

# 古典的肝細胞癌描出能に関する turbo SE 法と conventional SE 法の比較検討 —特に呼吸同期下 turbo SE 法の有用性について—

伊達 秀二<sup>1\*</sup>, 木村 文子<sup>1</sup>, 伊藤 勝陽<sup>2</sup>

<sup>1</sup>あかね会土谷総合病院放射線科 <sup>2</sup>広島大学医学部放射線医学教室

## はじめに

RARE 法に基づく高速 SE 法 (turbo SE 法, 以下 TSE 法) の導入は, 従来の SE 法 (conventional SE 法, 以下 CSE 法) と比較し著明な撮像時間短縮を可能とし, 現在 TSE 法はかなり多くの分野のルーチン検査において CSE 法に変わる撮像法として用いられてきている。

腹部領域の正常臓器や病変の描出能に関して TSE 法と CSE 法を比較検討した報告は散見されるが, 肝細胞癌に限って両者を比較した報告は検索し得た範囲では認められない。今回我々は T<sub>2</sub> 強調画像における肝細胞癌の描出能に関し TSE 法と CSE 法を比較し, 特に最近導入された呼吸同期下 turbo SE 法 (以下 RT-TSE 法) の有用性について検討したので報告する。

## 対象と方法

### 1) 対象

対象は1994年7月から1995年2月までの8カ月間に手術, 組織診, もしくは AFP や PIVKA II などの臨床データ及び dynamic

study を含めた CT, MRI, さらに血管造影などの画像診断にて古典的肝細胞癌 (以下肝細胞癌) と診断された 32 症例, 40 結節 (TAE または PEIT 後再発例 6 結節を含む) である。症例の内訳は男性 26 例 33 結節, 女性 6 例 7 結節であり, 年齢は 49 歳から 86 歳 (平均年齢 68 歳), 腫瘍のサイズは 8 mm から 50 mm 大 (平均 23 mm 大) であった。

### 2) 方法

使用機種は Philips 社製 GYROSCAN T5-II (0.5 T) である。全例に CSE 法, RT-TSE 法を施行し, 10 症例 17 結節については CSE 法, RT-TSE 法に加えて呼吸同期法を用いない従来の TSE 法 (以下 TSE 法) を施行した。これら 3 種類の撮像シーケンスは CSE 法が TR2000/TE80 ms, 192×256 マトリクス, 4 回積算 (half scan 使用), 撮像時間 11 分 26 秒 /15 スライス, TSE 法が TR4000/TE120 ms, 200×256 マトリクス, 8 回積算, echo train (以下 ET) 13, 撮像時間 6 分 /15 スライス, RT-TSE 法が TR4500/TE120 ms, 200×256 マトリクス, 8 もしくは 6 回積算, ET17 もしくは 11 (全症例で ET11 を用いているが, 4 症例 7 結節では, ET11 に加えて ET17 も施行

キーワード hepatocellular carcinoma, MRI, respiratory triggering

\*現 社会保険広島市民病院放射線科

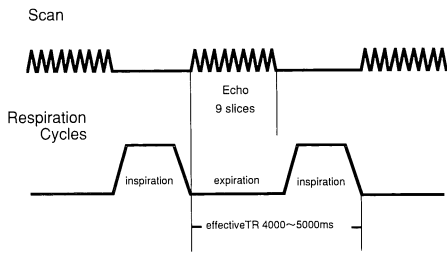


Fig. 1. A method of respiratory triggering. RT-TSE sequence is performed only in an expiratory phase.

