

# 초기 및 지연기 허혈성 뇌경색의 양자 자기공명분광영상 : 임상소견과의 비교

이종석<sup>1</sup> · 장기현<sup>1</sup> · 송인찬<sup>1</sup> · 고영환<sup>1</sup> · 강동화<sup>2</sup> · 한문희<sup>1</sup> · 노재규<sup>2</sup>

**목적** : 초기 및 지연기 허혈성 뇌경색에서 양자자기공명분광법 (proton MR-spectroscopy)을 시행하여 특징적인 소견을 알아보고 임상적 증상과 비교하고자 하였다.

**대상 및 방법** : 초기 허혈성 뇌경색으로 진단 받은 28명 (37-83세, 남자 15명, 여자 13명)의 환자를 대상으로 발병 후 2-10일 (평균 6.2일)에 단일 복셀 양자자기공명분광법을 시행하였다. 12명에서는 지연기에 추적 양자자기공명분광법을 시행하였고 그 시기는 20-32일 (평균 25일)이었다. 자기공명분광법은 1.5 T장치에서 PRESS(Point Resolved Spectroscopic Sequence)기법으로 TR 2000ms, TE 288 (144)ms, 관심 영역 2cm×2cm×2cm 화소를 사용하였다. 결과 분석은 병소와 병소에 인접한 정상으로 보이는 부위, 그리고 병소의 반대편 정상부위에서 N-acetylaspartate (NAA)/ creatine, choline/creatine 및 lactate/creatine 비를 구하여 초기와 지연기의 스펙트럼을 비교 분석하였다. 또한 스펙트럼 양상이 환자의 신경학적 증세와 어떤 관계가 있는 지 분석하였다.

**결과** : 초기에 얻은 자기공명분광법에서는 병소의 NAA/creatine 비가 다양한 정도의 감소를 보였고 (n=22), 정상인 경우도 있었다 (n=6). lactate/creatine 비는 고도의 증가 (n=25), 혹은 약간의 증가 (n=3)를 보인 반면, choline/creatine 비는 대부분 정상 범위이었다. 지연기 추적 자기공명분광법에서는 초기기에 비해 NAA/creatine 비는 5예에서 감소를, 1예에서 증가를, 6예에서는 변화를 보이지 않았다. lactate/creatine 비는 10예에서 감소를 보였으며, 2예에서 변화를 보이지 않았다. Choline/creatine 비는 약간 증가하는 경향을 보였다. 병소의 lactate/creatine 비는 환자의 증상이 심할 경우 증가하는 양상을 보였다. NAA/creatine 비는 lactate/creatine 비와는 상관관계를 보이지 않았지만 NAA/creatine 비가 낮을수록 임상증상이 심했다.

**결론** : NAA/creatine 비의 감소, lactate/creatine 비의 증가는 초기 허혈성 뇌경색의 공통적 소견이었으며, 이들은 임상증세와 유의한 상관관계를 보였다. 지연기에는 NAA/creatine 비와 lactate/creatine 비가 초기에 비하여 감소하거나 유의한 변화를 보이지 않았다.

## 서 론

양자 자기공명분광법 (proton MR spectroscopy)은 비침습적인 방법으로 자기공명영상과 함께 구조적, 기능적, 그리고 대사에 관련된 정보를 제공한다. 최근 다양한 질환에 대해 양자 자기공명분광법을 적용하고 있으며, 일부 질환에서는 임상적으로 보편화되고 있고, 많은 진전이 있었다. Wilson씨 병 (1), 뇌

농양과 종양과의 감별 (2,3), 측두엽 간질 (4), 뇌종양 (5) 등에서도 적용되었다.

뇌경색 환자에서 자기공명영상은 뇌경색의 유무, 위치, 크기, 뇌경색의 시기별 변화 등 많은 정보를 줄 수 있으나, 뇌 실질의 대사에 관련된 정보를 알려주지는 못하며, 뇌경색 환자의 임상경과와 예후를 예측하는 데에도 한계가 있다. 뇌경색 환자에서 시간경과에 따른 뇌내 대사물질의 변화를 보고한 연구 (6,7)와, 저산소증에서 뇌내 대사물질의 농도와 임상증상과의 연관성 (8) 등

### 대한자기공명영상학회지 3:146-153(1999)

<sup>1</sup>서울대학교 의과대학 방사선과학교실 및 방사선의학 연구소

<sup>2</sup>서울대학교 의과대학 신경과학교실

이 논문은 보건 복지부 G7 의료공학 기술개발 연구비(HMP-95-G-1-03)의 보조로 이루어진 것임(1997).

접수 : 1998년 12월 2일, 채택 : 99년 4월 25일

통신저자 : 장기현 (110-744) 서울 종로구 연건동 28

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

을 보고한 자기공명분광법 연구가 있지만 연구자마다 연구방법과 결과가 다양하고 아직까지 임상적 이용이 보편화되어 있지 않다. 저자들은 초기 및 지연기의 뇌경색 환자에서 양자 자기공명분광법을 시행하여 시간에 따른 뇌 실질의 대사물질의 변화를 알아보고, 자기공명분광 영상과 임상경과 사이의 관계를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1997년 8월부터 1998년 1월까지 임상적으로 급성 허혈성 뇌경색으로 진단 받은 28명의 환자를 대상으로 삼았다. 남자 15명, 여자 13명이었고 환자의 연령분포는 37세에서 83세로 평균 61.4세 이었다. 모든 예에서 발병후 2-10일 (평균 6.2일)에 초기 자기공명분광법을 시행하였으며 12명에서는 지연기에 추적 자기공명분광법을 20-32일 (평균 25일)사이에서 시행하였다. 추적 검사를 시행한 환자의 연령은 47세에서 80세 (평균 65.5세)이었고, 남자가 6명 여자가 6명이었다.

