

간 질환 감별에 있어 MR영상의 역동적 검사와 EPI의 유용성

부산대학교병원 진단방사선과

박 병 래

- Abstract -

Value of Echo-Planar Imaging and MRI Dynamic Study in Differentiation Liver Diseases

Byung Rae Park

Dept. of Diagnostic Radiology, Pusan National University Hospital

The goal of this paper is that we know the usefulness of echo-planar imaging(EPI) for discriminate between hepatocellular carcinoma(HCC) and hemangioma. We get a time signal intensity curve for liver diseases from the dynamic contrast enhancement images and compared and analyze both the contrast ratio(CR) and the contrast to noise ratio(CNR) using echo planar imaging.

The obtained results are follows :

1. Hepatocellular carcinoma was shown the best contrast after about 20 seconds when is the earlist time in the main artery, and then reduced. The center where is disease was shown the characteristic that the best contrast is appeared after about 35-45 seconds and then slowly reduced. Liver parenchyma was shown the best contrast and reduced after 60 seconds.
2. The peripheral nodular of hemangioma was shown the better contrast soon. On the other hend, the contrast of center where is disease started to increase after 60 seconds and was equal to that of liver parenchyma. Increasing of the contrast continued after.
3. Turbo SE technic was used, the average of CR for hepatocellular carcinoma was 36.7 ± 1.2 and the average of CNR was 2.4 ± 3.2 , while the average of CNR for hemangioma was 54.9 ± 1.0 and the average of CNR was 9.7 ± 1.3 .
4. EPI technic was used, the average of CR for hepatocellular carcinoma was 47.8 ± 1.2 and the average of CNR was 3.4 ± 2.1 , while the average of CNR for hemangioma was 75.7 ± 2.2 and the average of CNR was 9.5 ± 1.1 .

According to above we can find that hemangioma is more bright than hepatocellular carcinoma and the difference of brightness between hepatocellular carcinoma and hemangioma is useful sequence.

I. 서 론

간을 중심으로한 상복부 질환의 검사는 초음파 검사(ultrasonography). 전산화단층촬영(CT). 간 생검(aspiration) 등이 많이 시행되고 있으나 자기공명영상(magnetic resonance imaging : 이하 MRI)에서는 호흡·심장·혈관의 맥동, 장관의 연동등 신체의 자연적인 움직임(motion)에 기인한 artifact유발로 인하여 좋은 영상을

얻기가 매우 제한되어 왔다. 그러나 최근에는 다양한 array coil과 펄스 시퀀스(pulse sequence)의 지속적인 연구 개발로 상복부에 대해서도 한번의 호흡정지(breath hold : BH) 동안 움직임에 의한 artifact를 최소화 하면서 많은 수의 영상을 얻을 수 있는 FLASH(fast low angle shot) 2D, HASTE(half fourier acquisition single shot turbo spin echo)기법을 적용시켜 신호 대 잡음비(signal to noise ratio : SNR)가 좋은 영상을 얻을 수 있었다. 따라서 저자는 간질환에 대해 역동적(dynamic)

조영증강(contrast enhancement) 영상에서 시간의 변화에 따라 신호강도의 변화곡선(time signal intensity curve)을 구하고 질환에 따른 조영증강의 차이를 알아보려고 하였다. 또한 Turbo SE(spin echo) 및 HASTE기법에서 T2영상을 얻었으며 무한하게 짧은 TR를 이용하여 순수한 T2강조영상을 나타내며 움직임에 의한 artifact가 거의 없는 장점을 가진 초고속 영상(echo-planar imaging : EPI)기법을 적용하여 대조도비(contrast ratio : CR)와 대조도 대 잡음비(contrast to noise ratio : CNR)를 구하여 비교분석 함으로써 간세포암(hepatocellular carcinoma : HCC)과 간혈관종(hemangioma)을 감별하는데 있어 EPI의 유용성에 대하여 알아보려고 한다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

본원에서 1997년 1월부터 97년 6월까지 간 질환의 MR검사를 의뢰한 환자 42명중 간 생검, 임상결과 및 수술을 통해 간세포암으로 확진된 22명과 간혈관종 20명을 대상으로 하였다. 이들의 연령분포는 31-78세였으며 남자 24명 여자 18명이었다.

