

두개강내 고형성 종양의 H-1 자기공명분광법*

성수옥¹, 장기현¹, 송인찬¹, 한문희¹, 김홍대¹, 연경모¹, 한만청¹

목 적 : 두개강내 고형성 종양에서 병리조직학적 진단과 악성도에 따라 특징적 H-1 자기공명분광(MRS) 양상이 나타나는지를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법 : 고형성 뇌종양 환자 81명(저등급 교종 17예, 고등급 교종 31예, 림프종 9예, 뇌수막종 8예, 신경세포종 4예, 수아세포종 3예, 원시성신경외배엽종 3예, 전이암 2예, 기타 4예)을 대상으로 생체내 MRS를 시행하여 스펙트럼을 분석하였다. MRS는 1.5T 장치를 사용하여 PRESS기법으로 TR/TE 2000/270msec, VOI 2×2×2cm³로 얻었다. 대사 산물의 공명(resonance) 분석은 N-acetyl aspartate(NAA)/Creatine complex(Cr)비, Choline complex(Cho)/Cr비, Lactate(Lac)/Cr비를 구하였으며, 기타 산물에 대하여는 기존의 문헌에 기초하여 존재 유무를 분석하였다.

결 과 : 모든 고형성 뇌종양에서 NAA는 감소하고, Cho와 lactate는 증가하였다. Cr은 증가하거나 감소하는 등 다양한 결과를 보였다. 모든 종양에서 NAA/Cr이 감소한 반면, Cho/Cr과 Lac/Cr은 증가하였다. 고등급 교종에서는 평균 Cho/Cr과 lactate/Cr이 각각 저등급 교종에 비해 모두 유의하게 높았다(Cho/Cr: 2.4 ± 0.7 vs. 1.7 ± 0.8, P < 0.05, lactate/Cr: 1.3 ± 1.9 vs. 0.4 ± 0.6, P < 0.05). 그러나 NAA/Cr은 유의한 차이가 없었다. 뇌수막종과 신경세포종, 수아세포종에서 Cho/Cr이 고등급 교종의 수준 이상으로 매우 높았다.

결 론 : H-1 MRS는 고형성 뇌종양에서 저등급과 고등급 교종의 감별에 유용하게 이용될 수 있으나, 교종이외의 고형성 양성종양에서도 고등급 교종과 같은 양상을 보이므로 한계가 있다고 생각된다.

서 론

생체내 자기공명분광법(MR spectroscopy, MRS)을 이용하면 영상에서 얻는 형태학적인 정보에 덧붙여 조직의 대사 정보를 비침습적으로 얻을 수 있다. 이에 수소자기공명분광법(H-1 MRS)은 다양한 두개강내 종양들의 연구에 이용되어 왔으며(1-11), 특히 H-1 MR 스펙트럼의 낮은 NAA/Cho비와 높은 lactate 수치가 교종에 있어서 악성도와 연관된다는 여러 보고가 있으며(1-8), 또한 다른 영상 기법들로 감별이 힘든 낭종성 혹은 괴사성 뇌종양을 H-1 MR 스펙트럼을 이용하여 뇌농양과 감별할 수 있다는 흥미로운 보고가 있다(12). 그러나 아

직도 H-1 MR 스펙트럼의 다양성 때문에 악성도와와의 상관관계에 대해서는 논란의 여지가 있다.

이에 본 연구에서는 두개강내 고형성 종양에서 H-1 MRS 양상이 종양의 악성도와 연관이 있는지, 종양의 병리학적 진단에 따른 특징적인 스펙트럼 양상이 있는지 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1993년 11월부터 1997년 7월까지 81예의 두개강내 고형성 종양을 대상으로(남자 53명, 여자 38명: 연령 3세-76세, 평균 연령 39.2세) 수술전 생체내 H-1 MRS를 시행하였다.

모든 예에서 절제나 조직 생검에 의해 병리조직학적으로 확

대한자기공명의과학회지 1: 86-93(1997)

¹ 서울대학교 의과대학 방사선과학교실 및 방사선의학연구소

* 이 논문은 1995년도 서울대학교 병원 대형 공동 연구비(03-95-040)의 보조로 이루어졌음

통신저자: 장기현 서울대학교 의과대학 방사선과학교실 및 방사선의학연구소

Tel. 82-2-760-2516 Fax. 82-2-743-6385

진되었으며 WHO기준에 따라 분류되었다. 각 종양의 병리조직학적 진단은 교종이 48예로 가장 많았으며 등급 I과 II를 저등급 교종으로, 등급 III과 IV를 고등급 교종으로 분류하였을때 각각 17예, 31예였다. 이외 림프종이 9예, 뇌수막종이 8예, 신경세포종이 4예, 수아세포종이 3예, 원시성신경외배엽종이 3예, 전이암이 2예였고, 기타 종양이 4예였다(Table 1). 1.5T MR기기(Magnetom SP, Siemens, Erlangen, Germany 혹은 Signa Advantage, GE Medical Systems, Milwaukee, USA)에서 circular polarized (CP) head coil을 사용하여 MRI와 MRS를 시행하였다. 직교삼상(three orthogonal planes)의 T1또는 T2강조 MR 이미지를 시행한 후 고형성 종양의 중심부에서 8ml(2×2×2cm³)의 VOI(Volume of interest)를 선택하여 PRESS(pointed resolved spin echo spectroscopy)기법을 이용하여(TR 2000msec, TE 270msec, 128 acquisitions, acquisition time 4분 16초) MR 스펙트럼을 얻었다. 필요한 경우에는 추가적으로 유산(lactate)이나 아미노산같은 J-coupled 대사산물과 연관되는 위상 반전(phase reversal)을 확인하기 위

