

# 뇌교종의 악성도 평가에서의 관류자기공명영상의 유용성에 관한 연구

## — A Study on the Usefulness of Perfusion MRI in Grading of Gliomas —

을지대학교 보건과학대학 방사선학과 · 을지대학교 보건대학원 방사선학과<sup>1)</sup>  
피츠버그대학교 의과대학 진단방사선과<sup>2)</sup> · 을지대학교 의과대학 영상의학과<sup>3)</sup>

강현수 · 김종만<sup>1)</sup> · 고신관 · 문찬홍<sup>2)</sup> · 유인규<sup>3)</sup> · 한동균

### — 국문초록 —

최근 신경계 질환의 진단에 많이 이용되는 관류자기공명영상기법 중 상대적 뇌 혈류량(relative cerebral blood volume)의 분석에 의한 뇌교종의 악성도 구분(고등급과 저등급 종양의 구분)에 있어 자기공명영상의 뇌 혈류량 검사의 유용성에 대하여 알아보하고자 하였다.

뇌교종 환자 17명(평균연령 57.5세, 남자 11명, 여자 6명)을 대상으로 모든 환자에게 수술 전 관류자기공명영상과 고식적 뇌 자기공명영상을 시행하고, 조직의 병리학적 검사를 시행하였다. 국소적 뇌 혈류량과 상대적 뇌 혈류량의 분석은 지멘스사의 소프트웨어(PAT)와 자체 개발한 영상 후 처리 소프트웨어 Xmap 2.0을 이용하여 비교, 분석하였다.

대상자 17명 중 뇌교종이 저등급인 6명과 고등급인 11명의 관류자기공명영상의 분석 결과는 저등급 뇌교종의 상대적 뇌 혈류량의 백질에 대한 종양부위의 평균 뇌 혈류량(rCBVw)의 평균은 1.62, 피질에 대한 종양부위의 평균 뇌 혈류량(rCBVc)의 평균은 0.12이었다. 고등급 뇌교종의 상대적 뇌 혈류량의 rCBVw의 평균은 33.53, rCBVc의 평균은 0.96이었다. 뇌교종과 반대측 뇌 백질과의 통계적인 상관성은 0.01(p-value)이었고, 뇌교종과 반대측 피질과의 통계적인 상관성은 0.02(p-value)로 나타났다. 결과 중 뇌교종과 뇌 백질의 통계분석 수치가 뇌교종과 피질과의 통계분석 결과보다 더 유의한 결과를 나타내었다. 결국 두 가지 모두에서 유의한 결과를 나타냄을 알 수 있었다(p<0.05).

임상적으로 기존의 자기공명영상과 병리학적 결과와 함께 관류자기공명영상은 뇌교종의 등급을 판단하는데 있어 유용할 것으로 사료된다.

**중심 단어:** 뇌교종, 상대적 뇌 혈류량, 관류자기공명영상

## I. 서 론

자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI)을 이

용한 질병의 진단은 우수한 해상도와 병변 대조도 그리고 탁월한 연조직 영상구현으로 해부학적 구조의 이상을 진단 하는데 국한되어 왔으나, 1990년대 후반 영상기술의 발전으로 최근 확산강조영상(diffusion weighted imaging, DWI), 관류강조영상(perfusion weighted imaging, PWI) 영상 및 기능적 자기공명영상(functional magnetic resonance imaging, fMRI)을 구현하는 기법이 소개되어 임상분야에 응용되면서, 진단과 치료에 많은 도움을 주고

\*접수일(2009년 10월 31일), 심사일(2009년 11월 6일), 확정일(2009년 12월 1일)

교신저자 : 한동균, (461-731) 경기도 성남시 수정구 양지동 212번지  
을지대학교 보건과학대학 방사선학과  
TEL : 031-740-7276, FAX : 031-740-7351  
E-mail : handk@eulji.ac.kr

있다. 이 중 관류영상기법은 아직 손상되지는 않았지만, 혈류가 부족해 앞으로 손상될 가능성이 많은 부분을 진단할 수 있으며, 뇌 허혈 및 뇌종양에 주로 이용되고 있다. 특히 확산강조영상과 함께 자기공명영상으로는 진단하기 어려운 발병 초기의 뇌경색 진단에 매우 유용하게 적용되고 있다. 뇌종양에서의 관류자기공명영상은 주로 종양의 혈관분포상태를 평가하기 위하여 시행되며 특히, 관류자기공명영상은 뇌종양의 진단에 있어 과다한 혈관 분포로 혈 용적이 증가한 악성 뇌교종과 양성 뇌교종의 감별진단에 도움을 줄 수 있다. 뇌경색(cerebral infarction)의 진단에 주로 사용되는 영상진단법인 컴퓨터단층영상(computed tomography image)과 고식적 자기공명영상은 뇌조직의 경색에 의한 구조적 변화는 잘 보여줄 수 있지만, 실제 뇌의 혈류학적 변화를 나타내지 못하고 있다<sup>1-4)</sup>. 최근 관류자기공명영상기법 중 상자성 조영제가 대뇌를 1차벽을 통과하면서(first pass method) 일으키는 국소적 T2\* 이완 시간의 단축을 획득하여 수식 변환을 통해 상대적 혈액량을 계산하는 방법이 널리 쓰이고 있으며, 이를 이용한 역동적 조영증강 T2\* 강조 자기공명영상은 국소 뇌혈류의 측정에 이용되고 있다<sup>5-7)</sup>.

