



Title	女性骨盤領域におけるmultishot echoplanar imagingによるT2強調画像の有用性の検討-T2強調脂肪抑制fast spin echoとの比較-
Author(s)	山本, 和宏; 清水, 雅史; 田中, 康敬 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1999, 59(7), p. 313-317
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/14962
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

女性骨盤領域におけるmultishot echoplanar imagingによる T2強調画像の有用性の検討

— T2強調脂肪抑制 fast spin echoとの比較 —

山本 和宏 清水 雅史 田中 康敬 植林 勇

大阪医科大学放射線医学教室

Evaluation of Utility of MR T2-weighted Images Using Multishot Echoplanar Imaging of Female Pelvis: Comparison with fat-suppressed fast spin echo

Kazuhiro Yamamoto, Tadafumi Shimizu,
Yasunori Tanaka and Isamu Narabayashi

The purpose of this study was to apply multishot echoplanar imaging (EPI) to the female pelvis and to compare the results with respiratory triggered fast spin echo with fat-suppression (ffSE).

Twenty-seven patients with pelvic disease were examined. EPI images were obtained using 8 shots with breath-holding (bhEPI) and 16 shots without breath-holding (bEPI), while the FSE sequence was fat-suppressed respiratory-triggered FSE. Signal-to-noise ratio (SNR), contrast-to-noise ratio (CNR) and contrast to uterus or ovary (Contrast) were compared between EPI and FSE images. Identification of uterus, ovary, and tumors was carried out simultaneously.

In SNR, CNR, and Contrast, EPI could not provide image quality superior to that of ffSE. Moreover, on EPI images, identification of uterus, ovary, and tumors was judged to be inferior or equal. In conclusion, multishot EPI cannot replace ffSE sequences in imaging of the female pelvis. However, because EPI has heavily T2-weighted contrast, the EPI sequence can be a valuable adjunct to routine examination.

はじめに

fast spin echo法(以下FSE)はconventional spin echo法(以下CSE法)よりも撮影時間が短い分、より長い繰り返し時間とエコー時間、より多くの撮像加算回数、より大きなマトリックスサイズの使用が可能となり、その結果、強いT2コントラスト強調、空間分解能の向上、S/Nの向上および呼吸によるアーチファクトの軽減が可能となった¹⁾。骨盤領域においてはFSE法が空間分解能の向上と撮影時間短縮によりCSE法にとって代わっているのが現状である²⁾。

一方、最近、多くの一般のMR装置でもechoplanar imaging(以下EPI)が実用可能となって来た。EPI法はMansfieldにより1977年に発表された撮影法で³⁾、高い傾斜磁場強度と高速の傾斜磁場の切り替えがされる。FSE法のように180° refocusing pulseを複数回印加せずに、位相エンコード方向の傾斜磁場を高速で複数回切り替えることで一回のRFパルスの励起のみですべてのデータを収集する超高速撮影法である⁴⁾。このEPI法はすぐれた時間分解能とコントラスト分解能を有するために⁵⁾臨床応用が期待されている。

今回、われわれは女性骨盤領域においてこのEPI法の臨床応用の可能性についてFSE法と比較検討し考察した。

対象と方法

1996年5月から1997年4月までの期間、当施設でMRIを撮影された子宮および卵巣疾患を有する27人、30病変で、患者内訳は26~80歳、平均49.2歳。子宮筋腫5病変、子宮肉腫1病変、子宮体癌6病変、子宮頸癌8病変、卵巣腫瘍10病変(嚢胞性病変7病変、充実性病変3病変)である。

使用したMR装置はGE社製、Signa Horizon 1.5Tで全例phased array Torso coilを使用した。撮影した画像はmultishot EPIとわれわれの施設でルーチンで撮影されている脂肪抑制をした呼吸同期FSE(以下respiratory-triggered FSE with fat-suppression; ffSE)である。

