

모야모야병에서 EDAS 수술효과의 평가를 위한 수술전후 ^{99m}Tc -HMPAO SPECT의 유용성

서울대학교 의과대학 내과학교실, 신경외과학교실*

이경한 · 이상형* · 여정석 · 박철은
정준기 · 이명철 · 조병규* · 고창순

= Abstract =

Serial ^{99m}Tc -HMPAO Brain SPECT for Assessing Perfusion Improvement after EDAS in Moyamoya Patients

Kyung Han Lee, M.D., Sang Hyung Lee, M.D.,* Jeong Seok Yeo, M.D., Chul Eun Kwark, M.D.,
June-Key Chung, M.D., Myoung Chul Lee, M.D., Byoung Kyu Cho, M.D.* and Chang-Soon Koh, M.D.

Department of Internal Medicine & Department of Neurosurgery,
Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea*

Encephalo-duro-arterio-syngangiosis (EDAS) is a relatively new surgical procedure for treatment of childhood moyamoya disease. We assessed regional cerebral perfusion in moyamoya patients before (1.3 mo) and after (6.8 mo) EDAS with ^{99m}Tc -HMPAO brain SPECT. A total of 21 EDAS operations in 17 moyamoya patients was included. Preoperative CT or MRI showed cerebral infarction in 14 patients and carotid angiography showed Suzuki grade I to V stenosis in 6%, 9%, 62%, 12% and 12% of the hemispheres respectively. Preoperative SPECT showed regional hypoperfusion in all patients, bilateral frontal and temporal lobes being the most frequently involved site. 4×4 pixel sized ROIs were applied on the frontotemporal cortex in 3 slice averaged transverse tomographic images. An index of regional perfusion was measured as:

$$\text{PI (\%)} = \text{average F-T activity} / \text{average cerebellar activity} \times 100$$

Pre-EDAS ipsilateral PI ranged from 23.7 to 98.4% (mean: $74.3 \pm 17\%$) and increased significantly after operation ($81.4 \pm 17\%$, $p < 0.001$). Individual post-EDAS PI improved in 15/21 cases, showed no significant change in 5 and was slightly aggravated in 1. The amount of clinical improvement (ΔCI) was graded with a scale of 0 to 4 based on frequency and severity of TIA attacks. When patients were grouped according to pre-EDAS PI, group II (PI 70~89) showed a significantly higher ΔCI (3.3) compared to group I (PI < 70, 1.57) or group III (PI > 90, 0.5) ($p < 0.001$). The amount of perfusion improvement (ΔPI) showed significant correlation with ΔCI ($r = 0.42$, $p = 0.04$). ΔPI did not, however, correlate with the amount of neovascularization assessed angiographically in 8 patients. Serial HMPAO SPECT is an useful noninvasive study for assessing perfusion improvement after EDAS in childhood moyamoya patients.

Key Words: EDAS, ^{99m}Tc -HMPAO brain SPECT, Moyamoya

서 론

모야모야병은 내경동맥 원위부에 원인불명의 진행성 협착이 발생하는 질환이다. 소아의 경우 대부분 일과성 허혈성발작(transient ischemic attacks : 이하 TIA로 약함)으로 발현하는데 병의 진행에 따라 TIA 횟수가 감소할 수 있지만 뇌의 국소관류는 악화되며 점차 신경학적 결함과 지능저하가 진행된다¹⁾. 소아에서는 이러한 허혈성 뇌손상을 줄이고 뇌의 측부순환 발달을 촉진시키기 위해 STA-MCA 연결술, encephalo-myo-synangiosis (EMS), encephalo-duro-arterio-synangiosis (EDAS), encephalo-arterio-synangiosis (EAS) 등 여러 수술적 치료가 시도되고 있으며, 근자에 특히 EDAS 가 많이 시행되고 있다²⁾. 그러나 EDAS 후 뇌혈류가 항상 호전되는 것은 아니며, 측부순환의 발생이 저조하고 증상이 지속될 경우에는 다른 수술적 치료를 병행할 필요가 있을 수 있다. 수술효과를 확인하는 데에는 주로 뇌동맥혈관촬영술이 이용되고 있으나 관혈적이고 어린 환자에게는 특히 부담이 될 수 있기 때문에 추적검사로 반복시행하기 어려운 경우가 많다. 또한 측부순환의 형성만 확인할 뿐 뇌조직의 관류상태를 정확히 평가할 수 없는 단점이 있다. CT나 MRI는 형태학적인 정보만을 제공할 뿐이어서 임상상과는 잘 맞지 않는 것으로 이미 알려져 있다. 최근 ^{99m}Tc-HMPAO를 이용한 단일광자 방출단층촬영(single photon emission computed tomography : 이하 SPECT로 약함) 검사가 각종 뇌질환에서 국소뇌혈류를 비관혈적으로 평가하는데 유용하게 이용되고 있으며, 모야모야병에서도 그 유용성이 보고되고 있다. 본 연구에서는 ^{99m}Tc-HMPAO 뇌 SPECT가 모야모야병에서 EDAS 수술의 치료효과를 평가하는데 유용하게 이용될 수 있는지를 알아보고자 수술전후로 추적검사를 시행하여 임상상 및 뇌혈관촬영술 소견과 비교하였다.

