

《原 著》

Thallium-201 心筋 SPECT による梗塞サイズ

—心室遅延電位の発生と空間分布との関連—

中居 賢司* 伊藤 忠一* 盛合 直樹* 宮川 朋久**
 青木 英彦** 鈴木 智之** 加藤 邦彦*** 高橋 恒男***
 柳沢 融***

要旨 体表面加算心電図より得られる遅延電位 (LP) は心筋梗塞に伴う持続性心室頻拍例 (VT) に高頻度に認められ、VT の発生機序との関連から注目されている。陳旧性心筋梗塞 30 例を対象とし、LP の有無、空間分布と Thallium-201 心筋 SPECT で求めた心筋梗塞部位、サイズとの関連について検討した。梗塞は各領域において正常群の平均 -2 標準偏差以下とし、欠損部心筋量 (DVR) を算出した。LP は X, Y, Z 誘導加算心電図より、LP の空間分布は 45 誘導胸部単極加算心電図より判定した。LP 陰性の前壁梗塞群の DVR は $23 \pm 10\%$ 、LP 陽性の前壁梗塞群では $47 \pm 10\%$ 、LP 陰性の下後壁梗塞群では $18 \pm 8\%$ 、LP 陽性の下後壁梗塞群では $34 \pm 5\%$ と LP 陽性群で高値であった。また、LP 陽性 11 例において LP の空間分布は梗塞部位と関連があった。LP の発生には梗塞の大きさ、梗塞部位も重要な要因と考えられた。

I. はじめに

体表面加算心電図 QRS 終末部における低電位、高周波成分 (心室遅延電位、late potential, LP) は心筋梗塞に伴う持続性心室頻拍 (VT) 例に高頻度に認められ、予後および発生機序の関連からも注目されている^{1,2)}。

われわれは LP の空間的局在を解析するために加算技術を用いた高感度增幅により前胸部 45 点誘導の LP の体表面電位図を表示する装置を開発し、その臨床応用について報告してきた^{3,4)}。

今回の目的は、LP 発生の心筋組織性状を知るために、LP の有無、空間分布と Thallium (TI)-201 心筋 SPECT で求めた心筋梗塞サイズと梗塞

部位との関連について検討した。

II. 対象と方法

1) 対象

対象は正常 8 例と陳旧性心筋梗塞 30 例 (前壁梗塞 21 例、下壁梗塞 9 例) である。

2) 方法

(1) 加算心電図：シールド内において、体表面を擦過処理したのち銀-塩化銀電極を使用し、X, Y, Z の 3 誘導の心電図波形を脳波計で增幅し digital filter (FIR 型) で帯域処理した後、signal processor で演算処理した。AD 変換は 12 ビットである。R 波トリガーには 16–60 Hz の帯域処理した心電図 QRS 波形の立ち上がりの 75% の点を用いた。LP の判定規準は X, Y, Z 誘導の平均加算心電図波形より視覚的に、および、filter 処理、平均加算した 3 誘導波形より vector magnitude を求め、%RMS 40 より定量的に求めた。

LP の確認された症例では ウィルソンの中心電極を用いる胸部単極誘導心電図を記録した。誘導は前胸壁 45 点 (縦 5 列 \times 横 9 列) とした。加算信

* 岩手医科大学臨床検査医学

** 同 第二内科

*** 同 放射線科

受付：元年 12 月 4 日

最終稿受付：2 年 3 月 19 日

別刷請求先：盛岡市内丸 19-1 (〒020)

岩手医科大学臨床検査医学

中居 賢司

号は digital filter (FIR 型) を通した後、演算処理を行い、45点誘導全波形および LP の体表面分布を既報の方法²⁾に従い表示した。

(2) Tl-201 心筋 SPECT: Tl 心筋 SPECT は Tl-201 74 MBq (2 mCi) を静注 10 分後に撮像した。装置にはカメラ Hitachi Gamma View-D (RC-135DT), オンラインコンピュータ HARP を用いた。データ収集は 5.6 度ごと 32 方向で 180 度にわたり、一方向 40 秒で行った。横断面像を作成後、心長軸に一致するよう画像を回転し、長軸および短軸断層像を再構成した。再構成は convolution 法を用い、digital filter は前処理として Wienaer filter, 再構成時には Ramachandran を使用した。心筋梗塞部位の判定は SPECT 像および Bull's eye 表示を行った。Bull's eye map は各短軸断層面を 6 度ごと 60 個に分割し、最大カウント circumferential profile を自動的に作成、これより Tl 分布の相対的な濃度差を求め、心尖部が中央、心基部が辺縁になるように function map として示した。

