

## 《原 著》

# <sup>201</sup>Tl 心筋 Emission CT の梗塞診断の有用性： Frank ベクトル心電図との対比検討

山本 秀平\*    松島 英夫\*    外畑 巖\*    河合 直樹\*  
岡田 充弘\*    木田 秀夫\*\*    笠原 文雄\*\*

**要旨** 陳旧心筋梗塞症患者64名, 標準12誘導心電図異常を有する非梗塞患者41名, 計105名を対象として<sup>201</sup>Tl 心筋断層像 (ECT), Frank ベクトル心電図 (VCG) の梗塞診断能を対比検討した。梗塞患者は梗塞部位数により単発梗塞群 (48例), 多発梗塞群 (16例) に分類した。

ECT, VCG とともに単発梗塞の診断能は良好であった。多発梗塞群では, ECT は左室各部とも診断能が良好であったが, VCG は前壁中隔, 前壁, 側壁に比し下壁, 後壁の感度が低かった。非梗塞群では 25 例が梗塞診断基準を満足し (VCG 偽陽性率 61%), 2 例のみが ECT 梗塞診断基準を満足した (ECT 偽陽性率 5%)。非梗塞群では高率に解剖学的心臓軸異常が診断された。

多発梗塞群での VCG 診断感度の低下は相反する複数個の梗塞ベクトルの cancellation 効果に起因すると考えられ, 前壁梗塞に合併した後壁梗塞 VCG の感度がとくに低かった。非梗塞群における VCG 偽陽性は心臓位置異常に起因する可能性が示唆された。

## I. はじめに

最近, 安静時 <sup>201</sup>Tl 心筋 Emission Computed Tomography (ECT) による心筋梗塞診断が盛んに行われており, 著者らはすでに同法が <sup>201</sup>Tl 二次元像に比し梗塞診断能が良好なことを報告した<sup>1)</sup>。一方, ECT と同様に非観血的かつ簡便に施行できる Frank ベクトル心電図 (VCG) も従来より梗塞診断に広く用いられており, 日常臨床において梗塞診断にどちらを選択すべきか, あるいは両者の所見が異なる場合はどう解釈するか, 診断に迷うことが少なくない。本研究の目的は多数の心筋梗塞患者, 梗塞類似心電図異常者を対象として ECT, VCG 両法の梗塞診断能の差異を検討することにある。

## II. 対 象

典型的な急性心筋梗塞発作の既往を有する陳旧心筋梗塞症患者 64 例 (梗塞群) および心筋梗塞の既往がなく, しかも梗塞類似の標準 12 誘導心電図を有する者 41 例 (非梗塞群), 計 105 例を対象とした。

梗塞群は全例とも ECT 記録とほぼ同時期に選択的冠動脈造影ならびに左室造影 (LVG) が施行された患者からなり, これを 2 群に分類した。LVG では American Heart Association (AHA) 方式の segment 1~7 の各区域について壁運動が高度低収縮, 無収縮および奇異性収縮部位を梗塞とした。前壁中隔 (segment 6), 前壁 (seg. 1, 2, 3), 側壁 (seg. 7), 下壁 (seg. 4), 後壁 (seg. 5, 7) の 5 左室壁区画で, (i) 単区画のみの梗塞例および一枝病変による広汎前壁, 前側壁, 後側壁ないし後下壁梗塞例を単発梗塞群とした (n=48 例), (ii) これら以外の多枝病変による複区画の梗塞例を多発梗塞群とした (n=16 例)。非梗塞群はミネソタコード<sup>2)</sup>に従い, 標準 12 誘導心電図上, 異常 Q

\* 名古屋大学医学部第一内科

\*\* 常滑市民病院放射線科

受付: 61年4月24日

最終稿受付: 61年7月18日

別刷請求先: Shuhei Yamamoto, M. D., Dept. of Pharmacy, 127 Farber Hall, Univ. at Buffalo, Buffalo, NY 14214, U.S.A.

