

## 여성 골반강 질환에서 Multishot Echoplanar 영상 : T2 강조 급속스핀에코 영상과의 비교<sup>1</sup>

주정현 · 정용연 · 강형근 · 김영철 · 정태웅 · 김재규 · 정광우 · 박진균

**목 적 :** 여성 골반강에서 multishot echoplanar image(EPI)와 급속스핀에코(fast spin echo image, FSE) 영상을 비교 분석하여 EPI 영상의 유용성에 대해 알아보았다.

**대상 및 방법 :** 골반강내 질환으로 MRI를 시행한 29예를 대상으로 하였다. 사용한 MR 기기는 GE Horizon Echospeed 1.5T였고, 횡단면 T2강조 EPI(TR/TE=2,000/80, 6-7mm thickness, 2.5mm gap, matrix size 256×192, multishot number 16)와 T2강조 FSE(TR/TE=3,400/117, 5mm thickness, 1.5mm gap, ETL 12)를 pelvic phased-array coil을 이용하여 얻었다. EPI와 FSE는 2명의 방사선과 의사의 합의하에 전체적인 영상의 질, 자궁방결합조직의 정맥망의 선명도, 질과 자궁의 외부 경계와 해부학적 구역의 분별도, 난소의 인지도, 골반강 병소의 명확도 및 인공물의 빈도를 비교 평가하였다.

**결 과 :** 전체적인 영상의 질은 EPI가 FSE보다 우수한 경우가 14%(4/29), 동등한 경우가 24%(7/29), 열등한 경우가 62%(18/29)였다. 자궁방결합조직의 정맥망의 선명도는 79%(23/29)에서 EPI가 FSE보다 우수하였다. 질과 자궁의 외부경계와 해부학적 구역의 분별도는 EPI가 FSE보다 우수한 경우가 각각 28%(8/29), 24%(7/29), 동등한 경우가 17%(5/29), 31%(9/29), 열등한 경우가 55%(16/29), 45%(13/29)였으며, 난소의 인지도와 골반강 병소의 선명도는 EPI가 FSE보다 우수한 경우가 각각 0%(0/29), 14%(4/29), 동등한 경우가 52%(15/29), 38%(11/29), 열등한 경우가 48%(14/29), 48%(14/29)였다. 인공물의 빈도는 EPI에서 자화율 인공물 6예, 심한 영상 왜곡 6예 등이 있었고 FSE에서는 움직임 인공물이 2예에서 있었다.

**결 론 :** Multishot EPI는 영상의 질, 해부학적 구분 및 병소의 명확도가 FSE보다 열등하였고 영상왜곡과 자화율 인공물에 민감하여 FSE를 대체할 수는 없을 것으로 생각한다. 그러나 EPI는 영상획득 시간이 짧으므로 EPI의 기술적 진보가 보다 더 이루어진다면 여성 골반강에서 초급속 영상 기법으로 이용될 수 있으리라 기대된다.

여성 골반강의 질환을 평가하는데 있어서 자기공명영상(magnetic resonance imaging, 이하 MRI라 줄임)의 고식적 스핀에코 영상이 이용되었으나, 현재는 영상획득시간이 짧은 급속스핀에코(fast spin echo, 이하 FSE로 줄임) 영상이 유용한 방법으로 사용되고 있다(1, 2). 최근에는 보다 짧은 시간에 영상을 획득하는 다양한 급속 또는 초급속 영상기법이 개발되고 있다. 이중 echoplanar imaging(이하 EPI로 줄임)은 1977년 Mansfield(3)에 의해 제안된 이후 뇌, 심장, 상복부 등에서 수초만에 영상을 획득할 수 있는 초급속 영상기법이다(4-8). Butt 등(9)이 간에서 호흡정지 T2강조 EPI를 얻어 고식적 스핀에코 영상과 비슷한 진단적 영상을 얻었다고 보고하였다. 그러나 EPI는 영상의 왜곡(distortion)과 자화율 인공물(sus-

ceptibility artifact) 때문에 전반적인 영상의 질이 떨어져 스핀에코 기법을 대체하지 못하는 것으로 알려져 있다(10, 11). 이 연구의 목적은 여성골반강에서 T2강조 영상의 EPI와 T2강조 FSE와 비교하여 이의 유용성을 알아보고자 한다.

