

《原 著》

Goris 法を応用した負荷タリウム心筋
シンチグラフィーの定量評価

津田 隆志* 相沢 義房* 柴田 昭*
浜 齋** 三谷 亨**

要旨 運動負荷タリウム心筋シンチグラフィーの定量評価法として、Goris らの Interpolative Background Subtraction 法にて、Background を処理した後、14点 Smoothing を行い、正常カウントレベルを求めた。対象は正常人13名(平均年齢45歳)であった。エルゴメータによる多段階負荷法を用いて、最大負荷の時点でタリウムを4 mCi 静注し、心筋イメージを3方向(AP, LAO 45°, L-LATERAL)より採取した。心筋イメージに対して、上記方法にて Subtraction と Smoothing を行い、8領域に分割して正常カウントレベルを検討した。後壁は、14段階表示の上位より5段階目(64~71%)、その他の領域は上位より4段階目(72~79%)に含まれた。本法により、肝脾の重なりを取り除いた心筋イメージを用いて、視覚的な定量評価が可能であった。

I. はじめに

タリウム心筋シンチグラフィーの普及に伴ない、診断のためのいくつかの定量的評価法が発表されている。代表的な方法としては、Profile Curve を用いた解析法¹⁾、数か所に ROI を設定し uptake のカウント比を用いた ROI 解析法^{2,3,9)} などがある。これらの解析法は Background を処理しない心筋イメージを用いている。しかし実際には、肝脾の心筋への重なり⁴⁾ や心機能低下に伴なう肺野カウントの上昇⁵⁾ が心筋イメージに影響を与えると思われる。そこで Background を取り除いた心筋イメージでの定量評価を検討した。Goris らは、Interpolative Background Subtraction を提唱し、少数例における実際の応用結果を報告している⁴⁾。今回、私達は虚血性心疾患の診断に有用^{6,7)} な運動負荷タリウム心筋シンチグラムに対して、この

Background Subtraction 法を用い、14点 Smoothing を加えることで、心筋イメージ上で正常カウントレベルを視覚的に判断できる方法を検討したので、報告する。

II. 対象と方法

1) 対象は、正帯人と高血圧症はあるが、運動負荷試験陰性、冠動脈造影にて有意の狭窄のない患者の合計13名であった。平均年齢は45歳、男子11名、女子2名であった。心筋イメージの検出装置としては、ミニコンピュータ Informatek Simis III (32 kW) に接続したガンマカメラ (Pho/Gamma LFOV) を用い撮影した。コリメータは低エネルギー用高分解能コンバージングコリメータを用いた。設定エネルギーは²⁰¹Tlの水銀X線エネルギーである75 KeV とガンマ線エネルギーである167 KeV を用い、ウインド幅はおのおの40%、20%とした。各方向5分間づつ採取した。

2) 運動負荷は、エルゴメータを用いた多段階負荷法(25 W より3分間隔で、25 W づつ増量)を行った。終了点は、自覚症状出現時(胸痛、下肢疲労感など)または亜最大心拍数⁸⁾ に達した時点とした。そして終了点にて、²⁰¹Tl を4 mCi 静注

* 新潟大学医学部第一内科

** 木戸病院 RI 室

受付: 56年10月6日

最終稿受付: 57年1月14日

別刷請求先: 新潟市旭町通り1 (☎951)

新潟大学医学部第一内科教室

津田 隆 志

し、さらに1分間運動を続けさせた。静注10分後より、正面、(AP)、左前斜位(LAO) 45°、左側面(L-LATERAL)の3方向にて、心筋イメージを採取した。