EPIはspin echo(以下SE)型とgradient echo(以下GR)型とがあるが、前者は後者より磁化率アーチファクトが少なく、血流アーチファクトもすくないため⁶⁾われわれはSE型を使用した。

また、EPIとしてはshot数を多くするほど画像の磁化率アーチファクトが軽減される⁶⁾ので息止め可能な最大の8 shot

Research Code No. : 520.9

Key words : Magnetic resonance (MR), Echoplanar,
Female pelvis, Fat suppression

Received Nov. 18, 1998; revision accepted March 17, 1999
Department of Radiology, Osaka Medical College

Table 1 Quantitative assessment of SNR, CNR and Contrast of EPI and FSE T2-weighted images: Ratio of bhEPI and bEPI to fFSE

	bhEPI			bEPI		
	SNR	CNR	Contrast	SNR	CNR	Contrast
Mean ± SD in cervical ca.	0.53 ± 0.17*	0.56 ± 0.32	0.61 ± 0.29	0.97 ± 0.34	0.88 ± 0.40	0.90 ± 0.42
Mean ± SD in endometrial ca.	0.62 ± 0.10*	0.58 ± 0.36*	0.94 ± 0.61	1.00 ± 0.26	0.97 ± 0.22	0.71 ± 0.22
Mean ± SD in ovarian tumor	0.48 ± 0.18*	0.37 ± 0.17*	0.43 ± 0.23*	0.71 ± 0.34*	0.55 ± 0.31*	0.51 ± 0.30*
Mean ± SD in leiomyoma	0.70 ± 0.22*	0.40 ± 0.18	0.79 ± 0.35	1.32 ± 0.36	0.74 ± 0.31	0.97 ± 0.46

SNR: signal-to-noise ratio, CNR:contrast-to-noise ratio, EPI: echo-planar imaging, bEPI: EPI with breathing, bhEPI: breath-hold EPI, fFSE: fat-suppressed fast spin echo, SD: standard deviation. *fFSE is significantly superior to EPI.

のEPI(以下breath-holding EPI; bhEPI)と安静呼吸下で十分なshot数と撮像加算回数を有し、fFSEよりやや短い撮像時間の16shotのEPI(以下breathing EPI; bEPI)の2種類を撮影した。撮影パラメーターはbhEPIはshot number/TR/TE/NEX/matrix sizeを8/2000/66/1/256×128, bEPIは16/2000/66/4/256×128, fFSEではecho train length/TR/TE/NEX/matrix sizeを8/1~3 respiratory cycles/80/3/256×192とした。field of view(以下FOV)はrectangular FOVを使用し、260×260~190mmとした。スライス厚、スライス間隔、受信バンド幅を5mm, 2mm, 125KHzに統一した。撮影時間はbhEPIは18秒, bEPIは2分10秒, fFSEは3分54秒~6分33秒であった。これらの2種類のEPIとfFSEを比較した。比較項目は腫瘍のS/N, 腫瘍と子宮筋層とのC/N, コントラストと子宮, 卵巣の輪郭の確認しやすさ, 病変部の確認しやすさである。腫瘍のS/N, C/N, コントラストは

$S/N = \text{腫瘍の信号強度} / \text{ノイズの標準偏差}$

$C/N = (\text{腫瘍の信号強度} - \text{子宮筋層の信号強度}) / \text{ノイズの標準偏差}$

$\text{コントラスト} = (\text{腫瘍の信号強度} - \text{子宮筋層の信号強度}) / \text{子宮筋層の信号強度}$

として計算した。region of interest(以下ROI)は出来るだけ1cmで5カ所の平均とした。ノイズのROIは体幹部外側の位相方向の空間で1cmで5カ所の平均とした。これらのS/N, C/N, コントラストについてEPIのFSEに対する比を算出して一標本符号検定を行った。子宮, 卵巣の輪郭の確認しやすさ, 病変部の確認しやすさについては3名の放射線専門医の合議の上, EPIがFSEより明瞭な場合をbetter, 同等の場合をsame, FSEの方が明瞭な場合をworseの3段階にて比較検討し, 一標本符号検定を行った。

