

《原 著》

心電図同期心プール断層法による局所壁運動の検討

渡辺 健* 池部 伸彦* 田中 啓* 内藤 雄一*
 後藤 隆之* 後藤 義一* 小林 泰彦* 南 博*
 永井 義一* 山沢 埼宏* 伊吹山千晴* 村山 弘泰**

要旨 三次元評価可能な Emission CT を心動態シンチに応用して (gated cardiac pool emission CT, pool-ECT), 心筋梗塞患者の壁運動評価を行い, 従来の First pass (FP) 法および平衡時 (EQ) 法と比較検討した。対象は健常人 5 例, 心筋梗塞患者 14 例である。方法は, 最初に FP 法および EQ 法を行い, 続いて pool-ECT 法を施行し, 左室長軸縦断像, 同横断像および左室短軸像を得, 壁運動, 振幅および位相の 3 点について梗塞部位別に検討した。結果は, pool-ECT 法は従来の方法に比べ異常部位の検出にすぐれ, 特に FP 法では不正確となりやすい後・下壁の所見をより正確に診断することが可能であった。

pool-ECT 法は, ①各心腔間の重複がない, ②特定の部位を複数の断層面で評価可能である, ③従来の方法では検出不可能であった小梗塞巣の検出も可能である。等の利点を有し, 今後各種心疾患の診断において重要な役割りを果たすものと期待される。

I. はじめに

心筋梗塞患者の梗塞範囲を正確に同定することは, 治療法や予後を決定するうえで重要な因子である。それゆえ, 以前より RI を使用した壁運動評価が広く施行され, 左室造影所見と良い相関があるという多くの報告がみられる^{1,2)}。しかし従来の検査では, 通常, 右前斜位像(以下 RAO と略す)は First pass 法(以下 FP と略す), また左前斜位像(以下 LAO と略す)は平衡時法(以下 EQ と略す)から像を得ているため, RAO 像は FP 法の特性上, 約 5 心拍程度しか加算することができず, EQ 法に比べ信頼度の低い像となっている。一方, 投与する RI の量を増加すれば高いカウント数となり, より明瞭な像が得られるが, 被検者の被曝線量を考慮するとそれにも限界がある。

Emission CT は最近急速に発達してきた検査法で, コンピュータアルゴリズムにより任意の断層像を得ることが可能である^{3,4)}。FP 法における RAO 像も左室長軸縦断像として評価でき, その信頼性も FP 法に比べ高いと考えられる。しかし, Emission CT はこれまで主に心筋シンチグラムに利用され, 心動態シンチへの応用に関する報告は多くはない。そこで本研究では, この Emission CT を心動態シンチに応用し (gated cardiac pool emission CT, 以下 pool-ECT と略す), 心筋梗塞患者における壁運動異常について, 従来の方法と比較検討したので報告する。

II. 対象ならびに方法

対象は, 心疾患の既往のない健常人 5 例(全例男性で年齢 26 歳~29 歳, 平均 27.5 歳)と, 心筋梗塞患者 14 例(男性 12 例, 女性 2 例で年齢 38 歳~79 歳, 平均 58.7 歳)である。心筋梗塞患者の内訳は, 前壁中隔梗塞 8 例, 下壁梗塞 3 例, 後壁梗塞 2 例, 側壁梗塞 1 例である。心筋梗塞患者は全例, 典型的な心電図所見もしくは急性期に心筋由来の血清酵素の上昇を認め診断の確定した症例で, 14 例中

* 東京医科大学内科第二講座

** 同 放射線科

受付: 60 年 2 月 12 日

最終稿受付: 60 年 2 月 12 日

別刷請求先: 東京都新宿区西新宿 6-7-1 (郵 160)