자기공명분광법은 1.5 T장치 (Signa: GE Medical Systems, Milwaukee, USA)하에서 단일 복셀(single voxel) 기법을 이용하여 PRESS기법으로 TR 2000ms, TE 288(144) ms, 관심 영역 2cm×2cm×2cm 화소로 시행하였다. 물의 신호강도는 CHESS 기법으로 억제시켰다. 세 부위에서 관심 영역을 설정하여 자기공명분광법을 시행하였는데 뇌자기공명영상의 T2강조영상에서 높은 신호강도를 보이는 병소 중 임상증상과 일치하는 병소부위, 이 병소에 인접한 정상적인 신호강도를 보이는 인접부위, 그리고 병소의 반대쪽 정상부위에서 스펙트럼을 측정하였다. 병소의 크기가 관심 영역보다 작은 경우가 14례, 비슷한 경우가 10례, 큰 경우가 4례이었다. 관심영역이 병소보다 큰 경우는 대략 10-30% 가량의 정상조직이 관심영역에 포함되었다. 자기공명분광법의 스펙트럼은 N-acetylaspartate (NAA), choline, creatine, lactate의 수치를 구하고 각각에 대하여 NAA/creatine, choline/creatine, lactate/creatine 비를 구하여 비교하였다. Choline, creatine, NAA, lactate는 각각 3.2, 3.0, 2.0, 1.3 ppm에서 보이는 peak로 결정하였으며, 잡음강도를 평균한 값을 기저 면으로 삼았다. NAA, choline, creatine, lactate 수치는 기저 면으로부터 시작하여 가장 높은 부분까지를 측정하여 결정하였다. 분석은 병소의 반대편을 정상

적인 스펙트럼으로 간주하고 병소의 반대편과 상이한 차이를 보이는 스펙트럼을 비정상이라 판정하였다. 대사물질의 감소와 증가는 병소의 반대편 정상부위의 대사물질 비와 비교하여 25% 이상 차이가 있을 경우 상승 혹은 감소라고 판정하였다.

환자의 증상은 신경과에서 뇌경색의 임상적 증상을 판단하기 위해 사용하는 National Institute of Health(NIH) stroke scale을 이용하여 분석하였다. NIH stroke scale은 의식수준과 운동, 감각, 언어 등의 신경학적 결손을 정량화한 것으로 점수는 각 항목에 따라 0점에서 4점까지 주어지며 총점은 45점이다 (9). 점수가 높을수록 신경학적 결손이 많은 것을 의미한다.

통계는 SAS와 SPSS 프로그램중 초기에서 영역간의 대사물질 비의 차이는 paired t-test, 지연기에서 영역간의 대사물질 비의 차이, 초기와 지연기의 병소에서의 대사물질 비와 NIH

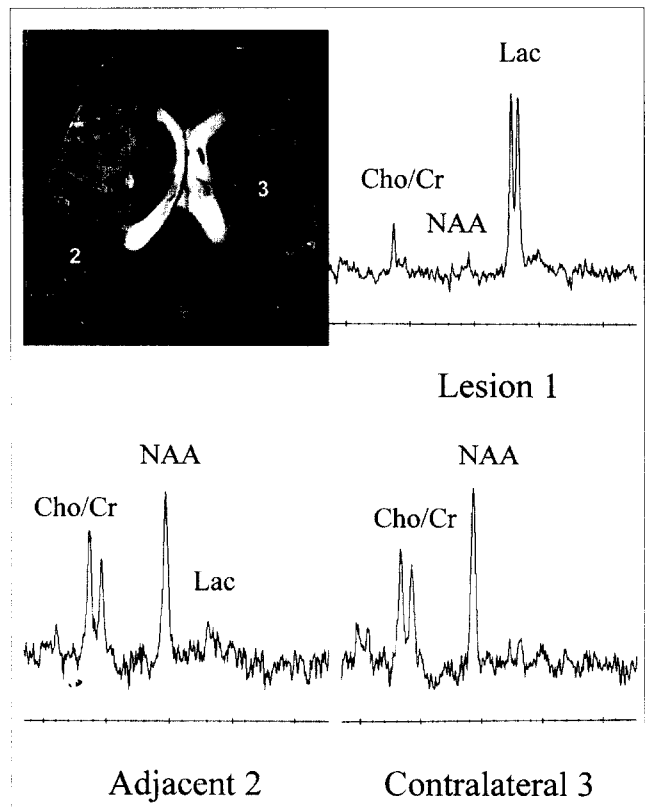


Fig. 1. Three MR spectra from the region of early infarct, adjacent parenchyma and contralateral normal parenchyma obtained on 6 days after stroke onset in a 62-year-old man.

T2 weighted MR image (left upper) shows a large infarct in right frontoparietal area. The spectrum from the region of early infarct(right upper, 1) reveals marked elevation of lactate/creatine ratio and decreased NAA/creatine ratio. The spectrum of the parenchyma adjacent to the infarct(left lower, 2) shows slight elevation of lactate/creatine ratio. Compare spectrum with contralateral normal tissue (right lower,3).

Table 1. The Metabolite Ratios of the Lesion, Adjacent Area, and Contralateral Normal Tissue (mean | standard deviation) in Early Stage(2 - 10 days) of Infarct

	Lesion	Adjacent Area	Contralateral Normal Tissue
NAA/Cr	1.20±0.43	1.94±.054	2.78±0.72
Lac/Cr	2.01±1.73	0.06±0.11	0.00±0.00
Cho/Cr	1.38±0.40	1.17±0.11	1.25±0.15

NAA:N-acetylaspartate, Cr:creatine, Cho:choline, Lac:lactate

**이종석 외**

stroke scale 차이는 Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test를 사용하여 유의성을 검증하였다. 대사물질 비와 NIH stroke scale과의 상관관계는 Kendall's tau-b 기법을 이용하여 상관관계의 여부를 판정하였으며 p값이 0.05이하인 경우에 상관관계가 있다고 판정하였다.

