

◆ 원 저 ◆

## 뇌종양 확산강조영상에서 High B-value의 유용성 평가

김진태<sup>1</sup> · 변재후 · 박용성 · 이래곤 · 황선광

강동경희대학교병원 영상의학과

## Usefulness of the High B-value DWI in Brain Tumors

Jin-tae Kim<sup>1</sup> · Jae-Hu Byun · Yong-Seong Park · Rae-Gon Lee · Seon-Kwang Hwang

Department of Radiology, Kyung Hee University Hospital at Gangdong

### Abstract

This study attempts to examine the clinical usefulness of High b-value DWI (diffusion weighted imaging) for brain tumors with an edema. Subjects were seven patients selected from 65 patients who received an MRI scan for suspected encephalopathy and confirmed diagnosis at our hospital from February to July 2015 (male: 7, average age : 66 years old). As test equipment, 3.0T MR System (ACHIEVA Release, Philips, Best, The Netherlands) and 8Channel SENSE Head Coill were used. DWI checks on the use of the variable TR 5460ms, TE 132ms, Slice Thickness 4mm, gap 1mm, Slice number 29 is, 3D T1WI is TR 8.4ms, TE 3.9ms, matrix size 240 × 240, Slice can set 180 piecesIt was. b value of 0, 1,000, 2,000 s/mm<sup>2</sup> with DWI acquisition and 3D T1WI enhancement five minutes after the Slice Thickness 3mm, gap 0mm to reconstruct the upper face axis (MPR TRA CE) was. As for the experiment, in b-value 1,000 and 2,000 images, SNR and the lesion at the lesion site and CNR in the normal site opposite to the lesion are measured. WW(window width) and WL(window level) are made equal in MRICro software, and the volume of the lesion is measured from each of b-value and MPR TRA CE image. Using SPSS ver. 1.8.0.0 Mann Whitney-test was analyzed for SNR and CNR, while Kruskal-Wallis test was analyzed for volume.

**Key works** : Diffusion weighted imaging, High b-value, SNR, CNR

## I. 서론

확산강조영상은 경사자장 내에서 조직내의 물 분자의 확산에 따른 신호 감쇄를 영상화하는 기법이다. 확산강조영상에서는 일반적으로 사용하는 경사자장 외에 매우 강한 한 쌍의 확산강조 경사자장을 추가로 사용한다. 확산운동으로 그 위치가 이동된 양자들은 그로 인해 발생한 위상차만큼 신호가 감소하는 것이며, 분자의 미세한 열 병진 운동 (random thermal translational motion) 즉, 확산에 의한 비 결집 위상변이로 생기는 신호감소를 극대화하여 영상화 할 수 있다<sup>1,2,3</sup>.

확산강조영상은 급성 뇌 경색의 진단을 획기적으로 향상시켰고, 뇌 농양과 중심부 낭성 변이를 동반한 뇌종양의 감별<sup>4</sup>) 뿐만 아니라 지주막 낭종과 표피양낭의 감별<sup>5</sup>) 등 두개강내 낭성 종괴의 구별에 도움을 주는 영상진단으로 이용되고 있다. 확산강조영상을 검사하기 위한 파라미터는 경사자장 에코 (gradient echo) 의 일부인 에코평면영상 (EPI: echoplanerimage) 과 같은 초고속 영상을 사용한다. 한번의 Pulse 를 가해줌으로써 신속하게 데이터를 수집하고, 좋은 영상을 만들 수 있는 장점이 있어 많이 이용하고 있다<sup>6</sup>). 확산강조영상에서 사용하는 확산강조 경사자장의 세기 정도 인 b-value 는 현재까지 1,000 s/mm<sup>2</sup> 으로 널리 사용되고 있다. 확산강조영상에서 높은 b-value (1,000 s/mm<sup>2</sup> 이상)의 사용은 최근까지 MR 의 하드웨어적인 문제로 사용이 제한되었지만 현재는 기술의 발달로 에코평면영상에 강한 경사자장을 부여하는 것이 가능해짐으로써 b-value를 1,000 s/mm<sup>2</sup> 이상으로 하여 검사가 가능하게 되었다<sup>7,8,9</sup>.

