

# 외상후 뇌손상 환자에서 Tc-99m-HMPAO 국소뇌혈류 SPECT와 자기공명영상의 비교

가톨릭대학교 의과대학 방사선과학교실

유원종 · 이상훈 · 손형선 · 이한진 · 박정미  
정수교 · 김춘열 · 박용휘 · 신경섭

= Abstract =

## Comparison of Tc-99m-HMPAO SPECT and MRI after Acute and Subacute Closed-Head Injury

Won Jong Yoo, M.D., Sang Hoon Lee, M.D., Hyung Sun Sohn, M.D., Han Jin Lee, M.D., Jeong Mi Park, M.D.,  
Soo Kyo Chung, M.D., Choon-Yul Kim, M.D., Yong Whee Bahk, M.D. and Kyung Sub Shinn, M.D.

Department of Radiology, Catholic University Medical College, Seoul, Korea

The purpose of this study was to compare Tc-99m-HMPAO SPECT with MRI after acute and subacute closed-head injury. There were thirty two focal lesions in all cases of these. Fifteen lesions(47%) were seen on both MRI and SPECT. Fourteen lesions(44%) were seen only on MRI. Three lesions(9%) were seen only on SPECT. Of the 14 lesions seen only on MRI, one was epidural hematoma, two were subdural hematoma, three were subdural hygroma, one was intracerebral hematoma, four were contusion, and three were diffuse axonal injuries.

SPECT detected 52% of the focal lesions found on MRI. For the detection of lesions, MRI was superior to SPECT in fourteen cases, while SPECT was superior to MRI in three cases.

In conclusion, there was a tendency that detection rate of the traumatic lesions was higher on MRI, but the SPECT could delineate more wide extent of lesion.

**Key Words:** Closed-Head injury, Brain MR studies, Brain SPECT

### 서 론

외상후 뇌손상 환자의 진단 및 평가에서 전산화 단층촬영(Computed tomography)은 손쉽게 할수 있다는 장점이 있으나 작은 국소 병변을 알기 어렵다. 이에비해 자기공명 영상(Magnetic resonance imaging)은 외상성 병변에서 CT에 비해 더 나은 해부학적

위치와 작은 병변도 쉽게 찾을수 있는 장점이 있다. 그러나 CT와 MRI는 구조적 변화를 나타낼뿐 뇌의 기능적 손상 여부는 알 수 없다. SPECT 는 MRI에 비해 낮은 공간 해상력으로 예민도는 다소 떨어지나 혈류 감소 부위가 MRI나 CT에 비해 크게 나타나고 국소 뇌혈류(rCBF)를 평가함으로써 뇌의 기능적 손상 여부를 알 수 있게 해주어 유용하다. 외상후 급성기와 아급성기에 CT와 SPECT를 비교한 보고는 있으나 MRI와 SPECT를 비교한 보고는 드물다. 이에 저자들은 외상후 급성기와 아급성기에 MRI와 SPECT를 모두 시행한 16명을 대상으로 각 검사에서 나타난

본 논문은 1994년도 가톨릭중앙의료원 학술 조성비로 이루어졌음.

병변의 수와 크기를 비교하여 두 검사의 유용성을 비교하고자 하였다.

### 대상 및 방법

1992년 1월부터 1994년 8월까지 외상성 뇌손상을 받은 후 급성기(5일 이내)와 아급성기(6일에서 3주)에 MRI와 SPECT를 모두 시행한 16명(남자 13, 여자 3)을 대상으로 하였다. 연령분포는 1세부터 57세까지였고 평균 연령은 25세였다. MRI는 수상후 2일부터 19일(평균 8일) 사이에 실시되었고 SPECT는 3일부터 14일(평균 9일)에 실시되었다. SPECT와 MRI 실시 사이의 간격은 0일부터 9일까지(평균 3일)였다.

