

## 《原 著》

# 急性心筋梗塞における負荷時左室駆出率の変化 および罹患冠動脈病変と RI 諸指標の相互関係

木 下 栄 治\*

**要旨** 急性心筋梗塞(AMI)で、左室駆出率(LVEF)の負荷時の変化や罹患冠動脈病変を、安静負荷時のRI諸指標より推定し得るか否かを検討した。対象は、AMI患者61例で、発症21~28病日に負荷RI心室造影を施行し、LVEFの変化を $\Delta$ LVEFとし、安静時の諸指標と比較検討した。また負荷心筋スキャンから負荷直後・4時間後の心筋灌流指數の差を $\Delta$ TLPIとした。さらに、冠状動脈造影より病変部を、多枝病変群(MVD)、一枝病変群(SVD)に分類し、 $\Delta$ LVEF、 $\Delta$ TLPIとの関係を検討した。 $\Delta$ LVEFと安静時位相解析の標準偏差(SD)に負の相関を認めた( $r=-0.41$ ,  $p<0.01$ )。またSDが30以下の例は $\Delta$ LVEFが有意に増大する傾向にあった( $p<0.01$ )。 $\Delta$ LVEF、 $\Delta$ TLPIでは、MVDで $\Delta$ LVEFが5%以下の例が多く、SVDは $\Delta$ TLPIの不变例が多く、感受性はそれぞれ、80.7%, 81.5%であった。以上のことから、負荷時LVEFの変化を安静時のSDから、また罹患冠動脈病変をLVEFやTLPIの変化から類推することが可能であると考えた。

## I. 緒 言

心電図同期心プールシンチグラムは、心ポンプ機能を評価する上で有用であり、冠動脈病変を有する患者の心機能を評価する試みが多くなされている。特に左室機能を評価する左室駆出率(以下LVEF)を用いて冠動脈病変を推定し得るとする論文<sup>1,2)</sup>や、他方、これに否定的な論文もある<sup>3~5)</sup>。またフーリエ解析により、心容量曲線の周期特性、位相のずれを局所的に表現する位相解析<sup>6~8)</sup>や拡張期の指標で成る各種充満速度を用いて虚血性心疾患を評価する試みもある<sup>9~12)</sup>。一方運動負荷<sup>20</sup>Tl心筋シンチグラムより冠動脈病変を推定したり、壁運動異常との関連を記載した論文も見られる<sup>13,14)</sup>。

しかし、これらの諸指標を用いて運動負荷時の

心動態を推定したり、冠動脈病変との関連という他の諸指標と比較検討した論文は少ない。

今回、われわれは、急性心筋梗塞(以下AMI)におけるリハビリの一指標として、心プールシンチグラムや心筋シンチグラムより得られた各種パラメータより以下のことを検討した。1) 安静時・負荷時のLVEFの変化を安静時の心プールシンチグラムの諸指標から推定可能か否か。2) 安静時および負荷時の心プールシンチグラム、心筋シンチグラムの諸指標より罹患冠動脈病変を推定し得るかどうか。つまり非侵襲的検査である核医学的手法を用い、運動耐容能、冠動脈病変をいかに予知できるかを明らかにすることにある。

## II. 対象ならびに方法

**対象** 対象は初回発症のAMI患者61名で、年齢は32歳から74歳で平均年齢は55歳であった。部位別に見ると前壁中隔梗塞が37例、下壁梗塞が24例であった。なお、心電図上、左室肥大、種々の伝導障害、頻発性の心室性期外収縮を有する例は除外した。また運動負荷試験の関係上、

\* 東海大学医学部第一内科

受付：62年11月25日

最終稿受付：63年2月22日

別刷請求先：神奈川県伊勢原市望星台（〒259-11）

東海大学医学部第一内科

木 下 栄 治

心血管系以外の合併症、第7病日以降に左心不全を有する例も除外した。

**心電図同期心プールシンチグラムの収集および解析** AMI 発症より 21~28 病日に  $^{99m}\text{Tc}$ -人血清アルブミン (HSA) 20 mCi 急速静注後、約 10 分した平衡時相で、汎用コリメータを装着したガンマカメラ (ON-100) を修正左前斜位に位置決めし、オンラインで接続したデータ処理装置 (DEC GAMMA-11) で収集を行った。収集法はフレームモードで、1 心拍を 24 等分し、 $64 \times 64$  画素にて約 800 心拍を加算した。処理は、まず、左室の部分を  $32 \times 32$  画素に拡大し、補間処理、9 点スムージング処理を行った後、左室関心領域 (ROI) を半自動的に設定した。この ROI より得られた時間放射能曲線をフーリエ 3 次項にて近似し、この曲線より、LVEF, 1/3 EF, 最大駆出速度 (PER), 最大充満速度 (PFR)，および左室の位相ヒストグラムを求めた。このヒストグラムについて、平均値 (Mean) ± 標準偏差 (SD) を算出した。

運動負荷は、臥位エルゴメータで多段階負荷を行い、胸痛、ST 低下、下肢の疲労、予測最大心拍数の 85% をエンドポイントとした。データ収集は 1 分間で平衡時相に達した後、2 分間収集を行った。前述したパラメータを、安静時、負荷最大時で求め、安静・負荷時の LVEF の差を  $\Delta\text{LVEF}$  とした。この  $\Delta\text{LVEF}$  より、-5% 以下を G1 群 ( $n=6$ )、-5% から 5% までを G2 群 ( $n=29$ )、5% 以上を G3 群 ( $n=26$ ) とした。そして各群間と安静時の諸指標との関係、さらに罹患冠動脈病変と安静・負荷時の各指標とも比較検討した。