최근에 정상 성인을 대상으로 1.5T MR기기를 이용하여 b-value 1,000 s/mm<sup>2</sup> 이상 (1,000-3,000) 의 확산강조영상을 얻고 뇌 회백질의 신호강도변화와 신호대 잡음 비에 대한 소견이 보고 된 바 있고<sup>10,11</sup>), 1.5 와 3.0 T MR 기기에서 급성 뇌 경색의 진단에 b-value 1,000 s/mm<sup>2</sup> 이상의 확산강조영상이 유용하다는 보고 들도 있다<sup>12,13</sup>). 그러나 저자들이 조사한 바 두개강내 종양이 있는 뇌를 대상으로 3.0 T MR 기기를 이용한 b-value 1,000 s/mm<sup>2</sup> 이상의 확산강조영상에 대한 연구보고는 없었다. 이에 본 연구에서는 부종 (edema) 이 동반된 뇌종양 환자를 대상으로 High b-value 확산강조영상 (DWI: diffusion weighted imaging) 의 임상적 유용성을 알아보려고 하였다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 영상 획득

검사 장비는 3.0 T MR System (ACHIEVA Release, Philips, Best, The Netherlands) 과 8 Channel SENSE Head Coil 을 이용하여 2015 년 2 월부터 7 월 까지 본원에서 뇌병변 의심으로 MRI 를 시행 한 65 명 중 확진 환자 7 명 (남자: 7 명, 평균나이: 66 세) 을 대상으로 대상으로 하였으며 Kaposi's sarcoma (case No. 1), Glioblastoma (case No. 5), Lymphoma (case No. 6), Meningioma (case No. 7), 각각 1 case 이며, Brain Metastasis (case No. 2, 3, 4)는 3 case 이었다. 사용된 영상 기법은 DWI 조영 증강 후 3D T1 을 이용하였다. 검사에 이용된 DWI 변수는 TR 5460 ms, TE 132 ms, Slice Thickness 4 mm, gap 1 mm, Slice 수는 29 개로 설정하였다. 3D T1WI 는 TR 8.4 ms, TE 3.9 ms, matrix size 240 × 240, Slice 수는 180 개로 설정하였다.

#### 1) DWI)

전교련과 후교련을 연장한 선에 평행한 축상으로, b-value 를 0, 1000, 2000 s/mm<sup>2</sup>으로 확산강조영상을 얻었다.

#### 2) 조영 증강 후 3D T1WI

조영 증강 후 5 분후 영상을 획득하고 절편 두께를 3 mm, 간격을 0 mm 로 DWI 와 동일하게 축상면으로 재구성한다.

획득한 영상은 Pi-View 를 이용하여 후향적으로 조사를 하였으며 첫 번째 실험은 확진 환자의 영상을 workstation 에서 b-value 1,000 과 2,000 영상을 병변 부위의 SNR 과 병변과 병변 반대쪽 정상부위의 CNR 을 PASW Statistics 18.0 을 이용하여 비모수 검정인 Mann Whitney-test 로 분석하였다. 두 번째 실험은 MRICro (Chris Rorden, Columbia, SC, USA, www.mricro.com)에서 W/W 와 W/L 을 동일하게 하여 각각의 b-value 의 영상에서 병변의 면적을 측정하여 MPR TRA CE 영상에서 병변의 면적을 PASW Statistics 18.0을 이용하여 비모수 검정의 Kruskal-Wallis test 로 분석하였다.

## 2. ROI (Region of interest) 설정

신호대잡음비의 ROI 는 뇌종양 부위가 확실한 영상에서 설정을 한다 (Figure. 1).

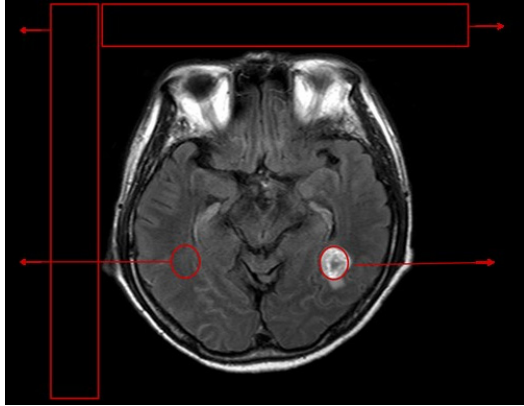
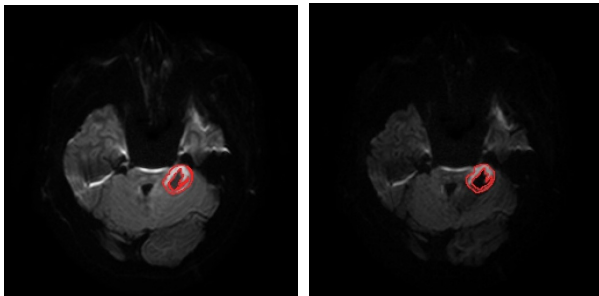


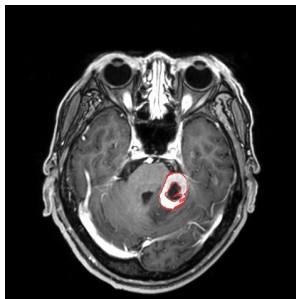
Figure 1. Region-of-interests(ROI) position of the brain tumor. Lesions ①, normal ②, background ③, ④

## 3. 면적 (Area) 설정



① B-1000

② B-2000



③ POST CE

Figure 2. Area position of the brain tumor.