結 果

1. 量的評価: 患別腫瘍のS/N, C/N, コントラストの比較 (Table 1) (Fig. 1-3)

a) bhEPIとfFSEの比較

i. 子宮頸癌においてはS/NはfFSEが有意に高い値($p =$

0.0002)を示したが, C/N, コントラストには有意差は認めなかった。

ii. 子宮体癌においてはS/N, C/NはfFSEが有意に高い値($p = 0.002, 0.036$)を示したが, コントラストは有意差は認めなかった。

iii. 卵巣腫瘍においてはS/N, C/N, コントラストはfFSEが有意に高い値($p < 0.0001, < 0.0001, = 0.0014$)を示した。

iv. 子宮筋腫においてはS/NはfFSEが有意に高い値($p = 0.0218$)を示したが, C/N, コントラストには有意差は認めなかった。

b) bEPIとfFSEの比較

i. 子宮頸癌においてはS/N, C/N, コントラストには有意差は認めなかった。

ii. 子宮体癌においてはS/N, C/N, コントラストは有意差は認めなかった。

iii. 卵巣腫瘍においてはS/N, C/N, コントラストがfFSEが有意に高い値($p = 0.022, 0.0012, 0.0006$)を示した。

iv. 子宮筋腫においてはS/N, C/N, コントラストは有意差は認めなかった。

2. 質的評価: 子宮, 卵巣, 病巣の確認のしやすさ (Table 2, 3) (Fig. 1-3)

a) 子宮輪郭の確認しやすさ

bhEPI, bEPIともfFSEに比し, 有意差は認めなかった。

b) 卵巣輪郭の確認しやすさ

bhEPI, bEPIともfFSEが有意に明瞭であった($p = 0.0308$)。

c) 病巣の確認しやすさ

i. 子宮頸癌, 子宮体癌

bhEPIとの比較では有意にfFSEが明瞭であった($p = 0.029$)が, bEPIとは有意差は認めなかった。

ii. 子宮筋腫

bhEPIとの比較では有意にfFSEが明瞭であった($p = 0.0116$)が, bEPIとは有意差は認めなかった。

iii. 卵巣腫瘍(嚢胞成分部位)

bhEPI, bEPIともfFSEが有意に明瞭であった($p < 0.0001$)。

Table 2 Three-point scale used to grade bhEPI

	Better	Same	Worse	p value
Uterus identification (n = 20)	7	7	6	NS
Ovary identification (n = 10)	1	4	5	0.031
Cervical cancer (n = 8)	1	2	5	0.029
Endometrial cancer (n = 6)	2	1	3	NS
Uterine leiomyomas (n = 6)	0	2	4	0.011
Cystic lesions of ovary (n = 7)	0	1	6	< 0.0001
Solid lesions of ovary (n = 3)	1	0	2	NS

NS: not significant.

Table 3 Three-point scale used to grade bEPI

	Better	Same	Worse	p value
Uterus identification (n = 20)	6	7	7	NS
Ovary identification (n = 10)	1	4	5	0.031
Cervical cancer (n = 8)	3	1	4	NS
Endometrial cancer (n = 6)	1	1	4	NS
Uterine leiomyomas (n = 6)	2	1	3	NS
Cystic lesions of ovary (n = 7)	0	0	7	< 0.0001
Solid lesions of ovary (n = 3)	1	0	2	NS

NS: not significant.

iv. 卵巣腫瘍(充実成分部位)

bhEPI, bEPIともfFSEに比し、有意差は認めなかった。

考 察

われわれは、女性骨盤領域においてCSE法より有用性が報告されている²⁾FSE法によるT2強調像にEPIによるT2強調像が置き換わることができるかどうかを検討した。

FSE法が導入され、撮影時間の短縮と高分解能が可能となったが、脂肪が高輝度となり病変のコントラストが低くなるという点が欠点である。これに対してEPIの有する高い時