**결 과**

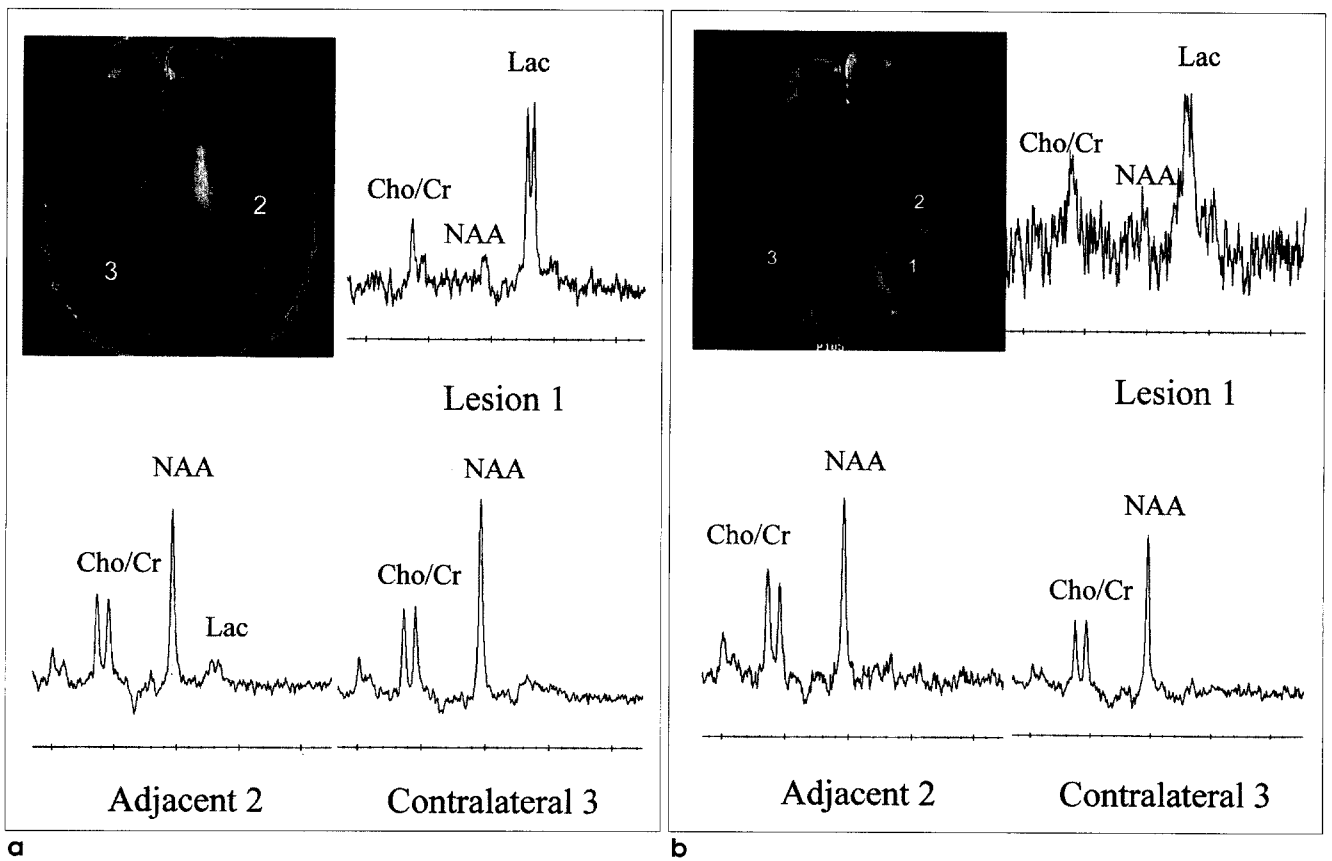
초기에서는 병소의 NAA/creatinine 비는 병소의 반대쪽 정상 부위와 비교하여 볼 때 22예에서 감소하였고, 6예에서는 비슷한 정도를 보였다. 인접부위에서는 NAA/creatinine 비가 병소의 반대쪽 정상부위와 비교하여 감소한 경우가 6예이었다. NAA/creatinine 비는 병소에서 평균(±표준편차) 1.2(±0.4, 분포 0.5-2.0)이었고, 병소의 인접부위에서 1.9(±0.5, 분포 1.0-3.0)이었으며, 반대편 정상부위에서 2.8(±0.7, 분포 1.4-4.0)이었다(Table 1). Lactate/creatinine 비는 고도의 증가를 보인 경우가 25예 (Fig. 1), 미약한 정도의 증가를 보이는 경우가

3예 (Fig. 2a)이었다. 병소 인접부위에서도 6예에서 lactate가 검출되었다 (Fig. 3b). Lactate/creatinine 비는 병소에서 평균(±표준편차) 2.0(±1.7, 분포 0.4-6.5)이었고, 병소의 인접부위에서 0.06(±0.11, 분포 0.0-0.3)이었으며, 병소의 반대편 정상부위에서는 검출되지 않았다. Choline/creatinine 비는 병소에서 평균(±표준편차) 1.4(±0.4, 분포 0.9-3.0)이었고,

**Table 2.** The Metabolite Ratios of the Lesion, Adjacent Area, and Contralateral Normal Tissue (mean (standard deviation) in Late Stage (20 - 32 days) of Infarct

	Lesion	Adjacent Area	Contralateral Normal Tissue
NAA/Cr	0.94±0.34	1.68±0.38	2.21±0.30
Lac/Cr	1.38±1.21	0.02±0.06	0.00±0.00
Cho/Cr	1.90±0.56	1.21±0.09	1.21±0.11

NAA:N-acetylaspartate, Cr:creatinine, Cho:choline, Lac:lactate



**Fig. 2.** Initial (a) and follow-up (b) MR spectra obtained on 6 and 25 days, respectively, after stroke onset in a 62-year-old woman.

