

3T Multi Voxel Spectroscopy에서 SENSE와 NEX 변화에 따른 정상인 뇌 대사물질 변화 분석

*가톨릭대학교 의과대학 의공학교실, †대원과학대학 방사선과, ‡분당서울대학교병원 영상의학과

성열훈*[†] · 임재동[†] · 이재현[†] · 조성봉[†] · 우동철* · 최보영*

자기공명분광법(magnetic resonance spectroscopy: MRS)은 인체내 대사물질을 정량분석하여 병변의 조기진단 및 정밀진단에 도움을 주고 있으며, 최근 임상에 이용되고 있는 자기공명분광법은 single voxel spectroscopy (SVS) 기법과 multi voxel spectroscopy (MVS) 기법이 있다. 본 연구에서는 SENSE와 NEX를 변화시킨 multi voxel spectroscopy (MVS)의 데이터와 기존 single voxel spectroscopy (SVS)의 데이터를 비교 분석하여, 각각의 데이터의 유의성 차이를 평가하고자 하였다. 정상 성인 지원자 13명(남자: 5명, 여자: 8명, 평균 41세, 표준편차 11.65세)을 대상으로 chemical shift image (CSI)를 이용한 MVS검사를 시행하였다. 장비는 3.0T Achieva Release Version 2.1 (Philips Medical System, Netherland)을 이용하였고, 8 channel head coil을 사용하여 brain thalamus 부위에서 CSI spectrum을 1 slice 획득하였다. Scan parameter로는 FOV (field of view): 230×184 mm², TR (time to repetition): 2000 msec, TE (time to echo): 288 msec, matrix: 15×12, VOI (view of interest): 110×110 mm², voxel size: 15×15×15 mm³로 하였다. SENSE factor (S)와 NEX (N)은 S1×N1, S2×N1, S2×N2, S3×N2로 변화하여 스펙트럼을 획득하였고, 각 scan time은 5분 54초, 3분 32초, 6분 20초, 4분 20초였다. 얻은 모든 MRS 데이터는 jMRUI 3.0 Version 프로그램에서 분석하였고, SENSE factor와 NEX를 변화시켜 얻은 MVS data 그룹들이 정상 성인 뇌 대사물질의 변화에 영향을 주는지 검증하기 위해 그룹 간에 ANOVA분석을 실행하여 P 값이 0.05보다 크게 나오면 그룹들 사이에 유의한 차이가 없다고 분석하였다. NAA/Cr과 Cho/Cr의 상대적 비율은 MV와 SVS사이에서는 유의한 차이가 없었다. 즉, SENSE factor와 NEX를 변화시켜 얻은 MVS data에서 정상 성인 뇌조직의 대사물질의 변화를 관찰한 결과, S1×N1의 NAA/Cr은 1.45±0.03, Cho/Cr은 0.88±0.03이고, S2×N1의 NAA/Cr은 1.44±0.03, Cho/Cr은 0.87±0.05, S2×N2의 NAA/Cr은 1.43±0.02, Cho/Cr은 0.87±0.04이며, S3×N2의 NAA/Cr은 1.45±0.03, Cho/Cr은 0.87±0.03으로 나타났다 (F-value : 1.37, D.F : 3, P-value : 0.262). 그러나 데이터의 질을 측정하기 위한 MVS 데이터의 NAA Peak line-width는 SVS 데이터의 NAA Peak line-width 보다 약 3배 정도 넓었다. 본 연구에서는 MVS에서 SENSE factor와 NEX 값을 다양하게 변화시킨 MVS의 데이터와 SVS의 데이터가 큰 차이가 없음을 확인하였다. 즉, 어느 특정 부위의 뇌 조직의 대사물질은 MVS와 SVS 기법 모두 큰 차이가 없음을 확인할 수 있었다. 그러므로 MVS는 SVS보다 광범한 부위를 짧은 시간 안에 검사할 수 있으므로 매우 유용한 방법이라고 사료된다.

중심단어: 자기공명분광법(MRS), SENSE, NEX (number of excitation), Multi voxel spectroscopy (MVS), Single voxel spectroscopy (SVS)

서 론

본 연구는 서울시 R&BD Program (10550), the Korea Health 21 R&D Project, Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea (02-PJ3-PG6-EV07-0002), (A081057), 한국과학재단 특정기초연구과제(R01-2007-000-20782-0)로 지원되었음.

