대한방사선의학회지 2002;46:107 - 113

여러시기의 뇌경색에서 확산강조영상의 임상적 유용성[1]

송소연 · 조우호 · 김성희 · 허 감[2] · 김정숙 · 김영훈 · 김명규

목적: 확산강조영상이 초급성 뇌경색 발견에 민감하다는 것은 잘 알려져 있지만 급성, 아급성기 뇌경색에서의 역할에 대한 체계적인 연구는 없었다. 이에 다양한 시기의 뇌경색에서 확산강조영상이 어떠한 임상적 유용성을 갖는지 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 임상적으로 뇌경색이 의심되는 환자 중 확산강조영상과 T2 강조영상을 시행한 55명을 대상으로 하였다. 먼저 2명의 방사선과의사가 간단한 임상증상만으로 T2강조영상에서 병변을 추정한 후 이를 확산강조영상과 비교하였다. 확산강조영상이 진단에 도움이 되었던 예들을 1) T2강조영상에서는 병변을 발견하지 못하고 확산강조영상에서만 병변을 발견할 수 있었던 경우(detection), 2) T2강조영상에서는 여러 곳에 신호강도 변화가 있어 확산강조영상으로 병변을 정할 수 있었던 경우(localization), 3) T2강조영상만으로는 확실하지 않은 병변의 확실성을 높였던 경우(conspicuity), 4) 확산강조영상에서 여러 개의 병변(multiplicity)이 확인되었던 경우로 나누어 분석하였다.

결과: 55예중 44예(80%)에서 확산강조영상이 진단에 도움이 되었으며 6시간 이내의 초급성 병변 9예중 9예(100%), 48시간 이내의 급성 병변 27예중 20예(74%), 48시간 이후의 아급성 병변 19예중 15예(79%)에서 도움이 되었다. 초급성 9예중 detection, localization, conspicuity 및 multiplicity에 유용하였던 예가 각각 6예(67%), 1예(11%), 4예(44%) 및 5예(56%) 있었다. 확산강조영상이 도움이 되었던 급성 병변 20예중 detection, localization, conspicuity 및 multiplicity에 유용하였던 예가 각각 3예(15%), 10예(50%), 8예(40%) 및 5예(25%) 있었으며, 확산강조영상이 도움이 되었던 아급성 병변 15예중 detection, localization, conspicuity 및 multiplicity에 도움이 되었던 예가 각각 3예(20%), 9예(60%), 2예(13%) 및 3예(20%) 있었다.

결론: 확산강조영상은 초급성 뇌경색 병변의 발견에 민감할 뿐 아니라 병변의 크기가 작아 발견이 어려울 때, T2강조영상에서는 여러 곳에 신호강도 변화가 있어서 병변을 정할 수 없을 때, T2강조영상에서 신호강도 변화가 있지만 확실하지 않을 때 등 급성 및 아급성기의 뇌경색에서도 도움이 되었다.

고식적 자기공명영상에서는 주로 조직의 T1 및 T2 이완시간의 변화에 대한 정보를 얻는데 반하여, 최근 개발된 자기공명영상 기법인 확산강조영상은 주어진 자기경사 내에서 조직 내 물분자의 확산에 따른 신호 감쇄(signal attenuation)를 영상화하는 기법으로 조직 내 물분자의 확산에 따른 물리적 특성에 대한 정보를 제공한다 (1, 2). 초기 뇌경색의 확산강조영상에서 고신호 강도의 기전이 확실하게 밝혀져 있지는 않았으나 세포독성이 주요 원인으로 알려져 있고 (3 - 6), 그 외 뇌조직의 삼투압의 변화 (7), 뇌조직 온도 변화 (8), 동맥 혈류에 의한 뇌의 박동성 운동의 감소와 (3, 9) 뇌세포의 투과성 변화 (6) 등의 여러 요인들이 영향을 미칠 가능성이 있다.

뇌경색의 조기 영상 진단이 환자의 적절한 치료 방침 결정과 예후 판정에 중요한 역할을 하나 현재까지 사용되는 CT나 고식적 자기공명영상으로는 6시간 이내의 초급성기의 병변을 감지하는 것은 어렵다 (10). 최근 확산강조영상이 뇌경색의 조기진단에 유용하다고 보고되고 있으며 (11 - 13) 이러한 보고들은 주로 뇌경색의 초급성기 진단에 중점을 두었다. 이에 저자들은 확산강조영상이 뇌경색에서 초급성 병변의 발견 외에

[1]인제대학교 부속 상계백병원 방사선과
[2]인제대학교 부속 일산백병원 방사선과
본 연구는 2000년도 인제대학교 학술연구조성비에 보조에 의하여 수행되었음.
이 논문은 2001년 9월 26일 접수하여 2001년 10월 25일에 채택되었음.

어떠한 임상적 유용성을 갖는지 알아 보고자 하였다.

대상과 방법

1999년 11월부터 2000년 6월까지 임상적으로 뇌경색이 의심되는 환자 중 발병 시기가 확실하고 확산강조영상에서 고신호 강도를 보인 55명을 대상으로 하였다. 환자들의 평균 연령은 65세(42-85세)였으며 남자가 26명, 여자가 29명이었다. 임상증상 발현과 MR영상 촬영과의 간격에 따라 6시간 이내를 초급성기, 6시간에서 48시간까지를 급성기, 48시간 이후에서 2주 이내를 아급성기로 분류하였다 (14). 증상 발현 후 자기공명영상 검사까지의 시간 간격은 3시간에서 13일까지 평균 64시간이었고, 초급성기, 급성기, 아급성기의 환자가 각각 9예, 27예, 19예 있었다.

