

超音波断層心エコー図法による asynergy の評価:
Fixed external axis system と floating axis system の比較

Evaluation of left ventricular asynergy by two-dimensional echocardiography: Comparison between fixed external axis system and floating axis system

柴田三千夫
今泉 満
鈴木 博也
佐野 隆顕
藤井 茂樹
木俣陽一郎
阿部 敏弘*
内野 秀治*
田淵 耕平*
伊吹山千晴

Michio SHIBATA
Mitsuru IMAIZUMI
Hiroya SUZUKI
Takaaki SANO
Shigeki FUJII
Yoichiro KIMATA
Toshihiro ABE*
Hideharu UCHINO*
Kohei TABUCHI*
Chiharu IBUKIYAMA

Summary

Detection and quantitative estimation of segmental asynergy in the infarcted area has been impeded by the rotation and anterior movement of the heart during systole. In the present communication, we compared the two measurements determined by the floating and fixed external axis systems. The former takes into account of the effect of cardiac movement. Furthermore, we assessed which system is superior by the left ventriculographic and coronary arteriographic analyses. The materials consisted of 24 cases of myocardial infarction.

There was no significant difference between the two systems in the estimation of the number of asynergic segments or between echocardiographic and ventriculographic findings. The floating axis system had a tendency to underestimate asynergy, so that the number of hypokinetic segment

東京医科大学 第二内科
東京都新宿区西新宿 6-7-1 (〒160)
*東京医科大学霞ヶ浦病院 循環器科
茨城県稲敷郡阿見町 3920 (〒300-07)

The Second Department of Internal Medicine, Tokyo Medical College, Nishi-Shinjuku 6-7-1, Shinjuku-ku, Tokyo 160

*Department of Cardiology, Tokyo Medical College Kasumigaura Hospital, Ami-cho 3920, Inashiki-gun, Ibaraki 300-07

Presented at the 24th Meeting of the Cardiography Society held in Tokyo March 23-24, 1982
Received for publication October 21, 1982

estimated by the floating system was greater than that by the fixed external axis system.

Therefore, the fixed external axis system was superior to the floating axis system in determining the causative coronary artery.

Key words

Two-dimensional echocardiography

Left ventriculography

Asynergy

Fixed external axis system

Floating axis system

はじめに

断層心エコー図法は心筋梗塞の部位診断にとり簡便な方法として用いられており、心電図にて梗塞を示さない部位をも検出し得る長所を有している¹⁻⁷⁾。しかし、しばしば左室造影所見との不一致を呈することがある。その原因の1つは、冠動脈疾患では心自体の動きが過大となる傾向にあり⁸⁾、心筋自体の収縮に収縮期の回転および前方運動⁹⁾が加わるためと思われる。この点を検討するため、心自体の動きを補正しようとする floating axis system (以下 floating 法) と、動きを補正しない fixed external axis system (以下 fixed 法)^{10,11)} の2つのシステムの断層心エコー図法を用い、これらを左室造影所見ならびに冠動脈造影所見とに対比させ、両方法の優位性を比較した。

対象および方法

対象は臨床的、心電図学的、酵素学的に心筋梗塞と診断された前壁梗塞17例、下壁梗塞5例、側壁梗塞2例の計24例(31~64歳、平均50歳)である。対照群として10名(24~42歳、平均29歳)の健常者を用いた。

断層心エコー図装置には Aloka 製 SSD 800 あるいは ATL 製 Mark III を用い、患者を仰臥位または側臥位とし、胸壁運動が加わらないように浅い呼吸停止で、僧帽弁口および乳頭筋レベルの左室短軸像をビデオテープに記録した。さらに Moynihan ら¹⁰⁾の方法に従い、fixed 法として同一面上に拡張終期と収縮終期の心内膜をトレースし、コンピューターにて拡張終期の面積重心を求

めた。重心と心室中隔中点を結ぶ線を基準線とし、4度ずつ90分画し、この分画線と拡張終期および収縮終期の心内膜との交点と重心より、おのおのの短縮率を求めた。さらにこれを8分円とし、おのおのの分円に含まれる分画線より求めた短縮率の平均を、各分円の平均短縮率とした。Floating 法として、拡張終期と収縮終期についてそれぞれ面積重心および基準線を求め、この重心と基準線を重ね合わせ、以下同様にして平均短縮率を求めた。

