

비알콜성 지방간환자 평가를 위한 3.0T 고자기장 자기공명분광법을 이용한 PRESS 기법의 유용성

구은회^{1*}

¹청주대학교 방사선학과

Usefulness of the PRESS Technique using 3.0T Magnetic Resonance Spectroscopy for Evaluation of Non-Alcoholic Fatty Liver Disease Patients

Eun-Hoe Goo^{1*}

¹Department of Radiological Science, Cheongju University

요 약 3.0T 고자기장 자기공명분광법에서 비알콜성 지방간 환자 평가를 위해 PRESS 기법과 Biopsy 결과의 상관관계를 토대로 PRESS 기법의 임상적 유용성을 알아보았다. 본 실험은 3.0T 고자기장 자기공명영상 장비를 이용하여 실험을 하였고 분광스펙트럼을 적분(peak area integration) 방법으로 면적을 구하여 간지방량에 상대비율에 따른 공명피크의 면적을 이용하여 계산하였다. 비알콜성 지방간환자에서 MR 스펙트럼 피크가 모두 0.9 - 1.6 ppm에서 나타났으며 비알콜성 환자에 대하여 MRS와 Biopsy 결과 민감도 94%와 특이도 80%로 높은 값을 얻었다($p=0.000$). 정상($r=0.79$, $p=0.04$) 및 비알콜성 지방간질환 대한 결과($r=0.89$, $p=0.002$) 역시 높은 상관관계를 보여주었다. 따라서 3.0T 고자기장 MRS를 적용했을 때 PRESS 기법은 비알콜성 지방간 환자를 평가하는데 있어서 정상부분과 지방간부분의 구별을 가능하게 하였으며 생검검사와 MRS의 상관관계 분석에서 간지방량 비율(%)은 r 값이 0.7 이상의 높은 Lipid를 제공하여 PRESS 기법의 임상적 유용성을 권고 할 만하였다.

Abstract This study was to evaluate the clinical usefulness of the PRESS technique based on the correlation between PRESS technique and biopsy results by applying 3.0T high magnetic field MRS technique for evaluation of non-alcoholic fatty liver disease patients. This experiment were carried out using a 3.0T magnetic resonance imaging equipment. The part data of each spectrum is taken by peak area integration. The part data of resonance peak was used to calculate relative ratio. MR spectral peak in patients with non-alcoholic fatty liver disease is from 0.9 to 1.6 ppm. According to MRS method study result, Patients with NAFLD were obtained with 94% sensitivity and 80% specificity($p=0.000$). When compared to normal based on MRS and Biopsy results was valid correlation($r=0.79$, $p=0.04$). Results for NAFLD($r=0.89$, $p=0.002$) also showed a correlation. Therefore, PRESS technique to evaluate patients with non-alcoholic fatty liver disease, the distribution difference between normal liver and fatty liver part is significantly distinguished. Biopsy and MRS fatty liver peak ratio(%) proves high lipid over grade($r = 0.7$).

Key Words : Contrast to Noise Ratio, Diffusion Weighted Image, Diffusion Tensor Image, Signal to Noise Ratio

1. 서론

자기공명분광법(magnetic resonance spectroscopy)은

자기공명현상을 이용하여 물질의 화학적 구조나 상태를 비침습적으로 검사할 수 있는 방법으로, 해부학적인 변화가 없는 대사성 질환이나 기존의 영상에 의한 검사로 발

*Corresponding Author : Eun-Hoe Goo (Cheongju University)

Tel: +82-10-8750-5092 email: geh@cju.ac.kr

Received October 25, 2012

Revised (1st November 13, 2012, 2nd December 5, 2012)

