

局所の phase delay が左  
室運動に及ぼす影響につい  
て

Effect of regional phase  
delay on left ventric-  
ular performance studied  
by radionuclide angio-  
graphy

林 千治  
津田 隆志  
永井 恒雄  
大滝 英二  
細川 修  
渡辺 賢一  
矢沢 良光  
荒井 裕  
柴田 昭

Senji HAYASHI  
Takashi TSUDA  
Tsuneo NAGAI  
Eiji OOTAKI  
Osamu HOSOKAWA  
Kenichi WATANABE  
Yoshimitsu YAZAWA  
Yutaka ARAI  
Akira SHIBATA

**Summary**

When cardiac hypokinesis in myocardial infarction is analyzed by means of phase analysis of radionuclide (RI) angiography, there are some cases in which the amount of regional wall movement of the left ventricle does not so decline, but the phase delay of regional wall movement is great. Hence, a simulation experiment was performed with a computer to evaluate the influences of regional phase delay on cardiac work. It was assumed that the radius of the model of the left ventricle varies from 3 cm in the late diastolic phase to 2 cm in the late systolic phase, and that in the initial 1/3 time of diastole, the radius alters by 90% of the change. One cardiac cycle (360 degrees) was divided into 60 fractions (1 fraction = 6 degrees), 0 degree being the end of diastole and 180 degrees the end of systole. An ischemic area was supposed to cover S% of the whole volume of the left ventricle, its amount of regional wall movement being P% of the normal area, and the phase delay being R degrees. By varying S, P and R, and taking weighted means of volume curves and normal ones, their assumptive volume curves of the left ventricle were computed. Stroke volume (SV) and ejection fraction (EF) obtained from these curves were compared to those obtained from the normal curves, and were expressed in percentage (%SV, %EF). The influences of the changes of S, P and R on the volume curve and

新潟大学医学部 第一内科  
新潟市旭町 1-754 (〒951)

The First Department of Internal Medicine, Niigata  
University School of Medicine, Asahimachi 1-754,  
Niigata 951

Presented at the 25th Meeting of the Cardiography Society held in Tokushima, October 9-11, 1982  
Received for publication December 4, 1982

on the cardiac work were examined. Then the count curves of the left ventricle (LV) were obtained by gated RI angiography in 22 cases of myocardial infarction and 8 healthy controls, and LV regional wall movements were examined by means of the Fourier analysis. The circular volume was partitioned from the center into eight sections on the LV image of LAO 45°, and the amount of wall movement and the phase delay of each section were evaluated from the count curves of each section. The following results were obtained.

- 1) %SV and %EF declined with sole occurrence of regional phase delay.
- 2) Occurrence of the regional phase delay flattened the slope of the volume curve of the initial diastolic phase and formed shoulders on this curve. This was observed also on the count curves actually determined from cases with myocardial infarction.
- 3) When regional wall movement was markedly decreased, the influence of the regional phase delay on the pattern of the volume curve was slight even if the phase delay was extensive.
- 4) When regional wall movement was preserved, the influence of the regional phase delay on the pattern of the volume curve and on the cardiac work (%SV, %EF) increased as the phase delay increased.

We concluded that left ventricular performance is affected not only by the loss of regional wall motion but also by the regional phase delay.

#### Key words

Regional wall motion      Phase delay      Volume curve      Cardiac work      Simulation

## 目 的

平衡時マルチゲート法によって得られた局所容量曲線をフーリエ解析し、振幅イメージと位相イメージを得る Fourier analysis of radionuclide angiography は、近年、局所壁運動解析に広く用いられるようになった。この方法を用いて、心筋梗塞症の局所壁運動異常について解析すると、その異常にはいくつかの異なった形態が存在する。すなわち、局所運動量の低下は小さいが phase delay の大きな異常例、局所運動量の低下のみで phase delay の小さい異常例、局所運動量の低下に phase delay の異常を伴う例などである。そこで我々は、局所の phase delay の存在と壁運動量の低下が容量曲線と心仕事量に及ぼす影響を考察する目的で、電算機による simulation を試みた。さらに、この結果と実際の臨床例の左室 count curve を比較検討し、以下の如き知見を得たので報告する。

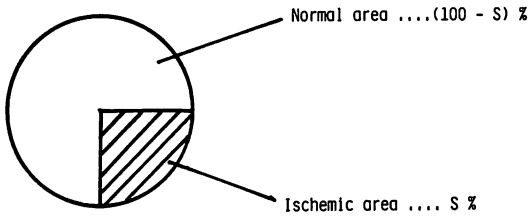
## Simulation による検討

### 1. 方法

左室の容積モデルとして、半径が 3 cm, 2 cm, 3 cm と収縮・拡張する球を仮定した。なお、拡張はその早期 1/3 の時間で半径が 90% 変化すると仮定した。この容積モデルの S% の部分が虚血部であり、(100-S)% の部分が健常部であると仮定した (Fig. 1)。

1 心周期を 360 度とし、0 度を拡張末期、180 度を収縮末期として 6 度ごとに容積を計算し、仮想容量曲線を算出した。この曲線を健常部の容量曲線とした。この曲線を Fig. 2 上段の C1 に示す。この C1 曲線から運動量を P% に圧縮し、収縮期と拡張期の位相を R 度遅らせて得られた曲線が C2 であり、この C2 曲線を虚血部の仮想容量曲線とした。

この虚血部容量曲線 C2 と健常部容量曲線 C1 を、その容積比  $S/(100-S)$  の割合で加重平均して、Fig. 2 下段の C3 曲線を作製した。したがって、この合成曲線 C3 は局所に壁運動異常



Grobe ( r= 3 - 2 - 3 cm)

Fig. 1. Method of simulation.

