

Title	シネ磁気共鳴画像法による心筋梗塞の診断-タリウム心筋 SPECTとの比較を中心に-
Author(s)	塩崎, 宏
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1993, 53(1), p. 11-22
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19537
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

シネ磁気共鳴画像法による心筋梗塞の診断

—タリウム心筋 SPECT との比較を中心に—

産業医科大学放射線科学教室（主任：中田 肇教授）

塩 崎 宏

（平成3年12月4日受付）

（平成4年5月18日最終原稿受付）

Diagnosis of Myocardial Infarction by Cine MR Imaging —A Comparative Study with Thallium-201 Myocardial SPECT—

Hiroshi Shiozaki

Department of Radiology, University of Occupational and Environmental Health
(Director: Prof. Hajime Nakata)

Research Code No. : 507, 723

Key Words : Myocardial infarction, MR imaging, Cine,
Thallium-201, SPECT

The usefulness of cine magnetic resonance (MR) imaging was evaluated in 41 patients with acute (4 cases), subacute (21 cases) and chronic (16 cases) myocardial infarctions on the basis of the findings of thallium-201 myocardial SPECT. The overall rate of diagnostic accordance between cine MR imaging and SPECT was 85.0% (408/480). It was highest at the middle of the left ventricle (89.0%, 146/164) and lowest at the base (82.7%, 129/156). Measurement of wall thickness using the images printed on films was possible in 87.1% of segments (418/480). There was a significant difference in end-diastolic wall thickness and %-thickening between the infarcted and non-infarcted sites except for the base of the left ventricle. However, diastolic wall thinning was not remarkable in acute cases of less than one week after onset. In these cases %-thickening may be useful. Partial volume averaging on MR imaging and the inaccuracy of SPECT findings at the base also made meaningful comparison difficult. The most important diagnostic findings of myocardial infarction on cine MR imaging were end-diastolic wall thinning and abnormal motion such as akinesis and dyskinesis. It is concluded that cine MR imaging is a useful noninvasive examination method for evaluating the status of cardiac function in myocardial infarction.

I. はじめに

磁気共鳴画像法 (Magnetic Resonance Imaging, 以下 MRI と略) は X 線被曝の問題がなく, 組織の濃度分解能がすぐれており, 中枢神経をはじめ各分野の画像診断に広く利用されている。最近では心筋梗塞をはじめとする各種の心疾患にもその価値が認められつつある^{1)~5)}。

とくにグラジエントエコーを用いる高速撮像

法⁶⁾⁷⁾は時間分解能に優れ, ディスプレイモニタ上で動画 (以下 cine MRI と略) による観察が可能である。これにより壁運動の観察⁸⁾⁹⁾, 心機能の評価⁶⁾⁷⁾¹⁰⁾¹¹⁾, 弁逆流の検出¹²⁾¹³⁾などが行えるようになったが, その評価はまだ十分になされていない。

タリウムシンチグラフィは Single Photon Emission CT (以下 SPECT と略) の普及により虚血性心疾患における有用な検査法としてすでに確立さ

れている^{14)~16)}。

著者は心筋梗塞の診断における cine MRI の有用性について、タリウム心筋 SPECT の所見を基に比較し検討を加えたので報告する。

II. 検討対象および検査方法

1) 対象症例

1989年5月から1991年2月までに産業医科大学病院放射線科でMRIを施行した41例を対象とし

Table 1 Clinical details of cases

Patient No.	Age(yr) & Sex	Interval from MI to MRI	Q wave on ECG	Interval between MRI & SPECT
1	48M	6(days)	V ₁ -V ₄	8(days)
2	62M	7	V ₁ -V ₃	24
3	67M	6	V ₁ -V ₅	24
4	72M	3	V ₁ -V ₅	24
5	43M	14	I, aV _L , V ₁ -V ₄	17
6	45M	10	V ₁ -V ₃	10
7	69M	20	II, III, aV _F	4**
8	63 F	14	(-)	7
9	33M	16	V ₁ -V ₄	14
10	50M	12	I, aV _L , V ₁ -V ₅	31
11	75M	16	II, III, aV _F	7**
12	70M	9	II, III, aV _F	11
13	59M	13	V ₂ -V ₅	14
14	52M	17	I, aV _L , V ₁ -V ₄	10
15	44M	13	II, III, aV _F	3
16	61 F*	16	V ₁ , V ₂	23
17	67M	26	II, III, aV _F	9
18	68M	10	V ₁	16
19	79 F	15	V ₁ -V ₅	11
20	78 F*	20	V ₁ -V ₃	5**
21	59M	15	V ₁ -V ₃	14
22	44M	19	V ₁ -V ₄	2
23	58M	23	I, aV _L , V ₂ -V ₅	2
24	76M	19	V ₁ -V ₅	9
25	65M	23	V ₁ -V ₄	9
26	71M	34(mos.)	II, III, aV _F	31
27	53M	24	II, III, aV _F	8**
28	62M	32	II, III, aV _F	7
29	51M	20	V ₃ , V ₄	4**
30	48M	77	II, III, aV _F	2
31	67M	12	(-)	5**
32	56M	11	II, III, aV _F	5**
33	70 F	48	(-)	2
34	66M	40	II, III, aV _F	2
35	73M	60	(-)	9
36	78M	21	III, aV _F , V ₁ -V ₄	5**
37	53M	53	II, III, aV _F	5**
38	68 F	1	II, III, aV _F , V ₄ -V ₆	2
39	50M	54	(-)	2
40	60M	9	V ₂ -V ₆	2
41	52M	2	II, III, aV _F , V ₁ -V ₃	26**

MI: myocardial infarction MRI: magnetic resonance imaging SPECT: single photon emission CT