## 4. 영상분석(Imaging Processing and Analyses)

### 1) 대조도(contrast-to-noise ratio; CNR)

$$CNR = (S_1 - S_2) / SD_b \quad (식-1)$$

$S_1$  및  $S_2$ : 대상이 되는 2종류의 관심영역에서 각각의 신호강도의 평균값

$SD_b$ : background의 표준편차

대조도의 변화를 살펴보기 위하여 병변 부위에 그림 1에 ①과 같이 관심영역을 설정하고 병변 반대쪽에 그림 1에 ②처럼 관심 영역을 설정하며 두 영역의 신호의 차이를 잡음의 표준편차로 나누었다. 이 산출법은 artifact의 영향이 적기 때문에 특히 임상 영상의 평가에 적합하다.

### 2) 신호대잡음비(Signal-to-noise ratio; SNR)

$$SNR = M_s / SD_b \quad (식-2)$$

$M_s$ : Phantom중의 관심영역내 신호강도의 평균치

$SD_b$ : background의 표준편차

뇌종양 부위의 신호 강도를 알아보기 위하여 그림 1과 같이 관심 영역을 설정하고 병변의 신호 강도와 정상 부위의 신호 강도를 획득하고 잡음은 영상의 상단과 좌측 부분에서 얻었다. 따라서 신호대잡음비 값은 얻어진 신호 값(Signal)을 잡음의 표준 편차 (STDnoise) 값으로 나눈 값을 이용하였다. 신호대잡음비를 이용한 경우 신호의 세기가 같으나 잡음의 표준편차에 따라서 많이 변화하는 단점이 있다.

### 3) 산술평균(arithmetic mean; $\bar{X}$ )

$$\bar{X} = \sum X_i / n \quad (식-3)$$

$\sum$ : 자료의 총합

$N$ : 표본의 자료 수

$X_i$ : 각 측정값

평균에는 산술평균, 기하평균, 조화평균이 있다. 이중 중앙집중성의 측정값으로 가장 많이 이용되는 것은 산술평균이며 보통 '평균'이라 부르는 것이 바로 산술평균이다. 측정된 자료를 모두 더하여 그 더한 개수로 나누면 된다. 장점은 주어진 자료에서 단 하나의 값만 존재하므로 유일성이 있고 간결하지만 단점은 극단적인 값에 영향을 받는다는 것이다

4) nonparametric statistical test

모집단의 형태나 모집단 모수치에 관한 가정이 필요 없는 방법으로, 모집단의 정상성에 의심이 갈 때 사용되는 통계적 검정방법이다. 분포무관방법 (distribution-free methods) 혹은 자유분포통계검정 이라고도 한다. 명명척도나 서열척도, 그리고 표본이 작은 경우 등 모수적 방법을 적용하기에 곤란한 자료를 분석하는 데 유용하다. 흔히 사용되는 세 가지 비모수통계 검정으로 순위(서열) 에 기초한 Mann-Whitney 검정과 Kruskal-Wallis 검정, 그리고 기호검정법 등이 있다.

782.03±197.02, b-value 2000 이 488.77±171.77 로 b-value 2000 보다 1000 이 1.6배 높게 나타났다 (Table 1). b-value 1000 과 2000 의 값이 정규성을 만족하지 못하여 Mann Whitney-test 를 하였다. 그 결과 P-Value 가 0.018 로 b-value 1000 과 2000 의 SNR 에 유의한 차이가 있었다. (p>0.050) (Table 2). SNR 의 차이는 case No. 3 번으로 b-value 1000 이 692.89, 2000 이 358.82로 1.8 배로 가장 높았으며 그 다음으로 case No. 5 번으로 b-value 1000 이 686.64, 2000 이 366.97 로 나타났으며, 가장 낮은 것은 case No. 1 번과 4 번으로 1.4 배가 나왔다.

