

두부외상후 만성 기질성 정신장애 환자에서 Tc-99m HMPAO Brain SPECT 분석

충남대학교 의과대학 내과학교실, 정신과학교실*

이강욱 · 이종진 · 송민호 · 강민희*
지익성* · 신영태 · 노홍규

= Abstract =

Tc-99m HMPAO Brain SPECT in Patients with Post-Traumatic Organic Mental Disorder

Kang Wook Lee, M.D., Jong Jin Lee, M.D., Min Ho Shong, M.D., Min Hee Kang, M.D.*
Ick Sung Ghi, M.D.*, Young Tai Shin, M.D. and Heung Kyu Ro, M.D.

Department of Internal Medicine and Psychiatry, College of Medicine,
Chungnam National University Hospital, Taejon, Korea*

It is well known that Tc-99m HMPAO brain SPECT can reflect the functional lesions better than X-ray computerized tomography(CT) and magnetic resonance imaging(MRI) in the cerebral disorders. In order to evaluate the clinical utilities of Tc-99m HMPAO brain SPECT in patients with post-traumatic chronic organic mental disorder(OMD), we included 28 patients diagnosed as OMD in department of psychiatry after traumatic head injury. And we compared the results of Tc-99m HMPAO SPECT with those of MRI, EEG and MINI mental status examination(MMSE).

The results were as follows

- 1) All patients diagnosed as OMD showed diffuse or focal decreased cerebral perfusion on Tc-99m HMPAO SPECT.
- 2) Most frequent lesion on brain Tc-99m HMPAO SPECT was decreased perfusion on both frontal lobe. And most frequent lesion on brain Tc-99m HMPAO SPECT showing normal brain MRI result was also decreased both frontal perfusion.
- 3) Eight of 28 patients showed focal brain MRI lesions(4 small frontal hygroma, 3 small cerebral infarction and 1 cerebellar encephalomalacia) which were not detected in brain Tc-99m HMPAO SPECT.
- 4) The patients showing less than 20 points on MMSE disclosed abnormal results of EEG more frequently than those disclosing more than 20 points.

In conclusion, we think that Tc-99m HMPAO brain SPECT is sensitive method to detect functional lesions of the brains in patients with chronic post-traumatic organic mental disorder.

Key Words: Tc-99m HMPAO brain SPECT, Organic mental disorder

*본 연구는 1994년도 충남대학교병원 임상연구비 보조를 받았음

서 론

두부외상 환자들에서 외상후 후유증의 평가에는 환자들의 심리검사 등에 의존하게 되어 주관적인 판단에 치우칠 경우가 많으며 특히 뇌 핵자기공명영상(magnetic resonance imaging, 이하 MRI) 나 X-레이 전산화단층촬영(X-ray computed tomography, 이하 CT)소견상 정상일 경우는 객관적 판단이 어려운 경우가 많다. 현재 두부외상후 나타나는 정신장애중 외상과 직접 관련이 있다고 인정되는 병변들로는 기질성 정신장애, 외상성 간질, 외상성 스트레스장애 등이 있으며 이러한 정신장애의 진단시 개개의 환자마다 나타나는 증세가 매우 다양하다. 또한 환자의 증상자체가 주관적이고, 관찰시점에 따라 증세가 다르게 나타날 수 있으며, 두부외상시 동반된 다른 여러 정신적 및 신체적 부상 등에 의하여 복합적으로 증세가 나타나게 되므로 정확한 진단이 매우 어렵다^{1,2)}.