2. MR상 획득방법

사용된 MR기기는 1.5T Magnetom vision, VB31B(Siemens, Germany)에서 CP(circular polarity)body array coil을 이용하여 영상을 얻었다. 검사전 4~6시간 전부터 금식하고 필요에 따라 장의 연동운동을 억제시킬 목적으로 진정제(buscopan) 1~2 mg를 근육주사 한 후 호흡은 가볍게 들며마신 상태에서 정지를 하고 supine자세에서 스캔을 시행하였다.

T1강조영상은 종래의 긴 검사시간을 요하는 스핀에코(spin echo : SE)시퀀스를 대신하여 일회호흡정지로 빠른시간내에 검사가 가능한 FLASH 2D를 사용하였으며, T2강조영상은 Turbo SE와 HASTE기법을 병행하여 사용하였다. 또한 병변부위를 정확히 구분해 볼 수 있는 EP Imaging는 반드시 시행하였다.

FLASH 2D T1, HASTE T2, Turbo SE with FS(Fat suppression) T2, EPI T2강조시퀀스를 사용하여 일회호흡정지동안 간 부위에 절편단면 두께(slice thickness)를 6 mm 간격으로 하고 절편단면사이 간격(slice gap)은 1~1.2 mm로 19 slice를 동일위치 횡단면(trans. axial)상에서 각각의 시퀀스로 스캔을 하였다(Table 1). 여기에서 의심되는 병소가 발견되면 병소부분만 더욱더 세밀하게 절편단면 두께 및 절편단면사이 간격을 좁혀서 검사를 하였다.

Table 1. Parameters of Pulse sequences

Pulse sequence	Scan parameters					
	TR(ms)	TE(ms)	Flip ang (°)	Matrix	Slice thickness (mm)	Scan time (sec)
FLASH 2D	120-146	4.1	80	128×256	4~6	13~18
HASTE	4.2	59	180	128×256	6	21
Turbo SE T2	3500	138	180	128×256	6	21
EPI	0.6	73	90	110×128	3~6	5

역동적 검사로 FLASH 2D BH T1강조 시퀀스를 이용해 한번 숨을 들이마시고 정지한 상태에서 조영제 주입전(pre-contrast)영상과 조영제 GD-DTPA(gadolinium-diethylene triamine pentaacetic acid)를 환자 몸무게 kg당 0.2~0.25 cc를 정맥으로 빠르게 주입한 후(post-contrast) 동일 위치에서 절편단면 두께 4~6 mm로 16~19 slices를 6번 반복해서 스캔을 하여 영상을 얻었다.

매번 검사시간(scan time)은 13~18초로 지연시간(delay time)은 25 sec, 60 sec, 90 sec, 120 sec, 5분까지 검사를 하고 또한 조영증강전 전체 간 부위와 동일 위치에서 한번더 조영 증강된 상을 6분에서 얻으므로 써 역동적 검사에서 제외되었던 부위도 볼 수 있도록 하였다. 이렇게 하여 얻은 조영제 주입후 영상은 복부대동맥, 간실질, 병소중양부위에서 각각 ROI치를 구하고 이는 정량적분석(quantitative analysis)을 위해서 시간변화에 따라 조영증강에 대한 신호강도(signal intensity : SI)의 변화를 time signal intensity curve로 나타내어 곡선변화 유무를 분석하였다.

Turbo SE와 EPI기법에서 얻은 상을 간세포암 및 간혈관종 질환으로 구분하고 각각의 신호강도를 측정하여 정량적 분석을 위해서 신호 대 잡음비(signal to noise ratio : SNR)를 식(1)에 의해서 구하였다.

$$SNR = \text{signal intensity of liver} / \text{signal intensity of background noise} \quad (1)$$

여기에서 signal intensity of liver는 간실질 조직의 신호강도이며, signal intensity of background noise는 간실질 조직외의 잡음신호이다.

