

心プールシンチグラフィー  
における等容性弛緩期左室  
容積減少： 陳旧性心筋梗塞  
症例における観察

Left ventricular volume  
decrease during isovolu-  
mic relaxation period  
in gated blood pool  
scintigraphy: Observa-  
tions in patients with  
old myocardial infarc-  
tion

古田 利久  
小寺 颯一  
田淵 博巳  
宮之原 浩  
真田 純一  
中村 一彦  
有馬 暉勝

Toshihisa FURUTA  
Ken-ichi KODERA  
Hiromi TABUCHI  
Hiroshi MIYANOHARA  
Jun-ichi SANADA  
Kazuhiko NAKAMURA  
Terukatsu ARIMA

**Summary**

We studied left ventricular (LV) volume decrease, namely, the downward displacement of the LV volume curve, during the isovolumic relaxation period on the time-activity curves obtained from gated blood pool scintigraphy in patients with old myocardial infarction (OMI).

To evaluate the mechanism and clinical significance of this phenomenon, 113 consecutive patients with OMI undergoing gated blood pool scintigraphy, left ventriculography, and Doppler echocardiography were studied.

1. This phenomenon was observed only in patients with anterior OMI (13 of 51 patients: 25%). Presence (Group I) or absence (Group II) of this phenomenon was examined.

2. On left ventriculography, dyskinetic or aneurysmal wall motion was observed in the anterior or apical region more frequently in Group I (11 of 13 patients: 85%) than in Group II (20 of 51 patients: 39%) ( $p < 0.001$ ).

3. Doppler echocardiography showed that the presence of abnormal LV reversed flow over 20 cm/sec from the apex to the base during the isovolumic relaxation period is more frequent in

鹿児島大学医学部 第二内科  
鹿児島市桜ヶ丘 8-35-1 (〒890)

The Second Department of Internal Medicine, Ka-  
goshima University School of Medicine, Sakuraga-  
oka 8-35-1, Kagoshima 890

Received for publication January 16, 1991; accepted October 1, 1991 (Ref. No. 36-133)

Group I (7 of 13: 54%) than in Group II (4 of 51: 8%) ( $p < 0.001$ ). These results suggested that this blood shift in the left ventricle is attributed to asynchronous LV relaxation occurring simultaneously with LV volume decrease on gated blood pool scintigraphy.

In conclusion, this phenomenon suggests the presence of asynchronous LV relaxation.

### Key words

Blood pool scintigraphy

Isovolumic relaxation period

Old myocardial infarction

## はじめに

等容性弛緩期における左室壁運動異常に関しては、左室造影法により数多くの報告がなされている<sup>1-7)</sup>。心プールのスキュン法では左室をセグメントに分割し、拡張期の asynchrony を検討した報告はある<sup>8-12)</sup>が、等容性弛緩期の検討はほとんどなされていない。今回我々は、陳旧性心筋梗塞症例に心プールのスキュン法を施行し、左室容積曲線上、等容性弛緩期における下方変化をみ、左室容積減少を示す症例を認めた。そこで、この減少の出現機転および臨床的意義について、左室壁動態および左室内血流動態と対比検討することにより解析を試みたので報告する。

## 方 法

対象は1983年4月から1988年3月までの間に、当科にて心プールのスキュン法および左室造影法を施行した陳旧性心筋梗塞症例113例(前壁:64例, 後下壁:44例, 前壁+後下壁梗塞:5例)である。心プールのスキュン法より求めた左室容積曲線所見と左室造影所見および超音波パルス・ドップラー法より得られた左室内血流所見を比較検討した。

心プールのスキュン法はピロリン酸静注30分後に<sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub><sup>-</sup> (pertechnetate) を20 mCi 静注し、平衡になった10分後にガンマカメラを左前斜位30°(LAO 30°)、頭側に15°傾けた左右両室が明瞭に分離できる modified LAO にて、sampling time 6.0 min, sampling interval 30 msec の条件で撮像を行なった。装置は低エネルギー高分解能コロリメーターを装着した日立製ガンマカメラ (RU-DF-

