

心筋梗塞例における心筋蘇生能と左室壁運動： ^{99m}Tc 心プールシンチグラフィー漸層法による検討

Relationship of left ventricular wall motion to myocardial viability in patients with recent myocardial infarction

成田 充啓
栗原 正
村野 謙一

Michihiro NARITA
Tadashi KURIHARA
Kenichi MURANO

Summary

The influence of left ventricular myocardial perfusion on left ventricular wall motion in patients with recent myocardial infarction was studied to try to differentiate viable myocardium from necrotic myocardium in 21 patients with initial myocardial infarction who received successful percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA) 5-8 weeks after the onset. Exercise stress myocardial tomography with ^{201}Tl (Ex-Tl) was performed before (3-5 weeks after acute onset) and after PTCA. Myocardial images were reconstructed into a bull's eye map which was divided into 17 segments. Rest ECG-gated cardiac blood pool tomography with ^{99m}Tc was performed before PTCA, and the left ventricular wall was divided into the same 17 segments used in Ex-Tl. The % shortening in each segment was calculated. Myocardial perfusion and % shortening were compared in each myocardial segment. Myocardial perfusion was classified into 4 types by considering whether exercise induced myocardial perfusion abnormality was transient (RD(+)) or persistent (RD(-)) in delayed image; 1) normal perfusion, 2) redistribution (+); RD(+): transient or viability exercise-induced perfusion defect before PTCA, 3) RD(-)/viable: fixed defect before PTCA but normal perfusion after PTCA, and 4) necrosis: fixed defect before and after PTCA.

Most normal perfusion segments (88% of 184) showed normal wall motion and mean % shortening was $42 \pm 11\%$. Only 13 of 73 RD(+) segments showed normal wall motion. Thirty-eight and 19 RD(+) segments showed moderate hypokinesis and severe hypokinesis or akinesis, respectively. Mean % shortening in RD(+) segments was $19 \pm 13\%$. Thirty-seven of 38 RD(-)/viable segments had wall motion abnormalities, and 20 showed severe hypokinesis or akinesis. Mean % shortening in RD(-) segments was $12 \pm 8\%$. All 62 necrosis segments showed wall motion abnormalities including 10 with dyskinesis and 42 with akinesis or severe hypokinesis. Mean % shortening was $4 \pm 7\%$. Although mean % shortening was significantly differed ($p < 0.001$) in different perfusion states, individual values overlapped among the different groups. Such overlapping might be due to the existence of myocardial stunning, a mixture of viable muscle and necrotic tissue, severe ischemia or hibernation.

Viable muscle is difficult to differentiate from necrotic tissue only based on the degree of wall motion abnormality.

住友病院 内科
大阪市北区中之島 5-2-2 (〒530)

Department of Internal Medicine, Sumitomo Hospital, Nakanoshima 5-2-2, Kita-ku, Osaka 530

Received for publication November 9, 1991; accepted September 1, 1992 (Ref. No. 36-PS160)

Key words

Myocardial viability
infarction

Myocardial perfusion

Left ventricular wall motion

Recent myocardial

はじめに

心筋梗塞後の症例において播種状に傷害されてはいるが蘇生可能な心筋(いわゆる viable but jeopardized muscle)の広がりを知ることは臨床重要であり, 一般にこの目的のために運動負荷・再分布 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィ断層法が広く用いられている¹⁾. しかし, 運動負荷後3-4時間で撮像される再分布像のみでは十分に心筋の蘇生能を判定しえない場合が存在する^{2,3)}. 他方, 壊死心筋と蘇生可能な心筋とでは左室壁運動障害の程度が異なることも報告されている⁴⁾が, ことに梗塞発症後数週間の症例においては心筋気絶(stunning)や冬眠心筋(hibernation)の問題もあり⁵⁾, 壁運動障害の程度から蘇生可能な心筋を診断するには限界があると考えられる. そこで, 急性梗塞後の症例で心筋灌流の状態と左室壁運動の関連を検討した. すなわち, 急性梗塞発症後数週間で経皮的冠動脈形成術(percutaneous transluminal coronary angiography: PTCA)に成功した症例を対象に, PTCA 前後に施行した運動負荷・再分布 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィより心筋灌流の状態を判定し, これと PTCA 前に施行した安静時 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 心プールシンチグラフィ断層法より求めた左室壁運動の程度を同一区域で対比するとともに, こうした症例において, 左室壁運動障害の程度がどの程度蘇生可能な心筋の診断を可能とするか検討した.