자기공명영상은 모든 예에서 1.5T 초전도 영상장치(Picker, Eclipse, U.S.A.)를 사용하여 T2강조영상과 확산강조영상을 얻었다. 급속스핀에코(fast spin echo) 기법을 이용한 T2강조영상의 매개변수는 repetition time(TR) 4000 ms, echo time(TE) 105 ms, echo train length 8, field of view 21×21 cm, 절편두께 5 mm, 절편간격 1.5 mm로 영상획득시간(scan time)은 5분 12초였다. Single shot 에코평면영상(EPI, echo planar image)을 이용한 확산강조영상의 매개변수는 b value=1000 s/mm^2, TR 5629 ms, TE 100 ms, field of view 24×24 cm, 절편두께 5 mm, 절편간격 1.5 mm로 영상획득시간은 28초였다.

2명의 방사선과 의사가 간단한 임상증상만으로 T2강조영상에서 뇌경색 병변을 추정한 후 이를 확산강조영상과 비교하여 확산강조영상이 진단에 도움이 되었는지를 뇌경색의 시기별로 나누어 분석하였다. 또한 확산강조영상이 진단에 도움이 된 예를 1) T2강조영상에서는 병변을 발견할 수 없었고 확산강조영상에서만 병변을 발견할 수 있었던 경우(detection) (Fig. 1), 2) T2강조영상에서는 여러 곳에 신호강도 변화가 있어서 T2강조영상만으로는 증상을 일으킨 병변을 정할 수 없었고 확산강조영상에서 병변을 정할 수 있었던 경우(localization) (Fig. 2), 3) T2강조영상에서도 신호강도 변화가 있지만 그 정도가 뚜렷하지 않아 T2강조영상만으로는 병변이 확실하지 않거나 그 범위를 정확히 알 수 없을 때 확산강조영상이 병변의 확실성을 높였던 경우(conspicuity) (Fig. 3), 4) 확산강조영상이 여러 개의 병변(multiplicity)을 찾는데 도움이 되었던 경우 (Fig. 4)로 나누어 분석하였다.

결 과

55예중 44예(80%)에서 확산강조영상이 진단에 도움이 되었으며, 초급성 병변 9예중 9예(100%), 급성 병변 27예중 20예(74%), 아급성 병변 19예중 15예(79%)에서 도움이 되어 확산강조영상은 초급성 시기에 가장 유용하였다. 초급성 병변 9예중 detection, localization, conspicuity 및 multiplicity에 유용하였던 예가 각각 6예(67%), 1예(11%), 4예(44%) 및 5예(56%) 있었고, 3예에서 2가지 항목에서 2예에서 3가지 항목에서 도움이 되었다. 확산강조영상이 도움이 되었던 급성 병변 20예중 detection, localization, conspicuity 및 multiplicity에 유용하였던 예가 각각 3예(15%), 10예(50%), 8예(40%) 및 5

Table 1. Comparison of Usefulness of DWI in Hyperacute, Acute and Subacute Stroke

	Detection	Localization	Conspicuity	Multiplicity
Hyperacute (9/9)	6	1	4	5
Acute (20/27)	3	10	8	5
Subacute (15/19)	3	9	2	3

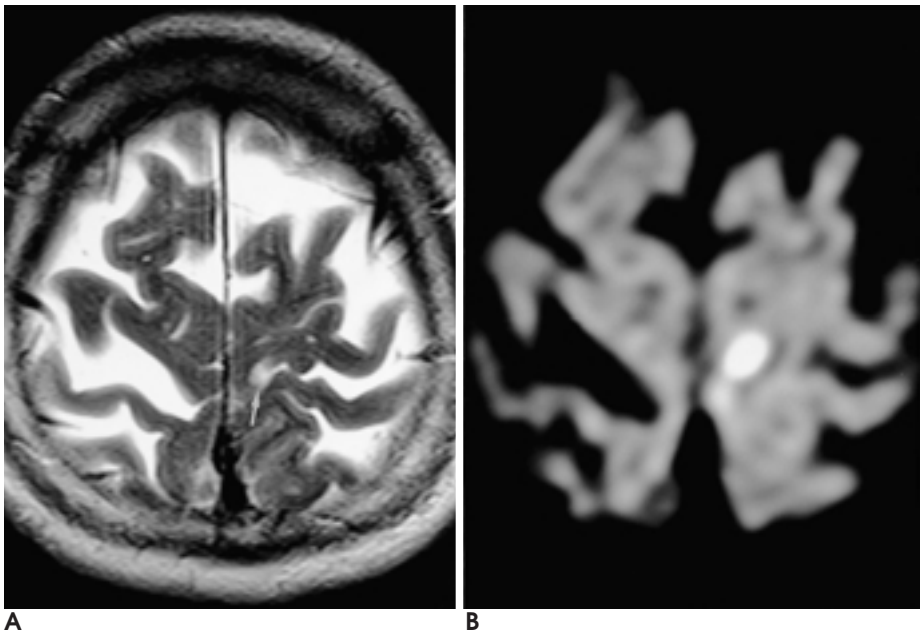

Fig. 1. A 64-year-old man with right hemiparesis for 24 hours.
A. Axial T2-weighted image shows subtle high signal intensity in left frontal cortex (arrow).
B. Diffusion weighted image obtained at the same level as A shows high signal intensity, which shows better contrast than on T2-weighted image.

