

経皮経管的冠動脈形成術の
左室拡張能に及ぼす効果：
パルス・ドップラー法によ
る検討

Left ventricular diastolic
properties before and
after percutaneous trans-
luminal coronary angio-
plasty evaluated by
pulsed Doppler echo-
cardiography

鈴木 真事
樫田 光夫*

Makoto SUZUKI
Mitsuo KASHIDA*

Summary

Left ventricular diastolic properties were assessed by pulsed Doppler echocardiography before and after percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA) in 30 patients.

Four parameters were measured from records obtained by directing the ultrasonic beam from the cardiac apex to the base and by locating the sample volume at the mitral orifice: 1) the peak velocity of the rapid filling wave (R), 2) the peak velocity of the atrial contraction wave (A), 3) the acceleration half time (Ta: the time from half of the peak velocity to the peak velocity of the R, and 4) deceleration half time (Td: the time from the peak velocity to half of the peak velocity of the R). The ratio of the peak velocity of the atrial contraction to that of the rapid filling wave (A/R) was also calculated.

1. The R increased significantly after PTCA ($p < 0.01$), whereas no significant change was observed in the A.

2. The A/R decreased significantly after PTCA ($p < 0.01$).

3. PTCA did not influence significantly the acceleration half time or the deceleration half time.

The augmented rapid filling observed after PTCA may reflect improvement of left ventricular myocardial relaxation. Our method sensitive in assessing diastolic properties is helpful for evaluating left ventricular function after PTCA.

Key words

Percutaneous transluminal coronary angioplasty

Pulsed Doppler echocardiography

Diastolic properties

東邦大学医学部 第三内科
東京都目黒区大橋 2-17-6 (〒153)
*三井記念病院 循環器センター
東京都千代田区神田和泉町 1 (〒100)

The Third Department of Internal Medicine, Toho
University School of Medicine, Ohashi 2-17-6, Me-
guro-ku, Tokyo 153

*Center for Cardiovascular Disease, Mitsui Memorial
Hospital, Kanda-Izumi-cho 1, chiyoda-ku, Tokyo 100

Received for publication February 12, 1987; accepted April, 6, 1987 (Ref. No. 30-25)

はじめに

経皮経管的冠動脈形成術 (percutaneous transluminal coronary angioplasty: PTCA) は虚血性心疾患に対する従来の内科的, 外科的治療法と異なり, 冠動脈の器質的狭窄それ自体を急速に解除することによる冠血流の再建を目的として行われ, Grüntzig らの報告^{1,2)}以来, 広く普及しつつある. この冠動脈形成術による冠血流改善の効果として, 自覚症状の軽減³⁾や局所心筋灌流の増加⁴⁾などの報告はあるが, 左室拡張動態への効果についての報告は少ない.

また近年, パルス・ドップラー法による左室流入血流パターンは, 左室拡張動態評価のさいの指標として, 非侵襲的で比較的容易に得やすいという利点から, 種々の病態における左室拡張動態についての研究に利用されている^{5,6)}.

本研究では, パルス・ドップラー法による左室流入パターンの変化から, PTCA の左室拡張動態に及ぼす効果について検討した.

対象および方法

対象は PTCA に成功した 30 例で, 年齢は 37 歳~71 歳(平均 54.8 歳), 性別は男性 24 例, 女性 6 例であり, 臨床診断は狭心症 21 例, 陳旧性心筋梗塞 9 例, 全例正常洞調律である. 左室造影上, 狭心症の 21 例は左室収縮異常を認めず, 陳旧性心筋梗塞 9 例では明らかな左室収縮異常を伴っていた.

PTCA が行なわれた冠動脈病変部位は, 左前下行枝 15 例, 左回旋枝 4 例, 右冠動脈 4 例, 左前下行枝と右冠動脈の 2 枝病変 6 例, 左回旋枝と右冠動脈の 2 枝病変 1 例で, 冠動脈造影上, 50% 以下の狭窄まで改善した症例を PTCA 成功例と判定した.

心エコー図記録装置は, セクター式電子走査型超音波断層装置 (東芝製 SSH-40A) とパルス・ドップラーユニット (東芝製 SDS-21A または SDS-21B) の複合システムを用い, パルス・ドッ

Table 1. Patients' characteristics

No. of patients	30
Age (yr)	
Mean	54.8
Range	37~71
Sex	
Male	24
Female	6
Clinical diagnosis	
Angina pectoris	21
Myocardial infarction	9

プラーの超音波周波数は 2.4 MHz, パルス繰り返し周波数は 4 KHz または 6 KHz で, fast Fourier transform (FFT) によりスペクトル表示されたドップラー波形を, 紙送り速度 5 または 10 cm/sec で, strip chart recorder に記録した.