東京医科大学内科第二講座

渡 辺 健

11例で心臓カテーテル検査を行い、左室造影(以下LVGと略す)所見を得、側壁梗塞患者を除いた10例で、梗塞部位に一致して異常壁運動所見を確認した。

方法は、in vivo 標識^{99m}Tc-RBC 40 mCiを使用し、最初に従来のFP法(RAO 30°)およびEQ法(mLAO)を行い、引き続いてpool-ECT法を行った。pool-ECT法は、ガンマカメラを患者の回りに左後斜位50°から右前斜位40°まで5°ずつ回転させ、36方向より1方向20~30秒間隔で心電図同期を行い、1心拍を最大18フレームに分けてデータを収集した。得られたデータからfiltered back-projection methodにより、左室長軸縦断面(sagittal)、同横断面(4-chamber)および左室短軸面(coronal)の3つの断層面についておのおの6mmごとの断層像を得た(Fig. 1)。これら断層像から、拡張末期像と収縮末期像を同一画面上に表示し、壁運動異常を検討した。さらにR-R間隔を補正したおのおの断層像について、フーリエ級数の一次項で近似を行い、振幅像(amplitude)と位相像(phase)を作製し、合わせて検討した。

評価法は、壁運動については4段階に分け、normalを0、hypokinesisを1、akinesisを2、そしてdyskinesisを3とし、従来の方法とpool-ECT法を比較して、一つでも数がLVG所見に近づいた場合に診断能が向上したと判定した。またamplitudeとphaseはおのおの梗塞部位について、正常所見の場合はnegative(-)、異常所見がみられた場合にpositive(+)として評価した。なお前壁中隔梗塞例は、前壁部と中隔部に分けて検討を行った。

装置はいずれの方法も、高分解能平行型コリメータを装置したPHO/GAMMA ZLC 75E(Simmens・島津)を使用し、データ処理はシンチパック2400で行った。

III. 結 果

心筋梗塞患者14例における結果をTable 1に示す。表中下線を引いた個所が、pool-ECT法を用いることにより、診断能の向上を認めた症例であ

る。前壁中隔梗塞患者においては、8例中6例でLVGを行い、壁運動では、前壁および中隔部位合わせて16部位中10部位(63%)で診断能の向上を認めた。同患者のamplitudeでは、同様に16の梗塞部位中、従来の方法では11部位(69%)が、pool-ECT法では14部位(88%)が検出可能であった。またphaseでは、従来の方法では11部位(69%)の、pool-ECT法では15部位(94%)の異常の検出が可能であった。下・後壁梗塞患者においては、5例中4例でLVGを行い、壁運動では、5例中2例(40%)で診断能の向上を認めた。同患者のamplitudeおよびphaseでは、従来の方法とpool-ECT法の間には差が認められず、両者とも全例異常の検出が可能であった。側壁梗塞患者1例では、LVGで異常認められず、壁運動、amplitudeおよびphaseのいずれも、従来の方法およびpool-ECT法とともに異常は検出されなかつた。以上、本法を用いることにより、壁運動では、全梗塞22部位のうち12部位(55%)で診断能の向上を認めた。amplitudeでは同様に、従来の方法では16部位(73%)の、pool-ECT法では19部位(86%)の異常の検出が可能であった。またphaseでは22部位中、従来の方法では16部位(73%)の、pool-ECT法では20部位(91%)の異常を検出可能であった。

以下に典型的な2症例を呈示する。

[症例1]

H.S., 61歳男性。前壁中隔梗塞。

心電図V_{1~4}誘導でST上昇を認め、後にQSパターンを呈した急性心筋梗塞例である。壁運動(Fig. 2)は、FP法では前壁に、EQ法では中隔にhypokinesisを認める。pool-ECT法では、sagittal像で前壁に、coronal像で中隔に、また4-chamber像でも中隔にそれぞれakinesisが認められる。Fig. 3は同症例のamplitudeとphaseイメージである。従来のFP法では前壁にamplitudeおよびphaseの異常が認められるが、後壁にもphaseの異常がみられ、同部の異常も疑われる。EQ法では、中隔に両者の異常が認められる。pool-ECT法では、sagittal像で前壁に両者の異常が認めら

