

반대측 내경동맥 폐쇄를 동반한 경동맥 협착에서 경동맥 내막절제술 후 뇌혈류 및 뇌혈관 예비능의 증가: 아세타졸아마이드 부하 뇌혈류 SPECT 연구

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 핵의학과, 혈관외과,¹ 신경과²

김재승 · 문대혁 · 김건연¹ · 김종성² · 권순억² · 조용필¹ · 류진숙 · 이희경

Improved Cerebral Blood Flow and Cerebrovascular Reserve after Carotid Endarterectomy in Patients with Carotid Stenosis and Contralateral Carotid Occlusion: Acetazolamide Stress Brain SPECT Study

Jae Seung Kim, M.D., Dae Hyuk Moon, M.D., Geun Eun Kim, M.D.,¹ Jong-S Kim, M.D.,² Sun Uck Kweon, M.D.,² Yong Pil Cho, M.D.,¹ Jin Sook Ryu, M.D. and Hee Kyung Lee, M.D.

Departments of Nuclear Medicine and Neurology,² and Division of Vascular Surgery,¹ Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine

Abstract

Purpose: Carotid endarterectomy may benefit patients with bilateral carotid stenosis by improving cerebrovascular hemodynamics of ipsilateral as well as contralateral cerebral hemispheres. We investigated cerebrovascular hemodynamics after carotid endarterectomy in patients with contralateral carotid occlusion by acetazolamide stress brain SPECT. **Materials and Methods:** Subjects were 14 symptomatic patients (all men, mean age 66 yrs) with carotid stenosis (> 50%) with contralateral carotid occlusion. Acetazolamide stress Tc-99m ECD brain SPECTs were performed within 2 weeks before and after carotid endarterectomy using one day protocol. Cerebral blood flow (CBF) and cerebrovascular reserve (CVR) were assessed visually. In 12 patients, correlation between the patency of proximal anterior cerebral or anterior communicating arteries (A1/A-comm) and the improvement of CBF or CVR after endarterectomy was assessed. **Results:** Preoperative SPECT showed reduced CBF in 2 ipsilateral and 10 contralateral hemispheres. CVR was reduced in 4 ipsilateral and 9 contralateral hemispheres. Of 12 hemispheres with reduced CBF, 2 hemispheres (16.7%) showed improvement of CBF after endarterectomy. However, reduced CVR was improved in all 4 ipsilateral and 7 of 9 (78%) of contralateral hemispheres after endarterectomy. Three of 4 with stenotic A1/A-comm and 4 of 8 with patent A1/A-comm had reduced contralateral CVR. Reduced contralateral CVR improved in all 3 patients with stenotic A1/A-comm and 3 of 4 with patent A1/A-comm. **Conclusion:** Acetazolamide stress brain SPECT demonstrated improvement of compromised cerebrovascular reserve in not only ipsilateral but also contralateral hemispheres of patients with contralateral carotid occlusion after carotid endarterectomy, and may, therefore, be useful for evaluating cerebral blood flow and cerebrovascular reserve after carotid endarterectomy. (Korean J Nucl Med 1999;33:352-61)

Key Words: Tc-99m ECD, Acetazolamide, SPECT, Carotid stenosis, Carotid endarterectomy, Cerebral ischemia

Received Jul. 6, 1999; revision accepted Aug. 2, 1999.

Corresponding Author: Dae Hyuk Moon, M.D., Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, 388-1, Poongnap-dong, Songpa-gu, Seoul, 138-736, Korea. Tel: (02) 2224-4592, Fax: (02) 2224-4588, E-mail: dhmoon@www.amc.seoul.kr.

※ 이 연구는 1997년도 과학기술처 원자력중장기 연구의 지원에 의한 결과임.

서 론

경동맥 및 뇌혈관 질환에 의한 뇌졸중(stroke)은 동맥경화성 혈관질환의 증가에 따라 그 발생률이 증가하여, 우리 나라에서 단일질환으로는 가장 흔한 사망원인이다. 이러한 경동맥 및 뇌혈관 질환에 의한 뇌경색(cerebral infarction)을 예방하기 위하여 뇌경색의 발생위험이 높은 환자를 조기에 진단하고 치료하는 것이 필요하다. 이러한 예방적 치료로서 항응고제나 항고혈압제 같은 내과적 치료와 함께 경동맥 내막절제술(carotid endarterectomy)이나 외-내 뇌동맥 우회로술(extracranial-intracranial arterial bypass, EC-IC bypass)과 같은 수술적 치료가 있다.¹⁻³⁾

경동맥 내막절제술은 증상이 있는 내경동맥 협착(internal carotid artery stenosis) 환자나 일부 무증상 환자에서 뇌경색의 발생을 예방하는 데 효과적인이 여러 전향적 다기관 공동연구에서 증명되었다.^{1,2,4)} 경동맥 협착 환자의 뇌경색 발생은 내경동맥 협착부에서 발생한 색전증(embolism)이 주요 기전이므로, 경동맥 내막절제술은 색전(embolus)의 발생 부위 즉 협착 부위를 제거함으로써 색전성 뇌경색을 예방하는 데 효과적이다. 그러나 내경동맥 협착이 심할수록 뇌경색의 발생도 증가하므로 내경동맥 협착에 의한 뇌혈류(cerebral blood flow, CBF)의 감소도 뇌경색 발생의 주요 원인이라 할 수 있다.¹⁾

외-내동맥 우회로술은 내경동맥이나 중뇌동맥(middle cerebral artery) 등의 폐쇄가 있는 환자에서 혈류를 재개통하기 위해 시행되고 있는데 이 치료가 내과적 치료보다 뇌경색 예방에 있어 부가적인 효과가 없다는 보고도 있으나^{5,6)} 최근에 발표되는 연구들은 동맥폐쇄가 있는 영역의 뇌혈류나 뇌혈관 예비능(cerebrovascular reserve, CVR)이 감소된 환자에서 선택적으로 우회로술을 시행하는 것이 유용하다는 결과를 보여주고 있다.^{7,9)}

