

## 만성 외상성 뇌 손상 환자의 정신의학적 후유 장애 평가에서 Tc-99m HMPAO 뇌혈류 SPECT의 역할

서울대학교 의과대학 핵의학교실, 충남대학교 의과대학 내과학교실,<sup>1</sup> 정신과학교실,<sup>2</sup> 진단방사선과학교실<sup>3</sup>  
소 영 · 이강욱<sup>1</sup> · 이선우<sup>2</sup> · 지익성<sup>2</sup> · 송창준<sup>3</sup>

### The Role of Tc-99m HMPAO Brain Perfusion SPECT in the Psychiatric Disability Evaluation of Patients with Chronic Traumatic Brain Injury

Young So, M.D., Kang Wook Lee, M.D.<sup>1</sup>, Sun-Woo Lee, M.D.<sup>2</sup>,  
Ick Sung Ghi, M.D.<sup>2</sup> and Chang-June Song, M.D.<sup>3</sup>

Department of Nuclear Medicine, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea, Departments of Internal Medicine,<sup>1</sup> Psychiatry,<sup>2</sup> Radiology,<sup>3</sup> Chungnam National University College of Medicine, Daejeon, Korea

#### Abstract

**Purpose:** We studied whether brain perfusion SPECT is useful in the psychiatric disability evaluation of patients with chronic traumatic brain injury (TBI). **Materials and Methods:** Sixty-nine patients (M:F=58:11, age 39±14 years) who underwent Tc-99m HMPAO brain SPECT, brain MRI and neuropsychological (NP) tests during hospitalization in psychiatric wards for the psychiatric disability evaluation were included; the severity of injury was mild in 31, moderate in 17 and severe in 21. SPECT, MRI, NP tests were performed 6~61 months (mean 23 months) post-injury. Diagnostic accuracy of SPECT and MRI to show hypoperfusion or abnormal signal intensity in patients with cognitive impairment represented by NP test results were compared. **Results:** Forty-two patients were considered to have cognitive impairment on NP tests and 27 not. Brain SPECT showed 71% sensitivity and 85% specificity, while brain MRI showed 62% sensitivity and 93% specificity ( $p>0.05$ , McNemar test). SPECT found more cortical lesions and MRI was superior in detecting white matter lesions. Sensitivity and specificity of 31 mild TBI patients were 45%, 90% for SPECT and 27%, 100% for MRI ( $p>0.05$ , McNemar test). Among 41 patients with normal brain MRI, SPECT showed 63% sensitivity (50% for mild TBI) and 88% specificity (85% for malingers). **Conclusion:** Brain SPECT has a supplementary role to neuropsychological tests in the psychiatric disability evaluation of chronic TBI patients by detecting more cortical lesions than MRI. (Korean J Nucl Med 2002;36:232-43)

**Key Words:** Chronic traumatic brain injury, Psychiatric disability, Tc-99m HMPAO, SPECT, MRI

Received June 22, 2002; accepted Aug 13, 2002

Corresponding author: Young So, M.D., Department of Nuclear Medicine, Seoul National University Hospital, 28 Yongon-Dong, Chongno-Gu, Seoul 110-744, Republic of Korea  
Tel: 02-760-2803, Fax: 02-766-9083

E-mail: youngso@snu.ac.kr

※ 이 논문은 2001년도 대한핵의학회 학술진흥기금 연구비에 의하여 수행되었음.

#### 서 론

교통 사고 등에 의한 외상성 뇌 손상은 주로 혈관 손상과 신경 손상을 일으킨다. 혈관 손상은 초점

상 뇌 좌상과 출혈 형태로 뇌의 여러 곳에 국소적으로 일어나며, 신경 손상은 미만성 축삭 손상의 형태로 뇌 백질에 산재하여 일어난다.<sup>1)</sup>

급성기 외상성 뇌 손상 환자에서 뇌의 손상 정도를 영상으로 평가하는 데는 뇌 컴퓨터단층촬영이 널리 쓰인다. 이는 급성기에 뇌 출혈 등 수술적 치료를 요하는 질환을 빨리 감별하기 위해서다. 그러나 급성기 이후 환자에서는 뇌 피질의 병변 뿐 아니라 뇌 백질의 병변까지 볼 수 있는 뇌 자기 공명 영상이 널리 이용되고 있다.

외상성 뇌 손상 환자들 중 일부는 급성기를 지나서도 두통, 기억 장애, 어지러움, 수면 장애, 정동 장애 등을 호소한다.<sup>2,3)</sup> 그리고 이러한 환자들의 정신의학적인 후유 장애 평가에 임상심리 검사가 현재까지 주로 이용되고 있다. 그러나, 임상심리 검사는 검사자에 따라 결과 해석의 차이가 있을 수 있어 주관적인 면이 있고, 특히 피검자가 검사에 협조하지 않을 경우 정확한 검사 평가가 이루어질 수 없다. 따라서 정신의학적인 후유 장애 평가에서 임상적 소견과 심리 검사의 결과를 뒷받침해 줄 객관적 검사로 뇌 컴퓨터 단층 촬영, 뇌 자기 공명 영상 같은 영상 기법과 뇌파검사와 같은 전기생리학적 검사가 보조적으로 이용된다. 그러나 상당수의 환자들 특히 경도 또는 중등도 뇌 손상 환자에서 환자들이 호소하는 증상이 있음에도 불구하고 뇌 컴퓨터 단층 촬영이나 뇌 자기 공명 영상에서는 정상 소견을 보인다.

Abdel-dayem 등<sup>4)</sup>이 1987년 처음으로 급성 뇌 손상 환자에서 Tc-99m HMPAO 뇌혈류 SPECT가 컴퓨터단층촬영보다 더 많은 병변을 찾았다고 보고한 이래 몇몇 연구자들이 뇌혈류 SPECT가 뇌 컴퓨터 단층 촬영이나 뇌 자기 공명 영상보다 더 많은 병변을 찾았다고 발표하였다.<sup>5-8)</sup> 그리고 이러한 현상은 특히 경도의 두부 손상 환자들에서 두드러지게 나타난다.<sup>6,9-11)</sup>

외상성 뇌 손상의 주된 병태생리가 혈관 손상과 신경 손상임을 감안할 때 뇌백질의 병변을 주로 가져오는 신경 손상을 관찰하는 데는 뇌 자기 공명 영상이 유용할 것으로 판단되나 미세한 혈관 손상으로 인한 뇌피질의 혈류 장애, 그리고 그로 인한 환자의 인지 기능 장애 등 정신의학적인 후유 장애를 평

가하는 데는 해부학적 영상인 뇌 컴퓨터 단층 촬영이나 뇌 자기 공명 영상보다 뇌의 혈류 및 기능을 보여주는 뇌혈류 SPECT가 더 우수할 것으로 판단된다. 특히 해부학적 영상이 대부분 정상인 경우도 뇌 손상 환자의 정신의학적인 후유 장애 평가에서 뇌혈류 SPECT가 유용할 것으로 판단된다.