It is assumed that the radius of the left ventricular model varies from 3 cm in the end-diastolic phase to 2 cm in the end systolic phase, and that in the initial 1/3 time of diastole, the radius alters by 90% of the whole change. An ischemic area is supposed to cover S % of the whole volume.

を持つ左室の総合容量曲線である。すなわち、それは虚血部の容積が S%，同部の運動量は正常部の P% で、phase delay が R 度であるという左室の容量曲線ということになる。

次にこの C3 曲線の最大容積 (MAX volume) と最小容積 (MIN volume) より、一回拍出量 (SV) と駆出率 (EF) を算出し、同様に健常左室容量曲線 C1 から得られた SV, EF に対する百分率を求め、%SV, %EF とした。

以上の方法を用い、左室全容積のうち虚血部が占める容積 S, 同部の運動量 P, phase delay R を変化させ、総合容量曲線 C3 の変化, %SV, %EF の変化を simulate し、検討した。

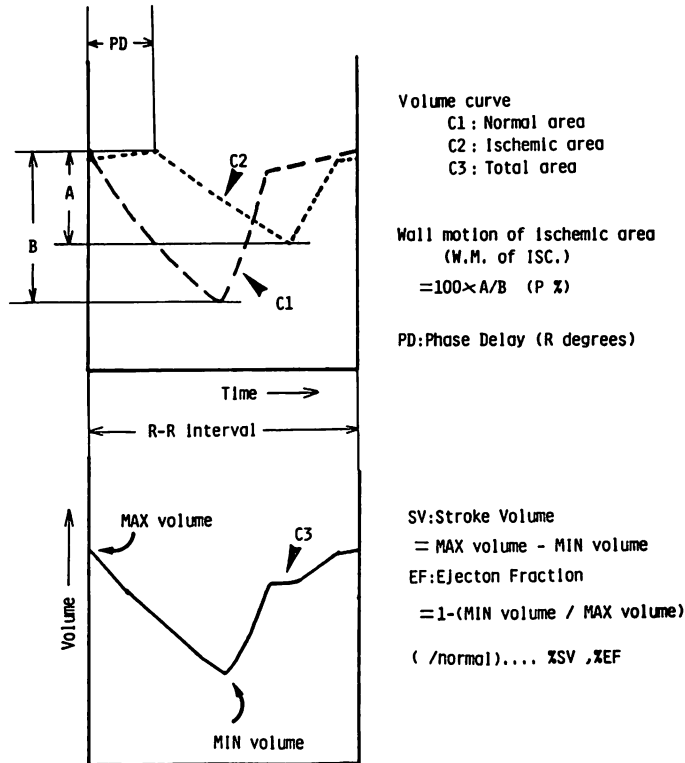
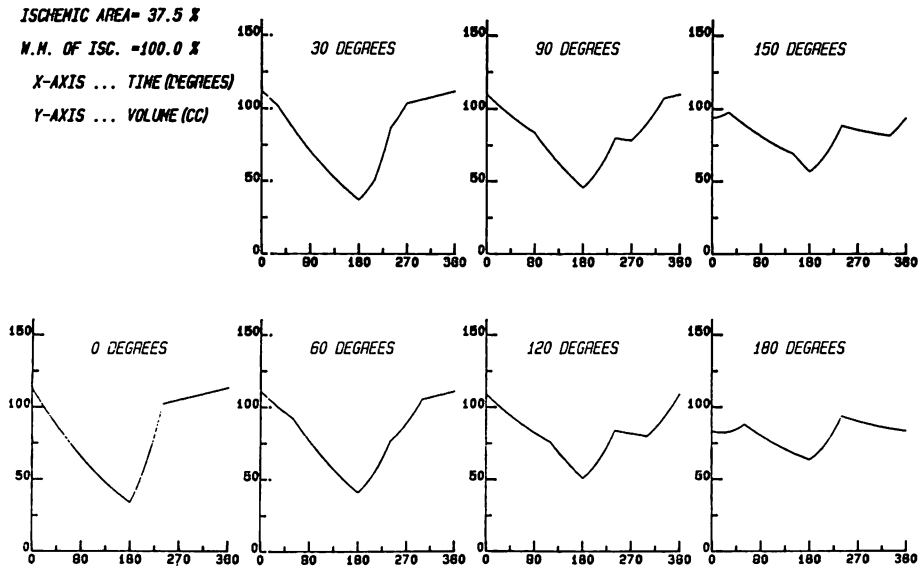


Fig. 2. Method of simulation 2.

A is a wall motion of ischemic area, and B is a wall motion of normal area. C1 is the normal left ventricular (LV) volume curve. C2 is the volume curve of ischemic area in which the absolute amount of movement is assumed as P% and the phase delay as R degrees of the normal volume curve. C3 is the weighted average curve of C1 and C2 at a ratio of S to 100-S. SV and EF are calculated from C3, and they are expressed as %SV and %EF against SV and EF from the normal curve (C1).

SV: stroke volume, EF: ejecton fraction.



**Fig. 3. Simulated left ventricular (LV) volume curves.**

Volume of ischemic area (S) is assumed to 37.5%, and its absolute amount of movement (W.M. of isc., P) is assumed to 100% of the normal. The influence of the grade of the regional phase delay on the LV volume curve without any decrease of the regional wall motion is shown as characteristic changes of LV volume curves.

