

다양한 두개강내 질환의 확산강조 자기공명영상 : 임상적 유용성

김영준¹, 장기현¹, 송인찬¹, 김홍대¹, 성수옥¹, 이경호¹, 한문희¹, 오창현²

목 적 : 다양한 두개강내 질환을 가진 환자들을 대상으로 확산강조영상을 시행하여 병변의 신호강도를 분석함으로써 확산강조영상의 임상적 유용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법 : 전향적으로 무작위 추출하여 확산강조영상을 시행한 70명의 환자(급성 뇌경색 20명, 만성 뇌경색 또는 소혈관 질환 21명, 두개강내 원발성 종양 14명, 뇌전이 3명, 뇌농양 5명, 뇌혈종 5명, 퇴행성의 유구낭미충 1명, 유피낭종 1명)를 대상으로 하였다. 확산강조영상은 1.5T 장치를 사용하여, single shot spin echo EPI 기법을 사용하여, 6500 ms TR, 107 ms TE, 128×128 matrix, 1 number of excitation, 24×24 cm field of view, 5-7 mm slice thickness, 2-3 mm inter-slice gap으로, x, y, z 세 방향으로 확산경사자기($b=1000 \text{ s/mm}^2$)를 가하여 얻었다.

병변의 신호강도의 평가는 정성적인 분석에서는 병변의 신호 강도를 임의의 5단계로 구분하여 분석하였고, 정량적 분석에서는 ROI(region of interest)를 이용하여 병변의 신호강도를 측정하여, 반대쪽 정상 뇌실질에서 얻은 신호강도와의 상대적 신호강도비를 구하였다.

결 과 : 정성적 분석에서 매우 높은 신호강도를 보인 병변은 모든 예의 급성 뇌경색, 뇌농양, 유피낭종, 그리고 퇴행성 유구낭미충의 낭성 병변이었다. 뇌혈종은 모든 예에서 병변내에 매우 높은 신호강도와 낮은 신호강도가 혼재되어 있었다. 1명의 종양환자에서는 고형성 부분에 국소적인 매우 높은 신호강도가 보였다. 이들 병변 각각의 뇌실질에 대한 평균 신호강도비는 모두 2.5 이상이었다. 정성적 분석에서 뇌실질과 같은 정도의 신호강도를 보인 경우는 신경교종(71%), 뇌종양의 고형성 부분(64%), 뇌전이(100%), 혈관성 부종(67%)이었으며, 이들 병변의 뇌실질에 대한 평균 신호강도비는 1.15에서 1.28로 서로간에 의미 있는 차이는 없었다($p>0.1$). 매우 낮거나 약간 낮은 신호강도를 보인 경우는 낭성 뇌연화증과 종양내 괴사로서, 평균 신호강도비는 각각 0.45와 0.42였다.

결 론 : 급성 뇌경색, 뇌농양, 유피낭종, 퇴행성의 유구낭미충은 확산강조영상에서 매우 높은 신호강도를 보여, 다른 질환과의 감별 진단에 유용할 것으로 생각되며, 특히 뇌농양과 괴사나 낭성 부분을 포함한 뇌종양과의 감별에 많은 도움이 될 것으로 기대된다.

서 론

확산강조영상은 도입된 이래 지금까지 주로 뇌경색의 조기 진단에 적용되어 왔고, 통상적인 자기공명영상에서는 경색 후

적어도 이틀이 지나야 진단이 가능하지만, 확산강조영상에서는 그 보다 빠른 초급성 시기에 진단이 가능하여 뇌경색 환자의 진단과 치료에 도움을 주는 것으로 알려져 있다(1-5). 또한 지주막 낭종(arachnoid cyst)과 유피낭종(epidermoid cyst)의 감별에 있어서, 전자는 확산강조영상에서 저 신호강도를 보이는

대한자기공명의과학회지 2: 104-112(1998)

¹ 서울대학교 의과대학 방사선과학교실 및 방사선의학연구소

² 고려대학교 전자 및 정보공학부

* 이 논문은 산업자원부 공업기반기술 개발사업 연구비 [초고속 핵자기공명진단기기의 영상처리 기술개발(위탁)(연구번호: B31-973-3302-01)]의 일부 지원에 의하여 이루어진 것임.

접수: 1998년 4월 10일, 수정: 1998년 4월 25일, 채택: 1998년 5월 3일

통신저자: 장기현 서울시 종로구 연건동 28번지 서울대학교 의과대학 방사선과학교실 및 방사선의학연구소

Tel. 82-2-760-2516 Fax. 82-2-743-6385

반면 후자의 경우는 고 신호강도를 보여 양자의 감별에 도움이 되는 것으로 알려져 있다(6). 그외에도 뇌종양의 성분 분석, 뇌 백질 질환등 여러분야에 적용되었으나 아직은 연구가 보다 더 필요한 실정이다(7-11). 따라서 현재까지 널리 받아들여지고 있는 확산강조영상의 실제적인 임상적 유용성은 주로 뇌경색의 조기진단과 지주막 낭종과 유피낭종의 감별에 국한되어 있는 형편이다.

따라서 저자들은 다양한 두개강내 질환을 가진 환자들을 대상으로 확산강조영상을 시행하여 병변의 신호강도를 분석함으로써 확산강조영상의 임상적 유용성을 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

1996년 8월부터 1997년 12월까지 전향적으로 무작위 추출에 의해 확산강조영상을 얻은 총 168명의 환자중에서 병변 주변에 인공음영이 없고, 병변의 크기가 1cm 이상인 환자 70명을 대상으로 하였다. 대상 환자군의 연령은 17-81세(평균 52.7세)였고, 남자 37명, 여자 33명이었다. 대상환자군의 질환 분포는 급성 뇌경색 20명, 만성 뇌경색 또는 소혈관 질환 21명, 두개강내 원발성 종양 14명, 뇌전이 3명, 뇌농양 5명, 뇌혈종 5명, 유구낭미충 1명, 유피낭종 1명이었다. 진단 방법은 종양, 뇌전이, 유피낭종의 경우에는 모든 환자에서 병리조직학적 진단을 얻었고, 뇌경색, 소혈관 질환, 뇌혈종의 경우에는 임상적 소견과 방사선학적 소견으로 진단하였다. 뇌농양의 5명 중 3명에서 수술 또는 조직검사를 시행하여 병리조직학적으로 진단하였고, 나머지 2명에서는 항생제 치료 후 임상적 증상 및 방사선학적 소견이 현저하게 호전되어 뇌농양의 진단이 가능하였다. 유구 낭미충 1예는 혈청 및 뇌척수액 ELISA검사로 진단하였다. 급성 뇌경색

