

호흡정지 T1 강조 간 자기공명영상에서 동위상과 역위상 FMPSPGR 영상의 비교

김명진¹, 김만득¹, 홍혜숙¹, 정재준¹, 양희철¹, 이종태¹, 유형식¹

목 적 : 호흡정지 간 자기공명영상에서 국소 간 병변을 발견함에 있어 동위상(in-phase) 방식과 역위상(opposed-phase) 방식의 fast multiplanar spoiled gradient recalled (FMPSPGR) 영상간의 효율성을 비교하고자 하였다.

대상 및 방법 : 다른 검사를 통해 국소 간 병변이 발견되었거나 의심되었던 45명의 환자의 78개의 병변에 대한 고속경사예코대열의 동위상과 역위상 영상을 비교하였다. 병변 발견률을 평가하기 위해 세 명의 사전 정보 없는 판독의가 독립적으로 영상을 검토하였다. 간의 신호대잡음비, 병변과 간의 대조대잡음비 및 간과 비장 간 대조대잡음비를 비교하였다. 세 명의 동의에 의해 어느 대열에서 영상의 질이 더 나은지 결정하였다.

결 과 : 역위상 영상에서 판독의 1, 2, 3이 각각 61(78%), 61(78%) 및 63(89%) 개의 병변을 정확히 발견하였다. 동위상 영상에서 각 판독의가 66(85%), 65(83%) 및 65(93%)개의 병변을 발견하였다. 두 영상을 조합하였을 때, 71(91%), 69(88%) 및 76(97%)개의 병변이 각각 발견되었다. 간세포암의 증례에서 간-병변간 대조대잡음비는 역위상 영상에서 더 컸으나($p < 0.05$), 다른 병변에서의 의미 있는 차이는 보이지 않았다. 간-비장간 대조대잡음비는 역위상 영상에서 높았으나($p < 0.1$), 간의 신호대잡음비는 동위상 영상에서 더 높았다.

결 론 : 국소적 간 병변을 놓치지 않고 발견 하기 위해서는 동위상 영상과 역위상 영상을 모두 이용하는 것이 바람직하다.

서 론

호흡정지 고속 자기공명영상 기법은 움직임에 의한 인공유령물과 영상의 흔들림을 방지할 뿐만 아니라 검사 시간을 현저히 단축시킬 수 있다. 경사 예코, 스핀에코 및 Echo planar 영상의 조합에 이용되는 다양한 호흡정지 방법들이 간 자기공명영상에 사용되고 있다(1, 2). Fast multiplanar spoiled gradient recalled echo (FMPSPGR) 영상은 고속 자기공명영상 방식 중의 한가지로서 호흡정지 동안 간의 우수한 T1 강조 영상을 제공한다(2). 절편 두께, 간격, 행렬크기(matrix size), flip angle 및 receiver bandwidth에 가장 적합한 변수는 이전 문헌에서 보고된 바 있다(3). FMPSPGR 대열은 TE를 선택하기에 따라 동위상(in-phase) 영상과 역위상(opposed-phase) 영

상을 시행할 수 있다. 최근 fast low angle shot (FLASH) 방식하에서 역위상 및 동위상 영상 간의 비교 연구에 대한 보고가 있었으나, 그 결과에는 아직 논의의 소지가 있으며, 국내에서는 동위상 방식과 역위상 방식 간의 비교 연구에 대한 보고가 없었다(3, 4). 그러므로 저자들은 FMPSPGR 방식하에서 동위상 영상과 역위상 영상을 비교하는 연구를 실시하여 간 종괴를 발견함에 있어 어느 기법이 우월한지를 평가하고자 한다.