対象と方法

対象

対象は初回心筋梗塞例中, 急性梗塞発症後5-8週間に PTCA を行い, これに成功し¹⁾, かつ次の条件を満たした症例である.

1) 梗塞発症3-5週間後に, 運動負荷 ^{201}Tl 心

筋シンチグラフィ断層法および安静時 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 心電図同期心プールシンチグラフィ断層法を約1週間の間隔で施行, 2) PTCA 後の運動負荷心筋シンチグラフィで固定性欠損もしくは正常灌流を示す.

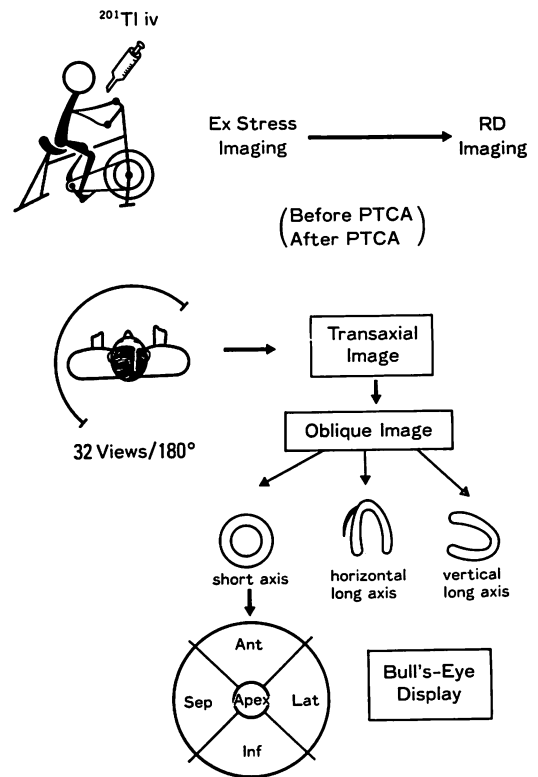


Fig. 1. Exercise stress myocardial tomography with Tl-201.

Myocardial images were obtained immediately after exercise stress (Ex) and 3 hours later (RD) from 32 projections over a 180 degree arc. After routine oblique images were reconstructed, a bull's-eye Tl-201 distribution map was constructed from short-axis images.

Ant=anterior wall; Sep=septal wall; Lat=lateral wall; Inf=inferior wall.

これに該当する症例は 21 例(男 17 例, 女 4 例), 平均年齢 60 ± 8 歳 (mean \pm SD) (45-74 歳) である. 心筋梗塞の部位は前壁 10 例, 下壁 6 例, 側壁 5 例であった. 病変冠動脈数による分類は一枝病変 16 例, 三枝病変 5 例であった.

方法

運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィ-断層法: PTCA 前後に運動負荷心筋シンチグラフィ-断層法を施行した. いずれも運動負荷には自転車エルゴメーターを使用, 一定の基準に至ったときに $^{201}\text{TlCl}$ 111 MBq を静注, さらに同レベルの運動を 1 分間持続した後, 低エネルギー汎用コリメーターを装着したガンマカメラ (Starcam 400 AC/T, Starcam 3000 XC/T) を用いて 180° , 32 方向より撮像した. 撮像は運動負荷直後と 3 時間後の再分布時に行った. このイメージをもとに, Rump-Hanning filter を用い, filtered back projection 法により体軸横断断層像を作成, 心長軸を基準として 3 つの斜位像 (長軸矢状断層像, 長

軸水平断層像, 短軸断層像) を作成, また短軸断層像より bull's eye map (^{201}Tl 分布図) を作成した (Fig. 1). 撮像法や画像作成等の詳細は繰り返し報告^{1,6)}しているため, 本論文では省略する. なお, PTCA 後の運動負荷心筋シンチグラフィ-断層法は PTCA 後 1-2 ヶ月後に行ったもので, PTCA 後狭心症の存在はなかった.

心筋シンチグラフィ-断層法から判定した心筋灌流: ^{201}Tl 分布 bull's eye map に接する 8 角形を作成, Fig. 2 に示すごとく左室を 17 の区域に区分した. PTCA 前後での欠損の有無より, また, この欠損が PTCA 前の再分布像で消失もしくは縮小したか (RD(+)), 不変であったか (RD(-)) も考慮して, 4 つの異なる心筋灌流状態を設定した.

