

경동맥 내막절제술 후 조기 합병증(<30일) 발생에 대한 고찰 및 술 후 뇌경색 발생 위험인자 분석

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 외과학교실, ¹신경과학교실, ²영상의학교실

이경복 · 이광호¹ · 정진상¹ · 김경문¹ · 변홍식² · 전 평² · 김건하² · 김동익 · 김영욱

Carotid Endarterectomy: Analysis of Early Complications (<30 days) and Risk Factors for Postoperative New Brain Infarction

Kyung-Bok Lee, M.D., Kwang-Ho Lee, M.D.¹, Chin-Sang Chung, M.D.¹,
Gyeong-Moon Kim, M.D.¹, Hong-Sik Byun, M.D.², Pyoung Jeon, M.D.²,
Keon-Ha Kim, M.D.², Dong-Ik Kim, M.D., Young-Wook Kim, M.D.

Departments of Surgery, ¹Neurology and ²Radiology, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: We aimed to evaluate the early (<30 days) results and to analyze risk factors for the development of stroke and new brain infarction (NBI) after carotid endarterectomy (CEA).

Methods: From September 2003 to August 2008, 233 CEAs were performed on 222 patients with critical internal carotid artery (ICA) stenosis in a single center. Patient characteristics, history of neurological symptoms, procedural details, and postoperative complications were examined based on the medical records. The incidence and risk factors for early postoperative stroke were evaluated. After excluding CEAs without performing diffusion-weighted brain MRI, 128 CEAs were investigated for frequency and the risk factors of NBI were analyzed. Chi-square test, Fisher's exact test, Student T-test, and logistic regression model were used for statistical analysis.

Results: Of a total of 233 CEAs, any and ipsilateral stroke rates were 1.3% and 0.4%, respectively. There was no early postoperative mortality. Early postoperative complications included 4.3% in transient cranial nerve injury, 1.7% in myocardial infarction, and 3.4% in hematoma. In univariate analysis, the significant risk factor for stroke was plaque ulceration (P=0.04). The frequency of NBI and ipsilateral NBI were 8.4% and 3.1%, respectively. The ulceration on ipsilateral ICA revealed statistically significant risk factors for the development of NBI (RR, 5.29; 95% CI, 1.024~27.325; P=0.04).

Conclusion: Our study showed a lower incidence of stroke and NBI after carotid endarterectomy and that it is safe procedure for the treatment of patients with severe (>70%) carotid stenosis. We also found that plaque with ulceration was a significant risk factor for the development of postoperative NBI. (J Korean Surg Soc 2009;77:195-201)

Key Words: Endarterectomy, Carotid artery, Stroke, Brain infarction, Risk factors

중심 단어: 내막절제술, 경동맥, 뇌졸중, 뇌경색, 위험인자

서 론

책임저자: 김영욱, 서울시 강남구 일원동 50번지
☎ 135-710, 성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 외과
Tel: 02-3410-3461, Fax: 02-3410-0040
E-mail: ywkim@skku.edu

접수일 : 2009년 5월 16일, 게재승인일 : 2009년 7월 2일

뇌졸중은 전세계적으로 두 번째로 흔한 사망원인이며,⁽¹⁾
2006년 통계청 자료에 의하면 국내에서도 악성 신생물에

이어 두 번째로 흔한 사망원인으로 조사되고 있다.

뇌졸중의 원인으로 허혈성 뇌졸중이 전체 뇌졸중의 80%를 차지하며,(2) 이러한 허혈성 뇌졸중의 약 15~20%가 두개강외 내경동맥 협착증에 의해 발생한다고 알려져 있다.(3)