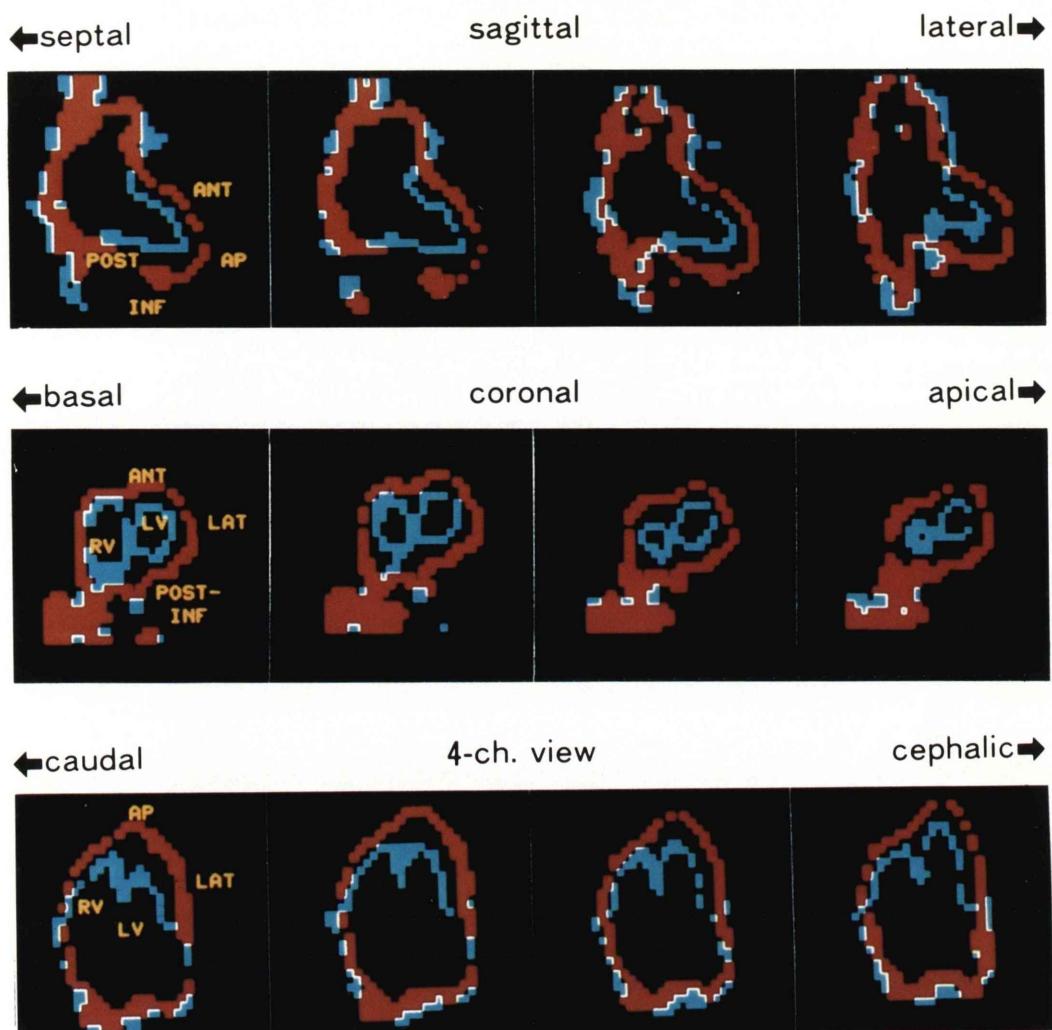


Fig. 1 Three-dimensional tomographic wall motion analysis in a normal volunteer.

(red: end diastole, blue: end systole)

Abbreviation; ANT: anterior, AP: apex, INF: inferior, POST: posterior, LAT: lateral, LV: left ventricle, RV: right ventricle.

Table 1 Summary of data concerning wall motion, amplitude and phase of all 14 myocardial infarction cases