- 1) 正常灌流: PTCA 前後とも灌流異常が存在しない
- 2) 再分布あり; RD(+): PTCA 前に運動負荷で生じた欠損が再分布時に消失する区域で,

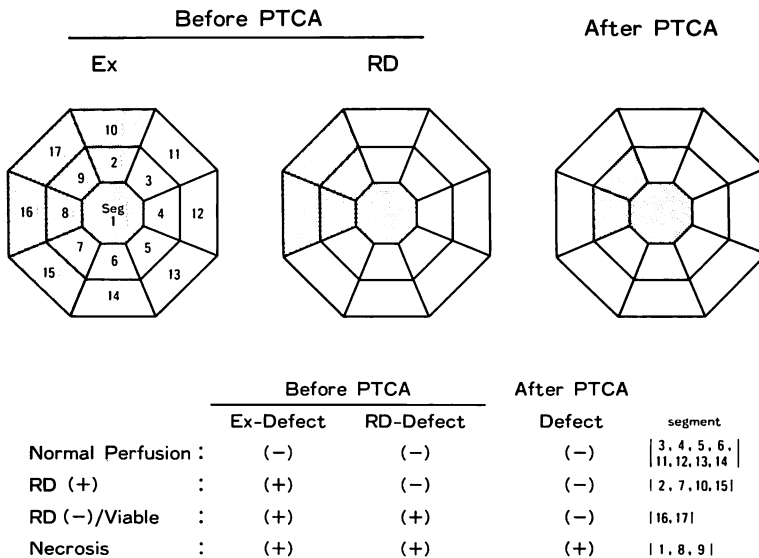


Fig. 2. Myocardial segments and myocardial perfusion.

Each bull's-eye map was divided into 17 segments. Myocardial perfusion was divided into 4 types comparing changes in perfusion before (exercise stress and reperfusion) and after PTCA. The dotted segments represent perfusion defects. Segment numbers are arbitrary.

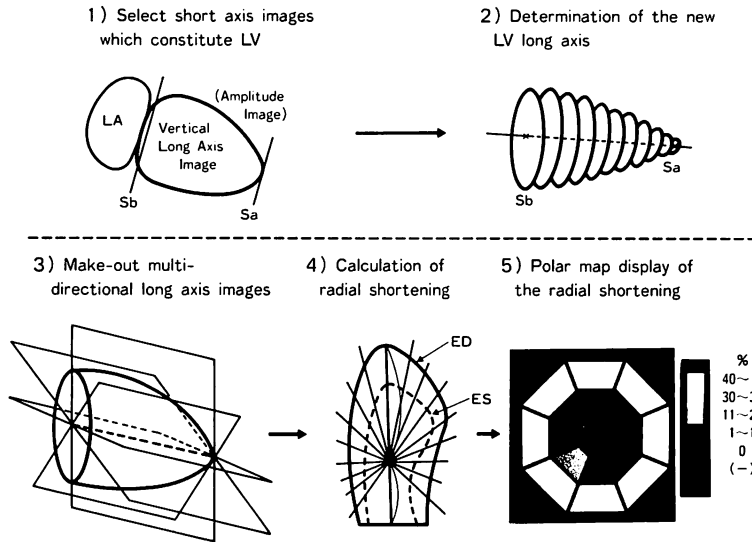


Fig. 3. Representation and quantitative estimation (% shortening) of left ventricular wall motion.

Short-axis images which constituted left ventricle (LV) were selected from the vertical long-axis image of ECG-gated cardiac blood pool tomography with ^{99m}Tc, to determine a new LV long-axis. Four new long-axial images which crossed at the new long-axis at 45 degrees to each other were reconstructed. On each long-axis plane, % shortening from end-diastole (ED) to end-systole (ES) was calculated along the radial lines (15 degrees apart) which converged to a point two-thirds along the long-axis from the apex. Mean % shortening of each segment was displayed as a polar map.

