

# 토끼 대퇴부에 유발한 농양의 생체내 수소 자기공명분광법: 치료효과 평가

구진모 · 장기현 · 이경호 · 한문희 · 송인찬

**목적** : 실험적으로 토끼 대퇴부에 유발한 농양에서 연속적 추적검사를 통하여 MRS 스펙트럼의 특징과 항생제 치료에 따른 대사산물의 변화를 분석하고자 하였다.

**대상 및 방법** : 토끼 10마리의 대퇴부에 흰쥐의 대변으로부터 추출한 용액을 주사하여서 농양을 유발시켰고, 대조군 5마리와 항생제 치료군 5마리로 나누어 4주 동안 1주 간격으로 MRI와 MRS로 추적검사를 하였다. MRI에서는 농양의 모양과 크기를 분석하였으며, 기존 문헌을 참조하여 MRS에서 보이는 대사산물의 스펙트럼을 분류하였다. N-acetyl alanine을 외적기준으로, lipid를 내적기준으로 하여 각 대사산물을 정량 분석하였고, 정량화된 값들이 농양의 시기에 따라 대조군과 치료군 사이에 차이가 있는지를 분석하였다.

**결과** : MRI에서 농양 10예 모두는 낭성 종괴로 보였으며, 크기는 22-77 mm였다. MRS에서는 감염을 시사하는 acetate, succinate와 여러 종류의 아미노산 peak가 대조군, 치료군 모두에서 여러 가지 조합으로 검출되었다. 그 중 1.92 ppm의 acetate(70%)가 가장 흔하게 보였다. Lipid peak에 대한 acetate peak 비율과 외적기준의 peak에 대한 acetate peak 비율은 대조군에서는 시기에 따라 큰 변화가 없는 반면에 치료군에서는 감소하는 경향이 있었다.

**결론** : MRS는 농양에서 감염을 시사하는 대사산물을 검출함으로써 진단에 도움을 줄 수 있을 뿐 아니라 acetate peak는 농양의 진행 및 항생제 치료에 의해 영향을 받아서 농양의 활동도 지표로서 유용한 가치가 있을 것으로 사료된다.

## 서 론

농양과 종양의 감별은 임상적으로나 방사선학적으로 어려운 문제일 수 있다. 농양은 전산화단층촬영과 자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging, MRI)에서 대개 농양 벽에 환형 조영증강을 보인다 (1, 2). 비슷한 환형 조영증강이 내부에 괴사를 포함한 악성 종양에서도 보이기 때문에 농양과 괴사를 포함한 종양간의 감별이 힘들 수 있다 (3, 4).

농양 내의 박테리아는 대사 경로에 의해 특이한 대사산물을 생성하는 것으로 알려져 있다. 따라서, 농양의 수소 MR 스펙트럼 양상을 분석함으로써 농양과 종양 괴사를 감별하는데 도움을 받을 수 있다. 사람의 뇌 농양 연구에서 수소 자기공명분광법(Magnetic Resonance Spectroscopy, MRS)을 이용하여 농

양과 뇌 종양간의 감별이 가능하였다는 보고들이 있다 (5-8).

농양 내의 대사산물의 농도와 분포는 다양한 MR 스펙트럼으로 나타나며, 미생물이 증식함에 따라 생성되는 대사산물의 농도와 종류는 변할 수 있다. 따라서 농양이 진행함에 따른 대사산물의 변화에 관한 정보는 농양 치료의 효과 판정에 이용될 수 있다.

본 연구의 목적은 토끼 대퇴부에 실험적으로 유발시킨 농양의 수소 MRS를 평가하고, 농양에서의 대사산물의 치료 후 변화를 대조군과 함께 추적 검사하는 것이다.

## 연구재료 및 방법

### 1. 농양의 유발

체중 2.5 kg 내외의 토끼(New Zealand white rabbit) 10

### 대한자기공명의과학회지 7:31-38(2003)

서울대학교 의과대학 방사선과학교실, 서울대학교 의학연구원 방사선의학연구소

접 수 : 2002년 11월 7일, 채 택 : 2003년 4월 22일

통신저자 : 장기현, (110-744) 서울시 종로구 연건동 28, 서울대학교병원 진단방사선과

Tel. (02) 760-2516 Fax. (02) 743-6385 E-mail: changkh@radcom.snu.ac.kr

## 구진도 외

마리를 대상으로 하였으며, 5마리의 대조군과 5마리의 항생제 치료군으로 나누었다.