### 대상 및 방법

골반강 병소로 MRI를 시행한 연속적 환자중 지방억제 T2강조 FSE 영상에서 병소가 발견된 29명의 여자를 대상으로 EPI 영상을 추가로 얻어 후향적으로 FSE와 비교 분석하였다. 대상 환자의 연령 분포는 17세에서 76세로 평균 49세였다. 골반강 질환은 자궁경부암 12예, 난소종양 11예, 자궁평활근종 3예, 자궁내막암 2예, 대장암 1예였다.

자기공명영상은 Signa Horizon 1.5T MR기기(GE Medi-

<sup>1</sup> 전남대학교 의과대학 진단방사선과학교실  
이 논문은 1998년 6월 23일 접수하여 1998년 9월 21일에 채택되었음.

cal Systems, Milwaukee, USA)와 pelvic phased array coil (GE Medical Systems, Milwaukee, USA)을 이용하여 축상면의 T2강조 multishot EPI와 FSE를 얻었다. EPI의 영상지표(scan parameter)는 TR/TE는 2,000/80msec, 절편두께(slice thickness) 6-7mm, 절편간격(intersection gap) 2.5 mm, 관심역(field of view) 28×28, matrix 크기 256×192, 여기(excitation) 한번, multishot number 16, 영상 획득시간은 34초였다. 지방억제 FSE의 영상지표는 TR/TE 3,400/117 msec, 절편두께 5mm, 절편간격 1.5mm, 관심역 24×24, matrix 크기 512×224, 여기 두번, ETL(echo train length) 12, 영상 획득시간은 3분 40초였다. 장관의 운동을 감소시키기 위하여 전처치로 Buscopan(Boeringer Ingelheim, Seoul, Korea)을 MRI 시행하기 20분 전에 경구 투여하였다.

영상의 분석은 두명의 방사선과 의사가 합의하에 전체적인 영상의 질, 정상 골반강 장기 분별도, 골반강 병소의 명확성을

알아보았다. 정상 골반강 장기 구분은 자궁의 외부 경계와 해부학적 구역(zonal anatomy)의 분별도, 자궁방결합조직 정맥망(parametrial venous plexus)과 난소 인지도로 평가하였다. 각각의 항목은 EPI와 FSE를 비교하여 우수, 동등, 열등 3단계로 평가하였다. 통계 처리는 one-tailed binomial distribution으로 두 기법 사이에 유의성 여부를 알아보았다. 또한 각각의 영상에서 판독에 지장을 주는 인공물의 빈도를 알아보았다.

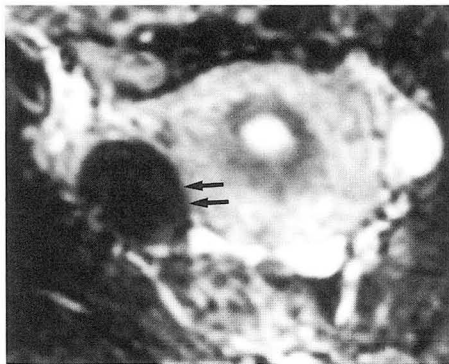
## 결 과

전체적인 영상의 질과 정상 골반강 장기의 분별도에 대한 결과는 Table 1과 같다. 전체적인 영상의 질은 EPI가 FSE보다 열등한 경우가 62%(18/29)로 우수한 경우 14%(4/18)보다 많았고, 통계학적으로 유의하게 EPI가 FSE보다 열등하였다( $p < .05$ ) (Fig. 1). 자궁의 외부경계 및 해부학적 구분의 선명도에

**Table 1.** Comparison of Echo Planar Imaging and Fast Spin Echo Imaging(n=29)

	EPI > FSE	EPI=FSE	EPI < FSE	P value
Overall image quality	4(14%)	7(24%)	18(62%)	< 0.05
Uterine outer margin	8(28%)	5(17%)	16(55%)	NS
Uterine zonal anatomy	7(24%)	9(31%)	13(45%)	NS
Parametrial venous plexus	23(79%)	2(7%)	4(14%)	< 0.05
Ovarian visualization	0(0%)	15(52%)	14(48%)	< 0.05

