

急性心筋梗塞症における梗塞量の評価：断層心エコー図による検討

Estimation of the infarct size by two-dimensional echocardiography in cases with acute myocardial infarction

坂部 慶幸
菱田 仁
萩原 和光
酒井 泰彦
近藤 武
宮城 裕
野村 雅則
水野 康

Yoshiyuki SAKABE
Hitoshi HISHIDA
Kazumitsu HAGIWARA
Yasuhiko SAKAI
Takeshi KONDO
Yutaka MIYAGI
Masanori NOMURA
Yasushi MIZUNO

Summary

We evaluated clinically the infarct size in addition to left ventricular end-diastolic and end-systolic volumes (EDV, ESV) and ejection fraction (EF) using two-dimensional echocardiography (2-D) and algorithms based on the modified Simpson's rule.

EDV, ESV and EF obtained by 2-D and three algorithms were compared with those obtained by left ventriculography in 23 patients with various heart diseases. Correlation coefficients obtained by our and other two algorithms were 0.88, 0.88 and 0.90, respectively, for EDV and ESV ($p < 0.01$), and 0.71, 0.60 and 0.84 for EF ($p < 0.01$).

Myocardial mass of the region showing asynergy (asynergic size) was calculated by the above-mentioned three methods and compared with peak serum CK values in 14 patients with acute myocardial infarction. The correlation coefficient between both values was 0.76 ($p < 0.01$) by our algorithm and it was higher than by other two algorithms (0.37 and 0.70).

The time course of changes in asynergic size in acute myocardial infarction was studied by the use of 2-D and our algorithm. Asynergic size was significantly larger on the day of the onset (24.9 ± 2.9 ml, mean \pm SE) than the third (21.5 ± 2.7 ml) and seventh day (20.7 ± 3.0 ml) after the onset ($p < 0.01$).

These results suggest that one can make a quantitative and serial estimation of infarct size as well as left ventricular volume by 2-D and our modified model, and that our algorithm is suitable for the purpose.

藤田学園保健衛生大学医学部 内科
豊明市香掛町田楽ヶ窪 1-98 (〒470 11)

Department of Internal Medicine, Fujita-Gakuen
University School of Medicine, Dengakugakubo 1-98,
Kutsukake, Toyoake 470-11

Received for publication November 4, 1983 (Ref. No. 25-31)

Key words

Infarct size Two-dimensional echocardiography Modified Simpson's rule Left ventricular
volume Asynergy

はじめに

急性心筋梗塞症において梗塞の大きさを知ること、予後の判定や治療効果を知る上で重要である。これを心エコー図により評価できれば、bed-side で非侵襲的に繰り返し施行できるため、急性期の経時的変化をも検討し得、その意義は大きい。断層心エコー図により心筋梗塞の大きさを評価した報告はすでにいくつかみられるが¹⁻⁴⁾、しかし、その大部分は、左室をいくつかの segment に分け、asynergy の程度に応じてスコアを与え、合計スコアから判定しようとする半定量的な方法によっている^{3,4)}。これに対し Wyatt ら⁵⁾は、実験的に作製した心筋梗塞の断層心エコー図を記録し、Simpson's rule に基づいて定量的に梗塞心筋重量を算出することを試み、その方法の妥当性を証明した。しかし、その後、Wyatt らの方法を臨床例に適用した報告はない。その理由として、臨床例では実験のように、多数の平行な左室短軸断面を記録することが困難なことが考えられる。それに対し Folland ら⁶⁾は、実用的で簡便な Simpson's rule 法と見做すことのできる modified Simpson's rule 法を考案し、臨床例の左室容積算出に適用して、これが他の方法よりも優れていると報告した。われわれも左室容積算出法としての modified Simpson's rule 法の妥当性を、臨床例において確かめた⁷⁾。われわれは、さらに、この方法を用いれば左室容積のみならず、原理的に心筋梗塞量の定量的評価も同時に可能なことに着目した。今回、われわれは Folland らの方法を若干改変して臨床例に適用し、本法の左室容積および心筋梗塞量評価法としての妥当性を確かめるとともに、それを用いて、心筋梗塞発症後の左室ポンプ機能、および心筋梗塞量の経時的推移を検討した。

