

조영제 사용 전 후 확산강조영상 검사의 비교 분석에 대한 연구

구은희

서울대학교병원 영상의학과

A Study on Comparative Analysis of Diffusion Weighted Image Examination before and after Contrast Injection

Eun Hoe Goo

Department of Radiology, Seoul National University Hospital

Abstract

The purpose of this study would evaluate if having clinical effects on diffusion image with quantitative analysis through ADC values of brain's normal tissue and lesions before and after contrast injections using a 3.0T. From November in 2007 until December in 2008, a total of 32 patient was performed on 3.0T(Signa Excite, GE Medical System, USA) with the normal or lesions in the patient who requests diffusion weighted image with 8channel head coil. The pulse sequence was used with spin echo EPI(TR: 10000msec, TE: 72.2 msec, Matrix: 128*128, FOV: 240 mm, NEX: 1, diffusion direction: 3, b-value: 1000). Measurement results of ADC values on lesions, CSF, white matter, gray matter, lesions after contrast injection were measured less 75% than before contrast injection, infarction: 100%, CSF: 78%(high), white matter: 71.4%(low), gray matter: 50%(high, low). The results of paired t-test on the deference of ADC values which statically is significant in three(lesions, CSF, white matter)regions except for white matter($p < 0.05$). Quantitative analysis of lesions, CSF, white matter, gray matter have difference on all regions. ADC values were low in lesions and white matter, normal CSF after contrast injection commonly is high than before contrast injection, ADC values which white matter were high and low (50:50) after contrast injection. 3.0T diffusion weighted image clinically supposed that performing DWI examination after contrast injection was not desirable because of having effects on brain tissue.

Key Words : Diffusion weighted image, Apparent diffusion coefficient, T2 weighted image

3.0T 자기공명영상의 확산강조영상(DWI: diffusion weighted image) 검사 시 조영제 사용 전, 후 뇌의 정

상조직과 병변부위의 현성확산계수(ADC: apparent diffusion coefficient)값을 정량적으로 분석하여 diffusion 영상이 조영제에 대해 임상적으로 영향이 있는지에 대해 평가하고자 한다. 2007년 11월부터 2008년 12월까지 확산강조영상 검사를 의뢰한 환자 중 정상이나 병변으로 확진된 환자 32명(남: 11명, 여: 21명, 평균연령: 41.1)을 대상으로 하였으며, 검사방법으로 사용한기기는 3.0T Signa Excite(GE Medical System, USA)를 이용

이 논문은 2009년 7월 8일 접수하여 2009년 10월 13일 채택되었음.

Corresponding Author: 구은희

(110-744) 서울시 종로구 연건동 28번지

서울대학교병원 영상의학과

Tel: 02) 2072-3947 Fax: 02) 747-7418

E-mail: yakisasimi@radiol.snu.ac.kr

하였고, 사용코일은 두부전용 코일을 사용하였다. 사용 검사펄스열은 spin echo EPI(echo planar imaging)를 사용하였으며, 영상의 매개변수는 TR: 10000 msec, TE: 72.7 msec, Matrix: 128×128, FOV: 240 mm, NEX: 1, Diffusion direction: 3방향, b-value: 1000이고, 3.0T 장비의 Gradient Strength: 40 mT/sec, Slew Rate: 150 T/m/sec, Scan time: 40sec였다. 분석방법은 정량적 분석으로 하였다. 관심영역(region of interest)측정부위는 병변(뇌종양과 뇌경색), 뇌척수액, 백질, 회 백질 5부위를 조영 전, 후 각각 동일부위에 대한 ADC값을 측정하여 자체개발한 영상 후 처리 프로그램용 MRDx(MR Dignostic)을 이용하였다. 병변(종양과 뇌경색), 뇌척수액, 백질, 회 백질에 대한 각각의 ADC($10^{-3} \text{mm}^2/\text{sec}$) 값의 측정 결과 병변은 조영제 주입후가 주입전보다 75%가 낮게, 뇌경색은 주입후가 전보다 100%가 낮게, 뇌척수액은 주입후가 전보다 78%가 높게, 백질은 주입후가 전보다 71.4% 낮게, 회 백질은 주입 후와 전이 50%으로 높고, 낮게 같은 비율로 측정되었다. ADC값의 차이에 대한 paired t-test 결과 백질을 제외한 병변과 뇌척수액, 회 백질의 세 부위는 통계적으로 유의성이 있었다($p < 0.05$). 정량적 분석에서 병변(종양과 뇌경색), 뇌척수액, 백질, 회 백질 모든 부위에서 조영 전, 후 ADC값이 차이가 있었으며, 병변(종양과 뇌경색), 백질은 조영 후 ADC값이 낮아졌고, 정상조직 뇌척수액은 주입후가 주입전보다 대체로 높아졌으며, 백질은 조영 후 ADC값이 50:50으로 높고, 낮아졌다. 이와 같이 3T 자기공명 확산강조영상은 조영제에 대해 임상적으로 뇌조직에 영향이 있으므로 조영 후 DWI 검사를 시행하는 것은 바람직하지 않은 것으로 사료되나, 뇌실질의 T2 강조영상이 정상이라면 조영 후라도 주치의와 상의 후 DWI 검사를 시행해도 될 것이라 사료된다.