*: reattack of MI **: cine MRI preceded by SPECT studies

た。内訳は前壁、前壁中隔梗塞23例、下壁梗塞15例、後側壁梗塞3例(33~79歳, 男35例, 女6例, 平均60.7歳)である。心筋梗塞の診断は定型的胸痛発作, 心電図所見, 心筋逸脱酵素の上昇により行った。心房細動や期外収縮などの不整脈を有する症例は除外した。

発症からMRI検査までの期間が1週間以内(3~7日, 平均5.5日)を急性群, 1カ月未満(9~26日, 平均16.2日)を亜急性群, 1カ月以上(1カ月~6年5カ月, 平均31.1カ月)の症例を慢性群とした。急性群は4例(男4例, 48~72歳, 平均62.3歳), 亜急性群は21例(男17例, 女4例, 33~79歳, 平均59.9歳), 慢性群は16例(男14例, 女2例, 48~78歳, 平均61.4歳)であった。Table 1に症例の概略と発症からMRI検査までの期間, MRIとSPECTの間隔を示す。症例1~4が急性群, 5~25が亜急性群, 26~41が慢性群である。なお1例(症例19)を除いてcine MRI検査と相前後して心臓カテーテル検査が施行されている。冠動脈造影の結果は1枝病変13例, 2枝病変14例, 3枝病変11例, 左主幹部病変2例であった。

2) 検査方法

cine MRIはSiemens社製Magnetom H15(1.5T)により行った。パルス系列はFLASH法(fast low-angle shot)¹⁷⁾で, エコー時間は12msec, くり返し時間は1心拍を15フレームとするため40~60 msecであり, Flip angleは30度, 加算回数は2回である。血流によるアーチファクトを低減させるため位相方向にrephasingを行っている。マトリクスは位相エンコード方向に128, 周波数エンコード方向に256である。スライス厚は8mmで, 再構成は2次元フーリエ変換法である。1スライス当りの撮像時間は心電図のR-R間隔にもよるが3~4分程度である。

cine MRIの断層方法についてはDinsmoreらの報告¹⁸⁾¹⁹⁾を参考にした。まず患者を右前斜位30度に固定し, 位置決めスピノエコー法(以下SE法と略)で横断像を撮像した。次いで冠状断で長軸正中断層像を得, これに斜位断層を加えることにより短軸, 四腔断層像を得た。短軸断層は左室の長軸中央と心基部側, 心尖側2cmの部位での3

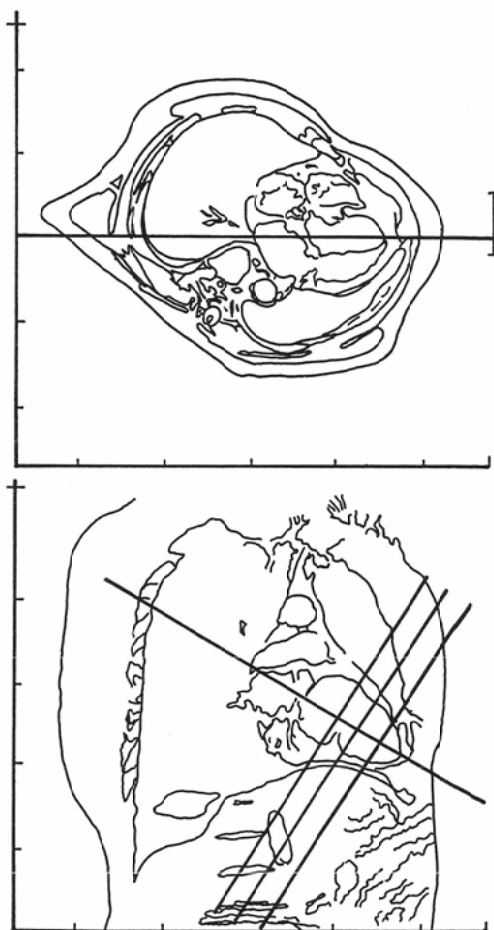


Fig. 1 Scheme for cine MRI positioning

スライスの撮像を原則とした。長軸断層と四腔断層は正中部の1スライスのみ撮像である(Fig. 1)。

タリウム心筋SPECTは²⁰¹TiCl 74MBq静注により行った。島津製ガンマカメラSNC-510Rを使用し, 1方向30秒でLPO 45度からRAO 45度までの180度, 32方向からデータを収集し, Shepp & Loganフィルタを用いて再構成した。さらに左室長軸, 短軸, 四腔断層像を作成した。マトリクスは64×64, スライス厚は約6mm(理論上は6.375mm)である。cine MRIの2cm間隔の短軸断層はSPECT短軸断層の3スライス間隔に相当する。

亜急性群の4例および慢性群の1例では安静時のSPECTで検討したが, 運動負荷心筋SPECT

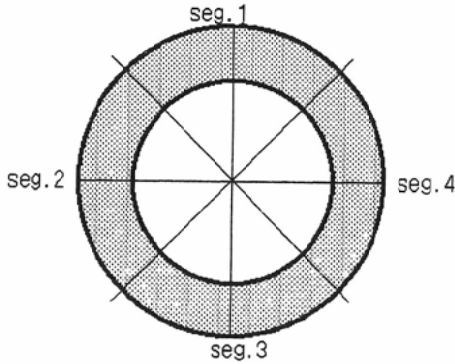


Fig. 2 Cardiac segments in cross section

が行われたその他の症例は3～4時間後の後期画像を検討した。

III. 検討方法

1) cine MRI 左室短軸断層およびこれに対応する SPECT 像について90度ごとに4つの segment に分類した (Fig. 2)。すなわち segment 1～4の順に前壁、中隔、下後壁、側壁となる。

2) SPECT の短軸断層各 segment について梗塞部の判定を行った。これに先立って SNC-510R のソフトウェアにより梗塞判定基準を作成した。正常例として心臓カテーテル検査により虚血性心疾患が否定された11例 (38～68歳, 男9例, 女2例, 平均53.2歳) の運動負荷3～4時間後の SPECT を使用した。11例の心基部, 中央部, 心尖部別に6度ごとの circumferential profile curve²⁰⁾ 作成し, 平均値-2標準偏差の curve を求め判定の基準とした。判定は各 segment の中央で行った。