그러나 아직까지는 외상성 뇌 손상 환자의 진료에 뇌혈류 SPECT가 널리 이용되지 않고 있다. 그 이유로는 뇌혈류 SPECT가 급성기에 수술적 치료 필요 여부 결정에 큰 도움이 되지 않는다는 점, 뇌의 백질 부위 병변을 볼 수 없다는 점 등<sup>12)</sup>이 있었으나, 뇌혈류 SPECT의 촬영, 데이터 처리, 판독이 표준화가 덜 되었고, 외상성 뇌 손상 환자에서 뇌혈류 SPECT 소견에 대한 연구 결과가 아직까지 많지 않은 점도 들 수 있겠다.<sup>13)</sup>

본 연구에서는 외상성 뇌 손상 후 정신의학적인 후유 장애 평가를 위하여 입원하여 뇌혈류 SPECT, 뇌 자기 공명 영상 및 임상심리 평가 등이 시행된 환자들을 대상으로 만성 뇌 손상 환자의 정신의학적인 후유 장애 평가에 뇌혈류 SPECT가 도움이 되는지 알아보았다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

1997년 3월부터 2000년 7월까지 외상성 뇌 손상으로 인한 정신의학적인 후유 장애 평가를 위해 정신과 병동에 입원한 환자 중 입원 기간 중에 Tc-99m HMPAO 뇌혈류 SPECT, 뇌 자기 공명 영상 및 심리 평가를 모두 시행한 환자 69명을 대상으로 하였다. 뇌 손상을 두 번 이상 받았거나, 뇌 손상 이외의 뇌종양, 뇌경색 등 뇌 손상 병력이 있는 경우, 뇌 손상 전에 간질, 정신 질환 등 신경정신학적 병력이 있는 경우, 약물 또는 알코올 중독 병력이 있는 경우, 뇌 손상 당시 연령이 10세 미만 또는 65세 이상인 경우는 제외하였다.

대상 환자 총 69명의 남녀비는 58:11이었고, 평균 연령은 39±14세이었다. 뇌 손상의 원인은 교통 사고 65명, 산업 재해 4명이었다. 뇌 손상부터 뇌혈류 SPECT 촬영까지의 평균 기간은 23±12개월(6~61

개월)이었고, 뇌 자기 공명 영상과 심리 평가 모두 뇌혈류 SPECT 촬영 일주일 이내에 시행되었다.

뇌 손상 후 의식 소실 및 기억 장애 기간과 뇌 손상 후 처음으로 평가한 Glasgow Coma Scale에 따라 뇌 손상의 심한 정도를 경도, 중등도, 중증 뇌 손상군으로 분류하였을 때(Table 1)<sup>3,6)</sup> 경도 뇌 손상군이 31명, 중등도 뇌 손상군이 17명, 중증 뇌 손상군이 21명이었다.

## 2. Tc-99m HMPAO 뇌혈류 SPECT 촬영 및 뇌 자기 공명 영상 촬영

주사 전 처치로 촬영실은 어두운 조명, 조용한 상태를 유지하였고 정맥 주사 용 카테타를 미리 혈관 속에 확보하였다. Tc-99m pertechnetate와 HMPAO (Amersham Inc. Arlington Heights, IL, USA)를 섞고 10분~30분 후에 Tc-99m HMPAO 740 MBq을 정맥 주사하였다.<sup>14)</sup> 주사 후 30분에서 1시간 지나 저에너지 고해상도 조준기를 부착한 이중 헤드 감마카메라(Maaxus, GE Medical Systems, Milwaukee, WI, USA)를 이용하여 촬영하였다. 약 3° 간격으로 각 투사 영상 당 15초씩 16분간 128개의 투사 영상을 얻고 128×128 매트릭스 자료를 컴퓨터에 수록하였다. Butterworth 여과기로 여과 후 역투사에 의해 재구성하였다. 횡단면상은 안외이도 선에 평행하게 얻고, 이에 수직인 시상면, 관상면을 얻었다.

뇌 자기 공명 영상은 GE Signa 1.5-Tesla scanner (GE Medical Systems, Milwaukee, WI, USA)를 이용하여 촬영하였다.

## 3. 심리 평가 및 분석

총 69명 환자 모두가 뇌혈류 SPECT, MRI 촬영 일주일 이내에 임상심리 평가, 신경심리 평가, CAMCOG (Cognitive section of CAMDEX (the Cambridge Mental Disorders of the Elderly Examination)), 및 Mini-metal status exam (MMSE)를 수행하였다. 임상심리 평가는 임상심리사에 의하여 시행되었으며 환자 면담 후에 자기 보고형 검사인 Minnesota Multiphasic Personality Inventory, Symptom Check List-90-Revision, Sentence Completion

Test와 객관적 검사인 Korean-Wechsler Adult Intelligence Scale (K-WAIS), Wechsler Memory Scale-Revised Edition, Bender-Gestalt test 그리고 투사적 검사인 Rorschach 검사, Thematic Apperception Test, Draw A Person Test를 시행하였다.<sup>15)</sup> 신경심리 평가는 정신과 전문의에 의하여 시행되었으며 운동, 리듬, 촉각, 시각, 수용적 언어, 표현적 언어, 쓰기, 읽기, 산수, 기억, 지적 과정 등 11가지 척도에 대한 평가로 구성되었다. CAMCOG와 MMSE은 각 환자 담당 정신과 전공의에 의하여 시행되었다.

