

◆ 원 저 ◆

뇌전이 환자의 조영 증강 후 지연 FLAIR 영상의 유용성

변재후 · 박명환 · 이진완

강동경희대학교병원 영상의학과

Patients with brain metastases the usefulness of contrast-enhanced FLAIR images after delay

Jae-Hu Byun · Myung-Hwan Park · Jin-Wan Lee

Department of Radiology, Kyung Hee University Hospital at Gangdong

Abstract

Purpose: FLAIR image is beneficial for the diagnosis of various brain diseases including ischemic CVS, brain tumors and infections. However the border between the lesion of brain metastasis and surrounding edema may not be clear. Therefore, this study aims to investigate the practical benefits of delayed imaging by comparing the image from a patient with brain metastasis before a contrast enhancement and the image 10 minutes after a contrast enhancement.

Materials and methods: Of the 92 people who underwent MRI brain metastases in suspected patients 13 people in three patients there is no video to target the 37 people confirmed cases, and motion artifacts brain metastases in our hospital June-December 2013, 18 people measurement position except for the three incorrect patient (male: 11 people, female: 7 people, average age: 60 years) in the target, test equipment, 3.0T MR System (ACHIEVA Release, Philips, I was 8ChannelSENSE Head Coil use Best, and the Netherlands). TR 11000 ms, TE 125 ms, TI2800 ms, Slice Thickness 5 mm, gap 5 mm, is a Slice number 21, the parameters of the 3D FFE, T2 FLAIR variable that was used to test, TR 8.1 ms, TE 3.7 ms, Slice number 240 I set to. The experiment was conducted by acquiring the FLAIR prior to contrast enhancement (heretofore referred to as Pre FLAIR), and acquiring the 3D FFE CE five minutes after the contrast enhancement, and recomposing the images in an axial plane of S/T 3mm, G 0mm (heretofore referred to as MPR TRA CE). Using the FLAIR 10 minutes after the contrast enhancement (heretofore referred to as Post

Received: Jan 5, 2014, 1st Revised: Jan 28, 2014,

Accepted for Publication: Jul 30, 2014,

Corresponding Author: 변재후

149, Sangil-dong, Gangdong-gu, Seoul, Korea

Tel: 02-440-7000

E-mail: woogkosbi@hanmail.net

FLAIR) and Pi-View, a retrospective study was conducted. Using MRicro on the image of a patient confirmed for his diagnosis, the images before and after the contrast media, as well as the CNR and SNR of the MPR TRA CE images of the lesion and the site absent of lesion were compared and analyzed using a one-way analysis of variance.

Results: CNR for Pre FLAIR and Post FLAIR were 34.35 and 60.13, respectively, with MPR TRA CE at 23.77 showing no significant difference ($p < 0.050$). Post-experiment analysis shows a difference between Pre FLAIR and Post FLAIR in terms of CNR ($p < 0.050$), but no difference in CNR between Post FLAIR and MPR TRA CE ($p > 0.050$), indicating that the contrast media had an effect only on Pre FLAIR and Post FLAIR. The SNR for the normal site Pre FLAIR was 106.43, and for the lesion site 140.79. Post FLAIR for the normal site was 107.79, and for the lesion site 167.91. MPR TRA CE for the normal site was 140.23 and for the lesion site 183.19, showing significant difference ($p < 0.050$), and post-experiment analysis shows that there was a difference in SNR only on the lesion sites for Pre FLAIR and Post FLAIR ($p < 0.050$). There was no difference in SNR between the normal site and lesion site for Post FLAIR and MPR TRA CE, indicating no effect from the contrast media ($p > 0.050$).

Conclusions: This experiment shows that Post FLAIR has a higher contrast than Pre FLAIR, and a higher SNR for lesions, It was not not statistically significant and MPR TRA CE but CNR came out high. Inspection of post-contrast which is used in a high magnetic field is frequently used images of 3D T1 but, since the signal of the contrast medium and the blood flow is included, this method can be diagnostic accuracy is reduced, it is believed that when used in combination with Post FLAIR, and that can provide video information added to the diagnosis of brain metastases.

