

뇌의 확산강조 영상에서 b-value의 변화에 따른 신호강도, 현성확산계수에  
 관한 비교 분석 : 확산강조 에코평면영상( $T_2^*$  및 FLAIR)기법 중심으로  
 — Comparative Analysis of Signal Intensity and Apparent Diffusion Coefficient at  
 Varying b-values in the Brain : Diffusion Weighted-Echo Planar Image  
 ( $T_2^*$  and FLAIR) Sequence —

첨단종합병원 영상의학과 · 남부대학교 디지털경영정보학과<sup>1)</sup>

오종갑 · 임중열<sup>1)</sup>

— 국문초록 —

확산강조영상 (diffusion weighted image, DWI)은 급성 뇌경색, 뇌종양, 뇌백질 질환, 뇌 막질의 확산 정도 등 여러 뇌질환의 진단을 획기적으로 향상시켰으며 그 활용도가 증가하고 있다.

본 연구는 10~60대 환자들의 뇌를 대상으로 두 기법간의 신호강도, 현성확산계수의 평균치를 측정하였다. 그 결과, 확산강조영상에서의 신호강도 평균값은 편도체부 (amygdala)가 가장 높고, 뇌척수액(cerebrospinal fluid)에서 가장 낮았다. 현성확산계수의 평균값은 뇌척수액이 높고, 교뇌 (pons)가 낮게 측정되었다. 확산강조 신호강도와 현성확산계수의 평균값은  $T_2^*$ -DW-EPI 기법이 FLAIR-DW-EPI 기법보다 높고, b-value의 변화에 따른 평균값은 두 기법의 b-value에 모두 반비례하였다.

또한 뇌경색환자의 뇌의 시간 경과에 따른 분석결과, 초급성뇌경색 환자의 일반적인 MR 영상에서는 병변 부분이 명확하지 않았으나 확산강조영상에서는 고신호강도로 나타났다. 출혈성 뇌경색, 급성 뇌경색 등 여러 질환별로 분석한 결과 그 두 기법의 특성에 따라 신호강도의 값이 차이가 클수록 현성확산계수는 낮게 나타났다.

결론적으로 뇌 질환이 자주 발생하는 부위와 뇌 질환의 확산강조 신호강도 및 현성확산계수 값은 b-value의 변화와 영상기법에 따라 각각 다르게 나타났다. 이러한 정량적인 결과를 바탕으로 보다 안정적인 기법과 적절한 b-value 값을 이용하여 검사를 한다면 여러 뇌의 질환 및 병변 등을 발견, 판독하는 것뿐만 아니라 정상부위나 질환에 따른 기법별 신호의 인지를 통한 정확한 질병 진단과 치료에 중요한 의미가 있다고 사료된다.

**중심 단어:** 확산강조영상, 신호강도, 현성확산계수

\*접수일(2009년 7월 31일), 1차심사(2009년 8월 7일), 2차심사(2009년 8월 27일),  
 확정일(2009년 9월 7일)

책임저자 : 오종갑 (506-303) 광주광역시 광산구 쌍암동 665-1  
 첨단종합병원 영상의학과  
 TEL : 062-601-8600  
 E-mail : mrscjk@naver.com

## I. 서 론

브라운 운동(Brownian motion)은 기체, 액체, 고체 등 모든 분자의 내부 에너지에 의한 끊임없는 운동 즉, 병진(translational), 진동(vibrational), 회전(rotational) 운동(motion)등을 말하며, 그러한 운동에 의해 충돌(collission), 반동(rebound), 전향(change in direction)에 의한 확산이 일어나게 된다<sup>1)</sup>.

확산강조영상(diffusion weighted image, DWI)에서 신호생성의 근원이 되는 확산운동은 물리적으로 액체 상태의 분자가 매우 불규칙한 운동(microscopic random translating motion, Brownian motion)을 하는 것으로 분자가 위치한 물리학적 환경 즉, 분자구조, 점도, 온도 등에 따라 그 정도가 다르게 나타나며 액체조직이거나 점도가 낮거나 온도가 높을수록 잘 일어난다<sup>2-4)</sup>.

생체내의 확산은 세포막, 거대 단백질 분자, 신경섬유 등에 의해 자유롭지 못한 제한적인 확산이 일어나게 된다. 확산강조 자기공명영상은 조직 내 물 분자의 확산운동에 의한 신호 감소를 영상화 하는 방법으로 병변에 의해 변화된 인체 내 조직의 특성을 비침습적으로 정량적인 값을 얻을 수 있고 영상화 할 수 있다<sup>2,5,6)</sup>. 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 비결집 위상변이로 생기는 신호감소를 극대화하여 영상화 할 수 있다<sup>5,7,8)</sup>.

급성 뇌경색에서 확산이 감소하는 기전은 확실하게 밝혀지지 않았으나 세포독성부종(cytotoxic edema)으로 인하여 세포 내부공간이 늘어나고 세포 외부 공간이 감소하여 물 분자의 확산이 어렵기 때문이다<sup>5,7)</sup>. 확산강조영상은 조직 내 물 분자의 확산현상을 영상화하는 기법으로<sup>9)</sup>, 초급성경색은 확산강조영상에서 주위 정상조직에 비하여 상대적으로 고신호로 나타나기 때문에 허혈 발생 수분 이내 국소성 뇌 손상까지도 영상화 할 수 있다. 이러한 초급성 뇌경색의 진단에 대한 확산강조영상의 유용성은 이미 여러 연구를 통해 보고되었다<sup>2-5,10,11)</sup>.

확산강조영상을 검사하기 위한 파라미터는 경사자장에 코(gradient echo)의 일부인 에코평면영상(EPI: echo-planer image)과 같은 초고속 영상을 사용한다. 한번의 Pulse를 가해줌으로써 신속하게 데이터를 수집하고, 좋은 영상을 만들 수 있는 장점이 있어 많이 이용하고 있다<sup>12)</sup>.

확산강조영상을 얻기 위해 에코평면영상에 강한 경사자장을 부여하는 것이 가능해짐으로써 b-value를 1,000 s/mm<sup>2</sup> 이상으로 하여 검사가 가능하게 되었다<sup>6,12,13)</sup>. 확산강조영상의 검사 기법으로는 single shot spin echo Echo Planar Image 방법에 확산경사자장(diffusion gradient)을 주어 b-value 0 s/mm<sup>2</sup>로 한 T<sub>2</sub>강조영상과 b-value > 0 s/mm<sup>2</sup>로 한 확산강조영상을 영상을 동시에 얻게 되는 기법(dual spin echo)을 많이 사용하여 진단을 하고 있다. 그리고 최근 새로운 검사기법으로 스핀에코(spin echo) 대신 반전회복(inversion recovery) 파라미터에 확산경사자장을 주어 액체감쇠반전회복(FLAIR: fluid attenuated inversion recovery)영상과 b-value>0 s/mm<sup>2</sup>로 한 확산강조영상을 영상을 동시에 얻는 기법을 이용하여 질병을 진단하는 방법이 적용되고 있다. T<sub>2</sub>강조영상에서는 뇌척수액(CSF: cerebrospinal fluid)이나 질병 등이 고 신호강도로 나타나고, FLAIR영상에서는 뇌척수액이 저 신호강도로 나타나는 특성에 의해 서로 다른 신호강도(SI: signal intensity)로 나타나기 때문에<sup>12,14,15)</sup> 확산이 자유롭고 제한적인 경우에 따른 두 기법에 대한 임상적 유용성에 대해서도 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 뇌 부위별 및 뇌 질환을 b-value의 변화에 따른 신호강도 및 현성확산계수(ADC: apparent diffusion coefficient)를 측정하여 부위별 두 기법 간의 신호차이와 확산의 정도를 비교 연구하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

