

## Analysis of Signal Intensity in Choroid Plexuses by Diffusion Weighted Imaging

JongKap Oh

Department of Radiology, Cheomdan medical center, Gwangju, Republic of Korea

### 확산강조영상의 검사기법에 따른 맥락얼기의 신호강도 분석

오종갑

첨단종합병원 영상의학과

#### Abstract

This report aims at picturing out the clinical usefulness by analyzing the signal intensity in choroid plexuses which produce cerebrospinal fluids by diffusion weighted imaging. At first, subjects were chosen among the patients who showed high in signal intensity by diffusion weighted imaging. The subjects were taken another test by fluid attenuated inversion recovery diffusion weighted echo planer image(FLAIR-DW-EPI) the signals of fluid attenuation. And it was found that there are differences between the signal intensities of the two methods, which showed that the signal intensity in FLAIR-DW-EPI is equal to or low than, that in the Brain. By this, it is felt that it is helpful to diagnose the disease in choroid plexus by testing another more with FLAIR-DW-EPI methods the patients who showed high in signal intensity in choroid plexus by T2\* diffusion weighted echo planer image(T2\*-DW-EPI).

Keyword : choroid plexuse, diffusion weighted image, signal intensity

#### 요 약

뇌척수액을 생산하고 있는 choroid plexuse를 확산강조영상 검사기법에 따라 신호강도를 분석하여 임상적인 유용성을 알아보고자 하였다. T2\*-DW-EPI 기법을 적용하여 choroid plexus가 고 신호 강도를 보이는 대상자를 추가적으로 FLAIR-DW-EPI 기법을 적용하여 영상을 얻었다. 두 기법으로 얻은 확산강조영상을 가지고 choroid plexus의 신호강도와 확산계수를 구하여 비교하였다. 그 결과 FLAIR-DW-EPI 기법에서는 choroid plexus의 신호가 뇌 실질과 같거나 저 신호로 나타나 두 기법간의 신호강도의 차이가 있음을 확인하였다. 이는 T2\*-DW-EPI 확산강조영상에서 choroid plexus가 고 신호를 보인 환자의 경우 FLAIR-DW-EPI 기법을 추가로 검사하여 정보를 제공함으로써 choroid plexus의 질병 유무를 진단하는데 도움이 될 것으로 생각한다.

중심단어 : choroid plexuse, 확산강조영상, 신호강도

확산강조영상은 MR장치를 이용하여 조직 내 물 분자들의 확산 정도를 영상화한 것이다. 뇌 조직은 1,000

#### I. 서 론

억제 이상의 신경세포 집합체로 물 분자의 움직임이 완전히 자유롭지 못하고 조직의 특성 등에 의해 제약을 받게 된다. Isotropic diffusion은 물 분자가 어느 방향으로나 움직일 수 있는 경우를 말하며 anisotropic diffusion은 반대로 주위 구조물에 의해 어느 특정한 방향으로만 움직이는 경우를 말한다<sup>[1],[2]</sup>.

뇌 조직은 사고, 판단, 추리, 감정 등을 담당하는 희백질과 신경섬유에 의해 흥분의 통로역할 등을 하는 백질, 맥락얼기(choroid plexus)에서 분비되는 뇌척수액 등으로 분류 할 수 있는데 물 분자의 확산은 세포막(membranes)이나 신경섬유 및 단백질 분자 등에 의해 확산의 정도가 다르며 확산강조영상에서 신호강도가 각각 다르게 나타난다<sup>[3]</sup>. 확산의 정도를 신호강도에 따라 정성적으로 예측할 수 있으며 확산계수를 계산하여 정량적으로 분석할 수 있다.

임상에서는 정성적인 방법을 통해 주로 뇌경색의 진단에 적용되어지고 시기에 따른 뇌경색의 진단과 특히 초급성 뇌경색의 진단과 치료에 많은 도움을 주고 있으며 주주막낭종(arachnoid cyst)과 유피낭종(epidermoid cyst)의 감별, 뇌농양 등의 진단에 유용하게 활용되어 지고 있다<sup>[4]</sup>. 하지만 확산강조영상의 검사기법에 따라 확산의 정도에 의해 신호강도가 변화하는 사실 등의 연구는 활발하지 않다.