은 모두 병발 후 1주일 이내의 경우였다. 원발성 두개강내 종양의 병리조직학적 진단은 저등급 교종 2예, 고등급 교종 9예, 수막종 2예, 상의세포종 1예였다. 분석 대상이 된 병변은 총 101예로, 급성 뇌경색 20예, 만성 뇌경색 또는 소혈관 질환에서 보이는 신경교증(gliosis) 24예, 낭성 뇌연화증(cystic cerebromalacia) 12예, 두개강내 원발성 종양의 고형성 부분 14예, 종양내 피사 또는 낭성 부분 3예, 뇌전이 3예, 뇌농양 5예, 뇌혈종 8예, 유구낭미충의 육아종성 병변과 조영증강되는 벽을 가진 낭성 병변 각각1예씩, 유피낭종 1예, 그리고, 종양, 혈종, 및 농양 주위의 혈관성 부종 9예였다.

확산강조영상은 1.5T 초전도형 장치(Signa, GE medical system, Milwaukee, USA)를 사용하여, 통상적인 자기공명영상과 함께 시행하였다. 통상적인 MR 영상은 스프에코방식으로 횡단면 T2-강조(TR/TE=4000/98), 횡단면 또는 시상면 T1-강조(TR/TE=450/10) 영상을 얻었고, 필요한 경우 체중 1kg당 0.1 mmol의 Gd-DTPA(Magnevist, Schering, Berlin, Germany)로 조영증강후 횡단면 또는 시상면 T1강조영상을 함께 얻었다. 확산강조영상은 T2-강조영상 직후, single shot spin echo EPI(echo planar imaging)기법으로 횡단면 영상을 얻었으며, 사용한 영상변수는 TR/TE가 6500/107, 시야(field of view)가 24cm(24cm, 절편두께와 간격은 각각 5-7mm, 2-3mm, 신호획득회수는 1이었다. 확산경사자기는 x, y, z 세 방향으로 차례차례 가해서 영상을 획득(acquisition)한 후, 세 영상(x, y, z축 영상)을 평균(averaging)한 비등방성 확산강조영상(anisotropic diffusion-weighted image)을 얻었다. b값(확산강조 경사자기의 세기)은 1000 s/mm²이었으며, 경사자기의 세기(strength of gradient)는 2.16 G/cm, 경사자기 시간격(separation time of gradients)은 33 msec, 경사자기

Table 1. Subjective Grading of Signal Intensity of Lesions on Diffusion-Weighted Imaging

Lesion (n=101)	Grading of Signal Intensity of Lesion				
	↓↓	↓	↔	↑	↑↑
Acute infarct (n=20)					20
Gliosis (n=24)		2	17	5	
Cystic cerebromalacia (n=12)	6	6			
Tumor solid portion (n=14)		1	9	3	1
Tumor necrosis (n=3)	2	1			
Metastasis (n=3)			3		
Abscess (n=5)					5
Hematoma (n=8)					
Hyperintense portion					
Hypointense portion	6	2			8
Neurocysticercosis (n=2)					
Enhancing granuloma(n=1)			1		
Cystic lesion (n=1)					1
Epidermoid cyst (n=1)					1
Vasogenic edema (n=9)			6	3	

↓↓ : markedly hypointense (isointense to CSF), ↓ : slightly hypointense
 ↔ : isointense to the normal brain parenchyma, ↑ : slightly hyperintense, ↑↑ : markedly hyperintense

간(duration of gradient)은 31 msec이었다.

확산강조영상의 분석은 병변의 신호강도를 정성적 및 정량적으로 후향 평가하였다. 정성적인 분석에서는, 두명의 신경방사선과 의사가 확산강조영상과 통상적인 자기공명영상을 나란히 놓고 합의하에 확산강조영상에서 병변의 신호강도를 육안적으로 분석하였다. 확산강조영상에서 병변의 신호강도는 매우 낮은 신호강도(뇌실과 같은 정도의 경우), 약간 낮은 신호강도(뇌실보다는 높지만 뇌실질보다는 낮은 경우), 뇌실질과 같은 정도의 신호강도, 약간 높은 신호강도(뇌실질보다 약간 높은 경우), 매우 높은 신호강도(두개강내 어떤 조직보다도 높은 경우)의 임의의 5단계로 구분하여 정성적으로 분석하였다. 정량적 분석에서는 1-2 cm 크기의 원형의 관심영역(ROI: region of interest)을 이용하여 각각의 병변에서 최소한 3번씩 신호강도를 측정하여 평균값을 구하였다. 또한, 병변의 반대쪽 정상 뇌실질과 측뇌실의 뇌척수액에서 신호강도를 측정하여, 각각의 환자에서 병변과 뇌척수액의 신호강도를 정상 뇌실질의 신호강도로 나누어 정상 뇌실질에 대한 상대적 신호강도비를 구하였다.

결 과

각각의 병변에 대한 정성적 분석과 정량적 분석의 결과는 각각 Table 1과 Table 2에 요약하였다. 정성적 분석에서, 매우 높은 신호강도를 보인 병변은 모든 급성 뇌경색, 뇌농양, 유포낭종, 퇴행성 유구낭미종의 낭성 부분이었다 (Fig. 1-4). 그외에도 모든 뇌혈종에서 병변 내부에 부분적으로 매우 높은 신호강도를 포함하고 있었고, 원발성 뇌종양의 고형성 부분 14예 중 1예에서 매우 높은 신호강도를 보였다. 뇌실질과 같은 정도의 신호강도를 보인 경우는 신경교종 24예 중 17예 (71%), 뇌종양의 고형성 부분 14예 중 9예 (64%), 뇌전이 3예 모두, 혈관성 부종 9예 중 6예(67%), 그리고 유구낭미종의 조영증강되는 육아종성 병변이었다(Fig. 4, 5). 매우 낮은 신호강도는 낭성 뇌

연화종 12예 중 6예와 종양내 괴사 3예 중 1예에서 보였고, 약간 낮은 신호강도는 낭성 뇌연화종의 나머지 6예와 종양내 괴사 3예 중 2예에서 보였다(Fig. 6, 7). 뇌혈종의 경우에는 병변 내에서 매우 다양한 신호강도를 보였는데, 8예의 뇌혈종 중 6예에서 매우 낮은 신호강도를 포함하고 있었다(Fig. 8).