해 TE 135msec의 MR 스펙트럼을 얻었다. 모든 스펙트럼에서 N-acetyl aspartate(NAA, 2.0ppm), Choline(Cho, 3.2ppm), Creatine complex(phosphocreatine + creatine, Cr 3.0ppm),

Table 1. Histopathologic Diagnosis in 81 Patients

Histopathologic Diagnosis	Number of patients(n)
Glioma	48
Low-grade	17
High-grade	31
Lymphoma	9
Meningioma	8
Central Neurocytoma	4
Medulloblastoma	3
PNET(Primitive Neuroectodermal Tumor)	3
Metastasis	2
Others	4

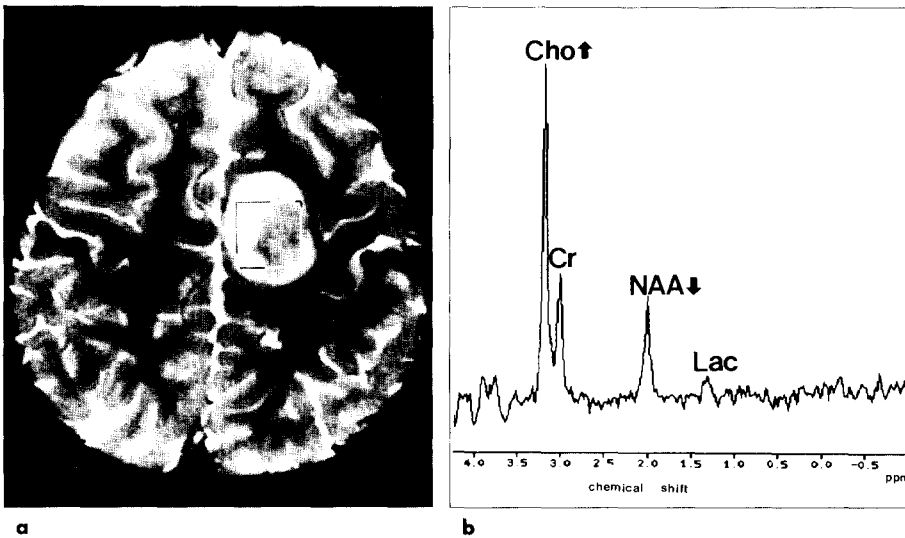


Fig. 1. Ganglioglioma
a. T2-weighted axial MR image shows the tumor of heterogeneous high signal intensity in the left frontal lobe with VOI of 2×2×2 cm³.
b. H-1 MR spectrum of the tumor. Choline (Cho) level is markedly increased, whereas N-acetyl aspartate (NAA) level is decreased.

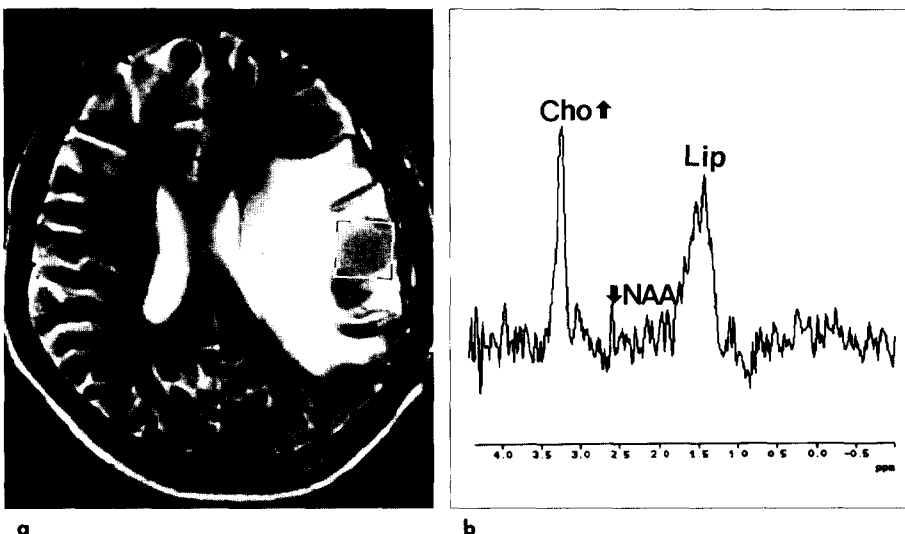


Fig. 2. Lymphoma
a. T2-weighted axial MR image shows the tumor of slightly high signal intensity in the left frontal lobe with surrounding edema.
b. H-1 MR spectrum of the tumor. Choline (Cho) level is markedly elevated, whereas N-acetyl aspartate (NAA) level is markedly decreased. Peak of broad band (1.3ppm-1.7 ppm) suggesting lipid signal (Lip) is also detected. The lipid signal presumably resulted from contamination from scalp fat tissue.

lactate(Lac, 1.3ppm)과 lipid(0.8-1.5ppm)의 공명 스펙트럼을 확인하여 그 스펙트럼 강도를 기준선으로부터 최고치 높이로 구하였으며, 작동자의 편견을 피하기 위하여 MR 스펙트럼의 위상과 기준선을 교정하여 3차례 스펙트럼 강도를 측정하여 그 평균값을 취하였다. 이로부터 NAA/Cr비, Cho/Cr비와 Lac/Cr비를 구해 각 종양 간, 그리고 저등급과 고등급 교종에서 비교 분석하였다. Student unpaired t-test(SPSS/PC+ver 4./01)을 사용하여 통계처리하였다.