광주광역시 소재 C종합병원에 내원하여 신경과 및 신경외과를 진료하고 이상 증상이 있는 질병의심 환자들 중 MRI검사 이상 소견자 40명(남자 23명, 여자 17명)을 대상으로 실험하였으며, 이상증상이나 이상소견이 없는 지원자 10명(남자 5명, 여자 5명)을 대상으로 2008년 6월부터 2009년 1월까지 실험하였다.

### 2. 연구방법

검사방법으로는 1.5 Tesla 초전도 자기공명영상장치(signa 9H/i, GE medical system)와 Standard Head coil을 이용하여 검사하였다.

확산강조 자기공명영상 검사방법으로는 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI

와 FLAIR-DW-EPI기법을 사용하였으며, 이상소견이 없는 지원자는 뇌 부위별로 확산의 차이가 있을 것이라는 가정 하에 b-value를 1,000 s/mm<sup>2</sup>, 1,500 s/mm<sup>2</sup>, 2,000 s/mm<sup>2</sup>로 구분하여 각각 영상을 얻었으며, 뇌졸중(stroke) 및 뇌 질환 호발 부위를 중점으로 후처리(post processing)를 통해 신호강도 및 현성확산계수를 측정하여 부위별 두 기법 간의 신호차이와 b-value의 변화에 따른 확산의 정도를 비교하였다. 질병의심환자는 Routine Diffusion Brain MRI검사만 시행하였기에 b-value를 1,000 s/mm<sup>2</sup>로 하여 영상을 얻었으며 질환별로 확산의 정도를 비교하였다

확산강조영상의 검사데이터는 영상처리 전용 워크스테이션(advantage workstation AW 4.2: GE)에 전송하여 검사한 데이터를 정량적 분석이 가능한 소프트웨어 Functool 2 기능을 이용하여 전처리 과정으로 문턱값(threshold: 60-1739)을 지정하고, b-value를 변환한 값과 동일하게 지정한 뒤 영상왜곡을 보정한 후 후처리(post processing) 과정을 통해 신호강도 및 현성확산계수치를 얻었다.

실험을 하기위한 검사실의 환경은 평균 실내온도 20℃, 습도 50~60%에서 시행하였다.

확산강조자기공명 영상을 얻기 위한 검사기법 간의 매개변수는 Table 1과 같다. T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI와 FLAIR-DW-EPI는 같은 횡단축과 같은 검사시야를 이용하여 영상을 비교하였다. 검사조건으로는 절편두께(slice thickness) 4 mm, 간격(spacing) 1.5 mm, 검사시야(field of view) 26 cm, 여기횟수(NEX) 1회, 격자크기(matrix size) 160×128, 영상수(slice) 10~19개로 각각 검사하였다. 영상의 획득시간은 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI에서는 Repetition Time(TR) 10,000 msec, Echo Time(TE) 155,7 msec, 검사시간 40 sec로 하였고, FLAIR-DW-EPI기법은 Repetition Time(TR) 10,000 msec, Echo Time(TE) 134,9 msec, Inversion Time(TI) 2200 msec, 검사시간 40~90 sec이었다. 뇌의 검사부위는 자화감수성 인공물(magnetic susceptibility artifact)을 줄이기 위해 미간이공선(glabello meatal line)에 평행하게 하여 기저부(skull base)에서 두정부(vertex) 검사하였고, 해마(hippocampus)는 해마체(hippocampus body)에 평행하게 검사하여 영상을 얻었다.

측정치의 정확성을 위하여 특수의료장비의 설치 운영에 관한 규칙 제5조에 의거하여 대한의료영상품질관리원으로부터 적합 판정을 받은 장비를 이용하였으며 주기적인 정도관리를 시행하였다.