임상심리 평가, 신경심리 평가, CAMCOG 및 MMSE 결과를 종합하여 정신과 전문의가 각 환자의 인지 기능 장애 유무와 폐병 여부를 판단하였다. 즉, K-WAIS에서 나온 지능이 병전 추정 지능과 유의한 차이가 있거나 언어성-동작성 지능의 유의한 차이가 있는 경우, Bender-Gestalt test에서 뇌손상을 시사하는 특징적 왜곡 반응을 보이는 경우 등 뇌의 기질적 이상이 의심되는 경우 피검자의 인지 기능 장애가 있는 것으로 판단하였다. 그리고, 환자가 주관적으로 호소하는 증상이 객관적 검사 결과보다 훨씬 심하거나 과장되어 있으면서, 환자가 검사에 잘 협조하지 않거나 반사회적 성격 장애를 보이는 경우 폐병으로 판단하였다.<sup>16)</sup>

Chi-square test를 이용하여 경도, 중등도, 중증 뇌 손상군에서 인지 기능 장애 빈도 차이가 있는 지 분석하였다.

## 4. Tc-99m HMPAO 뇌혈류 SPECT의 판독 및 분석

뇌의 좌우 반구를 각각 17개의 영역으로 나누어 총 34개 뇌 영역에서 혈류 감소 여부를 판단하였다 (Fig. 1).<sup>17)</sup> 혈류 감소 여부는 34개 뇌 영역 각각에서 시각적으로 혈류 감소 유무만 판단하였다. 즉 대칭되는 반대편 뇌 영역에 비하여 뚜렷한 혈류 감소 부위가 있는 경우 양성으로 판단하였으며, 양측성으로 병변이 의심될 때는 주위 뇌 영역 또는 소뇌의 혈류에 비하여 뚜렷하게 혈류 감소 부위가 있는 경우 양성으로 판단하였다. 또한 34개 뇌 영역 중 한 곳이라도 혈류 감소 영역이 있는 경우 뇌혈류 SPECT 양성으로 판단하였다.

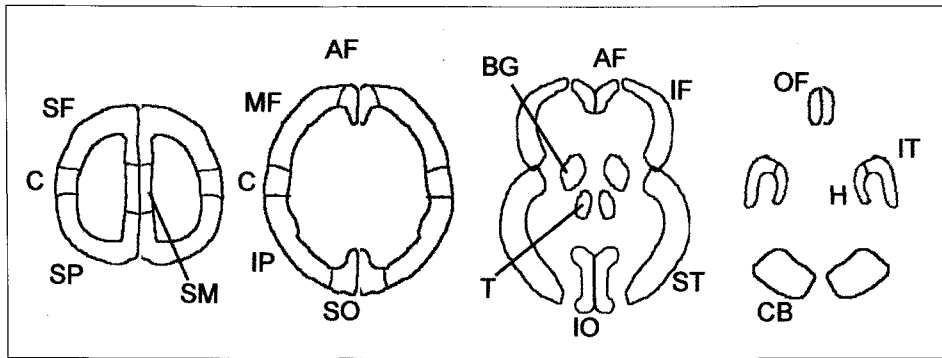


Fig. 1. Anatomical templates of the brain showing thirty-four brain regions; seventeen regions per each hemisphere.

SF: superior frontal, MF: middle frontal, IF: inferior frontal, SM: superiormesiofrontal, AF: anterior frontal, OF: orbitofrontal, C: central, SP: superior parietal, IP: inferior parietal. ST: superior temporal, IT: inferior temporal, H: hippocampus, SO: superior occipital, IO: inferior occipital, BG: basal ganglia, T: thalamus, CB: cerebellum

총 69명 환자를 대상으로 전두엽, 측두엽, 두정엽, 후두엽, 기저핵, 시상, 소뇌 각각에서 좌우 뇌엽을 합하여 각 뇌엽별로 뇌혈류 SPECT 상 한 영역 이상 혈류 감소 소견을 보인 환자수를 구하였고, 좌우 뇌엽을 합하여 각 뇌엽별 혈류 감소 영역 수를 구하였다. 그리고, 서른 네 개의 뇌 영역 각각에서 혈류 감소 소견을 보인 환자수를 구하였다.

경도, 중등도, 중증 뇌 손상군에서 one-way ANOVA와 Bonferroni 방법을 이용한 사후 분석을 이용하여 각 환자별로 34개 뇌 영역 중 혈류 감소 소견을 보인 뇌 영역 수에 차이가 있는 지 알아보았다. 같은 방법으로 심리 평가 결과 인지 기능 장애가 없는 군, 피병 군 및 인지 기능 장애가 있는 군 각각에서 환자 별 혈류 감소 뇌 영역 수에 차이가 있는 지 알아보았다.

#### 5. Tc-99m HMPAO 뇌혈류 SPECT와 뇌 자기 공명 영상의 진단능 비교

심리 평가 결과를 기준으로 뇌혈류 SPECT와 뇌 자기 공명 영상의 만성 뇌 손상 환자 인지 기능 장애 여부를 진단하는 예민도, 특이도 및 정확도를 구하였다. 그리고 McNemar test를 이용하여 뇌혈류 SPECT와 뇌 자기 공명 영상의 진단능을 비교하였다. 같은 방법으로 경도 뇌 손상군 31명을 대상으로 뇌혈류 SPECT와 뇌 자기 공명 영상의 진단능을 비

교하여 보았다. 그리고 뇌 자기 공명 영상에서 정상 소견을 보인 41명에서 뇌혈류 SPECT의 진단능을 알아보았다.

모든 통계 처리는 윈도우용 SPSS 소프트웨어 (Version 10.05, SPSS Inc. Chicago, Illinois, USA)를 이용하였으며 유의 수준은  $p < 0.05$ 로 하였다.

## 결 과

### 1. 심리 평가 결과

심리 평가 결과 인지 기능 장애가 있는 것으로 판정된 환자가 42명, 인지 기능 장애가 없는 것으로 판정된 환자가 27명이었다. 인지 기능 장애가 없는 것으로 판정된 27명 중 15명은 피병으로 판정된 경우였다. 가장 흔한 인지 기능 장애는 기억 저하로 25명에서 발견되었고 이 중 단기 기억 장애가 14명에서 발견되었다. 그 다음으로 흔한 인지 기능 장애는 주의집중력 저하로 9명에서 발견되었다. 아홉 명의 환자에서는 뇌 손상으로 인한 치매로 판정되었다. 뇌 손상 정도에 따른 인지 기능 장애 빈도는 경도 뇌 손상군 35%, 중등도 뇌 손상군 65%, 중증 뇌 손상군 95%이었고, Chi-square test 결과 세 군간의 차이는 통계적으로 유의하였다( $p < 0.001$ )(Table 2).