Keyword : FLAIR, Contrast Media, brain metastases, 3D FFE

I. 서론

현재 많이 사용되고 있는 영상 의학 진단은 최근 그 종류나 이용도가 급속도로 증가하고 있다. 그 중 대부분은 영상 의학 영역의 기기에 의한 것으로 자기공명영상, 전산화단층촬영, 초음파 등이 대표적이며 단순히 병명의 진단뿐 아니라 그 병의 파급 정도, 파급 속도 등 성장의 양상을 알고자 할 때가 많다.¹ 이때 가장 많이 이용되는 것이 자기공명영상으로 조직의 대조도가 좋고 다면적 재구성으로 해부학적 정보를 가장 많이 제공하여 여러 신체 부위에 적용되고 있다.

FLAIR 영상 기법은 Hajnal과 White 등^{2,3}에 의해 처음 기술이 되었는데 긴 TR과 긴 TE를 이용하므로 뇌척수액의 신호가 검게 억제된다는 점을 제외하면 백질-회질 대조도는 T2강조영상과 비슷하다.⁴ 뇌척수액의 신호가 억제되어 뇌실질내 병변과 주위 뇌척수액과의 대조도를 증가시키기 때문에 뇌 병변의 진단에 있어서 T2강조영상에 비교하여 뇌척수액과 뇌실질의 병변을 진단

하는데 우수한 검사 기법이다.^{5,6}

이에 뇌전이 부위와 주위 부종과의 경계가 명확히 구별하는 방법은 FLAIR만으로 명확하지 않을 수 있다. FLAIR 영상은 경미한 T1 강조 효과로 인해 조영제의 의한 조영 증강 효과가 나타나므로 뇌전이 환자에서 조영 증강 전 FLAIR와 조영 증강 후 10분 지연 영상을 비교하여 유용성을 알아보하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 영상 획득

검사 장비는 3.0T 자기공명영상장치 (Philips, Achieva, Best, The Netherlands)와 8-채널 SENSE (sensitivity encoding) 머리 코일을 이용하여 2013년 6월부터 12월까지 본원에서 뇌전이 의심으로 MRI를 시행한 92명 중 뇌전이 확진 환자 37명을 대상으로 영상이 없는 환자 3명, 움직임으로 인한 인공 음영이 있는 환자 13명, 측정 위치가 부정확한 환자 3명을 제외

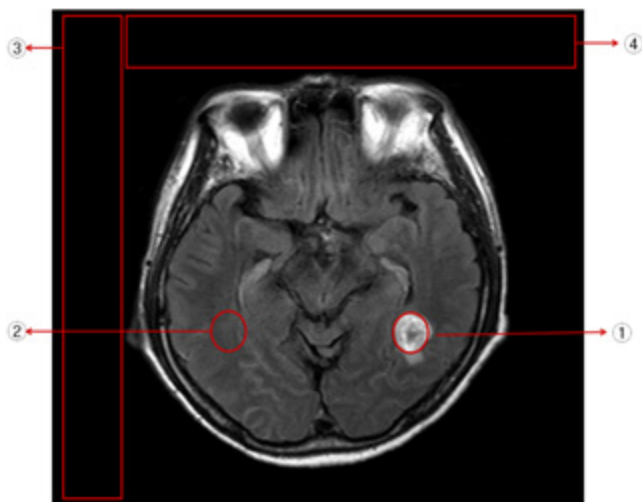


Fig. 1. Region-of-interests(ROI) position of the brain metastases. Lesions ①, normal ②, background ③ ④.

한 18명(남자: 11명, 여자: 7명, 평균 나이: 60세)을 대상으로 하였다.