間分解能よりもコントラスト分解能を重視したSE型、multishot法によるEPIと脂肪抑制パルスを印可したfFSEを骨盤領域において比較検討した。検討の結果、S/N、C/N、コントラストは、EPIがfFSEに比して有意に優れることはbhEPI, bEPIともなく、全体にfFSEが勝っていた。元来、EPIはFSEのようにmagnetization transfer effectをほとんど受けないために肝臓の充実性腫瘍においてはFSEに比べて腫瘍信号が低下しないと報告されている¹⁾。しかし、われわれの骨盤領域の検討では腫瘍コントラストは子宮頸癌、子宮体癌、子宮筋腫、卵巣腫瘍にてfFSEが勝っていた。しかし子宮頸癌、子宮体癌、子宮筋腫にてEPIがfFSEより優れる症例

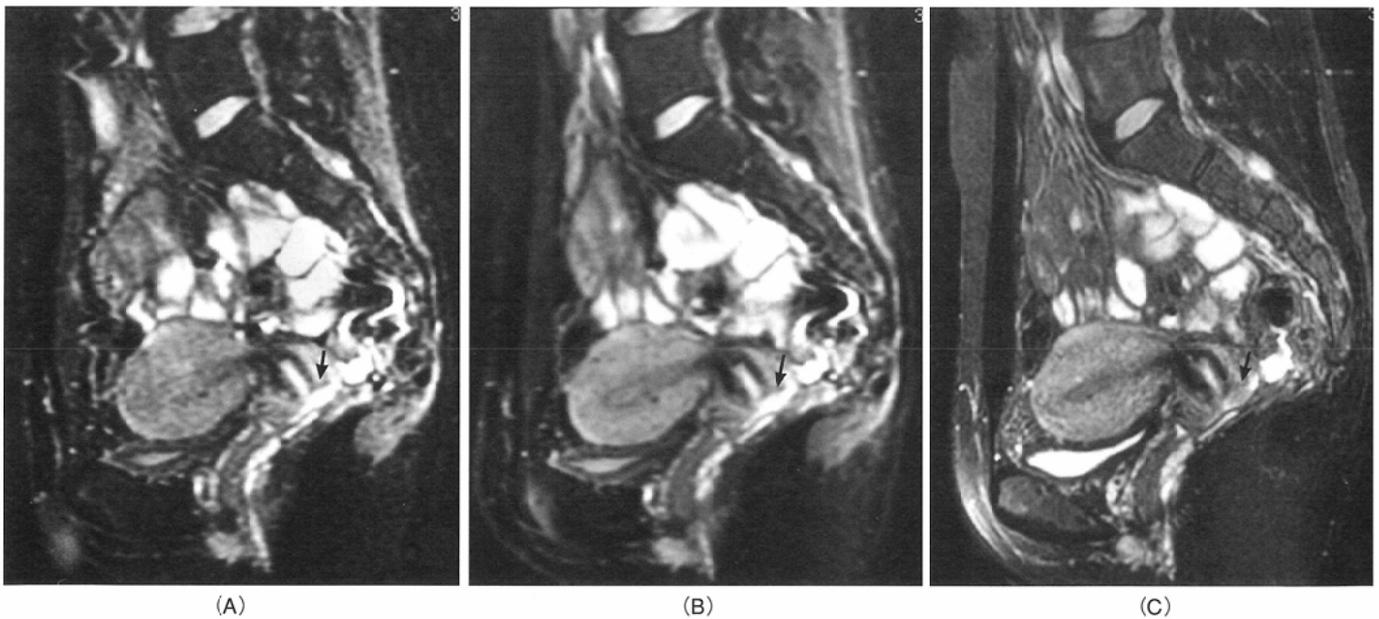


Fig. 1 A 34-year-old woman with cervical cancer. A: Breath-hold echoplanar T2-weighted image (bhEPI). B: Echoplanar T2-weighted image with breathing (bEPI). C: Respiratory-triggered fast spin echo T2-weighted image with fat-suppression (fFSE). Note that the marked artifact from adjacent air-containing bowel degrades the image quality on EPI images. Delineation of zonal anatomy is superior in bEPI images. In this case of cervical cancer, tumor-to-uterus contrast is clearer on EPI images than on fFSE images.