波, 右側前胸部誘導の R 波の poor progression を有する者とした。非梗塞群 41 例中, 28 名は選択的冠動脈造影および左室造影により心筋梗塞は否定された。残り 13 名は梗塞発作の既往, 冠動脈危険因子, 心エコー図上の左室壁運動異常をとともに有さず正常と診断した。

左室肥大, 脚ブロック, または WPW 症候群を有する患者は対象から除外した。

### III. 方 法

全例とも ECT および Frank VCG を同日に安静時に記録した。

#### 1. $^{201}\text{Tl}$ 心筋 ECT の撮像

既報のごとく<sup>1)</sup>,  $^{201}\text{Tl}$  2 mCi を静注 5 分後より, 高分解能コリメータを装着した島津 LFOV 回転型ガンマカメラと島津 Scintipac 1200 データ処理装置を用い心筋像を撮像した。被験者を仰臥位とし, 体の右前方 45 度から左後方 45 度まで 5 度ごと, 一方向 5 万カウントずつ, 180 度前方収集を行った。3 水平断層像, 3 左室長軸像, 6 左室短軸像, 計 12 断層像をそれぞれ 12 mm 幅で画像再構成した。Background 処理は Goris 法に従った。吸収補正は Sorenson 法 (補正係数 0.05) に従った<sup>3)</sup>。

#### 2. $^{201}\text{Tl}$ 心筋 ECT の判定

(i) 梗塞部位. Circumferential profile 解析により判定した<sup>4)</sup>。各像とも左室中心から放射状に 10 度ごと, 360 度にわたる 36 本の profile line を設定した。各 line ごとに line 上の全画素の count を加算し, 各 profile count とした。これら 36 個の値を, 最大値を 100% として curve 表示し, 相対的  $^{201}\text{Tl}$  摂取率 curve とした。これを健常成人 20 名について行い, 各像の各 line ごとに相対的  $^{201}\text{Tl}$  摂取率の正常下限値 (平均  $-2 \times$  標準偏差) を求め, 各像ごとに正常下限値 curve を作成した。角度基準 (0 度) は, 水平像と長軸像は心尖部方向とし, 短軸像は左方向とした。

ついで対象の各例について同上の処理により相対的  $^{201}\text{Tl}$  摂取率 curve を作成し, 梗塞部位を定量判定した。各像は, 角度基準は同上とし, あら

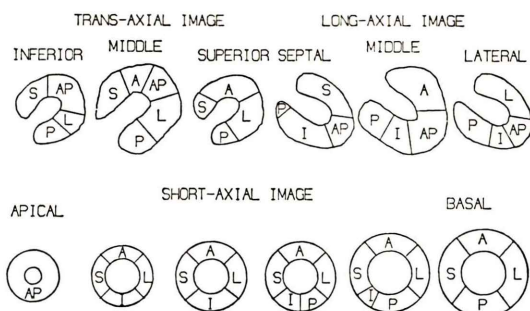


Fig. 1 Segmentation of the left ventricular wall by thallium-201 myocardial emission computed tomography (ECT). Twelve ECT images were interpreted by circumferential profile analysis. Left ventricle was divided into anterosuperior (S), anterior (A), apical (AP), lateral (L), posterior (P) and inferior (I) walls. Apical wall was included in the anterior wall.

かじめ前壁 (中隔), 心尖部, 側壁, 下壁, 後壁の各領域に角度区分した (Fig. 1)。これら 5 区画中, 相対的  $^{201}\text{Tl}$  摂取率 curve が前記の正常下限値 curve より 20 度以上にわたって下まわる区画を梗塞とした。心尖部は前壁に含め, 5 左室壁区画について判定した。

(ii) 心軸異常. ECT により体軸と心軸との空間的位置関係を判定した。体水平面に投影された心長軸と体矢状面とのなす角度が 50 度以上を時計回転, 20 度以下を反時計回転とした。心長軸と体水平面とのなす角度が 10 度以下を横位心, 70 度以上を垂直心とした。

#### 3. VCG の記録

Frank 法 VCG の X, Y, Z スカラー成分を磁気テープに記録した。これを日本電子製小型電子計算機 (JEC-6) を用いて OFF line 処理し, 2 msec ごとの空間 QRS 瞬時ベクトルを求めた。X, Y, Z 誘導スカラー心電図の極性は Frank 原法に基づいた。VCG 梗塞診断基準は, 前壁中隔, 前壁, 心尖部は Starr<sup>5)</sup>, Port<sup>6)</sup>, 側壁は Chou<sup>7)</sup>, 後壁は Hoffman<sup>8)</sup>, 下壁は Young<sup>9)</sup> に従った。