내경동맥 협착에 의한 뇌혈류 변화는 협착에 의한 뇌혈관의 관류압(perfusion pressure) 감소뿐만 아니라 뇌혈관 예비능과 윌리셔 환(circle of Willis)을 통한 측부순환 등에 의해 결정되는데, 내경동맥

협착이 있는 환자에서 반대측 내경동맥의 협착 여부는 측부순환의 적절성을 유지하는 데 매우 중요하고,^{10,11)} 내경동맥 협착이 있는 환자에서 뇌경색의 발생은 반대측 내경동맥에 심한 협착이나 폐쇄(occlusion)가 있을 경우 증가한다.¹⁾ 따라서 내경동맥의 협착과 함께 반대편의 내경동맥이 폐쇄된 환자에서 뇌혈류역학적 상태를 평가하는 것은 뇌경색의 위험이 보다 높은 환자군을 선별하여 경동맥 내막절제술이나 외-내뇌동맥 우회로술과 같은 수술적 치료 여부를 고려하는데 도움을 줄 수 있으며, 수술 후의 평가를 통하여 반대측 내경동맥 폐쇄에 대한 예후와 추가적인 치료의 여부를 결정하는 데 중요할 수 있다.

본 연구는 반대측 내경동맥의 폐쇄를 동반한 양측성 내경동맥 협착 환자에서 경동맥 내막절제술을 시행하기 전과 시행한 후의 뇌혈류와 뇌혈관 예비능의 변화를 아세타졸아미드 부하 뇌혈류 SPECT로 평가하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

1997년 1월부터 99년 3월까지 50% 이상의 내경동맥 협착으로 경동맥 내막절제술을 시행받은 74명의 환자 중 수술 전 반대측 내경동맥의 폐쇄가 동반되었던 14명의 환자를 대상으로 하였다. 14명은 모두 남자로, 나이는 51세에서 78세까지 평균 66세이었다. 내원시 주된 증상은 반복적인 일과성 뇌허혈(transient ischemic attack)이 6예였고 가역적 허혈성 신경 결손(reversible ischemic neurologic deficit, RIND)이 1예, 경증의 뇌경색이 5예 그리고 심한 신경학적 결손을 동반한 중증도의 뇌경색이 2예였다(Table 1).

경동맥 내막절제술은 부분마취(cervical ganglion block)하에서 숙련된 혈관외과의사에 의해서 시행되었고, 수술 전과 수술 후에 동일한 신경과의사에 의해 신경학적 진찰이 이루어졌다.

2. 경동맥 및 뇌혈관 평가

14예 모두에서 수술 전 2주 이내에 경동맥 도플러 초음파(Carotid Doppler Ultrasonography)를 시

행하여 수술할 경동맥의 협착 정도와 반대측 경동맥의 폐쇄 유무를 평가하였고, 뇌혈관조영술(Percutaneous Transfemoral Carotid Angiography, 8예)이나 MRI 및 MR 혈관조영술(Magnetic Resonance Angiography, 5예) 혹은 보조적으로 경두개 도플러 초음파(Transcranial Doppler, 4예)를 시행하여 경동맥 및 뇌혈관의 협착 유무와 정도 그리고 윌리씨 환과 같은 측부순환로를 평가하였다.

경동맥의 협착 정도는 협착 원위부의 정상 혈관내경에 대한 협착부 내경의 백분율로 평가하였다. 윌리씨 환의 평가는 뇌혈관조영술의 경우 협착부 내경 동맥조영술시 반대측 중뇌동맥이 조영될 때는 정상으로 생각하였고 전뇌동맥(anterior cerebral artery)이나 전교통동맥(anterior communicating artery)이

조영되지 않거나 협착이 있을 때 혈류 장애가 있는 것으로 평가하였다. 또한 MR 혈관조영술의 경우 전뇌동맥이나 전교통동맥의 혈류 신호가 보이지 않거나 국소적으로 50% 이상의 협착이 있을 경우 윌리씨 환을 통한 혈류 소통에 장애가 있을 것으로 평가하였다.

수술을 한 후에는 2주 이내에 경동맥 도플러를 시행하여 수술한 내경동맥의 개통(patency) 유무를 평가하였다.

3. 아세타졸라미드 부하 뇌혈류 SPECT

14예 모두 수술 전 2주 이내에 SPECT를 시행하였고 수술 후 2주 이내에 추적 SPECT를 시행하였다. 기저(basal) SPECT와 아세타졸라미드 부하

Table 1. Clinical, Radiologic and Acetazolamide Stress Tc-99m ECD SPECT Data of Patients with Carotid Stenosis and Contralateral Carotid Occlusion

No.	Age/ Sex	Symptom	Carotid stenosis	Angiography	Circle of willis	Infarction	Tc-99m ECD SPECT*			
							Preoperative ipsi contra	Postoperative ipsi contra		
1	57/M	minor stroke	90%	TFCA	Acom occlusion	ipsi	N/N	N/R	N/N	N/N
2	78/M	minor stroke	90%	TFCA & MRA	A1 occlusion	no	N/R	R/R	N/N	R/N
3	71/M	TIA	90%	MRA	A1 stenosis	no	R/N	N/N	R/N	N/N
4	71/M	RIND	90%	MRA	A1 stenosis	no	N/N	R/R	N/N	R/R [†]
5	63/M	minor stroke	80%	TFCA	patent	contra	N/N	R/N	N/N	R/N
6	69/M	stroke	60%	MRA	patent	contra	N/N	R/N	N/N	R/N
7	67/M	TIA	65%	TFCA	patent	no	N/N	R/N	N/N	R/N
8	58/M	minor stroke	55%	TFCA	patent	no	N/N	R/R	N/N	R/N
9	62/M	TIA	60%	TFCA	patent	no	N/N	R/R	N/N	R/R [†]
10	65/M	stroke	75%	MRA	patent	contra	N/R	N/N	N/N	N/N
11	68/M	TIA	70%	TFCA	patent	contra	N/R	R/R	N/N	R/R
12	51/M	TIA	95%	TFCA	patent	no	R/R	N/R	N/N	N/N
13	66/M	TIA	70%	not done	unknown	contra	N/N	R/R	N/N	R/N
14	75/M	minor stroke	60%	not done	unknown	contra	N/N	R/R	N/N	R/N