I. 서론

확산강조영상(diffusion weighted image: DWI)은 1980년대 중반 개념이 도입된 이래 지금까지 주로 뇌경색의 조기진단에 적용되어 왔으며 그 외에도 허혈성 뇌질환 및 뇌종양 등으로 적용범위가 넓어지고 있는 추세이다^{1,2}. 확산강조영상은 조직값에 영향을 주게 된다. 그리고 확산강조영상은 조영제를 투여하기 전에 시행하는 것이 일반적이지만, 통상적인 확산강조영상 혹은 관류영상의 시행과정에서 불가피하게 조영제를 투여한 후 확산강조영상을 시행하게 되는 경우도 있다. 이 논문은 3.0T장비를 이용한 DWI에서 조영 전, 후 병변(뇌종양과 뇌경색)과 뇌척수액, 백질, 회 백질 ADC값의 차이를 정량적으로 분석하고, DWI 영상이 조영제 사용 후 임상적으로 영향이 있는지에 대해 알아보하고자한다.

II. 대상 및 방법

2007년 11월부터 2008년 12월까지 확산강조영상 검사를 의뢰하여 시행한 환자 중 판독으로 정상이나 병변으로 확진된 환자 32명(남: 21명, 여: 11명, 평균연령: 41.1)을 대상으로 하였으며, 종양 12건, 정상 14건, 뇌경색은 6건이었다. 검사방법으로 사용한 기기는 3.0T Signa Excite(GE medical System, USA)를 이용하였고, 사용 코일은 두부전용 코일을 사용하였다. 사용 Pulse Sequence는 spin echo EPI(echo planar imaging)를 사용하였으며, 영상의 매개변수는 TR: 10,000 msec, TE: 72.7 msec, Matrix: 128×128, Fov: 240 mm, NEX: 1, Diffusion direction: 3방향, b-value: 1000, 3.0T 장비의 Gradient Strength: 40 mT/sec, Slew Rate: 150 T/m/sec, Scan Time: 40 sec 이었다. 사용한 조영제는 Gd-

