

## 심부 뇌내혈종환자에서 운동신경 손상의 예후판정에 관한 확산텐서영상과 확산텐서신경로추적법의 유용성<sup>1</sup>

송 하 현 · 김 영 주<sup>2</sup>

**목적:** 확산텐서영상이 자발성 심부혈종 환자에 있어서 운동기능손상의 예후를 예측하는데 도움을 줄 수 있는지 알아보고자 하였다.

**대상과 방법:** 출혈 후 1주일 이내에 확산텐서영상을 실시한 심부혈종환자 18명을 대상으로 하였다. 분할비등방도(fractional anisotropy, FA)지도에서 병변부위 내포후각의 FA 값을 대칭되는 반대 측 부위의 FA 값으로 나눈 백분율(분할비등방도율)을 측정하였다. 확산텐서신경로추적을 통해서 얻은 3차원 피질척수로와 심부혈종과의 공간적 관계에 따라 피질척수로의 유형을 나누었다. 환자의 운동기능에 대한 평가는 입원 당시와 1개월 후에 도수근력검사를 이용하여 등급을 분류하여, 도수근력검사와 혈종의 부피, 분할비등방도율, 3차원 피질 척수로와 혈종과의 공간적 유형의 상관관계를 분석하였다.

**결과:** 분할비등방도율과 3차원 피질척수로 유형은 내원당시와 1개월 후의 도수근력검사와 유의한 상관관계가 있었다( $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ ). 분할비등방도율이 0.8 이상이었던 모든 환자는 1개월 후의 운동기능이 양호하였다. 혈종의 부피는 1개월 후의 도수근력 검사와 유의한 상관관계가 있었다( $p < 0.01$ ).

**결론:** 자발성 심부 혈종환자를 대상으로 확산텐서영상을 시행하였을 때, 1개월 후의 단기 운동기능 회복은 초기 피질척수로의 분할비등방도율과 3차원 피질척수로와 혈종 사이의 공간적인 관계와 연관성이 있었다. 즉 분할비등방도율이 낮을수록, 혈종 내부로 피질척수로가 관통하거나 피질척수로가 단절된 경우 운동기능 회복이 낮았다.

일반적으로 자발성 뇌내혈종(spontaneous intracerebral hematoma) 환자에서 입원 당시의 혈종의 양과 의식 수준이 환자의 생존과 예후를 결정하는 중요한 예측인자로 알려져 있다. 고혈압 성 뇌출혈의 대부분을 차지하는 피각부 및 시상부 출혈 시 흔히 운동마비가 발생하게 되는데 이는 내포(internal capsule)의 운동신경로가 손상되기 때문이다. 운동기능의 회복에 재할 치료의 조기도입을 강조하는 측면에서 뇌내출혈의 초기단계에 운동기능 손상의 예후를 예측하는 것이 중요하다. 과거 자기공명영상으로 월러 변성(Wallerian degeneration)을 발견함으로써 피질 척수로(corticospinal tract)의 손상을 평가하고자 하였으나, 고식적 자기공명영상에서 월러변성에 의한 신호강도의 변화는 일반적으로 뇌졸중 후 4주까지는 발견되지 않기 때문에 (1) 고식적 자기공명영상을 통하여 초기에 운동기능 손상의 예후를 평가하는 것은 불가능하다.

확산텐서영상(diffusion tensor imaging)은 최소 6개의 다른 방향으로 확산강조 경사자장을 가하여 얻은 영상으로부터 3차원 공간의 확산텐서 정보를 계산하는 것이다 (2). 뇌백질은 뇌회백질과는 다르게 축삭들이 일정한 방향으로 배열되어 있어 물 분자의 확산이 신경섬유가 배열된 방향으로 일어나는 이방성 확산(anisotropic diffusion)이 나타나므로 확산텐서영상을 이용하면 뇌백질의 미세 해부학적 변화의 평가가 가능하다. 확산텐서영상에서 사용되는 여러 모수(parameter) 중에서 분할비등방도(fractional anisotropy, 이하 FA)가 가장 보편적으로 사용되고 있는데 FA 값이 0이면 조직이 완전히 등방성을 가지게 되고, 완전히 비등방성을 보일 때는 1의 값을 나타내게 된다.

확산텐서신경로추적법(diffusion tensor tractography)은 FA 값과 인접 복셀들 사이의 확산 방향의 각도를 역치로 이용하여 백질 섬유를 연결하는 기법으로 최근 수년간 선천성 기형, 뇌경색, 뇌종양 등에서 이 기법의 유용성이 보고되고 있다. 특히 뇌 경색 환자에서 확산텐서신경로추적법 상 피질 척수로

<sup>1</sup>제주한라병원 영상의학과

<sup>2</sup>가톨릭대학교 의정부성모병원 영상의학과

이 논문은 2009년 6월 19일 접수하여 2009년 7월 14일에 채택되었음.

가 경색을 관통하는 경우 운동마비의 회복율이 낮았다는 보고가 있다(3).