뇌조직의 물 분자는 확산운동 이외에 뇌조직 자체의 움직임, 심장운동, 미세 혈관내 혈류 및 환자의 움직임 등의 영향을 받게 된다<sup>[5],[6]</sup>. 특히 choroid plexus는 뇌척수액을 형성하는 혈관성 구조로 일종의 변형된 뇌실막층(ependymal layer)인 맥락상피(choroid epithelium)와 그 아래에 혈관을 많이 함유한 결합조직으로 구성되어 있다. 결합조직구조는 연질막이 안쪽으로 들어가 접힌 주름으로 되어 있으며 이 이중 주름구조를 맥락층(tela choroidea)이라고 한다.

맥락층에는 많은 모세혈관이 있고 창모양 모세혈관과 이를 둘러싸는 한 층의 극성을 가진 상피세포로 이루어지며 뇌척수액의 생성에 직접적으로 관여한다. 맥락막얼기의 삼투압 차이에 의한 물의 투과성이 현저히 감소하면 뇌척수액의 생성이 현저히 감소된다고 하였다<sup>[7]</sup>.

따라서 뇌척수액을 생산하고 있는 choroid plexus를

확산강조영상 검사기법에 따른 신호강도를 분석하여 임상적인 유용성을 알아보고자 하였다.

## II. 대상 및 방법

2013년 두통 및 어지럼 등을 소재로 신경과 및 신경외과를 진료하고 확산강조영상(T2\*-DW-EPI 기법)에서 choroid plexus가 고 신호 강도를 보이는 소견자 17명(남자8명, 여자9명)과 급성뇌경색 및 뇌실내 출혈 소견자3명(남자1, 여자2)을 대상으로 하였다. 확산강조영상은 1.5Tesla 초전도 자기공명영상장치(signa 9H/i, GE medical system. General Electric Company.USA)와 NV Head & Neck coil을 이용하였다. Routine brain MRI 검사를 시행하면서 확산강조영상 검사는 single shot EPI 기법에 확산경사자장(diffusion gradient)을 b-value=1,000 s/mm<sup>2</sup>로 한 T2\*-DW-EPI 기법을 적용하여 choroid plexus가 고 신호 강도를 보이는 대상자를 추가적으로 FLAIR-DW-EPI 기법을 적용하여 영상을 얻었으며 두 기법으로 얻은 확산강조영상을 가지고 choroid plexus의 신호강도와 확산계수를 구하여 비교하였다.

확산강조영상을 얻기 위한 매개변수는 T2\*-DW-EPI와 FLAIR-DW-EPI이며 같은 횡단면과 검사시야(field of view) 24cm 절편두께와 간격은 6mm, 1mm를 이용하여 영상을 얻었다. T2\*-DW-EPI기법은 repetition time (TR) 10,000 ms, echo time (TE) 155.7 ms, 검사시간 40 sec로 하였고, FLAIR-DW-EPI기법은 repetition time (TR) 10,000 ms, echo time (TE) 134.9 ms, inversion time (TI) 2,200 ms, 검사시간 90 sec이었다. 검사범위는 자화감수성 인공물(magnetic susceptibility artifact)을 줄이기 위해 미간이공선(glabellomeatal line)에 평행하게 하여 기저부(skull base)에서 두정부(vertex)까지 검사하여 측 뇌실 후방부위의 맥락얼기(lateral ventricle posterior choroid plexus)를 관찰하였다.

영상의 분석은 자기공명스캐너에서 얻은 영상의 데이터를 동일 회사의 컴퓨터(AW: advantage workstation)에 전송하여 소프트웨어 Functool 2 기능을 이용 post processing하였다. Processing하여 얻은 x,y,z축의 3개의 영상에서 choroid plexus 중앙부에 관심영역(ROI: region of interest)을 30 mm<sup>2</sup>로 지정하여 신호강도와 확산계수를 구하였다. 두 기법의 차를 비교하기 위해 급성뇌경

색 및 뇌실내부 출혈의 신호강도와 확산계수를 구하여 비교분석 하였으며 그 측정치와의 상관관계를 분석하였다.

