

## “CCU における虚血心活動状態の画像診断”

上嶋 権兵衛\*\* 齊藤 徹\*  
山崎 純一 安川 透

### 1. はじめに

心疾患の心機能、血行動態の評価、診断法は、近年、著しい進歩がみられ、従来、一般的に用いられてきた心カテーテルによる観血的な方法から、心エコー図、RI アンヂオ、CT スキャンなどの非観血的な方法が開発使用されている。しかし、急性期虚血性心疾患の治療の場である CCU においては、ベットサイドで容易に行える Swan-Ganz カテーテルによる観血的な方法による心機能、血行動態の評価が主として用いられているのが現状である<sup>1)</sup>。非観血的画像診断法としては心エコー図が、主として虚血性心疾患に伴う壁運動<sup>2)3)</sup>、左室機能評価に利用されているものの<sup>4)</sup>、他の心疾患に使用されている程には至っていないが、心エコー図もMモード法、断層法、ドップラー法と新しい方法の導入により、近い将来、観血法に代り、CCU 内における非観血的心機能評価法の主流となるものと考えられる。一方、ラジオアイソトープを用いた核医学も心疾患診断に大きく関与しているが、わが国においては法律上の規制により、CCU内における利用には、ポータブルシンチカメラの開発にもかかわらず、それ程利用されていない<sup>5)</sup>。著者らの施設では CCU 内に RI 使用施設としての管理区域設置の許可をうけ、急性心筋梗塞の心機能評価、診断に利用しているが、今後、同様施設の増加により、心エコー図と同様、CCU 内における有力な心機能評価および診断方法として普及するものと考えられる。

### 2. 心エコー図

心エコー図は、Mモード、断層法、ドップラー法と進歩し、心疾患の診断、心機能評価には必修の検査法として確立されているが、いずれの方法にも特徴があり、心疾患の画像診断法としては重要である。

Mモード方式は、超音波パルスを体内に放射し、その反射波を画像にするが、その際、探触子を固定し、運動するエコー源（組織や臓器）までの距離の時間的変化を表示させる方法であり、最も基本的な心エコー法である。その後、断層心エコー図の開発により、Mモード法の利用価値が低下したとも考えられるが、断層法との併用により、その有用性が再認識される場合もある。

断層心エコー図法は、超音波エコーの振幅に応じた明るさの強弱をブラウン管上に表示する方式のBモードを用い、超音波を電子走査や高速機械走査による高速走査法で、リアルタイムに断層像を描かせる方法であり、超音波ビームを一定面内を平行に高速走査するリニア走査と、扇形に高速走査するセクタ走査による方法がある。心臓の断層法には肋間より高速走査するセクター方式が用いられている。断層心エコー図の導入により、壁運動の正確な部位診断が可能になり、Mモード法との併用により、計測部位を一定にすることが可能となり、診断精度がより向上した<sup>6)</sup>。

ドップラー心エコー図は、血流中の赤血球の反射エコーのドップラー効果を利用して血流速度を記録する方法で、連続波ドップラー法とパルスドップラー法があり、パルスドップラー法はMモード法と断層法に分けられる。ドップラー法により、

\*\*東邦大学救命救急センター助教授

\*東邦大学救命救急センター講師

逆流, 短絡などの異常血流の検出以外に弁狭窄に伴う圧較差, 逆流および短絡量の定量, さらに, 心拍出量, 肺動脈圧の推定などの臨床応用が検討されている<sup>7)</sup>.

(1) 左室壁運動の評価

CCU に収容される虚血性心疾患, 特に心筋梗塞の診断は, 特有な胸痛, 特有な心電図所見および血清逸脱酵素の証明によって確診される. しかし, 必ずしも典型的な臨床症状を呈するとは限らず, 特有な胸痛があっても心電図上特異的な変化を示さない例も多く経験される. このような例では, 心筋梗塞に伴う左室壁の異常運動 (asynegy)

の存在によって心筋梗塞と診断されることがあり<sup>3)6)</sup>, 脚ブロックを伴う例や再発作例では心電図診断よりも心エコー図による診断が有用なことが多い.