본 연구는 분당서울대학교병원(Korea Seoul National University Bundang Hospital) 영상의학과 3 T MR 장비를 사용하여 연구결과를 획득하였음.

이 논문은 2008년 8월 5일 접수하여 2008년 11월 5일 채택되었음.

책임저자 : 최보영, (137-701) 서울시 서초구 반포동 505

가톨릭대학교 의과대학 의공학교실

Tel: 02)533-9779, Fax: 02)532-1779

E-mail: bychoe@catholic.ac.kr

1946년 Felix Bloch이 핵자기 공명현상을 발견한 이후로 자기공명분광법은 비침습적으로 생검을 하지 않고 인체내의 여러 가지 대사물질들을 식별하고 정량 분석할 수 있는 방법으로 대사과정이나 대사물질의 생화학적 분석 및 정보 획득에 매우 유용하게 사용되고 있으며, 특히 뇌조직의 정상과 비정상을 구분하여 방사선학적 진단 가치를 높이고 있다.¹⁻⁷⁾ 이를 위해서 지난 60여 년 동안 자기공명의 주장 세기는 발전하여 3.0 Tesla의 고자장이 현재 임상에서도

이용하고 있다.⁸⁾ 특히, 2008년도 한국에 설치된 MR 장비는 831대로 이 중 3T는 총 36대로 약 4.3%를 차지하고 있어 고자장을 이용한 MRS의 다양한 기술이 요구되고 있는 실정이다.⁹⁾ 이러한 대사 물질정보들은 고자장에서 분석할수록 화학적 이동(chemical shift)을 크게 하여 분자구조를 분리하는데 매우 유용하며 획득시간도 단축할 수 있다.¹⁰⁾ 또한 chemical shift imaging (CSI) technique을 기반으로 하는 MVS검사는 위상부호화 경사자장(phase encoding gradient)을 사용하여 공간위치에 관한 정보를 알 수 있으며 광범위한 부위의 생화학적 정보를 동시에 알 수 있어 정상과 비정상조직에 대해 비교 분석이 가능하다.¹¹⁾

CSI 방법은 SVS에 비해 많은 화적소에 대한 spectrum을 산출하게 되어 측정시간이 길고 운동 인공물이 나타나는 검사시간이 오래 걸리는 단점이 있다.¹²⁾ 또한 전체에 대한 자장균질 보정작업도 국소적인 부위를 하는 SVS보다 좋지 않기 때문에 데이터의 질에 대해 주의를 기울여야 한다. 이러한 문제점을 극복하고자 기존의 2D imaging technique에서 사용하던 fast scan technique을 이용할 수 있다. 그 중 multi-channel coil을 이용한 SENSE imaging technique을 이용하여 보다 빠르게 검사하고자 한다.

일반적으로 sequential phase encoding방식은 처음부터 끝까지 k-space전체를 모두 채워 데이터를 얻었지만 SENSE 방식은 phase array coil 혹은 multi coil을 사용함으로써 phase encoding step을 건너뛰면서 데이터를 얻는다. 따라서 phase encoding의 수가 줄어들기 때문에 신호대잡음비 (signal to noise, SNR)가 감소한다는 단점이 있지만 2~4배의 검사시간을 단축시킬 수 있다.¹³⁾ 또한 NEX (number of excitation)도 조절하면 scan time을 줄일 수 있다. NEX는 하나

의 영상을 만들기 위해서 동일한 부위에서 영상신호를 몇 번 반복해서 얻는가를 의미한다. 그래서 NEX를 증가시키면 영상의 SNR은 제곱근(=1.4)배로 증가하지만 SNR을 높이기 위하여 NEX를 늘이면 촬영시간이 길어지는 것과 비례하여 영상의 화질이 향상되지 않으므로 적절한 NEX의 사용 요구된다.¹⁴⁾

그러므로 본 연구에서는 3T MRI 장비에서 정상 성인 뇌를 대상으로 SENSE와 NEX를 변화시킨 multi voxel spectroscopy (MVS)의 데이터와 기존 single voxel spectroscopy (SVS)의 데이터를 비교 분석하여, 각각의 데이터의 유의성 차이를 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 대상 및 검사장비

정상 성인 지원자는 28세에서 61세로 20대가 3명, 30대가 4명, 40대가 3명, 50대가 2명 60대가 1명으로 남자는 5명, 여자는 8명이었으며 평균(±표준편차) 나이는 41 (±11.65)세이었다. 이들을 대상으로 chemical shift image (CSI)를 이용한 MVS를 시행하였고, 장비는 3.0T Achieva Release Version 2.1 (Philips Medical System, Netherland)을 이용하였다. Multi-channel coil을 이용한 SENSE imaging technique을 MVS검사에 적용하기 위해 8 channel head coil을 사용하였다.

