

カラー表示空間マッピング 心電図による心筋梗塞症の 診断

Colored spatial mapping electrocardiography for detecting myocardial in- farction

不藤 哲郎
神原 啓文
野原 隆司
橋本 哲男
楠 敬二郎
河合 忠一
米倉 義晴*

Tetsuro FUDO
Hirofumi KAMBARA
Ryuji NOHARA
Tetsuo HASHIMOTO
Keijiro KUSUNOKI
Chuichi KAWAI
Yoshiharu YONEKURA*

Summary

Colored spatial mapping electrocardiography (ECG) was developed for practical use from Frank lead vectorcardiography using a microcomputer system (CERX-CQ3001). Compared to body surface electrocardiography this new device facilitated easy recording and analysis for display on eight-colored spatial mapping electrocardiography at points equivalent to those on a terrestrial globe at intervals of 20° longitude and 10° latitude. In this study, the extent and direction of the Q waves were easily recognized with the aid of a colored display and mapping electrocardiography. To quantitatively evaluate infarct size, the total Q wave area (ΣAq) was calculated from the mapping electrocardiograms of 12 patients with anteroseptal myocardial infarction, and compared with thallium defect scores obtained by single photon emission CT (SPECT) and the left ventricular ejection fraction (EF). Defect scores were calculated using short-axis images.

ΣAq was correlated with defect scores and EF ($r=0.83, 0.45$, respectively). This new type of colored spatial mapping electrocardiography proved useful for detecting myocardial infarction and for evaluating infarct size.

Key words

Vector electrocardiography
cardial scintigraphy

Mapping electrocardiography

Myocardial infarction

Tl-201 myo-

京都大学医学部 第三内科
*同 核医学科
京都市左京区聖護院川原町 54 (〒606)

The Third Division of Internal Medicine, *Division of
Nuclear Medicine, Faculty of Medicine, Kyoto Uni-
versity, 54 Kawaracho Shogoin, Sakyo-ku, Kyoto 606

Received for publication September 20, 1986; accepted October 29, 1986 (Ref. No. 32-PS5)

はじめに

心筋梗塞症において, その予後を決定する因子の一つに梗塞の大きさがあり¹⁾, 梗塞サイズを正確に評価することは臨床上重要な課題である. また梗塞サイズは, 発症後, 種々の因子(血行動態, 冠血流, 代謝など)の影響を受け^{2,3)}, 梗塞サイズ縮小が, CCU における治療の目的の一つになっている.

心筋梗塞の定量的診断には, 従来から心筋逸脱酵素 (MB-CK) 測定法¹⁾, 心エコー図法⁴⁾, 心臓核医学的検査法^{5,8)}, 冠動脈造影および左室造影法⁸⁾, 病理学的検討⁵⁾, 標準 12 誘導心電図や, 体表面電位図などによる評価^{2,8,17)}などが用いられている. これらのうち心電図学の分野では, 体表面電位図法において心筋梗塞および不整脈疾患の診断に進展がみられるものの, 従来からの標準 12 誘導心電図, ベクトル心電図に関しては大きな進展がみられないのが現状である.

今回我々は Frank 誘導ベクトル心電図のコンピュータ処理を行い, 空間を 8 象限に分画して, 各々の象限を通過するベクトルを, 8 色の異

なる色を用い, マッピング化して表示した. 本法を心筋梗塞症患者に臨床応用し, 三次元的評価の可能な single photon emission CT (SPECT) による thallium defect score 法, および左室造影法と対比検討をした.

方 法

Frank 誘導法 (Fig. 1) により心電図を記録し, 補正直交誘導とし X 軸, Y 軸, Z 軸の電圧を NEC-PC100 に入力し CQ-3001 (CERX) を用い, 以下の解析を行った. すなわち空間を 8 象限に分画し, 心臓ベクトルが通過する象限を異なる 8 色で示し (Fig. 2), カラー象限ベクトル心電図とした. さらにマッピング表示するため, 地球儀の経度緯度に相当する座標点を経度は 10 度ごと, 緯度は 20 度ごとに合計 324 点選び (Fig. 3), 各点におけるスカラー心電図の QRS 波において, R 波の最高点より逆行性に 40 msec のスカラー心電図を表示した (Fig. 4). このカラー空間マッピング心電図を, 正常者, 異常 Q 波を認めない狭心症患者, および心電図上異常 Q 波を有する心筋梗塞患者に施行し, 梗塞部位とその広がりを見