대상 및 방법

대상

초음파나 전산화단층촬영에서 국소 간 병변이 의심되었던 자기공명영상을 시행한 45명의 환자들에서 발견된 78개의 병변을 대상으로 하였다. 환자들의 연령은 34세에서 79세까지였고(평

대한자기공명의과학회지 1: 142-147(1997)

¹연세대학교 의과대학 진단방사선과학교실

통신저자: 김명진 서울시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 의과대학 진단방사선과학교실

Tel. 82-2-361-5843 Fax. 82-2-393-3035

군 55세), 남자가 24명, 여자가 21명이었다. 각 병변의 진단은 간세포암 3예, 혈관종 25예, 단순 낭종 10예, 간선종 5예, 간내 담관암 1예, 전이암 2예, 일차성 림프종 1 예 등이었고, 3예는 확진 되지 않았다. 간세포암은 수술적 절제, α -fetoprotein치의 증가나 혈관조영술 소견 및 추적 관찰상으로 확진하였다. 모든 전이암, 담관세포암, 임파종과 선종은 생검이나 수술로 확진 하였다. 혈관종 중 한 예는 수술로 확진 되었고 다른 혈관종은 초음파, 자기공명영상 및 추적 관찰에서 전형적 소견으로 진단하였다. 낭종은 자기공명영상, 전산화단층촬영, 초음파 소견으로 진단하였다.

자기공명영상 기법

1.5-T 자기공명영상장치(Signa, GE Medical Systems, Milwaukee, Wisconsin, USA) 하에서 표준형 체부 코일을 사용하여 영상을 얻었다. 모든 환자에서 지방-물간 역위상 영상과 동위상 영상 기법의 FMPSPGR 영상을 시행하였다. 간 전체에 걸쳐 16절편의 다면 축상 영상을 얻었으나 현저한 간종대가 있던 한 명의 환자에서는 12절편의 관상 영상을 얻었다. 양 기법 모두에서 flip angle 70도, FOV 28-40cm, matrix 크기 256×128, 신호평균 1회와 16 kHz receive bandwidth를 사용하였다. TE는 역위상 영상에서 2.6msec였고 동위상 영상에서 4.2 msec였다. TR은 역위상 영상과 동위상 영상에서 각각 152.3-153.8msec와 177.9-178.4msec의 범위를 두었다. 검사 시간은 역위상 영상에서 24초, 동위상 영상에서 21초가 소요되었다. 모든 환자에서 고속 스핀에코 TR 3500-4000msec, TE 100-120msec, 16-32kHz receive bandwidth, 8 ETL, 256×256matrix 크기, 2회의 신호평균화로 축상 영상을 얻었다. 동일한 변수하에서 0.1mmol/kg Gd-DTPA (Magnevist®, Schering Ag, Germany) 주사 후 1초, 45초, 90초 및 10분 지연영상을 역위상 FMPSPGR을 이용하여 역동적 자기공명영

상을 얻었다. 고속스핀에코 영상과 gadolinium 조영증강 FMPSPGR 영상은 분석에는 제외하고 진성 병변을 결정하기 위해서만 검토하였다.

영상 분석

영상은 세 명의 판독의가 서로 상의하지 않고 판독하였다. 동위상 및 역위상 영상 모두를 적어도 1주 간격을 두고 무작위로 판독하였고 자기공명영상 대열이나 영상 방법의 결과에 대해 사전 정보를 제시하지 않았다. 소 병변에서의 부분 용적 효과에 의한 부정확성을 제외하기 위해 직경 1cm 미만 4개 병변을 제외한 74개 병변을 분석하였다. 측정된 병변의 직경은 1.0-9.4 cm이었다(평균 2.7cm). 영상장치에 내장된 프로그램을 사용하

Table 1. Number of Lesions Detected on Each Sequence for Each Reader

	OP(%)	IP(%)	Combined(%)
Reader 1	61(78)	66(85)	71(91)
Reader 2	61(78)	65(83)	69(88)
Reader 3	63(89)	65(83)	76(97)

IP ; in-phase images, OP ; opposed-phase images
Combined ; IP and OP images

Table 2. Statistical Differences Between Pulse Sequences for Detection of Lesions in Each Reader