Case	Age, sex	Location	Wall motion		LVG	Amplitude		Phase	
			Conv.	pool-ECT		Conv.	pool-ECT	Conv.	pool-ECT
(1) M.T. 57(M)	ANT -SEPT	2 → 3	3	+	→	+	+	→	+
		1 → 2	2	+	→	+	+	→	+
		2 → 3	3	+	→	+	+	→	+
(2) S.A. 70(M)	"	2 → 2	2	+	→	+	+	→	+
		3 → 3	3	+	→	+	+	→	+
(3) H.T. 55(F)	"	2 → 2	2	+	→	+	+	→	+
		3 → 3	3	+	→	+	+	→	+
(4) M.Y. 61(M)	"	0 → 1	1	—	→	+	—	→	+
		1 → 2	2	+	→	+	+	→	+
(5) H.K. 63(F)	"	2 → 2	/	+	→	+	+	→	+
		2 → 2	/	+	→	+	+	→	+
(6) I.M. 55(M)	"	0 → 1	2	—	→	+	—	→	+
		0 → 1	1	—	→	—	—	→	—
(7) H.S. 61(M)	"	1 → 2	2	+	→	+	+	→	+
		1 → 2	2	±	→	+	—	→	+
(8) M.H. 52(M)	"	1 → 1	/	—	→	—	—	→	+
		1 → 2	/	+	→	+	+	→	+
(9) E.F. 61(M)	INF	1 → 2	2	+	→	+	+	→	+
(10) S.A. 79(M)	"	2 → 2	/	+	→	+	+	→	+
(11) K.M. 42(M)	"	0 → 1	1	+	→	+	+	→	+
(12) N.I. 38(M)	POST	2 → 2	2	+	→	+	+	→	+
(13) C.S. 43(M)	"	2 → 2	2	+	→	+	+	→	+
(14) Y.H. 63(M)	LAT	0 → 0	0	—	→	—	—	→	—

Abbreviation; ANT: anterior, SEPT: septum, INF: inferior, POST: posterior, LAT: lateral, 0: normal, 1: hypokinesis, 2: akinesis, 3: diskinesis, (+): positive, (-): negative, Conv.: conventional method.

れるが、FP法でみられた後壁のphase異常は認められず、同部に異常はないと診断される。coronal像では前壁中隔に、4-chamber像では中隔から心尖部にかけてamplitudeおよびphaseの異常が認められる。LVG所見では、前壁中隔がともにakinesisで、後壁は正常壁運動であった。

[症例2]

I.M., 55歳女性。前壁中隔梗塞。

心電図V₁~₃誘導でQSパターンを呈した陳旧性心筋梗塞患者である。壁運動(Fig. 4)ではFP法およびEQ法とともに正常壁運動を呈しているが、

pool-ECT法ではsagittal像で前壁に、coronal像で中隔にhypokinesisが認められる。同症例のamplitudeおよびphaseイメージ(Fig. 5)では、FP法で後壁にamplitude低下が、EQ法で中隔にphase異常が認められる。pool-ECT法では、sagittal像で前壁に、coronal像では前壁中隔に、そして4-chamber像では中隔から心尖部にかけてamplitudeおよびphaseの異常が認められる。またFP法でみられた後壁の異常は、pool-ECT法では認められない。LVG所見では、前壁はakinesis、中隔はhypokinesisで、後壁は正常壁運動であった。

Wall Motion

Case 7 H.S. (ANT-SEPT)