사용된 영상 기법은 FLAIR와 3D FFE을 이용하였다. 영상을 얻는데 이용된 변수는 FLAIR는 TR 11000 ms, TE 125 ms, TI 2800 ms, Slice Thickness 5 mm, gap 5 mm, Slice 개수 21 이며, 3D FFE의 변수는 TR 8.1 ms, TE 3.7 ms, Slice 개수 240 으로 설정한다.

1) 조영 증강 전 FLAIR와 조영 증강 후 지연 FLAIR

조영제를 주입하기 전에 FLAIR 영상을 획득하고 조영 증강 후 10분 후에 동일한 FLAIR 영상을 획득한다.

2) 조영 증강 후 지연 FLAIR와 3D FFE

조영 증강 후 10분 FLAIR를 획득하고 3D FFE는 조영 증강 후 5분 후에 획득하며 절편 두께를 3 mm, 간격을 0 mm로 축상면으로 재구성한다.

획득한 영상은 Pi-View를 이용하여 후향적으로 조사를 하였으며 확진 환자의 영상을 MRicro를 이용하여 조영제 사용 전·후 영상과 MPR TRA CE 영상을 병변 부위와 병변 반대쪽 정상 부위 및 각각의 정상 부위와 병변의 CNR과 SNR을 일원배치분산분석을 시행하였다.

2. ROI(Region of interest) 설정

신호대잡음비의 ROI는 뇌전이 부위가 확실한 영상에서 설정을 한다(Fig. 1).

3. 영상분석

(Imaging Processing and Analyses)

1) 대조도(contrast-to-noise ratio ; CNR)

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

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

SD_b : background의 표준편차

대조도의 변화를 살펴보기 위하여 병변 부위에 (Fig. 1)에 ①과 같이 관심영역을 설정하고 병변 반대쪽에 (Fig. 1)에 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)

$$SNR = M_s / SD_b \quad (\text{식 2})$$

M_s : Phantom중의 관심영역내 신호강도의 평균치

SD_b : background의 표준편차

뇌전이 부위의 신호 강도를 알아보기 위하여 (Fig. 1)과 같이 관심 영역을 설정하고 병변의 신호 강도와 정상 부위의 신호 강도를 획득하고 잡음은 영상의 상단과 좌측 부분에서 얻었다. 따라서 신호대잡음비 값은 얻어진 신호값(Signal)을 잡음의 표준 편차(STDnoise) 값으로 나눈 값을 이용하였다. 신호대잡음비를 이용한 경우

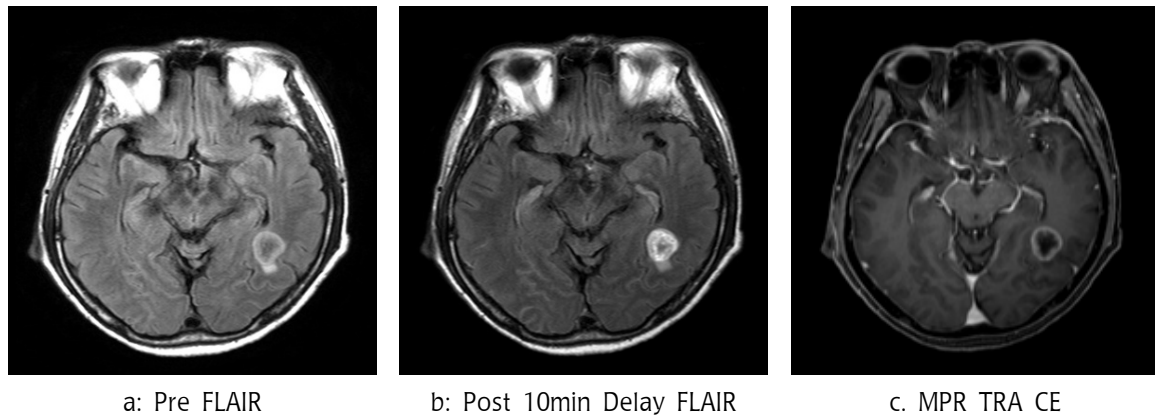


Fig 2. MRI images of patients with brain metastases.