5)を用い、得られたデータを島津製 SCINTIPAC 1200 により処理した。

5次フーリエ近似をした左室容積曲線およびその一次微分曲線より、左室駆出率 (LV ejection fraction: LVEF), 最大駆出速度 (peak ejection rate: PER), 拡張期最大流入速度 (peak filling rate: PFR), 駆出時間 (ejection time: ET), 収縮末期より PFR までの時間 (TPFR), および拡張期 1/3 における流入率 (filling fraction: 1/3 FF) を測定した。

心臓カテーテル検査は全例心プールのスキュン法の3日後に施行し、冠動脈造影にて冠動脈狭窄部位の確認を行なった。また左室壁運動に関しては、右前斜位 30° (RAO 30°) および左側面 (L-LAT) にて左室造影を行ない、局所の壁運動異常について評価を行なった。壁運動については異常の程度を AHA の分類に従って次の5段階に分類し、検討を行なった (1: normal, 2: hypokinetic, 3: akinetic, 4: dyskinetic, 5: aneurysmal)。

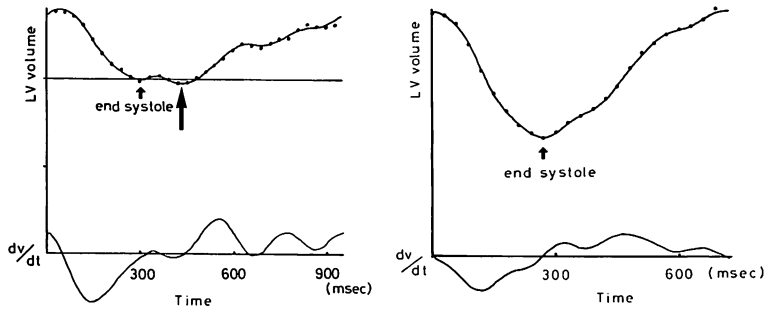
超音波パルス・ドップラー法はアロカ製 SSD-910 型超音波パルス・ドップラー装置を使用し、心尖部アプローチにより左室中央部で左室内血流を記録し、等容性弛緩期血流を検討した。

心音図法はフクダ電子製 MA-250 型を用い、記録は 100 mm/sec の紙送り速度にて行なった。同記録より、R 波から II 音の大動脈成分の始まりまでの時間を測定し、収縮末期の決定の参考とした。

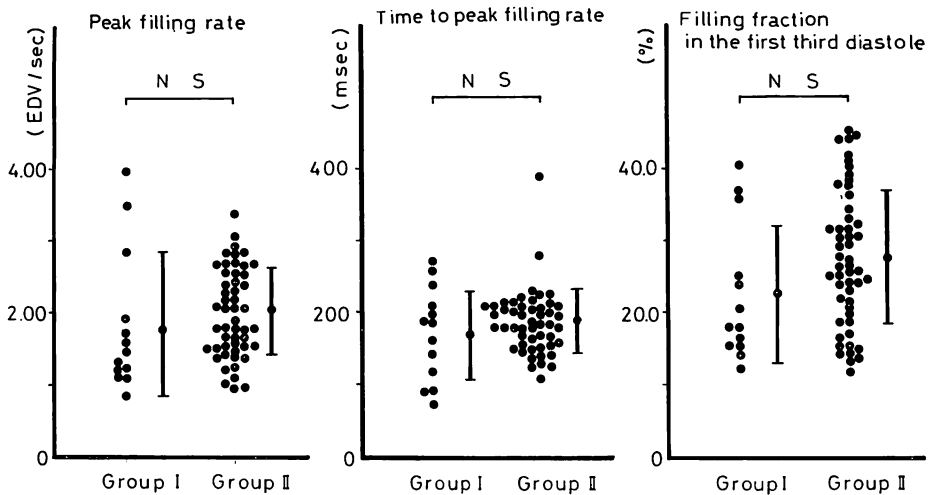
## 結 果

### 1. 心プールのスキュン法による検討

心音図から得られた駆出時間または心拍数から



**Fig. 1. The representative time-activity curves (above) and first derivative curves (below). Left: obtained from a patient in Group I. Right: obtained from a patient in Group II. Large arrow indicates left ventricular (LV) volume decrease during isovolumic relaxation period in Group I.**