2. 검사방법

Axial, Sagittal, Coronal 3방향의 T2 이미지를 scout로 하고 Fig. 1과 같이 brain thalamus 부위에서 CSI spectrum을 1

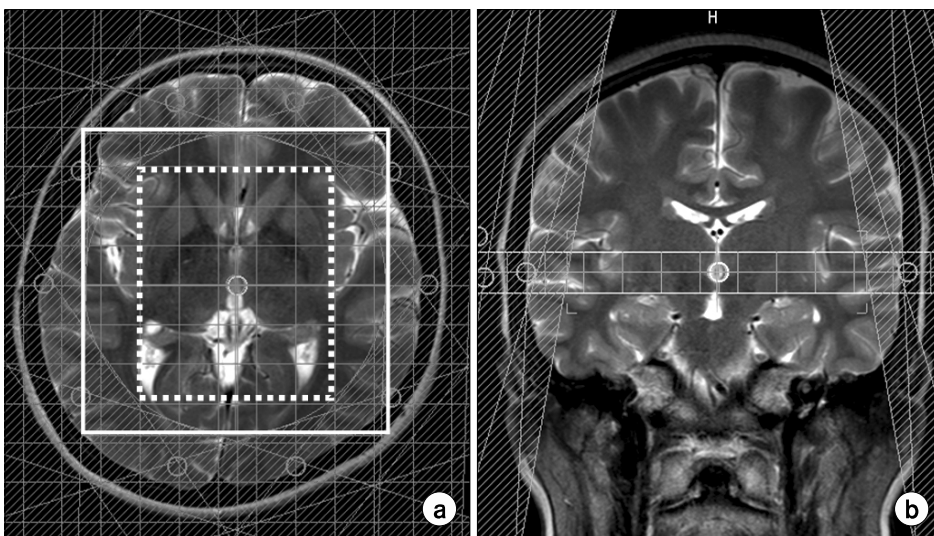


Fig. 1. The reference spectrum selection of brain thalamus level. (a) Axial view. (b) Coronal view.

slice를 15 mm thickness로 획득하였다. 신호 획득 매개변수 들로는 FOV (field of view) = 230×184 mm², TR (time to repetition) = 2000 msec, TE (time to echo) = 288 msec, matrix = 15×12, VOI (volume of interest) = 110×110 mm², voxel size = 15×15×15 mm³로 하였다. SENSE factor (S)는 1~3, NEX (N)는 1~2로 각각 변화시키고 S1*N1, S2*N1, S2*N2, S3*N2로 교차 조합을 하여 스펙트럼을 획득하였다. 또한 pre saturation pulse에 contamination 되지 않는 pixel만을 선택하기 위해 같이 5*5의 matrix의 스펙트럼 중 대사물질들을 가장 잘 보여주는 한 스펙트럼을 기준으로 삼았다. 기존의 SVS검사로 얻은 대사물질과 비교 분석하기 위해 같은

지점에서 SVS 데이터를 얻었으며, 신호 획득 매개변수들은 TR = 2000 msec, TE = 288 msec, voxel size = 20×20×20 mm³, SENSE factor = 0, NEX = 128로 하였다. 그리고 균일한 자장을 얻기 위해 장비에서 제공하는 Auto Shimming을 이용했으며, 관심영역 (ROI)설정을 위해 PRESS (Point Resolved Spectroscopy Sequence)방법을 사용하였다.¹⁵⁾

3. Spectral quantification

얻어진 MRS 데이터는 jMRUI (Java-based version of the magnetic resonance user interface) Version 3.0을 가지고 분석 작업하였으며, SENSE factor와 NEX를 변화시켜 얻은 MVS와 SVS 데이터들은 최초 frequency domain data에서 0 ppm에서 신호가 크게 나오는 것을 물의 공명주파수로 하여 4.7 ppm으로 맞춘 후 주파수 축을 calibration 하였다. 그리고 모든 스펙트럼에 apodization과 baseline correction을 실행하였고, 신호의 real 값이 아닌 magnitude 값으로 분석하였다. 그리고 phase correction은 post-processing 과정에서 제외시켰다. Metabolite quantification은 AMARES (Advanced method for accurate, robust and efficient spectral fitting)를 통하여 실행하였다. 신호의 강도는 Cr을 기준으로 하여 상대적인 비율(relative ratio)로 나타내었다. 또한 NAA의 full-width at half-maximum (FWHM)에서 line width를 측정해 데이터의 질을 비교하였다.