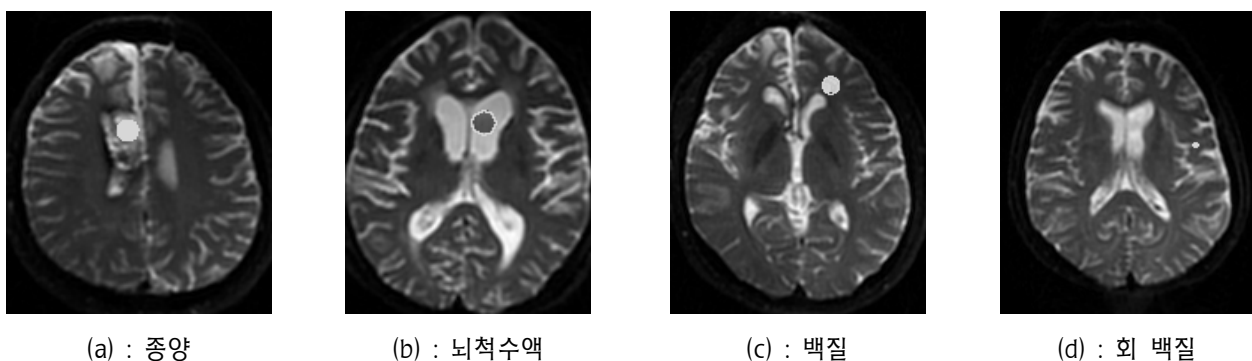


Fig. 1. ROI 측정부위

DTPA로 체중 킬로 그램 당 0.2 mL 기준으로 2 cc/sec를 자동주입기를 이용하여 주사하였다.

영상에 대한 분석방법은 정량적 분석방법만을 사용하였으며, 관심영역(region of interest) 측정부위는 IDL 프로그램을 이용하여, 다음 Fig. 1. (a), (b), (c), (d), (e)와 같이 병변(뇌종양과 뇌경색)의 중앙과 뇌척수액, 백질, 회백질 등 정상부위 중에 조영 전, 후 각각 동일부위를 최소한 3~5번까지 ADC값을 측정하여 평균값을 구하였다. 획득한 데이터 전송과정은 장비로부터 DICOM 파일을 데이터 전송 후 자체 개발한 영상 후 처리 프로그램용 MRDx(MR Diagnostic)을 이용하였다. 그리고 MRDx의 프로그램을 사용하기 전 동일부위를 동일한 ROI로 ADC값을 측정한 결과 영상 후 처리 프로그램용 MRDx는 오차를 유발하지 않는 것을 확인했으며, 관심영역은 측정부위에 따라 일정하게 유지하였다. 통계 프로그램은 SPSS for window 10.0version을 이용 하였으며, paired t-test 결과 유의수준은 p값 0.05 이하로 통계적 유의성을 확인 하였다.

Ⅲ. 결 과

병변(뇌종양과 뇌경색)과 뇌척수액, 백질, 회백질의 대한 정량적 분석결과 Table 1, 2, 3, 4, 5 에서와 같이 각각의 조영 전, 후 ADC값과 차이 및 paired t-test 결과를 요약했다. 병변(뇌종양)에 대한 ADC(단위: $10^{-3}\text{mm}^2/\text{sec}$)값의 측정결과 Table 1에서와 같이 조영제 주입 후가 주입 전보다 75%(9/12)가 낮게 측정되었으며, 조영제 주입후가 주입 전보다 큰 것은 전체 25%(3/12)였다. 그리고 조영제 주입 후와 전의 차이에 대한 paired t-test결과 $p < 0.05$ 로 유의했다. 병변에 대한 ADC값은 조영 후 전반적으로 낮아졌다.

Fig. 3은 뇌경색에 대한 뇌경색에 대한 ADC(단위: $10^{-3}\text{mm}^2/\text{sec}$)값의 측정결과 Table 2에서와 같이 조영제 주입 후가 주입 전보다 모든 뇌경색에서 낮게 측정 되어 나타났다.