している)で、撮像時間12分40秒/18スライスとした。ただしRT-TSE法の場合、TRと撮像時間は呼吸周期により変動する。Fig. 1のごとく、RT-TSE法では呼吸周期のうち呼気相でのみスキャンを行い、TRは一回の呼吸周期の時間に一致し、約4000~5000msとなる。また呼気相の中で設定できるスライス枚数は9スライス前後に限られるため、全肝を上下に分けて2回撮像しなければならない、このため全肝に要する撮像時間は約12分40秒と、検討した3種類のシーケンスの中では最長となっている。なおCSE法では呼吸補正のアプリケーションを併用しているが、TSE法では使用不可のため併用していない。

肝細胞癌の描出能について、全症例でCSE法とRT-TSE法の比較を行い、さらにTSE法も施行している10症例17結節では、CSE法、RT-TSE法、TSE法の3者を比較した。またET17を用いたRT-TSE法も施行している4症例7結節では、肝細胞癌の描出能におけるET11と17の違いについても検討した。

### 検討項目

#### 1) 定量的評価

各シーケンスにおける肝細胞癌のcontrast-to-noise ratio (CNR) を算出し、比較検討した。

CNRは以下に示すように腫瘍の信号強度と周囲肝実質の信号強度の差を、腫瘍から位相方向の腹側延長線上に位置するback ground noiseの標準偏差で除して算出した。

$$CNR = (HCC\ SI - liver\ SI) / noise\ SD$$

HCC SI ; 腫瘍の信号強度

liver SI ; 周囲肝実質の信号強度

noise SD ; 腫瘍から位相方向の延長線上に位置するback ground noiseの標準偏差

#### 2) 視覚的評価

TSE法及びRT-TSE法の肝細胞癌描出能を視覚的にCSE法と比較した。2人の放射線科医によって腫瘍と周囲肝実質のコントラスト、腫瘍輪郭の鮮鋭度についてそれぞれ1; CSE法より優れる, 0; CSE法と同等, -1; CSE法より劣るの3段階にscore化し、その合計score (-2~0~2, すなわち、コントラスト輪郭ともにCSE法より優れる場合はscore 2となる)を算出し、比較した。

さらに、RT-TSE法のET17と11における肝細胞癌描出能を比較し、上記の方法と同様ET17のコントラスト、輪郭の鮮鋭度について、1; ET11より優れる, 0; ET11と同等, -1; ET11より劣るの3段階にscore化し、合計scoreを算出した。

## 結 果

#### 1. 定量的評価

Table 1に各シーケンスにおけるCNRの平均値を示す。CSE法の5.6に対し、RT-TSE法(ET11)では7.8と有意に高値(P<0.001)を示した。従来のTSE法も7.5とほぼ同様の値だが、検討した症例が17例と少ないためかCSE法との間に有意差は認められなかった。

またRT-TSE法におけるET11と17の比

Table 1. Quantitative Analysis

Sequence	CNR (Mean±SD)
CSE (n=40)	5.6±2.9
RT-TSE (ET=11, n=40)	7.8±5.0*
RT-TSE (ET=17, n=7)	6.2±3.9
TSE (n=17)	7.5±4.3

CNR : contrast to noise ratio \* P<0.001

Table 2. Qualitative Analysis of RT-TSE and TSE Images in Comparison with CSE Images

Sequence	No. of Lesions by Score					Mean Score
	-2	-1	0	1	2	
RT-TSE (n=40)	1	4	15	14	6	0.50*
TSE (n=17)	3	3	10	1	0	-0.47**

\* P<0.01 \*\* P<0.05

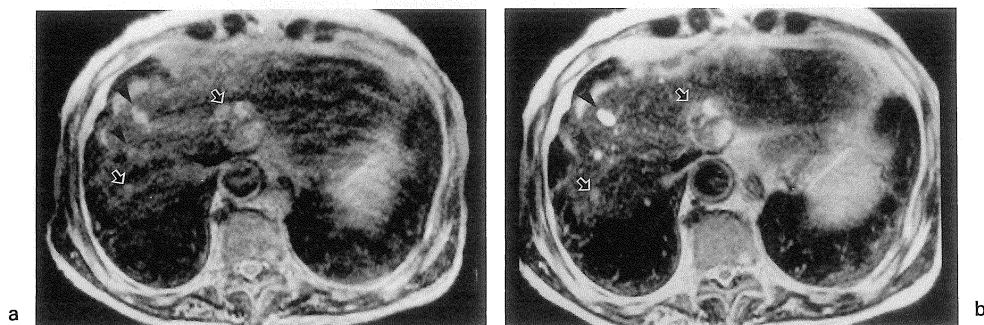


Fig. 2. CSE (a) and RT-TSE (b) MR images in a patient with HCCs in S2 (30 mm in diameter) and S7 (9 mm in diameter).