인지 기능 장애가 없는 것으로 판정된 27명의 뇌 손상 정도는 경도 뇌 손상군 20명, 중등도 뇌 손상

군 6명, 중증 뇌 손상군 1명이었고, 이 중 피병으로 판정된 15명의 뇌 손상 정도는 경도 12명, 중등도 2명, 중증 1명이었다(Table 2).

2. Tc-99m HMPAO 뇌혈류 SPECT 결과

좌우 뇌엽을 합하여 각 뇌엽별로 한 영역 이상 혈류 감소 소견을 보인 환자 수는 전두엽 29명, 측두엽 24명, 두정엽 13명, 후두엽 0, 기저핵 0, 시상 3명, 소뇌 2명이었다. 각 뇌엽별 혈류 감소 소견을 보인 영역수 및 각 뇌엽 전체 영역 중 혈류 감소 영역의 백분율은 전두엽 87영역(9%), 측두엽 57영역(14%), 두정엽 23영역(8%), 후두엽 0, 기저핵 0, 시상 3영역(2%), 소뇌 3영역(2%)이었다(Table 3).

전체 환자 69명의 환자별 평균 혈류 감소 영역 수는 평균 2.5±3.8 영역이었다. 두부 손상 정도에 따른 환자별 평균 혈류 감소 영역 수는 경도 뇌 손상군 0.5±1.1 영역, 중등도 뇌 손상군 4.2±5.8 영역, 중증 뇌 손상군 4.0±2.9 영역이었고, one-way ANOVA

결과 유의수준 p<0.001로 통계적으로 유의한 차이를 보였고, Bonferroni 방법을 이용한 사후 분석 결과 경도군과 중등도군 간에(p=0.02), 그리고 경도군과 중증군 간에(p=0.001) 유의한 차이가 있었다. 심리 평가 결과에 따른 환자별 혈류 감소 영역 수는 인지 장애가 없는 군 평균 1.1±4.4 영역, 피병군 평균 0.2±0.4 영역, 인지 장애가 있는 군 평균 3.7±3.9 영역이었고, one-way ANOVA 결과 유의수준 p=0.003으로 역시 통계적으로 유의한 차이를 보였으나, Bonferroni 방법을 이용한 사후 분석 결과 피병군과 인지 장애가 있는 군 두 군 간에만 유의한 차이가 있었다(p=0.004)(Table 4).

3. Tc-99m HMPAO 뇌혈류 SPECT와 뇌 자기 공명 영상의 진단능

심리 평가에서 인지 기능 장애가 있다고 판정된 42명 중 뇌혈류 SPECT 상 혈류 감소 영역이 한 군데 이상 있었던 환자가 30명으로 예민도 71%이었

Table 1. Classification of Patients Based on the Severity of Brain Injury

Group	Criteria
Mild traumatic brain injury	Brief loss of consciousness ≤ 30 minutes Posttraumatic amnesia ≤ 24 hours Glasgow Coma Scale 13-15
Moderate traumatic brain injury	Posttraumatic amnesia > 24 hours Glasgow Coma Scale 9-12
Severe traumatic brain injury	Glasgow Coma Scale ≤ 8

Table 2. Neuropsychological (NP) Test Results of Mild, Moderate and Severe Traumatic Brain Injury (TBI) Groups

Severity of brain injury	Cognitive impairment (%)	NP test results	
		Positive	Negative
Mild TBI (n=31)	35	11	20 (12)
Moderate TBI (n=17)	65	11*	6 (2)
Severe TBI (n=12)	95	20†	1 (1)

\* Two patients were diagnosed as dementia caused by traumatic brain injury.

† Seven patients were diagnosed as dementia caused by traumatic brain injury.

The number in the parentheses represents the number of malingers.

P<0.001 by Chi-square test.

**Table 3.** Number of Patients Showing Perfusion Defect in Each Region of Anatomical Brain Template on Tc-99m HMPAO Brain Perfusion SPECT

	Right	Left	Sum (%)
Frontal lobe			87 ( 9)
Superior frontal	5	5	
Middle frontal	14	14	
Inferior frontal	12	13	
Superiormesiofrontal	0	0	
Anterior frontal	7	8	
Orbitofrontal	0	0	
Central	4	5	
Temporal lobe			57 (14)
Superior temporal	6	9	
Inferior temporal	13	15	
Hippocampus	5	9	
Parietal lobe			23 ( 8)
Superior parietal	5	6	
Inferior parietal	7	5	
Occipital lobe			0
Superior occipital	0	0	
Inferior occipital	0	0	
Deep gray matter			3 ( 1)
Basal ganglia	0	0	
Thalamus	0	3	
Cerebellum	1	2	3 ( 1)
Total	79	94	173

The number in the parentheses represents the percentage of the brain regions showing perfusion defect.

다. 뇌 자기 공명 영상에서 이상 소견이 발견된 환자는 26명으로 예민도 62%이었다. 뇌 자기 공명 영상에서 보인 가장 흔한 이상 소견은 뇌연화증으로 24명에서 관찰되었고, 주로 전두엽과 두정엽에 분포하였다(Fig. 2). 그 다음으로 보인 이상 소견은 뇌 백질의 미만성 축삭 손상으로 9명에서 관찰되었다(Fig. 3). 심리 평가에서 인지 기능 장애가 없다고 판정된 27명 중 뇌혈류 SPECT 상 정상 소견을 보인 환자는 23명으로 특이도 85%이었다고, 뇌 자기 공명 영상 소견 상 정상 소견을 보인 환자는 25명으로 특이도 93%이었다. McNemar test 결과 뇌혈류 SPECT와 뇌 자기 공명 영상의 진단능에 통계적으

**Table 4.** The Number of Brain Regions Showing Perfusion Defect on Tc-99m HMPAO Brain Perfusion SPECT per Patient according to the Severity of Brain Injury and Neuropsychological Test Results

	No. of perfusion defect regions per patient (mean±SD)
Severity of TBI*	
Mild (n=31)	0.5±1.1
Moderate (n=17)	4.2±5.8
Severe (n=21)	4.0±2.9
NP test results†	
Negative (n=12)	1.1±4.0
Malingers (n=15)	0.2±0.4
Positive (n=42)	3.7±3.9

SD: standard deviation, TBI: traumatic brain injury, NP: neuropsychological.

