

양성자 뇌대사물질들과 섭동된 자장변화와의 상관관계에 관한 연구

백현만¹, 최보영¹, 서태석¹, 이형구¹, 이홍규^{1,2}, 김성은^{1,2}, 신경섭¹
가톨릭의대 의공학교실¹, 한메 MRI연구소².

Study of the correlation between proton brain metabolites and perturbed magnetic field variations

H.M. Baik¹, B.Y. Choe¹, T.S. Suh¹, H.G. Lee¹, H.K. Lee^{1,2}, S.E. Kim^{1,2} and K.S. Shinn¹.
Dept. of Biomedical Eng., The Catholic University of Korea¹, Hanme MRI system².

ABSTRACT

To induce perturbed magnetic field variations in the range of auto prescans permitted, we chose artificially shim values and applied manually as DC offsets to X, Y, Z gradient amplifiers. The STEAM spectra were obtained from a localized region (8ml) of phantom's center and a Marquart Algorithm is employed to quantify MRS spectra. Results indicated that Creatine (Cr) which had a good correlation between a signal intensity and an area, changed little bit and showed extremely a stabilized state in perturbed magnetic field variations. Therefore, during the MRS experiments, to minimize the SNR reduction by means of unavoidable inhomogeneous magnetic fields, the present study suggested that the quantification method of relative ratios produced by replacing Cr concentration with standard quantity was most desirable.

서 론

현재 MRS 진단방법으로 가장 널리 사용하는 상대적 비율 비교방법은 각 대사물질들 중에서 Creatine (Cr)의 양을 일정하다고 가정한다[1]. 따라서 그 결과분석은 Cr의 농도가 일정하다는 점을 전제로 해야한다는 약점을 갖고 있다. 그 신뢰도 문제해결을 위해서 본 연구에서는 섭동자장을 유발하기 위하여 auto prescan이 허용하는 범위 안에서 인위적인 x, y, z gradients shim 값을

선정하였다. ¹H MRS검사 중 불가피한 자장의 불균질성에 의한 SNR 감소를 최소화하기 위하여 인체 뇌대사물질들 중 어떤 대사물질의 농도를 기준으로 상대적 비율을 산출하여 정량분석하는 것이 가장 바람직한지를 알아보고자 각 대사물질들과 섭동 자장과의 상관관계를 조사하였다.

측 정 이 론

국소적인 자장 불균질함이 존재할 때 물신호 억제 후, 최종적으로 관찰된 FID 신호 강도는 식 (1)으로 기술되어진다[2].

$$S(t) = \sum_{j=1}^K f_j \cdot \int_{\text{vox}} d\vec{r} \rho_j(\vec{r}) \cdot \exp[-t/T_{2,j}] \cdot \exp(i\omega_j t + i\gamma \Delta \vec{H}_j \cdot \vec{r})$$

$$f_j = \exp(-TE/T_{2,j}) \cdot \exp(-TM/T_{1,j}) \cdot [1 - \exp(-TR/T_{1,j})]$$

$$\Delta \vec{H}_j = \Delta \vec{H}_0 + B, \quad (1)$$

여기서 $\rho_j(\vec{r})$ 와 $T_{2,j}$ 는 j 번째 양성자 밀도와 횡축 완화시간을 나타내며, ω_j 는 공명 세차주파수, $\Delta \vec{H}_j$ 는 magnet 자체의 불균질한 양과 shim 값의 변화가 만드는 불균질한 섭동자장의 합, f_j 는 TR, TE와 같은 펄스 시퀀스 매개변수를 포함하는 weighting function 이다.

Shim 값 I_{i-1} 가 $I_i = I_{i-1} + \Delta I$ 로 변할 때, 신호강도의 변화는 식 (2)의 결과식 처럼 얻을 수 있다.

$$\Delta S(t)_{i,i-1} = \Delta I \cdot \Delta B_{i,i-1} \quad (2)$$

방 법

GE Signa 1.5T MRI/MRS 장비와 인체 뇌대사물질들

로 구성된 ^1H 자기공명분광용 팬텀을 사용하여 실험하였다. 섭동자장을 유발하기 위하여 auto prescan이 허용하는 범위 안에서 인위적인 shim 값을 선정하였다. 팬텀의 정중앙에 $2 \times 2 \times 2 \text{ cm}^3$ 의 관심부위를 선정하여 STEAM 펄스시퀀스를 적용하였고 양성자 뇌대사물질의 정량분석은 Marquart 알고리즘을 사용하였다.

