대한방사선의학회지 2000;43:257 - 264

뇌종양 환자의 조영증강 급속 Fluid-attenuated Inversion Recovery MR 영상[1]

김찬교 · 나동규 · 유재욱 · 변홍식 · 윤혜경 · 김종현[2]

목적: 뇌종양 환자에서 조영증강 급속 FLAIR (Fluid-attenuated Inversion Recovery) 영상의 진단적 유용성을 평가하였다.

대상과 방법: 병리학적으로 진단된 뇌종양 31예와 뇌 전이암으로 임상 진단을 받은 9예를 대상으로 하였다. 모든 예에서 T2 강조영상, 급속 FLAIR 영상, 조영증강 급속 FLAIR 영상 및 조영증강 T1 강조영상을 촬영하였다. 육안적 분석으로 종양의 명확도(conspicuity)에 관하여 각 영상 기법을 비교 분석하였으며, 종양과 주위 부종이 구분되는 정도는 조영증강 급속 FLAIR 영상을 조영전 급속 FLAIR, T2 강조영상과 비교 분석하였다. 정량적 분석으로 종양과 정상 백질 사이의 대조도 대 잡음비를 측정하여 각 영상 기법을 비교하였다.

결과: 육안적으로 분석한 뇌종양의 명확도는 조영증강 급속 FLAIR 영상이 급속 FLAIR 영상보다 60% (24/40)에서 우수하였고, 70% (28/40)에서 T2 강조영상보다 우수하였으며, 조영증강 T1 강조영상은 58% (23/40)에서 조영증강 급속 FLAIR 영상보다 우수하였다. 종양 주위로 부종이 있었던 27예 중 22예 (81%)에서 조영증강 급속 FLAIR 영상이 T2 강조영상과 급속 FLAIR 영상보다 우수하였다. 뇌종양의 대조도 대 잡음비(CNR)는 조영증강 급속 FLAIR 영상이 가장 높았고 급속 FLAIR 영상이 가장 낮았다. 뇌수막 전이가 있었던 고등급 교종 3예 중 2예에서 조영증강 급속 FLAIR 영상이 조영증강 T1강조영상보다 뇌수막 전이의 진단에 부분적으로 우수하였다.

결론: 뇌종양 환자에서 조영증강 급속 FLAIR 영상은 통상적 영상들을 대치하기는 어려우나, 교종의 범위 평가 및 뇌수막 전이의 진단에 관하여 추가적 영상 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

급속 FLAIR 영상 기법은 Hajnal 과 White등 (1, 2)에 의해 처음 기술되었는데, 긴 T2 이완 시간과 뇌척수액의 신호강도를 억제하는 급속 FLAIR영상은 뇌실질내 병변과 주위 뇌척수액과의 대조도를 증가 시키기 때문에 뇌 병변의 진단에 있어서 스핀에코 T2 강조 및 양자밀도 강조영상과 비교하여 뇌척수액과 인접한 뇌실질의 병변을 진단하는 데에 우수한 검사법이다 (3, 4). 또한, 급속 FLAIR 영상은 경미한 T1 강조 효과로 인해 조영제에 의한 조영증강 효과를 나타내는 근거를 갖는다 (5).

대부분의 뇌 종양은 양자밀도나 T2 강조영상에서 종양의 T2 이완시간 증가로 인해 고 신호강도를 나타내는데, T2 강조영상에서는 뇌척수액과 종양, 종양 주위의 부종이 모두 고신호강도를 나타내므로, T2 강조영상만으로는 종양과 주위 부종과의 경계를 명확히 구분하기 어려울 수 있으며, 종양이 뇌척수액과 가까이 위치하거나 뇌척수액 경계에 위치한 경우는 종양의 범위를 명확히 파악하기가 어려울 수 있다 (6). 급속 FLAIR 영상은 T2 강조영상과는 달리 뇌척수액의 신호강도가 억제되므로 뇌척수액과의 경계에 위치한 종양의 대조도가 T2 강조영상보다는 높지만, 종양과 주위 부종과의 경계의 구분은 급속 FLAIR 영상만으로는 명확하지 않을 수 있다. 따라서 저자들은 급속 FLAIR 영상이 조영증강 효과를 갖고 있는 점을 고려하여 조영증강 급속 FLAIR 영상이 종양의 대조도를 향상시킬 수 있다고 추정하였다. 본 연구에서는 T2 강조영상, T1 강조영상 및 조영전 후 급속 FLAIR 영상을 비교 하여 뇌종양의 진단에 있어서 조영증강 급속 FLAIR 영상의 임상적 유용성을 평가하고자 하였다.

대상과 방법

24개월 동안 (97.5 - 99.5) 본원에서 뇌종양으로 진단된 40

[1]성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 진단방사선과학교실
[2]성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 신경외과학교실
이 논문은 2000년 2월 18일 접수하여 2000년 7월 18일에 채택되었음.

예를 대상으로 하였으며 교종이 21예(다형성 교종 8예, 신경교종증 4예, 핍지교종 4예, 원섬유성성상세포종 4예, 모양세포성상세포종 1예), 뇌전이암 13예(폐 소세포암 5예, 폐선암 3예, 대장선암 3예, 폐 편평상피암 1예, 간세포암 1예) 및 림프종 6예였다. 원발성 뇌종양 27예는 수술 혹은 생검을 통해 모두 병리조직학적으로 확진 되었으며, 뇌 전이암 13예 중 병리조직학적으로 진단된 예는 4예였고 9예는 임상적으로 최종 진단 되었다. 환자의 연령은 11-77세로 평균 52세 였고 남녀비는 22:18였다.