**運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチグラム** 発症後 21~28 病日で、心電図同期心プールシンチグラムの前に施行した。負荷方法はトレッドミルを用い、Bruce プロトコールにて、6 誘導の心電図で、1 分ごと 10 秒間、25 mm/sec で記録し、心室性期外収縮や虚血性変化を監視するとともに、予測最大心拍数に近い時点で、塩化  $^{201}\text{Tl}$  2 mCi 静注後、1 分間同じ負荷を続けさせ、その後、直ちに、パラレルホールコリメータを備えたガンマカメラを用いて、正面、左前斜位 (LAO)  $45^\circ, 70^\circ$  の 3 方向で撮像した。撮像条件は、波高分析器のセンター、ウィンドウ幅を、それぞれ 75 KeV,  $\pm 20\%$  に設定し、心筋の最大カウント領域におけるカウント密度 4,000 カウント/cm<sup>2</sup> とした。さらに 4 時間後、同一条件で撮像した。これら負荷直後および 4 時間後の各像 (正面、LAO  $45^\circ, 70^\circ$ ) をほぼ面積の等しい 5 区域に分割し、各区域の心筋灌流状態を、正常 3、軽~中等度低下 2、高度低下 1、完全欠損 0 の 4 段階に分類し、その総和を総心筋灌流指数 (TLPI) として 2 名が別々に算出し、第三者が最終判定を行った (Fig. 1)。さらに 4 時間後・負荷直後の TLPI の差を求め、これを  $\Delta\text{TLPI}$  とした。この  $\Delta\text{TLPI}$  と前述した  $\Delta\text{LVEF}$  と罹患冠動脈病変との関係を検討した。

**冠状動脈造影** AMI 発症後 6~7 週目に、Judkins 法により施行した。上記対象中、冠動脈造影を施行し得たものが 53 例で、75% 以上を有意狭窄とした場合、一枝病変 (SVD) が 26 例、多枝病変 (MVD) が 27 例であった。

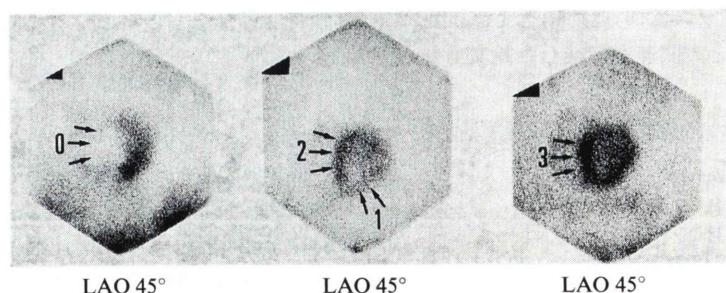


Fig. 1 Case presentation of thallium perfusion index.

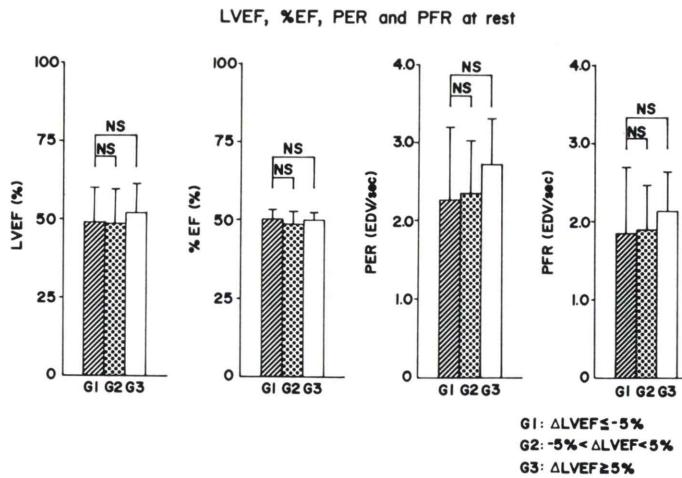


Fig. 2 Comparisons of LVEF, 1/3 EF, PER and PFR at rest among three groups. There were no significantly difference.

### III. 結 果

#### 1. 安静時諸指標と負荷時 LVEF の変化

Figure 2 は、G1, G2, G3 群における安静時の LVEF, 1/3 EF, PER, PFR の各群の平均値を表したものである。LVEF より順に、G1, G2, G3 でそれぞれ、 $48.5 \pm 13.7$ ,  $47.6 \pm 14.1$ ,  $52.0 \pm 9.9\%$ , 1/3 EF は  $50.3 \pm 3.2$ ,  $48.8 \pm 4.8$ ,  $49.4 \pm 3.5\%$ , PER は  $-2.37 \pm 0.98$ ,  $-2.45 \pm 0.72$ ,  $-2.81 \pm 0.59$  で PFR は  $1.66 \pm 0.87$ ,  $1.72 \pm 0.66$ ,  $1.94 \pm 0.55$  で、図に示すごとく、これらの諸指標に有意差を認めなかつた。各群の位相解析の標準偏差 (SD) の平均値を Fig. 3 に示す。G1 群では  $36.7 \pm 10.8$ , G2 群で  $28.7 \pm 14.5$ , G3 群では  $23.9 \pm 11.5$  で、G1 群, G2 群では有意差を認めなかつたが、G1 群, G3 群間では有意差が認められ、G1 群の方が G3 群に比べ SD は有意に大であった。さらに、安静時の SD と安静・負荷時の LVEF の差である  $\Delta$ LVEF との関係を Fig. 4 に示す。図に示すごとく、両者の間で、 $r = -0.41$ ,  $Y = -0.2X + 8.5$  ( $p < 0.01$ ) で SD が増大するにつれて  $\Delta$ LVEF は減少する傾向にあり、安静時の SD と運動負荷における LVEF の変化に負の相関関係が成立した。Fig. 5 は SD を 30 未満と 30 以上に分類し、安静・負荷時の LVEF の推移を示したものである。SD が 30 未満の場

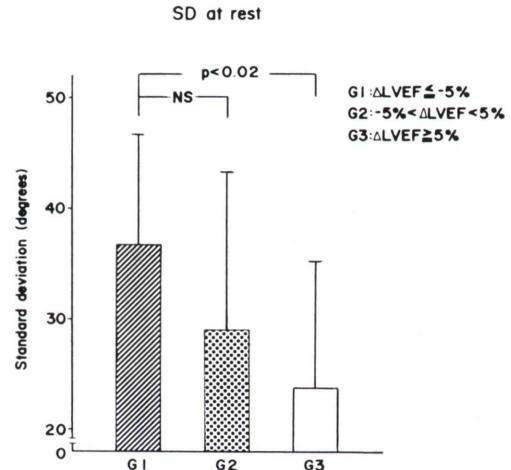


Fig. 3 Comparisons of SD at rest among three groups. SD of G3 was significantly lower than G1.