저자들은 확산텐서영상과 확산텐서신경로 추적법을 이용하여 기저핵 및 시상부출혈 환자에서 운동신경로의 손상 정도를 측정하여 운동마비 및 회복 정도와의 상관관계를 알아보아 확산텐서영상이 심부혈종 환자에 있어서 운동기능손상의 예후를 예측하는데 도움을 줄 수 있는지 알아보고자 하였다.

## 대상과 방법

최근 3년간 자발성 심부 뇌 내 혈종으로 말미암아 운동마비가 발생하여 내원한 환자 중 연구조건에 맞는 18명(남 13명, 여 5명, 42세-78세, 평균 55.1세)을 대상으로 분석하였다. 연구에 포함한 조건은 1) 자발성 혈종이 기저핵이나 시상부와 같은 심부 피질에 있고, 2) 출혈 후 1주일 이내에 확산텐서영상을 시행한 환자로 하였다. 출혈성 뇌졸중이 있기 전에 허혈성 뇌졸중의 임상증상이 있었거나 자기공명영상에서 과거 뇌졸중으로 인하여 뇌 피질에 구조적인 이상이 있는 환자는 대상에서 제외하였다. 뇌 내 혈종의 진단은 응급실에서 시행한 컴퓨터단층촬영(computed tomography, 이하 CT)으로 하였다. 혈종의 부피는 타원체(ellipsoid)를 위한 수식을 사용하여 측정하였는데  $V=1/2 ABC$ 로서 A, B, C는 3차원상 각각의 직경을 의미한다.

평균적으로 확산텐서영상은 혈종 발생 후 3일에 시행되었고, 자기공명영상은 1.5T 장비(Avanto, Siemens, Erlangen, Germany)를 이용하였다. 확산텐서영상은 에코평면영상(single-shot, spin echo, echo-planar imaging, EPI) 기법

으로 13방향의 확산경사자장을 이용하였으며 촬영조건은 반복 시간/에코시간(repetition time, TR/echo time, TE) 4000/82 msec, b value 0/1000 sec/mm<sup>2</sup>, SENSE factor 2, 128×128 matrix, field of view (FOV) 230 mm, 절편두께 4 mm, number of excitation (NEX) 4이었다. 고식적인 자기공명영상은 적어도 횡단면 T1 강조영상(TR/TE/excitation, 600/20/2)과 횡단면 T2 강조영상(2800/100/2)을 촬영하였고 field of view 22×22 cm, matrix size 256×192, 절편두께/간격 5 / 2.5 mm이었다.

확산텐서지도와 확산텐서신경로추적은 DTI Studio

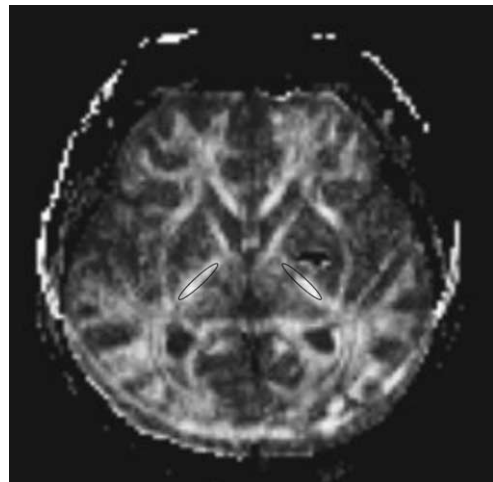


Fig. 1. Measurement of fractional anisotropy (FA) values at the corticospinal tract.

Symmetric regions of interest circles are drawn on the corticospinal tract in internal capsule.

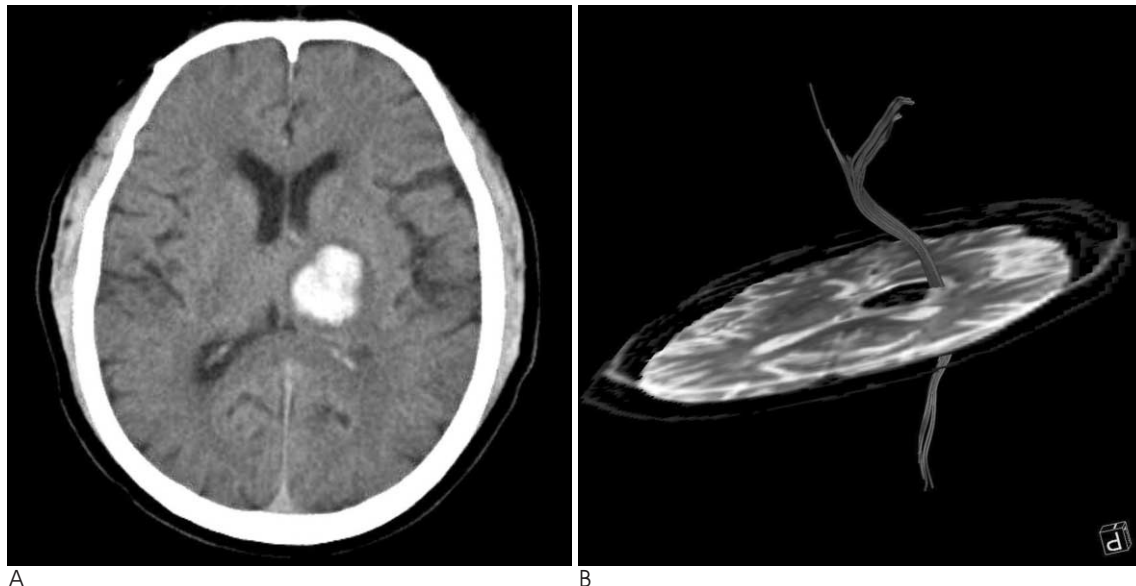


Fig. 2. (patient 1) A 52-year-old man with a left thalamic hematoma.