신호의 세기가 같으나 잡음의 표준편차에 따라서 많이 변화하는 단점이 있다.

3) 산술평균(arithmetic mean ; \bar{X})

$$\bar{X} = \sum Xi/n \quad (\text{식 } 3)$$

- Σ : 자료의 총합
- N : 표본의 자료 수
- Xi : 각 측정값

평균에는 산술평균, 기하평균, 조화평균이 있다. 이 중 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) Anova(Analysis of Variance) test

두 개 이상 다수의 집단을 비교하고자 할 때 집단 내의 분산, 총 평균과 각 집단의 평균의 차이에 의해 생긴 집단 간 분산의 비교를 통해 만들어진 F 분포를 이용하여 가설 검정하는 방법이다.

동질 집단임을 확인할 경우에 많이 사용한다. 95% 신뢰도하에서 나온 확률값이 0.05보다 작다면, 귀무가설을 기각. 즉, 세 집단의 평균은 같다고 할 수 없다.

III. 결 과

획득한 영상을 (Fig. 2)에 보여 주고 있다. 조영 증강

전 영상과 조영 증강 후 지연 영상에서 똑같이 뇌전이 병변이 관찰이 되며 병변 안쪽이 명확히 구분이 되며 주위 부종의 경계선도 관찰이 우수하다. MPR TRA CE 영상에서도 뇌전 이 병변이 관찰이 되며, 조영 증강이 잘 되는 부위와 중심 부위에 어두운 신호 강도가 관찰이 된다. 뇌전이 주변 부위의 경계선도 정확히 관찰이 가능하나 병변 중앙 부위의 괴사에 의한 신호 강도 차이가 세 영상에서 차이가 뚜렷하게 구별 된다.

1. 대조도 관찰

CNR은 Pre FLAIR 34.71, Post 10min Delay FLAIR 60.77, MPR TRA CE 55.29로 Post 10min Delay FLAIR 가장 높게 나왔다(Table 1). 각각의 Case 별로 CNR이 Pre FLAIR의 값이 가장 작게 나왔으며 Post 10min Delay FLAIR와 MPR TRA CE는 대부분이 Post 10min Delay FLAIR가 높지만 7 Case에서 반대로 나타났다.

Table 1. CNR of patients with brain metastases.

	Pre FLAIR	Post 10min Delay FLAIR	MPR TRA CE
1	23.05	36.71	40.27
2	25.21	64.70	34.17
3	66.18	83.84	74.15
4	41.32	93.15	71.26
5	20.43	47.04	39.83
6	24.06	92.99	81.77
7	26.96	28.58	32.17

8	50.35	74.41	54.67
9	27.52	45.48	90.07
10	76.84	94.13	86.00
11	74.15	77.54	103.87
12	15.17	40.35	51.84
13	37.90	92.80	84.49
14	22.19	46.93	27.04
15	49.71	98.64	56.59
16	21.46	22.33	24.24
17	10.70	14.16	16.34
18	11.51	40.13	26.46
Mean	34.71	60.77	55.29

One-way Anova 검정의 P-값($p < 0.050$)이 0.008로 유의미한 차이가 있어 사후 분석 결과 Pre FLAIR와 Post 10min Delay FLAIR는 CNR에 차이가 있었으나 ($p < 0.050$) Post 10min Delay FLAIR와 MPR TRA CE

CNR에 차이가 없어($p > 0.050$) 조영제는 Pre FLAIR와 Post 10min Delay FLAIR에서만 영향이 있었다(Table 2).

2. SNR 관찰

SNR은 Pre FLAIR는 정상 부위 106.43, 병변 부위 140.79이고 Post 10min Delay FLAIR의 정상 부위는 107.79, 병변 부위 167.91이며 MPR TRA CE의 정상 부위는 140.23, 병변 부위는 183.19으로 유의미한 차이가 있었으며($p < 0.050$) MPR TRA CE의 병변과 정상 부위에서 SNR값이 가장 높게 나왔다(Table 2).