合、安静時 LVEF は  $54.9 \pm 10.0\%$ 、負荷時には  $60.4 \pm 9.8\%$  で有意に増大する傾向にあったが、30 以上の群では、安静時  $39.9 \pm 11.3\%$ 、負荷時には  $40.5 \pm 14.0\%$ 、で有意差を認めなかつた。また、SD が 30 未満で LVEF が増大する群の Sensitivity は 83.3%，Specificity は 75.6% であった。

#### 2. 冠状動脈病変と心筋・心動態指標

Figure 6 は、SVD 群と MVD 群での安静時の LVEF, PER, PFR, SD の各平均値を示す。SVD

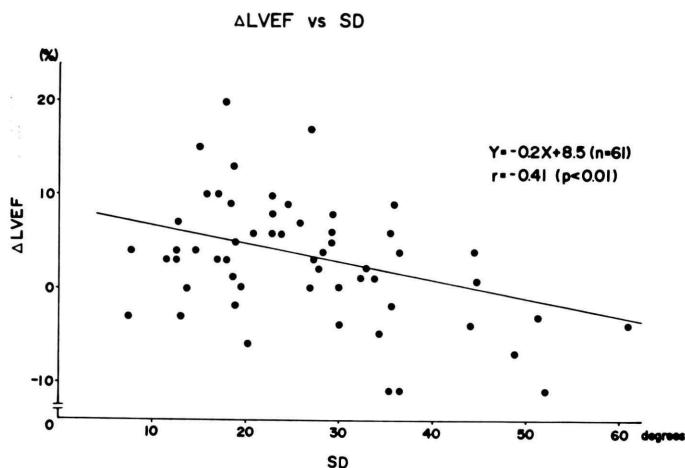


Fig. 4 Correlation between  $\Delta$ LVEF and SD at rest.

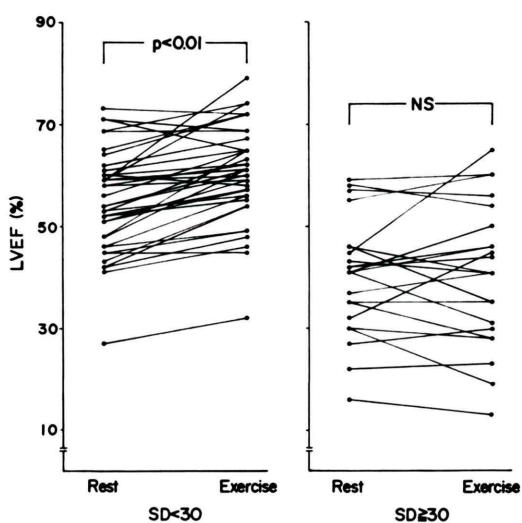


Fig. 5 Change in LVEF between rest and exercise.  
Left: patients with less than 30 in SD at rest.  
Right: patients with more than 30 in SD at rest.

群とMVD群でLVEFはそれぞれ、 $52.7 \pm 8.7$ ,  $48.1 \pm 15.4\%$ , PERは $-2.81 \pm 0.60$ ,  $-2.46 \pm 0.83$ , PFRは $1.99 \pm 0.53$ ,  $1.78 \pm 0.78$ , SDは $22.3 \pm 9.8$ ,  $27.5 \pm 15.1$ で安静時諸指標の平均値は、SVD群とMVD群で有意差を認めなかった。そこで、負荷時の諸指標に関して検討を加えた。Fig. 7は運動負荷量、Double productを示す。運動負荷量

の平均値は、SVD群 $61.4 \pm 10.8$ , MVD群 $55.0 \pm 13.0$  WATTでDouble productも有意差がなく、最大負荷時心拍数は、SVD群 $115 \pm 9.5$ , MVD群 $110 \pm 9.5$ /minで心拍数にも各群で有意差を認めなかった。次に、負荷時のLVEF, SDについてFig. 8に示す。LVEFはSVD群 $57.8 \pm 12.3$ , MVD群 $50.3 \pm 17.1\%$ で、SVD群の方が高い傾向にあるが、有意差は認めなかった。SDはSVD群 $33.0 \pm 12.3$ , MVD群 $34.0 \pm 15.9$ で、有意差はなかった。Fig. 9では、PER, PFRを比較検討したものである。PERは、SVD群 $-3.45 \pm 0.83$ , MVD群 $-2.80 \pm 0.85$ 、一方、PFRはSVD群 $3.90 \pm 1.22$ , MVD群 $2.92 \pm 1.10$ で、ともにMVD群の方が有意に低値を示した。さらに、TLPI,  $\Delta$ TLPI,  $\Delta$ LVEFと冠状動脈病変数との関係について検討を加えた。安静時TLPIは、SVD群では $33.6 \pm 5.8$ , MVD群では $29.3 \pm 6.2$ で、SVD群の方が有意に大であった( $p < 0.05$ )。また $\Delta$ TLPIでは±1以内のものが、SVD群では27例中22例、MVD群では26例中12例で、SVD群の $\Delta$ TLPIが±1以内である事象に対するSensitivityは81.5%, Specificityは64.7%であった。 $\Delta$ LVEFで+5%以下のものが、SVD群で27例中12例、MVD群で26例中21例で、 $\Delta$ LVEFの+5%以下に対するMVD群のSensitivityは80.7%, Specificityは