MRI는 0.5Tesla 초전도 영상 장치(Gyroscan, Philips, Netherlands)를 사용하였으며 대부분에서 스핀 에코(spin-echo)방법으로 T1강조영상(TR/TE=400-500/30), T2강조영상(TR/TE = 2000/80) 및 양자농도 강조영상(TR/TE=2000/30)의 횡단영상과 관상영상을 얻었고 T1강조영상에서 시상영상을 얻었으며, Gadolinium-DTPA (Gd-DTPA)를 정맥주사한 후 T1강조 횡단영상과 관상영상을 얻었다.

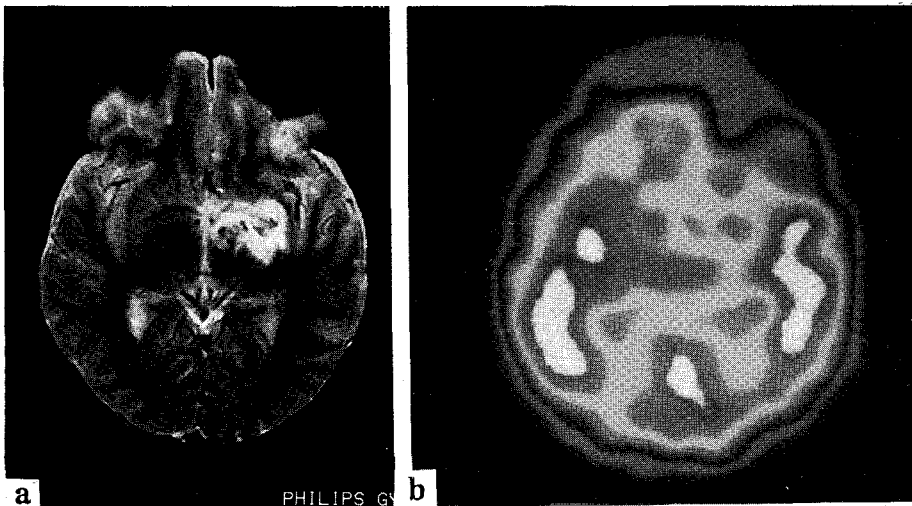
Tc-99m-HMPAO 뇌혈류 SPECT는 검사직전에 동결건조된 HMPAO kit를 Tc-99m으로 표지한후 20mCi의 Tc-99m-HMPAO를 정맥주사 하였다. 그

후 30분이내에 저에너지 고해상 조준기가 장착된 회전형 감마카메라(Distrac 75, Siemens, Germany)로 후면부에서 120,000counts를 얻는 시간을 고정하여 6도 간격으로 60개의 투사영상을 얻었다. 각 투사영상을 64x64matrix로 컴퓨터(Vax computer)에 수록한다음 butter worth filter로 여과하고 역투사하여 횡단면상을 재구성하여 Sorenson의 감쇄보정후 재구성된 횡단면으로부터 관상 및 시상단면을 얻었다.

MRI는 3명의 방사선과 의사에 의해 병변의 수와 위치, 크기를 육안적으로 분류하였고, 모든 SPECT는 1명의 핵의학과 전문의에 의해 뇌혈류의 국소혈류장애를 나타내는 병변의 수와 위치, 크기를 육안적으로 분석하였다. 이때 같은 환자에서 위치가 다른 병변은 각각 따로 계산되었다. 그 후 두 검사중 병변이 많이 발견된 것이 어느 검사인가 알아보고, 같은 위치의 병변에서는 크기를 비교하였다.