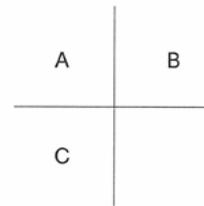
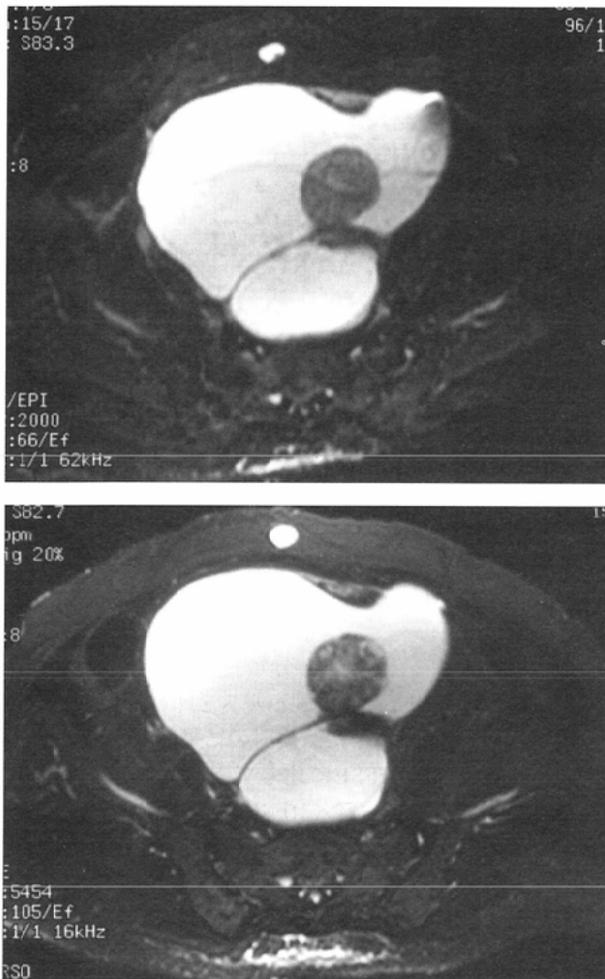


Fig. 2 A 66-year-old woman with ovarian tumors.
 A: Breath-hold echo-planar T2-weighted image (bhEPI).
 B: Echo-planar T2-weighted image with breathing (bEPI).
 C: Respiratory-triggered fast spin echo T2-weighted image with fat-suppression (fFSE).
 In the evaluation of cystic and solid lesions, tumor-to-ovary contrast is clearer on fFSE images than on EPI images.

も存在した。これはわれわれの施設の田中の報告⁷⁾による肝腫瘍の検討においてC/NはEPIの方がFSEに有意に優れたが、FSEのなかではfFSEにおいてはEPIと同等であったという結果と相関した結果でなかった。Luら⁸⁾の検討ではT2強調画像における脂肪抑制効果は腹壁の脂肪からの呼吸性アーチファクトや腹腔内脂肪からのアーチファクトが抑制されることによるノイズの減少によりS/N, C/Nを向上させる効果がある。一方、EPIは強い化学シフトアーチファクトを抑制するため水成分を選択的に励起して脂肪信号を抑制する⁶⁾ために腹壁の脂肪からの呼吸性アーチファクトや腹腔内脂肪からのアーチファクトが抑制されている。また、fFSEの脂肪抑制は不十分なことがあるが、EPIにおける脂肪抑制は骨盤臓器の高いコントラストに貢献している。しかし、検討では子宮の確認しやすさ、子宮頸癌はfFSEと同等であったが、卵巣の確認しやすさ、子宮筋腫、卵巣腫瘍の確認しやすさにおいてはfFSEが勝っていた。これは近接する腸管内の空気等によるsusceptibility artifactや腹壁の動きによるmotion artifactなどが原因と考える。EPIはsusceptibility artifactに敏感で近接する腸管の空気にて生じ、画像の劣化を生じさせる大きな原因のひとつとなる。今回、われわれの検討ではSE型のEPIを用いてshot数を増やすことでsusceptibility artifactの改善を試みたが、susceptibility artifactやmotion artifactを完全に消すことはできず、視覚的評価においてfFSEに優ることはできなかったと考える。