사용된 MR 기기는 1.5T GE signa (GE Medical Sys-tems, Milwaukee, WI, U.S.A.)였고, T1 강조영상 (TR/TE = 500/90 msec), 급속 스핀에코 T2 강조영상 (TR/TE = 3666/104 msec), 급속 FLAIR (TR/effective TE =10000/123 msec, inversion time = 2200 msec) 영상을 영상범위 21×21 cm, 기질 256×192로 하여 스캔하였고, 각 환자에서 같은 촬영시기에 같은 단면의 축상 영상을 얻었다. 조영증강 영상은 가돌리움 (Magnevist®, Schering, Germany) 0.1-0.15 mmol/Kg를 주입한 후 약 3분 후에 조영증강 급속 FLAIR 영상 (TR/TE/Inversion time = 10000/123/2200 msec)을 먼저 스캔한 후 연속적으로 동일 단면에서 조영증강 T1 강조 영상 (TR/TE = 500/90 msec)을 시행하였다.

2명의 방사선과 의사가 독립적으로 진단명을 모르는 상태에서 후향적으로 분석하였다. 육안적 분석으로 조영증강 급속 FLAIR 영상과 T1 강조영상에서 뇌 종양의 조영증강 여부를 평가하였다. T2 강조영상, 조영전 후 급속 FLAIR 영상 그리고 T1 강조영상을 각각 비교하여 종양의 명확도(conspicuity)에 대해서 어느 영상이 상대적으로 종양이 더 명확히 보이는지 차례로 평가하였다. 의견이 다른 경우에는 합의하여 결정하였다. 종양의 명확도에 대한 평가는 종양과 주위 뇌실질과의 대조도, 종양 경계의 명확한 정도를 기준으로 분석하였다.

종양과 종양 주위 부종과의 경계 구분에 관하여는 육안적으로 종양과 주위 부종의 신호강도 차이를 기준으로 하여 T2 강조영상과 조영전 후의 급속 FLAIR 영상을 각각 비교하여 어느 영상에서 상대적으로 종양이 더 명확히 보이는 가를 비교 분석하였다. 또한, 교종의 경우 뇌수막 전이를 파악 하는데 조영증강 T1강조 영상과 조영증강 FLAIR영상을 비교 분석하였다.

정량적 분석은 T2 강조영상, 조영증강 T1 강조영상 그리고 조영전 후 급속 FLAIR 영상 각각에서 종양과 정상 백질 사이

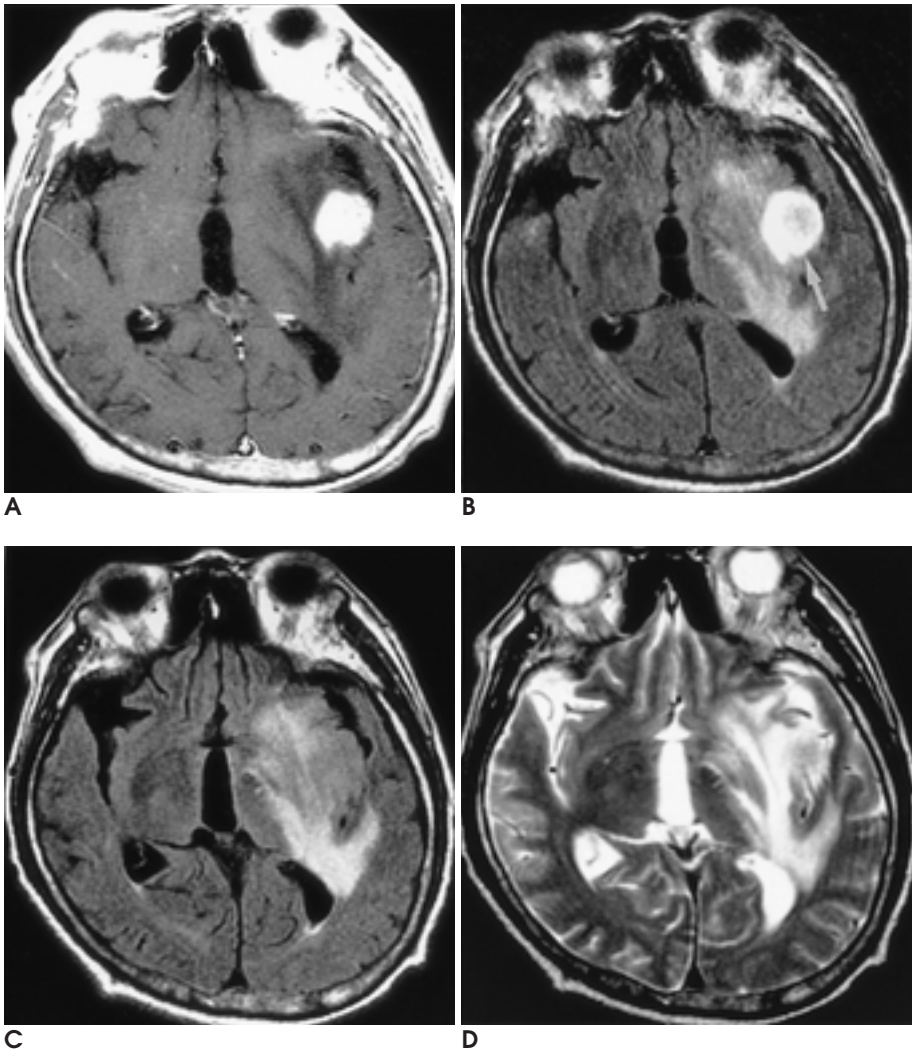

Fig. 1. A 69-year-old man with metastasis from small cell lung cancer.
Contrast-enhanced T1-weighted (**A**) and fast FLAIR (**B**) images show a strongly enhancing mass in the left insula (arrow). Contrast-enhanced fast FLAIR image shows clear distinction between tumor and surrounding edema. The distinction between tumor and edema is not clear on fast FLAIR (**C**) and T2-weighted (**D**) images. The conspicuity of tumor is best on contrast-enhanced T1-weighted and it is better on contrast enhanced fast FLAIR than on fast FLAIR or T2-weighed image.