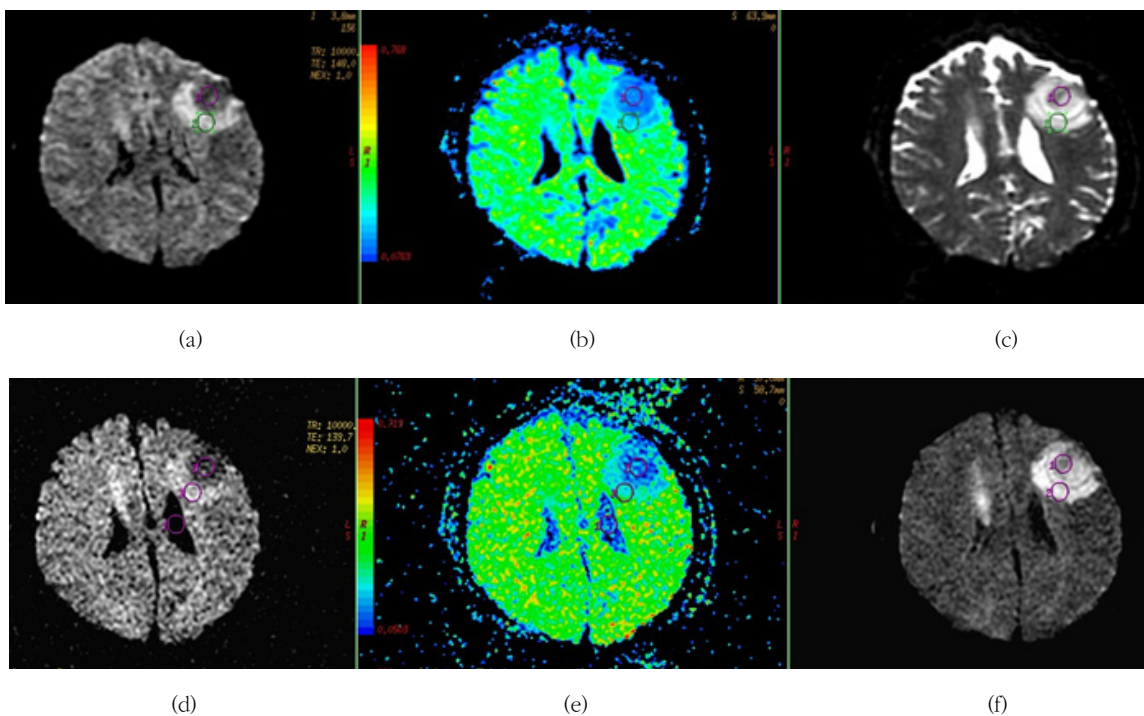
### 3. 분석방법

분석방법으로는 Table 1의 매개변수로 자기공명검사장치에서 얻은 영상의 데이터를 동일 회사의 영상처리 전용 워크스테이션에 전송하여 소프트웨어 Functool 2 기능을 이용 Post processing하였다. Processing하여 얻은 3개의 영상(image)중 b-value값을 0으로 한 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>, FLAIR영상 Fig. 1(c)은 참고영상으로 활용하였으며 나머지 확산강조영상 Fig. 1(a), (d) 현성확산계수영상(ADC) Fig. 1(b), (e)에서 해부학적으로 같은 위치와 질병부분의 중앙부에 관심영역(ROI)을 100~103 mm<sup>2</sup>로 지정하여 신호강도, 현성확산계수의 값을 구하였다. 이상소견이 없는 지원자는 뇌졸중 및 뇌질환 호발부위인 해마, 편도체부, 교뇌, 시상하부, 창백핵을 선택하여 측정 하였으며, 이상소견자는 질병의 발생부위 중앙을 선택하여 각각 데이터를 얻어 비교 분석하였다. 또한, b-value의 변화에 따른 신호강도를 알기위하여 주변부를 측정하였고, 액체분자의 확산정도과 두 기법 간의 특성에 따른 차이를 알기위해 뇌척수액(CSF: cerebrospinal fluid)을 포함하여 측정하였다.

Table 1. Sequence of the imaging parameters

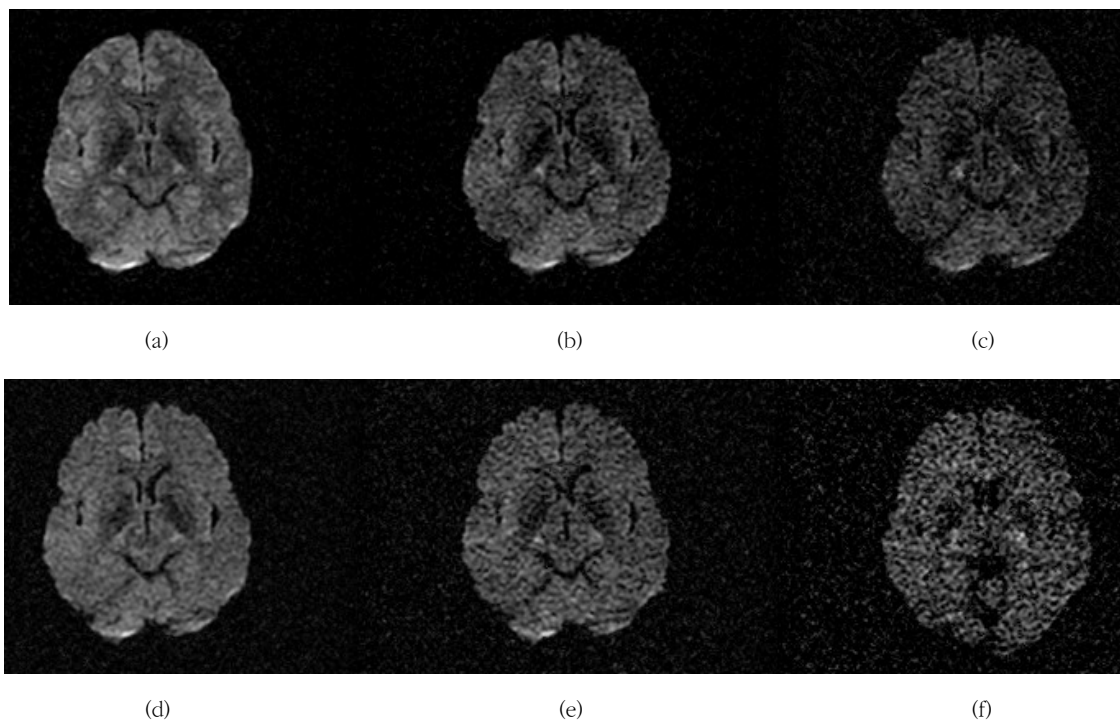
Parameter	T <sub>2</sub> <sup>*</sup> -DW-EPI	FLAIR-DW-EPI
Echo Time(ms)	155.7	134.9
Repetition Time(ms)	10,000	10,000
Inversion Time(ms)		220
Frequency	160	160
Phase	128	128
Number of Excitation	1	1
Phase Field of View(cm)	0.90	0.90
Field of View(cm)	26	26
Slice Thickness(mm)	4.0	4.0
Slice	10-19	10-19
Spacing(mm)	1.5	1.5
b-value(s/mm <sup>2</sup> )	1,000, 1,500, 2,000	1,000, 1,500, 2,000
Time (sec)	40	45-90

분석은 우리 인간의 뇌(brain)를 확산강조 자기공명영상 검사방법인 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI와 FLAIR-DW-EPI기법을 이용하여 확산강조 상수인 b-value를 1,000 s/mm<sup>2</sup>, 1,500 s/mm<sup>2</sup>, 2,000 s/mm<sup>2</sup>로 변환하면서 각각 검사하여 영상을 얻었고(Fig. 2), 정량적 분석을 위해 영상을 AW로 Post processing하여 부위 별, 질환 별 데이터를 얻었으며, 두 기법 간의 b-value의 변화에 따른 신호강도,



**Figure 1.**  $T_2^*$ , FLAIR-DW-EPI magnetic resonance images of the functool 2 at advantage workstation.

- |   |  |
|---|--|
| (a) $T_2^*$ -DW-EPI of b-value $1,000 \text{ s/mm}^2$ | (d) FLAIR-DW-EPI of b-value $1,000 \text{ s/mm}^2$ |
| (b) Apparent diffusion coefficient of color image     | (e) Apparent diffusion coefficient of color image  |
| (c) $T_2^*$ -DW-EPI of b-value $0 \text{ s/mm}^2$     | (f) FLAIR-DW-EPI of b-value $0 \text{ s/mm}^2$     |



**Figure 2.** Varying b-value diffusion weighted images  $T_2^*$ -DW-EPI and FLAIR-DW-EPI using signal intensity.

- |   |  |
|---|--|
| (a) $T_2^*$ -DW-EPI of b-value $1,000 \text{ s/mm}^2$ | (d) FLAIR-DW-EPI of b-value $1,000 \text{ s/mm}^2$ |
| (b) $T_2^*$ -DW-EPI of b-value $1,500 \text{ s/mm}^2$ | (e) FLAIR-DW-EPI of b-value $1,500 \text{ s/mm}^2$ |
| (c) $T_2^*$ -DW-EPI of b-value $2,000 \text{ s/mm}^2$ | (f) FLAIR-DW-EPI of b-value $2,000 \text{ s/mm}^2$ |

현성확산계수의 차이가 있는지를 비교분석하였으며 그 측정치와의 상관관계를 분석하였다.

위와 같은 방식으로 측정된 통계학적 결과의 유의성 판정에는 p값이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의하다고 하였으며 통계 Package는 MINITAB 14를 이용하였다.