対象と方法

1. 左室容積算出法

対象は断層心エコー法および左室造影法 (LVG と略す) を 72 時間以内に施行し得、かつ、正常洞調律で心拍数のほぼ同じであった 29 例のうち、心エコー図が測定に十分耐えたもの 23 例である。その内訳は、Table 1 に示すごとくで、各種心疾患を含み、年齢は 31~64 歳 (平均 51.6 歳) である。断層心エコー図法には日立製 EUB 10-A 超音波心臓断層装置を用い、VTR (Victor 製、CR-8300) に記録した。胸骨左縁での左室短軸断面のうち、僧帽弁弁尖レベル、乳頭筋レベル、心尖部レベルの 3 断面と、これに直交する心尖第 2 斜位断面の 4 断面を再生し、第 II 誘導心電図で R 波の頂点を拡張末期、同一心拍の T 波の終末部を収縮末期とし、それぞれの心内膜像をセロハン紙にトレースした。さらにこの心内膜像から Goodman 製 Medical Graphic Analyzer System I (digitizer) を用いて、左室短軸断面における心内膜断面積 (A) を、僧帽弁弁尖レベル (Am)、乳頭筋レベル (Ap)、心尖部レベル (Aap) につき求め、心尖第 2 斜位断面からは左室長軸径 (L) を求めた。左室モデルとしては、

a)、Folland ら⁶⁾によるモデル、

b)、若松ら⁸⁾による、左室流出路を考慮したモデルに、心尖部レベルの短軸断面を加えたもの (ただし長軸径は、Folland らと同様に、Am, Ap により 3 等分されるとした)、

c)、われわれの左室流出路および僧帽弁口の形態を考慮し、心尖部レベルの短軸断面を加えたモデル (ただし Am' は、僧帽弁弁尖レベルにおける前半部分、すなわち、前壁および中隔でとり囲まれる断面積を表わす) の三者を用い、Fig. 1 に示す計算法を用いて、左室拡張末期容積 (EDV) お

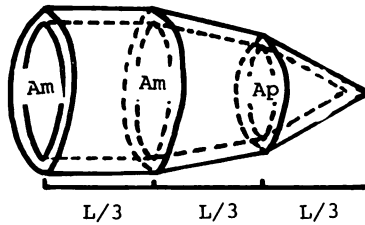
よび左室収縮末期容積 (ESV) を, さらに左室駆出率 (EF) を算出した.

Table 1. Materials included in the study for left ventricular volume measurement

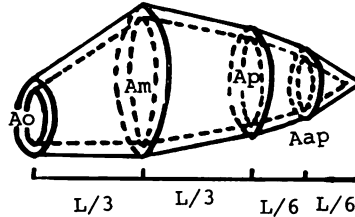
Coronary heart disease (with asynergy)	11 (6)
Hypertrophic cardiomyopathy	4
Hypertension with LVH	1
Valvular heart disease	2
Mitral valve prolapse	3
Normal	2

LVG には 9 インチのイメージ・インテンシファイアーを用い, 30° 右前斜位, 深吸気位にて, 60 フレーム / 秒で 35 mm フィルムに撮影した. 造影剤には metrizoic acid を用い, 30~40 ml を 2~3 秒で注入した. 拡大率補正は, 1 cm² の金属グリッドを管球より 100 cm の高さに置き撮影して行なった. Vanguard 製モーションアナライザーを用いて, 同一心拍の拡張末期, 収縮末期を断層心エコー図と同様にして決め, その輪郭 (乳頭筋, 肉柱も含めた) をセロハン紙にトレースした. その後, 先に述べたグラフィックアナライ

a) $V = (A_m) L/3 + 1/2 (A_m + A_p) L/3 + 1/3 (A_p) L/3$



b) $V = 1/2 (A_a + A_m) L/3 + 1/2 (A_m + A_p) L/3 + 1/2 (A_p + A_{ap}) L/6 + 1/3 (A_{ap}) L/6$



c) $V = (A_m') L/4 + 1/2 (A_m + A_p) L/4 + 1/2 (A_p + A_{ap}) L/4 + 1/3 (A_{ap}) L/4$

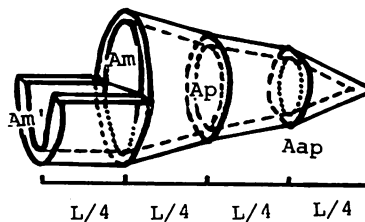


Fig. 1. Models and algorithms for calculating left ventricular volume, ejection fraction and asynergic size using two-dimensional echo data.

A = area of short-axis cross-sections; L = length of the long axis of the left ventricle; m = mitral valve; p = papillary muscle; ap = apex.

