

心筋梗塞部における拡張期 左室局所心筋伸展の特徴

Characteristics of left ventricular regional wall relaxation at the infarction site

金政 健
石川 欽司
大里修一郎
大貝 俊弘
小田 明夫
門脇 宏之
小川 巖
香取 瞭

Ken KANAMASA
Kinji ISHIKAWA
Shuichiro OSATO
Toshihiro OGAI
Akio ODA
Hiroyuki KADOWAKI
Iwao OGAWA
Ryo KATORI

Summary

In order to investigate relaxation characteristics of the infarcted wall, segment lengths of the left ventricular wall were calculated in 6 patients with anterior myocardial infarction and in 9 angiographically normal subjects. The biplane left coronary cineangiography was performed and coordinates of ramifying points of the left coronary artery on the infarcted or non-infarcted wall were measured and the spatial lengths (segment lengths) on each wall were calculated. If the two points are on the left anterior descending artery (LAD) in infarcted patients, a calculated length is regarded as a segment length in the infarcted portion, while if the length is calculated between the two points located on the coronary artery other than LAD, it is a non-infarcted segment. Each segment length was calculated in frame by frame covering one cardiac cycle. The maximum length (L_{max}), minimum length (L_{min}) and the length at the beginning of P wave of the electrocardiogram ($L_{ECG P}$) were calculated. The extent of relaxation of the segment caused by atrial kick was calculated as $(L_{max} - L_{ECG P}) / L_{max} \times 100$, ($\% \Delta L_{ta}$). This value was 2.8 ± 1.5 and $3.5 \pm 1.4\%$ on anterior and inferior walls, respectively, in 9 normal subjects and 3.6 ± 1.2 and $4.0 \pm 0.9\%$ in 6 patients with anterior infarction, revealing no significant difference among 4 values. This indicates that the amount of lengthening of the segment by atrial kick remains unchanged even if the wall is infarcted. The extent of diastolic lengthening of the segment by rapid and slow fillings, which excludes atrial filling, was calculated as $(L_{ECG P} - L_{min}) / L_{max} \times 100$, ($\% \Delta L_{l-ta}$). This value was significantly reduced to $3.5 \pm 2.1\%$ on the infarcted wall (anterior wall in infarcted patients) when compared to the non-infarcted wall in infarcted patients ($8.8 \pm 3.9\%$) or normal subjects (anterior wall: 7.5 ± 2.9 , inferior wall: $9.4 \pm 3.7\%$). These results indicate that actual pressure-length relationship of the left ventricle operates on its steep portion in patients with myocardial infarction because of high left ventricular end diastolic pressure. Therefore, pressure-length

近畿大学医学部 第一内科
大阪府南河内郡狭山町西山 380 (〒589)

The First Department of Internal Medicine, Kinki
University School of Medicine, Nishiyama 380,
Sayama-cho, Minamikawachi-gun, Osaka 589

Presented at the 26th Meeting of the Cardiography Society held in Osaka, April 1-2, 1983
Received for publication June 23, 1983

relationship in infarction site is different from that in non-infarction site due to the reduction of compliance.

Key words

Regional wall motion Segment length Myocardial infarction Diastolic compliance Atrial filling

はじめに

心筋梗塞症では左室の拡張期伸展異常が生じ¹⁻⁶⁾, 心房収縮による左室容積増加率が正常と比べて大きいとされている^{5,6)}. これらの報告は左室造影法により, 左室全体としての拡張期血液充満量を分析したものであり, 梗塞部と非梗塞部とに分けて左室の伸展性を分析したのではない. 本研究では冠動脈二方向造影により, 冠動脈の分枝点の数カ所を立体座標として求め, 2点を結んだ距離 (segment length) を算出する方法^{7,8)}により, 梗塞部と非梗塞部における拡張期の左室壁伸展度を検索したので報告する.