### III. 결 과

#### 1. 일반적 특성

대상자의 평균연령은 남자 42.76±14.64, 여자 53.44±17.64세이었다. 연령분포는 3세에서 74세이였으며 남자 28명, 여자 22명이었다. 이 중에서 건강한 지원자의 평균 연령은 37.60±13.65세이였으며 남자 33.60±6.99, 여자 41.60±18.17세로 연령은 여자가 높았으며, 남자 5명, 여자 5명이었다. 질환을 가진 환자의 평균연령은 58.60±19.69세이였으며, 남자 51.93±22.27, 여자 65.27±17.10세로 여자의 나이가 높았으며, 남자 23명, 여자 17명으로 초급성기 3명, 급성기 11명, 아급성기 12명, 만성기 10명, 종양 4명이었다

#### 2. 기법별 b-value 변화에 따른 공간영역의 확산강조 신호강도 및 현성확산계수의 결과

T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI 기법에서 얻은 공간영역(Side)의 신호강도는 b-value 1,000 s/mm<sup>2</sup>를 주었을 때 19.92±3.11 mm<sup>2</sup>/s를 얻었고 b-value 1,500 s/mm<sup>2</sup>를 주었을 때 19.93±4.14 mm<sup>2</sup>/s를 얻었다. b-value 2,000 s/mm<sup>2</sup>에서는 22.14±3.88 mm<sup>2</sup>/s의 값을 얻었으며 평균값들의 수치는 통계학적으로는 유의한 차이가 없었다(p=0.059).

FLAIR-DW-EPI 기법에서 얻은 공간영역의 신호강도는 b-value 1,000 s/mm<sup>2</sup>를 주었을 때 20.33±3.48 mm<sup>2</sup>/s이였으며, b-value 1,500 s/mm<sup>2</sup>에서 20.67±2.90 mm<sup>2</sup>/s, b-value 2,000 s/mm<sup>2</sup>에서 21.32±2.85 mm<sup>2</sup>/s의 평균값을 각각 얻었다. b-value의 변화에 따른 유의한 차이(p=0.504)는 없었으며 두 기법은 오차범위 안에서 비슷한 신호강도의 값을 나타냈다. 현성확산계수의 값은 검사영역을 벗어난 확산이 일어나지 않는 공간영역이기 때문에 b-value의 변화에 관계없이 두 기법 모두 그 값은 0 mm<sup>2</sup>/s이었다.

#### 3. 뇌 부위별 b-value 변화에 따른 확산강조 신호강도 및 현성확산계수의 분석

1) T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI(b-value 1,000, 1,500, 2,000 s/mm<sup>2</sup>) 기법에서 정상 뇌의 부위별 확산강조 신호강도 및 현성확산계수

T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI 기법을 적용하여 얻은 정상 뇌의 평균값은 Table 2, Table 3과 같은 결과를 얻었다.

b-value 1,000 s/mm<sup>2</sup> 적용하여 얻은 확산강조 신호강도 값이 149.30±61.56 mm<sup>2</sup>/s이고, 현성확산계수 값은 1.75±0.10×10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>/s이었다. 정상 뇌의 부위별 확산강조 신호강도 값은 편도체부 > 해마 > 교뇌 > 시상하부 > 창백핵 > 뇌척수액 순으로 나타났으며, 통계학적으로 유의한 차이는 아니었다(p=0.79). 확산강조 현성확산계수 값은 뇌척수액 > 시상하부 > 해마 > 창백핵 > 편도체부 > 교뇌 순으로 유의한 차이(p=0.02)를 보였다.

b-value 1,500 s/mm<sup>2</sup>를 적용하여 얻은 정상 뇌의 평균값은 신호강도가 84.14±34.71 mm<sup>2</sup>/s이고, 현성확산계수 값은 1.42±0.86×10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>/s이었다. 정상 뇌의 부위별 확산강조 신호강도 값은 교뇌 > 해마 > 편도체부 > 시상하부 > 창백핵 > 뇌척수액 순으로 나타났으며, 통계학적으로 유의한 차이는 아니었다(p=0.25). 확산강조 현성확산계수 값은 뇌척수액 > 창백핵 > 시상하부 > 편도체부 > 해마 > 교뇌 순으로 유의한 차이(p=0.005)가 있었다.

**Table 2.** T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI of a region average SI price by the b-value 1,000, 1,500 2,000 s/mm<sup>2</sup> (Unit: mm<sup>2</sup>/s)

Labels	b-value		
	1,000	1,500	2,000
CSF	60.80 ±33.55	27.19 ± 2.94	20.48 ± 2.52
Pons	171.30 ±17.99	116.09 ±10.19	86.40 ±10.46
Thalamus	147.50 ±15.90	90.98 ±10.49	57.56 ± 7.78
Globus pallidus	95.23 ±16.02	54.98 ±11.05	38.36 ± 8.56
Amygadala	221.13 ±20.37	102.30 ± 7.16	65.25 ± 4.84
Hippocampus	199.74 ±22.36	107.34 ±10.73	65.79 ± 4.87
Average	149.30 ±61.56	83.14 ±34.71	55.64 ±23.15

b-value 2,000 s/mm<sup>2</sup>를 적용하여 얻은 정상 뇌의 평균값은 신호강도가 55.64±23.15 mm<sup>2</sup>/s이고, 현성확산계수 값은 2.81±4.40×10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>/s이었다. 정상 뇌의 부위별 확산강조 신호강도 값은 교뇌 > 해마 > 편도체부 > 시상

하부 > 창백핵 > 뇌척수액 순으로 나타났으며, 통계학적으로 유의한 차이는 아니었다(p=0.38). 확산강조 현성확산계수 값은 뇌척수액 > 창백핵 > 시상하부 > 편도체부 > 해마 > 교뇌 순으로 유의한 차이가 있었다(p=0.005).

**Table 3.** T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI of a region average ADC price by the b-value 1,000, 1,500, 2,000 s/mm<sup>2</sup> (Unit: ×10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>/s)

Labels	*b-value		*b-value		*b-value	
	1,000		1,500		2,000	
CSF	3.48	±0.31	3.17	±0.38	11.77	±21.26
Pons	1.02	±0.08	0.95	±0.17	0.76	±0.05
Thalamus	2.44	±3.28	1.09	±0.23	1.36	±1.02
Globus pallidus	1.20	±0.08	1.21	±0.27	9.05	±0.03
Amygdala	1.16	±0.06	1.07	±0.03	1.00	±0.08
Hippocampus	1.20	±0.04	1.03	±0.04	0.98	±0.10
Average	1.75	±1.00	1.42	±0.86	2.81	±4.40

\*: p>0.05

2) FLAIR-DW-EPI(b-value 1,000, 1,500, 2,000 s/mm<sup>2</sup>) 기법에서 정상 뇌의 부위별 확산강조 신호강도 및 현성확산계수

FLAIR-DW-EPI 기법을 적용하여 얻은 정상 뇌의 평균값은 Table 4, Table 5와 같은 결과를 얻었다.

b-value 1,000 s/mm<sup>2</sup> 적용하여 얻은 확산강조 신호강도는 116.70±53.26 mm<sup>2</sup>/s이고, 현성확산계수 값은 1.35±0.55×10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>/s이었다. 정상 뇌의 부위별 확산강조 신호강도 값은 편도체부 > 해마 > 교뇌 > 시상하부 > 창백핵 > 뇌척수액 순으로 나타났으며, 통계학적으로 유의한 차이는 아니었다(p=0.134).