흰쥐의 신선한 대변 1 mg을 생리식염수 5 ml와 함께 혼합하여 소독된 거즈로 거른 혼합액 0.3 ml를 1 cc 투베르쿨린 주사기에 담아 18 G 주사바늘로 토끼의 대퇴부 근육에 주사하였다. 군 주입 후 1주일 간격으로 MRI 및 MRS를 시행하였다. 5마리의 대조군에서는 1주 간격으로 총 4회에 걸쳐 MRI 및 MRS를 시행하였으며, 5마리의 항생제 치료군에서는 군 주입 1주일 후 MRI 및 MRS를 시행하고, 이후 2주간 12시간 간격으로 cefotaxime 14 mg/kg를 근육주사하고, 최초 검사를 시행한 후 1주 간격으로 3회에 걸쳐 추적검사 하였다.

### 2. MRI 촬영 및 MRS 스펙트럼 획득

토끼를 MRI 촬영 시 움직이지 못하도록 나무판에 누운 자세로 고정하고 ketamine hydrochloride(Ketalar; Yuhan Yanghang, Seoul, Korea) 10 mg/kg와 xylazine hydrochloride(Rompun; Bayer Korea, Seoul, Korea) 50 mg/kg의 혼합액을 이용하여 근육내 주사로 마취시켰다.

농양이 유발된 토끼 대퇴부를 1.5 T MR 기기(Magnetom vision plus, Siemens, Erlangen, Germany)에서 MRI를 얻었다. 마취된 토끼를 양와위로 나무판에 고정하여 무릎코일 내에 위치시킨 후 MRI를 시행하였다. MRI는 종괴의 장축을 따라 축상면으로 스캔을 시행하는데 fast spin echo기법으로 TR=500 msec, TE=12 msec의 T1강조영상, TR=4500 msec, TE=96 msec의 T2강조영상을 얻었고, gadopentetate dimeglumine(Magnevist, Schering, Germany)을 0.1 mmol/kg로 정맥 주사한 후의 조영증강 T1강조영상을 얻었다.

MRS는 MRI에서와 같은 기종으로 시행하였다. MRI에서 종괴의 내부 괴사 부위에 관심용적(volume of interest, VOI)의 각 축이 1.5에서 2 cm 크기로 스펙트럼을 얻을 부위를 정하였다. 스펙트럼은 TR이 5,000 msec, TE가 270 msec와 135 msec인 point-resolved spectroscopic sequence(PRESS)를 사용하여 128번의 스캔을 하였다. 자장의 균일성(field homogeneity)은 MRS를 시행하기 전에 모든 예에서 매번 보정(shimming)을 하여 스펙트럼을 얻었다. Chemical shift saturation pulse(CHSS)로 물을 억제(water suppression)하며 에코의 second half를 취하여 1,000 Hz에서 1,024 data를 얻었다. 푸리에 변환(Fourier transformation)을 하기 전에 모든 free induction decay(FID) 데이터 중 zero-filling을 4,096 point에서 하였다. Exponential line broadening을 0.5 Hz 하며, zero-order phase correction을 모든 스펙트럼에 대하여 시행하였다.

외적기준(external reference)물질인 5 mmol/L의 NiCl<sub>2</sub>를 포함하는 200 mmol/L의 N-acetyl L-alanine을 무릎코일의 토끼의 대퇴부 사이에 위치시킨 후 (9) 자기공명분광을 시행하였다. 자기공명분광은 농양에 대한 스펙트럼을 얻은 후 토끼를 움직이지 않은 채 기준물질로부터 또 한 차례 얻었다.

### 3. MRI 영상 및 MRS 스펙트럼 분석

MRI에서 농양의 장경을 측정하고 조영증강의 양상과 부종의 동반 여부 및 가스 형성 유무를 분석하였다.

스펙트럼의 peak에 대한 할당은 기존의 논문들에서 발표된 것을 인용하여 (5, 6, 10-12) 농양의 고름에 대해 각각의 스펙트럼을 확인하였다 (표 1). 추적검사 중 각 대사산물의 존재 유무를 확인하고, 각 대사산물이 나타나는 빈도를 분석하였다. 각 대사산물의 양은 5 mmol/L의 NiCl<sub>2</sub>를 포함하는 200 mmol/L의 N-acetyl L-alanine을 포함한 외적 기준의 신호강도에 대한 대사산물 신호강도의 비를 구함으로써 측정하였다 (9). 각 대사산물 및 외적기준의 양은 각 스펙트럼의 peak의 높이로 측정하였으며, 각 대사산물의 양을 외적기준에 대한 peak 높이의 비를 이용하여 측정하였고, 또한 각 대사산물 간의 비를 토끼 대퇴부 농양에서 흔히 보이는 lipid peak를 기준으로 하여서 계산하였다. 이렇게 반정량화 한 값들의 농양 발생 시기에 따른 변화를 관찰하였으며, 대조군과 항생제 사용군 사이에서 이러한 정량적인 값이 차이가 있는지를 Wilcoxon test로 통계적인 검정을 하였다.