결 과

인체 뇌대사물질들로 만든 phantom의 정중앙에 국소화된 관심부위에 대해서 자장의 불균질함을 제거한 후 측정된 스펙트럼의 분포를 그림 1과 같이 얻었다.

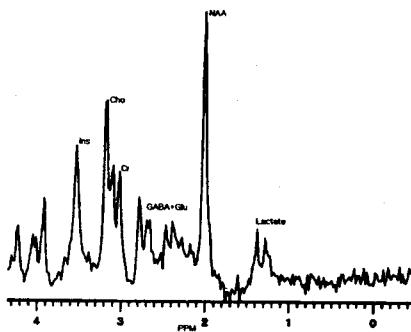


그림 1. 국소화된 single voxel에서 측정된 스펙트럼.

뇌대사물질들 중 NAA를 제외한 Cho과 Cr은 섭동 자장변화에 대하여 신뢰오차 범위 내에서 신호강도와 면적은 그림 2와 같이 상당한 선형적 상관관계를 가졌다 ($p < 0.05$).

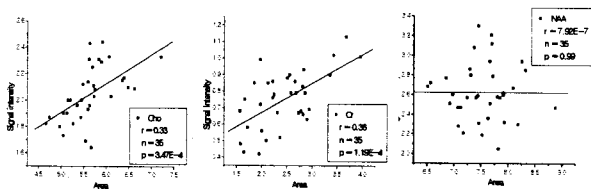


그림 2. Cho, Cr, NAA의 신호강도와 면적의 선형적 상관관계.

SNR과 FWHM의 관계에서 Cho과 NAA의 경우에 비해 가장 안정된 SNR을 갖는 대사물질은 Cr임을 그림 3에서 보여졌다.

각 축 방향의 shim 값 변화에 대해서 측정된 데이터 분석결과 각 대사물질들이 느끼는 섭동자장 변화에서도 그림 4와 같이 Cr의 농도가 가장 둔감하였다.

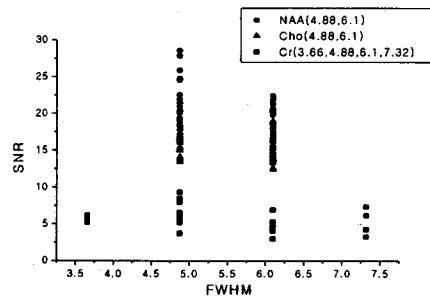


그림 3. 섭동자장 변화에 대한 각 대사물질의 SNR과 FWHM의 관계.

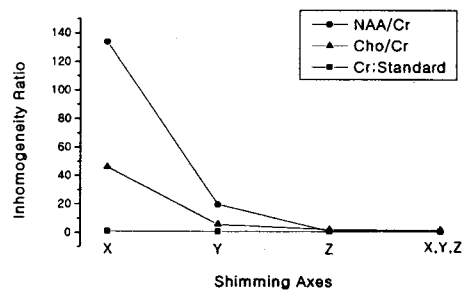


그림 4. X, Y, Z 축 방향에 의존하며 각 대사물질들이 느끼는 섭동자장 변화 비율

결 론

본 연구결과는 뇌대사물질들 중 신호강도가 면적과 가장 상당한 상관관계를 갖는 Cr이 섭동자장 변화에 가장 변화가 적고 안정된 상태를 보여주었다. 따라서 ^1H MRS 검사 중 불가피한 자장의 불균질성에 의한 SNR 감소를 최소화하기 위하여 Cr의 농도를 기준으로 상대적 비율을 산출하여 정량분석하는 것이 가장 바람직하다고 사료된다. 이 진단방법이 전제로 하는 그 가정의 타당성을 이 실험결과로부터 입증한 동시에 신뢰성 여부의 해결책을 제시하였다.

참고 문헌

[1]. B Ross, R Kreis, T Ernst, "Clinical tools for the 90s: magnetic resonance spectroscopy and metabolite imaging", Eur. J. Radiol 1992; 14, 128-140.
 [2]. A. A. de Graaf, J. E. van Dijk, and W. M. M. J. Bovee, "QUALITY: Quantification Improvement by Converting Lineshapes to the Lorentzian Type", Magnetic Resonance in Medicine (1990) 13, 343-357.