

《原 著》

心 RI アンジオグラフィによる心筋梗塞症例
における局所壁運動の評価

西村 恒彦* 植原 敏勇* 小塚 隆弘*

要旨 心 RI アンジオグラフィによる局所壁運動の観察を心筋梗塞 50 症例について、同時に施行した左心室造影と比較検討することから、その臨床的評価を行なった。心 RI アンジオグラフィによる局所壁運動の観察は RI 画像における辺縁抽出方法として **gradient image** を作成することにより、また、シネディスプレイによる動画として行なった。左心室造影と比較して 350 segments につき一致率は 84%であり、収縮部位、様式とも非観血的に精度高く行なえることがわかった。また、局所壁運動の定量化として **regional ejection fraction** を導入、7つの部位に分け検討したところ、akinesis 0.29, hypokinesis 0.40, normal 0.60 とよく分離できた。

本法はくり返し施行することができるので、急性期からの経過観察、慢性期における予後判定あるいは冠血行再建術前後における評価など、多に活用されるべきと考えられる。

I. 緒 言

心筋梗塞症例において、梗塞部位、広がりを経度高く診断することは、急性期、慢性期における診断のみならず予後判定、リハビリテーションに有用である。

この意味で梗塞巣の検出に役立つ心筋シンチグラフィ、左心機能や局所壁運動を観察できる心 RI アンジオグラフィなどの核医学的方法は、その非侵襲性と相ともなって虚血性心疾患における検査法として汎用されつつある¹⁾。

とりわけ、心 RI アンジオグラフィは、シンチカメラとオンラインで接続した RI データ処理システムにおいて、ミニコンピュータのコアメモリの増加、ディスクなど周辺機器の拡張により、心収縮、拡張動態を収縮末期、拡張末期像としてのみでなく左心室造影と同様にシネディスプレイとしても観察可能になってきている²⁾。

そこで、本研究では、心筋梗塞症例において心 RI アンジオグラフィによる局所壁運動の観察を心カテーテル法による左心室造影所見との比較を中心としてその臨床的評価を行なった。さらに各部位 (segment) における局所駆出分画 (regional ejection fraction fraction) を算出することから、局所壁運動の定量化を試みたので報告する。

II. 方法および対象

心 RI アンジオグラフィは ^{99m}Tc-アルブミン 15~20 mCi 急速静注後 RAO にて first pass 法を、次いで LAO にて multi-gate 法によるデータ収集を行なった^{3,4)}。

使用した装置は、シンチカメラ (Ohio-Nuclear Σ410S 型) とオンラインで接続したミニコンピュータ (DEC, PDP 11/34, GAMMA 11) である (Fig. 1)。

データ収集方法は、first pass 法では 64×64 マトリックスにて20フレーム/秒、最大512フレーム、multi-gate 法では 64×64 マトリックスにて R 波をトリガーとして、R-R 間隔を 20 等分し、数百心拍加算することにより行なった。これらのデータは、すべてフレームモードで収集し、左心機能

* 国立循環器病センター放診部
受付：55年3月7日
最終稿受付：55年5月21日
別刷請求先：吹田市藤白台 5-125 (☎ 565)
国立循環器病センター
西村 恒彦

の解析とともに局所壁運動の観察に用いた(Fig.2).

本システムでは 128 KB の記憶容量を有し、かつフォアグラウンド・バックグラウンドシステム

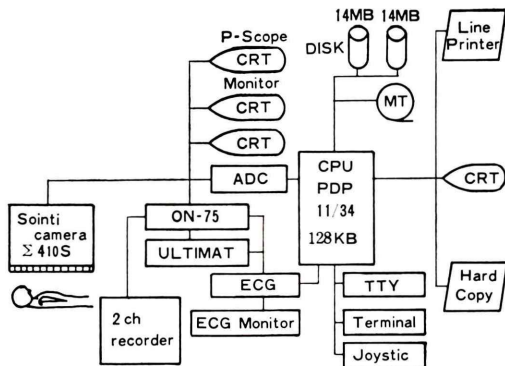


Fig. 1 Blockdiagram of a scinticamera and mini-computer system for cardiovascular nuclear medicine.