Accepted December 6, 2012

견되지 않는 초기 병변의 검사에 매우 유용하다[1-5]. 자기공명분광법은 고자장의 기기와 높은 수준의 자장 균일도 (magnetic field homogeneity)를 필요로 하며 움직임에 민감한 특성이 있어 생체에서의 적용은 주로 뇌나 근육 등 움직임이 없는 부위의 병변을 규명하는 데에 사용되어 왔고 특히 뇌신경계의 병변에 대해서는 많은 연구가 이루어져 있다 [6-11]. MRS에서는 자기공명영상을 얻는데 필수적인 공간부호화경사자장(spatial encoding gradients)을 가하지 않는다는 점에서 해부학적 영상을 얻은 MRI 보다 더 단순하다고 할 수 있다. 화학천이(chemical shift)와 스핀-스핀 커플링(J-coupling) 현상이 MRS의 기본원리를 이룬다[12]. 이 두 가지 기본 현상에 의해서 여러 화학물질에서 나오는 신호의 위치와 모양이 각각 다른데 이것을 분석하여 그 물질의 정체를 밝히고 그 농도를 측정할 수 있다. 현재 전 세계적으로 H¹ MRS와 P³¹ MRS에 대한 연구가 주류를 이루고 있으며, 뇌의 임상연구에는 특히 H¹ MRS가 더 많이 이용되고 있다. 화학천이(chemical shift)는 같은 원자라도 분자구성 성분에 따라서 원자주위의 전자분포가 다르고, 한 분자 내에서도 그 분자를 구성하는 원자의 핵 주위 전자분포가 달라서 공명주파수가 달라진 친화력이 높은 산소핵 주위에 전자구름(electron cloud)이 둘러싸이고, 수소 핵은 전자구름에 둘러싸이지 않아 외부자장에 그대로 노출되어 외부자장보다 더 높은 주파수를 갖게 된다. 이에 반하여 지방(-CH₂)의 수소는 외부자장 차단역할을 하는 전자구름에 둘러 쌓여 물보다 약 3.5 ppm 낮은 주파수를 갖게 된다. 특히 복부 자기공명분광법은 호흡에 영향을 많이 받거나 또는 환자상태가 중증일 경우에는 자장의 균일성을 갖지 못하여 정확한 지방간평가가 어려운 현실이다. 기존 보고에 의하면 이러한 단점을 보완하기 위하여 T2 이완시간이 짧은 STEAM 기법을 이용하기도 하지만, 신호대 잡음비가 낮아 권고하지 않고 있다[13]. 이에 본 실험에서는 비알콜성 지방간평가에서 3.0T 고자기장을 이용하여 180° RF pulse를 사용하고 spin echo로써 stimulated echo 보다 신호대 잡음비가 대략 2배가량 높으며 최소 1cc(1×1×1cm³)정도의 국소부위에 사용할 수 있는 PRESS 기법을 적용하여 Biopsy 결과와 MRS PRESS 기법의 상관관계를 토대로 임상적 유용성을 알아보고자 한다.

2. 대상 및 방법

본 실험은 지방간 의심으로 본원에 내원 환 환자 중 1차적으로 간 기능 검사를 받았으며 Table 1과 같은 검사 장비 및 대상 선정기준으로 알코올 섭취를 한 비알콜성

지방간 환자(nonalcoholic fatty liver disease, NAFLD) 68명을 대상으로 하였다. 연령대는 만 18세 이상에서 75세 미만으로 평균연령은 41.76±16.83, 성비는 1.16 대 1이었다. 모든 대상자는 8시간 이상의 금식을 하였으며 MRI 및 MRS은 3.0T 자기공명영상기기(Philips Medical System, Achieva, Release 2.6.3.7)를 사용하여 검사하였다. MRS은 체부코일을 사용하여 호흡정지(breath-hold)를 이용하여 localized proton SV_PRESS (single voxel point resolved spectroscopy sequence) 기법을 이용하였고 사용된 매개변수는 TR 2000ms, TE 35.664, Number of scans 128, 8 NEX, Frequency 127.8 MHz, BW 2000 Hz로 최대한 간 혈관을 피해 간 실질이 가장 많은 우엽에 위치시키고 2-2.5 cm³의 관심영역(volume of interest, VOI)을 설정하여 single voxel로 MRS 영상을 획득하였다.