## 연구 결과

### 1. 농양의 MRI 소견

군을 주입한 10마리의 토끼에서 1주 간격으로 1마리에서는 2회, 3마리에서는 3회, 6마리에서는 4회의 MRI를 얻어 총 35회에서 추적검사가 가능하였다. 추적검사가 가능하였던 전 예에서 환형 조영증강을 보이며 주위에 부종을 동반한 낭성 종괴가 관찰되었다. 농양의 장경은 22-77 mm로 다양하였으며, 대조군에서는 5마리 중 1마리에서, 항생제 치료군에서는 5마리 중 4마리에서 추적기간 중 크기의 감소가 있었다. 항생제 치료군 중 4마리와 대조군 중 2마리에서 추적기간 중 농양 내에 가스형

**Table 1.** Assignment of Metabolite Peaks and Number of Observed Peaks on MRS of Abscess in Rabbit Thigh. (Total number of observation = 33)

$\delta$ (ppm)	Metabolite	Observed peaks	
		Control (n = 17)	Treatment (n = 16)
0.9-1.0	leucine, valine, lipid	8	13
1.30	lipid	17	16
1.50	alanine	0	2
1.92	acetate	13	10
2.1-2.3	glutamate/ glutamine	0	1
2.41	succinate	3	1
2.70	aspartate	0	1
3.00	lysine, creatinine-phosphocreatinine	0	2
3.20	choline-containing compound	6	4
3.56	glycine	3	1
3.7-3.8	glutamate/ glutamine	1	2

성이 있었다.

**2. 농양의 MRS 스펙트럼 분석**

추적검사가 가능하였던 총 35회 중 TE 270 msec인 MRS는 27회, TE가 135 msec인 MRS는 33회에서 얻을 수 있었다. 추적검사 중 일부 MRS를 못 얻었던 원인은 농양이 작거나 표재성으로 위치한 경우 보정이 잘 되지 않아 실패하였던 경우거나 (TE=270 msec: n=6, TE=135 msec: n=1), MRS를 지정되지 않은 다른 TR로 얻은 경우 (TE=270 msec: n=2, TE=135 msec: n=1)였다.

**1) 대사산물의 정성분석**

1.3 ppm에서 관찰되는 lipid는 모든 spectrum에서 볼 수 있었고, 그 밖에도 acetate, succinate, creatinine 포함 화합물, choline 포함 화합물과 여러 가지 아미노산 등 다양한 대사산물의 peak를 볼 수 있었다 (표 1). 그 중 높은 빈도를 보였던 대사산물은 1.92 ppm의 acetate(70%), 0.96 ppm의 leucine 및 valine(58%)과 3.2 ppm의 choline containing compound(30%)였다. 1.33 ppm에서 보이는 lactate가 커다란 lipid peak에 가려져 있을 수 있으며, TE가 135msec에서 뚜렷이 J-coupling associated phase inversion을 보이는 peak가 없어 무시할 정도의 양으로 판단하였다.

**2) 대사산물의 정량분석**

항상 관찰되었던 lipid peak는 외적기준을 이용하여 정량화하였을 때 다양한 수치를 보여 농양 내에서 일정한 비율을 차지하고 있는 것이 아님을 알 수 있었다. 1.92 ppm의 acetate와 0.96 ppm의 leucine 및 valine peak가 가장 흔히 관찰되었던 대사산물이었으므로 이 물질들을 정량적으로 분석함으로써 시간의 경과에 따른 변화를 보았다. Leucine 및 valine peak를 외적기준으로 정량화한 값들의 범위는 대조군에서 0-0.027, 치

료군에서 0-0.027이었고, acetate peak를 외적기준으로 정량화한 값들의 범위는 대조군에서 0-0.191, 치료군에서 0-0.170였다. Leucine 및 valine peak를 lipid peak로 정량화한 값들의 범위는 대조군에서 0-1.00, 치료군에서 0-0.80이었고, acetate peak를 lipid peak로 정량화한 값들의 범위는 대조군에서 0-3.93, 치료군에서 0-0.83이었다 (표 2, 3, 그림 1, 2).

**3. 대조군과 항생제 치료군의 비교**

농양의 크기는 대조군에서는 1예(20%)에서만 감소가 있었던 반면에, 항생제 치료군에서는 4예(80%)에서 감소를 보였다. 대조군과 치료군을 비교하였을 때 외적기준으로 정량화한 값들은 Wilcoxon test에서 의미 있는 차이를 보이지 않았다. Lipid를 이용하여 대사산물의 비를 계산해보았을 때는 0.96 ppm의 peak와의 비율은 의미 있는 차이를 보이지 않았으나 lipid peak에 대한 acetate peak 비율은 대조군에서는 시기에 따라 큰 변화가 없는 반면에, 치료군에서는 시기에 따라 감소하는 경향이 있었다 (표 2, 3). 또한 마지막으로 추적된 시기에서 치료군에서는 lipid peak에 대한 acetate peak 비율이 모두 0.3미만이었으나, 대조군에서는 처음부터 acetate peak가 없었던 1마리를 제외하고는 lipid peak에 대한 acetate peak 비율이 0.3보다 컸다.