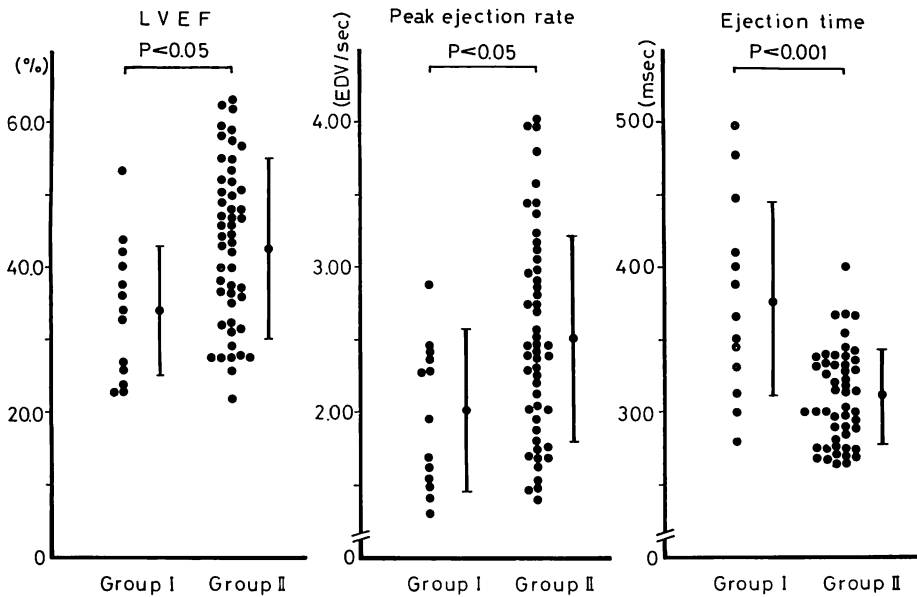


**Fig. 2. Comparison of diastolic parameters obtained from gated blood pool scintigraphy between Groups I and II.**

予想される駆出時間<sup>13)</sup>より、R波から収縮末期までの時間を想定し、その部分と一致を示した左室容積曲線の最小値の部分を中心スキャン上の収縮末期とした。Fig. 1は左室容積曲線上、等容性弛緩期に容積減少の認められた症例(左図:前壁梗塞症例)と認められなかった症例(右図:後下壁梗塞症例)の容積曲線である。後下壁梗塞症例では全例とも容積減少を示さなかったのに対し、前壁梗塞症例は64例中13例では、矢印で示すごとく、等容性弛緩期において、収縮末期から最大急速流入期の間収縮末期よりもさらにカウント

数が低下している現象が認められた。そこでこの現象の臨床的意義を検討するため、等容性弛緩期に容積減少の認められる前壁梗塞症例(I群)と認められない前壁梗塞症例(II群)間で比較を行った。

左室容積曲線より得られた拡張期指標の比較をFig. 2に示すが、PFRはI群で $1.84 \pm 1.00$ , II群で $2.04 \pm 0.61$  EDV/sec, TPFRはI群で $172 \pm 64$ , II群で $187 \pm 44$  msec および1/3 FFはI群で $22.5 \pm 9.5$ , II群で $27.2 \pm 7.8\%$ といずれにおいても両群間に有意差は認められなかった。



**Fig. 3. Comparison of systolic parameters obtained from gated blood pool scintigraphy between Groups I and II.**

LVEF=left ventricular ejection fraction.