健常対照群10名の各分円ごとの平均短縮率を、fixed 法および floating 法のそれぞれについて前述の方法を用いて求め、各分円ごとに平均短縮率の正常域を mean±1SD にて求め、正常下限値を定めた。断層心エコー図上、平均短縮率が正常下限の値から10%以下を akinesis、11%以上であるが正常下限値以下のものを hypokinesis、短縮率が負になるものを dyskinesis と規定し、各症例の asynergy を評価した。

左室造影は LAO 60度および RAO 30度にて施行した。拡張終期および収縮終期の辺縁をトレースし、大動脈弁口中点より心尖部にいたる左室長軸を求め、それを3等分する2本の垂線によって、それぞれ僧帽弁口レベル、乳頭筋レベルとした横径の短縮率を求めた¹²⁻¹⁵⁾。Asynergy を認めない虚血性心疾患以外の、いわゆる胸痛症候群症例10例の左室造影像より、同上の方法で短縮率を求めて正常下限値を定めた。断層心エコー図法の場合と同様に、正常下限値以下11%までを hypokinesis、10%以下0%までを akinesis、負の短縮率を示すものを dyskinesis とした。また AHA 分類の7セグメントを、断層心エコー図短

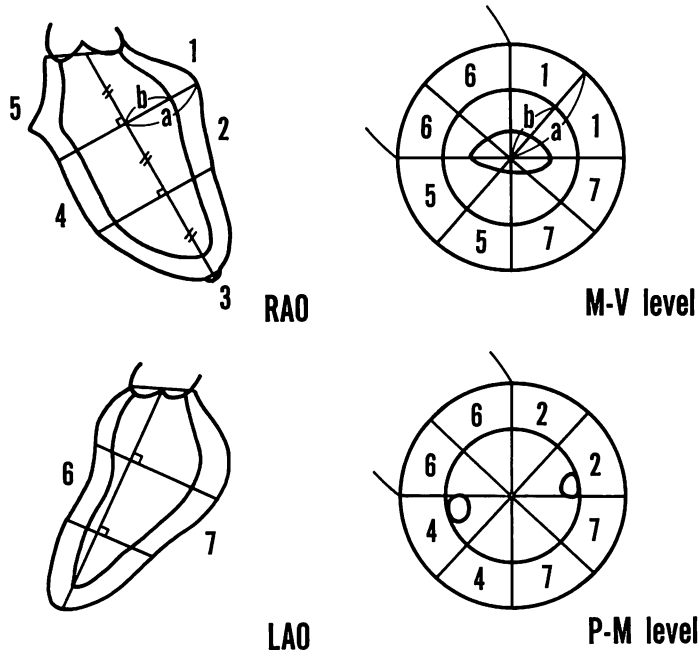


Fig. 1. Diagrams illustrating corresponding myocardial segments (AHA) and the method of calculating the rate of shortening of each segment.

Left: diagrams of left ventriculograms. The long axis is drawn from the center point of the aortic valve to the apex. Two horizontal lines are drawn to divide the long axis into three segments of equal length. The rate of shortening is calculated using the method described below.

$$\text{Rate of shortening} = (a - b) / a \times 100 (\%)$$

Right: Diagrams of the short-axis views of two-dimensional echocardiograms. Each segment corresponds with that of the echocardiographic short-axis view of the AHA segmentation system.

軸像による8分円に相応させた (Fig. 1). AHA分類の第3セグメントは今回の研究から除外した。

一方、断層心エコー図法の fixed 法および floating 法で最も asynergy の強いセグメントを見出し、そこを灌流している血管を梗塞の責任血管と推定した。セグメント1および2を灌流する血管を左前下行枝、セグメント7を灌流する血管を左回旋枝、セグメント4および5を灌流する血管を右冠状動脈または回旋枝とした。セグメント6の灌流は多様性に富んでいるが¹⁶⁾、便宜上心室中隔中点で2分し、前1/2を左前下行枝、後1/2を右冠状動脈もしくは左回旋枝の後下行枝により灌流

されているものと仮定した。このようにして、断層心エコー図法による fixed 法および floating 法で求めた梗塞の責任血管と、冠動脈造影により考えられた梗塞の責任血管とを対比検討した。