MRI 및 MRS 검사방법으로는 첫째, MRI 장비 내에 피험자는 반듯이 누운 자세로 SV_PRESS 기법을 사용하여 호흡정지 검사를 시행하였다. 둘째, 관심영역 설정을 위해 시상면, 관상면, 축면상의 세 가지 직각방향에 일치되게 복셀을 설정하였다. 셋째, 수동 예비 스캔(manual prescan)을 하여 관심영역에 대하여 시간영역(time domain)과 주파수영역(frequency domain)을 조정하여 자장이 균일하도록 설정하였다[Fig. 1].

[Table 1] Exam equipment and object selection criteria for the experiments

US period	Within three months
System for exam equipment	US Sonography(IU 22, Philips)
Transducer	C5-1 Curved Array
US image for liver	More bright image than spleen, kidney
Alcohol intake	20g less/a week

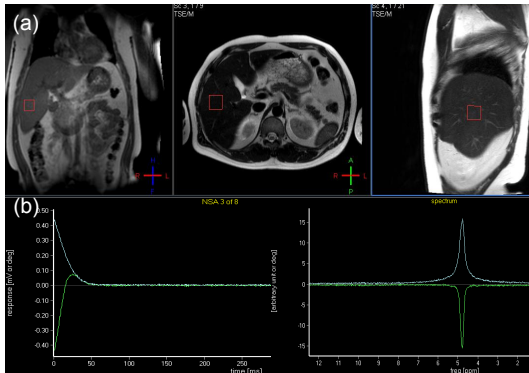
본 실험에 적용된 모든 환자는 Biopsy를 하였으며 간 기능 검사에서 AST/ALT(aspartate aminotransferase/alanine aminotransferase) 수치가 40/35 U/L 이하인 경우와 Biopsy상 정상인 경우는 정상인으로 분리하였고, AST/ALT 수치가 40/35 U/L 이상인 경우와 Biopsy 상 지방간 환자인 경우는 비알콜성 지방간 환자(nonalcoholic fatty liver disease, NAFLD)로 분리하여 평가를 하였다.

자기공명분광법에서는 정상각형의 복셀 설정 시 호흡에 관련하여 정확한 지방간량을 평가하기 위하여 주변 위치로 3 번의 MRS 값을 얻은 후 data를 분석하기 위하여 MRS로 얻은 분광신호의 후처리(post processing)는 View Forum(Extended MR workSpace 2.6.3.2, Medical Systems, Philips) 소프트웨어를 이용하였다. 후처리 과정

을 거쳐 최종적으로 얻어진 분광스펙트럼을 평균하였으며 정량적인 평가를 위하여 식(1)을 적용하여 20% 이하인 경우는 정상으로 분류하였고, 이상인 경우는 비알콜성 지방간으로 평가하여 Biopsy와 상관관계를 계산하였다.

$$\text{Lipid}(\%) = [\text{Lipid peak area} / (\text{Lipid peak area} + \text{Water peak area})] \times 100 \quad (1)$$

Biopsy에 대한 평가는 2005년 제안된 NAS(NAFLD activity score, 비알콜성 지방간 활성화 점수)체계를 이용하여 1명의 병리의사는 다음의 세 가지 기준으로 평가를 하였다[14]. 지방중에서 5% 이내: 경중, 5 ~ 33%: 중등중, 33 ~ 66%: 중증으로 분류하였다. 수신자 판단 특성 곡선(receiver operating characteristic: ROC)을 이용하여 생검과 자기공명분광법에 대한 민감도 및 특이도를 평가하는데 절단값(cutoff value) 20%로 선정하였다. 자기공명분광에서 측정된 지질피크 비율에 관한 각각 측정치의 상관성을 Pearson's correlation coefficient를 이용하여 r 값이 0.0 ~ 0.3: mild, 0.4 ~ 0.7: moderate, 0.8 ~ 1.0: severe로 구분하여 상관관계 정도를 구분하였다. 모든 데이터는 SPSS 14.0을 이용 하였으며 p 값이 0.05 이하이면 통계적인 의의가 있는 것으로 보았다.

