

두부외상 환자에서 HMPAO-SPECT를 이용한 국소 뇌혈류 변화의 평가

국군수도병원 핵의학과, 신경외과*

이 경 한·김 철 희·장 하 성*

= Abstract =

Speet Assessment of Regional Cerebral Perfusion Abnormality in Head Injury

Kyung Han Lee, M.D., Chul Hee Kim, M.D. and Ha Sung Chang, M.D.*

Department of Nuclear Medicine, and Neurosurgery*, Capital Armed Forces General Hospital, Seoul, Korea

Patterns of abnormality/in regional cerebral perfusion and its relation to clinical severity was evaluated with 32 head injury patients using ^{99m}Tc -HMPAO single photon emission tomography (SPECT). The findings were compared with computed tomography (CT) done within 48 hours of each SPECT study. The initial SPECT study was done within 7 days of injury in 16 cases, between 1 week and 2 months in 12, and after over 2 months in 4. Nineteen of the patients underwent followup SPECT and CT after a mean interval of 1 to 2 months.

The initial SPECT showed abnormalities in 96% (31/32) of the patients while CT showed abnormal findings in only 81% (26/32). There were a total of 54 supratentorial SPECT lesions in all. Ninety percent (49/54) of these were of regional hypoperfusion, while 5 lesions showed focal hyperperfusion. The lesions were most often localized in the frontal and temporal lobes. Fifty five percent (30/54) were areas not detected as a lesion on CT. Cerebellar diaschisis was observed in 50% (16/32) of the patients.

The degree of perfusion abnormality was quantified by the product of differential activity and a size factor. Correlation between the degree of perfusion abnormality and the clinical severity (Glasgow coma scale) failed to show statistical significance ($p=0.053$).

The amount of change in the degree of perfusion abnormality on follow up SPECT was compared to the amount of change in clinical severity. Perfusion abnormality showed a tendency to improve in most patients, and the degree of improvement showed significant correlation with the amount of clinical improvement ($p<0.01$).

서 론

두부외상은 신경외과에서 가장 중요한 질환 중의 하나이며 이때 뇌는 외상의 종류나 외상에 대한 반응 등의 요인의 영향하에 손상을 받는다. 심한 두부외상후에는 뇌혈류 장애가 흔히 동반되어 뇌의 허혈 또는 충혈을 일으

킬 수 있으며 이러한 뇌혈류의 변화와 그 임상적 의의에 대해 많은 관심이 집중되고 있다. 두부외상의 초기에는 뇌전반에 혈류감소 또는 과혈류가 생기는 것으로 밝혀져 있으나 아직 국소적인 혈류변화의 양상이나 환자의 예후와의 관계에 대해서는 완전히 알려지지 않고 있다. Miller¹⁾에 의하면 뇌허혈이 두부외상 후에 오는 2차적인 뇌손상의 가장 중요한 원인이며, 두부외상으로 사망

한 환자들의 뇌조직 소견에도 허혈성 뇌손상이 흔한 것으로 알려져 있다. 뇌의 국소 혈류는 또한 손상받은 뇌조직의 대사저하에 따라 2차적으로 감소할 수 있으며 두부외상에서 뇌대사의 저하 정도와 환자의 예후와의 관계에 대한 많은 관심이 집중되고 있다²⁻⁴⁾.

뇌혈류 변화에 대한 정보는 양전자방출단층촬영(positron emission tomography : 이하 PET로 약함)이나 단일 광자 단층촬영(single photon emission tomography : 이하 SPECT로 약함), 또는 ¹³³Xe study를 이용하여 측정할 수 있다.

PET를 이용하면 뇌의 국소혈류 외에도 당 또는 산소 대사율을 측정할 수 있으나 특수 장비가 필요하기 때문에 널리 이용하기 어렵고, ¹³³Xe을 이용한 연구가 있으나 이 검사 역시 특수장비가 필요한 점외에 영상에 부적합한 에너지치, 깊은 부위에 대한 평가의 어려움 등으로 국소 혈류변화의 측정에는 부적절하다. 근자에 ^{99m}Tc-HMPAO의 개발로 뇌혈관질환, 간질, 그리고 치매 등의 진단 및 평가에 뇌 SPECT가 널리 이용되어 그 유용성이 알려져 있으나, 아직 두부외상 환자의 뇌혈류 평가에 대한 뇌 SPECT연구보고는 많지 않다.