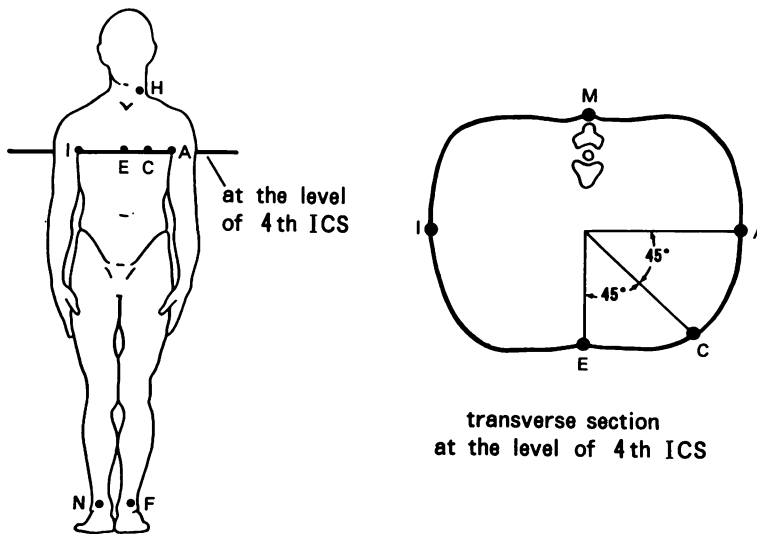


Fig. 1. Schema of Frank lead system.

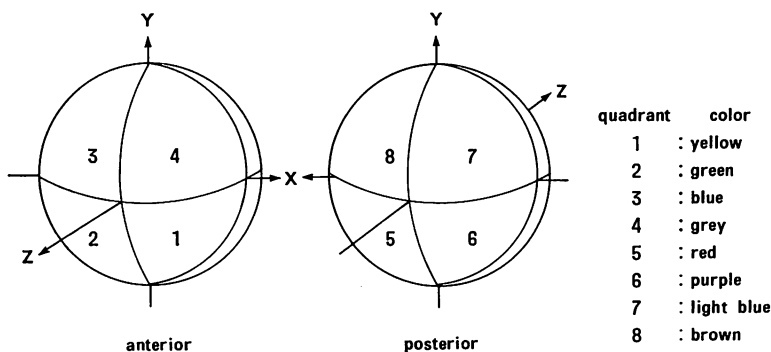


Fig. 2. Method of color display of eight quadrants.

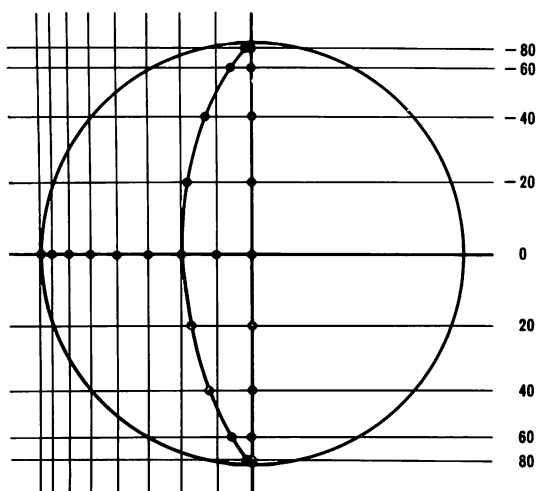


Fig. 3. Mapping points of color quadrant electrocardiography.

Vertical line is equivalent to longitude, and horizontal line is equivalent to latitude of terrestrial globe.

覚的に評価した (Figs. 5~8).

さらに定量的評価を目的として、12誘導心電図で前胸部誘導に Q 波を有する前壁中隔心筋梗塞患者 12 例 (54~78 歳) において、今回上記の表示上、0.05 mV 以上の Q 波を有意とし、カラー表示空間マッピング心電図の Q 波の面積を算出し (Fig. 4)、各座標での面積に緯度 θ として $\cos \theta$ を乗じ、重みも考慮し、その総和 ($\sum Aq \cdot \mu Vmsec$) を算出した。これをカラー空間マッピング心電図

による心筋梗塞サイズの指標とした。これと SPECT による thallium defect score と左室造影による駆出率 (EF) と対比した。

SPECT は Maxi-Star (General Electric) にて撮像解析した。スライス厚 6 mm で、transaxial, sagittal, short axis 像を作成、少なくとも 2 平面での defect を有意とし、short axis 10 スライスを 43 segments に分画、4 段階 score 法により defect score (DS) を求めた (Fig. 9)。左室造影より Kennedy 法を用いて EF を求めた。

統計処理は単回帰線により、相関関数を求めた。

結 果

前壁中隔および下壁の各梗塞患者、さらに異常 Q 波を認めない患者の代表例を示す。

症例 1. 標準 12 誘導心電図で異常 Q 波を認めない狭心症患者である (Fig. 5)。Frank 誘導ベクトル心電図も正常範囲内であった。これをコンピューター処理により空間マッピング化し、左腋窩中線を中央に展開した 300° の QRS 波を表示した。左側胸部に相当する座標点で R 波が最大高を示し、逆に後壁より右側胸部に相当する座標点で前方に向かう QRS 波の広がりを認めた。