종양의 조직학적 진단에 있어 종양의 내부에 병적인 신생혈관형성의 유무는 종양의 등급판정에 중요한 소견이 된다. 현재 이를 평가하기 위해 사용되는 혈관조영술(angiography)은 2차원적인 영상으로 해상도가 낮아 어느 정도 크기 이상의 혈관만 볼 수 있으므로 종양의 혈관성(tumor vascularity)의 양적 평가에는 부적합하고 침습적이라는 단점이 있다. 하지만 자기공명을 이용한 EPI 시퀀스의 개발로 뇌의 기능적 영상을 획득하여 뇌 실질내의 미세혈관순환의 측정이 가능하게 되었고 자기공명 관류지표인 상대적 뇌 혈류량 지도(rCBV map)는 뇌종양에서 신생혈관형성의 발견과 양적측정을 가능하게 하였다<sup>8-9)</sup>.

본 연구는 상대적 뇌 혈류량 지도(rCBV map)의 영상조건과 관류자기공명영상기법 중 영상 후 처리 소프트웨어를 이용한 상대적 뇌 혈류량(relative cerebral blood volume)의 분석을 통한 뇌종양의 악성도 구분(고등급과 저등급 종양의 구분)에 있어 자기공명영상의 뇌 혈류량 검사의 유용성에 대하여 알아보고자 하였다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 대상 및 방법

뇌종양으로 내원한 환자 중 뇌교종(glioma)인 환자 17명

을 대상으로 관류자기공명영상을 수술 전에 시행하였으며 평균연령은 57.5세로 남자 11명, 여자 6명이었다. 뇌종양의 환자군은 대뇌신경아교종증(Gliomatosis), 성상세포종(Astrocytoma), 핏지교종(Oligodendroglioma), 희소성상아교세포종(Oligoastrocytoma)의 저등급(low-grade)군과 악성신경교종(Glioblastoma), 신경교육종(Gliosarcoma), 전이성 선암(Metastatic adenocarcinoma), 다형성 악성신경교종(Glioblastoma multiforme)의 고등급(high-grade)군으로 분류된다.

1.5 테슬라 자기공명영상장치(SONATA, Siemens Medical Systems, Erlangen, Germany)를 이용하여 T1과 T2 강조영상을 얻었고, 이와 함께 관류자기공명영상을 획득하였다. 그리고 조영제를 주입한 후 조영제의 일차 통과 시 나타나는 자화율(susceptibility)의 차이에 기초한 상대적 뇌 혈류량(relative Cerebral Blood Volume map, rCBV) 지도를 획득하였다. 자기공명영상 검사 시작 후 10초부터 총 20 cc를 초당 4 ml의 속도로 자동주입장치를 이용하여 주입하였으며 각 환자마다 interleaved single shot gradient EPI 기법을 사용하여 볼륨 당 18 단면에서 20 단면을 획득하였다. 영상의 변수는 TR을 2000 ms, TE를 40 ms, FOV를 230×230 mm<sup>2</sup>, 매트릭스 크기는 128×128, 단면 두께는 5 mm, 단면 간격은 1.5 mm, 속임각(flip angle)은 90°로 하였다. 획득한 영상데이터는 영상저장전송시스템에서 DICOM 파일로 변환하여 자체 개발한 프로그램에 의해 각 복셀 마다 시간경과에 따른 신호 크기의 로그 변화곡선( $\Delta R2^* = -\ln(S/S_0)/TE$ )의 적분 값을 구하여 상대적 뇌 혈류량(rCBV) 영상을 구현하였다. 분석은 장치 제조사의 영상 처리 소프트웨어 Perfusion Analysis tool(PAT)과 자체 개발한 Xmap(Custer-made perfusion analysis software)을 이용하였다.