心筋梗塞に伴う壁運動の異常としては, hypokinesis, akinesis, dyskinesis があげられる. 図1には左室前壁梗塞例のMモード心エコー図を示したが, 僧帽弁エコーが認められる部位の心室中隔には心周期に伴う壁運動がみられるが, さらに心尖よりの左室腔を示す部位では心室中隔エコーは不鮮明となり, 正常時にみられる壁運動がみられず, 心室中隔部を含む前壁の hypokinesis

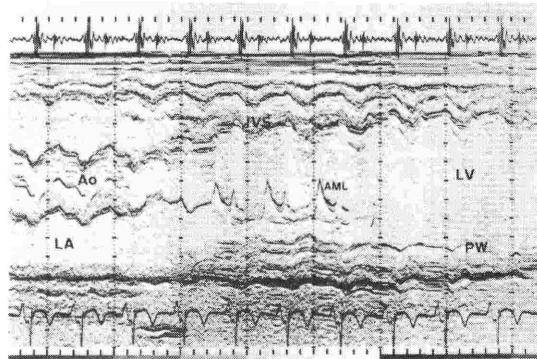
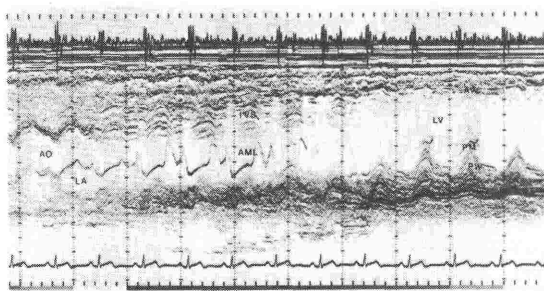


図1 前壁心筋梗塞のMモード心エコー図. AO: 大動脈, LA:左房腔, AML:僧帽弁前尖, IVS:心室中隔, LV:左室腔, AW:前壁, PM:乳頭筋, PW:後壁

図2 後壁梗塞のMモード心エコー図. AO:大動脈, LA:左房腔, IVS:心室中隔, AML:僧帽弁前尖, LV:左室腔, PW:後壁

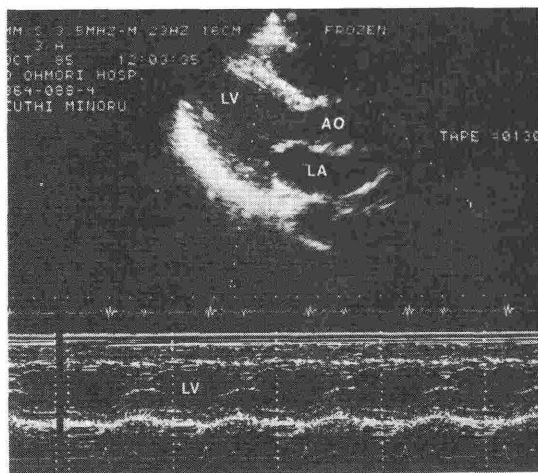


図3 断層心エコー図とMモード心エコー図の併用. 上段は長軸断層図で, 点線で下段のMモード心エコー図の位置を決めることができる. LV:左室腔, AO:大動脈, LA:左房腔

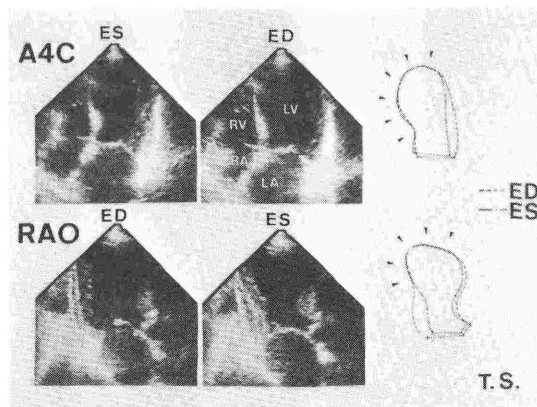


図4 断層心エコー図で, 心尖部からのアプローチにより, 上段に四腔断層を下段に左前斜位で左室腔が描出される. 症例は前壁中隔梗塞である. ES:収縮終期, ED:拡張終期, LV:左室, RV:右室, LA:左房, RA:右房