이에 저자들은 두부외상 환자에서 뇌 SPECT를 시행하여 국소 뇌혈류의 양상을 살펴보고 국소혈류의 장애 정도가 임상적인 경중도 혹은 환자의 예후 평가에 도움이 될 수 있는지를 조사하고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대상

연구대상은 국군수도병원에 입원한 중등도(moderate)내지 중증(severe)두부외상 환자 32명으로 하였다. 환자군은 외상을 받은날로부터 최초 SPECT 사이에 경과된 시간정도에 따라 분류되어 이중 7일 이내인 급성 두부외상 환자가 16례, 7일에서 2개월 사이인 아급성이 12례, 그리고 2개월 이상인 만성인 4례였다. 환자는 모두 남자였으며 연령은 21세에서 42세 사이로 평균연령은 24±3세였다.

환자군의 외상 원인으로는 교통사고가 78%(25/32)로 가장 많았으며 그외에 추락사고가 10%, 폭발물사고와 두부강타가 각각 6%였다. 입원당시의 진단은 뇌좌상(contusion)이 50%(16/32)로 가장 많았으며, 뇌내출혈(intracerebral hemorrhage)이 21%(7/32), 관통상

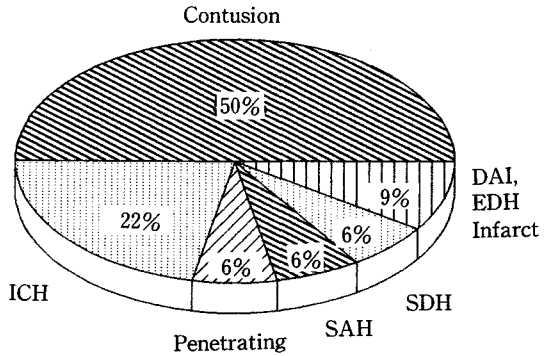


Fig. 1. Diagnosis of head injury patients on admission. ICH: intracerebral hemorrhage. SDH: Subdural hematoma. SAH: Subarachnoid hemorrhage. EDH: epidural hematoma. DAI: diffuse axonal injury.

(penetrating injury), 지주막하출혈(subarachnoid hemorrhage), 경막하혈종(subdural hematoma)이 각각 6%, 그리고 미만성 축상손상(diffuse axonal injury), 경막의 혈종(epidural hematoma), 뇌경색(cerebral infarct)이 각각 3%였다(Fig. 1).

2. 뇌 SPECT 방법

^{99m}Tc-HMPAO (Ceretek®) 20 mCi를 주사하고 30분 내지 2시간이 경과한 후에 환자를 양와위로 눕히고 환자의 orbitomeatal line이 카메라와 수직이 되도록 두부를 고정하여 촬영을 하였다. 환자의 협조가 어려운 경우에는 10 mg의 발리움(valium)을 서서히 정맥주사하여 안정시킨 후 실시하였다.

Rota 회전형 감마카메라(SIEMENS)와 microdelta 컴퓨터를 이용하여 360도에 걸쳐 매 6도 마다 총 64개의 투사상(projection view)를 취했으며 이때 자료는 각 방향에서 6만 계수씩 64×64행렬로 수록하였다. 컴퓨터에 수록된 자료를 역투사(backprojection)에 의해 재구성(reconstruction)하여 약 6.5 mm 두께의 횡단면(transverse), 관상단면(coronal), 그리고 시상단면(sagittal view)을 얻었다. 이때 Butterworth filter(Nyquist frequency 0.5, order 5)와 단면간 9 point smoothing을 시행하였다.

각 환자 SPECT의 육안판독은 3종류의 단면을 동시에 보면서 시행하였으며, 이때 좌우 비대칭의 국소병소

또는 미만성 혈류이상 유무를 평가하였다. 혈류이상 부위는 그 크기에 따라 다음과 같이 나누었다:

- 한엽 (lobe)의 1/4 이하: 작음 (small)
- 1/4~1/2: 중간크기 (medium)
- 1/2~1엽: 약간큼 (moderately large)
- 1~2엽: 큼 (large)
- 2엽이상: 미만성 (diffuse)

각 혈류이상 부위를 정량화 하기 위해 횡단면에서 병변을 포함하고 있는 연속된 3개의 단면을 합한후 병변부위에 관심영역을 그린 다음 좌우만 바껴 반대측 정상반구에 적용하여 각각의 계수를 구하였다. 두 관심영역 계수치의 비로부터 다음과 같이 각 병소의 혈류저하의 경중도를 나타내는 differential activity (DA)를 구하였다.