収縮期指標に関しては、**Fig. 3** に示すように、LVEF は、I 群で  $32.1 \pm 13.2$ 、II 群で  $42.6 \pm 12.7\%$  ( $p < 0.05$ )、PER は I 群で  $2.02 \pm 0.56$ 、II 群で  $2.51 \pm 0.71$  EDV/sec ( $p < 0.05$ ) と I 群で有意に低下し、ET も I 群で  $377 \pm 68$ 、II 群で  $311 \pm 33$  msec ( $p < 0.001$ ) と I 群において有意に延長を認め、収縮能の低下が認められた。なお、心プルスキャン法施行時の心拍数に関しては、I 群で  $72.2 \pm 11.5$ 、II 群で  $71.1 \pm 11.1$ /min と両群間に差は認められなかった。また、I 群(13例; 男性12, 女性1, 平均年齢  $58 \pm 7$  歳)と、II 群(51例; 男性42, 女性9, 平均年齢  $54 \pm 13$  歳)の間には、性、年齢に有意差は認められなかった。

## 2. 左室造影法による検討

**Fig. 4** は **Fig. 1** で呈示した等容性弛緩期に容積減少の認められた症例の左室造影後のトレースである。前壁中隔および心尖部が aneurysmal motion を呈しているが、心基部は正常な壁運動を示していた。

I 群の13例の各セグメントの壁運動の所見を **Table 1** に示す。前壁心尖部は13例中11例(85%)が dyskinetic または aneurysmal motion を呈し、一方、心基部の壁運動は3例(23%)に異常を認めたのみで他の10例(77%)はすべて正常な壁運動を示した。これに対し II 群では、前壁心尖部が同様の高度壁運動異常を呈する症例は51例中20例(39%)であり、同部位の壁運動は、I 群において高度障害例がより多く認められた ( $p < 0.001$ )。また II 群の心基部壁運動は11例(22%)に異常を認めたのみであり、両群間に有意差は認められなかった。

## 3. 超音波パルス・ドップラー法による検討

**Fig. 5** は I 群の1例の左室中央部における超音波パルス・ドップラー像であるが、矢印で示すように等容性弛緩期に心尖部から心基部に向かう正常とは逆方向の高流速異常血流 (27 cm/sec) が認められた。このような 20 cm/sec 以上の異常血流は、I 群13例中7例(54%)に比し、II 群では

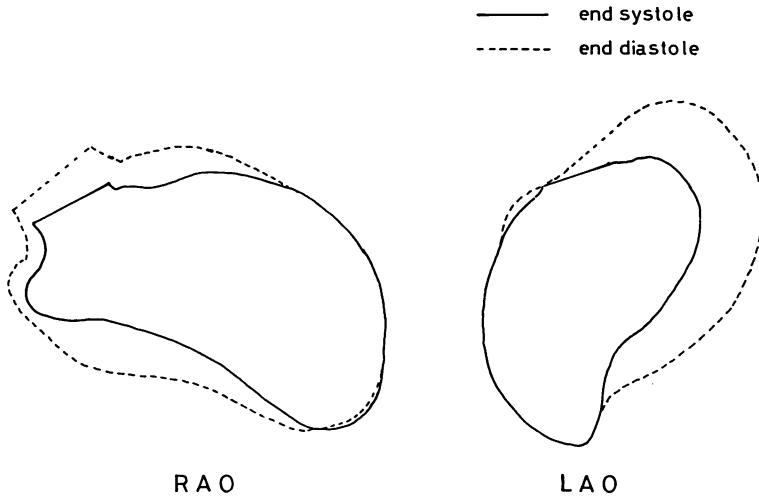


Fig. 4. Left ventriculograms obtained from a patient in Group I.

