대한방사선의학회지 2000;43:387 - 394

두개강내 종양의 확산 자기공명영상[1]

신성욱 · 나동규 · 변홍식 · 변용선 · 김재형 · 김경아 · 조성기 · 윤혜경 · 유재욱 · 남도현[2] · 김종현[2]

목적: 두개강내 종양 환자에서 확산강조 자기공명영상의 진단적 유용성을 평가하였다.
대상과 방법: 76예의 두개강내 종양을 대상으로 1.5 T 초전도형 영상장치로 single - shot spin echo EPI 기법을 이용하여 b - value 가 0, 900 sec/mm^{2}인 확산강조 자기공명영상을 얻었다. 두개강내 종양은 고등급 교종 20예, 수막종 15예, 뇌전이암 14예, 림프종 6예, 저등급 교종 5예, 신경초종 4예, 소뇌의 혈관모세포종 3예 등이었다. 육안적으로 확산강조영상에서 종양의 신호강도를 네등급으로 나누어 분석하였고, 종양의 고형부분, 괴사성 혹은 낭성부분, 정상 회질 및 백질 부분과 뇌척수액의 확산강조 영상에서의 신호강도 및 현성확산계수를 측정 분석하였다.
결과: 림프종, 뇌전이암, 뇌수막종, 고등급 교종, 저등급 교종 순으로 낮은 현성확산계수를 나타냈고, 현성확산계수가 낮을수록 확산강조영상에서 고신호강도로 보였다. 고등급 교종은 저등급 교종에 비해 확산강조영상에서 유의하게 신호강도가 높았으나 현성확산계수($1.27\pm0.43\times10^{-3}$ mm^2/sec 대 $1.51\pm0.32\times10^{-3}$ mm^2/sec) 에는 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 림프종과 뇌전이암의 현성확산계수는 고등급 교종에 비해 유의하게 낮았다 ($p < 0.05$). 선암과 비선암의 뇌전이간에는 현성확산계수($1.30\pm0.20\times10^{-3}$ mm^2/sec 대 $0.76\pm0.29\times10^{-3}$ mm^2/sec) 와 신호강도 모두 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.01$, $p < 0.05$). 신경초종이나 혈관모세포종은 확산강조영상에서 낮은 신호강도를 보이고 현성확산계수는 높았다.
결론: 두개강내 종양 환자에서 확산강조 자기공명영상은 통상적인 자기공명영상에서 얻을 수 없는 추가적인 정보를 제공하며, 교종의 등급 구분과 일부 종양의 감별 진단에 도움이 될 것으로 생각된다.

확산강조 영상기법은 조직내 물 분자의 미세운동에 대한 자기공명영상(magnetic resonance imaging, 이하 MRI로 줄임)의 민감성을 이용해 신호강도 차이를 유발하여 영상을 획득하는 기법으로서, 조직내 물 분자가 확산되는 정도나 특성의 차이를 영상화할 수 있고 현성확산계수(apparent diffusion coefficient, 이하 ADC로 약함)값을 측정하여 확산 정도를 정량화할 수 있다 (1). 확산강조영상은 통상적인 자기공명영상으로는 진단하기 어려운 초급성 뇌경색의 조기진단이 가능하기 때문에 주로 급성 허혈성 뇌질환의 진단적 영상방법으로 이용되어 왔다 (2 - 4). 두개강내 종양성 병변에 관하여는 확산강조영상이 지주막 낭종과 유피낭종의 감별진단이나 괴사성 혹은 낭성 종양과 뇌농양의 감별 진단에 유용한 것으로 알려져 있다 (5, 6). 교종이나 두개강내 전이암 등에 관하여도 연구결과가 보고되어 있으나 기존 보고들에 포함된 두개강내 종양의 종류는 비교적 제한적이었고, 두개강내 종양의 감별진단에 있어서 확산강조영상의 유용성에 관하여는 아직까지 충분히 밝혀져 있지 않다 (7 - 11).

저자들은 다양한 두개강내 종양을 대상으로 확산강조영상을 시행하고 ADC값을 측정하여 각 종양들의 확산강조영상 소견을 알아보았으며, 두개강내 종양 진단에 관하여 확산강조영상의 유용성을 평가하고자 하였다.

대상과 방법

총 76예의 두개강내 종양을 대상으로 하였고 환자군의 남녀비는 37:39, 평균연령은 47.8세 (12 - 75세)였다. 이들 종양군의 분포는 다형성 교종 9예를 포함한 고등급 교종 20예, 수막종 15예, 두개강내 전이암 14예, 림프종 6예, 저등급 교종 5예, 신경초종 4예, 두개인두종 2예, 신경절교종 2예, 맥락총 유두종, dysembryoplastic neuroepithelial tumor, 상의세포종, 배아종 1예 등이었다. 전이암을 제외한 나머지 모든 종양에서 수

[1]성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 진단방사선과
[2]성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 신경외과
이 논문은 2000년 3월 28일 접수하여 2000년 7월 11일에 채택되었음.

술이나 생검을 통한 조직학적 진단이 이루어졌고, 저등급 교종 5예에서는 모두 수술에 의한 절제를 통해 진단하였고 정위적 생검으로 진단된 경우는 제외하였다. 전이암 14예 중 4예에서는 뇌병소에서 조직학적 진단이 이루어졌으나, 나머지 10예에서는 원발부위의 조직학적 진단과 임상진단을 통해 이루어졌다.