EPIはS/Nが低いといわれる⁹⁾が、multishotにすることにより磁化率アーチファクトが軽減され⁶⁾、ノイズが軽減されたと考えられ、とくにbEPIにて良好なS/Nが得られた。また、空間分解能の低さはmultishotはマトリクスサイズをNiitsuら¹⁰⁾の256×192までではないが、256×128を使用し、又、効果的にEPIの信号を受信するためにbody coilのかわりに広範囲、高感度のphased-array coilを使用することによって¹¹⁾とくにbEPIにてfFSEと比し、良好なS/Nが得られた。さらにEPIの利点は優れた時間分解能であるが、撮影時間18秒の息止め下のbhEPIにては安定した満足できる画像は得られなかった。しかし、撮影時間2分10秒の安静呼吸下のbEPIにおいてはfFSEには劣るが、結果的には妥協できるものとなった。

結論として骨盤領域においてfFSEに代わってmultishot EPIによるT2強調画像をルーチンにすることはできないが、子宮頸癌の症例などにおいては腫瘍コントラストの優れているものもあり、またFSEの撮影時間に耐えられない状態の患者などには有用と考える。

結 語

骨盤領域においてmultishot EPIの有用性を検討した。EPIはsusceptibility artifact, motion artifactに非常に敏感で、われわれの検討ではfFSEに置きかわることはできなかった。

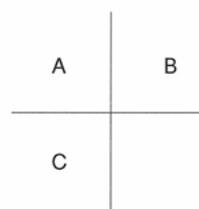
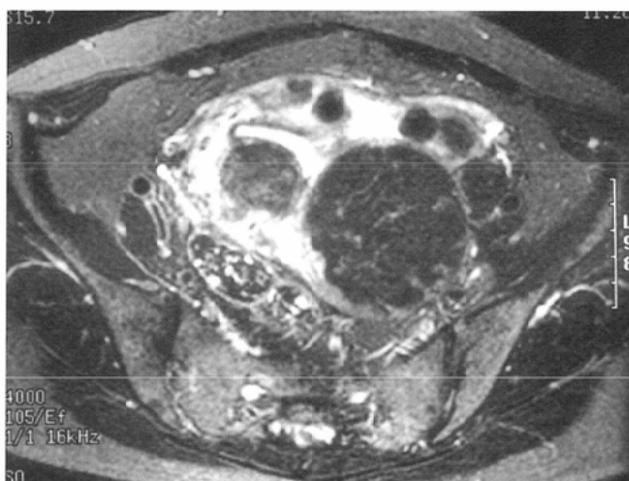
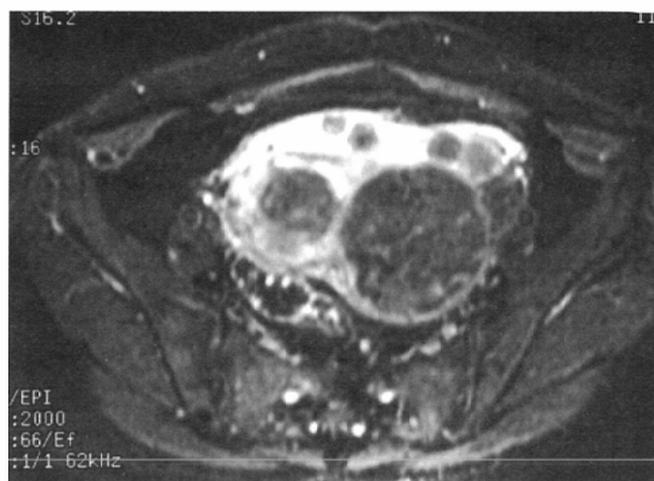
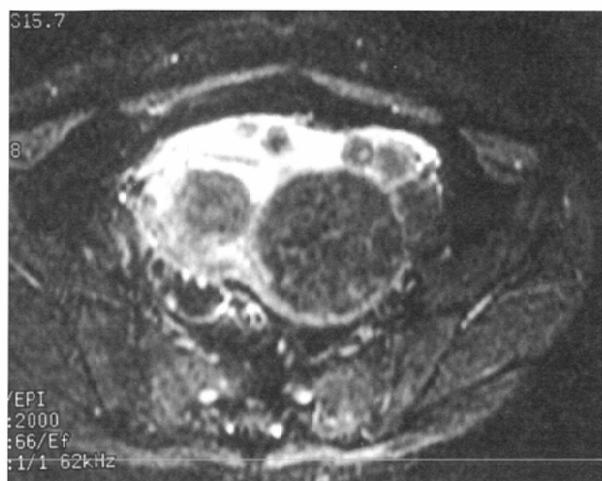