3) 壁運動は Magnetom と接続してある Kontron Instruments 社製画像処理装置 MIP MR にて観察した。短軸断層の各 segment について normal, hypokinesis, akinesis, dyskinesis に分類し, SPECT の所見との比較を行った。長軸断層, 四腔断層も同様に観察し, とくに弁逆流について注目した。

4) 心筋厚は拡張末期, 収縮末期の短軸断層像を約2.2～3.4倍拡大表示し, 大角四コマ撮りでフィルムに焼き付けて実測した。計測にあたっては各 segment の中央部で JIS 規格ノギスにて拡張末

期, 収縮末期心筋厚を実測し, フィルム上の5cmスケールから換算した。収縮末期心筋厚から拡張末期心筋厚を減じて absolute thickening を求め, これを拡張末期心筋厚で除して %thickening を算出した。これらについて SPECT で判定した健常部と梗塞部で比較した。

5) 各症例について cine MRI と SPECT 所見はそれぞれ独立して観察して検討した。各測定値は平均値±標準偏差で表わし, 統計検定には対応のない2標本t検定を用い, 危険率5%未満をもって有意差ありと判定した。

IV. 結果

短軸断層 cine MRI は患者の耐容限界のため急性群の2例で検査を途中で中止したので心基部で39例, 中央部で41例, 心尖部で40例撮像された。したがって心基部で156segment, 中央部で164segment, 心尖部で160segment について検討できた。これらの segment のうち SPECT で梗塞と判定されたものは心基部49, 中央部58, 心尖部87であった。

1) 壁運動の評価

壁運動の評価は全 segment で可能であった。cine MRI での壁運動の異常な部位を梗塞部とみなした場合, SPECT 所見との診断の一致率は左室中央部前壁 (segment 1) で97.6% (40/41) と最も高く, 心基部中隔 (segment 2) が74.4% (29/39) で最も低かった。合計では85.0% (408/480) で, 左室中央部が89.0% (146/164) の一致率で最も良好で, 心基部が82.7% (129/156) と最も低かった (Table 2)。

次に SPECT で判定した梗塞部, 健常部での cine MRI による壁運動の状態を検討した。SPECT での梗塞部で正常壁運動を示す部位がかなり多く認められた。急性群で心基部66.7% (2/3), 中央部14.3% (1/7), 亜急性群で心基部55.2% (16/29), 中央部16.7% (5/30), 心尖部15.2% (7/46) であった。慢性群でも心基部35.3% (6/17), 中央部9.5% (2/21), 心尖部22.6% (7/31) であった。

逆に SPECT での健常部で異常壁運動を示した部位は急性群ではなく, 亜急性群の中央部13.0

Table 2 Accordance rate of diagnosis between cine MRI and SPECT in each segment

Segment	1	2	3	4	Total
Base	35/39 (89.7)	29/39 (74.4)	35/39 (89.7)	30/39 (76.9)	129/156 (82.7)
Middle	40/41 (97.6)	33/41 (80.5)	36/41 (87.8)	37/41 (90.2)	146/164 (89.0)
Apex	34/40 (85.0)	34/40 (85.0)	33/40 (82.5)	32/40 (80.0)	133/160 (83.1)

(): %

Table 3 Status of wall motion on cine MRI according to SPECT findings in acute infarctions

	SPECT		
	MI	normal	
Base (8)	Normal	2	5
	Hypokinesis	1	0
	Akinesis	0	0
	Dyskinesis	0	0
Middle (16)	Normal	1	9
	Hypokinesis	5	0
	Akinesis	1	0
	Dyskinesis	0	0
Apex (12)	Normal	0	2
	Hypokinesis	6	0
	Akinesis	3	0
	Dyskinesis	1	0

(): No. of segments

MI: segment with myocardial infarction

% (7/54), 心尖部23.4% (9/38)であった。慢性群では心基部6.4% (3/47), 中央部7.0% (3/43), 心尖部12.1% (4/33)であった。これらは亜急性期の心尖部の1 segmentで akinesis がみられたのみで他はすべて hypokinesis であった (Table 3~5)。

軽度の僧帽弁逆流を亜急性群で13例 (13/21, 61.9%), 慢性群で10例 (10/16, 62.5%)に認めた。慢性群の5例に軽度の大動脈弁逆流を認めた。また急性群1例, 亜急性群5例, 慢性群2例に心嚢水を認めた。

2) 心筋厚の評価

フィルムに焼き付けた画像での心筋壁厚の測定についてはアーチファクト, 乳頭筋との分離不良, および心基部, 心尖部における partial volume

Table 4 Status of wall motion on cine MRI according to SPECT findings in subacute infarctions

		SPECT	
		MI	normal
Base (84)	Normal	16	55
	Hypokinesis	10	0
	Akinesis	3	0
	Dyskinesis	0	0
Middle (84)	Normal	5	47
	Hypokinesis	14	7
	Akinesis	9	0
	Dyskinesis	2	0
Apex (84)	Normal	7	29
	Hypokinesis	26	8
	Akinesis	9	1
	Dyskinesis	4	0

(): No. of segments

MI: segment with myocardial infarction

Table 5 Status of wall motion on cine MRI according to SPECT findings in chronic infarctions

		SPECT	
		MI	normal
Base (64)	Normal	6	44
	Hypokinesis	10	3
	Akinesis	1	0
	Dyskinesis	0	0
Middle (64)	Normal	2	40
	Hypokinesis	16	3
	Akinesis	3	0
	Dyskinesis	0	0
Apex (64)	Normal	7	29
	Hypokinesis	14	4
	Akinesis	8	0
	Dyskinesis	2	0