예(25%) 있었고, 4예에서 2가지 항목에서 1예에서 3가지 항목에서 도움이 되었다. 확산강조영상이 도움이 되었던 아급성 병변 15예중 detection, localization, conspicuity 및 multiplicity에 도움이 되었던 예가 각각 3예(20%), 9예(60%), 2예(13%) 및 3예(20%) 있었고 2가지 항목에서 도움이 되었던 경우가 2예 있었다 (Table 1).

T2강조영상에서는 신호강도 변화 없이 확산강조영상에서만 병변을 발견할 수 있었던 예(detection)는 다른 연구에서와 마찬가지로 초급성기의 뇌경색이거나, 병변의 크기가 작았던 경우 (Fig. 1)로 전체 55예중 12예(22%)가 있었으며 이중 6예(50%)가 초급성 병변이었다. 이전에 뇌경색이 있었던 환자가 최근 증상이 생겼거나, 뇌경색 이외의 다른 원인에 의해 T2강조영상에서 여러 곳에 신호강도 변화가 있어서 T2강조영상만으로는 증상을 일으킨 병변을 정할 수 없고 확산강조영상에서 병변을 정할 수 있었던 경우(localization)는 20예(36%)로 급성 및 아급성 병변이 각각 10예(50%), 9예(45%)였다(Fig. 5). 확산강조영상이 병변의 확실성을 높였던 경우(conspicuity)는 14예(25%)로 이 경우 확산강조영상은 T2강조영상에서는 신

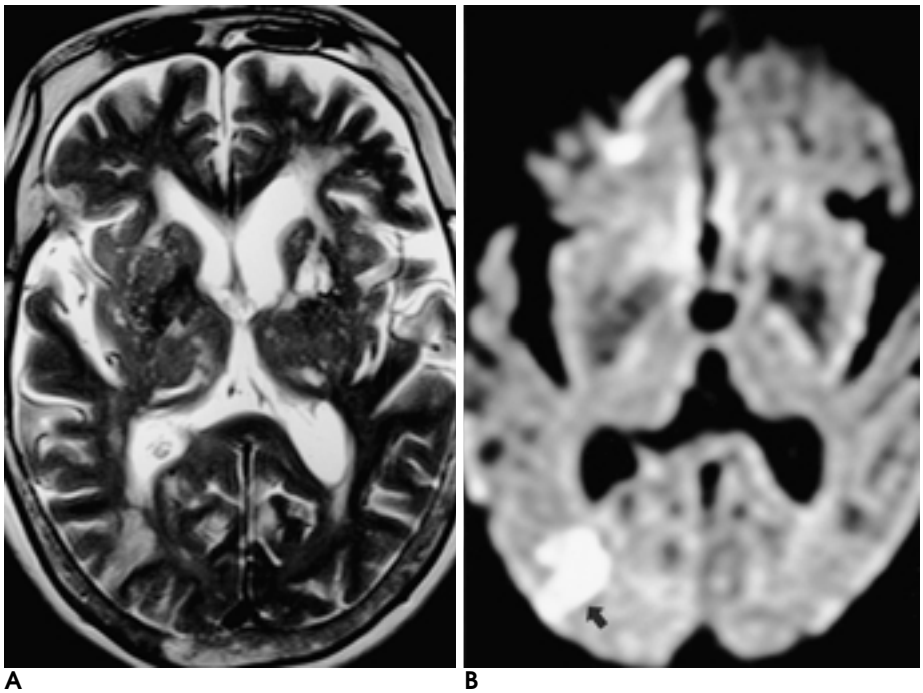

Fig. 2. A 77-year-old woman with dizziness and neck stiffness for 24 hours.
A. Axial T2-weighted image shows multiple high signal intensities in the left frontal periventricular white matter, left basal ganglia, both thalami and the right parietooccipital area.
B. Diffusion weighted image shows high signal intensity in the right parietooccipital area (arrow) but no signal change in the left periventricular white matter, left basal ganglia and both thalami.