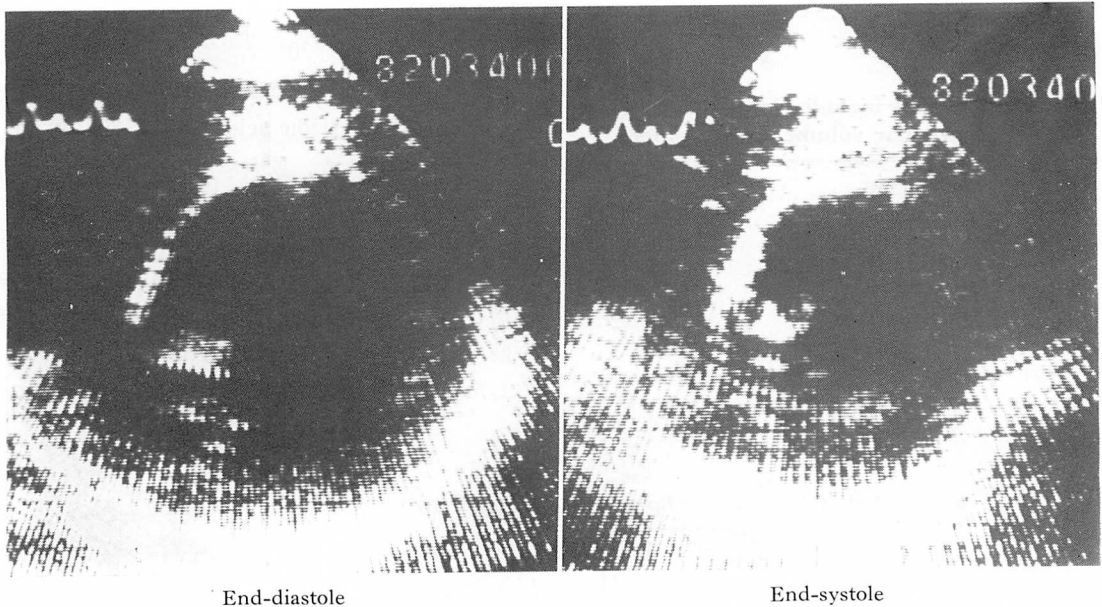


Fig. 2. Two-dimensional echocardiograms showing the short-axis images of the left ventricle at the level of the papillary muscle in a case of acute anterior myocardial infarction.

ザーを用い, EDV, ESV, EF を single plane area-length 法を用いて算出した. 以上のようにして, 断層心エコー図および LVG から算出した EDV, ESV, EF の値を比較した.

2. 梗塞心筋量算出法

対象は急性心筋梗塞初回発症例 20 例で, 断層心エコー図を明瞭, かつ経時的(発症当日, 第 3 および第 7 病日)に記録し得た 14 例である. 梗塞心筋量算出は, 心エコー図上, asynergy を示す部位の心筋量 (asynergic size と呼ぶ) を算出して行った. すなわち左室容積算出と同様にして, 断層心エコー図の記録, 再生を行った後, Figs. 2, 3 に示すごとく, 拡張末期, 収縮末期の心内膜および心外膜像をトレースし, 胸壁上の探触子の位置を reference point として両者を重ね合わせ, akinesis または dyskinesis を示す心筋 segment, また hypokinesis であっても systolic thickening を認めない心筋 segment を asynergic region とした. この asynergic region の面積を各短軸断面につき算出し, peak creatin phosphokinase (peak CK)

値, ^{99m}Tc ピロリン酸心筋シンチグラフィ (PYP シンチ) により求めた梗塞の大きさと比較した. Peak CK 値は, 急性心筋梗塞患者入院後より血清 CK 活性がピーク値に達するまで 2 時間ごとに採血を行って, そのピーク値を使用した. また梗塞の大きさを PYP シンチにより求める方法は, 近藤ら⁹⁾の方法にしたがった.