によりデータ収集とデータ処理を同時に行なうことができ、かつ局所壁運動の観察も movie imaging system (MIS)⁵⁾ により即座に行なえる利点を有する。

対象は心筋梗塞50症例であり、全症例について心 RI アンジオグラフィと心カテーテル検査による左心室造影を2週間以内に施行したものである。

1. 局所壁運動の観察

本システムを用いた左心室の収縮様式の評価方法として original image から左心室辺縁抽出に関する処理方法を開発し、拡張末期 (ED), 収縮末期 (ES) 像を重ねあわせて表示 (edge display) することから局所壁運動の客観化を行なった。

左心室辺縁抽出方法は、original image にて補間、スムージング処理後、X Y 軸方向に微分 (面微分) を行ない、次いで gradient image (Edge

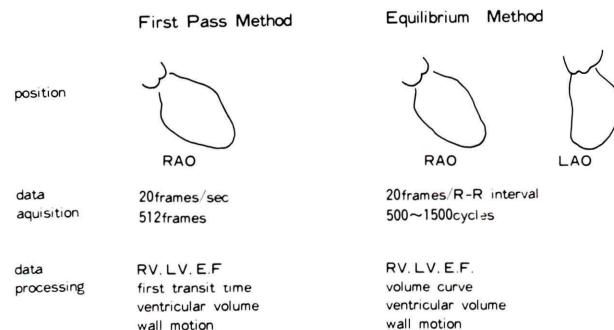


Fig. 2 Evaluation of radionuclide cardioangiography.

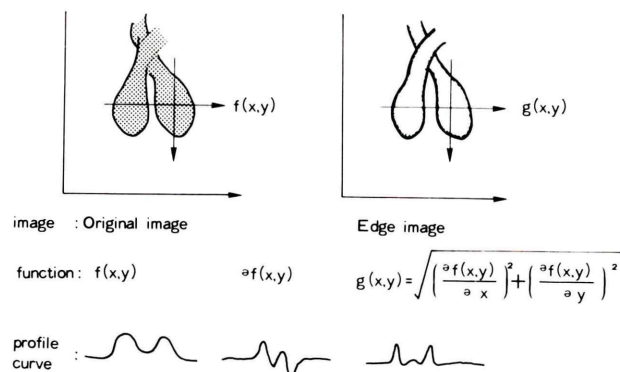


Fig. 3 Edge detection of left ventricle.

image) を作成するものである (Fig. 3). ここで, original image にて任意のマトリックスにおける関数を $f(x, y)$ と規定すれば gradient image は, $g(x) = \sqrt{\{\partial f(x, y)/\partial f(x)\}^2 + \{\partial f(x, y)/\partial f(y)\}^2}$ で表現することができる.

ところで, 実際のバックグラウンド除去に際しては, これらの左心室辺縁抽出に基づいた gradient image に相当するスレッショルド・レベルを original image にて設定することにより決定した. すなわち, ED, ES 像にて本処理後, 等高線表示にて両者の image を重ね合わせる (edge display) ことから, また MIS を用いたシネモード表示を併用することにより, 左心室造影と同様に fast motion picture により左心室の収縮様式を評価した.

2. 左心室造影との対比

心 RI アンジオグラフィ, 左心室造影の両検査において, 得られた左心室壁運動の評価に際しては, AHA の基準⁶⁾に基づき, 左心室壁を 7 segment に分けて局所壁運動の対比を, 計 350 segment について行なった. また左心室の収縮様式は, dyskinesis, akinesis, hypokinesis, normal の 4 段階に分類した.

3. 局所壁運動の定量化

心 RI アンジオグラフィにて得られた左心室像を Fig. 4 のように 7 つの部位に分けて関心領域を, かつその周囲にバックグラウンドを設定した. いま, 左心室全体における左室駆出分画を ED-ES/

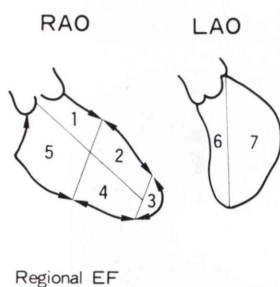
ED-BKG とすれば, 各部位における局所駆出分画はそれぞれ $ED_1-ES_1/ED_1-BKG_1, \dots, ED_7-ES_7/ED_7-BKG_7$ として算出されることになる. ここで, ED_n, ES_n, BKG_n はそれぞれ左心室および 7 つの部位における拡張末期, 収縮末期, バックグラウンドにおけるカウント数である^{3,4)}.

本法を用いての局所壁運動の定量化に際しては, 心 RI アンジオグラフィ, 左心室造影所見ともに局所壁運動が全 segment で一致した症例を対象とした.

III. 結 果

1. 局所壁運動の評価

1 例として心機能正常例における左心室辺縁抽出の結果を示す (Fig. 5). Fig. 5-a, b はそれぞれ original image, gradient image とそれらの profile



$$= \frac{ED-ES}{ED-BKG} (1, 2, \dots, 7)$$

Fig. 4 Calculation of regional ejection fraction.