결 과

모든 종양에서 악성도에 상관없이 NAA는 감소하고 Cho과 lactate는 증가하였으며 Cr은 감소하거나 증가하는 다양한 소견을 보였다. 따라서 NAA/Cr비는 감소한 반면 Cho/Cr비와 Lac/Cr비는 증가하는 비특이적인 소견을 보였다(Figs. 1 and 2).

교종에서 Cho/Cr비는 등급 III과 IV 각각에서, 그리고 등급 III과 IV를 합쳤을때 등급 II에 비해 유의하게 높은 치를 보였으며 Lac/Cr비 역시 등급 IV와, 등급 III과 IV를 합쳤을때 등

급 II보다 유의하게 높은 수치를 보여 평균 Cho/Cr비와 Lac/Cr비는 고등급 교종에 있어서 저등급 교종에 비해 유의하게 높은 수치를 보였다(Cho/Cr ; 2.4 ± 0.7 vs. 1.7 ± 0.8 , $p < 0.05$; Lac/Cr ; 1.3 ± 1.9 vs. 0.4 ± 0.6 , $p < 0.05$). 그러나 평균 NAA/Cr비는 고등급 교종이 저등급 교종보다 낮은 경향을 보였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Table 2, Figs. 3-6).

림프종에서는 9예중 5예에서 높은 Cho 수치를 볼 수 있었고 5예에서 Lac 최고치를 확인할 수 있었으며 3예에서 lipid 최고치를 볼 수 있었다(Fig. 2). 뇌수막종에서는 8예중 4예에서 높

Table 2. Metabolite Ratios of Gliomas: Low-grade vs. High-grade Gliomas (mean \pm SD)

Grade	NAA/Cr	Cho/Cr	Lac/Cr
Grade II	0.799 \pm 0.348	1.706 \pm 0.755	0.399 \pm 0.639
Grade III	0.705 \pm 0.356	2.316 \pm 0.471	1.581 \pm 1.640
Grade IV	0.724 \pm 0.062	2.373 \pm 1.340	1.221 \pm 0.218

$p < 0.05$; Cho/Cr - Grade II vs. III, IV, III + IV
Lac/Cr - Grade II vs. IV, III + IV

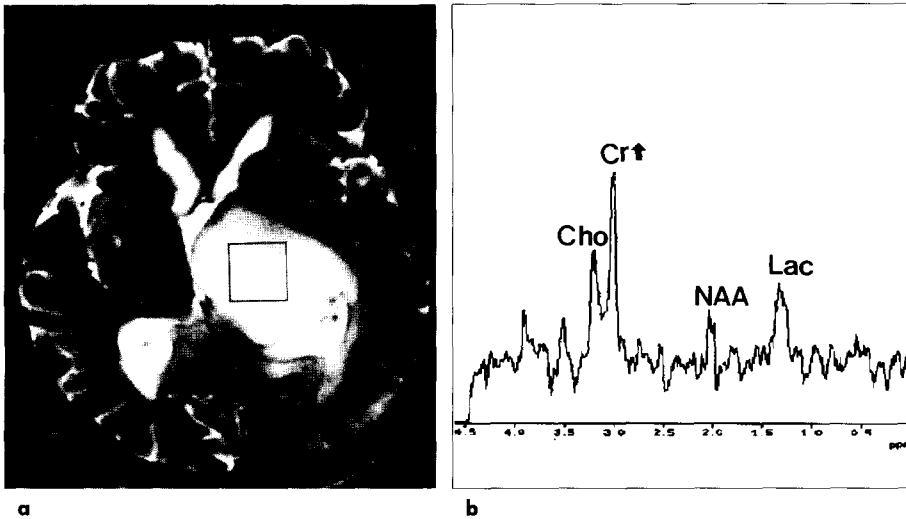


Fig. 3. Low-grade(grade II) Astrocytoma
a. T2-weighted axial MR image shows tumor of high signal intensity in the left thalamus.
b. H-1 MR spectrum of the tumor N-acetyl aspartate (NAA) level is decreased. Creatine (Cr) level is more markedly increased than choline(Cho). Lactate (Lac) is also elevated.