DA (differential activity)

$$= 1 - \frac{\text{병변 관심영역의 계수}}{\text{반대측 관심영역의 계수}}$$

병변의 크기를 반영시키기 위해 여기에 size factor을 곱하여 아래와 같이 환자의 뇌 혈류장애 정도에 대한 지표로 삼았으며, 이때 작은 병변은 1, 중간크기는 2, 약간 큰 병변은 3, 큰 병변은 4, 미만성 병변은 5의 size factor를 적용시켰다:

혈류장애 정도 (degree of hypoperfusion)

$$= \text{DA} \times \text{size factor}$$

추적 (follow up) SPECT는 총 19례에서 실시되었으

며 이중 12례는 급성, 나머지 7례는 아급성 환자였다. 급성환자는 최초 SPECT 검사일로부터 약 4주후에, 아급성 환자는 약 2개월 후에 추적 SPECT가 시행되었다. 모든 환자는 SPECT 결과와 비교하기 위해 SPECT 검사일로부터 3일을 전후하여 CT 검사를 시행하였다.

결 과

1. 최초 SPECT

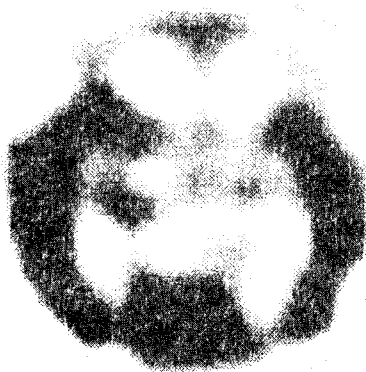
최초 SPECT에서 총 32례 중 31례 (96%)에서 이상소견이 관찰되었으나 CT에서는 26례 (81%)에서만 이상소견이 있었다. SPECT에만 이상소견이 나타나 경우는 6례 (18%)였으며 이중 1례는 급성, 2례는 아급성, 3례는 만성환자였다 (Table 1). CT에만 이상이 나타난 경우는 작은 출혈성 뇌좌상을 보인 환자 1례 (3%)였다. Fig.

Table 1. Number of Patients with Abnormal Initial CT or SPECT

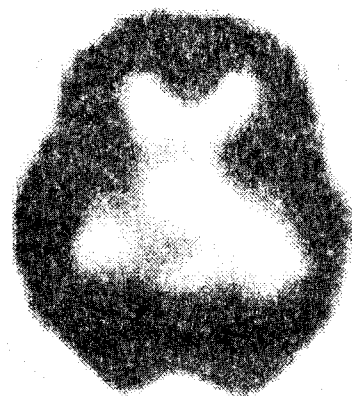
SPECT	CT Normal	CT Abnormal	Total
Normal	0	1#	1
Abnormal	6*	25	31
Total	6	26	32

* acute 1, subacute 2 chronic 3

small hemorrhagic contusion



a



b

Fig. 2. 23-year-old male at day 4 after a pedestrian car accident. The CT scan showed only a small amount of subdural fluid collection in the frontal region, but SPECT on the same day reveals significantly decreased perfusion in the bifrontal cortex (a). SPECT follow up on day 28 shows much improvement in perfusion (b).

2에는 CT상 나타나지 않은 SPECT 소견을 보여주고 있다.

SPECT에 이상소견을 보인 환자의 50%(16/32)에서는 소뇌의 혈류저하를 동반하고 있었으나 이중 소뇌경색 환자 1명을 제외하면 CT에 나타나거나 임상소견과 부합되는 경우는 없었다. 소뇌의 혈류저하의 위치는 대뇌 병변의 반대측인 경우가 9례, 동측이 5례, 양측인 경우가 2례였다.

SPECT에 나타난 모든 대뇌 병변의 총 수는 54개였다. 이 병변들의 대부분(91%)는 혈류저하 병변이었으며 9%(5/54)만이 혈류증가 병변이었다. 총 병변 중에서 55%(30/54)는 CT 병변이 나타난 부위에 위치하였다. 나머지 45%(24/54)는 CT 병변과 관계없는 부위에 위치하였다. CT 병변에 해당하는 부위의 혈류저하는 CT 병변보다 크기가 더 큰 경향을 보였으며 더 작은 병변은 1개 뿐이었다(Table 2).

SPECT에 나타난 대뇌 병변 위치의 분포는 Fig. 3과 같다. 국소 혈류이상의 호발부위는 전두엽, 측두엽, 두

정엽 순이었다.

미만성 저혈류를 보인 2례는 모두 CT에서는 병변이 관찰되지 않았는데 이중 1례는 임상적으로 미만성 축상 손상이, 1례는 뇌간손상이 의심된 환자였다. 국소혈류 증가 형태로 나타난 병변 5개중 하나를 제외하고는 CT에 나타나지 않았다. CT 병변이 나타나지 않은 위치의 혈류 저하부위는 환자의 진단명과는 상관없이 관찰되었다.