A. Computed tomographic scan on admission shows a left thalamic hematoma with a volume of 10.1 mL.

B. Diffusion tensor tractography superimposed on an axial isotropic diffusion-weighted image shows the corticospinal tracts of the affected side appear to be just lateral to but not to run through the hematoma. The FA ratio in this patient was 0.60. Hemiparesis gradually improved, and motor function at 1 month after onset was good.

software (Radiology, Johns Hopkins University, SOM)를 이용하여 영상을 얻었다. 영상 후처리로 FA 지도를 얻고 나서 축상 FA 지도에서 양측 내포후각(posterior limb of the internal capsule)에 관심영역을 설정하여 FA 값을 측정하였다(Fig. 1). FA 지도에서 뇌 내 혈종으로 인한 피질척수로섬유의 손상 정도는 병변부위의 내포후각(posterior limb of the internal capsule)의 FA 값을 대칭되는 반대 측 부위의 FA 값으로 각각 나누는 백분율(병변 측 FA 값/정상 측 FA 값), 즉 분할비등방도율(FA ratio)로 평가하였다. 확산텐서신경로추적을 통한 피질척수로의 트래킹은 FA 지도에서 2개의 관심영역(내포후각, 하방 뇌교의 피질척수로)을 설정한 후 이 2개의 관심영역을 모두 통과하는 백질 섬유만 트래킹되도록 하였다. 이때 트래킹의 역치는 FA가 0.3 이상, 복셀 사이의 각도는  $45^\circ$  이하로 하였다. 백질섬유 트래킹에서 얻은 3차원 피질척수로의 손상 정도의 판정은 육안으로 피질척수로와 심부혈종과의 공간적 관계에 따라 다음과 같이 분류하였다. 유형 1은 피질척수로가 혈종이나 주변 부종에 의해 전위되었지만 혈종을 관통하지 않은 경우, 유형 2는 피질 척수로가 혈종 내부를 관통하나 단절이 없는 경우, 유형 3은 피질 척수로가 혈종 부위에서 단절되는 경우로 하였다(Fig. 2-4). 관심영역의 선정과 3차원 피질 척수로 영상의 형상화는 연구의 일관성을 유지하기 위하여 한 명의 영상의학과 의사가 시행하였고, 영상 분석은 2명의 영상의학과 의사가 협의로 혈종의 위치와 피질척수로와의 관계를 판정하였다.

환자의 운동기능에 대한 평가는 입원 당시와 1개월 후에 도수근력검사(manual muscle test, MMT)를 이용하여 0~5로 등급을 분류하였다. 0등급은 관찰 가능한 근 수축이 없는

완전마비상태이며 5등급은 정상근력상태로 각각 양측 상지와 하지에서 측정하였다. 환자의 운동기능은 양호군(MMT 4-5)과 불량군(MMT 0-3)으로 나누었다.

통계적인 분석은 Spearman's rank-order correlation coefficient를 이용하여 도수근력검사와 혈종의 부피, 분할비등방도율, 3차원 피질 척수로와 혈종과의 공간적 유형의 상관관계를 분석하였으며, 유의수준은  $p < 0.05$ 로 하였다(SPSS 11.5, Chicago, IL).

## 결 과

환자의 임상정보 및 확산텐서영상 소견은 표에 정리하였다(Table 1). 대상군은 모두 18명으로 환자의 평균 연령은 55.1세(42세-78세)였고 성별은 남 13, 여 5명이었다. 혈종 발생과 확산텐서영상의 촬영은 평균 3일(1일-7일)이었다. 자발성 심부 혈종의 위치는 피각부 13명, 시상부 3명이었고 피각부 및 시상부를 동시에 침범한 경우는 2명이었으며 뇌실 내 출혈이 동반된 경우는 3명이었다. 내원 당시 전산화단층촬영에서 측정되었던 심부혈종의 부피는 1.8 mL에서 62.9 mL로 평균 14.1 mL였다. 혈종의 부피는 내원 당시 상지 및 하지의 도수근력검사와 유의한 상관관계가 없었으나 1개월 후의 도수근력검사와 유의한 음적 선형관계를 보였다(상지  $r = -.659$ ,  $p = .003$ , 하지  $r = -.476$ ,  $p = .046$ ). 또한, 혈종의 부피와 분할비등방도율( $r = -.519$ ,  $p = .027$ ), 혈종의 부피와 3차원 피질척수로의 유형( $r = .622$ ,  $p = .006$ ) 사이에 유의한 상관관계가 있었다.