統計学的処理は、短縮率の正常範囲を mean ± 1SD にて求め、有意差検定は有意水準を 5% として検定した。

結 果

健常対照群の断層心エコー図法による各セグメントの平均短縮率下限値は、fixed 法で 19% から 30%、floating 法で 22% から 27% であった (Table 1)。Fixed 法では他のセグメントに比し

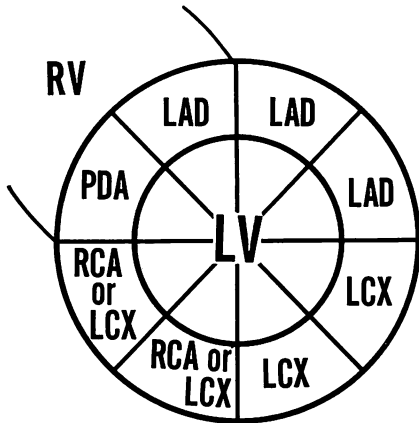


Fig. 2. Diagrammatic representation of the relationship between the segments of the short-axis view and the presumed arteries responsible for the blood supply.

LV=left ventricle; RV=right ventricle; LAD=left anterior descending artery; LCX=left circumflex artery; RCA=right coronary artery; PDA=posterior descending artery of the right coronary artery or left circumflex artery.

Table 1. Lower limits of the rate of shortening (%) for normal subjects using left ventriculography (LVG), fixed external axis system (Fixed) or floating axis system (Floating)

Segment Method	1	2	4	5	6	7
LVG	25	26	30	26	23	25
Fixed (%)	21	22	26	30	19	24
Floating (%)	25	25	25	25	22	27

Segment: segment classification by American Heart Association.

セグメント4および5の短縮率が大きく、一方セグメント6の短縮率が最も小であった。Floating法では、fixed法に比して各セグメント間の平均短縮率の差は少なかったが、floating法においてもセグメント6の平均短縮率が最も小さかった。

断層心エコー図法のfixed法とfloating法、お

Table 2. Number of asynergic segments detected with left ventriculography (LVG) and the fixed external axis system or the floating axis system

Segment Method	1	2	4	5	6	7	Total	Composition
LVG	9	17	13	11	19	12	81	dyskinesis 3 akinesis 34 hypokinesia 41
Fixed	12	15	8	14	17	13	79	dyskinesis 8 akinesis 27 hypokinesia 44
Floating	10	12	11	13	16	17	79	dyskinesis 1 akinesis 22 hypokinesia 56

Table 3. Agreement of asynergy between with the fixed external axis system or the floating axis system and left ventriculography in each segment

Segment Method	1	2	4	5	6	7	Total (%)
LVG	9	17	13	11	19	12	81
Fixed	7	12	7	9	14	9	58 (72)
Floating	6	11	8	9	14	9	57 (70)

よび左室造影法にて検討した総数のおおの144セグメント中、左室造影法による asynergy 総数は81セグメントであった (Table 2)。断層心エコー図法のfixed法およびfloating法で認められた asynergy 総数はともに79セグメントで、同数であった。しかし、hypokinesiaと評価されたセグメント数は、fixed法に比してfloating法で大であった。

左室造影法と断層心エコー図法での asynergy 部位が一致していたセグメント数は、断層心エコー図法のfixed法で58セグメント、floating法で57セグメントで、一致率はのおおの72%および70%であった (Table 3)。

Table 4に示すように、左室造影法で akinesis と評価したセグメント数は34であったが、これらの左室造影法による akinesis 部位を断層心エコー図法で asynergy として認めたセグメント数

Table 4. Comparison of left ventriculographic akinesis and asynergy determined by fixed external axis or floating axis system

Segment Method	1	2	4	5	6	7	Total (%)
LVG	6	12	3	2	8	3	34
Fixed	5	9	2	2	7	2	27 (79)
Floating	4	8	2	2	6	2	24 (71)

Table 5. Comparison of left ventriculographic akinesis and akinesis determined by fixed external axis or floating axis system

Segment Method	1	2	4	5	6	7	Total (%)
LVG	6	12	3	2	8	3	34
Fixed	3	5	1	0	2	0	11 (32)
Floating	1	5	1	1	2	1	11 (32)

Table 6. Comparison of left ventriculographic hypokinesis and asynergy determined by fixed external axis or floating axis system

Segment Method	1	2	4	5	6	7	Total (%)
LVG	3	4	10	9	9	9	44
Fixed	2	2	5	7	6	7	29 (66)
Floating	2	2	6	7	7	6	30 (68)