최근 통상적인 SPECT용 감마카메라에 이용이 쉽고 뇌혈류 분포를 잘 반영한다고 알려진 Tc-99m HMPAO 뇌 SPECT검사^{3,4)}는 뇌혈관질환, 간질 두부외상후 또는 각종 정신성질환에서 CT나 MRI상 해부학적인 특이소견이 없는 경우에도 국소 또는 미만성의 뇌혈류 분포의 변화를 감지할 수 있다고 한다^{5,6)}. 국내에서도 두부외상후 Tc-99m HAPAO 뇌혈류 SPECT 검사에 대한 몇몇 연구들⁷⁻⁹⁾이 있지만 대부분 외상후 급성기에 SPECT 검사를 시행했으며 외상후 상당기간이 지난 후까지 만성적인 기질성 정신장애 환자들에 대한 문헌은 별로 없다. 이에 연구자들은 이러한 환자들에서 Tc-99m HMPAO brain SPECT의 임상적 유용성을 알아보고자 교통사고 및 추락 등에 의한 두부외상후 최소 6개월 이상 지속적인 여러 정신적 장애를 호소하여 충남대학교병원 정신과에서 기질성 장신장애로 진단 받은 28명을 대상으로 Tc-99m HMPAO brain SPECT를 시행하고 정신감정결과, CT 및 MRI 결과를 비교하였다.

대상 및 방법

1991년 9월부터 1994년 3월까지 두부외상후 지속적인 정신장애를 호소하여 충남대학교병원 정신과에서

기질성 정신장애로 진단받고 추적중인 환자 28명을 대상으로 하였다. 대상 환자들의 연령은 8세부터 74세까지 분포하였으며 평균 32세이었다. 남, 여비는 1.8 : 1로 남자가 많았다. 두부외상의 원인으로는 대상환자 28명중 26명(93%)으로 대부분이 교통사고였으며 추락사고에 의한 두부외상 환자가 2명(7%)이었다.

대상환자들의 두부외상에 의한 병변으로는 단순한 뇌좌상이 12예로 가장 많았고 외상성 경막하 출혈, 지주막하 출혈, 두개골 함몰골절 순이었으며 여러 병변들이 복합된 환자들이 많았다. 이들중 7명에서는 외상 직후 신경외과에서 개두술을 시행받은 병력이 있었다 (Table 1).

대상환자들의 정신증상은 두통, 기억력 감퇴, 지남력 장애, 정서불안, 감정조절장애등이 많았으며 정신과에서 인식기능 검사방법으로는 소인식기능검사¹⁰⁻¹²⁾ (MINI mental status examination, 이하 MMSE)를 시행하였다.

대상환자 28명에서 총 30회 뇌혈류 SPECT 검사를 시행했으며 SPECT 방법으로는 안정 상태에서 Tc-

Table 1. Diagnosis and Causes of Head Injury in Patients with Organic Mental Disorder

	No. of Patients(%)
Traffic accident*	26(93)
Contusion	12
SDH	7
SAH	6
ICH	6
Depressed skull Fx.	4
etc.	3
Fall down injury	2(7)
Contusion	2
Total	28(100)

*Patients treated with operation: 7(25%)

SDH : Subdural hemorrhage

SAH : Subarachnoid hemorrhage

ICH : Intracranial hemorrhage

Table 2. Results of Brain SPECT, MRI, and EEG in Patients with OMD

	SPECT	MRI	EEG
No. of total pt.	28	28	18
No. of abnormal pt.	28	16	6
Percent of abnormal pt.	100	57	33

99m HMPAO 20mCi를 정맥주사하고 약 1시간후 Picker사의 single head gamma camera를 이용하여 통상적인 방법으로 촬영하여 PCS PLUS II computer를 이용하여 안와외이공선(orbitomeatal line)을 기준으로 횡단면, 관상단면, 및 시상단면 영상들을 재구성하여 판독하였다. 뇌혈류 SPECT 영상 판독시 대조군으로는 건강한 성인 6명으로 같은 방법으로 SPECT 촬영후 영상을 재구성하여 환자군과 비교하였다. 대상환자 28명에서 두부의상후 뇌 SPECT를 시행하기까지의 기간은 6개월에서 85개월(평균 23.4±19.1개월)로 대부분 환자들이 두부의상후 1년이상 경과후에 뇌 SPECT를 시행하였다. 또한 대상환자 28명 모두 뇌혈류 SPECT 검사 2개월 전 후에 뇌핵자기공명영상을 촬영하였으며 18명은 비슷한 시기에 통상적인 뇌파검사(electroencephalogram, EEG)를 함께 시행하였다. 대상환자중 2명은 각각 12개월 및 18개월 후 뇌혈류 SPECT 검사를 재차 시행하였다.

