부위마취하 경동맥내막절제술에서 뇌허혈을 감지하는 뇌파와 체성감각유발전위 검사의 효율성

울산대학교 의과대학 마취과학교실

임정길 · 최 윤 · 이정락 · 이동명

- Abstract -

The Efficacy of Electroencephalography and Somatosensory Evoked Potential Monitoring for Detecting Cerebral Ischemia during Carotid Endarterectomy under Regional Anesthesia

Jeong Gill Leem, M.D., Yoon Choi, M.D., Jung Rak Lee, M.D.
and Dong Myung Lee, M.D.

Department of Anesthesiology, College of Medicine, University of Ulsan

Background: Carotid endarterectomy has been proven to be beneficial for the prevention of strokes in both symptomatic and asymptomatic patients with significant carotid stenosis. Even if there is no consensus as to the most appropriate monitoring method for detecting cerebral ischemia during carotid endarterectomy, electroencephalography (EEG) and/or somatosensory evoked potential (SSEP) has been extensively used to evaluate cerebral functions. We estimated the efficacy of EEG and SSEP for detecting cerebral ischemia during carotid endarterectomy in conscious patients.

Methods: One or both of 16-channel EEG and SSEP monitoring were performed in 103 patients scheduled for carotid endarterectomy under cervical plexus block. We estimated the sensitivity and specificity of EEG and SSEP for detecting cerebral ischemia expressed by altered consciousness and shunt insertion.

Results: During carotid clamp in 74 cases studied, significant EEG changes were noted in 5 of the 16 patients who had cerebral ischemia, however 11 patients had no EEG changes despite cerebral ischemia. During carotid clamp in 84 cases studied, significant SSEP changes were noted in 7 of the 19 patients who had cerebral ischemia, however 12 patients had no SSEP changes despite cerebral ischemia. The sensitivity and specificity for detecting cerebral ischemia were 31% and 86% for EEG and 37% and 95% for SSEP, respectively.

Conclusions: We conclude that EEG and SSEP monitoring during carotid endarterectomy under regional anesthesia is not a sensitive method for detecting cerebral ischemia. (Korean J Anesthesiol 1999; 37: 1074~1083)

Key Words: Anesthesia: regional. Monitoring: electroencephalography; evoked potentials. Surgery: carotid endarterectomy.

논문접수일 : 1999년 7월 16일

책임저자 : 최 윤, 서울시 송파구 풍납동 388-1번지, 울산대학교 의과대학 마취과학교실

우편번호 : 138-736, Tel: 2224-3868, Fax: 470-1363, E-mail: ychoi@www.amc.seoul.kr

서 론

신경학적 증상에 관계없이 고도의 경동맥 협착증을 가진 환자들에서는 경동맥 내막절제술을 시행하는 것이 뇌졸중을 예방할 수 있는 것으로 알려져 있지만 수술자체로 인해 허혈, 색전 혹은 뇌출혈 등의 합병증이 발생하기도 한다.^{1,4)}

경동맥 내막절제술을 경신경총 차단이나 경부 경막외 마취 등의 부위마취하에서 시행할 경우에는 의식이나 운동기능 등과 같은 신경학적 증상을 지속적으로 감시함으로써 섀트 삽입을 결정할 수 있는 장점이 있으므로 선호되기도 한다.^{5,7)} 경동맥을 감자함으로써 초래될 수 있는 허혈성 손상을 막기 위해 전기생리학적 방법과 기부혈압 및 내경정맥혈이나 뇌조직의 산소포화도 등을 감시하여 선택적으로 섀트를 삽입하기도 하지만, 뇌허혈을 정확히 반영하는 감시방법이 아직까지 없기 때문에 경동맥 내막절제술에서 중추신경계의 기능을 반드시 감시하여야 하는가에 대해서는 논란의 여지가 있다.⁸⁾ 또한 섀트를 삽입하는 것 자체도 뇌 색전을 일으킬 수 있으며 수술시간이 길어지는 등의 단점이 있으므로 이러한 섀트는 필요한 경우에 한해 제한적으로 시행되는 것이 바람직하다. 그러나 부위마취하에서도 의식의 변화나 운동기능을 관찰하는 외에 16 channel EEG (electroencephalography; 이하 뇌파라 함)나⁹⁾ 체성감각유발전위(somato-sensory evoked potential; 이하 유발전위라 함)¹⁰⁾ 등의 전기생리학적 감시 방법들중 하나 이상이 충분히 뇌허혈을 감지해 낼 수 있다면 이들 방법을 이용하여 뇌허혈을 발견한 후 선택적으로 섀트를 삽입함으로써 허혈 및 불필요한 섀트삽입으로 인한 합병증을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

이에 저자들은 경신경총 차단술로 경동맥 내막절제술을 시행받은 환자들에서 경동맥 교차감자후 발생하는 허혈에 따른 뇌파와 유발전위의 허혈성변화와 의식변화 혹은 운동기능 소실 등 뇌허혈을 막기 위한 섀트 삽입과의 상관관계를 조사하여 이들 두가지 뇌기능 감시방법이 뇌허혈을 감지하는 효율성을 알아보고자 하였으며, 경동맥 감자 후 허혈로 인한 섀트 삽입을 예측할 수 있는 위험요인에 대하여 조사하였다.

대상 및 방법

본원에서 경신경총 차단술 하에서 뇌파 혹은 유발전위를 감시하면서 경동맥 내막절제술을 시행받은 107명의 환자들을 대상으로 하였다. 수술전일 뇌신경 검사실에서 뇌파 혹은 유발전위를 기록하여 이상유무를 확인하고 전극을 다음날까지 유지하게 하였으며 담당 마취의가 경신경총 차단술 및 경동맥 교차감자시 의식상태를 평가하는 방법을 설명하였다. 전투약은 부위마취시의 진통과 진정을 위하여 수술 시작 2시간 전에 환자에 따라 5-7.5 mg의 midazolam이나 7.5-10 mg의 valium 혹은 100-150 μ g의 clonidine을 경구투여하였다.