方 法

急性心筋梗塞に罹患後約3ヵ月を経過し, 臨床上前壁梗塞6例, および胸痛などのため冠動脈造影を施行し, 正常と診断された9例である. 朝食6時間後, フェノバルビタール 100 mg 筋注1時間後に, Seldinger法により右鼠径部よりカテーテルを右心系に挿入, 心内圧測定し, ついで Millar 製カテ先マンメーターを左室に挿入, 圧の測定, 続いてウログラフィン 40 ml を 15 ml/sec で注入し, 左室造影を行った. 同社製カテ先マンメーターを左室内に留置したまま, 同じく Seldinger 法により左鼠径部から Judkins カテーテルを大動脈起始部に挿入, ウログラフィン 8 ml を用い, 二方向同時撮影装置により選択的左冠動脈造影を施行した. シネ映画撮影は Siemens 製 Sirecon-2 duplex 25/15 で, 高分解 image intensifier に組み込まれた Arritechno 35 mm cine camera (50 frames/sec) を用いて行った. 左室内圧および心

電図は, 電磁オッシロ式 Hewlett-Packard (HP) 4588 recorder を用い, 200 mm/sec の紙送り速度にて記録した.

冠動脈造影フィルムから冠動脈分枝間距離 (segment length: L) を解析する方法の要点は以下のごとくである⁷⁻⁹⁾. 左冠動脈は左室外壁に密着して走るため, この動脈の2カ所の距離は左室外壁の弦の長さ, すなわち L を表わす. 冠動脈造影を正面, 側面二方向同時撮影とすれば, 冠動脈の枝分かれの点など, 目印となる所を正面フィルムと, それに対応する側面フィルム上で同定し, 立体座標値 (X, Y, Z) を求めた. ある点 (Pn) と他のある点 (Pm) の距離は (L) は

$$L = \sqrt{(X_n - X_m)^2 + (Y_n - Y_m)^2 + (Z_n - Z_m)^2}$$

として計算される (Fig. 1). この計算を心周期全体にわたって行えば, 心周期に伴う segment length の伸縮様式が知れる.

座標点の分析は 35 mm シネフィルムをモーションアナライザー (Vanguard 製) に投影し, ソナーペン (graph pen) (GP 3-HP, Science Accessories corporation) を用いて, マーカーの座標位置をコンピューター (HP 2100A) に1コマずつ入力した. 入力正面のフィルムについて任意の番号から最大150コマまで, 各コマにつき最大6カ所を入力し, 続いて側面のフィルムについても, 同じコマ番号より同じ点について入力し, 拡大率の補正を行って2点間空間距離を計算した⁸⁻⁹⁾. 左冠動脈には左前下行枝と回旋枝の分枝点, 左前下行枝と対角枝の分枝点, 左前下行枝の中央部の小さな中隔枝の分枝点, 左前下行枝の心尖部到達時の二股に分かれる点, 左回旋枝と左房枝あるいは辺縁枝の分枝する点など, 通常5ないし6カ所が1回の撮影で容易に同定できた. Fig. 2

$$\text{Segment Length } \overline{P_n P_m} = \sqrt{(X_n - X_m)^2 + (Y_n - Y_m)^2 + (Z_n - Z_m)^2}$$

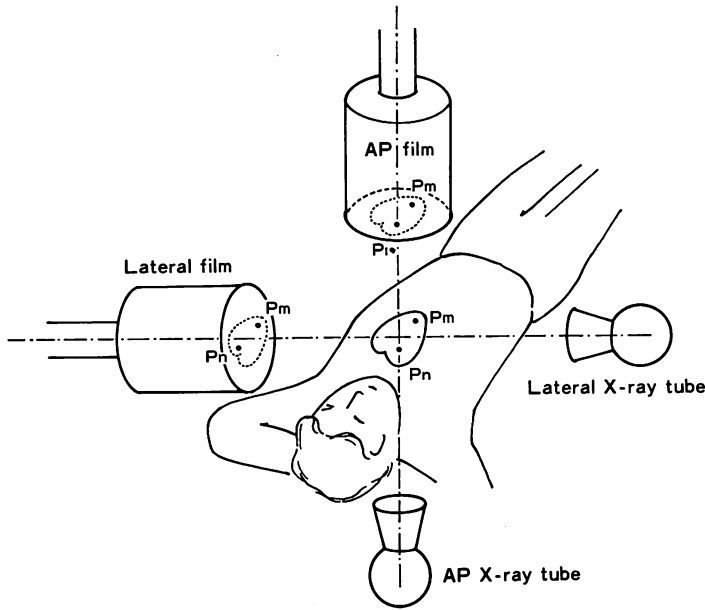


Fig. 1. Schematic representation of method to obtain the segment length by biplane coronary cineangiography.