내원 당시 운동기능 양호군의 평균 분할비등방도율은 0.84

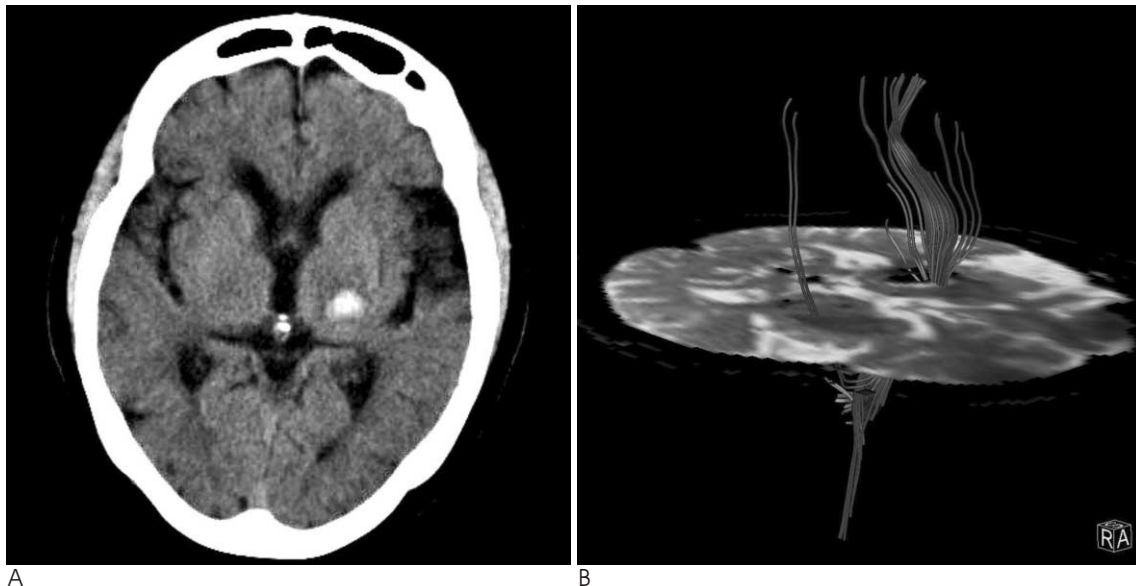


Fig. 3. (patient 4) A 71-year-old woman with a left thalamic hematoma.

A. Computed tomographic scan on admission shows a left thalamic hematoma with a volume of 1.7 mL.

B. Diffusion tensor tractography superimposed on an axial isotropic diffusion-weighted image demonstrates that the corticospinal tracts of the affected side are displaced anteriorly and appear to run through the hematoma. The FA ratio in this patient was 0.71. Hemiparesis slightly improved, and motor function at 1 month after onset was fair.

이었고 운동기능 불량군의 평균 분할비등방도율은 0.69였다. 1개월 후 운동기능 양호군의 평균 분할비등방도율은 0.82이었고 운동기능 불량군의 평균 분할비등방도율은 0.61이었다. 분할비등방도율은 내원 당시의 도수근력 검사(상지  $r=.604$ ,  $p=.008$ , 하지  $r=.685$ ,  $p=.002$ )와 1개월 후의 도수근력 검사(상지  $r=.708$ ,  $p=.001$ , 하지  $r=.739$ ,  $p=.000$ )와 유의한 상관관계가 있었다(Fig. 5). 분할비등방도율이 0.8 이상이었던 모든 환자는 1개월 후의 운동기능이 양호하였다.

확산텐서신경로추적을 통하여 얻은 3차원 피질 척수로와 혈

종과의 공간적 관계는 피질척수로가 혈종에 의해 전위되었지만 관통하지 않았던 1형(Fig. 2)이 11예이었고, 피질 척수로가 혈종 내부를 관통하나 단절이 없었던 2형(Fig. 3)이 3예, 피질 척수로가 혈종 부위에서 단절되었던 3형(Fig. 4)이 4예였다. 1형의 평균 분할비등방도율은 0.82, 2형은 0.67, 3형은 0.58 이었다. 3차원 피질척수로와 혈종과의 공간적 관계는 내원 당시의 도수근력 검사(상지  $r=-.613$ ,  $p=.007$ , 하지  $r=-.514$ ,  $p=.029$ )와, 1개월 후의 도수근력 검사(상지  $r=-.949$ ,  $p=.000$ , 하지  $r=-.769$ ,  $p=.000$ )와 유의한 음적 선형관계가