出現率の差は Fisher の直接確率計算法により検定した。有意水準は 5% とした。

## IV. 結 果

## 1. 全例での検討

ECT, VCG 両者の 105 例, 525 区画での診断結果を Table 1 に示す. ECT は VCG に比し前壁,

下壁, 後壁の診断感度, 中隔の診断特異度, 各左室壁の正診率が有意に高かった. 一方, 両者の間では中隔, 側壁の感度, 中隔以外の左室壁の特異度は有意差がなかった.

**Table 1** Diagnostic reliability of ECT and VCG for evaluation of patients with prior myocardial infarction or normals

		Sep	Ant	Lat	Inf	Pos	Sum
True positive	ECT	36	47	12	28	27	150
	VCG	35	38	8	15	16	112
False negative	ECT	1	2	0	1	0	4
	VCG	2	11	4	14	11	42
False positive	ECT	0	0	0	4	4	8
	VCG	18	5	3	6	3	35
True negative	ECT	68	56	93	72	74	363
	VCG	50	51	90	70	75	336
Sensitivity (%)	ECT	97]	96]	100]	97]	100]	97]
	VCG	95]	78]	67]	52]	59]	73]
Specificity (%)	ECT	100]	100]	100]	95]	95]	98]
	VCG	74]	91]	97]	92]	96]	91]
Accuracy (%)	ECT	99]	98]	100]	95]	96]	98]
	VCG	81]	85]	93]	81]	87]	85]

Ant=anterior; ECT=emission computed tomography; Inf=inferior; Lat=lateral; Pos=posterior;

Sep=anteroseptal; VCG=vectorcardiography.

\* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ .

**Table 2** Diagnostic reliability of ECT and VCG for evaluation of 48 cases of solitary myocardial infarction

		Sep	Ant	Lat	Inf	Pos	Sum
True positive	ECT	24	32	10	16	13	95
	VCG	23	25	6	9	10	73
False negative	ECT	0	1	0	0	0	1
	VCG	1	8	4	7	3	23
False positive	ECT	0	0	0	3	3	6
	VCG	3	0	1	3	1	8
True negative	ECT	24	15	38	29	32	138
	VCG	21	15	37	29	34	136
Sensitivity (%)	ECT	100]	97]	100]	100]	100]	99]
	VCG	96]	76]	60]	56]	77]	76]
Specificity (%)	ECT	100]	100]	100]	91]	91]	96]
	VCG	88]	100]	97]	91]	97]	94]
Accuracy (%)	ECT	100]	98]	100]	94]	94]	97]
	VCG	92]	83]	90]	79]	92]	87]

Abbreviations are the same as those in table 1.



**Table 3** Diagnostic reliability of ECT and VCG for evaluation of 16 cases of multiple myocardial infarction

		Sep	Ant	Lat	Inf	Pos	Sum
True positive	ECT	12	15	2	12	14	55
	VCG	12	13	2	6	6	39
False negative	ECT	1	1	0	1	0	3
	VCG	1	3	0	7	8	19
False positive	ECT	0	0	0	0	0	0
	VCG	1	0	1	0	0	2
True negative	ECT	3	0	14	3	2	22
	VCG	2	0	13	3	2	20
Sensitivity (%)	ECT	92]	94]	100]	92]	100]	95]
	VCG	92]	81]	100]	46]	43]	67]
Specificity (%)	ECT	100]	—	100]	100]	100]	100]
	VCG	67]	—	93]	100]	100]	91]
Accuracy (%)	ECT	94]	94]	100]	94]	100]	96]
	VCG	88]	81]	94]	56]	50]	74]

Abbreviations are the same as those in table 1.