に segment length の心周期における変化の 1 例を示した。撮影は毎秒 50 コマなので、算出値は 20 msec 間隔となる。以下に述べる segment length の各指標の値は、前後 3 点、60 msec ごとの平均にて算出した。

- L_{\max} : segment length の最大値
- $L_{\text{ECG P}}$: 心電図 P 波開始点での segment length の値
- L_{\min} : segment length の最小値
- $L_{\max} - L_{\text{ECG P}}$, (ΔL_{la}): 心房収縮による segment length の増加分
- $L_{\text{ECG P}} - L_{\min}$, (ΔL_{l-1a}): 急速ならびに緩徐充満による segment length の増加分
- $L_{\max} - L_{\min}$, (ΔL): 全充満期での segment length の増加分
- $(L_{\max} - L_{\text{ECG P}})/L_{\max}$, ($\% \Delta L_{la}$): 心房収縮による増加率
- $(L_{\text{ECG P}} - L_{\min})/L_{\max}$, ($\% \Delta L_{l-1a}$): 心房収縮以

前の急速ならびに緩徐充満による増加率 ($L_{\max} - L_{\min})/L_{\max}$, ($\% \Delta L$): 全充満期での増加率

成 績

Table 1 に正常群 および心筋梗塞群の血行動態、および左室造影成績を示した。前壁梗塞では、左室拡張末期圧が正常群の 7 ± 2 (mean \pm SD) mmHg に対して 13 ± 4 mmHg と有意に増大し、収縮末期容積は正常群の 36 ± 5 ml/M² に対して 57 ± 13 ml/M² と有意に増加していた。

Table 2 に示すように、前壁梗塞例で、(梗塞前壁部)の segment length 全充満期伸展、すなわち $(L_{\max} - L_{\min})/L_{\max}$, ($\% \Delta L$) は $7.1 \pm 2.2\%$ で、これは正常前壁部 ($10.3 \pm 2.6\%$)、正常下壁部 ($12.9 \pm 4.1\%$) および非梗塞部である前壁梗塞下壁部(非梗塞下壁部) ($12.8 \pm 4.2\%$) に比べ、有意に低値を示した。心房収縮以前の急速ならびに緩徐充

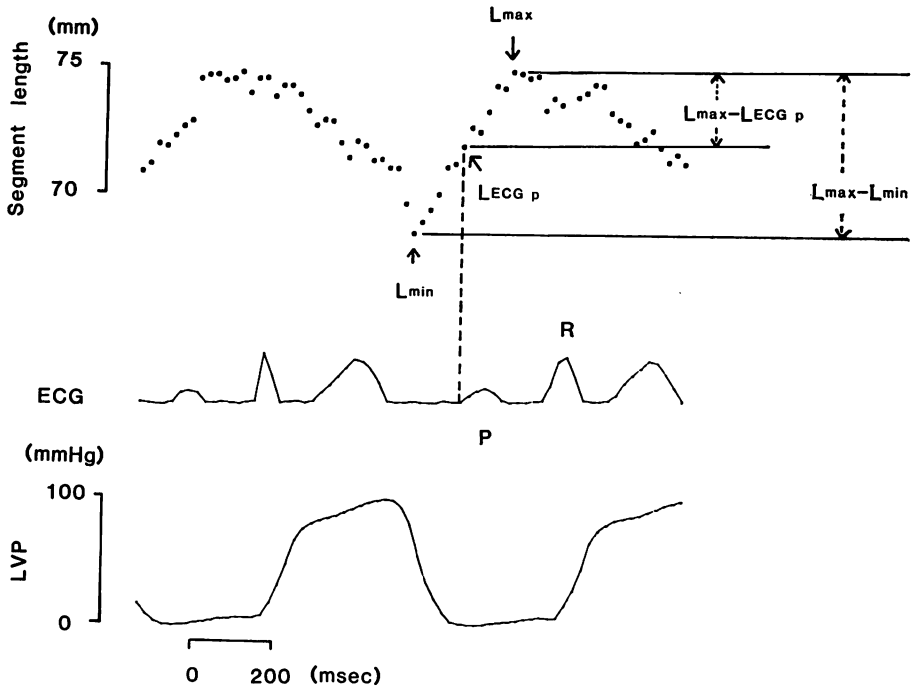


Fig. 2. Temporal relationship between segment length curve, electrocardiogram (ECG) and left ventricular pressure curve (LVP) in a patient with anteroseptal infarction.