### 2. 측정 및 분석

저등급(low-grade)과 고등급(high-grade)으로 구분된 뇌교종 환자의 종양 부위(mass)와 정상조직부위(white matter, W-M)에서 측정한 rCBVw, 종양부위와 주변 부위(cortex)에서 측정한 rCBVc값을 이용하여 통계적 유의성을 검정하였다. 획득한 뇌 혈류량 지도에서 종양 부위에 3곳(mass 1, 2, 3)의 관심영역(ROI)을 설정하여 평균한 값(m-rCBV)을 통계적 검정에 사용하였으며, 이 값을 주변 조직부위 2곳(cortex 5, 6)의 관심영역의 평균값(m-cortex)과 정상조직 부위 1곳(white matter 4)의 관심영역에 대한 신호 값의 상대적 차이를 측정하였다(Fig. 1).

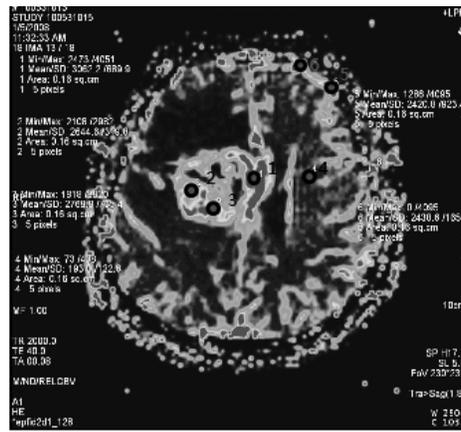


Figure 1. ROI of CBV map

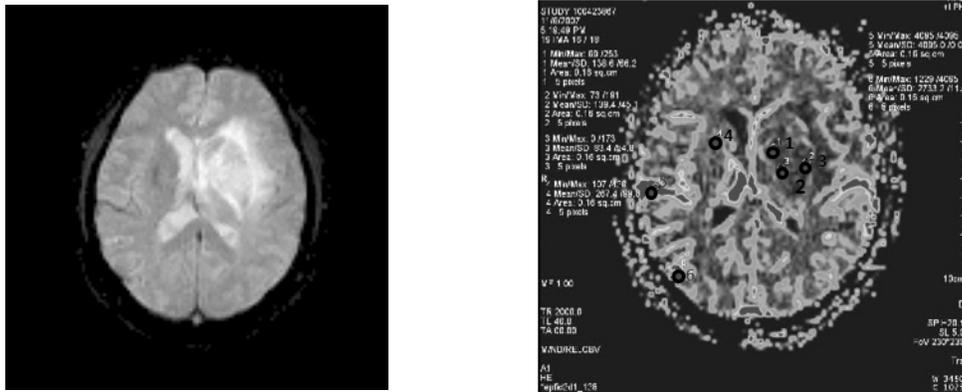


Figure 2. Perfusion MRI and rCBV of low-grade glioma in 53-year old women.

$$rCBV_w = \frac{m - rCBV}{\text{White matter}}, \quad rCBV_c = \frac{m - rCBV}{m - \text{Cortex}}$$

(m-rCBV : 종양의 3곳의 관심영역의 평균)

공간 해상도 비교를 위해서 종양의 등급과 영상획득 프로그램을 독립변수로 설정하였고, 획득한 데이터는 SPSS 12.0을 이용하여 대응표본 t 검정과 독립표본 t 검정을 실시하였다. 통계적 유의성은 유의수준(p) 0.05에서 확인하였으며, 양측 검정을 결과를 비교하였다.

### III. 결 과

뇌교종 환자 17명에 대한 rCBV map을 획득한 후 저등급과 고등급의 뇌교종 환자에 대한 영상의 결과와 종양(mass)부위와 주변(cortex)부위, 정상부위(white matter)의 6곳의 관심영역의 값을 분석한 rCBV 결과는 다음과 같다.

조영증강 T1강조 자기공명영상에서 등근모양의 조영 증강된 중심부에 괴사를 보이는 악성신경교종(glioblastoma)에서는 관류자기공명영상에서 변연부 외륜이 고관류를, 중심부의 괴사부위는 저관류로 나타났다. 저등급 뇌교종은 관류자기공명영상에서 경계가 불분명한 저관류 부위로 나타났다(Fig. 2).

고등급의 뇌교종이 있는 경우 고관류로 보이는 부분에서 조영증강이 강하게 되는 부분이 나타났고 종양의 경계부가 명확하게 나타나는 것을 알 수 있었다<sup>10-12)</sup>(Fig. 3). 따라서 뇌교종의 등급판정 감별에 관류자기공명영상이 유용할 것으로 본다.

대상이 된 총 17명(평균 연령 57.5세, 남자 11명, 여자 6명)의 나이, 성별, 수술 전 고식적 자기공명영상 소견에 따른 방사선학적 진단, 병리학적 진단 및 종양이 포함된 관류영상의 각 단면에서 측정된 rCBV를 나타내었다(Table 1). 그리고 이 중 6명은 저등급 뇌교종이었고 11명은 고등급 뇌교종이었다.