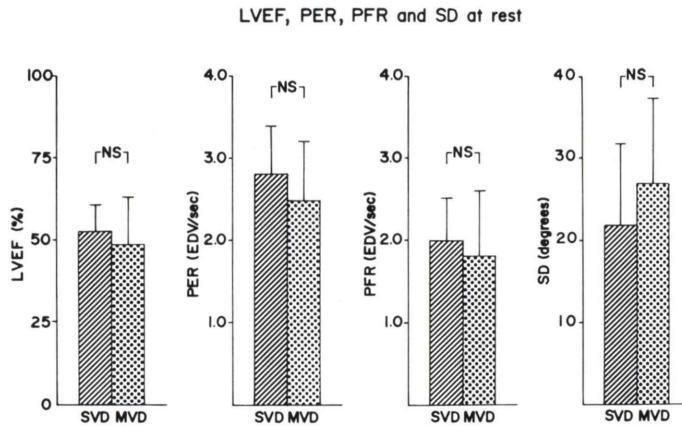


Fig. 6 Comparisons of LVEF, PER, PFR and SD at rest between SVD and MVD.

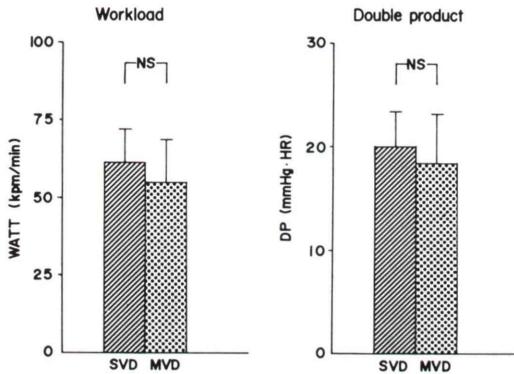


Fig. 7 Comparisons of workload and double product between SVD and MVD.

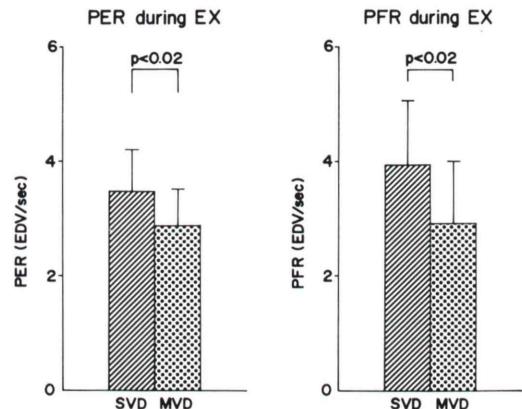


Fig. 9 Comparisons of PER and PFR between SVD and MVD. PER and PFR of MVD was significantly lower than SVD.

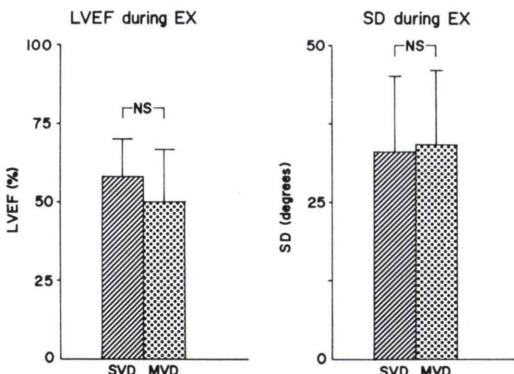


Fig. 8 Comparisons of LVEF and SD during exercise between SVD and MVD.

63.6% であった。Fig. 10 は縦軸を  $\Delta$ TLPI、横軸を  $\Delta$ LVEF にとったものである。 $\Delta$ TLPI と  $\Delta$ LVEF との相関関係は  $r=0.12$  と低い相関を示したが、図に示すとく SVD 群の  $\Delta$ TLPI は実線で示す土 1 の範囲内に点在する傾向にあり、他方、MVD 群の  $\Delta$ LVEF は、破線で示すとく 5% 以下の例が多い傾向にあり、 $\chi^2$  検定で両事象とも有意差が認められた ( $p<0.01$ )。したがって、SVD 群では、 $\Delta$ TLPI の不变例が多いのに対し、MVD 群では、 $\Delta$ LVEF が 5% 以下の例が多いといえた。

さらに、罹患冠動脈病変を詳細に検討すると、

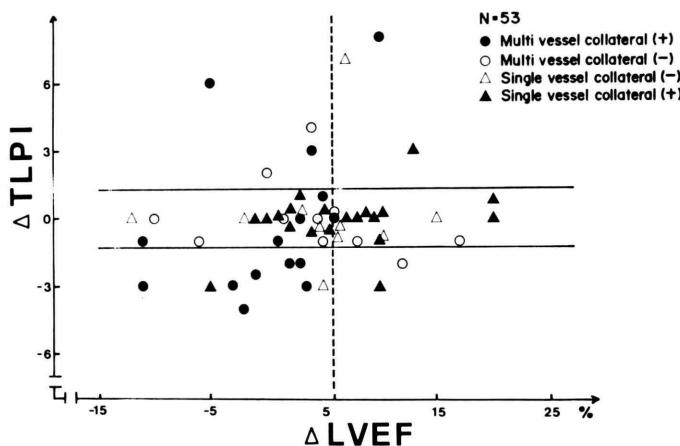


Fig. 10 Relation between  $\Delta LVEF$  and  $\Delta TLPI$  for 53 patients performed coronary angiography.