	IP vs OP	IP vs combined	OP vs combined
Reader 1	NS	< 0.05	< 0.05
Reader 2	NS	NS	< 0.1
Reader 3	NS	< 0.05	< 0.05

IP ; in-phase images, OP ; opposed-phase images
Combined ; IP and OP images

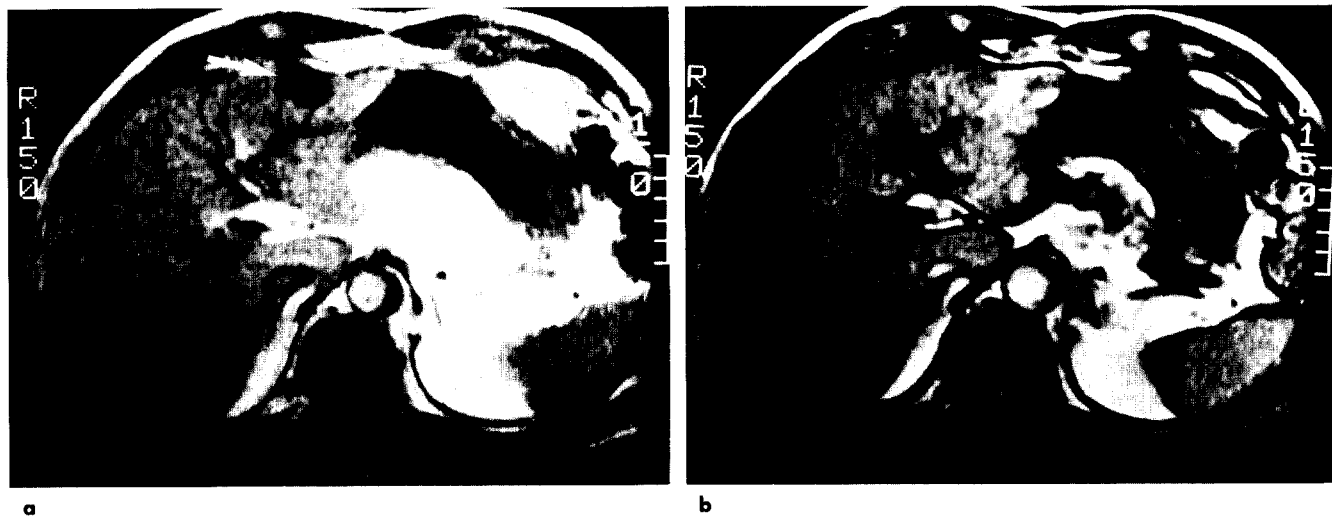


Fig. 1. A metastatic lesion from a carcinoma of the colon detected on IP image (a) but not on OP image(b). IP image clearly demonstrates a subcapsular hypointense mass at the lateral segment of the left lobe of the liver(arrow). However, all readers failed to detect the lesion on OP image because of the nearly isointensity of the lesion from signal suppression of surrounding fatty liver.

여 각 펄스 대열 간의 동일한 위치에서 간, 비장, 병변 및 주위 조직의 신호강도를 얻었다. MR 영상에서 관찰되지 않은 병변의 신호 강도는 주위 간과 같은 신호 강도를 사용하였다. 주변 잡음의 신호강도와 표준편차는 복측 체외에서 측정하였고 장치와 움직임에 의한 잡음을 측정 영역에 포함시켰다. 모든 환자에서 비장-간의 대조대잡음비와 간-병변의 대조대잡음비를 다음과 같은 수식에 의해 구했다.

$$\text{비장-간의 대조대잡음비} : (SIS - SIL) / SDBN,$$

$$\text{간-병변의 대조대잡음비} : (SILE - SIL) / SDBN$$

SIS : signal intensity of spleen, SILE : signal intensity of lesion, SIL : Signal intensity of liver, SDBN : standard deviation of background noise.