III. 결과

분석에 이용한 7case의 진단명은 Kaposi's sarcoma (case No. 1), Glioblastoma (case No. 5), Lymphoma (case No. 6), Meningioma (case No. 7), 각각 1 case 이며, Brain Metastasis (case No. 2, 3, 4)는 3 case 이다. b-value 1000 과 2000 에서 CNR 및 SNR 을 각각 비교하고 조영제를 사용한 영상에서 조영 증강이 된 면적과 b-value 1000 과 2000 에서 종양의 면적의 차이를 비교한다.

1. SNR 관찰

뇌 병변의 SNR은 평균 b-value 1000 이

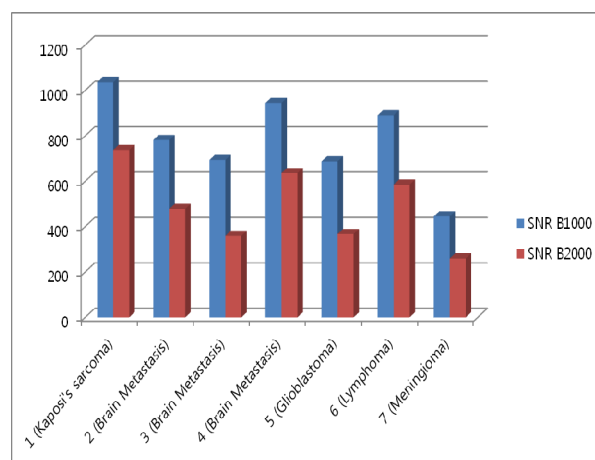


Fig 1. SNR comparison graphy of brain tumor

Table 1. SNR of patients with brain tumor.

	SNR					
	b-value 1000			b-value 2000		
	병변평균	BG SD	병변 SNR	병변평균	BG SD	병변 SNR
1	455.46	0.44	<b>1035.14</b>	331.94	0.45	<b>737.64</b>
2	249.91	0.32	<b>780.97</b>	152.79	0.32	<b>477.47</b>
3	318.73	0.46	<b>692.89</b>	161.47	0.45	<b>358.82</b>
4	547.73	0.58	<b>944.36</b>	368.54	0.58	<b>635.41</b>
5	247.19	0.36	<b>686.64</b>	135.78	0.37	<b>366.97</b>
6	702.81	0.79	<b>889.63</b>	456.5	0.78	<b>585.26</b>
7	297.87	0.67	<b>444.58</b>	171.48	0.66	<b>259.82</b>
<b>Mean</b>	402.81	0.52	<b>782.03</b>	254.07	0.52	<b>488.77</b>
<b>SD</b>	172.94	0.17	<b>197.02</b>	128.96	0.16	<b>171.77</b>

\* Case No. 1(Kaposi's sarcoma), Case No. 2, 3, 4(Brain Metastasis), Case No. 5(Glioblastoma), Case No. 6(Lymphoma), Case No. 7(Meningioma)

Table 2. P-value of SNR in brain tumor patients

SNR		
	b-value 1000	b-value 2000
Mean	782.03	488.77
SD	197.02	171.77
P-Value	0.018	

## 2. CNR 관찰

뇌 병변의 CNR 평균값은 b-value 1000 이  $471.99 \pm 168.25$ , 2000 이  $275.12 \pm 155.53$  으로 b-value 1000 이 2000 보다 1.7 배 높게 나타났으며 (Table 3), b-value 1000 과 2000 의 값이 정규성을 만족하지 못하여 Mann Whitney-test 를 하였다. 그 결과 P-Value가 0.064 로 b-value 1000 과 2000 의 CNR 에 유의미한 차이가 없었다. ( $p > 0.050$ ) (Table 4). CNR 의 비가 가장 크게 나타난 것은 case No. 5 번으로 b-value 1000 이 349.22, 2000 이 106.32 로 약 3.2 배의 차이가 났고 가장 낮은 것은 case No. 1 번은 b-value 1000 이 603.00, 2000 이 487.29 로 1.2 배의 차이를 보이며, 다음으로 낮은 것은 case No. 3 번도 1.3 배를 나타냈다. 나머지 case 에서는 1.7 배에서 2.5 배의 차이를 보이며 CNR 이 대체적으로 높게 나왔다.

Table 3. CNR of patients with brain tumor.