의 대조도 대 잡음비를 구하여 비교 분석하였다. 종양과 정상 백질 사이의 대조도 대 잡음비는 종양, 정상 백질, 배경의 평균신호강도를 측정한 후 병변 대 정상 백질의 대조도 대 잡음비 (contrast to noise ratio, CNR)를 다음과 같은 수식에 의해 측정하였다. CNR=100×(종양의 신호강도 - 정상 백질의 신호강도)/ 배경 신호강도의 표준편차. 종양의 평균신호 강도는 조영 증강이 균일하게 되는 부위에서 가능한 많은 부위가 포함되도록 하여 크기가 10 - 20 mm^2 인 관심영역(region of interest)을 선택한 후 측정 하였으며 조영증강이 되지 않는 종양의 경우는 균일한 고형부위에서 측정하였다.

종양과 정상 백질의 CNR에 관하여 조영전 후 급속 FLAIR 영상, T2 강조영상 그리고 조영증강 T1 강조영상 간의 통계학적 차이 유무는 ANNOVA test 및 Kruskal - Wallis H 검정으로 분석하였다.

결 과

조영증강 T1 강조영상과 조영증강 급속 FLAIR 영상에서 총 40예의 뇌종양 중 34예에서 육안적으로 종양의 조영증강이 있었으며 교종 21예 중 16예, 전이암 13예 중 12예 그리고 림프종 6예 모두에서 있었다.

육안적 분석을 통해 총 40예의 뇌종양에서 종양의 명확도에 관한 각 영상 기법간의 분석결과는 Table 1에 요약하였다. 전체 종양에서 조영전 후 급속 FLAIR 영상을 비교하였을 때 조영증강 급속 FLAIR 영상이 급속 FLAIR 영상보다 60% (24/40)에서 우수하였고, 전이암에서는 85% (11/13)에서 조영증강 급속 FLAIR영상이 조영전 급속 FLAIR 영상보다 우수하게 평가되었다 (Fig. 1). 조영증강 T1강조영상과 조영증강 급속 FLAIR 영상을 비교하였을 때 조영증강 T1강조영상이 58%에서 특히 전이암과 림프종에서 조영증강 급속 FLAIR 영상보다 우수하였고 (Fig. 1, 2), 조영증강 급속 FLAIR 영상이 조영증강 T1 강조영상보다 우수한 경우는 15%였으며 비슷한 경우는 27%였다 (Fig. 3). 조영증강 급속 FLAIR 영상과 T2 강조영상을 비교했을 때 70%에서 조영증강 급속 FLAIR 영상이 우수하였다.