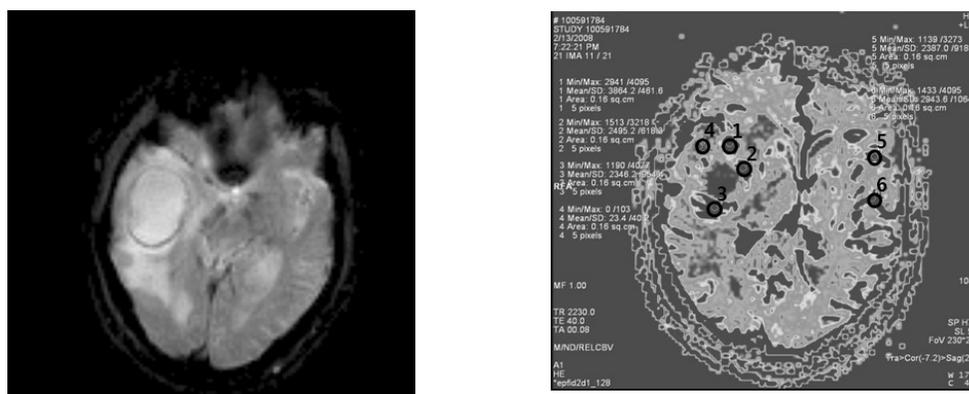


Figure 3. Perfusion MRI and rCBV of high-grade glioma in 55-year man.

Table 1. Patient list of low and high grade glioma

Group	Sex/Age	PAT		Xmap		Radiologic Diagnosis	Pathologic Diagnosis
		rCBVw	rCBVc	rCBVw	rCBVc		
Low -grade	F/69	0.72	0.05	0.77	0.06	gliomatosis	gliomatosis
	M/59	0.85	0.09	0.60	0.09	astrocytoma	astrocytoma
	F/37	1.99	0.17	1.80	0.20	oligodendro glioma	oligodendroglioma
	F/58	0.45	0.03	0.38	0.04	astrocytoma	astrocytoma
	F/56	0.32	0.05	0.69	0.07	gliomatosis	gliomatosis
	M/59	5.40	0.30	13.64	0.97	tentorial ependymoma	oligoastrocytoma
Mean		1.62	0.12	2.98	0.24		
Standard deviation		1.94	0.10	5.24	0.36		
High -grade	M/53	15.81	1.18	2.13	0.35	cystic glioblastoma	glioblastoma
	M/74	124.00	1.08	28.60	3.35	cystic glioblastoma	glioblastoma
	M/52	15.57	0.75	9.16	0.54	gliosarcomastoma	gliosarcoma
	M/74	12.11	0.65	15.31	0.52	cerebellar metastasis	metastatic adenocarcinoma
	M/55	113.23	1.07	21.31	1.15	glioblastoma	glioblastoma multiforme
	M/48	13.41	0.79	13.22	1.46	anaplastic astrocytoma	anaplastic astrocytoma
	M/53	15.61	0.87	7.68	0.59	glioblastoma	glioblastoma multiforme
	M/67	13.82	1.26	30.74	1.19	glioblastoma	glioblastoma multiforme
	F/61	11.93	1.05	9.84	1.15	glioblastoma	glioblastoma
	F/49	20.81	0.79	10.34	1.10	glioblastoma	glioblastoma
F/66	12.59	1.07	-	-	glioblastoma	glioblastoma	
Mean		33.53	0.96	14.83	1.14		
Standard deviation		42.20	0.19	9.29	0.86		

## 1. PAT를 이용한 rCBV의 측정, 비교 분석

### 1) 뇌교종의 rCBVw

저등급 뇌교종은 반대편 정상 백질에 비하여 대뇌신경아교종증(gliomatosis)의 rCBVw는 0.32-0.72, 성상세포종(astrocytoma)의 rCBVw는 0.45-0.85, 핏지교종(oligodendroglioma)의 rCBVw는 1.99, 희소성상아교세포종(oligoastrocytoma)의 rCBVw는 5.40으로 나타났다. 그러나 고등급 뇌교종은 반대편 정상 백질과 비교하여 악성신경교종(glioblastoma)의 rCBVw는 11.93-20.81, 신경교육종(gliosarcoma)의 rCBVw는 15.57, 전이성 선암(metastatic adenocarcoma)의 rCBVw는 12.11, 다형성 악성신경교종(glioblastoma multiforme)의 rCBVw는 113.23-156.12를 나타내었다.