영상의 질을 세 명의 판독의 동의하에 호흡에 의한 인공유령물의 유무에 따라 '우수', '양호' 및 '불량'의 세 단계로 평가하였다.

병변 발견, 신호대잡음비, 대조대잡음비의 차이가 통계적으로 유의한지 알아보기 위해 paired t-test를 사용하였고 영상의 질을 평가하기 위해 Wilcoxon matched paired signed rank test를 이용하였다.

결 과

양적 분석에 의한 결과는 표 1과 2에 제시되어 있다. 모든 판독의가 동위상 영상에서 역위상 영상보다 더 많은 병변을 발견하였으나 통계적 유의성은 없었다. 동위상 영상에서 판독의 1, 2, 3이 각각 7, 10 및 9예에서 병변을 더 발견하였고(Fig. 2), 역위상 영상에서 각각 1, 6 및 6예에서 병변을 더 발견하였다. 두 영상을 함께 관찰한 경우는(동위상 + 역위상), 판독의 1과 2에 의해 각각 4예에서 병변 발견률이 동위상 영상 만을 관찰하였을 때 보다 증가하였다(Fig. 3). 역위상 영상과 비교하였을 경우, 두 영상을 같이 판독하는 것이 역위상 영상 만을 관찰하는 것 보다 모든 판독의에서 발견률이 유의하게 증가하였다. 동위상 영상과 비교하였을 때는, 판독의 1과 3에서만 증가하였다(Table 2).

간의 신호대잡음비는 동위상 영상에서 더 높았고($p < 0.05$), 간-비장 대조대잡음비는 역위상 영상에서 더 높았다($p < 0.1$) (Table 3). 간-병변 대조대잡음비는 증례 전반적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나($p > 0.1$), 간세포암의 예에서는 역위상 영상에서 통계적으로 유의하게 더 높았다(Table 4).

영상의 질을 등급화한 것은 동위상과 역위상 영상간에 차이를 보이지 않았다.

고 찰

고속 자기공명영상의 발전은 일회 호흡정지로 높은 신호대잡음비의 간 영상을 가능케 하였다. FMPSGR영상은 간의 고속 자기공명영상시 신호대잡음비를 높이고 TE를 단축시키면서 짧은 영상획득의 장점들을 제공하며, 고식적 스핀에코 방식을 대체하고 있다(3-9).

FMPSGR 영상은 TE를 선택함에 따라 물/지방 간의 동위상 영상이나 역위상 영상을 할 수 있다(6). 물과 지방은 일정한 자장에서 서로 다른 공명 주파수를 갖는다(chemical shift). 따라서 90° 펄스 이후에 지방과 물은 서로 다른 주기로 위상의 변화를 보인다. 그러나, 일반적인 스핀에코 영상 방식에서는 TE가 충분히 길고 180°의 refocusing pulse가 가해지므로 지방과 물의 주기 차이는 영상에 반영되지 않고 서로의 신호가 합쳐져서 영상이 만들어지는 동위상의 영상이 얻어진다. 그러나 FMPSGR이나 FLASH와 같은 고속경사사계 영상에서는 매우 짧은 TE를 사용하고 180°의 refocusing pulse도 사용하지 않으므로 TE 값을 선택함에 따라 물과 지방이 동위상에 있

Table 3. Comparison of SNR of Liver and Liver-to-spleen CNR

	IP	OP	p
SNR(Liver)	41.1 ± 16.0	38.0 ± 15.8	< 0.05
CNR(Li/Sp)	3.6 ± 5.6	4.2 ± 5.8	< 0.1