心エコー図およびパルス・ドップラー波形は, それぞれ PTCA 前後 1 週間以内に記録した. 体位は左半側臥位とし, 心尖部より超音波ビームを投入し, 心尖部長軸断層像にてサンプルボリュームを左室流入路僧帽弁口直下に設定し, 左室流入波形を記録した. また心電図第 II 誘導, 心音図, M モード心エコー図を参考記録として同時記録した. サンプルボリュームの大きさは 3×3×2 mm である (Fig. 1).

波形の分析は拡張早期流入波 (R 波) と心房収縮による流入波 (A 波) について行い, R 波および A 波の peak velocity, R 波のピークの 1/2 の速度からピークに達するまでの時間 (Ta), R 波のピークから 1/2 の速度に減速するまでの時間 (Td), および A 波と R 波の比 (A/R) を測定し, それぞれ連続 5 心拍の平均値を算出した. さらに通常の左室 M モードより左室駆出率を求め, 心電図より心拍数を測定した. なおドップラー波形の測定上, 心拍数の相違による影響を少なくするため, PTCA 前後で心拍数が毎分 10 以上の変動を示すものは, 今回の対象から除外した.

有意差検定には paired Student's t-test を用いた.

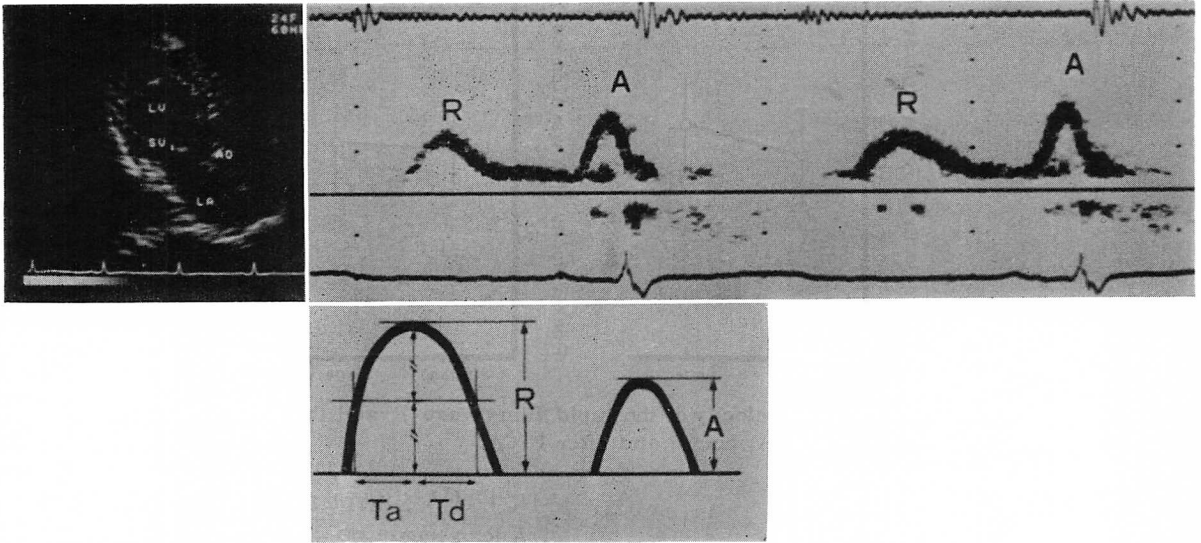


Fig. 1. Pulsed Doppler echocardiogram at the mitral orifice and the derived parameters from the blood flow velocity recording.

R=amplitude of diastolic rapid filling wave; A=amplitude of atrial contraction wave; Ta=acceleration half time; Td=deceleration half time.