\* P<0.001 by one-way ANOVA; p=0.02 between mild and moderate group and p=0.001 between mild and severe group by Bonferroni correction.

† P=0.003 by one-way ANOVA among three groups; p=0.004 between malingers and NP test positive group by Bonferroni correction.

로 유의한 차이는 없었다(p=0.19)(Table 5).

경도 뇌 손상 환자 31명에서 뇌혈류 SPECT의 예민도, 특이도는 각각 45%, 90%이었고, 뇌 자기 공명 영상은 각각 27%, 100%로 역시 두 영상법의 진단능에 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p=0.17, McNemar test).

뇌 자기 공명 영상에서 정상 소견을 보인 41명의 뇌 손상 정도는 경도 28명, 중등도 11명, 중증 2명이었고, 인지 기능 장애는 16명에서 관찰되었다. 뇌혈류 SPECT는 인지 기능 장애가 있던 16명 중 10명에서 양성 소견을 보였고(예민도 63%), 그 중 경도 뇌 손상 환자 8명 중 4명에서 양성 소견을 보였다. 뇌 자기 공명 영상 정상 소견을 환자 중 인지 기능 장애가 없던 25명 중 22명에서 뇌혈류 SPECT 음성 소견을 보였다(특이도 88%). 인지 기능 장애가 없던 환자 중 폐병으로 판정된 13명 중에서는 11명에서 뇌혈류 SPECT 상 음성 소견을 보였다.

뇌혈류 SPECT에서 더 많은 병변이 관찰된 환자

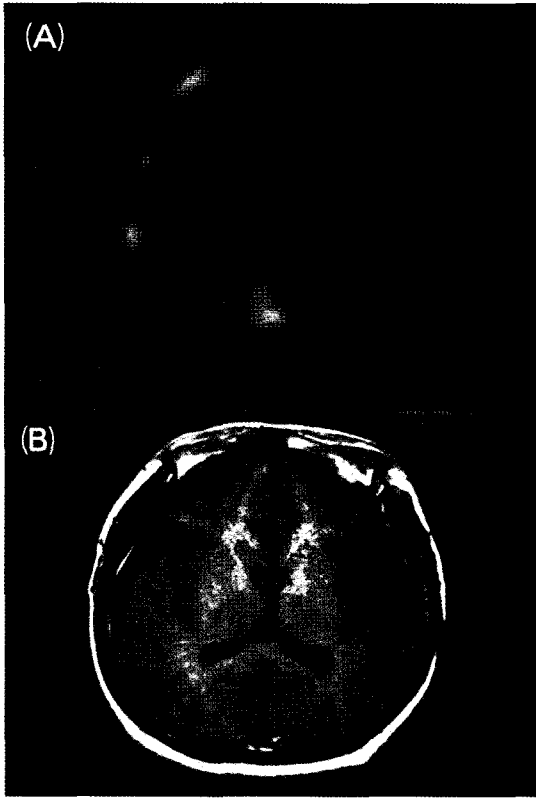


Fig. 2. A 19-year-old male patient experienced severe traumatic brain injury due to motor vehicle accident 13 months before. He was diagnosed as mental retardation due to traumatic brain injury according to neuropsychological test results. Tc-99m HMPAO brain SPECT image (A) shows perfusion defect lesion in the left anterior frontal lobe which is well correlated with the corresponding lesion in brain MRI image (B).

는 모두 11명이었고, 이들 병변은 전두엽, 측두엽, 두정엽에 분포하였다(Fig. 4). 뇌 자기 공명 영상에서 더 많은 병변을 보인 환자는 10명으로 대부분이 뇌 백질 병변이었고, 대상회전, 하부 측두엽, 해마, 후두엽의 병변도 하나씩 있었다. 뇌혈류 SPECT와 뇌 자기 공명 영상의 정상 또는 비정상 판정이 일치한 환자는 모두 49명(71%)이었다.

고 찰

본 연구는 만성 외상성 뇌 손상 환자들의 정신의



Fig. 3. A 37-year-old male patient experienced moderate traumatic brain injury due to motor vehicle accident 28 months before. On neuropsychological tests he had impairment of short-term memory and attention. Brain MRI image shows encephalomalacia and axonal shearing injury of the corpus callosum. His Tc-99m HMPAO brain SPECT image was normal (image not shown).

Table 5. Diagnostic Performance of Tc-99m HMPAO Brain Perfusion SPECT and Brain MRI

	Brain SPECT		Brain MRI	
	Positive	Negative	Positive	Negative
Cognitive impairment on NP tests (n=42)	30	12	26	16
No cognitive impairment on NP tests (n=27)	4	23	2	25
Diagnostic performance	Sensitivity 71%		Sensitivity 62%	
	Specificity 85%		Specificity 93%	
	Accuracy 77%		Accuracy 74%	

P=0.19 by McNemar test.

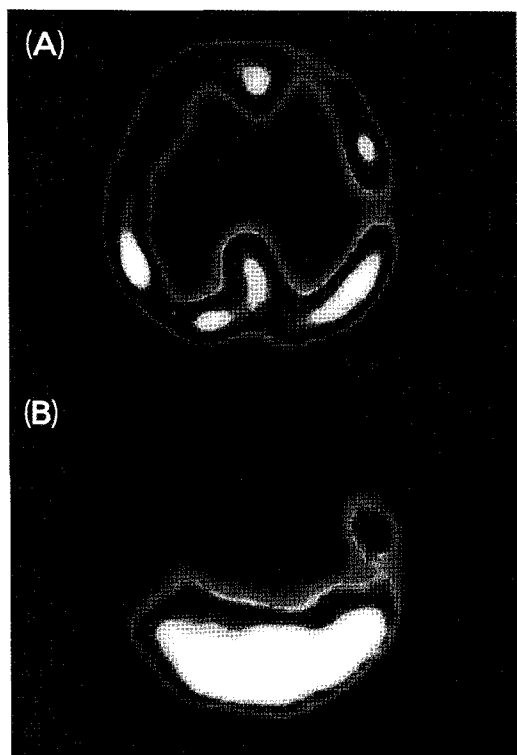


Fig. 4. A 11-year-old male patient experienced mild traumatic brain injury due to motor vehicle accident 17 months before. On neuropsychological tests he had impairment of visuo-motor coordination and attention and he also had psychomotor retardation. Tc-99m HMPAO brain SPECT image shows perfusion defect in the left central frontal lobe (A), the right inferior temporal lobe and the hippocampus (B). His brain MRI image was normal (image not shown).