병변부위와 간실질에 있어서 대조도비(CR)와 대조도 대 잡음비(CNR)를 식(2), (3)에 의하여 구하고 비교하였다.

$$CR = (SI_{\text{lesion}} - SI_{\text{liver}}) / (SI_{\text{lesion}} + SI_{\text{liver}}) \times 100 \quad (2)$$

$$CNR = SNR_{\text{lesion}} - SNR_{\text{liver}} \quad (3)$$

SNR lesion : 간 병변부위의 SNR

SNR liver : 간 실질조직의 SNR

3. 펄스 시퀀스

1) Turbo SE with FS BH T2 시퀀스

Spin echo에 비해 매우 짧은 검사기법으로 Turbo SE는 multi SE를 변경시켜 각각의 spin echo신호를 분리하여 위상부호화(phase encoding)하는 것으로 spin echo는 각각의 독립된 영상을 만들지만 Turbo SE의 echo들은 한 장의 영상을 만들어 내며 field 불균일에 의한 자화율(susceptibility) artifacts를 제거하기 위하여 180도 펄스를 사용하였다(Fig. 1). TR당 ETL(echo train length)이 29개이며 TE 138 ms로서 절편단면 두께 6 mm 검사 시간 21 sec로 일회호흡정지동안 19개의 영상을 얻었다.

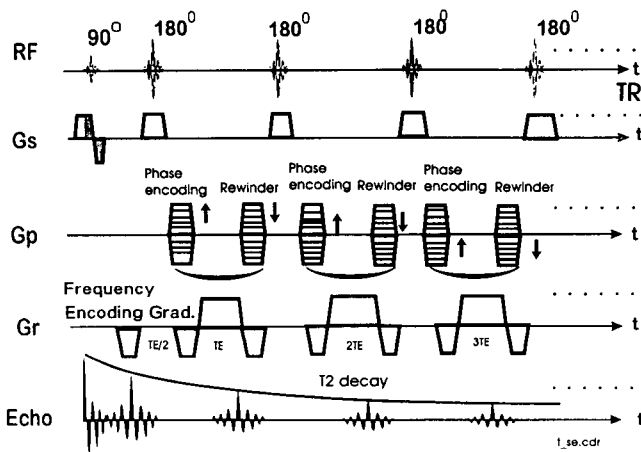


Fig. 1. Diagram of Turbo SE sequence

2) FLASH 2D with BH T1 시퀀스

한번의 TR동안 multi slices을 얻는 방법으로 In phase, Out of phase기법이 있으며 경사에는 90° 미만인 α 도 하나의 RF를 인가한 후 Mxy면에 proton의 반전을 가속시키도록 반전 경사자장(dephase gradient)을 인가한 다음 이와 반대극성의 경사자장을 인가하여 반전 경사자장에 의해 반전되어진 Mxy면에 퍼진 proton들을 다시 재위상(rephase)시켜 에코신호를 만드는 방법으로 flip angle 60° 이상은 T1강조영상이고 30° 이하는 T2강조영상을 나타낸다.

물분자(4.7 ppm)와 지방(1.2 ppm)은 수소를 둘러싸고 있는 화학적 환경의 차이로 각 수소가 받는 유효자기장이 서로 다르며 3.5 ppm의 화학적 이동(chemical shift)을 가진다. 즉 지방의 수소 주위는 물분자의 수소 주위보다 전자분포가 높아 작은 유효자기장을 갖게 되므로 낮은 주파수를 갖는다.

본 기기는 1.5 Tesla이므로 물과 지방에는 64 MHz \times 3.5 ppm으로 1초당 반복주기가 220 Hz(2.2 ms)의 주파수 차이가 있다(Fig. 2). In phase기법을 적용하여 TR 115.7 msec, TE 4.1 msec, flip angle 80°로 영상을 얻었다.

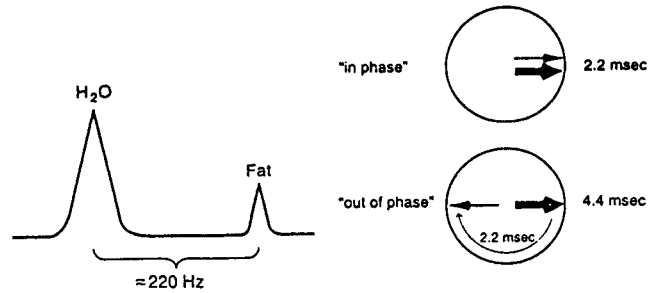


Fig. 2. Representations of “in phase” and “out of phase” in 1.5T.