The closed dots represent the segment length on each frame. For abbreviations, see text.

Table 1. Hemodynamic and left ventricular volume data

(mean ± SD)

	No. of cases	EDP (mmHg)	HR (beats/min)	EF (%)	EDV (ml/M ²)	ESV (ml/M ²)	SI (ml/M ²)
Normal	9	7 ± 2	81 ± 7	60 ± 3	88 ± 9	36 ± 5	54 ± 5
Anterior MI	6	13 ± 4**	75 ± 6	50 ± 11	107 ± 18	57 ± 13*	53 ± 9

Abbreviations: MI = myocardial infarction; EDP = end-diastolic pressure; HR = heart rate; EF = ejection fraction; EDV = end-diastolic volume; ESV = end-systolic volume; SI = stroke index.

* = p < 0.02; ** = p < 0.01 as compared with normals.

満による増加率 $(L_{ECG p} - L_{min}) / L_{max}$, (% ΔL_{I-la}) は, 正常群の前壁部 (7.5 ± 2.9%), 正常群の下壁部 (9.4 ± 3.7%) および心筋梗塞群の非梗塞下壁部 (8.8 ± 3.9%) に比し, 心筋梗塞群の梗塞前壁部では (3.5 ± 2.1%) と低値を示した. 心房収縮による増加率 $(L_{max} - L_{ECG p}) / L_{max}$, (% ΔL_{Ia}) では, 心筋梗塞群の梗塞前壁部は (3.6 ± 1.2%), 正常群の

前壁部 (2.8 ± 1.5%), 正常群の下壁部 (3.5 ± 1.4%) および心筋梗塞群の非梗塞下壁部 (4.0 ± 0.9%) に対して有意差を示さなかった (Fig. 3, Table 2).

考 按

左室壁の局所伸縮様式は, 虚血性疾患の病態を理解する上に重要である. その検討に対し, 心臓

Table 2. Segmental wall motion of the left ventricle

(mean±SD)

	L_{max} (mm)	$L_{ECG P}$ (mm)	L_{min} (mm)	$\frac{L_{max}-L_{min}}{L_{max}}$ (%)	$\frac{L_{ECG P}-L_{min}}{L_{max}}$ (%)	$\frac{L_{max}-L_{ECG P}}{L_{max}}$ (%)
Normal (n=9)						
Anterior wall	67.2±22.2	65.2±21.8	60.3±20.5	10.3±2.6	7.5±2.9	2.8±1.5
Inferior wall	83.8±19.9	80.6±19.2	72.6±17.2	12.9±4.1	9.4±3.7	3.5±1.4
Anterior MI (n=6)						
Anterior wall (infarcted portion)	63.1±20.7	60.9±20.1	59.4±20.5	7.1±2.2	3.5±2.1	3.6±1.2
Inferior wall (non-infarcted portion)	71.0±25.2	68.2±24.3	67.8±26.0	12.8±4.2	8.8±3.9	4.0±0.9

Abbreviations: MI=myocardial infarction; L_{max} =maximal length; $L_{ECG P}$ =length at the beginning of the P wave of the electrocardiogram; L_{min} =minimal length.

*=p<0.02; **=p<0.01; ***=p<0.001.