電算機は DEC 製 PDP 11/34 を用い, Hewlett-Packard 製 X-Y plotter 7221C に出力して記録した.

## 2. 結果

1) 最初に, 局所の phase delay の存在と運動量の低下が, 容量曲線にどのような影響を与えるかを simulate した.

① 虚血部容積  $S=37.5\%$ , 同部の運動量  $P=100\%$ , すなわち, 局所運動量の低下がない場合に, 局所の phase delay が容量曲線に及ぼす影響を Fig. 3 に示す. 局所の phase delay  $R$  を 0 度から 180 度まで 30 度ずつ変化させ, それぞれの場合の左室容量曲線を図示した. なお,  $R=0$  度の容量曲線は, 局所に運動量低下と phase delay のない正常の左室容量曲線を示すものである. この図より以下の結論が導かれた.

局所の運動量が大きい場合, その局所の phase delay が大きくなると, 左室容量曲線は,

- (i) 振幅が小さくなる.
- (ii) 拡張早期の曲線の傾きが緩徐となる.
- (iii) 拡張早~中期に shoulder が形成される.
- (iv) 正常曲線の pattern が崩れ, 特徴的な曲線となる.

② 虚血部容積  $S=37.5\%$ , その運動量  $P=10\%$  の場合を Fig. 4 に示す. つまり, 局所の運動量が著しく低下している場合に, 局所の phase delay の存在が左室容量曲線に及ぼす影響を見たものである. この場合, 容量曲線の振幅は多少小さくなったが, 拡張早期から中期の shoulder 形成はなく, 曲線は正常曲線の特徴を残していた. したがって, 局所の運動量が小さい場合は虚血部の phase delay が大きくなって容量曲線にはそれほど影響を与えず, 拡張早期の曲線の傾きはやや緩徐となるが, 前述の局所の壁運動量が大きく, かつ phase delay も大である場合とは明らかに異なっていた.

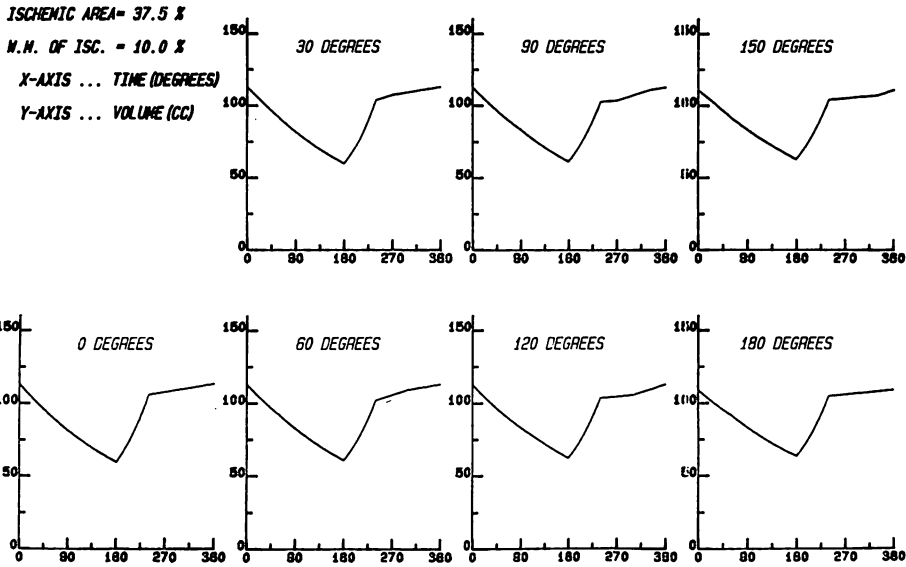


Fig. 4. Simulated LV volume curves.

S=37.5%, P=10%.

The influence of the regional phase delay on the LV volume curve with a markedly decreased wall motion of the region is shown. Although the amplitude of the volume curves decreases with the increase of the regional phase delay, the patterns of those volume remain similar to the normal curve (Fig. 3, R=0 degree).

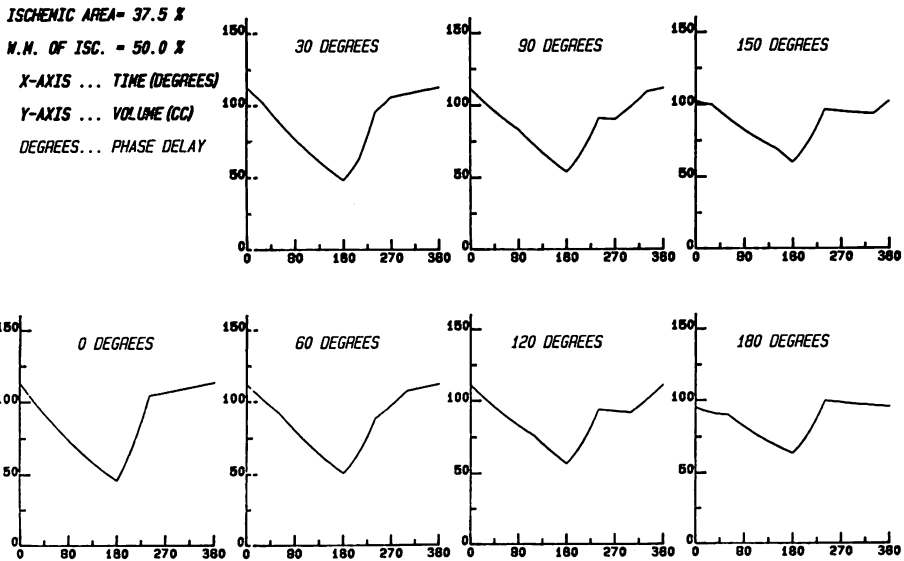


Fig. 5. Simulated LV volume curves.