3) HASTE with BH T2 시퀀스

완전히 이완된 spin들의 종축자화성분을 이용하여 한번(single shot)의 90° 혹은 180° RF로 모든 데이터가 얻어지는 것으로 half fourier 알고리즘을 사용하여 Turbo SE보다 더욱 짧게 스캔 할 수 있었다. 실제 240 phase encoding 수의 영상을 얻기 위해 이의 반보다 조금 많은 128 phase encoding을 인가해 128번의 RF refocused echo을 얻어 약 1초당 하나의 영상을 얻으며 높은 해상력으로 spin echo의 T2강조영상과 유사한 조직의 대조도상을 얻는다. Echo interval(=TR)이 4.2 ms로써 180°와 180° 사이의 시간을 의미하며 영상은 59 ms 이후에 받는 TE 59 ms를 적용하여 지방의 신호를 소거하고 움직임에 의한 artifact가 거의 없으며 절편단면 두께는 FLASH와 동일하게 6 mm로 19 slices를 21 sec 동안 일회호흡정지로 영상을 얻을 수 있었다(Fig. 3).

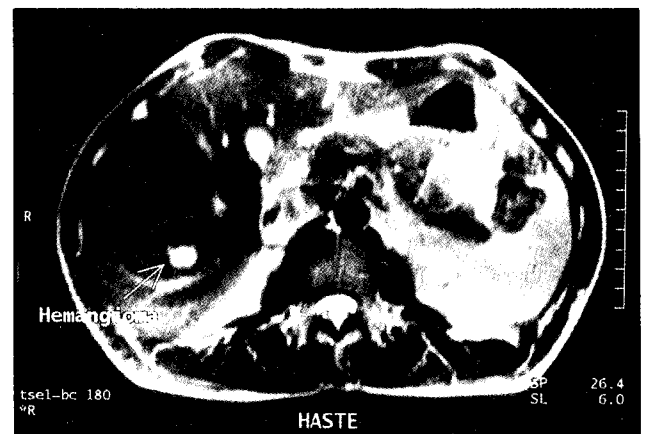


Fig. 3. T2 weighted HASTE image of hemangioma

4) EP Imaging

한 개의 선택된 여기펄스로부터 영상을 재구성하는데 필요한 K-space의 정보를 모두 얻어 완전한 planar상을 얻는 기법으로 파형은 작고 크기가 변하지 않는 고정된 X축 위상 부호화 경사자장(phase-encoding gradient)이 가해진 상태에서 극성이 교대로 바뀌는 Y축 주

과수 부호화 경사자장(frequency-encoding gradient or readout gradient)을 연속적으로 반전(positive and negative)함으로써 매우 빠르게 진동(oscillation)하는 가운데 한번의 TR동안 gradient echo train의 FID(free induction decay)를 푸리에 변환하여 모든 정보를 획득하고 짧은 시간 내에 완전한 영상^{1,2)}을 만들 수 있다.

EPI는 spin echo와 gradient echo변형에 의한 EPI로 구분할 수 있는데 spin echo EPI는 180° 펄스를 인가하여 주자장의 비균질성을 최소화하여 T2강조영상을 얻고 (Fig. 4) gradient echo변형에 의한 EPI는 T2*강조영상을 얻을 수 있다.

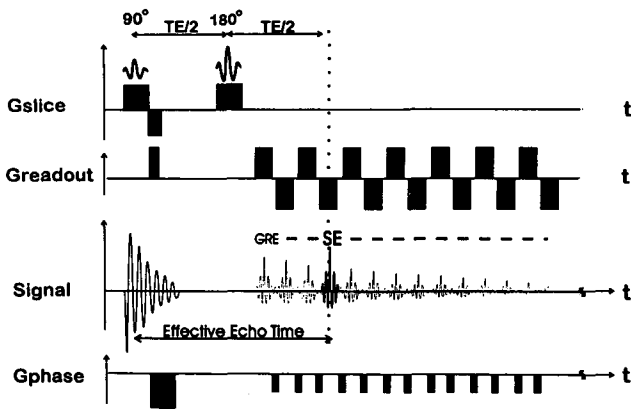


Fig. 4. Pulse sequence of EPI(SE type)

EPI에서의 화학적 이동은 일반적인 MR상보다 매우 크기 때문에 fat suppression이 필수적이며 해상도가 낮고 신호대 잡음비가 떨어지며 magnetic susceptibility artifact에 민감하다. 본 검사에서 사용된 시퀀스는 single shot echo planar상으로써 echo planar T2 dephasing inversion recovery SE image 시퀀스로 bandwidth는 pixel당 2080 Hz이고 maximal gradient field는 25 mT/m이며, gradient를 최고로 올리는데 걸리는 시간(rise time)은 150 μ s, 총 검사시간은 5초 정도 소요되었다.