	CNR							
	b-value 1000				b-value 2000			
	정상	병변	BG SD	CNR	정상	병변	BG SD	CNR
1	190.14	455.46	0.44	<b>603.00</b>	112.66	331.94	0.45	<b>487.29</b>
2	116.56	249.91	0.32	<b>416.72</b>	83.46	152.79	0.32	<b>216.66</b>
3	105.16	318.73	0.46	<b>464.28</b>	78.32	161.47	0.45	<b>184.78</b>
4	231.49	547.73	0.58	<b>545.24</b>	140.9	368.54	0.58	<b>392.48</b>
5	121.47	247.19	0.36	<b>349.22</b>	96.44	135.78	0.37	<b>106.32</b>
6	136.64	702.81	0.79	<b>716.67</b>	128.01	456.52	0.78	<b>421.17</b>
7	157.96	297.87	0.67	<b>208.82</b>	94.15	171.48	0.66	<b>117.17</b>
<b>Mean</b>	151.35	402.81	0.52	<b>471.99</b>	104.85	254.07	0.52	<b>275.12</b>
<b>SD</b>	45.50	172.94	0.17	<b>168.25</b>	23.25	128.97	0.16	<b>155.53</b>

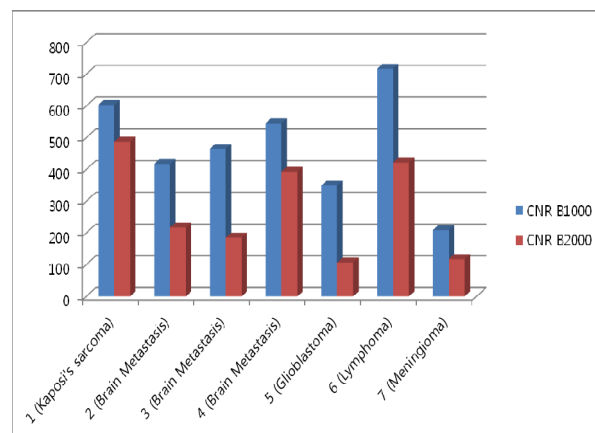


Fig 2. CNR comparison graphy of brain tumor

Table 4. P-value of CNR in brain tumor patients

CNR		
	b-value 1000	b-value 2000
Mean	471.99	275.12
SD	168.25	155.53
P-Value	0.064	

### 3. 증양 면적 관찰

뇌 병변 환자의 Case 별 증양 면적의 평균값은 b-value 1000 이  $474.26 \pm 59.75$ , 2000 이  $391.83 \pm 56.39$ , POST CE (기준) 는  $372.92 \pm 56.14$  로 (Table 5) 나왔으며 조영 증강 한 영상을 대상으로 % reduction 하였을 때 b-value 1000 은  $-27.99 \pm 10.15$  %, 2000 은  $-5.22 \pm 2.68$  % 로 b-value 1000 보다 2000 이 조영 증강 된 영상과 면적이 5.33 배 더 유사한 면적을 나타냈다. b-value 1000 과, 2000, Post CE 영상의 값이 각각 정규성을 만족하지 않아 독립된 세 군 이상의 크기를 비교하는 비모수적인 방법인 Kruskal-Wallis test 를 실시하였다. 분석 결과 면적은 P-value 가 0.012 (Table 6) 이고 % reduction 은  $P < 0.001$  (Table 7) 로 b-value 1000 보다 2000 이 조영 증강 된 영상과 더 유사한 면적으로 나타났다.

Table 6. P-value of Area in brain tumor patients.

	면적 (mm <sup>2</sup> )		
	POST CE	B1000	B2000
Mean	372.92	474.26	391.83
SD	56.14	59.75	56.39
Average rank	16.57	9.14	7.29
P-Value	0.012		

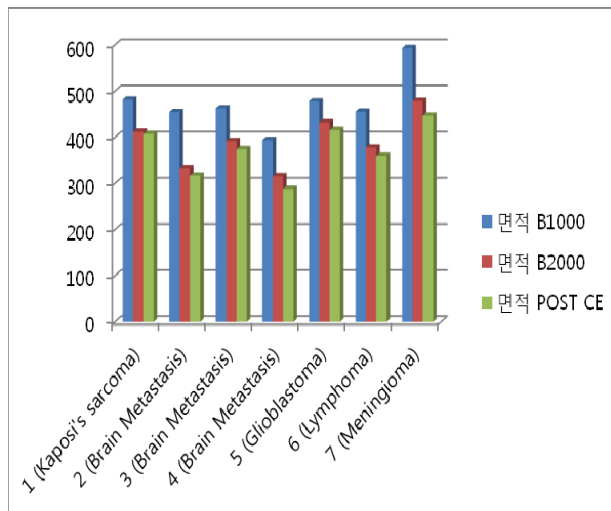


Fig 3. Area comparison graphy of brain tumor

Table 7. % Reduction P-value of Area in brain tumor patients.