結 果

1. 左室容積

左室容積については, われわれの方法(方法 c)で, $r=0.88$ ($p<0.01$), $Y(\text{LVG})=1.91 \times (\text{断層心エコー図法}) - 10 \text{ ml}$ の回帰式が得られた (Fig. 4). また EF についても, $r=0.71$ ($p<0.01$), $Y(\text{LVG})=0.71 \times (\text{断層心エコー図法}) + 0.24$ の回帰式を得, 左室容積および EF とともに, LVG との間に良好な相関が認められた. 他の 2 法による左室容積は, a 法が $r=0.89$, b 法が $r=0.90$ で, われわれの方法に比し大差はなく, EF については, a 法が $r=0.84$, b 法が $r=0.60$ で, われわれ

の方法は a 法より劣るものの、ともに良好な相関を示した。また、左室容積および EF とともに、3

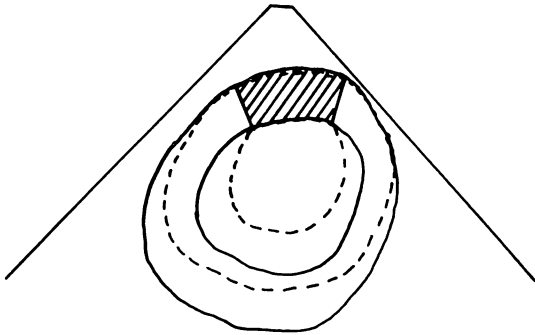


Fig. 3. Schematic drawing of Fig. 2.

計算法はいずれも LVG に比し、過小評価する傾向を示した。

2. Asynergic size

Asynergic size を peak CK 値と比較すると、われわれの方法は、第1、第3および第7病日にそれぞれ $r=0.73, 0.76, \text{および } 0.76$ で、第1病日にはやや劣るものの、いずれも良い相関を示した (Fig. 5, Table 2)。また、asynergic size を PYP シンチによる梗塞の大きさと比較すると、第1、第3および第7それぞれ $r=0.62, 0.78 \text{ および } 0.71$ で、やはり第1病日にはやや劣るものの、いずれも良好な相関が認められ、梗塞の大きさを良く反

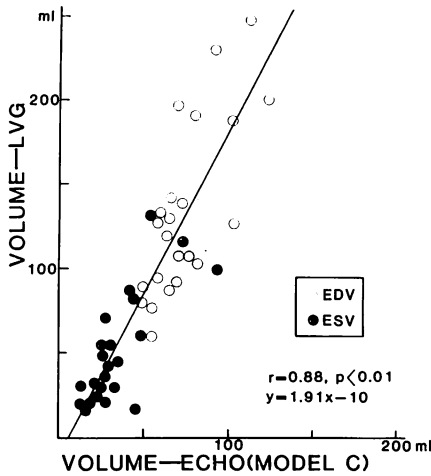


Fig. 4. Correlation between left ventricular volumes by two-dimensional echocardiography and the algorithm based on the model C and by X-ray left ventriculography.

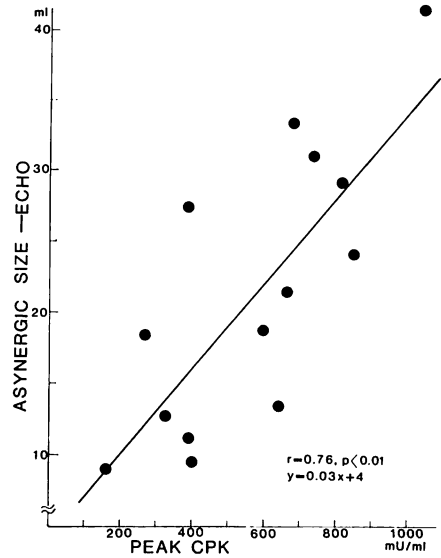


Fig. 5. Correlation between asynergic size by two-dimensional echocardiography and the algorithm based on the model C and peak serum CK values.

Table 2. Correlation between left ventricular volumes and ejection fraction by the three echo models and those by X-ray left ventriculography

Echo model	Volume	Ejection fraction
a)	$r=0.89, y=1.52x-14$	$r=0.84, y=0.87x+0.17$
b)	$r=0.90, y=1.77x-19$	$r=0.60, y=0.67x+0.31$
c)	$r=0.88, y=1.91x-10$	$r=0.71, y=0.71x+0.24$

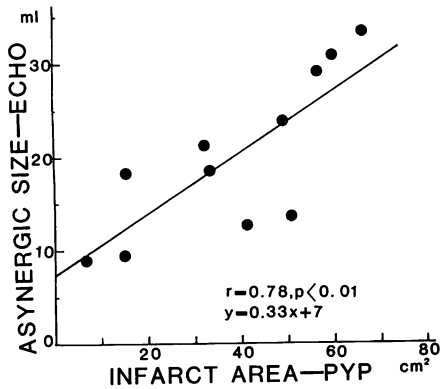


Fig. 6. Correlation between asynergic size by two-dimensional echocardiography and the algorithm based on the model C and infarct area by technetium-99m pyrophosphate (PYP) myocardial scintigraphy.