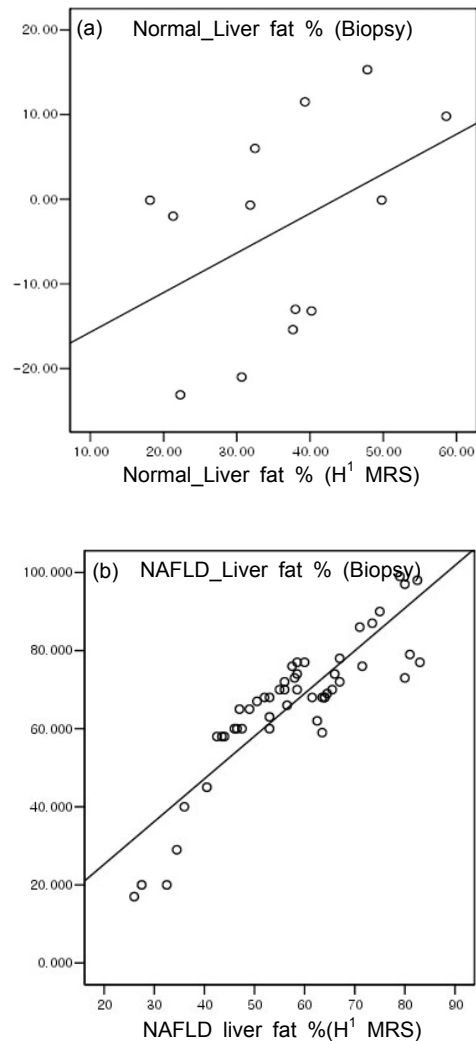


[Fig. 1] Voxel is set coinciding with the right angle of 3 ways such as sagittal, coronal and axial to set VOI.

3. 결과

정상인 지원자 및 비알콜성 지방간환자에서 MR 스펙트럼 peak가 모두 0.9-1.6 ppm에서 나타났다. 정상인의 경우는 92.85%(13/14)가 20% 이하의 lipid값을 얻었고, 나머지 1명은 호흡분량으로 검사에 실패를 하여 데이터 분석을 하지 않았다. 비알콜성 간질환환자 54명의 환자에

서 92.59%(50/ 54)가 20% 이상의 lipid 값을 얻었다. 나머지 4명 역시 호흡분량으로 검사를 실패하여 데이터 분석에 포함되지 않았다 비알콜성환자의 MRS의 지질피크 비율(%)의 평균 신호대 표준편차는 $MRS_{\text{lipid}}: 36.67 \pm 14.67\%$, 정상인 지원자에 대하여 생검결과와 비교했을 때 MRS 검사결과 절단값(cutoff value)을 20%로 정했을 때 민감도 96.6%와 특이도 100%로 높은 값을 얻었다($p=0.000$). 비알콜성 환자에 대하여 민감도 94%와 특이도 80%로 높은 값을 얻었다($p=0.000$). Fig. 2는 정상인을 기준으로 MRS와 생검 결과를 비교했을 때 유효한 상관관계를 보였다($r=0.79, p=0.04$), 비알콜성 지방간질환 대한 결과($r=0.89, p=0.002$) 역시 상관관계를 보여주었다.



[Fig. 2] Graph shows correlation of liver fat measurements obtained with H¹ MR spectroscopy and Biopsy results in the normal(A, $r=0.79, p=0.04$) and NAFLD(B, $r=0.89, p=0.002$).