대상 및 방법

연구대상은 EDAS 수술을 시행한 17예의 모야모야 환자로(평균 연령 7세 : 2세~15세) 양측반구를 따로 수술하였기 때문에 총 21개의 EDAS 전후 SPECT를 분석할 수 있었다. SPECT 검사시기는 수술전 평균 1.3개월

전(3일~5개월)과 수술후 평균 6.8개월(3개월~13개월)이었다. 우측 EDAS는 11예에서, 좌측 EDAS는 10예에서 시행되었으며, 이중 4예에서는 따로 시행한 우측 및 좌측이 모두 연구에 포함되었다.

환아에게 370 내지 740 MBq(10~20 mCi)의 ^{99m}Tc-HMPAO(hexamethylpropylene amine oxime)를 정맥투여하고 20분내지 60분이 지난 후에 컴퓨터시스템(MicroDELTA, Siemens)과 연결되고 저에너지고해상력조준기가 부착된 회전형감마카메라(Rota ZLC 75, Siemens)를 이용하여 SPECT를 시행하였다. 카메라는 환자의 머리 주위를 360도 회전하면서 6도 간격으로 총 60개의 화면을 수록하였으며, 검사당 총 3백 6십만 내지 4백만 계수를 얻었다. Butterworth 여과기를 이용한 역투사(filtered back projection)로 한 화소 크기인 6.3 mm 두께의 횡단면영상을 재구성하였으며, 이를 이용하여 시상단면 및 관상단면을 구성하였다. SPECT 영상의 평가방법은 2명의 핵의학 의사가 3종류의 단면을 동시에 육안관찰하여 국소뇌혈류 양상을 평가하였다.

SPECT 소견의 육안평가와는 별도로 뇌의 국소관류량에 대한 정량분석을 시행하였다. 정량방법은 우선 SPECT 횡단면중 기저핵 수준에서 3개, 그리고 인접한 상부 3개의 횡단면을 합하여 정량용 단면으로 이용하였으며, 소뇌수준에서도 3개의 연속된 횡단면을 합하여 이용하였다. 정량용 대뇌단면 2개에서 후측 전두엽과 측두엽에 각각 4×4 화소(2.5×2.5 cm) 크기 정사각형 모양의 관심영역을 2개씩 설정하고 각 반구에 해당하는 총 4개의 관심영역의 평균계수를 구하였다. 소뇌단면에서도 각 소뇌에 같은 크기의 관심영역을 설정하여 계수를 구하였다. 환자의 수술측 반구내 전두-측두엽 평균계수를 소뇌 평균계수로 나누어 혈류지표(perfusion index : 이하 PI로 약함)로 이용하였다.

$$PI(\%) = \frac{\text{수술측 반구의 평균 전두-측두엽 계수}}{\text{평균 소뇌 계수}} \times 100$$

수술전에 전예에서 뇌혈관조영술을 시행하여 Suzuki 및 Takaku의 분류법에 따라 다음과 같이 분류하였다.

- I기 : 내경동맥 분기점의 협착이 있으나 모야모야혈관은 없음.
- II기 : 내경동맥 분기점의 협착과 모야모야혈관이 관찰됨.
- III기 : 내경동맥/전·후뇌동맥의 심한 협착과 심한 모

야모야혈관이 관찰됨.

IV기 : supraclinoid 내경동맥의 폐쇄와 약한 모야모야혈관이 관찰되며 외경동맥 또는 안구동맥으로부터 측부순환이 형성되어 있음.

V기 : 경동맥이 폐쇄되고 모야모야혈관은 없어짐.

수술후에는 8예에서 뇌혈관조영술을 시행하여 측부순환에 의한 신생혈관형성의 정도를 형성이 안된 경우(0), 약간된 경우(1), 그리고 풍부한 경우(2)로 분류하였다. 수술전 SPECT 시행날로부터 1주일 내외에 CT 또는 MRI를 시행하였다.

수술전후로 환자의 임상적인 소견을 평가하여 수술한 측의 뇌반구와 관련된 TIA 증상의 횡수와 경증도에 따라 호전이 전혀 없는 제O군에서부터 TIA가 완전히 사라진 제IV군까지 나누었다(ΔCI). Spearman 상관계수를 이용하여 임상적 호전정도를 수술전후 PI의 변화량(ΔPI)과 비교하였다.

결 과

1. 수술전 소견

17예의 환자중 14예에서는 CT 혹은 MRI에서 뇌경색 소견이 있었으며(82%), 나머지 3예에서는 이상소견을 발견하지 못하였다. 뇌동맥조영술 결과 전예에서 양측 뇌혈관에 협착소견이 있었으며, Suzuki 분류에 따라 제 I에서 제 V 기 협착이 각각 6%, 9%, 62%, 12%, 그리고 12%에서 관찰되었다(Table 1).