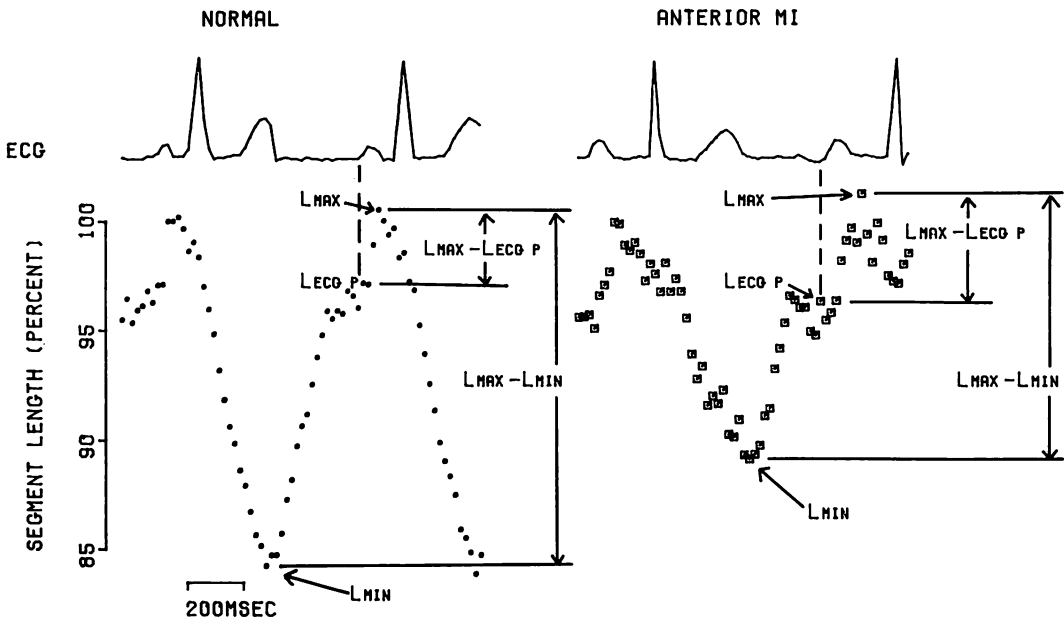


Fig. 3. Segment length curves of the left ventricular anterior wall.

Left: normal control.

Right: a patient with anteroseptal infarction.

超音波法や RI 法は非侵襲的に施行できる点で極めて有用であるが, 心内膜側の特定の部位の同定が困難なことや, 胸部内での心臓のねじれ移動によって, ある特定の部分の segment length を正確に計測することは困難である. また侵襲的な手法である左室造影法は左室内腔の投影像を見るものであるから, これによって segment length 計測に見合う局所心筋の動態を知ることは不可能である. この点, 冠動脈分枝間計測法ではある 2 点間の距離が計測でき, それは左室外壁の弦の長さに相当することが証明されている⁷⁾. したがって, この方法では心室壁の比較的外側部を測定することになるため, これが心内膜側の動きとどの程度相関するかが問題となろう. 我々が心外膜上の 2 点に対応する心内膜側の 2 点に鉛玉マーカーを埋え込み, 心外膜側と心内膜側を心周期での動きを観察した結果では, 収縮期短縮率が心内膜側より心外膜側で $5.1 \pm 4.9\%$ だけ有意に低値であった. しかし, 心外膜側は心内膜側より 3 ± 26 msec 早く収縮が始まり, 4 ± 50 msec 早く収縮が終了した. Cine 送り速度は 90 frame/sec であるから, 1 frame の間隔は 11 msec となり上記の心外膜側と心内膜側の収縮開始, 終了の差は誤差範囲内と思われ, 心外膜側と心内膜の収縮開始終了の時間差には有意差がないものと考えられた. すなわち, 心外膜側は心内膜側より小さい動きであるが, 心内膜側の動きを反映していることが確かめられている¹⁰⁾.

冠動脈疾患患者における左室拡張期特性異常については, これまで数多くの報告があり^{1-3, 5, 11-19)}, その異常の一因として, 心筋線維化の進展が考えられている^{1-3, 18, 20)}. このさい, 局所の壁コンプライアンスを把握するには, 左室全体としての圧-容量関係よりも, 圧-壁厚関係, もしくは圧-segment length 関係をみる方が理論的である. 本研究では, 心房収縮が始まる前の左室壁伸展率 $\% \Delta L_{1-la}$ は, 梗塞前壁部において正常左室壁に比し, 有意に小さいことが示された. また梗塞前壁部は非梗塞下壁部と比べても, $\% \Delta L_{1-la}$ が小

さいということが示された (Table 2). すなわち, $\% \Delta L_{1-la}$ は非梗塞下壁部に比し, 梗塞前壁部では有意に低値をとっている. しかし, 両者の間で $\% \Delta L_{1-la}$ には有意差は認められなかった. すなわち, 急速充満期から緩徐充満期までの壁伸展の比率が, 梗塞部で小さくなったことになる.