[Table 2] Results of MRS of liver fat peak(%) with normal patients(n=14)

Case No.	H ₂ O	Liver fat(%)	Case No.	H ₂ O	Liver fat(%)
1	145	17.14	8	326	18.41
2	160	19.59	9	347	19.16
3	165	18.71	10	215	18.80
4	NA	NA	11	120	18.89
5	350	19.81	12	219	19.78
6	310	14.60	13	198	19.18
7	239	17.86	14	320	19.19
AV. ± SD : 239 ± 81.91 19.10 ± 0.42					

- * NA ; not available
- * MRS ; magnetic resonance spectroscopy
- * AV. ; average
- * SD ; standard deviation

[Table 3] Average liver fat peak(%) of NAFLD patients(n=54)

Case No.	H ₂ O	Liver fat(%)	Case No.	H ₂ O	Liver fat(%)
1	331	24.14	28	246	32.99
2	242	47.26	29	204	35.06
3	384	42.61	30	313	57.67
4	242	23.78	31	407	25.30
5	259	31.83	32	479	29.46
6	203	47.83	33	433	25.75
7	190	37.66	34	293	22.46
8	359	30.69	35	79.6	51.93
9	351	22.28	36	305	20.96
10	NA	NA	37	166	25.25
11	373	38.07	38	92.1	29.58
12	432	32.48	39	55.4	51.99
13	68.9	49.70	40	NA	NA
14	431	24.38	41	246	34.25
15	275	36.96	42	204	50.15
16	452	28.69	43	NA	NA
17	311	22.57	44	407	36.38
18	268	50.54	45	479	21.99
19	213	57.91	46	433	23.62
20	NA	NA	47	293	20.83
21	149	41.53	48	79.6	26.15
22	79.6	52.33	49	305	20.14
23	305	20.32	50	166	25.25
24	166	26.90	51	92.1	37.81
25	92.1	29.74	52	55.4	44.82
26	55.4	46.42	53	13.9	48.71
27	17.9	33.45	54	92.1	33.30
AV. ± SD : 244 ± 135 36.44 ± 11.43					

- * NA ; not available
- * MRS ; magnetic resonance spectroscopy
- * AV. ; average
- * SD ; standard deviation

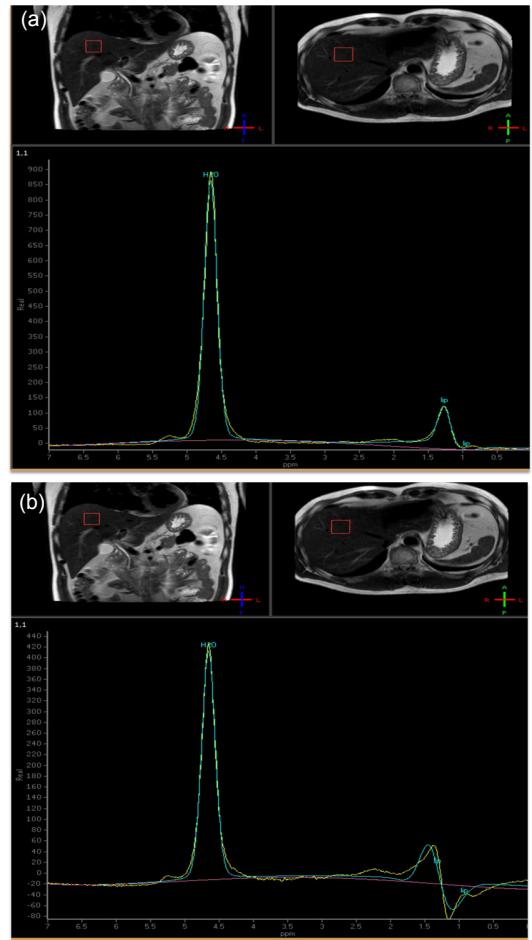
Table 2는 간 기능 검사에서 AST/ALT 수치가 40/35 U/L 이하인 경우 또는 Biopsy상 정상인 경우는 정상인으