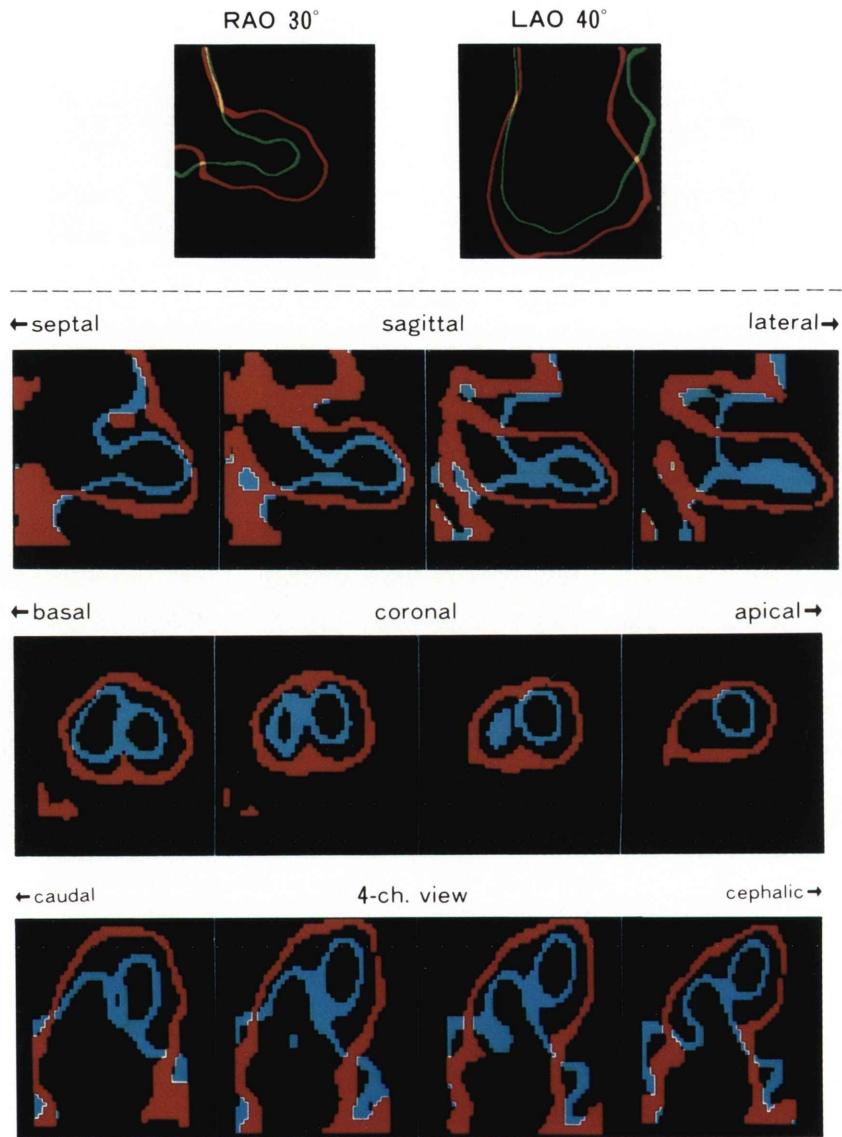


Fig. 2 Wall motion analysis of antero-septal myocardial infarction (case 7).

Amplitude & Phase

Case 7 H.S. (ANT-SEPT)