Table 2. T-test CNR of the P-value

Post 10min Delay FLAIR	
Pre FLAIR	0.00007
MPR TRA CE	0.53

(p -value : $p > 0.050$)

Table 3. SNR of patients with brain metastases.

	Pre FLAIR		Post 10min Delay FLAIR		MPR TRA CE	
	Normal	Lesions	Normal	Lesions	Normal	Lesions
1	67.43	90.48	66.33	103.04	62.57	102.84
2	56.35	81.56	66.16	130.86	139.40	173.57
3	137.62	203.80	112.05	195.89	274.26	348.41
4	67.13	108.45	70.75	163.90	119.82	191.08
5	79.78	100.22	67.66	114.69	73.65	113.48
6	100.51	124.57	97.52	190.51	238.55	320.32
7	186.63	213.60	177.09	205.67	222.21	254.38
8	171.04	221.39	252.79	327.20	119.57	174.25
9	130.01	157.53	106.72	152.20	192.98	283.05
10	114.91	191.75	125.15	219.28	181.36	267.36
11	82.18	156.33	64.25	141.79	143.97	247.84
12	93.86	109.03	116.26	156.60	129.09	180.94
13	152.52	190.42	133.25	226.05	206.96	291.45
14	85.39	107.58	95.26	142.19	79.79	106.83
15	115.28	164.99	105.17	203.81	65.23	121.83
16	129.28	150.73	121.27	143.60	163.09	187.32

17	57.66	68.36	71.18	85.34	101.50	117.84
18	122.69	134.21	111.68	151.81	106.43	132.88
Mean	108.35	143.05	108.92	169.69	145.58	200.87

Table 4. T-test SNR of the P-value

	Post 10min Delay FLAIR	
	Normal	Lesions
Pre FLAIR	1.84	0.004
MPR TRA CE	0.06	0.18

(p-value : $p > 0.050$)

사후분석결과 Pre FLAIR와 Post 10min Delay FLAIR는 병변 부위에서만 SNR에 차이가 있었고 ($p < 0.050$), Post 10min Delay FLAIR와 MPR TRA CE에서는 정상 부위와 병변 부위에서 SNR에 차이가 없어 조영제의 영향이 없었다($p > 0.050$)(Table 4).

IV. 고찰

자기공명영상의 검사는 모든 검사와 병변에서 정확한 정보를 제공하여 한다. 특히 종양 환자의 경우 경계선이 명확히 구별이 되어야 병기의 결정과 치료 방향에 도움을 많이 준다. 본 실험에서는 뇌전이 환자를 대상으로 조영 증강 후 지연 FLAIR가 조영 증강 전 FLAIR와 조영 증강 후 3D FFE와 어떻게 영상에서 나타나는지 살펴보았다. 실제 환자를 대상으로 한 결과로 임상 적용할 때 유용할 것으로 생각한다. 아래에는 각각의 실험에 대한 실험 결과의 고찰을 설명하였다.

1) CNR관찰

조영 증강 후 지연 FLAIR의 CNR이 조영 증강 전 FLAIR와 MPR TRA CE보다 높게 나왔다. 정상 뇌척수액은 FLAIR 영상에서 저신호 강도로 보이지만 뇌혈관장벽이 파괴되어 조영제가 뇌척수액 강으로 유출되면 뇌척수액 고유의 T1, T2 반복시간이 짧아져서 더는 반전회복 연쇄에 의해 상쇄되지 않는다. 따라서 원래의 고신호 강도를 유지하게 되므로 조영 증강 현상으로 나타난다.⁷ 이는 FLAIR 영상은 T1강조효과에 의해 병변이 조영 증강 되기 때문에 병변의 CNR이 조영 전