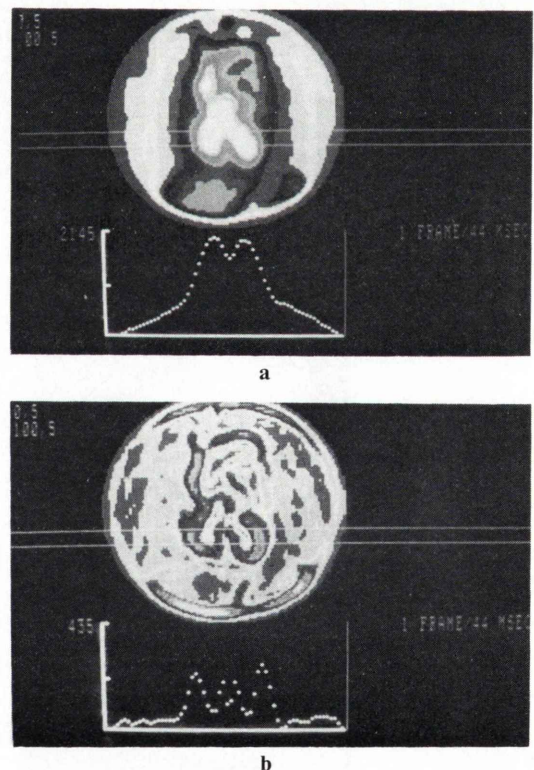


Fig. 5 Edge detection of left ventricle in LAO view
a original image, and its profile display
b gradient (edge) image and its profile display.

曲線表示である。実際には, gradient image で示される左心室輪郭の中央部が左心室辺縁を示すことになり, スレッシュホルドレベルを設定しバックグラウンド除去により等高線表示を行なった。また, これらの処理を以下に示すように ED, ES 像にて行ない重ねあわせて表示した。

心筋梗塞症例のうち代表例を呈示する。

〔症例1〕 下壁梗塞例

心電図で II, III, aVF に異常 Q 波を有し, 心筋シンチグラムでは下壁部位に一致して欠損像を認める。心 RI アンジオグラフィによる ED, ES 像およびその edge display を示す。RAO にて segment 4, 5 に一致して akinesis を認める (Fig. 6), 左心室造影でも同部位における akinesis を認める

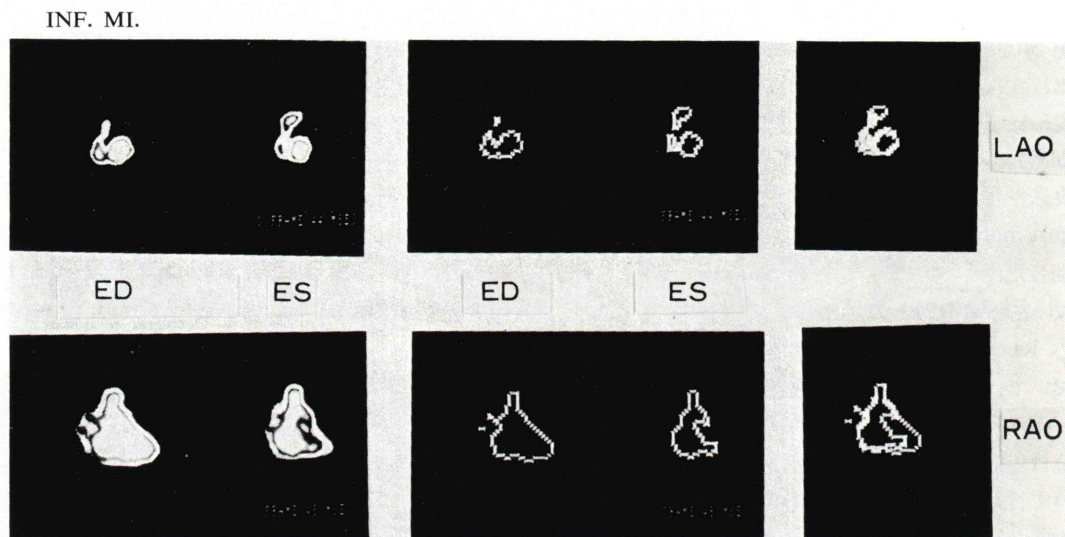


Fig. 6 Edge display of segmental wall motion in the case of inferior myocardial infarction.

