

虚血性心疾患に対する高速スピネコー法 心筋 T₂ 強調像の有用性

星 俊子

埼玉県立小原循環器病センター放射線科

はじめに

心筋異常におけるスピネコー法（以下 SE 法と略す）の有用性はすでに多く報告されている。なかでも虚血性心疾患については、T₂ 強調像を用いて動物実験および臨床例で梗塞、虚血、再灌流領域などの検討がなされている^{1),2)}。しかし、T₂ 強調像は撮像時間が長く、得られる画像は不良で詳細な検討が難しいため、現在では T₂ 強調像が使われることは少なく、心筋梗塞の検討はもっぱら造影後 T₁ 強調像によって行っている。

今回、虚血性心疾患の評価にターボスピネコー法（Turbo SE 法、以下 TSE 法と略す）T₂ 強調像を用い、画像評価を行った。心臓の全断面を同一心時相で撮像する方法を考案し、その臨床的有用性につき検討した。

対象と方法

対象は、1995 年 1 月から同年 9 月までの間に埼玉県立小原循環器病センターで虚血性心疾患の臨床診断のもとに MRI 検査が施行された 26 症例（男性 22 名、女性 4 名）、年齢 34 才～81 才（平均 60.5 才）で、内訳は発症後 5～15 日（平均 9.9 日）の急性心筋梗塞 18 例、陳

旧性心筋梗塞 2 例、不安定狭心症 6 例である。高齢のため心臓カテーテル検査が行なわれなかった 1 例を除き、25 例で冠状動脈造影が行なわれている。健常成人 10 名をコントロールとした。内訳は男性 8 名、女性 2 名で年齢は 27 才～39 才（平均 32.0 才）である。画像の評価は健常例および急性心筋梗塞 12 例、陳旧性心筋梗塞 2 例、不安定狭心症 6 例の 20 症例で行ない、病変範囲の検討は急性心筋梗塞 18 例で行なった。装置は 1.5 T 超伝導 MR 装置（Philips 社製 Gyroscan ACS II）を使用した。撮像断面は左心室短軸像とし、SE 法は繰り返し時間（TR）を 2 心拍（1600～2000 ms）、エコー時間（TE）を 25 ms と 80 ms とした。マトリックス数は 173×256、2 回加算、FOV 300 mm、スライス厚 8 mm とした。TSE 法は実効エコー時間（TE_{eff}）を 90 ms、4 回加算、ターボファクターは 13 とし、他の撮像パラメーターは SE 法と同じとした。使用装置に組み込まれている RR interval window を用い、1 RR の間に 1 回のみ RF pulse がかかるように設定し、心時相を全スライスで同一にした。R 波から RF pulse の時間を trigger delay で自由に設定できるのでこの両者の設定で任意の心時相を撮像できることになる（Fig. 1）。心時相は trigger delay を 200 ms とし、収縮期を用いた。上記の条件で撮像時間は SE 法では複

キーワード MRI, ischemic heart disease, T₂ weighted image, rapid imaging

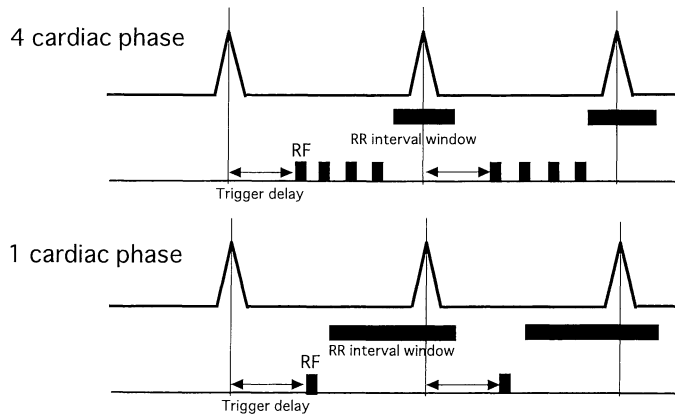


Fig. 1. Image sequence at single cardiac phase. Optimal RR interval window was set in order to make all images single cardiac phase. Trigger delay was placed in order to select cardiac phase.