4. Statistical analysis

결과데이터는 SPSS software (SPSS 15.0 for Windows, SPSS, Chicago, IL USA)로 통계학적 분석을 실행하였다. SENSE factor와 NEX를 변화시켜 얻은 MVS data 그룹들이

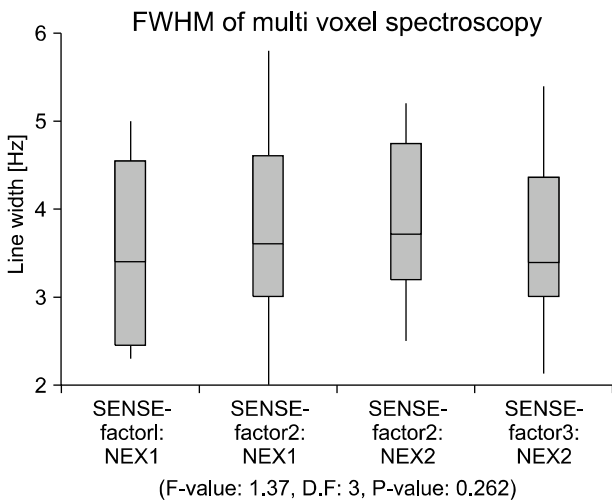


Fig. 2. The comparison of single voxel spectroscopy and multi voxel spectroscopy in the line width of NAA.

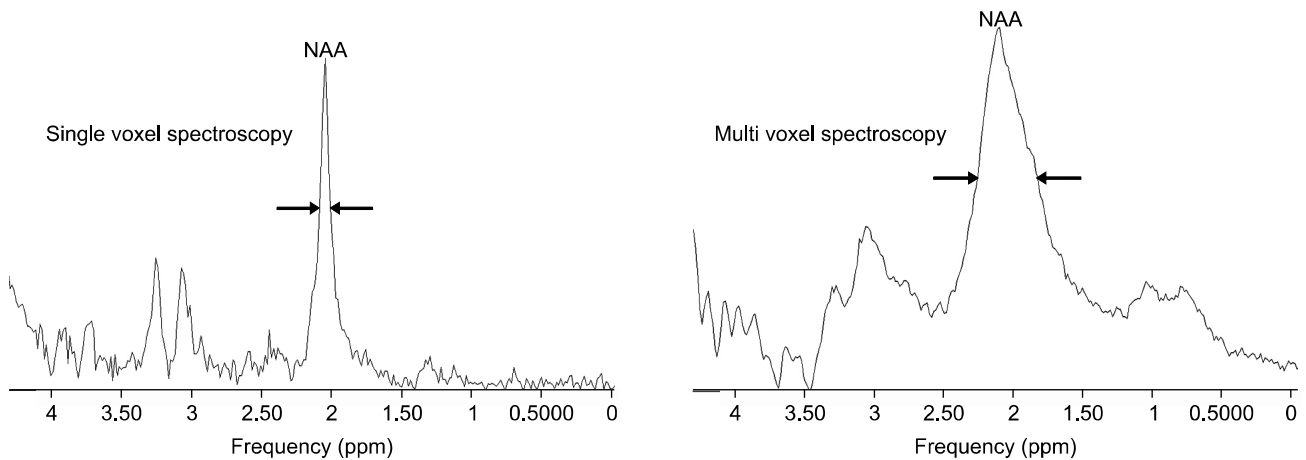


Fig. 3. The line width of multi voxel spectroscopy in alterations of SENSE factor.

정상 성인 뇌 대사물질의 변화에 영향을 주는지 검증하기 위해 그룹간에 ANOVA분석을 실행하여 P 값이 0.05보다 크게 나오면 그룹들 사이에 유의한 차이가 없다고 분석하였다.

결 과

Fig. 2를 보면 데이터의 질을 측정하기 위한 MVS의 Line width의 평균은 3.7 Hz이며 표준편차는 0.97 Hz으로 조사되었으며, SVS의 Line width의 평균은 1.06 Hz이고 표준편차는 0.24 Hz이었다. 따라서 MVS의 Line width가 SVS의 Line width보다 약 3배정도 FWHM이 넓었다(Fig. 3).