자기공명영상은 1.5T MR 기기 (Signa Horizon Echo-speed, GE medical system, Milwaukee, U.S.A.)를 사용하여 통상적인 횡단면 T2강조영상 (TR/TE = 3417 msec/96 msec) 및 T1강조영상 (TR/TE = 467 msec/9 msec)을 얻었고, Gd-DTPA로 조영증강한 T1강조영상은 횡단면, 시상면 및 관상면 영상을 촬영하였으며, T2강조영상과 동일한 횡단면에서 single shot EPI 기법을 이용하여 확산강조영상을 얻었다. 확산강조영상은 TR/TE 6500/96.8, 시야 280×280 mm, 화소크기 128×128, 절편두께 5 mm, 절편간격 2 mm로 하여 180도 펄스의 전후로 판독 방향, 위상부호화 방향 및 절편 선택 방향에서 b value 900 sec/mm^2 (이하 단위 생략)의 중복경사자계를 걸어주어 3방향 영상을 각기 얻은 후 등방성 영상 (isotropic image)을 얻었다. 등방성 확산강조영상은 MR 기기 내에 부착되어 있는 소프트웨어 프로그램 (Echoplus, GE medical system, Milwaukee, U.S.A.)을 이용하여 검사 후 자동적으로 구성하였다.

확산강조영상의 정성분석은 두 명의 방사선과 의사의 합의하에 b value 900 으로 얻은 등방성 확산강조 자기공명영상에서 종양의 고형부분과 낭성 혹은 괴사성 부분의 육안적 신호강도를 정상 뇌실질과 비교하였는데, 임의적으로 종양의 신호강도가 회질의 신호강도보다 높은 경우를 grade IV, 회질과 같은 정도의 신호강도를 보이는 경우 grade III, 백질과 비슷하거나 낮은 경우 grade II, 뇌척수액의 신호강도와 비슷한 경우는 grade I으로 등급을 매겨 각 종양군간의 신호강도의 차이를 분석하였다.

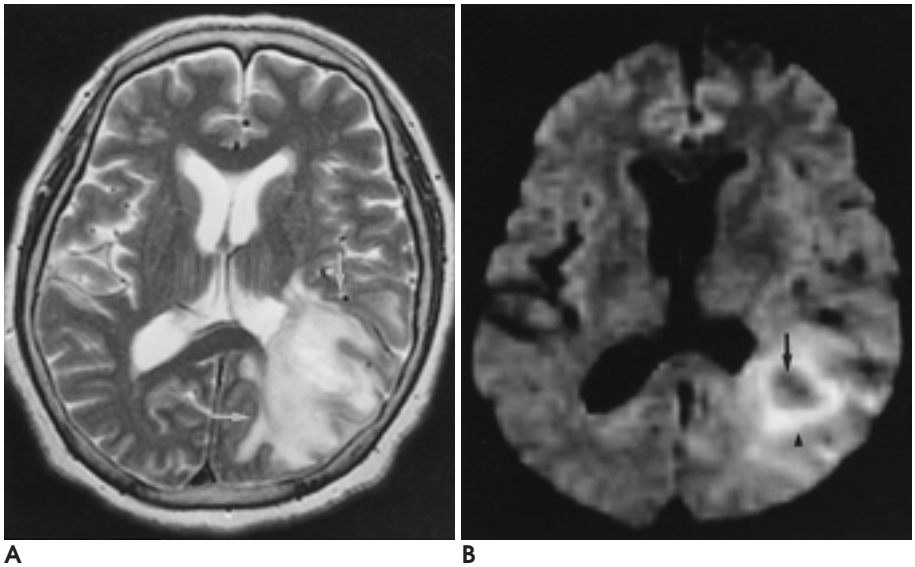
종양의 ADC값은 관심부위를 정해 각각 b value 0 (T2 강조 EPI 영상), 900 인 영상에서 관심부위내의 평균신호강도를 구해 2점 방식으로 두 b value 에서의 신호강도의 semilog plot의 기울기로 구하였다. 관심부위의 크기는 부분용적평균에 의한 오류가 생기지 않는 한 모든 병변이나 정상부위에서 9 mm^2 이상의 크기가 되도록 하였고, 같은 종양에서는 b value 가 0 및 900 인 영상에서 같은 부위를 측정하였고 한 종양의 고형부분내에 다양한 신호강도를 보이는 경우는 신호강도가 높은 부위에서 측정하였다. 각 종양군의 ADC값의 평균값을 구하여 비교 분석하고, 또한 종양의 고형부분의 ADC값을 정상 백질의 ADC로 나눈 상대적 ADC값을 비교하였다. 21예에서는 b value 가 300인 확산강조영상을 따로 얻어 같은 2점 방식으로 두 b value가 각각 300 과 900일 때와 각각 0 과 900일 때의 ADC를 측정해 비교하였는데, 이들 21예서는 관심부위를 병변부위 이외 정상회질 및 백질, 그리고 뇌척수액 공간에도 두어 각각의 ADC를 측정하였다. 통계적 분석은 각 종양군의 크기를 고려하여 ADC값의 분석은 Independent samples T-test를 이용하고 육안적 신호강도의 분석에서는 비모수 Mann-Whitney rank sum test 를 이용하여 모든 항목에서 p값이 0.05 미만일 경우를 통계적으로 유의하다고 간주하였다.

결 과

종양의 고형부분 및 낭성 혹은 괴사성 부분과 정상 회질이나 백질에서 측정한 ADC값과 확산강조영상에서의 육안적 신호강도는 표에 정리하였다 (Table 1, 2).

림프종, 뇌전이암, 수막종, 고등급 교종 등의 순으로 낮은 ADC값을 보였고 신경초종이나 혈관모세포종 등은 높은 ADC값을 보였으며 낮은 ADC값을 보이는 종양군일수록 육안적 신호강도는 밝게 보였다.