수술전 뇌 SPECT의 육안판독 결과 전예에서 국소 뇌관류 감소부위가 관찰되었으며(100%) 정상소견을 보인 예는 없었다. 수술전 혈류감소 병변의 위치는 전두엽이 21개, 측두엽이 20개로 가장 많았으며, 그 외에 두정엽이 14개, 후두엽이 7개 기저핵이 3개 시상이 2개 순이었다(Fig. 1). SPECT 영상에서 수술동측 전두엽-측두엽의 소뇌에 대한 상대적인 관류량을 정량한 결과 PI값은 23.7%에서 98.4% 사이의 다양한 값을 보였으며 평균

Table 1. CT/MRI, Angiography and SPECT Findings

No.	Age (mo)	Duration (mo)	Angio	CT/MRI	pre-PI	post-PI	delta-PI	Neovasc
1	108	48	III	infarct	66.1	84.3	18.2	poor
2	24	20	IV	infarct	69.7	67.5	-2.2	-
3	148	76	IV	infarct	64.2	63.7	-0.5	moderate
4	60	51	III	infarct	30.8	35.8	5	-
5	96	60	III	normal	82	89.9	7.9	moderate
6	101	17	III	infarct	93	90.1	-2.9	-
7	81	24	I	normal	90.2	100.3	10.1	-
8	120	36	III	infarct	83.3	95.2	14.1	-
9	120	48	III	infarct	89.3	97.4	8.1	-
10	108	24	V	infarct	70.8	84.2	13.4	good
11	96	12	III	infarct	83.9	103.9	20	poor
12	156	96	V	infarct	72.9	83.7	10.8	moderate
13	170	110	V	infarct	82.8	91.6	8.8	moderate
14	54	32	III	normal	98.4	92.3	-6.1	good
15	96	21	III	infarct	85.9	90.4	4.5	-
16	101	30	III	infarct	91.5	90.7	-0.8	-
17	75	15	III	infarct	67.9	75.9	10	-
18	120	72	III	infarct	41.4	50.1	8.6	-
19	87	39	III	infarct	23.7	35.2	10.5	-
20	94	46	III	infarct	85.6	94.4	7.8	-
21	84	5	III	infarct	77.8	79.2	1.4	-

PI는 $74.3 \pm 17\%$ 였다. 수술전 PI값을 뇌혈관조영술에 의한 병기와 비교한 결과 둘 사이에 유의한 수준의 상관관계를 보이지 못했다(Spearman's $r = -1.01$, $p > 0.05$).

2. 수술후 소견

21개의 수술후 SPECT 소견을 수술전 소견과 육안비교한 결과 16예에서는 수술한 측의 전두엽-측두엽 부위에 국소혈류의 호전이 관찰되었고, 3예에서는 유의한 변

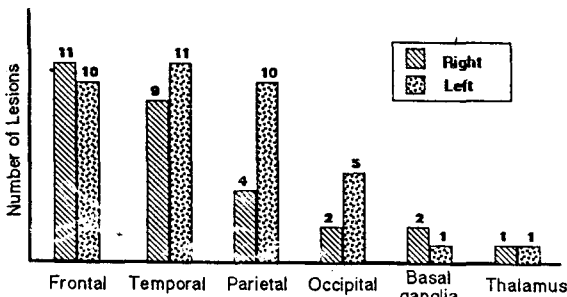


Fig. 1. Distribution of regional hypoperfused lesions seen in preoperative SPECT. Bilateral frontal and temporal lobes was the most frequently involved site, followed by the parietal lobe.

화가 없어 보였으며, 2예에서는 혈류가 약간 악화된 것으로 관찰되었다(Fig. 2, 3).

수술후 PI값은 21예중 15예에서 증가하였으며 5예에서는 변화량이 3% 미만으로 큰 차이가 없었으며 1예에서는 오히려 6% 가량 감소하였다. 수술후 평균 PI값은 $81.4 \pm 17\%$ 으로 수술전의 $74.3 \pm 17\%$ 에 비해 유의하게 높았다($p < 0.001$, Fig. 4). 수술전후 TIA 양상에 근거한 임상상을 비교한 결과 18예에서는 임상적인 호전을 보였으며 3예에서는 호전이 없었다. 호전의 정도는 제 I 군이 4예, II군이 6예, III군이 2예, IV군이 6예였다. 수술전후 PI의 증가정도(ΔPI)를 임상적인 호전의 정도(ΔCI)와 비교한 결과 ΔPI 는 ΔCI 와 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다($r = 0.42$, $p = 0.04$, Fig. 5). 수술후에 PI값이 약간 감소한 환아는 뇌경색이 없고 수술전 혈류상태가 우수했던 환아로($\text{PI} = 98\%$) 수술후 임상호전이 없었다. 그러나 유의한 변화가 없었던 5예는 제 I 군 호전이 3예, II군이 1예, III군이 1예등 다양한 임상적 호전을 보였다.

환아를 수술전 PI값에 따라 A군($\text{PI} < 70$), B군($\text{PI} 70 \sim 89$), 그리고 C군($\text{PI} > 90$)으로 분류한 결과 각군의 평균 ΔCI 는 각각 1.57, 3.3, 0.5로 B군의 임상적 호전이 다른 군에 비해 유의하게 좋은 것을 알 수 있었다(Fig.