(): No. of segments

MI: segment with myocardial infarction

effect などのため測定不可能な segment があった。測定可能であったのは心基部で76.9% (120/156), 中央部で95.1% (156/164), 心尖部で88.8% (142/160) であり, 左室中央部での画質が最も良好であった。壁厚測定が可能であった418(87.1%)の segment について SPECT 所見で判定した梗塞部と健常部に分けて検討した。

Table 6 Thickness of myocardium measured on cine MRI in acute myocardial infarctions

		SPECT					
		Base		Middle		Apex	
		MI	normal	MI	normal	MI	normal
Thickness, diastole	(mm)	8.6±1.4	9.6±0.2	9.6±4.7	8.9±1.2	8.4±2.0	8.4±0.1
		N.S.		N.S.		N.S.	
Thickness, systole	(mm)	11.2±2.1	13.1±1.1	12.2±6.3	16.4±1.6	9.3±2.7	16.7±0.1
		N.S.		N.S.		N.S.	
Absolute thickening	(mm)	2.6±0.7	3.5±0.8	2.6±2.9	7.5±1.5	1.0±0.9	8.3±0.1
		N.S.		p<0.001		N.S.	
% thickening	(%)	30.0±3.3	36.6±8.1	25.5±26.3	86.1±22.2	11.3±9.7	99.4±2.5
		N.S.		p<0.001		N.S.	
		(2)	(2)	(7)	(9)	(9)	(2)

MI: segment with myocardial infarction
(): No. of segments

Table 7 Thickness of myocardium measured on cine MRI in subacute myocardial infarctions

		SPECT					
		Base		Middle		Apex	
		MI	normal	MI	normal	MI	normal
Thickness, diastole	(mm)	10.6±3.1	9.7±2.2	8.2±2.6	9.9±2.1	7.5±2.3	8.9±1.7
		N.S.		p<0.005		p<0.005	
Thickness, systole	(mm)	12.5±3.4	13.1±3.1	10.1±4.2	15.0±2.8	9.0±3.7	13.7±3.4
		N.S.		p<0.001		p<0.001	
Absolute thickening	(mm)	1.9±1.8	3.4±2.5	1.8±2.3	5.1±2.2	1.6±2.1	4.7±2.2
		p<0.05		p<0.001		p<0.001	
% thickening	(%)	20.6±19.6	37.3±27.0	20.2±24.7	53.0±26.0	18.7±23.8	51.5±22.9
		p<0.05		p<0.001		p<0.001	
		(22)	(45)	(29)	(49)	(42)	(32)

MI: segment with myocardial infarction
(): No. of segments

Table 8 Thickness of myocardium measured on cine MRI in chronic myocardial infarctions

		SPECT					
		Base		Middle		Apex	
		MI	normal	MI	normal	MI	normal
Thickness, diastole	(mm)	7.7±1.4	10.4±2.1	7.8±1.7	10.7±2.1	6.9±2.5	9.6±1.6
		p<0.001		p<0.001		p<0.001	
Thickness, systole	(mm)	8.9±2.2	12.6±3.2	9.6±2.9	16.4±3.3	8.8±4.1	15.0±3.3
		p<0.001		p<0.001		p<0.001	
Absolute thickening	(mm)	1.2±2.2	2.1±2.5	1.8±1.7	5.7±2.3	1.9±2.4	5.4±2.5
		N.S.		p<0.001		p<0.001	
% thickening	(%)	17.5±31.0	21.1±24.0	20.8±20.2	54.7±25.1	24.3±28.8	56.6±27.3
		N.S.		p<0.001		p<0.001	
		(16)	(33)	(21)	(41)	(29)	(28)

MI: segment with myocardial infarction
(): No. of segments

急性群では拡張期心筋厚, 収縮期心筋厚には有意差はなかった. 中央部の absolute thickening, %thickening のみ有意差が認められ, 健常部と梗塞部の %thickening はそれぞれ平均86.1%,

25.5%であった (Table 6).

亜急性群においては中央部, 心尖部では拡張期心筋厚, 収縮期心筋厚, absolute thickening, % thickening とも有意差が認められた. 健常部の拡