고등급 교종의 육안적 신호강도는 저등급교종에 비해 유의하게 높았고 ($p < 0.01$) ADC값에는 유의한 차이는 없었다 ($p > 0.1$) (Fig. 1, 2). 고등급 교종과 림프종을 비교하면 ADC값



A B

Fig. 1. A 68-year-old female patient with glioblastoma.
A. Axial T2-weighted image shows an ill-defined heterogeneously hyperintense lesion in the left temporo-occipital lobe (arrows).
B. The peripheral solid portion of the tumor (arrowhead) is bright signal intensity (visual grade IV), and central necrotic portion (arrow) reveals low signal intensity (visual grade I) on diffusion-weighted image.

은 유의하게 림프종이 낮았으나, 육안적 신호강도의 등급에는 뚜렷한 차이 없이 높은 신호강도를 보였다. 고등급 교종과 뇌전이의 비교에서도 ADC값에서만 뇌전이가 더 낮았다. 림프종과 뇌전이의 비교에서는 ADC값과 육안적 신호강도 등급 모두 유의한 차이를 보이지 않았다 (Fig. 3, 4).

선암의 뇌전이의 경우 ADC값은 $1.30\pm0.20\times10^{-3}$ mm²/sec로 비선암의 ADC값인 $0.76\pm0.29\times10^{-3}$ mm²/sec와 비교할 때 통계적으로 유의하게 높았으며 ($p < 0.01$) 육안적인 신호강도의 등급도 유의하게 낮았다 ($p < 0.05$).

수막종의 경우 평균 ADC값은 $1.03\pm0.25\times10^{-3}$ mm²/sec으로 낮은 편이었으며 육안적 신호강도는 15예중 14예에서 회질과 비슷하거나 높은 신호강도를 보였다 (Fig. 5). 4예의 신경초종은 육안적 신호강도가 4예 모두 백질과 비슷하거나 낮은 정도의 저신호강도를 보였고 ADC값도 $1.78\pm0.72\times10^{-3}$ mm²/sec로 높은 편이었다. 소뇌에 호발하는 혈관모세포종의 ADC값은 $2.52\pm0.44\times10^{-3}$ mm²/sec로 높은 값을 보였고 육안적 신호강도는 낮았다 (Fig. 6).

정상 회질 및 백질의 ADC값은 각각 0.88×10^{-3} mm²/sec,

Table 1. Apparent Diffusion Coefficients (ADCs) of 76 Intracranial Tumors

Tumors (No.)	ADCs (10^{-3} mm²/sec)		Relative ADCs		Visual grade I-IV*
	Range	Mean±SD	Range	Mean±SD	
High-grade glioma (20)	0.27 - 1.80	1.27±0.43	0.38 - 2.65	1.72±0.64	IV (12), III (8)
Low-grade glioma (5)	1.14 - 1.83	1.51±0.32	1.54 - 2.80	2.14±0.50	III (4), II (1)
Meningioma (15)	0.75 - 1.34	1.03±0.25	0.94 - 2.24	1.42±0.32	IV (6), III (8), II (1)
Metastasis (14)	0.56 - 1.35	0.97±0.31	0.61 - 2.11	1.35±0.49	
Adenocarcinoma (7)	1.05 - 1.35	1.30±0.20	1.32 - 2.11	1.70±0.30	IV (1), III (6)
Nonadenocarcinoma (7)	0.56 - 1.24	0.76±0.29	0.61 - 1.57	1.01±3.39	IV (5), II (2)
Lymphoma (6)	0.72 - 1.06	0.80±0.23	0.56 - 1.71	1.14±0.41	IV (5), III (1)
Schwannoma (4)	1.07 - 2.51	1.78±0.72	1.74 - 3.60	2.60±0.94	II (4)
Hemangioblastoma (3)	2.11 - 2.99	2.52±0.44	2.50 - 3.99	3.32±0.76	II (3)
Craniopharyngioma (2)	1.96, 2.38		2.18, 3.70		II (1), I (1)
Ganglioglioma (2)	1.12, 3.05		1.60, 4.44		II (1), I (1)
Pineal gland tumor (1) (WHO grade III)	1.03		1.48		IV (1)
Choroid plexus papilloma (1)	1.21		1.64		II (1)
DNET (1)	2.64		3.45		II (1)
Ependymoma (1)	1.37		1.74		III (1)
Germinoma (1)	0.90		1.21		IV (1)

*: Visual grade of signal intensity of tumor
IV = Signal intensity higher than that of gray matter
III = Signal intensity similar to that of gray matter
II = Signal intensity lower or similar to that of white matter
I = Signal intensity similar to that of cerebrospinal fluid
DNET = Dysembryoplastic neuroepithelial tumor