S=37.5%, P=50%.

This volume curves resemble to Fig. 3.

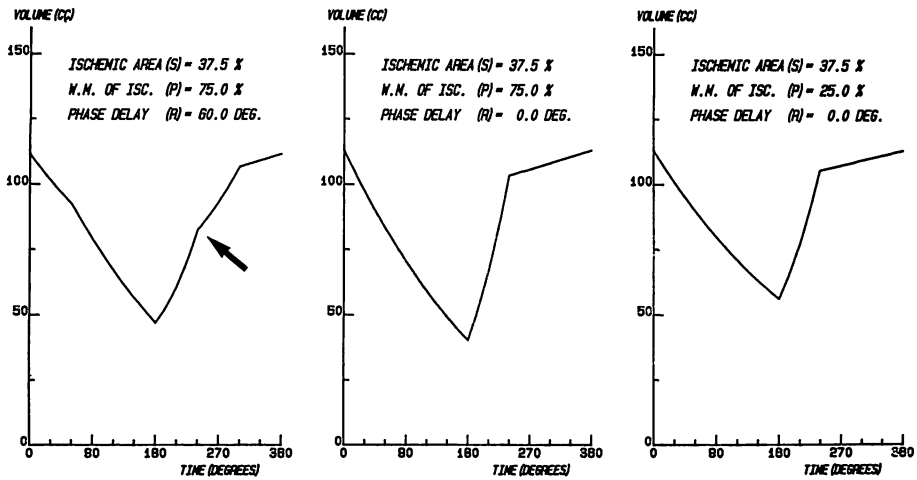


Fig. 6. Representative simulated LV volume curves.

- 1) Left panel: The regional wall movement is slightly decreased but the regional phase delay is moderate. A shoulder (shown by an arrow) is formed in early diastole.
- 2) Center panel: The regional wall movement is only slightly decreased without phase delay.
- 3) Right panel: The regional wall shows a decreased movement without phase delay.

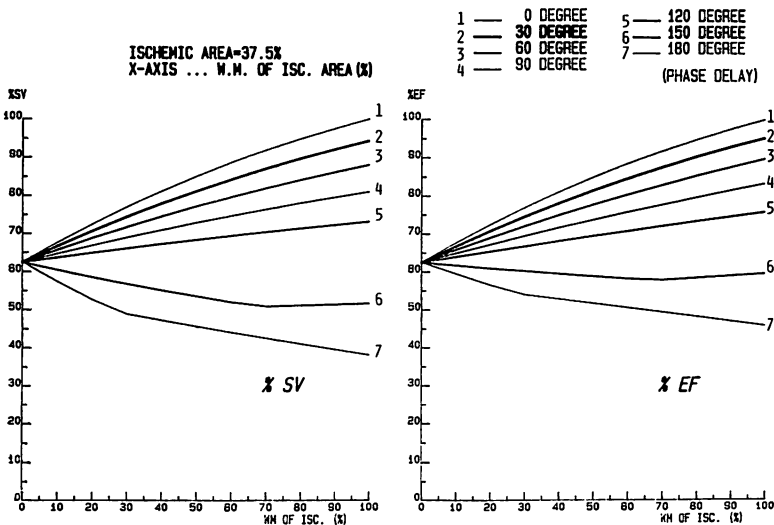
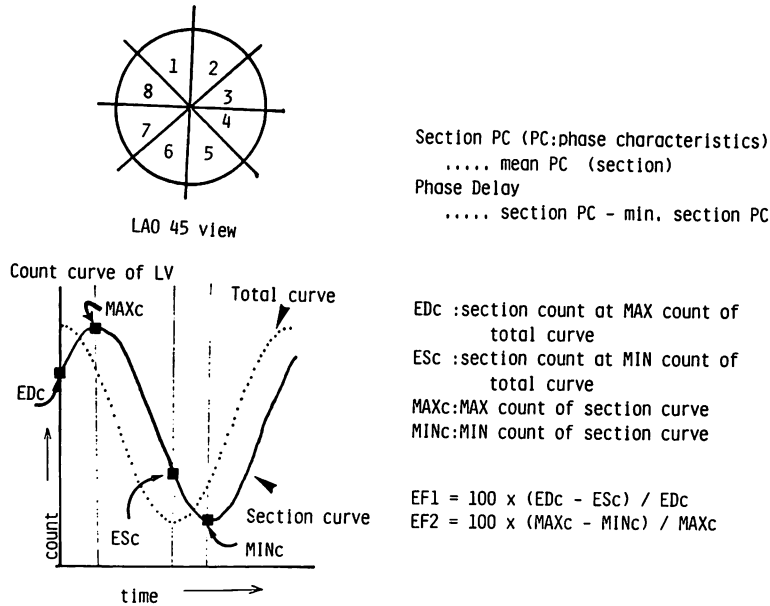


Fig. 7. Simulation of influences of the regional phase delay and the regional reduction of wall movement on the cardiac work.

X-axis: W.M. OF ISC. (wall movement of the ischemic area., P).

%SV and %EF decline with sole occurrence of the regional phase delay. When the regional reduction of wall movement is small, the influence of the regional phase delay on the cardiac work is small. And when the regional phase delay is significantly large, %SV and %EF decline as the regional movement increases.