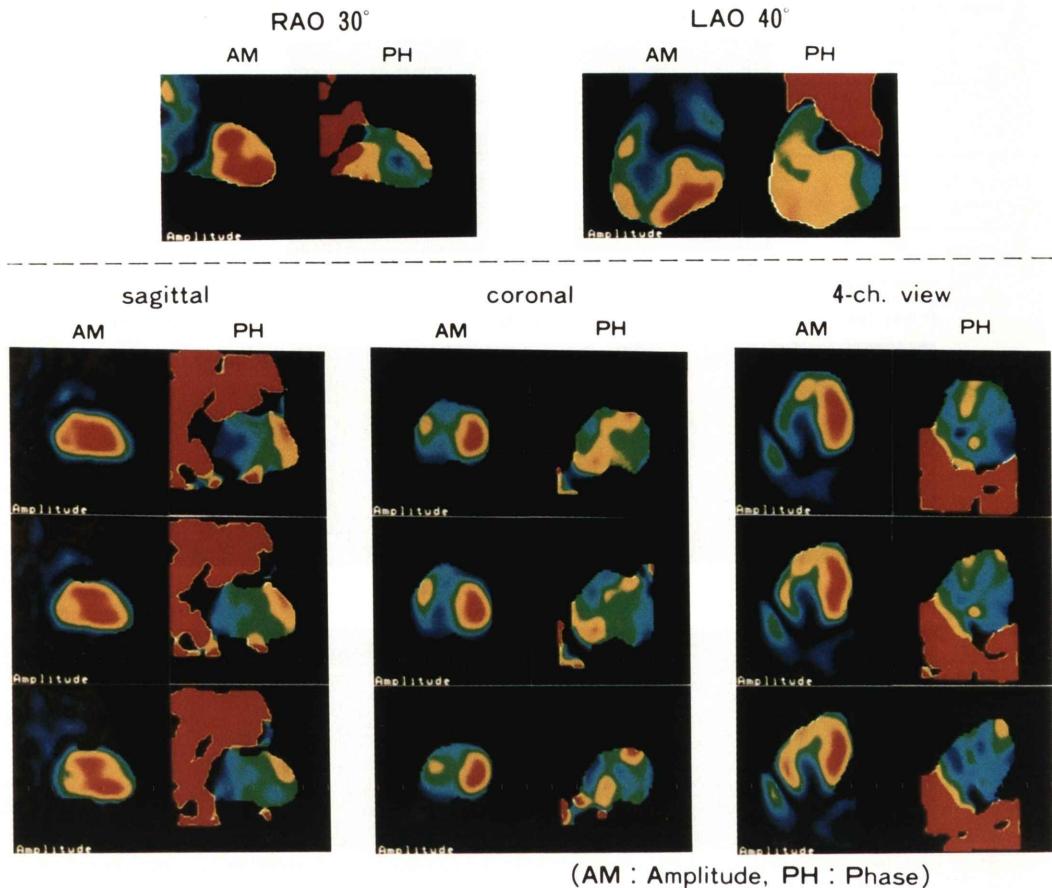


Fig. 3 Amplitude and phase images of antero-septal myocardial infarction (case 7).

IV. 考 案

RI を用いた局所壁運動の評価は、比較的容易に、しかも繰り返して行えるため、各種心疾患に広く利用されてきた⁵⁾。しかしながら、従来の FP 法および EQ 法のみでは RI の変化を一方向でしかとらえることができず、特に心臓のように複数の内腔を持ち、それぞれが異なる動きを示す臓器では正確な評価が困難な症例をしばしば経験す

る。この点、pool-ECT 法はガンマカメラの角度に留意する必要がなく任意の断層面が得られるため、より正確な評価が期待される。本研究でも、pool-ECT 法は異常部位の検出にすぐれ、さらに FP 法では不正確となりやすい後・下壁部位も、正確に診断可能であった。また壁運動については、全体的に、従来の FP 法および EQ 法で normal～hypokinesis と診断された比較的軽微な壁運動異常において、pool-ECT 法でより正確に診断され、

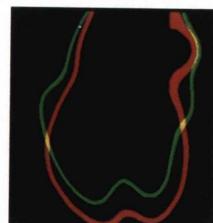
Wall Motion

Case 6 I.M. (ANT-SEPT)