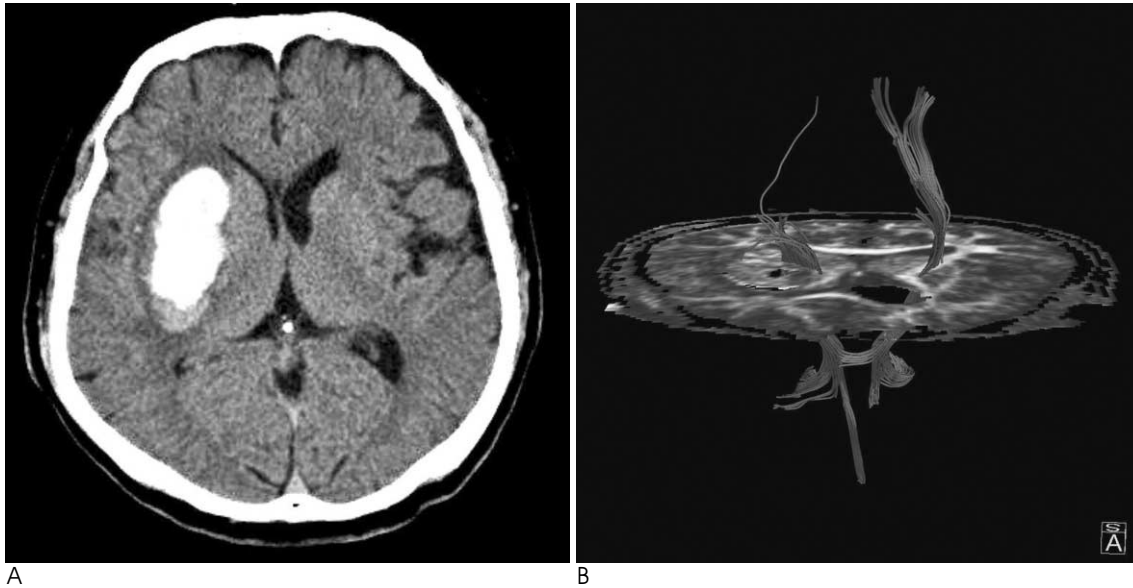


Fig. 4. (patient 14) A 46-year-old man with a right putaminal hematoma.

A. Computed tomographic scan on admission shows a right putaminal hematoma with a volume of 31.9 mL.

B. Diffusion tensor tractography superimposed on the axial FA map demonstrates that the corticospinal tracts of the affected side are completely discontinuous due to adjacent hematoma. The FA ratio in this patient was 0.57. Hemiparesis hardly improved, and motor function at 1 month after onset was poor.

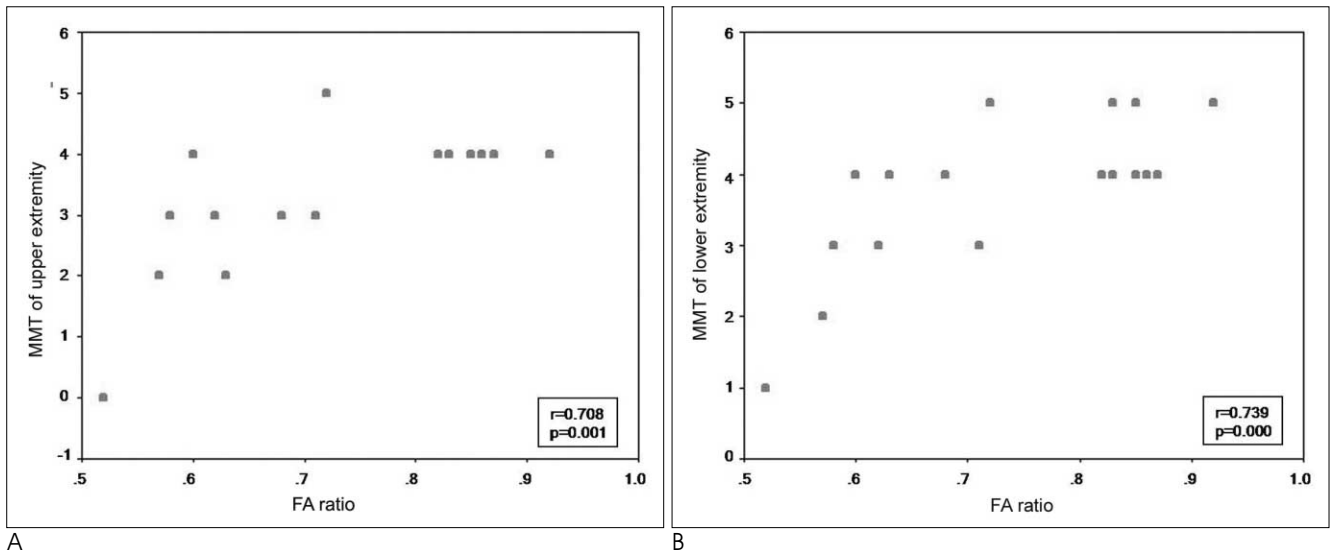


Fig. 5. Correlation between FA ratio and motor function at 1 month after onset.

A, B. Scatterplots show the correlation between FA ratio and manual muscle test (MMT) score at 1 month (A, upper extremity; B, lower extremity).