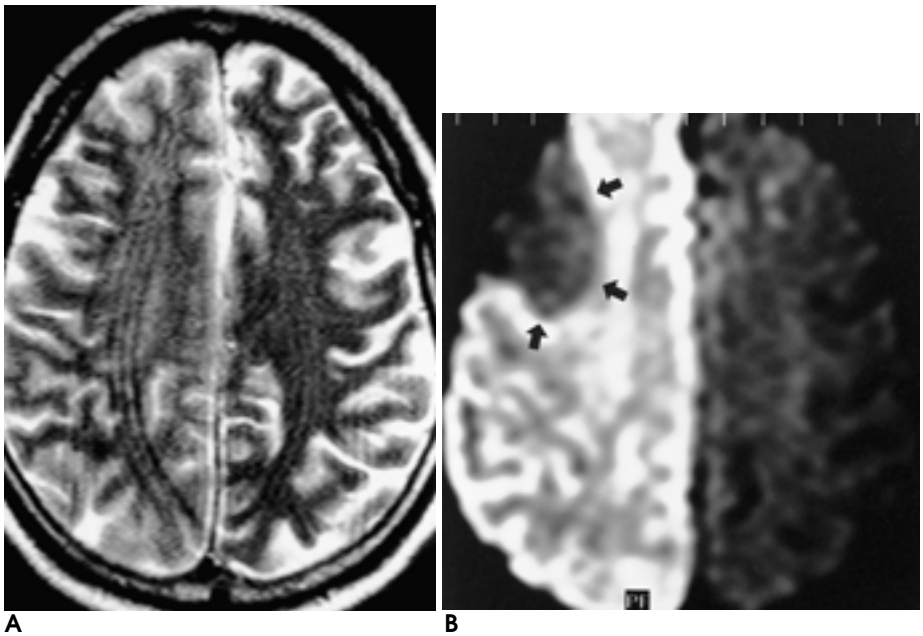

Fig. 3. A 71-year-old man with left hemiparesis and altered mentality for 19 hours.
A. Axial T2-weighted image shows subtle high signal intensity in entire right hemisphere.
B. Diffusion weighted image shows high signal intensity in the right frontoparietal area except right frontal cortex (arrows). The contrast is higher on diffusion weighted image than T2-weighted image.

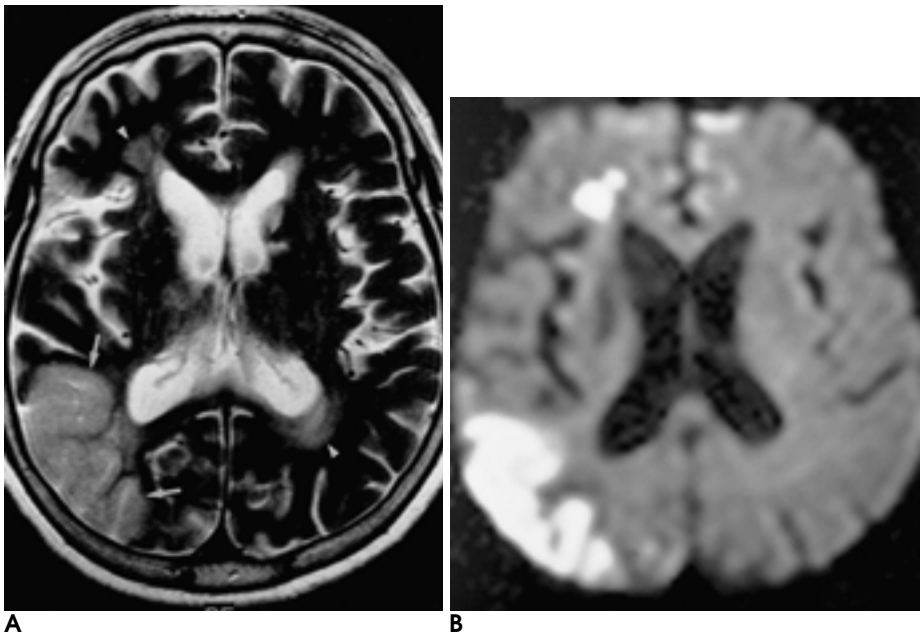

Fig. 4. A 71-year-old woman with left hemiparesis for 4 days.
A. Axial T2-weighted image shows multiple high signal intensities in the right parietooccipital area (arrows) and both periventricular white matter (arrow heads).
B. Diffusion weighted image shows two high signal intensities in the right parietooccipital area and right frontal periventricular white matter.