数心時相の撮像で7~10分、TSE法では全スライスを同一心時相で撮像して4~6分であった。健常成人も同様のSE法とTSE法の画像を撮像した。

さらにTSE法の撮像パラメーターの最適化の決定のために、健常成人ではTRを2RRと3RR、TEeffを90msと120ms、位相エンコード方向を前後方向と頭尾方向と変化させて撮像し、最適のパラメーターを画像から評価した。ターボファクターは13, 9, 5と変化させて撮像し最適値を求めた。

臨床例の画像評価はSE法とTSE法の両方の左心室短軸像を撮像した虚血性心疾患例20例の画像を放射線科医2名により、3: excellent, 2: good, 1: moderate, 0: poorの4段階に分け、定量化した。不安定狭心症6例を除いた急性および陳旧性心筋梗塞例の14例で病変部に対し、2: obvious, 1: suspicious, 0: unclearの3段階評価を定め、病変の描出能を比較した。

急性心筋梗塞の18例には、発症後3日~7日(平均4.8日)に¹²³I-BMIPP SPECT およ

び²⁰¹Tl SPECTを行ない、TSE法T₂強調像の高信号域と¹²³I-BMIPP SPECTおよび²⁰¹Tl SPECTの集積低下域を比較した。ガンマカメラは島津社製SNC-510Rを用いた。TSE法T₂強調像左室短軸像より高信号域を同心円上にトレースしてBull's eye表示をつくり(Fig. 2)、SPECTのBull's eyeと比較した。

結 果

健常成人のSE法とTSE法の比較では、10例全例(100%)でTSE法を用いたT₂強調像の方が短い撮像時間で信号雑音比の良い画像を得ることが出来た(Fig. 3)。

パラメーターの検討では、TRを2RRと3RRで画像を比較するとノイズの多寡、動きのアーチファクト、心筋輝度の均一度については10例中7例(70%)で同等であった。2例(20%)では、TRを3RRとした画像の方が動きによるアーチファクトが著明であった。1例で3RRの方が心筋輝度の均一度の点でま

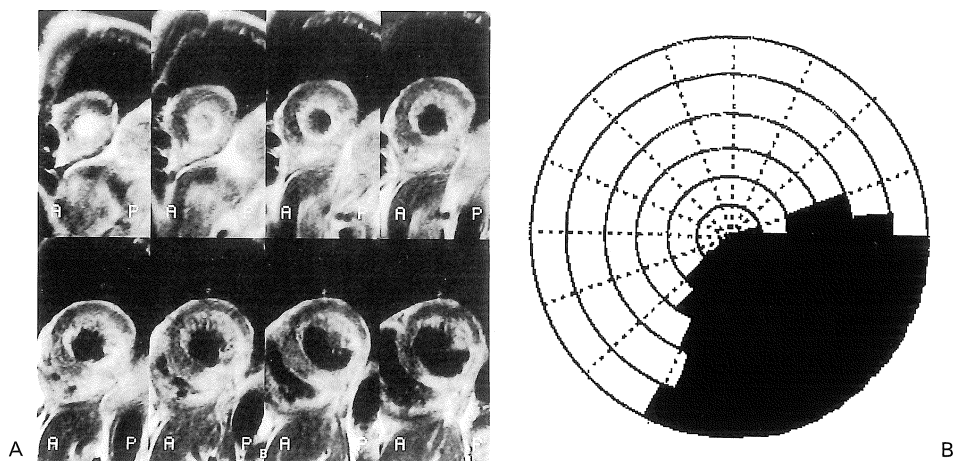


Fig. 2. Acute myocardial infarction (inferior wall).
 A. T₂ weighted cardiac images using turbo spin echo method. Short axis multislices of left ventricle from apex to base in order. Inferior wall shows high intensity, and clear contrast to normal myocardium. B. Bull's eye of MRI.