3) 上記のようにして得た心筋イメージに対して、まず9点Smoothingを行った。次いで、GorisらのInterpolative Background Subtractionを以下のごとく行った。すなわち、心筋イメージを含むROIを大きくマニュアルで設定し、ROI範囲外のカウントをゼロとする(Fig. 1, A, B)。ROIを、二点(X_1, Y_1), (X_2, Y_2)を通るX, Yで囲まれた四角形とする。次に、ROI範囲内の各点を、X-Y座標上に設定する。ある点IA(K, L)とすると、 $X_1 < K < X_2, Y_1 < L < Y_2$ であり、そこでのBackgroundの値BG(K, L)を、

$$BG(K, L) = BGK + BGL/2$$

とすると、BGK, BGLは線形補間により、

$$BGK = IA(X_1, L)$$

$$+ \{IA(X_2, L) - IA(X_1, L)\} \times \frac{(K - X_1)}{(X_2 - X_1)}$$

$$BGL = IA(K, Y_1)$$

$$+ [IA(K, Y_2) - IA(K, Y_1)] \times \frac{(L - Y_1)}{(Y_2 - Y_1)}$$

このようにして得られたBG(K, L)を、元の同一ポイントのIA(K, L)よりSubtractionを行い、同一点でのカウントを得る。

次に選択された直交する軸の辺縁、つまり $X_1 \leq K \leq X_2$ で、 $L = Y_1$ または Y_2 、あるいは $Y_1 \leq L \leq Y_2$ で $K = X_1$ または X_2 でのカウントは、ゼロにセットする。

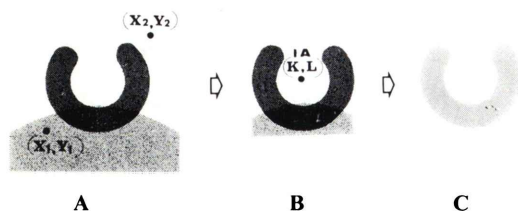


Fig. 1 Process of this background subtraction.
A: Nine point smoothing. Decision of ROI.
B: Interpolative background subtraction.
C: Fourteen point smoothing. Final image.

以上のように9点Smoothingされ、Background Subtractionされた心筋イメージに、さらに14点Smoothingを施行した(Fig. 1, C)。これらのコンピュータ処理に要する時間は、一方向約1分と短時間であった。

4) 実際の3方向心筋イメージは、8 Segmentsに分割した(Fig. 2)。各Segmentsについて正常カウントレベルを求めた。なお、上記のように最後に得られた像は、14点Smoothingによって、一段階約7%(最高100%より0%までを14等分)のカウント幅を持っていた。各段階の表現は、その中央値を用い、正常カウントレベルは、13例の各Segmentでの中央値の平均値で表わした。推計学的検討は、Studentのt-testを用いて行った。

III. 結 果

1) Hemodynamic Data について

エルゴメータを用いた多段階負荷法による心拍数、血圧、Double Productの変化は、Table 1に示した。心拍数は、負荷前 80 ± 19 /分より、負荷後 134 ± 29 /分と有意に増加した($p < 0.001$)。血圧は、負荷前 $127 \pm 23/83 \pm 11$ mmHgより、負荷後 $166 \pm 33/93 \pm 12$ mmHgと変化した。収縮期血圧は有意に増加したが($p < 0.005$)、拡張期血圧は有意差が見られなかった。Double Product(収縮期血圧 \times 心拍数)は、負荷前 $10,262 \pm 3,001$ mmHg/分より、負荷後 $22,312 \pm 7,378$ と有意に増加した。

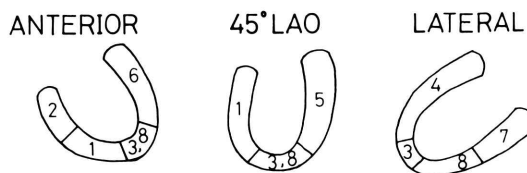


Fig. 2 Eight segments on three projections.

- 1: Anterior Septum
- 2: Posterior Septum
- 3: Apex
- 4: Anterior Wall
- 5: Lateral Wall
- 6: Antero-Lateral Wall
- 7: Posterior Wall
- 8: Inferior Wall

Table 1 Hemodynamic data of ergometer's stress test.