**Fig. 8. Method of analysis of RI angiograms.**

A LV image of LAO 45° is partitioned from the center into eight sections by every 45 degree. The end-diastolic phase count (EDC), the end-systolic phase count (ESC), maximum count (MAXc) and minimum count (MINc) are determined from count curves of the respective sections, and EF1 and EF2 are calculated. Phase characteristics (PC) are determined from Fourier transformed respective pixel count curves, and the mean of pixel's PC of each section (section PC) is calculated. The phase delay of each section is obtained as the difference between the section PC of that section and minimum section PC.

③ 虚血部容積  $S=37.5\%$ ，その運動量  $P=50\%$  の場合を **Fig. 5** に示す。中等度の運動量低下がある場合でも phase delay の影響が容量曲線上に明らかにみられ，その特徴は局所の運動量の低下がない場合と同様であった。

④ 特徴的な容量曲線を **Fig. 6** に示す。虚血部容積  $S$  はすべて  $37.5\%$  である。左図には運動量  $P=75\%$ ，phase delay  $R=60$  度で，虚血部の運動量の低下が少なく，phase delay が中程度の場合を示す。矢印で示す拡張早中期の shoulder を認めた。中央は  $P=75\%$ ， $R=0$  度で，運動量の低下は左図と変わらないが，虚血部の phase delay がない場合の容量曲線を示す。右は  $P=25\%$ ， $R=0$  度で，虚血部の phase delay がなく，運動量のみが著しく低下している場合である。

2) 次に，局所の phase delay と運動量の低下が，左室の仕事量に与える影響を simulate した。虚血部運動量  $P$  と phase delay  $R$  の2つの指標を変えて， $\%SV$  と  $\%EF$  の変化を描き，**Fig. 7** に図示した。虚血部容積  $S$  は  $37.5\%$  である。横軸は虚血部の運動量  $P$  であり，縦軸は図左が  $\%SV$ ，図右が  $\%EF$  である。両図とも，曲線1が局所に phase delay がない場合であり，曲線7まで  $30$  度ずつ phase delay が大きくなっている。局所の運動量 (W.M. OF ISC.,  $P$ ) が  $0\%$  の時は， $\%SV$ ， $\%EF$  ともに局所の phase delay の影響を全く受けず，壁運動量の低下だけで決まり，同値に収束した。この simulation の結果より次の結論が得られた。

(i) 局所の運動量の低下がなくても，phase

delay の存在のみで, %SV, %EF は低下する.

(ii) 局所の運動量が同じ場合, 同部の phase delay が大きいほど, %SV, %EF の低下が大きい. この傾向は局所の運動量が大きいほど顕著となる.

(iii) Phase delay がある値を越えない場合は, 局所の運動量が大きいほど, %SV, %EF は大きくなる. しかし phase delay がその値を越えると, 局所の運動量が大きいほど %SV, %EF は逆に低下する.

### 臨床例による検討

以上の simulation の結果を考慮に入れ, 臨床症例の局所壁運動異常と左室 count curve の関係について検討した.

#### 1. 対象と方法

心筋梗塞症例 22 例と正常例 8 例について, gated RI angiocardigraphy を施行した. 解析は Informatek Simes 3 を用いた. LAO 45° 像を 64×64 pixel, R-R 間を 16 等分し, 5~6 分間 data を集積した.

1) Fig. 8 上段に示すように, 左室の拡張末期像から容積中心を求め, 左室を 45 度ずつ 8 section に分割した. 各 section ごとに count curve を描き, 左室全体の count curve と比較した. Fig. 8 下段に示すように, 左室の total count curve の最大 count の時相を拡張末期, 最小 count の時相を収縮末期とした. 各 section の count curve で, 拡張末期の count を EDc, 収縮末期の count を ESc とした. また, 各 section の count curve の最大 count を MAXc, 最小 count を MINc とし, 次式のように EF1, EF2 を定義した.

$$EF1 = 100 \times (EDc - ESc) / EDc \quad (\%)$$

$$EF2 = 100 \times (MAXc - MINc) / MAXc \quad (\%)$$

この EF1 は従来の検査法, すなわち左室造影法, 心エコー図法などで用いられる局所壁運動解析における, 局所の運動量を示す指標の 1 つである. EF2 は局所が phase delay の有無を問わず,

**Table 1. Normal values of EF1, EF2 and phase delay of 8 sections**

Section No.	EF1 (%)	EF2 (%)	Phase delay (degrees)
1	41.1±5.0	41.8±5.1	8.9±5.0
2	55.6±11.6	56.1±11.2	2.0±3.4
3	67.0±12.9	67.5±13.0	5.5±3.3
4	78.8±10.9	79.1±10.9	13.5±7.7
5	85.3±11.2	85.8±11.2	14.0±6.9
6	70.2±14.1	70.7±13.5	13.6±6.8
7	49.5±11.5	50.7±11.1	13.4±8.0
8	35.2±5.5	36.2±5.2	12.3±8.3

These data are obtained from 8 healthy controls.  
(mean±1SD)

1 心拍間に動いた実際の運動量を示す指標である. 局所が左室全体の動きと同調しているならば, EF1 と EF2 は, ほとんど同値となる.