**Table 1. A Comparison of Focal Lesions on MRI Versus SPECT(n=32 focal lesions)\***

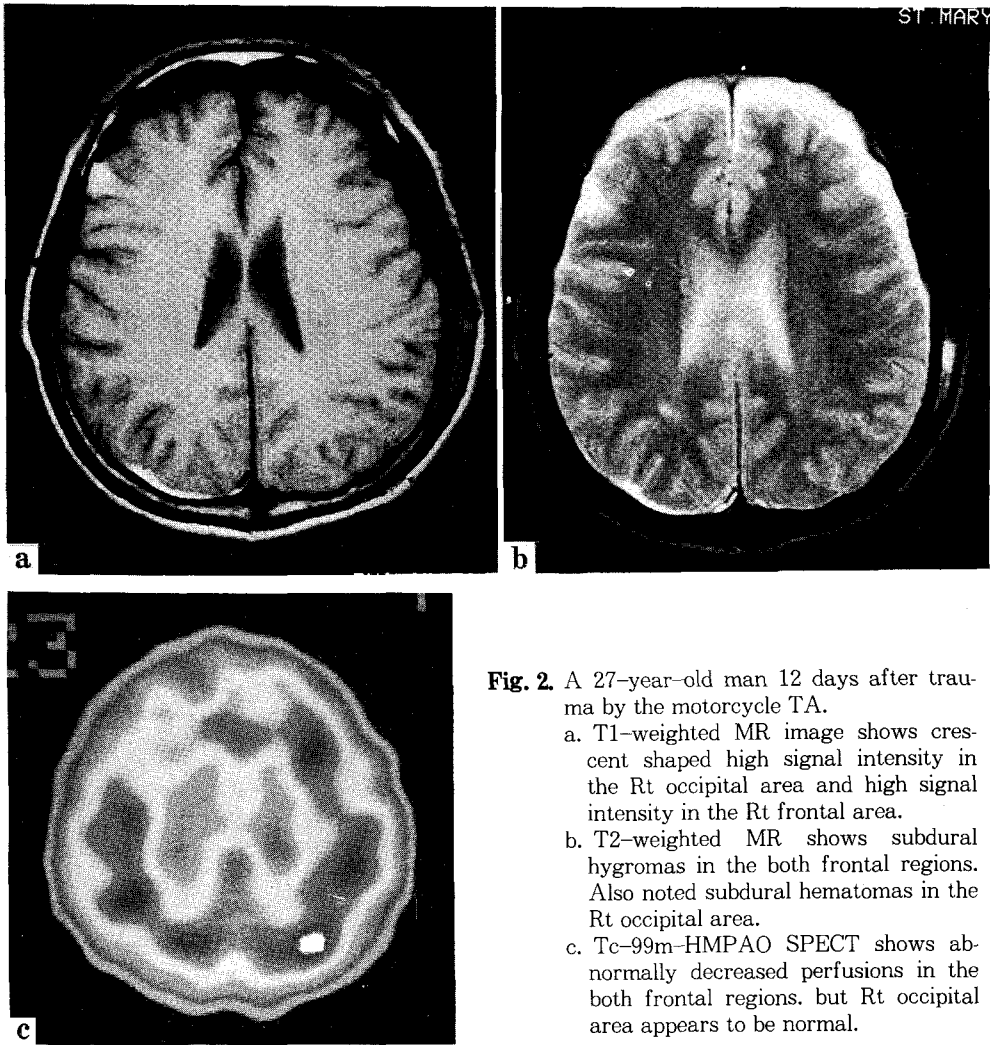
Lesions seen on MRI and SPECT	15(47%)
Lesions seen on MRI only	14(44%)
Lesions seen on SPECT only	3( 9%)
Total	32



**Fig. 1.** A 26-year-old man 3 days after trauma.

a. T2-weighted axial MR image shows high signal intensity in the Lt basal ganglia.

b. Tc-99m-HMPAO SPECT shows decreased perfusion at the same area on MRI.



**Fig. 2.** A 27-year-old man 12 days after trauma by the motorcycle TA.  
 a. T1-weighted MR image shows crescent shaped high signal intensity in the Rt occipital area and high signal intensity in the Rt frontal area.  
 b. T2-weighted MR shows subdural hygromas in the both frontal regions. Also noted subdural hematomas in the Rt occipital area.  
 c. Tc-99m-HMPAO SPECT shows abnormally decreased perfusions in the both frontal regions. but Rt occipital area appears to be normal.