51例中4例(8%)にしかみられず、I群で有意に高頻度で( $p < 0.001$ ),特にI群では等容性弛緩期での左室内における異常な血液シフトが出現することが示唆された。

考 察

心プールスキャン法による等容性弛緩期の検討では、高岡<sup>8)</sup>がこの時相における左室容積変化をとらえ、peak filling rate of relaxation という指標を考案し、病的心で有意に低下していることを報告している。また、池園ら<sup>10)</sup>は左室容積曲線の一次微分が0になる点より100 msec後の容積増加量と拡張末期容積との比をearly filling volume ratio(%EFV)として検討し、左室relaxationおよび病的心の評価に有用な指標であったと報告している。しかしながら、等容性弛緩期時相における容積減少所見に関する報告は過去に認められない。今回の研究では、一連の心プールスキャン所見において、左室容積曲線上、陳旧性心筋梗塞の一部の症例で容積減少を認めたため、その出現機転と臨床的意義について解析を試みた。

なお解析上、次の点に注意して検討を行なった。容積曲線のフーリエ近似に関しては、最適次数の

Table 1. Evaluation of regional wall motion abnormality on left ventriculogram

Patient No.	LVG segment						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	4	4	2	1	3	4
2	4	4	4	1	1		
3	1	5	5	5	1	5	5
4	1	2	4	4	1	4	3
5	1	5	5	1	1	5	1
6	1	5	5	2	1	5	1
7	1	2	2	1	1	2	1
8	1	3	5	1	1	5	1
9	3	3	3	2	2	3	2
10	2	5	5	2	2	3	2
11	1	5	5	1	1	5	1
12	1	5	5	1	1	3	1
13	1	2	5	1	1	1	1

1=normal; 2=hypokinetic; 3=akinetic; 4=dyskinetic; 5=aneurysmal.

LVG=left ventriculogram.

決定は各指標に影響を与えるため慎重な検討が必要である<sup>15)</sup>。フーリエの低次近似の場合では、等容性弛緩期の現象が隠されてしまうため評価が困難であり、また一方、あまり高次の場合では、ノ

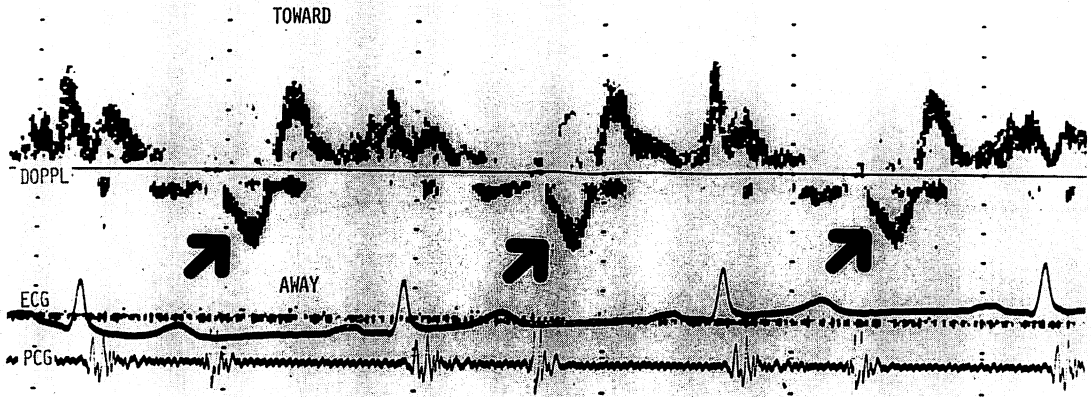


Fig. 5. Doppler echocardiogram obtained from a patient in Group I.

Reversed flow from the apex to the base with high velocity (27 cm/sec) was detected during the isovolumic relaxation period (arrows).