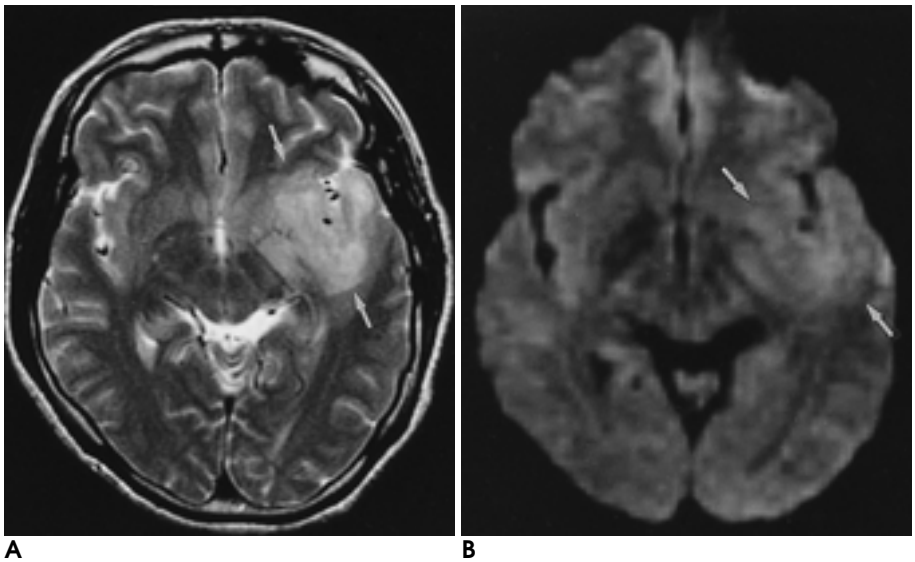


Fig. 2. A 48-year-old female patient with low grade oligoastrocytoma.
A. Axial T2-weighted image shows an ill-defined lesion of high signal intensity in the left temporal lobe and insula (arrows).
B. On diffusion-weighted image, the signal intensity of the tumor is slightly higher than that of normal gray matter (visual grade IV) (arrows).

0.76×10^{-3} mm^2/sec으로 측정되었고, 종양의 괴사성 혹은 낭성부분의 ADC값은 $2.69\pm0.55\times10^{-3}$ mm^2/sec로 높았다. 두 b value를 각각 달리한 2점 방식에서의 측정치를 비교할 때 b value가 0 과 900일 때에 300 과 900일 때보다 높게 측정되는 경향이 있었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다 (Table 2).

Table 2. Two-Point Estimations of Apparent Diffusion Coeffients with Different Two b Values in 21 Patients

	Mean ADCs (10^{-3} mm^2/sec)		No. of measurements
	b1 = 300 sec/mm^2 b2 = 900 sec/mm^2	b1 = 0 sec/mm^2 b2 = 900 sec/mm^2	
Gray matter	0.79	0.88	21
White matter	0.71	0.76	21
Cerebrospinal fluid	3.33	3.63	14
Solid portion of tumor	1.30	1.29	21
Cystic/necrotic portion of tumor	2.74	3.08	5

ADCs = Apparent Diffusion Coefficients

고 찰

확산강조영상은 T2이완시간에 영향을 받아 T2이완시간이 연장될수록 확산강조영상에서도 고신호강도를 보이게 된다 (T2 shine - through effect) (12). 이러한 T2이완시간에 따른 영향을 상쇄하기 위해 확산자계경사 (b value)를 달리하여 반복 획득한 확산강조영상들에서 신호강도의 감쇄를 계산하여 화소단위별로 확산정도를 정량화한 현성확산계수를 산출해낼 수 있다 (1).

조직 내 물분자의 확산 방향과 정도는 매질의 점도, 확산장애물의 분포와 투과성, 미세혈관내의 혈류나 세포막의 물의 능동이동 등의 다양하고 복잡한 요인들에 의해서 영향을 받는다 (10, 13). 그러나 거대분자나 세포막내에 존재하는 물분자나

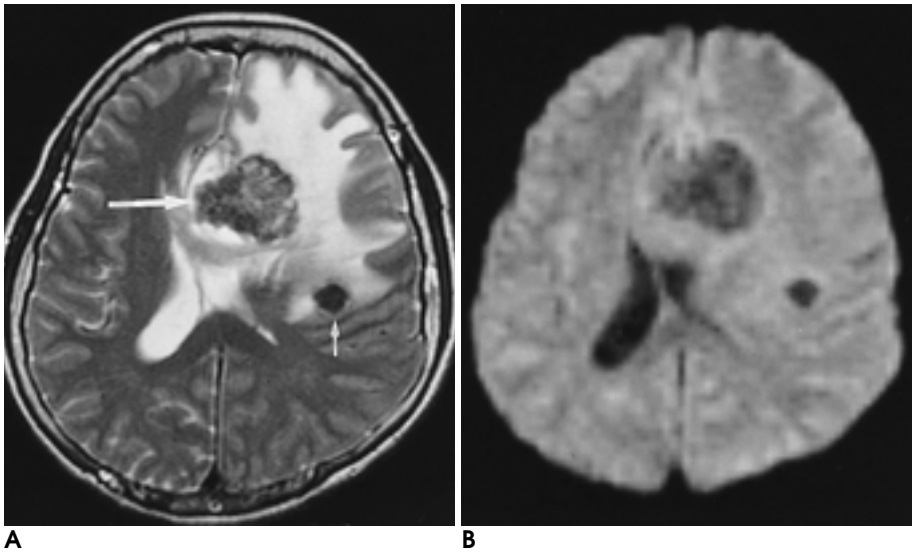


Fig. 3. A 55-year-old female patient with brain metastasis from adenocarcinoma of rectum.
A. Axial T2-weighted image shows a heterogeneously low signal intensity mass with profuse surrounding edema in the right frontal lobe (long arrow). There is another dark signal mass in the left parietal lobe (short arrow).
B. On diffusion-weighted image, most areas of the tumors demonstrate low signal intensity (visual grade I).