**Table 2. A Comparison of Size of Lesion on SPECT and MRI**

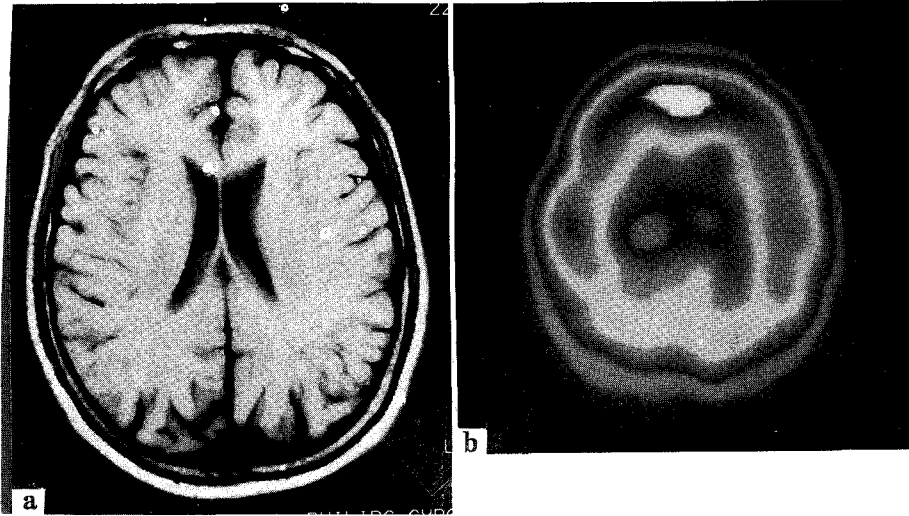
Size of lesion	Number
SPECT>MRI	6
SPECT=MRI	6
SPECT<MRI	3
Total	15

**결 과**

16명 가운데 2명에게선 MRI와 SPECT 모두 정상

이었고, 나머지 14명의 MRI와 SPECT에서 나타난 각각의 국소 이상소견의 총 합계는 모두 32예였다. 이 중 MRI와 SPECT 모두에서 나타난 경우가 15예 (Fig. 1), SPECT에서는 나타나지 않고 MRI에만 나타난 경우가 14예, SPECT에만 나타난 경우가 3예였다 (Table 1). 병변의 크기는 SPECT와 MRI 모두에서 나타난 15예를 비교하였는데, SPECT에서 더 크게 나타난 경우가 6예, MRI에서 더 크게 나타난 경우가 3예, SPECT와 MRI에서 비슷하게 나타난 경우가 6예였다 (Table 2).

SPECT에서는 보이지 않고 MRI에서만 이상소견으로 나타난 예는 모두 14예로 이들 각 병변을 분류해



**Fig. 3.** A 56-year-old man 6 days after trauma.  
 a. MR image shows no abnormal finding.  
 b. Tc-99m-HMPAO SPECT shows abnormally decreased perfusions in the both occipital regions.

**Table 3. Nature of Lesions on MRI Only**

Nature of Lesions	Number
extraparenchymal lesions	
- epidural hematoma	1
- subdural hematoma	2
- subdural hygroma	3
intracerebral hematoma	1
contusion	4
diffuse axonal injury	3
Total	14

보면(Table 3), 뇌실질의 병변(extraparenchymal lesions)이 6예로 이중 경막하 혈종(epidural hematoma)이 1예, 경막하 혈종(subdural hematoma)이 2예, 경막하 뇌수종(subdural hygroma)이 3예였다(Fig. 2).

SPECT에서만 나타난 예는 모두 3예로 그중 1예는 MRI는 정상이었으나 SPECT에서 양쪽 후두엽에 국소혈류감소를 나타냈고(Fig. 3), 다른 2예는 contra coup injuries 를 나타난 예였다.