1954년 Eastcott 등(4)이 첫 번째로 성공적인 경동맥 내막절제술을 보고한 이후, 경동맥 내막절제술은 내경동맥 협착증에 대한 전향적 무작위 대조시험을 거쳐, 중증의 내경동맥 협착증 환자에서 뇌졸중을 예방하기 위한 효과적인 표준치료법이 되었으며, 미국에서 가장 흔히 시행하는 말초혈관 수술이 되었다.(5) 2004년 미국 식품의약국(Food and Drug Administration, FDA)에서 경동맥 내막절제술에 대한 고위험군 환자에서 신경학적 증상을 동반한 중증 경동맥 협착증의 치료로 경동맥 스텐트 삽입술이 인준된 이후, 현재는 이 기술이 경동맥 내막절제술의 대안으로까지 제시되고 있으나 그 역할 및 안정성에 대해서는 아직 논란의 여지가 있는 실정이다. 또한, 경동맥 내막절제술의 성적도 많은 발전을 거듭하여 최근의 몇몇 조사에 의하면 수술 후 조기 뇌졸중 발생률을 1% 내외로 보고하고 있다.(6,7)

최근 생활습관의 서구화, 건강에 대한 지식의 향상과 함께 뇌졸중의 원인으로 경동맥 협착증에 대한 관심이 증대되어 이의 진단이 증가하고 있으나, 국내에서는 외과영역에서도 경동맥 내막절제술이 아직 보편화되어 있지 않은

상태이며, 그 결과 또한 많이 보고되어 있지 않다.

본 연구에서는 본원에서 지난 5년간 시행한 233건의 경동맥 내막절제술에 대한 조사를 통해 수술 후 30일 이내의 조기 뇌졸중 발생률 및 사망률 등의 수술 성적과 수술 후 확산강조 자기공명영상(diffusion-weighted magnetic resonance image, DW-MRI)에서 새로운 뇌경색 병변의 발생률을 조사하고, 이들의 발생 위험인자들을 조사하고자 하였다.

방 법

2003년 9월부터 2008년 8월까지 본원에서 내경의 70%를 초과하는 중증의 경동맥 협착증을 가진 총 222명 환자에서 시행한 233예의 경동맥 내막절제술 대상으로 후향적 조사를 시행하였다.

중증 여부는 경동맥 협착증에 대한 횡단면 및 종단면에서의 흑백영상 및 색혈류 영상에 의한 듀플렉스 초음파(ACCUSON Antares[®], Simens Medical Solution Inc, CA, USA)소견을 기준으로 하였으며, 이러한 듀플렉스 초음파는 ARDMS (American Registry for Diagnostic Medical Sonography)에 의해 공인된 경험 많은 방사선사에 의해 시행되었다. 듀플렉스 초음파에서 중증의 경동맥 협착증으로 치료 대상인 환자들은 경동맥 컴퓨터단층 혈관조영술(CTA)을 시행하여 협착부위의 특징 및 범위를 파악하였다. 또한 수