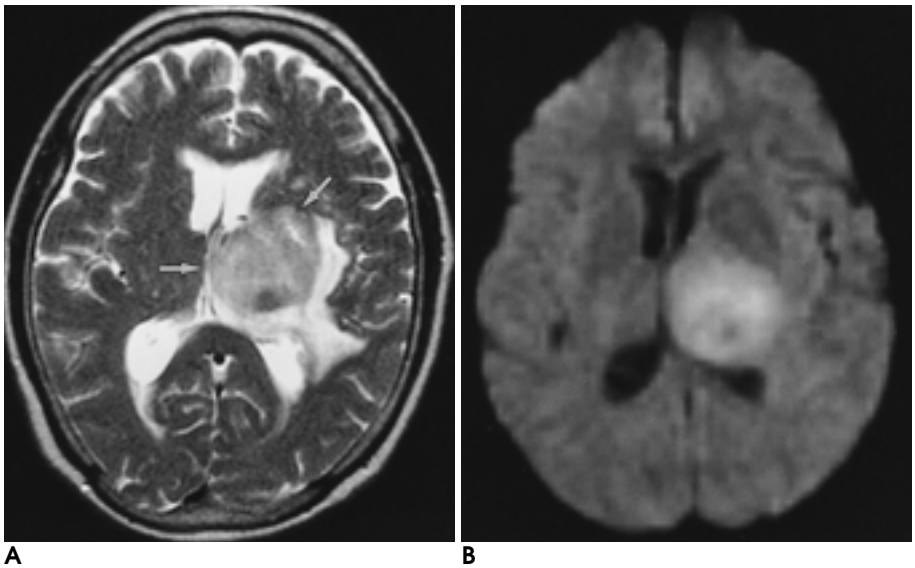


Fig. 4. A 67-year-old female patient with CNS lymphoma.
A. Axial T2-weighted image shows a slightly high signal intensity mass in the left thalamus (arrows).
B. On diffusion-weighted image, the signal intensity of the tumor is higher than that of normal gray matter (visual grade IV).

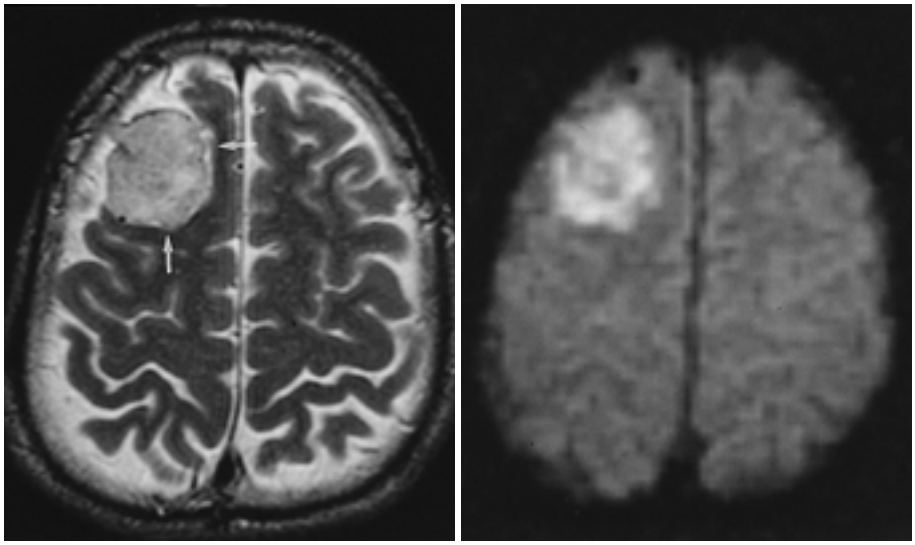


Fig. 5. A 52-year-old male patient with meningioma.
A. Axial T2-weighted image shows an extra-axial mass in the left frontal convexity (arrows).
B. On diffusion-weighted image, the mass is heterogeneously bright signal intensity (visual grade IV).

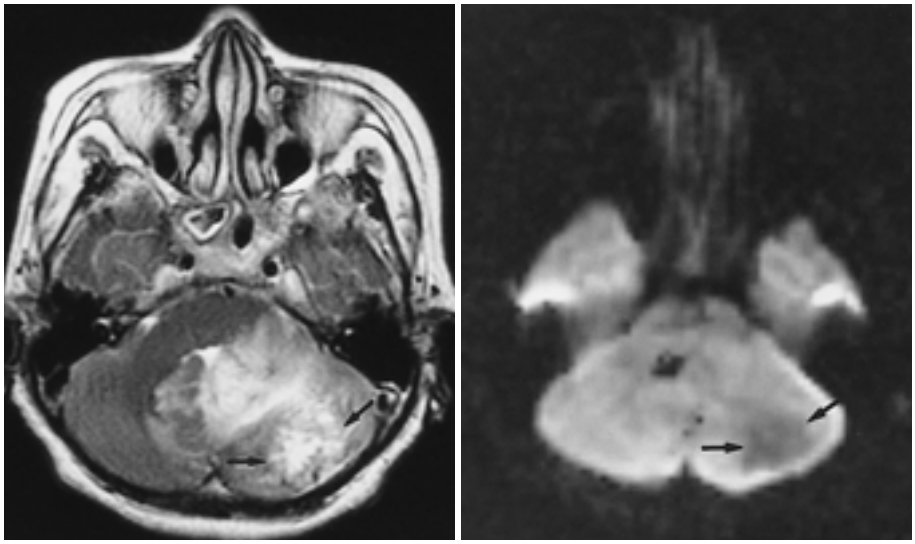


Fig. 6. A 16-year-old female patient with cerebellar hemangioblastoma.
A. Axial T2-weighted image shows a heterogeneously high signal mass with surrounding edema in the left cerebellar hemisphere (arrows).
B. On diffusion-weighted image, the signal intensity of the tumor is lower than that of normal gray matter (visual grade II) (arrows).