SVD 群で LVEF の極端な低下例は 100% 閉塞あるいは 99% 狹窄といった重篤な病変を有する症例が多く、MVD 群でも、75% 程度の狭窄が複数存在する症例では、 $\Delta LVEF$  の増大する例が多い傾向にあった。また、99% 狹窄、100% 閉塞例を複数有する MVD 群でも側副血行路の有無により  $\Delta LVEF$  が変化する傾向にあった。

#### IV. 考 察

フーリエ解析法は、病変部の局所壁運動異常を、空間的異常としてのみでなく、時間的な異常としても捉えるものであり<sup>15)</sup>、虚血性心疾患の壁運動異常の評価<sup>16~18)</sup>、あるいは、心興奮伝導異常の診断<sup>19~22)</sup>、あるいは弁膜疾患の診断に使用されたとの報告がある<sup>23)</sup>。また、拡張期指標である最大充満速度は、冠動脈疾患<sup>24,25)</sup>や肥大型心筋症<sup>26)</sup>で正常人に比し、収縮期指標より早期に低下するという報告がある。一方、運動負荷<sup>201</sup>Tl 心筋シンチグラムは、負荷時の欠損像および当該部位の再分布より虚血の診断が可能であり、この診断法は確立されたものとなっている<sup>27,28)</sup>。

今回、われわれは、急性心筋梗塞において、心電図同期心プールシンチグラムの安静時諸指標から、運動負荷時の左室駆出率の変化、すなわち運動耐容能の変化を推定し得るかどうかを検討した。

また、心筋シンチグラムを含めた核医学的手法により、非侵襲的手段から罹患冠動脈病変を予測し得るかどうかも検討した。

#### 1. 安静時諸指標と負荷時 LVEF の変化

われわれの結果では、Fig. 2 で示すように、安静時の LVEF, %EF, PER, PFR などは、 $\Delta LVEF$  と無関係であったが、安静時の SD は  $\Delta LVEF$  と有意な負の相関関係を認めた (Fig. 4)。

実際、Pavel ら<sup>29,30)</sup>は、位相解析の SD の値は、心臓カテーテル法を用いた左室造影と比較検討した結果、壁運動異常を評価するのに有用であるとしている。Holman ら<sup>31)</sup>は、冠動脈病変の重症度と壁運動異常は関連があるとしているし、Tomoike ら<sup>32)</sup>は、動物実験により冠動脈動脈血流と壁運動異常に関係があると報告している。また、Massie ら<sup>33)</sup>は心筋灌流と壁異常運動についての考察の中で、狭窄冠動脈支配領域の非梗塞部位において、組織学的に心筋壊死を証明し得ない部位でも、壁運動異常を認めるとしている。この壁運動異常は、Jeopardized な灌流部位で発生し、安静時虚血の指標であり、バイパス手術等の脈管再生により改善し得る可逆性の壁運動異常であるとしている。林ら<sup>34)</sup>は、心筋梗塞における<sup>201</sup>Tl 心筋シンチグラムと、壁運動異常との関係の中で、心筋シンチグラム正常な灌流部位でも、壁運動異常が高率に

認められると報告している。一方、LVEF と位相解析の SD についてみると、中嶋ら<sup>35)</sup>によれば、壁運動異常の検出率は、位相解析の SD, LVEF 1 回拍出量、位相解析の振幅の順に優れているとしており、位相解析の SD の客観的指標は、壁運動異常の評価のためには、LVEF イメージの視覚的判定よりもよいのではないかと考察している。

そこで、われわれは今回の事実を次のように考えた。すなわち、これらのことから、急性心筋梗塞において、冠動脈病変、壁運動異常、LVEF との間に密接な関係があり、かつ壊死部の位相のズレのみが SD の増大につながるとは限らないと考えた。つまり、可逆性の壁運動異常が壊死を伴っていない部位、すなわち健常部においても存在し、安静時 LVEF よりもより客観的指標と考える安静時 SD においてこの壁運動異常が反映するため値が増大し、この部位が、負荷によってさらに強調された場合、安静・負荷時の LVEF の変化に影響を及ぼすのではないかと考えた。したがって、急性心筋梗塞において、安静時の SD は負荷時の LVEF の変化をある程度捉え得ると考えた。しかし、この壁運動異常は、多枝病変で Jeopardized な灌流域に発生することが多いことや、報告にもあるように必ずしも存在するとは限らないことより、実際の相関係数は  $r = -0.41$  と低い値を示したものと考える。そこでわれわれは、この相関関係をもとに、SD を 30 で区分すると LVEF 増大群と不变・低下群とに分類することが可能であり (Fig. 5)，この区分は臨床的に有用であると考えられ、LVEF を始めとする RI 諸指標とともに急性心筋梗塞のリハビリ等を行う上でも重要な一指標となると思われた。

しかし、Pavel ら<sup>29)</sup>が、位相解析における壁運動異常も、hypokinesis については疑陽性が増大することや、前壁の運動異常を検出するためには、左前斜位では不十分であると報告している。このため、Ohtake ら<sup>36)</sup>による、右前斜位の first pass 法を加え、診断精度を高めたとする報告もある。いずれにせよ、修正左前斜位の 1 方向では、撮像上、検出困難な部位が出現する可能性がある。ま

た、前述したように、冠状動脈の狭窄度およびその形態、側副血行路の有無、混在する虚血部の大きさ等の影響があり、これらは今後の検討課題であると考える。

## 2. 冠動脈病変数と心筋・心動態諸指標

Bonow ら<sup>25)</sup>は、健常者と虚血性心疾患の患者で、安静時の収縮期指標と拡張期指標を検討した。PFR に関して、健常者群と虚血性心疾患群とでは、有意な差を認めたが、罹患冠動脈病変数別に分類すると、三枝病変の方が一枝病変に比べて低下する傾向にあったが、有意差はなかった。Polark ら<sup>37)</sup>も、健常者群、狭心症群、心筋梗塞群に分類し、各群における PFR を検討しているが、健常者群、狭心症群、心筋梗塞群の順で有意に低下するとしている。しかし、罹患冠動脈病変数別に分類すると、有意差はないとしている。それに対して Reduto ら<sup>38)</sup>は、安静時において、軽度の虚血病巣や線維化は、収縮機能よりも早く拡張機能に障害がくるのではないかと考察している。

われわれの結果は、罹患冠動脈病変を SVD 群、MVD 群に分類して安静時諸指標、特に PFR に注目したが有意差は得られなかった。一方、負荷時の PFR に関する論文で、Bianco ら<sup>39)</sup>は、健常者を対象に、負荷時の心拍数と PFR の関係を報告したが、心拍数の増大とともに PFR も増大するとしている。また、Reduto ら<sup>38)</sup>は、負荷時に誘発される虚血は心拍数によって左右されるため、拡張機能を示す PFR は、この拡張障害を隠蔽してしまうのではないかとも推察している。