**고 찰**

크기가 2 cm 미만의 작거나 다발성의 농양은 내과적으로 치료가 가능할 수 있기 때문에 (13), 비침습적 방법으로 농양을 진단하는 것은 중요하다. MRS를 이용하여 비침습적으로 농양을 진단할 수 있는 가능성이 제시되고 있으며 (5-8), lactate, alanine, acetate, succinate와 여러 아미노산이 감염을 시사하는 대사산물로 알려져 있다. Lactate, short chain fatty acid, acetate, succinate는 농양을 형성하는 여러 세균 균주

**Table 2.** Serial Change of Metabolite Ratios (Acetate/Reference) in the Control (Rabbit Number; 1-5) and the Treatment Group (Rabbit number; 6-10) (TR/TE=5000/135)

Rabbit No.	Week			
	1	2	3	4
1	0.050	0.058	0.058	Expire
2	0.089	0.052	0.081	0.071
3	0	0	0	0
4	0.112	0.132	Expire	
5	0.105	0.191	0.182	0.155
6	0	0	N/A	Expire
7	0.104	0	0	Expire
8	0.082	0.046	0	0
9	N/A	0.044	0.034	0.018
10	0.083	0.170	0.022	0.037

Note: N/A = not available

**Table 3.** Serial Change of Metabolite Ratios (Acetate/Lipid) in the Control (Rabbit Number; 1-5) and the Treatment Group (Rabbit Number; 6-10) (TR/TE=5000/135)

Rabbit No.	Week			
	1	2	3	4
1	3.00	3.93	3.19	Expire
2	0.46	0.53	0.35	0.40
3	0	0	0	0
4	1.82	1.83	Expire	
5	0.66	1.44	1.01	0.97
6	0	0	N/A	Expire
7	0.68	0	0	Expire
8	0.57	0.31	0	0
9	N/A	0.48	0.29	0.10
10	0.66	0.83	0.29	0.28

Note: N/A = not available

**구진모 외**

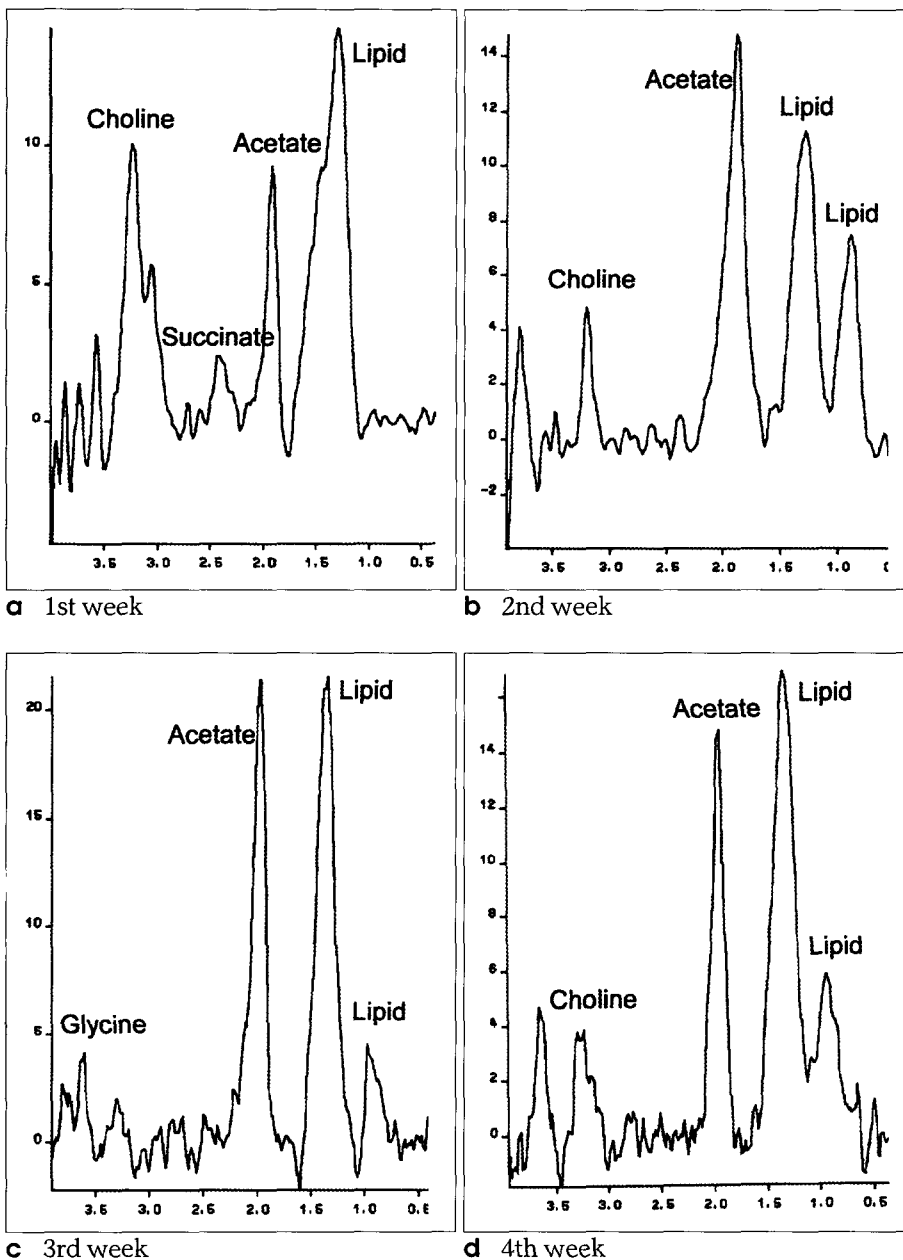
의 단백질 및 탄수화물 대사에 의한 최종 산물임이 잘 알려져 있으며 (10), 이러한 최종산물의 검출은 농양 내에 존재하는 여러 세균 균주를 동정하는데 적용되기도 한다. 본 연구에서 농양의 원인균으로 생각되는 *E. coli*는 포도당의 대사산물로 acetate, formic acid, lactate, succinate를 생성할 수 있다.