SNR; signal to noise ratio, CNR; contrast-to-noise ratio

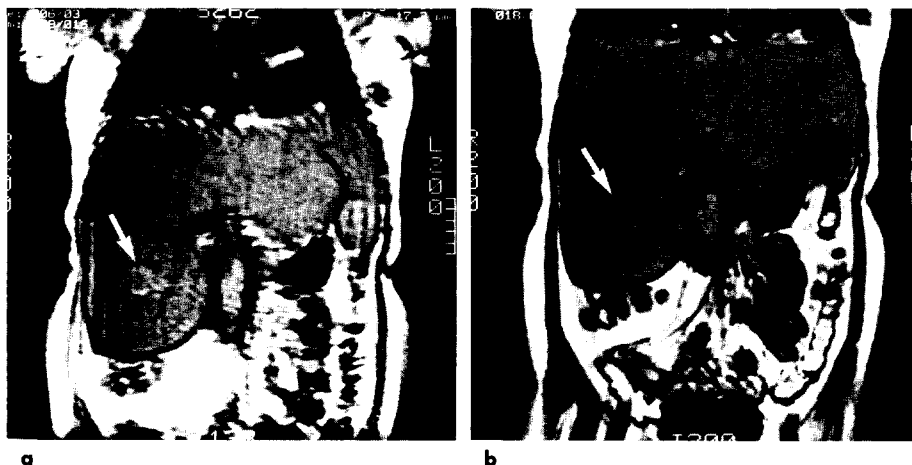


Fig. 2. False-negative detection of an hepatic adenoma on IP image by two readers in a case of glycogen storage disease.

a. One hepatic adenoma (arrow) was missed on IP image at the initial examination although the other lesion on the lateral segment (curved arrow) can be detected.

b. OP image clearly shows both of the lesions. Note the diffuse hepatomegaly in this case with glycogen storage disease. Liver signal is diffusely decreased on OP images due to fat-water cancellation. However, fat-containing adenoma in this case showed a more prominent signal loss.

나 역위상에 있는 동안에만 영상 신호를 얻음으로써 두 분자 신호가 더해져서 얻어지는 영상(동위상)과 두 분자 신호가 상쇄되어 영상이 얻어지는(역위상) 영상이 가능하다. 1.5T 장치하에서는 TE가 약 2.1msec일 때, 역위상에 있게 되고, TR이 약 4.2msec일 때, 동위상에 있게 되며 6.3msec에서는 다시 역위상 위치에 있게 된다. 기계 장치에 따라 역위상 영상을 위해 TE를 2.1-3msec를 사용하거나 6-7msec를 사용할 수 있다.

이론적으로 같은 TR을 사용할 경우에는 TE가 작은 경우에 동일한 시간에 많은 단면을 촬영할 수 있으므로, TE를 2.1-3 msec 정도까지 사용할 수 있는 경우라면 역위상 영상을 이용할 때 원하는 부위를 좀 더 짧은 시간 안에 영상화 할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 역위상에서는 2.6msec, 동위상에서는 4.2

msec의 TE를 사용하였고, 전체 간을 포함하기 위하여 일정한 수의 단면수를 사용하기 위하여 TR 은 역위상에서 보다 동위상에서 길어졌으므로 영상 시간도 동위상 영상이 약 3초 길어졌다.

본 연구의 결과는 국소 병변을 발견함에 있어 동위상과 역위상 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나, 두 영상을 함께 이용하였을 때 국소 간종괴의 발견률이 증가하였다. 두 방법을 결합시킨 판독은 특히 위양성 병변 발견을 감소시켰다. 몇몇 병변은 두 영상에서 거의 인지되지 않았으나 두 영상을 결합하여 판독하였을 때 병변을 더 확실히 인지할 수 있었다. 각 방법으로 간의 전장을 검사하는 시간은 25초 이내이므로 두 방법을 사용하는 것은 총 검사 시간을 크게 증가시키지 않는다.