확산강조 현성확산계수 값은 뇌척수액 > 창백핵 > 해마 > 편도체부 > 시상하부 > 교뇌 순이었으며, 통계학적으로 유의한 차이(p=0.005)를 보였다.

b-value 1,500 s/mm<sup>2</sup>를 적용하여 얻은 정상 뇌의 평균값은 신호강도가 70.58±29.78 mm<sup>2</sup>/s이고, 현성확산계수 값은 1.20±0.38×10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>/s이었다. 정상 뇌의 부위별 확산강조 신호강도 값은 교뇌 > 편도체부 > 시상하부 > 해마 > 창백핵 > 뇌척수액 순으로 나타났으며, 통계학적으로 유의한 차이는 아니었다(p=0.254). 확산강조 현성확산계수 값은 뇌척수액 > 편도체부 > 창백핵 > 해마 > 시상하부 > 교뇌 순이었으며, 유의한 차이(p=0.013)가 있었다.

b-value 2,000 s/mm<sup>2</sup>를 적용하여 얻은 정상 뇌의 평

균값은 신호강도가 49.29±19.27 mm<sup>2</sup>/s이고, 현성확산계수 값은 0.99±0.20×10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>/s이었다. 정상 뇌의 부위별 확산강조 신호강도 값은 교뇌 > 시상하부 > 해마 > 편도체부 > 창백핵 > 뇌척수액 순으로 나타났으며, 통계학적으로 유의한 차이는 아니었다(p=0.542). 확산강조 확산계수 값은 뇌척수액 > 편도체부 > 해마 > 창백핵 > 시상하부 > 교뇌 순으로 유의한 차이(p=0.121)는 보이지 않았다.

**Table 4.** Flair-DW-EPI of a region average SI price by the b-value 1,000, 1,500, 2,000 s/mm<sup>2</sup> (Unit: mm<sup>2</sup>/s)

Labels	b-value		b-value		b-value	
	1,000		1,500		2,000	
CSF	23.72	±3.76	21.19	±3.40	21.95	±3.50
Pons	151.24	±15.89	106.05	±11.80	78.34	±9.65
Thalamus	126.60	±13.67	82.20	±11.32	54.84	±6.63
Globus pallidus	84.96	±12.62	51.40	±8.16	35.02	±5.31
Amygdala	160.13	±16.60	82.42	±5.30	51.13	±6.80
Hippocampus	153.51	±14.38	80.23	±7.27	54.46	±2.73
Average	116.70	±53.26	70.58	±29.78	49.29	±19.27

**Table 5.** Flair-DW-EPI of a region average ADC price by the b-value 1,000, 1,500, 2,000 s/mm<sup>2</sup> (Unit: ×10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>/s)

Labels	*b-value		*b-value		b-value	
	1,000		1,500		2,000	
CSF	2.47	±0.53	1.94	±0.29	1.36	±0.06
Pons	1.03	±0.06	0.87	±0.09	0.79	±0.12
Thalamus	1.11	±0.03	1.00	±0.15	0.90	±0.05
Globus pallidus	1.18	±0.05	1.12	±0.16	0.95	±0.05
Amygdala	1.15	±0.08	1.14	±0.18	1.01	±0.13
Hippocampus	1.18	±0.36	1.11	±0.16	9.82	±0.08
Average	1.35	±0.55	1.20	±0.38	1.00	±0.20

\*: p>0.05

4. 뇌 부위별 b-value 변화에 따른 확산강조 신호강도 및 현성확산계수 평균치 분석

1) b-value의 변화에 따른 확산강조 신호강도 및 현성확산계수 평균 결과

b-value의 변화에 따른 확산강조 신호강도 평균 결과 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI, FLAIR-DW-EPI 기법별 확산강조 신호

강도 평균값은 Table 6과 같이 얻었다.

b-value를 1,000, 1,500, 2,000 s/mm<sup>2</sup>로 하여 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI 기법과 FLAIR-DW-EPI 기법으로 검사한 결과, 평균값은 b-value를 높게 줄수록 신호강도와 현성확산계수 값은 두 기법 모두 유의하게(p=0.004, p=0.008) 감소하였다. 또한 확산강조 신호강도와 현성확산계수를 비교한 결과, T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI기법이 FLAIR-DW-EPI기법 보다 높은 값을 형성하였다.

2) b-value 변화에 따른 확산강조 신호강도와 현성확산계수 평균값의 차(T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-FLAIR)에 따른 기법간의 특성

Table 6은 b-value (1,000, 1,500, 2,000) s/mm<sup>2</sup>로 주었을 때 얻은 확산강조 신호강도 및 현성확산계수의 평균값과 b값에 따른 평균치의 차를 나타낸다. b-value별 평균값의 차(T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-FLAIR)는 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI기법이 (32.60 ± 8.30, 12.56 ± 4.93, 6.35 ± 3.88) mm<sup>2</sup>/s로 FLAIR-DW-EPI보다 높게 조사되었으며, 이는 기법의 차이에서 오는 것으로 T<sub>2</sub> 성분이 남아 있어서 오는 결과라 할 수 있겠다.

**Table 6.** A difference analysis of a region average price by the change of the b-value(s/mm<sup>2</sup>) (Unit : mm<sup>2</sup>/s)

Labels	DW-EPI	SI	ADC(×10 <sup>3</sup> )	
b-value 1,000	T <sub>2</sub> <sup>*</sup>	149.30 ± 61.56	1.75	± 1.00
	FLAIR	116.70 ± 53.26	1.35	± 0.56
	Difference (T <sub>2</sub> <sup>*</sup> -FLAIR)	32.60 ± 8.30	0.40	± 0.45
b-value 1,500	T <sub>2</sub> <sup>*</sup>	83.14 ± 34.71	1.42	± 0.86
	FLAIR	70.58 ± 29.78	1.20	± 0.38
	Difference(T <sub>2</sub> <sup>*</sup> -FLAIR)	12.56 ± 4.93	0.22	± 0.48
b-value 2,000	T <sub>2</sub> <sup>*</sup>	55.64 ± 23.15	2.81	± 4.40
	FLAIR	49.29 ± 19.27	1.00	± 0.20
	Difference(T <sub>2</sub> <sup>*</sup> -FLAIR)	6.35 ± 3.88	1.81	± 4.20

두 기법의 확산강조 현성확산계수 평균값의 차(T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-FLAIR)는 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI기법이 b값에 따라 (0.40 ± 0.45 × 10<sup>3</sup>, 0.22 ± 0.48 × 10<sup>3</sup>, 1.81 ± 4.20 × 10<sup>3</sup>) mm<sup>2</sup>/s으로 FLAIR-DW-EPI 기법보다 높게 조사되었는데, 이 또한 기법의 차이 즉 물의 신호를 억제하는 부문에서 오는 값의 차이라 할 수 있겠다.

