracellular calcium and myocardial contractility. *Circ Res* **27**: 227, 1970
 - 14) Wood EH, Heppner RL, Weidmann S: Inotropic effects of electric currents. *Circ Res* **24**: 409, 1969
 - 15) Beck W, Chesler E, Schrire V: Postextrasystolic ventricular pressure responses. *Circulation* **44**: 523, 1971
 - 16) Dyke SH, Cohn PF, Gorlin R, Sonnenblick EH: Detection of residual myocardial function in coronary artery disease using post-extra systolic potentiation. *Circulation* **50**: 694, 1974
 - 17) Banka VS, Bodenheimer MM, Shah R, Helfant RH: Intervention ventriculography: Comparative value of nitroglycerin, postextrasystolic potentiation and nitroglycerin plus postextrasystolic potentiation. *Circulation* **53**: 632, 1976
 - 18) Sung CS, Mathur VS, Garcia E, Castro CM, Hall RJ: Is postextrasystolic potentiation dependent on Starling's law? Biplane angiographic studies in normal subjects. *Circulation* **62**: 1032, 1980