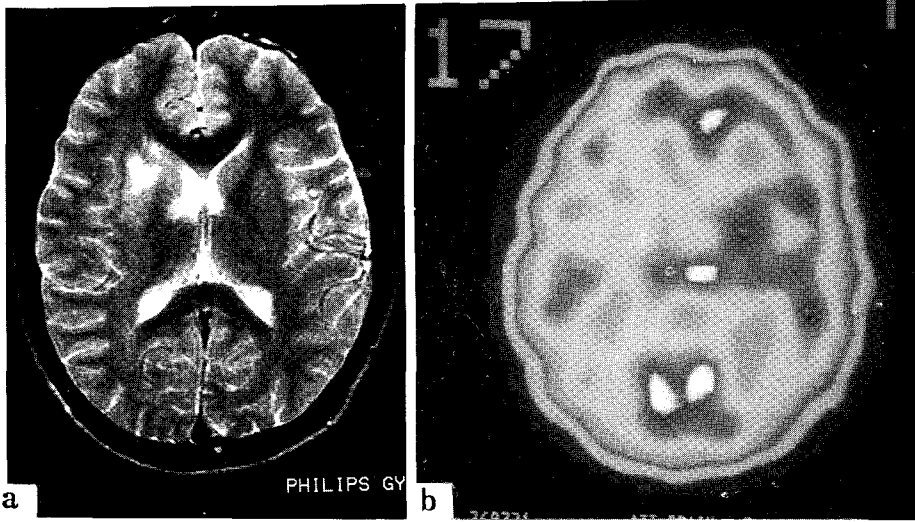
MRI에서 나타난 병변의 수를 기준으로 했을때 SPECT는 29개의 병변가운데 15개를 나타내어 52%의 민감도를 보였고, SPECT와 MRI에 모두 나타난 15개의 병변을 대상으로 비교한 병변의 크기는

SPECT에서 더욱 광범위하게 나타났다(Fig. 4).

### 고 찰

외상성 뇌손상에서 국소 뇌혈류에 대한 이해와 병리생리학과의 관계는 핵의학 영역에서 많은 발전이 있어왔다. Xenon SPECT 연구 결과는 심한 뇌손상 후에 약 반수에서는 조직의 대사요구의 증가로 충혈(hyperemia)을 갖고 다른 나머지 반수에서는 손상된 조직에서 감소된 대사요구에 비례하여 국소 뇌혈류의 감소를 보여준다<sup>2)</sup>. 동물에서 외상후 국소 뇌혈류 변화에 대한 연구는 일반적으로 외상후 처음 몇 시간동안은 혈류의 감소를 보여준다<sup>7)</sup>. Langfitt등은 3명의 외상성 뇌손상 환자에서 PET와 CT를 비교하였는데 CT에서 발견된 국소 병변 모두에서 동일부위에 대사 감소를 보였고 그외 다른 부위에서도 대사 감소를 보였다<sup>5)</sup>.

한편 SPECT는 초기 Xenon SPECT 이후 새로운 방사성 의약품의 개발로 많은 발전이 이루어져 왔는데 I-123-IMP는 정확하고 해상력이 우수하나 국소 뇌혈류를 측정하기 위해서는 동맥혈 채혈을 해야하고 cyclotron에서 만들어지는 핵제이기때문에 쉽게 이용하기 어렵다는 단점이 있다. 반면에 Tc-99m-HMPAO는 구하기 쉽고, energy가 적당해 해상력이



**Fig. 4.** A 21-year-old man 8 days after trauma.  
 a. T2-weighted MR image shows high signal intensity in the Rt basal ganglia.  
 b. The same lesion is seen as a much larger lesion on the Tc-99m HMPAO SPECT image.

우수하며 높은 count density를 갖고있어 최근에 많이 이용되고 있다<sup>1,10)</sup>. 최근 외상성 뇌손상후 CT와 SPECT와의 비교연구에서 SPECT는 CT에 비해 병변의 수와 범위 평가에서 CT보다 우월하다고 보고된 바 있다<sup>8,12)</sup>. 이는 CT가 뇌부종이 아주 현저하거나 명백한 뇌출혈을 나타내는데 반하여 SPECT는 병변부위는 물론 병변주위의 허혈 반영부(ischemic penumbra) 및 병변부위와 기능적으로 연관되는 부위까지 저관류 부위로 나타나기 때문에 훨씬 광범위하며, 뇌의 형태학적 변화를 일으키지 않아 CT나 MRI에서 정상으로 나오는 저관류부위 역시 병변으로 나타나기 때문이다<sup>1)</sup>. 외상후 처음 시행한 CT나 MRI에서 정상이나 SPECT에서 뇌혈류의 감소를 보였던 환자에서 다시 SPECT를 시행한 경우 병변의 영역이 증가되는 경우가 있는데, 이와같은 병변은 다시 시행한 CT나 MRI에서 뇌연화증(encephalomalacia)로 나타나며 이는 환자의 예후 결정에 매우 중요한 의의를 갖는다.