정량적 분석에서 신경교종, 종양의 고형성 부분, 뇌전이, 혈관성 부종 등은 뇌실질에 대한 평균 신호강도비가 1.15에서 1.28으로 서로간에 의미 있는 차이는 없었다(Kruskal-Wallis

Table 2. Quantitative Signal Intensity Ratios of Lesions to the Normal Brain Parenchyma on Diffusion-Weighted Imaging.

Lesion (n=101)	SI ^{Lesion} / SI ^{Normal brain parenchyma}	
	Mean ± sd	Range
CSF (n=70)	0.14 ± 0.04	0.07 - 0.21
Acute infarct (n=20)	3.36 ± 0.64	2.41 - 4.93
Gliosis (n=24)	1.15 ± 0.19	0.84 - 1.51
Cystic cerebromalacia (n=12)	0.45 ± 0.15	0.23 - 0.72
Tumor solid portion (n=14)	1.28 ± 0.42	0.73 - 2.31
Tumor necrosis (n=3)	0.42 ± 0.11	0.31 - 0.50
Metastasis (n=3)	1.13 ± 0.05	1.12 - 1.21
Abscess (n=5)	4.35 ± 1.76	2.54 - 6.87
Hematoma (n=8)		
Most hyperintense portion*	3.82 ± 1.10	2.37 - 5.91
Most Hypointense portion**	0.37 ± 0.16	0.23 - 0.61
Neurocysticercosis (n=2)		
Enhancing granuloma (n=1)	1.08	
Cystic lesion (n=1)	3.17	
Epidermoid cyst (n=1)	2.74	
Vasogenic edema (n=9)	1.17 ± 0.27	0.92 - 1.51

n: number of lesions, SI: signal intensity,

sd: standard deviation,

*, **: signal intensity on diffusion-weighted imaging.

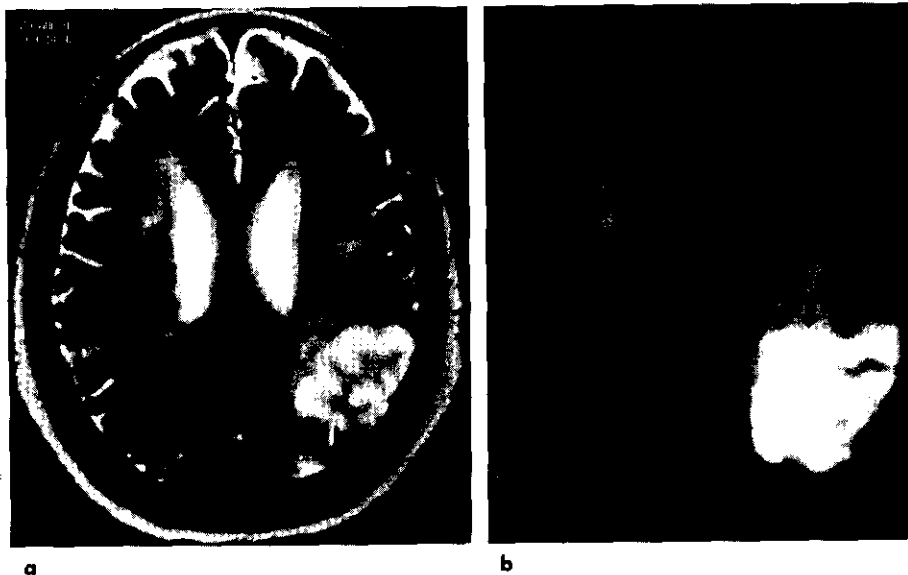


Fig. 1. Acute infarct (2 days after onset of symptom) and chronic ischemic infarct.

a. T2-weighted MR image shows acute infarct of high signal intensity with gyral effacement in left parieto-occipital lobes (arrows) and chronic ischemic infarct of patchy high signal intensity in white matter adjacent to right frontal horn (arrowheads).

b. Diffusion-weighted image shows markedly hyperintense signal in acute infarct (arrows) but isointense signal in chronic infarct (arrowheads).

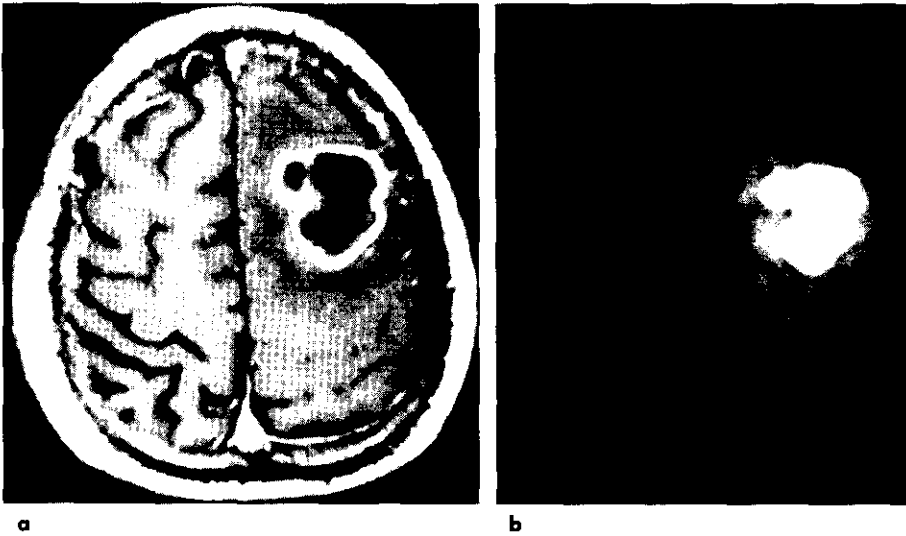


Fig. 2. Brain abscess.
a. Contrast-enhanced T1-weighted image shows a ring-shaped enhancing mass with surrounding edema in left frontal lobe.
b. Diffusion-weighted image shows markedly hyperintense signal within the cavity of abscess and slightly hyperintense signal of surrounding edema.