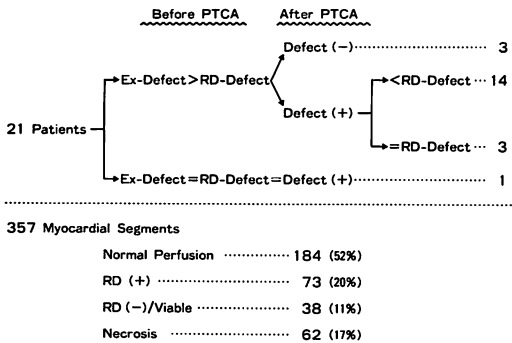


Fig. 4. Evaluation of changes in regional myocardial perfusion before and after PTCA.

Upper: by patients; lower: by segments.

Ex-Defect and RD-Defect are the number of defective segments at exercise stress and at redistribution before PTCA, respectively.

PTCA 後には灌流異常が存在しない

3) 再分布はしないが蘇生可能; RD(-)/蘇生可能: PTCA 前に固定性欠損を示すが, PTCA 後には灌流異常を示さない

4) 壊死: PTCA 前に固定性欠損を示し, かつ PTCA 後も固定性欠損を示す

1つの区域内に2つ以上の灌流状態がオーバーラップして存在するときは, 半分以上を占める灌流状態をもってその区域の灌流状態とみなした.

心プールシンチグラフィ断層法: 心プールシンチグラフィは安静時に ^{99m}Tc ヒト血清アルブミン D 740 MBq を静注, 約 20 分後より低エネルギー汎用コリメーターを装着したガンマカメラ (Starcam 3000 XC/T) を用い, 心電図 R 波同期で 360°, 32 方向より撮像した. 1 方向の撮像時間は 50 秒とし, R-R 間隔を 16 等分するマルチゲ

ート収集を行った。得られたデータは、Rump-Hanning filter を用いた filtered back projection 法により体軸横断断層像を作成した。この体軸横断断層像での心長軸を基準に、心筋シンチグラフィの場合と同様に、3つの oblique image (長軸矢状断層像, 長軸水平断層像, 短軸断層像) を作成した。方法の詳細はすでに報告しており^{7,8)}, 本論文では省略する。このうち拡張終期において左室を構成する短軸断層像を選び、各短軸断層面の中点を通る新たな心長軸を設定 (Fig. 3), この長軸を含む新たな長軸矢状断層像, 長軸水平断層像およびこれに 45° の角度で交わる2つの長軸断層像の計 4 つの長軸断層面を作成した。各断層面において心長軸の心基部寄り 1/3 の点を収縮の中心とみなし, 15° ごとの放射線を引き, 各線上で拡張終期から収縮終期への壁短縮率 (% shortening) を求めた。1つの断層面で心尖部を中心としてほぼ等間隔に5つの区域に区分, 各区域での平均壁短縮率を表示した。したがって左室全体では心筋シンチグラフィの場合と同様に17の区域に区分された (Fig. 3)。この表示のさいの心尖部の壁短縮率は, 4つの各断層面における心尖部壁短縮率の平均値とした。本法もすでに報告済みであり⁸⁾, 詳細は省略する。

各症例 17 の区域において, 左室壁短縮率と心筋灌流状態の対比を行った。

各群の平均値は mean±SD で示した。各群間の有意差検定には Student's *t*-test を用い, 5% 未満を有意とみなした。

結 果

心筋灌流

Fig. 4 に示すごとく, 21 例のうち 20 例では PTCA 前において運動負荷で生じた欠損が再分布像で縮小を認めた。このうち 3 例では PTCA 後に欠損の消失を認め, 残りの 17 例では PTCA 後に固定性欠損を残したが, この 17 例中 3 例では PTCA 前における再分布像での欠損と PTCA 後の欠損の大きさが同じで, 14 例では PTCA 後

の欠損は PTCA 前での再分布像より小さかった。1 例では PTCA 前後とも固定性欠損を示し, 欠損の大きさは PTCA 前後で変わらなかった。計 357 の区域で判定した心筋灌流は, 正常灌流 184 区域 (52%), RD(+) 73 区域 (20%), RD(-)/蘇生可能 38 区域 (11%), 壊死 62 区域 (17%) であった。

左室壁短縮率

357 の区域のうち, 正常収縮または境界領域に相当する壁短縮率 30% 以上⁸⁾ の区域は 176 (49%), 中等度の hypokinesis に相当する壁短縮率 11-29% は 86 区域 (24%) に, 重篤な hypokinesis (壁短縮率 1-10%) は 68 区域 (19%) に, akinesis (壁短縮率は 0%) 17 区域 (5%) に, dyskinesis (壁短縮率 negative) は 10 区域 (3%) に存在した。