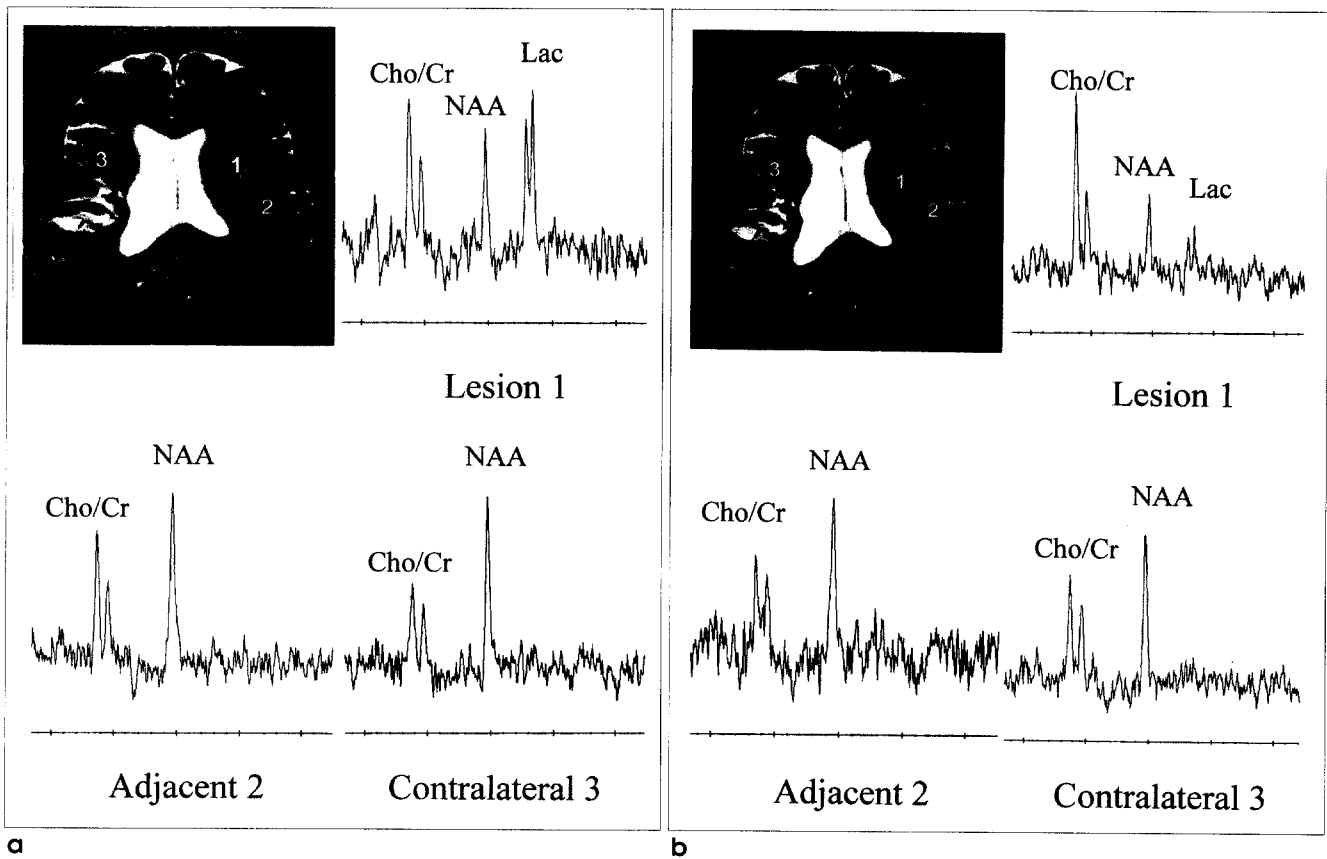
On initial study (a), the spectrum from a large cortical infarct in left parietal lobe (right upper, 1) shows increased lactate/creatinine and decreased NAA/creatinine ratios. The spectrum from the adjacent area (2) shows slightly elevation of lactate. On follow-up study (b), the spectrum of the lesion(right upper, 1) shows that lactate/creatinine ratio decreased compared with (a). Note the decreased signal to noise ratio probably due to susceptibility effect secondary to hemorrhagic transformation. The lactate from the adjacent area (2) is disappeared.

병소의 인접부위에서 1.2 ( $\pm 0.1$ , 분포 0.9-1.4)이었으며, 병소의 반대편 정상부위에서 1.3 ( $\pm 0.2$  분포 0.9-1.8)이었다 (Table 1, Fig. 4). NAA/creatine 비는 병소와 병소의 인접부위 ( $p=0.001$ ), 병소와 반대편 정상부위 ( $p=0.001$ ), 병소의 인접부위와 반대편 정상범위 ( $p=0.03$ ) 사이에서 모두 유의한 차이가 있었다. Lactate/creatine 비는 병소와 병소의 인접부위 ( $p=0.001$ ), 병소와 반대편 정상부위 ( $p=0.001$ ), 병소의 인접부위와 반대편 정상범위 ( $p=0.01$ ) 사이에서 모두 유의한 차이가 있었다. Choline/creatine 비는 병소와 병소의 인접부위 ( $p>0.05$ ), 병소와 반대편 정상부위 ( $p>0.05$ ), 병소의 인접부위와 반대편 정상범위 ( $p>0.05$ ) 사이에서 모두 유의한 차이가 없었다.

지연기에 추적한 자기공명분광법에서 초기 자기공명분광법에 비해 NAA/creatine 비는 5예에서 감소를 (Fig. 2), 1예에서 증가를, 6예에서는 변화를 보이지 않았다 (Fig. 3). 추적 검사상 NAA/creatine 비는 병소에서 평균 ( $\pm$ 표준편차) 0.9 ( $\pm 0.3$ ,

분포 0.2-1.4)이었고, 병소의 인접부위에서 1.7 ( $\pm 0.4$ , 분포 1.0-2.3)이었으며, 병소의 반대편 정상부위에서 2.2 ( $\pm 0.3$ , 분포 1.8-2.5)이었다. Lactate/creatine 비는 초기에 비해 10예에서 감소를, 2예에서는 변화를 보이지 않았다. Lactate/creatine 비는 병소에서 평균 ( $\pm$ 표준편차) 1.4 ( $\pm 0.4$ , 분포 0.2-5.0)이었고, 인접부위에서는 1예를 제외하고는 검출되지 않았고, 병소의 반대편 정상부위에서는 검출되지 않았다. Choline/creatine 비는 병소에서 평균 ( $\pm$ 표준편차) 1.9 ( $\pm 0.6$ , 분포 1.2-2.0)이었고, 병소의 인접부위에서 1.2 ( $\pm 0.1$ , 분포 1.2-1.3)이었으며, 병소의 반대편 정상부위에서 1.2 ( $\pm 0.1$ , 분포 1.0-1.4)이었다 (Table 2,3).