Table 4. Comparison of Lesion-to-liver CNR

	Diagnosis								Mean
	Unk	Adeno	CCC	Cyst	HCC	HMG	Lympho	Mets	
n=	3	5	1	10	31	25	1	2	78
Mean, CNRip	4.99	6.08	15.40	18.57	5.96	14.07	5.30	16.31	10.53
Mean, CNRop	0.89	5.82	15.10	19.13	8.24	13.61	2.08	13.81	11.07
SD, CNRip	4.43	3.00	—	9.54	4.85	5.44	—	8.33	7.63
SD, CNRop	0.99	2.28	—	8.94	6.09	6.76	—	12.65	8.05
p-value	NS	NS	NS	NS	< 0.05	NS	NS	NS	NS

n; number of cases, Unk; Unknown; Adeno, adenoma; CCC, cholangiocarcinoma; HCC, hepatocellular carcinoma; HMG hemangioma; Lympho, lymphoma; Mets, metastasis
 CNRip; Contrast-to-noise ration in in-phase images, CNRop; Contrast-to-noise ration in in-phase images
 SD; standard deviation, p-value; paired t-test

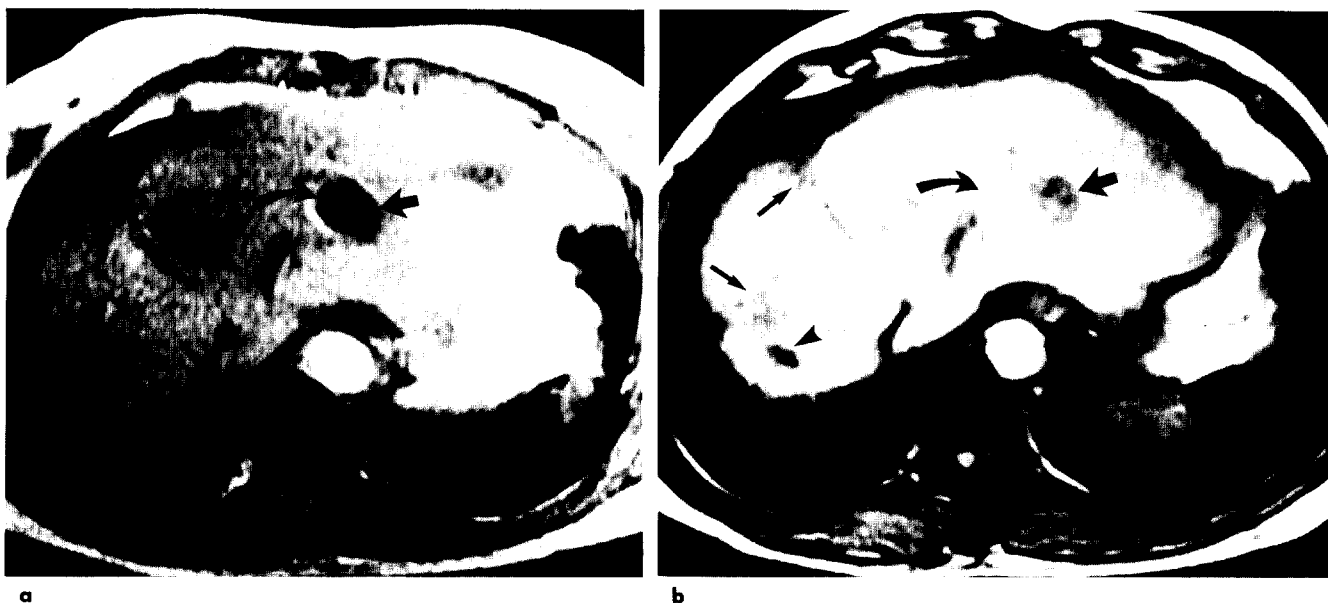


Fig. 3. Lesion detection is improved by combined reading of IP (a) and OP image (b) in a case of recurrent small hepatocellular carcinoma. One hepatocellular carcinoma lesion (arrow) on the lateral segment was missed on the IP image due to complete overlap with the pulsation artifact(curved arrow). Although the lesion is partially overlapped on the pulsation artifact on OP image, the lesion can be depicted on initial interpretation. There are focal linear hypointense lesions from previous partial resection of liver (small arrows) and a small hemangioma(arrowhead).