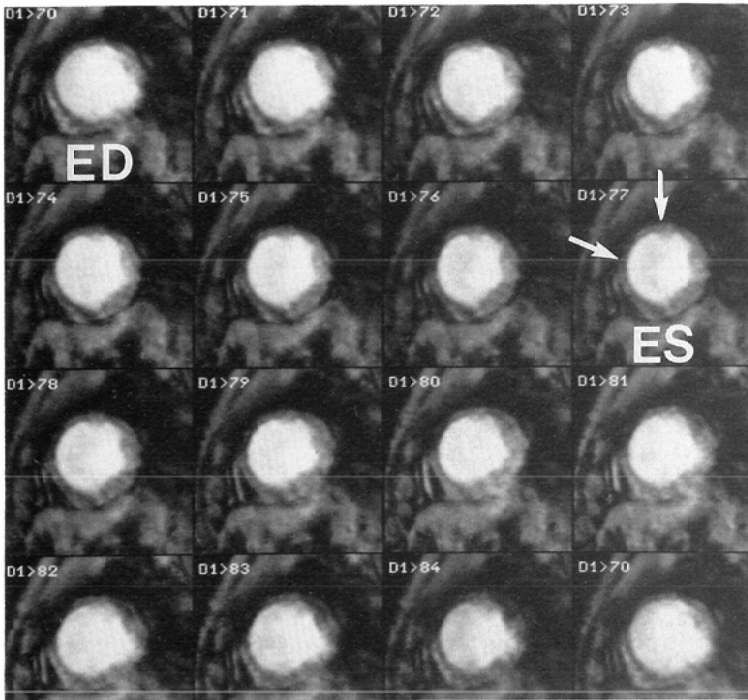


Fig. 3A

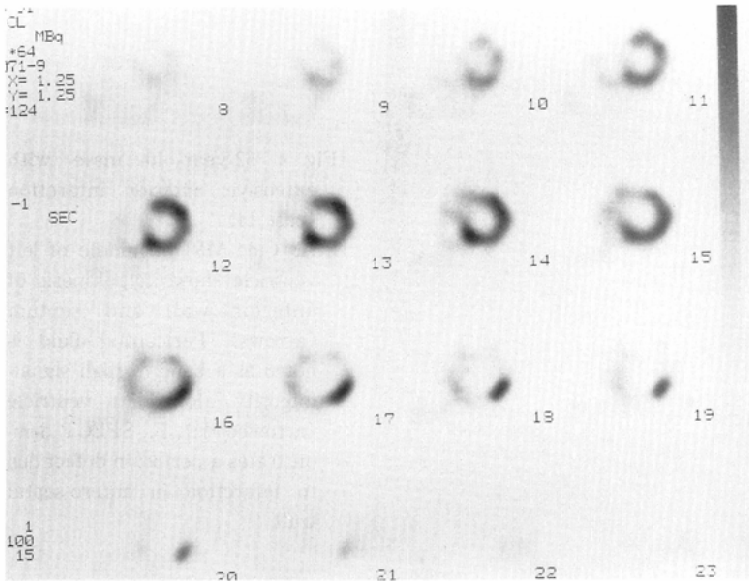


Fig. 3B

Fig. 3 58-year-old male with anterior infarction (case 23). A, Cine MRI of apex of left ventricle shows a marked thinning of anteroseptal wall (arrows). B, SPECT reveals an extensive perfusion defect due to infarction.

張末期左室心筋厚は中央部, 心尖部で平均9.9 mm, 8.9mm, 梗塞部では8.2mm, 7.5mmであった。%thickeningは健常部の中央部, 心尖部で平均53.0%, 51.5%, 梗塞部ではそれぞれ20.2%,

18.7%であった (Table 7)。

慢性群でも中央部, 心尖部での各計測値の間には有意差を認めた。健常部の中央部, 心尖部で平均拡張末期左室心筋厚は平均10.7mm, 9.6mm,

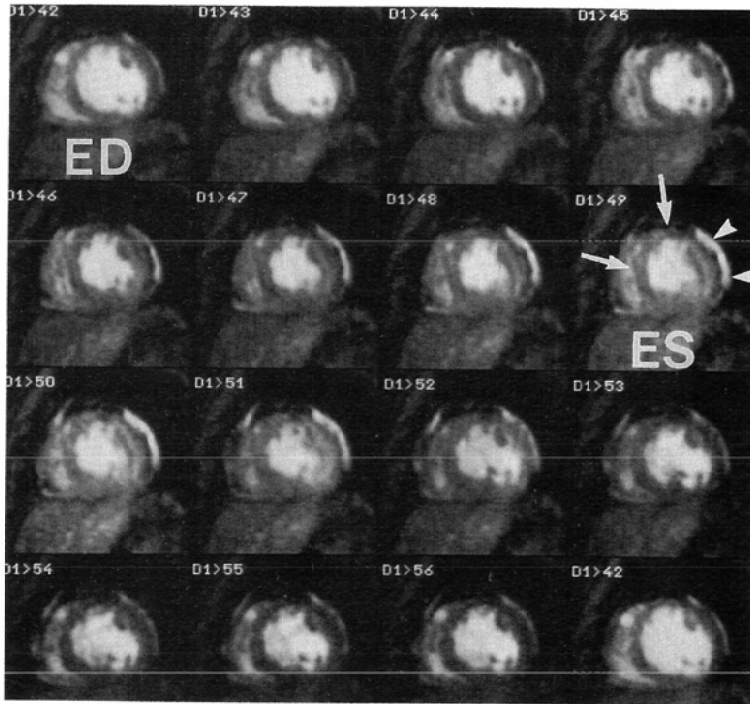


Fig. 4A

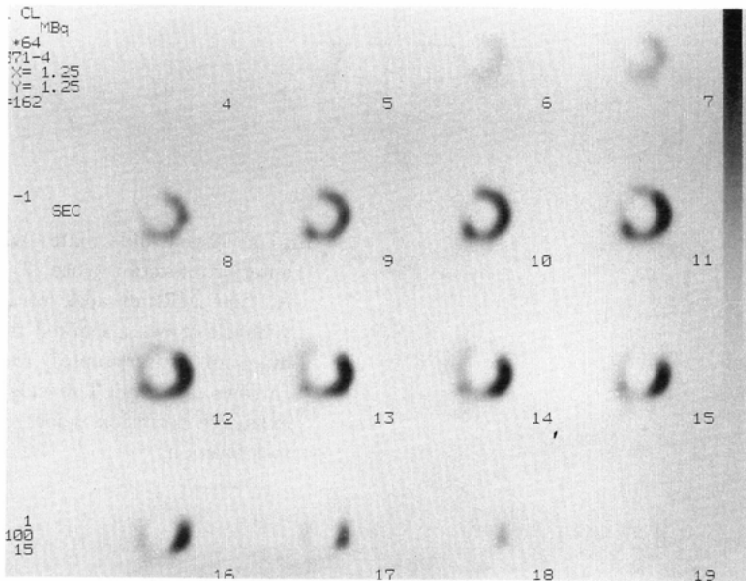


Fig. 4B

Fig. 4 52-year-old male with extensive anterior infarction (case 14).

A. Cine MRI of middle of left ventricle shows hypokinesis of anterior wall and septum (arrows). Pericardial fluid is noted as a band of high signal-intensity along left ventricle (arrowheads). B. SPECT demonstrates a perfusion defect due to infarction in antero-septal wall.