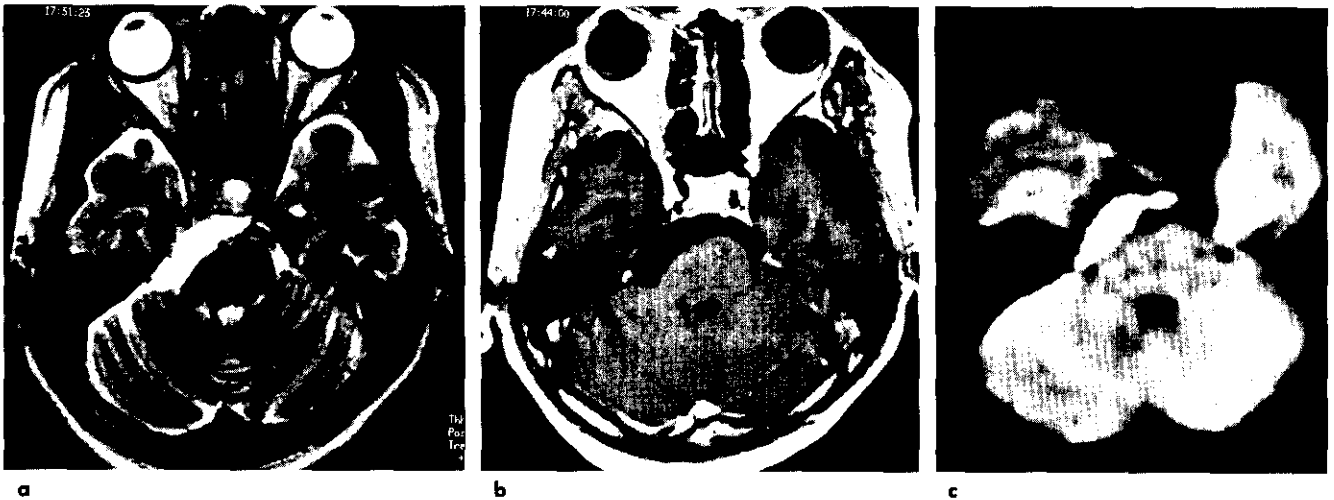


Fig. 3. Epidermoid cyst.
a. T2-weighted image shows lentiform lesion of high signal intensity in right cerebello-pontine angle area (arrows).
b. Contrast-enhanced T1-weighted image shows hypointensity of the lesion with no enhancement (arrows).
c. On diffusion-weighted image, the signal intensity of the lesion is markedly hyperintense (arrows).

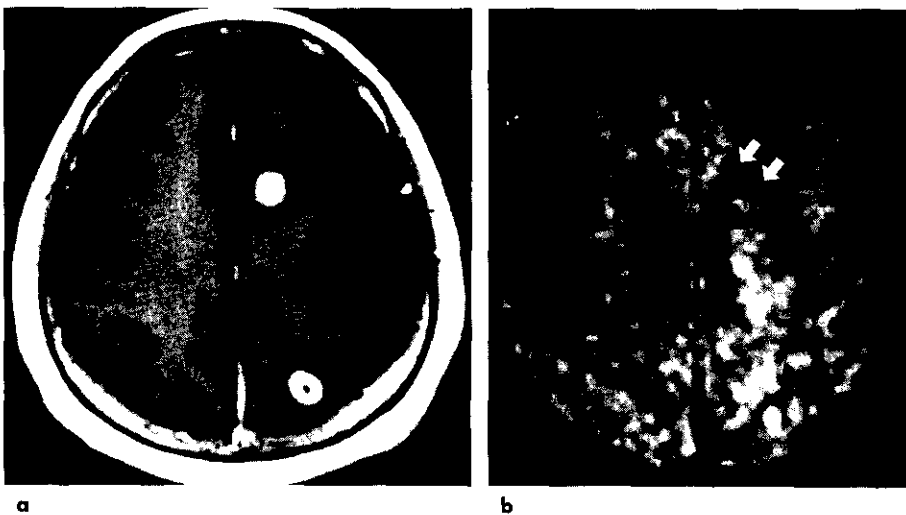


Fig. 4. Neurocysticercosis.
a. Contrast-enhanced T1-weighted image shows two enhancing nodules with surrounding edema; one solid enhancing in left frontal lobe (arrows) and the other ring-shaped enhancing lesion in left occipital lobe (arrowheads).
b. On diffusion-weighted image, a solid enhancing nodule in left frontal lobe is isointense to normal brain parenchyma (arrows), but the non-enhancing portion of the lesion in left occipital lobe is markedly hyperintense (arrowheads). Surrounding vasogenic edema is isointense.

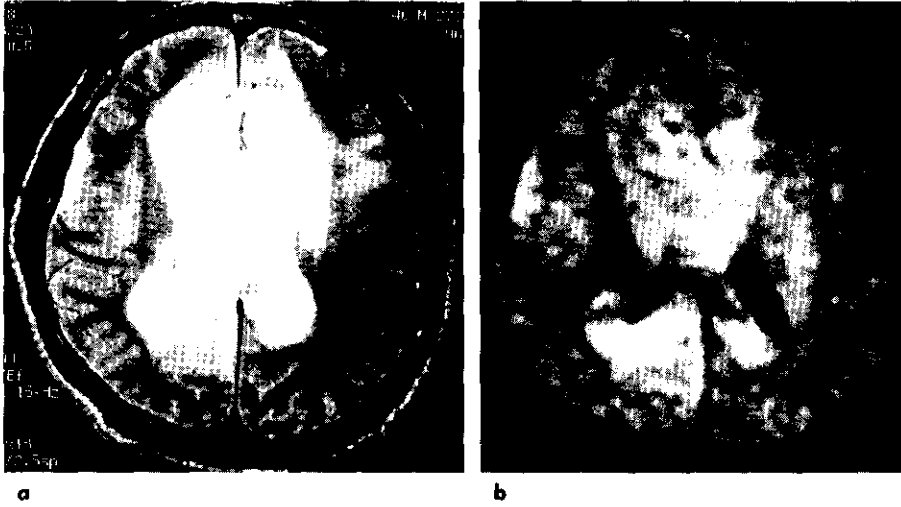


Fig. 5. Gliomatosis cerebri.
a. T2-weighted image shows ill-defined hyperintense lesion involving corpus callosum and both cerebral hemispheres.
b. On diffusion-weighted image, the lesion shows slightly high signal intensity mixed with iso-signal intensity.