외상환자에서 SPECT와 CT를 비교한 초기연구에서는 SPECT가 CT에서 보였던 국소적인 그리고 미만성 병변의 73%를 발견한 것으로 나타났다<sup>8)</sup>. 이는 SPECT가 scanner의 공간 분해능 안에서 종괴 효과를 나타내야만 발견될수 있기 때문에 뇌지주막하 출혈이나 매우 작은 경막하 혈종들은 잘 나타나지 않기 때문이다. 본 연구에서 MRI는 CT와 비교하여 병변을

검출하는 능력과 병변의 경계를 구분하는데 훨씬 우수함을 보였다. 이는 MRI가 여러 단면에서 병변을 관찰할수 있어 좀더 정확한 해부학적 위치를 나타내주고 종괴병변뿐 아니라 T2 강조 영상에서 뇌실질내 고신호 강도를 보여줌으로써 작은 뇌좌상이나 미만성 축삭손상(diffuse axonal injury)등의 검출능력이 뛰어나기 때문이다. 다른 연구에서 MRI는 특히 아급성기 동안에 CT에 비해 더욱더 우월하다고 보고된바있다<sup>4,11)</sup>.

외상성 뇌손상후 만성기의 환자에서 CT, MRI와 SPECT를 비교한 연구에서 SPECT는 공간분해능이 CT나 MRI에 비하여 떨어짐에도 불구하고 병변의 검출 능력에서 CT와MRI에 비해 우수함을 나타냈다<sup>3,13)</sup>. 특히 경한 뇌손상의 환자에서 SPECT의 우수성이 더욱 나타났는데 이는 HMPAO SPECT가 형태학적으로 정상인 뇌조직의 뇌관류장애를 검출할수 있기 때문이고 이는 구조적인 변화와 기능적 변화사이에 의미있는 불일치가 있음을 나타낸다.

본 연구에서는 SPECT의 위와같은 장점에도 불구하고 MRI의 T2강조영상에서 작은 고신호 강도로 보였던 작은 뇌좌상이나 뇌백질내 경로를 따라 생긴 미만성 축삭 손상을 발견하기 어려웠는데 이는 MRI에 비해 상대적 공간 분해능이 떨어진 SPECT가 국소 뇌혈류의 상대적 비교만 할뿐 절대적 수치에 의해 이상 소견을 나타내지 않기 때문으로 생각된다. 따라서 절

대적인 국소 뇌혈류를 측정하려는 노력이 필요하며 이와같은 노력은 제한된 범위내에서 성공을 이루어왔다<sup>6)</sup>. 하지만 외상성 뇌 손상 환자에서 뇌조직의 어느 부위를 최상의 기준으로 설정할 것인가는 많은 어려움이 따르고 특히 손상된 부위가 광범위한 경우에는 더욱 그러하다<sup>9)</sup>. 뇌실 확장을 동반한 환자에서는 시상이나 뇌백질과 같은 뇌피질하 구조물의 국소 뇌혈류를 분석하는데 있어 SPECT의 공간분해능을 더욱 어렵게하는데 이는 뇌척수액을 포함한 확장된 뇌실로부터의 부분 부피 평균효과(partial volume averaging effect)때문이다<sup>3)</sup>. 따라서 뇌손상 환자에서 SPECT의 병변 검출 능력을 높이기위해 국소 뇌혈류값에 대한 객관적인 정량화 작업이 필요할것으로 생각한다. 또한 본 연구에서는 시행되지 않았지만 전두엽이나 측두엽에 생긴 국소적인 뇌좌상 병변을 평가하는데 있어 AP perfusion ratio(APR)의 측정은 도움을 줄 수 있을 것으로 생각한다. 외상성 뇌손상에서 CT는 MRI나 SPECT에 비해 쉽게 빠른 시간내에 시행할수 있다는 장점이 있으나 크기가 작은 병변은 놓칠수 있고 뇌간 주위의 병변은 주위 뼈로 인한 인공음영때문에 가려지는 경우가 많다. 이에 비해 MRI는 CT에 비해 더 작은 병변도 나타낼수 있고 횡단영상, 관상영상, 시상영상 등을 얻을수 있어 정확한 병변의 위치를 알수 있게 하여 더 나은 병변의 발견을 가능하게하나 CT와 마찬가지로 형태학적 변화를 나타낼뿐 기능적인면은 나타내지 못한다. SPECT는 MRI와 비교하여 낮은 공간 해상력을 보이나 뇌의 기능적인면을 볼수있고 CT나 MRI에서 구조적 변화를 일으키지않는 병변도 나타낼수 있으므로 뇌 손상 환자에서 CT나 MRI와 상호 보완적인 기능을 할수 있을 것으로 생각한다.