**Table 4** Diagnostic reliability of ECT and VCG for evaluation of 41 cases of ECG abnormalities simulating myocardial infarction

		Sep	Ant	Lat	Inf	Pos	Sum
True positive	ECT	0	0	0	0	0	0
	VCG	0	0	0	0	0	0
False negative	ECT	0	0	0	0	0	0
	VCG	0	0	0	0	0	0
False positive	ECT	0	0	0	1	1	2
	VCG	14	5	1	3	2	25
True negative	ECT	41	41	41	40	40	203
	VCG	27	36	40	38	39	180
Sensitivity (%)	ECT	—	—	—	—	—	—
	VCG	—	—	—	—	—	—
Specificity (%)	ECT	100]	100]	100]	98]	98]	99]
	VCG	66]	88]	98]	93]	95]	88]
Accuracy (%)	ECT	100]	100]	100]	98]	98]	99]
	VCG	66]	88]	98]	93]	95]	88]

Abbreviations are the same as those in table 1.

## 2. 単発梗塞群

ECT, VCG 両者の 48 例, 240 区画での診断結果を Table 2 に示す。ECT は偽陽性所見が 6 区画のみで (下壁および後壁, 各 3 区画), 偽陰性所見が 1 区画のみであった。ECT は VCG に比し前壁の感度ならびに正診率, 下壁の感度が有意に

高かった。一方, 両者の間では中隔, 側壁, 後壁の感度, 各左室壁の特異度, 前壁以外の左室壁の正診率は有意差がなかった。

## 3. 多発梗塞群

ECT, VCG 両者の 16 例, 80 区画での診断結果を Table 3 に示す。ECT は 5 区画とも診断能が

良好であったが、VCG は下壁および後壁の感度が50%以下であった。ECTはVCGに比し、下壁、後壁の感度ならびに正診率、中隔の特異度が有意に高かった。一方、両者の間では前壁、中隔、側壁の感度ならびに正診率、中隔以外の左室壁の特異度は有意差がなかった。

#### 4. 非梗塞群

ECT, VCG 両者の41例, 205区画での診断結果をTable 4に示す。ECT診断では2例, VCGでは25例が偽陽性梗塞所見を示した。5区画全体の特異度はECT (99%) がVCG (88%) に比し有意に高かった ( $p<0.01$ )。ECTでの横位心所見の出現頻度はVCG下壁梗塞偽陽性群 (66% : 2/3) がVCG同真陰性群 (8% : 3/38) に比し有意に高かった ( $p<0.05$ )。また、ECTでの時計方向回転所見の出現頻度はVCG前壁中隔梗塞偽陽性群 (43% : 6/14) がVCG同真陰性群 (7% : 2/27) に比し有意に高かった ( $p<0.05$ )。

症例：VCG下壁所見偽陽性例をFig. 2に示す。標準12誘導心電図ではIII誘導に異常q波が存

在した(右)。VCGでは初期上方QRS成分が前額面で時計方向に描かれ、その持続が20 msec以上、かつX軸切片が0.25 mVより大であり下壁梗塞所見を満足した(左上段)。ECTでは心筋灌流欠損が見られず、横位心が診断された(左下段)。

#### V. 考 案

ECTでは単発梗塞、多発梗塞ともに診断感度および特異度が5左室壁区画のいずれでも良好であった。ECTの梗塞診断能が良好であったのは一つには、本研究では左室造影で高度の壁運動異常を有する貫壁性梗塞に限って検討したことが考えられる。一方、ECTでは装置の空間分解能以下の小梗塞は必然的に診断が不可能である。したがって、心内膜下梗塞等も対象に含めてその梗塞診断能を検討する場合はECTの感度は低下する可能性がある。