Acom: anterior communicating artery; A1: proximal first portion of anterior cerebral artery; contra: contralateral hemisphere; ipsi: ipsilateral hemisphere; MRA: magnetic resonance angiography; RIND: reversible ischemic neurologic deficit; TFCA: percutaneous transfemoral carotid angiography; TIA: transient ischemic attack.

* SPECT Type: Type N/N=normal CBF/normal CVR, Type R/N=reduced CBF/normal CVR, Type N/R=normal CBF/reduced CVR, Type R/R=reduced CBF/reduced CVR.

† cases with improvement in severity of CBF or CVR after carotid endarterectomy even though without change in SPECT types.

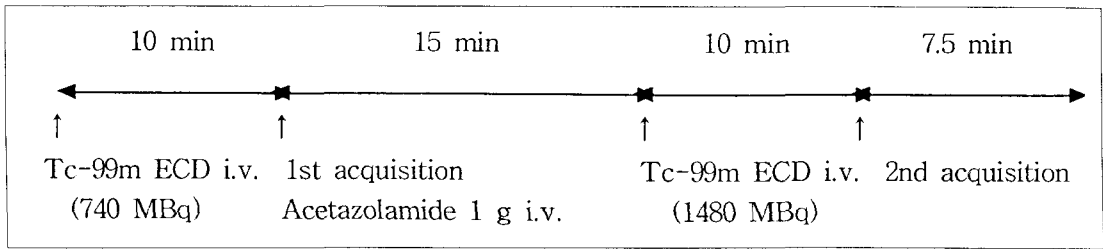


Fig. 1. One day protocol of basal and acetazolamide stress Tc-99m ECD brain SPECT. At 10 min after injection of Tc-99m ECD, basal SPECT acquisition was started and 1 g of acetazolamide was injected.

SPECT는 모두 같은 날 하루검사 프로토콜(Fig. 1)로 시행하였다.¹²⁾ 환자가 어두운 조명하에 5분간 누운 후 눈을 감은 상태에서 Tc-99m ECD 740 MBq를 정맥주사하였고 10분 후에 기저영상을 얻기 시작하였다. 이때 아세타졸라미드 1 g을 2분에 걸쳐 서서히 정맥주사하였다. 기저영상을 얻은 직후 Tc-99m ECD 1480 MBq를 다시 정맥주사한 후 10분 후에 아세타졸라미드 부하 SPECT 영상을 얻었다.

SPECT 영상은 저에너지 고해상도 평행조준기를 부착한 3중헤드 SPECT (Triad XLT 20, Trionix, OH, USA)로 투사당 기저영상은 30초, 부하영상은 15초씩, 128×128 매트릭스, 총 90개의 투사상을 각각 얻었다. 아세타졸라미드 부하 감산영상은 부하영상의 투사상에서 영상획득시간의 차이를 보정하기 위하여 상수 2를 곱한 후 기저영상의 투사상을 감산하여 얻었다. 여과 후 역투사(filtered backprojection)와 Hamming 필터(cutoff frequency=0.80-0.85 cycle/cm)를 사용하여 orbitomeatal line에 평행하게 횡단면상을 재구성하고 시상 및 관상영상을 얻었다.

4. SPECT 영상 분석

수술 전후 SPECT 영상을 환자의 임상 소견을 모르는 두 명의 핵의학과 의사가 Sunsparc 10 workstation에서 sunview program의 ten band color display를 이용하여 각각 육안으로 판독을 한 후 합의 하에 뇌혈류 및 뇌혈관 예비능의 저하 유무와 위치, 범위, 그리고 수술 후의 변화를 수술한 부위의 동측(ipsilateral)과 반대측(contralateral)의 대뇌반구(cerebral hemisphere)로 각각 나누어 평가하였다.

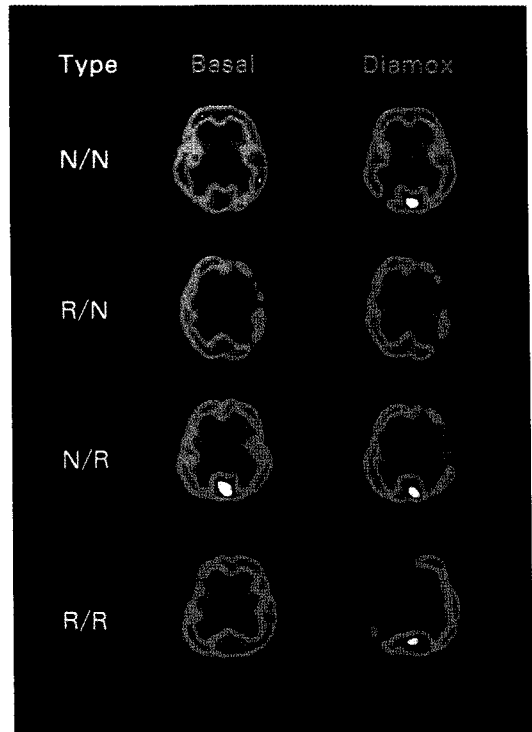


Fig. 2. The results of Tc-99m ECD SPECT were classified into 4 types according to the findings of basal and acetazolamide stress SPECT: Type N/N=normal CBF/normal CVR; Type R/N=reduced CBF/normal CVR; Type N/R=normal CBF/reduced CVR; Type R/R=reduced CBF/reduced CVR.