로 분리했을 때 자기공명분광법 검사시 간지방량이 20 % 이하인 경우로 실제정상이었고, MRS PRESS 기법 검사시 간지방량이 평균 19.10 ± 0.42 %로 정량적인 데이터 값을 제공하였다. 물(H₂O)에 대한 spectrum은 239 ± 81.91로 표준편차가 큰 값을 얻었다. 그 이유는 검사환자마다 동일한 호흡상태를 유지하지가 어렵거나 또는 간에 많은 수분이 포함되어있기 때문에 공명 피크기가 큰 차이를 보이고 있는 것이다. Table 3는 간 기능 검사에서 AST/ALT 수치가 40/35 U/L 이상인 경우와 Biopsy 상 지방간 환자인 경우는 NAFLD로 분리했을 때 자기공명분광법 검사시 간지방량이 20 % 이상인 경우로 실제 비알콜성 지방간환자였으며, MRS PRESS 기법 검사시 간지방량이 평균 36.44 ± 11.43 %로 정량적인 수치값을 제공하였다. 물(H₂O)에 대한 spectrum은 244 ± 135로 비알콜성 지방간환자에서도 표준편차가 큰 이유로 환자마다 동일한 호흡차이가 있었고 간에 대한 수분분포가 많기 때문에 spectrum 변화가 심한 현상이다.

4. 고찰

물과 지방을 선택적으로 영상화하는 방법으로는 디슨 방법(Dixon method)이라고 불리는, 펄스의 간격을 조절하는 스핀에코(spin-echo)방식이 처음으로 사용되었으며, 정위상 영상(standard spin-echo T1-weighted image)과 탈위상 영상(spin-echo T1-weighted image with fat and water signal at opposite phase at the TE)을 비교하여 조직 내의 지방을 정성, 정량적으로 추정할 수 있었다 [15-17]. 현재 ¹H 자기공명분광법으로는 단일지역에서의 데이터 수집(single voxel technique)과 동시에 여러 지역에서의 데이터 수집(multi-voxel technique)의 두 가지 방법으로 나누어진다. Single voxel technique는 MR 영상에서 병변의 위치를 알 수 없지만 높은 주파수 해상력으로 각 대사물질의 구별이 용이하고 데이터 분석시간이 짧다. Multi-voxel technique는 넓은 지역에서 데이터를 수집하여 각각의 대사산물의 정보를 영상화하는 Chemical Shift Imaging(CSI) 혹은 동시에 여러 지역의 데이터 수집에 필요하다. STEAM(stimulated echo acquisition method)는 3번의 slice-selective 90° RF pulse를 연속적으로 주는 방법으로 이 세 번의 RF 파들이 각각 면에서 선택된다면 세 직각면의 교차점에 있는 시료용적에서만 stimulated echo가 얻어질 것이다. 복부 자기공명분광법 검사시 물의 성분이 많기 때문에 일반적으로 물의 신호를 억제하기 위하여 CHESS(chemical shift selective) pulse를 사용하여 VOI가 최소 8cc(2x2x2cm)로 PRESS 보다 VOI 선택