と判定されるが、後壁の動きは、むしろ、正常時より増強した hyperkinesis を示しており、前壁中隔梗塞の典型的なMモード心エコー図であり、心電図上脚ブロックにより ST 上昇やQ波の存在が明らかでなくとも前壁中隔梗塞と診断出来る。一方、後壁梗塞では図2に示したように、心室中隔部の hyperkinesis な動きに反し、後壁は希薄化し、akinesis な状態で、さらに、中隔と平行運動を認め、dyskinesis な運動を示しており、このような壁運動異常から後壁梗塞と診断される。

心筋梗塞の診断上その確診は重要であるが、心筋梗塞治療上梗塞巣の範囲の確定も重要であり、心筋重量の20%以上の障害で心不全が、40%以上になると心原性ショックが必発であるとする事実からも、心筋梗塞巣の部位と拡がりはポンプ失調合併を予想しうる上でも重要である。しかし、先に述べたMモード心エコー図のみでは、梗塞に伴う壁運動の異常の範囲診断には十分でない。このような目的には長軸方向の心断層エコー図との併用が有用であり、図3に示したように長軸方向断層像により、希望した部位のMモード心エコー図を描写記録することによって、正確な部位の壁運動異常をとらえてことが可能であり、現在、市販利用されている機器の大部分は前述のような機能を有しており、断層法との併用により、左室壁運動異常を半定量的に判定することが可能である。

左室壁運動の全体像を詳細をみるには断層心エコー図が良い。断層心エコー図のうち心尖部からの記録を行うと図4に示したような左室腔、左房腔、右室腔、右房腔の四腔断層図が得られ、四腔の壁運動を収縮期、拡張期でとらえることが可能であり、心筋梗塞に伴う壁運動の異常を明らかにすることが出来る。図4は心筋梗塞例であるが、上段の四腔断層像ではシェーマに示したように心室中隔から左室心尖部にかけての拡範な壁運動異常が認められ、心室瘤を呈しており、さらに下段の心尖部からの長軸右前斜位断層像では左室腔の状態が明確に描写され、心尖部の心室瘤状変化が明らかである。

断層心エコー図の短軸像により（図5）、左室短軸断面での壁運動異常を描写出来る<sup>8)</sup>。藤井<sup>9)</sup>は短軸断層像により、冠動脈病変との関係を検討し、左室壁運動異常により左前下行枝と回施枝の狭窄病変の部位診断が可能としており、さらに、

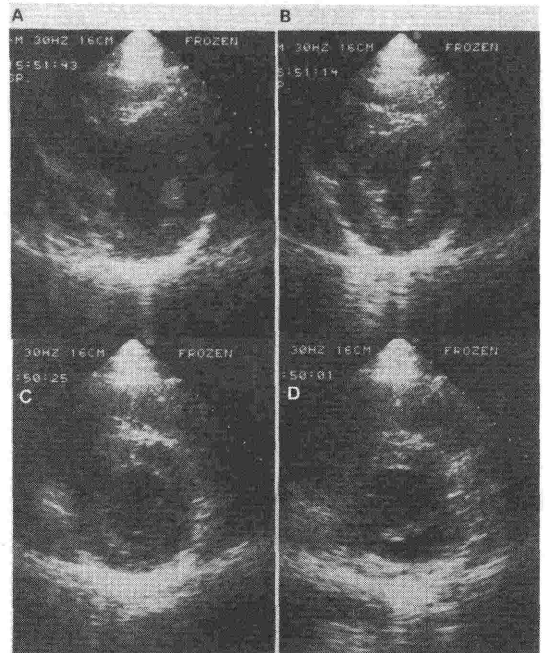


図5 短軸断層心エコー図。上段は乳頭筋附近の断面、下段は心尖よりの断面像、短軸断面の壁運動がわかる。AおよびCは拡張期、B、Cは縮期を示す。

akinesis および dyskinesis を呈する部位では hypokinesis の部位よりも、対応する冠動脈により高度な狭窄病変が認められると報告している。以上のように心エコー図による左室壁運動異常は単に虚血性心疾患の診断のみでなく、障害の程度評価にも有用であり、非観血的方法であり、くり返し施行出来る検査法である。