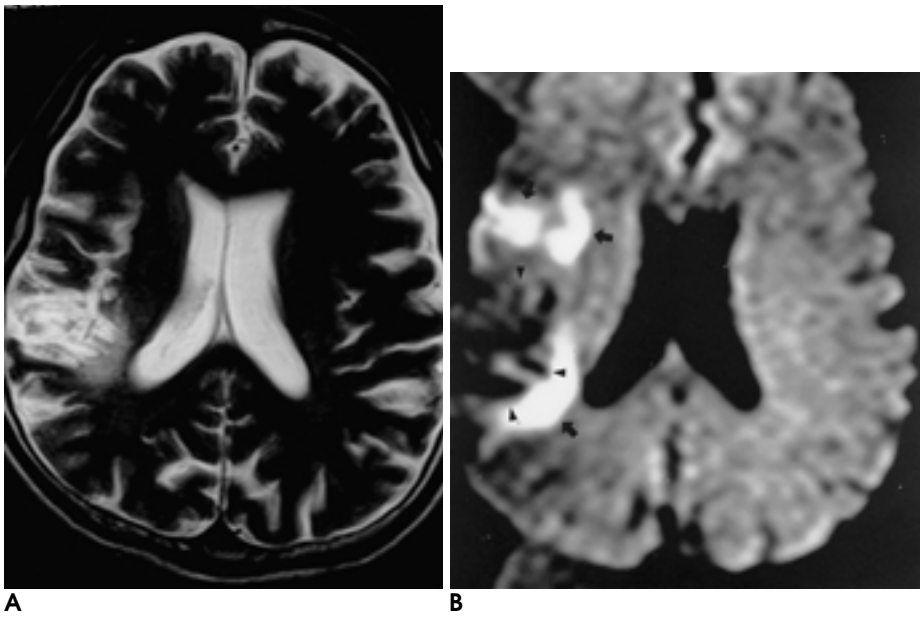

Fig. 5. A 57-year-old man with left hemiparesis for 3 hours.
A. Axial T2-weighted image shows high signal intensity in the right frontoparietal area. Central portion shows higher signal intensity than periphery.
B. Diffusion weighted image shows high signal intensity in anterior and posterior aspect (arrows) of high signal intensity on T2-weighted image. Central portion (arrow heads) shows low signal intensity, suggesting chronic infarction.

호강도 변화가 뚜렷하지 않았던 병변을 명확히 하고 병변의 정확한 범위를 나타낼 뿐 아니라, 넓은 구역성 뇌경색의 경우 구역 내에서 침범되지 않은 부위를 보여주었다 (Fig. 3). 확산강조영상에서 여러 개의 병변이 확인되었던 경우(multiplicity)는 13예(24%) 있었고 이중 5예는 병변이 분수령(watershed zone)에 있어 뇌경색의 발병 기전을 추정할 수 있었고, 2예는 전뇌동맥 구역을 따라 여러 개의 병변이 있어 전뇌동맥 이상을 추정할 수 있었다.

고 찰

확산강조영상 기법은 주어진 자기장 내에서 조직 내 물분자의 확산에 따른 신호 감쇄를 영상화하는 기법으로 b value를 두 번 이상 달리하여 얻은 영상들로부터 일정한 수학적 공식에 의해 계산한 현성확산계수영상과 확산강조영상으로 구성된다. 통상적 스핀에코 기법을 이용한 확산강조영상은 촬영 시간이 수 분에서 수 십분 정도로 환자의 움직임 및 호흡이나 심박동에 의한 뇌와 뇌척수액의 파동의 영향을 받아 영상의 질적 저하가 발생할 수 있다. 그러나 고속 촬영 기법인 EPI 영상방법은 여러 개의 b value를 빠르게 모아 계산하므로 수 초 내에 촬영할 수 있기 때문에 거시적 운동에 의한 영상의 질 저하가 없어 확산강조영상에 이용되고 있다 (13).

확산강조영상은 주로 뇌경색의 조기 진단 (5, 11, 12) 및 뇌경색의 시기 결정에 도움이 되고 (2, 15), 그 외에 뇌농양과

낭성 또는 괴사성 변이를 동반한 뇌종양의 감별 (16), 표피양낭과 지주막 낭종의 감별 (17)에 사용되며, 뇌종양에서 부종 및 괴사와 뇌종양 자체를 구분하는데 유용하다 18, 19). 또한 뇌부종의 경우 혈관 부종, 세포독성 부종 및 간질성 부종의 구별에 이용되고 (20), 다발성 경화 (21, 22), 가뇌종양 (23), 윌러씨 변성 및 지연성 수초화 (24)등 뇌백질 질환의 진단에도 이용되고 있다.

뇌경색에서 조기 적극적인 치료가 비가역적인 손상부위를 구제할 수 있는 방법이지만 일부 약물에는 치명적인 부작용과 합병증 등의 위험성이 있어서 (25) 치료를 시작하기 전에 병변의 존재 유무, 범위 및 위치 확인이 필요하고, 적절한 치료를 위해서는 병변의 정확한 시기 결정이 중요하다. 뇌경색 부위가 고식적 자기공명영상에서 인지되려면 혈관성 부종에 의해 조직내의 물 함량이 증가되어 T1 및 T2이완 시간이 증가되어야 하며, 증가된 물 분자가 조직의 T2이완 시간에 영향을 주기 위해서는 약 6시간 정도가 지나야 하기 때문에 (10, 26) 고식적 자기공명영상에서 초급성기의 뇌경색의 초기 진단은 어렵다 (15). Moseley등은 동물실험에서 확산강조영상에서 뇌경색 유발 후 30분부터 고신호 강도가 나타나기 시작하고 1일 후에는 전 예에서 고신호 강도가 나타난다고 보고하였다. 이 외에도 뇌경색 병변이 육안적으로 발견되는 시점이 확산강조영상에서는 30분에서 45분, T2강조영상에서는 2시간에서 3.5시간 이후라는 보고들 (26 - 28)이 있어 확산강조영상이 뇌경색의 조기진단에 유용하다는 것은 잘 알려져 있다.