토끼 농양에서 시행한 MRS에서 기존의 환자의 농양에서 시행되었던 MRS와 유사한 결과를 얻었으며 (5, 6, 10-12) 농양에 비교적 특이적인 대사산물인 acetate, succinate와 각종 amino acid의 peak를 얻을 수 있었다. 그 중 가장 흔한 빈도로 보였던 것은 acetate peak였다. Acetate는 혐기성 균인 *Lactobacillus*와 대부분의 *Enterobacteriaceae*에서 heterolactic 발효, propionic acid 발효와 혼합 산의 발효과정

중에 발생할 수 있으나, 포유동물의 세포에서는 이를 생성하는 대사 회로가 없으므로 중양의 MRS에서는 검출된 적이 없었다. 이리하여 acetate는 감염의 표식자로서 인식되어왔다 (6). Acetate peak 다음으로 흔히 보였던 것은 서로 분리하기 힘들게 나오는 valine의  $\gamma$ -CH<sub>3</sub>와 leucine의  $\gamma$ -CH<sub>3</sub>에 의한 0.96 ppm 근처의 peak였다.

이전 연구에서 농양에서 혐기성 대사산물인 lactate가 검출되었다는 보고들 (5-8, 12)이 있으나 본 연구에서는 찾기 힘들었고, 그 이유는 뇌와 달리 대퇴부는 지방의 양이 많아 거의 같은 부위에서 커다란 peak를 형성하는 lipid에 의해 가려졌다고 생각할 수 있다.