학적 후유 장애 평가에 영상 검사로서 뇌 자기 공명 영상 뿐 아니라 뇌혈류 SPECT도 임상심리 평가에 보조적 역할이 있는 지 알아보았다. 그 결과 심리 평가 결과를 기준으로 하였을 때 뇌혈류 SPECT와 뇌 자기 공명 영상 두 검사간에 인지 기능 장애 유무를 진단하는 능력에는 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 그러나, 뇌혈류 SPECT는 전두엽, 측두엽, 두정엽 등의 피질 병변을 뇌 자기 공명 영상보다 더 많이 찾았고 이는 만성 외상성 뇌 손상 환자들을 대상으로 한 앞선 연구 결과들과 일치하였다.<sup>6,9,18)</sup> 특히 뇌혈류 SPECT는 뇌 자기 공명 영상이 정상인 41



Fig. 5. A 40-year-old male patient experienced severe traumatic brain injury due to motor vehicle accident 38 months before. He was diagnosed as dementia due to traumatic brain injury according to neuropsychological test results. Tc-99m HMPAO brain SPECT image shows multiple perfusion defects in both cerebral cortices and the left thalamus. His brain MRI image showed diffuse brain atrophy (image not shown).

명의 환자에서 63%의 예민도와 88%의 특이도를 보였고, 13명의 뇌병 환자 중 11명에서 정상 소견을 보였다. 반면, 뇌 자기 공명 영상은 뇌혈류 SPECT에서 관찰할 수 없는 백질 부위 병변을 잘 보여주었다.

만성 외상성 뇌 손상 환자들의 정신의학적 후유 장애 평가시 주로 문제가 되는 환자들은 환자가 주관적으로 호소하는 증상이 객관적 검사 결과보다 훨씬 심한 경우 즉, 뇌병이 의심될 때이다. 뇌검사가 임상심리 검사에 잘 협조하지 않거나 일부러 증상을 과장하는 경우(faking bad), 객관적 검사인 뇌 자기 공명 영상, 뇌파 검사 등 보조적 검사의 역할이 중요해 진다. 하지만 뇌 자기 공명 영상이나 뇌파 검사는 뇌의 해부학적 구조의 변화나 뇌세포의 전기생리학적 이상을 보는 검사이기 때문에 주로 환자의 신경학적 증상의 원인을 찾는 데 도움이 된다. 그리고 경도 뇌 손상 환자에서는 정상으로 나오는 경우가 대부분이다.<sup>2)</sup>

뇌혈류 SPECT가 미세한 혈관 손상으로 인한 뇌



피질의 혈류 장애 그리고 국소적 뇌 기능 저하와 동반된 국소적 뇌 혈류 감소 소견을 예민하게 보여주는 검사법임을 고려할 때 만성 외상성 뇌 손상 환자들 중 뇌 자기 공명 영상 정상인 환자군이나 껍질 유무를 가려야 하는 환자들의 정신의학적 후유 장애 평가 시 임상심리 검사에 보조적인 역할을 할 것으로 판단된다. 본 연구에서도 뇌 자기 공명 영상 정상인 환자들에서 뇌혈류 SPECT 결과와 임상심리 검사 결과와 잘 부합하는 양상을 보여 주었다.

그러나, 미국 핵의학회 뇌 영상 위원회의 1996년 보고에서는 뇌혈류 SPECT를 뇌 손상 환자의 정신 장애 감정에 사용하지 않는 것을 권장하였다. 뇌 손상 환자들에서 뇌혈류 SPECT의 진단능에 대한 충분한 연구 결과가 나오지 않았고, 뇌혈류 SPECT 촬영과 판독이 표준화되어 있지 않으므로 법정에서 객관적 증거로 채택하기는 어렵다는 것이 주된 이유였다.<sup>19)</sup> 같은 해에 보고된 미국 신경학회 보고에서도 두부 외상 환자에서 뇌혈류 SPECT 검사를 시행하는 것에 대하여 'investigational' 등급으로 분류하였다.<sup>20)</sup> 반면 두부 외상에서 신경심리 검사를 시행하는 것에 대해서는 'established' 등급으로 분류하였다.<sup>21)</sup>

뇌 손상 환자에서 뇌혈류 SPECT가 뇌 컴퓨터 단층 촬영이나 뇌 자기 공명 영상보다 뇌 피질의 병변을 더 예민하게 찾음에도 불구하고 뇌 손상 환자에서의 뇌혈류 SPECT 시행이 권장되지 않는 주된 이유는 상대적으로 낮은 특이도 때문일 것이다. 뇌 손상에 특징적인 뇌혈류 SPECT 소견이 없고, 뇌혈류 SPECT에서 나타나는 소견이 신경심리 평가 결과로 잘 설명되지 않는 경우들이 있다.<sup>18,22)</sup> 본 연구 결과에서도 뇌 자기 공명 영상에서는 2예에서 위양성 소견을 보인 반면, 뇌혈류 SPECT는 4예에서 위양성 소견을 보였다.

최근 몇 년 사이 뇌혈류 SPECT 촬영의 표준화가 점점 이루어지고 있고,<sup>14)</sup> statistical parametric mapping (SPM) 분석법의 등장으로 뇌혈류 SPECT의 판독도 객관화, 표준화되고 있다.<sup>23,24)</sup> 따라서 해부학적 영상인 뇌 컴퓨터 단층 촬영이나 뇌 자기 공명 영상보다 환자의 뇌 기능을 더 잘 평가할 수 있는 뇌혈류 SPECT가 앞으로 외상성 뇌 손상 환자들의

정신의학적 후유 장애 평가 그리고 더 나아가서 예후 예측<sup>8,25,26)</sup>과 재활 치료<sup>27)</sup>에 널리 쓰일 수 있을 것으로 판단된다.