NS=non-specific

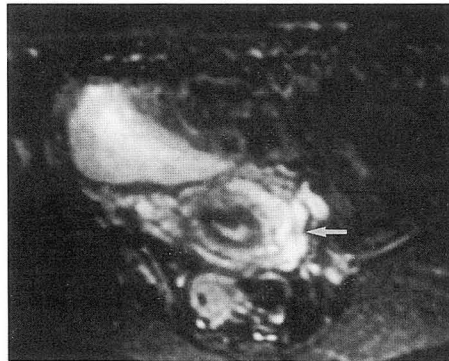


A

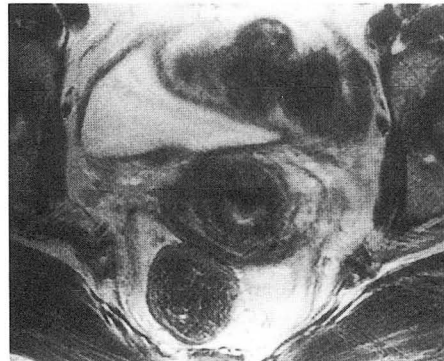


B

**Fig. 1.** EPI (A) and FSE (B) in a patient with fibrothecoma arising from right ovary. The low signal intensity lesion (arrows) shows similar conspicuity on both sequences. However, overall image quality and discrimination of zonal anatomy are better on FSE than on EPI.



A



B

**Fig. 2.** EPI (A) and FSE (B) at the level of uterine cervix. EPI shows better delineation of parametrial venous plexus (arrow) than FSE. On EPI image, severe image distortion is seen due to susceptibility artifact. Note that marked artifact from adjacent air-containing bowel loops degrades image quality.

는 EPI가 FSE보다 열등한 경우가 각각 55%(16/29)와 45%(13/29)이었고 두가지 검사간에 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 질과 자궁주위 정맥망의 선명도는 EPI가 FSE보다 우수한 경우가 79%(23/29)로 많았고 통계학적으로 유의하였다( $p < .05$ ) (Fig. 2). 난소의 인지도는 EPI가 FSE보다 우수한 경우는 없었으며 모든 예에서 동등 또는 열등하였다(Fig. 3).

골반강 병소의 명확도는 Table 2와 같다. 골반강 병소의 명확도는 EPI가 열등한 경우가 48%(14/29)로 EPI가 통계학적으로 유의하게 열등하였다( $p < .05$ ) (Fig. 4). 각 병소의 숫자가 적기 때문에 통계 처리는 하지 않았으나 자궁경부암( $n=12$ )의 경우 EPI가 58%(7/12)에서 열등하였으며 우수한 경우는 8%(1/12)였다. 난소 종양( $n=11$ )의 경우는 EPI와 FSE가 동등한 경우가 45%(5/11)로 가장 많았다.

인공물은 EPI에서 자화율 인공물(susceptibility artifact)

을 보인예가 6예 있었다. 영상 왜곡(distortion artifact)은 모든 예에서 미미하게 있었으나 판독에 지장을 줄 정도로 심한 영상 왜곡은 6예에서 있었다. 또한 환영 인공물(ghost artifact)과 장골 동맥에 의한 박동성 인공물(pulsatile artifact)는 EPI영상 모든 예에서 약간씩 있었으나 판독에 지장을 주지는 않았다(Fig. 2). FSE에서는 움직임 인공물(motion artifact)이 2예에서 있었으며 그 외 저명한 인공물은 보이지 않았다.

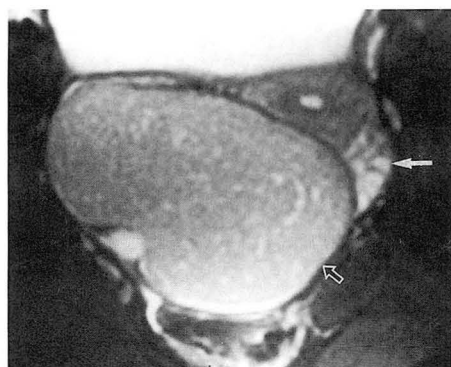
## 고 찰

자기공명영상에서 고식적 스핀에코 영상과 필적할만한 영상의 질을 유지하면서 영상획득 시간을 줄일 수 있는 FSE기법이 주로 이용되고 있다. FSE기법은 영상의 질 뿐만 아니라 병소 검출 및 특성화에 우수하여 복부 및 골반부위에서 고식적 스핀

**Table 2.** Comparison of Echo Planar Imaging and Fast Spin Echo Imaging in Lesion Conspicuity( $n=29$ )

Pelvic lesion	EPI > FSE	EPI = FSE	EPI < FSE	Total
Cervix cancer	1( 8%)	4(33%)	7( 58%)	12
Ovarian tumor	2(18%)	5(45%)	4( 36%)	11
Uterine leiomyoma	1(33%)	1(33%)	1( 33%)	3
Endometrial cancer	0( 0%)	1(50%)	1 ( 50%)	2
Colon cancer	0( 0%)	0( 0%)	1(100%)	1
Total*	4(14%)	11(38%)	14(48%)	29

\* :  $p < .05$



**Fig. 3.** EPI (A) and FSE (B) at level of left ovary in patient with right ovarian serous cystadenoma(open arrow). Left ovarian follicles and stroma (arrow) are more clearly delineated on FSE than on EPI.