총 40예 중 27예에서 T2 강조영상에서 종양 주위로 부종

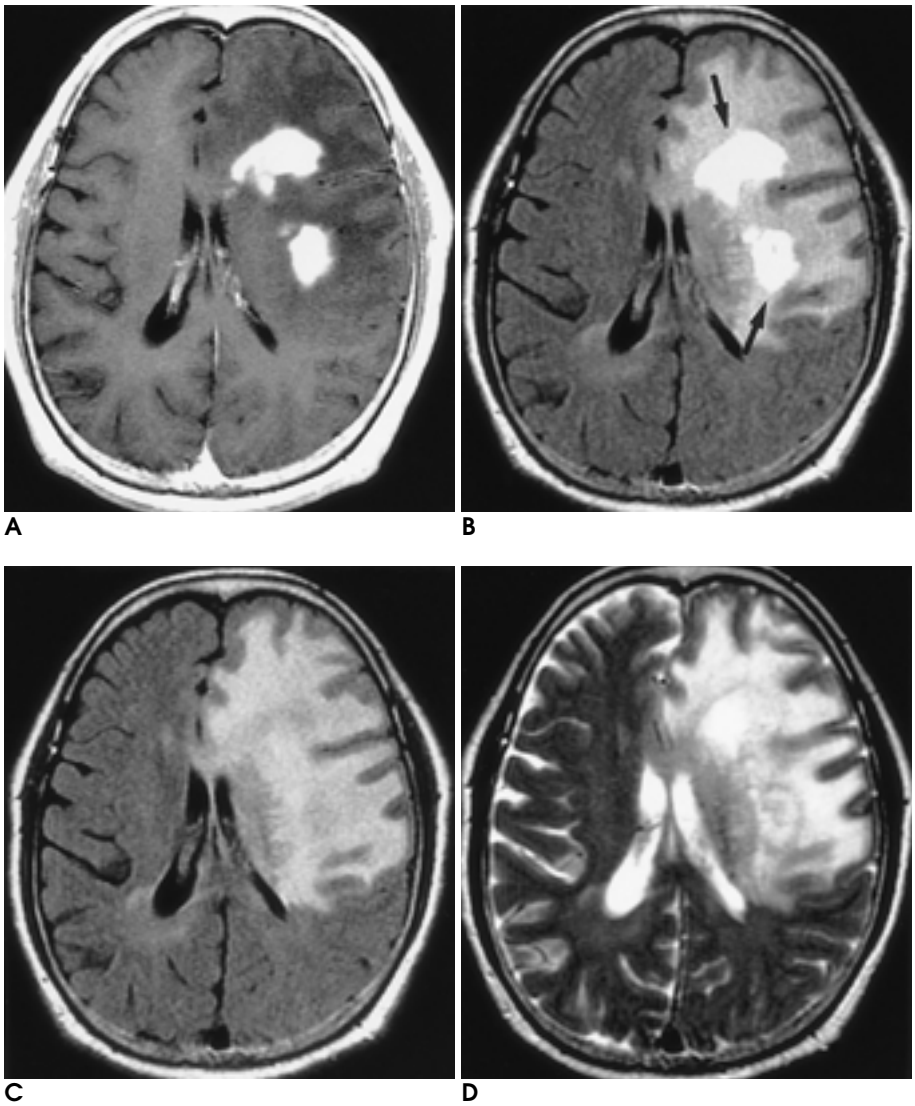

Fig. 2. A 55-year-old woman with lymphoma.
Contrast-enhanced T1-weighted (**A**) and fast FLAIR (**B**) images show strongly enhancing masses in the left frontal lobe (arrows). Contrast-enhanced Fast FLAIR image shows clear distinction between tumor and surrounding edema. Fast FLAIR (**C**) and T2-weighted (**D**) images show poor conspicuity and indistinct delineation of tumor because the high signal intensity of tumor is similar to surrounding edema. Although the conspicuity of tumor is best on contrast-enhanced T1 weighted image, contrast-enhanced fast FLAIR shows better conspicuity of tumor than fast FLAIR or T2-weighted image.

으로 생각되는 영상소견을 나타냈으며 뇌종양과 주위 부종사이 경계의 구분에 관하여 조영전 후 급속 FLAIR 영상과 T2 강조영상을 비교했을 때, 총 27예 중 22예 (81%)에서 조영증강 급속 FLAIR 영상이 T2강조영상과 급속 FLAIR 영상보다 종양과 부종사이과의 경계 구분이 우수하였다 (Fig. 1-3).

고등급 교종 9예 중 3예에서 뇌수막의 전이가 병리학적으로 진단되었고 조영증강 급속 FLAIR 영상과 T1 강조영상을 비교 하였을 때 뇌수막의 이상 조영증강 소견의 명확도는 1예에서는 T1 강조영상, 1예에서는 급속 FLAIR 영상이 우수하였고, 다른 1예는 위치에 따라서 부분적으로 T1 강조영상 혹은 급속 FLAIR 영상 이 우수한 결과를 나타냈다 (Fig. 4).

종양이 조영증강을 나타낸 34예에서 각 영상기법에서 전체 종양의 CNR 값은 조영증강 급속 FLAIR 영상 32.6±18.1, T2 강조영상 26.9±17.1, 조영증강 T1 강조영상 24.1±12.6, 조영전 급속 FLAIR 영상 12.3±10.0이였다 (Table 2). 교종의 경우 조영증강 급속 FLAIR 영상과 T2 강조영상이 가장 높은 CNR 값을 나타냈고, 전이암과 림프종에서는 조영증강 급속 FLAIR 영상이 CNR 값이 가장 높았다. 각 종양군의 조영증강

Table 1. Visual Assessment of Lesion Conspicuity in Brain Tumors

	Gliomas (n=21)	Metastases (n=13)	Lymphomas (n=6)	Total (n=40)
EF vs. F				
EF > F	10 (48%)	11 (85%)	3 (50%)	24 (60%)
EF = F	11 (52%)	2 (15%)	3 (50%)	16 (40%)
F > EF	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
EF vs. ET1				
EF > ET1	3 (14%)	3 (23%)	0 (0%)	6 (15%)
EF = ET1	11 (52%)	0 (0%)	0 (0%)	11 (27%)
ET1 > EF	7 (33%)	10 (77%)	6 (100%)	23 (58%)
EF vs. T2				
EF > T2	13 (62%)	11 (85%)	4 (67%)	28 (70%)
EF = T2	8 (38%)	2 (15%)	2 (33%)	12 (30%)
T2 > EF	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

EF: contrast-enhanced fast FLAIR,
ET1: contrast-enhanced T1-weighted image,
F: fast FLAIR, T2: T2-weighted image.
A > B; A is superior to B, A = B; A is equal to B,
A < B; B is superior to A