Table 3. Correlation between asynergic size by the three echo models and peak serum CK values

Echo model	Asynergic size (% of total myocardial volume)
a)	$r=0.37$ ($r=0.45$)
b)	$r=0.70, y=0.02x+14$ ($r=0.69, y=0.01x+6$)
c)	$r=0.76, y=0.03x+4$ ($r=0.79, y=0.02x+1$)

映すると思われた (Fig. 6). これに対して, 左室容積算出法としては同程度に優れている他のモデルは, Table 3 に示すように, 心筋量を算出する際には, peak CK 値や PYP シンチとの相関が悪かった. われわれのモデルは両者の算出に適していた.

3. Asynergic size の経時的推移

急性心筋梗塞症における asynergic size の経時的な変化をみると, 発症当日が 24.9 ± 2.9 ml で, 第3病日の 21.5 ± 2.7 ml, 第7病日の 20.7 ± 2.0 ml に比し, 有意に大きな値となった (Fig. 7).

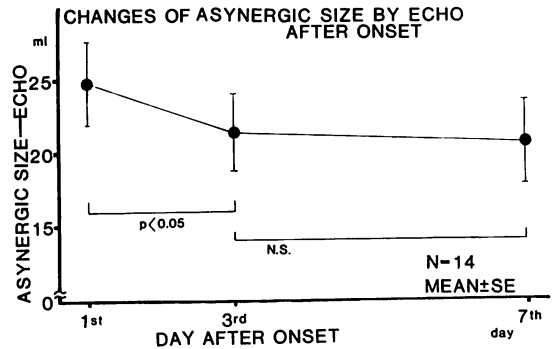


Fig. 7. Time course of asynergic size by two-dimensional echocardiography and the algorithm based on the model C in 14 cases of acute myocardial infarction.

考 按

1. Modified Simpson's rule 法の意義

心エコー図による左室容積算出法には, まず左室を楕円体と仮定する方法として左室短軸径計測法 (M モード法で Teichholz 法¹⁰, Pombo 法¹¹) など, 短軸径と長軸径を計測する方法¹², および area-length 法 (single plane 法¹³, biplane 法¹⁴) がある. その他に, 楕円体以外の仮定に基づく方法^{5,6,15}や, 左室の形について仮定をおかない方法^{5,6}もあるが, その中に, 左室の形について仮定をおかずに計算可能な Simpson's rule を簡略化した Folland らの方法, すなわち modified Simpson's rule 法がある.

M モード法は簡便であるが, 左室容積を算出するのにただ 1 つの径を測定するだけで, 使用する仮定が多く, 精度が低い. 心拡大例では誤差が大きい¹⁶が, ある程度補正することができる^{10,11}. しかし, asynergy を有する例で, ことに収縮期の左室容積を求めるには問題があり, 補正不能である. 短軸径と長軸径を計測する方法も, やはり, 径のみを測っているため, asynergy を有する例では精度が低い. Area-length 法では, 左室を楕円体と仮定するのは同じであるが, 径でなく面積を測定するので, asynergy を有する例で

も使用可能となる。このとき、single plane area-length 法より、bipplane area-length 法の方が、二つの断面積が加味されるため、*asynergy* を有する例では、より良好な結果が得られる⁶⁾。他に、左室を楕円体でなく半球-円柱形と仮定する方法等があり、area-length 法と同等か、それ以上の精度であるとされる。これらに対し、Simpson's rule は、左室の形に仮定をおかないため、理論的には最も精度が高いはずである。Wyatt ら¹⁷⁾は Simpson's rule を用い、犬の左室容積および左室心筋重量を算出し、剖検時の測定値と比較して、その精度の高さを証明している。しかし、Simpson's rule 法を臨床応用するには、互いに平行な短軸断面を記録することが実際上困難なことや、多数の断面の設定は、landmark が乏しく実用的でないなどの問題点があげられる。