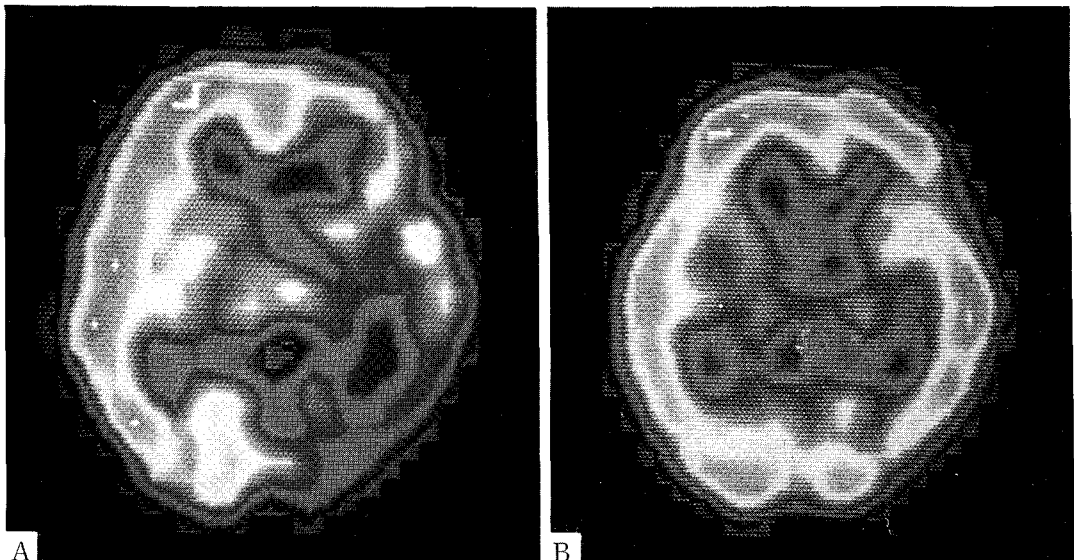


Fig. 2. Serial SPECT of a 9 year old patient with grade III stenosis of the left ICA. Preoperative severe hypoperfusion in the left frontoparietal lobes (A) improved markedly after left side EDAS (B). The perfusion index increased by 18% and the patient showed grade 2 improvement of ischemic attacks.

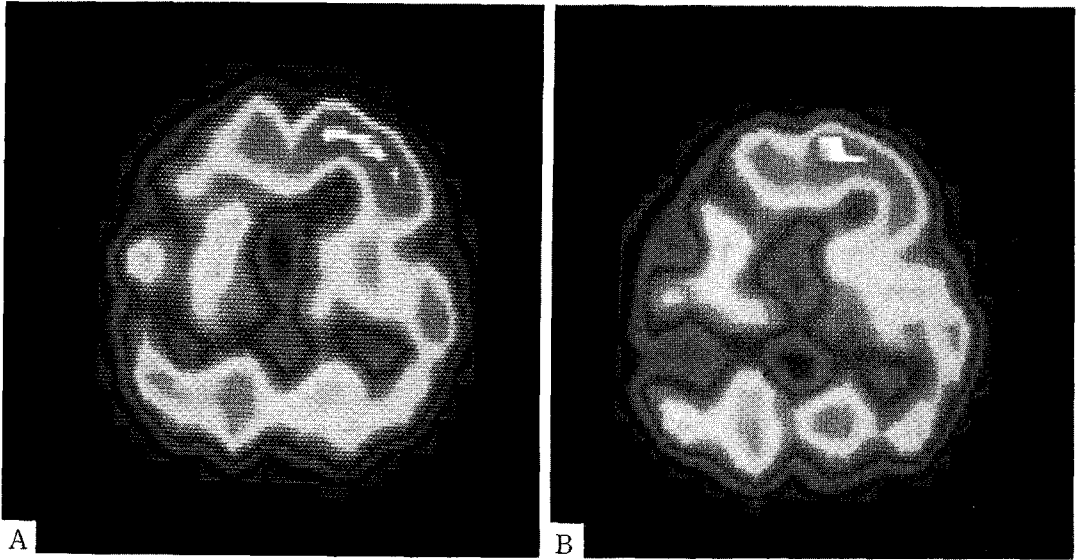


Fig. 3. A 5 year old patient with grade IV stenosis of the right ICA showed no improvement of markedly decreased perfusion before (A) and after (B) right side EDAS. Quantified PI showed an insignificant change of -0.5% , but the patient had a significant amount (grade 3) of symptomatic improvement.

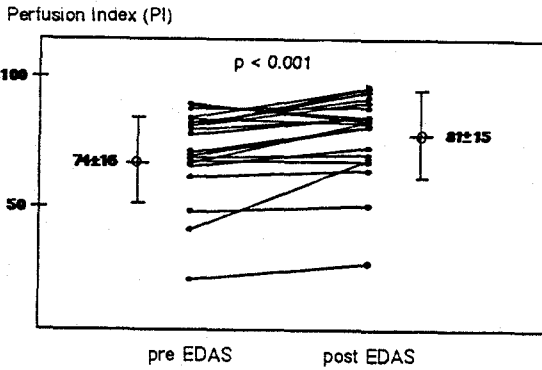


Fig. 4. Distribution of ipsilateral perfusion index before and after EDAS. Perfusion index improved in most patients, and the mean PI increased significantly ($p < 0.001$).

