

《原 著》

²⁰¹Tl 心筋 SPECT 展開図表示を用いた冠動脈支配領域の 定量的解析法と画像表示法の開発 (第2報)

—臨床診断における有用性の検討—

植原 敏勇* 西村 恒彦* 片渕 哲朗* 山上 英利*
汲田伸一郎* 林田 孝平* 松尾 剛志* 林 真*

要旨 冠動脈1枝障害54例を用いて²⁰¹Tl心筋SPECT展開図表示を作成し、これらを各冠動脈疾患別に加算し標準化することにより、各冠動脈の領域マップを作成した。さらに臨床例104例(正常10例、冠動脈1枝障害52例、2枝障害32例、3枝障害10例)を対象に、心筋Planar, SPECT視覚診断、展開図Raw Map (Pixel CT), Extent・Severity map, 冠動脈領域マップを用いた定量診断の診断精度を比較検討した。この結果、冠動脈1枝・2枝障害では展開図領域マップの診断精度は高く、特に冠動脈左回旋枝病変の正確な診断に有用であった。一方、冠動脈3枝病変ではPlanar, SPECT視覚診断がいずれの展開図診断よりも優れており、肺野・心筋への²⁰¹Tl集積の程度判定が3枝病変の診断には有用と考えられた。また検者間の診断の一致率の検討より、領域マップは客観性に優れていると考えられた。また、心筋SPECT長軸断層像の心尖部の定量解析を加えて作成した心尖部表示を加えた展開図診断は、冠動脈左前下行枝病変の検出のみならず、右冠動脈1枝病変のSpecificityの向上にも有用であった。

I. 緒 言

²⁰¹Tl心筋SPECTによる罹患冠動脈の推定は、治療方針の決定・冠動脈造影の適応を決定するうえで重要である。以前著者らは、心筋SPECT短軸断層像の3断面定量解析より各冠動脈の支配領域のパターンを検討し、責任冠動脈の推定にこのパターン認識が有用であることを指摘した^{1,2)}。また、著者らは²⁰¹Tl心筋SPECT展開図表示上にて、冠動脈1枝障害54例を罹患冠動脈別に加算平均し、さらに正常例34例から求めた正常パターンで標準化することにより、各冠動脈の支配領域の標準的なパターンを割り出した³⁾。今回、これを臨床例の展開図表示上に表示することによ

り、病変がどの冠動脈領域内に存在するかが明瞭になった。そこでこの冠動脈領域マップを用いて、罹患冠動脈推定の診断精度を検討した。

さらに、心筋SPECT短軸断層像より作成した展開図表示には心尖部情報を欠くという欠点がある。これを補うために長軸断層像の心尖部の情報を展開図表示上に付加し、この臨床的有用性を検討した。

II. 方法と対象

1) 展開図表示に領域マップを加味した臨床診断精度の検討

²⁰¹Tl心筋SPECT展開図表示の作成法は、著者らが開発した既報の方法³⁾に従った。また、正常臨床例より求めた正常パターンによる標準化、および冠動脈1枝障害例を加算平均し正常パターンにより標準化し、各冠動脈支配領域の標準的な分布の作成法も同様である³⁾。今回、上記のごとく作成した冠動脈領域の標準的分布を、臨床例の

* 国立循環器病センター放射線診療部

受付：元年9月29日

最終稿受付：2年3月7日

別刷請求先：吹田市藤白台5-7-1 (☎565)

国立循環器病センター放射線診療部

植原 敏 勇

Table 1 Materials

Disease	Number of cases
Normal	10
Single vessel disease	52
LAD	(24)
LCX	(10)
RCA	(18)
Double vessel disease	32
LAD+LCX	(13)
LAD+RCA	(11)
LCX+RCA	(8)
Triple vessel disease	10
Total	104

展開図表示上に重ねた領域マップによる臨床診断精度の検討を行った。

対象は臨床例 104 例でその内訳は Table 1 に示すごとく、正常例 10 例、冠動脈 1 枝障害 (SVD) 52 例、冠動脈 2 枝障害 (DVD) 32 例、冠動脈 3 枝障害 (TVD) 10 例である。正常例 10 例は冠動脈造影は施行されていないが、臨床的に冠動脈疾患の probability の非常に低い症例であった。残りの 94 例はすべて冠動脈造影にて冠動脈病変が明らかにされた症例である。冠動脈狭窄は AHA 基準により 75% 以上を有意狭窄としたが、冠動脈 2 枝・3 枝障害群には 75% 狭窄を有する症例は含まれず、実質上 90% 狭窄以上が有意狭窄となっている。

運動負荷は坐位エルゴメータを用いた多段階運動負荷とし、最大運動時に $^{201}\text{TlCl}$ 4 mCi (148 MBq) を静注した。撮像は先に心筋 Planar 3 方向 (正面, LAO 45°, LAO 70°) を行い、ただちに心筋 SPECT 像を撮像した。SPECT は Dual Head ガンマカメラを用い、1 方向 30 秒で 10° ごとに 360° 収集を行った。再分布像は 4 時間後に、心筋 Planar 像は同方向同タイムで撮像、心筋 SPECT は 1 方向 45 秒で同様にデータ収集し時間補正を行った。使用した装置は島津社製 VFOP dual head カメラと、これに on line で接続したデータ処理装置シンチパック 2400 である。

診断は、①心筋 Planar 像の視覚的診断、②心筋 SPECT 像の視覚的診断、③心筋 SPECT 展開

図表示の pixel CT マップ (標準化処理前なので以下 Raw map と呼ぶ)、④心筋 SPECT 展開図表示の Extent・Severity map (Raw map に標準化を行ったもの)、⑤ Extent・Severity map に領域マップを重ねて表示したもの (以下単に領域マップと呼ぶ)、の 5 通りについて、別々に行った。③～⑤に関しては washout rate マップも表示され、診断の参考とした。検者は放射線科医師 2 名により、臨床データや負荷時のデータは一切知らされず、個別に診断が行われ、結果はこの 2 名の診断の総計により集計された。