Table 7. Comparison of left ventriculographic hypokinesis and hypokinesis determined by fixed external axis or floating axis system

Segment Method	1	2	4	5	6	7	Total (%)
LVG	3	4	10	9	9	9	44
Fixed	1	2	3	7	1	5	19 (43)
Floating	2	2	5	6	3	4	22 (50)

Table 8. Accuracy in the prediction of the causative coronary arteries by two-dimensional echocardiography

Case No.	CAG	fixed method			floating method		
		LAD	LCX	RCA or LCX	LAD	LCX	RCA or LCX
1	6		○		●		○
2	6	●				○	○
3	7	●				○	
4	7		○				○
5	5	●			●		
6	7	●				○	
7	7	●					○
8	15	○					●
9	6	●				○	
10	6	●			●		○
11	1			●			●
12	6	●			●		
13	3			●			●
14	1			●	○		
15	6	●					○
16	6	●			●		○
17	6	●			●		
18	7	●			●	○	
19	6	●					○
20	6	●					○
21	7			○			○
22	7		○		●		
23	13		●		○		
24	9	●			●	○	

Closed circles show good correlation between two-dimensional echocardiograms and coronary angiograms (CAG).

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

は, fixed 法で 27 セグメント, floating 法で 24 セグメントで, 一致率はおのおの 79% および 71% であった.

左室造影法の akinesis 部位を, 断層心エコー図法で akinesis と認めたセグメント数は, fixed 法および floating 法とも 11 セグメントで, 一致率はともに 32% であった (Table 5).

左室造影法で hypokinesis と評価したセグメント数は 44 であったが, 左室造影法の hypokinesis 部位を断層心エコー図法で asynergy として認めたセグメントは, fixed 法で 29 セグメント, floating 法で 30 セグメントで, 一致率はおのおの 66% および 68% であった (Table 6).

左室造影法の hypokinesis 部位が断層心エコー図法によって hypokinesis として認められたセグメント数は, fixed 法で 19 セグメント, floating 法で 22 セグメントで, 一致率はおのおの 43% および 50% であった (Table 7). 左室造影法にて dyskinesis と評価したセグメント数は 3 セグメントであったが, この dyskinesis 部位を断層心エコー図法の fixed 法で, dyskinesis として評価し得たのは 2 セグメントであった. しかし floating 法では 2 セグメントを hypokinesis として評価したにすぎなかった. 左室造影所見と断層心エコー図所見が 2 段階以上異なっていたセグメント数は (例えば正常と akinesis, hypokinesis と dyskinesis), fixed 法で 12 セグメント, floating 法で 15 セグメントで, おのおの全体の 8% および 10% であった. Asynergy の検出における specificity は, fixed 法で 71%, floating 法で 62% であった.

梗塞の責任血管の推定では (Table 8), 断層心エコー図法の fixed 法では全 24 例が推定可能であり, 一方 floating 法では 18 例, 75% が推定可能であった. 断層心エコー図法による推定責任血管と冠動脈造影による責任血管が一致した症例は fixed 法で 19 例, 79% であった. 一方 floating 法では 7 例, 29% であったが, 責任血管を 2 枝とした症例が 6 例, 25% にみられた. この場合, 1

枝が冠動脈造影による責任血管と一致した症例を含めても, floating 法と冠動脈造影による責任血管の一致は 50% にしか達しなかった.

考 接

断層心エコー図法による asynergy の検出, および左室造影法との比較については多くの報告があるが¹⁷⁻²⁰⁾, 断層心エコー図法において心自体の動きを考慮して asynergy を評価した報告は少ない. 我々の結果では, asynergy の総検出数に関し, fixed 法と floating 法とは同数であり, asynergy の左室造影所見との一致率においても, fixed 法と floating 法の間には統計学的有意差を認めなかった. また, akinesis および hypokinesis それぞれの評価で左室造影所見との一致率において, 両者間に有意差を認めなかった. Kisslo ら¹⁷⁾は asynergy の評価において, 左室造影所見と断層心エコー図所見の間に不一致が生じるのは, 左室造影法のシルエットの重なりによる asynergy 評価の誤り, および評価するに不十分な断層心エコー図の結果であると述べている. これに加えて, 心自体の動きが左室造影所見, 断層心エコー図法による fixed 法や floating 法の壁運動の評価に及ぼす影響の違いも考えられる.