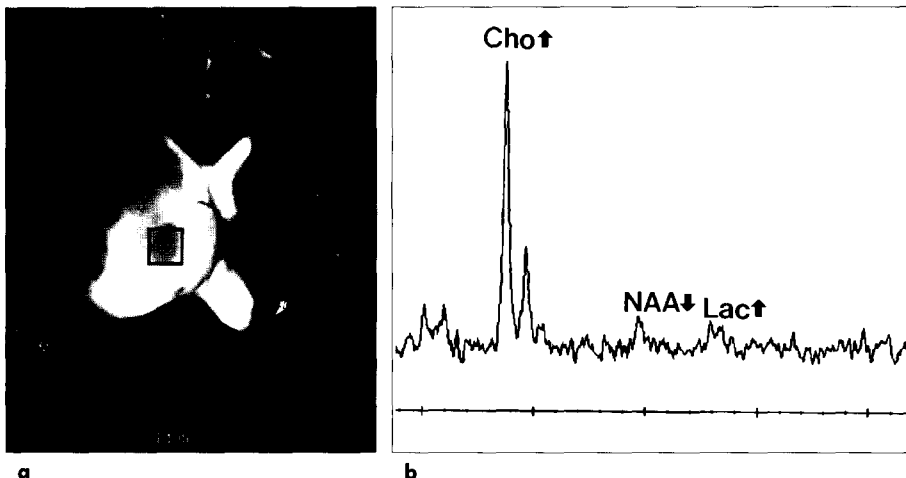


Fig. 4. Glioblastoma multiforme(grade IV)
a. T2-weighted axial MR image shows tumor of high signal intensity in the right thalamus.
b. H-1 MR spectrum of the tumor measured in central portion of relatively low signal intensity Choline (Cho) level is markedly increased, whereas N-acetyl aspartate (NAA) level is markedly decreased.

은 Cho 수치를 볼 수 있었고 각각 2예에서 lipid와 Lac 최고치를 확인할 수 있었으며 4예에서 alanine(Ala, 1.5ppm) 최고치를 볼 수 있었다(Fig. 7). 신경세포종에서는 전예에서 높은 Cho 최고치와 작은 Lac 최고치를 볼 수 있었고(Fig. 8), 수아세포종에서는 3예 모두에서 높은 Cho 수치를 확인할 수 있었으며(Fig. 9), PNET 3예 모두에서는 Cho는 약간 증가되었으며 NAA는 약간 감소되었고 1예에서는 lipid 최고치를 볼 수 있었다. 따라서 고등급 교종에서 볼 수 있었던 높은 Cho수치는 림프종이나 수아세포종의 악성 종양 이외에 수막종과 신경세포종의 양성 종양에서도 나타났다.

고 찰

지금까지의 연구 보고에 의하면 모든 종양의 H-1 MRS에서 정상 조직과 비교할 때 NAA는 감소하고, 반면에 Cho과 Lac는 다양한 정도로 증가하며 Cr은 증가하거나 감소하는 다양한 양상을 보인다(1-11). Demaerel(1)은 112예의 두개강내 종양

에서 STEAM(Stimulated echo acquisition method)기법을 사용한 경우(n=82) 모든 종양의 89%에서 NAA 최고치가 감소하였으며, 70%에서 Cr 최고치가 감소하였고, 62%에서 Cho 최고치가 증가되었고, 45%에서 Lac 최고치가 존재하였으며, Spin Echo (SE) 방법을 사용한 경우(n=30) 모든 종양의 90%에서 NAA 최고치가 감소하였고, 77%에서 Cr 최고치가 감소하였고, 60%에서 Cho 최고치가 증가하였으며, 27%에서 Lac 최고치를 보고하였다. 따라서 모든 종양에서 NAA/Cho비는 대폭 감소하고 NAA/Cr비와 Cr/Cho비는 조금 감소하였다.

본 연구에서는 이전의 연구들에서처럼(1, 9) 정상적으로 10-11mmol/L 뇌조직의 농도를 가져 내부 농도의 기준으로 사용되는 Cr에 대한 각 대사산물의 비를 구하였으며 이때 모든 종양에서 NAA/Cr비는 감소한 반면 Cho/Cr비와 Lac/Cr비는 증가하는 비특이적인 소견을 보였다. 그러나 종양의 H-1 MR 스펙트럼에서 Cr값은 매우 다양하며 심지어 어떤 경우에는 거의 인지할 수조차 없어 Cr의 측정에 한계가 있다(10)는

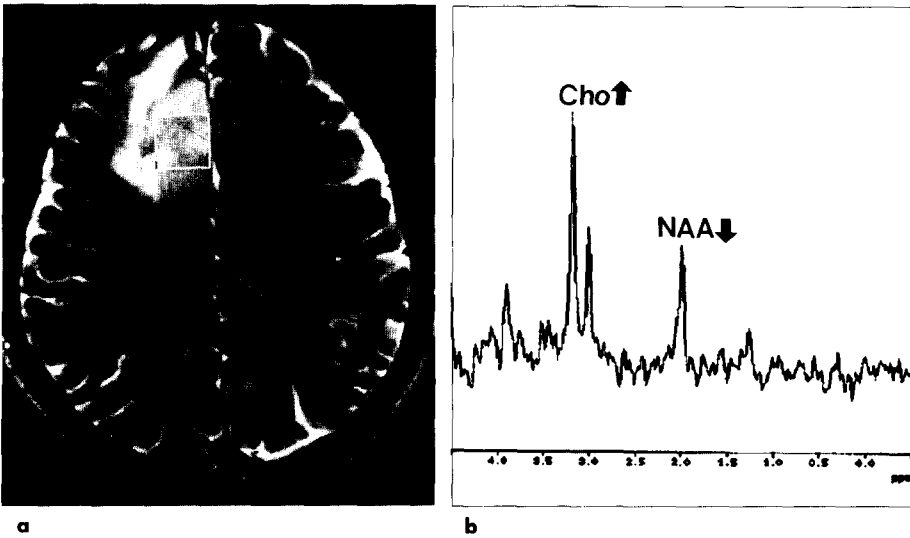


Fig. 5. Low-grade oligodendroglioma
a. T2-weighted axial MR image shows tumor of high signal intensity at the right frontal cortex.
b. MR spectrum of the tumor N-acetyl aspartate (NAA) is moderately decreased, whereas choline (Cho) is markedly increased. Small peak of lactate (Lac) is also noted.