수술장 도착후 심전도, 비침습적 혈압계 및 맥박 산소계측기를 부착한 후 국소마취제를 침윤하고 요골동맥 카테테르를 삽입하여 지속적으로 혈압을 감시하였다. 심부 경신경총은 제 4, 3, 2 경추의 횡돌기에 주사침을 접촉시켜 0.5%의 bupivacaine을 5-8 ml씩 침윤하여 차단하였고 0.25%의 bupivacaine 15-20 ml로 천부 경신경총을 차단하였다. 뇌신경 검사실의 숙련된 기사들이 뇌파와 체성 감각 유발전위 전극의 위치를 확인하고 뇌파와 유발전위를 기록한 후 수술체위를 취하게 하였다. 수술도중 심한 통증을 호소하면 집도의가 0.8%의 lidocaine을 수술부위에 침윤하거나 25-50 μ g의 fentanyl을 간헐적으로 정주하였으며 필요시마다 phenylephrine, ephedrine, esmolol, labetalol 등을 사용하여 혈압을 정상 혹은 정상혈압보다 20% 정도 높게 유지시켰다. 경동맥을 박리한 후에는 100 unit/kg의 heparin을 투여하고 신경과 기사가 수술장에 상주하면서 경동맥을 재관류한 후 5분이 지날때까지 뇌파와 유발전위를 지속적으로 관찰하게 하였다. 전기생리학적 감시와 함께 생체징후와 장난감 경적을 울리게하여 의식상태와 운동기능을 감시하였다. 내경동맥, 외경동맥, 총경동맥 순으로 감자를 하고 감자후 3분까지는 지속적으로, 그 후에는 간헐적으로 의식상태와 운동기능을 관찰하여 의식이 감퇴 혹은 소실되거나 운동기능이 소실될 경우 집도의에게 알리고 집도의의 판단에 따라 섀트를 삽입하였다. 뇌파와 유발전위를 숙련된 기사들이 지속적으로 관찰하면서 진통제로 인한 수면효과 이외의 어떠한 변화라도 있으면 보고하게 하고

이를 그 검사의 양성반응으로 간주하였다. 의식이나 운동기능이 소실되지 않고 뇌파 혹은 유발전위만 변한 경우에는 섀트는 삽입하지 않았다. 수술도중 기록된 뇌파는 수술이 끝난 후 신경과 전문의가 다시 한 번 판독하여 수술중의 변화내용을 기록하게 하였다(formal record).

뇌파는 16 channel unprocessed EEG (Nihon-Kohden, Japan)를 시행하였으며 international 10-20 system에 따라 양쪽 반구의 시상주변부와 측두부에 각각 8개씩의 silver-silver chloride disk electrode를 collodion을 사용하여 부착하였다. 입력저항은 저항은 10 k Ω 으로, high-band pass와 low-band pass filter를 각각 70 Hz 및 0.3 Hz로 조정하고 sensitivity는 7 μ V/min으로 하였으며 기록지의 진행속도는 3 cm/sec로 하였다. 수술후 신경과 전문의가 최종 판독한 결과에서는 theta나 delta파가 증가하거나 alpha와 beta파가 50% 이상 억제될 경우 유의한 변화가 있는 것으로 정의하였다. 유발전위를 기록하기 위하여 양쪽 체성감각 신경중추부위(C3', C4')의 두피에 collodion을 사용하여 전극을 부착하고 기준전극은 이마에 위치시켰다 (Signal Processor Sanei 7S12, Sanei, Japan). 반대쪽 손목의 정중신경을 200 μ s 동안 5-10 mA의 강도 및 5 Hz의 빈도로 자극하고 100-200회 반복한 평균을 구하였으며, high-band pass와 low-band pass filter는 각각 10-20 kHz와 3 kHz로 조정하였다. 중심전도시간(central conduction time)이 20% 이상 지연되거나 진폭이 감소한 경우 허혈성변화가 있는 것으로 정의하였으며 진폭이 감소된 경우 그 백분율을 구하여 보고하게 하였다. 유발전위는 뇌파에 비해 수술도중의 변화가 비교적 명확하였기 때문에 수술후 재판독은 하지 않았다.

본 연구의 목적은 뇌파와 유발전위의 허혈성변화가 허혈을 막기 위한 섀트삽입과 관련이 있는 것인지를 알아보는 것이었으므로 뇌파나 유발전위가 변하였을 경우 섀트를 삽입하였으면 진성양성(true positive; TP)으로, 섀트를 삽입하지 않았으면 가성양성(false positive; FP)으로, 또 뇌파나 유발전위가 변하지 않았음에도 의식이 저하되어 섀트를 삽입하였으면 가성음성(false negative; FN)으로 그 나머지를 진성음성(true negative; TN) 군으로 분류하여 민감도(sensitivity)와 특이도(specificity) 및 예측지수[negative (positive) predictive value]를 다음과 같은 방법으로^{11,12)}

환산하였다.

$$\text{Sensitivity} = \frac{TP}{TP+FN} \times 100,$$

$$\text{Speciticity} = \frac{TN}{TN+FP} \times 100$$

Negative (positive) predictive value

$$= \frac{TN(TP)}{TN(TP)+FN(FP)} \times 100$$

의식이 저하되어 섀트가 삽입된 경우를 실제 허혈이 있는 것으로 정의할 때 민감도는 실제 허혈이 있을 때 뇌파 혹은 유발전위 검사에서 허혈성변화가 나타날 확률이며 특이도는 실제 허혈이 없을 때 뇌파 혹은 유발 전위 검사에서 허혈성변화가 나타나지 않을 확률이고, 양성예측지수는 뇌파 혹은 유발전위 검사에서 허혈성변화가 나타났을 때 실제로 허혈이 있을 확률이며, 음성예측지수는 뇌파 혹은 유발전위 검사에서 허혈성변화가 없을 때 실제로 허혈이 없을 확률이다.