### 2) 뇌교종의 rCBVc

저등급 뇌교종에서 mean cortex와 비교한 값은 대뇌신경아교종증에서 rCBVc는 0.05-0.05, 성상세포종의 rCBVc는 0.03-0.09, 핏지교종의 rCBVc는 0.17, 희소성상아교세포종의 rCBVc는 0.30로 나타났다. 그러나 고등급 뇌교종의 mean cortex와 비교한 값은 악성신경교종에서 rCBVc는 0.79-1.18, 신경교육종의 rCBVc는 0.75, 전이성 선암의 rCBVc는 0.65, 다형성 악성신경교종의 rCBVc는 0.87-126.0을 나타내었다.

## 2. Xmap 이용한 rCBV의 측정, 비교 분석

### 1) 뇌교종의 rCBVw

저등급 뇌교종은 반대편 정상 백질과 비교하여 대뇌신경아교종증(gliomatosis)의 rCBVw는 0.69-0.77, 성상세포종(astrocytoma)의 rCBVw는 0.38-0.60, 핏지교종(oligodendroglioma)의 rCBVw는 1.80, 희소성상아교세포종(oligoastrocytoma)의 rCBVw는 13.64로 나타났다. 그러나 고등급 뇌교종은 반대편 정상 백질과 비교하여 악성신경교종(glioblastoma)의 rCBVw는 2.13-28.60, 신경교육종(gliosarcoma)의 rCBVw는 9.16, 전이성 선암(metastatic adenocarcoma)의 rCBVw는 15.31, 다형성 악성신경교종(glioblastoma multiforme)의 rCBVw는 7.68-30.74를 나타내었다.

### 2) 뇌교종의 rCBVc

저등급 뇌교종에서 mean cortex와 비교한 값은 대뇌신

경아교종증의 rCBVc는 0.06-0.07, 성상세포종의 rCBVc는 0.07-0.09, 핏지교종의 rCBVc는 0.20, 희소성상아교세포종의 rCBVc는 0.97로 나타났다. 그러나 고등급 뇌교종에서 mean cortex와 비교한 값은 악성신경교종의 rCBVc는 0.53-3.35, 신경교육종의 rCBVc는 0.54, 전이성 선암의 rCBVc는 0.52, 다형성 악성신경교종의 rCBVc는 0.59-1.19를 나타내었다.

## 3. 뇌교종의 rCBVw와 rCBVc의 통계적 분석

저등급과 고등급으로 구분된 각각의 환자가 보인 종양 부위의 영상 신호 값(m\_rCBV는 mass 1, 2, 3의 평균값)을 m\_cortex(cortex 1, 2)와 white matter 부위의 비로 나타낸 영상 신호의 결과값에 대한 평균과 표준편차 데이터를 이용하여 통계적 유의성을 알아보기 위해 t-value와 p-value를 구하였다.

### 1) 환자의 종양 부위와 주변 및 정상조직 부위와의 신호차이 분석 결과

PAT를 이용한 저등급 뇌교종의 cortex 1과 cortex 2에 대한 영상 신호의 통계적인 차이는 3199.17, 2635.77로 t값이 9.08(p<0.01), 6.43(p<0.01)로 유의성이 나타났고 white matter에 해당하는 영상 신호의 차이는 -15.03으로 t값이 -0.11(p>0.01)로 통계적인 차이가 없게 나타났다. 그리고 고등급 뇌교종에서 cortex 1과 cortex 2가 245.23, 98.52로 t값이 1.36(p>0.01), 6.43(p>0.01)로 통계적인 차이를 나타내지 않았으며, white matter에 해당하는 영상 신호의 차이는 -2802.22로 t값이 -17.47(p<0.01)로 유의한 차이를 나타내었다(Table 2). 이와 같

**Table 2.** The significance of the signal difference on the cortex and normal tissue in low and high grade glioma using siemens postprocessing software(PAT)

	Grade	Mean <sup>1)</sup>	SD <sup>2)</sup>	t-value
Cortex 1	low	3199.17	863.34	9.08**
	high	245.23	597.13	1.36
Cortex 2	low	2635.77	1004.52	6.43**
	high	98.52	817.03	0.40
White matter	low	-15.03	328.51	-0.11
	high	-2802.22	532.04	-17.47**

Note. 1) difference of mean between two conditions, 2) SD=standard deviation, the difference of standard deviation between two conditions; \*\*, p<0.01.

**Table 3.** The significance of the signal difference on the cortex and normal tissue in low and high grade glioma using Xmap postprocessing software.

	Grade	Mean <sup>1)</sup>	SD <sup>2)</sup>	t-value
Cortex 1	low	6702.58	3404.55	4.82**
	high	3492.25	1052.96	0.23
Cortex 2	low	6128.72	3543.75	4.24**
	high	2626.36	791.88	0.69
White matter	low	-1151.88	3274.99	-0.86
	high	2367.48	713.82	-7.23**

Note. 1) difference of mean between two conditions, 2) SD=standard deviation, the difference of standard deviation between two conditions; \*\*,  $p < 0.01$ .