	% REDUCTION		
	POST CE	b-value 1000	b-value 2000
Mean	0.00	-27.99	-5.22
SD	0.00	10.15	2.68
P-Value	P<0.001		

Table 5. Area of patients with brain tumor.

	Area					
	면적 (mm <sup>2</sup> )			% REDUCTION		
	b-1000	b-2000	POST CE	b-1000	b-2000	POST CE
1	481.75	412.29	407.52	-18.22	-1.17	0.00
2	454.56	332.28	317.47	-43.18	-4.67	0.00
3	462.79	392.32	374.24	-23.66	-4.83	0.00
4	394.22	316.57	288.39	-36.70	-9.77	0.00
5	477.93	432.54	416.13	-14.85	-3.94	0.00
6	455.62	377.83	359.91	-26.59	-4.98	0.00
7	592.92	478.99	446.77	-32.71	-7.21	0.00
Mean	474.26	391.83	372.92	-27.99	-5.22	0.00
SD	59.75	56.39	56.14	10.15	2.68	0.00

\* Case No. 1(Kaposi's sarcoma), Case No. 2, 3, 4(Brain Metastasis), Case No. 5(Glioblastoma), Case No. 6(Lymphoma), Case No. 7(Meningioma)

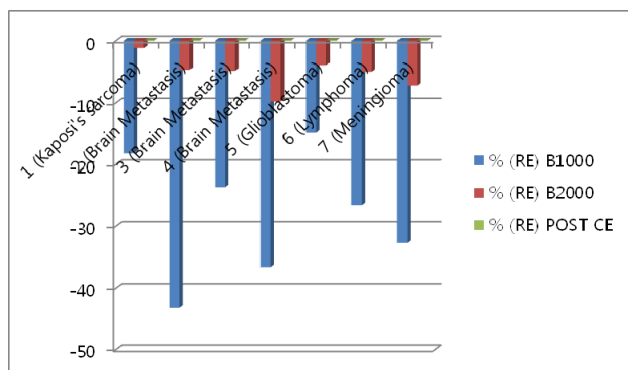


Fig 4. % REDUCTION comparison graphy of brain tumor

#### IV. 고찰

DWI 는 주어진 자기경사내에서 조직내의 물 분자의 확산에 따른 신호 감쇄를 영상화하는 기법으로 조직내의 물 분자의 확산 운동이 크면 영상신호의 감쇄가 크게 일어나 DWI 에서 상대적으로 저 신호강도를 보이고, 확산운동이 적으면 주변 보다 상대적으로 고 신호강도를 보인다.

[DeLano MC 등]<sup>14)</sup>은 확산강조영상에서 신호강도는 조직 내에서 물 분자의 확산 정도를 나타내는 현성확산계수와 T2 성분의 조합에 의해 결정된다. b-value 를 0 s/mm<sup>2</sup>로 하였을 때는 T2 강조영상을 나타내고 b-value 를 차츰 높여 주게 되면 T2 영향을 감소시키고 b-value 를 1,000 s/mm<sup>2</sup>주어 검사하였을 때에도 뇌척수액 등에 고 신호강도를 보이는데 이는 T2 영향이 남아 있기 때문이라고 하였다. 그리고 이러한 T2 영향을 감소하기 위해서 b-value 를 증가하여 검사하거나 물의 신호를 억제하여 영상을 얻는 기법을 사용하여 검사를 하게 되면 확산이 더욱 강조된 영상을 얻을 수가 있다. 뇌종양에 있어서 DWI 는 양성 병변과 고형 병변을 감별해 내는데 많은 도움을 주지만 현재 임상에서 사용하는 b-Value 1000 이하의 값은 종양과 부종과의 경계선이 명확히 구별되지 않고 있다. 본 실험에서는 뇌종양 환자를 대상으로 b-Value 1000 과 2000, POST CE 영상에서 어떻게 나타나는지 살펴보았다. 실제 환자를 대상으로 한 결과로 임상에 적용할 때 유용할 것으로 생각한다. 아래에는 각각의 실험에 대한 실험 결과의 고찰을 설명하였다.

#### 1) SNR 관찰

뇌 병변의 SNR 의 평균은 b-Value 1000 이 2000 보다 1.6 배 높게 나타났다. b-Value 1000 과 2000 의 값이 정규성을 만족하지 못하여 Mann Whitney-test 를 하였다. 그 결과 P-Value 가 0.018 로 b-Value 1000 과 2000 의 SNR 에 유의한 차이가 있었다. (p>0.050). 이는 1000 이상의 b-value 확산강조 영상에서 b-value 를 증가시키에 따라 뇌 회백질과 백질 모두 신호 대 잡음비가 많이 나타나며<sup>15)</sup> 본 연구 결과에서도 b-value 를 증가시키에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 있는 신호의 감소를 확인할 수 있었다.