본 연구의 결과는 Rofsky 등(4)과 Martin 등(5)의 보고 등과 유사한 결과를 보이고 있으며, FMPSPGR 영상이 간 자기공명 영상에 이용될 때는 두 방법을 시행하는 것이 타당하리라 생각된다.

본 연구에서는, TR을 동위상과 역위상 영상간 차이를 두었고 TE에 따라 최소화하여 가능한 한 영상 시간을 감소시켰다. 이 경우 동위상 영상에서 상대적으로 긴 TR이 간의 신호강도를 증가시킬 것을 기대할 수 있으나, 반면 긴 TE는 영상의 T1 효과를 감소시킬 수 있다. 그 결과, 간의 신호대잡음비는 전반적으로 동위상 영상에서 높았으나($p < 0.05$), 간-비장 대조대 잡음비는 역위상 영상에서 더 높았다($p < 0.1$).

간-종괴 대조대잡음비는 전체 증례에서 두 기법간 유의한 차이가 없었으나, 간세포암의 경우 역위상 영상에서 유의하게 높은 결과를 보였다. 이는 종괴가 지방성분이 많거나 지방변성을 한 간세포암의 경우에는 역위상 영상에서 주변 간 실질에 대해 저신호강도를 증가시켜 더 현저하게 보인 것으로 생각된다.

역위상 영상에서 현저한 ring-cancellation artifact 때문에, 작은 주변부 병소는 불명료해질 가능성이 있다. 또 다른 제한점은 미만성 지방간 환자에서 나타날 수 있다. 역위상 영상에서 간 실질의 신호강도가 지방과 상쇄되면, 결과적으로 감소된 간의 신호강도가 통상적 간종괴의 저신호강도에 의한 현저도를 떨어뜨릴 것이다(Fig. 1).

두 방법을 사용함으로써 FMPSPGR 영상에서 현저한 박동에 의한 인공유령물의 문제점도 극복할 수 있다. 가장 뚜렷한 박동 유령물은 phase encoding 방향이 전후일 때 대동맥에 의하여 간의 외측 분엽에서 관찰된다. 만약 한 병변이 박동 유령물과 동일한 위치에 있게 되면, 불명료해질 수 있다. 이러한 바람직하지 않은 상황을 피하기 위해 phase encoding 방향을 다르게 하여 두 번 검사할 필요가 있다. 그러나 역위상 영상과 동위상 영상을 동시에 시행할 경우, 박동유령물의 위치는 TE 값에 따라 달라지지만 병변의 위치는 바뀌지 않음으로 인해 병변의 관찰을 용이하게 할 수 있다(Fig. 3).

역위상 영상은 동위상 경사 에코 자기공명영상 대신 고식적 T1 강조 영상과 결합할 수 있는데, 스핀에코 영상에서는 물과 지방의 신호강도가 in-phase이기 때문이다. 본 연구에서, 스핀에코 T1 강조 영상과 동위상 영상간 비교는 시행하지 않았다. 그러나 본원에서 행한 이전 연구에서 역위상과 스핀에코 T1 강조 영상간 직접적 비교를 시행한 바 있다(8). 이전 연구에서 동

위상 FMPSPGR 영상이 스핀에코 T1 강조 영상에서 보인 모든 병변을 발견해내었으므로 저자들은 이미 스핀에코 T1 강조 영상을 FMPSPGR 영상으로 대체하였다.