SPECT에 나타난 혈류장애의 정도에 대한 지표는 0.01에서 1.54 사이의 값을 보였다. 이 지표와 임상적인 경중도와의 관계를 살펴본 결과 Spearman의 상관계수 -0.35, p값 0.053으로 유의한 상관관계는 관찰되지 않았다(Fig. 4).

2. 추적 SPECT(Follow up SPECT)

추적 SPECT에서 국소혈류장애 병변은 CT 병변보다 대부분 많은 호전을 보였으며 CT 병변과 무관한 SPECT 병변도 시간경과에 따라 호전되거나 정상화되는 경향을 보였다. 추적 SPECT에서 주 병변의 혈류장애가 더 심해진 경우는 출혈성 뇌좌상 환자 2례 뿐이었으며 대부분에서는 혈류장애 지표가 시간경과에 따라 호전되는 경향을 보였다(Fig. 5).

추적 SPECT에서 주 병변의 혈류장애의 호전정도와 임상적인(Glasgow coma scale) 호전정도의 상관관계를 살펴본 결과 Spearman의 상관계수 0.68, p 값 0.01 이하로 유의한 상관관계가 관찰되었다(Fig. 6).

Table 2. Comparison of All Supratentorial SPECT Lesions with CT

SPECT lesion	CT findings of SPECT lesion			
	Not seen	Small	Equal size	Larger
↓ Perfusion	20	12	16	1
↑ Perfusion	4	1	0	0
Total	24	13	16	1

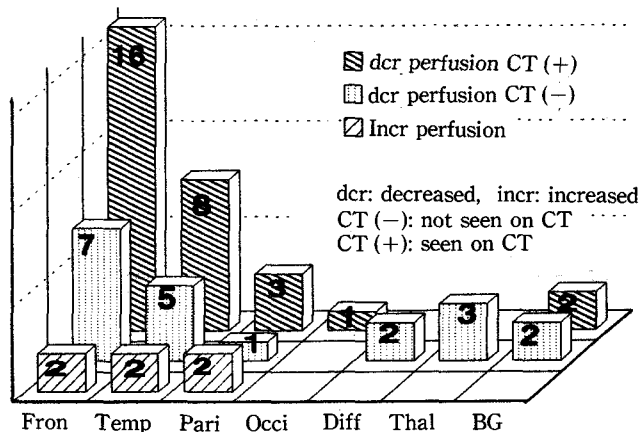


Fig. 3. Location of each supratentorial SPECT lesion.

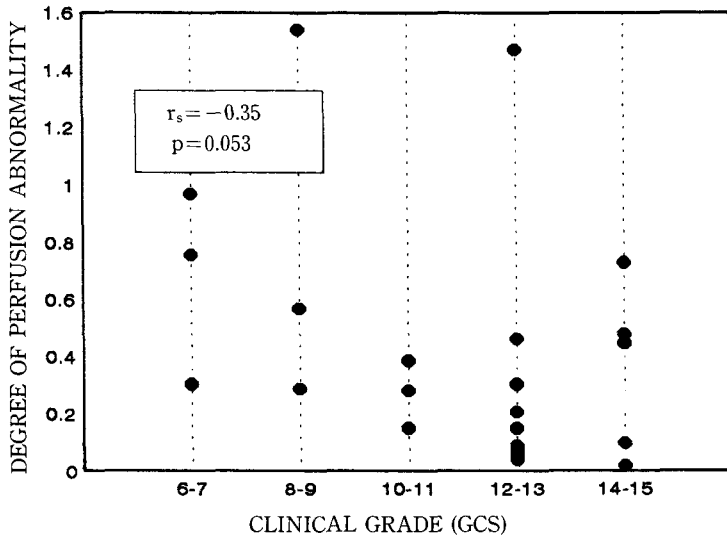


Fig. 4. Correlation between clinical severity and degree of perfusion abnormality on initial SPECT.