저자들은 환자들의 Tc-99m HMPAO 뇌 SPECT 영상과 핵자기공명 영상 결과를 뇌의 부위를 전두엽, 두정엽, 측두엽, 후두엽, 기저핵, 시상, 소뇌등 7개의 부위로 구분하여 비교하였다.

결 과

대상환자 전원이 뇌혈류 SPECT상 미만성 또는 국

Table 3. Distribution of the Brain Lesions on SPECT and MRI Scan in Patients with OMD

Lesion site	SPECT		MRI	
	No. of Patient	No. of Patient	No. of Patient	No. of Patient
Frontal lobe		24		12
Bilateral	19		8	
Parietal lobe		17		8
Bilateral	5			
Temporal lobe		15		7
Bilateral	5		4	
Occipital lobe		0		2
Basal ganglia		7		2
Thalamus		3		1
Cerebellum		2		2
Total		68		34

소적 관류저하 부위를 나타냈으며, 대상환자중 10명(36%)은 뇌 MRI 소견상 정상 소견을 나타냈다. 대상환자 28명중 EEG 검사를 시행한 환자는 18명이었으며 이중 6명(67%)은 정상이었다(Table 2). 그러나 대상환자중 국소적 혈류증가를 보이는 경우는 관찰되지 않았다.

뇌혈류 SPECT 검사상 혈류감소 병변부위는 전두엽이 대상환자 28명중 24예(86%)로 가장 많았으며 두정엽 17명, 측두엽 15명, 기저핵 7명, 시상 3명 소뇌 2명등의 순이었으며 후두엽에 병변을 보인 환자는 없었다. 두정엽에 뇌혈류감소 소견을 보인 환자 24명중 19명(79%)은 양측성 병변이었으며 두정엽에 혈류감소 병변을 보인 17명중 양측성 병변을 보인 경우는 5명(29%)이었다. 측두엽에 병변을 보인 15명중

Table 4. Brain Lesions on MRI Studies in Patients with OMD

Lesions	No. of Patients
Encephalomalacia	9
Frontal lobe	6
Temporal lobe	4
Parietal lobe	3
Cerebellum	1
Atrophy	6
Hydrocephalus	5
Hygroma	4
Infarction	4
Loss of tissue by operation	3
Others	3

Table 5. Distribution of Tc-99m HMPAO Brain SPECT lesions in Patients(n=12) Showing Normal MRI results

Lesions	No. of Patients(%)
Frontal lobe	11(92)
Bilateral	10
Parietal lobe	6(50)
Bilateral	3
Temporal lobe	6(50)
Bilateral	5
Occipital lobe	0(0)
Basal ganglia	2(17)
Thalamus	0(0)
Cerebellum	0(0)

Table 6. Brain Lesions on MRI in Patients Showing Normal Tc-99m HMPAO Brain SPECT(N=8)

MRI Lesions	No. of Patients(%)
Frontal fluid collection	4 (50)
Small Infarction	3 (38)
Cerebellar encephalomalacia	1 (12)
Total	8 (100)

Table 7. Results of MMSE in Patients with OMD (Comparison between MRI and EEG Results)

MMSE	<20(N=12) No. of Pt(%)	≥20(N=15) No. of Pt(%)
Abnormal MRI	8 (67)	7 (47)
Abnormal EEG	6 (50)	0(0)