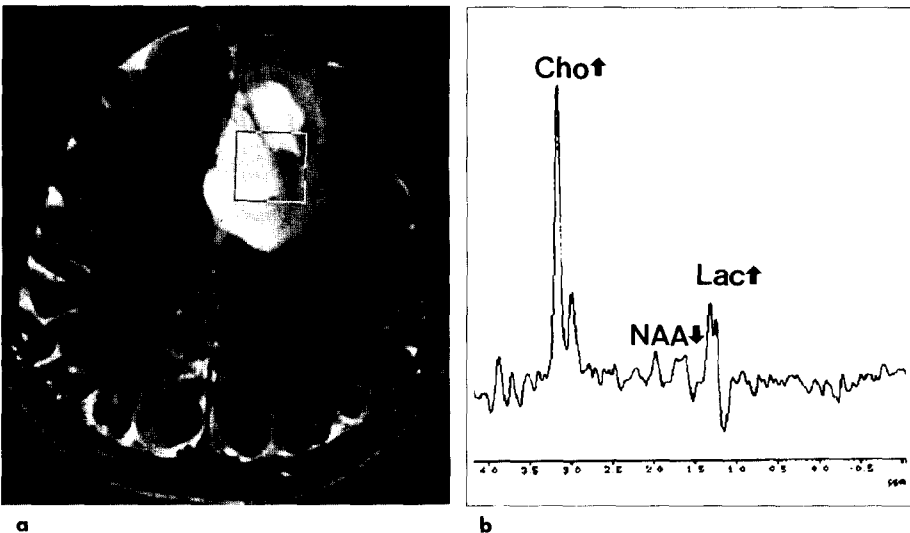
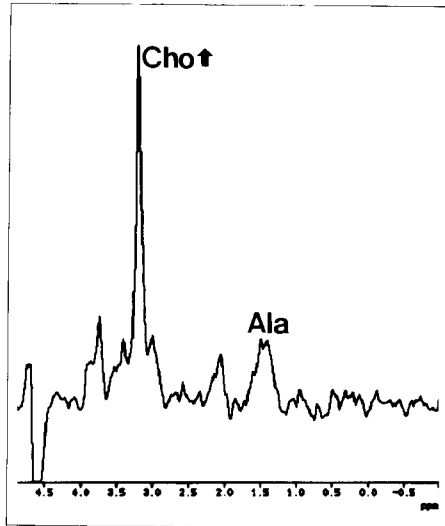


Fig. 6. Anaplastic oligodendroglioma
a. T2-weighted axial MR image demonstrates the tumor of high signal intensity at the left frontal cortex.
b. H-1 MR spectrum of the tumor Choline (Cho) level is markedly increased, whereas N-acetyl aspartate (NAA) level is markedly decreased. Lactate (Lac) level is markedly increased.



a

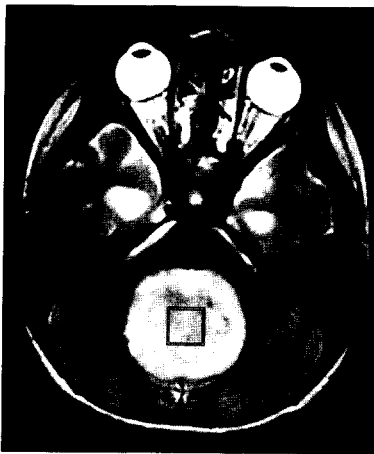


b

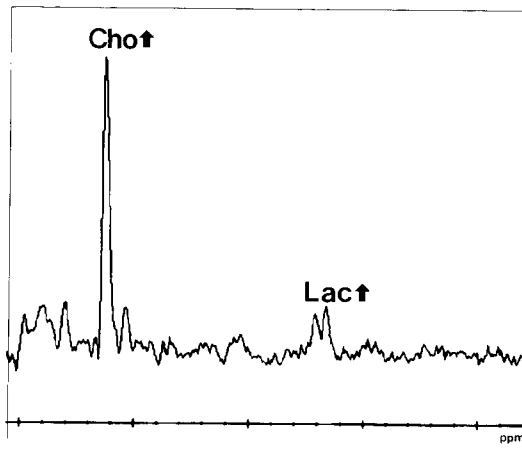
Fig. 7. Meningioma

a. T2-weighted axial MR image shows a meningioma of iso signal intensity with adjacent hyperostosis.

b. H-1 MR spectrum of the tumor Very high choline (Cho) peak is seen. Small alanine (Ala, 1.5ppm) peak is also noted.