각 군 간의 경동맥 교차감자 전후의 혈압 및 맥박의 변화에는 반복측정 분산분석을, 인구학적 특성은 Kruskal-Wallis test로, 고혈압, 당뇨병 및 협심증 등의 동반된 질환을 χ^2 -test로 비교하여 $P < 0.05$ 인 경우 유의한 것으로 정의하였다. 반대측 경동맥의 고도협착(high grade stenosis)과 수술전 1달 이내의 자기공명영상 혹은 전산화단층촬영 소견에서 관찰되는 급성뇌경색 혹은 허혈의 징후 및 수술전 1달 이내에 새로이 발생한 일과성 허혈성 발작, 가역성 허혈성 신경학적 결손 및 뇌졸중과 같은 신경학적 증상 등 교차감자시 신경학적 증상을 초래할 수 있는 위험인자들로 알려진 요인들을⁶⁾ χ^2 -test로 비교하여 $P < 0.05$ 인 경우 유의한 것으로 정의하였다. χ^2 -test시 자료의 분포 이상에 의한 문제가 있을시는 Yate's correction을 실시한 후 검사하였다. 또 뇌파와 유발전위 변화를 초래하거나 섀트삽입과 관련된 요인들을 조사하기 위하여 뇌파와 유발전위에서 허혈성변화를 보인 양성변화군(TP+FP)과 허혈성변화가 없는 음성변화군(TN+FN) 및 섀트삽입군(TP+FN)과 섀트비삽입군(TN+FP) 간에도 위험인자 요인들을 비교하였다.

결 과

뇌파 혹은 유발전위 중 한 가지라도 감시한 환자는 103명이었으며 뇌파군이 74명, 유발전위군은 84명이었고 두 가지 모두 감시한 환자는 56명이었다. 경동맥을 박리하는 과정에서 마취가 불완전하여 진통제가 과다투여된 결과 불안, 초조 및 협조가 이루어지지 않고 의식이 혼탁해져서 전신마취로 전환한 1예는 대상에서 제외하였다. 대상 환자 102명 중 22명에서 선트가 삽입되어 선트삽입률이 22%이었다. 경동맥감자 후 수술장에서 뇌파의 변화가 보고된 사례는 모두 13명이었으며 그 중 5명에서 선트를 삽입

하여 진성 양성군으로 분류하였고, 뇌파의 변화는 없었지만 의식이 감퇴하여 선트를 삽입한 가성음성군이 8명이었다. 또 유발전위의 변화가 보고된 사례는 모두 10명이었으며 그 중 선트를 삽입한 진성 양성군이 7명이었고, 의식이 변화되어 선트가 삽입되었지만 유발전위의 변화가 나타나지 않은 가성음성군이 9명이었다. 뇌파와 유발전위의 각 군 간의 성비와 키 및 체중 등 인구학적 특성은 차이가 없었으며(Table 1) 혈압과 맥박의 변화도 차이가 없었다(Table 2). 민감도와 특이도는 뇌파검사가 각각 31% 및 86%이었고 유발전위검사가 각각 37% 및 95%이었으며, 양성예측지수는 뇌파와 유발전위검사가 각각 38%와 70%이었고, 음성예측지수는 뇌파와 유발

Table 1. Demographic Data

	EEG				EP			
	TP	TN	EP	FN	TP	TN	EP	FN
Sex (f/m)	0/5	10/40	1/7	0/11	0/7	9/53	0/3	0/12
Age (yr)	67 ± 3	65 ± 11	67 ± 6	67 ± 10	67 ± 11	66 ± 10	67 ± 9	66 ± 7
Height (cm)	163 ± 5	163 ± 7	164 ± 12	165 ± 4	163 ± 10	164 ± 7	167 ± 7	166 ± 5
Weight (kg)	56 ± 5	61 ± 9	64 ± 13	64 ± 7	63 ± 7	63 ± 9	64 ± 4	64 ± 10
Site (Lt/Rt)	1/4	26/24	4/4	3/8	7/1	28/34	1/2	4/8

Data are expressed by number of patients or mean ± S.D.

TP: true positive, TN: true negative, FP: false positive, FN: false negative

Table 2. Blood pressure (BP) and Heart Rate (HR) Changes during Carotid Clamp

		BP (mmHg)				HR (BPM)			
		before	1 min	5 min	10 min	before	1 min	5 min	10 min
EEG	TP	117 ± 12	115 ± 13	112 ± 12	113 ± 9	77 ± 20	77 ± 21	71 ± 19	70 ± 17
	TN	111 ± 17	114 ± 18	111 ± 18	112 ± 17	78 ± 12	79 ± 12	78 ± 13	79 ± 13
	FP	114 ± 18	115 ± 19	112 ± 21	111 ± 13	90 ± 18	86 ± 19	88 ± 19	89 ± 17
	FN	111 ± 31	119 ± 18	120 ± 25	113 ± 20	70 ± 11	83 ± 15	83 ± 13	81 ± 17
SSEP	TP	103 ± 19	108 ± 18	116 ± 20	114 ± 10	81 ± 10	86 ± 12	90 ± 14	88 ± 15
	TN	114 ± 16	118 ± 18	114 ± 18	114 ± 7	81 ± 13	82 ± 13	81 ± 13	81 ± 14
	FP	111 ± 19	109 ± 22	110 ± 22	111 ± 16	82 ± 20	80 ± 21	82 ± 20	86 ± 17
	FN	108 ± 17	114 ± 22	117 ± 115	116 ± 19	67 ± 15	76 ± 18	75 ± 21	74 ± 22

Data are expressed by mean ± S.D.