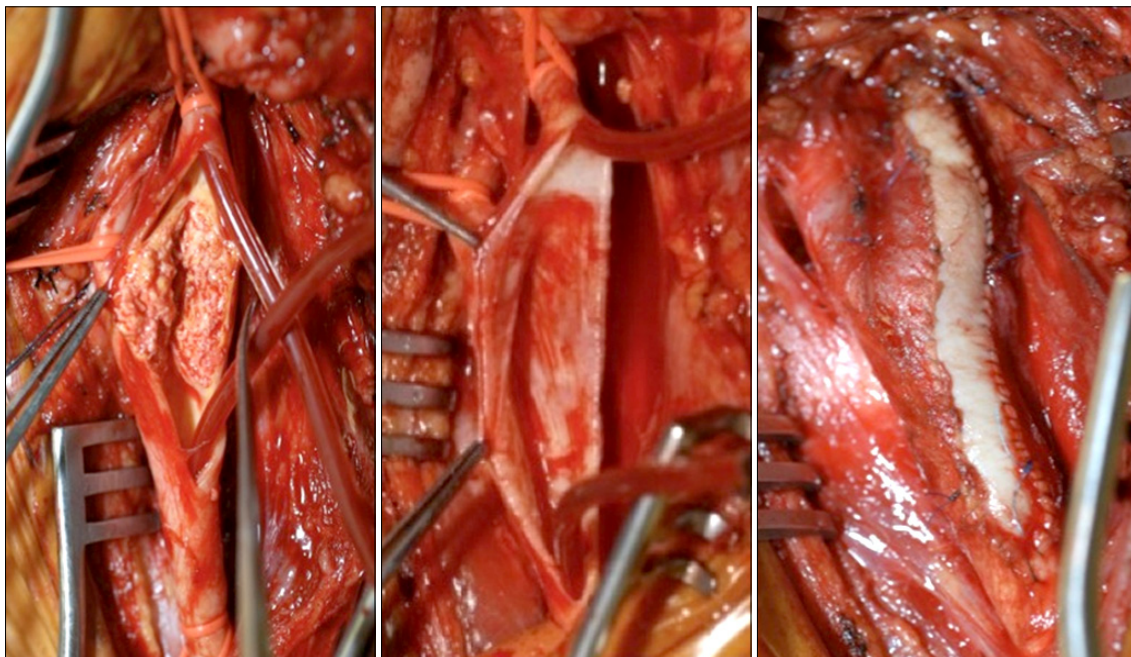


Fig. 1. Carotid endarterectomy with patch closure.

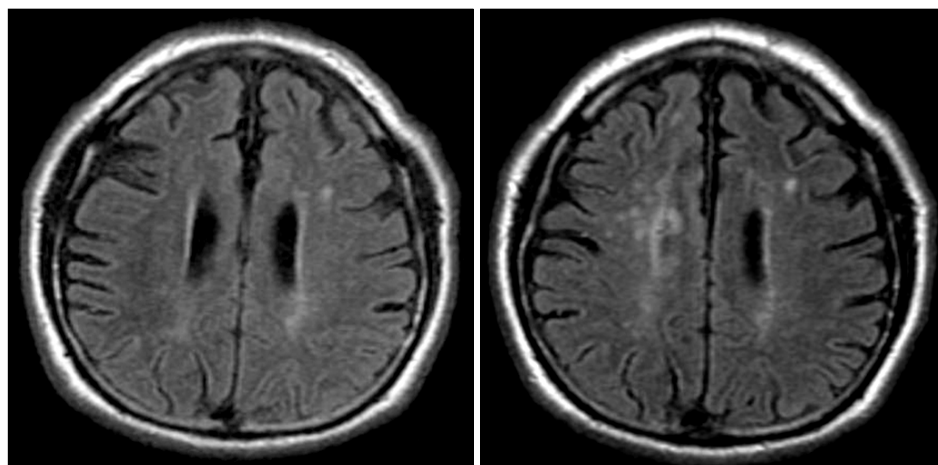


Fig. 2. New brain infarction after carotid endarterectomy.

술 전 모든 환자들은 신경과 전문의의 검진을 통하여 신경학적 증상의 병력 유무를 조사하였으며, 무증상 또는 증상이 있는 경동맥 협착증으로 분류하였다.

수술은 전례에서 전신마취 하에 Pruitt-Inahara® carotid shunt를 이용하여 수술 시 뇌혈류를 유지하였으며, 경동맥 차단 전에는 헤파린을 정맥 투여하여 급성 혈전증의 발생을 방지하였다. 내막절제술 후 경동맥 봉합방법은 경동맥의 직경 및 술자의 기호에 따라 일차봉합술 또는 첩포성형술을 시행하였다(Fig. 1).

뇌졸중 발생률은 전체 뇌졸중 및 동측 뇌졸중 발생률로 구분하였으며, 뇌졸중 후 후유증의 중등도 정도에 따라 modified Rankin scale을 적용하여 3점 이상인 경우에 disabling stroke으로 분류하였다.(8) 수술 전후 모든 환자들은 신경과 전문의의 자문을 통하여 뇌신경 합병증 발생 여부에 대한 평가를 시행하였다. 또한 수술 후 새로운 뇌경색 병변의 발생은 임상증상과 수술 후 한 달 이내에 시행한 DW-MRI를 수술 전과 비교하였으며(Fig. 2), 영상의학과 전문의의 판독에 기초하여 평가하였다. 수술 후 심장 합병증의 발생 여부에 대한 평가를 위해 수술 후 3일간 심전도 및 혈청 CKMB (myocardial bound isoenzyme of creatinine kinase)와 Troponin I을 측정하였으며, 심근 경색증은 2007년 발표된 Joint of ESC/ACCF/AHA/WHF의 기준에 따라 진단하였다.(9)