症例 2. 前壁中隔梗塞患者例を示す (Fig. 6)。標準 12 誘導心電図で V_{1-3} が QS 型である。Frank 誘導ベクトル心電図では QRS ループは左

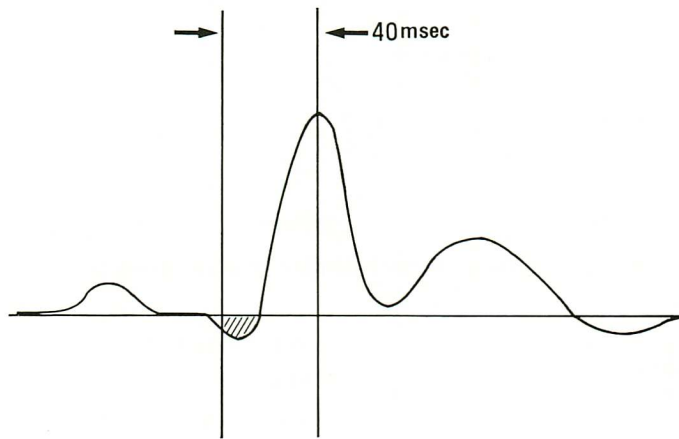


Fig. 4. QRS display and estimation of Q wave area.
An oblique line shows Q wave area.

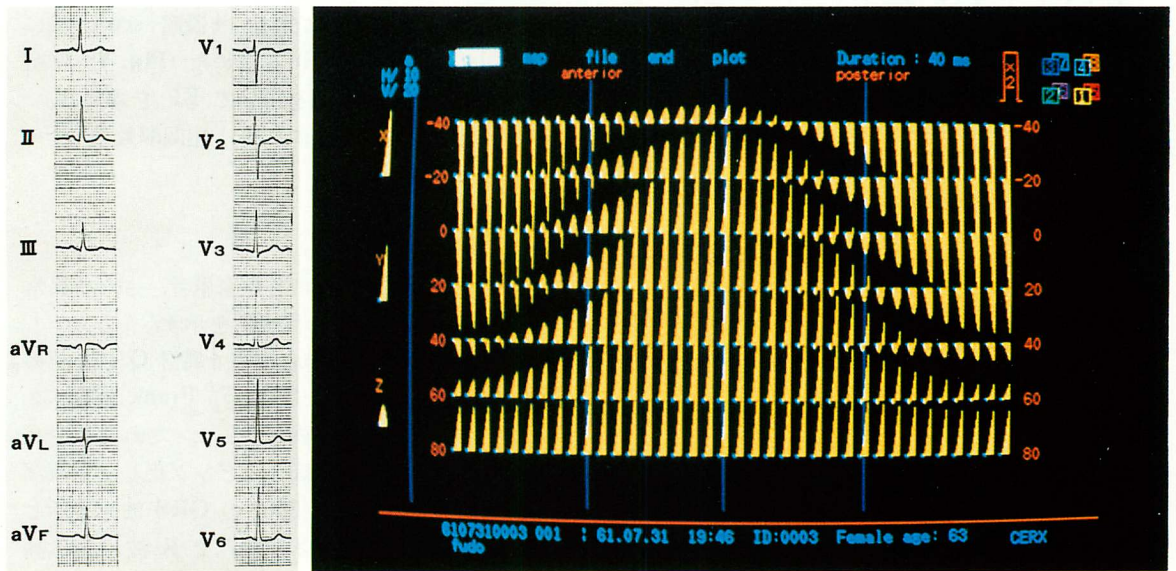


Fig. 5. Standard 12 lead electrocardiogram and colored spatial mapping electrocardiogram in a patient with effort angina without abnormal Q waves.