국내에서도 그동안 급성<sup>28-9)</sup> 또는 만성<sup>23,30,31-2)</sup> 외상성 뇌 손상 환자들을 대상으로 한 연구들이 몇 편 발표되었다. 본 연구와 앞선 연구들과의 차이점은 첫 번째로 본 연구에서는 좌우 반구를 34개의 영역으로 나누어서 판독하였다는 점이다. 이는 뇌혈류 SPECT 판독을 좀 더 객관적으로 하고, 심리 평가 결과와 뇌혈류 SPECT 결과와의 연관성<sup>23)</sup>도 함께 알아보려는 목적이었다. 그러나, 후자는 이 연구에서 다루지 못하였다. 두 번째 차이점은 본 연구에서는 뇌 자기 공명 영상 정상인 환자들과 임상심리 평가에서 껍질이 의심되는 환자군에 대한 뇌혈류 SPECT 결과를 제시하였다는 점이다. 마지막으로 본 연구에서는 뇌혈류 SPECT가 외상성 뇌 손상 환자의 피질 병변을 잘 찾는 점에 대해서만 언급하지 않고 외상성 뇌 손상의 중요한 병태생리 중 하나인 백질 부위 병변을 볼 수 없다는 점에 대해서도 분명히 언급한 사실이다. 이는 외상성 뇌 손상 환자의 뇌혈류 SPECT를 판독할 때 핵의학 전문의가 반드시 염두에 두고 있어야 할 부분이다.

본 연구의 제한점으로는 본 연구에서는 혈류 감소 정도를 고려하지 않았다. 이로 인하여 중등도 뇌 손상군과 중증 뇌 손상군에서 환자별 혈류 감소 영역 수의 차이가 없게 나왔다. 하지만, 실제로 두부 외상으로 인한 치매로 진단된 환자 9명은 다수의 심한 혈류 감소 영역을 보였고 이 중 7명이 중증 뇌 손상군에 속하였다(Table 2, Fig. 5). 또 한 가지 제한점으로 본 연구에서 뇌혈류 SPECT 판독을 시각적으로만 하고 좀더 객관적 방법인 기준 영역에 대한 각 영역의 방사능비를 구하거나 SPM 법을 이용하지 않았다는 점이다.

앞으로 SPM 등 객관적인 방법을 이용한 외상성 뇌 손상 환자에서 뇌혈류 SPECT에 대한 연구가 더 많이 이루어지면 대부분 법적인 문제가 걸려 있는 외상성 뇌 손상 환자들의 뇌혈류 SPECT 판독 지침도 만들 수 있을 것으로 판단된다. 이로써 아직도 교통 사고 등으로 인한 외상성 뇌 손상 환자가 많은 우리나라에서 뇌혈류 SPECT의 이용도 활성화시킬

수 있을 것으로 기대된다.

## 요 약

**목적:** 만성 외상성 뇌 손상 환자의 정신의학적 후유 장애 평가에 뇌혈류 SPECT가 유용한 지 알아보았다. **대상 및 방법:** 외상성 뇌 손상 후 정신의학적 후유 장애 평가를 위하여 정신과 병동에 입원 중 Tc-99m 뇌혈류 SPECT, 뇌 MRI 및 심리 평가가 시행되었던 69명(남:여=58:11, 연령 39±14세)을 대상으로 하였다. 외상 정도는 경도 31명, 중등도 17명, 중증 21명이었고, 외상 후 Tc-99m HMPAO 뇌혈류 SPECT 촬영까지의 평균 기간은 23개월(6~61개월)이었다. 심리 평가에서 나타나는 인지 기능 장애를 기준으로 뇌혈류 SPECT와 뇌 MRI 두 영상 검사의 진단능을 비교하여 보았다. **결과:** 심리 평가 결과 42명에서 인지 기능 장애가 있었고, 27명에서 없었다. 뇌혈류 SPECT의 예민도 71%, 특이도 85%이었고, 뇌 자기 공명 영상은 예민도 62%, 특이도 93%로 두 검사의 진단능에 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ , McNemar test), 뇌혈류 SPECT는 피질의 병변을 더 많이 찾았고, 뇌 자기 공명 영상은 백질 병변을 찾는데 우수하였다. 경도 뇌 손상 환자 31명에 대해서도 뇌혈류 SPECT의 예민도 45%, 특이도 90%, 뇌 자기 공명 영상은 각각 27%, 100%로 역시 진단능에 통계적으로 유의한 차이는 없었다( $p>0.05$ , McNemar test). 뇌 자기 공명 영상에서 정상 소견을 보인 41명에서 뇌혈류 SPECT는 예민도 63%, 특이도 88%(피병 환자들에서 85%)를 보였다. **결론:** 뇌혈류 SPECT는 만성 외상성 뇌 손상 환자들에서 뇌 자기 공명 영상보다 더 많은 피질의 병변을 찾는다. 따라서 뇌혈류 SPECT는 만성 외상성 뇌 손상 환자들의 정신의학적 후유 장애에서 임상심리평가에 보조적 역할을 한다.