뇌혈류는 기저 SPECT 영상에서 소뇌반구 중심 부위의 섭취강도가 최대(>90%)가 되도록 조정 한 후 전뇌동맥 영역의 1/2이나 중뇌동맥 영역의 1/3 이상인 대뇌피질 부위가 최대 섭취강도의 60% 이하(녹색, 파란색, 검정색계열)를 보일 경우에 감소하였다

고 판독하였다.^{13,14)} 이때 뇌경색이 있는 환자에서는 교차성 소뇌해리(crossed cerebellar diaschisis)가 없는 뇌경색의 동측 소뇌반구를 기준으로 하였다.

뇌혈관 예비능은 기저영상과 감산영상의 소뇌반구의 섭취강도를 동일하게 맞춘(normalization) 후 전뇌동맥 영역의 1/2이나 중뇌동맥 영역의 1/3 이상인 부위에서 기저영상보다 감산영상이 10% 이상 낮을 경우에 감소한 것으로 판독하였다.

또한 위 방법으로 평가된 각 환자의 뇌혈류와 뇌혈관 예비능 소견을 네 가지 유형(Type N/N=normal CBF/normal CVR; Type R/N=reduced CBF/normal CVR; Type N/R=normal CBF/reduced CVR; Type R/R=reduced CBF/reduced CVR) (Fig. 2)으로 분류하여 수술 부위의 동측과 반대측의 대뇌반구에서 수술후의 변화를 각각 분석하였다.^{13,15)}

결 과

1. 임상 및 방사선학적 소견

14명의 임상적 소견 및 방사선학적 소견은 Table 1과 같다. 혈관조영술 및 MR 혈관조영술에서 좌우 중뇌동맥을 연결하는 전교통동맥과 양측 전뇌동맥의 개통유무를 확인할 수 있었던 12예(1예는 혈관조영술과 MR 혈관조영술을 모두 시행함) 중 8예는 정상이었으며 나머지 4예는 국소적 협착 혹은 폐쇄가 있었다.

수술 후 시행한 경동맥 도플러 초음파검사서 14명 모두 내경동맥의 재개통과 정상 혈류 속도(peak systolic velocity=74±14 cm/sec)를 보였고 수술 후 신경학적 합병증은 없었으며 3명에서 수술 전 있었던 지남력이나 기억력 같은 전반적인 대뇌기능의 저하가 호전되었다.

2. SPECT 소견

수술 전 뇌경색에 의한 대뇌피질의 혈류 결손은 7예에서 있었고 이 중 6예가 내경동맥의 폐쇄가 있었던 반대측이었다. 내경동맥의 협착이 있었던 수술 부위(동측)의 수술 전 뇌혈류와 뇌혈관 예비능의 감소는 14예 중 각각 2예(14.3%)와 4예(28.6%)에서 있었던 반면 반대측 내경동맥 폐쇄 부위의 뇌혈류와

뇌혈관 예비능의 감소는 각각 10예(71.4%)와 9예(64.3%)에서 있었다(Table 2). 수술 후 뇌혈류나 뇌혈관 예비능의 악화 및 새로운 뇌경색에 의한 혈류 결손은 없었다. 수술 전 감소된 뇌혈류를 보였던 12개의 대뇌반구 중 2예(16.7%)에서 수술 후 뇌혈류의 증가가 있었는데 이 중 1예는 반대측의 대뇌반구이었다. 반면에 감소된 뇌혈관 예비능을 보였던 13개의 대뇌반구에서는 11예(84.6%)에서 수술 후 뇌혈관 예비능이 호전되었는데 수술 부위는 100% (4/4), 반대측도 78% (7/9)에서 호전되었다(Table 2) (Fig. 3).

수술 전 SPECT 영상 소견으로 분류한 네 가지 유형 중 수술 후 변화는 수술 부위와 수술 반대측 부위 모두 N/R형과 R/R형에서만 있었는데 뇌혈류의 호전이 있었던 2예는 모두 R/R형으로 뇌혈관 예비능의 호전이 동반되었다(Fig. 3).

수술 전 좌우 내경동맥을 연결해 주는 전교통동맥과 전뇌동맥 근위부(A1 portion)의 혈관 상태를 혈관조영술로 평가할 수 있었던 12예 중 8예에서는 율리씨환이 정상이었다. 전교통동맥이나 전뇌동맥 근위부의 협착 또는 폐쇄가 있었던 4예 중 3예, 협착이 없었던 8예 중 4예에서는 반대측의 뇌혈관 예비능이 감소되어 있었다. 반대측의 뇌혈관 예비능이 감소되었던 7예 중에서 협착이 없던 1예에서만 수술 후 반대측의 예비능이 호전되지 않았고, 나머지 6예는 모두 뇌혈관 예비능이 수술 후 호전되었다.