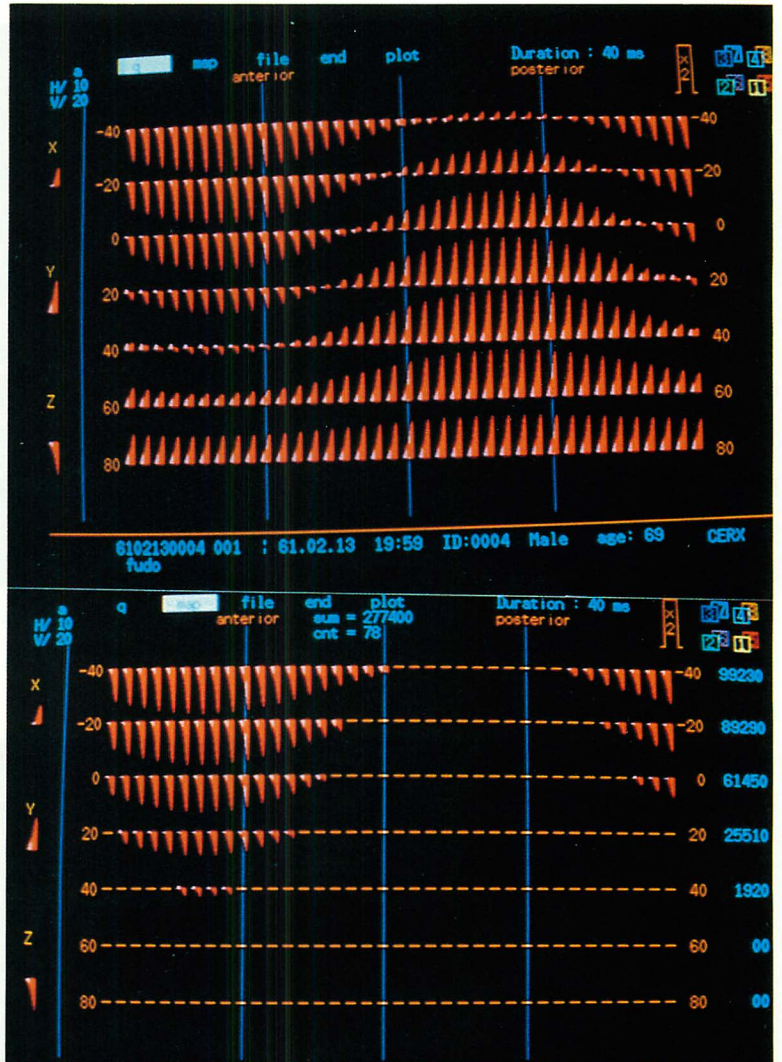
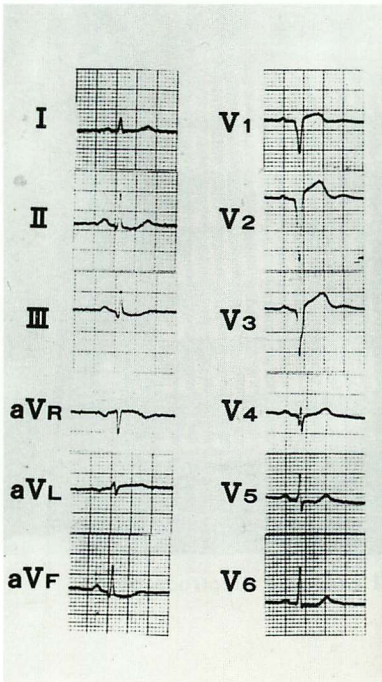
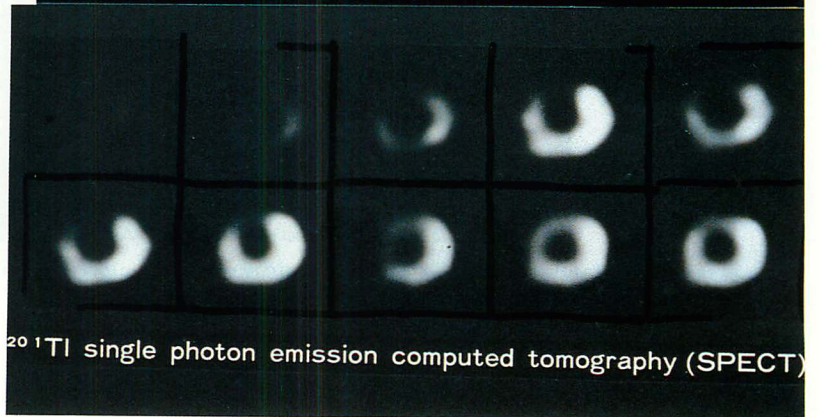


Fig. 6. Standard 12 lead electrocardiogram and colored spatial mapping electrocardiogram in a patient with anteroseptal myocardial infarction.

Calculation of ΣAq (277400 μVmsec) and short-axis images of SPECT using ^{201}Tl are shown at the bottom.