Both lesions exist in the subphrenic region (arrows). Since CSE (a) has marked respiratory motion artifacts in spite of using respiratory compensation, detection of HCC in S7 appears to be difficult. RT-TSE (b) reveals both lesions clearly. The internal structure of HCC in S2 is clearly demonstrated and HCCs are easily differentiated from adjacent two liver cysts (arrowheads). In qualitative analysis in comparison with CSE images, HCCs in S2 and S7 are judged as score 1 and 2, respectively.

較では、CNR に有意差は認められなかった。

## 2. 視覚的評価

Table 2 に CSE 法と比較した場合の score 別結節数を示す。RT-TSE 法における平均 score は 0.50 で CSE と比較し有意に高値 ( $P<0.01$ ) であり、肝細胞癌描出能は CSE 法より優れていた。CSE 法では呼吸補正法を併用しているにも関わらず、RT-TSE 法と比較すると明らかに motion artifact が目立っており、RT-TSE 法では特にその影響の大きい横隔膜直下 (Fig. 2-a, b) や胆嚢床近傍 (Fig. 3-a, b, c) における画質改善が顕著であった。一方従来の TSE 法では逆に  $-0.47$  と有意に低値 ( $P<0.05$ ) となり、肝細胞癌の描出に関し

TSE 法は CSE 法より劣るという結果となった (Fig. 3-a, b)。

また Table 3 に RT-TSE 法における、ET11 に対する 17 の score 別結節数を示す。平均 score は  $-0.86$  で、症例数が 7 と少ないものの有意に低値 ( $P<0.05$ ) となり (Fig. 4-a, b), ET17 を用いた RT-TSE 法の肝細胞癌描出能は ET11 を用いたものより劣るという結果となった。

## 考 察

TSE 法 (高速 SE 法) は 1986 年に Hennig ら<sup>1)</sup>が提唱した RARE (rapid acquisition with