VCGでも単発梗塞の診断能は良好で、ECTとの診断能の差異はなかった。しかし、多発梗塞では前壁以外の左室壁でのVCG診断感度が低かつ

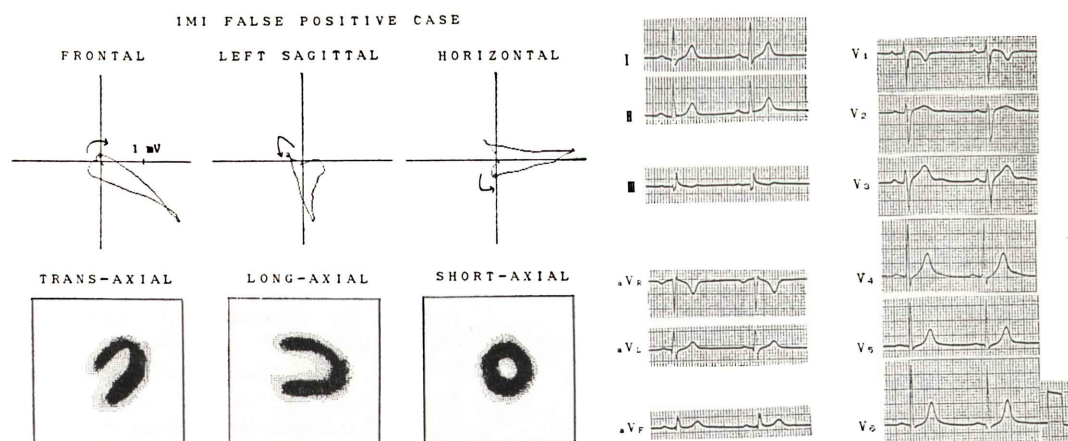


Fig. 2 An illustrative case of false positive VCG finding in the inferior wall. Standard 12-lead electrocardiogram showed Q wave in the lead III (right panel). VCG showed initial 20 msec vector superiorly oriented in the frontal plane (left upper panel, open circle). ECT showed no perfusion defect in any reconstructed images. Angle between cardiac axis and horizontal plane is projected on the long-axial image. Thus, it was diagnosed that anatomical cardiac axis was deviating horizontally (left lower panel). This finding was later confirmed by diagnostic ultrasound, which also showed no left ventricular wall motion abnormality in the inferior wall.

た。左室前壁は他の左室壁区画に比し心筋量が多く、前胸壁により近い。このため前壁梗塞ベクトルは他の左室壁区画の梗塞ベクトルの影響を受けることなく鋭敏に QRS ベクトル環に反映され、その結果、前壁の VCG 診断率が良好であったと考えられた。前壁以外で多かった VCG 偽陰性所見は相反する複数個の梗塞ベクトルの cancellation 効果に起因すると考えられた。

本研究では梗塞を示唆する標準 12 誘導心電図所見を有した患者についても検討した。これらの患者群では ECT が VCG に比し診断特異度が勝っていた。ECT 偽陽性所見は下壁および後壁でみられた。本法では Sorenson に従い吸収補正を行ったが、ECT ではこの条件により後下壁の特異度が低下する可能性がある。

VCG 梗塞診断の基礎資料となる VCG 正常値の検討は、性、年齢、体型、生理的変動、人種、心電計特性、処理技術など、非常に複雑な問題を含む<sup>10)</sup>。一方、ECT 以前の過去の研究で生体における体軸と心軸との空間的位置関係に言及した VCG の研究は皆無に近い。

本研究の結果より VCG 下壁偽陽性例には横位心が多く、VCG 前壁中隔偽陽性例には時計方向回転心が多かった。VCG 誘導法は本来、体軸を基準としている。したがって、VCG 偽陽性現象は従来の VCG 診断基準を心位置異常例にあてはめたことによる可能性が示唆された。すなわち、VCG 偽陽性は心臓位置異常に付随する QRS 環の偏位に起因すると考えられた。

体軸と心臓軸との空間的位置関係を定量的に評価可能な検査法には ECT 以外に核磁気共鳴法、transducer の機械的位置固定装置を備えた心エコー断層法<sup>11,12)</sup>の 2 つが現在ある。両者は ECT に比し空間分解能がよりすぐれており、心位置異常がベクトル環に及ぼす影響はこれらの方法による解析が待たれる。