결론적으로, 국소적 간 병변을 발견하는데 있어 동위상이나 역위상 영상은 상호 보완적이며, 두 기법을 동시에 시행함으로써 총 검사 시간을 크게 증가시키지 않고 병변의 발견률을 높이는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1. Mitchell DG, Stark DD. Breath-hold techniques. In: Mitchell DG, Stark DD, ed. Hepatobiliary MRI; a text-atlas at mid and high field. St. Louis, Mosby-Year book, 1992; 15-29
2. Taupitz M, Hamm B, Speidel A, Deimling M, Branding G, Wolf K-J. Multisection FLASH: method for breath-hold MR imaging of the entire liver. Radiology 1992; 183: 73-79
3. Low RN, Francis IR, Herfkens RJ, et al. Fast multiplanar spoiled gradient-recalled imaging of the liver: pulse sequence optimization and comparison with spin-echo MR imaging. AJR 1993; 160: 501-509
4. Rofsky NM, Weinreb JC, Ambrosino MM, et al. Comparison between in-phase and opposed-phase T1-weighted breath-hold FLASH sequences for hepatic imaging. J Comput Assist Tomogr 1996; 20: 230-235
5. Martin J, Sentis M, Puig J, et al. Comparison of in-phase and opposed-phase GRE and conventional SE MR pulse sequences in T1-weighted imaging of liver lesions. J Comput Assist Tomogr 1996; 20: 890-897
6. Martin J, Sentis M, Zidan A, et al. Fatty metamorphosis of hepatocellular carcinoma: detection with chemical shift gradient-echo MR imaging. Radiology 1995; 195: 125-130
7. Siewert B, Muller MF, Foley M, Wielopolski PA, Finn JP. Fast MR imaging of the liver: quantitative comparison of techniques. Radiology 1994; 193: 37-41
8. Choi PS, Kim M-J, Yoo HS, Lee JT. Comparison of conventional SE, fast SE, and fast multiplanar spoiled gradient-recalled imaging for evaluation of focal hepatic lesions. Radiology 1995; 197(p): 176
9. Stark DD, Fahlvik AK, Klaveness J. Abdominal imaging. J Magn Res Imag 1993; 3: 285-295

Comparison of In-Phase and Opposed-Phase FMPSPGR Images in Breath-hold T1-weighted MR Imaging of Liver

Myeong-Jin Kim, Man Deuk Kim, Hye Sook Hong, Jae-Joon Chung,
Hee Chul Yang, Jong Tae Lee, Hyung Sik Yoo

Department of Diagnostic Radiology, Yonsei University College of Medicine

Purpose: To compare the effectiveness of the in-phase (IP) sequence and the opposed-phase (OP) sequence in the detection of focal hepatic lesions in the single breath-hold hepatic MR imaging with fast gradient T1-weighted pulse sequences.

Materials and Methods: IP and OP T1-weighted breath-hold imaging was performed using fast gradient echo sequences in 45 patients referred for known focal hepatic lesions, in which 78 lesions were detected. Three blind readers independently reviewed the images for lesion detectability. The signal-to-noise ratio (SNR) of the liver, the lesion-to-liver contrast-to-noise ratio (CNR) and the liver-to-spleen CNR were also compared. A consensus was reached by three readers to determine which sequence is better in image quality.

Results: On OP images, 61(78%), 61(78%), and 63(89%) lesions were correctly identified for reader 1, 2 and 3, respectively. On IP images, 66(85%), 65(83%), and 65(93%) lesions were detected for each reader, respectively. When two image sets were combined, 71(91%), 69(88%), and 76(97%) lesions respectively were detected for each reader. In cases of hepatocellular carcinoma, liver-to-lesion CNR was greater on the OP images($p < 0.05$), but in other lesions significant difference was not demonstrated. Liver-to-spleen CNR was higher on OP images($p < 0.1$), but the SNR of the liver was higher on the IP images.

Conclusion: Use of both IP and OP imaging can be helpful to avoid erroneous missing of some focal hepatic lesions.

Index words: Liver, MR; MR, chemical shift;
Magnetic Resonance(MR), comparative studies

Address reprint requests to: Myeong-Jin Kim, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, # 134 Shinchon-Dong, Seodaemun-Gu, Seoul 120-752, Korea.
Tel. 82-2-361-5843 Fax. 82-2-393-3035