허혈성 뇌경색 MRS의 통계적 유의성을 조사한 결과 NAA/creatine 비는 병소와 병소의 인접부위 ( $p=0.002$ ), 병소와 반대편 정상부위 ( $p=0.005$ ), 병소의 인접부위와 반대편 정상범위 ( $p=0.03$ ) 사이에서 모두 유의한 차이가 있었다. Lactate/creatine 비는 병소와 병소의 인접부위 ( $p=0.003$ ),



**Fig. 3.** Initial (a) and follow-up (b) MR spectra obtained on 8 and 21 days, respectively, after stroke onset in a 71-year-old man.

Initial spectra (a) from an ischemic infarct in left periventricular white matter(right upper, 1) show increased lactate/creatine and decreased NAA/creatine ratios. The spectrum from the tissue adjacent to the lesion (2) does not show any abnormality (left lower). On follow-up spectra (b) there is further decrease of NAA/creatine ratio, marked decrease of lactate/creatine ratio and markedly increase of choline/creatine ratio in the ischemic lesion (right upper, 1). The spectra from the adjacent area (2) and contralateral normal tissue (3) appear normal.

**이종석 외**

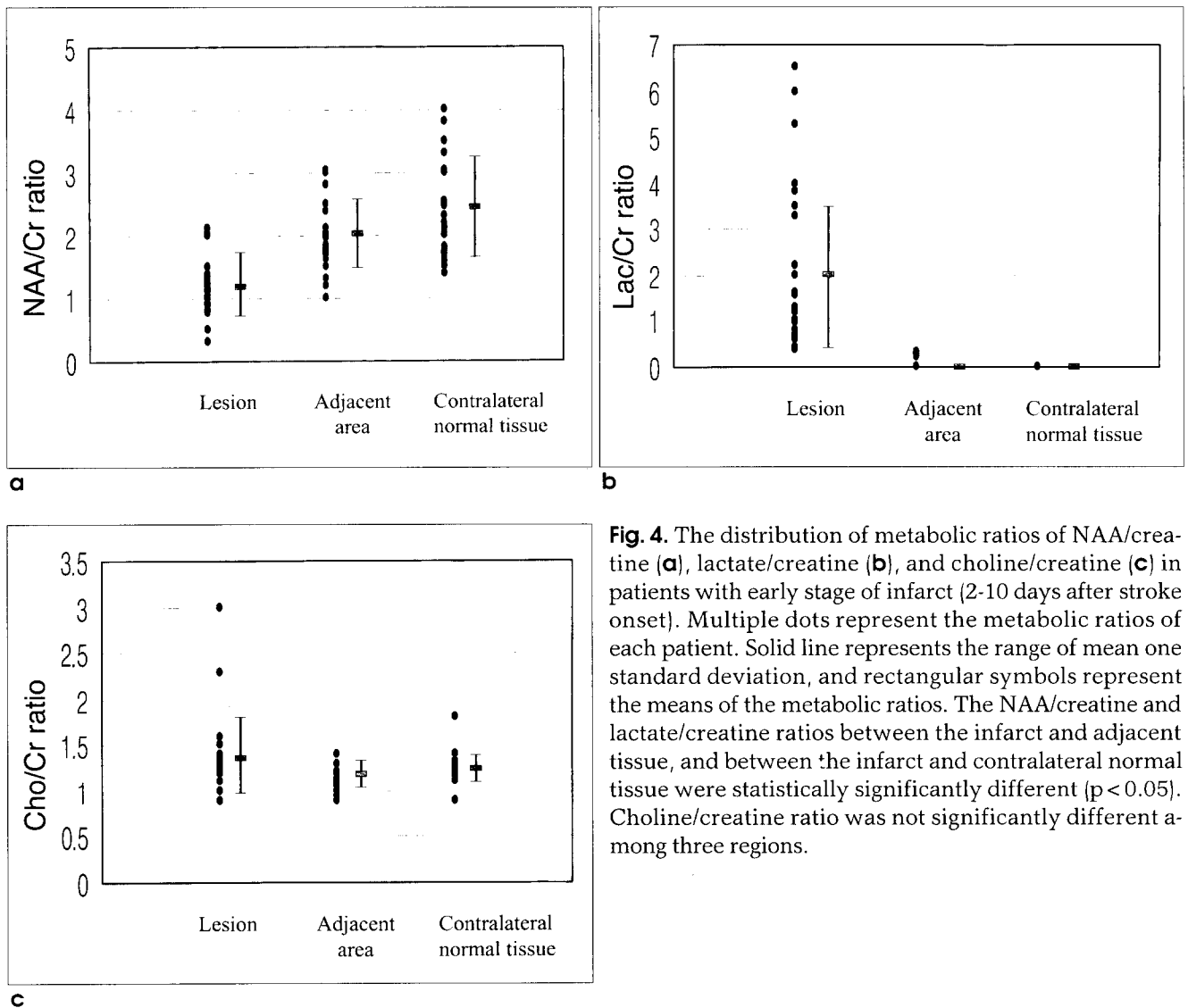
병소와 반대편 정상부위 ( $p=0.003$ )에서 차이가 있었으나 병소의 인접부위와 반대편 정상범위 ( $p>0.05$ ) 사이에서 유의한 차이가 없었다. Choline/creatinine 비는 병소와 병소의 인접부위 ( $p>0.05$ ), 병소와 반대편 정상부위 ( $p>0.05$ ), 병소의 인접부위와 반대편 정상범위 ( $p>0.05$ ) 사이에서 모두 유의한 차이가 없었다. 한명의 환자에서는 추적 검사상 뇌경색의 출혈성 변성이 있어 혈철소로 인한 인공물로 인해 분석이 어려웠다 (Fig. 5).

초기와 지연기 사이에서 병소에서의 NAA/creatinine 비는 통계상 유의한 차이를 보이지 않았지만, lactate/creatinine 비는 유의한 감소를 보였다 ( $p=0.008$ ). Choline/creatinine 비는 지연기에서 초기에 비해 증가하는 추세를 보였다 ( $p=0.01$ ).