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

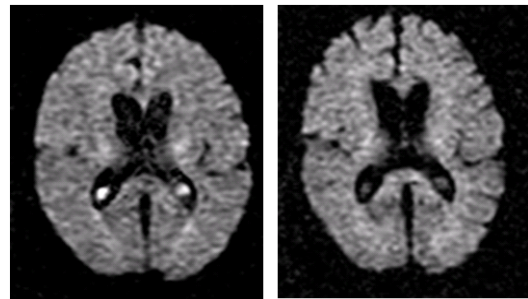
### Ⅲ. 결 과

Choroid plexus가 T2\*-DW-EPI 기법에서 고 신호강도를 보이고 급성뇌경색 및 뇌실내 출혈이 있는 환자 20명중 남성과 여성은 각각 9명, 11명 이었고 평균연령은 59.8세(33-84), 남58.5세, 여61세 이었다. 이들을 대상으로 FLAIR-DW-EPI기법을 적용하여 검사한 영상을 T2\*-DW-EPI 기법의 영상과 비교하였을 때 신호강도의 차이가 현저하게(p<0.05) 있음을 알 수 있었다(fig. 1).

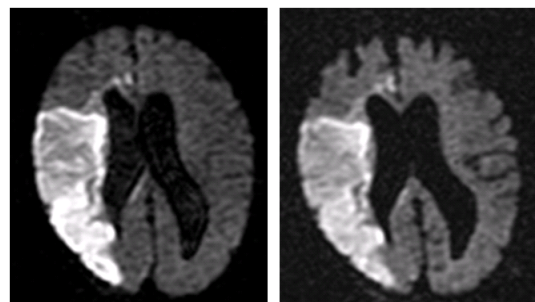
정량적으로는 T2\*-DW-EPI 기법에서 choroid plexus의 신호강도는  $250.8 \pm 10.1 \text{ mm}^2/\text{s}$  이었으며 현성확산계수(ADC: apparent diffusion coefficient)는  $1.87 \pm 0.02 \times 10^3 \text{ mm}^2/\text{s}$  이었다(table 1). FLAIR-DW-EPI 기법에서는  $60.8 \pm 10.4 \text{ mm}^2/\text{s}$  이었으며 ADC는  $1.85 \pm 0.02 \times 10^3 \text{ mm}^2/\text{s}$  로 뇌피질과 비슷 결과 이었다(fig. 2). 두 기법 간에 신호강도 차는  $190 \text{ mm}^2$  로 T2\*-DW-EPI 기법에서 높게 관찰되었으며 유의(p<0.05)하였다. 현성확산계수의 차이는 거의 없었다(fig.1, table 1).

급성뇌경색의 경우 두 기법 모두 고 신호강도를 보였으며 각각  $250.5 \pm 10.1 \text{ mm}^2/\text{s}$ ,  $212.6 \pm 10.4 \text{ mm}^2/\text{s}$  이었으며 ADC는 각각  $0.82 \pm 0.02 \times 10^3 \text{ mm}^2/\text{s}$ ,  $0.80 \pm 0.01 \times 10^3 \text{ mm}^2/\text{s}$  로 관찰되었다(Fig. 2).