a

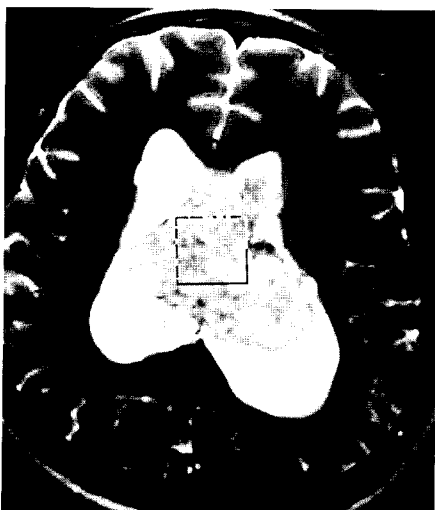


b

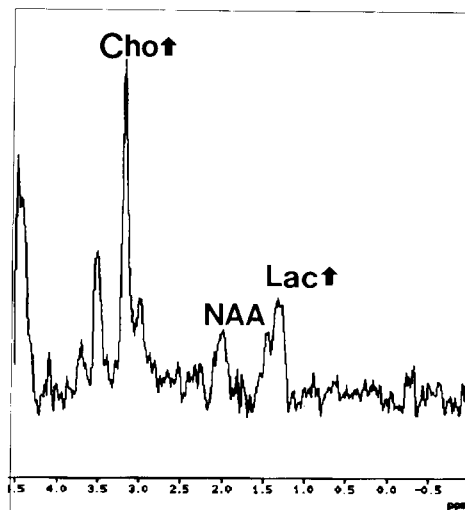
Fig. 8. Medulloblastoma

a. T2-weighted axial MR image demonstrates the tumor of intermediate signal intensity in the midline of posterior fossa.

b. H-1 MR spectrum of the tumor shows very tall choline (Cho) peak, very low N-acetyl aspartate (NAA) and slightly elevated lactate(Lac).



a



b

Fig. 9. Central neurocytoma

a. T2-weighted axial MR image shows the tumor of intermediate signal intensity within the lateral ventricle near foramen of Monro.

b. H-1 MR spectrum of the tumor shows very tall choline (Cho) peak, markedly decreased N-acetyl aspartate (NAA) and elevated lactate (Lac).

보고와 같이, 본 연구에서도 Cr값의 측정에 극히 일부에서 어려움이 있었다.

NAA의 정확한 기능은 확실치 않으나 신경단위(neuron)내에 존재하여 신경단위의 성숙에 관여한다고 알려져 있다. 일반적으로 두개강의 종양에는 존재하지 않으며 두개강내 종양에서 없거나 현저히 감소되는데 이는 종양 세포 침윤에 의한 정상 신경 세포의 감소와 변위를 반영한다. Cr 복합체는 phosphocreatine과 creatine을 통틀어 일컫는 것으로 뇌의 에너지 대사에 관여한다(13, 14). 이는 종양에서 증가하거나 감소하는 다양한 소견을 보일 수 있어 Demaerel(1)은 악성 종양의 76%, 양성 종양의 66%에서 감소하였고 악성 종양의 단지 5%에서만, 그리고 양성 종양의 10%에서 증가하였다고 보고한 반면, Fulham 등(5)은 spin echo 기법을 사용하여 38%에서 증가하였다고 보고하였다. Cho는 세포막 성분을 합성하거나 분해할 때 발생하는 중간 산물인 glycerophosphocholine이나 phosphocholine compound에 의한 것으로 이 물질의 상승은 종양 세포 증식시 세포막의 교체에 관여하는 가동성 전구체(precursor)의 높은 농도를 의미하며, 종양내에서 세포 밀도가 높은 부위에 해당하거나 세포분열이 활발함을 반영한다(15, 16). 또한 Cho의 증가 정도가 종양의 재발율과 연관을 가지리라 추측되기도 한다(17). Lac는 혐기성 대사(anaerobic metabolism)나 당분해작용(glycolysis) 증가에 의해 상승된다(18-20). 종양에서 Lac가 상승하는 이유는 종양이 크거나 주위에 부종이 존재하여 종양내 허혈성 상태가 발생하여 혐기성 대사나 당분해작용이 증가하기 때문이다. 예로 Sijens 등(21)은 유방암으로부터 전이된 암에서 보이는 Lac 최고치는 종양의 특이적인 대사나 증가된 당분해작용보다는 괴사를 일으키는 허혈현상에 의한다고 결론짓고 있다(21). Lac가 괴사된 조직에 축적되므로 양성 종양에서보다 악성 종양에서 흔히 보인다. 반면 종양으로부터 Lac를 제거하기에 충분한 수술 수단이 있으면 보이지 않을 수도 있다(22). 악성 종양의 스펙트럼에서 종종 0.9ppm과 1.3ppm의 넓은 지방(lipid) 최고치를 볼 수 있는데 이는 유리 지방산들에 의한 것으로 세포막의 분해를 의미한다(23). MR 영상에서는 볼 수 없는 크기의 괴사 부위에서도 0.9ppm과 1.3ppm사이에서 지방의 공명 스펙트럼을 보일 수 있어 악성과 양성 종양을 감별하는데 도움을 줄 수 있다는 보고가 있다(24). 저자들의 증례에서는 고등급 교종 7예, 림프종 3예, 뇌수막종 2예, 전이암 2예와 그리고 수아세포종과 PNET 각각 1예, 총 16예에서 지방을 시사하는 스펙트럼이 관찰되었다. 뇌수막종의 일부에서 alanine(Ala, 1.47ppm)을 관찰한 보고들이 있는데(1, 10, 25), 이는 뇌수막종 종양 세포의 특이적인 성상을 반영할 수도 있고 좀더 일반적으로 아미노산 대사의 장애를 의미할 수도 있다. 그러나 뇌수막종의 병리학적 아형과 alanine 최고치와의 연관 관계는 발견하지 못했다(1). 본 연구에서도 8예의 뇌수막종 4예에서 alanine 최고치를 볼 수 있었으나 역시 병리학적 아형과의 연관성은 발견할 수 없었다.