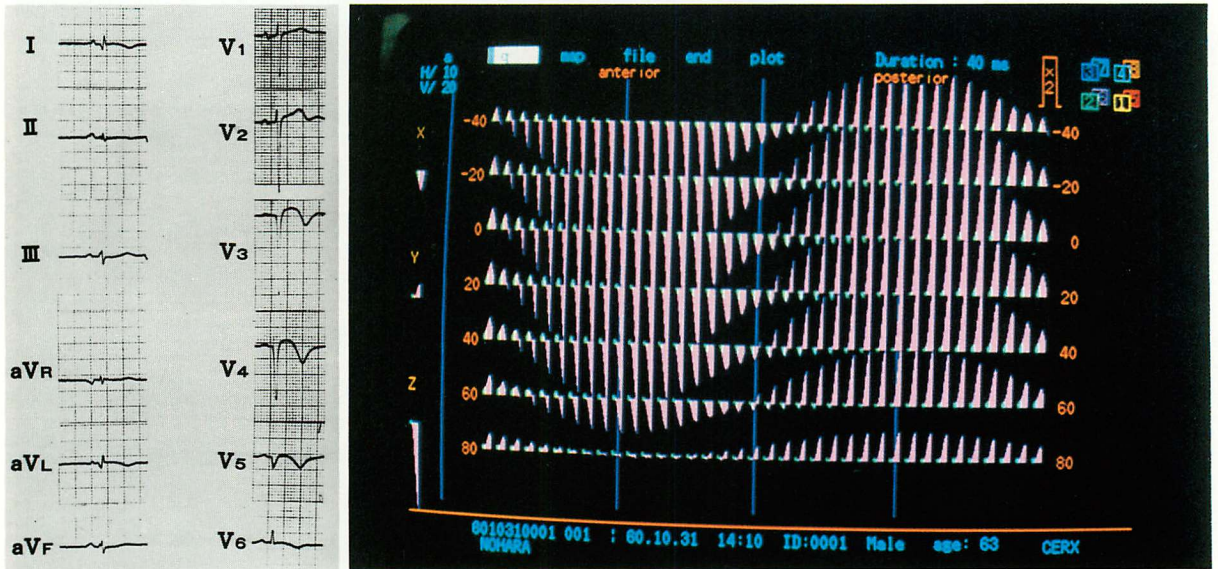


Fig. 7. Standard 12 lead electrocardiogram and colored spatial mapping electrocardiogram in a patient with anterior myocardial infarction.

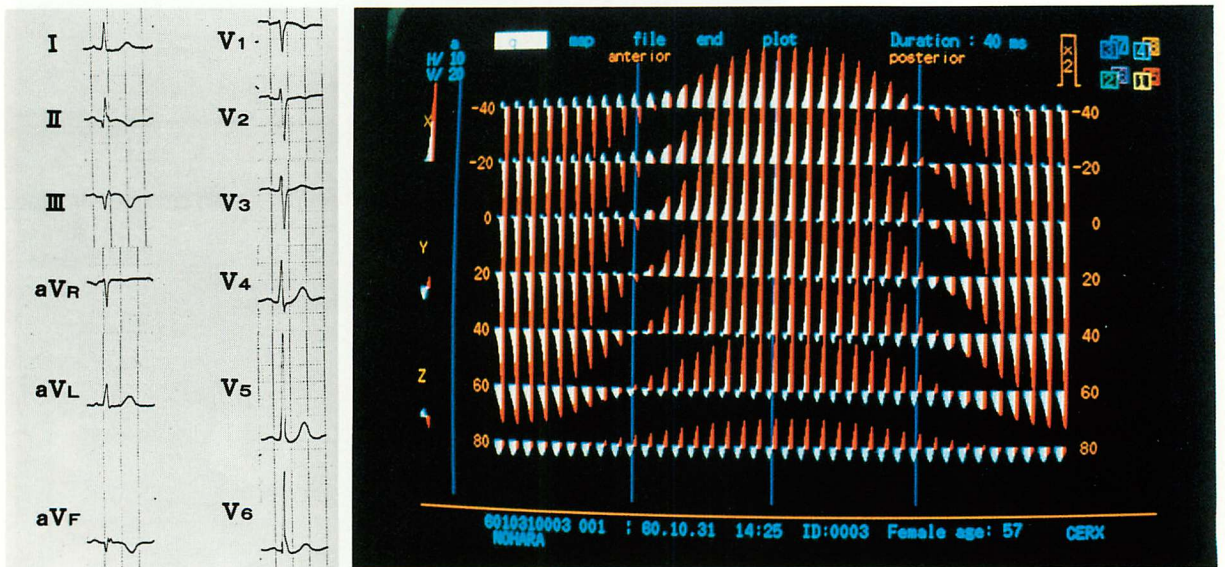


Fig. 8. Standard 12 lead electrocardiogram and colored spatial mapping electrocardiogram in a patient with inferior myocardial infarction.