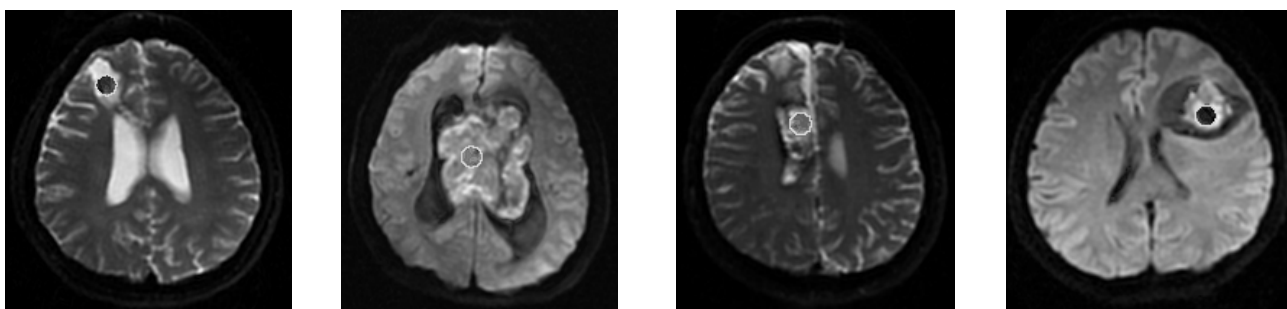


Fig. 2. 종양에 대한 신호강도 측정

Table 1. Quantitative analysis of the lesions

Tumor							
Case	Pre(-)	Post(+)	(Post)-(Pre)	Case	Pre(-)	Post(+)	(Post)-(Pre)
1	1.080	0.868	-0.212	7	2.574	2.408	-0.167
2	1.735	1.801	0.066	8	0.945	0.927	-0.018
3	2.131	1.874	-0.256	9	1.863	1.847	-0.016
4	0.622	0.616	-0.006	10	1.484	1.480	-0.004
5	1.098	0.988	-0.110	11	1.405	1.369	-0.037
6	1.356	1.436	0.080	12	1.060	1.101	0.041

†단위: $10^{-3}\text{mm}^2/\text{sec}$

†Pre(-): Pre enhancement, post(+): post enhancement, paired t-test, $p < 0.05$.

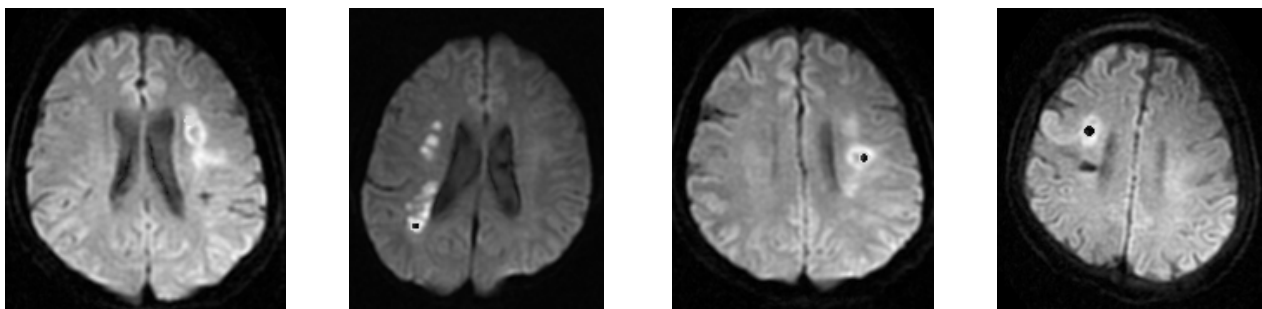


Fig. 3. 뇌경색에 대한 신호강도 측정

Table 2. Quantitative analysis of the infarction

Infarction							
Case	Pre	Post	(Post)-(Pre)	Case	Pre	Post	(Post)-(Pre)
1	0.431	0.384	-0.047	4	1.759	1.654	-0.105
2	0.924	0.809	-0.115	5	0.781	0.776	-0.005
3	1.093	1.031	-0.062	6	0.817	0.787	-0.03

†단위: $10^{-3}mm^2/sec$

†Pre(-): Pre enhancement, post(+): post enhancement, paired t-test, $p<0.05$.