Fig. 3 A 47-year-old woman with uterine leiomyoma.
 A: Breath-hold echo-planar T2-weighted image (bhEPI).
 B: Echo-planar T2-weighted image with breathing (bEPI).
 C: Respiratory-triggered fast spin echo T2-weighted image with fat-suppression (fFSE).
 SNR is better on EPI images than on fFSE images, but CNR and tumor-to-uterus contrast are superior on fFSE images.

しかし、症例により、特にbEPIにおいてS/N, C/N, コントラストの良好な症例があった。

つまり、撮影時間2分10秒のbEPIはfFSEとは異なるコントラストを写し出すため骨盤領域のfFSEに完全に置きかわ

ることはできないが、ルーチンに付け加えて撮影することによりadditional informationが得られる可能性があり、またFSEの撮影時間に耐えられない状態の悪い患者にも有用であると考え。

文 献

- 1) Catasca JV, Mirowittz SA: T2-weighted MR imaging of the abdomen: Fast spin echo vs conventional spin-echo sequences. AJR 162: 61-67, 1994
- 2) 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
- 3) Hennig J, Nauwerth A, Friedburg H: RARE imaging: A fast imaging method for clinical MR. Magn Reson Med 3: 823-833, 1986
- 4) 本間一弘: Echo-planar法—超高速撮影法—. 画像診断 11: 22-28, 1991
- 5) Crooks LE, Arakawa M, Hylton NM, et al: Echo-planar pediatric image. Radiology 166: 157-163, 1988
- 6) Edelman RR, Wielopolski P, Schmitt F: Echo-planar MR imaging. Radiology 192: 600-612, 1994
- 7) 田中康敬: Multishot Echo-planar ImagingによるMR T2強調画像の肝腫瘍性病変における有用性に関する研究. 日本医放会誌 58: 67-74, 1998
- 8) Lu DSK, Saini S, Hahn PF, et al: T2-weighted MR imaging of the upper part of the abdomen: Should fat suppression be used routinely. AJR 162: 1095-1100, 1994
- 9) 山下康行, Yi Tang, 阿部保子, 他: Echo planar imaging (EPI) による肝臓のimagingの初期経験. 日磁医誌 16: 394-398, 1996
- 10) Niitsu M, Tanaka YO, Anno I, et al: Multishot echo-planar MR imaging of the female pelvis: Comparison with fast spin-echo MR imaging in an initial clinical trial. AJR 168: 651-655, 1997
- 11) Hayes CE, Dietz MJ, King BF, Ehman RL: Pelvic imaging with phased-array coils: Quantitative assessment of signal-to-noise ratio improvement. J Magn Reson Imaging 2: 321-326, 1992