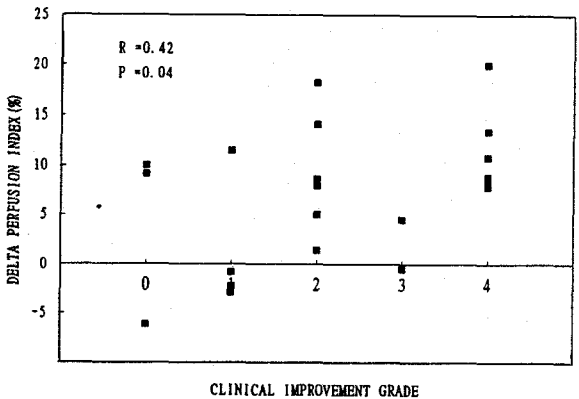


Fig. 5. Delta PI showed a significant correlation with amount of clinical improvement ($p < 0.05$). Note, however, that 5 patients with insignificant PI change had various degrees of symptomatic improvement while 3 with moderate perfusion improvement had little or no clinical change.

6).

수술후에 추적 뇌혈관조영술을 시행한 8예중 신생혈관형성이 2예에서는 풍부하였으나 4예는 중등도, 2예는 미진하였다. 신생혈관형성의 정도를 혈류호전 정도(Δ PI)와 비교해 보았으나 유의한 상관관계는 발견하지 못하였다(Table 1).

고 안

모야모야병은 내경동맥 원위부의 진행성 협착과 뇌기저부의 측부순환성 혈관종의 형성을 특징으로 하는 원인

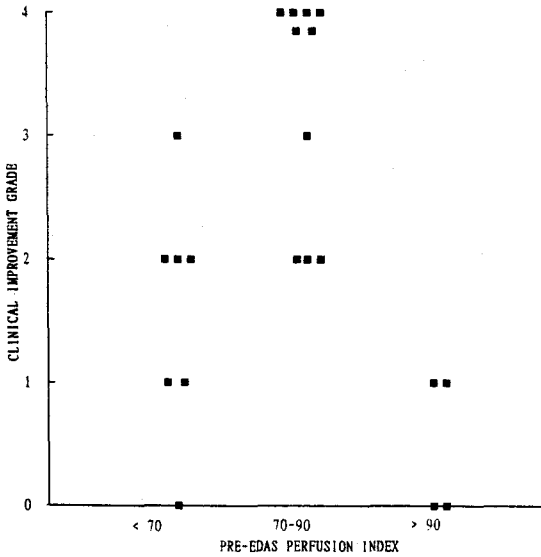


Fig. 6. When the patients were divided into 3 groups according to the preoperative PI, the group with moderate pre-EDAS PI (70 to 90%) had a significantly higher degree of clinical improvement compared to groups with higher or lower PI ($p < 0.05$)

불명의 질환이다. 발병연령은 다양하지만 소아에 흔하며 병리학적으로는 혈관의 평활근세포와 내벽의 증식이 관찰된다³⁾. 임상증상은 뇌허혈 또는 출혈에 의한 것으로 소아에서는 허혈이 흔하며 어른에서는 주로 뇌출혈로 발현한다⁴⁾. 한측 뇌반구만 관여될 수도 있으나 이때에도 양측성으로 이행되는 것이 보통이므로 이는 모야모야 질환의 초기형태일 것으로 생각되고 있다⁵⁾. 국내 소아 모야모야병의 양상도 외국과 유사하여 주증상은 반신마비나 발작증상이며, 뇌혈관조영술 소견은 양측 내경동맥의 협착, CT 소견은 뇌경색이 특징이다⁶⁾.

모야모야병의 뇌혈류 소견은 뇌전반의 혈류량이 감소되어 있으며, 뇌혈관조영술에 따른 병기가 진행될수록 저혈류가 심해지는 경향을 보인다⁷⁾. 부위에 따라 혈류 저하 정도가 다르나 만성기에는 대뇌피질, 수질, 그리고 기저핵 부위의 혈류가 미만성으로 전부 감소된다. 또 혈류 대 혈액량 비가 감소되어 있어 뇌순환시간의 지연이 시사되고 있다⁸⁾.

뇌혈류 SPECT를 이용하면 저혈류 부위를 검출하고, 혈류이상의 경증도를 평가하며 수술에 의한 호전효과를 평가하는데 유용한 정보를 줄 수 있다고 보고되고 있

다⁹⁻¹¹⁾. 이때 국소 저혈류 부위는 일반적으로 CT에 나타난 병변보다 넓은 영역을 차지하며 EEG에 나타나는 재축적현상(rebuild-up phenomenon)의 발생부위와 일치한다¹²⁾. 또 CT 소견보다 환자의 임상증상과 잘 부합되며, 혈류감소 정도가 뇌혈관조영술에 의한 병기나 임상증상의 경증도와 상관관계를 갖는다는 보고가 있다. 추적 SPECT를 시행하면 모야모야병 환자에서 뇌혈류 상태의 변화를 평가하는 데에도 이용할 수 있다¹³⁾.