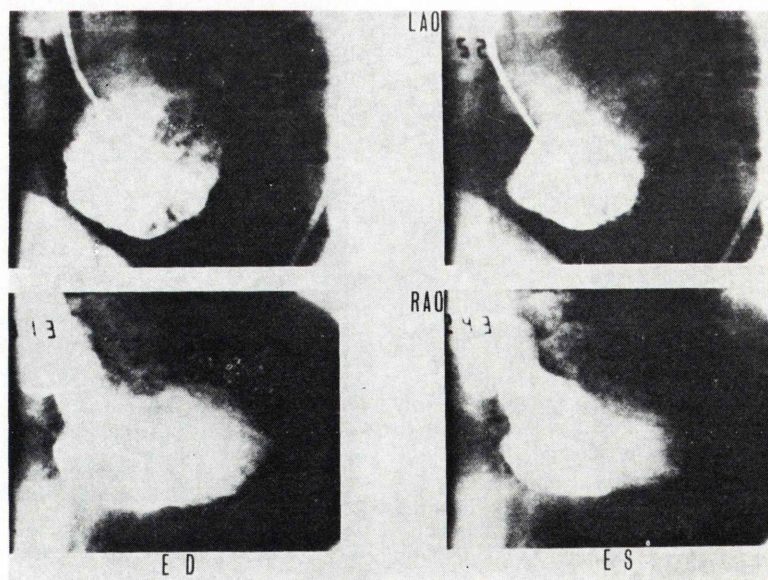


Fig. 7 Left ventriculogram in the case of inferior myocardial infarction.

(Fig. 7).

〔症例 2〕 前側壁梗塞例

心筋シンチグラムで前側壁にかけて広範な欠損像を有し、超音波検査で左心室瘤が証明されている。心 RI アンジオグラフィによる ED, ES 像お

よびその edge display を示す。RAO にて segment 2, 3, 4 にかけて左心室瘤を認め、segment 6 も akinesis である (Fig. 8)。左心室造影でも同部位における広汎な左心室瘤を呈している (Fig. 9)。他の 48 症例にても、このような edge display に加

LV ANEURYSM

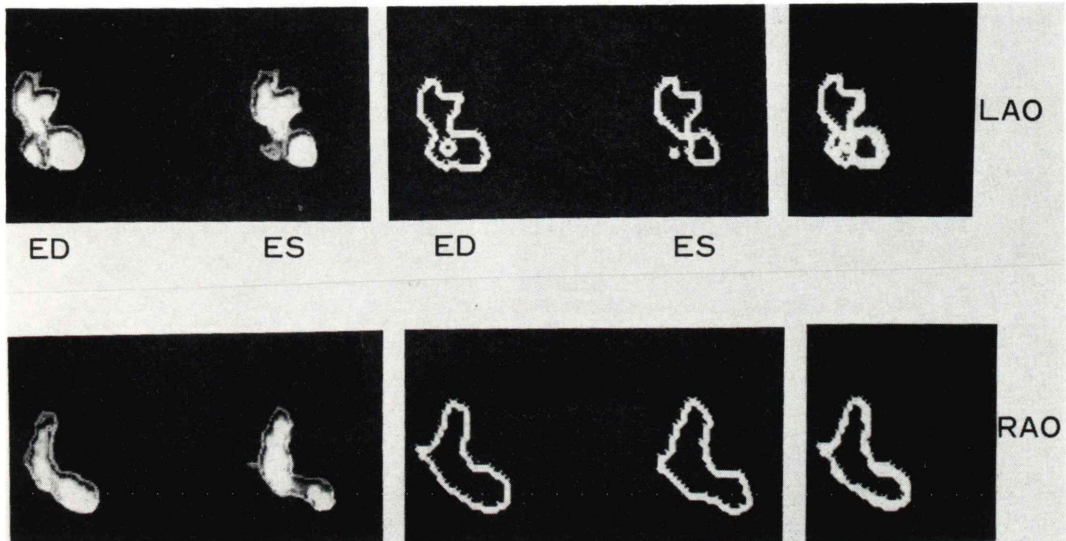


Fig. 8 Edge display of segmental wall motion in the case of left ventricular aneurysm.