이 PAT의 경우 저등급의 종양부위는 주변부와 명확한 신호 차이를 나타내지만, 고등급의 경우는 그렇지 않게 나타났다. 또한 저등급에서 종양부위와 백질 영역의 신호 차이는 나타나지 않았지만, 고등급의 경우 신호차이가 나타난다는 것을 의미한다.

Xmap을 이용한 저등급 뇌교종의 cortex 1과 cortex 2에 대한 영상 신호의 통계적인 차이는 6702.58, 6128.72로 t 값이 4.82( $p < 0.01$ ), 4.24( $p < 0.01$ )로 유의성이 나타났고 white matter에 해당하는 영상 신호의 차이는 -1161.88로 t 값이 -0.86( $p > 0.01$ )으로 통계적인 차이가 없게 나타났다. 그리고 고등급 뇌교종에서는 cortex 1과 cortex 2가 3492.25, 2626.36로 t 값이 0.23( $p > 0.01$ ), 0.69( $p > 0.01$ )로 통계적인 차이를 나타내지 않았으며, white matter는 2367.48로 t 값이 -7.23( $p < 0.01$ )로 유의한 차이를 나타내었다(Table 3).

결국, 기존에 검증된 소프트웨어인 PAT와 Xmap 프로그램 모두 종양 부위와 주변부위, 백질 영역간의 동일한 신호 차이를 나타내었다.

## 2) 사용한 소프트웨어 따른 영상 신호의 차이 비교

저등급 뇌교종 환자에서는 Xmap이 PAT에 비해 cortex 1과 cortex 2에서 t 값이 -2.44( $p < 0.05$ ), -2.32( $p < 0.05$ )로 유의한 결과를 나타내었지만, white matter에서는 두 소프트웨어간의 유의한 차이를 나타내지 않았다( $p < 0.05$ ). 저등급 뇌교종 환자에 대한 각각의 소프트웨어에 대한 영상신호 값의 차이는 다음과 같다(Table 4). 그러나 고등급 뇌종양 환자에서는 Xmap이 PAT보다 white matter에서 유의한 결과를 나타냈으며, 다른 경우는 각각의 소프트웨

**Table 4.** The significance of image pixel value according to each program which are postprocessing software in low grade glioma patient group.

	Program	Mean	SD	Mean difference <sup>1)</sup>	t-value
Cortex 1	PAT	3199.16	863.340	-3503.42	-2.44*
	Xmap	6702.58	3404.55		
Cortex 2	PAT	2635.76	1004.52	-3492.95	-2.32*
	Xmap	6128.71	3543.75		
White matter	PAT	-15.03	328.51	1136.85	0.85
	Xmap	-1151.88	3274.99		

Note. 1) difference of means between PAT(siemens) and Xmap, \*,  $p < 0.05$ .

어간 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.

결국, Xmap은 PAT에 비해 저등급의 뇌종양 환자에서 종양부위와 주변부위 간의 공간 해상도 차이를 명확하게 나타냈으며, 고등급 뇌종양 환자에서는 종양부위와 백질 부위 간의 공간 해상도 차이가 명확하게 드러났다.

## IV. 고 찰

상자성(paramagnetic)의 조영제가 혈류를 통해 뇌실질의 모세혈관대(capillary bed)를 통과할 때 국소적인 자기장의 불균질성이 발생하고 이는 그 조직의 횡이완 시간( $T2^*$ )을 감소시킨다. 이 자화율(susceptibility)효과는 혈관내의 조영제 농도가 높을수록 커지며 혈류량에 비례해서 커지게 된다. 이 효과를 조영제가 일차통과(first pass)하는 동안 연속해서 촬영하는 일련의  $T2^*$ -weighted gradient images에 의해서 영상화할 수 있으며 이러한 효과를 정성적, 정량적으로 분석하여 혈액학적인 데이터를 얻을 수 있다. 관류자기공명영상의 원 데이터를 얻기 위해 자기공명기법에 요구되는 기본적인 조건은 보통 3초 이내의 짧은 시간에 영상을 얻을 수 있어야 하며, 국소자장의 비균질성에 민감하게 하기 위해 보통 20 msec 이상의 긴 에코시간을 갖는 영상기법을 이용하여야 한다. 이를 위해 가돌리늄(gadolinium)은 약 0.15-0.2 mmol/kg을 정맥으로 급속주입하며 일반적으로 조영제 주입 10초 전부터 주입 후 약 60초까지 동일한 영상단면에서 반복하여 조영제가 뇌를 통과하는 과정을 역동적으로 영상화해 관류 영상의 원 데이터를 얻는다. 이 원 데이터를 소프트웨어로 처리하여 시간에 따른 화소별 신호강도를 측