RAO 30°



LAO 40°



← septal

sagittal

lateral →



← basal

coronal

apical →



← caudal

4-ch. view

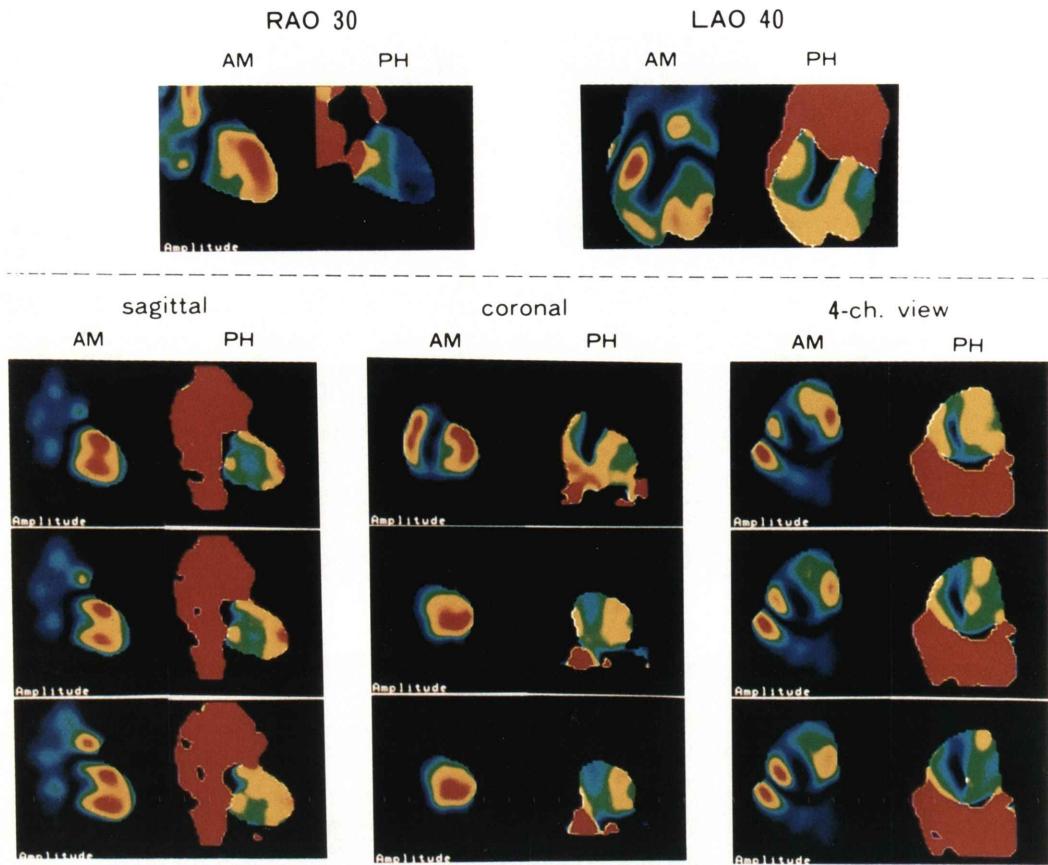
cephalic →



Fig. 4 Wall motion analysis of antero-septal myocardial infarction (case 6).

Amplitude & Phase

Case 6 I.M. (ANT-SEPT)



(AM : Amplitude, PH : Phase)

Fig. 5 Amplitude and phase images of antero-septal myocardial infarction (case 6).

従来の方法で akinesis～dyskinesis と診断された比較的大きな壁運動異常では両者間に差は認められなかった。一方、後・下壁例の amplitude および phase では、従来の方法と pool-ECT 法との間で梗塞部位の検出に差が認められなかった。これは、今回検討した後・下壁例は比較的典型的な症例が多く、従来の方法でも十分に診断可能であったためと考えられる。

これまでにも Emission CT の心プールスキャナへの応用はいくつかみられている¹⁰⁾。1980年

Moore M.L. らは対向型ガンマカメラを用いて臨床応用を試み⁶⁾、続いて 1983 年 Maublant J. らは 180° 方向からデータ収集を行い断層像を得て、従来の planner image と比較し、特に下壁の異常が良好に検出されたと述べている⁷⁾。本研究でも pool-ECT 法は FP 法に比べ後・下壁の評価に優れていた。また、Tamaki N. らは本法を各種心疾患に応用し⁸⁾、さらに Ito T. らはフーリエ解析を加え⁹⁾、おのおの本法の有用性を報告している。

本法の長所として、第 1 に pool-ECT 法では、

任意の断層像が得られるため、各心腔間で重複がない。第2に従来の方法では、前壁および後・下壁はFP法で、中隔および側壁はEQ法でしか評価できないが、本法を用いることにより、前壁および後・下壁はsagittal面とcoronal面で、中隔および側壁はcoronal面と4-chamber面でと、一つの部位を複数の断層面で評価可能である。第3に従来の方法では、小さな壁運動異常はこれと近接して良好な壁運動を示す部位が存在すると、その異常がマスクされてしまい、検出されない場合も考えられるが、本法では多数の断層像から評価を行うので、このような場合でも検出可能である。第4に、FP法ではRIがbolusに注入されない場合、明瞭な画像を得ることが難しいが、本法ではRIはbolusに注入される必要がなく、血管穿刺の困難な症例でも容易に行い得る。さらに、検査に要する時間も18分と、比較的短時間で終了するため、ルーチン検査として行うことも十分可能である。一方、短所としては、不整脈が存在すると行い得ず、まだデータ処理に要する時間も約3時間と、従来の方法に比べ長い。さらに大きな問題点は、本法の場合従来の方法に比し、画像再構成のための手順が多いことである。このため雑音混入の可能性も考えられ、特にphase analysisにおいて、高次項で行う場合にはさらに慎重な評価が必要になってくるものと考える。

V. 結 語

心動態シンチにEmission CTを応用し(pool-ECT)、心筋梗塞患者の壁運動について、従来のFP法およびEQ法と比較検討した。この結果、pool-ECT法は従来の方法に比べ、異常部位の検出に優れ、より正確な診断が可能であった。pool-ECT法は、特に従来の方法では検出不可能な小梗塞部位に対して威力を発揮するものと考えられる。

謝辞 稿を終えるに臨み、技術面で終始ご協力いただきました、東京医科大学放射線科白岩啓志君、同梅田淳一君に深く感謝の意を表します。なお本論文の要旨は、第24回日本核医学総会(1984年、於福島)にて報告した。