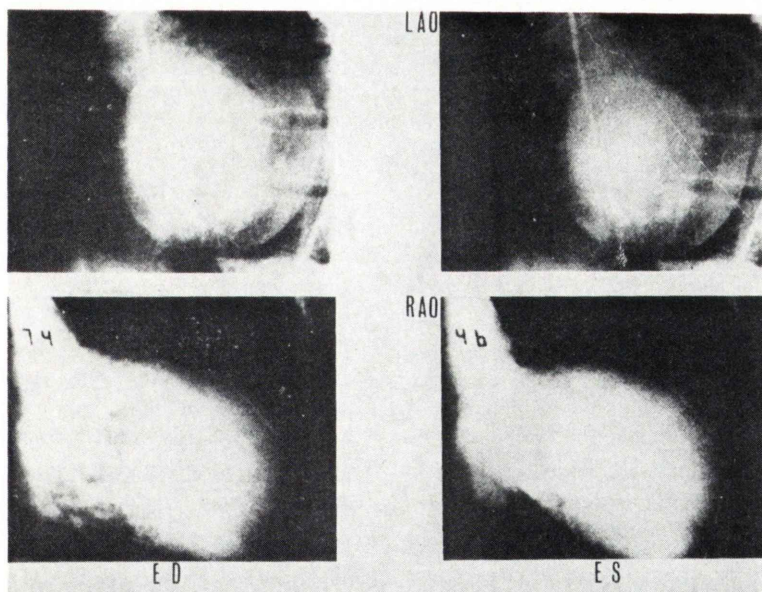


Fig. 9 Left ventriculogram in the case of left ventricular aneurysm.

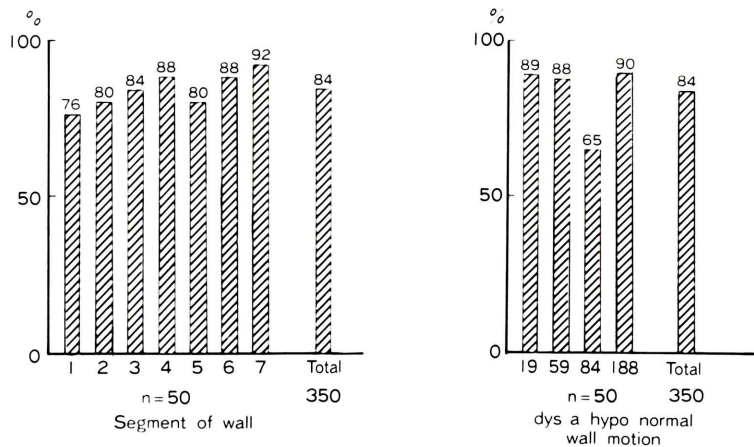


Fig. 10 Percent agreements of segmental wall motion between radionuclide and contrast ventriculogram in the patients with myocardial infarction.

え, MIS によるシネディスプレイにより各 segment の収縮様式を判定した。

2. 左心室造影との対比

心筋梗塞50症例, 計350 segment における心 RI アンジオグラフィおよび左心室造影所見の一致率を Fig. 10 に示す。全 segment における両検査所見の一致率は84%であった。かつ segment 別に見ると segment 3, 4, 6, 7 においてそれぞれ 84, 88, 88, 92% と一致率は高かった。

一方, 収縮様式における一致率を dyskinesis, akinesis, hypokinesis, normal に分類し, 対比すると hypokinesis を除き, それぞれ 89, 88, 90% と一致率は高かった。

3. 局所壁運動の定量化

前述した2症例における局所駆出分画の成績を示す (Fig. 11)。下壁梗塞症例では, 左室駆出分画は 0.52 であるが segment 4, 5 では局所駆出分画は 0.42, 0.30 と低下を示す。一方, 前側壁梗塞例では左室駆出分画は 0.17 であるが segment 2, 3, 6 では 0.15, 0.10, 0.08 と低下を示す。

そこで12症例にて akinesis, hypokinesis, normal の収縮様式の程度による局所駆出分画の値の分布を示す (Fig. 12)。akinesis 0.29, hypokinesis 0.40, normal 0.60 と局所駆出分画は有意に分別されることが認められた。

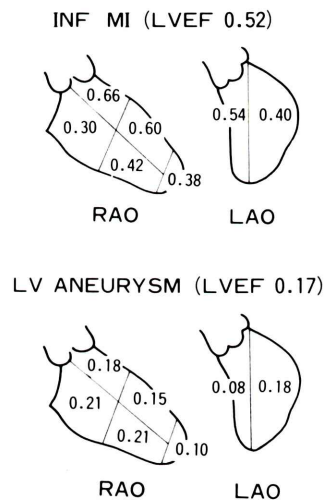


Fig. 11 Regional ejection fraction in the cases of inferior infarction and left ventricular aneurysm.