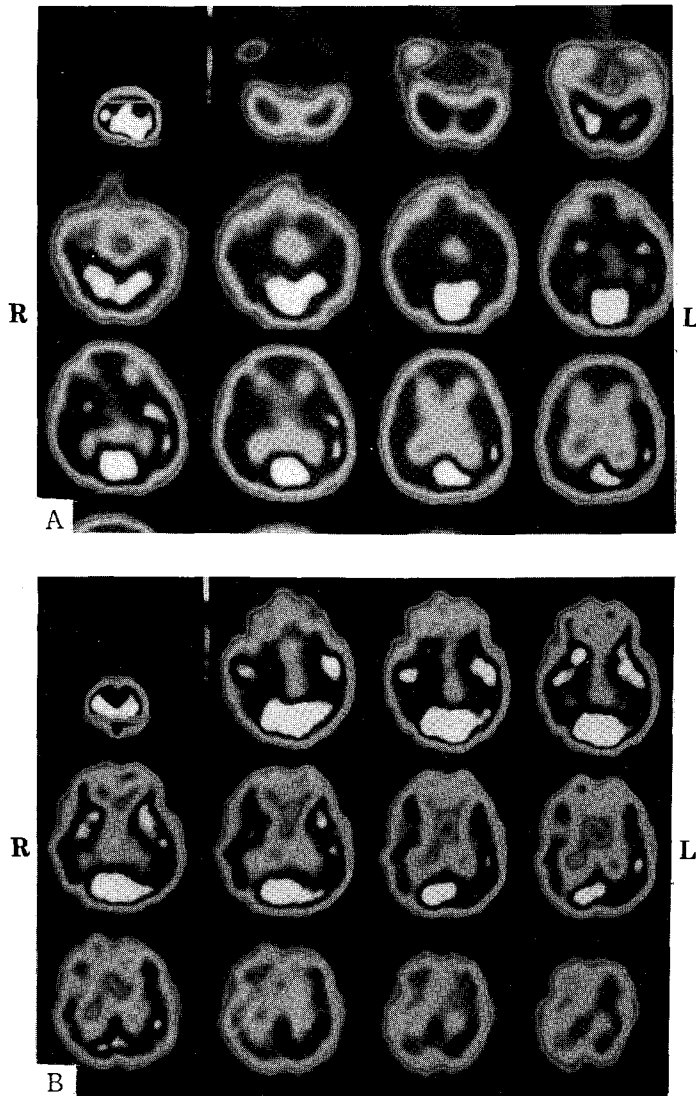


Fig. 1. Tc-99m HMPAO brain SPECT in normal control and patients with organic mental disorder(transverse view), A-Normal, B-Patients with OMD: diffuse decreased perfusion on both frontal lobe is noted. MRI finding was normal.

5명(33%)에서도 양측성으로 뇌혈류 감소소견을 나타내었다. 뇌 MRI 검사상 전두엽에 이상소견을 보인 환자는 12명(43%)으로 가장 많았으며 다음 두정엽, 측두엽, 후두엽 순이었다. 뇌 MRI 검사상 이상소견을 보인 12명중 8명(67%)이 양측성 병변을 보였으며 측두엽에 이상소견을 보였던 7명중 4명(57%)에서 양측성 병변을 나타내었다(Table 3). 뇌 MRI 검사상 병변은 뇌 연화증(encephalomalacia)이 9명으로 가장 많았으며 이들중 전두엽에 병변이 있었던 환자가 6명(67%)으로 7개 뇌부위중 가장 많았고, 측두엽 4명, 두정엽 3명, 소뇌 1명 순이었다. 또한 뇌 회백질 위축이 6명, 수두증, 5명, 히그로마(hygroma) 및 국소경색이 각각 4명씩이었으며 수술에 의한 뇌조직결손이 3예에서 관찰되었다(Table 4).

뇌혈류 SPECT 검사상 국소적 뇌혈류 감소소견을 보이나 MRI 검사에서는 정상소견을 보였던 환자는 대상환자 28명중 12명(43%)으로 이중 전두엽에 뇌혈류 감소소견을 보인 경우가 11명(92%)로 가장 많았고 두정엽 및 측두엽 병변이 각가 6명, 그리고 기저핵의 혈류감소 소견이 2명에서 관찰되었다. 전두엽에 뇌혈류 감소소견을 보인 11명중 10명(91%)은 양측성 혈류감소 소견이었으며, 측두엽에 양측성 병변을 보인 환자는 5명, 두정엽에 양측성 병변을 보인 환자는 3명이었다(Table 5). 뇌 MRI 소견상 국소적 병변 부위를 보이나 해당부위에 뇌혈류 SPECT 검사상 병변을 발견할수 없었던 경우는 모두 8명의 환자에서 있었으며 뇌 MRI상 병변으로는 전두엽 부위에 작은 히그로마(hygroma)가 있었던 경우가 4명, 뇌에 작은 경색성 병변을 보였던 경우가 3명, 그리고 소뇌에 뇌연화증 소견을 나타냈던 경우 1명이었다(Table 6).