(2) 心機能評価

CCU における心機能評価は Swan-Ganz カテーテルによる方法がひろく行われているが、心エコー図による左室ポンプ機能評価も可能である。左室ポンプ機能評価には左室容積計測が用いられる。Mモード心エコー図による左室容積の計測には、図6に示したように、心室中隔、左室後壁が連続して明瞭に描写でき、僧帽弁前尖エコーが僅かに記録される部位で計測する。左室容積は心室中隔と左室後壁との距離を短軸として、左室を回転楕円体として算出され、種々な計算式が用いられている。Mモード心エコー図による左室容積の計算式は表1に示したが、Pombo 法は長径(L)を短径(D)の2倍と仮定するため、左室拡大例では左室が球形に近くなり、DとLの比は

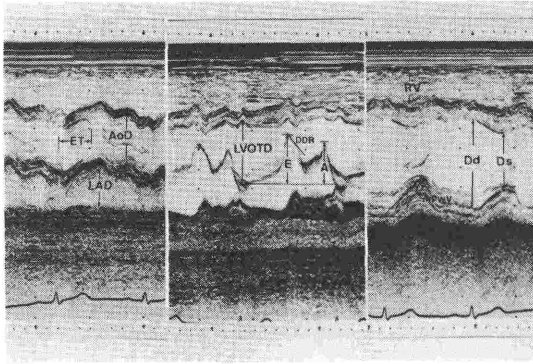


図6 Mモード心エコー図による計測部位を示す。  
 ET: 駆出時間, AoD: 大動脈径, LAD: 左房径, LVOTD: 左室流出路徑, DDR: 僧帽弁後退速度, E: 僧帽弁前尖E波高, A: 同A波高, RV: 右室径, Dd: 拡張期左室径, Ds: 収縮期左室径

表1 心エコー図による左室容積計算式

I. Mモード心エコー図の計算式	
Pombo の式	
$V = \frac{\pi}{6} D^2 \cdot L = \frac{\pi}{6} D^2 \cdot 2D = \frac{\pi}{3} D^3 \neq D^3 \dots\dots\dots ①$	
V: 左室容積, D: 短径, L: 長径	
Teichholz の式	
$\frac{D}{L} = 0.075D + 0.18$	
$V = \frac{7.0}{(2.4 + D)} D^3 \dots\dots\dots ②$	
Gibson の式	
$\left. \begin{aligned} Ls &= 4.18 + 1.4Ds \\ Ld &= 5.90 + 0.98Dd \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots ③$	
Ls: 収縮期長径, Ld: 拡張期長径	
Ds: 収縮期短径, Dd: 拡張期短径	
③を $V = \frac{\pi}{6} D^2 \cdot L$ に代入	
II. 断層心エコー図による計算式	
Simpson 法	
$V = (A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n) \cdot h \dots\dots\dots ④$	
n: 断面数, $A_n$ : 各断面の面積	
$h = \frac{L}{n}$	
Folland の式	
$V = Am \cdot \frac{L}{3} + \frac{Am \cdot Ap}{2} \cdot \frac{L}{3} + \frac{1}{3} \cdot Ap \cdot \frac{L}{3} \dots\dots\dots ⑤$	
Am: 僧帽弁レベルの断面積	
Ap: 乳頭筋レベル断面積	