IV. 考 察

非観血的に左心室における局所壁運動の評価を行なうことができる心 RI アンジオグラフィは, 駆出分画など左心機能の算出^{3,4)} もあわせ, とりわけ心筋梗塞, 狭心症を始めとする虚血性心疾患の診断のみならず経過観察にきわめて有用である。しかし, 局所壁運動の臨床的評価について詳細に

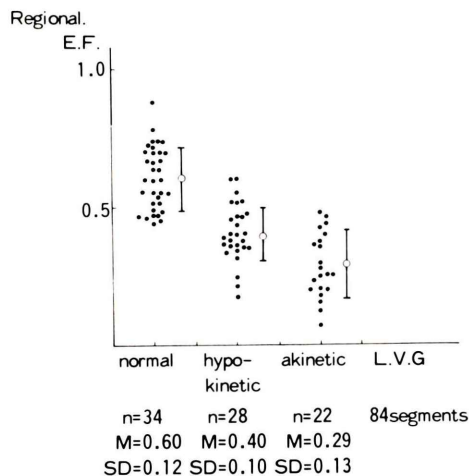


Fig. 12 Comparison of regional ejection fraction (RI) with segmental wall motion (LVG)

検討した報告は少ない^{7,8)}。そこで、本研究では、心 RI アンジオグラフィ、左心室造影を 2 週間以内に施行し、しかも両者の検査間に急性心不全や再発作を生じていない心筋梗塞 50 症例にて、部位別の収縮様式について対比することから、心 RI アンジオグラフィによる局所壁運動の臨床的有用性について検討したわけである。

心 RI アンジオグラフィによる局所壁運動の観察に際しては、シンチカメラとオンラインで接続したミニコンピュータシステムを用い、かつ first pass 法, multi-gate 法の併用によりそれぞれ RAO, LAO における局所壁運動の評価を行なった。すなわち、first pass 法では右室の時相を除き RAO にて ED, ES 像を数心拍重ねあわすことにより、multi-gate 法では LAO にて心電図同期下に数百心拍加算することより行なった。かつ、著者らのシステムでは、すべてフレームモードでデータを収集し、かつフォアグラウンド・バックグラウンドシステムを有することからデータ収集と同時に、かつ即座に局所壁運動の観察が可能である。

心 RI アンジオグラフィによる左心室の収縮様式の評価において問題となるのは、左心室像における輪郭抽出である。そこで、Schad ら⁷⁾と同様な方法で gradient image を作成することから左心

室の辺縁抽出を明瞭に行なうことができた。さらに、等高線表示を加え、かつ ED, ES 像を重ね合わせることから収縮様式を客観的に判定できた。飯尾ら⁹⁾は、左心室中央を中心として放射状の各直線における profile 曲線を補間法で求め、Tschebyscheff 多項式で近似する方法を用いて辺縁抽出を行なっている。

一方、得られた経時的イメージを MIS で動画にし観察することは左心室造影におけるシネフィルムと同様に不均等収縮の検出にきわめて有用である。すなわち MIS により読影者は何回もくり返し観察することにより心音の聴診にも似た一定のリズム感を正常のものと認識し、収縮様式の異常を判別できる。

著者らは両者の方法を併用し、収縮様式の評価を精度高く行なうことができた。これらの結果を左心室造影所見と比較検討した結果、50 症例、350 segment について 84% と両者の一致率はきわめて良好であった。特に、segment 2, 3, 4, 6 における一致率の高いことは、これらの部位における収縮異常が高頻度であることから重要性を増す。また、収縮様式に関しても hypokinesis を除き、80~90% とよく一致した。hypokinesis の部位では一致率は 62% とやや不良であるが、これは心 RI アンジオグラフィのみならず左心室造影所見にても読影者における主観的要素が意図されることも考慮に入れられるべきであろう。

しかしながら、全体として著者らの局所壁運動の評価方法は、左心室造影所見と比較しても、収縮部位、様式の異常の検出に関してきわめて精度高いことが示された。このことは本法が、急性期からの経時的観察、aorto-coronary bypass 術前後の評価のみならず薬剤、運動負荷時における病態生理の解明などによりくり返し行なえば、その非侵襲性と相ともなっており有効な手段になり得ると考えられる。また、左心機能の解析も同時に行なえるので、心 RI アンジオグラフィにより、簡便に心機能、形態両面にわたる情報を得ることができる。