Table 1은 MVS검사에서 SENSE factor (S)와 NEX (N)를 S1*N1, S2*N1, S2*N2, S3*N2로 변화하여 data를 획득한 결과, 각 scan time은 5분 54초, 3분 32초, 6분 20초, 4분 20초가 소요되었음을 보여준다.

또한 Fig. 4처럼 SENSE factor와 NEX를 변화시켜 얻은 MVS data에서 정상 성인 뇌조직의 대사물질의 변화를 관

찰한 결과, S1*N1의 NAA/Cr은 1.45 ± 0.03 , Cho/Cr은 0.88 ± 0.03 이고, S2*N1의 NAA/Cr은 1.44 ± 0.03 , Cho/Cr은 0.87 ± 0.05 , S2*N2의 NAA/Cr은 1.43 ± 0.02 , Cho/Cr은 0.87 ± 0.04 이며, S3*N2의 NAA/Cr은 1.45 ± 0.03 , Cho/Cr은 0.87 ± 0.03 으로 나타났다(F-value : 1.37, D.F : 3, P-value : 0.262). 그리고 같은 부위에서 얻은 기존의 SVS data의 NAA/Cr은 1.50 ± 0.01 , Cho/Cr은 0.94 ± 0.004 로 관찰되었다.

고찰 및 결론

MR의 발전은 고자기장을 만들 수 있는 초전도 자석의 개발과 컴퓨터와 수학의 발전으로 개발되고 있는 소프트웨어 기술이 그 초석이 되고 있다. 또한 최근 노령인구의 증가에 따라 치매·파킨슨병·우울증 등 퇴행성 뇌질환이 급격히 증가하고 있어 뇌에 대한 연구가 전세계에서 활발히 이루어지고 있다.¹⁶⁻²⁰⁾ 80년대 이후 뇌연구는 방사선의학의 발달로 살아있는 뇌 기능을 영상으로 직접 볼 수 있게 되었다. 88년 죽은 사람의 뇌를 이용해 뇌좌표지도(Talairach 뇌

Table 1. The scan time comparison of single voxel spectroscopy and multi voxel spectroscopy in alterations of SENSE factor and ¹H metabolite ratios in normal adult brain with multi voxel spectroscopy in alterations of SENSE factor.

	SENSE factor	NEX	Scan time	NAA/Cr	cho/Cr
Multi voxel	S1*N1	1	5m 54s	1.45 ± 0.03	0.88 ± 0.03
	S2*N1	2	3m 32s	1.44 ± 0.03	0.87 ± 0.05
	S2*N2	2	6m 20s	1.43 ± 0.02	0.87 ± 0.04
	S3*N2	3	4m 20s	1.45 ± 0.03	0.87 ± 0.03
Single voxel	0	128	4m 56s	1.50 ± 0.01	0.94 ± 0.004