TP: true positive, TN: true negative, FP: false positive, FN: false negative

전위검사가 각각 82%와 84%이었다(Table 3).

각 군 간의 경동맥 감자시간과 셉트가 삽입될 것을 예측할 수 있는 신경학적 증상, 전산화단층촬영 혹은 자기공명영상 소견에서 급성뇌경색과 뇌허혈소견을 보이는 환자의 빈도, 반대측 경동맥의 80% 이상의 고도협착 및 동반된 질환 등은 Table 4와 같다. 경동맥을 교차감자한 시간은 뇌파와 유발전위의 양성 변화군과 음성 변화군 간에는 차이가 없었으나 셉트를 삽입한 군이 셉트를 삽입하지 않은 군에 비해 14분이 더 소요되었다. 뇌파와 유발전위검사에서

양성 변화군과 음성 변화군 사이에 고혈압, 당뇨병, 협심증 등의 동반질환이나, 방사선 검사소견에서 급성뇌경색과 뇌허혈의 징후, 신경학적 증상이 발현된 후 1달 이내의 수술 및 반대측 경동맥의 고도 협착을 가진 환자의 빈도 등은 차이가 없었다. 뇌파검사에서 반대측 경동맥에 고도의 협착증이 있는 환자의 빈도는 셉트 삽입군이 63%인데 비해 셉트 비삽입군은 26%로 유의한 차이가 있었다($P < 0.05$). 유발전위검사에서 방사선검사 소견상 급성뇌경색이나 뇌허혈이 있는 환자의 빈도는 양성 변화군이 50%이고 음성 변화군이 21%로서 양 군 간에 유의한 차이가 있었고($P < 0.05$), 셉트 삽입군과 셉트 비삽입군도 각각 37%와 15%로 유의한 차이가 있었다($P < 0.05$). 또 유발전위검사에서 반대측 경동맥에 고도 협착이 있는 환자의 빈도는 셉트삽입군이 63%이고 셉트 비삽입군이 23%로서 양군 간에 유의한 차이가 있었으나($P < 0.05$), 양성 변화군과 음성 변화군 사이에서 고도 협착의 빈도는 차이가 없었다.

경동맥감자후 뇌파가 변한 것으로 보고된 13명 중에서 3명은 수술후 수술장에서 기록한 뇌파를 재판독한 결과 뇌파의 허혈성변화가 인정되지 않은 것으로 나타났다. 허혈성 뇌파변화는 alpha와 beta파 등 고주파수대의 뇌파억제보다는 delta나 theta파 등 저

Table 3. Relative Sensitivity, Specificity and Predictive Values of EFG and SSFP

	EEG	EP
True positive	5/74 (7%)	7/84 (84%)
True negative	50/74 (67%)	62/82 (74%)
False positive	8/74 (11%)	3/84 (4%)
False negative	11/74 (15%)	12/84 (14%)
Sensitivity	31%	37%
Speciticity	86%	95%
Negative predictive value	82%	84%
Positive predictive value	38%	70%

Data are expressed by number of patients or percentage.

Table 4. Clamp Time, Risk Factors for Shunting and Associated Diseases of Patients Who Had Ischemic EEG and SSFP Changes and Cerebral Ischemia during Carotid Clamp

	EEG				EP			
	Changed	Unchanged	Shunt	Non-shunt	Changed	Unchanged	Shunt	Non-shunt
Clamp time (min)	67 ± 9	67 ± 17	78 ± 9	64 ± 16	71 ± 15	68 ± 17	79 ± 14	65 ± 16
Acute infarct or ischemic change	5 (38)	14 (23)	7 (44)	12 (21)	5 (50)	16 (21)	7 (37)*	10 (15)
Neurologic symptom within 1 month	8 (62)	30 (49)	10 (63)	28 (48)	3 (30)	37 (50)	7 (37)	33 (51)
contralateral severe stenosis	6 (46)	19 (31)	10 (63)*	15 (26)	5 (50)	22 (30)	12 (63)*	15 (23)
Myocardial ischemia	5 (38)	13 (21)	7 (44)	11 (19)	3 (30)	22 (30)	8 (42)	17 (26)
Hypertension	10 (77)	43 (70)	13 (81)	40 (69)	7 (70)	50 (68)	13 (68)	44 (68)
Diabetes Melitus	6 (46)	15 (25)	6 (38)	15 (26)	2 (20)	17 (23)	5 (26)	14 (22)

Clamp time is mean ± SD and other Values are expressed by number of patients (percent)

*: significant difference from non-shunt group ($P < 0.05$).

†: significant difference from unchanged EP group ($P < 0.05$).

Table 5. Lists of the Patients Who Had Ischemic EEG and SSEP Changes during Carotid Clamp and Relationship with Shunting

SN	EEG		SN	EP	
	Formal record	Shunt		%decrease in amplitude	Shunt
10	Delta wave	No	1	50	Yes
16	Diffuse cerebral dysfunction	Yes	32	30	No
19	Slow wave	No	35	30	Yes
32	Slow wave	No	49	50	No
37	Delta and theta wave	No	50	50	Yes
40	Delta wave	Yes	68	50	No
47	Delta wave	Yes	81	50	yes
52	Normal	No	82	40	Yes
56	Normal	Yes	83	50	Yes
59	Delta wave	No	95	100	Yes
67	Normal	No			
95	Delta and theta wave	Yes			
99	Partial seizure disorder	No			

SN: serial number of patients.