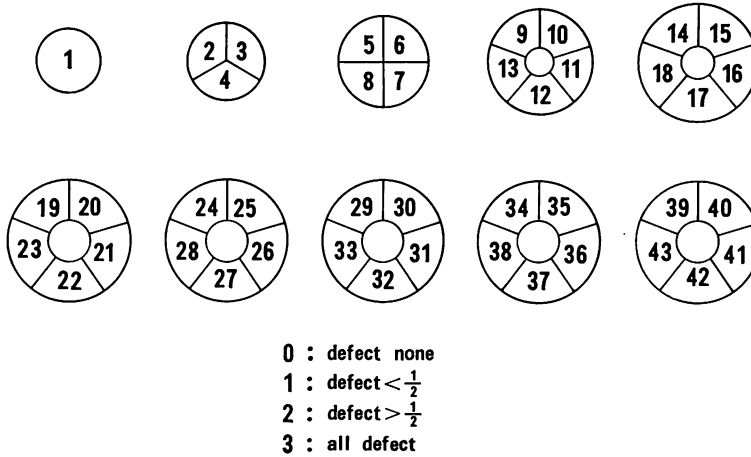


Fig. 9. Left ventricular segments and the defect score method by SPECT.
 Defect score is obtained by summing scores of all myocardial segments.

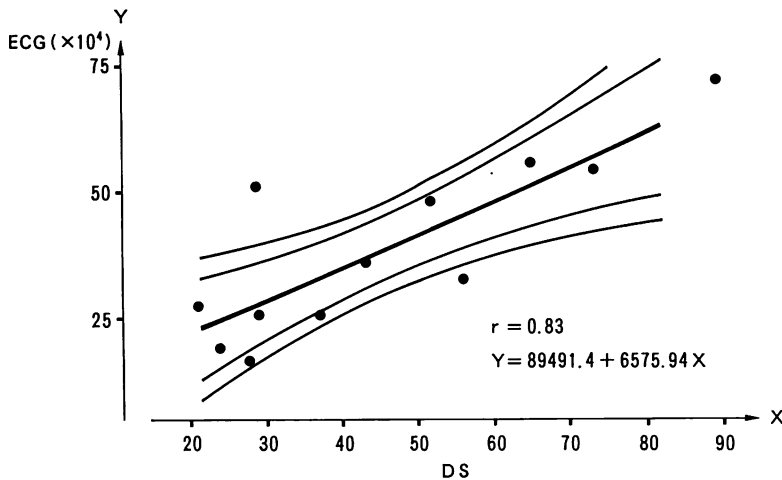


Fig. 10. Relationship between ΣAq and defect score (DS).
 Vertical line shows ECG score (ΣAq).
 There is good correlation between ΣAq and DS ($r=0.83$).

後方に向かう。空間マッピング表示では前胸部誘導に相当する座標点で Q 波の広がり認め、その方向は左後下方(第 5 象限)に向かうものであり(赤色)、前壁中隔梗塞の梗塞ベクトルを示す。このような表示により Q 波の広がり、方向を視覚的に把握することが可能であった。Tl-201 による SPECT の short axis 像では、心尖部から前

壁中隔にかけて perfusion defect を認め、中等度の前壁中隔梗塞と判断した。その defect score は 29 であった。冠動脈造影では左前下行枝近位部に 90% 狭窄を認め、左室造影上、駆出率 (EF) は 55% であった。

症例 3. 広汎前壁梗塞患者例を示す (Fig. 7). 標準 12 誘導心電図では I, aVL, V₃₋₅ 誘導におい

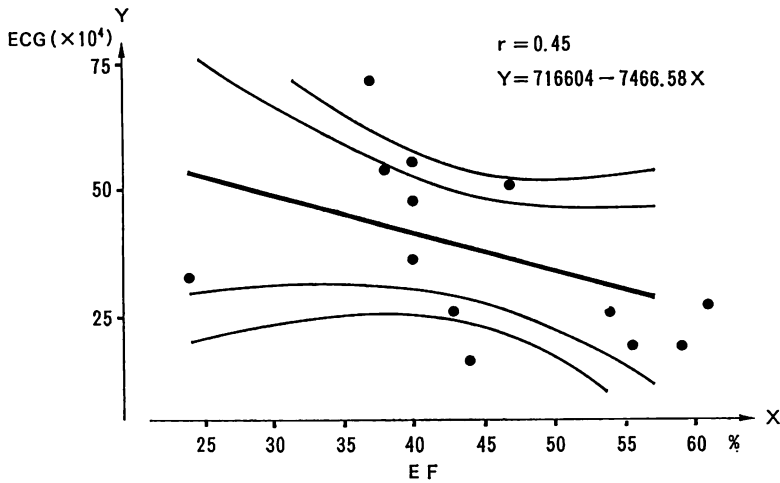


Fig. 11. Relationship between ΣAq and EF. Vertical line shows ECG score (ΣAq).