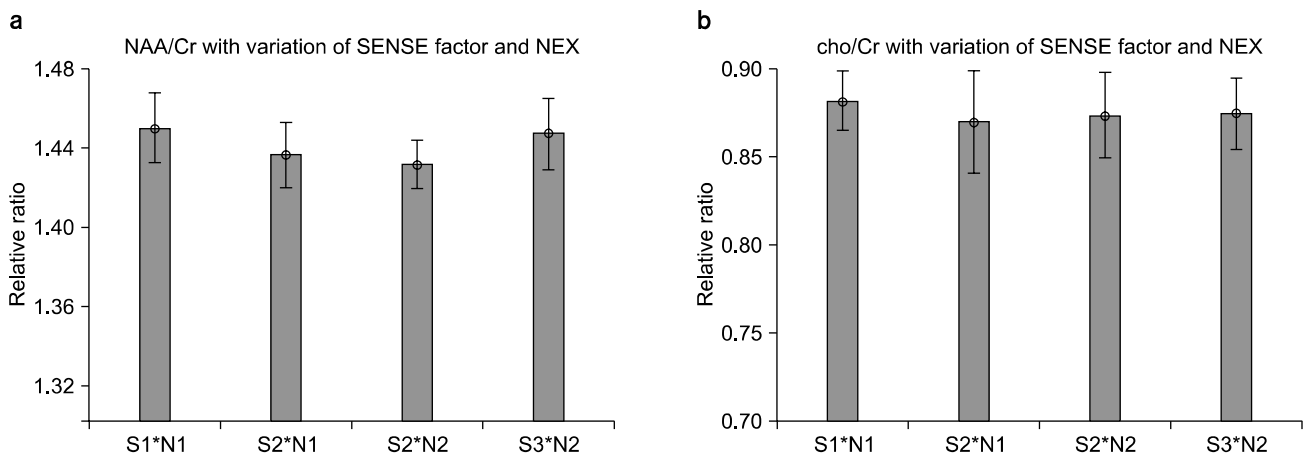


Fig. 4. Alteration analysis of normal human brain metabolites with variation of SENSE and NEX. (a) Relative ratio of NAA/Cr. (b) Relative ratio of cho/Cr.

지도)가 완성되었다.²¹⁾ 특히 MRS는 생체내(*in vivo*) 대사물질을 비침습적으로 대사과정이나 생화학적 정보차이로 정상조직과 병변조직을 구분하여 진단에 더욱 신뢰를 주고 세포조직의 변화를 미리 발견하여 조기예방을 할 수 있도록 그 분야가 발전하고 있다.²²⁾ 이를 위해서는 살아있는 정상 성인의 뇌조직에 대한 정보가 필요하다. 한국에서는 과거 1994년 SVS를 이용하여 1.5T로 총6명의 지원자로 임상연구가 발표되었지만²³⁾ 3T 고자장의 시스템과 MVS 기술을 이용한 연구는 아직 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 과거 임상연구와 달리 두 배가 넘는 연구 대상 지원자들의 도움을 받아 연구가 진행되었다. 현재, ¹H 자기공명분광법으로는 단일 화적소에서 데이터를 수집하는 SVS검사와 동시에 여러 화적소에서 데이터를 수집할 수 있는 MVS검사로 나누어 할 수 있다.¹¹⁾ 특히, chemical shift imaging technique을 기반으로 하는 MVS검사는 공간위치에 관한 정보뿐만 아니라 광범위한 부위의 생화학적 정보를 동시에 알 수 있어 normal과 abnormal 조직에 대해 비교 분석이 가능하다.

전체에 대한 자장균질 보정작업도 국소적인 부위를 하는 SVS보다 좋지 않기 때문에 데이터의 질에 대해 주의를 기울여야 한다. 본 연구에서도 이를 측정하기 위해 NAA의 line width를 측정한 결과, MVS의 Line width가 SVS의 Line width보다 약 3배정도 FWHM이 넓었고, 표준편차도 4배정도 차이가 있음을 알 수 있었다. 이는 MVS가 SVS보다 많은 noise를 가지고 있음을 알 수 있었다.

MVS는 SVS에 비해 많은 VOI에 대한 spectrum을 산출하게 되어 측정시간이 길고 운동 인공물이 나타나는 검사시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 따라서 이러한 문제점을 극복하고자 기존의 2D imaging technique에서 사용하던 fast scan technique중 Multi-channel coil을 이용한 SENSE imaging technique과 NEX (제조사에 따라 number of signal averages (acquisition): NSA라고도 한다)를 사용하여 검사소요시간과 대사물질의 변화를 관찰하였다.

MVS검사에서 S1*N1=5분 54초, S2*N1=3분 32초, S2*N2=6분 20초, S3*N2=4분 20초가 각각 걸렸다. 비록 SVS검사에서는 NEX를 128로 하여 4분 56초가 소요되었지만 만일 MVS에서 NEX를 128로 한다면 3시간 21분이 소요되어 임상적으로 의미 있는 검사가 될 수 없는 한계가 있다. Phase array coil 혹은 multi coil을 사용하는 SENSE방식은 phase encoding step을 건너뛰면서 데이터를 얻기 때문에 SNR이 감소하는 반면, NEX를 증가시키면 영상의 SNR은 제곱근(=1.4)배로 증가하지만 SNR을 높이기 위하여 NEX를 늘리면 촬영시간이 길어지는 것과 비례하여 data의 질이 향상되

지 않는 점을 고려하여야 한다.