수소원자는 상대적으로 확산에 제한을 받고 극히 짧은 T2이완시간을 갖고 있어 확산강조영상의 영상획득에 영향을 끼치는 주요인자는 간질조직에 포함된 물분자이고 종양의 세포충실성이 높을수록 간질조직내 물분자의 확산이 저해된다 (1). 따라서 세포충실성이 높은 종양일수록 확산강조영상에서 높은 신호강도를 보이고 낮은 ADC값을 나타낸다.

저자들의 연구에서 고등급 교종과 저등급 교종을 비교할 때 고등급 교종의ADC값과 상대적 ADC값이 약간 낮게 측정되었으나 통계적으로 유의한 정도의 수준은 아니었으며, 이러한 경향은 DeLaPaz등 (11)의 보고에서도 ADC값으로 고등급 교종과 저등급 교종을 감별하기는 어렵다고 한 결과와 비슷하였다. 그러나 Sugahara 등 (14)은 고등급 교종과 저등급 교종의 ADC값에 유의한 차이가 있다고 보고하였고 이러한 결과는 주로 종양의 세포충실성의 차이에 따른 것으로 ADC값이 교종의 등급구분에 도움이 될 것이라고 하였다. 저자들의 경우 고등급 및 저등급 교종간에 ADC값에 뚜렷한 통계적인 차이는 없었으나, 고등급 교종에서 낮은 ADC값을 보이는 경향이 있었고, 확산강조영상에서 육안적 신호강도의 등급은 고등급 교종이 유의하게 높은 것으로 나타나 확산강조영상이 교종의 등급구분에 필요한 추가적인 정보를 줄 것으로 생각된다.

본 연구에서 림프종의 평균 ADC값이 0.89×10^{-3} mm^2/sec로 낮은 것도 림프종의 높은 세포충실성때문으로 생각되며, DeLaPaz 등 (11)의 보고에서도 림프종이 0.77×10^{-3} mm^2/sec의 낮은 ADC값을 나타내었는데, 림프종의 낮은 ADC값은 림프종의 특징적인 소견으로 생각된다. 마찬가지로 비교적 ADC값이 낮은 뇌전이암이나 뇌수막종, 그리고 증례수는 적으나 상의세포종, 배아종 등도 세포충실성이 높기 때문에 낮은 ADC값을 보이는 것으로 생각된다. 한편 신경초종이나 혈관모세포종에서 높은 ADC값을 보이는 것은 세포충실성이 낮고 상대적으로 간질조직이 풍부한 때문으로 생각되고, 특히 혈관모세포종의 경우 종양내부의 풍부한 혈관공간에 의해 물분자의 확산이 비교적 자유롭게 이루어져 매우 높은 ADC값을 나타내는

것으로 생각된다.

두개강내 다발성으로 발생하는 대표적인 종양들인 고등급 교종, 림프종, 전이암 을 비교할 때 림프종, 전이암, 고등급 교종의 순서로 ADC값이 낮았고, 육안적 신호강도도 상대적으로 좀 더 높은 경향을 보였다. 그러나 림프종이나 전이암의 ADC값은 고등급 교종과 비교할 때 통계적으로 유의한 정도로 낮으나 육안적 신호강도의 세기는 통계적으로 유의한 정도로 높지는 않았으며 림프종과 전이암 사이에는 ADC값과 육안적 신호강도 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

두개강내 소뇌교각부에 가장 호발하는 축외종양인 수막종과 신경초종의 경우 이들 두 종양은 통상적인 자기공명영상에서 비슷한 형태와 신호강도를 보일 수 있어서 감별진단이 어려운 경우가 있으나, 본 연구의 확산강조영상에서는 수막종의 육안적 신호강도가 신경초종보다 높은 경우가 대부분이었고 ADC값도 각각 $1.03\pm0.25\times10^{-3}$ mm^2/sec, $1.78\pm0.72\times10^{-3}$ mm^2/sec로서 유의한 차이를 보이는 것으로 나타나 감별진단에 도움이 될 것으로 생각된다. 또한 소뇌에 호발하는 혈관모세포종의 경우 증례수가 적어 통계처리는 하지 않았으나, 본 연구에 포함된 종양군중에서 가장 높은 ADC값을 보였다. 소뇌에 다발성으로 발생한 혈관모세포종의 경우 괴사성 혹은 비괴사성 전이암과의 감별이 문제되는 경우가 있는데, 혈관모세포종은 확산강조영상에서 저신호강도를 보이고 높은 ADC값을 나타내므로 전이암과의 감별점이 되리라 본다.