수술 후 뇌졸중 및 새로운 뇌경색 병변의 발생에 영향을 미치는 위험인자 분석을 위한 통계적 방법으로는 단변량 분석법으로 chi-square test, Fisher's exact test, Mann-Whitney test를, 다변량 분석법으로 binary logistic regression model을 이용하여 검정하였다. 통계적 유의수준은 $P < 0.05$ 를 기준

Table 1. Characteristics of patients and carotid lesions

Characteristics	Carotid endarterectomy (n=233)
Age	67.5±6.4*
Age ≥ 80 years	7
Male	208 (89.3%)
Symptomatic ICA [†] stenosis (<6 mo)	93 (39.9%)
TIA [‡]	39%
Amaurosis fugax	8%
Stroke	46%
Stenosis degree	75.3±8.4*
Contralateral ICA occlusion	18 (7.7%)
High stenosis [§]	20 (8.6%)
Ulceration on plaque	28 (12%)
Coexisting diseases	
Hypertension	181 (77.7%)
Diabetes mellitus	97 (41.6%)
Smoking	101 (43.3%)
Coronary artery disease	121 (51.9%)
Atrial fibrillation	10 (4.3%)
Chronic renal failure (SCr >2.0)	15 (6.4%)
COPD [¶]	20 (8.6%)

*Mean±SD; [†]ICA = internal carotid artery; [‡]TIA = transient ischemic attack; [§]High stenosis = ICA stenosis above C2 body; ^{||}SCr = serum creatinine; [¶]COPD = chronic obstructive pulmonary disease.

으로 하였다.

결 과

2003년 9월부터 2008년 8월까지 222명의 환자에서 233예

의 경동맥 내막절제술이 시행되었으며, 환자들의 평균 연령은 67.5세(49~84)였고, 남자가 89.3%, 80세 이상의 고령이 3%였다. 이들 중 수술 전 6개월 이내에 신경학적 증상을 경험한 예는 93예(39.9%)였다(Table 1). 21예(9%)의 경동맥 내막절제술은 관상동맥 우회로조성술과 함께 시행되었으며, 경동맥 봉합방법으로 경동맥 첩포성형술이 116예(49.8%)에서 시행되었다(Table 2).

Table 2. Details of carotid endarterectomy

Procedural details	CEA* (n=233)
General anesthesia	233 (100%)
Nasotracheal intubation	21 (9%)
Carotid shunt	233 (100%)
Procedures	
Mandibular subluxation	14 (6%)
Division of digastric muscle	23 (9.9%)
Patch closure	116 (49.8)
Combined operations	23 (9.9%)
CABG [†]	21 (9%)
AAA [‡] repair	1 (0.4%)
CFA [§] endarterectomy	1 (0.4%)

*CEA = carotid endarterectomy; [†]CABG = coronary artery bypass graft; [‡]AAA = abdominal aortic aneurysm; [§]CFA = common femoral artery.

수술 30일 이내의 조기 합병증으로 뇌졸중 3예(1.3%)가 발생하였으며, 이들 중 동측 뇌졸중 1예(0.4%), 그리고 “disabling stroke” 2예(0.9%)였으며, 뇌고관류 증후군은 3예(1.3%)에서 발생하였다(Table 3).

수술 후 뇌신경 손상은 10예(4.3%)에서 발생하였으며, 설하신경 손상이 5예(2.1%)로 가장 빈번하였고, 이들 모두는 일시적 손상으로 평균 58일(3~367) 이내에 회복하였다.

Table 3. Early (<30 days) postoperative complications

Complications	CEA* (n=233)
Stroke	3 (1.3%)
Ipsilateral	1 (0.4%)
Disabling	2 (0.9%)
Cranial nerve injury	10 (4.3%)
Marginal branch of facial nerve	4 (1.7%)
Hypoglossal nerve	5 (2.1%)
Recurrent laryngeal nerve	1 (0.4%)
Hyperperfusion syndrome [†]	3 (1.3%)
Myocardial infarction	4 (1.7%)
Postoperative bleeding	8 (3.4%)
Mortality (<30 days)	0 (0%)

*CEA = carotid endarterectomy; [†]Hyperperfusion syndrome defined as severe ipsilateral headache with nausea/vomiting, focal neurologic signs, or intracerebral hemorrhage.