**Fig. 4.** EPI (A) and FSE (B) at level of uterine cervix in a patient with cervical cancer (arrows) extended to the urinary bladder. The tumor is more conspicuous on FSE than on EPI.

에코를 대치하고 있다(1, 2). 최근에 EPI기법은 1회의 여기로 k 공간 전체의 정보를 획득하는 초고속 MR 영상기법으로 초당 10-20개의 영상을 얻을 수 있어 관류(perfusion), 확산(diffusion)영상 및 뇌활성화영상과 같은 기능적 MRI에 주로 이용되고 있다(4, 12).

EPI는 사용된 펄스 시퀀스에 따라 스핀에코와 경사에코 EPI로 나눌 수 있으며, 복부 및 골반부에서는 스핀에코 영상 기법을 이용하고 있다(7, 8). 또한 shot의 수에 따라 한번의 shot으로 데이터를 모두 얻는 single-shot EPI와 여러 번 shot을 가하여 데이터를 합하여 얻는 multishot EPI기법이 있다. Single-shot EPI는 수초 내에 상복부나 골반부 전체의 영상을 얻을 수 있으나, 공기를 가진 장에서 자화율 인공물과 불완전한 지방 억제에 의한 화학 전이물 인공물 등에 의해 영상의 질이 지나치게 떨어지므로 multishot EPI가 상복부와 골반강에 이용되고 있다(9, 13). 저자의 경우도 multishot EPI로 영상을 획득하여 FSE기법과 비교하였다.

EPI에서 상대적으로 심한 T2\* 감쇄 효과로 신호대 잡음비(signal to noise ratio, 이하 SNR로 줄임)가 낮고 이 낮은 SNR이 대조 잡음비(contrast to noise ratio, 이하 CNR로 줄임)에 반영되어 해부학 및 병리학적 구조물 등에 대한 육안적 분별도에 영향을 주어 전체적인 영상의 질이 FSE에 비하여 떨어진다(10, 11). 또한 위상 부호화 방향으로 주로 높은 공간 주파수(spatial frequency)를 갖는 신호가 여과되기 때문에 영상의 모호화가 초래되어 또 다른 영상 질 저하의 요인이 된다(10, 15). 따라서 골반강 영상의 EPI에서는 미세한 EPI 신호를 효과적으로 얻고 비교적 높은 신호 대 잡음비를 얻는데 표면코일(surface coil)의 사용이 필수적이며, 낮은 SNR 때문에 적절한 EPI 영상을 얻기 위해서는 FOV와 절편두께를 늘리고 matrix 크기를 줄여야 하므로 화소의 크기가 FSE에 비하여 더 크고 횡단면 해상도가 낮다(11, 13-15). 저자의 연구에서도 보다 좋은 EPI 영상을 얻기위해서 FSE보다 FOV와 절편두께를 늘리고 matrix 크기를 줄여서 영상을 얻어 비교하였으나, 전체적인 영상의 질이 EPI가 FSE에 비하여 열등하였다.

자궁주위 정맥망은 EPI가 강한 지방억제 효과와 함께 강한 T2강조영상이므로 낭성 구조물과 혈류가 느린 혈관은 저신호 배경에 비하여 강한 고신호강도로 나타나 자궁 주위의 작은 혈관을 잘 보여주어 선명 한 것으로 알려져 있다(15). 저자들의 연구에서도 자궁주위 정맥망의 선명도는 EPI가 보다 우수하였다.

자궁방결합조직 침범(parametrial extension)에 대한 정확한 평가는 자궁경부암에서 병기 결정과 치료 계획에 중요하다. 자궁방결합조직 침범을 의미하는 소견은 직접적인 종양의 파급에 의한 종괴가 있거나 자궁경부실질(cervical stroma)의 전층을 침범하면서 자궁방결합조직의 정맥망의 소실이 있는 경우 등이다. EPI가 영상의 질은 떨어지나 자궁주위 정맥망의 선명도가 높으므로(15, 17) 향후 자궁경부암의 병기 결정에 있어서 EPI의 역할이 기대되며 이를 위해서는 더 많은 연구가 필요하리라 생각한다.