2) 心尖部表示の有用性の検討

冠動脈左前下行枝 1 枝障害 20 例 (対角枝のみの障害例を含まない) および右冠動脈病変例 18 例の計 38 例について、心尖部表示を心筋 SPECT 展開図に加え、心尖部表示の有無による診断精度の相違について検討した。心尖部解析法は共同研究者の片渕らの論文に記した³⁾。

3) 統計処理

冠動脈を左前下行枝 (LAD)、右冠動脈 (RCA)、左回旋枝 (LCX) の 3 つに大別し、症例ごとに 3 枝の病変の有無の診断がすべて正解の場合を完全正解とした。したがって、完全正解率 (Accuracy) は全症例に対する完全正解の症例数の割合と定義された。さらに、不正解例の場合どの冠動脈の診断を誤ったのかを明確にするため、罹患冠動脈に対する有病正診率 (Sensitivity) と正常冠動脈に対する無病正診率 (Specificity) を検討した。以下にこれらの定義をまとめた。

完全正解率 (Ac)

$$= \frac{\text{3 枝の病変の有無の診断がすべて正解であった症例数}}{\text{全症例数}} \times 100 (\%)$$

有病正診率 (Sn)

$$= \frac{\text{病変の存在を指摘できた冠動脈枝数}}{\text{全罹患冠動脈枝数}} \times 100 (\%)$$

無病正診率 (Sp)

$$= \frac{\text{病変なしと指摘できた冠動脈枝数}}{\text{全正常冠動脈枝数}} \times 100 (\%)$$

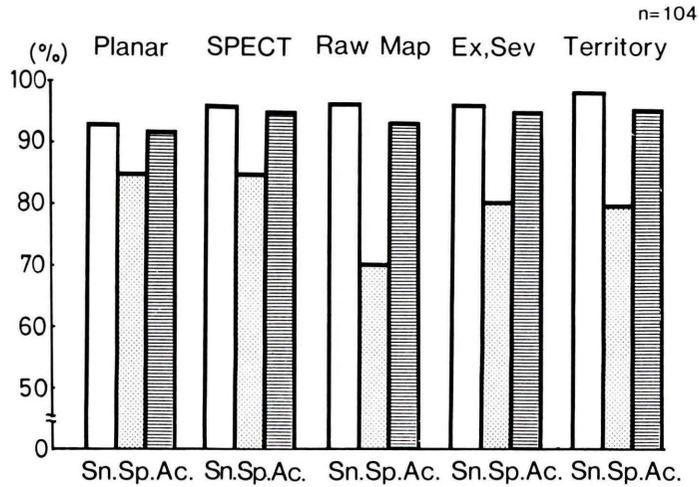


Fig. 1 Diagnostic accuracy (Ac), sensitivity (Sn) and specificity (Sp) to identify normal or disease in each diagnosis.
Ex, Sev: Extent. Severity map, Territory: Territory map

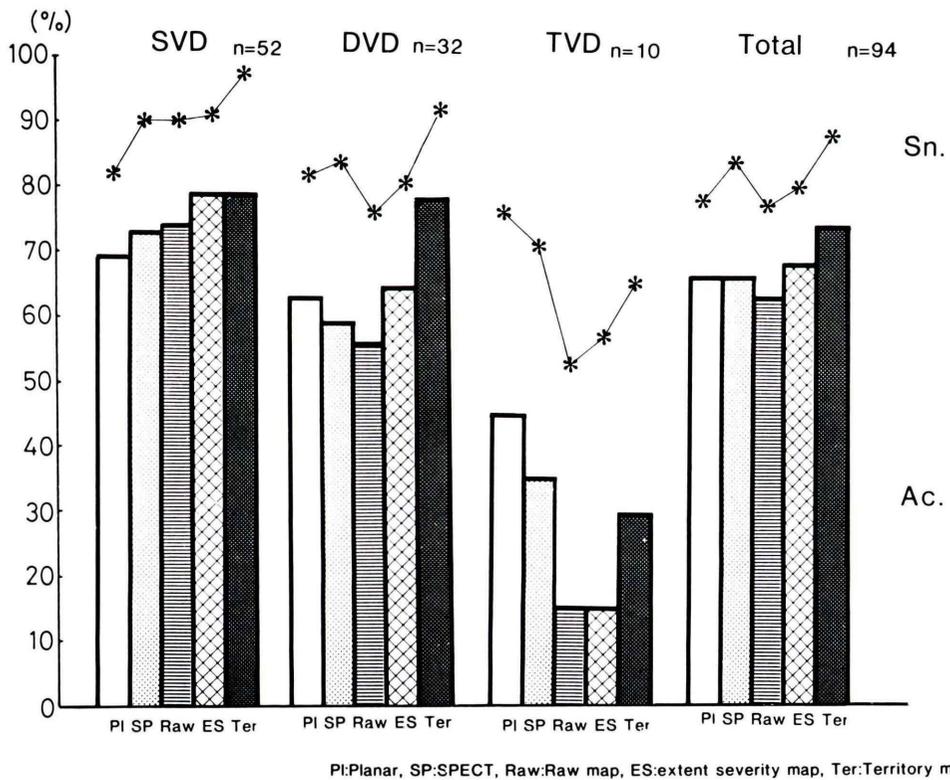


Fig. 2 Diagnostic accuracy (Ac) and Sensitivity (Sn) in single, double and triple vessel disease.
SVD: single vessel disease, DVD: double vessel disease, TVD: triple vessel disease.