梗塞領域の判定は正常者 8 例より作成した標準パターンの平均 -2 標準偏差を正常下限として対象患者を行った。

梗塞サイズは Fig. 1 に示した式より defect volume ratio (DVR) として算出した。すなわち各領域において正常者の 2SD 以下のセグメントの総和の全体に対する比率として求めた。

III. 結 果

1. 正常者 8 例の下限値を Fig. 2 に示す。下限値は正常者より作成した標準パターンの平均 -2 標準偏差を用いたが、各領域で $61 \pm 9\%$ であった。

2. 梗塞サイズ: 心筋梗塞サイズと LP との関連を Fig. 3 に示す。心筋梗塞サイズの指標である DVR は LP 陰性の前壁梗塞群 (N=15) では $23 \pm 10\%$, LP 陽性の前壁梗塞群 (N=6) では $47 \pm 10\%$, LP 陰性の下壁梗塞群 (N=4) では $18 \pm 8\%$, LP 陽性の下壁梗塞群 (N=5) では $34 \pm 5\%$ と LP 陽性群で高値であった。

3. LP 陽性であった 11 例全例において LP の空間分布は、Tl 心筋 SPECT による梗塞部位と関連があった。LP の空間分布と Tl-201 心筋 SPECT の極座標表示を Fig. 4 に示す。Fig. 4-A は胸部単極誘導加算心電図で LP の確認された前壁梗塞例、Fig. 4-B は下壁梗塞の代表例を示す。

Defect volume ratio (DVR)

$$DVR = \frac{\text{Defect volume (DV)}}{\text{Total myocardial volume (TV)}}$$

$$DV = 2\pi / 60 \sum (r_n \cdot N_n)$$

$$TV = \pi 16^2$$

r_n : radius ($r = 1 - 16$)

N_n : number of defect segment in slice n
($n = 1 - 16$)

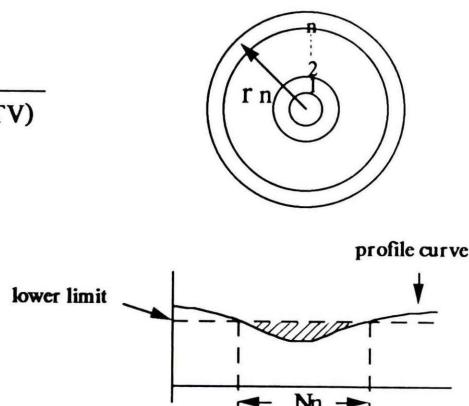


Fig. 1 Calculation of defect volume ratio (DVR); The size of myocardial infarction was estimated as DVR, the percent ratio of defect volume to that of total volume of left ventricle.

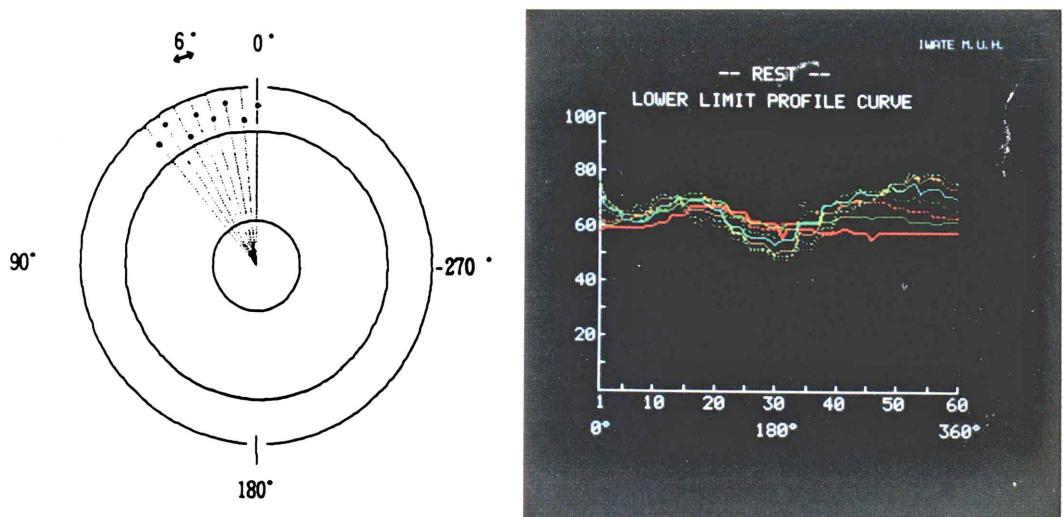
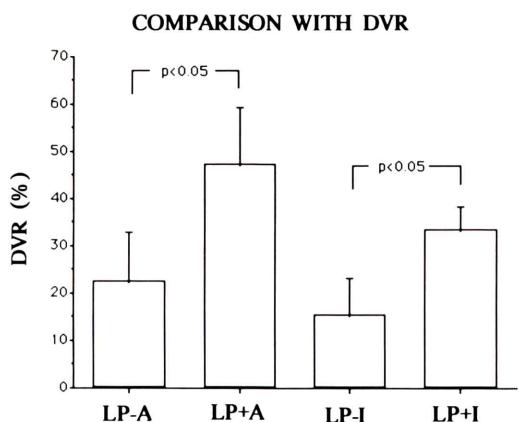