2) 次に, 各 pixel の count curve をフーリエ変換し, 各 pixel の位相を示す指標である phase characteristics (以下 PC) を算出した. この PC 値を各 section ごとに, その section に属す pixel 分を平均し, 得られた各 section の PC の平均値を section PC とした. 8 section のうち, 最も小さい値をとる section PC 値を minimum PC とし, 次式にて各 section の phase delay を計算した.

$$\text{Phase delay} = \text{section PC} - \text{minimum PC} \quad (\text{degrees})$$

#### 2. 結果

健常者 8 名から各 section の EF1, EF2, phase delay の正常値を求め, Table 1 に示す. 今回の心筋梗塞症例の局所壁運動の解析では, 正常値の mean±2SD からはずれた場合を異常とした. 以下に特徴的な 5 例を呈示する. Table 2 に各症例の年齢, 性, 梗塞部位, 左室の駆出率 (EF), data 集積時の平均心拍数, EF2 または phase delay の一方または両方に異常があった section と, その section の EF2, phase delay 値を示す.

正常者 (症例 1) の左室 count curve を Fig. 9



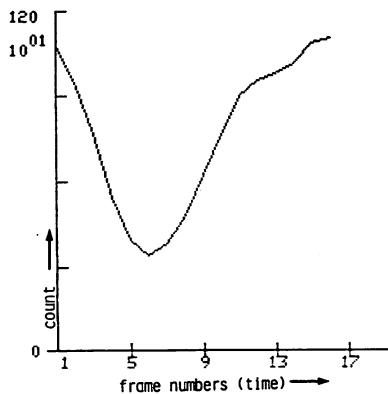
**Table 2. Clinical data and regional wall motion analysis of patients whose count curves are shown in Figs. 9, 10 and 11**

Case no.	Age (y.o.)	Sex	Site of infarct	Heart rate (beats/min)	EF (%)	Abnormal section	Phase delay (degree)	EF2 (%)
1	58	M	Control	60	72			
2	49	M	Inferior	64	55	7	11.7	26.1
						8	8.1	26.1
3	48	M	Anterior	64	33	1	3.5	19.2
						2	14.6	25.2
						7	22.3	20.6
						8	10.6	12.5
4	69	F	Inferior	58	68	7	36.7	34.6
						8	34.8	39.2
5	76	M	Anteroseptal	78	32	5	34.4	25.7
						6	84.6	12.1
						7	100.0	14.6
						8	52.0	15.1

EF: ejection fraction of the LV.

Phase delay and EF2 demonstrate data of abnormal sections.

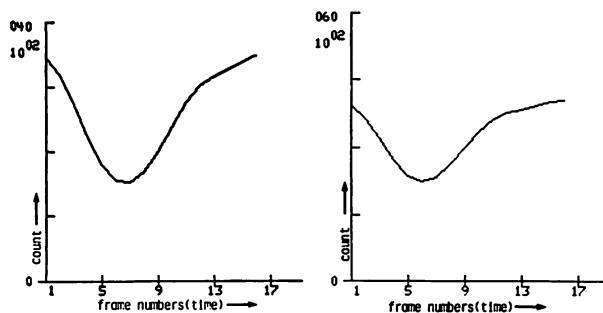
M: male, F: female.



**Fig. 9. LV count curve of Case 1 (normal control).**

に示し、症例2の左室 count curve を **Fig. 10** 左に示す。7,8の2つの section に壁運動異常を認めたと、その異常は EF2 が低下するも phase delay は正常範囲にある。症例3の左室 count curve を **Fig. 10** 右に示す。この症例も、ほぼ症例2と同じ型の異常を認めた。すなわち、局所の運動量は低下するが、phase delay は正常範囲にある型である。両症例とも、左室の count curve の振幅は小さくなったが、pattern は正常例の特徴を残していた。**Fig. 11** 左に症例4の左室 count

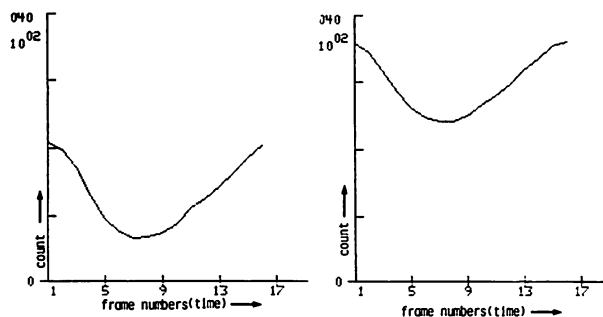
curve を示す。やはり2つの section で局所壁運動の異常を認めたが、EF2の低下は軽度で phase delay が中程度にみられ、症例2,3とは異なった型である。つまり、壁運動量の低下は軽度であるが、有意の phase delay が存在する型と考えられた。この症例の左室 count curve は振幅の低下と、拡張早中期の shoulder 形成、拡張早期曲線の傾きの緩徐化を認め、正常の count curve とは異なった特有の曲線を形成していた。**Fig. 11** 右に症例5の左室 count curve を示す。5,6,7,8の4つの section で壁運動異常を認めた。EF2は低下し、phase delay も著明である。つまり、局所壁運動量の低下と、大きな phase delay が存在する型である。運動量の低下と phase delay の程度は section により様々であり、異常部位も広い。この左室 count curve は明確な shoulder 形成はないが、振幅は低下し、拡張早期曲線の傾きが緩徐であり、症例4に似ていた。以上の5症例の左室 count curve の特徴と局所壁運動の異常の関係は、simulation の結果に類似していると考えられた。



**Fig. 10. LV count curves.**

Case 2 (left panel) and Case 3 (right panel).

These LV count curves resemble to the normal count curve.



**Fig. 11. LV count curves.**

Case 4 (left panel) and Case 5 (right panel).

These LV count curves are characteristic of myocardial infarction and do not resemble to the normal count curves. A shoulder at the early diastole is present (Case 4).