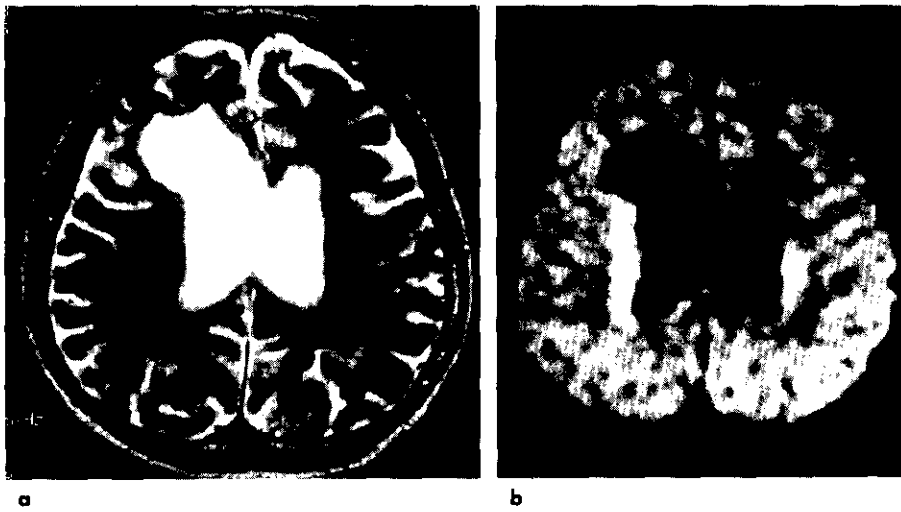


Fig. 6. Cystic cerebromalacia.
a. T2-weighted image shows hyperintense large irregular lesion communicating with right lateral ventricle.
b. On diffusion-weighted image, the signal intensity of the lesion is markedly hypointense, paralleling that of CSF.

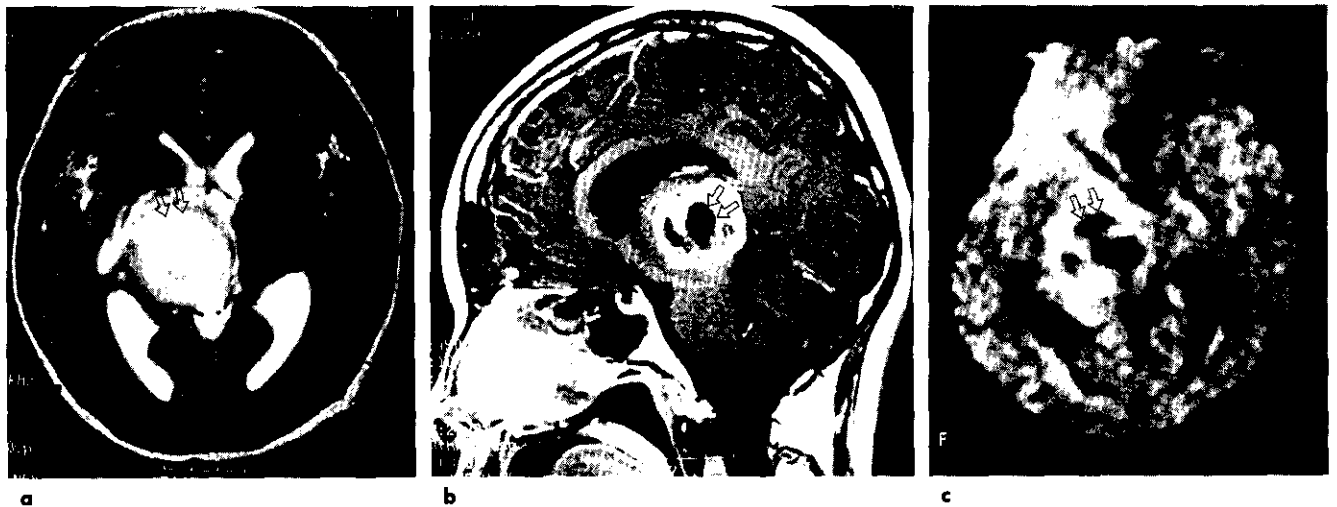


Fig. 7. Glioblastoma multiforme with necrotic portion.
a. T2-weighted image shows hyperintense necrotic cavity with lobulated contour (arrows) within solid component of tumor in right thalamus.
b. Contrast-enhanced sagittal T1-weighted image shows hypointense necrotic cavity (arrows) within the solid enhancing tumor.
c. On diffusion-weighted image, the intratumoral necrotic cavity is slightly hypointense (arrows) and enhancing portion of tumor is slightly hyperintense.