局所壁運動と左心機能との関連については、従来より梗塞が大きいほど、駆出分画が低下するこ

とが、CPKの総遊出量、左心室造影における梗塞周径比と駆出分画が逆相関することなどより認められている^{10,11)}。

著者らも心筋シンチグラムにおける欠損像の大きさ(% defect area)と心RIアンジオグラフィによる駆出分画が逆相関することを認めている(Fig. 13)¹²⁾。これらの成績は局所壁運動と左心機能は密接な関係にあることを示している。そこで、局所における駆出分画の変化を局所駆出分画として算出し、局所壁運動の定量化を試みたわけである。Maddoxら^{13,14)}は、regional ejection fractionおよびejection fraction imageとして局所壁運動の観察を行なって良好な成績を得ている。著者らの方法はFig. 4のように7つの部位に分別し局所駆出分画を求めるものであり、基本的にはMaddoxら¹³⁾の方法と同様である。しかし、心RIアンジオグラフィによる局所駆出分画の算出に際して、関心領域、バックグラウンドの設定や本質的に存在するED, ES像のずれなどの問題はあがあるが、局所心機能の把握という点に関しては左心室造影から区域別に算出する方法¹⁵⁾に比し、容積をカウント数の変化としてとらえられる点が幾何学的効率に左右されない利点と考えられる。著者らの方法では左心室造影と比較してakinesis 0.29, hypokinesis 0.40, normal 0.60ときわめて明瞭に局所駆出分画は収縮様式により分別でき、局所壁運動の定量化の一方法として有用なことが理解される。さらに、狭心症例における運動、薬剤負荷などの条件下で生じる局所壁運動の異常をとらえる

方法^{16,17)}として活用されれば、負荷心電図などに比し、虚血部位、広がりを目視的に、しかも機能面も合わせ測定できることになり、虚血性心疾患患者における診断、治療および病態の解明に寄与することが多大であると考えられる。

V. 結 論

1) シンチカメラとオンラインで接続したRIデータ処理装置を用い心RIアンジオグラフィによる局所壁運動の観察を行なった。first pass法およびmulti-gate法を用いてフレームモードでデータ収集を行ない、即座に局所壁運動の観察を行なえるシステムとした。

2) 心RIアンジオグラフィによる局所壁運動の評価はoriginal imageから左心室辺縁抽出のためgradient imageを作成、ED, ES像を重ねあわせる(edge display)ことにより、またmoving image systemによるシネディスプレイを併用することにより行なった。

3) 心筋梗塞50症例を対象として、心RIアンジオグラフィおよび左心室造影所見について、AHAの基準に基づき7部位に分け、その収縮様式を対比したところ、全segmentについて84%の一致率が得られた。一方、収縮様式についても良好な一致が認められた。このことは心RIアンジオグラフィによる局所壁運動の評価が臨床にきわめて有用であることが理解される。

4) さらに、局所壁運動の定量化という面から局所駆出分画を導入し、収縮様式別にみるとakinesis 0.29, hypokinesis 0.40, normal 0.60と明瞭に分離されることが認められた。このことは、くり返し心RIアンジオグラフィを施行した時に、局所壁運動を客観的に把握できることが示唆された。

5) 心RIアンジオグラフィは、その非侵襲性と合わせ、急性期からの経過観察、aorto-coronary bypass術前後の評価のみならず、薬剤、運動負荷時における病態生理の把握などに際し、局所壁運動の面からの評価が可能である。さらに本法は左心機能の解析も十分行なえるので、心機能、形態

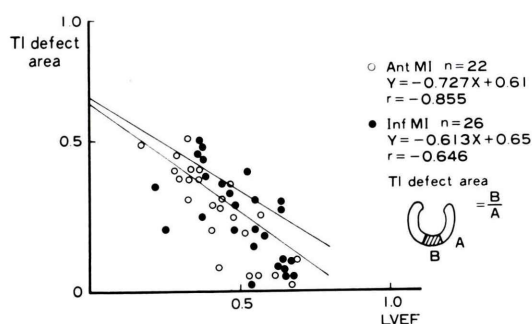


Fig. 13 Simple correlation between thallium defect area and radionuclide LVEF.