병소의 명확도는 Niitsu 등(14)에 의하면 난소의 낭성 병소

를 인지하는데는 EPI가 FSE에 비하여 열등하였으나 그 이외의 자궁 체부의 평활근종, 선근종 등에서 유사하다고 보고하였다. Niitsu 등은 EPI에서 네번의 여기를 시켜서 영상을 획득하여 영상의 질을 향상 시켰으나 저자의 경우에는 FSE는 두번, EPI는 한번의 여기를 가하였다. EPI는 FSE에 비하여 CNR이 낮기 때문에 병소의 명확도에서 EPI가 FSE에 비하여 열등하였다고 생각한다.

EPI는 자화율 인공물에 민감하며 주위 공기를 포함하고 있는 장관에 의하여 생기는 자장의 왜곡(magnetic field distortion)은 골반 장기의 EPI 영상의 질을 떨어뜨리는 주요한 요인이다. EPI에서 이렇게 자화율 인공물이 현저히 나타나는 이유는 기계적 이유로 인해 위상 부호화 경사(phase encoding gradient)가 FSE기법에 비해 상대적으로 상당히 낮기 때문이며, 이로 인해 정적 자기장(static magnetic field)의 불균질성의 영향에 매우 민감해지기 때문이다(10, 15). 자화율 인공물은 주자기장의 세기에 비례하며 고해상 MRI일수록 효과가 더욱 현저해진다(10, 18). 이와 같은 인공물을 줄이는 방법으로는 single-shot 보다는 multishot을 이용하여 영상을 획득한다거나, 방광을 채워 장관을 골반 밖으로 올리는 방법과 항콜린작용제(anticholinergics)를 주입하는 방법 등이 있다. 저자의 연구에서도 single-shot 대신 multishot을 사용하였고 항콜린작용제 일종인 Buscopan 을 투여하여 인공물을 감소시켰으나 충분하지 못하였다. 아직까지는 골반강 영상에서 EPI의 인공물을 줄이는데는 한계가 있지 않나 생각한다.

이 연구의 한계점으로는 적절한 영상을 얻기위하여 EPI에는 FSE에 비해 두꺼운 절두께, 적은 matrix 수를 사용하였고 FSE는 두 번의 여기로 시행한데 비하여 EPI는 한번의 여기만 시행하는 등 영상지표가 서로 달랐다는 것이다.

결론적으로 EPI는 여성골반강에서 전체적인 영상의 질, 해부학적 구분 및 병소의 명확성이 FSE보다 열등하였고 영상왜곡과 자화율 인공물에 민감하여 FSE 기법을 대체할 수 없으리라 생각한다. 그러나 EPI의 기술적 진보가 보다 더 이루어진다면 여성골반강에서 초고속 영상기법으로 이용될 수 있으리라 기대된다.

## 참 고 문 헌

1. Smith RC, Reinhold C, Lang RC, McCauley TR, Kier R, McCarthy S. Fast spin-echo MR imaging of the female pelvis. *Radiology* 1989; 171:531-534
2. Nghiem HV, Herfkens RJ, Francis IR, et al. The pelvis: T2-weighted fast spin-echo MR imaging of the female pelvis. *Radiology* 1992; 184:665-669
3. Mansfield P. Multi-planar image formation using NMR spin echoes. *J Phys C* 1977; 10:L55-L58
4. Kocharczyk J, Vexler ZS, Roberts TP et al. Echo-planar perfusion-sensitive MR imaging of acute cerebral ischemia. *Radiology* 1993; 188:711-717
5. Wetter DR, McKinnon GC, Debatin JF, Schulthess GK. Cardiac echo-planar MR imaging: comparison of single- and multiple-shot techniques. *Radiology* 1995; 194:765-770
6. Saini S, Stark DD, Rzedian RR, et al. Forty-millisecond MR