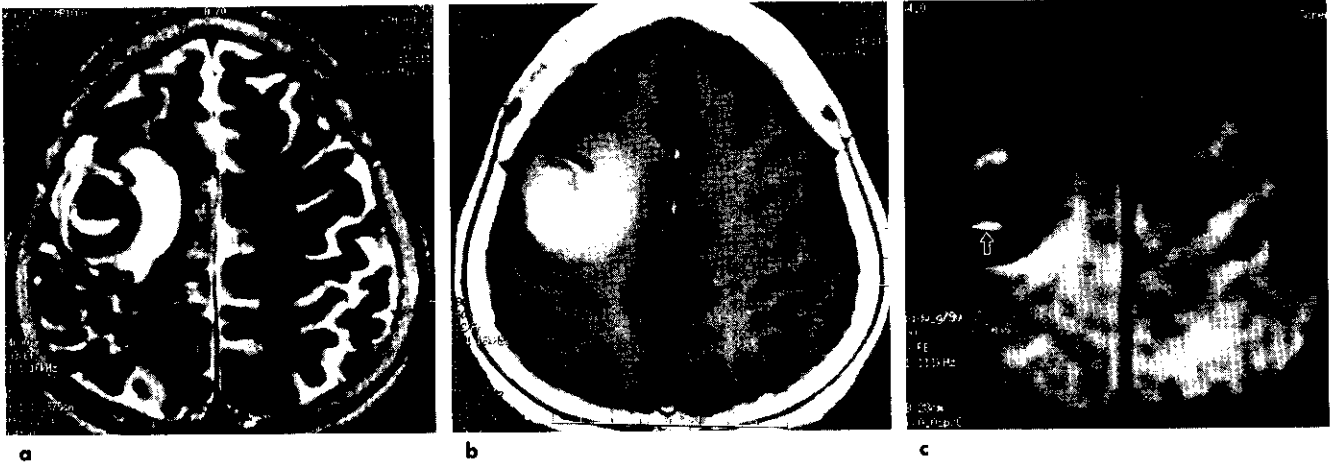


Fig. 8. Carvenous hemangioma with multistage hemorrhage.
a. T2-weighted image shows a round lesion with very heterogenous signal intensities in right frontal lobe.
b. On T1-weighted image, the lesion is heterogeneously hyperintense.
c. Diffusion-weighted image shows a focal area of markedly high signal intensity (arrow) within the markedly hypointense mass.

test and Mann-whitney U test, $P > 0.1$). 반면에 급성 뇌경색, 뇌농양의 공동 부분, 낭성 유구낭미충, 유피낭종은 뇌실질에 대한 각각의 평균 신호강도비가 2.74에서 4.35로, 뇌실질에 비해 모두 2.5배 이상 높아서, 이들 병변에서 물 분자의 확산이 정상 뇌실질에 비해 매우 감소되어 있음을 시사했다. 낭성 뇌연화증과 종양내 괴사 또는 낭성부분의 평균신호강도는 뇌척수액보다는 높지만 뇌실질보다는 낮아 이들 병변의 확산 정도가 양자의 중간에 있음을 시사했다.

고 찰

확산강조 자기공명영상은 주어진 자기경사 내에서 조직내의 물 분자(water molecule)의 확산에 따른 신호 감쇄(signal attenuation)를 영상화 하는 기법이다. 기존의 MR영상에서는 주로 조직의 T1 및 T2 이완시간에 대한 정보를 얻는데 반하여 확산강조영상에서는 조직내의 물 분자의 확산에 따른 물리적 특성에 대한 정보를 얻을 수 있다. 조직내의 물분자의 확산운동이 크면 영상신호의 감쇄가 크게 일어나 확산강조영상에서 상대적으로 저신호강도를 보이고, 확산운동이 적으면 주변보다 상대적으로 고신호강도를 보인다. 따라서, 뇌의 확산강조영상에서 뇌세포 부종으로 인하여 주위 물분자의 확산이 매우 저하되어 있는 급성 뇌경색은 주변 정상 뇌실질에 비해서 매우 높은 신호강도를 보이게 되나, 물분자의 확산운동이 활발한 뇌척수액의 경우에는 상대적으로 매우 낮은 신호강도를 보인다.

급성 뇌경색은 확산강조영상에서 고 신호강도를 보이는데, 그 이유는 세포독성 부종(cytotoxic edema)에 의한 것으로 알려져 있다(2). 일반적으로 뇌혈류의 감소는 신경세포막에 산소의 전달을 감소시켜 ATP(adenosine triphosphate)의 생합성을 저해하고, ATP의 감소는 Na^+/K^+ 펌프가 수행하는 세포 내 물을 세포밖으로 유출시키는 기능을 저하시켜, 세포의 물이 세포내로 유입되는 세포독성 부종을 일으킨다. 정상적으로 인

체내 물은 약 70% 정도는 세포밖 공간에 위치하고 30%만이 세포내에 있어 물의 확산운동은 주로 세포밖 공간에서 일어나게 된다. 따라서 세포독성 부종에서는 세포밖 공간의 물이 보다 제한된 공간인 세포내로 유입되므로 조직내의 전반적인 물 분자의 확산은 감소한다(2, 11). 본 연구에서도 증상 발현후 1주일 이내의 급성 뇌경색은 모든 예에서 매우 높은 고 신호강도를 보여 정상 뇌실질보다 확산이 매우 저하되어 있었고, 이는 기존의 연구들과 부합된다.

Ebisu 등(12)은 뇌농양1예의 확산강조영상에서, 뇌농양 내부의 농이 매우 높은 신호강도를 보였고 생체외로 흡인한 농역시 매우 높은 신호강도와 정상 뇌실질에 비해 2배 정도 감소된 현성 확산 계수(apparent diffusion coefficient : ADC)를 보였다고 보고한 바 있고, 5예의 뇌농양과 1예의 뇌축농(empyema)에서 확산강조영상을 얻은 Schaefer 등의 연구(Schaefer PW et al., presented at the American Society of Neuroradiology meeting, May 1997)에서도 같은 결과를 보였다. 본 연구에서도 뇌농양의 조영 증강되지 않는 중심 공동(central cavity) 부분은 5예 모두에서 매우 높은 신호강도를 보여 이전의 연구들과 일치하는 결과를 보였다. 확산강조영상에서 농양이 고 신호강도를 보이는 이유는 농 자체의 높은 점도(viscosity)와 농 내부에 포함된 고농도의 다량의 염증성 세포에 의해 물 분자의 확산이 감소되기 때문인 것으로 설명할 수 있다(12).

고등급 교종 10예의 확산강조영상에 대한 연구에서 Tien 등(7)은 낭성 또는 괴사부분은 높은 현성확산계수와 함께 저신호강도를 보이며, 종양주위 부종은 조영증강 되지 않는 종양의 고형성 부분 보다 좀 더 높은 신호강도를 보여 양자간의 구별에 확산강조영상이 도움이 된다고 하였다. 한편, Krabbe 등(8)은 종양내에서 낭성 또는 괴사부분이 가장 높은 현성확산계수와 함께 저 신호강도를 보였고, 뇌전이병변이 원발성 고등급 교종보다 낮은 신호강도를 보여 양자간의 감별에 도움이 된다고 하

였다. 저자들의 연구에서 종양내 괴사나 낭성 부분은 모두 저신호 강도를 보였고, 정상 뇌실질에 대한 신호강도비가 평균 0.42로 낭성 뇌연화증의 0.45와 비슷한 결과를 보여 이전의 연구들과 일치되는 결과를 얻었지만, 원발성 뇌종양의 고형성 부분, 뇌전이 병변, 종양주위의 혈관성 부종 등은 육안적으로나 정량적으로나 서로간에 의미 있는 신호강도의 차이점을 찾기 어려워 기존의 연구들과 상치되는 결과를 보였다. 따라서, 앞으로 보다 많은 연구가 필요할 것으로 생각되며, 현재로서는 뇌의 종양성 병변 자체에 대한 확산강조영상의 임상적 유용성은 제한적이라고 생각된다.