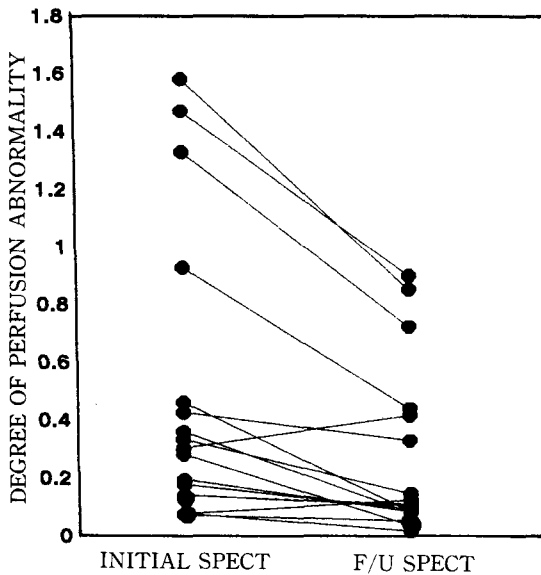


Fig. 5. Change in the degree of perfusion abnormality on follow up SPECT. Most cases showed some degree of improvement in perfusion of the main lesion.

고 안

두부의상때 뇌조직은 직접적인 충격, 흔들림(shak-

ing), 또는 관통의 형태로 손상을 받게 된다. 이때 뇌손상의 일차적인 기전은 축상손상(axonal injury), 뇌열상, 뇌좌상 등에 의하며, 2차적으로는 뇌허혈에 의한 손상이 가장 중요한 것으로 알려져 있다^{1,5)}. 손상된 뇌조직의 중심부위는 생존력이 없어지게 되고 그 주변의 조직은 부종과 염증반응으로 대사에 장애를 받게 된다.

심한 두부의상에는 뇌전반에 걸쳐 혹은 국소적으로 혈류장애가 흔히 동반되어 허혈성 혹은 과혈성 변화를 일으킬 수 있다고 알려져 있으며, 이러한 뇌혈류장애는 두부의상후에 오는 2차적인 뇌손상에 매우 중요한 요인으로 작용한다. 따라서 근자에 급성 두부의상후 뇌혈류의 변화양상 및 그 영향에 대해 많은 관심이 집중되고 있다⁶⁻⁸⁾. 심한 두부의상시 뇌혈류장애가 오는 기전은 복잡하며 저산소증, 혈압강하 또는 카타콜아민의 급성분비 등이 관여된다. 국소 뇌혈류장애는 뇌조직 손상에 의한 허혈(ischemia), 뇌혈관 손상, 일시적 혈관반응(vascular reaction), 또는 대사요구량의 저하에 의한 이차적인 현상 등으로 설명된다.

두부의상시 뇌기능장애를 평가하는 방법에는 여러가지가 있으며 특히 CT는 중요한 해부학적인 정보를 제공하여 실제 임상에서 많은 도움을 주고 있다. 그러나 CT로는 뇌혈류나 대사의 변화에 대한 정보는 얻을 수 없다.

¹³³Xe-제거율을 이용한 뇌혈류 연구를 통해 두부의상

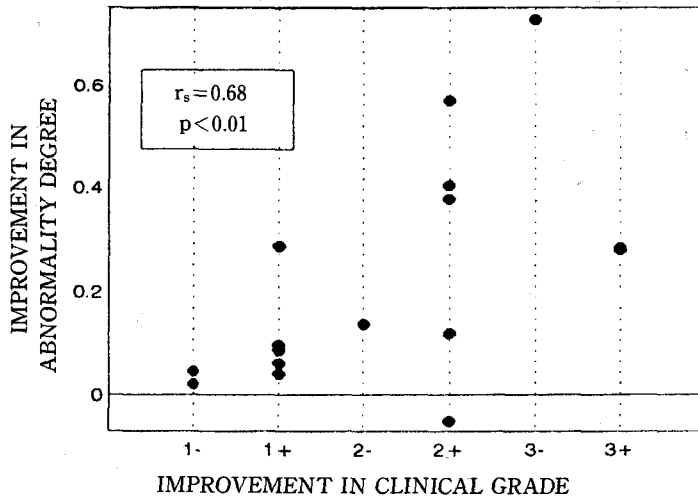


Fig. 6. Correlation between amount of improvement in degree of perfusion abnormality and improvement in clinical grade.

의 급성기중 약 50%에서는 혈류저하가 나머지 50%에서는 혈류증가가 있음이 밝혀졌다^{9~10}. 뇌 전반의 과혈류는 대사와의 해리(dissociate)현상에 의한 것으로 이때에도 당대사는 저하되어 있다고 보고된다. 아급성 또는 만성기에는 항상 혈류저하로 나타나는 것으로 알려져 있다. 뇌전반의 혈류가 20 ml/100 gram/min 이하로 떨어졌을 경우에는 cognitive한 뇌기능 회복이 어려운 것이 밝혀졌으나¹¹, 뇌전반의 혈류량은 외상의 종류에 따라 다르며¹² 뇌전반 혈류감소 정도가 환자의 예후와 높은 상관관계를 보이지는 못하였다^{13~14}. 그러나 국소 혈류변화를 보기에는 ¹³³Xe로는 뇌의 깊은부위를 평가하기 어렵고 해상도가 낮아 부적합하다.