주파수대의 뇌파출현이 많았고, 유발전위가 변한 것으로 보고된 10예 중에서 3예는 진폭의 감소가 50% 이하였던 것으로 나타났다. 또 뇌파와 유발전위검사를 모두 시행한 56예 중에서 두 가지 검사 모두에서 허혈성변화를 보인 예는 2명이었으며 이 중 1명에서만 선트가 삽입되었다(Table 5).

고 찰

본 연구에서 부위 마취 하에서 경동맥 내막절제술에서 뇌파와 유발전위는 의식저하 및 운동기능 소실과 같이 뇌혈류의 감소로 초래된 신경학적 결함을 막기 위한 선트 삽입의 필요성을 감지하는 민감도가 각각 31%와 37%이었다. 뇌파의 경우 경동맥감자후 허혈성변화가 나타난 사례는 13명으로서 전체뇌파군의 18%이었으며 이는 경신경총 차단에 의한 부위마취 하에서 Evans 등이⁹⁾ 9.7%, Benjamin 등이⁶⁾ 15%로 보고한 것보다는 약간 높았다. 전신 마취시에는 보고자에 따라 차이는 있으나 15-44% 정도라 한다.¹²⁻¹⁶⁾ 의식이 저하되거나 운동기능이 소실되었는데도 뇌파에서 허혈 소견이 없었던 가성음성군은 74명 중 11명으로서 선트 삽입 환자(16명)의 69%가 경동

맥 감자시 허혈성 뇌파변화 없이 의식저하로 선트를 삽입하였다. 이는 Benjamin 등이⁶⁾ 13명 중 3명에서, Evans 등이⁹⁾ 13명중 4명에서 뇌파에 허혈성변화없이 의식이 감소되어 선트를 삽입함으로써 가성 음성율이 전체 선트군의 각각 23%, 31%를 차지하는 것으로 보고한 것보다는 많았다. 또 Pruitt 등은¹⁷⁾ 1009예 중 5%에서 뇌파는 허혈 소견을 보였으나 의식은 변화가 없었고 4%는 뇌파는 정상이었으나 임상적으로 허혈소견을 보였다고 하였다. 전신 마취하에서 뇌파에 근거하여 선택적 선트를 삽입한 경우 뇌파에 허혈성변화가 없어서 선트를 삽입하지 않은 환자에서 수술후 새로운 일과성 허혈성 발작이나 뇌졸중 등과 같은 신경학적 결함을 보이는 환자는, Kresowik 등이¹³⁾ 뇌졸중이 발생한 10명 중 7명에서, 일과성 허혈성 발작이 발생한 5명 모두에서 수술중에는 뇌파변화가 없었다고 보고한데 비해, Baolotta 등은¹⁵⁾ 369명 중 가성음성은 0%라고하여 서로 대조를 이루고 있다.

뇌파는 국소 뇌혈류가 11-19 ml/100 g/min로 감소하면 평탄해지며 16-23 ml/100 g/min이면 허혈 부위에서 delta와 theta 파 등 낮은 주파수 영역의 활동성이 증가하며 따라서 18-20 ml/100 g/min 정도

로 뇌혈류가 감소하면 셉트를 삽입하는 안전하다고 한다.¹⁸⁾ 경동맥 내막절제술의 합병증으로 인한 수술 주위 사망이나 이환율은 경동맥 감자로 인한 허혈에도 원인이 있겠지만 색전과 재관류후 출혈 등도 중요한 요인이 된다.¹⁹⁾ 뇌파는 대뇌의 피질기능을 주로 감시하므로 심부에 위치한 구(sulcus)나 피질하 회백질 및 내포(internal capsule)에서 색전으로 인해 국소 허혈이 발생할 경우 혹은 피질부 뇌경색이라 하더라도 규모가 작을 경우에는 감시가 어려운 단점이 있다.¹³⁾ 또 McKinsey 등은¹⁹⁾ 대뇌피질로의 혈류 공급이 신경원의 전기생리적 활동을 유지하기에는 부족하지만 살아있는 부위(marginally perfused area) 혹은 최근에 손상을 받은 부위의 주변부 등과 같은 전기적 활성이 없는 부위에서 일어나는 허혈은 뇌파가 감지할 수 없으므로, 신경학적 증상이 불안정하거나 6개월 이내로 비교적 최근에 뇌졸중이 있었다면 셉트를 삽입하는 것이 안전하다고 하였다. Benjamin 등은⁶⁾ 경동맥 내막절제술 후 뇌졸중을 초래하는 원인이 경동맥감자로 인한 허혈에 기인하기보다는 경동맥 분지부위에 있는 동맥경화성판이 박리과정에서 떨어져 나감으로써 수술 후 새로운 신경학적 결손을 초래하므로 이를 예방하기 위해서는 세심한 수술수기가 필요하다고 하였다. 경두개도플러를 사용한 연구에서 Cantelmo 등은²⁰⁾ 경두개도플러상 미세색전의 증거가 78명 중 74명(95%)에서 나타나고 셉트삽입과 제거시에 72%, 내경동맥 혈류개통시에는 92%에서 미세색전에 의한 부호가 나타난다고 하였으며 이로 인해 임상적으로 검증이 어려운 silent cerebral infarct이 78명 중 7명 즉 10%에서 발생하였다고 보고하였다. 전신마취 하에서 셉트를 사용하지 않고 수술할 경우 수술 후 심한 허혈증상은 7.2%에서 나타나지만 그 중 반수는 저절로 회복되며 전체의 3분의 1이상은 감자로 인한 허혈 혹은 셉트삽입과는 무관한 혈전 혹은 출혈에 의한다고 하는데 특히 재관류후 출혈성 뇌졸중은 병태생리가 확실하지 않아서 예방하기가 어렵다고 한다.²¹⁾