心筋灌流状態と左室壁短縮率

Fig. 5 に代表例を呈示し, Fig. 6 に全 357 区域での両者の関連を示す。正常灌流を示した区域では 88% がほぼ正常の左室壁運動, すなわち左室壁短縮率 30% 以上を示したが, 11% では中等度の hypokinesis を, 1% では重篤な hypokinesis を示した。RD(+) の領域では正常収縮を示した区域は 18% で, 52% では中等度の hypokinesis を, 26% で重篤な hypokinesis を, 4% で akinesis を示した。RD(-)/蘇生可能では正常壁運動を示した区域は 2% にすぎず, 45% は軽度な hypokinesis を, 45% は重篤な hypokinesis を, 8% は akinesis を示した。壊死では正常壁運動を示す区域は存在せず, 16% は軽度な hypokinesis を, 50% は重篤な hypokinesis を, 18% は akinesis を, 16% は dyskinesis を示した。各心筋灌流状態での平均壁短縮率は正常灌流で 42±11% (10-67%), RD(+) で 19±13% (0-52%), RD(-)/蘇生可能で 12±8% (0-38%), 壊死で 4±7% (-10-21%) と, おのおの有意 ($p < 0.001$) な差を示していた。

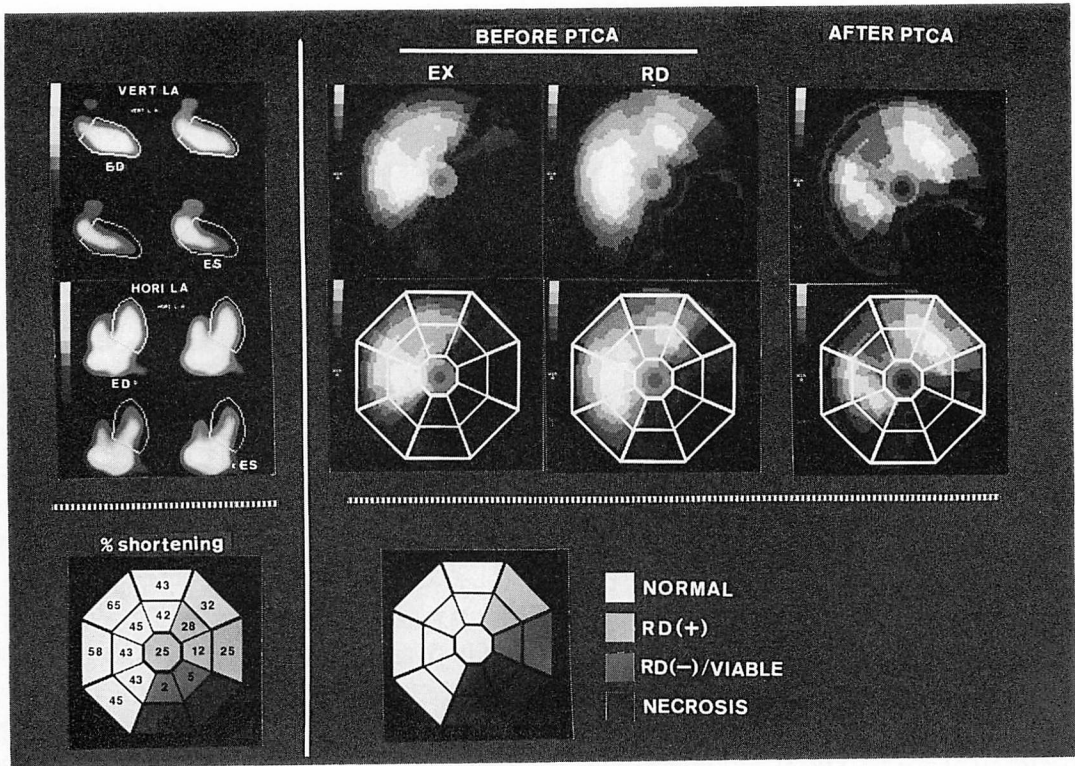


Fig. 5. A patient with recent lateral myocardial infarction.

Cardiac blood pool tomography with ^{99m}Tc (upper left). Vertical and horizontal long-axial images showing wall motion abnormalities at inferior, posterior and lateral walls. % shortening of each left ventricular segment (lower left).