梗塞部では7.8mm, 6.9mmであった。健常部の% thickeningは中央部, 心尖部で平均54.7%, 56.6%であり, 梗塞部ではそれぞれ20.8%, 24.3%であった (Table 8)。亜急性群, 慢性群とも心基部では十分な有意差はなかった。

Fig. 3に亜急性群の1例 (症例23)を示した。cine MRI (Fig. 3a)は左室心尖部の断層で発症23日後に撮像した。壁運動は中隔が akinesis であり, 他の segment も hypokinesis と判定された。また前壁中隔の菲薄化が高度である。SPECT (Fig. 3b)では前壁中隔心尖部に広範囲の欠損像を認める。

心嚢水を認めた症例 (症例14)を Fig. 4に示した。cine MRI (Fig. 4a)は左室中央部の断層で発症17日後に撮像した。前壁, 中隔が hypokinesis と判定された。心嚢水は心外膜に沿った高信号領域として認められる。SPECT (Fig. 4b)では前壁中隔に明瞭な欠損が見られる。

V. 考 察

MRIでは心電図同期が容易に実施できるため⁵⁾, 臨床研究でも初期にはSE法のT2強調画像を用いて急性梗塞の評価を行った報告が多い^{21)~29)}。SE法の利点は造影剤を使用しないで心内腔, 心筋などの良好なコントラストを得ることができる点にあり, 特に高速の血液の信号がないために心筋の性状を観察するのに適している¹⁵⁾²¹⁾。T2強調撮像法は撮像時間が長く, S/N比も悪く, その画像は必ずしも満足できるものでない。Gd-DTPAによる造影MRIは検査時間の短縮と梗塞部と健常部の良好なコントラストを提供するが²⁶⁾, 陳旧性心筋梗塞では臨床的意義は少ない²⁷⁾。

これに対してグラジエントエコーを用いる cine MRIは短くくり返し時間と小さい flip angle の RF pulse を利用するものである。時間分解能がSE法に比べて極めてよく, 超音波断層法 (2-dimensional echocardiography, 以下2-D echo と略)やX線シネ撮影のそれに近づいていると思われる⁷⁾¹⁷⁾。

cine MRIでは血液が高信号になるため⁶⁾⁷⁾, 壁運動を観察するには都合がよい。壁運動の判定は視覚的な方法であるが左室造影, 心プル法,

2D-echo などでも広く行なわれており, 簡便な方法である。壁運動とタリウム心筋 SPECT との比較では左室中央部での診断の一致が最もよく, 心基部で最も悪い結果であった。SPECTで梗塞と判定された部位で正常壁運動の部位が急性群で3 segment, 亜急性群で28segment, 慢性群で15segmentにみられた。逆にSPECTで健常部と判定された部位で hypokinesis が亜急性群で15segment, 慢性群で10segmentあった。

今回の検討に使用したタリウム心筋 SPECTは運動負荷を行ったものがほとんどであり, 3~4時間後の後期像では viable な部位への再分布が完成していなかった可能性がある。虚血性心疾患に安静時のみの心筋 SPECT を施行することは少なく, 運動負荷により虚血を検出することがタリウム心筋 SPECT の大きな目的となっている。この場合後期像では viable な虚血部を過小評価している可能性がある。これを補うために24時間後撮像法, 後期像収集後に²⁰¹Tl少量追加投与して撮像する方法などが検討されている²⁸⁾²⁹⁾。運動負荷 SPECT で心筋梗塞の範囲を詳細に診断するとき, cine MRIでの壁運動の所見を参考にすることは有用であると思われる。Zifferらも梗塞瘢痕の診断に SPECT と cine MRI を比較し, SPECTで瘢痕と判定された部位でも cine MRIで正常と判定される部位があり, viability の判定における cine MRIの有用性を強調している³⁰⁾。

計測された拡張末期心筋厚は心基部を除いて亜急性群, 慢性群では SPECT で判定した健常部と梗塞部で有意差を認めた。absolute thickening, % thickening も同様の結果であった。発症から1週間以内の急性群は症例数が少なかったが, 壁の有意な菲薄化は出現していない。しかし梗塞部の% thickening は小さく, 収縮力の低下を反映していると考えられた。また逆に健常部の% thickening が大きい傾向であり, 代償性に hyperkinetic になっている可能性がある。

正常者の absolute thickening, %thickening の値には多様性があり^{8)9)31)~33)}, これらの正常値を一律に決めるのは難しいが, この測定は局所左心機

能の有用な指標となりうると思われる⁸⁾、absolute thickeningが2mm以下の場合これまでの報告⁸⁾⁹⁾のように梗塞部の可能性が高いといえる。% thickeningについては梗塞部で20%台以下、健常部で50%台以上が診断の目安として妥当である。心筋梗塞の診断に心筋収縮の解析⁷⁾³⁴⁾、非薄化の所見は重要であり⁹⁾²⁵⁾、非侵襲的に壁運動のみならずこれらを評価できる cine MRI の意義は大きい。

フィルムに焼き付けた cine MRI の画像は必ずしも十分な画質ではなく、心筋厚の測定にあたっては画質不良のために計測不可能な部位が480 segment 中62個 (12.9%) 存在した。この傾向は特に心基部において強かった。cine MRI のスライス厚8mm では partial volume effect も少なくないと思われるが、スライス厚を薄くすると信号強度の低下が予想される³⁵⁾。SPECT でも心基部中隔は流出路を含む可能性があり、取り込みが悪く、個人差も大きく評価が困難である¹⁴⁾。

今回の検討から cine MRI での視覚的な心筋梗塞の診断には壁運動での akinesis, dyskinesis および心筋の非薄化をもって判定するのが確実であると思われる。急性例では明らかな非薄化が出現していないこともあり、収縮の目安である % thickening も有用な情報である。hypokinesis は梗塞部以外でも認められ³⁶⁾、しかもその判定に主観が入りやすいと考えられるのでこの所見のみで梗塞とは判定できないと思われる。