경동맥감자후 의식변화나 운동기능이 소실 등 허혈의 증상이 없었음에도 불구하고 뇌파에 허혈의 징후가 나타난 예는 8명으로서 뇌파군의 11%에서 가성양성소견을 보여 뇌파검사의 특이도가 86%이었는데, 부위마취하 수술에서 Evans 등과⁹⁾ Benjamin 등도⁶⁾ 각각 전체환자의 11%와 3%에서 가성양성반응

이 발생하였다고 보고하였다. 전신마취하에서 경동맥감자 후 뇌파가 변하였는데도 셉트를 삽입하지 않는 경우는 뇌파의 허혈성변화가 있는 후에도 인위적으로 혈압을 올린 후 정상으로 회복된 경우가 흔히 셉트를 삽입하지 않으며¹²⁻¹⁴⁾ 셉트의 꼬임을 발견하고 교정한 경우¹⁵⁾, 내경동맥의 말단부가 너무 높아서 기술적으로 셉트를 삽입할 수 없는 경우¹²⁾, 서맥 혹은 수술시간이 짧아 의도적으로 넣지 않은 경우¹⁵⁾ 등을 들 수 있다. 또 McKinsey 등은¹⁹⁾ 진폭의 감소를 허혈의 지표로 삼을 경우 의식이나 운동기능 소실이전에 빠른 주파수대의 뇌파에서 진폭이 감소되어 뇌파검사가 너무 민감하게 된다고 하였고, Frawley 등도¹⁾ 내경동맥의 기부압 및 경두개도플러와 비교할 때 30% 이상 진폭이 감소할 경우를 국소 허혈이 있는 것으로 정의하면 뇌파는 너무 민감하다고 하였으며, Kearse 등은¹²⁾ 수술중 뇌파에서 허혈소견이 있었으나 셉트를 삽입하지 않은 경우에도 수술 후 신경학적 증상이 없는 경우가 많으므로 수술후의 신경학적 결함이 수술중 경동맥감자로 인한 허혈에 원인이 있다고 보기는 어렵다고 하였다. 본 연구에서도 뇌파검사의 양성예측지수가 38%에 불과하며 유발전위검사를 같이 시행한 경우에 두 가지 검사 모두에서 허혈성변화를 보인 예가 2예 밖에 없었던 점으로 미루어 임상적으로 감시가 어려운 부위의 미세 색전에 의해 뇌파가 변했을 가능성이 많으며 뇌파의 허혈성변화와 신경학적 소견의 악화와는 연관성이 적다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 뇌파가 수술후 신경학적 결손을 예측하는 신뢰도가 낮기 때문에 최근에는 컴퓨터를 사용하여 순간순간 입력되는 뇌파를 주파수별로 통합 분석함으로써 특정 주파수 영역의 뇌파변화를 알아보거나 양쪽의 대칭상태를 비교한 후 비대칭의 정도가 20% 이상일 경우 허혈이 있는 것으로 판정하는 방법을 사용하고 있으나 임상적 의미는 확실히 밝혀지지 않은 상태이다.²²⁾

유발전위는 뇌파보다 전신마취제에 대해 영향을 적게 받고 유발전위 발생부위가 감각운동중추에 위치하고 있음으로써 경동맥으로 혈류를 공급받는 뇌부위의 허혈상태를 감지하기에 유리하며 국소혈류와 유발전위 사이에는 상관관계가 있을 뿐만 아니라 판독이 쉬워서 연속적으로 기록하는 결과와 비교하기가 쉽기 때문에 경동맥 내막절제술에서 자주 사용된다.^{23,24)} 본 연구의 유발전위군에서 가성 음성률이 전

체의 14%이었고 민감도도 뇌파와 비슷한 37%에 불과하였으므로 유발전위는 경동맥감자로 인한 허혈을 효과적으로 감지하지 못하였다고 할 수 있다. 부위 마취하에서 체성감각 유발전위를 체계적으로 연구한 논문이 없기 때문에 각성상태에서의 반응을 비교하기는 어렵지만 전신마취의 경우 가성음성 반응이 많은 이유는, 유발전위의 발생에 관여하는 뇌하수체피질(thalamocortical) 영역 중 피질하부의 유발전위 발생부가 피질부보다 허혈 및 저산소증에 잘 견디었거나¹³⁾, 열공경색증 혹은 피질 및 피질하부에서 발생한 소규모의 뇌경색 등을 유발전위가 효과적으로 감지해내지 못하기 때문이다.²³⁾ 수술직후 prerolandic area에 분수계형의 뇌경색이 발생하였는데도 수술도중 유발전위에는 변화가 없었다거나²⁹⁾ 수술중 유발전위에 허혈성변화가 없거나 미약해서 섀트를 넣지 않았던 다수에서 수술 후 신경학적 결함이 발생한 보고²⁶⁾가 이를 입증한다. Wober 등은²⁷⁾ 3,136명을 대상으로 중재조사(metaanalysis)를 해 본 결과, 중심전도 시간의 지연과 진폭의 감소에 근거하여 선택적 섀트를 삽입한 군과 유발전위가 변하였음에도 섀트를 삽입하지 않은 군 간에 수술 후 신경학적 결과를 비교하면, 중심전도시간의 지연은 마취제의 농도나 체온 및 혈압변화에 따른 가성양성반응 때문에 양성예측지수가 너무 낮았으며 유발전위가 소실된 것을 허혈의 지표로 하였을 때에는 양성예측지수가 개선되기는 하지만 수술 후 신경학적 결과에는 차이가 없었다고 하였고 따라서 유발전위에 기초하여 선택적 섀트를 시행하는 것은 수술 후 신경학적 결과에는 아무런 영향을 미치지 못한다고 하였다. 본 연구에서 유발전위는 허혈성변화를 보였지만 의식이나 운동기능이 정상이었던 예는 3명으로서 가성양성 반응이 뇌파보다 훨씬 적었고 그로 인해 특이도도 유발전위가 95%로서 뇌파보다 높았다. 또 음성예측지수는 뇌파검사가 82%이고 유발전위가 84%로서 서로 비슷하였지만, 양성예측지수는 뇌파검사가 38%이고 유발전위검사가 70%로서 전신마취 시 유발전위검사에 의존하여 섀트를 삽입하는 것이 뇌파검사보다 더 효과적인 것으로 나타났으며 이는 Kochs 등의²⁸⁾ 연구결과와 비슷하였다. 그러나 뇌파와 유발전위검사는 허혈을 감지하는 민감도가 31%와 38%로 지극히 낮았으므로 전신마취하에서 이들 검사에 근거하여 선택적으로 섀트를 삽입하는 것은 수술 후 장기간에 걸