Fig. 2 Circumferential profile curves of lower limit in Tl-201 activity. The mean values of lower limit of Tl-201 activity were $61 \pm 9\%$.



IV. 考案

心筋梗塞に伴う VT は難治性かつ致死的な不整脈であり、臨床的に重要な位置を占める。1973年、Boineau ら¹⁾は、障害心筋には“desynchronized activation”が存在し、リエントリー由来の心室性期外収縮が生ずることを実験的に証明した。Josephson ら⁵⁾は臨床例の心内膜電位記録において fragmented electrogram (FE) を記録し、これらは心筋局所の脱分極遅延を反映する電位で、VT の発生機序の 1 つであるリエントリーに関与

◆Fig. 3 Comparison with defect volume ratio: The values of DVR in anterior & inferior MI patients with LP were considerably larger ($p < 0.05$) than those in anterior & inferior MI patients without LP.
Note; LP-A: anterior MI without LP, LP+A: anterior MI with LP, LP-I: inferior MI without LP, LP+I: inferior MI with LP

すると報告している。Berberi ら⁶⁾は動物実験において初めて体表面から LP を記録した。LP は心内の FE を反映すると考えられている。現在、LP の記録には双極誘導⁷⁾やベクトル直交 3 誘導⁸⁾が用いられている。これらの方法は、LP の存在の有無を見るのが主目的で、心内の LP の局在を知ることはできない。われわれは、LP の空間局在を診断するために、加算平均胸部単極誘導を用いる体表面マッピング装置を開発し報告してきた⁴⁾。一方、Gardner ら⁹⁾は fragmented electrogram は島状に残存する心筋における asynchron-