1994년 Ross와 그의 동료들에 의해 보고된 정상 성인 뇌의 대사물질의 상대적 비율은 NAA/Cr은 26~37세에서 1.49±0.07, 40~78세에서 1.41±0.12였으며, Cho/Cr은 26~37세에서 0.78±0.06, 40~78세에서 0.82±0.04이었다.²⁴⁾ 또한 1993년 국내 학계에 보고 결과는 NAA/Cr은 1.8±0.2이었다.²³⁾

이러한 결과와 3T의 고자장과 SENSE와 NEX를 변화시킨 MVS를 이용하여 정상 성인 뇌의 대사물질을 분석한 결과를 비교해보면, S1*N1의 NAA/Cr은 1.45±0.03, Cho/Cr은 0.88±0.03이고, S2*N1의 NAA/Cr은 1.44±0.03, Cho/Cr은 0.87±0.05, S2*N2의 NAA/Cr은 1.43±0.02, Cho/Cr은 0.87±0.04이며, S3*N2의 NAA/Cr은 1.45±0.03, Cho/Cr은 0.87±0.03으로 나타나 그 결과에 차이가 거의 없음을 알 수 있었고, 3T 고자장에서 차이가 없음을 SVS data 결과(NAA/Cr = 1.50±0.01, Cho/Cr = 0.94±0.004)로 증명되었다. 하지만 MVS는 SVS에 비해 표준편차의 폭이 컸는데 이는 NEX를 상대적으로 많이 걸어준 SVS 데이터의 질이 안정적이기 때문이다.

본 연구는 정상군에 대한 수가 다소 적은 제한 점이 있었고, 좀 더 다양한 변수 적용을 하지 못한 아쉬운 점이 있다. 현재 많은 곳에서 인체 뇌에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있지만 그 외 유방²⁵⁾과, 근육²⁶⁾ 그리고 전립선²⁷⁾ 등에서도 이루어지고 있는 만큼, 임상에도 빨리 적용이 될 수 있도록 데이터의 질과 검사시간 등에 연구가 앞으로도 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Bottomley PA: Human *in vivo* NMR spectroscopy in diagnostic medicine: clinical tool or research probe? *Radiology* 170:1-15 (1989)
2. Ross B, Kreis R, Ernst T: Clinical tools for the 90s: magnetic resonance spectroscopy and metabolite imaging. *Eur J Radiol* 14:128-140 (1992)
3. Weiner MW: The promise of magnetic resonance spectroscopy for medical diagnosis. *Invest Radiol* 23:253-261 (1988)
4. Henriksen O: MR spectroscopy in clinical research. *Acta Radiologica* 35:96-116 (1994)
5. Cady EB: Clinical magnetic resonance spectroscopy. Plenum Press New York London 1990.
6. 최보영: 자기공명분광법. *대한자기공명외과학* 1:1-31 (1997)
7. 최보영, 강세권, 추명자 등: High resolution MR images from 3T Active-shield whole body MRI system. *대한자기공명외과학* 5:138-148 (2001)
8. Joseph AO, Esin OI, Duan X, et al: 3D 1H MRSI of brain tumors at 3.0 tesla using an eight-channel phased-array head