MMSE 검사를 시행했던 환자 27명중 뇌 MRI 및 EEG 검사결과와의 비교에서 MMSE 검사상 27점 만점중 20점 미만의 심한 정신장애를 보인 환자는 12명(60%)이었으며 이중 8명이 뇌 MRI 검사상 이상소견(67%)을 나타냈으며, 6명은 EEG상 이상 소견을 나타내었다. MMSE 검사상 20점 이상소견을 보인 환자 15명중 MRI 상 뇌에 이상소견을 보인 환자는 7명(47%)이었으며, 이들중 EEG 상 이상소견을 보인 환자는 없었다. 첫 뇌혈류 SPECT 검사후 12개월 및 19개월째 추적 뇌혈류 SPECT 검사를 재차 시행한 2명의 환자에서 뇌혈류 감소병변의 현저한 변화는 관찰

되지 않았다.

고 안

두부외상후 나타나는 정신장애는 기전이 매우 다양하며 증상자체가 주관적이고 객관적 판단이 어려운 경우가 많다¹⁾. 또한 두부외상이 교통사고 등 가해자와 피해자가 있을 경우에 보상 문제도 이에 관련되기 때문에 더욱 정확한 판단이 요구되고 있다^{1,2)}. 두부외상시 뇌의 손상은 두개골에 비하여 뇌실질이 연성이기 때문에 충격이 가해질 경우 두개골의 함몰골절 등의 손상이 없이도 축상손상(axonal injury)이 나타날 수 있으며 진단력이 더욱 심하게 가해지면 회백질 경계부위에 신경섬유 손상과 함께 미세혈류 변화가 일어난다고 한다^{13,14)}. 그러나 이러한 변화가 CT나 MRI에서 이상소견을 나타내기 위하여는 해상도에 상응하는 크기의 해부학적 병변이 있어야 한다. 또한 뇌내의 해부학적 변화의 크기는 반드시 기능상의 변화의 정도와 절대적인 일치하지는 않는다. Tc-99m HMPAO 뇌혈류 SPECT는 정맥주사시 뇌순환에서 뇌조직내로의 흡수도가 높고 절대 뇌혈류량의 평가가 어렵지만 뇌혈류량에 비례하여 흡수정도가 변화하기 때문에 상대적 뇌혈류 분포의 변화를 평가할 수 있다^{3,13)}. 이러한 Tc-99m HMPAO 뇌혈류 SPECT 검사는 뇌혈관계질환, 간질, 치매, 정신장애 등에서 많은 연구가 있었으며 CT나 MRI 상에서 해부학적 변화가 없는 경우에도 뇌혈류 분포의 이상을 찾을 수 있는 방법으로 이용될 수 있다고 한다^{3,5,6,15-19)}. 두부외상후 급성기에는 국소적으로 뇌혈류가 증가되는 병변이 나타날 수 있지만 만성기에서는 Tc-99m HMPAO SPECT 상 나타나는 변화는 모두 뇌혈류 감소 소견을 보인다고 한다^{8,14)}. 이러한 뇌혈류 변화가 나타나게 되는 기전으로는 뇌실질에 진단력 등 충격에 의하여 신경섬유등에 미세변화가 오고 인접한 혈관에도 직접 또는 2차적으로 변화가 동반되어 국소적 뇌혈류 변화가 나타날 것으로 추정된다^{13,20-23)}. 이러한 변화는 해부학적인 변화보다는 기능적인 변화로 뇌 X-선 컴퓨터단층촬영보다는 Tc-99m HMPAO SPECT 검사가 이를 잘 반영하기 때문에 좋다고 한다^{5,13,23)}.