Table 1. Patient Characteristics and Diffusion Tensor Tractography

Patient No./ Age(y)/Sex	Location of ICH	Volume of ICH (mL)	FA ratio	Pyramidal Tract Type <sup>a</sup>	MMT <sup>b</sup> on admission		MMT at 1 Mo		Treatment
					UE	LE	UE	LE	
1/52/M	Thalamus	10.1	0.60	1	3	3	4	4	Conservative
2/56/M	Putamen	3.1	0.83	1	4	4	4	4	Conservative
3/47/F	Putamen	2.8	0.82	1	1	1	4	4	Conservative
4/71/F	Thalamus	1.7	0.71	2	2	2	3	3	Conservative
5/49/M	Putamen	17.0	0.83	1	3	3	4	5	Conservative
6/43/M	Putamen	10.4	0.85	1	2	5	4	5	Conservative
7/57/F	Putamen								
	IVH	18.3	0.62	2	2	2	3	3	Conservative
8/68/M	Putamen,								
	Thalamus, IVH	7.3	0.92	1	3	4	4	5	Conservative
9/61M	Putamen	26.3	0.58	3	2	2	3	3	Conservative
10/58/F	Putamen	18.3	0.87	1	4	4	4	4	Conservative
11/42/M	Putamen	2.0	0.92	1	4	5	4	5	Conservative
12/48/M	Putamen	62.9	0.52	3	2	3	0	1	Conservative
13/50/M	Putamen	6.4	0.86	1	4	4	4	4	Conservative
14/46/M	Putamen	31.9	0.63	3	2	4	2	4	Aspiration
15/46/M	Putamen,								
	Thalamus, IVH	21.4	0.57	3	2	2	2	2	Conservative
16/63/F	Putamen	1.2	0.72	1	4	4	5	5	Conservative
17/78/M	Putamen	2.8	0.85	1	4	4	4	4	Conservative
18/78/M	Thalamus	9.8	0.68	2	3	3	3	4	Conservative

Note:- ICH, intracerebral hemorrhage; IVH, intraventricular hemorrhage; FA, fractional anisotropy; MMT, manual muscle test; UE, upper extremity; LE, lower extremity

<sup>a</sup>1, corticospinal tracts are deformed by hematoma but not to pass hematoma; 2, corticospinal tracts run through the hematoma; 3, corticospinal tracts are completely discontinuous due to hematoma

<sup>b</sup>0, zero; 1, trace; 2, poor; 3, fair; 4, good; 5, normal

있었다.

## 고 찰

이 연구는 기저핵 및 시상부출혈 환자에서 운동 기능의 손상 및 예후를 확산텐서영상을 이용하여 평가할 수 있는지를 알아보고자 하였다.

저자들의 연구에서 심부 혈종 환자의 내포후각에서 측정된 분할비등방도율과 내원 당시 및 1개월 후의 도수근력검사와 유의한 상관관계를 보였다. 즉 분할비등방도율이 낮을수록 출혈 초기의 운동마비가 심하였고 1개월 후의 운동기능 회복률이 낮았다. 이와 같은 소견의 병태생리학적 기전은 피질척수로 포함하여 뇌백질내의 신경섬유다발들은 일정한 방향으로 배열되어 있어 물 분자들이 일정한 방향으로 확산이 더욱 잘되어 FA 값이 높는데 이와 같이 높은 방향성을 갖는 신경섬유가 손상 되면 손상기전에 상관없이 FA 값이 감소하게 된다(4, 5). 뇌졸중으로 인한 운동마비의 자발적인 회복은 대부분 첫 1개월 내에 이루어지므로(6), 1개월 후 운동기능의 불완전한 회복은 피질 척수로가 혈종에 의하여 비가역적인 손상을 받은 것으로 추정할 수 있다. 따라서 운동기능 회복이 낮았던 환자들에서 보였던 낮은 분할비등방도율은 혈종에 의해 초기에 신경섬유의 손상에 기인한 것으로 추정된다.

내원 당시 운동 마비가 심한 경우라도 분할비등방도율이 높

은 경우에는 운동기능 회복이 좋았는데(환자 3), 이러한 경우는 피질 척수로가 혈종에 의해 직접 손상되었다기보다는 출혈로 인한 부종, 종괴효과 등으로 피질 척수로가 간접적으로 손상되었다가 회복된 것으로 생각한다. 저자들의 연구에서 분할비등방도율이 0.8 이상이었던 모든 환자는 1개월 후의 운동기능이 양호하였다. 반면 환자 1의 경우 분할비등방도율이 낮았음에도 불구하고 운동기능 회복이 좋았다. FA 값의 측정에 영향을 주는 몇 가지 기술적인 요인으로 자기공명영상의 씨퀀스와 변수(parameter), 관심영역의 설정 등이 있다. 이 연구에서는 모든 환자를 동일한 조건으로 검사하였기 때문에 자기공명영상의 씨퀀스와 변수는 저자들의 연구에 영향을 미치지 않았다. 반면 데옥시헤모글로빈과 같은 상자성분자(paramagnetic molecule)들은 자화율 효과(magnetic susceptibility effect)에 의해 T2 혹은 T2\* 강조영상에서 저 신호강도로 나타나며 이와 같은 자화율 효과가 두개내혈종의 실제적인 확산계수의 측정에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(7). 따라서 내포후각 주위의 혈종에 의한 자화율 효과로 인해 실제 FA 값보다 낮게 측정되었을 가능성이 있다. 또 다른 가능성은 혈종 주변의 혈관인성 부종에 의해 내포후각의 FA 값이 실제 낮게 측정되었으나 부종이 소실되면서 피질 척수로가 회복되었을 경우이다. 뇌경색의 경우 초기 세포독성 부종(cytotoxic edema)에서는 세포의 팽창에 의해 뇌 백질에서의 유수신경섬유 다발들의 사이 공간이 줄어들면서 축삭을 따라 확산의 방



항성이 증가하게 되어 FA 값이 증가하는 반면, 혈관인성 부종은 세포막의 분해, 세포 외부의 부종, 세포 용해 등으로 구조적인 보존도(integrity)가 소실되면서 FA 값이 감소하는 것으로 알려져 있다(8, 9).