注) なお以下に冠動脈1枝, 2枝別の検討を行っているが, この時の全症例数, 全冠動脈枝数はそれぞれ各群に所属する全症例数, 全冠動脈枝数である。

また Fig. 1 に関しては罹患冠動脈の同定とは関係なく病変の有無だけの診断であり, 上記の Ac, Sn, Sp の定義はあてはまらない。

III. 結 果

1) 冠動脈領域マップの臨床診断精度の検討 (他診断との比較)

各診断法による冠動脈疾患の有無に対する診断精度を Fig. 1 に示す。罹患冠動脈の同定・障害枝数に関係なく, 冠動脈疾患の有無のみの診断精度のため, いずれの診断も高い Sensitivity, Accuracy を示した。Specificity は心筋 Planar, SPECT の視覚診断で良好で展開図表示 Raw map で低い傾向を示した。

罹患冠動脈枝数別の検討では, Fig. 2 に示すように冠動脈1枝病変(SVD)群では冠動脈領域マップ診断が Extent・Severity map 診断とともに最も高い完全正解率(Accuracy)を示した。この領

域マップ診断の Sensitivity は 97% であり, 他枝の病変まで誤って指摘することはあるが, 当該冠動脈病変の検出率は非常に優れていることが示された。冠動脈2枝病変(DVD)群でも領域マップ診断が Accuracy および Sensitivity において他診断より明らかに優れた診断精度を示した。しかし冠動脈3枝病変(TVD)群では, 心筋 Planar, SPECT の視覚診断が高い Accuracy, Sensitivity を示し, SPECT 展開図表示では領域マップを併用してもそれら視覚診断には及ばなかった。

次に冠動脈1枝障害(SVD)の各冠動脈枝ごとの検討では, Fig. 3 に示すごとく左前下行枝(LAD)障害の完全正解率(Accuracy: LAD 1枝障害と正確に診断できた率)は展開図表示の Extent・Severity map と領域マップにおいてほぼ 90% と良好であった。心筋 SPECT の視覚診断でも LAD 病変の Sensitivity は約 90% と良好であったが, 他の冠動脈病変を誤って指摘することが多く Specificity が低いため, Accuracy は 73% と低値を示した。左回旋枝(LCX)障害の Accuracy は他の診断に比較し領域マップ診断で明らかに高く, Sensitivity も 100% と著明に高かった。右冠動脈

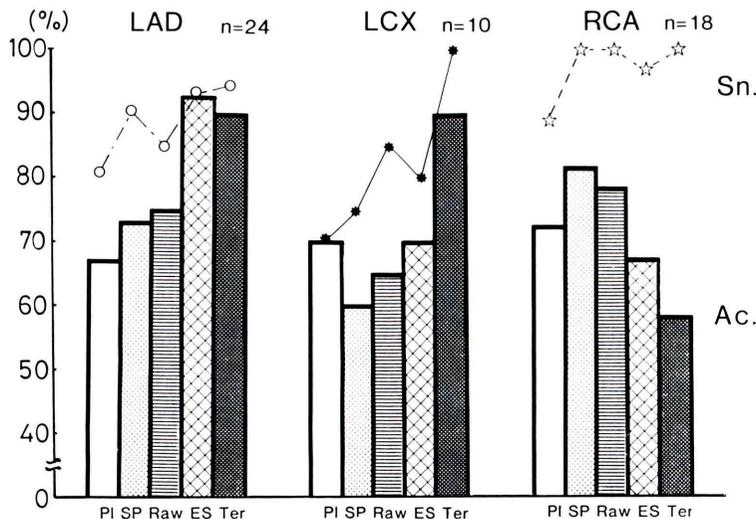


Fig. 3 Diagnostic accuracy (Ac) and sensitivity (Sn) in single, vessel disease. LAD: left anterior descending, LCX: left circumflex, RCA: right coronary artery

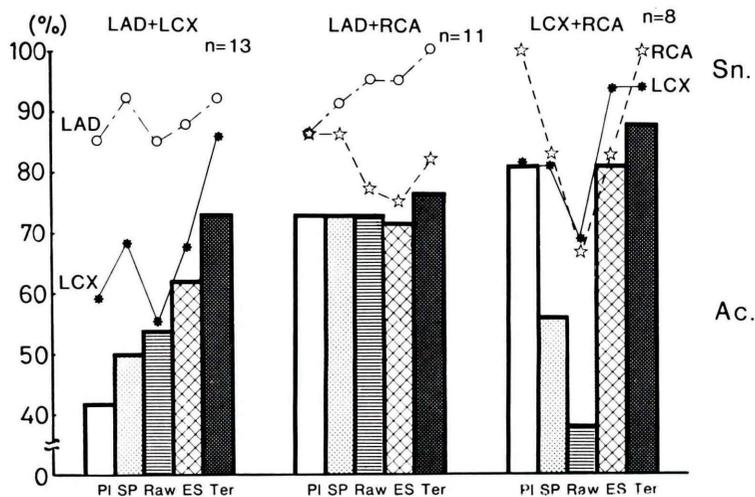


Fig. 4 Diagnostic accuracy (Ac) and sensitivity (Sn) in double vessel disease.

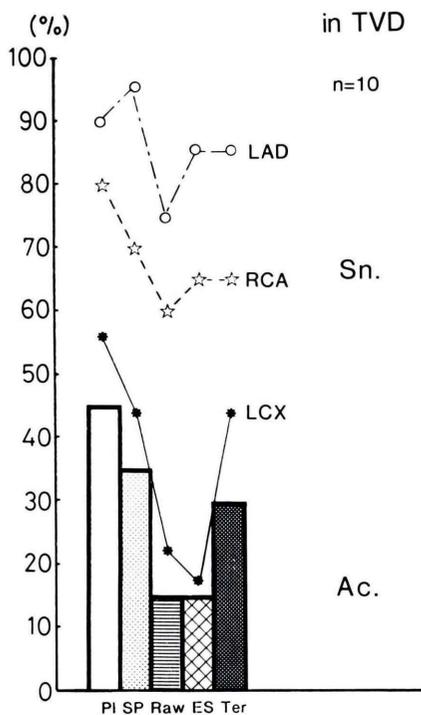


Fig. 5 Diagnostic accuracy (Ac) and sensitivity (Sn) in triple vessel disease.