고 찰

경동맥 협착 환자에서 경동맥 내막절제술은 협착 부위에서 발생할 수 있는 색전에 의한 뇌경색(embolic infarction)을 방지하는 것이 수술의 중요한 목적일 뿐만 아니라 좁아진 내경동맥으로 충분한 관류압이 대뇌로 전달되지 못하고 측부순환의 발달이 충분하지 못하여 동측 대뇌반구가 허혈상태에 있을 경우 내경동맥을 재개통해 줌으로써 허혈성 뇌경색을 방지하는 데도 큰 역할을 한다. 아세타졸아마이드 부하 뇌혈류 SPECT는 내경동맥 협착 환자에서 뇌혈류의 감소뿐만 아니라 뇌혈관 예비능이 감소된 부위를 발견함으로써 감소된 뇌혈류역학적 상태를 평가

Table 2. Changes of Cerebral Blood Flow (CBF) and Cerebrovascular Reserve (CVR) on Acetazolamide Stress Tc-99m ECD SPECT after Carotid Endarterectomy in 14 Patients with Ipsilateral Carotid Stenosis and Contralateral Carotid Occlusion

Ipsilateral Hemisphere				
Pattern* (No.)	CBF		CVR	
	Preop., ↓	Postop. improved	Preop., ↓	Postop. improved
N/N (n=9)				
R/N (n=1)	1	0		
N/R (n=3)			3	3
R/R (n=1)	1	1	1	1
Total (n=14)	2	1 (50%)	4	4 (100%)

Contralateral Hemisphere				
Pattern* (No.)	CBF		CVR	
	Preop., ↓	Postop. improved	Preop., ↓	Postop. improved
N/N (n=2)				
R/N (n=3)	3	0		
N/R (n=2)			2	2
R/R (n=7)	7	1	7	5
Total (n=14)	10	1 (10%)	9	7 (78%)

* Type N/N: normal CBF/normal CVR; R/N: reduced CBF/normal CVR; N/R: normal CBF/reduced CVR; R/R: reduced CBF/reduced CVR.

하는데 유용하고 또한 수술 후 혈류변화를 평가하는 데도 유용하다.^{13,16,17)}

본 연구결과에서 수술 전 뇌혈류와 뇌혈관 예비능은 내경동맥 협착으로 수술을 시행한 대뇌반구보다 내경동맥의 폐쇄가 있었던 반대측 대뇌반구에서 더욱 많은 빈도로 감소되어 있었다. 일반적으로 내경동맥의 협착이 있을 경우 대뇌반구의 뇌혈류는 협착의 정도와 측부 순환의 적절성 여부에 따라 정상 을 유지할 수도 있고 감소할 수도 있다. 뇌혈관 예비능의 감소여부는 적절한 측부순환 여부보다는 내경 동맥의 협착정도가 더 많은 영향을 준다고 보고된 바 있고,¹³⁾ 본 연구 대상의 경우는 중요한 측부순환 혈관 중의 하나인 반대측 내경동맥이 폐쇄되어 있어 뇌혈류를 유지하는데 측부순환의 역할이 상대적으로 미약하기 때문에 내경동맥의 협착이 있었던 대뇌 반구보다 폐쇄가 있었던 반대측 대뇌반구에서 뇌혈

류 및 뇌혈관 예비능의 감소가 더 많이 일어났으리 라 생각된다.

내경동맥 혹은 중뇌동맥의 협착이 있어 뇌관류압 이 감소하게 되면 자동조절로 뇌혈류를 유지하기 위 해 대뇌저항혈관들이 확장을 하게되고 뇌혈관 예비 능이 감소하게 된다. 그러나 협착의 정도가 더욱 심 해져 뇌관류압이 자동조절의 한계이하로 감소하면 뇌혈류도 감소하게된다. 이러한 경우 협착 부위를 재개통하여 뇌관류압이 증가되기 시작하면 일반적 으로 뇌혈류가 먼저 정상화하고 이어서 저항혈관의 확장이 사라져 뇌혈관 예비능이 증가하게 된다.¹⁸⁾ 그러나 본 연구에서는 수술 전 감소되어 있었던 뇌 혈류(25%)보다 뇌혈관 예비능(85%)이 더 높은 빈 도로 호전되었고 또 뇌혈류와 뇌혈관 예비능이 함께 감소되었으나 수술 후 호전이 있었던 6예 중 3예에 서는 뇌혈류와 뇌혈관 예비능이 모두 호전되었으나

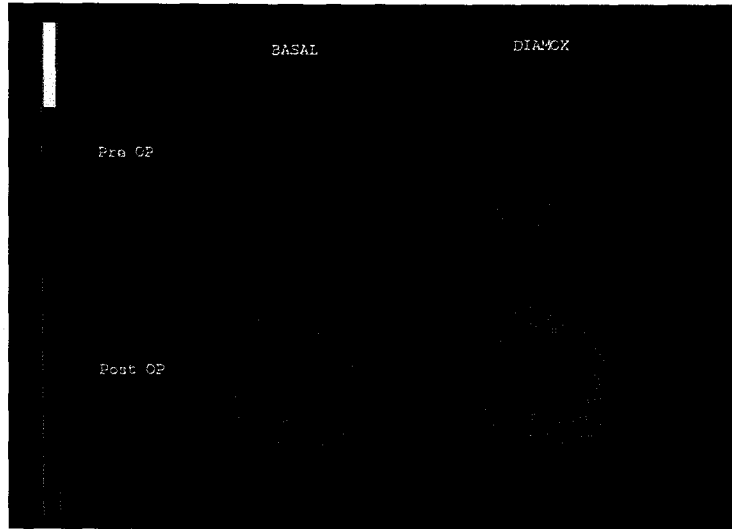


Fig. 3. 51-year-old man with severe left internal carotid artery stenosis and right internal carotid artery occlusion. Preoperative acetazolamide stress brain perfusion SPECT shows reduced cerebral blood flow (CBF) of left middle cerebral artery territories, and reduced cerebrovascular reserve (CVR) of both anterior and middle cerebral artery territories. After left carotid endarterectomy, follow-up SPECT depicts not only improvement of reduced CBF and CVR of ipsilateral (left) cerebral hemisphere but also improvement of reduced CVR of contralateral (right) hemisphere.