확산텐서신경로 추적법을 통한 3차원 피질척수로와 혈종과의 해부학적 관계에 관해서는 피질 척수로가 혈종 내부를 통과하거나(유형 2) 혈종에 의해 척수로가 단절되었던 경우(유형 3)에는 출혈 초기 및 1개월 후에 측정된 운동기능이 좋지 않았다. 이와 같은 피질척수로의 침범과 예후와의 상관관계는 피질척수로와 혈종의 공간적인 관계가 운동기능회복에 영향을 준다는 것을 나타내며 이는 Karibe 등(10)의 연구결과와도 일치한다. 백질 트래킹 과정에서 한 화소 내에서 교차하는 신경섬유로 인해 확산텐서의 분석이 심각하게 방해되는 문제점이 있는데(11), 피질 척수로 같은 경우 상측종속다발(superior longitudinal fasciculus)이 방사관(corona radiata)에서 피질척수로와 교차하기 때문에 정확한 피질척수로의 트래킹을 방해할 수 있는 단점이 있다. 이와 같은 제한점에도 불구하고 저자들의 연구결과는 백질트래킹 소견과 임상소견과의 유의한 상관관계를 보여주었다. 즉 혈종에 의한 3차원 피질척수로의 명백한 침범이 없는 경우 운동기능 손상의 회복이 좋을 것으로 추정할 수 있다. 백질 트래킹에서 피질척수로가 단절되었던 환자(환자 14)는 수술에도 불구하고 상지에 심한 운동마비가 초래되었다. 혈종의 수술적 제거와 운동 기능회복의 상관관계는 아직 명확하게 밝혀져 있지 않으나 추후 초기의 백질 트래킹 소견과 운동기능의 예후 판정이 명확해지면 백질 트래킹의 소견을 근거로 혈종의 수술적 치료에 관한 적응증을 선별할 수 있으리라 본다.

Yoshioka 등(12)이 자발성 심부 혈종의 부피와 운동기능 손상의 예후와의 상관관계가 없었다는 보고와 달리 저자들의 연구에서는 혈종의 양과 1개월 후 운동기능 손상 회복에 유의한 상관관계가 있었는데, 이는 저자들의 연구대상과는 달리 Yoshioka 등은 혈종이 내포후각을 교차하는 증례가 대상환자에 포함되지 않았기 때문에 연구결과에 차이가 있었으리라 본다. Yoshioka 등(12)은 혈종이 크더라도 피질 척수로가 손상되지 않았을 경우에는 직접적으로 운동 장애는 일으키지 않음을 나타낸다고 주장하였으나, 저자들의 연구결과와 같이 일반적으로 심부 혈종이 클수록 내포를 포함하여 피질척수로의 손상 가능성이 커져 운동기능 손상의 가능성도 커질 것이다.

이 연구의 몇 가지 제한점으로 연구대상의 수가 적고, FA 값을 측정하는 데 있어서 관심영역의 설정을 수작업으로 표시하였기 때문에 관찰자의 주관이 개입될 여지가 있으며, 혈종이 FA를 측정하는 인접 부위에 있을 경우 혈종에 의한 자화율 영향이 실제 확산 계수의 측정에 영향을 줄 수 있다. Lee 등(13)이 주장한 바대로 확산텐서영상으로 신경섬유로 영상을 구현할 때 검사 및 판독에 주관적인 요소가 많이 반영될 수 있으므로 정확한 신경해부학적인 지식이 선행되어야 함과 더불어 신경섬유의 정량화 기법 및 좀 더 표준화된 방법의 설정이 요구된다고 하겠다. 또한, 1개월의 짧은 기간으로 환자의 운동기능 손상에 대한 환자의 장기적인 예후를 판정하기 어렵다. 따라서

추 후 발생한 피질 척수로의 구조적이고 기능적인 복원에 의해 운동기능 손상 회복의 가능성이 있으므로 추 후 부가적인 확산텐서영상 검사 및 장기적인 운동기능 평가가 이루어져야 할 것이다.

결론적으로 자발성 심부 혈종환자를 대상으로 확산텐서영상을 시행하였을 때, 1개월 후의 단기 운동기능 회복은 초기 피질척수로의 분할비등방도율과 3차원 피질척수로와 혈종 사이의 공간적인 관계와 연관성이 있었다. 즉 분할비등방도율이 낮을수록, 혈종 내부로 피질척수로가 관통하거나 피질척수로가 단절된 경우 운동기능 회복이 나빠졌다. 이 연구의 결과로 미루어 볼 때, 자발성 심부 혈종 환자에서 단순히 내원 당시의 운동마비정도로 향후 환자의 운동마비 회복 정도를 예측하기 보다는 초기에 확산텐서자기공명영상을 실시하여 초기에 운동신경로 손상 정도를 알 수 있고 향후 운동마비의 예후 판정에 도움이 될 것으로 생각한다.