本研究での MRI 撮像法は CT のような体軸に対する断層ではなく、左室軸に対する断層である。cine MRI で心筋梗塞の診断を行う際、比較の対象としては同一の断層面で検討が可能な SPECT が最も適当である。またタリウム SPECT は心筋灌流を評価する方法ではあるが、心筋梗塞の診断にも有力な検査法である。短軸断層 cine MRI は解剖学的な左室の segment が同定しやすく¹⁹⁾、心筋厚の測定にあたっては心筋が斜にスライスされることが最も少ないと思われる。SPECT の circumferential profile も短軸での評価に最も適している¹⁴⁾。撮像にあたっては患者を一律に右前斜位30度としたが、今回の検討でも示されたように臨牀的には十分有用な情報を得ることが可能で

あった¹⁸⁾。

短軸断層とともに左室正中での長軸、四腔断層を行うことにより心機能の評価、弁逆流の検出も可能である。とくに僧帽弁逆流の合併は比較的多く³⁷⁾³⁸⁾、この逆流による turbulence の検出にも cine MRI は感度が高く、2-D echo、左室造影とも高い相関があると報告されている¹²⁾¹³⁾³⁷⁾³⁹⁾。

cine MRI の最大の難点は重篤な患者では検査が行いにくいことであり³⁸⁾、今回の症例でも急性群の2例で途中で検査を中止せざるをえなかった。高磁場の中での検査のため駆動装置を有する医療機器、心臓ペースメーカーを装着した患者の検査は不可能であり¹⁰⁾、心電図同期のため不整脈を有する症例も不相当である。高速撮像法を採用しても患者を狭いガントリーの中に30~40分固定しなければならないことは、非侵襲的であるとはいえ、2-D echo の手軽さに比べると患者の負担も大きい。しかしさらに検査時間の短縮が可能な超高速撮像法も実用化されており⁴⁰⁾、今後の発展が期待できる。

VI. 結 語

心筋梗塞の診断における左室短軸断層 cine MRI の有用性をタリウム心筋 SPECT の所見を基に41症例、480segment について検討して以下の結論を得た。

1) シネモードで cine MRI 左室短軸断層を観察することにより、左室壁運動を詳細に評価可能であった。壁運動による SPECT との診断の一致率は全体で85.0%であった。左室中央部が89.0%と最も良く、心基部が82.7%と最も悪かった。

2) SPECT での梗塞部で正常壁運動の部位が急性群、亜急性群、慢性群合わせて46segment あった。運動負荷心筋 SPECT で心筋梗塞の診断を行う際、cine MRI での壁運動所見を参考にして判定することは有用であると考えられた。

3) フィルムに焼き付けた画像での心筋厚の計測は418segment (87.1%) で測定可能であったがその画質は必ずしも十分ではなかった。このうち左室中央部での画質が最も良好であった。

4) 亜急性群、慢性群では SPECT での梗塞部は健常部に比して有意に測定された心筋厚が薄

く、収縮が低下していた。しかし急性群では菲薄化が完成されていないことがあり、%thickeningが有用な指標となりうる。心基部においては壁厚測定信頼性は低く、SPECTとの比較は困難である。

5) cine MRIでの心筋梗塞の視覚的診断は壁運動での akinesis, dyskinesis および心筋厚の菲薄化をもって判定するのが確実である。

6) cine MRIは心筋梗塞の診断に有用な非侵襲的検査法である。とくにその利点は壁運動の観察のみならず、心筋厚の測定、心機能の評価、弁逆流の検出などが容易に行えることにある。

本論文の要旨の一部は1989年9月、日本核磁気共鳴医学会総会（東京）において発表した。

稿を終えるにあたり、懇切なる御校閲を賜った産業医科大学放射線科学教室中田 肇教授、ならびに貴重な症例を提供いただいた第二内科黒岩昭夫教授をはじめご協力いただいた両教室の皆様へ深謝致します。

文 献

- 1) Herfkens RJ, Higgins CB, Hricak H, et al: Nuclear magnetic resonance imaging of the cardiovascular system: Normal and pathologic findings. *Radiology* 147: 749-759, 1983
- 2) Crooks LE, Barker B, Chang H, et al: Magnetic resonance imaging strategies for heart studies. *Radiology* 153: 459-465, 1984
- 3) McNamara MT, Higgins CB: Cardiovascular applications of magnetic resonance imaging. *Magn Reson Imag* 2: 167-186, 1984
- 4) Higgins CB, Byrd BF, McNamara MT, et al: Magnetic resonance imaging of the heart: A review of the experience in 172 subjects. *Radiology* 155: 671-679, 1985
- 5) Higgins CB: Overview of MR of the heart -1986. *AJR* 146: 907-918, 1986
- 6) Utz JA, Herfkens RJ, Heinsimer JA, et al: Cine MR determination of left ventricular ejection fraction. *AJR* 148: 839-843, 1987
- 7) Sechtem U, Pflugfelder PW, White RD, et al: Cine MR imaging: Potential for the evaluation of cardiovascular function. *AJR* 148: 239-246, 1987
- 8) Pflugfelder PW, Sechtem U, White RD, Higgins CB: Quantification of regional myocardial function by rapid cine MR imaging. *AJR* 150: 523-529, 1988
- 9) Sechtem U, Sommerhoff BA, Markiewicz W, et al: Regional left ventricular wall thickening by magnetic resonance imaging: Evaluation in normal persons and patients with global and regional dysfunction. *Am J Cardiol* 59: 145-151, 1987
- 10) Meese RB, Spritzer CE, Negro-Vilar R, et al: Detection, characterization and functional assessment of reperfused Q-wave acute myocardial infarction by cine magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol* 66: 1-9, 1990
- 11) Stechtem U, Pflugfelder PW, Gould RG, et al: Measurement of right and left ventricular volumes in healthy individuals with cine MR imaging. *Radiology* 163: 697-702, 1987
- 12) Utz JA, Herfkens RJ, Heinsimer JA, et al: Valvular regurgitation: Dynamic MR imaging. *Radiology* 168: 91-94, 1988
- 13) Aurigemma G, Reichek N, Schiebeler M, et al: Evaluation of mitral regurgitation by cine magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol* 66: 621-625, 1990
- 14) 玉木長良, 児玉秋生, 米倉義晴, 他: タリウム心筋エミッションCTの定量評価(第1報). 健常心筋の検討, 核医学, 21: 35-40, 1984
- 15) 玉木長良, 児玉秋生, 米倉義晴, 他: タリウム心筋エミッションCTの定量評価(第2報). 虚血病変の大きさの計測, 核医学, 21: 823-830, 1984
- 16) 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, Planr像の視覚的診断との対比を含めて—, 核医学, 24: 99-114, 1987
- 17) Haase A, Frahm J, Matthaei D, et al: FLASH imaging. Rapid NMR imaging using low flip-angle pulses. *J Magn Reson* 67: 258-266, 1986
- 18) Dinsmore RE, Wismer GL, Levine RA, et al: Magnetic resonance imaging of the heart: Positioning and gradient angle selection for optimal imaging planes. *AJR* 143: 1135-1142, 1984
- 19) Dinsmore RE, Wismer GL, Miller SW, et al: Magnetic resonance imaging of the heart using image planes oriented to cardiac axes: Experience with 100 cases. *AJR* 145: 1177-1183, 1985
- 20) 西村恒彦, 植原敏勇, 林田孝平, 他: circumferential profile analysis法を用いた²⁰¹Tl心筋シンチグラムによる梗塞, 虚血部位の判定, 呼と循, 30: 895-901, 1982
- 21) Fisher MR, McNamara MT, Higgins CB: Acute myocardial infarction: MR evaluation in 29 patients. *AJR* 148: 247-251, 1987
- 22) Wesbey G, Higgins CB, Lanzer P, et al: Imaging and characterization of acute myocardial