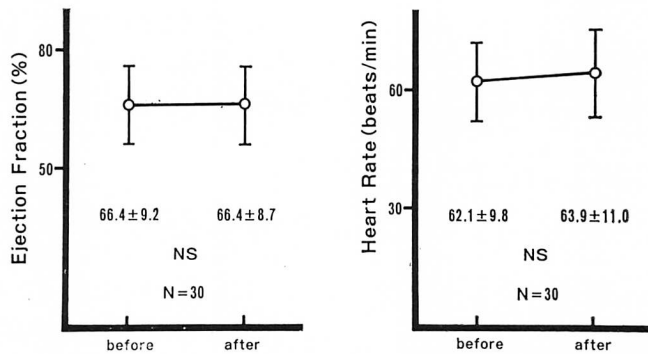


Fig. 2. Changes in ejection fraction and heart rate calculated by M-mode echocardiograms before and after PTCA.

結 果

1. 心拍数と左室駆出率

心拍数と M モード心エコー図より計測した左室駆出率には、PTCA 前後で全く差を認めなかった (Fig. 2).

2. 拡張早期流入波 (R 波) と心房収縮による流入波 (A 波)

R 波の peak velocity は PTCA 前の 51 ± 12 cm/sec から、PTCA 後は 59 ± 13 cm/sec へと有意に増大したが ($p < 0.01$) (Fig. 3), A 波の peak velocity は PTCA 前の 52 ± 10 cm/sec から、

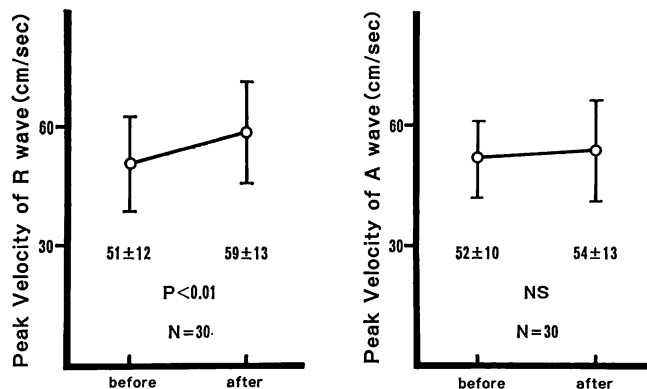


Fig. 3. Changes in the peak velocity of the rapid filling wave (R) and the peak velocity of the atrial contraction wave (A) before and after PTCA.

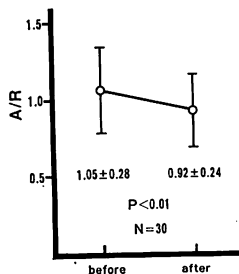


Fig. 4. Changes in the ratio of the peak velocity of the atrial contraction wave to that of the rapid filling wave (A/R) before and after PTCA.

PTCA 後は 54 ± 13 cm/sec となり, 有意な変化を示さなかった。

3. A/R 比

A/R は PTCA 前 1.05 ± 0.28 から PTCA 後 0.92 ± 0.24 と有意な減少を認めた (Fig. 4)。

4. Ta と Td

Ta は PTCA 前後で有意な変化を認めなかった。また Td は有意な変化ではないが PTCA 前の 126 ± 30 msec から, 115 ± 25 msec へと軽度の減少傾向を示した (Fig. 5)。

5. 冠動脈病変部位の相違による比較 (Fig. 6)

一般に左室心筋に対する支配領域が広範囲である左前下行枝病変, または左前下行枝を含む多枝病変に PTCA を施行した 15 例の LAD 群と, その他の病変 (左回旋枝のみまたは右冠状動脈の

みに) PTCA を施行した 8 例 (LCx-RCA 群) での A/R を比較すると, LAD 群では 1.04 ± 0.29 から 0.87 ± 0.26 と有意な減少 ($p < 0.01$) を示したのに対し, LCx-RCA 群では軽度の減少傾向は示したが, 有意な変化を認めなかった。

Fig. 7 は 47 歳女性, 臨床診断は狭心症 (陳旧性心筋梗塞を有しない) で左前下行枝に PTCA を行った症例である。左室流入路でのパルス・ドップラー波形より得られた A/R は低下し, 特に R 波の増高が認められる。

考 按

虚血性心疾患患者における左室拡張動態について, Diamond ら⁷⁾は左室造影を用い, Mann ら⁸⁾は左室圧曲線から得られる時定数 T と negative dp/dt を用い, それぞれ左室拡張障害を指摘している。これまでの研究では, 虚血性心疾患のうち, 特に心筋梗塞を合併した患者において, 局所的な左室弛緩能の障害やコンプライアンスの低下が示され^{9,10)}, これらの障害は左室心筋の繊維化や, それによる局所の distensibility の変化のためとされてきた¹¹⁾。その後, 同様の左室拡張障害が, 運動負荷や心房 pacing による頻脈で誘発された狭心痛発作時でも認められることが報告された¹²⁾。さらに Bonow ら¹³⁾は RI アンジオを用い, 心電図や核医学検査上, 心筋梗塞の合併を認