PET를 이용한 연구로는 두부의상에 의한 병변이든 기능이상 부위든 모두 국소당대사 저하 형태로 나타남이 보고되었다¹⁵. 대사저하 부위는 대개 CT나 MRI로 나타나는 병변보다 넓은 영역을 차지하며 국소 손상부위에 접해 있을수도 떨어져 있을수도 있다^{16,18}. 뇌좌상이나 뇌내혈종 그리고 그 결과 생길 수 있는 뇌연화증(encephalomalacia)에서는 대사이상인 CT나 MRI에 나타나는 해부학적 병변 부위에 국한되는 경향이 있으나 경막하 및 경막외 혈종은 보다 넓은 영역의 대사저하를 일으키며 CT나 MRI에 나타나지 않더라도 반대측의 반구에까지 변화를 일으킬 수 있다고 보고되고 있다¹⁷. 미만성 축삭손상이 있는 경우에는 넓은 부위에 저대사가 나타날 수 있으며 특히 정상에서는 대사가 가장 활발한

부위중 하나인 시각피질(visual cortex)의 심한 대사저하도 볼 수 있다. 대뇌 병변은 소뇌의 대사저하를 동반할 수 있는데 이때 편측 및 반대측 소뇌 양쪽다 가능하다고 보고되고 있다. PET에 나타난 뇌의 대사저하 정도는 외상의 경중도나 혼수척도(Glasgow coma scale)와 유의한 상관관계가 있으며¹⁶, 대사율은 임상적인 호전과 더불어 좋아진다고 보고되고 있다. 그러나 PET는 특수장비가 필요하여 보편화되어 사용하기 어려운 단점이 있다.

이에 반해 SPECT는 우리나라에도 널리 보급되어 있으며 각종 뇌질환의 평가에서 유용하게 이용되고 있지만 두부의상에 대해서는 아직 보고가 많지 않은 상태이다. 그러나 SPECT는 각종 두부의상이 국소 뇌혈류에 미치는 영향을 연구하는데 도움이 될 수 있을 뿐 아니라 이들 환자에서 적절한 치료방법의 선택, 예후의 평가, 또는 추적 검사를 통한 치료효과의 판정 등에 이용될 수 있을 것으로 기대가 모아지고 있다.

본 연구결과 96%(31/32)의 환자에서 뇌 SPECT상 대뇌의 혈류장애가 관찰되어 CT상 비특이적 소견만을 보인 환자의 18%(6/31)에서 대뇌의 국소혈류장애가 있음을 보였다. 이는 황 등¹⁹이 보고한 55%보다 월등히 적은 수이나 황 등의 연구에서는 88%(48/54)의 환자가 경미한 증상만을 보인 환자인데에 기인한다고 생각되었다. 이들 여섯례중 특히 3예는 외상으로부터 2개월 이상 지난 만성환자로 1예는 stuporous consciousness가, 1예

는 deep drowsy state, 1례는 경미한 성격 변화를 보인 환자였다. 이는 CT사 정상이면서 증상이 있는 23명의 만성두부외상 환자중 22명에서 SPECT상 혈류장애가 관찰되었다는 정 등²²⁾의 보고와 부합되며, 뇌 SPECT가 정상 CT 소견에도 불구하고 증상을 보이는 만성 두부외상 환자의 평가에 특히 유용할 수 있음을 시사하였다.

CT에서 발견된 병변의 대부분이 SPECT에서 발견되어 Abdel-Dayem²¹⁾이 보고한 73%나 Roper 등²²⁾이 보고한 55%보다 월등히 높았는데 이는 심한 두부외상 환자만을 포함시킨 본 연구의 대상 선정, CT에서 경막 하출혈이나 경미한 부종 등을 국소병변으로 포함시키지 않은 점, CT에서 경미한 뇌좌상 판정의 기준 차이등이 영향을 미쳤을 것으로 생각되었다.

SPECT 대뇌병소의 45%(24/54)가 CT에는 관찰되지 않은 점은 Abdel-Dayem²¹⁾이 보고한 39%(32/48)나 Roper 등²²⁾이 보고한 39%(17/44)과 유사하였다. 이러한 국소혈류저하 소견은 혈류장애를 동반하나 CT에는 나타나지 않는 뇌실질의 미세구조의 변화로 생각할 수 있으며, CT 병변 보다 큰 부위로 나타난 혈류장애는 병변주위의 대사장애 부위에 의한 것으로 생각되었다. 그러나 주병변과 원거리에 위치하거나 반대측 반구에 동반된 혈류장애 부위는 모두 기질적인 뇌손상에 의한 허혈부위로 생각하기 어려우며 주병변의 해리현상으로 국소대사 저하에 따른 이차적인 소견일 가능성이 있다.