일반적으로 뇌농양과 뇌종양의 감별은 어렵지 않으나, 드물게 괴사 또는 낭성 부분을 포함한 뇌종양과 뇌농양의 감별이 어려운 경우가 있는데, 뇌농양 환자의 약 반 수 이하에서만 발열, 백혈구 과다증(leukocytosis) 등의 감염 조건을 보이고 나머지의 경우는 뇌종양과 마찬가지로 두개강내 종괴에 의한 증상을 보이며, CT나 MR에서도 양자의 구별이 용이하지 않기 때문이다(13, 14). 그러나, 확산강조영상에서는 뇌농양의 농 성분은 매우 높은 신호강도를 보이고, 뇌종양의 경우에는 괴사 또는 낭성 부분이 저신호강도를 보여 양자의 감별에 큰 도움을 줄 수 있으리라 기대된다.

이번 연구에서 유구낭미충의 경우 조영증강되는 육아종성 병변은 정상 뇌실질과 같은 신호강도를 보였다. 그렇지만, 조영증강되는 벽으로 둘러싸인 낭성 부분은 매우 높은 신호강도를 보여 확산이 매우 저하되어 있음을 알 수 있었는데, 유구낭미충이 분해되면서 생긴 거대 단백질과 더불어, 뇌농양의 경우와 마찬가지로 숙주의 면역 반응에 따른 점도가 높은 농 형성 등이 물 분자의 확산 저하의 주된 이유가 될 것으로 생각된다.

본 연구에서, 신경교증 24예의 정상 뇌 실질에 대한 평균 신호 강도비는 1.15로 정상 뇌실질과 거의 같은 정도였고, 육안적으로도 정상 뇌 실질과 구별이 불가능했다. 낭성 뇌연화증을 보이지 않는 만성 뇌경색과 소혈관 질환에서 보이는 뇌실 주변의 반상의 T2-고신호 병변들은 병리적으로는 대부분 신경교증에 해당된다. 만성 허혈성 뇌경색에 의한 신경교증에서는 주로 성상세포(astrocyte)의 원섬유(fibrill)가 이형형적(anisomorphic)으로 증식하여, 파괴되고 위축된 신경세포가 남긴 세포외 공간을 채우게 된다(15). 신경교증이 T2-강조영상에서 고 신호 강도를 보이고 T1-강조영상에서 저 신호 강도를 보이는 이유는 주지하는 바와 같이 병변내에 물 성분이 많기 때문인데, 그럼에도 불구하고 정상 뇌 실질보다 물 분자의 확산이 뚜렷하게 증가하지 않는 이유는 아마도 병변내에서 세포의 공간이 늘어나 조직 내에 물은 늘어나지만 이형형적으로 증식된 성상세포의 원섬유에 의해 세포의 공간의 물 분자의 확산이 제한받기 때문으로 생각된다.

본 연구에서 낭성 뇌연화증의 경우에 정상 뇌실질에 대한 평균 신호강도비가 0.45로 측뇌실에서 측정된 뇌척수액의 평균 신호강도비 0.14보다 높았는데, 그 이유는 뇌실내의 뇌척수액은 심장의 박동으로 인한 거시적인 움직임 때문에 움직임이 없는 물보다 높은 현성확산계수를 가지기 때문인 것으로 알려져 있다(6).

Ebisu 등(16)은 확산강조영상에서 출혈성 뇌경색을 포함한 급성 뇌출혈이 고 신호강도를 보이며, 약 100일 후까지의 만성기에도 고신호 강도를 보였다고 했으며, 이러한 소견은 급성기에는 세포독성 부종과 함께 적혈구의 농축, 섬유소 응괴(fibrin clot)의 형성 등에서 기인하고, 만성기에는 침윤된 염증 세포의 높은 농도, 병변의 높은 점도 때문일 것으로 추정했다. 본 연구에서는 뇌혈종 8예 모두에서 병변내의 일부분에서 매우 높은 신호강도를 포함하고 있었으나, 약간 낮은 신호 강도 또는 매우 낮은 신호강도와 혼재되어 있는 양상이었다. 일반적으로 EPI 기법은 자화율 인공물(magnetic susceptibility artifact)에 매우 민감하기 때문에(17), 뇌혈종의 신호강도는 조직내의 물 분자의 확산뿐만 아니라 혈종내에 포함된 deoxyhemoglobin, ferritin, hemosiderin 등에 의한 자화율 인공물에 의해서도 영향을 받을 것으로 생각된다. 실제로 본 연구에서, 뇌혈종의 신호강도 분석시에 인공물 여부에 대해 논란이 있었으며, 확산에 의한 신호강도인지 인공물에 의한 것인지 구별이 곤란한 경우가 많았다.

현성확산계수를 구하지 못한 것은 본 연구의 주된 제한점으로 생각된다. 비록 확산강조영상에서 정상 뇌실질에 대한 상대적인 신호강도비를 얻어 대략적인 확산의 정도는 평가할 수 있었지만, 병변의 확산에 대한 정확한 정량적인 값을 의미하지는 않기 때문이다.