## 考 按

Adam ら<sup>1)</sup>によって開発された RI angiogram の phase analysis は, 局所壁運動の解析に新しい局面を開いた. この方法により, 従来の局所壁運動解析にて hypokinesis, akinesis と分類されていた異常のなかには, phase delay を伴わないで壁運動量のみ低下する, 本来の意味での hypokinesis と, phase delay を伴う dyskinesis があることが明らかとなってきた<sup>2)</sup>. これは, 局所壁運動の解析には, 局所の壁運動量と, その収縮・拡張の phase のズレという 2 面からの解析が必要であることを意味する.

本研究ではこの局所の運動量の低下と phase delay の程度の 2 面を分離し, それぞれが左室全体の動き, 仕事に対して, どのような影響を及ぼしているかを電算機による simulation にて推察した.

**Figs. 3~6** に示すように, 局所の運動量低下のみでは, 容量曲線の振幅は低下するが, 容量曲線の pattern には大きな影響は与えないものと考えられた. これに対し, 局所の phase delay の存在は容量曲線そのものの pattern を変化させ, 拡張早~中期の shoulder 形成や, 拡張早~中期の容量曲線の傾きの緩徐化などを生ぜしめると考えられた. また, 局所の phase delay が大きく

ても、同部の運動量が著しく小さいならば、容量曲線に対する phase delay の影響は少ないと推察された。言いかえると、局所の運動量が大きく、同部の phase delay も大きい場合が、容量曲線に及ぼす影響が大きく、いわゆる asynchrony の状態になると推察される。

このことは **Figs. 9~11** に示した実際の臨床症例の左室 count curve と局所壁運動異常の関係をある程度説明することが可能であり、局所壁運動異常の型と心機能の関係は重要であると考えられる。

症例 2, 3 は局所壁運動量の低下があるが phase delay は小さく、その count curve は正常曲線の特徴を残している。症例 4 は局所の壁運動量の低下は軽度で、phase delay が中程度存在する例、症例 5 は局所の壁運動量低下に著明な phase delay が存在する例であり、その左室 count curve は正常曲線と異なり、特徴的な曲線となっている。

局所壁運動異常の 2 要素、すなわち局所壁運動量の低下と phase delay の程度が、左室の仕事量 (SV, EF) に及ぼす影響を考察すると (**Fig. 7**)。①局所の運動量の低下がなくても、有意の phase delay が存在すれば、SV, EF は低下し、②また、phase delay が軽度ならば、その局所の運動量が大きいほど、SV, EF は大きい、③phase delay が著明になると、局所壁運動量が大きいほど SV, EF は低下し、その極型が左室瘤であろう。つまり、心仕事量からみると、phase delay が大きく、その運動量が大きい dyskinesia は akinesia より不利となり、このことは局所の phase delay の存在が心仕事量に及ぼす影響が、いかに重要であるかを示唆している。

最近、虚血性心疾患の拡張機能異常として、容量曲線の拡張早期の傾きが緩徐化すると報告されている<sup>3-6)</sup>。今回の我々の研究は、この拡張早期曲線の傾きの緩徐化には、局所の壁運動量の低下よりも、むしろ局所の phase delay の存在が大きく関与していることを示している。確かに、局所壁運動量が低下し、容量曲線の振幅が小さくな

れば、それに比例して拡張早期曲線の傾きも緩徐となるが、局所の phase delay の存在は、より以上に拡張早期曲線の傾きを緩徐にする。すなわち、容量曲線の拡張早期の傾きの緩徐化は、asynchrony によって起こると推察される。

ここで、仮に症例 2, 3 のように、局所の phase delay が正常範囲内で、運動量のみが低下する hypokinesia を A 型、症例 4 のように局所の運動量低下が少なく、phase delay が中程度以上ある異常を B 型、局所の運動量低下に phase delay を伴う症例 5 のような異常を C 型と呼称すると、B, C 型はともに dyskinesia である。心筋梗塞症例 22 例のうち、A 型の異常を示す section のみを認めた症例は 3 例、B 型の異常を示す section のみを認めた症例は 2 例、C 型の異常を示す section のみを認めた症例は 3 例であった。残り 14 例は、異常の型が section ごとに異なり、A+B 型、A+C 型、B+C 型、A+B+C 型など様々であった。また、C 型には phase delay の程度と運動量低下の程度により様々の組み合わせがあり、一律に同じ異常とするには無理があると考えられた。この混在型の左室 count curve は A 型に近いものから B 型に近いものまで様々で、その異常のある部分の広さ、phase delay の程度、運動量低下の程度が総合的に作用し、count curve の型が変化すると考えられる。

以上より、虚血性心疾患では種々の壁運動の異常形態があり、これまでの通常の壁運動異常の分類である akinesia, hypokinesia, dyskinesia の 3 者では十分にその異常を表現できず、その局所の phase delay の程度と運動量低下の程度の両者を考慮に入れて分類する必要があると考えられた。このような観点から局所壁運動異常は次のように分類される。

- 1) Akinesia: phase delay の有無にかかわらず、壁が動かない。
- 2) Hypokinesia: phase delay は正常範囲で、壁運動量が低下している。
- 3) Dyskinesia: 壁運動量の低下と phase delay

の程度により, 次の4型に分類する.

- ① Phase delay は中程度で, 運動量低下は軽度~なし.
- ② Phase delay が著明で, 運動量低下は軽度~なし.
- ③ Phase delay は中程度で, 運動量低下も中程度.
- ④ Phase delay が著明で, 運動量低下は中程度.