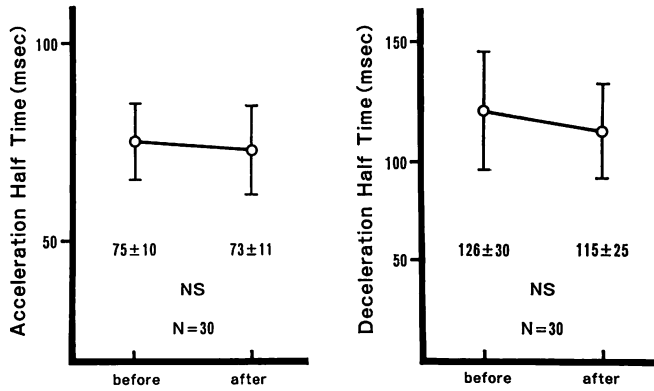


Fig. 5. Changes in the acceleration half time (Ta) and deceleration half time (Td) before and after PTCA.

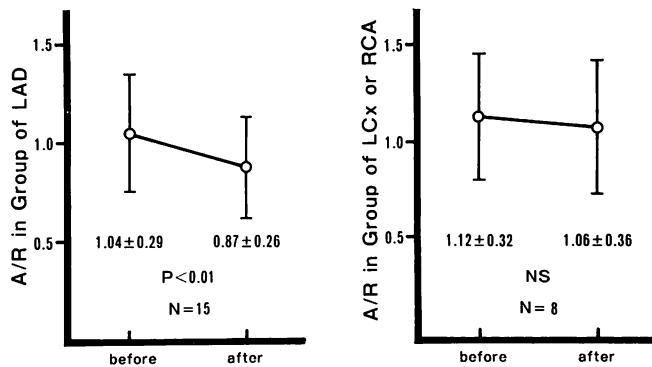


Fig. 6. Changes in the ratio of the peak velocity of the atrial contraction wave to that of rapid filling wave (A/R) in the LAD group and in the LCx or RCA group.

LAD=left anterior descending artery; LCx=left circumflex artery; RCA=right coronary artery.

めず、また駆出率等の左室収縮能にも異常を認めない虚血性疾患患者においても、すでに安静時の左室充満障害が起こっていることを指摘している。

一方、パルス・ドップラー法の普及により、各種心疾患の心腔内血流情報が容易に得られるようになり、なかでも僧帽弁左室流入血流パターンは、左室拡張動態評価の指標として、非侵襲的に容易に得られること⁵⁾や、左室ジオメトリーの影響を受けにくいなどの利点から、その有用性が認識されている⁶⁾。

一般に左室の拡張期は、等容拡張期、早期急速充満期、緩徐充満期、心房収縮充満期の4相に分けられる。このうち、等容拡張期から早期急速充満期の前半にかけては能動的な左室筋の弛緩、すなわち心筋収縮要素からのカルシウムイオンの遊離と関係し、また収縮終期容量もこの時相には大きく関与していると思われる。拡張早期流入の後半から後の部分は受動的な拡張で左室のコンプライアンスに依存し、心房収縮期にはこれに心房筋の収縮性が関与する。