## 감사의 글

본 연구를 수행하는데 도움을 주신 충남대학교병원 핵의학과 이은호 기사와 임상심리검사실의 윤미라 선생에게 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 1) Gennarelli TA, Graham DI. Neuropathology of the head injuries. *Semin Clin Neuropsychiatry* 1998;3:160-75.
- 2) Alexander MP. Mild traumatic brain injury: pathophysiology. natural history, and clinical management. *Neurology* 1995;45:1253-60.
- 3) Katz RT, DeLuca J. Sequelae of minor traumatic brain injury. *Am Fam Physician* 1992;46:1491-8.
- 4) Abdel-Dayem HM, Sadek SA, Kouris K, Bahar RH, Higazi I, Eriksson S, et al. Changes in cerebral perfusion after acute head injury: comparison of CT with Tc-99m HM-PAO SPECT. *Radiology* 1987;165: 221-6.
- 5) Roper SN, Mena I, King WA, Schweitzer J, Garrett K, Mehringer M, et al. An analysis of cerebral blood flow in acute closed-head injury using Technetium-99m-HMPAO SPECT and computed tomography. *J Nucl Med* 1991;32:1684-7.
- 6) Gray BG, Ichise MI, Chung D-G, Kirsh JC, Franks W. Technetium-99m-HMPAO SPECT in the evaluation of patients with a remote history of traumatic brain injury: a comparison with X-ray computed tomography. *J Nucl Med* 1992;33: 52-8.
- 7) Newton MR, Greenwood RJ, Britton KE, Charlesworth M, Nimmon CC, Carroll MJ, et al. A study comparing SPECT with CT and MRI after closed head injury. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1992;55:92-4.
- 8) Bavetta S, Nimmon CC, White J, McCabe J, Huneidi AH, Bomanji J, et al. A prospective study comparing SPET and MRI and CT as prognostic indicators following severe closed head injury. *Nucl Med Commun* 1994;15: 961-8.
- 9) Ichise M, Chung D-G, Wang P, Wortzman G, Gray BG, Franks W. Technetium- 99m-HMPAO

- SPECT, CT, and MRI in the evaluation of patients with chronic traumatic brain injury: a correlation with neuropsychological performance. *J Nucl Med* 1994; 35:217-26.
- 10) Abdel-Dayem HM, Abu-Judeh H, Kumar M, Atay S, Naddaf S, El-Zeftawy H, et al. SPECT brain perfusion abnormalities in mild or moderate traumatic brain injury. *Clin Nucl Med* 1998;23:309-17.
  - 11) Abu-Judeh H, Parker R, Singh M, El-Zeftawy H, Atay S, Kumar M, et al. SPET brain perfusion imaging in mild traumatic brain injury without loss of consciousness and normal computed tomography. *Nucl Med Commun* 1999; 20:505-10.
  - 12) Prayer L, Wimberger D, Oder W, Kramer J, Schindler E, Podreka I, et al. Cranial MR imaging and cerebral <sup>99m</sup>Tc HM-PAO- SPECT in patients with subacute or chronic severe closed head injury and normal CT examinations. *Acta Radiologica* 1993;34: 593-9.
  - 13) Tikofsky RS. Predicting outcome in traumatic brain injury: what role for rCBF/ SPECT? *J Nucl Med* 1994;35:947-8.
  - 14) Juni JE, Waxman AD, Devous, Sr. MD, Tikofsky RS, Ichise M, Van Heertum RL, et al. Procedure guideline for brain perfusion SPECT using Technetium-99m radiopharmaceuticals. *J Nucl Med* 1998;39:923-6.
  - 15) 박영숙. 심리 평가의 실제. 제2판. 서울: 하나의 학사; 1998. p.115-523.
  - 16) Ruff RM, wylie T, Tennant W. Malingering and malingering-like aspects of mild closed head injury. *J Head Trauma Rehabil* 1993; 8:60-73.
  - 17) Goldenberg G, Oder W, Spatt J, Podreka I. Cerebral correlates of disturbed executive function and memory in survivors of severe closed head injury: a SPECT study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1992;55:362-8.
  - 18) Kesler SR, Adams HF, Bigler ED. SPECT, MR and quantitative MR imaging: correlates with neuropsychological and psychological outcome in traumatic brain injury. *Brain Inj* 2000;14: 851-7.
  - 19) Society of nuclear medicine brain imaging council. Ethical clinical practice of functional brain imaging. *J Nucl Med* 1996;37:1256-9.
  - 20) Therapeutics and Technology Subcommittee of the American Academy of Neurology. Assessment of brain SPECT. *Neurology* 1996;46:278-85.
  - 21) Therapeutics and Technology Subcommittee of the American Academy of Neurology. Assessment: Neuropsychological testing of adults. Considerations for neurologists. *Neurology* 1996;46:592-9.
  - 22) Umile EM, Plotkin RC, Sandel ME. Functional assessment of mild traumatic brain injury using SPECT and neuropsychological assessment. *Brain Inj* 1998;12:577-94.
  - 23) Song HC, bom HS. Alteration of cerebral blood flow and cerebrovascular reserve in patients with chronic traumatic brain injury accompanying deteriorated intelligence. *Korean J Nucl Med* 2000;34:183-198.
  - 24) Stamatakis EA, Wilson JTL, Hadley DM, Wyper DJ. SPECT imaging in head injury interpreted with statistical parametric mapping. *J Nucl Med* 2002;43:476-83.
  - 25) Jacobs A, Put E, Ingels M, Bossuyt A. Prospective evaluation of Technetium-99m- HMPAO SPECT in mild and moderate traumatic injury. *J Nucl Med* 1994;35:942-7.
  - 26) Jacobs A, Put E, Ingels M, Put T, Bossuyt A. One-year follow-up of Technetium-99m-HMPAO SPECT in mild head injury. *J Nucl Med* 1996;37:1605-9.
  - 27) Laatsch L, Jobe T, Sychra J, Lin Q, Blend M. Impact of cognitive rehabilitation therapy on neuropsychological impairments as measured by brain perfusion SPECT: a longitudinal study. *Brain Inj* 1997;11:851-63.

- 28) Lee KH, Kim CH, Chang HS. Spect assessment of regional cerebral perfusion abnormality in head injury. *Korean J Nucl Med* 1992;26:235-43.
- 29) Lee SH, Kim JS, Moon HS, Lee SK, Kim S, Kim YJ, et al. A comparative study of SPECT, q-EEG and CT in patients with mild, acute head trauma. *Korean J Nucl Med* 1992;27:165-9.
- 30) Chung JI, Chung TS, Suh JH, Kim DI, Lee JD, Park CY. Clinical utility of <sup>99m</sup>Tc- HMPAO brain SPECT findings in chronic head injury. *Korean J Nucl Med* 1992;26:26-32.
- 31) Choi Y. Clinical usefulness of <sup>99m</sup>Tc- HMPAO brain SPECT in the psychiatric disability evaluation of patients with traumatic brain injury. *Seoul J Psychiatry* 1994;19:68-76.
- 32) Lee KW, Lee JJ, Shong MH, Kang MH, Ghi IS, Shin YT, et al. Tc-99m HMPAO brain SPECT in patients with post-traumatic organic mental disorder. *Korean J Nucl Med* 1994;28:293-300.
-