心筋梗塞部の拡張期特性に関し, Parmley ら²⁰⁾ は手術時摘出した左室瘤が, 心筋梗塞発症後から手術までの期間が長い程硬くなっていることを示した. Hood ら²¹⁾ は梗塞部イヌ心筋の圧-length 関係から length の変化に比較して圧上昇が大きく, すなわち正常イヌの心筋よりも梗塞部が硬いことを示した. これらの報告では, いずれも梗塞部心筋のコンプライアンスが低下していることを示し, 我々の $\% \Delta L_{1-la}$ の成績と合致する. 冠疾患患者では心房収縮による左室充満の重要性が強調されている. 本報告では梗塞部と非梗塞部とで $\% \Delta L_{1-la}$ に有意差はみられなかったが, 急速ならびに緩徐充満期での壁伸展 ($\% \Delta L_{1-la}$) には梗塞部で有意な低下が示されている.

$\% \Delta L_{1-la}$ が梗塞部で低値を示した理由としては, 以下のことが推測される. 一般に, 左室の圧-筋長関係は指数曲線をなすが, 心筋梗塞では左室拡張末期圧が正常群より高いから, 急峻部で実際の圧-筋長関係が作動していること, 梗塞部の圧-筋長関係はコンプライアンスの低下により, 非梗塞部のそれと異なることなどが原因して, 梗塞部では正常心筋と異なり, 拡張期圧-segment length 関係が急峻, すなわち length の伸びに対して圧の上昇が大きく, 非梗塞部では圧-length 関係が梗塞部のそれ程急峻でないことによるものと考えられる. 非梗塞部では, 急速ならびに緩徐充満期では圧の上昇に比して length が大きく伸びるが, 梗塞部での同時期での壁伸展は, 圧の上昇に比して length が非梗塞部ほどには伸びないため, 梗塞部では急速ならびに緩徐充満期における壁伸展が, 非梗塞部よりも低値を示したと考えられる.

要 約

心筋梗塞部の拡張期特性を検討するため、前壁心筋梗塞6例、正常循環動態例9例で左室壁の segment length を計算した。Segment length の計測には2方向冠動脈造影法を用い、梗塞部と非梗塞部での左冠動脈の二つの分枝点の距離として測定した。それらの二つの点が前壁梗塞患者の左前下行枝上で測定される場合は梗塞部での segment length, 左前下行枝以外で測定される場合は非梗塞部の segment length とした。一心周期についてそれぞれ、length 最大値 (L_{max}), length 最小値 (L_{min}), 心電図 P 波開始点での length ($L_{ECG P}$) を計算した。心房収縮による segment の拡張期伸展度を $(L_{max} - L_{ECG P})/L_{max}$, ($\% \Delta L_{1a}$) として求め、また心房収縮を除く急速および緩徐充満による拡張期伸展度は $(L_{ECG P} - L_{min})/L_{min}$, ($\% \Delta L_{1-la}$) として求めた。

$\% \Delta L_{1a}$ は正常9例で前壁部と下壁部とでそれぞれ $2.8 \pm 1.5\%$, $3.5 \pm 1.4\%$ であり、前壁梗塞6例では同じく $3.6 \pm 1.2\%$, $4.0 \pm 0.9\%$ であったが、これらの値の間には有意差はなかった。 $\% \Delta L_{1-la}$ は前壁梗塞群での前壁部(梗塞部)で $3.5 \pm 2.1\%$ と低値を示し、この値は前壁梗塞群の下壁部(非梗塞部) $8.8 \pm 3.9\%$, 正常群での前壁部 $7.5 \pm 2.9\%$, 正常群での下壁部 $9.4 \pm 3.7\%$ と比べて有意に減少していた。

梗塞部での $\% \Delta L_{1-la}$ が低値を示した理由は、心筋梗塞では左室拡張末期圧が高いため、圧-筋長関係の急峻部で実際の圧-筋長関係が作動していること、および梗塞部ではコンプライアンスの低下により非梗塞部の圧-筋長関係と異なるためと考えられた。