Case (Age, Sex)	Heart rate		Blood pressure		Double product	
	Rest	Exercise	Rest	Exercise	Rest	Exercise
1. J.Y. (51, M)	60	75	96/70	120/80	5,760	9,000
2. H.H. (50, M)	68	120	130/80	140/80	8,840	16,800
3. A.T. (31, F)	68	104	120/88	124/80	8,160	12,896
4. T.A. (24, M)	100	142	106/70	170/90	10,600	24,140
5. S.U. (49, M)	74	150	160/100	224/110	11,840	33,600
6. K.T. (53, M)	54	123	108/70	130/80	5,832	15,990
7. K.K. (42, F)	98	142	90/70	134/104	8,820	19,028
8. I.O. (46, M)	60	120	150/94	162/110	9,000	19,440
9. K.A. (57, M)	90	159	168/104	214/110	15,120	27,392
10. K.Y. (47, M)	122	200	130/88	170/100	15,860	34,000
11. T.T. (63, M)	87	122	150/86	190/100	13,050	23,180
12. S.I. (32, M)	92	147	124/80	200/80	11,408	29,400
13. H.T. (43, M)	72	140	128/88	180/90	9,126	25,200
Mean \pm SD	80 \pm 19	134 \pm 29**	127 \pm 23 /83 \pm 11	166 \pm 33* /93 \pm 12NS	10,262 \pm 3,011	22,312** \pm 7,378

* $p < 0.005$ ** $p < 0.001$

($p < 0.001$). Double Product の値からも、ほぼ亜最大負荷が加わった状態での心筋イメージと考えることができる。また、心電図上、有意な ST 変化なく、負荷中に胸痛発作などは全例に認められなかった。

2) Goris 法による心筋イメージ

本法により、肺野 Background と肝・脾による心筋への重なりは、ほぼ完全に消去された。Fig.3 は、Goris 法により Background Subtraction され、14 点 Smoothing を施行した一例を示す。

3) 負荷タリウム心筋シンチグラムでの正常カウントレベルの定量的評価について (Table 2)

AP 像では、Anterior Septum (Seg. 1) は、78.9 \pm 5.3%，Apex+Inferior Wall (Seg. 3.8) は 78.2 \pm 4.2%，Antero-Lateral Wall (Seg. 6) は 79.2 \pm 4.4%であった。Posterior Septum (Seg. 2) は、Anterior Septum と分離しがたく、今回の評価からは除外した。また、上記カウントレベルを示した Segment 間に、有意差は認められなかった。LAO 45° 像では、Anterior Septum (Seg. 1) は、76.5 \pm 4.3%，Apex+Interior Wall (Seg. 3.8) は 77.6 \pm 4.0%であり、Lateral Wall (Seg. 5) は 77.1 \pm 4.6%であり、各 Segment 間に有意差を認めな

かった。L-LATERAL 像では、Anterior Wall (Seg. 4) は 79.8 \pm 3.5%，Apex (Seg. 3) は 74.9 \pm 5.4%，Inferior Wall (Seg. 8) は 76.5 \pm 5.1%であり、Apex は、やや低値を示したが、他の Segment とは有意の差はなかった。また、Posterior Wall (Seg. 7) は 13 名中 4 名で検出されなかった。検出できた 9 名での平均カウントレベルは、71.3 \pm 8.1%であり、他の Segment より低値だが、有意差はなかった。以上より、Posterior Wall を除いて、各 Segment とも、14 段階表示での上位より 4 段階目の 72～79% (中央値 76%) の段階に入っていた。また、Posterior Wall は、上位より 5 段階目の 64～71% (中央値 68%) の段階であった。

IV. 考 察

今回の Goris 法による Background Subtraction と 14 点 Smoothing を用いた定量法において、運動負荷を加えた正常心筋のカウントレベルは、Posterior Wall 以外で上位より 4 段階目 (72～79%)、Posterior Wall で 5 段階目 (64～71%) と判定された。これは、Circumferential profile, 法¹⁾、ROI 解析法⁹⁾での正常者でのカウントレベルが最高値の 80%以上を示すことに比して若干低く、Back-

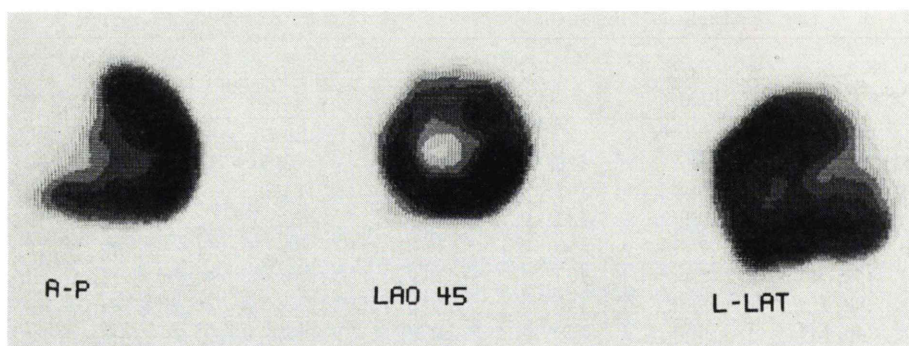


Fig. 3 Normal stress scintigram by this method.