## VI. 結 語

(1) 一枝病変の梗塞診断能は、ECT および VCG 両者とも有意差を示さなかった。(2) 多枝病変に

よる多発梗塞の診断、梗塞類似心電図異常例の梗塞除外診断には ECT が VCG に比し、より有用と考えられた。

## 文 献

- 1) 松島英夫, 河合直樹, 山本秀平, 他: <sup>201</sup>Tl 心筋 emission computed tomography による陳旧性心筋梗塞の定量分析. 日内会誌 74: 765-773, 1985
- 2) Blackburn H, Keys A, Simonson E, et al: The electrocardiogram in population studies. A classification system. Circulation, 21: 1160-1176, 1960
- 3) Sorenson JA: Quantitative measurement of radioactivity in vivo by whole-body counting. Instrumentation in Nuclear Medicine, Vol. 2, Academic Press, New York, 1974, pp. 311-348
- 4) 山本秀平, 外畑 巖, 印東利勝, 他: <sup>201</sup>Tl 心筋 Emission CT による各種筋ジストロフィー症患者の心筋線維化病変の評価. 核医学 23: 773-782, 1986
- 5) Starr JW, Wagner GS, Draffin RM, et al: Vectorcardiographic criteria for the diagnosis of anterior myocardial infarction. Circulation 53: 229-234, 1976
- 6) Port S, Dugan FA, Starr JW, et al: Vectorcardiographic assessment of anterior and apical myocardial infarction. J Electrocardiol 13: 245-252, 1980
- 7) Chou TC, Helm RA, Kaplan S: Clinical vectorcardiography. 2nd Ed. Grune & Stratton, New York, 1974, pp. 229-233
- 8) Hoffman I, Taymor RC, Morris MH, et al: Quantitative criteria for the diagnosis of dorsal infarction using the Frank vectorcardiogram. Am Heart J 7: 295-304, 1965
- 9) Young E, Williams G: The frontal plane vectorcardiogram in old inferior myocardial infarction. Criteria for diagnosis and electrocardiographic correlation. Circulation 37: 604-623, 1968
- 10) Sotobata I, Richman H, Simonson E: Sex differences in the vectorcardiogram. Circulation 37: 438-448, 1968
- 11) Joskowicz G, Klicpera M, Pachinger O, Probst P, Mayr H, Kaendl F: Computer-supported measurements of 2-D echocardiographic images. Computers in Cardiology, IEEE Computer Society, Long Beach, CA, 1981, pp. 13-17
- 12) Skorton DJ, Chandran KB, Nikraves PE, Pandian NG, Kerber RE: Three-dimensional finite element reconstructions from two-dimensional echocardiograms for estimation of myocardial elastic properties. Computers in Cardiology, IEEE Computer Society, Long Beach, CA, 1981, pp. 383-386



## Summary

### **Diagnostic Reliability of $^{201}\text{Tl}$ Myocardial Emission Computed Tomography and Frank Vectorcardiography for Evaluation of Myocardial Infarct Sites**

Shuhei YAMAMOTO\*, Hideo MATSUSHIMA\*, Iwao SOTOBATA\*, Naoki KAWAI\*,  
Mitsuhiro OKADA\*, Hideo KIDA\*\* and Fumio KASAHARA\*\*

*\*First Department of Internal Medicine, Nagoya University School of Medicine, Nagoya, Japan*

*\*\*Department of Radiology, Tokoname Municipal Hospital, Tokoname, Japan*

Diagnostic reliability of  $^{201}\text{Tl}$  emission computed tomography (ECT) and vectorcardiography (VCG) for evaluation of myocardial infarction (MI) was studied comparatively in 64 patients with prior myocardial infarction (group I) and 41 non-infarction patients with electrocardiographic abnormalities simulating infarction (group II).

The left ventricular wall was divided into anterior, septal, lateral, inferior, and posterior segments in the left ventriculogram. Based on the number of its akinetic segments, group I was divided into two subgroups, solitary infarct group (I-a; n=48) and multiple infarct group (I-b; n=16).

In group I-a, both ECT and VCG showed a good diagnostic accuracy for every LV segment. In group I-b, ECT showed high sensitivity for all LV

segments, whereas VCG showed lower one for the posterior and inferior than for the septal, anterior and lateral segments.

In group II, 25 patients satisfied VCG criteria for myocardial infarctions, whereas only two met ECT criteria for myocardial infarction. The latter revealed malrotation of cardiac axis in 13 cases (32%).

Low sensitivity of VCG for multiple infarcts may be best explained by cancellation effects of multiple, reciprocal infarction vectors. Either cardiac malrotation and/or malposition may cause VCG findings simulating myocardial infarction.

**Key words:** Myocardial infarction, Thallium-201, Myocardial emission computed tomography, Vectorcardiography.