文 献

1) Bristow JD, Van Zee BE, Judkins MP: Systolic and diastolic abnormalities of the left ventricle in coronary artery disease. *Circulation* **42**: 219-228, 1970
 2) Diamond G, Forrester JS: Effect of coronary

artery disease and acute myocardial infarction on left ventricular compliance in man. *Circulation* **45**: 11-19, 1972
 3) Gaasch WH, Levine HJ, Quinones MA, Alexander JK: Left ventricular compliance: Mechanisms and clinical implications. *Am J Cardiol* **38**: 645-653, 1976
 4) 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
 5) Hammermeister KE, Warbasse JR: The rate of change of left ventricular volume in man. *Circulation* **49**: 739-747, 1974
 6) Matsuda Y, Toma Y, Ogawa H, Matsuzaki M, Katayama K, Fujii T, Yoshino F, Moritani K, Kumada T, Kusakawa R: Importance of left atrial function in patients with myocardial infarction. *Circulation* **67**: 566-571, 1983
 7) Kong Y, Morris JJ Jr, McIntosh HD: Assessment of regional myocardial performance from biplane coronary cineangiograms. *Am J Cardiol* **27**: 529-537, 1971
 8) 石川欽司, 林 健郎, 小橋泰之, 大谷昌平, 金政健, 山門 徹, 田仕雅洋, 大里修一郎, 香取 瞭: ヒト冠動脈二方向同時撮影による左心室外壁収縮様式の検索. *J Cardiography* **9**: 293-301, 1979
 9) 石川欽司, 林 健郎, 小橋泰之, 大谷昌平, 金政健, 山門 徹, 小橋紀之, 田仕雅洋, 大里修一郎, 香取 瞭, 石田 修, 津山泰子, 山本義憲, 村川荘太郎: 冠動脈二方向同時撮影法による左心室外壁短縮様式の検索. *近大医誌* **5**: 67-75, 1980
 10) 金政 健, 石川欽司, 大里修一郎, 香取 瞭, 津山泰子, 谷口由美子, 山本義憲: 左室内心膜と心外膜の収縮様式の差異. *J Cardiography* **12**: 233-241, 1982
 11) Dwyer EM: Left ventricular pressure-volume alterations and regional disorders of contraction during myocardial ischemia induced by atrial pacing. *Circulation* **42**: 1111-1122, 1970
 12) McLaurin LP, Rolett EL, Grossman W: Impaired left ventricular relaxation during pacing induced ischemia. *Am J Cardiol* **32**: 751-757, 1973
 13) Barry WH, Brooker JZ, Alderman EH, Harrison DC: Changes in diastolic stiffness and tone of the left ventricle during angina pectoris. *Circulation* **49**: 255-263, 1974
 14) Flessas AP, Connelly GP, Handa S, Tilney CR, Kloster CK, Rimmer RH Jr, Keefe JF, Klein MD, Ryan TJ: Effects of isometric exercise on

- the end-diastolic pressure, volumes, and function of the left ventricle in man. *Circulation* **53**: 839-847, 1976.
- 15) Mann T, Brodie BR, Grossman W, McLaurin LP: Effect of angina on the left ventricular diastolic pressure-volume relationship. *Circulation* **55**: 761-766, 1977
- 16) Mann T, Goldberg S, Mudge GH, Grossman W: Factors contributing to the altered left ventricular diastolic properties during angina pectoris. *Circulation* **59**: 14-20, 1979
- 17) Grossman W, McLaurin LP: Diastolic properties of the left ventricle. *Ann Intern Med* **84**: 316-326, 1976
- 18) Mirsky I, Cohen PF, Levine JA, Gorlin R, Herman AV, Kreulen TH, Sonnenblick EH: Assessment of left ventricular stiffness in primary myocardial disease and coronary artery disease. *Circulation* **50**: 128-136, 1974
- 19) 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, 1976
- 20) Parmley WW, Chuck L, Kivowitz C, Matloff JM, Swan HJC: In vitro length tension relations of human ventricular aneurysms. *Am J Cardiol* **32**: 889-894, 1973
- 21) Hood WB Jr, Blanco JA, Kumar R, Whiting RB: Experimental myocardial infarction. IV. Reduction of left ventricular compliance in the healing phase. *J Clin Invest* **49**: 1316-1323, 1970