- imaging of the abdomen at 2.0T. *Radiology* 1989;173:111-116
7. Reimer P, Saini S, Hahn PF, Brady TJ, Cohen MS. Clinical application of abdominal echo planar imaging (EPI): optimization using a retrofitted EPI system. *J Comput Assist Tomogr* 1994; 18:673-679
8. Reimer P, Ladebeck R, Rummeny EJ, et al. Initial feasibility studies using single-shot EPI for the detection of focal liver lesions. *Magn Reson Med* 1994;32:733-737
9. Butt K, Reiderer SJ, Ehman RL, Felmlee JP, Grimm RC. Echo-planar imaging of the liver with a standard MR imaging system. *Radiology* 1993;189:259-264
10. 조윤구, 장기현, 최국명 등. 뇌 자기공명영상에서 FSE와 EPI 기법의 영상 비교. *대한방사선의학회지* 1997;37:789-795
11. DelaPaz RL. Echo-planar imaging. *RadioGraphics* 1994;14: 1045-1058
12. Moseley ME, Kucharczyk J, Mintorvitch J, et al. Diffusion-weighted MR imaging system of acute stroke: correlation with T2-weighted and magnetic susceptibility-enhanced MR imaging in cats. *AJNR* 1990;11:423-429
13. Niitsu M, Tanaka YO, Anno I, Itai Y. Multishot echoplanar MR imaging of the female pelvis: comparison with fast spin-echo MR imaging in an initial clinical trial. *AJR* 1997;168:651-655
14. 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* 1992;2:321-326
15. Edelman RR, Wielopolski P, Schmidt F. Echo-planar MR imaging. *Radiology* 1994;192:600-612
16. Hricak H, Lacey CG, Sandles LG, Chang YCF, Winkler ML, Stern JL. Invasive cervical carcinoma: comparison of MR imaging and surgical findings. *Radiology* 1988;166:623-631
17. Sironi S, Belloni C, Taccagni G, DelMaschio A. Invasive cervical carcinoma: MR imaging after preoperative chemotherapy. *Radiology* 1991;180:719-722
18. Kim SG, Hu X, Adriany G, Ugurbil K. Fast interleaved echo-planar imaging with navigator: high resolution anatomic and functional images at 4 Tesla. *Magn Reson Med* 1996;35: 895-902



## Multishot Echoplanar MR Imaging of the Female Pelvis : Comparison with T2 weighted Fast Spin Echo Imaging<sup>1</sup>

Jung Hyun Joo, M.D., Yong Yeon Jeong, M.D., Heoung Keun Kang, M.D.  
Young Chul Kim, M.D., Tae Woong Chung, M.D., Jae Kyu Kim, M.D.  
Kwang Woo Jeong, Ph.D., Jin Gyoong Park, M.D.

<sup>1</sup>Department of Diagnostic Radiology, Chonnam University Medical School

**Purpose:** To compare the usefulness of multishot echoplanar imaging(EPI) with T2-weighted fast spin-echo imaging(FSE) for the evaluation of female pelvic organs and pathologic conditions.

**Materials and Methods:** Twenty-nine patients with pelvic lesion underwent MR imaging(GE Medical Systems) using a pelvic array coil(GE Medical Systems). Axial EPI(TR/TE=2,000/80, 6mm slice thickness, 2.5mm gap, multishot 16) and T2-weighted FSE(TR/TE=3,400/117, 5mm slice thickness, 1.5mm gap, ETL=12) were obtained. Overall image quality, the parametrial venous plexus, anatomy of the uterine zone and outer margin, identification of the ovaries, pelvic pathologic condition, and frequency of artifact, as seen on EPI and FSE imaging were reviewed separately by two radiologists.

**Results:** For overall imaging quality, EPI was superior to FSE in 14% of patients(4/29), equal in 24%(7/29), and inferior in 62%(18/29). For delineation of the parametrial venous plexus, EPI was superior to FSE in 79%(23/29). For uterine zonal anatomy and the outer margin, EPI was inferior to FSE in 55%(16/29) and in 45%(13/29), respectively. On EPI, visualization of the ovary was rated superior to FSE in 0%(0/9), equal in 52%(15/29), and inferior in 48%(14/29). Conspicuity of pelvic pathologic lesions was superior in 14%(4/29), equal in 52%(15/29), and inferior in 48%(14/29). Image distortion and susceptibility artifacts were seen on EPI in six cases, while on FSE motion artifacts were seen in two cases.

**Conclusion:** As EPI is inferior to FSE in overall image quality, delineation of the normal anatomy of pelvic organs and conspicuity of pelvic lesions, it cannot replace FSE for imaging the female pelvis. However, because EPI reduces imaging time, further technical progress in this area may stimulate the use of ultrafast imaging of the femal pelvis.

**Index words:** Pelvis, MR

Magnetic resonance(MR), pulse sequence  
Magnetic resonance(MR), echo-planar  
Magnetic resonance(MR), technology

Address reprint requests to: Yong Yeon Jeong, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Chonnam University Hospital,  
Chonnam University Medical School, # 8 Hakdong, Dong-gu, Kwangju, 501-757 Korea.  
Tel. 82-62-220-5746 Fax. 82-62-226-4380