치료에 대한 반응으로 여러가지 다양한 지표가 있을 수 있

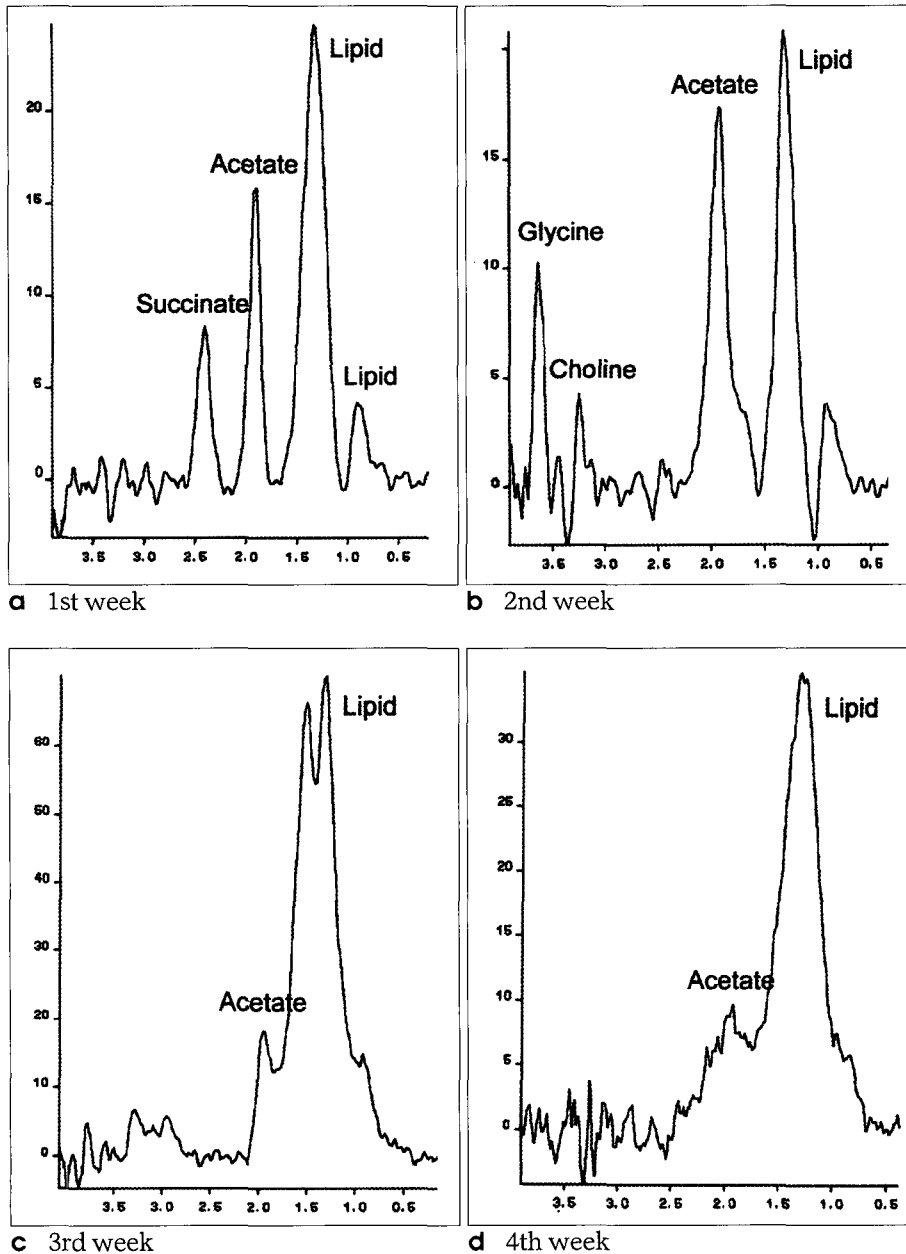


**Fig. 1.** Serial changes of MRS spectra (TR/TE = 5000/135) of an abscess in the control group (rabbit-5). Spectra of the abscess show the prominent peaks for lipid and acetate, as well as signals for, succinate, choline, and glycine. The peak for acetate remained high until the 4th week.

며 중앙이나, 농양과 같은 종괴에서는 그 크기가 중요한 지표이다. 이 연구에서도 항생제 치료군에서는 5마리 중 4마리에서 크기가 추적검사 중 감소한 반면에, 대조군에서는 1마리만이 감소를 보여 항생제 치료의 효과는 있었던 것으로 생각된다.

MRS에서 재현성이 높은 정량적 분석을 하려는 노력들이 많이 있었다. 가장 흔히 시행되는 방법은 스펙트럼 내에서 대사산물 사이의 비를 구하는 것이다 (14, 15). 대사산물 신호비를 적용할 경우 대사산물의 하나 또는 두 개 모두의 변화에 의한 것일 수도 있고 단지 이완 (relaxation)되는 양상의 차이에 의한 것일 수도 있기 때문에 잘못된 해석을 할 가능성이 있다 (16). 가장 이상적인 방법은 절대적인 값을 측정하는 것이지만 여기에는 많은 제한점들이 있다 (17). 첫째, 짧은 TE로 얻은 스펙트

럼을 분석하기 위한 신뢰할 수 있는 방법이 필요하며, 이러한 스펙트럼들은 짧은 T2 이완시간을 갖는 수 많은 대사산물에 의해 복잡해진다. 둘째, 매번 여러 지점에 대하여 반복시간과 에코시간을 변화시킴으로써 각 대사산물의 T1과 T2 이완시간을 구해야 된다. 따라서 절대값을 측정하려면 검사시간이 훨씬 길어지게 된다. 측정하는 voxel 내의 물을 내적기준으로 삼을 수도 있으며 (18), 이 경우 물 peak area가 T2 이완시간에 대해 보정되어야 하고 병적조직 내에 물의 양이 일정하다는 전제가 있어야 한다. 또 다른 방법으로는 외적기준을 이용하여 각 대사산물의 값을 상대적으로 정량화하는 것이다. 이 방법의 유용성에 대해서는 부분적으로 평가되어 있으며 Shimizu 등(9)이 외적기준물질을 이용한 phantom 실험에서는 기준물질 신호의



**Fig. 2.** Serial changes of MRS spectra (TR/TE = 5000/135) of an abscess in the treatment group (rabbit-10).

The peak ratio of acetate to lipid slightly increased at 2nd week, but it decreased at 3rd and 4th week.

## 구진도 외

변이는 2%였고, 10 mmol/l의 용액의 정량화 실험에서도 계산된 절대농도의 오차는 10% 미만이었다. 따라서 본 연구의 정량화는 측정이 비교적 용이하고, 재현성이 있는 외적기준을 이용한 정량화를 적용하였다.