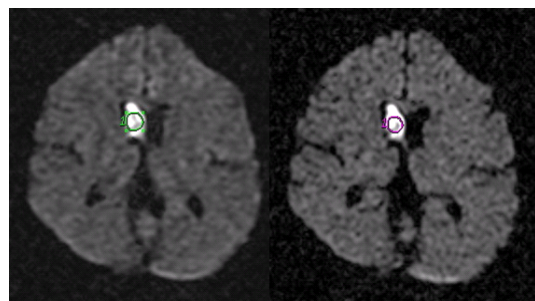
측뇌실 뇌출혈의 경우 두 기법 모두 고 신호강도를 보였으며 각각  $389.4 \pm 15.1 \text{ mm}^2/\text{s}$ ,  $337.6 \pm 12.1 \text{ mm}^2/\text{s}$  이었으며 ADC는 각각  $0.84 \pm 0.02 \times 10^3 \text{ mm}^2/\text{s}$ ,  $0.76 \pm 0.03 \times 10^3 \text{ mm}^2/\text{s}$  로 관찰되었다(Fig. 3).



(a) (b)  
Fig. 1. Choroid plexus(CP) high signal(a) and iso-signal(b) at Brain  
(a) T2\*-DW-EPI of b-value 1,000 s/mm<sup>2</sup>  
(b) FLAIR-DW-EPI of b-value 1,000 s/mm<sup>2</sup>



(a) (b)  
Fig. 2. Right MCA territoria acute infarction  
(a) T2\*-DW-EPI of b-value 1,000 s/mm<sup>2</sup>  
(b) FLAIR-DW-EPI of b-value 1,000 s/mm<sup>2</sup>



(a) (b)  
Fig. 3. Subacute hematoma at Right lateral ventricle.  
(a) T2\*-DW-EPI of b-value 1,000 s/mm<sup>2</sup>  
(b) FLAIR-DW-EPI of b-value 1,000 s/mm<sup>2</sup>

Table 1. Analyze for the signal intensity of ADC(Unit : s/mm<sup>2</sup>)

| Label            | DW-E PI | Signal intensity * | ADC( $\times 10^3$ ) |
|------------------|---------|--------------------|----------------------|
| Brain            | T2*     | 116.1 $\pm$ 10.1   | 1.08 $\pm$ 0.02      |
|                  | FLAIR   | 113.1 $\pm$ 10.3   | 1.23 $\pm$ 0.02      |
| * Choroid plexus | T2*     | 250.8 $\pm$ 10.1   | 1.87 $\pm$ 0.01      |
|                  | FLAIR   | 60.8 $\pm$ 10.4    | 1.85 $\pm$ 0.02      |
| Acute infarction | T2*     | 250.5 $\pm$ 12.4   | 0.82 $\pm$ 0.02      |
|                  | FLAIR   | 212.6 $\pm$ 11.1   | 0.80 $\pm$ 0.01      |
| Acute hemorrhage | T2*     | 389.4 $\pm$ 15.1   | 0.84 $\pm$ 0.02      |
|                  | FLAIR   | 337.6 $\pm$ 12.1   | 0.76 $\pm$ 0.03      |

\* p<0.05;ANOVA

#### IV. 고 찰

MRI(Magnetic Resonance Image)는 인체에 무해하고 다른 장비에 비해 고해상도의 영상을 얻을 수 있으며 다양한 영상 파라미터에 의한 다양한 영상 기법이 가능하며 현재 다양한 영상기법의 개발과 더불어 가능하기 힘들 정도의 많은 분야로 분화되어 가고 있다<sup>[8]</sup>.

고식적 T2강조 기법은 물성분이 고 신호 강도를 보이고 병변의 대조도가 좋은 영상을 얻을 수 있으며<sup>[9]</sup> FLAIR기법은 물성분의 신호가 억제되고 두정부의 병변이나 다발성 경색증 등을 관찰하는 좋은 대조도의 영상을 얻을 수 있다<sup>[10][11]</sup>. 특히 뇌척수액과 가까이 위치하는 대뇌피질 병변을 잘 발견할 수 있으며 뇌척수액 신호강도를 낮춤으로써 부분 용적 효과를 줄일 수 있고 뇌경색에서 저신호 강도의 뇌척수액과 백질로부터 병변이 잘 발견될 수 있게 대비를 증가시켜 준다 하였다<sup>[12]</sup>.