文 献

- 1) Marshall RC, Berger HJ, Costin JC, et al: Assessment of cardiac performance with quantitative radionuclide angiography. *Circulation* **56**: 820-829, 1977
- 2) Brady TJ, Thrall JH, Keyes JW, et al: Segmental wall-motion analysis in the right anterior oblique projection: comparison of exercise equilibrium radionuclide ventriculography and exercise contrast ventriculography. *J Nucl Med* **21**: 617-621, 1980
- 3) Holman BL, Hill TC, Wynne J, et al: Single-photon transaxial emission computed tomography of the heart in normal subjects and in patients with infarction. *J Nucl Med* **20**: 736-740, 1979
- 4) Tamaki N, Mukai T, Ishii Y, et al: Clinical evaluation of thallium-201 emission myocardial tomography using a rotating gamma camera: comparison with seven-pinhole tomography. *J Nucl Med* **22**: 849-855, 1981
- 5) Qureshi S, Wagner HN, Alderson PO: Evaluation of left-ventricular function in normal persons and patients with heart disease. *J Nucl Med* **19**: 135-141, 1978
- 6) Moore ML, Murphy PH, Burdine JA: ECG-gated emission computed tomography of the cardiac blood pool. *Radiology* **134**: 233-235, 1980
- 7) Maublant J, Bailly P, Mestas D, et al: Feasibility of gated single-photon emission transaxial tomography of the cardiac blood pool. *Radiology* **146**: 837-839, 1983
- 8) Tamaki N, Mukai T, Ishii Y, et al: Multiaxial tomography of heart chambers by gated blood-pool emission computed tomography using a rotating gamma camera. *Radiology* **147**: 547-554, 1983
- 9) Ito T, Maeda H, Takeda K, et al: A new method for Fourier analysis in ECG-gated cardiac blood pool emission computed tomography (ECT). *J Nucl Med* **25**: p 5, 1984 (abst)
- 10) Barat JL, Brendel AJ, Colle JP, et al: Quantitative analysis of left-ventricular function using gated single photon emission tomography. *J Nucl Med* **25**: 1167-1174, 1984

Summary

Evaluation of the Wall Motion Abnormality Using ECG-gated Cardiac Pool Emission CT in Patients of Myocardial Infarction

Takeshi WATANABE*, Nobuhiko IKEBE*, Hiraki TANAKA*, Yuichi NAITO*,
 Takayuki GOTO*, Yoshikazu GOTO*, Yasuhiko KOBAYASHI*, Hiroshi MINAMI*,
 Yoshikazu NAGAI*, Ikuhiro YAMASAWA*, Chiharu IBUKIYAMA*
 and Hiroyasu MURAYAMA**

**The Second Department of Internal Medicine, **Radiology,
 Tokyo Medical College, Tokyo, Japan*

The purpose of this study is to evaluate the usefulness of ECG-gated cardiac pool emission CT (pool-ECT) compared with the conventional first pass (FP) and equilibrium (EQ) methods in evaluating wall motion abnormality (WMA). Five normal volunteers and 14 patients with myocardial infarction were studied. Following the administration of vivo-labeled ^{99m}Tc -RBC 40 mCi, the pool-ECT method was performed by rotating the gamma camera 180° around the patient at a rate of $5^\circ/30$ sec, then sagittal, coronal and 4-chamber view tomographic images were reconstructed. Moreover the amplitude and phase images were derived from first harmonic Fourier analysis and the pool-ECT data was compared with the FP and EQ data in respect to wall motion, amplitude and phase delay.

The sensitivity regarding WMA was improved

in 12 (55%) of all 22 WMA by pool-ECT. Conventional and pool-ECT methods could detect the diminished amplitude activity in 16 (73%) and in 19 (86%) of all 22 infarct site respectively, and could detect the phase delay in 16 (73%) and in 20 (91%) of all 22 infarct site respectively. The pool-ECT method was more sensitive to detect WMA, especially inferior WMA which was inaccurately estimated by FP method.

The advantages of this method was that the overlapping of each cardiac chamber could be ignored, that the wall motion could be evaluated by three dimensional tomographic images and that it could demonstrate small WMA which could not be detected by conventional methods.

Key words: SPECT, Regional wall motion, Phase analysis, Myocardial infarction.