そこでわれわれは、運動負荷時の諸指標に注目し検討する際、SVD 群、MVD 群ともほぼ同程度の負荷をかけ、心拍数がほぼ同じレベルでの両群を比較検討した (Fig. 7)。その結果、LVEF, SD 等、収縮期壁運動異常を表わす指標には、安静時同様、有意差を認めなかつたのに対し、PER, PFR という駆出、拡張速度の指標に有意差を認めた (Fig. 8, Fig. 9)。したがって、心拍数限定による低レベル負荷を施行することは、拡張期障害をより鮮明にし、LVEF の異常が出現する前に、SVD 群、MVD 群を検知し、罹患冠動脈病変の推定の

指標となると考えられた。しかし、この拡張障害をきたし得る低レベル負荷をもたらす最適心拍数の設定は今後の検討課題と考える。

一方、Berger ら<sup>40</sup>は負荷心筋シンチグラムと心ピールシンチグラムを比較検討し、再分布像と壁運動との関係を報告している。また、Okada ら<sup>41</sup>は、臨床上負荷心筋シンチグラムの画像を視覚的に採点し、虚血性心疾患に有用であるとしている。

そこでわれわれは、TLPI を用い、4 時間後・負荷直後の差、 $\Delta$ TLPI、すなわち再分布の状態と、安静・負荷時の LVEF の差、すなわち  $\Delta$ LVEF を比較検討した結果、全体として  $\Delta$ LVEF と  $\Delta$ TLPI は粗な相関係数しか得られなかつたが、SVD 群は再分布・逆再分布のない例が多く、MVD 群は  $\Delta$ LVEF が 5% 以下の例が多かつた。これは、SVD 群の場合 Verani ら<sup>42</sup>の言うように再分布のない例は、側副血行路の不十分なものが多いとの報告から考えると、障害心筋の範囲が比較的狭く、当該部位はほぼ壊死巣で占められていると考えられた。実際、西村ら<sup>43,44</sup>の、一枝病変(左前下行枝)の梗塞部位で再分布を有さないものは、心筋壁厚のひ薄化の頻度が高かつたとの報告からも考えられる。このことは、SVD 群の  $\Delta$ LVEF は安静時の TLPI、すなわち梗塞巣の大きさに依存しており安静・負荷時の  $\Delta$ TLPI は変化しないため、SVD 群、MVD 群全体として  $\Delta$ TLPI、 $\Delta$ LVEF の間で粗な相関係数が得られたものと考えられた。また、この粗な相関係数の原因として不完全な再分布の詳細を planar 画像で検出し得ないことや  $\Delta$ LVEF の誤差にも関係があるように思われた。

しかし、各パラメータ別に、SVD 群、MVD 群を見ると、SVD 群で  $\Delta$ LVEF が 5% 以上増大群が MVD 群に比べて有意に多い傾向にあった。このことは、SVD 群が、比較的心収縮能を保ち、たとえ側副血行路を有したとしてもその血流が必要なほど、障害心筋が広範でないと考えられた。これに対し、MVD 群では  $\Delta$ LVEF が 5% 以下の例が有意に多い傾向にあった。また、安静時の TLPI の平均値を検定してみると、有意に MVD 群で

低値を示していた。これは障害心筋が広範であるため、心収縮能が低下しているためで、 $\Delta$ LVEF の SVD 群、MVD 群の相違の傍証と考えられた。また、冠動脈病変そのものを検討した場合、SVD 群でも 100% 閉塞、99% 狹窄例では  $\Delta$ LVEF が低下する傾向にあり、また MVD 群では 75% 狹窄を有する例では  $\Delta$ LVEF が増大する例もあり、罹患冠動脈数だけでなく狭窄度あるいは側副血行路についても検討すれば、 $\Delta$ LVEF と冠動脈病変の関係がさらに詳細に判定し得ると考えた。一方、 $\Delta$ TLPI の観点から MVD 群を見ると、値の変動が特徴的で、側副血行路を有する例では、逆再分布が多い傾向にあった。これは、Hecht ら<sup>45</sup>が逆再分布の例は多枝病変が多く、かつ側副血行路も半数に見られ、狭窄も重篤であったという報告と一致する。つまり MVD 群では、梗塞範囲が比較的広く、この広範な心筋障害を改善しようとする結果、側副血行路が発達すると考えた。さらに、この側副血行路が灌流している部位、すなわち再分布・逆再分布の部位は、虚血・正常心筋の混在部位が SVD 群に比べ多く、このため種々の心筋灌流パターンが現われるのではないかと考えた。しかし、MVD 群では下壁部位で腹部臓器との重なりがあり、時に採点化が困難なこと、planar 3 方向に限定しているため、見落としがあるかもしれないことなどより、SPECT での詳細な検討が必要と考えられる。また、Liu ら<sup>46</sup>の報告にもあるように、再分布のない病変部が PTCA 後正常化することなどから、再分布のない病変部の評価としてブドウ糖や脂肪酸といった新しい心筋イメージ<sup>47</sup>が必要であると考えられる。

## V. 結語

- 1) 安静・負荷時の LVEF の変化に基づく増大群、不变群、減少群の各群での安静時 LVEF、1/3 EF、PER、PFR に有意差を認めなかつた。しかし安静時の位相解析における SD は、負荷時の LVEF の変化と負の相関を認めた ( $r=-0.41$ ,  $p<0.01$ )。

- 2) 安静時の位相解析における SD が 30 未満

では、運動負荷時の LVEF が有意に増大する傾向にあった ( $p < 0.01$ ) が、30 以上では有意差を認めなかつた。

3) SVD 群と MVD 群とは安静時心プールシンチグラムの諸指標に差を認めなかつたが、運動負荷時の MVD 群で、PER および PFR が有意に低値を示した ( $p < 0.02$ )。