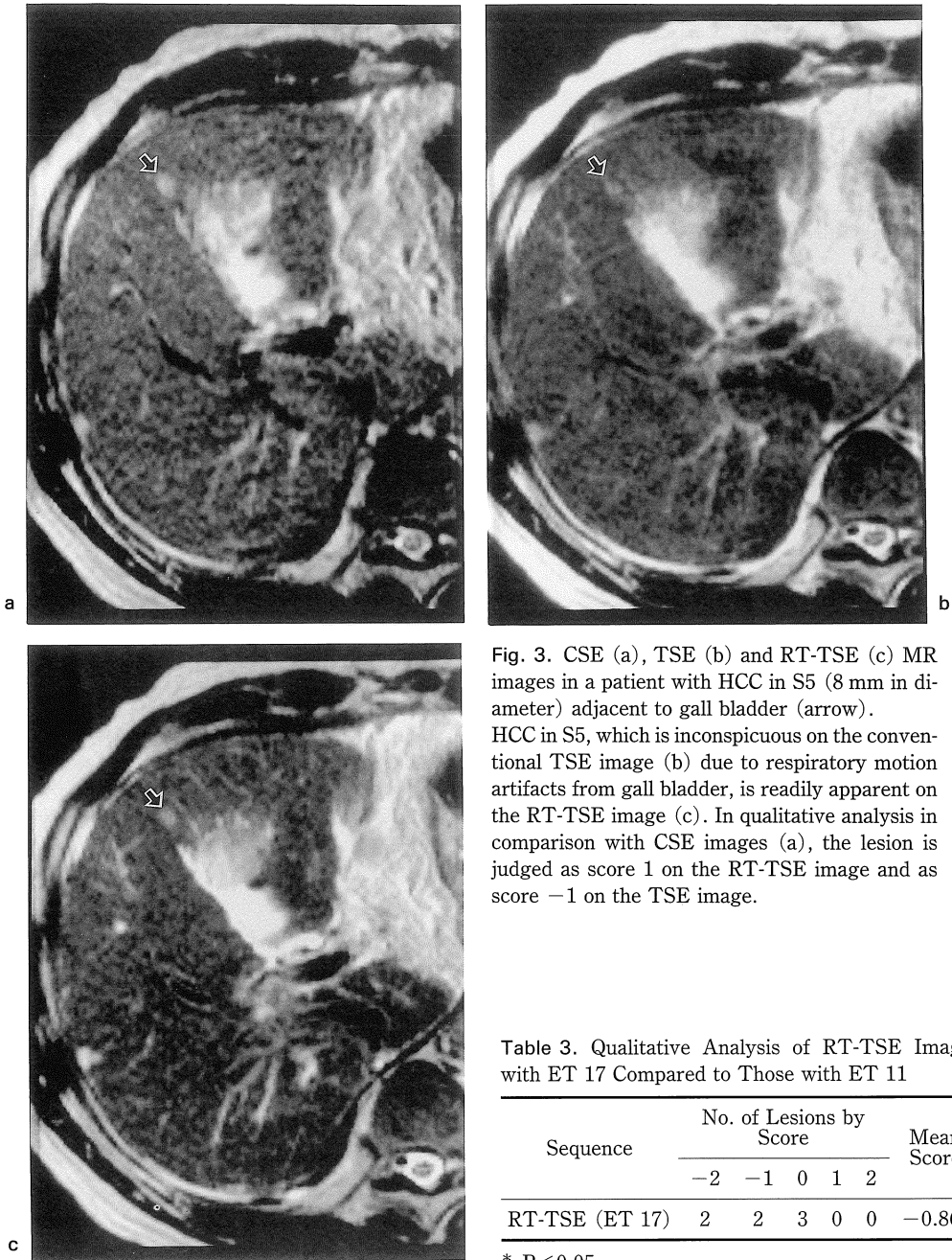


Fig. 3. CSE (a), TSE (b) and RT-TSE (c) MR images in a patient with HCC in S5 (8 mm in diameter) adjacent to gall bladder (arrow). HCC in S5, which is inconspicuous on the conventional TSE image (b) due to respiratory motion artifacts from gall bladder, is readily apparent on the RT-TSE image (c). In qualitative analysis in comparison with CSE images (a), the lesion is judged as score 1 on the RT-TSE image and as score -1 on the TSE image.

Table 3. Qualitative Analysis of RT-TSE Images with ET 17 Compared to Those with ET 11

Sequence	No. of Lesions by Score					Mean Score
	-2	-1	0	1	2	
RT-TSE (ET 17)	2	2	3	0	0	-0.86*