여러 동물실험에서 뇌경색의 초급성기에 얻은 조직에서 광학 현미경으로는 이상 소견을 발견할 수 없었고 전자 현미경으로 신경망(neuropil)의 종창과 공포화(vacuolization), 축삭의 부종, 신경교 세포내의 수포성 변화 등 세포독성 부종 소견을 볼 수 있었으며 이때 뇌혈관에서는 비교적 온전한 형태의 기저막과 내피세포를 볼 수 있었고 (6, 29) 세포외 공간의 확장은 없었다고 보고되고 있다 (6). 급성기 및 아급성기의 뇌경색 조직에서는 정상적인 세포 구조를 볼 수 없었고 (6) 뇌혈관 장벽의 손상 (11), 신경 세포 주위 공간의 비정상적인 확장, 세포의 파괴, 세포 간질의 느슨함 등 혈관성 부종이 뚜렷하였다고 보고되고 있다 (29). 만성기에 해당하는 뇌경색 조직에서는 병변의 중앙부에는 석회화가 동반된 광범위한 액화 괴사가 보였고, 주변부에는 다수의 포말양 조직구, 혈관 증식, 그리고 신경교종 등이 보여 만성기 현성확산계수의 증가는 조직의 괴사와 함께 동반한 세포외 공간의 확대 (30) 및 조직의 공동화 (4)와 연관이 있다고 보고되고 있다.

동물실험에서 현성확산계수비는 뇌경색 후 4시간에서 6시간에 가장 낮고 (6, 29) 그 이후부터 증가하여 위정상화 되는데, 사람에서는 증상이 나타난 후 약 5일에서 10일에 (13), 동물실험에서는 뇌경색 후 24시간에서 48시간에 위정상화가 나타난다는 보고들이 있는데 (31, 32), 이 때가 서서히 뇌혈관 장벽이 무너지면서 혈관성 부종과 세포 파괴가 나타나기 시작하는 시기이다 (7, 33). 급성기, 아급성기에 나타나는 혈관성 부종은 뇌경색 후 수 시간에 시작하여 2일에 최고조에 도달하는데, T2신호 강도비 역시 뇌경색 후 1일에서 2일에 최고조에 달하였고 7일까지 1이상으로 증가되어 있어 보이므로 T2강조영상의 고신호 강도가 뇌경색의 혈관성 부종의 시간적 경과와 밀접한 연관이 있다 (4, 29). 김 등 (29)은 확산강조영상에서의 고신호 강도가 21일과 31일 영상에서는 정상 부위와 구분되지 않았으며, T2강조영상에서는 7일까지 고신호 강도가 지속되다가 그 이후에 신호강도가 약해지고 병변의 크기도 감소했으나 31일 영상에서 고신호가 여전히 남아 있어 이는 아마도 혈관성 부종이 1주말에서 2주에 정상으로 회복되기 때문으로 보고하고 있다 (35).

오 등 (2)은 T2강조영상에서 고신호 강도로 보이던 병변이 확산강조영상에서 증상을 유발시켰던 아급성기의 병변은 고신호 강도로 보이지만 4주 이후의 만성기 병변은 저신호 강도로 보여 확산강조영상이 T2강조영상에서 고신호 강도로 보이는 병변들의 시기를 구분할 수 있었다고 보고하고 있고 (2), 저자들도 뇌경색의 기왕력이 있었던 환자가 최근 뇌경색 증상이 다시 생겼을때 T2강조영상에서 고신호 강도를 보이는 병변들 중에서 급성 또는 아급성기 병변과 만성기 병변을 확산강조영상을 이용해서 구분할 수 있었다 (Fig. 5).

Marks, 오 등 (2, 12)은 뇌경색을 의심했던 환자의 T2강조영상과 확산강조영상에서 병변이 나타나지 않고 임상적으로 후유증 없이 회복된 예들을 보고하고 이들의 국소적 신경 증상을 일과성 허혈 발작(transient ischemic attack)으로 간주하였다. 이들은 확산강조영상에서 신호강도의 변화가 나타나지 않을 경우 일과성 허혈 발작의 간접적인 증거이므로 확산강조영상을 이용하면 임상적으로 감별이 어려운 일과성 허혈 발작과 뇌경색을 구분할 수 있다고 하였으나 저자들의 경우에는 확산강조영상에서 고신호 강도를 보인 경우만을 대상으로 하였기 때문에 일과성 허혈 발작의 예는 포함 되지 않았다. Marks 등 (12)은 가역적인 뇌경색의 경우 처음에는 T2 강조영상에서는 신호강도 변화가 없이 확산강조영상에서만 신호강도가 증가되었다가 증상이 소실되었을때는 확산강조영상도 정상화 됨을 보고하고 뇌경색 증상이 있을 때 확산강조영상에서 신호강도 변화가 없으면 증상이 소실될 것을 시사한다고 하였다.