Floating 法は本来, 心自体の回転および前方運動などを補正する方法であるが, 一方では重心の asynergy 部位方向への移動のため, asynergy を過小評価する傾向にある. Floating 法で hypokinesis としたセグメント数が fixed 法に比して多かったのはそのためである. Moynihan ら¹¹⁾によれば, floating 法は収縮期の心室の移動と回転が考慮されているにもかかわらず, 重心の移動により asynergy を過小評価しているので, asynergy の有無については fixed 法と同程度の正確さであるが, asynergy の部位の評価において fixed 法に劣るとしている. Hegar ら¹⁾は, 断層心エコー図法による asynergy を評価した結果, 心尖部の asynergy が多かったと報告しているが, 今回 AHA 分類のセグメント 3 は, 断層心

エコー図短軸像の検出率が他のセグメントに比して低いこと、心内膜のトレースが困難な症例が多いこと、短軸方向のみならず長軸方向の動きも加わることなどより検討から除外した。梗塞の大きさに関し、広範囲梗塞例は全体の 1/4 のみであったが、このような症例は、左室造影法と断層心エコー図法における asynergy の一致率が高い傾向にあった。梗塞部位に関し、本研究では前壁中隔梗塞例が多いという片寄りがあったが、心室中隔は健常対照群の短縮率に見るように最も動きの少ない部位であり、floating 法を用いると、この部位の hypokinesis の評価は、他の部位の hypokinesis より難しくなる傾向にあった。

断層心エコー図法の fixed 法と floating 法との間で、左室造影法との asynergy の一致率に有意差を認めなかったのは、本来の fixed 法と floating 法の持つ特性のほかに、心尖部を除いたこと、梗塞の部位、大きさに関し症例に片寄りがあったことなども考慮する必要があると思われた。

梗塞の責任血管の推定において、断層心エコー図法の fixed 法では akinesis から hypokinesis を区別し得たが、floating 法では asynergy を過小評価するために、akinesis をびまん性の hypokinesis としたり、さらに対側の正常収縮部位を hypokinesis とする場合は生じた。責任血管の推定において、断層心エコー図法より推定した責任血管と、冠動脈造影による責任血管との間に不一致が生じる症例が floating 法に多かったのは、前述のごとく asynergy の過小評価の結果、floating 法で責任血管を 2 枝あると推定するなどしたためであると考えられた。

結 論

以上、断層心エコー図法に floating 法と fixed 法を用い、断層心エコー図法と左室造影法ならびに冠動脈造影法による所見を対比させ、以下の結果を得た。

1) Asynergy を呈するセグメント数および左室造影所見との一致率において、両者間に有意差

を認めなかった。

2) Floating 法は、fixed 法に比して asynergy を過小評価した。その結果、floating 法にて akinesis が少なく hypokinesis の検出数が多かった。

3) 梗塞の責任血管の推定においては、akinesis を明瞭に認め得る fixed 法が floating 法より良好であった。

要 約

心自体の収縮期における回転および前方運動が大きい心筋梗塞症において、その asynergy の評価には心自体の動きを考慮する必要がある。断層心エコー図法により、心自体の動きを補正する floating axis system と、動きを補正しない fixed external axis system を用い、両方法間の優位性を左室造影法との比較、責任血管の推定における冠動脈造影所見との対比の二面から検討した。その結果、断層心エコー図法による asynergy の総検出数および左室造影所見との一致率において、両方法間に有意差を認めなかった。しかし floating axis system は asynergy を過小評価するために、hypokinesis の検出数が多かった。そのため、責任血管の推定においては、fixed external axis systemの方が floating axis system より優れていた。

文 献

- 1) Hegar JJ, Weyman AE, Wann LS, Dillon JC, Feigenbaum H: Cross-sectional echocardiography in acute myocardial infarction: Detection and localization of regional left ventricular asynergy. *Circulation* **60**: 531-538, 1979
- 2) Hegar JJ, Weyman AE, Wann LS, Rogers EW, Dillon JC, Feigenbaum H: Cross-sectional echocardiographic analysis of the extent of left ventricular asynergy in acute myocardial infarction. *Circulation* **61**: 1113-1118, 1980
- 3) Nixon JV, Narahara KA, Smitherman TC: Estimation of myocardial involvement in patients with acute myocardial infarction by two-dimensional echocardiography. *Circulation* **62**: 1248-1255, 1980
- 4) Wyatt HL, Meerbaum S, Heng MK, Rit J,