Table 4. Risk factor analyses for development of stroke and new brain infarction (NBI) on diffusion-weighted MRI

	Univariate analysis		Multivariate analysis		
	Stroke (n=3)	NBI (n=11)	NBI (n=11)		
	P-value	P-value	RR	95% CI	P-value
Age (years)	0.81	0.91	0.997	0.894~1.112	0.96
Age ≥ 80	1.00	1.00			
Male	1.00	0.61			—
Symptomatic ICA* stenosis	0.57	0.12	3.017	0.795~11.459	0.10
Stenosis degree	0.56	0.80	0.947	0.875~1.025	0.17
Contralateral ICA occlusion	0.22	0.60	2.311	0.233~22.886	0.47
High stenosis	0.24	1.00	1.531	0.144~16.252	0.72
Plaque ulceration	0.04	0.13	5.289	1.024~27.325	0.04
Coexisting diseases					
Hypertension	0.53	1.00	1.663	0.280~9.892	0.57
DM [†]	0.27	0.53	1.743	0.426~7.136	0.44
CAD [‡]	1.00	0.16	2.523	0.536~11.874	0.24
AF [§]	1.00	0.07	7.038	0.934~43.018	0.05
Synchronous operation with CABG	0.27	1.00	1.072	0.107~10.731	0.95
Primary closure	0.62	0.75	1.079	0.270~4.309	0.91

*ICA = internal carotid artery; [†]DM = diabetes mellitus; [‡]CAD = coronary artery disease; [§]AF = atrial fibrillation; ^{||}CABG = coronary artery bypass graft.

수술 후 조기 사망은 없었으며, 수술 후 3일 이내에 발생한 심근경색은 4예(1.7%), 수혈이나 재수술이 필요로 했던 출혈은 8예(3.4%)였다(Table 3).

수술 후 뇌졸중 발생에 영향을 미치는 인자에 대한 검정으로 단변량 분석에서 병변의 궤양 유무가 유의한 인자로 나타났으나($P=0.04$), 다변량 분석에서는 통계적 유의성이 관찰되지 않았다(Table 4).

수술 전, 후로 뇌 DW-MRI에 의한 새로운 뇌경색 병변 발생의 비교가 가능하였던 총 128예(54.9%) 중 11예(8.4%)에서 새로운 뇌경색 병변이 발생하였으며, 이 중 4예(3.1%)만이 동측의 뇌경색 소견을 보였고, 1예(0.8%)만이 신경학적 증상을 동반하였다. 수술 전, 후 DW-MRI를 시행한 예에서 새로운 뇌경색 발생의 위험인자에 대한 단변량 및 다변량 분석에서 동측 내경동맥의 궤양 유무가 유의한 위험인자로 조사되었다(Table 4).

고 찰

1990년대 수술 전 신경학적 증상의 병력이 있는 경동맥 협착증 환자들을 대상으로 한 전향적 무작위 대조연구인 NASCET 및 ECST 보고에 의하면 경동맥 내막절제술 후 30일 이내의 조기 뇌졸중 발생빈도는 각각 5.2% 및 6%, 사망률은 각각 0.6%와 1%로 조사되었다.(10,11) 또한 무증상의 경동맥 협착증 환자들을 대상으로 한 ACAS연구에서는 수술 후 조기 뇌졸중 발생률과 사망률이 각각 1.4%와 0.1%로 나타났으며,(12) 2004년 발표된 ACST에서도 경동맥 내막절제술에 대한 조기 뇌졸중 및 사망률을 3.1%로 보고하였다.(13) 하지만 최근 1994년부터 2003년까지 미국 California와 Maryland주에서 시행된 23,237예의 경동맥 내막절제술 환자들을 대상으로 한 연구에서 Matsen 등(6)은 수술 후 뇌졸중 발생률이 1994년 2.12%에서, 1996~2004년 사이에는 0.29~0.65%로 감소하였고, 이 기간 중 사망률은 0.54%로 보고하였다. 본 연구에서도 무증상의 70% 이상의 내경동맥 협착이 있는 140예에 대한 경동맥 내막 절제술에서 수술 후 뇌졸중 0.7% (1예)로 조사되어 최근의 다른 연구들에서의 결과와 큰 차이를 보이지 않았다.