両面にわたる情報が得られ今後、おおいに活用されるべき方法である。

本研究に際し、貴重な症例をご紹介いただきました当センター心臓内科、外科の諸先生方に深謝致します。

文 献

- 1) 西村恒彦, 石田良雄, 他: RI による心臓検査, 臨床 ME 2: 54-61, 1978
- 2) 西村恒彦, 植原敏男, 他: 核医学的方法による wall motion の評価. 映像情報 11: 901-907, 1979
- 3) 西村恒彦, 今井行雄, 他: 心 RI アンジオグラフィによる左室駆出分画 (EF) の精度に関する検討 (I) ——first pass 法について——. 核医学 17: 53-58, 1980
- 4) 西村恒彦, 香川雅昭, 他: 心 RI アンジオグラフィによる左室駆出分画 (EF) の精度に関する検討 (II) ——multi-gate 法について——. 核医学 17: 269-276, 1980
- 5) 外山比南子, 飯尾正宏: moving image system (MIS). 日本臨床 37: 93-99, 1979
- 6) AHA Committee Report: A recording system on patient evaluated for coronary artery disease. Circulation 51: 7, 1975
- 7) N Schad and O Nickel: Assessment of ventricular function with first-pass angiocardigraphy. Cardiovascular Radiology 2: 149-160, 1979
- 8) M Pickler: Noninvasive assessment of segmental left ventricular wall motion. Clin Cardiol 1: 173-191, 1978
- 9) 外山比南子, 飯尾正宏: 核医学的方法による心イメージング. 第 1 回心臓イメージング研究会講演論文集 p. 17-21, 1979 (京都)
- 10) 堀 正二, 福井順賀男, 他: 急性心筋梗塞症における梗塞量と左室駆出分画との関係. 日循誌 41: 1299-1306, 1977
- 11) Miller RR, Amsterdam EA, et al: Electrocardiographic and cineangiographic correlations in assessment of the location, nature and extent of abnormal left ventricular segmental contraction in coronary artery disease. Circulation 49: 447, 1974
- 12) 西村恒彦, 小塚隆弘, 他: 核医学的方法による冠動脈疾患における冠狭窄および局所壁運動の評価. 脈管学 19: 525, 1979
- 13) Maddox DE, Wayne J, et al: Regional ejection fraction: A quantitative radionuclide index of regional left ventricular performance. Circulation 59: 1001-1009, 1979
- 14) Maddox DE, Holman BL, et al: Ejection fraction image; noninvasive index of regional left ventricular wall motion. Amer J Cardiology 41: 1230-1238, 1978
- 15) Gelberg HG, Braundage BH, et al: Quantitative left ventricular wall motion analysis; A comparison of area, chord and radial methods. Circulation 59: 991-1000, 1979
- 16) Hecht HS, Blahd WH, et al: Left ventricular ejection fraction and segmental wall motion by peripheral first pass radionuclide angiography. J Nucl Med 19: 17-23, 1978
- 17) Jengo JA, Mena I, et al: Effects of maximum exercise stress on left ventricular function in patients with coronary artery disease using first pass radionuclide angiocardigraphy. Circulation 59: 60-65, 1979

Summary

Clinical Evaluation of Segmental Wall Motion by Radionuclide Cardioangiography in the Patients with Myocardial Infarction

Tsunehiko NISHIMURA, Toshiisa UEHARA and Takahiro KOZUKA

*Department of Cardiology and Nuclear Medicine, National Cardiovascular Center
5-125, Fujishirodai, Suita, Osaka*

To detect segmental wall motion of left ventricle is useful to identify the size and location of infarcted area in coronary arteries diseases.

In this study, segmental wall motion by radionuclide cardioangiography were evaluated to compare with contrast left ventriculography in fifty patients of myocardial infarction. Segmental wall motion in RAO position by first pass method, in LAO position by multi-gated method were evaluated using an Anger camera and on-line minicomputer system by following methods; ED, ES images, sequential images, edge display, regional ejection fraction and movie imaging system (MIS).

The percent agreements of segmental wall motion by RI and LVG were 84% in 350 segments of 50 cases. In all segments, segments 4, 6, 7 were better agreements than other segments. For the degree of wall motion, skinesis and dyskinesis were good agreements in both methods, while hypokinesia was slightly poor agreement (62%).

On the other hand, the size of infarction, that is, percent thallium defect area was good correlated with radionuclide left ventricular ejection fraction ($r = -0.855$ in anterior infarction, $r = -0.646$ in inferior infarction). From these data, wall motion was thought to be closely related with left ventricular function, therefore, regional ejection fraction in seven areas in left ventricular image was developed and compared with segmental wall motion in left ventriculogram according to the classification of A.H.A. Committee Report. The value of regional ejection fraction is 0.29, 0.40, 0.60 in akinesis, hypokinesis and normal.

In conclusion, radionuclide cardioangiography is useful in the detection of abnormal segmental wall motion as noninvasive methods.

Key words: Radionuclide cardioangiography, segmental wall motion, regional ejection fraction, gradient image, myocardial infarction