III. 결 과

1. 역동적 조영증강영상에서 신호강도의 변화

역동적 검사로 FLASH 2D BH T1강조영상에서 조영증강되는 복부대동맥, 간실질 및 병소중양부위에서 면적 0.3~0.9 cm²로 ROI치를 측정하여 시간변화에 따른 조영증강에 대한 곡선을 구하였다.

간세포암은 가장 빠른 시간인 20초 전후에 복부대동맥에서 최고로 조영이 된후 서서히 감소하며, 병소중양부위는 약 35~45 sec에서 최고로 조영 증강되고 그후

서서히 감소하는 특징을 보였으며, 간실질은 병소부위보다는 더늦은 60초 이후에 최고로 증강된 후 감소하는 것을 보였다(Fig. 5, 6).

간혈관종의 peripheral nodular는 빠른 시간내에 증강을 보이나 병소중양부위는 60초까지는 거의 변화가 없

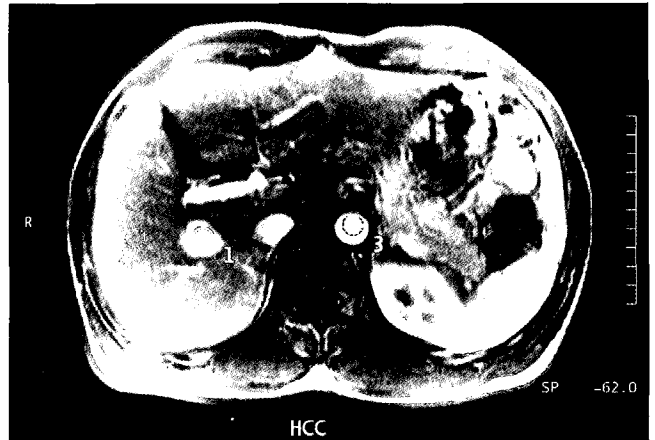


Fig. 5. ROI of hepatocellular carcinoma.

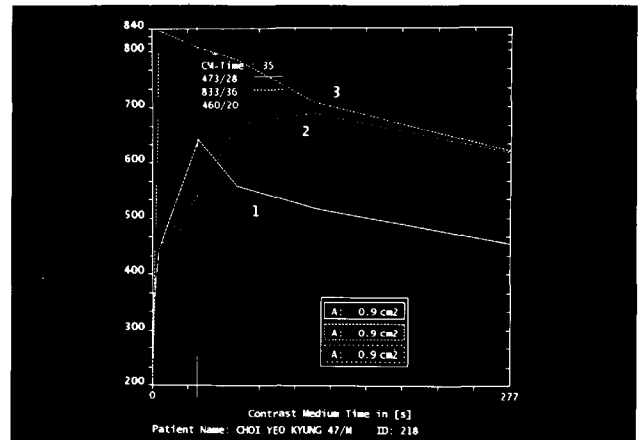


Fig. 6. Time signal intensity curve of hepatocellular carcinoma.

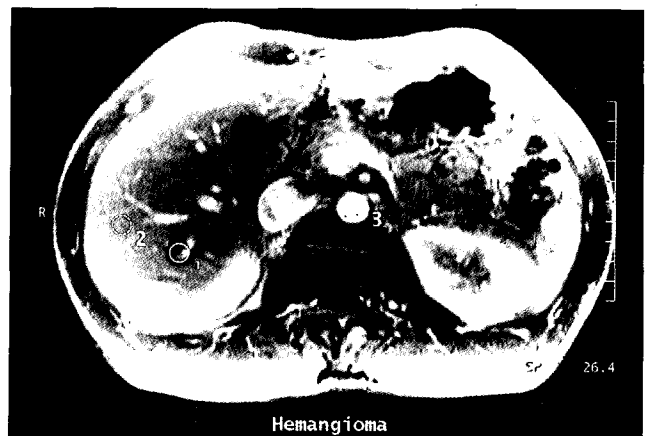


Fig. 7. ROI of hemangioma.