4)  $\Delta$ TLPI と  $\Delta$ LVEF で罹患冠動脈病変についてみると、MVD 群では  $\Delta$ LVEF が 5% 以下の例が多く、SVD 群では  $\Delta$ TLPI の不变例が多かつた ( $p < 0.01$ )。

以上のことより、核医学的手法を用いて、非侵襲的な検査より運動耐容能や罹患冠動脈病変をある程度推定し得ると考えられ、急性心筋梗塞におけるリハビリテーションの一指標となると考えた。

稿を終えるにあたり、ご校閲いただきました東海大学医学部第一内科五島雄一郎教授、同放射線科鈴木豊教授に深謝いたします。また第一内科および放射線診断部の諸先生、技師諸兄のご協力に感謝いたします。

## 文 献

- 1) Borer JS, Bacharach SL, Green MV, et al: Real-time radionuclide cineangiography in the noninvasive evaluation of global and regional left ventricular function at rest and during exercise in patients with coronary-artery disease. *N Engl J Med* **296**: 839-844, 1977
- 2) Borer JS, Kent KM, Bacharach SL, et al: Sensitivity, specificity and predictive accuracy of radionuclide cineangiography during exercise in patients with coronary artery disease. *Circulation* **60**: 572-580, 1979
- 3) Wieshamer S, Delagardelle C, Sigel H, et al: Limitations of radionuclide ventriculography in the noninvasive diagnosis of coronary artery disease. *Br Heart J* **53**: 603-610, 1985
- 4) Gibsons RJ, Lee KL, Cobb FR, et al: Ejection fraction response to exercise in patients with chest pain, coronary artery disease and normal resting ventricular function. *Circulation* **66**: 643-648, 1982
- 5) Osbakken MD, Boucher CA, Okada RD, et al: Spectrum of global left ventricular response to supine exercise. *Am J Cardiol* **51**: 28-35, 1983
- 6) Adam WE, Tarkowska A, Bitter F, et al: Equilibrium radionuclide ventriculography. *Cardiovasc Radiol* **2**: 161-173, 1979
- 7) Walton S, Yiannikas J, Jarritt PH, et al: Phasic abnormalities of left ventricular emptying in coronary artery disease. *Br Heart J* **46**: 245-253, 1981
- 8) 玉木長良、向井孝夫、石井 靖、他: phase analysisによる左室局所壁運動の定量的評価. *核医学* **18**: 1241-1248, 1981
- 9) 成田充啓、栗原 正、村野謙一、他: 虚血性心疾患における拡張早期左室充満障害のメカニズムの検討. *核医学* **22**: 961-970, 1985
- 10) 小糸仁史、岩坂寿二、吉岡 広、他: 心 RI first pass 法による陳旧性心筋梗塞の左室拡張機能障害の評価. *核医学* **22**: 999-1011, 1985
- 11) Grossman W, McLaurin LP: Diastolic properties of the left ventricle. *Ann Int Med* **84**: 316-326, 1976
- 12) Mann T, Goldberg S, Mudge GH, et al: Factors contributing to altered left ventricular diastolic properties during angina pectoris. *Circulation* **59**: 14-20, 1979
- 13) Ritchie JL, Trobaugh GB, Hamilton GW, et al: Myocardial imaging with thallium-201 at rest and during exercise. *Circulation* **56**: 66-71, 1977
- 14) Rozanski A, Berman DS, Gray R, et al: Use of thallium-201 redistribution scintigraphy in the pre-operative differentiation of reversible and non-reversible myocardial asynergy. *Circulation* **64**: 936-944, 1981
- 15) 向井孝夫、玉木長良、石井 靖、他: 心拍同期心プール像の位相解析による局所心筋壁運動の評価. *核医学* **18**: 609-612, 1981
- 16) 児玉秋生、玉木長良、向井孝夫、他: フーリエ高次解析法を用いたマルチゲート心血池プール像の壁運動の定量評価. *核医学* **21**: 331-340, 1984
- 17) 田淵博巳、村田 啓、外山比南子、他: 心筋梗塞症の局所壁運動の分析. *核医学* **19**: 919-927, 1982
- 18) Henze E, Tymiec A, Delagardelle C, et al: Specification of regional wall motion abnormalities by phase analysis of radionuclide angiograms in coronary artery disease and non-coronary artery disease patients. *J Nucl Med* **27**: 781-787, 1986
- 19) 高橋恒男、桂川茂彦、阿部知博、他: 位相解析法による心興奮伝導異常例の検討. *核医学* **20**: 815-822, 1983
- 20) 中嶋憲一、分校久志、多田 明、他: 心プール断層法における位相解析. *核医学* **21**: 133-138, 1984
- 21) Swiryn S, Pavel D, Byron E, et al: Sequential regional phase mapping of radionuclide gated biventriculograms in patients with left bundle branch block. *Am Heart J* **102**: 1000-1010, 1981
- 22) Swiryn S, Pavel D, Byron E, et al: Sequential regional phase mapping of radionuclide gated biventriculograms in patients with sustained ventricular tachycardia. *Am Heart J* **103**: 319-332, 1982