Exercise stress myocardial tomography (bull's-eye Tl-201 distribution map) (upper right). Perfusion state of each myocardial segment (middle right).

考 按

心筋灌流状態は左室局所機能, すなわち左室壁運動の状態を決定する重要な因子であり, 安静時 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィーでとらえた心筋灌流障害の程度と, 局所壁運動が良く一致することが報告されてきた⁹⁾. しかし, 心筋梗塞後, しかも梗塞発症後数週間の症例においては, 心筋気絶の状態が存在したり, また, 冬眠心筋の状態が存在する可能性もあり⁵⁾, 心筋灌流と局所心機能が必ずしも一致しない症例が存在すると考えられる. そこで, われわれは心筋灌流状態と左室壁運動の

対比を心筋梗塞後比較的早期の症例で試みた.

心筋灌流をみる手段として運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィーを用いたが, 従来の運動負荷, 3時間後の再分布心筋シンチグラフィーでは蘇生可能な心筋の十分な把握が困難であるため, PTCA を施行した症例に限定し, PTCA 前後での運動負荷心筋シンチグラフィー所見より, 心筋灌流状態を4つのカテゴリーに区分した. すなわち, 1) 灌流障害の存在しない正常灌流領域, 2) PTCA 前において運動負荷による一過性灌流障害を示す RD(+), 3) PTCA 前には固定性の欠損であるため一見壊死心筋と考えられるが,

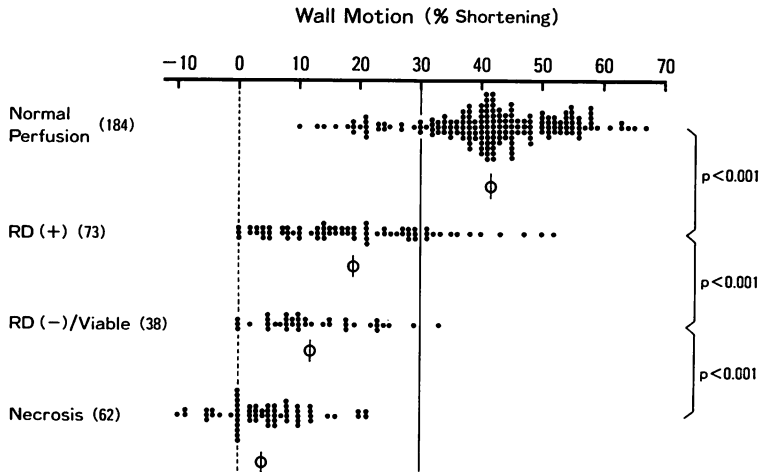


Fig. 6. Comparison of myocardial perfusion with % shortening.

Mean % shortening differed significantly in each type of myocardial perfusion. Individual values overlapped among different groups. φ indicates mean value for each group.

PTCA 後には心筋灌流の改善がみられ、実際には蘇生可能な心筋である RD(-)/viable, 4) 壊死心筋と考えられる壊死部の4つである。これとPTCA 前の ^{99m}Tc 心プールシンチグラフィー断層法より求めた左室壁短縮率との対比を行った。しかも心プールシンチグラフィーは、共通の心長軸をもとに任意長軸多方向断層像⁸⁾を作成し、左室の壁運動を17区域に区分し、定量的にとらえた。

一方、心筋シンチグラフィーは bull's eye 法 ^{201}Tl 分布図を用い、左室短縮率に対応する17区域に細分し、心筋灌流、心機能を同一の区域で対比した。正常灌流部ではほとんどの区域が正常の壁短縮率を示したが、軽度の hypokinesis を示した区域も一部存在した (Fig. 6)。これは1つの区域に異なった灌流状態が混在したとき、その半分以上を占める灌流状態をもって、その区域の灌流状態とみなしたことも一因と考えられた。

RD(+), すなわち運動負荷により虚血を生じるものの安静時の灌流状態は正常に近いと考えられる領域において、正常壁運動を示した領域は18% にすぎず、大半の領域では壁運動異常を示

し、壁短縮率も正常灌流域に比べると有意に低い値を示した。しかもこの壁運動異常には akinesis, 重篤な hypokinesis のごとく、かなり高度の壁運動異常も含まれていた。これは再分布陽性といってもその程度に差があり、今回の検討では安静時 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィーを行っていないため、安静時の灌流状態が把握されていないが、安静時の灌流も不良であったり、壊死心筋が混在している可能性も存在する。また、こうした領域では、ことに急性梗塞後数週間の症例では、いわゆる気絶心筋と呼ばれる状態^{5,10)}が含まれる可能性もあると考えられた。