Knight 등 (32)은 심하게 손상 받은 병변의 현성확산계수값이 손상이 적은 부위보다 빠르게 감소하였다가 상대적으로 더 빨리 정상화되는 경향을 보인다고 보고한 반면, Rother 등 (34)은 현성확산계수가 빠르게 정상화되는 부위일수록 정상 혹은 관류 결손이 적은 부위라고하여 상반된 의견을 보이고 있어 확산강조영상의 추적 검사로 확산강조영상의 신호강도 변화 또는 현성확산계수 변화와 임상증상 변화 사이의 관계에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론적으로 뇌경색에서 확산강조영상은 초급성기의 뇌경색이나 병변의 크기가 작은 경우 병변의 발견에 유용하였고, T2강조영상에서 여러곳에 신호강도 변화가 있어 병변을 정할 수 없었던 경우, 여러시기의 뇌경색 병변이 같이 있을 때 각 병변의 시기 결정에 도움이 되었으며 T2강조영상에서 신호강도 변화가 있지만 확실하지 않을 때 도움이 되어 뇌경색에서 유용한 영상기법으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. van Everdingen KJ, van der Grond J, Kappelle LJ, Ramos LM, Mali WP. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in acute stroke. *Stroke* 1998;29:1783-1790
2. 오영택, 김동익, 정은기 등. Single shot EPI기법을 이용한 뇌경색환자의 확산강조영상. *대한방사선의학회지* 1998;39:7-13
3. Mintorovitch J, Moseley ME, Chileuitt L, Shimizu H, Cohen Y, Weinstein PR. Comparison of diffusion and T2-weighted MRI for the early detection of cerebral ischemia and reperfusion in rats. *Magn Reson Med* 1991;18:39-50
4. Matsumoto K, Lo EH, Pierce AR, Wei H, Garrido L, Kowall NW. Role of vasogenic edema and tissue cavitation in ischemic evaluation on diffusion-weighted imaging: Comparison with multiparameter MR and immunohistochemistry. *AJNR Am J Neuroradiol* 1995;16:1107-1115
5. Sevick RJ, Kanda F, Mintorovitch H, et al. Cytotoxic brain edema: Assessment with diffusion-weighted MR imaging. *Radiology* 1992;185:687-690
6. Pierpaoli C, Righini A, Linfante I, Tao-Cheung JH, Alger JR, Chiro GD. Histopathologic correlates of abnormal water diffusion in cerebral ischemia: Diffusion-weighted MR imaging and light and electron microscopic study. *Radiology* 1993;189:439-448
7. Hatashita S, Hoff JT. Biomechanics of brain edema in acute cerebral ischemia in cats. *Stroke* 1988;19:91-97
8. Busto R, Dietrich D, Globus MYT, Vldes I, Scheinberg P, Ginsberg MD. Small differences in intraischemic brain temperature critically determine the extent of ischemic neuronal injury. *J Cereb Blood Flow Metab* 1987;7:729-738
9. Le Bihan D, Breton E, Lallemand D, Grenier P, Cabanis E, Lavaljeantet M. MR imaging of intravoxel incoherent motions: application to diffusion and perfusion in neurologic disorders. *Radiology* 1986;161:401-407
10. Yuh WTC, Crain MR, Loes DJ, Greene GM, Ryals TJ, Sata Y. MR imaging of cerebral ischemia: findings in the first 24 hours. *AJNR Am J Neuroradiol* 1991;12:621-629
11. Chien D, Kwong KK, Gress DR, Buounanno FS, Buxton RB, Rosen BR. MR diffusion imaging of cerebral infarction in humans. *AJNR Am J Neuroradiol* 1992;13:1097-1102
12. Marks MP, de Crespingy A, Lentz D, Enzmann DR, Albers GW, Mosley ME. Acute and chronic stroke: navigated spin-echo diffusion weighted MR Imaging. *Radiology* 1996;199:403-408
13. Warach S, Gaa J, Siewert B, Wielopolski P, Edelman RR. Acute human stroke studied by whole brain echo planar diffusion-weighted magnetic resonance imaging. *Ann Neurol* 1995;37:231-241
14. Warach S. *Diffusion and perfusion MRI : Functional brain imaging.* In Edelman RR, Hesselink JR, Zlatkin MB, eds. *Clinical magnetic resonance imaging.* 2nd ed, Philadelphia : Saunders, 1996:830-831
15. Lutsep HL, Albers GW, de Crespingny AJ, Kamat GN, Marks MP, Moseley ME. Clinical utility of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in the assessment of ischemic stroke. *Ann Neurol* 1997;41:574-580
16. 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
17. Tsuruda JS, Chew WM, Moseley ME, Norman D. Diffusion-weighted MR imaging of the brain: Value of differentiation between extraaxial cystic and epidermoid tumors. *AJNR Am J Neuroradiol* 1990;11:925-931
18. Bihan DL, Turner R, Douek P, Patronas N. Diffusion MRI imaging: Clinical applications. *AJR Am J Roentgenol* 1992;159:591-599
19. Yanaka K, Shirai S, Kimura H, Kamezaki T, Matsumura A, Nose T. Clinical application of diffusion-weighted magnetic resonance imaging to intracranial disorders. *Neurol Med Chir*(Tokyo) 1995;35: 648-654
20. Ebisu T, Naruse S, Horikawa Y, et al. *J Magn Reson Imaging* 1993; 3:863-868
21. Larsson HBW, Thomson C, Frederiksen J, Stenberg M, Henrikessen. In vivo magnetic resonance diffusion measurement in the brain of patients with multiple sclerosis. *Magn Reson Imaging* 1992;10:7-12
22. Hajnal JV, Doran M, Hall AS, et al. MR imaging of anisotropically restricted diffusion of water in the nervous system: technical, anatomic and pathologic considerations. *J Comput Assist Tomogr* 1991;15:1-18
23. Gideon P, Thomsen C, Stahlberg F, Sorensen PS, Gjerris F, Henriksen O. Increased brain water self-diffusion in patients with idiopathic intracranial hypertension. *AJNR Am J Neuroradiol* 1995; 16:381-387
24. Gideon P, Thomsen C, Sorensen PS, Gjerris F, Henriksen O. Increased self-diffusion of brian water in hydrocephalus measured by MR imaging. *Acta Radiol* 1994;35:514-519
25. Haley EC, Levy DE, Brott TG, et al. Urgent therapy for stroke. Par II. Pilot study of tissue plasminogen activator administered 91-180 minutes from onset. *Stroke* 1992;23:641-645
26. Moseley ME, Kucharczyk J, Mintorovitch H, 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
27. Moseley ME, Cohen Y, Mintorovitch J, et al. Early detection of regional cerebral ischemia in cats: comparison of diffusion- and T2-weighted MRI and spectroscopy. *Magn Reson Med* 1990;14:330-346
28. Maeda M, Itoch S, Ide H, et al. Acute stroke in cats: comparison of dynamic susceptibility-contrast MR Imaging with T2 and diffusion-weighted MR imaging. *Radiology* 1993;189:227-232
29. 김학진, 이준운, 이창훈, 등 토끼 뇌경색의 확산 및 T2강조 MR영상: 시간경과에 따른 영상소견과 조직학적 연관관계. *대한방사선의학회지* 1999;40:1011-1017
30. Warach S, Chien D, Li W, Ronthal MB, Edelman RR. Fast magnetic resonance diffusion-weighted imaging of acute human stroke. *Neurology* 1992;42:1717-1723
31. Jiang Q, Zhang ZG, Chopp M, et al. Temporal evolution and spatial distribution of the diffusion constant of water in rat brain after transient middle cerebral artery occlusion. *J Neurol Sci* 1993;120: 123-130
32. Knight RA, Dereski MO, Helpern JA, Ordidge RJ, Chopp M. Magnetic resonance imaging assessment of evolving focal cerebral ischemia: Comparison with histopathology in rats. *Stroke* 1994;25: 1252-1262
33. Schuier FJ, Hossmann KA. Experimental brain infarcts in cats II. Ischemic brain edema. *Stroke* 1980;11:593-601
34. Rother J, de Crespigny AJ, D 'Arceuil H, Iwai K, Moseley ME. Recovery of apparent diffusion coefficient after ischemia induced spreading depression related to cerebral perfusion gradient. *Stroke* 1996;27:980-987
35. Katzmann R, Clasen R, Klatzo I, Meyer JS, Pappius HM, Wlatz AG. Report of joint committee for stroke resources. IV. Brain edema in stroke. *Stroke* 1977;8:512-540