- coil: J Magn Reson Imaging 26:23-30 (2007)
9. **Korean Society of MR Technology**: Journal of the Korean Society of MR Technology 18(1):274-295 (2008)
 10. **Granot J**: Selected volume spectroscopy (SVS) and chemical-shift imaging. A comparison. J Magn Reson Imaging 66: 197-200 (1986)
 11. **Duyn JH, Gillen J, Sobering G, van Zijl PCM, Moonen CTW**: Multisection proton MR spectroscopic imaging. Radiology 188:277-282 (1993)
 12. **Adalsteinsson E, Irarrazabal P, Spielman DM, Macovski A**: Three-dimensional spectroscopic imaging with time-varying gradients. MRM 33:461-466 (1995)
 13. **Bao Y, Maudsley AA**: MRSI data reconstruction with generalized SENSE: Proceedings of International Symposium on Biomedical Imaging. Arlington, VA 25-28 (2006)
 14. **Reimer P, Parizel PM, Stichnoth FA**: Clinical MR Imaging. Springer: a practical approach 65-66 (1999)
 15. **Moonen CTW, Kienlin MV ET AL**: Comparison of single shot localization methods (STEAM and PRESS) for in vivo proton NMR Spectroscopy. NMR Biomed 2:201-208 (1989)
 16. **Farchione TR, Moore GJ, Rosenberg DR**: Proton magnetic resonance spectroscopic imaging in pediatric major depression. Biol Psychiatry 52:86-92 (2002)
 17. **Lacerda AL, Nicoletti MA, Brambilla P, et al**: Anatomical MRI study of basal ganglia in major depressive disorder. Neuroimaging 124:129-140 (2003)
 18. **Gruber S, Frey R, Mlynarik V, et al**: Quantification of metabolic differences in the frontal brain of depressive patients and controls obtained by 1H-MRS at 3 Tesla. Invest Radiol 38: 403-408 (2003)
 19. **Baik HM, Choe BY, Son BC, et al**: Proton MR spectroscopic changes in Parkinson's diseases after thalamotomy. Eur J Radiol 47(3):179-187 (2003)
 20. **Haley AP, Knight-Scott J, Simnad VI, Manning CA**: Increased glucose concentration in the hippocampus in early Alzheimer's disease following oral glucose ingestion. Magn Reson Imaging 24:715-720 (2006)
 21. **Talairach J, Tournoux P**: Co-Planar stereotaxic Atlas of the Human Brain 3-D Prop. System: and Approach to cerebral imaging. New York: George Thieme Publishers, Inc. 1998.
 22. **Kreis R, Ernst T, Ross B**: Development of the human brain: In vivo quantification of metabolite and water content with proton magnetic resonance spectroscopy. MRM 30:424-437 (1993)
 23. **Choe BY, Suh TS, Bahk YW, Shinn KS**: In Vivo 1H MR Spectroscopy of Human Brain in Six Normal Volunteers. Journal of Korean Radiological Society 29(5):853-860 (1993)
 24. **Ross B, Michaels T**: Clinical application of magnetic resonance Spectroscopy. Magnetic Resonance Quarterly 10:191-247 (1994)
 25. **Thomas MA, Yue K, Binesh N, DeBruhl N**: Volume localized two dimensional correlated MR spectroscopy of human breast cancer. J Magn Reson Imaging 14:181-186 (2001)
 26. **Thomas MA, Chung HK, Middlekauff H**: Localized Two-Dimensional 1H Magnetic Resonance Exchange Spectroscopy: A Preliminary Evaluation in Human Muscle. Magnetic Resonance in Medicine 53:495-502 (2005)
 27. **Katz S, Rosen M**: MR imaging and MR spectroscopy in Prostate cancer Management. Radiol Clin N Am 44:723-734 (2006)

Alteration Analysis of Normal Human Brain Metabolites with Variation of SENSE and NEX in 3T Multi Voxel Spectroscopy

Yeol-Hun Seong^{*,§}, Jae-Dong Rhim[†], Jae-Hyun Lee[‡],
Sung-Bong Cho[‡], Dong-Chul Woo^{*}, Bo-Young Choe^{*}

*Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul,

†Department of Radiologiccal Science, The Daewon University College, Chechon,

‡Department of Radiology, The Seoul National University Bundang Hospital, Seongnam, Korea

To evaluate the metabolic changes in normal adult brains due to alterations SENSE and NEX (number of excitation) by multi voxel MR Spectroscopy at 3.0 Tesla. The study group was composed of normal volunteers (5 men and 8 women) with a mean (\pm standard deviation) age of 41 (± 11.65). Their ages ranged from 28 to 61 years. MR Spectroscopy was performed with a 3.0T Achieva Release Version 2.0 (Philips Medical System–Netherlands). The 8 channel head coil was employed for MRS acquisition. The 13 volunteers underwent multi voxel spectroscopy (MVS) and single voxel spectroscopy (SVS) on the thalamus area with normally gray matter. Spectral parameters were as follows: 15 mm of thickness; 230 mm of FOV (field of view); 2000 msec of repetition time (TR); 288 msec of echo time (TE); 110×110 mm of VOI (view of interest); 15×15×15 mm of voxel size. Multi voxel spectral parameters were made using specially in alteration of SENSE factor (1~3) and 1~2 of NEX. All MRS data were processed by the jMRUI 3.0 Version. There was no significant difference in NAA/Cr and Cho/Cr ratio between MVS and SVS likewise the previous results by Ross and coworkers in 1994. In addition, despite the alterations of SENSE factor and NEX in MVS, the metabolite ratios were not changed (F-value : 1.37, D.F : 3, P-value : 0.262). However, line-width of NAA peak in MVS was 3 times bigger than that in SVS. In the present study, we demonstrated that the alterations of SENSE factor and NEX were not critically affective to the result of metabolic ratios in the normal brain tissue.

Key Words: Magnetic resonance spectroscopy (MRS), SENSE, NEX (number of excitation), Multi voxel spectroscopy (MVS), Single voxel spectroscopy (SVS)