て Q 波を認める. Frank 誘導ベクトル心電図では QRS ループは後方に向かう. 空間マッピング表示では前壁領域に広汎な Q 波の広がりを認め, そのベクトルは右下後方(第 6 象限)に向いている(紫色). Tl-201 による SPECT でも広汎な前壁領域の perfusion defect を示し, defect score は 73 であった. 左室造影上, EF は 37% であり, 左冠動脈近位部で完全閉塞を示し, 右冠動脈よりわずかな側副血行を認めた. このような広汎前壁梗塞例でも, 空間マッピング表示により, Q 波の広がりを視覚的に抱えることも可能であった.

症例 4. 下壁梗塞患者例である (Fig. 8). 標準 12 誘導心電図では II, III, aVf 誘導で Q 波を認める. Frank 誘導ベクトル心電図では QRS ループは上方へ向い, 下壁梗塞の所見を示した. 空間マッピング表示では下壁領域(図下方)にかけて Q 波の広がりを認め, その方向は左上前方(第 4 象限)へ向かう(灰色). Tl-201 による SPECT でも下壁領域に中等度の perfusion defect を示し, 冠動脈造影では右冠動脈近位部は完全閉塞を認めた.

以上のように, 今回考案したカラー空間マッピング心電図では, Q 波の広がりおよびその向きを

視覚的に把握することが可能であり, 心筋梗塞症の診断上有用であると考えられた.

さらに心筋梗塞サイズの定量的診断を目的として, 今回得られた 40 msec の QRS 波のうち, Q 波面積をコンピューター処理により算出した総和 ΣAq は, SPECT から得た defect score (DS) とよい相関を示した (Fig. 9, $r=0.83$). 一方, 左室造影から得られた EF とも粗な相関を認めた (Fig. 10, $r=0.45$).

考 按

心筋梗塞症の臨床面において, 梗塞サイズを知ることは, その予後をみるうえにおいても, 冠動脈内血栓溶解療法などの治療効果の判定においても重要であり¹⁾, その評価の意義については今さら云うまでもないことである. その方法には種々のものがあり, 従来より, 一般的には心電図(標準 12 誘導心電図, ベクトル心電図など)による評価, 冠動脈造影また左室造影による評価などが行われてきた⁸⁾. Sobel は急性期の心筋逸脱酵素から求めた $\Sigma MB-CK$ は標準サイズの評価に有用で, 予後と密接な関連があることを報告しており, 信頼性も高いと考えられる¹⁾. また画像診断

技術の急速な進歩により、心エコー図を用いた非侵襲的な評価法も試みられているが、定量性に関しては必ずしも十分とはいえない⁴⁾。核医学的検査も非侵襲的で、従来からの planar image による検討に加え⁵⁻⁷⁾、回転型ガンマカメラを用いた single photon emission CT (SPECT) の登場以来、心筋血流分布を三次元的に評価できるようになり、より正確な診断が可能となっている⁸⁾。

一方、心電図学的診断においては、胸壁の多数点から電位を記録し解析する体表面電位図が諸施設で研究され⁹⁾、ST マッピング¹⁰⁾や QRS マッピング^{3,11)}は心筋逸脱酵素、心臓核医学的診断、あるいは病理組織学的所見ともよく一致すると報告されている^{12,13)}。しかしながら機器が高価で、また実際の記録に時間を要する難点がある。また標準 12 誘導心電図における異常 Q 波の scoring も、左室駆出率、 Σ MB-CK とよい相関を示すと報告されている¹⁴⁻¹⁷⁾。

今回我々は、Frank 誘導ベクトル心電図のコンピュータ処理より得られるマッピング化表示方法を新しく考案し、臨床応用した。この方法は比較的簡便で、解読も容易であり視覚的に Q 波の広がりやその方向の認識が可能であった。急性期にも、非観血的に容易に繰り返検査が可能である利点がある。同様にコンピュータ処理により算出した Σ Aq は SPECT から得た defect score とよく相関し、定量的評価にも有用であると考えられた。今後さらにソフトの改良などで、広範な応用が可能になることを期待するところである。

要 約

Frank 誘導ベクトル心電図を用いて、空間を 8 象限に分画し、コンピュータ処理 (CERX CQ-3001) によりそれぞれ異なった 8 色を用いて空間マッピング心電図を得た。これを心筋梗塞患者に適用して、SPECT による defect score、左室造影による EF と対比した。