Krabbe 등 (8)의 보고에서는 6예의 선암 및 1예의 흑색종의 뇌전이암의 평균 ADC값은 2.00×10^{-3} mm^2/sec으로 교종과 비교할 때 유의하게 높았다고 하였으나, 저자들의 증례에서는 고등급 교종과 전이암의 ADC값을 비교할 경우 전이암의 ADC값이 교종에 비해 유의하게 낮았는데 아마도 이러한 차이는 Krabbe 등 (8)의 연구에 포함된 뇌전이암이 대부분 선암인 때문으로 생각되며 저자들의 증례에서도 선암만을 따로 비교할 경우에는 교종과 유의한 차이가 없었다. 또한 전이암의 경우 뇌병소의 조직학적 진단이 없는 경우가 많아 평가에 제한이 있으나, 선암과 비선암의 ADC값은 각각 1.30×10^{-3} mm^2/sec와 0.76×10^{-3} mm^2/sec으로 유의한 차이를 보였고 상대적 ADC값 및 육안적 신호강도의 분석에서도 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.05$). 선암의 뇌전이 7예 중 3예의 직장암의 뇌전이에서 종양의 중심부위에 변연부보다 약한 조영증강을 보이면서 T2강조영상 및 확산강조영상에서 아주 낮은 신호강도를 나타내고 이 부위에서 측정한 ADC값이 0.73, 0.97, 1.04×10^{-3} mm^2/sec로 대체로 낮은 값을 보였는데, ADC값이 낮음에도 불구하고 확산강조영상에서 육안적 신호강도가 낮은 것은 T2 강조영상에서의 신호강도가 낮기 때문으로 추측된다. Carrier 등 (16)은 T2 강조영상에서 선암의 뇌전이가 낮은 신호강도를 보이는 이유로서 선암에 풍부한 점액성분 (뮤신)때문이라기 보다는 정상뇌조직 이외의 체조직이 일반적으로 정상뇌조직보다 짧은 T2이완시간을 갖기 때문이라고 하였다. 그러나 저자들의 증례에서 비선암의 뇌전이는 선암과는 달리 T2 강조영상에서 낮은 신호강도를 보이지 않았고, 선암의 경우에도 강한 조영증강을 보이는 부분은 T2강조영상에서 높은 신호강도를 보이는 경우가 많아 뇌조직 이외의 체조직의 전반적인 T2이완시간의 단축으로는 설명이 어려우며, Yock (17)나 Egelhoff 등 (18)의 설명처럼 선암에 풍부한 점액성분때문에 T2강조영상에서 낮은 신호강도를 보이고 이러한 T2강조영상에서의 신호강도가 확산강조영상에 반영되는 것으로 보인다. 하지만 확산강조영상에서 전이암간, 혹은 선암내부에서 보이는 소견의 차이점에 대해서는 점액성분만으로는 모두 설명하기 힘들고 원발암의 다양한 조직성분과 뇌조직의 반응이 영향을 미칠 것으로 생각되며 앞으로 더욱 많은 증례 및 병리 소견과의 비교를 통한 연구가 필요할 것으로 보인다.

Burdette 등 (19)은 ADC의 측정에 관한 기술적인 보고에서 2점 방식의 측정법이 6점 방식에 비해 ADC가 높게 계산되는 경향이 있다고 하였고 이는 특히 ADC를 구하는 연산식에서는 낮은 b value에서의 비선형성때문이라고 하였다. 그러나 넓은 ADC분포역에서도 2점 방식과 6점 방식간에 비교적 좋은 연관성을 보여 간편한 2점 방식을 채택해도 무방할 것이라 하였고, Xing 등 (20)은 2점 방식 측정에 가장 적정한 b value로서 b1=300, b2=1500±100을 제안하였는데, 저자들의 경우 21예에서 b value가 300인 확산강조영상을 따로 얻어, 2점 방식으로 ADC를 측정할 경우 2점의 b value 가 각각 0과 900일 때와 300과 900일 때를 비교해 보았는데 유의한 차이는 없었다.

요약하면 확산강조영상은 분자환경에서 물분자의 확산특성을 반영하며 물분자의 확산이 억제되는 환경, 즉 종양의 경우 세포충실성이 높을수록 고신호강도와 낮은 ADC값을 보였다. 저자들의 증례에서 림프종, 뇌전이암, 고등급 교종, 뇌수막종 등의 낮은 ADC값과 높은 신호강도는 종양의 세포충실성을 반영하는 것으로 생각되며 또한 역으로 신경초종이나 혈관모세포종의 경우 높은 ADC값과 낮은 신호강도를 보이는 것은 세포충실성이 낮기 때문으로 생각된다. 교종의 경우 고등급일수록 낮은 ADC값과 확산강조영상에서 고신호강도를 보이는 경향을 나타냈으며, 전이암의 경우 비선암에 비해 선암이 좀더 높은 ADC값을 보이고 확산강조영상에서 좀더 낮은 신호강도를 보였으나 전이암의 확산강조영상에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

결론적으로 두개강내 종양은 확산강조영상에서 다양한 신호강도와 ADC값을 나타내었고 교종의 등급 구분, 림프종의 진단 및 일부 종양의 감별진단에 필요한 추가적인 도움을 줄 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Le Bihan D, Breton E, Lallemand D, Grenier P, Cabanis E, Laval-Jeantet M. MR imaging of intravoxel incoherent motiions: application to diffusion and perfusion in neurologic disorders. *Radiology* 1986;161:401-407
2. Moseley ME, Kucharczyk J, Mintorovitch J, et al. Diffusion-weighted MR imaging of acute stroke: correlation with T2-weighted and magnetic susceptibility-enhanced MR imaging in cats. *AJNR Am J Neuroradiol* 1990;11:423-429
3. Sevick RJ, Kanda F, Mintorovitch J, et al. Cytotoxic brain edema :