SNR 의 차이는 case No. 3 번 (Brain Metastasis) 으로 b-Value 1000 이 692.89, b 2000 이 358.82 로 1.8배로 가장 높았으며 그 다음으로 case No. 5 번 (Glioblastoma) 으로 b-Value 1000 이 686.64, 2000 이 366.97 로 나타났으며, 가장 낮은 것은 case No. 1 번 (Kaposi's sarcoma)과 4 번 (Brain Metastasis) 으로 1.4 배가 나왔다. 이는 CNR 평가와 마찬가지로 종양의 병기 및 형태, 병리학적 분류가 확산의 정도에 영향이 신호감소에 영향을 준 것으로 사료된다.

#### 2) CNR관찰

뇌 병변의 CNR 평균값은 b-Value 1000 이 2000 보다 1.7 배 높게 나타났으며, b-Value 1000 과 2000 의 값이 정규성을 만족하지 못하여 Mann Whitney-test 를 하였다. 그 결과 P-Value 가 0.064 로 b-Value 1000 과 2000 의 CNR 에 유의한 차이가 없었다. (p>0.050). 이는 b-value 가 클수록 확산이 강조된 영상을 얻을 수 있다. 즉, 조직의 확산계수가 클수록, 또 사용하는 경사계수가 클수록 확산에 의한 신호감소는 크게 나타나며<sup>10-14)</sup> 본 연구결과에서 b-value 를 증가시키에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없었지만 신호의 감소를 확인할 수 있었다.

CNR 의 비가 가장 크게 나타난 것은 case No. 5 번으로 b-Value 1000 이 349.22, 2000 이 106.32 로 약 3.2 배의 차이가 났고 이는 Glioblastoma 로 뇌조직에 풍부하게 존재하고 있는 신경교세포에서 시작하는 악성종양으로 전체 뇌종양의 12 ~ 15% 를 차지한다. CNR 의 비가 가장 낮은 case No. 1 번은 b-Value 1000 이 603.00, 2000 이 487.29 로 1.2 배의 차이를 보이고 이는 Kaposi's sarcoma 으로 혈관벽에 나타나

는 악성 종양을 말하며 매우 드문 질환으로 에이즈 환자나 장기이식 환자와 같이 면역력이 떨어진 사람에게서 발견된다. 다음으로 낮은 case No. 3 번은 Brain Metastasis 로 1.3 배를 나타냈다. 나머지 case 는 Case No. 2, 4 (Brain Metastasis) , Case No. 6 (Lymphoma), Case No. 7 (Meningioma) 에서 1.7 배에서 2.5 배의 차이를 보이며 CNR 이 대체적으로 높게 나왔다. 이는 종양의 병기 및 형태, 병리학적 분류가 확산의 정도에 영향이 신호감소에 영향을 준 것으로 사료된다.

### 3) 면적 관찰

[DeLano MC 등]<sup>10)</sup>은 확산강조영상에서 신호강도는 조직 내에서 물 분자의 확산 정도를 나타내는 현성확산 계수와 T2 성분의 조합에 의해 결정된다. b-value 를 0 s/mm<sup>2</sup>로 하였을 때는 T2 강조영상을 나타내고 b-value 를 차츰 높여 주게 되면 T2 영향을 감소시키고 b-value 를 1,000 s/mm<sup>2</sup>주어 검사하였을 때에도 뇌척수액 등에 고 신호강도를 보이는데 이는 T2 영향이 남아 있기 때문이라고 하였다. 그리고 이러한 T2 영향을 감소하기 위해서 b-value를 증가하여 검사하거나 물의 신호를 억제하여 영상을 얻는 기법을 사용하여 검사를 하게 되면 확산이 더욱 강조된 영상을 얻을 수가 있다. 본 연구에서는 b-value 를 증가하여 실험한 결과 Case 별 종양 면적은 b-Value 1000 보다 2000 이 조영 증강 된 영상과 면적이 5.33 배 더 유사한 면적을 나타냈다. b-Value 1000 과, 2000, Post CE 영상의 값이 각각 정규성을 만족하지 않아 독립된 세 군 이상의 크기를 비교하는 비모수적인 방법인 Kruskal-Wallis test 를 실시하여 분석한 결과 면적은 P value 가 0.012 이고 % reduction 은 P<0.001 로 b-Value 1000 보다 2000 이 조영 증강 된 영상과 더 유사한 면적을 나타냈다.