대한방사선의학회지 2002;46:107 - 113

J Korean Radiol Soc 2002;46:107 - 113

Clinical Usefulness of Diffusion-weighted MRI in Various Stages of Ischemic Stroke[1]

So Youne Song, M.D., Woo Ho Cho, M.D., Soung Hee Kim, M.D., Gham Hur, M.D.[2],
Jung Sook Kim, M.D., Young Hoon Kim, M.D., Myung Gyu Kim, M.D.

[1]Department of Radiology, Sanggye Paik Hospital, Inje University
[2]Department of Radiology, Ilsan Paik Hospital, Inje University

Purpose: Diffusion-weighted MRI (DWI) is well known to be sensitive in the detection of hyperacute infarct, but has not been systematically investigated in patients with acute or subacute infarct. We evaluated the usefulness of diffusion-weighted MRI in assessing the various stages of brain infarct.

Materials and Methods: Fifty-five consecutive patients with symptoms of brain infarct underwent fast spin-echo T2-weighted MRI (T2W1) and DWI. Using only a brief clinical history, two radiologists first attemptelto detect the lesion using T2W1, which was then compared with DWI. The usefulness of the latter was then evaluated in terms of the following criteria: 1) Its abilility to detect a lesion not seen at T2WI (detection); 2) localization of the responsible ischemic focus among multiple high-signal intensities seen at T2WI (localization); 3) conspicuity of a lesion which was subtle at T2WI (conspicuity); 4) detection of multiple lesions (multiplicity).

Results: DWI was useful in 44 of 55 patients (80%), including 9 of 9 (100%) with hyperacute infarct (< 6 hours), 20 of 27 (74%) with acute infarct (< 48 hours), and 15 of 19 (79%) with subacute infarct (< 2 weeks). Among the nine patients at the hyperacute stage, DWI was useful for detection of the lesion in six (67%), for localization, 4 (44%) in one (11%), for conspicuity in four (44%), and for multiplicity in five (56%); at the acute stage (20 patients), for detection in three (15%), for localization in ten (50%), for conspicuity in eight (40%), and for moltiplicity in five (25%); and at the subacute stage (15 patients), for detection in three (20%), for localization in nine (60%), for conspicuity in two (13%), and for multiplicity in three (20%).

Conclusion: DWI is very sensitive for the diagnosis of hyperacute infarct. In the assessment of this, it is useful during the acute or subacute period for the detection of small lesions, the localization of ongoing lesions among multiple high signal intensities seen at T2WI, and the determination of lesion conspicuity.

Index words : Brain, MRI
Brain, infarction
Magnetic resonance (MR), diffusion study

Address reprint requests to : Woo Ho Cho, M.D., Department of Radiology, Sanggye Paik Hospital, Inje University
761-1 Sanggye 7-dong Nowon-gu, Seoul 139-707, Korea.
Tel. 82-2-950-1191 Fax. 82-2-950-1220 E-mail: whcho@sanggyepaik.or.kr