본 연구에서는 대상환자들이 두부외상후 평균 23.4개월 경과된 환자들로 장기간 두통, 기억력장애, 불면

증, 지능감소, 성격변화, 감정조절장애 등 정신장애 증상을 호소하였다. 이러한 정신증상들은 몇가지 증상들이 복합되어 있거나 관찰시점에 따라 일정하지 않은 경향이 있었다. 저자들은 이러한 만성 두부외상 후유증 환자들에서 Tc-99m HMPAO SPECT와 CT 및 MRI 소견 그리고 EEG 소견과의 비교를 통하여 Tc-99m HMPAO SPECT의 임상적 유용성을 평가하고자 하였다. 소인식기능검사 MMSE는 Folstein등이 개발한 인식기능 검사방법으로 많은 전문적 지식이나 기술이 없이도 언제 어디서나 환자의 인식기능상태를 5-10분안에 간략하게 검사할 수 있는 방법으로 널리 이용되고 있으며^{10,11)} 뇌 병변이 있는 경우에 뇌 CT 검사나 EEG 검사결과와 소인식기능 검사상 총점점과 높은 일치율을 보여 기질성 정신장애 진단에 있어서 인식기능 평가에 매우 유용하다고 한다¹²⁾. 본 연구에서 대상환자 모두에서 Tc-99m HMPAO SPECT 상 국소 또는 미만성 뇌혈류 감소소견을 보여 정 등⁷⁾의 결과와 일치하고 있다. MRI 상 이상소견을 보인 경우는 57%에 불과하였으며 EEG 상에 이상소견을 보인 경우는 33%로 Tc-99m HMPAO SPECT가 가장 예민하게 뇌의 이상을 반영하였다. Tc-99m HMPAO SPECT상 가장 많은 국소뇌혈류 이상부위는 전두엽의 양측성 혈류감소 소견이었다. Tc-99m HMPAO SPECT상 정상이나 뇌 MRI 소견은 국소적 이상을 보인 경우는 모두 8예에서 있었는데 전두엽의 작은 허그로마 4예, 작은 뇌경색 3예, 그리고 소뇌의 국소적 뇌 연화증이 1예 이었다. 아마도 이는 기능적 병변부위가 Tc-99m HMPAO SPECT에 나타나지 않을 정도로 작거나 소뇌의 경우 후두엽을 포함하여 주변조직의 Tc-99m HMPAO 섭취가 너무 강하여 발견하기 어려웠을 것으로 생각된다. 또한 뇌 MRI 검사에서는 국소적 이상소견이 없지만 Tc-99m HMPAO SPECT 상에서는 이상소견을 보인 병변부위도 전두엽의 양측성 혈류감소가 10예로 가장 많았다. 이는 아마도 해부학적인 병변보다는 정신장애에 의해 나타나는 기능성 병변으로 우울증이나 정신분열증등 정신질환에서 나타나는 병변과도 관련이 있을 것으로 추측된다^{4-6, 18, 20, 23)}. 본 연구에서 2명의 환자에서는 두부외상후 급성기 및 1년 이상 경과 후 등 추적 Tc-99m HMPAO SPECT를 비교하였는데 모두 뚜렷한 뇌혈류의 변화는 관찰되지 않았다. 그러나 이 등⁸⁾의 보고에 의하면 상당수가

추적검사시 급성기에 비하여 뇌혈류 이상부위가 회복되는 경향을 나타냈다고 하였다. 본 연구에서는 추적대상이 적어 이를 정확하게 평가할 수는 없었다. 또한 Roper¹⁴⁾ 및 이⁸⁾ 등은 두부외상후 급성기에 뇌혈류가 국소적으로 증가되는 경우도 있다고 하였으나 본 연구에서는 두부외상후 최소 6개월이상이 경과된 환자를 대상으로 하였으며 국소적 뇌혈류 증가소견은 관찰할 수 없었고 소뇌의 교차성 해리도 관찰할 수 없었다. 두부외상환자에서 국소뇌혈류 변화와 예후와의 관계는 명확하지 않지만 Miller²²⁾ 등은 두부외상후 나타나는 뇌허혈이 이차적인 뇌손상의 주요 원인이라고 하였으며, Overgaard 등²¹⁾에 의하면 혈류감소 영역이 넓을수록, 여러 구역에 뇌혈류 감소가 있을 경우, 전두엽 및 측두엽에 뇌혈류 감소가 있을때 예후가 나쁘다고 하였다. 본 연구에서 대상환자들의 Tc-99m HMPAO brain SPECT상 국소 뇌혈류 감소부위는 두부외상 당시의 손상과 함께 기질적 정신장애에 의해 동반되는 이차적인 변화도 고려해야 할 것으로 생각된다. 본 연구에서는 환자들의 증상들이 다양하게 복합적되어 있었고, 시점에 따라 변화되고, 일부에서는 안정제등 약제를 복용하고 때문에 Tc-99m HMPAO brain SPECT상 국소 혈류감소 부위와 환자의 자각 증상이나 증상의 정도와는 비교하지 못하였다. 그러나 본 연구에서 저자들은 Tc-99m HMPAO 뇌혈류 SPECT가 두부외상후 만성 기질적 정신장애 환자 모두에서 이상소견을 보여주기 때문에 대단히 예민한 검사방법임을 알 수 있었으며 각 증상이나 증상의 정도에 따라 병변의 특성을 이해하기 위하여는 향후 약물치료나 증세의 변화에 따른 추적 Tc-99m HMPAO brain SPECT 검사에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