환자의 50%에서 관찰된 소뇌의 혈류저하는 대뇌병변과 반대측인 경우 외에도 동측 또는 양측에서도 관찰되었으며 임상증상과 부합되지 않아 교차성 소뇌해리(crossed cerebellar diaschisis)현상으로 생각되었다. 추적 검사에서 이들 병변은 대개 호전되는 경향을 보였으며 정상화 되는 경우도 많이 있었다.

병소의 크기는 CT 병변과 같거나 더 큰 경향을 보였는데 George 등¹⁷⁾의 보고와 같이 경막하 혈종과 경막외 혈종은 더 넓은 영역, 뇌좌상이나 뇌내혈종 등은 비슷한 영역에 대사저하를 보이는 경향은 관찰되지 않았다.

SPECT 병소의 9%가 혈류증가 형태로 나타난 것은 대사-혈류간의 해리(dissociation)현상으로 대사량에 비한 상대적 과혈류로 생각되었다. PET 연구에 따르면 아급성 및 만성기에서는 혈류는 대사량에 비례하며 과혈류는 관찰 되지 않으나 급성기에서는 과혈류가 가능하다는 보고가 있다. 또 일부 환자에서는 뇌내 병변의 제거

수술후 SPECT를 시행함으로써 뇌실질이 제거된 공간에 혈류가 일시적으로 총회되었을 가능성도 배제할 수 없다.

국소 뇌혈류와 환자의 예후와의 관계는 아직 확실하게 밝혀지지 않았으며 넓은 영역의 저혈류, 여러개의 혈류 저하부위, 전두-측두엽의 허혈등이 나쁜 예후와 관계된다는 보고가 있는 정도이다²³⁾. 본 연구에서는 국소 뇌혈류의 장애정도를 병소의 크기와 혈류저하 정도를 반영하는 지표로 구하여 환자의 임상적인 경중도와 비교하였으나 유의한 상관관계는 관찰되지 않았으며 추적기간이 불충분하여 환자의 예후와의 관계는 조사하지 못하였다. 이는 두부외상에서 뇌 SPECT 소견은 신경과적검진상 나타난 뇌기능장애의 경중도와 밀접한 관계를 보였다는 보고와 달랐으나 본 연구에서는 대상 환자군의 외상 종류나 외상기간, 수술여부 등이 불균일 하다는 문제점을 지적할 수 있다.

연구대상중 사망한 환자는 없었으며 대개 치료중 임상상의 호전을 보였으므로 예상할 수 있듯이 국소혈류장애의 지표는 추적 검사에서 호전되는 경향을 보였는데 그 호전정도는 임상적인 호전정도와 유의한 상관관계를 보였다.

결 론

연구결과를 요약하면 다음과 같다 :

- 1) 최초 뇌 SPECT상 환자의 96%(31/32)에서 혈류 이상이 발견되었으며, CT는 81%에서 이상소견이 발견되었다.
- 2) SPECT에는 총 54개의 병변이 발견되어 전두엽, 측두엽, 두정엽 순으로 호발하였으며 대부분 국소 혈류 감소 병변이었다.
- 3) 이 54개의 병변중 45%(24/54)는 CT에서 관찰되지 않았다.
- 4) 소뇌의 교차해리현상은 50%(16/32)에서 관찰되었다.
- 5) 대뇌의 국소혈류장애 정도는 임상적인 경중도와 유의한 상관관계를 보이지 못하였으나
- 6) 추적검사에서 혈류장애의 호전정도는 임상적인 호전정도와 유의한 상관관계를 보였다($p < 0.01$).

이상에서 ^{99m}Tc-HMPAO 뇌 SPECT는 두부외상 환자에서 CT검사로는 발견되지 않는 혈류장애 병소에 대

한 독특한 정보를 제공하며 혈류장애의 정도는 환자의 치료효과 판정 또는 예후를 예측하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 뇌 SPECT는 두부외상 환자에서 CT에 대한 보조적인 검사로 이용되어야 할 것으로 사료되었다.