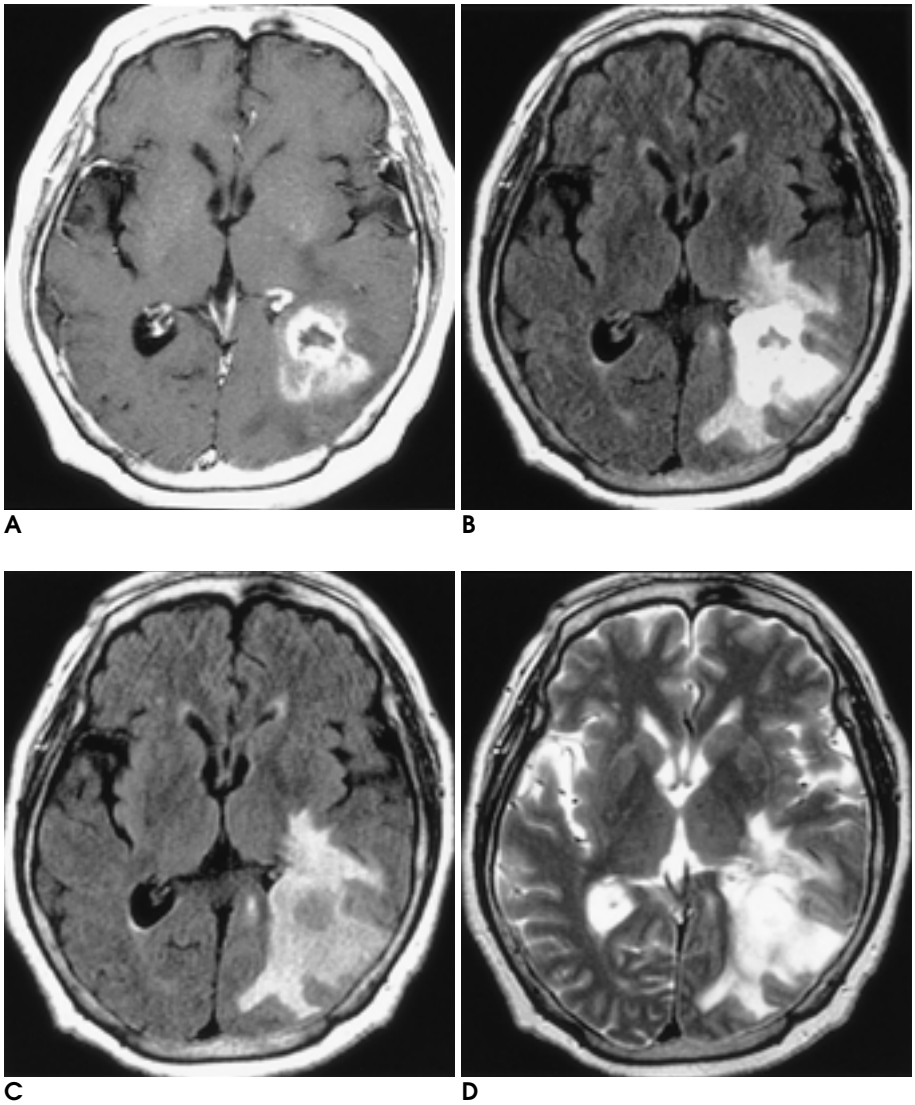

Fig. 3. A 67-year-old man with glioblastoma.
Contrast-enhanced T1-weighted (**A**) image shows an irregular enhancing mass in the left temporal lobe. The conspicuity of tumor is similarly better on contrast-enhanced T1-weighted (**A**) and fast FLAIR image (**B**) than on fast FLAIR (**C**) and T2-weighted image (**D**). Contrast-enhanced fast FLAIR image also shows clear distinction of enhancing tumor and surrounding edema.

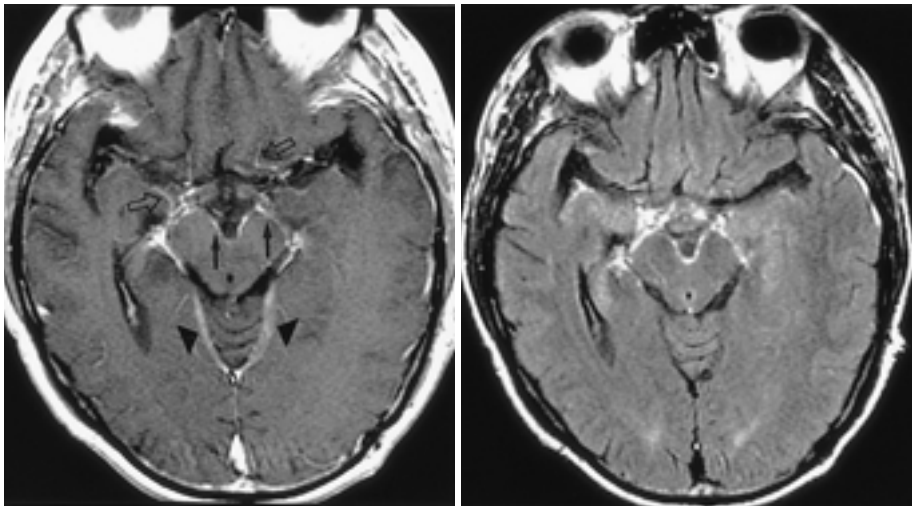

Fig. 4. A 45-year-old man with glioblastoma.
Contrast-enhanced T1-weighted (**A**) image shows leptomeningeal enhancement in interpeduncular and ambient cistern (arrows), venous structure (open arrows), and tentorium cerebelli (arrowheads) at the area of midbrain. Although leptomeningeal enhancement surrounding midbrain is seen on contrast-enhanced fast FLAIR (**B**) image, there is no demonstrable enhancement of tentorium cerebelli and veins.

Table 2. Contrast-to-Noise Ratio of Contrast-enhanced T1WI, Contrast-enhanced fast FLAIR, Fast FLAIR and T2WI in Brain Tumors

	EFLAIR	ET1WI	FLAIR	T2WI
Glioma (n=16)	35.4±20.2	24.3±15.6	15.4±12.9*	37.1±17.2
Metastasis (n=12)	27.1±14.5	22.4±11.1	8.6±6.2*	14.4±9.9
Lymphoma (n=6)	36.0±18.9	26.9±4.7	11.4±6.2*	24.5±11.2
Total (n=34)	32.6±18.1	24.1±12.6	12.3±10.0*	26.9±17.1

CNR: contrast to noise ratio, WM: white matter,
EFLAIR: contrast-enhanced fast FLAIR,
ET1WI: contrast-enhanced T1-weighted image,
FLAIR: fast FLAIR, T2WI: T2-weighted image.
*: Statistically significant between EFLAIR and FLAIR ($p < 0.05$)

급속 FLAIR 영상의 CNR 값은 교종 35.4±20.2, 전이암 27.1±14.5, 림프종 36.0±18.9로 급속 FLAIR 영상보다 통계적으로 유의하게 높은 수치를 나타내었고, 조영증강 급속 FLAIR 영상, T2 강조영상 및 조영증강 T1 강조영상 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