소아환자에서 허혈에 의한 뇌손상이 진행되기 전에 뇌혈류 호전을 위해 필요한 측부순환의 형성을 촉진시키기 위해 각종 수술적 치료가 시행되고 있다. 이러한 수술적 치료후 치료효과를 판정하는 데에도 SPECT를 이용한 보고가 있다^{14,15)}. 우회수술 전후에 SPECT를 시행한 연구에서는 수술직후 혈류의 일시적인 악화와 교차성소뇌해리현상이 관찰될 수 있으나 3개월 이후에는 임상증상과 더불어 혈류가 호전된다고 하였고¹⁶⁾, EDAS와 EMS를 함께 시행하고 4년까지 추적한 연구에서는 TIA는 줄어드나 인지기능이 떨어지고 재관류가 수술부위에 국한되어 전두엽에는 저관류가 계속된다고 보고하였다¹⁷⁾. 여러가지 수술방법 중에서 EDAS는 비교적 새로이 시도되고 있는 치료법으로 시술이 비교적 쉽고 안전하므로 소아에 적절하며 수술후 내경부동맥으로부터의 측부순환 형성이 우수하고 아주 심한 폐쇄를 제외하고는 협착 정도가 심할수록 신생혈관형성이 잘 되어 근자에 많이 시행되고 있다¹⁸⁾. 대개 좋은 치료성적이 보고되고 있으며 본 병원에서도 거의 이 수술로 치료를 시도하고 있으나 EDAS후 항상 혈류가 호전되는 것은 아니어서 Matsushima는 약 30%의 부진한 신생혈관형성율을 보고하였다²⁾. 수술후 측부순환 형성이 부실하면서 임상증상이 지속되는 경우에는 EDAS를 시행한 동측 후전두엽에 EMS를 추가하기도 한다¹⁹⁾. 또한 EDAS후 신생혈관형성이 잘 되더라도 모야모야 혈관은 줄어드는 반면 내경부동맥 또는 후뇌동맥 협착이 계속 진행할 수도 있다²⁰⁾. 환이에 따라서는 EDAS 단독보다는 STA-MCA 연결술 혹은 EMS를 병행하는 것이 신생혈관형성이나 임상증상의 호전에 유리할 수 있다²¹⁾. 본 연구에서도 3예에서는 수술 후에도 임상적인 호전을 보이지 않았으며, 수술후 뇌혈관촬영검사를 시행한 8예중 2예에서는 신생혈관형성을 보이지 않았다. 따라서 EDAS를 시행할 경우 수술에 의한 측부순환의 형성 여부 또는 뇌혈류의 호전정도를 객관적으로 평가할 필요가 있으며 해부학

적인 정보만 제공하는 CT나 MRI 소견은 임상상태와 잘 맞지 않으므로 적절하지 못하다²²⁾. 수술효과를 평가하고자 하는 경우 대개 뇌혈관촬영술을 시행하여 신생혈관형성 여부를 보게 되나²⁰⁾ 어린 환자에서 반복적으로 관혈적인 검사를 시행하는 데에는 어려움이 있다. Takikawa 등은 STA-MCA 연결술후 국소관류가 증가하고 저혈류병소가 사라지는 것을 관찰하여 이 수술 효과의 평가에 SPECT가 유용하다고 하였으며²³⁾, 이밖에도 연속적인 SPECT 검사를 통해 수술효과를 평가할 수 있다는 보고가 있다^{11,12,16)}.

본 연구에서는 수술측 전두엽 및 측두엽의 국소혈류량을 지표로 이용하였는데, 이는 EDAS 후의 혈류호전이 주로 수술한 인접부위에 국한되는 것으로 알려져 있기 때문이다²⁾. 수술전 PI는 기존의 보고와 같은 뇌혈관조영술에 따른 병기와의 유의한 상관관계는 보이지 못하였다. EDAS 수술후 SPECT에서의 동측뇌반구에 유의한 혈류호전이 있음을 확인할 수 있었으며 혈류호전 정도가 TIA의 임상적인 호전과 유의한 상관관계가 있음을 보였다. SPECT가 수술효과 평가를 비관혈적인 검사방법으로 대신할 수 있다면 관혈적이고 합병증의 위험이 따르는 관혈적인 검사의 부담을 줄인다는 점에서 중요한 역할을 할 수 있을 것이다. 그러나 본 연구에서의 PI의 호전 정도는 임상적인 호전 정도와 상관관계는 있었으나, Fig. 5와 같이 임상적인 호전없이 유의하게 호전된 경우와 유의한 임상적 호전에 불구하고 혈류증가가 미약한 경우도 적지 않았다. 또 수술후 뇌혈관 조영술을 시행한 8예에서는 혈류호전 정도가 신생혈관형성 정도와는 유의한 관계를 보이지 못하였다. 이러한 불일치 소견은 본 연구에 포함된 중례수 특히 수술후 뇌혈관촬영술 사례가 충분치 못하였고, 본 연구의 제약점인 휴식상태의 뇌혈류 상태만 평가할 수 있었기 때문으로 생각되며 혈류비축(flow reserve)을 평가하였다면 임상호전이 있던 환자와 풍부한 신생혈관형성을 보인 4예의 환자에 보다 많은 혈류호전을 관찰할 수 있었을지 모른다. 휴식상태의 혈류만 관찰할 경우 괴사 또는 심한 허혈부위만 검출할 뿐 대부분의 만성 뇌혈관질환에 동반되는 혈류비축 감소는 평가하지 못한다²⁴⁾. 소아 모야모야에서 혈류비축능의 저하가 있음은 이산화탄소²⁵⁾ 또는 acetazolamide^{26,27)}를 이용한 연구를 통해 밝혀져 있으며, 과호흡으로도 혈류변화 장애를 관찰할 수 있다²⁵⁾. 따라서 향후 이러한 점을 보완하여 EDAS 수술효과 평가에 대한