친 신경학적 결과에는 영향을 미치지 못할 것으로 추정되며 각성상태의 환자로부터 지속적인 신경학적 평가를 하는 것이 경동맥 내막절제술에서 가장 신빙성이 있는 뇌기능의 감시방법이라 하겠다.^{29,30)}

전산화단층촬영이나 자기공명영상 소견에서 급성 뇌경색 혹은 허혈로 인한 변화가 있는 경우 및 일과성 허혈성 발작, 가역성 허혈성 신경학적 결손, 뇌졸중 등의 신경학적 증상이 있는 경우 1달 이내에 수술을 하거나 반대측 경동맥에 고도의 협착이 있는 경우 등과 같이 측부순환 부전으로 경동맥감자시 허혈에 빠질 가능성이 많은 요인들은 경동맥감자로 인한 뇌파의 허혈성변화와는 관계가 없었다. 유발전위군에서 허혈성 유발전위변화와 섀트삽입율은 방사선 검사상 급성뇌경색과 허혈이 있을 때에 많았는데, 이는 급성뇌경색 혹은 허혈의 징후가 있을 경우 경동맥 감자시 측부 순환부전으로 허혈에 빠질 가능성이 높다는 것을 시사한다. 부위마취 하에서 신경학적 소견에 근거하여 섀트를 삽입할 경우 Shah 등은³⁰⁾ 섀트삽입 환자에서 68.2%에서 반대측 경동맥에 80% 이상의 고도협착이 있었다고 하였는데 뇌파를 감지하지 않았기 때문에 허혈성 뇌파변화가 동반되었는지는 알 수 없다. 또 Benjamin 등은⁶⁾ 반대측 경동맥이 80% 이상 막혀있거나 폐쇄되어 있는 경우 및 수술전 3개월 이내에 신경학적 증상이 발현되어 섀트삽입의 가능성이 높은 위험군과 그렇지 않은 군으로 나누어 경동맥감자후 신경학적 소견에 근거하여 섀트삽입률을 조사한 결과 두 군간에 유의한 차이가 없다고 하였다. 그러나 본 연구에서 반대측 경동맥에 고도협착이 있을 경우 섀트삽입률은 뇌파군이 63%로서 협착이 없거나 적은 군의 26%에 비해 유의하게 높았고, 유발전위군도 63%와 23%로서 유의한 차이가 있었다. 전신마취하에서 수술할 경우 MacKey 등은³¹⁾ 반대측 경동맥이 폐쇄된 경우 46%에서 뇌파변화가 나타나 대조군의 13.5%에 비해 유의하게 높았다고 한 반면, Aungst 등은³²⁾ 허혈성뇌파변화는 반대측 경동맥이 폐쇄된 군이 34%로서 대조군의 21%에 비해 높기는 하지만 통계적인 유의성은 없다고 하였다. 본 연구에서는 반대측 경동맥에 80% 이상의 고도폐쇄가 있는 군은 경동맥감자시 25명 중 6명에서(24%) 허혈성 뇌파변화가, 27명 중 5명에서(19%) 허혈성 유발전위변화가 나타나 상기연구자들의 전신마취때보다는 빈도가 낮았다. 이는 반대측

경동맥에 고도협착이 있는 경우 뇌파나 유발전위에 근거하여 선택적 선트를 삽입할 때 가성양성반응이 많으므로 전신마취하에서는 부위마취때보다 선트삽입율이 증가할 수 있음을 시사한다. 그러나 본연구에서 뇌파나 유발전위검사는 민감도와 양성예측지수가 낮았기 때문에 뇌파나 유발전위에 허혈성변화가 있더라도 선트가 삽입되지 않았을 가능성이 많으며 이에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