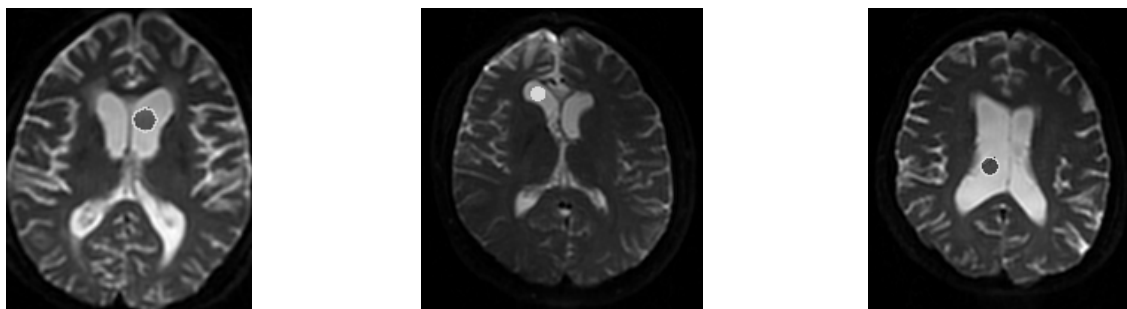


Fig. 4. 뇌척수액에 대한 신호강도 측정

Table 3. Quantitative analysis of the CSF

CSF							
Case	Pre(-)	Post(+)	(Post)-(Pre)	Case	Pre(-)	Post(+)	(Post)-(Pre)
1	3.168	3.708	0.540	8	2.573	2.779	0.205
2	3.445	3.454	0.009	9	2.249	2.504	0.255
3	2.152	2.383	0.231	10	2.867	2.875	0.008
4	3.529	3.341	-0.187	11	3.094	3.173	0.079
5	3.946	3.202	-0.744	12	2.646	2.730	0.083
6	3.373	3.311	-0.063	13	3.345	3.532	0.187
7	3.026	3.209	0.183	14	2.630	2.768	0.138

†단위: $10^{-3}mm^2/sec$

†Pre(-): Pre enhancement, post(+): post enhancement), paired t-test, $p<0.05$

뇌척수액에 대한 ADC(단위: $10^{-3}\text{mm}^2/\text{sec}$)값의 측정 결과 Table 3에서와 같이 조영제 주입후가 조영제 주입 전보다 78%(11/14)가 높게 측정되었으며, 주입후가 주입 전보다 큰 것은 전체 22%(3/14)이었다. 그리고 조영제 주입 후(post contrast)와 주입 전(pre contrast)의 차이에 대한 paired t-test 결과 통계적으로 유의성이 있었다($p<0.05$). 결론적으로, 뇌척수액에 대한 ADC값은 조영 후 전반적으로 높게 나타났다.

정상 조직 중 백질에 대한 ADC(단위: $10^{-3}\text{mm}^2/\text{sec}$)값의 측정결과 Table 4에서와 같이 조영제 주입 후가 전보다 71.4%(10/14)가 낮게 측정되었으며, 주입후가 주입 전보다 큰 것은 전체 25%(4/14)였으며, 조영제 주입 후와 전의 차이에 대한 paired t-test 결과 $p>0.05$ 로 유의성 있는 결론을 얻지 못했다. 그러나 백질 또한 병변과 같이 ADC값은 조영 후 전반적으로 낮아졌다.

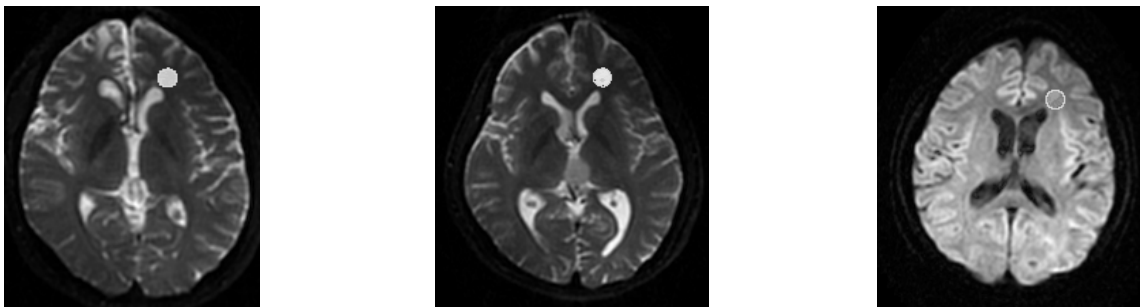


Fig. 5. 백질에 대한 신호강도 측정

Table 4. Quantitative analysis of the white matter

White matter							
Case	Pre(-)	Post(+)	(Post)-(Pre)	Case	Pre(-)	Post(+)	(Post)-(Pre)
1	0.919	0.867	-0.053	8	0.646	0.650	0.004
2	0.771	0.725	-0.046	9	0.672	0.679	0.007
3	0.727	0.634	-0.093	10	0.717	0.714	-0.003
4	0.794	0.818	0.024	11	0.740	0.669	-0.072
5	0.731	0.728	-0.004	12	0.698	0.692	-0.006
6	0.784	0.775	-0.009	13	0.767	0.78	0.013
7	0.842	0.838	-0.003	14	0.812	0.804	-0.008

† 단위: $10^{-3}\text{mm}^2/\text{sec}$

†Pre(-): Pre enhancement, post(+): post enhancement, paired t-test, $p<0.05$.