5. (T<sub>2</sub><sup>\*</sup>, FLAIR)-DW-EPI(b-value 1,000 s/mm<sup>2</sup>)기법에서 질환별 신호강도와 현성확산계수 값

뇌 질환별 b-value를 1,000 s/mm<sup>2</sup>로 하여 두 기법(T<sub>2</sub><sup>\*</sup>, FLAIR)-DW-EPI으로 검사하여 얻은 신호강도의 평균값은 각각(293 ± 129.7, 215.8 ± 127.1) mm<sup>2</sup>/s이고, 두 기법간의 신호강도의 정도는 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI기법이 77.2 ± 2.6 mm<sup>2</sup>/s로 높게 측정되었다. 현성확산계수의 평균값은 각각 (1.45 ± 0.72 × 10<sup>3</sup>, 1.37 ± 0.71 × 10<sup>3</sup>) mm<sup>2</sup>/s이었고, 두 기법간의 현성확산계수의 차는 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI기법이 0.08 ± 0.01 × 10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>/s의 차이로 높게 측정되었다.

**Table 7.** A analysis of disease region average SI, ADC by the b-value 1,000 s/mm<sup>2</sup> (Unit : mm<sup>2</sup>/s)

Labels	DW-EPI	SI	ADC(×10 <sup>3</sup> )	
acute infarction	T <sub>2</sub> <sup>*</sup>	434.8 ± 87.6	0.72	± 0.15
	FLAIR	302.9 ± 51.8	0.72	± 0.13
several-recent infarction	T <sub>2</sub> <sup>*</sup>	344.0 ± 100.8	0.73	± 0.13
	FLAIR	281.9 ± 66.6	0.71	± 0.10
chronic infarction	T <sub>2</sub> <sup>*</sup>	205.7 ± 23.9	1.74	± 0.19
	FLAIR	149.1 ± 32.0	2.44	± 1.85
Tumor	T <sub>2</sub> <sup>*</sup>	230.0 ± 59.8	1.71	± 0.75
	FLAIR	137.2 ± 59.5	1.60	± 0.70
subacute hemorrhage	T <sub>2</sub> <sup>*</sup>	481.0 ± 234.0	0.62	± 0.05
	FLAIR	430.0 ± 160.0	0.64	± 0.09
old hemorrhage	T <sub>2</sub> <sup>*</sup>	226.7 ± 84.5	2.03	± 0.54
	FLAIR	148.4 ± 63.2	1.46	± 1.28
cerebromalacia	T <sub>2</sub> <sup>*</sup>	128.9 ± 15.4	2.38	± 0.31
	FLAIR	61.2 ± 17.7	2.03	± 0.17
average	T <sub>2</sub> <sup>*</sup>	293.0 ± 129.7	1.45	± 0.72
	FLAIR	215.8 ± 127.1	1.37	± 0.71
Difference(T <sub>2</sub> <sup>*</sup> -FLAIR)		77.2 ± 2.6	0.08	± 0.01

질환별로 분류하여 확산강조 신호강도 값을 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI기법에서 살펴보면, 출혈성 뇌경색 > 급성 뇌경색 > 아급성 뇌경색 > 뇌종양 > 만성 뇌출혈 > 만성 뇌경색 > 뇌연화증의 순이었고, FLAIR-DW-EPI기법에서는 출혈성 뇌경색 > 급성 뇌경색 > 아급성 뇌경색 > 만성 뇌경색 > 만성 뇌출혈 > 뇌종양 > 뇌연화증의 순으로 나타났다.

확산강조 현성확산계수 값을 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI기법에서 살

펴보면, 뇌연화증 > 만성 뇌출혈 > 만성 뇌경색 > 뇌종양 > 아급성 뇌경색 > 급성 뇌경색 > 출혈성 뇌경색의 순이었고, FLAIR-DW-EPI 기법에서는 만성 뇌경색 > 뇌연화증 > 뇌종양 > 만성 뇌출혈 > 급성 뇌경색 > 아급성 뇌경색 > 출혈성 뇌경색의 결과를 얻었다(Table 7).

#### IV. 고찰 및 결론

확산강조영상은 급성뇌경색의 진단을 획기적으로 향상시켰고 다른 뇌 질환의 진단에도 그 활용도가 증가되고 있다. 확산강조 영상에서 사용하는 확산강조 경사자장의 세기를 나타내는 b-value는 현재까지 1,000 s/mm<sup>2</sup>로 널리 사용하고 있으며 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI 기법을 많이 이용하여 검사를 하고 있다. 확산강조 영상에서 b-value를 1,000 s/mm<sup>2</sup> 이상으로 하여 확산강조 영상을 얻고 뇌 회백질의 신호강도 변화와 신호대 잡음비에 대한 소견을 보고한바 있다<sup>6,15</sup>. T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI 기법과 FLAIR-DW-EPI 기법 간에 b-value를 1,000 s/mm<sup>2</sup> 이상으로 하여 비교 연구하였거나 질환별 두 기법간의 확산강조 신호강도와 현성확산계수와의 관계를 연구 보고는 찾기 힘들었다. 확산강조영상은 확산에 의한 미약한 신호강도의 감소를 극대화시킴으로써 조직 간의 확산의 차이를 쉽게 인지 할 수 있도록 하는 영상기법이다. 확산강조 영상을 얻기 위해서는 보통의 영상을 얻기 위해 필히 사용하는 경사자장외에 매우 강한 한 쌍의 경사자장을 추가로 사용한다. 확산강조 경사자장의 강도와 시간을 적분한 것을 경사계수(gradient factor) 또는 b-value라 하며, b-value가 클수록 T<sub>2</sub> 성분은 없어지고 확산이 강조된 영상을 얻을 수 있다. 즉 조직별로 확산의 계수가 클수록 확산에 의한 신호감소는 크게 나타난다<sup>5,7,16</sup>.

[DeLano MC 등]<sup>15</sup>은 확산강조영상에서 신호강도는 조직 내에서 물 분자의 확산정도를 나타내는 현성확산계수와 T<sub>2</sub> 성분의 조합에 의해 결정된다. b-value를 0 s/mm<sup>2</sup>로 하였을 때는 T<sub>2</sub> 강조영상을 나타내고 b-value를 차츰 높여 주게 되면 T<sub>2</sub> 영향을 감소시키고 b-value를 1,000 s/mm<sup>2</sup> 주어 검사하였을 때에도 뇌척수액 등에 고 신호강도를 보이는데 이는 T<sub>2</sub> 영향이 남아 있기 때문이라고 하였다. 그리고 이러한 T<sub>2</sub> 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 확산경사 자계를 단면의 선택 방향, 주

파수 부호화 방향, 위상 부호화 방향으로 가한 영상, 세 방향 모두 가한 영상과 b-value(s/mm<sup>2</sup>)가 0인 T<sub>2</sub>강조영상을 얻는 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI 기법과 b-value(s/mm<sup>2</sup>)가 0인 FLAIR 영상을 얻는 FLAIR-DW-EPI 기법을 이용하였다. FLAIR-DW-EPI 기법은 b-value(s/mm<sup>2</sup>)가 0인 T<sub>2</sub>강조영상을 얻는 기법보다는 검사시간이 약간 길다는 단점은 있으나 물성분의 신호가 x, y 평면에 도달한 시점(null point)을 반전회복시간(inversion time)으로 정해 공명주파수를 인가하면 물성분의 신호가 억제된 영상을 얻을 수가 있다. 이 기법은 두정부의 병변이나 다발성 경색증 등을 관찰하는 좋은 대조도의 영상을 얻을 수 있다<sup>8,13,15</sup>. 두 기법간의 신호강도, 현성확산계수의 평균치를 측정하기 위해 10대에서 60대까지 조사 하였으며 측정값의 오류를 방지하기 위해 검사결과 병변이 있는 경우는 후속 연구를 위해 분류하였다. 해부학적으로 쌍으로 있는 경우는 동일 관심영역으로 같은 위치에서 양측으로 측정하여 평균값을 구하였으며, 연구대상자들의 뇌 확산강조 영상에서 해부학적 구조의 같은 부위를 측정하려 최대한 노력하였다.