고 찰

급성 뇌경색, 탈수초화 질환, 지주막하 출혈, 외상에 의한 뇌실질 손상 및 염증성 질환을 진단하는 데에 급속 FLAIR 영상이 유용한 것으로 알려져 있다 (1 - 4, 7). 뇌 병변을 진단하는데 있어서 조영증강 급속 FLAIR 영상의 유용성은 아직 연구 단계지만 (6), 조영증강 급속 FLAIR 영상이 표재성 뇌병변, 즉 뇌수막 질환, 뇌막염 그리고 뇌피질 경색에 우수하다는 연구 결과가 있으며 (8), 최근 두개강내 종양에 관하여 조영증강 FLAIR 영상의 유용성에 대한 보고가 있다 (9).

조영증강 급속 FLAIR 영상은 T1강조효과에 의해 병변이 조영증강 되기 때문에 병변의 대조도가 조영전 급속 FLAIR 영상 보다 증가되고 병변의 경계가 분명해져 종양의 명확도가 향상될 수 있으며, 조영 증강되는 병변 범위를 파악할 수 있는 장점이 있다. 종양의 명확도를 육안적으로 분석한 본 연구 결과에 의하면, 전체 종양 중 60%에서 조영증강 급속 FLAIR 영상에서 조영전 FLAIR 영상 보다 명확도가 향상되었고 나머지 예에서는 비슷하였는데, 정량적 분석 결과에서도 조영전 FLAIR 영상 보다 CNR 값이 유의하게 증가되었다. 종양의 명확도가 조영증강 급속 FLAIR 영상에서 향상된 결과는 조영증강되는 종양의 경우 CNR 값의 증가에 의한 대조도 증가 및 조영증강 소견이 종양의 주변부를 따라 강하게 나타남으로써 병변 경계의 윤곽이 보다 명확해 지기 때문으로 생각된다. 육안적으로 평가한 종양의 명확도에 있어서 조영증강 급속 FLAIR 영상이 조영전 급속 FLAIR 영상과 비교하여 비슷했던 경우는 조영증강되지 않는 교종과 일부의 조영 증강되는 종양에서 나타났다. 조영 증강되는 종양에서 조영증강 급속 FLAIR 영상과 조영전 급속 FLAIR 영상이 명확도가 비슷했던 경우는 조영 전 영상에서 종양이 주위 부종 보다 뚜렷하게 낮은 신호강도를 보였던 예로서, 조영증강 급속 FLAIR 영상에서 종양 자체의 신호강도가 조영증강에 의해 증가되지만, 도리어 주위 부종의 신호강도와 비슷한 고 신호강도를 나타내기 때문에 비록 주위 부종과의 경계 구분은 가능하더라도 전체적인 종양의 명확도는 조영전 영상과 비교하여 뚜렷하게 향상되지 않았다.

조영증강 급속 FLAIR 영상과 T2 강조영상은 CNR 값이 유의한 차이를 나타내지 않았는데, 이는 비록 조영증강에 의해 종양의 신호강도가 증가되었지만 조영전 FLAIR 영상에서 종양의 CNR 값이 상대적으로 T2 강조영상에서 보다 낮다는 점과 관련되어 있다. 그러나 육안적으로 평가한 종양의 명확도에 있어서 조영증강 급속 FLAIR 영상이 조영전 급속 FLAIR 영상과 비교하여 60%에서 조영증강 급속 FLAIR 영상이 우수한 것으로 평가되었는데 이는 종양의 신호 강도는 비슷하더라도 조영증강에 의해 종양 경계의 명확도가 향상되었기 때문으로 생각된다.

본 연구에서 조영 증강되며 주위에 부종을 동반한 뇌종양 27예 중 81%에서 육안적으로 종양의 명확도와 종양과 주위 부종과의 구분 정도가 조영증강 급속 FLAIR 영상이 T2 강조영상보다 우수하였다. 그 이유는 일반적으로 종양주위 혈관성 부종은 T2 연장으로 인한 고 신호강도로 보이기 때문에 T2 강조영상에서는 종양과 주위 부종사이에 구분이 잘 되지 않은 반면에 조영증강 급속 FLAIR 영상은 조영 증강되는 종양의 신호강도가 증가되고 종양 주변부를 따라 조영증강 되는 소견에 의해 주위 부종과의 경계가 명확해지기 때문으로 생각된다.

교종의 경우 조영증강 영상에서 조영되는 부위는 조직 병리적으로 대개 활동성 종양이 밀집된, 세포의 과혈관성 조직으로 알려져 있다 (10, 11). 수술시 조영 증강되는 부위를 정확히 절제하는 것은 추가 치료에 도움을 주고 생존율을 향상시킬 수 있기 때문에 조영증강 영상은 필수적 검사법으로 사용되고 있다 (12). 본 연구에서 조영증강 급속 FLAIR 영상과 T1 강조영상을 비교한 결과에 의하면 종양의 CNR 값은 유의한 차이를 나타내지 않았으며, 육안적 분석 결과 전체 종양의 58% 에서 종양의 명확도에 관하여 조영증강 T1 강조영상이 조영증강 급속 FLAIR 영상보다 우수하였고, 조영증강 급속 FLAIR영상이 우수했던 예는 15%였다. 따라서 조영증강 T1 강조영상이 많은 예에서 조영증강 급속 FLAIR 영상보다 우수한 명확도를 나타냈으며, 특히 전이암 및 림프종의 예에서 뚜렷하였다.