assessment with diffusion-weighted MR imaging. *Radiology* 1992; 185:687-690
4. Chien D, Kwong KK, Gress DR, Buonanno FS, Buxton RB, Rosen BR. MR diffusion imaging of cerebral infarction in humans. *AJNR Am J Neuroradiol* 1992;13:1097-1102
5. Tsuruda JS, 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. Kim YJ, Chang KH, Song IC, Kim HD, et al. Brain abscess and necrotic or cystic brain tumor : discrimination with signal intensity on diffusion-weighed MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 1998;171: 1487-1490
7. Tien RD, Felsberg GJ, Friedman H, Brown M, MacFall J. MR imaging of high-grade cerebral gliomas: value of diffusion-weighted echoplanar pulse sequences. *AJR Am J Roentgenol* 1994;162: 671-677
8. Krabbe K, Gideon P, Wagn P, Hansen U, Thomsen C, Madsen F. MR diffusion imaging of human intracranial tumors. *Neuroradiology* 1997;39:483-489
9. 김영준, 장기현, 송인찬, 김홍대 등. 다양한 두개강내 질환의 확산강조 자기공명영상 : 임상적 유용성. *대한자기공명의과학회지* 1998;2 :104-112
10. Brunberg JA, Chenevert TL, McKeever PE, Ross DA, Junck LR, Muraszko KM, et al. In vivo MR determination of water diffusion coefficients and diffusion anisotropy:correlation with structural alteration in gliomas of the cerebral hemispheres. *AJNR Am J Neuroradiol* 1995;16:361-371
11. DeLaPaz RL, Knott A, Rohan M, Matuzek M. Diffusion-weighted echo-planar imaging of brain tumors. *J Magn Reson Imaging* 1994, 4 (suppl):97
12. Le Bihan D. *Diffusion and perfusion with MR imaging.* In: RSNA 1997 Syllabus: *Categorical course in physics: The basic physics of MR imaging*, Riederer SJ, Wood ML (eds), 131-144. Oakbrook, IL, RSNA publications, 1997
13. Tanner JE. Intracellular diffusion of water. *Arch Biochem Biophys* 1983;224:416-754
14. Sugahara T, Kogori Y, Kochi M, Ikushima I, et al. Usefulness of diffusion-weighted MRI with echo-planar technique in the evaluation of cellularity in gliomas. *J Magn Reson Imaging* 1999;9:53-60
15. Douek P, Turner R, Pekar J, Patronas N, Le Bihan D. MR color mapping of myelin fiber orientation. *J Comput Assit Tomogr* 1991; 15:923-929
16. Carrier DA, Mawad ME, Kirkpatrick JB, Schmid MF. Metastatic adenocarcinomas to the brain: MR with pathologic correlation. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994;15:155-159
17. Yock DH. *Imaging of CNS disease: a CT and MR teaching file*, 2ed, St. Louis: Mosby-Year Book, 1991: 9
18. Egelhoff JC, Ross JS, Modic MT, Masaryk TJ, Estes M. MR imaging of metastatic GI adenocarcinoma in brain. *AJNR Am J Neuroradiol* 1992;13: 1221-1224
19. Burdette JH, Elster AD, Ricci PE. Calculation of apparent diffusion coefficients (ADCs) in brain using two-point and six-point methods. *J Comput Assist Tomogr* 1998;22: 792-794
20. Xing D, Papadakis NG, Huang CL, Lee VM, Carpenter TA, Hall LD. Optimized diffusion-weighting for measurement of apparent diffusion coefficient (ADC) in human brain. *Magn Reson Imaging* 1997;15:771-784

J Korean Radiol Soc 2000;43:387 - 394

Diffusion MR Imaging in Patients with Intracranial Tumors[1]

Sung Wook Shin, M.D., Dong Gyu Na, M.D., Hong Sik Byun, M.D.,
Yong-Seon Pyeun, M.D., Jae Hyung Kim, M.D., Keong Ah Kim, M.D., Sung Ki Cho, M.D.,
Hye Kyung Yoon, M.D., Jae Wook Ryoo, M.D., Do Hyun Nam, M.D.[2], Jong Hyun Kim, M.D.[2]

[1]Department of Radiology, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine
[2]Department of Neurosurgery, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine

Purpose: To assess the usefulness of diffusion-weighted MR imaging in patients with intracranial tumors.
Materials and Methods: Using the single-shot spin echo EPI technique on a 1.5T unit and two gradient steps(b values of 0, 900 s/mm^2), diffusion-weighted MR images (DW-MRI) of 76 patients with various intracranial tumors including high-grade glioma (n = 20), meningioma (n = 15), metastasis(n = 14), lymphoma (n = 6), low-grade glioma (n = 5), schwannoma (n = 4), cerebellar hemangioblastoma (n = 3), - and others- were obtained. The signal intensity of each tumor was visually assessed as one of four grades, and this and apparent diffusion coefficient(ADC) were analyzed in the solid and cystic portions of tumors, normal gray matter, white matter and CSF.
Results: Lymphomas, metastases, meningiomas, and high- and low-grade gliomas showed low ADC values in increasing order. Tumors showing high signal intensity on DW-MRI had low ADC values. Visual assessment whowed that solid portions of high-grade gliomas were significantly more hyperintense than those of low-grade gliomas. There was, however, no significant difference in ADCs between high- and low-grade gliomas. Lymphoma a and metastases showed significantly higher signal intensities on DW-MRI and lower ADCs than did high-grade gliomas. There were significant differences in signal intensities, as seen on DW-MRI, and in ADCs, between metastatic adenocarcinomas and non-adenocarcinomas. Schwannomas and cerebellar hemangioblastomas showed low signal intensities and high ADC values.
Conclusion: DW-MRI appears to provide an additional means of examining intracranial tumors, not available with conventional MRI, and may thus be helpful in the grading of gliomas and the differential diagnosis of some intracranial tumors.

Index words : Brain, MR
Brain neoplasms
Brain neoplasms, MR
Brain neoplasms, metastases
Brain neoplasms, diagnosis

Address reprint requests to : Dong Gyu Na, M.D., Department of Radiology, Samsung Medical Center,
Sungkyunkwan University School of Medicine, 50 Ilwon-Dong, Kangnam-Ku, Seoul 135-710, Korea.
Tel. 82-2-3410-0516 Fax. 82-2-3410-2559