Folland ら⁶⁾は、二つの短軸断面と、一つの長軸断面を用い、簡便な Simpson's rule 法と見做すことのできる modified Simpson's rule 法を考案した。この modified Simpson's rule 法は、用いる断面が少なく、記録する上で landmark が比較的はっきりしていること、しかも比較的記録し易い断面であることなどから、理論的にも優れ、実用上も十分使い得る方法と考えられるにもかかわらず、本法の臨床的有用性を検討した報告は極めて少ない⁶⁾。われわれは、以前、この方法による左室容積算出法の妥当性を臨床例について検討し⁷⁾、確かめた。ところで、*asynergic size* を算出することは、他の従来モデルでは難しい。すなわち M モード法では *asynergy* を考慮していない。また、area-length 法や、半球-円柱モデルでは、左室の形に仮定を置いていることと、用いる断面 (*asynergy* を最も良く検出すると思われる短軸断面) が少ないからである。Modified Simpson's rule 法を用いれば、かかる制約が少なく、左室容積および EF 算出のみでなく、急性心筋梗塞症における *asynergic size* 算出も可能であると考えられる。本研究で、左室容積および *asynergic size* をともに算出する上に最も適した Simpson's

rule 法に基づくモデルと、その妥当性を検討し、またこれを用いて、急性心筋梗塞発症後の *asynergic size* の経時的推移を検討したのはこのためである。

2. 左室容積算出の妥当性

左室容積算出法としての妥当性の検討は、日常臨床上、左室容積算出法の gold standard として用いられる LVG¹⁸⁾ により求めた左室容積を基準値とし、これと、種々の計算式を用いて心エコー図から算出した左室容積の相関係数を求めた。ただし、LVG による左室容積算出は single plane area-length 法に基づいており、左室容積をどこまで正確に反映しているかに問題は残る。左室容積、EF とともに、3 計算法とも大きな差は認めず、同程度にすぐれた方法であると思われた。LVG に比し、心エコー図の方が左室容積および EF とともに過小評価していた。この理由¹⁶⁾としては、①断層心エコー図では血液と肉柱の境界面で超音波エコーが作られるのに対して、LVG では造影剤が肉柱の間に入り込み、これを含めたものを左室容積としていること、②断層心エコー図の長軸断面については、記録の難かしさのため、必ずしも左室最大長軸を捉えているとは限らないのに対して、LVG ではその画像が投影像であるため、ほぼ左室の最大面を捉えていること、③LVG では大量の造影剤の注入の影響を無視できないこと、④心内膜面が超音波ビームに平行ないしそれに近いと、画像が横に流れ、内腔を過小評価すること¹⁹⁾、などがあげられる。EF の過小評価の理由としては、心エコー図では一般に長軸径を過小評価し易く^{13,14)}、とくに容積の大きいものを測定するとき、その傾向が助長されると思われる。そのため、EDV は ESV より過小評価され易く、したがって EF も過小評価されるものと思われた。

3. *Asynergic size* 算出の妥当性

Asynergic size 算出については、peak CK 値との比較では、われわれの c 法が最も高い相関を示した。Peak CK 値²⁰⁾は total CK 値²¹⁾とともに、

急性心筋梗塞症における梗塞範囲を決定するのに広く用いられている指標である。したがって、われわれの方法による *asynergic size* 算出は、実際の梗塞心筋量をよく反映しているものと考えられる。a 法, b 法に比し、われわれの c 法が優れている理由としては、Fig. 2 に示されているように、a 法は Folland ら⁶⁾による modified Simpson's rule であるが、左室基部の形態を僧帽弁尖レベルの短軸断面の集合した cylinder として簡略化し過ぎている。また b 法は流出路形態を考慮しているものの、僧帽弁口を考慮していない。さらにまた、心尖部レベルの左室短軸断面でも *asynergy* がよくみられるため、*asynergic size* 算出に際してはこれを加味すべきと思われ、われわれの c 法はこの点も考慮している。以上の理由から、a 法, b 法は c 法に比し、左室容積算出法としては大差なく優れているものの、心筋量算出に関しては、過大に評価する可能性があると考えられ、ことに *asynergic size* 算出の際には誤差が大きくなると考えられた。

次に PYP シンチにより求めた梗塞面積と、われわれの c 法により算出した *asynergic size* との比較では、Fig. 6 に示したように、良好な相関が得られた。動物実験では、PYP シンチの所見は、梗塞巣の重量、組織内 CK 値、組織学的所見とよく一致するとされており^{9,22-24)}、臨床的有用性を検討した報告も多く、われわれの c 法の妥当性が示されたと考えられる。ところで、従来行われてきた心エコー図から梗塞の大きさを評価する方法は、左室をいくつかの segment に分け、それぞれに *asynergy* の程度により score を与え、全 segment の合計 score から判定する方法である。この score は、*asynergy* の拡がりや程度の両者を反映する指標ではあるが、具体的にどのような意味をもつ量かは不明瞭である。例えば、*akinesis* には 1 点、*dyskinesis* には 2 点が与えられるとすると、同じ拡がりでも、後者では score が 2 倍となるが、梗塞量も後者が 2 倍であるという根拠はない。これに対してわれわれの方法は、*asynergy*