많은 연구들에서 낮은 NAA/Cho비와 높은 Lac수치가 교종의 악성도와 연관성을 보인다고 보고하고 있다(1-8). 본 연구의 교종에 있어서 NAA/Cr, Cho/Cr과 Lac/Cr비가 넓은 범

위의 수치를 보이고 있어 저등급 교종과 고등급 교종에 있어 많은 중첩을 보여 H-1 MRS의 스펙트럼이 교종의 악성도 판정에 한계가 있음을 확인할 수 있었다. Cho/Cr비와 Lac/Cr비가 등급 III과 IV의 고등급 교종 사이에서는 유의한 차이가 없었으나 고등급 교종에서 저등급 교종에 비해 유의하게 높은 수치를 보여 어느 정도 교종의 악성도 판정에 기여할 수 있음을 알 수 있었으며 이는 기존의 연구들과 부합되는 결과였다.

고등급 교종에서 볼 수 있었던 매우 높은 Cho 최고치는 악성 종양이외 양성 종양에서도 나타날 수 있어 수아세포종에서도 높은 Cho 수치가 보고되었으며(1, 4, 15, 26), 뇌수막종에서도 역시 매우 높은 Cho 수치가 보고되었다(1, 2, 27). 뇌수막종은 천천히 자라는 종양으로 높은 Cho치는 전적으로 종양의 성장만을 반영하지 않으며 대신 뇌수막종내의 높은 choline phosphoglyceride치를 반영한 것으로 설명할 수 있다(28). 본 연구에서도 매우 높은 Cho 최고치를 뇌수막종과 수아세포종에서 볼 수 있었을 뿐만 아니라 이외에도 신경세포종, 그리고 림프종에서도 볼 수 있었다. 이들은 역시 높은 세포총실성(cellularity)에 기인하는 것이 아닌가 생각한다.

본 연구의 문제점으로는 첫째, single voxel H-1 MRS기법을 사용하여 짧은 시간 안에 여러 부위를 검사할 수 없다는 점, 둘째, 8cm³이하의 작은 병변을 검사할 수 없었던 voxel 크기의 한계, 셋째, 긴 TE를 사용하여 T2가 짧은 대사 물질의 관찰이 불가능하였다는 점을 들 수 있다. 따라서 본 연구에서는 비교적 큰 병변내의 긴 TE를 가지는 대사 산물만을 검사할 수 밖에 없었다. 이러한 한계점을 극복하기 위해서는, MRS 영상 기법(MRSI), voxel크기의 감소, 짧은 TE를 사용하도록 하는 기법 등을 개발하여, 이를 이용한 더 많은 임상 연구가 필요할 것으로 생각한다.

결론적으로 H-1 MRS는 종양 각각의 특징적인 소견을 나타내지는 못하나 고형성 교종에서 악성도를 판정하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1. Demaerel P. In vivo localized single-voxel proton magnetic resonance spectroscopy of intracranial tumors. *Int J Neuroradiol* 1997;3:94-110
2. Kugel H, Heindel W, Ernestus RI, Bunke J, Mesnil R, Friedmann G. Human brain tumors: spectral patterns detected with localized H-1 MR spectroscopy. *Radiology* 1992;183:701-709
3. Demaerel P, Johannik K, Hecke PV, et al. Localized H-1 MR spectroscopy in fifty cases of newly diagnosed intracranial tumors. *J Comput Assist Tomogr* 1991;15:67-76
4. Sutton LN, Wang Z, Gusnard D, et al. Proton magnetic resonance spectroscopy of pediatric brain tumors. *Neurosurgery* 1992;31:195-202
5. Fulham MJ, Bizzi A, Dietz MJ, et al. Mapping of brain tumor metabolites with proton MR spectroscopic imaging: clinical relevance. *Radiology* 1992;185:673-686
6. Gupta RK, Poptani H, Jain VK, Pandey R, Chhabra DK,