- 23) Handler B, Pavel DG, Pietras R, et al: Equilibrium radionuclide gated angiography in patients with tricuspid regurgitation. *Am J Cardiol* **51**: 305-310, 1983
- 24) Yamagishi T, Ozaki M, Kumada T, et al: Asynchronous left ventricular diastolic filling in patients with isolated disease of the left anterior descending coronary artery: assessment with radionuclide ventriculography. *Circulation* **69**: 933-942, 1984
- 25) Bonow RO, Bacharach SL, Green MV, et al: Impaired left ventricular diastolic filling in patients with coronary artery disease: assessment with radionuclide angiography. *Circulation* **64**: 315-323, 1981
- 26) Betocchi S, Bonow RO, Bacharach SL, et al: Isovolumic relaxation period in hypertrophic cardiomyopathy: assessment by radionuclide angiography. *J Am Coll Cardiol* **7**: 74-81, 1986
- 27) 西村恒彦, 植原敏勇, 林田孝平, 他: 運動負荷心筋シンチグラフィ. *呼と循* **31**: 359-371, 1983
- 28) 菅野和治, 斎藤宗靖, 住吉徹哉, 他: 運動負荷<sup>201</sup>Tl心筋シンチグラムにおける梗塞部再分布の意義. *呼と循* **32**: 925-930, 1984
- 29) Pavel DG, Briandet PA, et al: Quo Vadis phase analysis. *Clin Nucl Med* **8**: 564-575, 1983
- 30) Pavel DG, Btron E, Lam W, et al: Detection and quantification of regional wall motion abnormalities using phase analysis of equilibrium gated cardiac studies. *Clin Nucl Med* **8**: 315-321, 1983
- 31) Holman BL, Wynee J, Idoine J, et al: Disruption in the temporal sequence of regional ventricular contraction. *Circulation* **61**: 1075-1082, 1980
- 32) Tomoike H, Franklin D, McKow D, et al: Regional myocardial dysfunction and hemodynamic abnormalities during strenuous exercise in dogs with limited coronary flow. *Circ Res* **42**: 487-496, 1978
- 33) Massie BM, Botvinic EH, Brundage BH, et al: Relationship of regional myocardial perfusion to segmental wall motion. *Circulation* **58**: 1154-1162, 1978
- 34) 林千治, 津田隆志, 小島研司, 他: 心筋梗塞症の局所壁運動異常と<sup>201</sup>Tl心筋Imagingの関連について. *核医学* **22**: 839-847, 1985
- 35) 中嶋憲一: 心電図同期心プールシンチグラフィを用いたfunctional imagingによる心機能評価(2). *核医学* **20**: 11-21, 1983
- 36) Ohtake T, Nishikawa J, Machida K, et al: The value of the modified high temporal resolution phase analysis for the detection of myocardial infarction. *Radiation Med* **1**: 31-38, 1983
- 37) Polark JF, Kemper AJ, Bianco JA, et al: Resting early peak diastolic filling rate: A sensitive index of myocardial dysfunction in patients with coronary artery disease. *J Nucl Med* **23**: 471-478, 1982
- 38) Reduto LA, Wickemeyer WJ, Young JB, et al: Left ventricular diastolic performance at rest and during exercise in patients with coronary artery disease. *Circulation* **63**: 1228-1237, 1981
- 39) Bianco JA, Filiberti AW, Baker SP, et al: Ejection fraction and heart rate correlate with diastolic peak filling rate at rest and during exercise. *Chest* **88**: 107-113, 1985
- 40) Berger BC, Watson DD, Burwell LR, et al: Redistribution of thallium at rest in patients with stable and unstable angina and the effect of coronary artery bypass surgery. *Circulation* **60**: 1114-1125, 1979
- 41) Okada RD, Boucher CA, Kirshenbaum HK, et al: Improved diagnostic accuracy of thallium-201 stress test using multiple observers and criteria derived from interobserver analysis of variance. *Am J Cardiol* **46**: 619-624, 1980
- 42) Verani MS, Jhingran S, Atter M, et al: Poststress redistribution of thallium-201 in patients with coronary artery disease with and without prior myocardial infarction. *Am J Cardiol* **43**: 1114-1122, 1979
- 43) 西村恒彦, 植原敏勇, 林田孝平, 他: 運動負荷心筋スキャンにおける再分布完成時間と冠動脈病変の関係について. *核医学* **22**: 1625-1633, 1985
- 44) 西村恒彦, 植原敏勇, 林田孝平, 他: 運動負荷心筋スキャンによる梗塞部位再分布に関する検討. *核医学* **24**: 1343-1349, 1987
- 45) Hecht HS, Hopkins JM, Rose JG, et al: Reverse redistribution: worsening of thallium-201 myocardial images from exercise to redistribution. *Radiol* **140**: 177-181, 1981
- 46) Liu P, Kiess MC, Okada RD, et al: 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
- 47) Burnken R, Tillish J, Schwaiger M, et al: Positron emission tomography identifies viable tissue in myocardial segment with fixed thallium perfusion defects. *J Nucl Med* **27**: 933, 1986

## Summary

### **The Correlation among the LVEF Response during Exercise, Diseased Coronary Arteries and RI Parameters in Acute Myocardial Infarction**

Eiji KINOSHITA

*Department of Internal Medicine, Tokai University School of Medicine, Kanagawa, Japan*

This study was carried out to establish correlation between; 1: some parameters of radionuclide ventriculography (RNVG) at rest and change of left ventricular ejection fraction (LVEF) during exercise, 2: the number of diseased coronary arteries and some parameters of RNVG and exercised thallium myocardial scintigraphy (EXTM). Sixty-one patients were included in this study. All patients submitted RNVG, EXTM and coronary angiography (CAG) were performed in 53 of 61 patients with 7 weeks after the attack of AMI. These 53 patients were divided in 2 groups according to the number of diseased coronary arteries: multi-vessel disease (MVD) and single vessel disease (SVD). The change of LVEF at rest and exercise ( $\Delta$ LVEF) had significant correlation with standard deviation of phase analysis (SD) at

rest ( $r = -0.41$ ,  $p < 0.01$ ). Increased LVEF during exercise was seen in 31 of 37 patients with SD degree below 30 (sensitivity=83.3%). Twenty-one of 26 MVD patients presented  $\Delta$ LVEF below 5% (sensitivity=80.7%,  $p < 0.01$ ). Twenty-two of 27 SVD patients showed the score of  $\Delta$ TLPI (difference of thallium perfusion index immediately and 4 hours after EX) within 1 (sensitivity=81.5%,  $p < 0.01$ ). Conclusion: SD at rest was a good parameter to predict the change of LVEF during EX, and both  $\Delta$ LVEF and  $\Delta$ TLPI had significant correlation with the number of diseased coronary arteries.

**Key words:** Thallium perfusion index, Phase analysis, Peak filling rate, Acute myocardial infarction.