2以下となる。これを補正するために Teichholzら<sup>11)</sup> は心拡大によるDとLとの関係式から②に示した計算式を提唱した。Gibsonら<sup>12)</sup> は左室造影法より求めたLと心エコー法より求めたDの関係から心周期時相によるL/Dの変化を考慮した③に示した計算式を提唱している。したがって、心拡大を呈す例での左室容積ではLとDとの関係を考慮する必要があることを示している。しかし、心筋梗塞のように壁運動異常を伴う場合には左室短軸径を用いたMモード心エコー図からの左室容積算出方法は適応出来ない。このような場合には断層心エコー図を用い、左室長軸に垂直で等間隔の多くの断面から算出する Simpson法があるが、理論的には精度は高いが日常の使用には煩雑であり、数断面を用いた変法が報告されており、Follandら<sup>13)</sup> によるものは表1に示した式で算出されるが比較的簡便で精度の高い方法である。左室容積が算出出来れば1回拍出量(SV)、心拍出量(CO)、駆出率(EF)は表2に示した計算式により算出される。心筋の収縮能を示す指標として平均心筋収縮速度(mean Vcf)が用いられるが、Mモード心エコー図の計測により表2の④式で算出することが出来る。

僧帽弁に器質的变化がなければ、僧帽弁エコーが左心機能を反映する<sup>14)</sup>。僧帽弁A/E比は左室拡張末期圧と相関するとされており<sup>15)</sup>、齊藤<sup>16)</sup>は僧帽弁前尖のB-B' stepのある例では平均肺動脈圧はない例に比し有意に高値を示すとしており、心筋梗塞の左心機能評価として有用であり、予後とも相関すると報告している。

表2 心機能指標の計算式

$SV = Vd - Vs (ml) \dots\dots\dots ①$	
$CO = SV \times HR (ml \times min) \dots\dots\dots ②$	
$EF = \frac{Vd - Vs}{Vd} = \frac{SV}{Vd} (\%) \dots\dots\dots ③$	
Vd: 拡張終期容積	
Vs: 収縮終期容積	
HR: 心拍数/分	
$mean\ VCF = \frac{\pi(Dd - Ds)}{ET \cdot \pi Dd} = \frac{Dd - Ds}{ET \cdot Dd} \dots\dots\dots ④$	
Dd: 左室拡張終期径	
Ds: 左室収縮終期径	
ET: 駆出時間	

(3) ドップラー断層の応用

心エコー図はドップラー法の導入により、さらに大きな進展が考えられる。パルスドップラー法の導入により逆流、短絡の定量化が可能になったが、さらに連続波ドップラー法が用いられるようになり心内圧力情報の推定が試みられており<sup>17)</sup>、近い将来、心エコー図による心機能評価のみでなく、心内圧情報の評価も可能となり、従来の心カテテル法による観血的な方法から非侵襲的な方法によってあらゆる心機能評価が可能となるのも時間の問題と思われる。

3. RI 検査

心エコー図と同様、心疾患診断法の進歩に RI 検査がある。γ カメラ、核医学コンピューターシステムの導入により RI 検査法も心エコーと同様に非侵襲的な検査法としてひろく日常臨床に利用されている<sup>18)</sup>。しかし、我が国では法律上の規制により、CCU 内で日常利用されるには至っていない。著者らの施設では、CCU 施設内に RI 使用施設としての管理区域設置の許可をうけ、心筋梗塞例を中心に虚血性心疾患の診断および心機能評価に用いている。本項では実際の症例についてその有用性を述べる。

心疾患の診断には Tl-201 を用いた心筋シンチグラムと Tc-99m による心プールメージがひろく用いられており、前者は心筋梗塞による虚血巣の診断に、後者は心機能評価に利用されている。

(1) Tl-201 心筋シンチグラムの利用

われわれの施設では CCU 内では心筋梗塞巣診断に主として用いているが、心エコー図の項でも述べたように、心筋梗塞の診断は心電図のみで診断不能な例があり、特に脚ブロック例や再梗塞例では梗塞巣の診断は心エコー図を用いても診断が困難な場合があり、さらに心筋梗塞巣の量的判定には Tl-201 心筋シンチグラムが有用である。図 7 に心筋梗塞例の Tl-201 心筋シンチグラムを示したが、前壁梗塞では上段に示したように矢印で示した Tl の取り込みが少ない心筋シンチグラムに欠損像がみられ、三方向からの心筋シンチグラム像から、梗塞巣の範囲が明瞭に証明出来る。下段には下壁梗塞例を示したが、前壁梗塞と同様に矢印で示した下壁に欠損像を認め下壁梗塞の範囲が描出されている。さらに、心筋シンチグラムと心エコー図を併用すると図 8 のように陰影欠損部に一致した中隔から心尖部の壁運動異常が心エコー断層図により明瞭になり、より詳細な梗塞巣のひろがり診断可能となる。また、3 方向より得られた Tl-201 心筋シンチグラムより circumferential profile method を用いた Tl-defect ratio が左室駆出率との間に有意な相関を認めることに