본 연구의 한계점은 대상자의 수가 적어서 종양의 병기 및 병리, 형태학적 분류가 확산 정도에 따라 영향을 미치고 있으나 본 연구에서는 이러한 인자에 대해서는 고려하지 않았다는 점이며 추후 좀 더 대상자를 늘려 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결론

이번 실험을 통해 b-Value 2000 은 1000 에 비해 T2 영향이 감소되는 것을 확인 할 수 있었으며 b-value 가 클수록 확산이 강조된 영상을 얻을 수 있고 확산에 의한 신호감소가 나타났다. 뇌 종양(전이) 병변의 명확도가 b-Value 1000 보다 2000 이 분명해져 종양과 주위 부종과의 범위를 파악하는데 도움이 되며 고자장에서 많이 사용되는 조영 증강 후 검사인 3D T1 과 병용하여 사용한다면 진단에 추가적인 정보를 제공할 수 있어 유용할 것으로 사료 된다.

## 참고문헌

1. 진료영상학회, 대한자기공명기술학회 편저: 자기공명영상학, 도서출판 대학서림, 23, 252-255, 2003
2. H.J. Kim, C.G. Choi, D.H. Lee, J.H. Lee, S.J. Kim, and D.C. Suh, : High-b-Value Diffusion-Weighted MR Imaging of Hyperacute Ischemic Stroke at 1.5T. AJNR Am. J. Neuroradiol. February 1, 26(2), 208-215, 2005
3. Van Everdingen K J, Van der Grond J, Kappelle L J, et al : Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in acute stroke, Stroke, 29, 1783-1790, 1998
4. Ebis T, Tnaka C, Umeda M, et al. Discrimination of brain abscess from necrotic or cystic tumors by diffusion-weighted echo planar imaging. Magn Reson Imaging 1996;14:1113-1116
5. Tsuruda JSM Chew WM, Moseley ME, Norman D. Diffusion-weighted MR imaging of the brain: value of differentiating between extraaxial cysts and epidermoid tumors. AJNR Am J Neuroradiol 1990;11:925-931
6. Ph.D Thesis by Sverre Rosenbaum, Faculty of Medicine, University of Copenhagen, Denmark and Danish Research Center of Magnetic Resonance, Hvidovre Hospital : Evaluation of human stroke by MR imaging. 22, 1320-1330, 2000
7. H.J. Kim, C.G. Choi, D.H. Lee, J.H. Lee, S.J.



- Kim, and D.C. Suh, : High-b-Value Diffusion-Weighted MR Imaging of Hyperacute Ischemic Stroke at 1.5T. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* February 1, 26(2), 208-215, 2005
8. Ph.D Thesis by Sverre Rosenbaum, Faculty of Medicine, University of Copenhagen, Denmark and Danish Research Center of Magnetic Resonance, Hvidovre Hospital : Evaluation of human stroke by MR imaging. 22, 1320-1330, 2000
  9. Admas JG, Melhem ER, : Clinical usefulness of T2-weighted fluid-attenuated inversion recovery MR imaging of the CNS. *AJR Am J Roentgenol*, 1172, 529-536, 1999
  10. DeLano MC, Cooper TG, Siebert JE, Potchen MJ, Kuppusamy K. High-b-value diffusion-weighted MR imaging of adult brain: image contrast and apparent diffusion coefficient map features. *AJNR Am J Neuroradiol* 2000;21:1830-1836
  11. Burdette JH, Durden DD, Elster AD, Yen YF. High b-value diffusion-weighted MRI of normal brain. *J Comput Assist Tomogr* 2001;25:515-519
  12. Meyer JR, Gutierrez A, Mock B, et al. High-b-value diffusionweighted MR imaging of suspected brain infarction. *AJNR Am J Neuroradiol* 2000;21:1821-1829
  13. Pereira RS, Harris AD, Sevick RJ, Frayne R. Effect of b value on contrast during diffusion-weighted magnetic resonance imaging assessment of acute ischemic stroke. *J Magn Reson Imaging* 2002;15(5):591-596
  14. DeLano MC, Cooper TG, Siebert JE, Pochan MJ, Kuppusamy K. : High b-value Diffusion-Weighted MR Imaging of adult Brain; image contrast and apparent diffusion coefficient map features. *AJNR Am J Neuroradiol*, 21, 1830-1836, 2000
  15. Signal Intensity Changes of Normal Brain at Varying High b-Value Diffusion-Weighted Images Using 3.0T MR Scanner1 Jin Hee Lee, M.D. 2, Chul Ho Sohn, M.D., Jin Soo Choi, M.D.