- Gujral RB. Diagnostic value of in vivo proton MR spectroscopy in intracranial tumors. *Proc Soc Mag Reson* 1994; 1:1309
7. Ng TC, Xue M, Barnett G, Modic M. Grading of brain tumors using lactate and NAA/Cr acquired by high resolution proton chemical shift imaging. *Proc Soc Mag Reson* 1994;1:126-133
 8. Song IC, Chang KH, Han MH, et al. In vivo single voxel ¹H MR spectroscopy in cerebral glioma. *Journal of the Korean Radiology Society* 1996;35(3):307-314
 9. Toft PB, Christiansen P, Pryds O, Lou HC, Henriksen O. T1, T2, and concentrations of brain metabolites in neonates and adolescents estimated with H-1 MR spectroscopy. *JMRI* 1994;4:1-5
 10. Gill SS, Thomas DGT, Van Bruggen N, et al. Proton spectroscopy of intracranial tumors:in vivo studies. *J Comput Assist Tomogr* 1990;14:497-504
 11. Roser W, Mader I, Dellas S, et al. Proton CSI and metabolic maps of glial tumors. *Proc Soc Mag Reson* 1994;1:134
 12. Kim SH, Chang KH, Song IC, et al. Brain abscess and brain tumor:discrimination with in vivo H-1 MR spectroscopy. *Radiology* 1997;204:239-245
 13. Allen N. Oxidative metabolism of brain tumors. *Prog Exp Tumor Res* 1972;17:192-209
 14. Walker JB. Creatine: biosynthesis, regulation and function. *Adv Enzymol* 1979;50:177-242
 15. Kinoshita Y, Kajiwara H, Yokota A, Koga Y. Proton magnetic resonance spectroscopy of brain tumors:an in vitro study. *Neurosurgery* 1994;35:606-614
 16. Luyten PR, Marien AJH, Heindel W, et al. Metabolic imaging of patients with intracranial tumors:H-1 MR spectroscopic imaging and PET. *Radiology* 1990;176:791-799
 17. Usenius JP, Kauppinen RA, Vainio P, Soimakallio S, Hernesniemi J, Paljaervi L. Identification of metabolite patterns in human brain tumors in vitro and in vivo by ¹H-MR spectroscopy(abstract). Presented at the workshop on Advances in Proton Magnetic Resonance of the Brain, Oxford, UK, 1992
 18. Kirsch WM, Schulz D, Van Buskirk J, Nakane P. Anaerobic energy metabolism in brain tumors. *Prog Exp Tumor Res* 1972;17:163-191
 19. Sauter R, Loeffler W, Bruhn H, Frahm J. The human brain :localized H-1 MR spectroscopy at 1.0T. *Radiology* 1990;176:221-224
 20. Warburg O. On the origin of cancer cells. *Science* 1956;123:309-314
 21. Sijens PE, van Dijk P, Oudkerk M. Correlation between choline level and Gd-DTPA enhancement in patients with brain metastasis of mammary carcinoma. *Magn Reson Med* 1994;32:549-555
 22. Usenius JPR, Kauppinen RA, et al. Quantitative metabolite patterns of human brain tumors:detection by ¹H NMR spectroscopy in vivo and in vitro. *J Comput Assist Tomogr* 1994;18:705-713
 23. Ott D, Hennig J, Ernst T. Human brain tumors:assessment with in vivo proton MR spectroscopy. *Radiology* 1993;186:745-752
 24. Kuesel AC, Sutherland GR, Halliday W, Smith ICP. ¹H MRS of high-grade astrocytomas:mobile lipid accumulation in necrotic tissue. *NMR Biomedicine* 1994;7:149-155
 25. Williams SR. On N-acetyl aspartate (abstract). Presented at the Workshop on Advances in Proton Magnetic Resonance Spectroscopy of the Brain, Oxford, UK, 1992
 26. Sutton LN, Wehrli SL, Gennarelli L, et al. High resolution ¹H-magnetic resonance spectroscopy of pediatric fossa tumors in vitro. *J Neurosurg* 1994;81:443-448
 27. Bruhn H, Frahm J, Gyngell ML, et al. Noninvasive differentiation of tumors with use of localized H-1 MR spectroscopy in-vivo:initial experience in patients with cerebral tumors. *Radiology* 1989;172:541-548
 28. Bell OE, Cain CE, Sulya LL. The occurrence of polyunsaturated aldehydes in choline containing phosphoglycerides of a human brain meningioma. *Biochim Biophys Acta* 1967;144:481-484

In Vivo H-1 MR Spectroscopy of Intracranial Solid Tumors

Su Ok Seong, Kee-Hyun Chang, In Chan Song, Moon Hee Han,
Hong Dae Kim, Kyung Mo Yeon, Man Chung Han

Department of Radiology, Seoul National University College of Medicine

Purpose: To assess the ability of in vivo H-1 MRS to determine the degree of malignancy and to characterize the histopathologic type of intracranial solid tumors.

Materials and Methods: In vivo H-1 MR spectra of the pathologically-proven 81 intracranial solid tumors (low-grade glioma 17 cases, high-grade glioma 31 cases, lymphoma 9 cases, meningioma 8 cases, central neurocytoma 4 cases, medulloblastoma 3 cases, PNET 3 cases, metastasis 2 cases, others 4 cases) were analyzed. H-1 MR spectroscopy was performed on a 1.5T MR unit using PRESS sequence with a TR of 2000ms, a TE of 270 or 135ms and a voxel size of $2 \times 2 \times 2 \text{cm}^3$ for all spectra. N-acetyl aspartate (NAA)/Creatine complex(Cr), Choline complex (Cho)/Cr, and lactate (Lac)/Cr ratios were measured on the peak heights of each resonance and compared among the different tumors.

Results: All intracranial solid tumors demonstrated decreased NAA, elevated Cho and lactate, and variable Cr levels. All tumors showed increased Cho/Cr and Lac/Cr, whereas NAA/Cr level was decreased. Mean Cho/Cr and Lac/Cr ratios were significantly higher in high-grade gliomas than in low-grade gliomas. However, NAA/Cr ratio showed no significant difference between low-grade and high-grade gliomas. Very high Cho peaks were seen in lymphomas, meningiomas, medulloblastomas, and neurocytomas in addition to high-grade gliomas.

Conclusion: H-1 MRS may be useful in differentiating between low-grade and high-grade gliomas, however cannot characterize the histologic types or subtypes of tumors.

Index words: Brain Neoplasms, MR; Magnetic Resonance(MR), spectroscopy

Address reprint requests to: Kee-Hyun Chang, M.D., Department of Radiology, Seoul National University
College of Medicine, # 28, Yongon-Dong, Chongno-Gu, Seoul 110-744, Korea.
Tel. 82-2-760-2516 Fax. 82-2-743-6385