この②, ④は phase delay が極端に大きいと左室瘤となる. また, 運動量の低下が大きいと, phase delay の程度にかかわらず, 心機能といった観点からは akinesis と同じであるため3型に入れない. また, このような型の count curve の解析は方法論上, 誤差が大きくなり, phase 値そのものの信頼性も減少すると考えられる.

今回の我々の研究では, このような異常が左室の仕事および左室全体の動きに, どのような影響を与えるかを検討したのであるが, 不明の点が少なくない. すなわちこの局所壁運動の異常や異常の型の違いが生ずる原因については明らかではなく, 単に虚血の程度による違いなのか, 健常部と異常部の stress の不調和によるものなのか, 局所の伝導障害の程度によるもののかなどについては不明であった. また, この異常は, 異常部の受動的な運動なのか, 能動的な運動かなども不明であり, 今後さらに検討していきたいと考えている.

## ま と め

局所壁運動異常について, 局所の phase の異常と運動量低下という2面から解析し, 検討した. 電算機による simulation と心筋梗塞症例の局所壁運動の解析を行い, 次の結論を得た.

- 1) 局所の壁運動量の低下がなくても, phase delay の存在のみで心仕事量は低下する.
- 2) 局所の壁運動量の低下が小さく, phase delay が大きい型の dyskinesis は, 心仕事量という点からみると, akinesis より不利である. ま

た容量曲線の pattern の変化が大きい.

3) Phase delay のない局所壁運動量の低下 (hypokinesis) は, 左室容量曲線の pattern への影響が比較的少ない.

4) 局所の phase delay が大きくても, 壁運動量が著しく低下している異常は, 左室容量曲線の pattern への影響は少なく, 心仕事量の面からみると, akinesis と同じ現象となる.

## 要 約

RI angiogram の phase analysis を用い, 心筋梗塞症の hypokinesis を解析すると, 局所の運動量はさほど低下せず, 局所の phase delay が大きい症例が散見される. そこで局所の phase delay が容量曲線と心仕事量に及ぼす影響を考察する目的で, 電算機による simulation を試みた. 左室モデルとして, 半径が 3 cm, 2 cm, 3 cm で収縮・拡張し, 拡張はその早期 1/3 の時間で, 半径が 90% 変化する球と仮定した. 1心周期 (360度) を 60 分割し (1分割=6度), 0度を拡張末期, 180度を収縮末期とした. 虚血部は全容積の S%, その運動量を P%, phase delay を R 度とした. S, P および R を変化させ, その曲線と正常曲線を加重平均して, それぞれの仮想曲線を算出した. この曲線から得た 1回拍出量 (SV) と駆出率 (EF) を, 正常曲線から得られた値に対する百分率で表現し, %SV, %EF とした. S, P および R の変化が容量曲線と心仕事量に及ぼす影響を考察した. かくして gated RI angiography を用い, 22例の心筋梗塞例と8正常例の左室 count curve を得, Fourier 解析を用いて左室局所壁運動を解析し, 比較検討した.

左室 LAO 45° 像を容積中心で 8 分割し, それぞれの section の count curve から得た壁運動量と phase delay を検討し, 左室 count curve と比較して次の結論を得た.

- 1) %SV, %EF は局所の phase delay のみで低下する. これは実際の心筋梗塞症例にも観察された.

2) 局所 phase delay の存在は拡張早期の容量曲線の傾きを緩徐にし、拡張早期曲線に shoulder を形成する。

3) 局所壁運動量が著しく低下している場合には、phase delay が大きくても、容量曲線の型に及ぼす影響は少ない。

4) 局所運動量の低下がない場合は、局所の phase delay が容量曲線の型と心仕事量 (%SV, %EF) に及ぼす影響は大きい。

以上より、我々は次のように結論した。左室の performance は局所の壁運動量の低下のみでなく、局所の phase delay の存在にも影響されると考えられる。

#### 文 献

- 1) Adam WE, Tarkowska A, Bitter F, Stauch M, Geffers H: Equilibrium (gated) radionuclide ventriculography. *Cardiovasc Radiol* 2: 161-173, 1979
- 2) Ikuno Y, Tanaka C, Takeuchi K, Oku H, Yoshimura T, Kotsumi K, Minamikawa H, Inoue E, Komatsu H, Ochi H, Furukawa K, Nishimoto M, Kawai S, Sakaguchi K: Clinical usefulness of RI angiography using amplitude image by Fourier analysis for the detection of anteroseptal myocardial infarction. *J Cardiography* 11: 791-801, 1981 (in Japanese)
- 3) Hammermeister KE, Warbasse JR: The rate of change of left ventricular volume in man. II. Diastolic events in health and disease. *Circulation* 49: 739-747, 1974
- 4) Reduto LA, Wickemeyer WJ, Young JB, Del Ventura LA, Reid JW, Glaeser DH, Quinones MA, Miller RR: Left ventricular diastolic performance at rest and during exercise in patients with coronary artery disease. Assessment with first-pass radionuclide angiography. *Circulation* 63: 1228-1237, 1981
- 5) Decoodt PR, Mathey DG, Swan HJC Swan: Abnormal left ventricular filling in coronary artery disease by automated analysis of echocardiograms. *Circulation* 52 (Suppl II): 133, 1975
- 6) Narita M, Kurihara T, Murano M, Usami M, Honda M, Kanao K: Usefulness of diastolic phase indexes by gated cardiac blood pool imaging in patients with coronary artery disease. *Jpn J Nucl Med* 19: 1147-1157, 1982 (in Japanese)