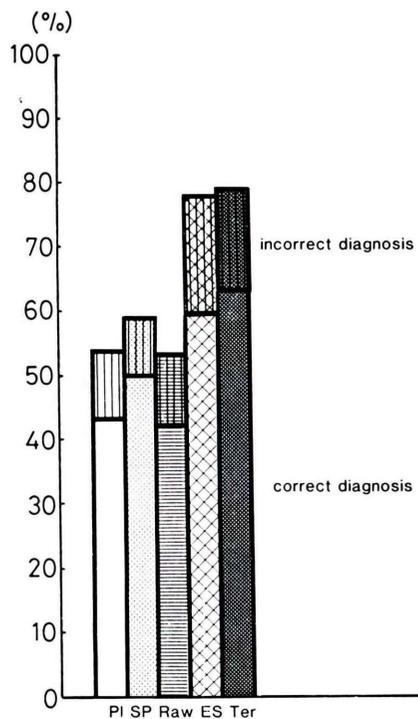


Fig. 6 Concordant ratio in two observers.

(RCA) 障害では、展開図表示 Extent・Severity map および領域マップの Accuracy は他の診断に比し低値を示した。しかし Sensitivity はほぼ 100% を示し、RCA 病変の検出は良好だが正常の他枝を誤って病変と診断してしまう (Specificity が低い) 傾向が見られた。

冠動脈 2 枝病変における同様の検討を Fig. 4 に示す。LAD+LCX の診断においては、領域マップ診断が他の診断に比較し著明に良好な完全正解率 (Accuracy) を示した。この中で LAD の検出率 (Sensitivity) は各診断間に有意な差を認めず、LCX の検出率 (Sensitivity) が領域マップで優れていたことが領域マップが全体の正診率で優れる原因となった。LAD+RCA の診断では、Accuracy は各診断間で差はなく全体に良好であった。LAD

の Sensitivity は展開図表示群 (Raw map, Extent・Severity map, 領域マップ) で良好であったが、RCA の Sensitivity は視覚診断群 (Planar, SPECT) が比較的優れており、展開図表示群でやや劣る傾向にあった。LCX+RCA の診断においては、領域マップ診断が優れた Accuracy を示したが、心筋 Planar 視覚的診断も同様に優れた Accuracy を示した。

冠動脈 3 枝病変の完全正解率 (Accuracy) と各冠動脈ごとの Sensitivity を Fig. 5 に示す。前述のごとく領域マップ診断をもってしても Planar, SPECT 視覚診断に及ばなかった。この傾向は各冠動脈毎の Sensitivity に関しても同様であった。各冠動脈病変ごとの Sensitivity は LAD, RCA, LCX の順に良好なことが示された。

Table 2 Evaluation of incorrect agreement in two observers

TI-diagnosis		CAG-diagnosis						TVD	
		NL	SVD			DVD			
			A	X	R	AX	AR	XR	
NL			TPE	EPSS					
SVD	A	T		E		PRR	SEEE		PRRT
	X	E	P (Dx)			EEE	T		E
	R		P (Dx)	R		R		T	
DVD	AX		P						S
	AR		SR		RPPTT	S			PSRRTT
	XR			S	REETT				TEEEE
TVD					PT	ET			ET
						ST			

P: planar, S: SPECT, R: Raw map, E: Ext・Sev map, T: Territory map, A: LAD, X: LCX, R: RCA

Table 3

(1) Sensitivity of LAD-SVD in territory map with apical display (n=20)

	Planar	SPECT	Raw-map	Ext・Sev	Territory	Apical display
Sn	88	90	85	90	95	98

(%)

(2) Specificity of RCA-SVD in territory map with apical display (n=18)

	Planar	SPECT	Raw-map	Ext・Sev	Territory	Apical display
Sp	69	81	78	69	64	89

(%)

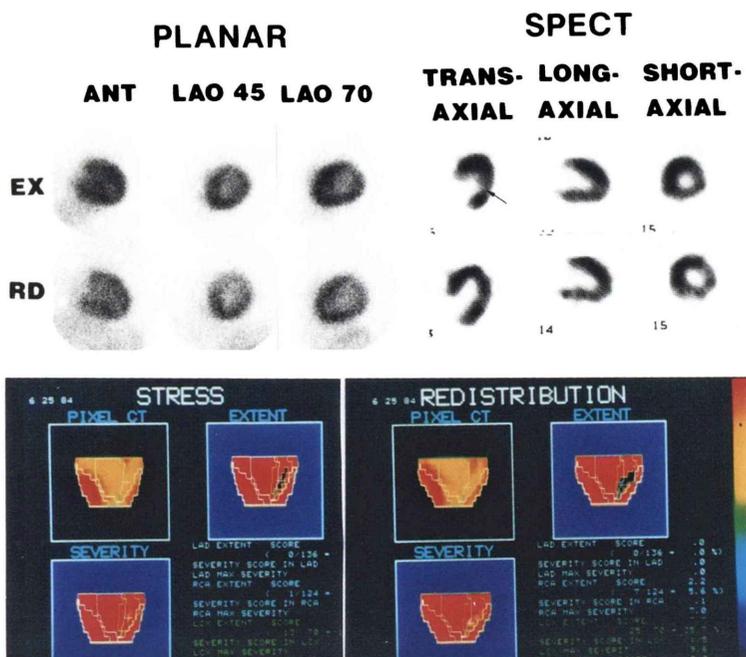


Fig. 7 Case 1. LCX: Single vessel disease.

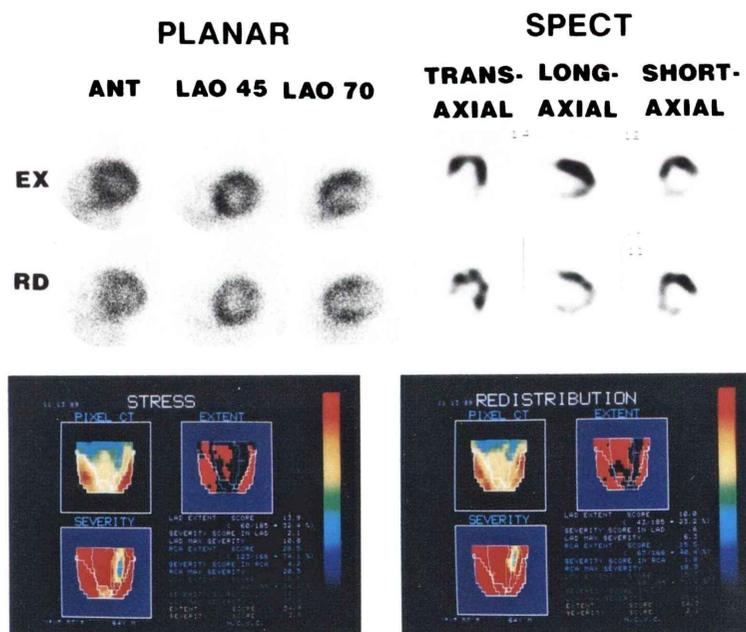


Fig. 8 Case 2. RCA+LCX: Double vessel disease.