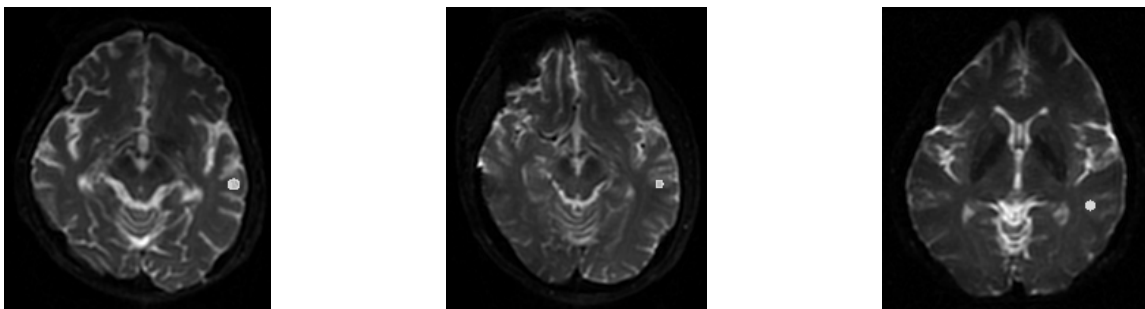


Fig. 6. 회 백질에 대한 신호강도 측정

Table 5. Quantitative analysis of the gray matter

Gray matter							
Case	Pre(-)	Post(+)	(Post)-(Pre)	Case	Pre(-)	Post(+)	(Post)-(Pre)
1	0.818	0.853	0.035	8	0.784	0.806	0.022
2	0.802	0.784	-0.018	9	0.830	0.863	0.034
3	1.131	1.021	-0.110	10	0.894	0.845	-0.048
4	0.705	0.629	-0.077	11	0.784	0.751	-0.032
5	0.737	0.786	0.049	12	0.734	0.783	0.049
6	0.781	0.763	-0.018	13	0.759	0.869	0.110
7	0.735	0.723	-0.012	14	0.784	0.806	0.022

†단위: $10^{-3}mm^2/sec$

†Pre(-): Pre enhancement, post(+): post enhancement, paired t-test, $p<0.05$

정상 조직 중 회 백질에 대한 ADC(단위: $10^{-3}mm^2/sec$)값의 측정 결과 Table 5에서와 같이 조영제 주입후가 전보다 50%(7/14)가 높게 측정되었으며, 조영제 주입후가 주입 전보다 낮은 것은 전체 50%(7/14)이었으나, 조영제 주입 후와 전(Post-Pre)의 차이에 대한 paired t-test 결과는 $p<0.05$ 로 통계적으로 유의성 있는 결론을 얻었다.

IV. 고 찰

물리학적으로 액체상태의 분자는 매우 불규칙한 미세한 운동(microscopic random translating motion 또는 brownian motion)을 하는데 이를 확산이라 하며 80%가 물로 구성되어 있는 생체 내에서도 일어나고 있는 현상이다. 확산은 분자가 처해있는 물리적 환경(media의 구조, 점도, 온도 등)에 따라 그 정도가 다르다. 고형조직보다는 액체조직에서 그리고 점도가 낮거나 온도가 높을수록 잘 일어난다^{1,2,4}. 이러한 확산의 정도를 확산 계수(diffusion coefficient)로 표시하며 단위 시간당 분자의 움직인 거리가 클수록 확산계수도 크게 된다. 예를 들어 250C에서 순수한 물의 확산계수는 $2.3 \times 10^{-3}mm^2/sec$ 이며 이는 100 msec 동안 주어진 방향으로 약 20 μm 를 이동 한다는 뜻이다. ($D=d^2/2t$, D: 확산계수, d: 물 분자의 움직인 거리, t: 시간). 따라서 생체의 각 조직은 고유한 서로 다른 물 분자의 확산계수를 가지며, 뇌척수액: $2.6 \times 10^{-3}mm^2/sec$, 회질: $0.8 \times 10^{-3}mm^2/sec$, 백질: $0.3 \sim 1.2 \times 10^{-3}mm^2/sec$ 이 중 백질의 확산계수가 넓은 분