근래 경동맥 협착증에 대한 중재적 시술의 발달로 중증 경동맥 협착증 환자에 있어서 경동맥 스텐트 삽입술이 경동맥 내막절제술의 대체 치료방법으로 대두되고 있다. 그러나 2006년 보고된 EVA-3S 연구에 의하면 경동맥 내막절제술 후 30일 이내의 뇌졸중 및 사망률이 3.9%, 경동맥 스

텐트 삽입술 후 뇌졸중 및 사망률은 9.6%로 보고되었으며,(14) 2003년과 2004년에 걸쳐 미국에서 시행된 245,045예의 경동맥 내막절제술과 14,035명의 환자에서 시행된 경동맥 스텐트 삽입술의 결과를 보고한 NIS (Nationwide Inpatient Sample) 보고에서도 경동맥 내막절제술 후의 전체 뇌졸중 발생률 0.9%, 사망률 0.4%로 조사되어, 같은 기간 동안 경동맥 스텐트 삽입술에서의 뇌졸중 발생률 2.1%, 사망률 1.3%에 비해 경동맥 내막절제술의 안전성이 확인된 바 있다.(7) 본원에서의 5년간 경험을 통해서도 수술 후 조기 사망은 없었으며, 조기 뇌졸중 발생률은 1.3% 조사되어 최근의 다른 연구 결과와 큰 차이를 보이지 않았으며, 수술 후 심근경색증, 출혈, 뇌신경 손상 등 다른 합병증의 발생률도 기존의 결과들과 차이를 보이지 않았다.

본 연구에서 수술 후 뇌졸중 발생의 위험인자에 대한 분석에서 병변의 궤양 유무만이 단변량 분석을 통해 의미 있는 인자로 나타났($P=0.04$). 최근 New York Carotid Artery Surgery Study (NYCAS)에서도 병변의 궤양 유무가 수술 후 사망 및 뇌졸중에 대한 의미 있는 위험인자로 조사된 바 있으나,(15) 고령, 신경학적 증상의 병력, 심장동맥질환의 동반 등 NYCAS에서 조사된 다른 인자들에 대한 통계적 유의성은 본 연구에서는 발견되지 않았다. 반대편 내경동맥 폐색은 NASCET 보고에서는 고위험군으로 분류하였으나,(10) Rockman 등(16)의 2,420명에 대한 조사에서는 수술 후 뇌졸중 발생에 대한 유의성은 없는 것으로 보고한 바 있으며, 본 연구에서도 의미 없는 인자로 나타났다. 또한 본 연구에서는 현재까지도 논란이 되고 있는 관상동맥 우회로 조성술과 함께 시행된 경동맥 내막절제술에 대한 분석에서도 뇌졸중 발생에 대한 통계적 유의성은 없었으며($P=0.27$),(17,18) 경동맥 봉합방법에 대한 분석에 있어서도 다른 보고들에서와 달리 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다($P=0.62$).(19,20)

경동맥 내막절제술 후 신경학적 증상에 중점을 둔 뇌졸중 발생과는 별개로 수술 후 뇌 DW-MRI를 시행한 전체 128예에서 새로운 뇌경색 병변의 발생률은 8.4%, 이 중 73예의 무증상의 내경동맥 협착증 환자에서는 5.5%로 조사되었다. 이러한 결과는 Lacroix 등(21)이 보고한 11.6%보다 낮았으며, DW-MRI에서 새롭게 발생된 뇌경색 병변 중 27.3%만이 실제 신경학적 증상이 있는 뇌졸중으로 나타났다. 저자들의 경험에 의하면 경동맥 내막절제술 시 가능한 병변부 경동맥에 조작을 금하고, 경동맥 직경에 따라 carotid shunt의 크기를 맞추어 사용하고, shunt의 삽입 시 혈관에