イズを拾いすぎ、やはり評価に誤差ができてやすくなる。我々の検討では5-6次の近似がもっとも良く等容性弛緩期の time-activity curve とフィットしていたので、今回の検討では5次近似を用いてフーリエ近似を行なった。

また、このような現象を有する症例では、容積曲線上の収縮末期部位の決定が問題となる。今までの心プールシンチグラフィの検討では容積最小値を収縮末期としているが、今回検討したような等容性弛緩期にさらに容積が減少するような症例の場合は、心音図および心拍数から予測される収縮時間と容積最小値までの時間との間には明らかな相違がみられている。このため、今回の検討では心音図および心拍数から収縮末期を予測し、その部分と一致する左室容積曲線の極小値を収縮末期として検討した。

その結果、容積減少を有する症例は全例、前壁梗塞例であり、同現象の出現には前壁の壁運動異常の関与が考えられたため、今回の検討では心プールのスキャン法、左室造影法および超音波パルス・ドップラー法を用いて、前壁梗塞症例を同現象のある群とない群に分類し、両群で比較検討を行なった。

心プールのスキャン法では、収縮期指標はI群で

有意に低下していたが、拡張期指標には両群で有意差はなかった。収縮能に比べ拡張能が早期に障害されることより、収縮能が比較的保たれているII群においても、拡張能障害が早期に起こっていることが示唆された。

左室造影法では、容積減少を認める症例は認めない症例に比し、前壁に著明な壁運動異常 (dyskinetic または aneurysmal motion) を有しており、一方、心基部の壁運動は保たれており、局所壁運動の不均一性が強いことが示された。

超音波パルス・ドップラー法による等容性弛緩期の検討では、黒岩ら<sup>14)</sup>が左室内血流を測定し、健常者例では、左室中央部で心尖部へ向かう層流性の血流が認められるのに対し、陳旧性心筋梗塞群では、健常者と同様に心尖部方向を向く血流を呈する群、健常者例とは逆向きの心基部を向く血流を呈する群、および明らかな血流がみられない群の3例に分けられると報告している。これら血流パターンの相違は左室弛緩様式を反映したものであり、特に血流が心基部に向かう群は心尖部に壁運動異常を有していたことから、心尖部に比べ心基部側の拡張が大きくなり、そのために血流が通常と反対の心基部へ向かうものと推定される。今回の超音波パルス・ドップラー法による検討で

も、容積減少を認める症例では、著明な不均一性弛緩によると考えられる高速 (20 cm/sec 以上) の心基部へ向かう血流が高頻度に認められており、この等容性弛緩期における異常血流が心プールスキャン上の容積減少所見の原因と考えられた。すなわち、等容性弛緩期に心尖部から心基部へと向かう血流により、ガンマカメラの検出器より遠ざかる血液シフトが起こり、得られるカウント数が減少したためと推測された。しかし、ガンマカメラからの距離が左室内カウント数にどれほど影響してくるかについて詳細に検討した報告はなく、今後、実験的検討を含め、距離とカウント数との関連についての解析が必要と思われた。

### 要 約

陳旧性心筋梗塞症例に心プールスキャン法を施行し、左室容積曲線上、等容性弛緩期に左室容積が減少する症例を認めた。この減少の出現機転および臨床的意義について、左室壁動態および左室内血流動態と対比検討した。

1. 心プールスキャン法、左室造影法、および超音波パルス・ドップラー法が施行された心筋梗塞症例連続 113 例において、等容性弛緩期の左室容積減少は前壁梗塞症例 64 例中 13 例に認められたが、後下壁および前壁＋後下壁梗塞例では認められなかった。

2. 左室造影法において前壁および心尖部の dyskinesis, または aneurysmal motion を示す頻度は、容積減少がみられない前壁梗塞症例では 51 例中 20 例 (39%) であったのに対し、容積減少のみられた症例では 13 例中 11 例 (85%) であり、後者で有意に頻度が高かった。