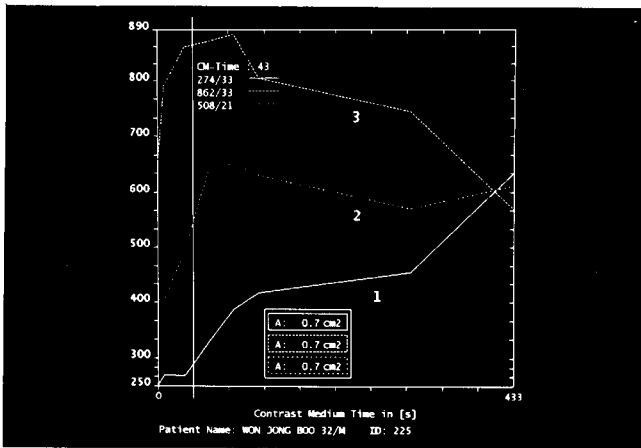


Fig. 8. Time signal intensity curve of hemangioma

으나, 그후 조영이 증강되기 시작하여 약 5분 30초 이후에 간실질과 일치되며 그후로도 계속하여 증강되는 것을 알 수 있었다. 그러나 더 많이 지연된 시간에는 데이터를 얻지 않아 시간변화에 따른 신호강도를 추적할 수가 없었다(Fig. 7, 8).

2. 간세포암과 간혈관종의 신호강도비교

EPI에서 간세포암과 간혈관종의 두 병변간에 현저함을 비교해 볼 때 간세포암에 비해 간혈관종에서 병변은 정상 간실질에 비해 bright하고 뚜렷하게 보였다. 또한 간혈관종은 Turbo SE보다는 EPI에서 간실질에 대해 병변이 훨씬 선명하게 보였다(Fig. 9, 10).

3. Turbo SE와 EP Imaging에서 CR과 CNR

Turbo SE기법상에서 간세포암의 CR의 평균은 36.7±1.2, CNR의 평균은 2.4±3.2이었고, 간혈관종의 CR의

평균은 54.9±1.0, CNR의 평균은 9.7±1.3이었다.

EPI기법상에서 간세포암의 CR의 평균은 47.8±1.2, CNR의 평균은 3.4±2.1이었고, 간혈관종의 CR의 평균은 75.7±2.2, CNR의 평균은 9.5±1.1이었다(Table. 2).

Table 2. Contrast ratio, CNR of EPI and Turbo SE images

	Turbo SE		EPI	
	CR(%)	CNR	CR(%)	CNR
HCC	36.7±1.2	2.4±3.2	47.8±1.2	3.4±2.1
Hemangioma	54.9±1.0	9.7±1.3	75.7±2.2	9.5±1.1

IV. 고 찰

여러 번의 호흡정지를 통해 간 전체의 영상을 얻을 때 호흡 정지의 깊이가 매번 다를 수밖에 없어 작은 병변의 영상을 놓칠 수 있다. 그러나 간세포암과 간혈관종은 HASTE T2 시퀀스와 EPI에서는 고신호로 나타났으며 EPI에서 절편단면 두께를 3 mm까지 section할 수 있었으므로 병변을 판별하는데 많은 도움이 되었다.

조영제의 주입시간과 영상을 얻기 시작하는 시간은 automatic injector를 사용하지 않았으므로 정확한 시간 조절이 어려웠다. 또한 간세포암은 간경변 자체의 변화에 의하여 혈관주변에 fibrotic change가 심한 경우가 적지 않기 때문에 이 영향으로 혈류의 속도가 정상간에서의 혈류속도와는 차이가 있을 것으로 생각된다.

간혈관종의 진단에 있어 신호강도는 다양할 수가 있으나³⁾ 주로 T1에서 저신호강도 혹은 isointense하며 T2에서는 담낭이나 뇌척수액처럼 아주 고신호강도를 보인다.^{4,5)} 혈관종의 경계는 대개의 양성종양들처럼 주변 간실질과의 경계가 명확(sharply defined)하고 내부구조는 균일(homogeneous)하다.⁶⁾ 그러나 병리학적 소견으로는