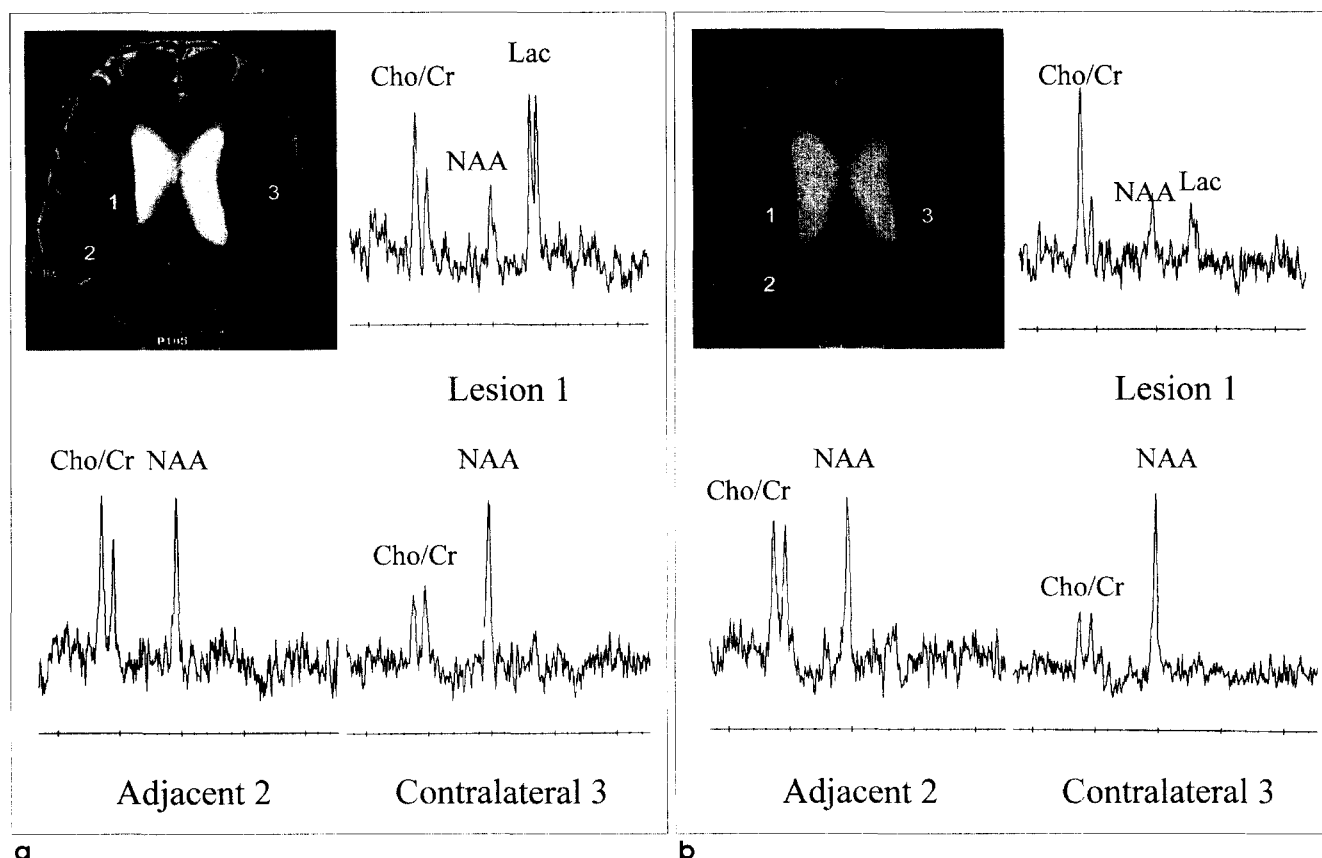
NIH Stroke Scale은 초기에서 1-17 (평균 6.8), 지연기에서는 1-20 (평균 6.2)으로 두 수치 사이에는 유의한 차이가 없었다. 초기의 NIH Stroke Scale과 여러 대사물질 지수와의 상관관계를 분석한 결과 초기의 병소의 lactate/creatinine 비가

**Table 3.** Change of Metabolic Ratios of the Lesion in Early and Late Stages of Infarct

Case no	NAA/Cr		Lac/Cr		Cho/Cr	
	Early	Late	Early	Late	Early	Late
1	1.3	1.2	0.4	0.2	1.6	1.5
2	1.3	1.0	1.2	1.2	1.3	2.5
3	1.0	0.5	3.5	1.3	1.2	3.0
4	0.8	1.2	3.8	1.4	1.5	2.2
5	1.2	1.1	0.6	0.9	1.4	2.3
6	0.9	0.8	2.2	1.5	1.3	1.6
7	0.8	1.0	1.3	0.8	1.2	1.2
8	1.3	1.4	1.0	0.7	1.2	1.7
9	1.0	0.7	6.5	1.6	1.3	1.5
10	1.2	1.0	1.6	0.6	1.4	2.0
11	2.0	1.2	2.2	1.4	2.3	2.2
12	0.3	0.2	5.3	5.0	1.3	1.3



**Fig. 4.** The distribution of metabolic ratios of NAA/creatinine (a), lactate/creatinine (b), and choline/creatinine (c) in patients with early stage of infarct (2-10 days after stroke onset). Multiple dots represent the metabolic ratios of each patient. Solid line represents the range of mean one standard deviation, and rectangular symbols represent the means of the metabolic ratios. The NAA/creatinine and lactate/creatinine ratios between the infarct and adjacent tissue, and between the infarct and contralateral normal tissue were statistically significantly different ( $p < 0.05$ ). Choline/creatinine ratio was not significantly different among three regions.



**Fig. 5.** Initial (a) and follow-up (b) MR spectra obtained on 7 and 32 days, respectively, after stroke onset in a 74-year-old woman.

Initial spectra (a) from an infarct in right periventricular area (right upper, 1) show increased lactate/creatinine and decreased NAA/creatinine ratios clearly. The spectrum ratio in the area adjacent to the infarct (left lower, 2) shows decreased NAA/creatinine ratio as compared with contralateral normal tissue (right lower, 3). Follow-up MR spectra (b) from the infarct (right upper, 1) show decreased lactate/creatinine ratio, and increased choline/creatinine ratio. Decreased NAA/creatinine ratio in the adjacent area (2) has not been changed compared to contralateral normal tissue (3).