본 연구결과에서 두 기법으로 검사한 공간영역은 두부를 벗어난 일정한 부위를 측정된 결과 b-value를 (1,000, 1,500, 2,000) s/mm<sup>2</sup>로 검사하여 비교한 확산강조 신호강도는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 현성확산계수의 값은 0으로 공기 중의 확산은 두 기법을 통해서 측정할 수 없음을 알 수 있다. b-value를 1,000 s/mm<sup>2</sup>로 하여 육안으로 보면, 백질이 회백질보다 신호강도가 높게 보였으며 측정하고자 하는 부위는 중간이거나 저음영 형태로 나타났다. b-value를 증가시킴에 따라 측정하고자 하는 부위는 구조물을 쉽게 구별하기가 어려울 정도이었으며 전체적으로 저 음영 형태로 나타났다.

검사기법 간에 b-value에 따른 각 부위별 신호강도와 현성확산계수를 비교 연구한 보고는 찾을 수가 없어서 본 연구 결과와 비교할 수 없었다. 확산강조 영상을 정성적으로 얻어 정량적 수치로 환산하여 얻은 확산강조 신호강도 평균값은 편도체부가 가장 높고, 뇌척수액이 가장 낮게 측정되었다. 현성확산계수의 평균값은 뇌척수액이 높고, 교뇌가 낮게 측정되었다. 중간 저음영의 형태로 나타난 해마, 창백핵, 시상하부 등은 기법에 의한 차이와 b-value의 증가에 따라 미미한 차에 의해 그 순위가 바뀌었음을 주목할 만하다. 두 기법 간의 차이는 확산강조 신호강도와 현성확산계수의 평균값은 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI 기법이 FLAIR-DW-EPI 기법보다 높게 측정되었으며 b-value의 변화에 따른 평균치의 폭은 두 기법 모두



b-value를 높게 줄수록 낮아지고 b-value를 낮게 줄수록 차이는 크게 조사되었다.

두 기법을 b-value 1,000 s/mm<sup>2</sup>을 기준으로 볼 때 뇌의 신호강도의 차이는 해마 > 편도체부 > 교뇌 > 시상부 > 창백핵 > 뇌척수액으로 나타났으며, T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI 기법에서 b-value 1,000 s/mm<sup>2</sup>일 때 뇌척수액 결과의 편차 값이 크게 나타난 것은 T<sub>2</sub>강조영상의 강한 신호가 확산강조 영상에서 제거되지 않고 잔영으로 남아있어서 오는 것으로 보이며 b-value가 높아질수록 편차의 폭과 신호강도가 낮아졌고 신호강도가 낮아질수록 영상은 어두워졌다.

현성확산계수는 1픽셀(pixel)에서 얻은 신호이며, 확산강조영상에서 급·만성을 판단하기 위한 지도(map) 영상이다. 현성확산계수의 결과를 비교하여보면, T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI 기법이 뇌척수액 b-value 2,000 s/mm<sup>2</sup>에서 약간 높게 나왔으며 FLAIR-DW-EPI 기법을 이용한 영상에서는 b-value가 높을수록 현성확산계수가 낮아졌고 현성확산계수치가 낮아질수록 영상은 어두워졌다. b-value의 변화에 의한 부위별 평균값 차의 분석에서 보면 영상의 신호강도와 현성확산계수는 b-value값이 높아질수록 평균값의 차가 낮아졌으며 뇌척수액을 기준으로 변수들과 상관분석을 한 결과 조직내 물 분자와 확산과는 밀접한 관계(p-value<0.005)가 있음을 알 수 있었다.

뇌경색은 뇌출혈을 포함한 전체 뇌졸중의 약 80%를 차지한다. 뇌경색의 영상소견은 경색 발생 후 시기에 따라 분류한다. 일반적으로 초급성 뇌경색은 발생 후 6시간 이내, 급성 뇌경색은 6시간 이후부터 일주일 이내, 아급성기는 1~3주 이내, 만성기는 3주 이후를 말한다<sup>7)</sup>. 먼저 뇌경색을 시간 경과에 따른 영상을 두 기법 간에 비교를 하였다.

확산강조영상의 중요한 유용성은 초급성기 뇌경색 및 허혈성 변화를 찾아내는데 민감하다 하였다. 이러한 사실은 여러 연구결과에서도 잘 알려져 있다. 초급성 뇌경색은 발생 후 수분이 지나면 거시적 T<sub>2</sub> 이완시간이 변하지 않아서 T<sub>2</sub>강조 영상에서 나타나지 않지만 뇌 조직은 세포 독성부종에 의해 확산계수가 감소함으로써 확산강조 영상에서 고신호강도로 관찰될 수 있다고 보고하였다<sup>3-5,7)</sup>. 이러한 소견은 본 연구결과에서도 확산강조 영상에서는 고신호강도로 연구결과와 동일하게 나타났으며, FLAIR-DW-EPI 기법이 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI 보다 확산강조 신호강도가 높게 측정되었고, 대조도부분에서도 우수하게 나타났으며, 일반적인 MR 영상인 T<sub>1</sub>강조 및 T<sub>2</sub>강조영상이나, FLAIR영상에서는 병변 부분의 특이한 변화를 찾을 수가 없었다.

급성기 뇌경색 영상은 시상하부 부분을 측정 비교하였다. 신호강도 부문에서 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI 기법이 높게 측정되었으며, 현성확산계수 부문은 두 기법이 비슷한 수준으로 나타났다. 신호강도 차의 부문은 기법간의 차에 의해 나타난 결과로 생각되며 영상의 대조도는 FLAIR-DW-EPI 기법이 좋게 보였다. 아급성기 뇌출혈 영상에서는 두 기법 모두 급성기 뇌경색보다 높은 측정값을 나타냈으며 두 기법 측정값은 비슷한 결과를 얻었다. 만성기 뇌경색 영상에서는 육안으로나 정량적인 측정치의 차이가 확연하게 나타났으며 뇌연화증으로 진행이 된 부분은 FLAIR-DW-EPI 기법이 육안으로 구별하기가 쉬웠다. 만성기 뇌출혈 영상에서는 오차범위 범주 내에서 두 기법 사이의 큰 차이를 보이지 않았다. 뇌 수막종 영상은 확산강조영상의 신호강도가 높게 측정되었으며, 현성확산 계수치는 정상부위와 비슷한 값을 취한 것이 특징으로 나타났다. 뇌 신경교종 영상은 정상부위의 평균값보다 약간 높게 측정되었고, 현성확산계수는 약간 낮게 측정되었으며 신경교종 내부의 특성에 따라 차이가 있었다. 뇌하수체 선근종 영상은 확산강조영상의 신호강도가 정상부위보다 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI 기법에서 높게 측정되었으며, 현성확산 계수치는 정상부위와 비슷한 값을 취한 것이 특징으로 나타났다.