Table 2 Normal thallium count level on eight myocardial segments.

Case No.	AP			Seg. No. LAO 45°			Lateral			
	1	3, 8	6	1	3, 8	5	4	3	8	7
1. J.Y.	69	69	76	83	83	83	83	76	76	76
2. H.H.	90	83	90	69	69	69	76	76	76	69
3. A.T.	76	76	76	69	69	69	76	76	76	ND
4. T.A.	76	76	76	76	76	76	76	69	76	69
5. S.U.	76	76	76	76	76	76	83	76	83	83
6. K.T.	76	76	76	76	76	76	83	76	69	62
7. K.K.	83	83	83	83	83	83	83	83	83	62
8. I.O.	83	83	83	76	83	83	76	76	76	ND
9. K.A.	83	83	76	76	76	69	83	76	83	ND
10. K.Y.	76	76	76	76	76	76	76	69	69	ND
11. T.T.	83	83	83	76	76	76	76	62	69	62
12. S.I.	ND	76	83	83	83	83	83	76	76	76
13. H.T.	76	76	76	76	76	76	83	83	83	83
Mean ± SD (%)	78.9 ± 5.3	78.2 ± 4.2	79.2 ± 4.4	76.5 ± 4.3	77.6 ± 4.0	77.1 ± 4.6	79.8 ± 3.5	74.9 ± 5.4	76.5 ± 5.1	71.3 ± 8.1

Abbreviation: ND.=Not Detected

ground Subtraction による差と考えられた。本法の利点は、タリウム心筋シンチグラムの診断上、一番障害となる心筋に重なった肝脾を除去することである。さらに、14点 Smoothing を施行することにより、直接心筋イメージを用いての視覚的定量解釈が可能であった。問題点としては、本法が、心筋の Background が「直接的に変化する」という仮定に立っていることである。このため、実際の Background の過大評価、過小評価が存在することである。しかし、現在まで発表された Background Subtraction 法の中で、Goris 法は実

際の Background の評価により近い方法と考えられた。また、正常人で負荷をしないで得た心筋イメージに本法を施行した (Fig. 4)。正常カウントレベルは負荷をした場合と同じであった¹⁾。

V. ま と め

(1) エルゴメータを用いた運動負荷タリウム心筋シンチグラフィーでの正常人の心筋カウントレベルを、Goris 法による Interpolative Background Subtraction と 14 点 Smoothing を用いて検討した。

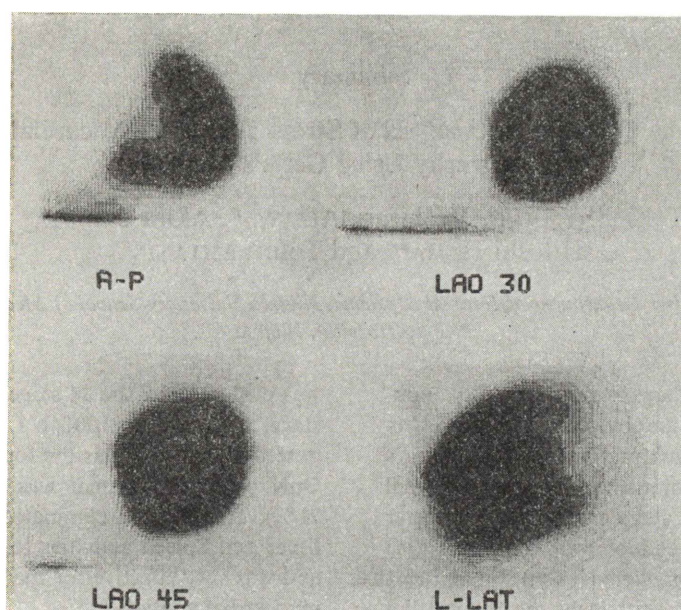


Fig. 4 Normal resting scintigram by this method.