虚血はこれらの拡張期各相のうち、心筋収縮要

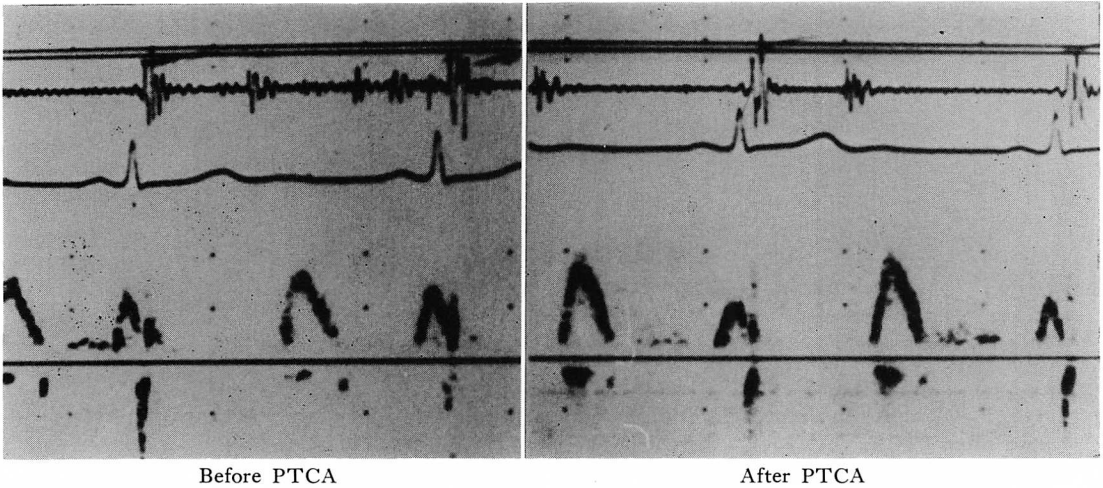


Fig. 7. Pulsed Doppler echocardiograms in a 47-year-old woman who underwent successful PTCA of the LAD.

A typical increase in the peak velocity of the rapid filling wave and a decrease in A/R are demonstrated.

素に関係する能動的な弛緩に最も影響を与えられてきている。したがって PTCA により虚血部位の冠血流が改善されると、その効果として、障害されていた拡張早期の左室弛緩能が改善されると推定される。

我々の成績では、左室流入路で得られる拡張期左室流入波形のうち、A 波には PTCA 前後で有意な変化を認めていないが、R 波は PTCA 後有意に増高している。これは PTCA による冠血流の増加が左室弛緩能を改善し、拡張早期の左室充滿速度を増加させたものと考えられる。また A/R についても PTCA 後有意な改善を認めているが、これは主として R 波の有意な増高による結果と考えられる。したがって PTCA による左室拡張能改善の指標として、R 波とともに A/R も利用できるが、A/R は心拍数の影響を受けやすいとされており¹⁴⁾、その判定には慎重を要する。さらにこれら PTCA による拡張期諸指標の変化は、M モード心エコー図に基いて計測された左室駆出率の有意な改善を伴っていないので、収縮能の改善が二次的に拡張能に及ぼす影響をほとんど受けていないものと考えられる。

拡張早期の左室流入波形を反映する R 波から得られる指標のうち、Ta と Td の検討では、両者ともに有意な変化を認めなかった。前述のごとく、一般に拡張早期における左室内血液流入には、左室心筋の能動的拡張 (active relaxation) と左室充滿圧による受動的拡張 (passive relaxation) の2つの作用が関与し¹⁵⁾、Ta は前者と、Td は後者と密接な関係があると思われる。したがって、PTCA により Td の有意な短縮がみられなかったことは、少なくとも PTCA の急性効果としては、左室のコンプライアンスを有意に改善しないことを意味するものであろう。また、Ta は理論的に考えれば PTCA 後短縮を示すはずであるが、有意な変化を認めなかった。これについては FFT によりスペクトル表示されたドップラー波形を計測する際に、R 波、A/R や Td に比較して、測定誤差を生じやすいことも一因であろう。

PTCA の施行された冠動脈病変部位と左室流入波形の変化との関係については、左室心筋の支配領域が広範囲である前下行枝病変で、PTCA による R 波の増高と A/R の減少が有意であり、

より大きい拡張能の改善効果が得られるものと考えられた。

今回の我々の結果から、PTCAによる冠血流の改善は心筋虚血により障害されていた左室拡張能をも改善すると考えられ、これは左室収縮能に影響を及ぼさない程度の心筋虚血でも、すでに可逆性の拡張障害を生じさせているとする Bonowらの報告¹³⁾を裏づける結果であると考えられる。このような左室拡張能の改善は、主に拡張早期の左室充満の改善によるものであり、これはPTCAによる冠血流の改善が左室弛緩に大きく関与したためと考えられた。

本研究で左室拡張能の指標として用いたパルス・ドップラー法による左室流入波形は、非侵襲的で容易に得られ、繰り返し検査を行なえることや、心筋梗塞等による左室ジオメトリーの変化を受けにくいという利点もあり、PTCAによる冠血流の再建がもたらす左室拡張能の改善を十分に評価できる方法として、有用であると思われた。