결론적으로, 급성 뇌경색, 뇌농양, 유괴낭종, 퇴행기의 유구낭미충은 확산강조영상에서 고 신호강도를 보여, 다른 질환과의 감별 진단에 유용할 것으로 생각되며, 특히 뇌농양의 경우는 저신호강도를 보인 괴사나 낭성 부분을 포함한 뇌종양과의 감별에 많은 도움이 될 것으로 기대된다. 그러나, 낭성 변화를 보이지 않는 만성 뇌경색, 소혈관 질환, 뇌종양의 고형성 부분, 뇌전이 등은 서로 간에 비슷한 신호강도를 보이고, 정상 뇌실질과 같거나 약간 높은 신호강도를 보여 확산강조영상만으로는 실제적으로 큰 도움이 되지 않으리라 생각되며, 앞으로 보다 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 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* 1990; 11: 423-429
2. Sevick RJ, Kanda F, Mintorovitch J, et al. Cytotoxic brain edema: assessment with diffusion-weighted MR imaging. *Radiology* 1992; 185: 687-690
3. Chien D, Kwong KK, Gress DR, Buonanno FS, Buxton RB, Rosen BR. MR diffusion imaging of cerebral infarction in humans. *AJNR* 1992; 13: 1097-1102
4. Matsumoto K, Lo EH, Pierce AR, Wei H, Garrido L, Kowell NW. Role of vasogenic edema and tissue cavitation in ischemic evolution on diffusion-weighted imaging: comparison with multiplanar MR and immunohistochemistry. *AJNR* 1995; 16: 1107-1115
5. Marks MP, Crespingy A, Lentz D, Enzmann DR, Albers GW, Moseley ME. Acute and chronic stroke: navigated

- spin-echo diffusion-weighted MR imaging. *Radiology* 1996; 199:403-408
6. 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* 1990; 11:925-931
 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* 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. Rutherford MA, Cowan FM, Manzur AY, et al. MR imaging of anisotropically restricted diffusion in the brain of neonates and infants. *J Comput Assist Tomogr* 1991; 15: 188-198
 10. Nakasu Y, Nakasu S, Morikawa S, Uemura S, Inubushi T, Handa J. Diffusion-weighted MR in experiment sustained seizures elicited with kainic acid. *AJNR* 1995; 16:1185-1192
 11. Bihan DL, Turner R, Douek P, Patronas N. Diffusion MR imaging: clinical applications. *AJR* 1992; 159: 591-599
 12. Ebisu T, Tanaka C, Umeda M, et al. Discrimination of brain abscess from necrotic or cystic tumors by diffusion-weighted echo planar imaging. *Magn Reson Imaging* 1996; 14:1113-1116
 13. Chun CH, Johnson JD, Hofstetter M, Raff MJ. Brain abscess. a study of 45 consecutive cases. *Medicine* 1986; 65: 415-431
 14. Wispelwey B, Decay Jr. RG, Scheld WM. Brain abscess. In: Scheld WM, Whitley RJ, Durack DT, ed. *Infection of the central nervous system*. New York, Raven Press, 1991: 457-458
 15. Powers JM, Horoupian DS. Central nervous system. In: Damjanov I, Linder J, ed. *Anderson's pathology*. 10th ed. St Louis, Missouri: Mosby-year book, 1996; 747-84
 16. Ebisu T, Tanaka C, Umeda M, et al. Hemorrhagic and nonhemorrhagic stroke: diagnosis with diffusion-weighted and T2-weighted echo-planar imaging. *Radiology* 1997; 203: 823-828
 17. Edelman RR, Wielopolski P, Schmitt F. Echo-planar MR imaging. *Radiology* 1994; 192: 600-612

Diffusion-Weighted MR Imaging of Various Intracranial Diseases : Clinical Utility

Young Jun Kim¹, Kee-Hyun Chang¹, In Chan Song¹, Hong Dae Kim¹, Su Ok Seong¹
Kyung Ho Lee¹, Moon Hee Han¹, Chang-Hyun Oh²

¹*Department of Radiology and Institute of Radiation Medicine, Seoul National University College of Medicine*

²*Department of Applied Electronic Engineering, Korea University*

Purpose: To evaluate the clinical utility of diffusion-weighted imaging by analyzing the signal intensity of lesions in patients with various intracranial diseases.

Materials and Methods: Diffusion-weighted MR imaging was prospectively performed in randomly selected 70 patients with various intracranial diseases. They consisted of 20 patients with acute infarct, 21 patients with chronic infarct or small vessel disease, 14 patients with primary intracranial tumor, three patients with brain metastasis, five patients with brain abscess, five patients with cerebral hemorrhage, one patient with neurocysticercosis, and one patient with epidermoid cyst. The diffusion-weighted images were obtained immediately after routine T2-weighted imaging on a 1.5T MR unit using single shot spin echo EPI technique with 6500 ms TR, 107 ms TE, 128×128 matrix, 1 number of excitation, 24×24 cm field of view, 5-7 mm slice thickness, 2-3 mm inter-slice gap. The diffusion-gradients (b value of 1000 s/mm²) were applied along three directions(x, y, z).

On visual inspection of diffusion-weighted images, the signal intensity of lesions was arbitrarily graded as one of 5 grades. In quantitative assessment, we measured the signal intensity of all the lesions and the contralateral corresponding normal area using round region of interest (ROI), and then calculated the signal intensity ratio of the lesion to the normal brain parenchyma.

Results: On visual inspection, markedly hyperintense signals were seen in all cases of acute infarct, brain abscess, epidermoid cyst, and neurocysticercosis in degenerating stage. In all cases of cerebral hematoma, the very high signal intensity was intermingled with low signal intensity. Focal very high signal intensity was also seen in a solid portion of the tumor in a patient. The mean signal intensity ratios of all those lesions to the normal brain parenchyma were above 2.5. Gliosis, solid component of brain tumor, brain metastasis, and vasogenic edema appeared isointense to the normal brain parenchyma in 71%, 64%, 100%, and 67%, respectively; the mean signal intensity ratios of those lesions to the normal brain parenchyma ranged 1.15 to 1.28 and there was no significant difference among these(p>0.1). Cystic cerebromalacia and necrotic or cystic portions in tumor were markedly or slightly hypointense, and the mean signal intensity ratios were 0.45 and 0.42, respectively.

Conclusion: Very high signal intensity of acute infarct, brain abscess, epidermoid cyst, and cystic neurocysticercosis in degenerating stage on diffusion-weighted images may be helpful in differentiating from other diseases that are hypointense or isointense to the normal brain parenchyma. It may be especially useful in differentiation of brain abscess from brain tumor with necrotic or cystic portion.

Index words: Magnetic Resonance (MR), diffusion ;
Brain Abscess, MR ; Brain Tumor, MR

Address reprint requests to: Kee-Hyun Chang, M.D., Department of Radiology and Institute of Radiation Medicine, Seoul National University College of Medicine, # 28 Yongon-Dong, Chongno-Gu, Seoul 110-744, Korea. Tel. 82-2-760-2584 Fax. 82-2-743-6385