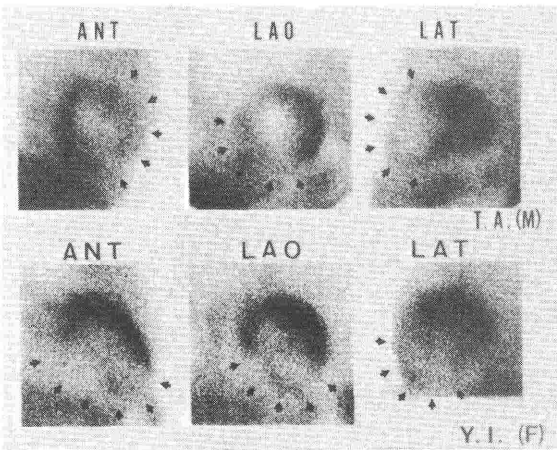


図 7 Tl-201 による心筋シンチグラム像で、上段は前壁梗塞、下段は下壁梗塞例で、欠損部は矢印で示したが、梗塞巣を示す。

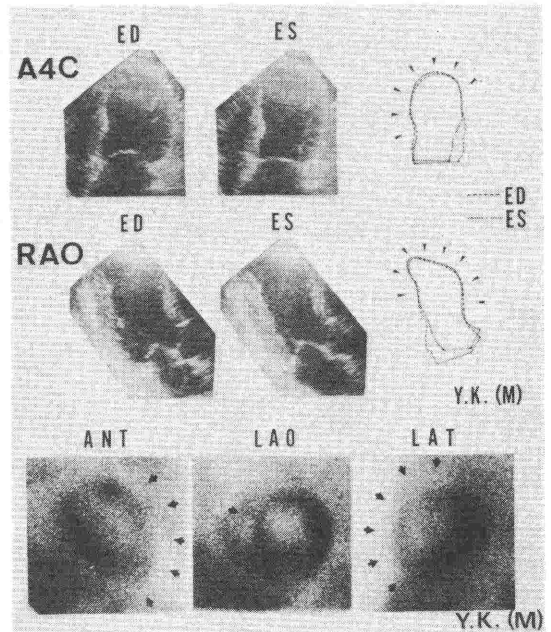


図 8 断層心エコー図と Tl-201 心筋シンチグラム、前壁中隔梗塞例で ED は拡張終期を示す。

より, UK 療法による急性期の心機能改善の評価にも利用している<sup>19)</sup>.

(2) Tc-99m による心プールイメージの利用

Tc-99m による心プールイメージにより心機能評価が可能なのは良く知られており<sup>20)</sup>, 日常臨床に利用され, 心カテーテル法に代る心機能評価に使用されているが<sup>5)</sup>, われわれの施設でも, 先に述べた Tl-201 心筋シンチグラムとともに Tc-99m による心プールイメージで心機能評価を心筋梗塞急性期に行っている. 図9には心筋梗塞例の心プールイメージによる左室容積曲線と dv/dt 曲線を示したが, 関心領域 (ROI) を右室に設定すれば, 右室容積曲線および dv/dt が得られ, 駆出分画の算出により, 左右両心室の心機能評価が可能である<sup>20)</sup>. 心プールイメージを第1回循環時法 (first pass method) で右前斜位 (RAO) で行えば, 左右両心室が分離した像が得られ, 右室梗塞に伴う右室拡大像を得ることが出来, 右室機能の評価が行えるとともに右室梗塞の診断が可能である.