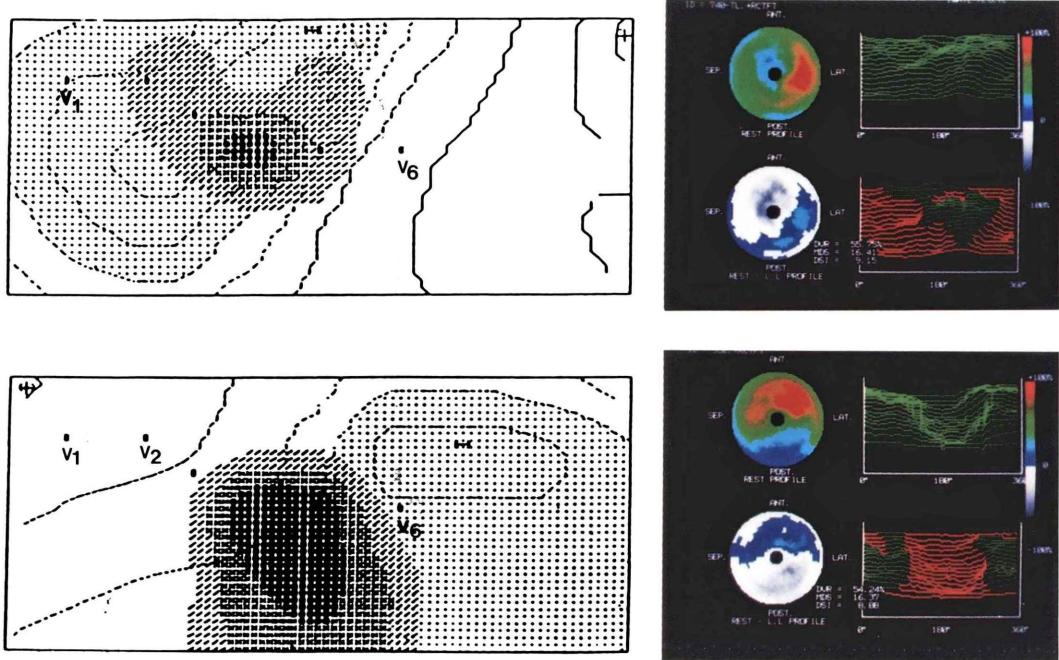


Fig. 4 Spatial distribution of LP and Tl-201 Bull's-eye polar map: For representative anterior & inferior MI patients, the spatial distribution of LP₃₀ area map (represented by increasing scales of gray) superimposed on the departure map (stippled areas) (left) were overlap with infarcted regions recognized by Tl-201 Bull's-eye polar maps (right).

Note; Upper: anterior MI with LP, Lower: inferior MI with LP

nous electrical activity を示すと報告している。また、El-Sherif ら¹⁰⁾は LP が生じる素地として damaged myocardium の存在が必要であり、梗塞壊死層を含めた周辺部の比較的健常心筋が残存している部分が重要な役割をなしていると報告している。電気生理学手法の進歩により VT を誘発し、VT の発生源を推定することは可能である。しかし、臨床例において LP 発生と梗塞サイズおよび心筋組織性状に関する報告はない。

Tl-201 心筋 SPECT¹¹⁾によって心筋梗塞部位と定量的な梗塞サイズの評価が可能である。近年、各断層像を一枚の画像に集約して表示する Bull's eye 法の開発により客観的な部位診断が可能となってきた¹²⁾。また、circumferential profile analysis¹³⁾が利用されるようになり、心筋梗塞の定量化が可能となった。梗塞領域の設定に関し、異常

領域の %Cut-off 値として正常群の平均値 -2 標準偏差を用いたが、その下限値は各領域で異なり、55-65% 前後であった。嶋田ら¹⁴⁾はファントム実験より、梗塞領域の判定には最大カウントの 55% が最適であったと報告している。

そこで Tl-201 心筋 SPECT を用い梗塞部位、梗塞サイズと LP の発生、空間分布との関連を検討した。今回の検討では LP の空間分布は梗塞部位と関連があり、LP の発生には梗塞の大きさも重要な要因の 1 つと考えられた^{12,13)}。

近年、ノルエピネフリンのアナログである MIBG (metaiodobenzyl guanidine) の心筋への取り込みは交感神経活性を反映することが注目されている^{15,16)}。西村ら¹⁶⁾は LP を合併した陳旧性心筋梗塞例に I-123-MIBG、Tl-201 同時撮像を施行し、I-123-MIBG の欠損は Tl-201 に比しその

欠損は広く描出され電気生理検査における fragmented activity の領域と良く一致したと報告している。このことは非梗塞部位でも壊死先端部に不均一な除神経支配域があり、交感神経異常を生じ、VT を生ずるという考えを示唆する。