높거나 ( $r = 0.592; p = 0.001$ ), NAA/creatinine 비가 낮을수록 ( $r = -0.501; p = 0.01$ ) NIH stroke scale와 상관관계를 보였다.

## 고 찰

이 연구의 중요한 결과는 초기 뇌경색 부위에서 NAA/creatinine 비의 감소, lactate/creatinine 비의 증가, 지연기 추적검사상에서 choline/creatinine 비의 상승, 임상증상의 경중과 NAA/creatinine 비, lactate/creatinine 비와의 상관관계이다. 이상의 소견중 NAA/creatinine 비의 감소와 lactate/creatinine 비의 지속적인 상승은 이미 알려져 있는 소견이다. NAA는 신경세포에 특이적인 대사물질로, 뇌경색에 의한 신경세포의 손상으로 인해 뇌경색의 병소부위에서 NAA가 감소한다 (10). 이에 반해 choline은 세포벽의 glycerophosphocholine과 phosphocholine 등에 의해 나오는 대사물질로 신경세포나 교질세포

에서 모두 나올 수 있는 대사물질이다 (11). 따라서 이 연구에서 뇌경색이 일어난 부위에서 NAA/creatinine 비가 상당히 감소하고 choline/creatinine 비의 큰 변화가 없다는 사실은 뇌경색이 일어난 부위에서 교질세포보다는 신경세포의 손상이 크다는 것을 시사한다 (6). Lactate는 포도당의 혐기성대사의 종말 대사산물로 lactate/creatinine의 증가는 허혈성 변화에 따른 혐기성대사의 증가 때문인 것으로 알려져 있다.

추적검사상 NAA/creatinine 비는 다양한 양상으로 증가 또는 감소하는 양상을 보였다. 이러한 양상은 NAA가 신경세포에 특이성을 가지고 있다는 것을 생각해 볼 때 NAA/creatinine 비가 증가하는 경우는 신경세포의 재생이 일어난 경우를, NAA/creatinine 비가 감소하는 경우는 신경세포가 완전히 소실되어 더 이상 NAA 특이성을 보이지 못한 경우로 추정할 수 있다. 추적검사상 lactate/creatinine 비는 유의하게 감소하였으나, 대부분에서 lactate는 지속적으로 상승되어 있었다. 이는 뇌경색으로 인해 생긴 신경세포에 아직도 허혈성 변화를 보이는 생존세포가 있

고 이로 인한 혐기성 대사 때문에 lactate가 상승되어 있는 것을 시사한다. 또 다른 가능성으로는 뇌경색이 일어난 병소에 염증반응으로 백혈구와 교질세포가 모이고 혐기성 대사가 일어나기 때문에 lactate의 농도가 높아지는 것으로 추정된다 (12).

뇌경색 환자에 있어 임상증상은 병소의 위치와 범위 그리고 재관류 여부에 영향을 많이 받는다. 또한 영향을 미치는 다른 요소는 뇌경색 병소의 신경세포의 손상의 정도이다. NAA와 lactate 수치는 병소에 있는 신경세포의 손상정도를 나타내는 척도로 사용될 수 있다. NAA/creatinine 비가 낮아진 것은 신경세포의 손실이 많고 따라서 신경학적 결손이 많을 가능성을 시사한다. 또한 급성 뇌경색 환자에서 lactate 수치가 높을수록 임상결과가 좋지 않다는 보고가 있다 (13,14). Lactate가 높아진 병소에서는 NAA가 낮아지며 이는 허혈이 심한 병소일수록 신경세포의 손실이 많아지고 혐기성대사가 증가하는 것을 의미한다. 뇌경색의 진행은 뇌내 lactate 농도와 뇌혈류량을 포함한 많은 요인에 의해 결정된다고 알려져 있으며 (7) 따라서 뇌경색의 진행과 관련된 뇌내 lactate 농도를 측정하는 것은 의미가 있다. 본 연구에서도 임상증상이 심할수록 NAA/creatinine 비가 낮았고 lactate는 높아지는 상관관계를 보였다.

이번 연구에서 반대편 정상부위에서는 lactate가 검출되지 않았으나 6명의 환자에서 인접부위에서 lactate/creatinine의 신호가 증가되어 있었다. 이는 뇌경색이 일어난 병소의 인접부위에서도 저산소증으로 인하여 일부 혐기성 대사를 하는 부분이 있는 것을 시사하며 ischemic penumbra가 있는 것을 의미한다. 그러나 이러한 lactate의 검출은 추적검사상에서 한 예를 제외하고는 사라졌다. 이외에도 뇌경색 환자의 임상증상이나 예후에 영향을 미치는 요인은 상당히 많다. 특히 뇌경색이 일어난 부위가 기저핵과 같이 임상적으로 중요한 부위에 생긴 경우에는 뇌경색의 크기가 크지 않고 뇌경색의 정도가 심하지 않더라도 임상적인 증상은 상당히 심할 수 있다. 이와 함께 뇌경색의 범위는 예후에 상당히 영향을 미치며, 이러한 요인들은 자기공명분광법으로는 분석할 수 없다. 또 뇌경색 환자의 예후는 뇌경색된 부위의 재관류 여부나 이차적 변성여부에 의해서도 영향을 받는다.

이번 연구에서 문제점은 뇌내 대사물질의 절대량을 측정할 것이 아니라, creatine이라는 대사물질을 이용하여 상대적인 비를 구한 것이다. 이것은 아직까지 각 대사산물의 절대값을 측정하는 방법을 개발하지 못했기 때문이다. creatine이 뇌경색이라는 조건에도 불구하고 비교적 변하지 않는다는 가정하에 creatine을 비교대사물질로 삼았지만 뇌경색에서 시간에 따른 creatine의 농도도 변할 수 있다. 이 연구에서의 또 다른 문제점은 관심영역이 2cm×2cm×2cm로서 상대적으로 큰 부피에서 측정하였기 때문에 뇌경색의 범위가 이보다 작은 경우에는 부분용적효과 (partial volume effect)로 인하여 정확성이 떨어질 수 있다는 사실이다. 그러나 이 연구에서는 대부분 뇌경색의 범위가 관심영역 부피의 70-90%를 차지하고 있으므로 대사물질의 농도비에는 큰 영향을 미치지 않았으리라 생각되지만, 뇌경색의 범위가 아주 작아서 관심영역의 50% 미만을 차지하는 경우에는 거의

이용가치가 없을 것으로 생각된다. 이러한 제한점에도 불구하고 대사산물의 상대적인 비로 계산하는 자기공명분광법은 시간에 따른 뇌경색 병소의 대사에 관한 정보를 어느 정도 알 수 있고, 뇌경색 환자의 임상증상이나 예후를 예측하는데 도움이 되리라 생각한다.