REFERENCES

- 1) Miller JD: *Head injury and brain ischemia-implications for therapy.* Br J Anaesth 57:120-129, 1985
- 2) Hass WK: *Prognostic value of cerebral oxidative metabolism in head trauma,* in McLaurin RL (ed): *Head Injuries.* New York: Grune & Stratton:35-37, 1976
- 3) Shalith MN, Beller AJ, Feinsod M: *Clinical equivalents of cerebral oxygen consumption in coma.* Neurology 22:155-160, 1972
- 4) Tabaddor K, Bushan C, Pevsner PH, et al: *Prognostic value of cerebral blood flow and cerebral metabolic rate of oxygen in acute head trauma.*
- 5) Gentleman D: *Preventing secondary brain damage after head injury: a multidisciplinary challenge.* Injury 21:305-308, 1990
- 6) Pfenniger EG, Reith A, Breitig D, Grunert A, Ahnefeld FW: *Early changes of intracranial pressure, perfusion pressure, and blood flow after acute head injury. Part I. An experimental study of the underlying pathophysiology.* J Neurosurg 70:774-779, 1989
- 7) Yuan XQ, Prough DS, Smith TL, Dewitt DS: *The effects of traumatic brain injury on regional cerebral blood flow in rats.* J Trauma 5:289-301, 1988
- 8) Tenjin H, Ueda S, Mitzukawa N, et al: *Positron emission tomographic studies on cerebral hemodynamics in patients with cerebral contusion.* Neurosurgery 26:971-979, 1990
- 9) Obrist WD, Gennarelli TA, Segawa H, Dolinskas CA, Langfitt TW: *Relation of cerebral blood flow to neurological status and outcome in head injured patients.* J Neurosurg 51:292-300, 1979
- 10) Obrist WD, Langfitt TW, Jaggi JE, Cruz J, Gennarelli TA: *Cerebral blood flow and metabolism in comatous patients with acute head injury.* J Neurosurg 61:241-253, 1984
- 11) Overgaard J, Mosdal C, Tweed WA: *Cerebral circulation after head injury. Part 3: Does reduced regional cerebral blood flow determine recovery of brain function after blunt head injury?* J Neurosurg 55:63-74, 1981
- 12) Marion DW, Darby J, Yonas H: *Acute regional cerebral blood flow changes caused by severe head injuries.* J Neurosurg 74:407-413, 1991
- 13) Cold GE, Jensen FT: *Cerebral blood flow in the acute phase after head injury. Part I. Correlation to age of patients, clinical outcome and localization of the injured region.* Acta Anesthesiol Scand 24:245-251, 1980
- 14) Jaggi J, Obrist WD, Gennarelli TA, Langfitt TW: *Relationship of early cerebral blood flow and metabolism to outcome in acute head injury.* J Neurosurg 72:176-182, 1990
- 15) Langfitt TW, Obrist WD, Alavi, et al: *Computerized tomography, magnetic resonance imaging and positron emission tomography in the study of brain trauma. Preliminary observations* J Neurosurg 64:760-769, 1986
- 16) Alavi A, Fazekas T, Alves W, et al: *Positron emission tomography in the evaluation of head injury.* J Cereb Blood Flow Metab 7 (suppl 1):S646, 1987
- 17) George JK, Alavi A, Zimmerman RA, et al: *Metabolic (PET) correlates of anatomic lesions (CT/MRI) produced by head trauma [Abstract].* J Nucl Med 30:802, 1989
- 18) Rao N, Turski PA, Polcyn RE, et al: *¹⁸F positron emission computed tomography in closed head injury.* Arch Phys Med Rehab 65:780-785, 1984
- 19) 황영식, 심영보, 송준호, 박용기, 조맹기, 오세문, 최선길, 강성구: *두부외상 환자에 대한 SPECT 검사의 임상적 의의.* 대한신경과학회지 18(5):716-722, 1989
- 20) 정진일, 정태섭, 서정호, 김동익, 이종두, 박창윤: *만성 두부외상 환자에서 ^{99m}Tc-HMPAO brain SPECT의 임상적 유용성.* 대한핵의학회지 26(1):26-32, 1992
- 21) Abdel-Dayem HM, Sadek SA, Kouris K, Bahar RH, Higazi, I, Eriksson S, Englesson SH, Berntman L, Sigurdsson GH, foad M, Olivercrona H: *Changes in cerebral perfusion after acute head injury: Comparison of CT with Tc-99m HM-PAO SPECT.* Radiology 165:221-226, 1987
- 22) Roper SN, Mena I, King WA, Schweitzer J, Garrett K, Mehringer CM, McBride D: *An analysis of cerebral blood flow in acute closed-head injury using*

technetium-99m-HMPAO SPECT and computed tomography. J Nucl Medicine 32(9):1684-1687, 1991

23) Overgaard J, Tweed 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