두 기법(T<sub>2</sub><sup>\*</sup>, FLAIR)-DW-EPI(b-value 1000 s/mm<sup>2</sup>)으로 검사하여 얻은 질환별 평균측정치는 각각(293±129.7, 215.8±127.1) mm<sup>2</sup>/s이었으며, 정상부위의 평균치(149.3±61.6, 116.7±53.3) mm<sup>2</sup>/s와 비교하여 유의하게 증가하였다. 질환별로 분류하여 확산강조영상의 신호강도(SI) 값을 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI 기법에서 살펴보면 출혈성 뇌경색 > 급성 뇌경색 > 아급성 뇌경색 > 뇌종양 > 만성뇌출혈 > 만성뇌경색 > 뇌연화증의 순으로 나타났다. FLAIR-DW-EPI 기법은 출혈성 뇌경색 > 급성뇌경색 > 아급성 뇌경색 > 만성뇌경색 > 만성뇌출혈 > 뇌종양 > 뇌연화증의 순으로 나타났으며, 기법의 특성에 따라 질환별로 그 값이 변하였음을 알 수 있었다. 현성확산계수는 신호강도가 높을수록 낮게 그리고 신호강도가 낮을수록 높게 나타났다. 다시 말하면 현성확산계수가 낮을수록 확산강조 신호강도는 높게 측정되었으며 육안적으로 밝게 나타났다.

결론적으로 뇌 질환이 자주 발생하는 부위와 뇌 질환의 확산강조 신호강도 및 현성확산계수 값이 T<sub>2</sub><sup>\*</sup>-DW-EPI 기법과 FLAIR-DW-EPI 기법을 이용하여 b-value의 변환과 기법에 따라 각각 다르게 나타났다. 이러한 정량적인 결과를 바탕으로 보다 안정적인 기법과 b-value 값의 적절한 선택을 하여 검사를 한다면 초급성 뇌졸중이

나 뇌의 질환 및 병변 등을 발견하고 판독하는 것 뿐만 아니라 정상부위나 질환에 따른 기법별 신호의 인지를 통해 여러 가지 질병 진단과 치료에 중요한 의미가 있다고 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. <http://kin.naver.com/db/detail.php> Copyright© NHN Corp. All Rights Reserved.
2. P. Reimer, P.M. Parzel, F.A. Stichnoth, (Eds.) : Clinical MR Imaging A Practical Approach, Springer, 4, 116-123, 2003
3. Beauchamp NJ, Aziz MU, Passe TJ, van Zijl PCM. : MR diffusion imaging in stroke : review and controversies, Radiographics, 18, 1269-1283, 1998
4. Wittsack, H.J. Freund, H.J. : MR Imaging in Acute Stroke : Diffusion-weighted and Perfusion Imaging Parameters for Predicting Infarct Size1, Pub Med Citation, RSNA, 222, 397-403, 2002
5. 진료영상학회, 대한자기공명기술학회 편저: 자기공명영상학, 도서출판 대학서림, 23, 252-255, 2003
6. 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
7. 장기원, 김인원, 한문희 : 신경방사선과학, 일조각, 2000
8. 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
9. Charles-Edwards, Elizabeth M, de Souza, Nandita M; Diffusion-weighted magnetic resonance imaging and its application to cancer. Cancer imaging [electronic resource] : the official publication of the International Cancer Imaging Society, 6, 135-143, 2006
10. Pamela W. Schaefer, P. Ellen Grant, R. Gilberto Gonzalez,; Diffusion-weighted MR Imaging of the Brain1, Fruit St, Boston, MA 02114-2696, Received April 30, 1999.
11. 대한방사선사협회 편저 : 자기공명기술학, 고문사, 7, 131-148, 1996
12. 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
13. Admas JG, Melhem ER, : Clinical usefulness of T<sub>2</sub>-weighted fluid-attenuated inversion recovery MR imaging of the CNS. AJR Am J Roengenol, 1172, 529-536, 1999
14. De Coene B, Hajanl JV, Getehouse P, et al. : MR of the Brain Using fluid-attenuated inversion recovery (FLAIR) pulse sequence. AJNR Am J Neurodiol, 13, 1555-1564, 1992
15. 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
16. 김영근 · 김세영 · 김정삼 · 김현수 등; MRI in Practice, 아카데미아, 2008

• Abstract

## Comparative Analysis of Signal Intensity and Apparent Diffusion Coefficient at Varying b-values in the Brain : Diffusion Weighted-Echo Planar Image ( $T_2^*$ and FLAIR) Sequence

Jong-Kap Oh · Jung-Yeol Im<sup>1)</sup>

*Department of Radiology, Cheomdan Medical Center, Gwangju, Republic of Korea*

<sup>1)</sup>*Department of Digital Management Information Graduate School of, Nambu University, Gwangju, Republic of Korea*

Diffusion-weighted imaging (DWI) has been demonstrated to be a practical method for the diagnosis of various brain diseases such as acute infarction, brain tumor, and white matter disease.

In this study, we used two techniques to examine the average signal intensity (SI) and apparent diffusion coefficient (ADC) of the brains of patients who ranged in age from 10 to 60 years. Our results indicated that the average SI was the highest in amygdala (as derived from DWI), whereas that in the cerebrospinal fluid was the lowest. The average ADC was the highest in the cerebrospinal fluid, whereas the lowest measurement was derived from the pons. The average SI and ADC were higher in  $T_2^*$ -DW-EPI than in FLAIR-DW-EPI. The higher the b-value, the smaller the average difference in both imaging techniques; the lower the b-value, the greater the average difference. Also, comparative analysis of the brains of patients who had experienced cerebral infarction showed no distinct lesion in the general MR image over time. However, there was a high SI in apparent weighted images. Analysis of other brain diseases (e.g., bleeding, acute, subacute, chronic infarction) indicated SI variance in accordance with characteristics of the two techniques. The higher the SI, the lower the ADC.

Taken together, the value of SI and ADC in accordance with frequently occurring areas and various brain disease varies based on the b-value and imaging technique. Because they provide additional useful information in the diagnosis and treatment of patients with various brain diseases through signal recognition, the proper imaging technique and b-value are important for the detection and interpretation of subacute stroke and other brain diseases.

---

**Key Words :** Diffusion-weighted imaging (DWI), signal intensity (SI), apparent diffusion coefficient (ADC)