要 約

虚血性心疾患(狭心症 21例, 陳旧性心筋梗塞 9例) 30例に percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA) を行い、PTCAの左室拡張動態に及ぼす効果を、パルス・ドップラー法による左室流入波形から検討した。

1. 拡張早期流入波(R波)の peak velocityはPTCA後有意な増大を示したが、心房収縮による流入波(A波)の peak velocityは有意な変化を示さなかった。

2. A/RはPTCA後有意な減少を示した。

3. Acceleration half time (Ta)と deceleration half time (Td)は有意な変化を示さなかった。

4. 前下行枝にPTCAを施行した群では、左回旋枝または右冠状動脈のいずれか一方にPTCAを施行した群に比して、PTCAの左室拡張能へ及ぼす効果が大きであった。

以上の結果から、PTCAは主として左室弛緩

能を反映する拡張早期の左室拡張能を改善するものと考えられた。

稿を終わるにあたり、御指導・御校閲を賜った町井潔教授、平井寛則講師、三井記念病院循環器センター 山口 徹先生に深甚なる謝意を表します。また超音波記録に御協力いただいた三井記念病院検査部 遠田栄一氏に厚く感謝します。

文 献

- 1) Grüntzig A: Transluminal dilatation of coronary artery stenosis. *Lancet* 1: 262, 1978
- 2) Grüntzig A, Senning A, Siegenthaler WE: Non-operative dilatation of coronary artery stenosis: Percutaneous transluminal coronary angioplasty. *N Engl J Med* 301: 61 1979
- 3) 水野杏一, 荒川 宏, 渋谷利雄, 里村公生, 青崎登, 栗田 明, 細野清士, 田中 勸, Gensini G: Percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA). 手技, 適応, 有効性, 限界, 合併症について. *心臓* 114: 1234, 1982
- 4) Schmidt D, Rod J, Ray G: Effect of coronary angioplasty on regional myocardial perfusion. *Circulation* 64: 161, 1981 (abstr)
- 5) 松尾裕英, 北島 颯, 浅生雅人, 寺尾祐輔, 三嶋正芳, 千田彰一, 島津 敬, 田内 潤, 阿部 裕: 左室流入血流パターンからみた高血圧症, 肥大型心筋症, 心筋梗塞における左室拡張機能に関する研究. *J Cardiogr* 10: 697, 1980
- 6) Kitabatake A, Inoue M, Asano M, Tanouchi J, Masuyama T, Abe H, Morita H, Senda S, Matsuo H: Transmitral blood flow reflecting diastolic behavior of the left ventricle in health and disease. *Jpn Circ J* 46: 92, 1982
- 7) Diamond G, Forrester JS: Effect of coronary artery disease and acute myocardial infarction on left ventricular compliance in man. *Circulation* 45: 11, 1972
- 8) Mann T, Goldberg S, Gilbert H, Grossman W: Factors contributing to altered left ventricular diastolic properties during angina pectoris. *Circulation* 59: 14, 1979
- 9) Bristow JD, Van Zee BE, Judkins MP: Systolic and diastolic abnormalities of the left ventricle in coronary artery disease: Studies in patients with little or no enlargement of ventricular volume. *Circulation* 42: 219, 1970
- 10) Mirsky I, Cohen PF, Levine JA, Gorlin R, Herman MV, Kreulen TH, Sonnenblick EH: As-

- essment of left ventricular stiffness in primary myocardial disease and coronary artery disease. *Circulation* **50**: 128, 1974
- 11) Gaasch WH, Levine HJ, Quinones MA, Alexander JK: Left ventricular compliance: Mechanisms and clinical implication. *Am J Cardiol* **38**: 645, 1976
 - 12) McLaurin LR, Rolett EL, Grossman W: Impaired left ventricular relaxation during pacing-induced ischemia. *Am J Cardiol* **32**: 751, 1973
 - 13) Bonow RO, Bacharach SL, Green MV, Rossing DR, Lipson LC, Leon MD, Epstein SE: Impaired left ventricular diastolic filling in patients with coronary artery disease: Assessment with radionuclide angiography. *Circulation* **64**: 315, 1981
 - 14) 永井恒雄, 林 千治, 矢沢良光, 荒井 裕, 紫田 昭: 心室流入部ドップラー血流パターンに及ぼす心拍数変化の影響. *日超医講演論文集* **43**: 447-448, 1983
 - 15) Grossman W, McLaurin LP: Diastolic properties of the left ventricle. *Ann Int Med* **84**: 316, 1976