FLAIR 영상 보다 증가 되고 MPR TRA CE는 혈류의 신호가 포함이 되기 때문에 CNR이 조영 증강 후 지연 FLAIR보다 낮게 나왔다. 뇌전이 부위는 혈류의 신호가 포함이 되어 조영 증강 후 지연 FLAIR에서 병변의 신호 강도가 증가 되고 주변 부위를 따라 조영 증가 되기 때문에 주위 부종과의 경계가 명확해지기 때문이다. 조영제 주입 후 FLAIR와 3D FFE를 획득하는 순서를 바꿔서 진행을 하였다면 서로 CNR의 값의 차이는 다르게 나왔을 수 있으나 이번 실험의 목적이 조영 증강 후 FLAIR의 신호 강도의 유무를 알아보는 것으로 결과에는 크게 영향을 주지는 못 했을 것으로 생각이 된다.

2) SNR 관찰

병변과 정상 부위에서 조영 증강 전 FLAIR의 SNR이 가장 낮게 나왔으며 MPR TRA CE의 SNR 이 가장 높게 나왔다. 정상 부위에서 조영 증강 전 FLAIR와 조영 증강 후 지연 FLAIR의 신호 강도의 차이가 나타나지 거의 없으며, 병변 부위에서의 신호 강도가 26.64 차이로 높게 나왔다. 조영 증강 후 지연 FLAIR 영상에서는 정상 뇌수막과 피질 정맥이 조영 증강을 육안적으로 나타내지 않고^{8,9} 뇌전이 부위에 조영제가 모이게 되어 신호 차이를 나타났음을 알 수 있다. MPR TRA CE에서 병변과 정상 부위의 SNR이 조영 증강 후 지연 FLAIR보다 정상 부위 36.36, 병변 부위 31.18이 높게 나타났다. 이는 3D FFE에서 혈류의 신호가 포함이 되고 영상 획득 시간이 조영 증강 후 지연 FLAIR보다 먼저 검사가 이루어졌기 때문이다.

V. 결론

이번 실험을 통해 조영 증강 후 지연 FLAIR는 T1 강조효과에 의해 병변에 조영 증강이 되는 것을 확인 할 수 있었다. 뇌전이 병변의 대조도가 조영 증강 전 FLAIR보다 증가 되고 경계가 분명해져 병변의 명확도가 향상되어 범위를 파악하는데 도움이 된다.

고자장에서 많이 사용되는 조영 증강 후 검사인 3D T1과 병용하여 사용한다면 진단에 추가적인 정보를 제공할 수 있어 유용할 것으로 사료 된다.

* 본 연구의 한계점

조영 증강 후 CNR이 가장 높은 시간이 결정 되지 않은 상태에서 검사를 진행하다 보니 10분 지연 후 획득하게 되었다는 것이다. 조영제 주입 후 뇌전이 부위에서 CNR이 가장 높게 나타나는 시간을 선행 연구로 진행하지 못한 점과 뇌전이 되기 전 처음 발생된 부위의 중앙에 관하여 따로 구별하지 못하였고 전조 증상이 발생할 시점 별로 뇌전이의 CNR과 SNR을 비교하였다면 뇌전이의 주변 부위와 중앙 부위에 대한 뚜렷한 결과값을 도출할 수 있었을 것으로 생각이 된다.

참고문헌

1. du Boulay GH, Woods AJ, Teather D, Teather BA, Willis KM, Plummer D, To-words an advisor for MRI. *Neuroradiology* 1988;30(3): 245-251.
2. 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.
3. White SJ, Hajnal JV, Young IR, et al. Use of fluid-attenuated inversion recovery pulse sequences for imaging the spinal cord. *Magn Reson Med* 1992;28:153-162 .
4. 김재형, T1, T2강조영상, FLAIR영상의 임상적용, 대한자기공명외과학회지 2009;13:9-14.
5. 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.
6. 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.
7. Essig M, Schlemmer HP, Tronnier V, Hawighorst H, Wirtz R, van Kaick G. Fluid-attenuated inversion recovery MR imaging of gliomatosis cerebri. *Eur Radiol* 2001;11:303-308.
8. 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.
9. 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.