나머지 3예에서는 뇌혈관 예비능만 호전되었다. Ishikawa 등¹⁹⁾도 본 연구와 유사한 결과를 발표한 바 있는데, 그 원인은 뇌혈류의 감소가 자동조절 이하로 감소한 뇌관류압 때문이라기보다는 만성적인 뇌허혈 상태에 의해 측부순환은 어느 정도 발달하였으나 뇌위축이나 선택적 신경결손 혹은 뇌세포의 대사감소 등에 의한 이차적인 혈류 감소 때문으로 생각된다.

본 연구 결과에서 수술 전 감소되었던 뇌혈관 예비능이 수술을 시행한 대뇌반구뿐만 아니라 내경동맥의 폐쇄가 있는 반대측 대뇌반구에서도 높은 빈도(78%)로 증가되었는데, 그 이유는 내경동맥을 재개통해 줌으로써 윌리씨 환과 같은 측부순환로를 통해 내경동맥의 폐쇄가 있는 반대측 중뇌동맥과 전뇌동맥에 충분한 뇌관류압이 전달되었기 때문으로 생각된다. 따라서 수술 전 시행한 뇌혈관조영술로 윌리씨 환의 상태를 평가하면 수술 후 반대측 뇌혈류의 호전여부를 예측할 수 있으리라 기대된다. 하지만

본 연구에서 수술 전 좌우 내경동맥을 연결해주는 전교통동맥과 전뇌동맥 근위부(A1 portion)의 혈관상태를 혈관조영술로 평가할 수 있었던 12예 중 8예에서는 윌리씨환이 정상이었었는데 이 중 1예에서는 수술 후 수술 부위의 뇌혈관 예비능은 호전되었음에도 불구하고 반대측의 감소된 뇌혈관 예비능은 호전되지 않았고 혈관조영술에서 전교통동맥이나 전뇌동맥의 근위부에 협착이나 폐쇄가 있었던 4예 중 수술 전 반대측의 뇌혈관 예비능이 감소되었던 3예는 모두 수술 후 호전되었다. 이렇게 뇌혈관 조영술 소견과 뇌혈관 예비능의 호전 유무가 일부 증례에서 차이가 나는 이유로는 반대측 혈류개선에 본 연구에서 평가할 수 없었지만 후교통동맥(posterior communicating artery)이나 윌리씨 환 이외의 측부순환로가 기여하기 때문으로 생각되고 또한 반대측의 폐쇄된 내경동맥으로는 혈관조영술을 시행하지 못하기 때문에 협착 부위로 시행한 내경동맥 조영술만으로는 윌리씨환의 개통 여부를 완전히 평가하기 어려

을 수 있으며 MR 혈관조영술은 혈류량이 적거나 그 속도가 느릴 경우 혈관상태를 정확히 평가하기 어렵거나 실제보다 협착을 과다하게 평가할 수 있기 때문으로 생각된다.²⁰⁾ 따라서 수술 전 시행한 뇌혈관 조영술만으로 동측뿐만 아니라 반대측 뇌혈관 예비능의 호전 유무를 예측하는 것은 무리가 있으리라 생각된다.

본 연구의 결과처럼 양측의 내경동맥에 심한 협착이나 폐쇄가 있는 환자에서 협착이 있는 부위에 경동맥 내막절제술을 시행했을 때 반대측 폐쇄부의 뇌혈관 예비능도 증가할 수 있다는 사실은 SPECT를 이용한 연구에서는 보고된 바 없고, 경두개 도플러 초음파를 이용한 일부 연구에서는 보고된 바 있다.^{21,22)} 그러나 이들 연구에서 사용한 경두개 도플러 초음파검사는 간편하고 비침습적이라는 장점이 있지만 시술자의 숙련도에 따라 결과의 신뢰성이 좌우되고 또한 많은 환자의 경우에서 두개골에 의한 초음파의 감쇠 때문에(poor sonic window) 주요 뇌동맥의 혈류 측정을 실패할 수 있는 치명적 약점이 있다. 또한 뇌동맥 분지의 혈류 상태를 평가하기 어려워 국소 뇌혈류나 뇌혈관 예비능을 평가하기가 어렵다.²⁰⁾

경동맥 내막절제술은 감소된 뇌관류율을 호전시켜 허혈성 뇌경색을 방지할 뿐만 아니라 색전성 뇌경색을 예방하는 데 유용하다.^{1,2,4)} 따라서 수술 전 뇌혈류나 뇌혈관 예비능의 감소가 없는 환자에서도 색전성 뇌경색의 예방을 위해 시술이 이루어지고 있다. 또한 양측 내경동맥의 협착이 있는 환자에서도 단계적으로 양측 내경동맥을 모두 수술하는 추세이다. 반면에 내경동맥이나 중뇌동맥의 폐쇄가 있는 환자에서 외-내뇌동맥 우회로술의 유용성은 아직 논란의 여지가 있다. 본 연구는 양측성 내경동맥 협착 환자 중 한쪽의 내경동맥이 완전히 폐쇄된 환자들을 대상으로 하였다. 이런 환자들의 경우 협착 부위를 수술하였다 해도 반대측 내경동맥의 폐쇄는 교정되지 않은 상태이고 환자의 증상이나 뇌경색의 발생가능성은 반대측 폐쇄 부위에서 여전히 남아 있다고 할 수 있다. 따라서 경동맥 내막절제술 후에도 아세타졸아미드 뇌혈류 SPECT를 시행하여 동측 및 반대편의 뇌혈류와 뇌혈관 예비능의 상태를 평가는

것은 반대측 내경동맥 폐쇄 부위에 외-내뇌동맥 우회로술을 부가적으로 시행해야 할지, 내과적 치료만을 해야 할지를 결정하는 데 있어서 중요하리라 생각된다. 그러나 내경동맥의 협착과 함께 반대편의 내경동맥이 폐쇄된 환자에서 양측 모두 뇌혈관 예비능이 감소된 군이 정상인 군보다 뇌경색의 위험이 더 높은지 또는 경동맥 내막절제술 후에도 지속적인 반대측 뇌혈관 예비능의 감소가 있는 환자 군에서 추가적인 수술이 도움이 되는지는 보다 많은 수의 환자에서의 전향적 연구를 통하여 결론을 내려야 할 것이다.