정한 후 원하는 혈액학적인 매개변수들을 얻게 된다. rCBV와 rCBF의 절대값을 구하기 위해 동맥혈류에서의 조영제의 농도인 AIF(arterial input function)을 알아야 하며 이는 자기공명영상에서 동맥내 농도-시간 곡선을 분석해서 얻게 된다. 하지만 이를 구하는 것이 어렵고 상대적으로 값만으로도 대부분의 임상적용상 충분한 정보를 줄 수 있어 뇌 실질 전체에서 AIF(arterial input function)가 동일한 값을 갖는다고 가정하고 rCBV의 상대적인 값만을 얻은 것이 일반적이다. 각 화소마다 얻어진 rCBV 값을 대응시켜 map을 구성해 영상을 만든 것을 rCBV map이라고 하며 이를 통하여 뇌의 전체적인 뇌혈류량 분포를 쉽게 알 수 있다<sup>13-14)</sup>.

관류자기공명영상은 기존에는 뇌경색(stroke)의 진단에만 주로 사용하는 영상진단법으로 활용되어 왔으나 최근에는 뇌종양의 혈관상태를 판단하는데 유용한 것으로 알려지고 있다. 그 중 rCBV 값은 악성 뇌종양의 등급을 판명하는데 도움을 주는 것으로 알려지면서, 임상적으로 많은 연구와 결과를 만들어 내고 있다<sup>15-18)</sup>. 본 연구에서는 뇌종양 환자군에서 상대적 뇌 혈류량 지도(rCBV map)를 얻어 그 임상적 유용성을 평가하고자 하였다. 관류자기공명영상을 소프트웨어 PAT로 분석한 결과 저등급과 고등급의 뇌교종의 rCBV값은 0.32-5.40, 11.93-124.00이었고, rCBVc값은 0.03-0.30, 0.65-1.26이었다. 그리고 Xmap 분석 결과 저등급과 고등급 뇌교종의 rCBV값은 0.38-13.64, 2.13-30.74이었고, rCBVc값은 0.04-0.97, 0.35-3.35이었다. 위의 결과에서 보듯이 뇌교종의 악성 및 양성, 그리고 저등급과 고등급 종양을 파악하는데 유용함을 알 수 있었다.

## V. 결 론

뇌종양의 rCBV 값을 측정, 비교분석하여 뇌교종의 환자 중 관류자기공명영상에서 rCBV 값을 측정하여 뇌교종의 등급을 판단하였다. 결과에서 보듯이 뇌교종의 악성 및 양성, 그리고 저등급과 고등급 뇌교종 등을 파악하는데 유용하였으며, 실제 임상에서도 기존의 자기공명영상과 병리학적 생검(biopsy) 등의 결과와 함께 비교하여도 뇌교종의 등급을 판단하는데 최종적으로 유의하다 할 수 있었다. 따라서 관류자기공명영상은 뇌교종 환자의 저등급(low grade)와 고등급(high grade)의 관류상태를 비교적 잘 반영하고 있으며, 조직학적 특성을 예측하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 뇌교종에서의 관류자기공명

영상의 분명한 역할을 규명하기 위해서는 관류자기공명영상의 정확한 이론적인 분석기법의 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. Horowitz SH, Zito JL, Donnarumma R, Patel M, Alvir J: Computed tomographic finding within the first five hours of cerebral infarction, *Stroke*, 22, 1245-1253, 1991
2. Bryan RN, Levy LM, Whitelow WD, Killian JM, Presiosi TJ, Rosario JA: Diagnosis of acute cerebral infarction, Comparison of CT and MR imaging, *AJNR*, 12, 611-620, 1991
3. Brant-Zawadzki M, Weinstein P, Bartkovski H, Moseley M.: MR imaging and spectroscopy in clinical and experimental cerebral ischemia: a review. *AJNR*, 8, 39-48, 1987
4. Yuh WTC, Crain MR, Lose DJ, Green GM, Greene TJ, Sato Y.: MR imaging cerebral ischemia: findings in the first 24 hours. *AJNR*, 12, 621-629, 1991
5. Edelman RR, Mattle HP, Atkinson DJ, Hill TH, Finn JP, Maymann C, Ronthal M, Hoogewound C, Kleefield J: Cerebral blood flow: assessment with dynamic contrast enhanced T2\*-weighted MR imaging at 1.5T, *Radiology*, 176, 211-220, 1990
6. Maeda M, Itoh S, Ide H, Matsuda T, Kobayashi H, Kubota T, Ishii Y.: Acute stroke in cats; comparison of dynamic susceptibility contrast MR imaging with T2 and diffusion weighting MR imaging, *Radiology*, 189, 227-232, 1993
7. Rempp KA, Brix G, Wenz F, Becker CT: Quantification of regional cerebral blood flow and volume with dynamic susceptibility contrast enhanced MR imaging, *Radiology*, 193, 637-641, 1994
8. Villringer A, Rosen BR, Belliveau JW, et al.: Dynamic imaging with lanthanide chelates in normal brain: contrast due to magnetic susceptibility effects, *Magn Reson Med*, 6, 164-174, 1988
9. Belliveau JW, Rosen BR, Kantor HL, et al.:

- Functional cerebral imaging by susceptibility – contrast NMR, *Magn Reson Med*, 14, 538–546, 1990
10. Zieler, KL.: Theoretical basis of indicator–dilution methods for measuring flow and volume, *Circ. Res.*, 10, 396–407, 1962
  11. Ostergarrd L, Weisskoff R, Chesler D, Gyldensted C, Rosen B.: High resolution cerebral blood flow using intravascular tracer bolus passage. Part I: Mathematical approach and statistical analysis, *Magn Res Med*, 36, 715–725, 1996
  12. Aronen HJ, Gazit IE, Louis DN, et al.: Cerebral volume maps of gliomas : comparison with tumor grade and histologic findings, *Radiology*, 191, 41–51, 1994
  13. Aronen HJ, Glass J, Pardo FS, et al.: Exho planar MR Cerebral blood volume mapping of gliomas. Clinical utility, *Acta Radiol*, 36, 520–528, 1995
  14. Wenz F, Rempp KA, Hess T, et al.: Effect of Radiation on blood volume in low grade astrocytoma and normal brain tissue : Quantification with dynamic susceptibility contrast MR imaging, *AJNR*, 166, 187–193, 1996
  15. Knopp EA, Cha S, Johnson G, et al. : Glial neoplasms: dynamic contrast–enhanced T2\*–weighted MR imaging. *Radiology*, 211, 791–798, 1999
  16. Maeda M, Itoh S, Kimura H, et al.: Vascularity of meningiomas and neuromas: assessment with dynamic susceptibility–contrast MR imaging, *AJR*, 163, 181–186, 1994
  17. Bagley LJ, Grossman RI, Judy KD, et al. Gliomas : correlation of magnetic susceptibility artifact with histologic grade, *Radiology*, 202, 511–516, 1997
  18. Siegal T, Rubinstein R, Tzuk–Shina T, Gomori JM. Utility of relative cerebral blood volume mapping derived from perfusion magnetic resonance imaging in the routine follow–up of brain tumors, *J Neurosurg*, 86, 22–27, 1997

• Abstract

## A Study on the Usefulness of Perfusion MRI in Grading of Gliomas

Hyun-Soo Khang · Jong-Man Kim<sup>1)</sup> · Shin-Kwan Ko · Chan-Hong Moon<sup>2)</sup> · In-Kyu Yu<sup>3)</sup> · Dong-Kyoon Han

*Dept. of Radiological Science, College of Health Science, Eulji University*

<sup>1)</sup>*Dept. of Radiology, Graduate School of Public Health, Eulji University*

<sup>2)</sup>*Dept. of Radiology, College of Medicine, University of Pittsburgh*

<sup>3)</sup>*Dept. of Radiology, College of Medicine, Eulji University*

To predict the tumor grading, various imaging modalities have been applied clinically. This study determines clinical usefulness of perfusion MRI, using relative cerebral blood volume in grading of the gliomas. We did a retrospective review of 17 patients (mean age, 57.5 years; 11 male, 6 female) who underwent perfusion MR and conventional MRI, and then correlated pathologically after operation. Statistical analysis of regional cerebral blood volume and relative cerebral blood volume(rCBV) was performed by using softwares such as PAT by SIEMENS and Xmap ver 2.0 developed by ourselves. Six patients out of 13 were low-grade gliomas while eleven patients were the high-grade gliomas. Mean relative CBV (m\_rCBV/white matter) in the low-grade gliomas was 1.62, and mean relative CBV(m\_rCBV/cortex) was 0.12. In the high-grade gliomas, mean relative CBV(m\_rCBV/white matter) and mean relative CBV(m\_rCBV/cortex) were 33.53 and 0.96. Mean relative CBV of gliomas were elevated with a statistical difference( $P < .05$ ), compared with contralateral white matter( $P = .019$ ) or cortex( $P = .025$ ). Furthermore mean relative CBV(m\_rCBV/white matter) was much higher than mean relative CBV(m\_rCBV/cortex). Perfusion MRI using regional cerebral blood volume and rCBV is very useful imaging modality for grading the glioma.

**Key Words :** Glioma, relative cerebral blood volume, perfusion MRI.