(2) 得られた像は、肝・脾の重なりのない鮮明な心筋イメージであった。

(3) AP, LAO 45°, L-LATERAL の三方向像を 8 Segment に分割し、正常カウントレベルを検討した。L-LATERAL 像での Apex と Posterior Wall にてカウントレベルが低値の傾向を示したが、他の Segment と比較して有意差はなかった。14 段階表示にて、Posterior Wall は、上位より 5 段階目 (64~71%)、他の Segments は上位より 4 段階目 (72~79%) が正常カウントレベルであった。本法による心筋イメージは、視覚的定量解釈が可能であった。

文 献

- 1) Robert D Burow, Malcolm Pond, A William Schafer, et al: "Circumferential profiles:" A New method for computer analysis of thallium-201 myocardial perfusion image. *J Nucl Med* **20**: 771, 1979
- 2) Machihiro Narita, Tadashi Kurihara, Masahisa Usami, et al: Quantitative Assessment of Myocardial Perfusion Imaging with Thallium-201. *Jap J Nucl Med* **16**: 897-905, 1979
- 3) Gor Hör, H Sebening, E Sauer, et al: ²⁰¹Tl-Redistribution Analysis in Early and Delayed Myocardial Scintigram of Patients with Coronary Heart Disease (CHD). *Eur J Nucl Med* **4**: 343-350, 1979
- 4) Michael L Goris, Sharon G Daspit, Peter McLaughlin, et al: Interpolative Background Subtraction. *J Nucl Med* **17**: 774-747, 1976
- 5) Frederick G Kushner MD, Robert D Okada MD, Howard D Kirshenbaum MD, et al: Lung Thallium-201 Uptake After Stress Testing in Patients with Coronary Artery Disease. *Circulation* **63**, No. 2, 341-347, 1981
- 6) Albert J Kolibach MD, Thomas D Call MD, March R Tetelman MD, et al: Comparison of Resting Intracoronary Particulate Imaging and Stress Thallium-201 Studies¹. *Radiology* **135**: 439-444, May 1980
- 7) Gerald M Pohost MD, Leonard M Zir MD, Richard H Moore, et al: Differentiation of Transiently Ischemic from Infarcted Myocardium by Serial Imaging after a Single Dose of Thallium-201. *Circulation*. Vol 55, No. 2, 294-302, 1977
- 8) 米国心臓学会運動委員会: 外見上健康な人の運動試験およびトレーニング. 春見健一ほか訳, American Heart Ass. 1972, 日本 C. H. ベーリンガー, 昭和52年
- 9) Lanaers A, et al: Segmental analysis of Tl-201 stress myocardial scintigraphy. *J Nucl Med* **18**: 509-516, 1977

Summary

The Quantitative Analysis of Stress Thallium Myocardial Scintigraphy Using Goris's Method

Takashi TSUDA*, Yoshifusa AIZAWA*, Akira SHIBATA*
Hitoshi HAMA** and Tohru MITANI**

**The First Department of Internal Medicine, Niigata University School of Medicine*

***Kido Hospital, Niigata*

For a quantitative diagnosis of stress Thallium-201 myocardial scintigraphy, we used the interpolative background subtraction method (Goris's Method) and the 14 point smoothing in 13 normal persons. The multiple stage exercise in ergometer was performed. The endpoint of the stress was symptom-limited or predicted submaximal heart rate. We analyzed quantitatively the myocardial thallium uptake counts after exercise by using minicomputer. Myocardial images obtained in 3 projection (AP, LAO45°, L-LATERAL) were divided into 8 segments. The normal count level

was evaluated by the 14 stages (every 7% per one stage, from 0% to 100%). Each segment, except posterior segment, was the fourth stage (72–79%). Only posterior segment was the fifth stage (64–71%). This method eliminated the overlapping of Liver and Spleen activities to Myocardial activity and was very effective for the visually quantitative myocardial analysis.

Key words: Interpolative Background Subtraction, Goris method, Stress Thallium-201 Myocardial Scintigraphy.