4. 画像診断による心筋梗塞の診断

心エコー図, Tl-201 心筋シンチグラムによる

診断についてみると, 我々の施設に発症6時間以内に収容された心筋梗塞105例では, 表3に示したように心エコー図を行った95例のうち75例73.6%は心筋梗塞の診断が心エコー図で可能であり, 心筋シンチグラムを行った61例のうち58例95.0%が心筋梗塞に伴う心筋シンチグラム異常所見を認めた. 心エコー図に比して, 心筋シンチグラムでの診断率が高いが, 心筋シンチグラムはCCU内で施行されているものの, 発症後72時間以内に行われた例であり, 診断率を同一に評価することは出来ないが, 心筋梗塞の確診率は心筋シンチグラムによる方法が優れていると考えられる.

表3 心筋梗塞の画像診断率

I. 心エコー診断率		
	症例数	%
診断可能	70	73.6
診断不能	25	26.3
合計	95	100.0
III. 心筋シンチグラム診断率		
	症例数	%
診断可能	58	95.0
診断不能	3	5.0
合計	61	100.0

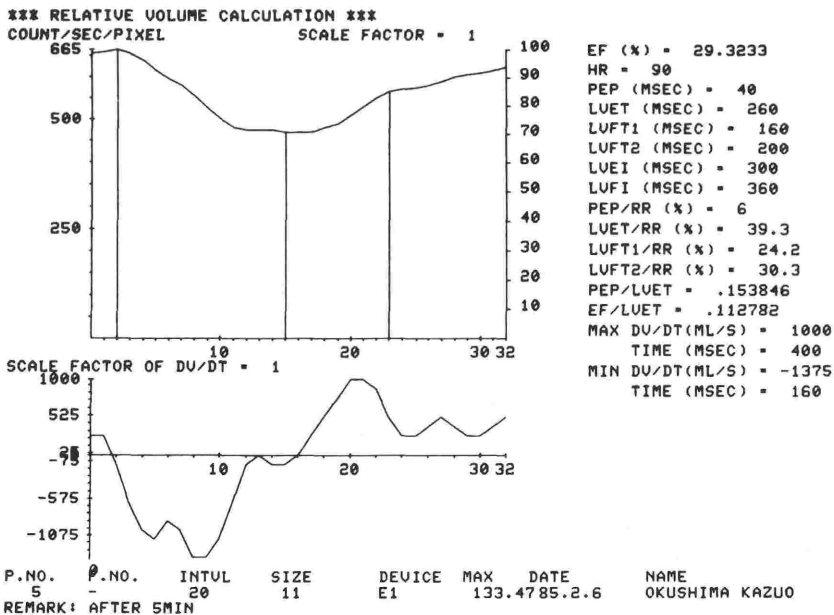


図9 Tc-99m 心プールイメージによる心機能評価. 前壁梗塞例の左室容積曲線を上段に, 微分による dv/dt 曲線を下段に示す. 本例の EF は29.3%と低下している.

ま と め

心疾患の画像診断は著るしい進歩がみられ、非観血的、非侵襲的な方法が種々導入実用化されている。しかし、CCU 内においては、本来ベツトサイドで使用機器可能なものでも、専有使用されることは経済性の面でも少ない。CCU 内での治療は急性期の循環動態モニターを必要とする場合が多く、そのような意味でも心エコー図、RI 検査は今後さらに使用頻度が増加し、使用目的も増加するものと思われる。いづれにしても CCU 内画像断法としては、非侵襲的で、リアルタイムの必要から、心エコー図はさらにひろく使用すべきであり、RI 検査についても法的規制の再検討が必要と思われる。