## REFERENCES

- 1) 고창순 편저: 핵의학. 218-231, 고려의학 1992
- 2) Oblist WD, Langfitt TW, Jaggi JE, Cruz J, Gennarelli TA: Cerebral blood flow and metabolism in comatose patients with acute head injury. *J Neurosurg* 61:241-253, 1984
- 3) Masanori Ichise, Dae-Gyun Chung, Paul Wang, et al: Technetium-99m-HMPAO SPECT, CT and MRI in the evaluation of patients with chronic traumatic brain injury: A correlation with neuropsychologic performance. *J Nucl Med* 35: 217-226, 1994
- 4) Gentry LR, Godersky JC, Thompson B: MRI of head trauma: Review of the distribution and radiopathologic features of traumatic lesions. *AJR* 150:663-672, 1988
- 5) Langfitt TW, Obrist WD, Alavi A, et al: Computerized tomography, magnetic resonance imaging, and positron emission tomography in the study of brain trauma, preliminary observations. *J Neurosurg* 64:760-767, 1986
- 6) Mounz JM: Quantification of the SPECT brain scan. In: Freeman LM, ed.: Nuclear medicine annual 1991. New York: Raven Press, Ltd. 67-98, 1991
- 7) Pfenninger EG, Reith A, Breitig D, Grunert A, Ahnefeld FW: Early changes of intracranial pressure, perfusion pressure, and blood flow after acute head injury. Part 1. An experimental study of the underlying pathophysiology. *J Neurosurg* 70:774-779, 1989
- 8) Abdel-Dayem HM, Sadek SA, Kouris K, et al.: Changes in cerebral perfusion after acute head injury: Comparison of CT with Tc99m-HMPAO SPECT. *Radiology* 165:221-226, 1987
- 9) Gray B, Ichise M, Chung D-G, Kirsh JC, Franks W: Tc99m HMPAO SPECT in the evaluation of patients with a remote history of traumatic head injury: A comparison with x-ray computed tomography. *J Nucl Med* 33:52-58, 1992
- 10) Nakano S, Kinoshita K, Jinnouchi S, Hoshi H, Watanabe K: Comparative study of regional cerebral blood flow images by SPECT using Xe-133, Iodine-123-IMP, and Technetium-99m-HMPAO. *J Nucl Med* 30:157-164, 1989
- 11) Gentry LR, Godersky JC, Thompson B, Dunn VD: Prospective comparative study of intermediate-field MR and CT in the evaluation of closed head trauma. *AJR* 150:673-682, 1988
- 12) Gray B, Ichise M, Chung D-G, Kirsh JC, Franks W: Technetium-99m-HMPAO SPECT in the evaluation of patients with a remote history of traumatic head injury: A comparison with x-ray computed tomography. *J Nucl Med* 33:52-58, 1992
- 13) Newton MR, Greenwood RJ, Britton KE, et al: A study comparing SPECT with CT and MRI after closed head injury. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 55:92-94, 1992