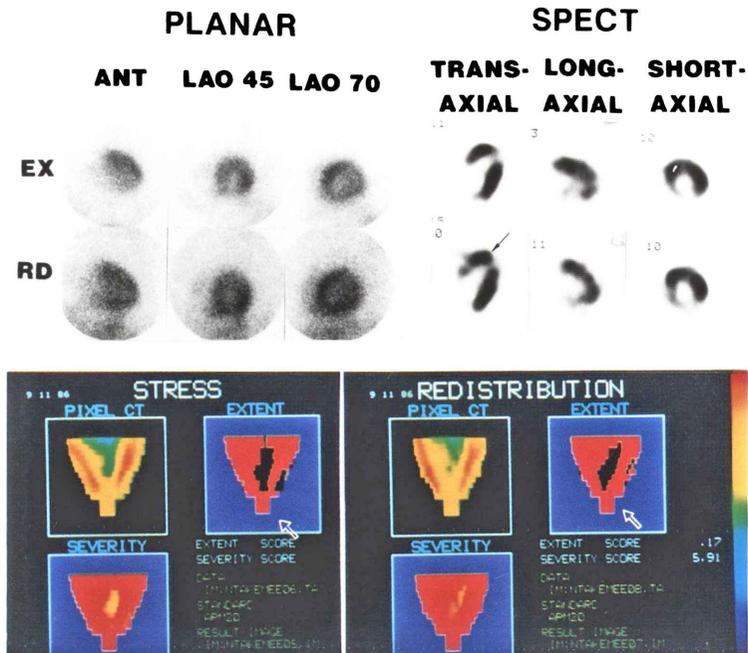


Fig. 9 Case 3. RCA: Single vessel disease.

次に2名の検者の診断の一致率を検討した。Fig. 6に示すように、正解一致率・不正解一致率および両者を含めた一致率とも、展開図表示 Extent・Severity map および領域マップ診断で著明に高く、これらは診断の客観性に優れていることが示された。しかしながら、領域マップ、Extent・Severity map では artifact や微細な病変による変化も機械的に一定の処理を行いその結果のみを診断するため、時には普遍的な誤診に陥る傾向も示された。そこでどのような誤診が多いかを検討するため不正解一致の内容を検討したのが Table 2 である。冠動脈造影による罹患冠動脈を横軸に、 $^{201}\text{TlCl}$ 心筋シンチ診断を縦軸に示した。両診断の不一致欄にある文字は各診断の頭文字である。目立った不一致では、1) Planar 診断では Dx 病変を LCX 病変と誤る。2) RCA 1 枝病変を RCA+LAD 病変と誤る (展開図診断に多い)。LAD+LCX または LAD+RCA の 2 枝病変を LAD 1 枝病変と誤る (Extent・Severity map 診断に多い)。4) 3 枝病変を LAD 1 枝また

は LAD+RCA 病変と誤る (展開図表示群診断群に多い)。などであった。

2) 心尖部表示の臨床的有用性の検討

冠動脈左前下行枝 1 枝障害 (対角枝のみの症例を含まない) 20 例の診断においては、Planar, SPECT 視覚的診断、各展開図表示診断とも約 90% の良好な Sensitivity を示した。さらに心尖部表示を加えた展開図表示の Sensitivity は 98% とさらに良好であった (Table 3 (1))。一方、右冠動脈 1 枝障害 18 例のうち、LAD にも障害ありと誤診した症例が多く、展開図表示領域マップ診断の Specificity は 64% であった。しかし心尖部表示を併用した展開図表示では、LAD 障害の false positive が是正され Specificity は 89% に改善した (Table 3 (2))。このように、心尖部表示を併用した展開図表示領域マップ診断では、LAD の Sensitivity のみならず Specificity の向上にも有用であることが示された。

【症例呈示】

【Case 1】 LCX 1 枝障害例 (Fig. 7)

LCX ⑫ 90%, ⑬ 75% 狭窄の側壁心内膜下梗塞例である。Planar, SPECT 視覚診断では梗塞部を指摘し難い。展開図表示 Extent・Severity 表示では病変部が明瞭に描出されるが、対角枝との鑑別が問題になる。領域マップにて病変部は LCX 領域内であることが明瞭になった。

【Case 2】 RCA+LCX 障害例 (Fig. 8)

労作性狭心症例で RCA ② 90%, LCX ⑬ 99% に対し PTCA 施行 (② 90%→36%) 後3か月目の運動負荷心筋シンチグラフィである。下後壁から後側壁にかけて灌流欠損があり下後壁には fill in が認められる。展開図表示では RCA と LCX の両領域に欠損があり、RCA 領域には fill in があり、LCX 領域は再分布時に欠損がやや小さくなるが欠損が残り1部梗塞と考えられた。確認造影にて RCA ② に 90% の再狭窄を認めた。

【Case 3】 RCA 1 枝障害例 (Fig. 9)

RCA ① 100% の冠動脈1枝障害の下壁梗塞例である。Planar 像では下壁～心尖部、1部中隔におよぶ灌流欠損があり、再分布像で fill in を認める。RCA 1 枝病変または RCA+LAD 病変の鑑別が困難である。心筋 SPECT 像では下後壁に灌流欠損があり、再分布像で梗塞周辺部に fill in を認める。また前壁心尖部寄りに灌流低下があり、範囲が狭いことから artifact と考えられる (↑)。中隔には灌流低下はなく LAD 病変は考え難い。展開図表示では artifact に一致して LAD 領域に軽度の異常が認められる (↑)。しかし長軸断層像の心尖部から作成した心尖部表示は正常範囲内であり、LAD 病変は否定的である。