SPECT와 뇌혈관촬영술의 유용성을 비교하는 연구가 요망될 것으로 여겨진다.

수술전 PI가 70~90%인 군에서 가장 임상호전이 많았으며, 더 심한 저혈류 환자에서 호전이 적은 것은 비가역적인 경색부위가 많이 포함되어 있었기 때문으로 생각할 수 있다. 수술전 혈류상태가 비교적 좋은 환자군에 임상호전 정도가 적었던 것은 수술전 임상상이 비교적 양호하였기 때문으로 볼 수 있으며, 이러한 환자에서 조기수술은 임상상의 악화를 예방하는 의미가 있겠으나 본 연구에서는 그러한 면은 분석하지 못하였다. 수술후 임상호전을 예측하는 것은 수술시기 또는 먼저 수술할 뇌반구를 결정하는데 중요할 수 있으므로 수술전 SPECT에 의한 혈류 및 비축능 평가가 이러한 면에 유용한지에 대해 향후 더 연구가 필요할 것으로 생각되었다.

결 론

모야모야 환자에서 ^{99m}Tc-HMPAO SPECT는 양측 전두엽, 측두엽, 그리고 두정엽에 저혈류병소를 검출하였으며, CT 또는 MRI보다 예민하였다. EDAS 수술후에는 동측의 유의한 혈류호전이 있었으며 호전 정도는 TIA의 호전과 유의한 상관관계를 보였다. 이상에서 HMPAO-SPECT는 모야모야 병에서 EDAS 수술후 뇌혈류의 호전 정도를 객관적으로 평가하는데 유용한 비관혈적인 검사로 사료되었다.

REFERENCES

- 1) Kurokawa T, Tomita S, Ueda K, Narazaki O, Hanai T, Hasuo K, Matsushima T, Kitamura K: *Prognosis of occlusive disease of the circle of Willis (Moyamoya disease) in children. Pediatr Neurol 1: 274-277, 1985*
- 2) Matsushima T, Fukui M, Kitamura K, Hasuo K, Kuwabara Y, Kurokawa T: *Encephalo-duro-arterio-synangiosis in children with Moyamoya disease. Acta Neurochir (Wein) 104:96-102, 1990*
- 3) Li B, Wang CC, Zhao ZZ, Hu Y, Aihara K, Ghazizadeh M, Sasaki Y, Yang SY, Pan J: *A histological, ultrastructural and immunohistochemical study of superficial temporal arteries and middle meningeal arteries in moyamoya disease. Acta-Pathol-Jpn Jul 41(7):521-30, 1991*