대한 손상을 최소화하여 shunt 삽입으로 인한 내막박리와 공기나 혈관 부스러기의 색전증을 피하고, 수술 중 수시로 shunt의 꼬임 및 기능 여부를 확인하는 것이 수술 후 새로운 뇌경색 병변의 발생을 줄일 수 있을라 사료된다. 수술 후 DW-MRI에서 새로운 뇌경색 발생에 관한 연구를 보면 Zukowski 등(22)은 경동맥 내막절제술 후의 뇌 CT 영상을 분석한 연구에서 병변의 궤양 유무가 뇌경색 발생에 유의한 위험인자라고 보고한 바 있으며, 최근 경동맥 내막절제술과 경동맥 스텐트 삽입술 후 DW-MRI에서 새로운 뇌경색 발생에 관한 32개의 연구를 메타분석한 결과에서 경동맥 내막절제술에서 일상적 carotid shunt의 사용이 선택적 carotid shunt의 사용에 비해 새로운 뇌경색 병변의 발생의 유의한 위험인자로 조사되었으나,(23) 본 연구에서는 전례에서 carotid shunt를 사용하였기 때문에 이에 대한 비교가 불가능하였다. 또한 신경학적 증상의 병력 유무, 협착의 정도, 반대편 내경동맥 폐색 유무, 궤양이나 고위협착 등 수술 후 DW-MRI에서 새로운 뇌경색 병변의 발생에 영향을 미치는 인자들에 대한 분석에서 동측 내경동맥의 궤양 유무만이 의미있는 위험인자로 조사되었는데($P=0.04$), 단변량 분석에서 통계적 의미가 없는 것으로 조사된 동측 내경동맥의 궤양이 단변량 분석에서 의미 있는 인자로(Table 4) 나온 것은 새로운 뇌경색 병변의 발생에 대한 위험인자들 중 궤양의 유무와 심방세동이 서로 음의 상관관계(negative correlation)를 가져 단변량 분석에서는 심방세동에 의한 차폐효과(masking)로 인하여 의미 없게 나왔으나, 다변량 분석에서는 이를 보정했기 때문에 동측 내경동맥 궤양 유무가 유의성 있는 위험인자로 조사된 것으로 사료된다.

결 론

지난 5년간 233예의 경동맥 내막절제술의 결과에 대한 분석에서 수술 후 30일 이내의 조기 뇌졸중 발생률은 1.3%, DW-MRI에서 새로운 뇌경색 병변 발생률은 8.4%로 조사되었다. 이러한 결과는 최근의 다른 연구들의 결과와 큰 차이를 보이지 않았으며, 위험인자 분석에서는 동측 내경동맥의 궤양 유무만이 새로운 뇌경색 병변 발생의 위험인자로 나타났다.

본 연구를 통해 뇌졸중 예방을 위한 중증 경동맥 협착증의 치료에 있어서 경동맥 내막절제술은 안전한 치료방법임을 확인할 수 있었다.