RD(-)/viable, すなわち通常の運動負荷・再分布 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィーでは壊死とみなされるが、実際には蘇生可能である心筋領域は97% の領域が壁運動異常を示し、かつ半数以上は akinesis, 重篤な hypokinesis という重症の壁運動を示した。これは高度の虚血^{11,12)}、ときには冬眠心筋^{5,12)}を示すものと考えられた。

問題はこの RD(-)/蘇生可能な領域と壊死心筋領域が壁運動の差から鑑別しうるか否かである。壊死心筋域では RD(-)/蘇生可能に比べると、壁

短縮率の平均値は有意に低値を示している (Fig. 6) が, 個々の領域で対比してみると, 両者の間は極めてオーバーラップが大きい. 唯一の違いは, 壊死心筋域では壁短縮率が負の値 (dyskinesis) をとることもあるが, 蘇生可能な心筋では壁短縮率が負の値をとることはない, といった程度のこと, 壁運動の状態からのみでは蘇生可能な心筋と壊死心筋の鑑別は不可能と考えられた.

以前の報告では通常の運動負荷・再分布 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィでは固定性欠損を示すが, 24 時間後に再分布を示す領域¹¹⁾や通常の再分布像の後少量の ^{201}Tl を追加注入して撮像する追加注入像で欠損の消失する領域⁴⁾といった viable myocardium の存在を反映する領域では, akinesis, severe hypokinesis を示すことは少ないとしており, 高度の左室壁運動障害が存在しても蘇生可能な心筋がかなり存在しうるとするわれわれの今回の検討とは異なっていた. これは以前の報告において, 壁運動の判定法として, プラナー $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 心プールシンチグラフィ⁴⁾やコントラスト左室造影法¹¹⁾を用いているため, 心筋シンチグラフィ, 心プールシンチグラフィともに断層法を用いた今回のわれわれの検討と異なり, まったく同一の区域での比較がなされていないこと, 今回われわれの対象は急性梗塞発症後数週間の症例に限っており, 陳旧性梗塞や梗塞のない冠動脈疾患を含む以前の報告と対象に違いが存在することなどが関係していると考えられた.

われわれの方法においても, 左室を一定の決まった 17 の区域に区分しているため, 同一区域内に異なった灌流状態や異なった壁運動状態が含まれていることもあり, この場合も単一の状態であるかのごとく表現した欠点はある. しかし, いずれにしても, 安静時左室壁運動の状態のみから心筋の蘇生能を判定するのは困難と考えられた.

結 論

急性梗塞発症 3-5 週間後に施行した安静時 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 心プールシンチグラフィ断層法から求め

た左室壁短縮率と心筋灌流状態の関連を検討した. 心筋灌流状態は PTCA 前後での運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィ断層法より判定し, 両者を同一の区域で対比した. 梗塞後数週間においては, 運動負荷で虚血を生じるものの安静時心筋灌流が正常と考えられる区域でも, 壁運動障害が存在することが多く, 気絶心筋が高頻度に存在する可能性を示唆した. また, 高度虚血あるいは冬眠状態を示す心筋では, 壊死心筋と同等に壁運動障害が高度で, 壁運動障害の程度から心筋蘇生能の存在は診断不可能と考えられた.

要 約

急性心筋梗塞後の症例において, 心筋灌流状態と左室壁運動の関連を検討し, 左室壁運動障害の程度が蘇生可能な心筋を診断しうるか否かを検討した. 対象は初回心筋梗塞例で, 梗塞発症 5-8 週間後に PTCA に成功した 21 例で, PTCA 前後に運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィ断層法 (Ex-Tl) を, PTCA 前に安静時心電図同期 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 心プールシンチグラフィ断層法を行った. Ex-Tl は bull's eye map を用い 17 の区域に区分した. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 心プールシンチグラフィも 4 つの長軸断層面を作成, 左室全域を Ex-Tl 同様に 17 の区域に分け, 各区域での局所壁短縮率を求め, 心筋灌流と短縮率を同一の区域で対比した.