포를 갖는 것은 신경섬유의 배열 방향에 따른 것으로 확산강조 경사자장의 방향과 평행일 때 큰 값을 나타내고, 수직 일 때 작은 값을 나타낸다¹. 확산강조영상의 경우 기껏해야 0~0.1 mm/sec 정도의 속도에 의한 확산운동을 영상화에 이용하는데 예를 들어 2~3 cm/sec 정도 속도의 척수 운동도 확산에 비하면 매우 빠른 운동이며, 획득하려는 확산강조 영상의 질을 쓸모없을 정도로 떨어뜨린다^{4,5}. 그러므로 임상에서는 고속 스핀 에코 EPI 펄스 기법을 사용하여 영상화 중에 발생하는 피사체의 움직임에 대하여 최소화 할 수 있다. 이번 연구 중 뇌종양 및 뇌경색에서 거의 모두 조영 후 ADC값이 떨어지는 것을 확인했는데, 이것은 병변이 있는 환자에게 조영제를 주입하게 되면 세포의 부피는 약간씩 팽창하여 세포사이에 있는 물분자들에 대한 압력이 증가하게 되며, 이는 물 분자의 확산운동을 작아지게 만들며 결국 Diffusion 자기공명영상에서 고 신호강도를 나타나게 된다는 이론과도 같다^{7,8}.

V. 결 론

이 실험의 정량적 분석에서 종양과 뇌경색, 뇌척수액, 백질, 회 백질 모든 부위에서 조영 전, 후 ADC값의 차이가 있었는데, 종양은 ADC값이 조영 후 대체로 낮아졌다. 뇌경색은 ADC값이 조영 후 모두 낮아졌다. 뇌척수액은 ADC값이 조영 후 대체로 높아졌다. 백질은 ADC값이 조영 후 대체로 낮아 졌다. 회 백질은 ADC값의 조영 전, 후 높고 낮아지는 정도가 대등하게 나왔다.

결론적으로, 조영제를 사용하면 뇌조직에 임상적으로 영향이 있으므로 불가피한 경우가 아니라면 조영 후 DWI 검사는 시행하지 않는 것이 바람직한 것으로 사료되나, 뇌실질의 T2 강조영상이 정상이라면 조영 후라도 주치의와 상의 후 DWI 검사를 시행해도 될 것이라 사료된다.

참고문헌

1. 김영준, 장기현 외: 다양한 두개강내 질환의 확산강조 자기공명영상. 대한자기공명의과학회지 2, 104-112, 1998.
2. 김세영, 윤정수, 김선식 외: 뇌경색 환자의 정상 뇌부위와 뇌경색 부위에서 ADC map과 Trace map의 비교. 대한자기공명기술학회지, 157-166, 2000.
3. 김재형: Diffusion and Perfusion MRA. 대한자기공명의과학회지 6, 125-165, 2002.
4. 김대호, 김동성, 김세영, 정현정 외: 자기공명영상학, 대학서림, 개정2판, 2001.
5. 정은기: Ph.D. Diffusion and Perfusion MRI. 대한자기공명의과학회지, 1999.
6. 대한자기공명기술학회지, 13, 1, 2003.
7. 김범수 외: 대한자기공명의과학회지 6, 125-165, 2002.
8. Le Bihan D, Breton E, Lalliermand D: et al. MR imaging of in-travoxel incogherent motion; application to diffusion and perfusion in neurologic disorder. Radiology, 161, 401-407, 1986.