- infarction in vivo by nuclear magnetic resonance. *Circulation* 69 : 125-130, 1984
- 23) Ranter AV, Okada RD, Newell JB, et al : The relationship between proton nuclear magnetic resonance relaxation parameters and myocardial perfusion with acute coronary arterial occlusion and reperfusion. *Circulation* 71 : 823-828, 1985
- 24) McNamara MT, Higgins CB, Schechtman N, et al : Detection and characterization of acute myocardial infarction in man with use of gated magnetic resonance. *Circulation* 71 : 717-724, 1985
- 25) Filipchuk NG, Peshock RM, Malloy CR, et al : Detection and localization of recent myocardial infarction by magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol* 58 : 214-219, 1986
- 26) Roos A, Doornbos J, Wall E, Voorthuisen A : MR imaging of acute myocardial infarction : Value of Gd-DTPA. *AJR* 150 : 531-534, 1988
- 27) Nishimura T, Kobayashi H, Ohara Y, et al : Serial assessment of myocardial infarction by using gated MR imaging and Gd-DTPA. *AJR* 153 ; 715-720, 1989
- 28) 大谷 弘, 玉木長良, 米倉義晴, 他 : 運動負荷²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィにおける安静時少量追加投与の試み (第1報) -24時間像および局所壁運動との対比検討-, *核医学*, 27 : 9-15, 1990
- 29) Dilsizian V, Smeltzer WR, Freedman NMT, et al : Thallium reinjection after stressredistribution imaging. Does 24-hour delayed imaging after reinjection enhance detection of viable myocardium? *Circulation* 83 : 1247-1255, 1991
- 30) Ziffer J, Pettigrew RI : Dynamic cardiac MRI to assess viable vs scarred myocardium : Comparison with SPECT TL-201 (abstr). *Magn Reson Imag* 6 : 98, 1988
- 31) Fisher MR, Schulthess GK, Higgins CB : Multiphasic cardiac magnetic resonance imaging : Normal regional left ventricular wall thickening. *AJR* 145 : 27-30, 1985
- 32) Pandian NG, Skorton DJ, Collins SM, et al : Heterogeneity of left ventricular segmental wall thickening and excursion in 2-dimensional echocardiograms of normal human subjects. *Am J Cardiol* 51 : 1667-1673, 1983
- 33) Haendchen RV, Wyatt HL, Maurer G, et al : Quantitation of regional cardiac function by two-dimensional echocardiography. I. Patterns of contraction in the normal left ventricle. *Circulation* 67 : 1234-1245, 1983
- 34) Lieberman AN, Weiss JL, Jugdutt BI, et al : Two-dimensional echocardiography and infarct size : Relationship of regional wall motion and thickening to the extent of myocardial infarction in dog. *Circulation* 63 : 739-746, 1981
- 35) 大西修作, 福井須賀男, 瀧美千里, 他 : MRIによる心室壁厚, 心室内径の計測における slice thicknessの影響について, *日磁医誌*, 8 : 226-233, 1989
- 36) Weiss JL, Bulkley BH, Hutchins GM, Mason SJ : Two-dimensional echocardiographic recognition of myocardial injury in man : Comparison with postmortem studies. *Circulation* 63 : 401-408, 1981
- 37) Nishimura T, Yamada N, Itoh A, Miyatake K : Cine MR imaging in mitral regurgitation : Comparison with color doppler flow imaging. *AJR* 153 : 721-724, 1989
- 38) 西村恒彦, 山田直明, 松尾剛志, 他 : 心電図同期SE法およびシネMRIによる心筋梗塞の診断, *日磁医誌*, 9 : 20-27, 1989
- 39) Schiebler M, Axel L, Reichek N, et al : Correlation of cine MR imaging with two-dimensional pulsed doppler echocardiography in valvular insufficiency. *J Comput Assist Tomogr* 11 : 627-632, 1987
- 40) 藤井清文 : 超高速イメージング, *画像診断*, 11 : 740-743, 1991