## 참 고 문 헌

1. Thomalla G, Glauche V, Koch MA, Beaulieu C, Weiller C, Rother J. Diffusion tensor imaging detects early wallerian degeneration of the pyramidal tract after ischemic stroke. *Neuroimage* 2004; 22:1767-1774
2. Basser PJ, Mattiello J, LeBihan D. Estimation of the effective self-diffusion tensor from the NMR spin echo. *J Magn Reson B* 1994; 103:247-254
3. Kunimatsu A, Aoki S, Masutani Y, Abe O, Mori H, Ohtomo K. Three-dimensional white matter tractography by diffusion tensor imaging in ischaemic stroke involving the corticospinal tract. *Neuroradiology* 2003;45:532-535
4. Wiesmann UC, Clark CA, Symms MR, Franconi F, Barker GJ, Shorvon SD. Reduced anisotropy of water diffusion in structural cerebral abnormalities demonstrated with diffusion tensor imaging. *Magn Reson Imaging* 1999;17:1269-1274
5. Dong Q, Welsh RC, Chenevert TL, Carlos RC, Maly-Sundgren P, Gomez-Hassan DM, et al. Clinical applications of diffusion tensor imaging. *J Magn Reson Imaging* 2004;19:6-18
6. Duncan PW, Goldstein LB, Matchar D, Divine GW, Feussner J. Measurement of motor recovery after stroke. Outcome assessment and sample size requirements. *Stroke* 1992;23:1084-1089
7. Dorenbek U, Schlaier J, Bretschneider T, Schuierer G, Feuerbach S. Diffusion-weighted imaging with calculated apparent diffusion coefficient in intracranial hemorrhagic lesions. *Clin Imaging* 2005;29:86-93
8. Sotak CH. The role of diffusion tensor imaging in the evaluation of ischemic brain injury - a review. *NMR Biomed* 2002;15:561-569
9. Zelaya F, Flood N, Chalk JB, Wang D, Doddrell DM, Strugnell W, et al. An evaluation of the time dependence of the anisotropy of the water diffusion tensor in acute human ischemia. *Magn Reson Imaging* 1999;17:331-348
10. Karibe H, Shimizu H, Tominaga T, Kosu K, Yoshimoto T. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in the early evaluation of corticospinal tract injury to predict functional motor outcome in patients with deep intracerebral hemorrhage. *J Neurosurg* 2000;92:58-63
11. Masutani Y, Aoki S, Abe O, Hayashi N, Otomo K. MR diffusion tensor imaging: recent advance and new techniques for diffusion tensor visualization. *Eur J Radiol* 2003;46:53-66

12. Yoshioka H, Horikoshi T, Aoki S, Hori M, Ishigame K, Uchida M, et al. Diffusion tensor tractography predicts motor functional outcome in patients with spontaneous intracerebral hemorrhage. *Neurosurgery* 2008;62:97-103

13. Lee SK, Kim DI, Kim J, Kim DJ, Kim HD, Kim DS, et al. Diffusion-tensor MR imaging and fiber tractography: a new method of describing aberrant fiber connections in developmental CNS anomalies. *Radiographics* 2005;25:53-65

J Korean Soc Radiol 2009 : 61 : 291-297

## Applicability of Diffusion Tensor MR Imaging and Fiber Tractography That Predict Short-Term Functional Motor Outcome in Patients with Deep Intracerebral Hemorrhage<sup>1</sup>

Ha Hun Song, M.D., Young Joo Kim, M.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, Cheju Halla General Hospital

<sup>2</sup>Department of Radiology, Uijongbu St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea

**Purpose:** The purpose of this study was to evaluate the applicability of diffusion tensor MR imaging (DTI) and fiber tractography (FT) for the prediction of short-term functional motor outcome in patients with spontaneous deep intracerebral hemorrhage (ICH).

**Materials and Methods:** DTI and FT were performed in 18 patients with deep ICH within seven days after onset. Fractional anisotropy (FA) values were measured in the posterior limb of internal capsules bilaterally, and the ratio of values (hematoma side/contralateral side) was determined as the FA ratio. Patterns of corticospinal tract alteration were categorized according to the anatomical relationship between the corticospinal tract and ICH. Motor impairment was assessed on admission and at one month after onset. The FA ratio, patterns of corticospinal tract alteration and degree of motor impairment were analyzed for correlation.

**Results:** The FA ratio measured shortly after the onset of ICH correlated with motor function on admission and motor outcome at one month ( $p < 0.01$ ). Good motor functional outcome was seen in all patients with an FA ratio greater than 0.8. An initial corticospinal tract injury on FT correlated with motor function on admission and motor outcome at one month ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** Early evaluation of corticospinal tract injury based on the use of DTI and FT can provide predictive value for short-term functional motor outcome in patients with deep ICH.

**Index words :** Diffusion magnetic resonance imaging  
Cerebral hemorrhage  
Movement disorders

Address reprint requests to : Young Joo Kim, M.D., Department of Radiology, Uijongbu St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, 65-1, Kumoh-dong, Uijongbu city, Kyunggi-do 480-130, Korea.  
Tel. 82-31-820-3599 Fax.82-31-846-3080 E-mail: violet2@catholic.ac.kr