IV. 考 察

1. 展開図表示冠動脈領域マップの有用性

²⁰¹Tl 心筋 SPECT の定量評価は、従来より心筋短軸断層像の circumferential profile analysis が適しており⁴⁾、さらに Bull's-eye (極坐標) 表示により簡便な定量解析が可能になった⁵⁾。しかし単にカウントの多少を表示するだけの Raw map では、今回著者らが展開図表示で指摘したように診断精度は低い。これは以前著者らが指摘したよ

うに、²⁰¹Tl 心筋 SPECT のエネルギーが 80 KeV と低いため心筋各部で吸収の影響がかなり異なるうえ、元来心筋各部は全体が均一でないため、正常と異常の識別が困難なためである⁶⁾。したがって正常例から正常のカウントのパターンを割り出し、正常例の (平均-標準偏差×2) 以下を異常とする Extent map およびその程度を表す Severity map により診断はさらに容易になった⁷⁾。この正常例による標準化の際、男性と女性では attenuation が大きく違うため、性別に標準化されるべきであることは言うまでもない^{3,8-11)}。このようにして得られた Bull's-eye 表示 Extent・Severity map を用いた諸家の検討でも、その診断精度は視覚的診断より明らかに優れた結果を得られていない^{10,12)}。この原因として、① Bull's-eye 表示では中心部に比較して周辺部の面積が拡大するため、病変部の位置と拡がり把握するのが困難なこと、② Bull's-eye 表示上で各冠動脈の支配領域を厳密に決定していないため、病変の存在を指摘できても冠動脈の同定で誤診をすること、が考えられる。①に関しては病変部の面積を比較的正確に捉えられる展開図表示が有用と考えられる^{3,13-16)}。②に関しては、著者らが以前梗塞マップを作成し検討したように、各冠動脈の支配領域には冠動脈の走行と関連した特徴が存在する^{1,2)}。したがって各冠動脈1枝障害の臨床例の定量データを加算して、冠動脈領域マップを作成するのが有用と考えられた^{3,17)}。こうして作成した ²⁰¹Tl 心筋 SPECT 展開図表示による冠動脈領域マップの臨床診断上の有用性の検討を行った。

なお、従来冠動脈多枝病変においても有意冠動脈狭窄を AHA 規準の 75% 以上とすることが多かったが、多枝病変例の場合1枝に 99~100% の高度狭窄・閉塞があると他枝の 75% 狭窄が同定できるか疑問がある。これは単に対側の灌流欠損によりその部の灌流異常が相対的に認め難いだけでなく、対側の冠動脈高度障害が End point (胸痛・心電図 ST 低下など) を惹起し、75% 狭窄部の虚血をおこすに十分な負荷をかけられないことに起因することも多いと考えられる。したがって

多枝病変では、75%狭窄部を病変部としても正常部としても誤りを犯す危険性が高く、診断精度の検討には不相当である。したがって今回は多枝病変群には75%狭窄を有する症例は含めておらず、実質90%狭窄以上を有意狭窄、50%以下を正常として検討した。

2. 冠動脈領域マップの臨床診断精度の検討 (他診断との比較)

冠動脈病変の有無の診断のみで罹患冠動脈の同定を不問にした検討 (Fig. 1) では、いずれの診断法においても診断精度には大差なかった。したがって問題は罹患冠動脈の同定の診断精度にあることが示された。

冠動脈障害枝数別の検討では、1枝・2枝・3枝と障害枝数が増すにつれて、いずれの診断も Accuracy, Sensitivity が低下する傾向にあった。冠動脈1枝障害では領域マップの診断精度は他の診断法に比しやや優れている程度だが、冠動脈2枝障害では領域マップは他の診断法の診断精度より明らかに優れていた。しかし冠動脈3枝障害では展開図表示群の診断精度は領域マップを用いても Planar, SPECT 視覚診断に及ばなかった。これは視覚診断では肺野や心筋全体への $^{201}\text{TlCl}$ 集積が観察でき、また、負荷時・再分布時の心内腔の大きさの変化も観察でき、相対的に検出が困難な3枝病変に有効で、特に肺野の観察に優れた Planar 視覚診断が最も良好な診断精度を示し

た¹⁸⁻²⁰。一方、展開図表示を使用した診断群では washout rate 表示も診断の際参考にはしているが、今回の対象は心筋梗塞・虚血の混在する多枝病変が多いため、虚血例のみを対象とした解析¹²⁾や、2枝障害のみを対象とした解析²¹⁾に比し、washout rate の有用性が低かったことも3枝病変の検出精度に影響した可能性がある。

冠動脈1枝障害の各枝ごとの検討のうち、LADは対角枝(Dx)のみの障害4例を含んでいる。この4例の Accuracy は Table 4 に示すごとく、Planar 診断38%と他の SPECT 診断に比し著明に低く、しかもほとんどが LCX の1枝障害と誤診したことが判明した。逆に LCX の1枝障害を LAD または Dx 障害と誤診した症例は Planar 診断にはなかったが、Planar 診断では病変の拡がりが見えにくいことが Dx 障害の診断を困難にしていると考えられた。また Dx 病変を除いた LAD 本管のみの障害20例の診断精度を検討すると Table 5 のごとくとなり、Planar 診断はほぼ SPECT 診断と同等の診断精度となった。

LCX 病変では領域マップが特に有効であった。従来 SPECT 視覚診断では LCX の検出率が悪いことが報告されているが、これは他枝との鑑別が困難なこと、および側壁は他壁に比しもともとカウントが高いため軽微なカウントの低下を視覚的には指摘し難いことによると考えられる。今回の検討でも LCX の Sensitivity は SPECT 定量

Table 4 Diagnostic accuracy, sensitivity and specificity of Dx-SVD

Diagnosis	Planar	SPECT	Raw-map	Ext・Sev	Territory
Ac	38	75	75	100	88
Sn	50	88	88	100	88
Sp	38	75	88	100	100