아세타졸아미드 뇌혈류 SPECT는 뇌혈관 질환의 뇌혈류역학을 평가하는 데 유용한 검사이다. 그러나 PET와는 달리 정확한 뇌혈류나 국소 산소추출률등을 정량적으로 평가하기 어려운 단점이 있다. 최근 SPECT에서도 한두 번의 혈액 채취만으로 뇌혈류나 뇌혈관 예비능을 정량적으로 시행할 수 있는 방법들이 보고되고 있지만^{23,24)} 아직까지 널리 검증되지 않았고, 검사 중 환자의 동맥혈을 채취해야 하는 단점 때문에 정량적 방법보다는 육안적 분석이나 반정량적 분석이 실제 임상적 이용에서 선호되고 있다. SPECT 검사 후 육안적 분석은 경미한 변화의 경우 판독자의 주관성이 개입되기 쉽고 본 연구처럼 양측성 내경동맥이나 뇌혈관 질환이 있는 환자에서 좌우 대뇌반구의 뇌혈류가 균등히 감소되어 비대칭성이 보이지 않을 경우 이상 소견이 없는 것처럼 보일 수 있는 단점이 있다. 그러나 저자들은 SPECT 영상 판독시 수술 전후의 SPECT 소견 변화를 중심으로 분석하였고 아세타졸아미드 부하 SPECT를 기저 SPECT와 비교시나 수술 전후의 SPECT 영상을 비교시 정상이라고 생각되는 소뇌반구를 기준으로 비교하였기 때문에 위와 같은 오류는 적었으리라 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 감쇠교정(attenuation correction)이나 붕괴 교정(decay correction)을 하지 않았기 때문에 이로 인해 발생할 수 있는 오차를 교정하지 못한 점, 뇌혈관조영술시 추골동맥(vertebral artery)조영술의 실패 등으로 후교통동맥을 평가하지 못한 점, 수술 후 임상적 추적기간이 길지 않고 증례가 많지 않아서 반대측 대뇌반구의 뇌혈관 예비

능에 따른 뇌경색 발생률 등을 구하지 못한 점이다. 그러나 주로 관찰한 부위가 대뇌 피질로서 감쇠 보정을 하지 않은 영향은 미미할 것으로 생각된다. 붕괴 교정 역시 본 연구의 편독이 정성적이며, 소뇌를 기준으로 비교하였으므로 그다지 문제가 될 것으로는 생각되지 않는다.

결론적으로 아세타졸아미드 부하 뇌혈류 SPECT를 통하여 반대측 내경동맥의 폐쇄를 동반한 내경동맥 협착환자에서 경동맥 내막절제술이 수술 부위의 대뇌반구뿐만 아니라 반대측 대뇌반구의 뇌혈관 예비능도 호전시킴을 알 수 있었고, 따라서 아세타졸아미드 부하 뇌혈류 SPECT는 수술 전후의 뇌혈류 및 뇌혈관 예비능의 변화를 평가하는 데 유용하리라 생각된다.

요 약

목적: 경동맥 내막절제술은 양측성 경동맥 협착환자의 뇌혈류 개선에 도움을 줄 수 있다. 본 연구는 반대측 경동맥의 폐쇄가 있는 환자에서 경동맥 내막절제술 후 뇌혈류가 어떻게 변화하는지를 아세타졸아미드 부하 뇌혈류 SPECT로 평가하고자 하였다. **대상 및 방법:** 내경동맥 협착(>50%)으로 경동맥 내막절제술을 시행한 77명의 환자 중 반대측 내경동맥의 폐쇄가 있었던 14명(평균연령 66세, 모두 남자)을 대상으로 하였다. 하루검사 프로토콜로 Tc-99m ECD 아세타졸아미드 부하 SPECT를 수술 전 2주 이내와 수술 후 2주 이내에 시행하였다. SPECT 영상은 육안적 분석을 통해 뇌혈류와 뇌혈관 예비능의 감소 여부 및 수술 후 변화 여부를 평가하였다. 12명의 환자에서는 수술 전 윌리씨 환의 개통 유무를 수술 후 뇌혈관 예비능의 호전 유무와 비교하였다. **결과:** 수술 전 뇌혈류는 동측의 2예와 반대측의 10예에서 감소되어 있었고 이 중 2예(16.7%)에서 수술 후 뇌혈류가 호전되었다. 뇌혈관 예비능은 동측 대뇌반구에서 4예, 반대측은 9예에서 감소되어 있었고 수술 후 동측의 4예(100%)에선 모두, 반대측도 7예(78%)에서 호전되었다. 전뇌동맥이나 전교통동맥의 협착 혹은 폐쇄가 있으면서 반대측 뇌혈관 예비능이 감소되어 있었던 3예 모두와 전뇌동