を示す部位の心筋容積を算出し、定量化しようとしているところに大きな特徴がある。なお *asynergy* を示す部位が、真の梗塞巣をそのまま反映していると考えられることには、とくに *hypokinesis* については、若干の問題がある。われわれは、*hypokinesis* であっても、*systolic thickening* を認めない部位に限定して決定したが、それはこの点を考慮してのことである。

4. 急性心筋梗塞症における経時的变化

急性心筋梗塞症における *asynergic size* の経時的な変化をみると、Fig. 7 に示したように、発症当日が最大で、その後は、徐々に縮小している。この理由として、*asynergy* の範囲を、*thickening* を認めないとしているものの、*hypokinesis* までとしているため、梗塞周囲の虚血部まで含めている可能性や、われわれの施設で行っているウロキナーゼ大量療法などの治療の影響、心筋梗塞発症当日におけるいろいろの要因が考えられた。

結 語

1. 断層心エコー図を用いて、*asynergic size* 算出に適したモデルを考案した。

2. 断層心エコー図を用いたわれわれのモデルでは、心ポンプ機能に加え、*asynergic size* の定量的かつ経時的な評価も可能で、心筋梗塞急性期の病態把握や、治療効果判定に有用と思われた。

3. *Asynergic size* の経時的な変化は、発症当日が最大で、第 3、第 7 病日に比し、有意に大きな値であった。

要 約

断層心エコー図と modified Simpson's rule 法を若干改変した計算法を用いて、臨床例における左室容積および心筋梗塞量を評価し、その方法の妥当性を確かめた。またそれを用いて心筋梗塞発症後の左室ポンプ機能および心筋梗塞量の経時的推移をも検討した。左室容積算出の妥当性の検討は、各種心疾患 23 例で行った。断層心エコー図と modified Simpson's rule 法に基づく三つの

計算法から算出した左室拡張末期容積 (EDV), 左室収縮末期容積 (ESV), および駆出率 (EF) と, 左室造影法 (LVG) より算出したそれぞれの値との間の相関係数を求めた. EDV, ESV については, $r=0.88$ (われわれのモデル), $0.88, 0.90$ (他の2法) (いずれも $p<0.01$), EF については, $r=0.71, 0.60, 0.84$ (いずれも $p<0.01$) と, どの方法も同程度に優れていた. これに対し, 初回急性心筋梗塞症 14 例において asynergy を示す部位の心筋量 (asynergic size) を算出し, peak CK 値との相関をみると, $r=0.76$ ($p<0.01$), $0.37, 0.70$ ($p<0.01$) と, われわれのモデルが最も高い相関係数を示した. さらに, ^{99m}Tc -PYP シンチグラムより求めた梗塞面積との比較でも, われわれのモデルでは $r=0.78$ ($p<0.01$) と, 良好な相関が得られた. われわれのモデルを用いて asynergic size の経時的変化を初回梗塞例についてみると, 発症当日は 24.8 ± 2.9 ml (mean \pm SE) と最大で, 第3病日 (21.5 ± 2.7 ml), 第7病日 (20.7 ± 3.0 ml) に比し, 有意に大きな値となった.

以上のごとく, われわれのモデルを用いれば心ポンプ機能に加え, asynergic size の定量的かつ経時的評価が可能であるため, 今回の報告における方法は心筋梗塞急性期の病態把握や, 治療効果判定に有用と思われた.