\* P<0.05

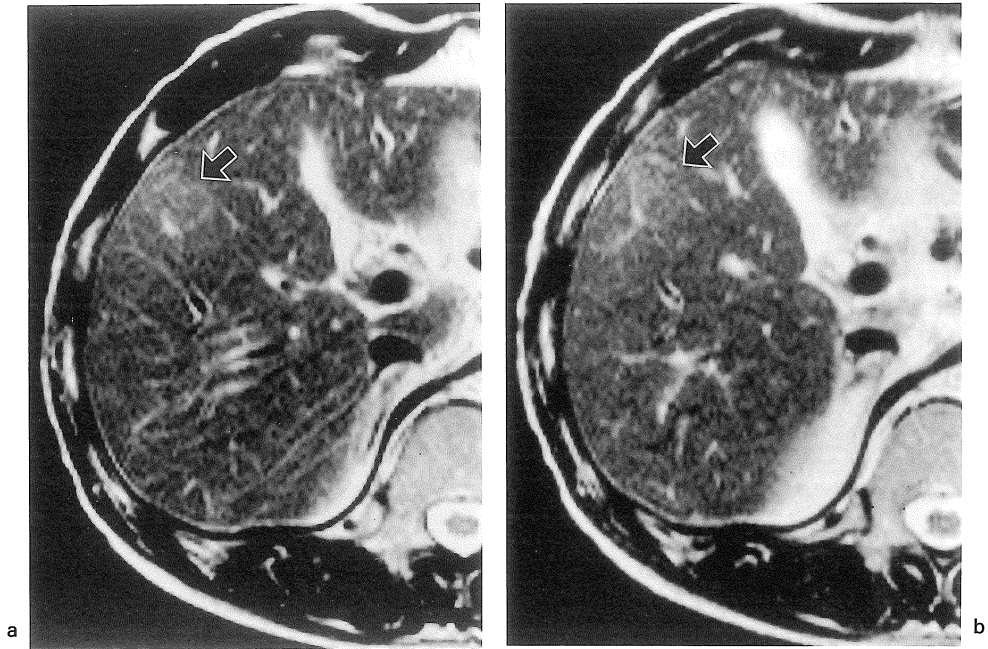


Fig. 4. RT-TSE MR images using ET11 (a) and ET17 (b).  
HCC in S5 (28 mm in diameter) is more conspicuous on the image with ET11 than that on ET17 image (arrow).  
In qualitative analysis, the lesion is judged as score -2 on the image with ET17 in comparison with that with ET11.

relaxation enhancement) というパルス系列をもとに開発された高速撮像法である。この撮像法は gradient echo 法などこれまでの高速撮像法と異なり画像のコントラストがきわめて CSE 法に類似しており、さらに TR の延長による十分な T<sub>2</sub> 強調効果や、512 マトリクスを使用する高分解能画像が得られることなどにより、中枢神経<sup>2)</sup>や骨盤領域<sup>3)</sup>など多くの分野においてその有用性が報告され、特に T<sub>2</sub> 強調画像に関しては従来の CSE 法と置き換わりつつあるのが現状である。腹部領域についても T<sub>2</sub> 強調画像における正常臓器のコントラストや肝病変の描出能について、TSE 法の優位性を述べる報告がいくつかみられるが<sup>4)~6)</sup>、肝病変に関しては嚢胞や血管腫の描出能は優れるものの、充実性腫瘍の描出能は CSE 法より劣ると

いう報告も散見される<sup>7),8)</sup>。ただしこれらは対象としている肝腫瘍の大部分が転移性肝癌であり、肝細胞癌の描出能については十分な検討の余地が残されているものと考えられる。

TSE 法は一般に呼吸補正が併用できないため、肝の撮像にあたり最も問題とされることの一つに呼吸による motion artifact が挙げられる。その対策として我々は積算回数を増やすことで (6 もしくは 8 回) artifact の減少をはかってきた。その他脂肪抑制の付加<sup>5),10)</sup>や息止め下での撮像<sup>6),7)</sup>の有用性を報告する文献も認められるが、前者は胆嚢など脂肪以外の高信号域からの artifact には無効である。また後者では息止めができない症例では施行不可能であり、さらに S/N 比、空間分解能の低下など技術的な制約も加わる。今回我々が施行した RT-

TSE法は前述したように呼吸相でのみ撮像を行うという単純な手法ではあるが、呼吸による motion artifact の劇的な改善を認め、特にその影響の大きい横隔膜直下 (Fig. 2) や胆嚢床近傍 (Fig. 3) での画質改善が顕著であった。