확산강조영상의 기법은 에코평면(echo planer) pulse sequence)에 한 쌍의 강력한 경사자계(diffusion sensitizing pulse)를 삽입하는 것이다. 정지된 스핀은 앞에 삽입된 경사자계에 의해 위상차를 갖게 되고, 뒤에 삽입된 경사자계에 의해 다시 위상차가 소실되므로 확산강조 경사자계에 의한 신호감쇠가 없으나 미세하게 움직이는 스핀들은 한 쌍의 확산강조 경사자계(diffusion gradient)가 걸리는 동안 스핀들이 이동하므로 완전히 위상차가 없어지지 않기 때문에 신호감쇠를

가져오게 된다. 확산에 의한 신호감쇠의 정도는 분자의 움직이는 크기 및 확산강조 경사자계의 세기에 비례한다. 확산강조 경사자계의 세기를 b-value(s/mm<sup>2</sup>)라고 하며, 이는 다시 경사자계의 세기, 경사자계를 걸러준 시간, 앞뒤경사자계 사이의 시간 간격과 관계있다. 확산강조영상은 일반적으로 약 1,000정도의 b 값을 걸면 그 정도가 충분히 가시화 될 수 있다<sup>[13][14]</sup>.

확산강조영상에서 신호강도는 조직 내에서 물 분자의 확산정도를 나타내는 현성확산계수와 T2 성분의 조합에 의해 결정된다. b-value를 0 s/mm<sup>2</sup>로 하였을 때는 T2강조 영상을 나타내고 T2 영향을 감소하기 위해서 b-value를 증가하여 검사하거나 물의 신호를 억제하여 영상을 얻는 기법을 사용하여 검사를 하게 되면 확산이 더욱 강조된 영상을 얻을 수가 있다고 하였다<sup>[15]</sup>.

본 연구에서는 확산경사자계를 단면의 선택 방향, 주파수 부호화 방향, 위상 부호화 방향, 세 방향 모두 가한 b-value (s/mm<sup>2</sup>)가 1,000인 T2\*-DW-EPI 기법과 물 분자의 신호가 x, y 평면에 도달한 시점(null point)을 반전회복시간(inversion time)으로 정해 공명주파수를 인가한 FLAIR-DW-EPI 기법을 이용하여 choroid plexus의 확산과 신호강도의 결과를 얻을 수 있었다. Choroid plexus는 대부분 T2\*-DW-EPI 기법의 검사자에서 고 신호 강도를 보이지 않고 뇌 실질과 같거나 저 신호 강도로 나타났으나 이번 연구의 대상자들은 고 신호 강도를 보인 대상자들을 상대로 하여 두 기법 간 choroid plexus의 신호와 확산의 정도를 비교한 결과, T2\*-DW-EPI 기법에서는 고 신호 강도를 보인 반면에 물의 신호를 억제한 FLAIR-DW-EPI 기법에서는 뇌 실질과 같거나 저 신호 강도로 나타나 비교가 되었으나 현성확산계수의 차이는 없었다.

Choroid plexus가 T2\*-DW-EPI 기법에서 T2 영향이 남아 있어 고 신호 강도를 보이는 것으로 판단하기에는 다른 검사자들과 비교 하였을 때 논리상 맞지 않은 것으로 생각되며 choroid plexus의 구조상 무수히 많은 모세혈관에서 뇌척수액이 생성되는 과정에 일부가 스핀지 타입의 양성 구조물로서 변화 되어 물 분자의 확산이 정체 또는 정상인 보다 느려지면서 고 신호 강도를 보였을 것으로 생각된다. 그러한 원인에 의해서 물의 신호를 억제한 FLAIR-DW-EPI 검사 결과에서는 스핀지 타입의 양성 구조물이 물의 신호가 억제되면서

뇌 실질과 비슷하거나 낮은 신호를 보인 것으로 생각된다. 반면에 급성 뇌경색과 급성 뇌출혈의 경우 두 기법 모두 고 신호강도를 보였다.