MRS에서 보였던 대사산물들은 acetate와 0.96 ppm의 leucine 및 valine으로 생각되는 peak를 제외하고는 그 빈도가 많지 않았고 뚜렷한 시기적인 경향을 보이지 않았기 때문에 정량적 분석 및 시기에 따른 변화는 두 peak에 대해서만 중점적으로 실시하였다.

0.96 ppm의 값은 외적기준으로 정량화한 값과 lipid에 대한 대사산물 비 모두에서 일정한 경향성을 보이지 않았다. Acetate peak는 외적기준으로 정량화한 값에서는 일정한 경향성이 없었으나 lipid에 대한 비에서는 대조군에서는 시기에 따라 큰 변화가 없는 반면에, 치료군에서는 시기에 따라 뚜렷이 감소하는 경향이 있었다. 마지막으로 추적된 시기에서 치료군에서는 lipid peak에 대한 acetate peak 비율이 모두 0.3 미만이었으나, 대조군에서는 처음부터 acetate peak가 없었던 1마리를 제외하고는 lipid peak에 대한 acetate peak 비율이 0.3보다 컸다. 이러한 결과는 농양에 있어서 시기적 변화를 보는데 acetate peak가 중요하며 acetate의 절대적인 값보다는 acetate와 lipid사이의 비율이 더 의미가 있음을 나타낸다. 이러한 결과가 나온 이유를 설명하는 것은 어려우나 시기마다 lipid의 절대적인 값도 변화하며 acetate가 지방산의 발효로부터 생성될 수 있다는 사실에서 서로 상관관계가 있을 것으로 추측한다.

농양 환자에서 시행한 연구에서도 (19) lactate와 아미노산들은 치료의 유무와 상관없이 모든 환자에서 볼 수 있었던 반면에 항생제와 흡인으로 치료한 1주일 후의 환자에서는 치료 전에 존재했던 pyruvate와 acetate peak가 사라졌다고 하였다. 이 연구에서 항생제로만 치료를 받은 2주일 후 시행한 두 명의 MRS에서 acetate peak는 없었다. 이러한 사실은 이번 연구와 연관 지어 볼 때 MRS에서 농양임을 나타내는 여러 대사산물 중에서도 acetate가 농양의 활동도를 반영할 가능성이 높다고 생각한다. 그러나 이번 실험에서도 처음부터 acetate peak가 없는 예외가 있어 각 증례에 모두 적용시키기는 힘들 것으로 보인다.

아무 치료를 안 받았던 농양에서는 4%에서만 균이 배양되지 않았던 반면에 수술 전에 항생제 치료를 받았던 환자에서는 30%에서 균이 배양되지 않았다는 보고 (20)와 acetate가 박테리아의 대사산물을 고려한다면 항생제 치료에 따라 박테리아의 숫자나 활동성이 감소하며, 동반되어 acetate의 양이 감소한다고 설명할 수 있다. 따라서 이러한 acetate의 정량적 분석은 비침습적인 농양의 활동도를 추정하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 보인다.

이 연구에서 MRS를 얻는데 실패한 경우가 TE 270 msec인 MRS는 8회, TE가 135 msec인 MRS는 2회 있었는데 가장 흔한 원인은 보정의 실패였다. MRS를 얻기 위해서는 자장의

균일성을 유지하는 것이 기본적이거나 실험동물이 작고 자장 내에 근육, 골격, 지방, 주위 공기 등 다양한 물질이 존재하며, 농양에서 발생하는 가스도 이러한 자장의 균일성을 감소시키는 요소이다. 특히 TE=270 msec 영상에서 보정의 실패가 많은 것은 TE=135 msec 영상의 신호 보다 작은 관계로 신호와 잡음의 분리가 힘들었기 때문이었다.