- Gueret P, Corday E: Experimental evaluation of the extent of myocardial dyssynergy and infarct size by two-dimensional echocardiography. *Circulation* **63**: 607-614, 1981
- 5) Visser CA, Lie KI, Kan G, Meltzer R, Durrer D: Detection and quantification of acute, isolated myocardial infarction by two-dimensional echocardiography. *Am J Cardiol* **47**: 1020-1025, 1981
 - 6) Horowitz RS, Morganroth J, Chen CC, Soffer J, Pouletto FJ: Immediate diagnosis of acute myocardial infarction by two-dimensional echocardiography. *Circulation* **65**: 323-329, 1982
 - 7) Fujii J, Sawada H, Kuboki M, Aizawa T, Watanabe H, Ota A, Koyama S, Kato K, Onoe M, Kuno Y: Qualitative and quantitative evaluation of left ventricular asynergy in myocardial infarction by two-dimensional echocardiography. *Resp & Circ* **30**: 301-308, 1982 (in Japanese)
 - 8) Lighton RF, Wilt SM, Lewis RP: Detection of hypokinesis by a quantitative analysis of left ventricular cineangiograms. *Circulation* **50**: 121-127, 1974
 - 9) McDonald IG: The shape and movements of the human left ventricle during systole. *Am J Cardiol* **26**: 221-230, 1970
 - 10) Moynihan PF, Parisi AF, Feldman CL: Quantitative detection of regional left ventricular contraction abnormalities by two-dimensional echocardiography. I. Analysis of methods. *Circulation* **63**: 752-760, 1981
 - 11) Parisi AF, Moynihan PF, Folland ED, Feldman CL: Quantitative detection of regional left ventricular contraction abnormalities by two-dimensional echocardiography. II. Accuracy in coronary artery disease. *Circulation* **63**: 761-767, 1981
 - 12) Herman MV, Heinle RA, Klein MD, Gorlin R: Localized disorders in myocardial contraction. *New Eng J Med* **277**: 222-232, 1967
 - 13) Ueda H, Ueda K, Morooka S, Nakanishi A, Ito I, Yasuda H, Takabatake Y, Sugishita Y, Uchida Y, Ozeki K: A cineangiographic study of the regional contraction sequence of the normal and diseased left ventricle in man. *Jpn Heart J* **10**: 95-112, 1969
 - 14) Chaitman BR, Bristow JD, Rahimtoola SH: Left ventricular wall motion assessed by using fixed external reference systems. *Circulation* **48**: 1043-1054, 1973
 - 15) Gelberg HJ, Brundage BH, Glantz S, Parmley WW: Quantitative left ventricular wall motion analysis: A comparison of area, chord and radial methods. *Circulation* **59**: 991-1000, 1979
 - 16) James TN, Burch GE: Blood supply of the human interventricular septum. *Circulation* **17**: 391-396, 1958
 - 17) Kisslo JA, Robertson D, Gilbert BW, Ramm O, Behar VS: A comparison of real-time two-dimensional echocardiography and cineangiography in detecting left ventricular asynergy. *Circulation* **55**: 134-141, 1977
 - 18) Hattori R, Kouchi K, Itoh Y, Nishimura K, Katoh T, Ogata Y, Hiasa Y, Gouji M, Nosaka H, Nobuyoshi M: Comparison of cross-sectional echocardiography and cineventriculography in assessment of left ventricular wall motion in myocardial infarction. *J Cardiology* **10**: 811-819, 1980 (in Japanese)
 - 19) Hecht HS, Taylor R, Wong M, Shah PM: Comparative evaluation of segmental asynergy in remote myocardial infarction by radionuclide angiography, two-dimensional echocardiography and contrast ventriculography. *Am Heart J* **101**: 740-749, 1981
 - 20) Sawada H, Fujii J, Kuboki M, Watanabe H, Aizawa T, Ota A, Kato K, Onoe M, Kuno Y: Computer analysis of two-dimensional echocardiogram for the quantitative evaluation of left ventricular asynergy in myocardial infarction. *J Cardiology* **12**: 65, 1982 (in Japanese)