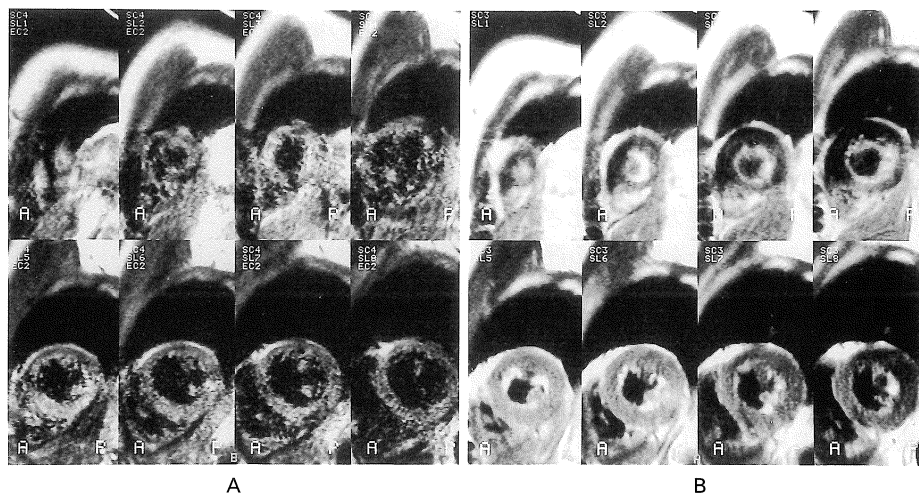


Fig. 3. Normal volunteer. Short axis multislices of left ventricle from apex to base in order.
 A. Conventional SE. Multicardiac phase. Scan time was 9 min and 38 s. B. Turbo SE. Single cardiac phase. Scan time was 5 min and 52 s. Images were better than conventional SE images.

なった。TEeffは、120 ms では 10 例 全 例 (100%) でノイズが目立つ画像となった。動きのアーチファクト、心筋輝度の均一度の点でも 90 ms の方が良好であった。位相エンコード方向の検討では、頭尾方向では前後方向に比

べ 6 例 (60%) で横隔膜の動きによるアーチファクトが目立ち心筋に重なった。横隔膜にうまくプレサチュレーションパルスを入れることができた 3 例 (30%) では、心筋の均一度の点で頭尾方向の方が良好な画像であった。ター

ボファクターを 13, 9, 5 と変化させて撮像すると信号雑音比, 心筋輝度の均一度, アーチファクトの多寡, いずれの点でも 10 例全例 (100%) で良好な画像から順に 13, 9, 5 であった。

臨床例での検討では, 虚血性心疾患例 20 例の画像の評価は, TSE 法の 2 名の放射線科医のスコア平均は 1.8 と 1.5 であり, 一方 SE 法では 0.9 と 0.4 であった (Table 1)。

急性および陳旧性心筋梗塞例 14 例の病変描出能の評価では TSE 法のスコア平均は 1.2 と

1, 一方 SE 法では 0.8 と 0.4 であった (Table 2)。尚, 不安定狭心症 6 例は TSE 法, SE 法のいずれも病変部位がはっきりしなかった。

急性心筋梗塞例 18 例での TSE 法と心筋 SPECT との比較では, 異常を示す領域の広いほうから MRI, ¹²³I-BMIPP, ²⁰¹Tl の順になっている例が 15 例, MRI, ¹²³I-BMIPP, ²⁰¹Tl の異常領域がほぼ等しい例が 2 例, ¹²³I-BMIPP の心筋への取り込みがなく MRI の異常領域が ²⁰¹Tl より広い例が 1 例であった (Table 3)。

Table 1. Image Quality of 20 Ischemic Heart Disease Patients

SCORE		3 (excellent)	2 (good)	1 (moderate)	0 (poor)	mean
TSE	observer A	6	6	6	2	1.8
	observer B	3	4	12	1	1.5
SE	observer A	1	3	9	7	0.9
	observer B	0	3	2	15	0.4