두부외상후 후유증으로 기질적 정신장애를 호소하는 환자들에서 Tc-99m HMPAO 뇌혈류 SPECT 검사의 임상적 유용성을 알아보고자 교통사고 및 추락 등에 의한 두부외상후 평균 23개월이 경과되고, 지속적인 여러 정신적 장애를 호소하여 1991년 9월부터 1994년 3월까지 충남대학교병원에서 기질성 정신장애로 진단받고 Tc-99m HMPAO brain SPECT 검사를

시행한 29명의 환자들을 대상으로 본 연구를 수행하였다. 정신감정결과, CT 및 MRI 결과와 Tc-99m HMPAO brain SPECT 결과를 비교하여 다음과 같은 성적을 얻었다.

1) 두부외상후 기질적 정신장애로 진단된 환자 모두가 Tc-99m HMPAO 뇌혈류 SPECT상 이상소견을 보였으며 MRI상에서는 57%, EEG검사에서는 33%만이 이상소견을 나타냈다.

2) 대상환자 28명중 중 SPECT상 가장 많은 병변은 양측 전두엽 혈류감소 소견(68%)이었으며 MRI 검사에서도 전두엽에 병변(43%)을 보이는 경우가 가장 많았다.

3) MRI 검사상 병변부위에 SPECT상 정상 소견을 보였던 병변은 8예(22%)로 전두엽의 수혈액낭종(hygroma) 4예, 작은 뇌경색부위 3예, 및 소뇌의 뇌연화증 1예 이었다.

4) MRI 검사가 정상인 환자 12명중 SPECT상 가장 많은 뇌내 병변은 양측 전두엽의 혈류감소(92%) 소견이었다.

5) MMSE 검사상 20점 미만인 환자들에서 20점 이상인 환자군보다 EEG 또는 MRI상 이상소견을 보인 경우가 많았다.

이상의 결과로 저자들은 기질성 정신장애 환자에서 Tc-99m HMPAO 뇌혈류 SPECT는 MRI나 EEG보다 매우 예민한 검사방법으로 생각하였다.