- 4) Dietrichs E, Dahl A, Nyberg-Hansen R, Russell D, Rootwelt K, Veger T: *Cerebral blood flow findings in moyamoya disease in adults. Acta-Neurol-Scand: May 85(5):318-33, 1992*
- 5) Yoshida S, Matsumoto S, Ban S, Yamamoto T: *Moyamoya disease progressing from unilateral to bilateral involvement-case report. Neurol-Med-Chir-(Tokyo): Nov: 32(12):900-3, 1992*
- 6) Yu GJ, Kim SY, Coe CJ: *Moyamoya disease in Korea. Yonsei-Med-J 32(3):263-9, 1991*
- 7) Ogawa A, Nakamura N, Sakurai Y, Kayama Y, Wada Y, Suzuki J: [*Cerebral blood flow in moyamoya disease*]. *No-To-Shinkei Mar 39(3):199-203, 1987*
- 8) Taki W, Yonekawa Y, Kobayashi A, Ishikawa M, Kikuchi H, Nishizawa S, Senda M, Yonekura Y, Fukuyama H, Harada K, et al: *Cerebral circulation and oxygen metabolism in children's "moyamoya" disease. No-Shinkei-Geka 16 (5 Suppl):557-62, 1988*
- 9) Morita K, Ono S, Fukunaga M, Otsuka N, Nagai K, Furukawa T, Muranaka A, Mimura H, Yanagimoto S, Tomomitsu T, et al: *The usefulness of single photon emission computed tomography using N-isopropyl-p-[123I]-iodoamphetamine and ^{99m}Tc -hexamethyl propyleneamine oxime in patients with moyamoya disease. Kaku-Igaku Jan 27(1):446-52, 1990*
- 10) Morita K, Ono S, Fukunaga M, Otsuka N, Nagai K, Furukawa T, Muranaka A, Mimura H, Yanagimoto S, Tomomitsu T, et al: [*The usefulness of single photon emission computed tomography using N-isopropyl-p-[123I]-iodoamphetamine and ^{99m}Tc -hexamethylpropyleneamine oxime in patients with moyamoya disease*]. *Kaku-Igaku Jan 27(1):69-80, 1990*
- 11) Hamano S, Fukushima K, Nara T, Aihara T, Maekawa K: [*Usefulness of single-photon emission-computed tomography with hyperventilation for the diagnosis of moyamoya disease*]. *No-To-Hattatsu Jul 22(4):401-3, 1990*
- 12) Mountz JM, Foster NL, Ackermann RJ, Blumlein L, Petry NA, Kuhl DE: *SPECT imaging of moyamoya disease using ^{99m}Tc -HM-PAO. Comparison with computed tomography findings. J-Comput-Tomogr Oct 12(4):247-50, 1988*
- 13) Feole JB, Ali A, Fordham EW, Huckman M, Shenker DM: *Serial SPECT imaging in moyamoya using I-123 IMP. A method of noninvasive evaluation and follow-up. Clin-Nucl-Med Jan 18(1):43-5, 1993*
- 14) Ohnishi T, Hoshi H, Jinnouchi S, Nagamachi S, Yoshimura H, Futami S, Watanabe K: [*Cerebral blood flow imaging in patients with moyamoya disease*]. *Radioisotopes Jul 38(7):305-10, 1989*
- 15) Honda N, Machida K, Takishima T, Kaizu H, Sugimoto E: *Iodine-123 IMP SPECT before and after bypass surgery in a patient with occlusion of left anterior and middle cerebral arteries with basal abnormal telangiectasis (unilateral Moyamoya disease). Ann-Nucl-Med Sep 1(1):43-6, 1987*
- 16) Konishi T, Naganuma Y, Hongo K, Murakami M, Yamatani M, Okada T, Takaku A: *Regional cerebral blood flow in moyamoya disease using 123-I IMP-SPECT; follow up study before and after therapy. No-To-Hattatsu 23(5):446-52, 1991*
- 17) Sato H, Sato N, Tamaki N, Matsumoto S: *Chronic low-perfusion state in children with moyamoya disease following revascularization. Childs-Nerv-Syst May 6(3):166-71, 1990*
- 18) Matsushima T, Inoue T, Suzuki SO, Fujii K, Fukui M, Hasuo K: *Surgical treatment of moyamoya disease in pediatric patients-comparison between the results of indirect and direct revascularization procedures. Neurosurgery Sep 31(3):401-5, 1992*
- 19) Matsushima T, Fujiwara S, Nagata S, Fujii K, Fukui M, Hasuo K: *Reoperation for moyamoya disease refractory to encephalo-duro-arterio-synangiosis. Acta-Neurochir-(Wien) 107(3-4):129-32, 1990*
- 20) Yamada I, Matsushima Y, Suzuki S: *Childhood moyamoya disease before and after encephalo-duro-arterio-synangiosis: an angiographic study. Neuroradiology 34(4):318-22, 1992*
- 21) Nakagawa Y, Sawamura Y, Abe H, Gotoh S, Shimoyama M: *Revascularization surgery for 28 patients with moyamoya disease-operative methods, outcome and postoperative angiography. Hokkaido-Igaku-Zasshi Jan 62(1):133-44, 1987*
- 22) Feole JB, Ali A, Fordham EW, Huckman M, Shenker DM: *Serial SPECT imaging in moyamoya using I-123 IMP. A method of noninvasive evaluation and follow-up. Clin-Nucl-Med Jan 18(1):43-5, 1993*
- 23) Kikawa, Kamiyama H, Abe H, Mitsumori K, Tsuru M: *Hemodynamic evaluation of vascular reconstructive surgery for childhood moyamoya disease using single photon emission computed tomography. Neurol-Med-Chir-(Tokyo) 30(6):389-95, 1990*

- 24) Machac J, Vallabhajosula S, Editorial: *Cerebral versus myocardial perfusion imaging: role of pharmacological intervention in the diagnostic assessment of flow reserve. J Nucl Med 35(1):41-43, 1994*
- 25) Ogawa A, Nakamura T, Yoshimoto T, Suzuki J: *Cerebral blood flow in Moyamoya disease Part 2: Autoregulation and CO₂ response. Acta Neurochir (Wein) 105:107-111, 1990*
- 26) Vorstrup S: *Tomographic cerebral blood flow measurements in patients with ischemic cerebrovascular disease and evaluation of the vasodilatory capacity by the acetazolamide test. Acta Neurol Scand 114 (Suppl):1-48, 1988*
- 27) Hoshi H, Ohnishi T, Jinnouchi S, Futami S, Nagamachi S, Kodama T, Watanabe K, Ueda T, Wakisaka S: *Cerebral blood flow study in patients with moyamoya disease evaluated by IMP SPECT. J Nucl Med 35(1):44-50, 1994*
-