Table 2. Detectability of Infarcted Lesions
14 Acute Myocardial Infarctions

SCORE		2 (obvious)	1 (suspicious)	0 (unclear)	mean
TSE 法	Observer A	7	3	4	1.2
	Observer B	4	6	4	1
SE 法	Observer A	2	7	5	0.8
	Observer B	1	5	8	0.4

Table 3. Comparison of Abnormal Area between MRI and SPECT
18 Acute Myocardial Infarctions

	number
Tl < BMIPP ≤ MRI	15
Tl = BMIPP = MRI	2
Tl < MRI	1
total	18

考 察

従来 Olson ら³⁾は、高速スピエコー法を用いた心筋のMRIで、ターボファクターが大きくなると画像は不良になり高速スピエコー法は心筋の撮像には向かないと報告しているが、今回の検討ではターボファクターが大きいほうが画像が良好になるという前述の報告と異なる結果が得られた。これは高速スピエコー法で画像の良否を決定する因子は180°パルス間隔である echo spacing であるためと考えた。高速スピエコー法では90°パルスから中央の180°パルスまでがTEeffである。echo spacingをES、ターボファクターをTFとすれば、

$$(TF+1) \times ES = 2 \times TE_{eff}$$

という関係式が成り立つ (Fig. 4)。今回我々の用いた装置では、TEeffとターボファクターの両者が可変パラメーターであり、TEeffを一定にするという条件下ではターボファクターを大きくすると echo spacing が小さくなる。これまでの報告例はターボファクターを大きくす

ると echo spacing が長くなる装置を用いたものであり、今回我々の結果と異なると考えた。

今回の検討に用いたパルス系列では高い病変の描出能が得られたが、これはノイズが少なくアーチファクトの少ない画像が得られたことに加えて、TSE法を用いることで magnetization transfer effect が加味されるため、心筋の信号が低下し病変部とのコントラストがSE法より強調されたためと考えた⁴⁾。

SE法では断面によって心時相が異なっていた。今回用いた撮像法は全撮像面を任意の同一心時相で撮像可能である。全撮像面を心筋の厚い収縮期の画像としたことも病変描出能を良好にした一因と考えた。さらにこの方法を用いれば心筋厚の検討も容易となる。

急性心筋梗塞例のTSE法を用いたT₂強調像とSPECTとの比較では、¹²³I-BMIPPの取り込みのあった全例で、T₂強調像の高信号域は¹²³I-BMIPPの集積低下域と同等以上であった。¹²³I-BMIPPは心筋の脂肪酸代謝を表現しており、その集積低下域については梗塞部位を表わす²⁰¹Tlの集積低下域より広く、心筋虚血

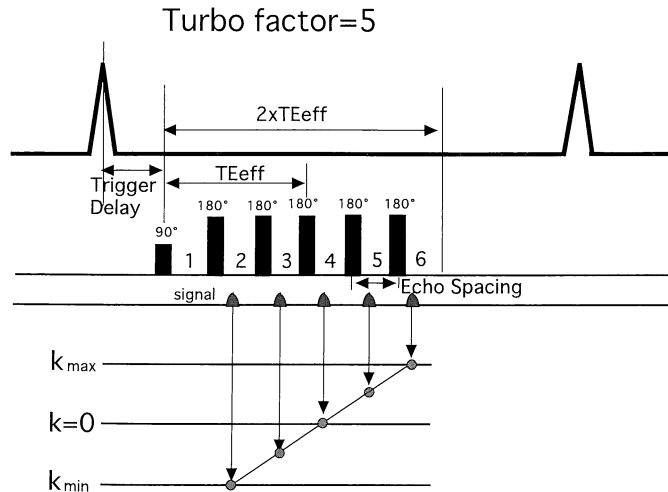


Fig. 4. Relationship of TF, ES, and TEeff. TF : turbo factor, ES : echo spacing, TEeff : effective echo time. When TF is 5, TEeff is the interval between 90° pulse and 3rd 180° pulse. The relationship of TF, ES, TEeff is : (TF+1) × ES = 2TEeff.