이 더 정확하나 신호의 크기는 PRESS보다 작게 나타난다. 가장 큰 장점으로 스펙트럼에서 어떠한 감소도 요구하지 않기 때문에 정확한 3차원 정위선정에 적합하다. PRESS(point resolved spectroscopy)는 90° slice selective RF pulse를 주고 180° RF pulse를 두 번 준다. 복부 자기공명분광법 검사 시 호흡에 관련하여 신호대 잡음비가 낮기 때문에 STEAM 기법에 비해 약 40% 이상의 높은 신호대 잡음비를 가지는 PRESS기법이 본 실험에서 우위의 결과를 가졌다. PRESS 기법에서 lipid peak의 신호대 잡음비(signal to noise ratio)가 4 위치에서 21.5, 1146, -17.4, 803.3의 값으로 나타났고, STEAM 기법은 8.6, 458.4, -6.96, 321.32 값으로 낮게 나타났다[Fig. 3]. 본 연구에서 시행한 분석방법으로 4.8 ppm에서의 water에 의한 공명 peak을 기점으로 지질 피크는 0.9-1.6 ppm에서 나타났으며 0.9 ~ 1.1 peak에서 주된 peak 이었고, 그 외에 2 ~3개 lipid peak가 나타났는데 모두 지질에 의한 공명 peak 범위에 포함되었다. 0.9-1.6 ppm 피크가 간 내의 지방 성분을 모두 포함하고 있지는 않지만 거의 대부분의 지질이 포함되어 있다고 할 수 있어 이 피크의 상대적인 차이가 간내 전체 성분의 대한 지질 성분의 상대적인 차이를 반영할 수 있다고 여겨진다. 정상 간의 MRS에서는 대부분의 경우 지질 성분에 의한 피크가 가장 현저하게 보였으나, 전체 스펙트럼 내에서 차지하는 비율은 넓은 분포를 보였다(lipid 0.3-0.87). 이는 간의 수소 자기공명분광 스펙트럼에서 지방성분이 물을 제외한 지질성분이 90% 가까이 차지하고 스펙트럼내 피크의 대부분도 지방 성분에 의한 것이라고 할 때, 간의 지방 성분인 레시틴, 콜레스테롤 등이 각 개인 마다 차이가 있고, 또한 각 물질의 분자 구조상의 차이로 인하여 스펙트럼 상에서 지질 피크로 표현되는데 차이가 있을 수 있겠고[18], 생체 스펙트럼에서의 지질 피크의 다양한 분포도 같은 원인에 의한 것이라고 할 수 있겠다. 복부 MRS의 기술적 한계, 신호 잡음 등 여러 요인에 의하여 영향을 받을 수 있는 제한점이 있으나, 지질성분을 평가하는데 PRESS 기법은 높은 가능성을 시사 한다고 하겠으며 본 연구를 통하여 높은 상관관계가 있다는 것을 결과에서 보여 주었다. 그러나 본 연구에는 몇 가지 문제점이 있는데, 첫째로 물 과 지방 신호에 의한 오염으로 스펙트럼에 신호잡음이 심하다는 점, 둘째 기술적인 문제로 호흡 등 환자의 움직임에 의해 간 주변에 있는 담낭, 췌장, 비장에서 신호가 MR 스펙트럼에 포함 되어 있을 가능성이 있다는 점, STEAM 기법에 대한 다양한 수신신호(echo time)를 반영하지 못 한 점, 그리고 마지막으로 자동 예비스캔이 불가능하여 수동 예비스캔을 사용하였던 바, 이러한 경우 술자의 숙련도가 요구된다는 점이다.



[Fig. 3] The peak area when applied with 36 TE in ¹H MR spectra for PRESS(a) and STEAM(b) in the liver of a 40-year old male with significant fat accumulation.

5. 결론

결론적으로, MRS이용한 PRESS 기법은 비알콜성 지방간 환자를 평가하는데 있어서 정상부분과 지방간부분의 구별을 가능하게 하였다. 3.0T 고자기장을 이용한 MRS 검사와 Biopsy 결과는 모두 r=0.7 이상의 높은 lipid를 제공하는 상관관계를 보였다고, 절단치를 20%로 했을 때 민감도와 특이도가 96.6%이상의 높은 값을 나타냈다.