맥과 전교통동맥이 정상이면서 반대측 뇌혈관 예비능이 감소되었던 4예 중 3예에서 수술 후 동측뿐만 아니라 반대측 뇌혈관 예비능이 호전되었다. **결론:** 아세타졸아미드 부하 뇌혈류 SPECT를 통하여 반대측 내경동맥의 폐쇄를 동반한 내경동맥 협착환자에서 경동맥 내막절제술이 수술 부위의 대뇌반구뿐만 아니라 반대측 대뇌반구의 뇌혈관 예비능도 호전시킴을 알 수 있었고, 따라서 아세타졸아미드 부하 뇌혈류 SPECT는 수술 전후의 뇌혈류 및 뇌혈관 예비능의 변화를 평가하는데 유용하리라 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial collaborators: Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high grade stenosis. *N Engl J Med* 1991; 325:445-53.
- 2) European Carotid Surgery Trialist's Collaborative Group: MRC European Carotid Surgery Trial: Interim results for symptomatic patients with severe (70-99%) or with mild (0-29%) carotid stenosis. *Lancet* 1991;337:1235-43.
- 3) Cote R, caron J-L. Management of Carotid Artery Occlusion. *Stroke* 1989;20:123-6.
- 4) Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study collaborators: Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. *JAMA* 1995;273:1421-8.
- 5) The EC-IC Bypass Study Group. Failure of extracranial-intracranial arterial bypass to reduce the risk of ischemic stroke. Results of an international randomized trial. *N Engl J Med* 1985;313:1191-200.
- 6) The EC-IC Bypass Study Group. The international cooperate study of extracranial-intracranial arterial anastomosis (EC-IC bypass study): methodology and entry characteristics. *Stroke* 1985; 16:397-405.
- 7) Muraishi K, Kameyama M, Sato K, Sirane R, Ogawa A, Yoshimoto T, et al. Cerebral circulatory and metabolic changes following EC/IC bypass surgery in cerebral occlusive diseases. *Neurol Res* 1993;15:97-103.
- 8) Yasui N, Suzuki A, Sayama I, Kawamura S, Shishido F, Kazuo Uemura. Comparison of the clinical results of STA-MCA anastomosis and the

- medical treatment in the cerebral low perfusion patients with viable brain tissue. *Neurol Res* 1991;13:84-8.
- 9) Piepgras A, Leinsinger G, Kirsch CM, Schmiedek P. STA-MCA bypass in bilateral carotid artery occlusion: Clinical results and long-term effect on cerebrovascular reserve capacity. *Neurol Res* 1994;16:104-7.
 - 10) Powers WJ. Cerebral hemodynamics in ischemic cerebrovascular disease. *Ann Neurol* 1991;29:231-40.
 - 11) Gibbs JM, Wise RJS, Leenders KL, Jones T. Evaluation of cerebral perfusion reserve in patients with carotid-artery occlusion. *Lancet* 1984;310-14.
 - 12) Hattori N, Yonehura Y, Tanaka F, Fujita T, Wanf J, Ishizu K, et al. One-day protocol for cerebral perfusion reserve with acetazolamide. *J Nucl Med* 1996;37:2057-61.
 - 13) Hosoda K, Fujita S, Kawaguchi T, Shose Y, Shibata Y, Tamaki N. Influence of degree of carotid artery stenosis and collateral pathways and effect of carotid endarterectomy on cerebral vasoreactivity. *Neurosurgery* 1998;42:988-995.
 - 14) Brain Perfusion is abnormal in cocaine-dependent polydrug users: a study using technetium-99m-HMPAO and SPECT. Holman BL, Carvalho PA, Mendelson J, Teoh SK, Nardin R, Hallgring E, et al. *J Nucl Med* 1991;32:1206-10.
 - 15) Burt RW, Witt RM, Cikrit DF, Reddy RV. Carotid artery disease: evaluation with acetazolamide-enhanced Tc-99m HMPAO SPECT. *Radiology* 1992;182:461-6.
 - 16) Cikrit DF, Burt RW, Dalsing MC, Lalka SG, Sawchuk AP, Waymire B, et al. Acetazolamide enhanced single photon emission computed tomography (SPECT) evaluation of cerebral perfusion before and after endarterectomy. *J Vasc Surg* 1992;15:747-54.
 - 17) Kuroda S, Kamiyama H, Abe H, Houkin K, Isobe M, Mitsumori K. Acetazolamide test in detecting reduced cerebral perfusion reserve and predicting long-term prognosis in patients with Internal Artery Occlusion. *Neurosurgery* 1993;32:912-9.
 - 18) Powers WJ, Press GA, Grubb RL, Gado M, Raichle ME. The effect of hemodynamically significant carotid artery disease on the hemodynamic status of the cerebral circulation. *Ann Intern Med* 1987;106:27-35.
 - 19) Ishikawa T, Houkin K, Abe H, Isobe M, Kamiyama H. Cerebral hemodynamics and long term prognosis after extracranial-intracranial bypass surgery. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1995;59:625-8.
 - 20) Baumgartner RW, Mattle HP, Aslid R. Transcranial color-coded duplex sonography, magnetic resonance angiography, and computed tomography angiography: methods, applications, advantages, and limitations. *J Clin Ultrasound* 1995;23:89-111.
 - 21) Markus HS, Harrison MJ, Adisesiah. carotid endarterectomy improves hemodynamics on the contralateral side: implications for operating contralateral to an occluded carotid artery. *Br J Surg* 1993;80:170-2.
 - 22) Visser GH, Huffelen AC, Wieneke GH, Eikelboom BC. Bilateral Increase in CO₂ reactivity after unilateral carotid endarterectomy. *Stroke* 1997;28:899-905.
 - 23) Odano I, Ohkubo M. Quantification of cerebral blood flow using technetium-99m ethyl cysteinate dimer and single photon emission tomography. *Eur J Nucl Med* 1999;26:246-52.
 - 24) Takeuchi R, Matsuda H, Yonekura Y, Sakaha H, Konishi J. Noninvasive quantitative measurements of regional cerebral blood flow using technetium-99m-L,L-ECD SPECT activated with acetazolamide. Quantification analysis by equal volume split ^{99m}Tc-ECD consecutive SPECT method. *J Cereb Blood Flow Metab* 1997;17:1020-32.