REFERENCES

- 1) Murray CJ, Lopez AD. Mortality by cause for eight regions of the world: Global Burden of Disease Study. *Lancet* 1997; 349:1269-76.
- 2) Thrift AG, Dewey HM, Macdonell RA, McNeil JJ, Donnan GA. Incidence of the major stroke subtypes: initial findings from the North East Melbourne stroke incidence study (NEMESIS). *Stroke* 2001;32:1732-8.
- 3) Chaturvedi S, Bruno A, Feasby T, Holloway R, Benavente O, Cohen SN, et al. Carotid endarterectomy--an evidence-based review: report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2005;65:794-801.
- 4) Eastcott HH, Pickering GW, Rob CG. Reconstruction of internal carotid artery in a patient with intermittent attacks of hemiplegia. *Lancet* 1954;267:994-6.
- 5) Biller J, Feinberg WM, Castaldo JE, Whittemore AD, Harbaugh RE, Dempsey RJ, et al. Guidelines for carotid endarterectomy: a statement for healthcare professionals from a Special Writing Group of the Stroke Council, American Heart Association. *Circulation* 1998;97:501-9.
- 6) Matsen SL, Chang DC, Perler BA, Roseborough GS, Williams GM. Trends in the in-hospital stroke rate following carotid endarterectomy in California and Maryland. *J Vasc Surg* 2006; 44:488-95.
- 7) McPhee JT, Hill JS, Ciocca RG, Messina LM, Eslami MH. Carotid endarterectomy was performed with lower stroke and death rates than carotid artery stenting in the United States in 2003 and 2004. *J Vasc Surg* 2007;46:1112-8.
- 8) Kasner SE. Clinical interpretation and use of stroke scales. *Lancet Neurol* 2006;5:603-12.
- 9) Thygesen K, Alpert JS, White HD; Joint ESC/ACCF/AHA/WHF Task Force for the Redefinition of Myocardial Infarction. Universal definition of myocardial infarction. *Circulation* 2007;116:2634-53.
- 10) North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. *N Engl J Med* 1991;325:445-53.
- 11) European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group. Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). *Lancet* 1998;351:1379-87.
- 12) Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study. Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. *JAMA* 1995;273:1421-8.
- 13) Halliday A, Mansfield A, Marro J, Peto C, Peto R, Potter J, et al.; MRC Asymptomatic Carotid Surgery Trial (ACST) Collaborative Group. Prevention of disabling and fatal strokes

- by successful carotid endarterectomy in patients without recent neurological symptoms: randomised controlled trial. *Lancet* 2004;363:1491-502.
- 14) Mas JL, Chatellier G, Beyssen B, Branchereau A, Moulin T, Becquemin JP, et al.; EVA-3S Investigators. Endarterectomy versus stenting in patients with symptomatic severe carotid stenosis. *N Engl J Med* 2006;355:1660-71.
 - 15) Halm EA, Tuhim S, Wang JJ, Rockman C, Riles TS, Chassin MR. Risk factors for perioperative death and stroke after carotid endarterectomy: results of the New York carotid artery surgery study. *Stroke* 2009;40:221-9.
 - 16) Rockman CB, Su W, Lamparello PJ, Adelman MA, Jacobowitz GR, Gagne PJ, et al. A reassessment of carotid endarterectomy in the face of contralateral carotid occlusion: surgical results in symptomatic and asymptomatic patients. *J Vasc Surg* 2002;36:668-73.
 - 17) Mackey WC. Carotid and coronary disease: staged or simultaneous management? *Semin Vasc Surg* 1998;11:36-40.
 - 18) Kolh PH, Comte L, Tchana-Sato V, Honore C, Kerzmann A, Mauer M, et al. Concurrent coronary and carotid artery surgery: factors influencing perioperative outcome and long-term results. *Eur Heart J* 2006;27:49-56.
 - 19) Rockman CB, Halm EA, Wang JJ, Chassin MR, Tuhim S, Formisano P, et al. Primary closure of the carotid artery is associated with poorer outcomes during carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 2005;42:870-7.
 - 20) Bond R, Rerkasem K, AbuRahma AF, Naylor AR, Rothwell PM. Patch angioplasty versus primary closure for carotid endarterectomy. *Cochrane Database Syst Rev* 2004;CD000160.
 - 21) Lacroix V, Hammer F, Astarci P, Duprez T, Grandin C, Cosnard G, et al. Ischemic cerebral lesions after carotid surgery and carotid stenting. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2007;33:430-5.
 - 22) Zukowski AJ, Nicolaides AN, Lewis RT, Mansfield AO, Williams MA, Helms E, et al. The correlation between carotid plaque ulceration and cerebral infarction seen on CT scan. *J Vasc Surg* 1984;1:782-6.
 - 23) Schnaudigel S, Groschel K, Pilgram SM, Kastrup A. New brain lesions after carotid stenting versus carotid endarterectomy: a systematic review of the literature. *Stroke* 2008;39:1911-9.