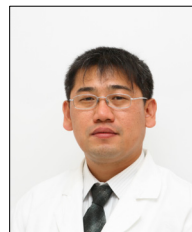
References

[1] J. H Ronald, "Nonalcoholic Fatty Liver Disease: Rapid

- Evaluation of Liver Fat Content with In-Phase and Out-of-Phase MR Imaging", *Radiology*, Vol.250, Issue 1, pp.130-136, 2009, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [2] S. Ksenia, "Nonalcoholic Fatty Liver Disease: Detection of Elevated Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate with in Vivo 3.0-T ³¹P MR Spectroscopy with Proton Decoupling", *Radiology*, Vol.256, No. 2, pp.466-473, 2010, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [3] M.K. Lim, "Systemic lupus erythematosus: brain MR imaging and single-voxel hydrogen 1 MR spectroscopy", *Radiology*, Vol.217, No. 1, pp.43-49, 2000.
- [4] A. Schmid, "Quantitative ATP synthesis in human liver measured by localized ³¹P spectroscopy using the magnetization transfer experiment", *NMR Biomed.*, Vol. 21, No. 5, pp.437-443, 2008, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [5] B. Noren, "Absolute quantification of human liver metabolite concentrations by localized in vivo 31P NMR spectroscopy in diffuse liver disease", *Eur Radiol*, Vol. 15, No. 1, pp. 148-157, 2005, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [6] M. Carles, "Adult Primitive Neuroectodermal Tumor: Proton MR Spectroscopic Findings with Possible Application for Differential Diagnosis", *Radiology*, Vol. 225, No. 2, pp. 556-566, 2002, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [7] C. W. Winnie, "White Matter and Cerebral Metabolite Changes in Children Undergoing Treatment for Acute Lymphoblastic Leukemia: Longitudinal Study with MR Imaging and 1H MR Spectroscopy", *Radiology*, Vol. 229, Issue 3, pp. 659-669, 2003.
- [8] W. Marianne, "Partially Resected Gliomas: Diagnostic Performance of Fluid-attenuated Inversion Recovery MR Imaging for Detection of Progression", *Radiology*, Vol. 254, No. 3, pp. 907-916, 2010, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [9] F. A. Jacobus, "¹H MR Spectroscopy of the Brain: Absolute Quantification of Metabolites", *Radiology*, Vol. 240, No. 2, pp. 318-332, 2006, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [10] R. Prost, "Brain tumors: localized H-1 MR spectroscopy at 0.5 T", *Radiology*, Vol.204, No. 1, pp.235-238, 1997.
- [11] H. Schlemmer. Proton MR spectroscopic evaluation of suspicious brain lesions after stereotactic radiotherapy", *AJNR Am J Neuroradiol*, Vol. 22, No. 7, pp. 1316-1324, 2001.
- [12] V. Govindaraju, "Proton NMR chemical shifts and coupling constants for brain metabolites", *NMR. Biomed.*, Vol.13, No.3, pp.129-153, 2000, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [13] A. Qayyum, "MR Spectroscopy of the Liver: Principles and Clinical Applications", *RadioGraphics*, Vol.29, No.6, pp.1653-1664, 2009, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [14] D. E. Kleiner, "Design and validation of a histological scoring system for nonalcoholic fatty liver disease", *Hepatology*, Vol.41, No.6, pp.1313-1321, 2005, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [15] J. H. Ronald, "Nonalcoholic Fatty Liver Disease: Rapid Evaluation of Liver Fat Content with In-Phase and Out-of-Phase MR Imaging", *Radiology*, Vol. 250, No. 1, pp. 130-136, 2009, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [16] J. M. Alustiza, "Liver Fat and Iron at In-Phase and Opposed-Phase MR Imaging", *Radiology*, Vol. 246, No. 2, pp. 641, 2008, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [17] J. M. Virtanen, "Iron overload: accuracy of in-phase and out-of-phase MRI as a quick method to evaluate liver iron load in haematological malignancies and chronic liver disease", *Br. J. Radiol.*, Vol. 85, No. 1014, pp. 162-167, 2012, [Article\(CrossRefLink\)](#)

구 은 회(Eunhoe Goo)

[정회원]



- 2012년 2월 : 순천향대학교 대학원 전자물리학(이학박사)
- 2012년 11월 ~ 현재 : 청주대학교 방사선학과 교수

<관심분야>
자기공명영상원리, 방사선 물리