文 献

- 1) Russell, R. O., Hunt, D., Rackley, C. E.: Left Ventricular Hemodynamics in Anterior and Inferior Myocardial Infarction. *Am. J. Cardiol.*, 32:8-16, 1973.
- 2) Corya, B. C., Rasmussen, S., Knoebel, S. B., Feigenbaum, H.: Echocardiography in Acute Myocardial Infarction. *Am. J. Cardiol.*, 36:1-10, 1975.
- 3) 田村 勤, 夏目隆夫, 西田研治, 古田昭一, 町井 潔, 梅田 徹, 山口 徹: 心筋梗塞の心エコー図, *J. Cardiogr.*, 6:341-347, 1976.
- 4) Carr, K. W., Engler, R. L., Forsythe, J. R., Johnson, A. D., Gosink B.: Measurement of Left Ventricular Ejection Fraction by Mechanical Cross-Sectional Echocardiography. *Circulation*, 59:1196-1205, 1979.
- 5) 塩谷邦彦, 相良鞆彦, 杉原正義, 山下腎治, 縄田義夫, 鳥井紳一郎, 西本昭二, 川平健次郎: 心筋梗塞急性期における心エコー所見の推移と予後の判定, Tc-99m-pyrophosphate および Tl-201-chloride 心筋シンチグラフィとの対比, *J. Cardiogr.*, 9:285-292, 1979.
- 6) 田中元直, 引地久春, 寺沢良夫, 今野 淳, 仁田桂子, 柏木 誠, 目黒泰一郎, 渡辺 恵, 武田久尚, 小田島秀夫: 心筋梗塞にみられる異常動態変化の超音波断層法および心エコー図法による診断, *J. Cardiogr.*, 8:677-688, 1978.

- 7) 町井 潔: ドップラー心エコー図, *臨床医*, 11: 805-810, 1985.
- 8) Heger, J. J., Weyman, A. E., Wann, L. S., Dillon, J. C., Feigenbaum, H.: Cross-Sectional Echocardiography in Acute Myocardial Infarction: Detection and Localization of Regional Left Ventricular Asynergy. *Circulation*, 60:531-538, 1979.
- 9) 藤井 効: 断層心エコー図による冠動脈狭窄の部位ならびにその程度の診断, *慶応医学*, 61: 427-437, 1974.
- 10) Pombo, J. F., Troy, B. L., Russell, R. O.: Left Ventricular Volumes and Ejection Fraction by Echocardiography. *Circulation*, 43:480-490, 1971.
- 11) Teichholz, L. E., Kreulen, T., Herman, M. V., Gorlin, R.: Problems in Echocardiographic Volume Determinations: Echocardiographic-Angiographic Correlations in the Presence or Absence of Asynergy. *Am. J. Cardiol* 37:7-11, 1976.
- 12) Gibson, D. G.: Estimation of left ventricular size by echocardiography. *Brit. Heart J.*, 35:128-134, 1973.
- 13) Folland, E. D., Parisi, A. F., Moynihan, P. F., Jones, D. R., Feldman, C. L., Ton, D. E.: Assessment of Left Ventricular Ejection Fraction and Volumes by Real-time, Two-dimensional Echocardiography. *Circulation*, 60:760-766, 1979.
- 14) Bergeron, G. A., Cohen, M. E., Teichholz, L. E., Gorlin, R.: Echocardiographic Analysis of Mitral Valve Motion after Acute Myocardial Infarction. *Circulation*, 51:82-87, 1975.
- 15) 切土博文, 松本一夫, 鈴木喜茂: 急性心筋梗塞発作後早期の心エコー図所見に関する研究, *日内会誌*, 68: 285-292, 1980.
- 16) Saito, t.: Non-invasive Assessment of Left Ventricular Function and Prognosis in Acute Myocardial Infarction. *Jpn. Circulation J.*, 46:1045-1050, 1982.
- 17) 鄭忠和: 心内圧の推定, *臨床医*, 11: 878-880, 1985.
- 18) 井上登美夫: 核医学画像診断へ進歩, *医学のあゆみ*, 132: 769-775, 1985.
- 19) 山崎純一, 森下 健, 大沢秀文, 青木りう子, 河村康明, 奥住一雄, 武藤敏徳, 若倉 学, 斉藤 徹, 上嶋推兵衛, 佐々木康人: RI 検査による急性期心筋梗塞症の心機能とウロキナーゼ治療の評価, *ニュータウカンファレンス*, 8: 165-167, 1984.
- 20) 飯尾正宏, 小林 毅, 村田啓共著: 心臓核医学の実際, *医学書院*, 東京, 56-90, 1980.