また今回の検討では、従来の TSE法は CSE法と比較し定量的評価では優れるものの、視覚的評価にて明らかに CSE法より劣っていた。TSE法における組織コントラストは CSE法と異なり、実効 TE や ET など複数のパラメーターに依存しており、その臨床上的最適化が非常に問題となる<sup>6),8)~10)</sup>。一般に組織のコントラストは実効 TE の短縮に伴い<sup>11)</sup>、また輪郭の鮮鋭度は ET の増加に伴い<sup>10),11)</sup>低下するとされている。特に ET の増加に伴う画質低下の原因については MTC 効果の関与が報告されており<sup>12)~14)</sup>、TSE法の最大のメリットである撮像時間短縮と相反する関係にある。我々は ET11 と 17 の比較検討を行ったが、ET17 では視覚的評価に明らかな低下を認めたため (Table 3, Fig. 4)、ET11 を採用することにした。なお実効 TE に関しては 120 ms に設定したが、今回の study では適正值の検討は行っていない。この数値は CSE法との比較を行っている各種報告例<sup>4),5),8),9)</sup>の設定値の中では最も長い値であり、その妥当性については今後の検討が必要と思われる。

Catasca ら<sup>8)</sup>は肝の充実性腫瘍の描出能に関し TSE法が CSE法より劣っていたとしているが、その主な原因は呼吸による motion artifact ではなく前述したような撮像条件の不適合ではないかと推察している (彼らの実効 TE は 119 ms と我々の設定値 (120 ms) とほぼ同値であるが、ET は 16 としている)。Outwater ら<sup>9)</sup>も同様に肝の充実性腫瘍描出能に関し TSE法が劣っている原因として ET (彼らも 16 に設定) を含めた条件の不適合の可能性を述べ、さらに呼吸や血流の artifact に対するアプリケーションの欠如を挙げている。我々が施行した TSE法は実効 TE120 ms, ET13 とし

ているが、定量的評価では CSE法より優れているものの視覚的評価にて CSE法より劣っており、少なくともこの条件では CSE法のかわりに TSE法を使用することは不適當と思われた。しかし呼吸同期を加えること (RT-TSE法)、及び ET を 11 とすることにより定量的評価、視覚的評価とも CSE法より有意に優れるという結果を得た。RT-TSE法の最大の問題点は撮像時間であり、その対策としては積算回数<sup>6)</sup>の 6 から 4 への変更を考慮している。呼吸同期により motion artifact が著減しているため十分可能な方法と思われるが、それでも撮像時間は約 8 分 30 秒と比較的長い時間を要する。このことは高速撮像法としての有用性を減ずる印象を受けるかもしれないが、その画像改善は劇的であり T<sub>2</sub>強調画像における肝細胞癌描出能に関し、RT-TSE法は CSE法に変わりうるシーケンスと考えられた。

## ま と め

1. T<sub>2</sub>強調画像における古典的肝細胞癌描出能に関し、conventional SE法 (CSE法) と従来の turbo SE法 (TSE法) 及び呼吸同期下 turbo SE法 (RT-TSE法) の比較を行い、有用性について検討した。
2. 定量的評価 (C/N 比) では、CSE法と比較し RT-TSE法は有意に高値であった。
3. 視覚的評価では、CSE法と比較し TSE法は劣っていたが、RT-TSE法は呼吸によるアーチファクトの著明な減少により明らかに優れていた。
4. T<sub>2</sub>強調画像における古典的肝細胞癌描出能に関し、CSE法と比較し従来の TSE法は劣っていると思われたが、RT-TSE法は CSE法に変わりうるシーケンスと考えられた。