1. カラー空間マッピング心電図は、Frank 誘導ベクトル心電図から比較的簡便に得られた。

2. 心筋梗塞患者において、Q 波の存在部位、広がり、およびその方向を視覚的に認識することが可能であった。

3. これから得られた Q 波の面積の総和 Σ Aq は、SPECT からの defect score とよい相関を示した ($r=0.83$)。

4. カラー空間マッピング心電図は、心筋梗塞症の診断、梗塞サイズの評価に有用であった。

文 献

- 1) Sobel BE, Breshnahan GF, Shell WE, Yoder RD: Estimation of infarct size in man and its relation to prognosis. *Circulation* 46: 640, 1972
- 2) Maroko PR, Kjekshus JK, Sobel BE, Watanabe T, Covell JW, Ross J Jr, Braunwald E: Factors influencing infarct size following experimental coronary artery occlusion. *Circulation* 43: 67, 1971
- 3) Hills DL, Askenazi J, Braunwald E, Radvany P, Muller JE, Fishbein MC, Maroko PR: QRS complex to assess interventions which modify the extent of myocardial necrosis following coronary artery occlusions. *Circulation* 54: 591-598, 1976
- 4) Keibel RE, Marcus ML: Evaluation of regional myocardial function in ischemic heart disease by echocardiography. *Prog Cardiovasc Dis* 20: 444, 1978
- 5) Wackers FJI, Backer AE, Samson G, Sokole EB, van der Schoot JB, Vet AJTM, Lie KI, Durrer D, Wellens H: Location and size of acute transmural myocardial infarction estimated from thallium-201 scintiscans: A clinico-pathological study. *Circulation* 56: 72, 1977
- 6) Willerson JT, Parkey RW, Stokely EM, Bonte FJ, Lewis S, Harris RA, Blomqvist G, Poliner LR, Buja LM: Infarct sizing with technetium 99-m stannous pyrophosphate scintigraphy in dogs and man: Relationship between scintigraphic and precordial mapping estimates of infarct size in patients. *Cardiovasc Res* 11: 219, 1977
- 7) Tamaki S, Nakajima H, Murakami T, Yui Y, Kambara H, Kadota K, Yoshida A, Kawai C, Tamaki N, Murai T, Ishii Y, Torizuka K: Estimation of infarct size by myocardial emission computed tomography with thallium-201 and its relation to creatine kinase-MB release after myocardial infarction in man. *Circulation* 66: 994, 1982
- 8) Hamilton GW, Trobaugh GB, Ritchie JL, Wil-

- liams DL, Weaver WD, Gould KL: Myocardial imaging with intravenously injected thallium-201 in patients with suspected coronary artery disease: Analysis of technique and correlation with electrocardiographic, coronary anatomic and ventriculographic findings. *Am J Cardiol* **39**: 347, 1977
- 9) Taccardi B: Distribution of heart potentials on the thoracic surface of normal human subjects. *Circ Res* **12**: 341, 1963
 - 10) Maroko PR, Libby P, Covell JW, Sobel BE, Ross J Jr, Braunwald E: Precordial ST segment elevation mapping: An atraumatic method for assessing alterations in the extent of myocardial ischemic injury. *Am J Cardiol* **29**: 223, 1972
 - 11) Essen R, Merx W, Doerr R, Effert S, Silny J, Rau G: QRS mapping in the evaluation of acute myocardial infarction. *Circulation* **62**: 266, 1980
 - 12) Yamada K, Toyama J, Sugenoja J, Wada M, Sugiyama S: Body surface isopotential maps: Clinical application to the diagnosis of myocardial infarction. *Jpn Heart J* **19**: 28, 1978
 - 13) Hayashi H, Watanabe Y, Ishikawa T, Wada M, Uematsu H, Inagaki H: Diagnostic value of body surface map in myocardial infarction: Assessment of location, size and ejection fraction as compared with coronary cineangiography and Tl-201 myocardial scintigraphy. *Jpn Circul J* **44**: 197, 1980
 - 14) Roubin GS, Shen FW, Kelly DT, Harris PJ: The QRS scoring system for estimating myocardial infarct size: Clinical, angiographic and prognostic correlations. *J Am Coll Cardiol* **2**: 38, 1983
 - 15) Seino Y, Staniloff HM, Shell WE, Mickle D, Shah PK, Vyden JK: Evaluation of a QRS scoring system in acute myocardial infarction: Relation to infarct size, early stage left ventricular ejection fraction, and exercise performance. *Am J Cardiol* **52**: 37, 1983
 - 16) Anderson CI, Harrison DG, Stack NC, Hindman NB, Ideker RE, Palmeri ST, Selvester RH, Wagner GS: Evaluation of serial QRS changes during acute inferior myocardial infarction using a QRS scoring system. *Am J Cardiol* **52**: 252, 1983
 - 17) Hinohara T, Hindman NB, White RD, Ideker RE, Wagner GS: Quantitative QRS criteria for diagnosing and sizing myocardial infarcts. *Am J Cardiol* **53**: 875, 1984