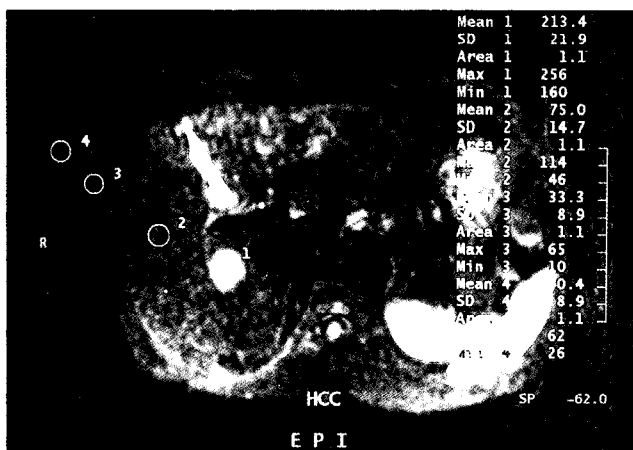


Fig. 9. Mean values of hepatocellular carcinoma in EPI

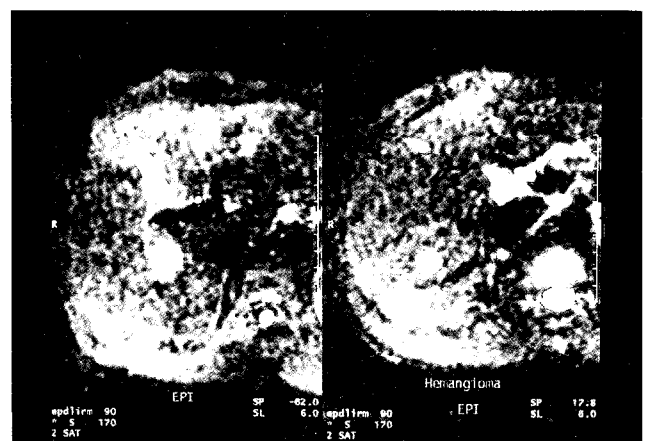


Fig. 10. Signal intensity of HCC and hemangioma in EPI

종양 내에 여러 복합된 소견(fibrosis, thrombosis, hemorrhage, calcification)들이 있어서 비균일(heterogeneous)한 종양이라고 한다.

EPI기법은 지방에 의한 artifact를 억제해 주었음에도 불구하고 air-filled bowel이나 체외의 air에 의해 susceptibility 변화로 인하여 artifact가 생기고 근본적으로 해상도가 낮고 신호대잡음비가 떨어지므로 S/N을 증가시키는 것이 요구된다.

V. 결 론

간질환이 의심되는 환자에게는 역동적 조영증강 FLASH 2D with BH T1강조 시퀀스 검사와 함께 시간대별 신호강도 곡선을 구하여 병변의 정확한 판별을 할 수 있었고, HASTE with BH T2강조 영상과 EPI에서 병변 발견율을 높일 수 있었다.

간혈관종은 Turbo SE에 비해 EPI에서 CR이 높게 나타나므로써 훨씬 선명하게 보여 용이한 진단이 가능하였고 또한 EPI에서 간혈관종은 간세포암에 비해 밝고(bright) 뚜렷하게 보였기 때문에 간세포암과의 감별에 있어서도 유용한 시퀀스로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Kim Butts, Stephen J. Riederer et. al : Echo planar imaging of the liver with a standard MR imaging system, Radiology, 189, 259-264, 1993.
2. Lieven Van Hoe, Hilde Bosmans et. al : Focal liver lesions : Fast T2 weighted MR imaging with half-fourier rapid acquisition with relaxation enhancement. Radiology, 201, 817-823, 1996.
3. 박천규, 서대건, 이용문 : 복부 MR영상에 대한 새로운 검사기법의 연구검토 II. 대한 자기공명기술학회지, 6(1), 146-156, 1996.
4. Sanjay Sainj, Peter reimer et. al : Echoplanar MR imaging of the liver in patients with focal hepatic lesions, AJR, 163, 1389-1393, 1994.
5. Mark A. Goldberg et. al : Value of T1 and T2 relaxation times from echoplanar MR imaging in the characterization of focal hepatic lesions, AJR, 160, 1011-1017, 1993.
6. Soyer philippe, et. al : Detection of focal hepatic lesions with MR imaging : prospective comparison of T2 weighted fast spin echo with and without fat suppression, T2 weighted breath hold fast spin echo, and gadolinium chilate enhanced 3D gradient recalled imaging, AJR, 166, 1115-1121, 1996.