REFERENCES

- 1) 김광일 : 장해감정의 실제적 문제들 신경정신의학회지 32:135-148, 1993
- 2) 김광일 : 현행 신체장해 판정방법에 관한 검토-신경정신과 분야 한국배상의학논문집 1:74-78, 1992
- 3) Leonard JP, Nowotnik DP, Neirinckx RD: *Technetium-99m-d, 1-HMPAO: A new radiopharmaceutical for imaging brain perfusion using SPECT-A comparison with Iodine-123 HIPDM* J Nucl Med 27:1819-1823, 1986
- 4) Devous MD Sr, Paulman RG, Raese JD: *SPECT regional cerebral blood flow measurement correlate with neuropsychological dysfunction in schizophrenic patients* J Nucl Med 28:698-704, 1987
- 5) 김상은, 이명철 : 뇌 단일광자방출전산화단층촬영 - 정신질환 핵의학, 고창순 편저 : 235-242, 고려의학, 1991
- 6) Bolwig TG: *Regional cerebral blood flow in affective disorder* Acta psychiatr Scand 371:48-53, 1993
- 7) 정진일, 정태섭, 서정호, 김동익, 이종두, 박창윤, 김영수 : 만성두부외상환자에서 ^{99m}Tc HMPAO Brain SPECT의 임상적 유용성 대한핵의학회지 26:26-32, 1992
- 8) 이경환, 김철희, 장하성 : 두부외상 환자에서 HMPAO-SPECT를 이용한 국소 뇌혈류 변화의 평가 대한핵의학회지 26:235-243, 1992
- 9) 이석호, 김진석, 문희승, 이승구, 김소연, 김영중, 박병익, 이권진, 김갑득, 김호정, 조경형, 실현욱 : 경미한 급성 두부외상환자에서 SPECT, q-EEG 및 CT와의 비교 대한핵의학회지 27:165-169, 1993
- 10) Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR: "Mini-mental state": A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. J Psychiatr Res 12:189-196, 1975
- 11) 고문경, 신석철 : 정신분열증과 기질성 뇌증후군 환자간의 비교연구-반응시간과 소인식 기능 검사에 관하여 신경정신의학 22:384-394, 1982
- 12) Tsai L, Tsuang MT: *The mini-mental state test and computerized tomography* Am J Psychiatry 136:436-442, 1979
- 13) Abdel-Dayem HM, Sadek SA, Kouris K: *Changes in cerebral blood perfusion after acute head injury: Comparison of CT with 99mTc-HMPAO SPECT* Radiology 165:221-226, 1987
- 14) Roper SN, Mena I, King WA, Schweitzer J, Garrett K, Mehlinger CM, McBride D: *An analysis of cerebral blood flow in acute closed-head injury using technetium-99m-HMPAO SPECT and computerized tomography* J Nucl Med 32:1684-1687, 1991
- 15) 이명혜, 이명철, 고창순, 노재규, 우종인 : 알츠하이머형의 노인성 치매에서 ^{99m}Tc-HMPAO 뇌 SPECT를 이용한 뇌혈류분포의 분석 대한핵의학회지 22:147-156, 1988
- 16) Harvey AS, Hopkins IJ, Bowe JM, Cook DJ, Shield LK, Berkovic SF: *Frontal lobe epilepsy: Clinical seizure characteristics and localization with ictal ^{99m}Tc-HMPAO SPECT* Neurology 43:1966-1980, 1993
- 17) Pupi A, De Cristofaro MTR, Bacciottini L, Antoniucci D, Formiconi AR, Maschalchi M, MedidolesiU: *An analysis of the arterial input curve of technetium-99m-HMPAO: Quantification of rCBF using single-photon emission computer-*

- ized tomography J Nucl Med 32:1501-1506, 1991*
- 18) Bonte FJ, Tintner R, Weiner MF, Bigio EH, White CL III: *Brain blood flow in the dementias: SPECT with histopathologic correlation Radiology 186:361-365, 1993*
- 19) Nicolas JM, Catafau AM, Estruch R, Lomena FJ, Salamero M, Herranz R, Monforte R, Cardenal C, Urbano-Marquez A: *Regional cerebral blood flow-SPECT in chronic alcoholism: Relation to neuropsychological testing J Nucl Med 34:1452-1459, 1993*
- 20) Alavi A, Hirsch LJ: *Studies of central nervous system disorders with single photon computed tomography and positron emission tomography Semin Nucl Med 21:58-74, 1991*
- 21) Overgaard J, Mosdal C, Tweec WA: *Cerebral circulation after head injury, Part 4: Functional anatomy and boundary-zone flow deprivation in the first week of traumatic coma. J Neurosurg 59:439-446, 1983*
- 22) Miller JD: *Head injury and brain ischemia-implications for therapy Br J Anaesth 57:120-129, 1985*
- 23) Choksey MS, Costa DC, Iannotti F, Ell PJ, Crockard HA: *^{99m}Tc-HMPAO SPECT studies in traumatic intracerebral haematoma J Neurology, neurosurgery and psychiatry 54:6-11, 1991*
-