今後 I-123-MIBG と Tl-201 心筋 SPECT を併用し、心筋梗塞例の心筋性状を評価できる可能性が期待される。

本論文の要旨は第 29 回日本核医学学会総会（大津）で発表した。研究に際し多大なご協力をいただいた中央放射線核医学検査室技師各位に深謝します。

文 献

- 1) Boineau JP, Cox JL: Slow ventricular activation on acute myocardial infarction. A source of reentrant premature ventricular contractions. *Circulation* **48**: 702-713, 1973
- 2) 笠貫 宏, 伊藤直人, 磯貝京子, 他: Ventricular Late Potential. *診断と治療* **76**: 1781-1793, 1988
- 3) Nakai K, Ito C, Koh E, et al: Relationship between the occurrence of late potential on the body surface ECG and cardiac performance in myocardial infarction. *Jpn College Cardiology* **18**: 207-215, 1988
- 4) 中居賢司, 伊藤忠一, 菖蒲沢実, 他: X, Y, Z および前胸壁 25 点誘導を用いた加算心電図による遅延電位検出装置の試作. *J Cardiology* **18**: 1139-1148, 1988
- 5) Josephson ME, Seides SF: Clinical cardiac electrophysiology. Techniques and interpretations. *Lea & Febiger*, Philadelphia, 1979, p. 207
- 6) Berberi EJ, Sherlag BJ, Hope RR, et al: Recording from the body surface of arrhythmogenic ventricular activity during the ST segment. *Am J Cardiol* **41**: 697-702, 1978
- 7) Rozanski JJ, Mortara D, Meyerburg RJ, et al: Body surface detection of delayed depolarizations in patients with recurrent ventricular tachycardia and left ventricular aneurysm. *Circulation* **63**: 1172-1178, 1981
- 8) Simson MB: Identification of patients with ventricular tachycardia after myocardial infarction from signals in the terminal QRS complex. *Circulation* **64**: 235-242, 1981
- 9) Gardner PI, Ursell PC, Phan TD, et al: Experimental chronic ventricular tachycardia: anatomic and electrophysiologic substrates. In *Tachycardias*, ed Josephson ME, Wellens HJJ, Lea & Febiger, Philadelphia, 1984, pp. 29-60
- 10) El-Sherif G, Scherlag BJ, et al: Reentrant ventricular arrhythmias in the late myocardial infarction period. I. Conduction characteristics in the infarction zone. *Circulation* **55**: 686-702, 1977
- 11) 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
- 12) Garcia EV, Van Train K, Maddahi J, et al: Quantification of rotational Tl-201 myocardial tomography. *J Nucl Med* **26**: 17-26, 1985
- 13) Burrow RD, Pond M, Schafer AW, et al: Circumferential profiles: A new method for computer analysis of Thallium-201 myocardial perfusion images. *J Nucl Med* **20**: 771-777, 1979
- 14) 嶋田智好, 栗本 透, 神畠 宏, 他: Tl-201 心筋 SPECT の新しい定量法(展開図法)に関する基礎的検討. *核医学* **24**: 853-862, 1987
- 15) Sisson JC, Shapiro B, Meyers L, et al: Meta-iodobenzylguanidine to map scintigraphically the adrenergic nervous system in man. *J Nucl Med* **28**: 1625-1636, 1987
- 16) 西村恒彦, 栗田隆志, 大江 透, 他: 心室頻拍を有した心筋梗塞症例における I-123-MIBG, Thallium-201 心筋シンチグラフィにて欠損像の解離が見られた症例. *核医学* **26**: 419-423, 1989

Summary

Relationship between the Occurrence of Late Potential and the Location and Size of Myocardial Infarction Evaluated by Thallium-201 SPECT

Kenji NAKAI*, Chuichi ITO*, Naoki MORIAI*, Tomohisa MIYAKAWA**,
 Hidehiko AOKI**, Tomoyuki SUZUKI**, Kunihiko KATO***,
 Tsuneo TAKAHASHI*** and Toru YANAGISAWA***

*Department of Clinical Pathology, **The Second Department of Internal Medicine,
 ***Department of Radiology, Iwate Medical University, Iwate, Japan

High-frequency, low amplitude signals, late potentials (LPs), in the terminal portion of the body surface QRS of the signal-averaged ECG were frequently observed in ventricular tachycardia (VT) following myocardial infarction (MI). In this study, we evaluated the correlation between the occurrence of LPs and the size and location of MI estimated by Thallium-201 myocardial SPECT in 30 MI patients. The positive LPs were identified by the value of %RMS 40, the percent ratio of the root mean square voltage in the last 40 msec of the QRS complex to that of the total filtered QRS from the signal averaged ECG using bipolar X, Y, Z leads. The spatial distributions of LPs were evaluated by the LP₃₀ area maps obtained by the body surface mapping using forty-five unipolar electrodes. Sixty projections were obtained over 180 degree by rotating gamma camera after 5 minutes intravenous injection of 74 MBq of Thallium-201. After low-pass filtering, images were reconstructed into short-axis, horizontal long-axis and vertical long-axis tomograms. The maximum count circumferential profiles for each

short-axis cuts were generated from the apical to basal cut and they were expressed into two-dimensional polar functional maps (apex to the center), Bull's-eye map, to represent myocardial Tl distribution. Normal limits of myocardial Tl distribution were established as the mean minus 2 standard deviation from those of normal subjects. The MI size was estimated as defect volume ratio (DVR), the percent ratio of abnormal region to that of total volume of left ventricle.

Significant differences in DVR were observed among MI with LPs and without LPs. The DVR was higher in MI with LPs (anterior MI: $47 \pm 10\%$, inferior MI: $34 \pm 5\%$) compared to that of MI without LPs (anterior MI: $23 \pm 10\%$, inferior MI: $18 \pm 8\%$). In all 11 cases with LPs, the spatial distribution of LPs were concordant with the MI locations in Bull's-eye maps.

In conclusion, the size and location of MI may play a role for the occurrence of LPs.

Key words: Thallium-201 myocardial SPECT, Myocardial infarction, Signal-averaged ECG, Late potential.