이러한 육안적 평가 결과는 조영증강 급속 FLAIR 영상의 경우 종양 주위 부종에 의해 종양과 주위 조직과의 대조도가 조영증강 T1 강조영상보다 상대적으로 낮게 평가된 것에 주로 기인한 것으로 추정된다. 본 연구에서는 전이암의 경우 병변의 발견율을 분석하지는 않았으나, 최근 연구 결과 (8)에 의하면 전이암의 발견율에서 T1강조 영상이 조영증강 급속 FLAIR 영상보다 우수한 것으로 평가되었고 특히 피질하의 작은 전이암의 경우에서 많이 나타난 것으로 보고되었다. 또한, Mathews등 (8)의 보고에 의하면 조영증강 급속 FLAIR 영상이 뇌수막 질환에 효과적일 뿐만 아니라 일부의 피질, 피질하 종양 및 외축 뇌종양에서 조영증강 T1 강조영상보다 우수하였다. 그러나 다른 피질, 피질하 종양 및 외축 뇌종양에서는 조영증강 T1 강조영상이 우수하였는데, 이유는 명확하지 않지만 각기 다른 영상 획득 시간에 각기 병변내 조영제 농도에 영향을 주는 병변의 혈관뇌관문의 상태와 혈관성에 관련이 있을 수 있다고 설명하고 있다.

뇌수막 전이를 나타낸 고등급 교종 3예의 경우 뇌수막 전이는 조영증강 T1 강조영상과 조영증강 급속 FLAIR 영상에서 모두 발견되었으나, 병변의 명확도는 양쪽에서 장단점을 나타내었는데, 조영증강 급속 FLAIR 영상에서는 정상 뇌수막과 피질 정맥이 조영증강을 육안적으로 나타내지 않기 때문에 (7, 8) 뇌척수액과 인접한 뇌수막의 이상 조영증강을 뚜렷하게 발견할 수 있었다. 그러나 뇌실벽을 따라 전이된 경우에는 뇌실벽의 비정상적 조영증강 소견이 뇌실 주변에 위치한 종양 및 주위 부종의 고 신호강도와 구분하기 어려워 발견하기 어려운 예도 있었다. 조영증강 T1 강조영상에서는 대부분의 경우 뇌수막의 이상 조영증강이 동일하게 관찰되었지만, 조영증강 급속 FLAIR 영상과 비교하여 피질 주위의 정상 정맥들의 느린 혈류로 인해 조영증강 되는 소견과 구분하기가 어려워 뇌수막의 전이암의 병변 범위를 정확히 평가하는 데에는 제한점이 있었다. 따라서 T1 강조영상에서 미미한 조영증강을 보이거나 정상 피질 정맥의 조영증강 소견과 뇌수막에 의한 조영증강 소견을 구분하기 어려운 경우 조영증강 급속 FLAIR 영상이 보다 유용할 것으로 생각된다.

본 연구 결과에 의하면, 급속 조영증강 FLAIR 영상은 T2 강조영상과 조영전 FLAIR 영상과 비교하여 많은 예에서 종양의 명확도를 향상 시킬 수 있었으며, 조영증강 되는 종양의 경우 종양의 범위와 주위 부종을 동시에 평가할 수 있는 장점을 갖고 있다고 생각된다. 많은 예에서 조영증강 T1 강조영상과 비교하여 병변의 명확도가 상대적으로 우수하지 못하였으나, 뇌수막 전이암의 범위를 파악하는 데에는 일부에서 T1강조영상보다 우수하였다. 조영증강 급속 FLAIR 영상 기법은 몇 가지 제한점을 갖고 있는데, 첫째, 비록 조영증강 급속 FLAIR 영상이 조영전 급속 FLAIR 영상 보다 종양의 명확도를 향상시키고 조영증강 부위의 진단에 유용하다고 하더라도 조영증강 급속 FLAIR 영상만으로 병변을 평가하는 데에는 문제점이 있다. 그 이유는 조영증강 급속 FLAIR 영상에서 나타나는 고 신호강도는 T2 연장이나 T1 단축에 의해 모두 나타나기 때문에 조영증강 급속 FLAIR 영상에서 보이는 고 신호강도가 조영증강 되는 것인지 여부가 불명확할 수 있기 때문이며 따라서 조영증강 되는 부위를 명확히 규명하기 위해서는 조영전 급속 FLAIR 영상이 필요할 것으로 생각된다. 둘째, 조영증강 되는 병변의 진단에 관하여 조영증강 급속 FLAIR 영상이 조영증강 T1 강조영상을 대치하기는 어렵다고 생각된다. 또한 조영증강 급속 FLAIR 영상이 T2 강조영상 보다 장점을 갖고 있다고 하더라도 추후 T2 강조영상을 대치할 수 있을 지는 분명하지 않은데, 이는 조영증강되지 않는 신경교종의 경우 미미한 신호강도의 변화만을 나타낼 수 있는데, FLAIR 영상에서 상대적으로 병변의 대조도가 T2 강조영상보다 낮기 때문에 병변이 뇌척수액과 인접하지 않고 심부 백질에 위치하는 경우 T2 강조영상이 보다 유용할 수 있기 때문이다.