本論文の要旨は、第 54 回日本医学放射線学会総会 (1995 年) において口演発表した。

文 献

- 1) Hennig J, Nauerth A, Friedburg H : RARE Imaging : A fast imaging method for clinical MR. *Magn Reson Med*, 3 : 823-833, 1986.
- 2) Jones KM, Mulkern RV, Schwartz RB, et al. : Fast-spin echo MR imaging of the brain and spine : current concepts. *AJR*, 158 : 1313-1320, 1992.
- 3) Smith RC, Reinhold C, Lange RC, et al. : Fast spin-echo MR imaging of the female pelvis. Part I . Use of a whole-volume coil. *Radiology*, 184 : 665-669, 1992.
- 4) Low RN, Francis IR, Sigeti JS, et al. : Abdominal MR imaging : Comparison of T<sub>2</sub>-weighted fast and conventional spin-echo, and contrast-enhanced fast multiplanar spoiled gradient-recalled imaging. *Radiology*, 186 : 803-811, 1993.
- 5) Schwartz LH, Seltzer SE, Tempany CC, et al. : Prospective comparison of T<sub>2</sub>-weighted fast spin-echo, with and without fat suppression, and conventional spin-echo pulse sequences in the upper abdomen. *Radiology*, 189 : 411-416, 1993.
- 6) Rydberg JN, Lomas DJ, Coakley KJ, et al. : Comparison of breath-hold fast spin-echo and conventional spin-echo pulse sequences for T<sub>2</sub>-weighted MR imaging of liver lesions. *Radiology*, 194 : 431-437, 1995.
- 7) Naganawa S, Jenner G, Cooper TG, et al. : Rapid MR imaging of the liver : Comparison of twelve techniques for single breath-hold whole volume acquisition. *Radiat Med*, 12 : 255-261, 1994.
- 8) Catasca JV, Mirowitz SA : T<sub>2</sub>-weighted MR imaging of the abdomen : Fast spin-echo vs conventional spin-echo sequences. *AJR*, 162 : 61-67, 1993.
- 9) Outwater EK, Mitchell DG, Vinitzki S : Abdominal MR imaging : Evaluation of a fast spin-echo sequence. *Radiology*, 190 : 425-429, 1994.
- 10) Low RN, Hinks RS, Alzate GD, et al. : Fast spin-echo MR imaging of the abdomen : contrast optimization and artifact reduction. *J Magn Reson Imaging*, 4 : 637-645, 1994.
- 11) Constable RT, Gore JC : The loss of small objects in variable TE imaging : implications for FSE, RARE, and EPI. *Magn Reson Med*, 28 : 9-24, 1992.
- 12) Constable RT, Anderson AW, Zhong J, et al. : Factors influencing contrast in fast spin-echo MR imaging. *Magn Reson Imag*, 10 : 497-511, 1992.
- 13) Melki PS, Mulkern RV : Magnetization transfer effects in multislice RARE sequences. *Magn Reson Med*, 24 : 189-195, 1992.
- 14) Santyr GE : Magnetization transfer effects in multislice MR imaging. *Magn Reson Imag*, 11 : 521-532, 1993.

## **Comparison of Conventional Spin-Echo, Turbo Spin-Echo, and Respiratory-Triggering Turbo Spin-Echo Pulse Sequences for T<sub>2</sub>-Weighted MR Imaging of Hepatocellular Carcinoma**

Shuji DATE<sup>1</sup>, Fumiko KIMURA<sup>1</sup>, Katsuhide ITO<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Department of Radiology, Akane Foundation Tsuchiya General Hospital  
3-30 Nakashima-cho, Naka-ku, Hiroshima 730*

*<sup>2</sup>Department of Radiology, Hiroshima University School of Medicine*

T<sub>2</sub>-Weighted conventional spin-echo (CSE), turbo spin-echo (TSE) and respiratory-triggering turbo spin-echo (RT-TSE) images were compared to determine their efficacy in the diagnosis of hepatocellular carcinoma (HCC).

A total of 32 patients with 40 HCCs was examined in this study. Both CSE and RT-TSE images were obtained in all the patients, and in addition conventional TSE images were obtained in 10 patients with 17 HCCs.

Quantitative analysis demonstrated that RT-TSE had the highest lesion-liver contrast-to-noise ratio (7.8) and that CSE had the lowest ratio (5.6) ( $P < 0.001$ ).

Since qualitative analysis (tissue contrast and conspicuousness of lesions) showed that TSE was inferior to the other sequences, TSE might be less suitable for the depiction of HCC. RT-TSE, however, had the highest assessment in qualitative analysis probably due to reduced respiratory motion artifacts especially at the subphrenic region and at the area adjacent to the gall bladder.

It is concluded from the results of the present study that RT-TSE has a potential value as a routine sequence for the detection of HCC.