Dx: diagonal branch (%)

Table 5 Diagnostic accuracy, sensitivity and specificity of LAD-SVD except for Dx-SVD

Diagnosis	Planar	SPECT	Raw-map	Ext・Sev	Territory
Ac	73	73	75	90	90
Sn	88	90	85	90	95
Sp	83	83	93	100	95

(%)

診断が視覚診断に比し明らかに高く、また RCA, Dx との鑑別がより正確にできた領域マップが最も高い Accuracy を示した。

RCA 1 枝病変の診断精度の検討では、領域マップが最も低い Accuracy を示した。しかし、この誤診の大部分は LAD にも病変ありと誤って指摘したため、RCA 病変の検出 (Sensitivity) はほぼ 100% を示し、領域マップも RCA 病変の検出には非常に有効であった。逆に、Planar 視覚診断では下後壁の心基部が観察し難いため、RCA 病変の Sensitivity は低かった。一方、SPECT 視覚診断では Accuracy, Sensitivity とともに優れた診断精度を示した。これは、RCA 領域はもともとカウントが低い傾向にあるため視覚診断では病変を指摘し易く、また SPECT 像では Planar 像と違って心基部まで心筋を観察し易いことによると考えられた。前述の領域マップの Specificity の低い原因は、前壁の artifact を LAD 病変と誤診するためと考えられた。この傾向は SPECT 視覚診断でも見られるが、artifact は軽度でかつ体軸横断層像の中隔壁には artifact の欠損像はでないことで病変との鑑別ができ、誤診は少なかった。

冠動脈 2 枝障害では、LAD+LCX の診断精度は全体に低く、RCA+LAD は比較的良好な診断精度を示し、LCX+RCA は Planar, Extent・Severity, 領域マップの各診断で良好だがその他の診断では低いと診断法による差が大きかった。

LAD+LCX 障害では、Planar 診断が特に低い Accuracy を示した。LAD+LCX 障害では、LAD の病変が Dx のみの症例が 2 例存在したが、これらに関しては Planar 像でも病変を指摘できており、これが Planar 像の診断率の低下と関係はなかった。また LAD の Sensitivity は各診断において LAD 1 枝障害の Sensitivity とほぼ同等であり、LCX では全体にやや低めであった。RCA に対する Specificity (RCA には病変がないと正しく指摘できた率) は Planar, SPECT 視覚診断でやや低かった。以上より LAD+LCX の診断においては LCX の Sensitivity と RCA の Specificity が各診断の Accuracy に反映しており、特に領域マップ

では LCX の正確な同定が好結果を生んでいると考えられた。

LAD+RCA 障害では、各診断の Accuracy は全体に高かった。この病変の組み合わせは各冠動脈の支配領域が対称的に位置するため、診断が比較的容易と考えられた。LCX に対する Specificity は各診断とも 90% 以上と良好で、LCX を false positive とすることは少なかった。

LCX+RCA 障害では、前述したように冠動脈支配領域が互いに隣接するため、障害領域の範囲が明確でない Raw map が最も低い診断精度を示し、逆に冠動脈領域が最も明らかな領域マップで最も高い診断精度を示した。Planar 診断は、各撮像方向の各部位を一定の冠動脈領域に決めて診断するため、意外に良好な結果が得られた。LAD に対する false positive の大半は対角枝の病変ありとしたものであり、冠動脈鈍縁枝と対角枝は隣接し、しかも同方向に走行するため、鑑別は困難な場合があると考えられた。

冠動脈 3 枝障害では、Planar, SPECT 視覚診断が良好な診断精度を示した。3 枝のうちでは各診断とも LCX の Sensitivity が最も低く、LCX の Sensitivity が診断精度に反映することが示された。

3. 各診断の客観性の検討

2 名の検者による一致率の検討では、領域マップ, Extent・Severity map が明らかに一致率 (正解一致率のみならず不正解一致率も) が高く、客観性が高いことが示された。

このことは逆に、不正解一致の検討において Extent・Severity map, 診断・領域マップ診断の誤診傾向を計らずもあぶり出す結果となった。すなわち、RCA 1 枝病変において LAD 病変も指摘してしまったり、多枝病変において LAD 以外の病変を読み落とす傾向である。前者は微細な前壁の artifact による false positive と考えられる。後者は、2 枝病変における LCX 病変の Sensitivity などは視覚診断より良好にもかかわらず読み落とす傾向があること、3 枝病変では LAD, RCA, LCX の順に Sensitivity が落ちる傾向であり、いずれも本文中に既述したことを裏づける結果であ

った。

4. 展開図表示における心尖部表示の臨床的有用性

心尖部領域は多くの場合 LAD 領域であり、稀に RCA が支配することがある。したがって心尖部表示は LAD 病変の検出に有用である。しかし現実には、LAD 病変は心尖部表示なしでも約 90% 以上の Sensitivity があり、心尖部に限局する特殊な症例を除けば前壁障害から診断は十分可能であった。一方、RCA 1 枝障害において LAD 病変ありと誤診する例が展開図表示診断において今回意外に多く存在した。しかし心尖部には病変は存在せず、心尖部表示により RCA 1 枝病変の Specificity の改善に有効であった。

V. まとめ

²⁰¹Tl 心筋 SPECT 展開図表示における冠動脈支配領域マップは、罹患冠動脈の推定に非常に有用であった。ただ 3 枝病変の診断には問題を残したが、実際の臨床診断では視覚的診断に併用されるため、肺野・心筋への ²⁰¹Tl 集積を加味でき、診断精度もさらに向上すると考えられた。さらに画像の性質上診断は容易で客観性も高く、診断に用する時間・労力とも他の診断法（特に視覚的診断）よりはるかに少なく済み、臨床上きわめて有用と考えられた。