部位に一致すると考えられている。従って、MRI の信号上昇域は梗塞部位のみならず虚血部位まで含んだ領域であると考えた。¹²³I-BMIPP と ²⁰¹Tl シンチグラムの集積低下域および MRI の高信号域がほぼ等しかった 2 例 (11%) は、異常の領域すべてが梗塞部位であると考えた。¹²³I-BMIPP の心筋へ取り込みのなかった 1 例では、心筋の代謝異常の可能性も高く、このような症例での虚血部位の判断には MRI が有用であると思われた。

結 語

心筋の撮像に TSE 法を用いたところ、短時間の撮像時間で良好な心筋 T₂ 強調像が得られた。echo spacing を短くすると動きのアーチファクトが減少し画像の質の向上が著明だった。全撮像断面を同一心時相で撮像する事が可能になり、診断能の上昇に寄与していると思われた。急性心筋梗塞例では、¹²³I-BMIPP および ²⁰¹Tl シンチグラムと比較したところ TSE 法を用いた心筋 T₂ 強調像で高信号を呈した部分は梗塞領域のみならず虚血域も含んでいることが判明した。

謝辞 稿を終えるに当たり、ご指導、ご校閲を賜りました埼玉医科大学放射線医学教室平敷淳子主任教授に深甚なる謝意を表します。また、本研究に多大なご協力をいただいた埼玉県立小原循環器病センター診療放射線技師 山内辰雄氏に深謝いたします。

なお、本論文の一部は第 54 回日本医学放射線学会総会 (1995 年 4 月名古屋)、第 23 回日本磁気共鳴医学会大会 (1995 年 9 月東京) で発表した。

文 献

- 1) Tscholakoff D, Higgins CB, Sechtem U, et al. : MRI of reperfused myocardial infarct in dogs. AJR, 146 : 925-930, 1986.
- 2) Fisher MR, McNamara MT, Higgins CB : Acute myocardial infarction : MR evaluation in 29 patients. AJR, 148 : 247-251, 1987.
- 3) Olson EM, Bergin CJ, King MA : Fast SE MRI of the chest : parameter optimization and comparison with conventional SE imaging. JCAT, 19 : 167-175, 1995.
- 4) Santyr GE : Magnetization transfer effects in multislice MR imaging. Magn Reson Imag, 11 : 521-532, 1993.

Usefulness of T₂ Weighted MR Images Using Turbo Spin Echo in Ischemic Heart Disease

Toshiko HOSHI

*Department of Radiology, Saitama Ohara Cardiovascular Center
1696, Itai, Konan-machi, Ohsato-gun, Saitama 360-01*

T₂ weighted cardiac MR images using turbo spin echo method was performed in 26 patients and 10 normal volunteers with a 1.5 T superconducting unit. The patients' population include 18 acute myocardial infarction (5–15 days after attack), 2 old myocardial infarction, and 6 unstable angina. In 18 acute myocardial infarction, ¹²³I-BMIPP SPECT and ²⁰¹Tl SPECT were performed at 3–7 days after the attack.

This T₂ weighted cardiac MR images using turbo spin echo method achieved the higher quality images and more clear lesion delineation than conventional spin echo method.

In T₂ weighted cardiac MR images using turbo spin echo method it was proved that the image quality was decided by echo spacing that was the interval between 180° pulses.

We were able to obtain all images at single cardiac phase in T₂ weighted cardiac MR images using turbo spin echo method.

The high intensity area of MRI was larger than the low uptake area of ¹²³I-BMIPP SPECT and ²⁰¹Tl SPECT in 15 cases (83%). The high intensity area of MRI was probably reflected both infarction and ischemia.