결론적으로 조영증강 급속 FLAIR 영상은 종양의 명확도 및 주위 부종과 종양과의 구분에 관하여 조영전 급속 FLAIR 영상 및 T2 강조영상보다 우수하거나 비슷하였고, 종양의 명확도에 관하여 조영증강 T1 강조영상이 조영증강 급속 FLAIR 영상 보다 우수한 경우가 많았는데 특히 뇌 전이암과 림프종에서 우수하였다. 조영증강 급속 FLAIR 영상은 기존의 통상적 영상 기법을 대치하기는 어려우나, 종양의 진단, 교종의 범위 평가 및 뇌수막 전이의 진단에 관하여 추가적 영상 정보를 제공할 수 있는 유용한 기법으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Hajnal JV, Bryant DJ, Kasuboski L, et al. Use of fluid-attenuated inversion recovery (fast FLAIR) pulse sequences in MRI of the brain. *J Comput Assist Tomogr* 1992;16:841-844
2. White SJ, Hajnal JV, Young IR, et al. Use of fluid-attenuated inver-

sion recovery pulse sequences for imaging the spinal cord. *Magn Reson Med* 1992;28:153-162
3. De Coene B, Hajnal JV, Gatehouse P, et al. MR of the brain using fluid-attenuated inversion recovery (fast FLAIR) pulse sequences. *AJNR Am J Neuroradiol* 1992;13:1555-1564
4. Rydberg JN, Hammond CA, Grimm RC, et al. Initial clinical experience in MR imaging of the brain with a fast fluid attenuated inversion-recovery pulse sequence. *Radiology* 1994;193:173-180
5. Bergin PS, Fish DR, Oatridge A, deSouza NM, Bydder GM. Magnetic resonance imaging in partial epilepsy: additional abnormalities shown with the fluid attenuated inversion recovery (FLAIR) pulse sequence. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1995;58: 439-443
6. Melki PS, Ference AJ, Mulkern RV. Partial RF echo planar imaging with the FAISE method II. Contrast equivalence with spin-echo sequences. *Magn Reson Med* 1992;26:342-354
7. Thomas DJ, Pennock JM, Hajal JV, Young IR, Bydder GM, Steiner RE. Magnetic resonance imaging of spinal cord in multiple sclerosis by fluid-attenuated inversion recovery. *Lancet* 1993;341:593-594
8. Mathews VP, Caldemeyer KS, Lowe MJ, Greenspan SL, Weber DM, Ulmer JL. Brain: gadolinium-enhanced fast fluid-attenuated inversion-recovery MR imaging. *Radiology* 1999;211:257-263
9. Essig M, Knopp MV, Schoenberg SO, et al. Cerebral gliomas and metastases: assessment with contrast-enhanced fast fluid-attenuated inversion-recovery MR imaging. *Radiology* 1999;210:551-557
10. Earnest F IV, Kelly PJ, Scheithauer BW, et al. Cerebral astrocytomas: histopathologic correlation of MR and CT contrast enhancement with stereotactic biopsy. *Radiology* 1988;166:823-827
11. Whelan HAT, Clanton JA, Wilson RE, Tulpan NB. Comparison of CT and MRI brain tumor imaging using a canine glioma model. *Pediatr Neurol* 1988;4:279-283
12. Ciric I, Vick NA, Mikhael MA, Cozzens J, Eller T, Wash A. Aggressive surgery for malignant supratentorial glioma. *Clin Neurosurg* 1990;36:375-383

J Korean Radiol Soc 2000;43:257 - 264

Contrast-enhanced Fast Fluid-attenuated Inversion Recovery MR Imaging in Patients with Brain Tumors[1]

Chan Kyo Kim, M.D., Dong Gyu Na, M.D., Wook Jae Ryoo, M.D.,
Hong Sik Byun, M.D., Hye-Kyung Yoon, M.D., 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 feasibility of contrast-enhanced fast fluid-attenuated inversion recovery (fast FLAIR) MR imaging in patients with brain tumors.

Materials and Methods: This study involved 31 patients with pathologically proven brain tumors and nine with clinically diagnosed metastases. In all patients, T2-weighted, fast FLAIR, contrast-enhanced fast FLAIR and contrast-enhanced T1-weighted MR images were obtained. Contrast-enhanced fast FLAIR images were visually compared with other MR sequences in terms of tumor conspicuity. In order to distinguish tumor and surrounding edema, contrast-enhanced fast FLAIR images were compared with fast FLAIR and T2-weighted images. The tumor-to- white matter contrast-to-noise ratios (CNRs), as demonstrated by T2-weighted, fast FLAIR, contrast-enhanced fast FLAIR and contrast-enhanced T1-weighted imaging, were quantitatively assessed and compared.

Results: For the visual assessment of tumor conspicuity, contrast-enhanced fast FLAIR image imaging superior to fast FLAIR in 60% of cases (24/40), and superior to T2-weighted in 70% (28/40). Contrast-enhanced fast FLAIR imaging was inferior to contrast-enhanced T1-weighted in 58% of cases (23/40). For distinguishing between tumor and surrounding edema, contrast-enhanced fast FLAIR imaging was superior to fast FLAIR or T2-weighted in 22 of 27 tumors with peritumoral edema (81%). Quantitatively, CNR was the highest on contrast-enhanced fast FLAIR image and the lowest on fast FLAIR. For the detection of leptomeningeal metastases, contrast-enhanced fast FLAIR was partially superior to contrast-enhanced T1-weighted imaging in two of three high-grade gliomas.

Conclusion: Although contrast-enhanced fast FLAIR imaging should not be seen as a replacement for conventional modalities, it provides additional information for assessment of the extent of glial cell tumors and leptomeningeal metastases in patients with brain tumors.

Index words : Brain, MR
Brain, neoplasms
Magnetic resonance (MR), comparative studies
Magnetic resonance (MR), contrast enhancement
Magnetic resonance (MR), inversion recovery

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 135-230, Korea.
Tel. 82-2-3410-2518 Fax. 82-2-3410-2559 E-mail: dgna@smc.samsung.co.kr