文 献

- 1) Heger 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, 1979
- 2) 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, 1981
- 3) Nixon JV, Narahara KA, Smitherman TC: Estimation of myocardial involvement in patients with acute myocardial infarction by two-dimensional echocardiography. *Circulation* **62**: 1248, 1980
- 4) 東 裕, 渡辺文子, 藤井謙司, 福井須賀男, 南野 隆三, 後藤 顕, 安井 潔, 松本正幸: 断層心エコー法による急性下壁梗塞の梗塞部位・異常壁運動の経時的観察—心電図・冠動脈病変との対比—. *日超医講演論文集* **40**: 179, 1982
- 5) 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, 1981
- 6) Folland ED, Parisi AF, Moynihan PF, Jones DR, Feldman CL and Tow DE: Assessment of left ventricular ejection fraction and volumes by real-time, two-dimensional echocardiography. A comparison of cineangiographic and radionuclide techniques. *Circulation* **60**: 760, 1979
- 7) 坂部慶幸, 菱田 仁, 梶原克祐, 酒井泰彦, 宮城裕, 野村雅則, 水野 康: 心エコー図の左室短軸断面を用いた左室容積算出法の比較検討. *日超医講演論文集* **40**: 377, 1982
- 8) 若松隼郎, 原 寛, 萩原 寛, 矢野智彦, 鶴沢春生: 左室容積算出のための8左室モデルの検討. *日超医講演論文集* **40**: 375, 1982
- 9) 近藤 武, 桐山卓三, 加藤善久, 高亀良治, 金子堅三, 菱田 仁, 水野 康, 江尻和隆, 河合恭嗣, 竹内 昭, 古賀佑彦: 急性心筋梗塞における ^{99m}Tc -PYP 心筋シンチグラフィーの臨床的有用性と限界心筋梗塞面積の評価を中心に—. *核医学* **19**: 871, 1982
- 10) Teichholz LE, Kreulen T, Herman MV and Gorlin R: Problems in echocardiographic volume determinations: Echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. *Am J Cardiol* **37**: 7, 1976
- 11) Pombo JF, Troy BL and Russell RO, Jr.: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. *Circulation* **43**: 480, 1971
- 12) Chaudry KR, Ogawa S, Pauletto FJ, Hubbard FE, Dreifus LS: Biplane measurements of left and right ventricular volumes using wide angle cross-sectional echocardiography. *Am J Cardiol* **41**: 391, 1978 (abstr)
- 13) King DL, Jaffee CC, Schnidt DH and Ellis K: Left ventricular volume determination by cross-sectional cardiac ultrasonography. *Radiology* **104**: 201, 1972
- 14) Carr KW, Engler RL, Forsythe JR, Johnson AD and Gosink B: Measurement of left ventricular ejection fraction by mechanical cross-sectional echocardiography. *Circulation* **59**: 1196, 1979
- 15) Mercier JC, Pisessa TG, Nakanishi T, Isabel-Jones JB, Jarmakani JM, Friedman WF: Two dimensional echocardiographic assesment of left

坂部, 菱田, 萩原, ほか

- ventricular volumes and ejection fraction in children. *Circulation* **61-62** (Suppl III): III-72, 1980
- 16) 竹中 克, 坂本二哉: 超音波による心拍出量の計測. *日本臨床* **39**: 2483, 1981
- 17) Wyatt HL, Heng MK, Meerbaum S, Hestenes JD, Cobo JM, Davidson RM and Corday E: Cross-sectional echocardiography. I. Analysis of mathematic models for quantifying mass of the left ventricle in dogs. *Circulation* **60**: 1104, 1979
- 18) Kasser IS, Kennedy JW: Measurement of left ventricular volumes in man by single-plane cine-angiography. *Invest Radiol* **4**: 83, 1969
- 19) 別府慎太郎, 泉 司郎, 仁村泰治: 断層心エコー図による心臓映像の分析. 左室容量計測の問題点とその解決. *循環器研究の進歩* **3**: 191, 1982
- 20) Shell WE, Kjekshus JK, Sobel BE: Quantitative assesment of the extent of myocardial infarction in the conscious dog by means of analysis of serial changes in serum creatine phosphokinase (CPK) activity. *J Clin Invest* **50**: 2614, 1971
- 21) Norris RM, Whitlock RML, Barratt-Boyes C, Small CW: Clinical measurement of myocardial infarct size: Modification of a method for the estimation of total creatine phosphokinase release after myocardial infarction. *Circulation* **51**: 614, 1975
- 22) Kronenberg MW, Ettinger UR, Wilson GA, Schenk EA, Cohen J: A comparison of radiotracer and biochemical methods for the quantitation of experimental myocardial infarct weight: In vitro relationships. *J Nucl Med* **20**: 224, 1979
- 23) Stokely EM, Buja LM, Lewis SE, Parkey RW, Bonte FJ, Harris RA Jr., Willerson JT: Measurement of acute myocardial infarcts in dogs with ^{99m}Tc-stannous pyrophosphate scintigrams. *J Nucl Med* **17**: 1, 1976
- 24) Botvinick EH, Shames D, Lappin H, Tyberg JV, Townsend R, Parmley WW: Noninvasive quantitation of myocardial infarction with technetium 99m pyrophosphate. *Circulation* **52**: 909, 1975