## V. 결 론

확산강조영상에서 두 기법 모두 급성뇌경색과 급성 뇌출혈은 확산영상에서 정상 뇌에 비해 고 신호 강도로 관찰되었고 현성확산계수(ADC)가 낮게 관찰되어 급성 뇌경색을 진단하는데 있어서 우수한 기법임이 확인되었다. T2\*-DW-EPI 확산강조영상에서 choroid plexus가 고 신호를 보인 대상자를 상대로 하여 물의 신호를 억제한 FLAIR-DW-EPI 기법을 추가로 검사하여 신호강도를 비교한 결과 FLAIR-DW-EPI 기법에서는 뇌 실질과 같거나 저 신호 강도로 나타나 두 기법 간의 신호강도의 차이가 있음을 확인하였다. 이는 T2\*-DW-EPI 확산강조영상에서 choroid plexus가 고 신호를 보인 환자의 경우 FLAIR-DW-EPI 기법을 추가로 검사하여 신호강도의 차이에서 choroid plexus의 기능성 문제, 스핀지 타입의 양성 구조물 등의 감별이 필요할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- [1] Moseley ME, Cohen Y, Kucharczyk J, Mintorovich J, Asgari HS, Wendland MF, Tsuruda J, Norman D. Diffusion weighted MR imaging of anisotropic water diffusion in cat central nervous system. *Radiology* 1990; 176:139-145.
- [2] Chenevert TL, Brunberg JA, Pipe JG. Anisotropic diffusion in human white matter: demonstration with MR techniques in vivo. *Radiology* 1990;177:401-405.
- [3] Eva Syková and Charles Nicholson. Diffusion in Brain Extracellular Space. doi: 10.1152/physrev.00027.2007 *Physiol Rev* October; 2008,vol.88:1277-1340.
- [4] Tsuruda JS, Chew WM, Moseley ME, Norman D. Diffusion weighted MR imaging of the brain: value of differentiating between extraaxial cysts and 1990: 11:925-931.
- [5] Buxton RB. Principles of diffusion and perfusion MRI. In Edelman RR, Hesselink JR, Zlatkin MB, eds. *Clinical magnetic resonance imaging*. 2nd ed. 1996; 233-249.
- [6] Chien D, Kwong KK, Gress DR, Buonanno FS, Buckner RB, Rosen BR. MR diffusion imaging of cerebral infarction in humans. *AJNR* 1992;13 :1097-1102.
- [7] Warach S, Chien D, Li W, Ronthal M, Edelman RR. Fast magnetic resonance diffusion weighted imaging of acute human stroke *Neurology* 1992;42:1717-1723.
- [8] 조장희, 김영보, 장동표, 한재용, 구정훈. 뇌영상기기의 발전 동향(뇌기능분자영상의 미래) *정보과학회논문지* 2005; 23(10):5-12:1738-6322.
- [9] William Oldendorf, Jr, *Basics of magnetic resonance imaging*. Martinus Nijhoff Publishing, 1988, pp. 200-220.
- [10] Giwon Jang, Inwon Kim, Moonhee Han, *Neuroradiology.IIjogak*, 2000, pp. 153-199.
- [11] J.-Y. Gauvrit MD, X. Leclerc, M. Girot, et al.; Fluid-attenuated inversion recovery (FLAIR) sequences for the assessment of acute stroke. *Journal of Neurology*. Springer 2006, pp,206-213
- [12] Shimosegawa E, Inugami A, Okudera T, et al. Embolic cerebral infarction: MR findings in the first 3 hours after onset. *AJR Am J Roentgenol* 1993.160:pp1077-1082
- [13] Le Bihan D, *Molecular diffusion magnetic resonance(Magn ResonQ)* 1991;pp.27~30.
- [14] Admas JG, Melhem ER, Clinical usefulness of T2-weighted fluid-attenuated inversion recovery MR imaging of the CNS(*AJR Am J Roentgenol*), 1999;pp. 529~536.
- [15] Delanco MC, Cooper TG, Siebert JE, Pochan MJ, Kuppusamy K, High value diffusion weighted MR image of adult Brain image contrast and ADC map features. *AJNR Am J Neuroradiol* 2000; pp,1830-1836.