결론적으로, 초기의 자기공명분광법에서는 NAA/creatinine 비의 감소, lactate/creatinine 비의 증가가 특징적인 소견이며 이들은 임상증상의 경중과 유의한 상관관계를 보인다. 지연기에서는 초기에 비하여 NAA/creatinine 비와 lactate/creatinine 비가 감소하거나 변화가 없고, choline/creatinine 비는 증가하는 경향을 보인다.

## 참 고 문 헌

1. Van Den Heuvel AG, Van der Grond J, Van Rooij LG, Van Wassenaeer-van Hall HN, Hoogenraad TU, Mali WP. Differentiation between portal-systemic encephalopathy and neurodegenerative disorders in patients with Wilson disease: H-1 MR spectroscopy. *Radiology* 1997;203:539-543
2. 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
3. Grand S, Lai ES, Esteve F, et al. In vivo 1H MRS of brain abscesses versus necrotic brain tumors. *Neurology* 1996;47:846-848
4. Ende GR, Laxer KD, Knowlton RC, et al. Temporal lobe epilepsy: bilateral hippocampal metabolite change revealed at proton MR spectroscopic imaging. *Radiology* 1997;202:809-817
5. Tien RD, Lai PH, Smith JS, Lazeyras F. Single-voxel proton brain spectroscopy exam (PROBE/SV) in patients with primary brain tumors. *AJR Am J Roentgenol* 1996;167:201-209
6. Dujin JH, Matson GB, Maudsley AA, Hugg JW, Weiner MW. Human brain infarction: proton MR spectroscopy. *Radiology* 1992;183:711-718.
7. Barker PB, Gillard JH, van Zijl PCM, et al. Acute stroke: evaluation with serial proton MR spectroscopic imaging. *Radiology* 1994;192:723-732.
8. Leth H, Toft PB, Peitersen B, Lou HC, Henriksen O. Use of brain lactate levels to predict outcome after perinatal asphyxia. *Acta Paediatr* 1996;85:859-864
9. Wityk RJ, Pessin MS, Kaplan RF, Caplan LR. Serial assessment of acute stroke using the NIH Stroke Scale. *Stroke* 1994;25(2):362-365
10. Huesch B, Sappey-Marini D, Hetherington HP, et al. Clinical MRS studies of the brain. *Invest Radiol* 1989;24:1039-1042
11. Barker P, Breiter S, Soher B, et al. Quantitative proton spectroscopy of canine brain: in vivo and in vitro correlations. *Magn Reson Med*. 1994; 32: 157-163.
12. Karnovsky ML. Metabolic basis of phagocytic activity. *Phys Rev* 1962;42:143-168
13. Rehn Crona S, Rosen I, Siesjo BK. Brain lactic acidosis and is-

chemic cell damage. I. Biochemistry and neurophysiology. Cereb Blood Flow Metab 1981;1:297-311

lactic acidosis and ischemic cell damage. II. Histopathology. Cereb Blood Flow Metab 1981;1:313-327

14. Kalimo H, Rehnrcrona S, Soderfeldt B, Olson Y, Sieso BK. Brain

J. Korean Soc. Magn. Reson. Med. 3:146-153(1999)

## MR Spectroscopic Patterns of Early and Late Cerebral Ischemic Infarct: Correlation with Clinical Findings

Jong Seok Lee<sup>1</sup>, Kee-Hyun Chang<sup>1</sup>, In Chan Song<sup>1</sup>, Young Hwan Koh<sup>1</sup>, Dong-Wha Kang<sup>2</sup>, Moon Hee Han<sup>1</sup>, Jae-Kyu Roh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology and Institute of Radiation Medicine, Seoul National University, College of Medicine

<sup>2</sup>Department of Neurology, Seoul National University, College of Medicine

**Purpose:** To evaluate the proton MR spectroscopy (MRS) findings of early and late ischemic infarcts and to compare these MRS findings with clinical symptoms.

**Materials and Methods :** We obtained MRS spectra of 28 consecutive patients with early ischemic infarct (15 men, 13 women) between 2-10 (mean 6.2) days after stroke onset. Follow-up MRS was carried out between 20-32 (mean 25) days in 12 patients. The MRS spectra were acquired at 1.5 T MR unit using single voxel technique with PRESS sequence, TR of 2000ms, TE of 288 (144)ms, and voxel size of 2cm x 2cm x 2cm in the three areas; an infarct lesion, the brain parenchyma adjacent to the lesion, and contralateral normal brain parenchyma. The NAA/creatine, choline/creatine, and lactate/creatine ratios were calculated in each spectrum. The spectra of MRS were compared with clinical symptoms.

**Results :** In early infarct, decreased NAA/creatine ratio (n = 22) and increased lactate/creatine ratio (n = 25) were found in the infarct lesion. Choline/creatine ratio was within normal range (n = 25). On follow-up MRS in late stage, NAA/creatine ratio in the infarct lesion decreased further (n = 5), did not change (n = 6), or increased (n = 1). Lactate/creatine ratio became less elevated (n = 10), or did not changed (n = 2). Choline/creatine ratio had a trend for increase. The decreased NAA/creatine and increased lactate/creatine ratios were correlated well with the severity of symptoms, respectively.

**Conclusion :** Decreased NAA/creatine and increased lactate/creatine ratios were common MRS findings characteristic in early ischemic infarct and correlated well with clinical severity. On follow-up MRS in late stage, NAA/creatine ratio decreased further or did not change, and lactate/creatine ratio became less elevated.

**Index words :** Brain, infarction  
Brain, MR  
Brain, 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