결론적으로 MRS는 농양에서 감염을 시사하는 대사산물을 검출함으로써 진단에 도움을 줄 수 있을 뿐 아니라 lipid peak에 대한 acetate peak 비율은 농양의 진행 및 항생제 치료에 의해 영향을 받아서 농양의 활동도 지표로서 유용한 가치가 있을 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. Haimes AB, Zimmerman RD, Morgello S et al. MR imaging of brain abscess. *AJNR* 1989;10:279-291
2. 강홍식, 정용기, 장자준. 실험적으로 만든 토끼 대퇴부 농양: 자기공명영상과 병리소견의 비교연구. *대한방사선의학회지* 1996;35:595-604.
3. Dixon AR, Holmes JT, Waters A. Intracranial abscess complication diverticulitis with CT scan mimicking primary glioma. *Postgrad Med J* 1989;65:565-567
4. Lau DW, Klein NC, Cunha BA. Brain abscess mimicking brain tumor. *Heart Lung* 1989;18:634-637.
5. Remy C, Grand S, Lai ES, et al. 1H MRS of human brain abscesses in vivo and in vitro. *Magn Reson Med* 1995;34:508-514
6. 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
7. Martinez-Perez J, Moreno A, Alonso J, et al. Diagnosis of brain abscess by magnetic resonance spectroscopy. *J Neurosurg* 1997;86:708-713
8. Chang KH, Song IC, Kim SH, et al. In vivo single-voxel proton MR spectroscopy in intracranial cystic masses. *Am J Neuroradiol* 1998;19:401-405
9. Shimizu H, Kumabe T, Tominaga T, et al. Noninvasive evaluation of malignancy of brain tumors with proton MR spectroscopy. *Am J Neuroradiol* 1996;17:737-747
10. Demaerel P, Van Hecke P, Van Oostende S, Baert AL, Jaeken J, Declercq PE, Eggermont E, Plets C. Bacterial metabolism shown by magnetic resonance spectroscopy. *Lancet* 1994; 344:1234-1235
11. Harada M, Tanouchi M, Miyoshi H, et al. Brain abscess observed by localized proton magnetic resonance spectroscopy. *Magn Reson Imaging* 1993;12:1269-1274
12. Poptani H, Gupta RK, Jain VK, et al. Cystic intracranial mass lesions: Possible role of in vivo MR spectroscopy in its differential diagnosis. *Magn Reson Imaging* 1993;11:443-449
13. Osenbach RK, Loftus CM. Diagnosis and management of brain abscess. *Neurosurg Clin North Am* 1992;3:403-420
14. Ott D, Hennig J, Ernst T. Human brain tumors: Assessment with in vivo proton MR spectroscopy. *Radiology* 1993;186:745-752

15. Kreis R, Ross BD, Farrow NA, Ackerman Z. Metabolic disorders of the brain in chronic hepatic encephalopathy detected with H-1 MR spectroscopy. *Radiology* 1992;182:19-27
16. Henriksen O. In vivo quantitation of metabolite concentrations in the brain by means of proton MRS. *NMR Biomed* 1995;8:139-148
17. Kreis R, Ernst T, Ross BD. Development of the human brain: in vivo quantification of metabolite and water content with proton magnetic resonance spectroscopy. *Mag Reson Med* 1993;30:427-437
18. Simmons a, Smail M, Moore E, Williams SC. Serial precision of metabolite peak area ratios and water referenced metabolite peak areas in proton MR spectroscopy of the human brain. *Magn Reson Imaging* 1998;16:319-330
19. Dev R, Gupta RK, Poptani H, Roy R, Sharma S, Husain M. Role of in vivo proton magnetic resonance spectroscopy in the diagnosis and management of brain abscesses. *Neurosurgery* 1998;42:37-42
20. Mampalam TJ, Rosenblum ML. Trends in the management of bacterial brain abscesses: a review of 102 cases over 17 years. *Neurosurgery* 1988;23:451-458

## ***In-vivo* <sup>1</sup>H MR Spectroscopy in Abscesses Induced in Rabbit Thighs: Evaluation of Treatment Effect**

Jin Mo Goo, Kee-Hyun Chang, Kyoung Ho Lee, Moon Hee Han, In Chan Song

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

**Purpose :** To analyze the serial changes of proton magnetic resonance (MR) spectra in the abscess and to determine the effect of the antibiotic treatment on the metabolite patterns.

**Materials and Methods :** MR imaging and MR spectroscopy of an experimentally induced abscess were performed sequentially for four weeks at interval of one week in both the control group (n = 5) and the antibiotic treatment group (n = 5). On MR imaging, the shape and the size of the abscess were analyzed. On MR spectroscopy, the resonance peaks of metabolites were assigned on the basis of reported peaks in the literature. The metabolite ratios measured by using N-acetyl alanine as an external reference and by using lipid as an internal reference were compared in both the control and treatment groups.

**Results :** The abscesses were seen as cystic masses on MR imaging. On MR spectroscopy, the variable peaks of acetate, succinate and various amino acids, which are the metabolites of infection, were identified in the control and antibiotic treatment groups. The most frequent peak was that of acetate at 1.92 ppm (70%). Both the peak ratios of acetate to lipid and acetate to external reference tended to decrease in the treatment group while the ratios did not change significantly in the control group.

**Conclusion :** MR spectroscopy is useful not only for the diagnosis of abscess but also for monitoring the evolution of the abscess by using the acetate peak.

**Index words :** Abscess  
Magnetic resonance spectroscopy  
Experimental study

Address reprint requests to : Kee-Hyun Chang, M.D., Department of Radiology, Seoul National University College of Medicine and the Institute of Radiation Medicine, SNUMRC, 28 Yongon-dong, Chongno-gu, Seoul, Korea.  
Tel. 82-2-760-2516 Fax. 82-2-743-6385 E-mail: changkh@radcom.snu.ac.kr