3. 超音波パルス・ドップラー法では、容積減少の認められる群では、等容性弛緩期に左室中央部において心尖部から心基部に向かう高流速の異常血流が認められ、この左室弛緩の不均一による血液シフトが、心プールスキャンの左室容積曲線に容積減少として現れることが示唆された。

以上の結果より、この現象は左室弛緩の不均一

性を反映したものと考えられた。

### 文 献

- 1) Gooch AS, Vicencio F, Maranhao V, Goldberg H: Arrhythmias and left ventricular asynergy in the prolapsing mitral leaflet syndrome. *Am J Cardiol* **29**: 611-620, 1972
- 2) Hamby RI, Aintablian A, Tabrah F, Reddy K, Wisoff G: Late systolic bulging of left ventricle in patients with angina pectoris: A form of asynchronous contraction. *Chest* **65**: 169-175, 1974
- 3) Ruttley MS, Adams DF, Cohn PF, Abrams HL: Shape and volume changes during "isovolumetric relaxation" in normal and asynergic ventricles. *Circulation* **50**: 306-316, 1974
- 4) Altieri PI, Wilt SM, Leighton RF: Left ventricular wall motion during the isovolumic relaxation period. *Circulation* **48**: 499-505, 1973
- 5) Ludbrook PA, Byrne JD, Tiefenbrunn AJ: Association of asynchronous protodiastolic segmental wall motion with impaired left ventricular relaxation. *Circulation* **64**: 1201-1211, 1981
- 6) Abe H, Tomotsune K: Asynchronous relaxation of the ischemic left ventricle. *Jpn Circ J* **46**: 103-112, 1982
- 7) Gibson DG, Prewitt TA, Brown DJ: Analysis of left ventricular wall movement during isovolumic relaxation and its relation to coronary artery disease. *Br Heart J* **38**: 1010-1019, 1986
- 8) 高岡 茂: 核医学的方法による左室弛緩能の評価に関する研究. *鹿児島大医誌* **40**: 57-72, 1988
- 9) Yamagishi T, Ozaki M, Kumada T, Ikezono T, Shimizu T, Furutani Y, Yamaoka H, Ogawa H, Mitsuzaki M, Matsuda Y, Arima A, Kusakawa R: Asynchronous left ventricular diastolic filling in patients with isolated disease of the anterior descending coronary artery: Assessment with radionuclide ventriculography. *Circulation* **69**: 933-942, 1984
- 10) 池園 徹, 尾崎正治, 山岸 隆, 清水達朗, 山岡英樹, 古谷雄司, 松田泰雄, 久萬田俊明, 楠川禮造, 有馬暁光, 松浦昭人: 平衡時心電図同期心プール法による左室 relaxation の評価. *核医学* **20**: 659-664, 1983
- 11) Bonow RO, Vitale DF, Bacharach SL, Frederick TM, Kent KM, Green MV: Asynchronous left ventricular regional function and impaired global diastolic filling in patients with coronary artery disease: Reversal after coronary angioplasty. *Circulation* **71**: 297-307, 1985

古田, 小寺, 田淵, ほか

- 12) Bonow RO, Bacharach SL, Green MV, Kent KM, Rosing DR, Lipson LC, Leon MB, Epstein SE: Impaired left ventricular diastolic filling in patients with coronary artery disease: Assessment with radionuclide angiography. *Circulation* **64**: 315-323, 1981
- 13) Weissler AM, Harris LC, White GD: Left-ventricular ejection time index in man. *J Appl Physiol* **18**: 919-923, 1963
- 14) 黒岩宣親, 中村純一, 真田純一, 大重太真男, 橋本修治: 超音波パルスドプラ法による等容性拡張期に見られる左室内血流の検討. *日内会誌* **73**: 974-979, 1984
- 15) Bacharach SL, Green MV, Vitale D, White G, Douglas MA, Bonow RO, Larson SM: Optimum Fourier filtering of cardiac data: A minimum-error method: Concise communication. *J Nucl Med* **24**: 1176-1184, 1983