文 献

- 植原敏勇：Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT) による Tl-201 心筋シンチグラフィの定量診断——心筋 SPECT, Planar 像の視覚的診断との対比を含めて——。核医学 **24**: 99-114, 1987
- 植原敏勇, 西村恒彦, 林田孝平, 他：Single photon emission コンピューター断層法 (SPECT) を使用した心筋断層像による梗塞診断：視覚的診断と定量的診断の比較。J Cardiography **14**: 645-653, 1984
- 片淵哲朗, 西村恒彦, 植原敏勇, 他：²⁰¹Tl 心筋 SPECT 展開図表示を用いた冠動脈支配領域の定量的解析法と画像表示法の開発 (第 1 報)——基礎的検討——。核医学 **27**: 569-577, 1990
- Burow RD, Pond M, Schater W, et al: Circumferential profiles: a new method for computer analysis of thallium-201 myocardial perfusion images. J Nucl Med **20**: 771-777, 1979
- Garcia E, Van Train K, Maddahi J, et al: Quantification of rotational Thallium-201 myocardial tomography. J Nucl Med **26**: 17-26, 1985
- 植原敏勇, 西村恒彦, 林田孝平, 他：Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT) による Thallium-201 心筋シンチグラフィの定量診断 (基礎的検討)。核医学 **21**: 1301-1313, 1984
- 中嶋憲一, 分校久志, 谷口 充, 他：Tl-201 心筋血流の機能マップによる冠動脈疾患の評価。核医学 **23**: 473-479, 1986
- 玉木長良, 幸田秀樹, 安達幸秀, 他：運動負荷心筋スキャンにおけるタリウム分布の男女差——第 1 報 健常例での検討——。核医学 **25**: 1345-1351, 1988
- 西村恒彦編著：心筋 SPECT 図譜, II, 臨床 I 正常例, pp. 56-59, 永井書店, 大阪, 1988
- 土井 修, 山本修三, 光藤和明, 他：運動負荷 ²⁰¹Tl 心筋 SPECT 像の定量的評価法——臨床的有用性の検討——。核医学 **24**: 279-287, 1987
- Eisner RL, Tamas MJ, Cloninger K, et al: Normal SPECT Thallium-201 Bull's-eye display: Gender Differences. J Nucl Med **29**: 1901-1909, 1988
- 児島陽一, 村田 哲, 西村重政：心筋虚血の検出における運動負荷タリウム SPECT の各種解析法の比較。核医学 **24**: 1511-1520, 1987
- 島田智好, 栗本 透, 神島 宏, 他：Tl-201 心筋 SPECT の新しい定量的表示法 (展開図法) に関する基礎的検討。核医学 **24**: 853-863, 1987
- Takishima T, Machida K, Honda N, et al: The unfolded map using ²⁰¹Tl myocardial SPECT. Eur J Nucl Med **14** (11): 572-574, 1988
- Nakata T, Noto T, Uno K, et al: Quantification of area and percentage of infarcted myocardium by single photon emission computed tomography with thallium-201: A comparison with serial serum CK-MB measurements, Ann Nucl Med **3** (1): 1-8, 1989
- 久保田昌宏, 津田隆俊, 秋葉英成, 他：²⁰¹Tl-SPECT を用いた心筋展開図による心筋梗塞の定量評価。核医学 **24**: 1677-1682, 1987
- 堰合恭弘, 沢井通彦, 村山 晋, 他：²⁰¹Tl 心筋 SPECT による灌流領域図と心筋梗塞部位の自動診断。核医学 **25**: 293-299, 1988
- 小林 満, 西村恒彦, 植原敏勇, 他：運動負荷心筋スキャンによる ²⁰¹Tl 肺野集積の臨床的意義——心筋梗塞症例における検討——。核医学 **22**: 1815-1822, 1985
- 西村恒彦, 植原敏勇, 林田孝平, 他：運動負荷心筋スキャンによる虚血の検出およびその重症度評価——肺野の ²⁰¹Tl 集積, washout rate の併用による——。核医学 **22**: 467-475, 1985
- Boucher CA, Zir LM, Beller GA, et al: Increased lung uptake of thallium-201 during exercise myocardial imaging: clinical hemodynamic and angio-

graphic implications in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* **46**: 189-196, 1980

21) 松尾剛志, 西村恒彦, 植原敏勇, 他: 心筋梗塞症例

における多枝病変虚血(対側虚血)の検出に関する検討——SPECT 定量解析併用の有用性——. *核医学* **26**: 1-13, 1989

Summary

Clinical Evaluation of Coronary Territory Map by Using Unfolded Map of Tl-201 Myocardial SPECT

Toshiisa UEHARA, Tsunehiko NISHIMURA, Tetsuro KATAFUCHI, Hidetoshi YAMAGAMI, Shinichirou KUMITA, Kohei HAYASHIDA and Makoto HAYASHI

Department of Radiology, National Cardiovascular Center, Suita, Osaka

Coronary territory map was developed on unfolded map of exercise Tl-201 myocardial SPECT. Each coronary territory was determined by summing the each unfolded map of 54 cases of single vessel disease respectively, and standardizing with normal pattern obtained from normal patients. The diagnostic accuracy of coronary territory map to identify the diseased coronary artery was analyzed in 104 clinical cases and was compared with that of planar and SPECT visual diagnosis, simple unfolded map (raw map) and extent & severity map. The results were as follows; 1) Territory map showed excellent diagnostic accuracy in single or double vessel disease, especially in diagnosis of left circumflex coronary artery lesion. 2) In triple vessel disease, the diagnostic accuracy of territory map or other unfolded maps was 30% at best, and was inferior to planar or

SPECT visual analysis. The cause of this inferiority seemed that the quantitatively analyzed map had no information about the degree of Tl-uptake into lung or myocardium, which give useful information in visual diagnosis. 3) The diagnostic agreement ratio in two observers was the highest in territory map diagnosis, so that the territory map diagnosis seemed to be the most objective one. 4) The unfolded map diagnosis with apical display obtained from long-axis tomogram was useful to diagnose left anterior descending coronary (LAD) lesion, which improve not only the sensitivity of LAD but also specificity of right coronary artery single vessel disease.

Key words: Tl-201 myocardial SPECT, Unfolded map, Coronary artery territory map, Coronary artery disease.