心筋灌流状態は PTCA 前後での Ex-Tl より PTCA 前後とも正常灌流を示す正常灌流域, PTCA 前の Ex-Tl で一過性の灌流異常を示す RD(+), PTCA 前に固定性欠損を示すものの PTCA 後は正常灌流を示す RD(-)/蘇生可能, PTCA 前後とも固定性欠損を示す壊死の 4 つに分類した. 正常灌流域 (184 区域) ではほとんどの区域 (88%) が正常の壁運動を示し, 平均壁短縮率は $42 \pm 11\%$ であった. RD(+)(73 区域) では正常壁運動を呈する区域は 18% にすぎず, 52% で中等度の hypokinesis を, 26% で severe hypokinesis または akinesis を示し, 平均壁短縮率は $19 \pm 13\%$ であった. RD(-)/蘇生可能 (38

区域)では97%まで壁運動異常を示し、重篤な hypokinesis, akinesis といった高度の壁運動障害を示す区域が53%を占め、平均壁短縮率は $12 \pm 8\%$ であった。壊死部(62区域)では全域で壁運動異常を示し、16%の区域では dyskinesis, 68%の区域では重篤な hypokinesis または akinesis で、平均壁短縮率は $4 \pm 7\%$ であった。

各灌流状態では有意($p < 0.001$)に異なるものの、正常灌流域を除く各灌流状態では壁短縮率のオーバーラップが大きく、これには気絶心筋、蘇生可能な心筋と壊死心筋の混在、冬眠心筋といった機序が関与していると考えられ、壁運動障害の程度のみから心筋蘇生能の鑑別は困難と考えられた。

文 献

- 1) Narita M, Kurihara T, Murano K, Usami M, Minamino T, Katoh O, Higashino Y: The usefulness of preoperative exercise stress myocardial single photon emission CT with thallium-201 to predict the response to coronary revascularization. *Resp Circ* **37**: 421-428, 1989
- 2) 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
- 3) Dilsizian V, Smeltzer WR, Freedman NMT, Dextras R, Bonow RO: Thallium reinjection after stress-redistribution imaging: Does 24-hour delayed imaging after reinjection enhance detection of viable myocardium? *Circulation* **83**: 1247-1255, 1991
- 4) Tamaki N, Ohtani H, Yonekura Y, Nohara R, Kambara H, Kawai C, Hirata K, Ban T, Konishi J: Significance of fill-in after thallium-201 reinjection following delayed imaging: Comparison with regional wall motion and angiographic findings. *J Nucl Med* **31**: 1617-1623, 1990
- 5) Braunwald E, Rutherford JD: Reversible ischemic left ventricular dysfunction: Evidence for the "hibernating myocardium." *J Am Coll Cardiol* **8**: 1467-1470, 1986
- 6) Narita M, Kurihara T, Murano K, Usami M, Honda M, Tomonobu M, Kanao K: Quantitative analysis of exercise stress thallium-201 myocardial tomography: The evaluation of bull's-eye map representation for the detection of coronary artery disease. *Jpn J Nucl Med* **24**: 55-64, 1987
- 7) Narita M, Kurihara T, Murano K, Usami M, Honda M: Assessment of left ventricular function by gated cardiac blood-pool emission computed tomography using a rotating gammacamera. *Jpn J Nucl Med* **28**: 51-61, 1991
- 8) Narita M, Kurihara T, Murano K, Usami M: Assessment of left ventricular wall motion by optional multiple long-axis gated blood pool SPECT. *Heart* **23**: 63-69, 1991
- 9) Stratton JR, Speck SM, Caldwell JH, Martin GV, Cerqueira M, Maynard C, Davis KB, Kennedy W, Ritchie JL: Relation of global and regional left ventricular function to tomographic thallium-201 myocardial perfusion in patients with prior myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* **12**: 71-77, 1988
- 10) Braunwald E, Kloner RA: The stunned myocardium: Prolonged, postischemic ventricular dysfunction. *Circulation* **66**: 1146-1149, 1982
- 11) Gutman J, Berman DS, Freeman M, Rozanski A, Maddahi J, Waxman A, Swan HJ: Time to completed redistribution of thallium-201 in exercise myocardial scintigraphy: Relationship to the degree of coronary artery stenosis. *Am Heart J* **106**: 989-995, 1983
- 12) Bonow RO, Dilsizian V: Thallium-201 for assessment of myocardial viability. *Semin Nucl Med* **21**: 230-241, 1991