이상과 같이 경신경총 차단을 사용한 부위마취하에서 경동맥내막절제술을 받은 환자들을 대상으로 경동맥감자후 뇌파와 유발전위의 허혈성변화를 관찰한 결과 두 검사 모두 허혈을 감지하는 민감도가 낮았으므로 부위마취 하에서 경동맥감자후 뇌기능을 감지하는 수단으로서는 적절하지 않으며 각성상태하의 신경학적 소견이 이들 검사보다 더 효과적이라 하겠다. 또 유발전위검사의 양성예측지수가 뇌파검사보다 높았으므로 전신마취 하에서는 허혈을 감지하는 수단으로서 뇌파검사보다 유발전위검사가 더 효과적인 것으로 사료된다. 또 반대측 경동맥에 고도협착이 있을 경우에는 경동맥 감자 후 의식저하로 인해 선트를 삽입해야 할 가능성이 많으므로 뇌기능을 세밀히 감지할 필요가 있는 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Frawley JE, Hicks RG, Beaudoin M, Woodey R: Hemodynamic ischemic stroke during carotid endarterectomy: an appraisal of risk and cerebral protection. *J Vasc Surg* 1997; 25: 611-9.
2. Fode NC, Sundt TM, Roverson JT, Peerless SJ, Shields CB: Multicenter retrospective review of results and complications of carotid endarterectomy in 1981. *Stroke* 1986; 17: 370-6.
3. Steed DL, Peitzman AB, Grundy BL, Webster MW: Causes of stroke in carotid endarterectomy. *Surgery* 1982; 92: 634-41.
4. Cantelmo NL, Babikian VL, Samaraweera RN, Gordon JK, Pochay VE, Winter MR: Cerebral microembolism and ischemic changes associated with carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 1998; 27: 1024-31.
5. Rockman CB, Riles TS, Gold M, Lamparello RJ, Giangola G, Adelman MA, et al: A comparison of regional and general anesthesia in patients undergoing carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 1996; 24: 946-56.
6. Benjamin ME, Silva MB, Watt C, McCaffrey MT, Burford-Foggs A, Flinn WR: Awake patient monitoring to determine the need for shunting during carotid endarterectomy. *Surgery* 1993; 114: 673-81.
7. 김종욱, 심지연, 황규삼, 이영희, 이필환, 이동명: 경신경총 차단술을 이용한 경동맥 내막절제술의 마취관리. *대한마취과학회지* 1997; 34: 832-8.
8. Ackerstaff RGA, de Blasakker CJW: Monitoring of brain function during carotid endarterectomy: an analysis of contemporary methods. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1998; 12: 341-7.
9. Evans WE, Hayes JP, Waltke EA, Vermilion BD: Optimal cerebral monitoring during carotid endarterectomy: neurologic response under local anesthesia. *J Vasc Surg* 1985; 2: 775-7.
10. Moorthy SS, Markand ON, Dilley RS, McCammon RL, Warren CH: Somatosensory-evoked responses during carotid endarterectomy. *Anesth Analg* 1982; 61: 879-83.
11. Lam AM, Manninen PH, Ferguson GG, Nantau W: Monitoring electrophysiologic function during carotid endarterectomy: a comparison of somatosensory evoked potentials and conventional electroencephalogram. *Anesthesiology* 1991; 75: 15-21.
12. Kearse LA, Brouwn EN, McPeck K: Somatosensory evoked potentials sensitivity relative to electroencephalography for cerebral ischemia during carotid endarterectomy. *Stroke* 1992; 23: 498-505.
13. Kresowik TF, Worsey MJ, Khoury MD, Krain LS, Shamma AR, Sharp WJ, et al: Limitations of electroencephalographic monitoring in the detection of cerebral ischemia accompanying carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 1991; 13: 439-43.
14. Plestis KA, Loubser P, Mizrahi EM, Kantis G, Jiang ZD, Howell JF: Continuous electroencephalographic monitoring and selective shunting reduces neurologic morbidity rates in carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 1997; 25: 620-8.
15. Ballotta E, Dagiau G, Saladini M, Bottio T, Abbruzzese E, Meneghetti G, et al: Results of electroencephalographic monitoring during 369 consecutive carotid artery revascularizations. *Eur Neurol* 1997; 37: 43-7.
16. 이정진, 강진원, 양미경, 함태수, 김정수, 김갑수 등: 뇌파와 체성감각 유발전위 감시하의 경동맥 내막절제술의 마취관리. *대한마취과학회지* 1997; 33: 254-61.
17. Pruitt JC: 1,009 Consecutive carotid endarterectomies using local anesthesia, EEG, and selective shunting with Pruitt-Inahara carotid shunt. *Contemp Surg* 1983; 23: 49-58.

18. Messik JM, Casement B, Sharbrough FW, Middle LN, Michenfelder JD, Sundt TM. Correlation of regional cerebral blood flow (rCBF) with EEG changes during isoflurane anesthesia for carotid endarterectomy: critical rCBF. *Anesthesiology* 1987; 66: 344-9.
19. McKinsey JF, Desai TR, Bassiouny HS, Piano G, Spire JP, Zarins CK, et al: Mechanisms of neurologic deficits and mortality with carotid endarterectomy. *Arch Surg* 1996; 131: 526-31.
20. Cantelmo NL, Babikian VL, Samaraweera RN, Gordon JK, Pochay VE, Winter MR: Cerebral micro-embolism and ischemic changes associated with carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 1998; 27: 1024-31.
21. Hasley JH Jr: Risks and benefits of shunting in carotid endarterectomy. The International Transcranial Doppler Collaborators. *Stroke* 1992; 23: 1583-7.
22. de Letter JA, Sie HT, Thomas BM, Moll FL, Algra A, Eikelboom BC, et al: Near-infrared reflected spectroscopy and electroencephalography during carotid endarterectomy in search of a new shunt criterion. *Neurol Res* 1998; 20: S23-7.
23. Amantini A, Bartelli M, de Scisciolo G, Lombardi M, Macucci M, Rossella R, et al: Monitoring of somatosensory evoked potentials during carotid endarterectomy. *J Neurol* 1992; 239: 241-7.
24. Guerit JM, Witdoeck C, de Tourtchaninoff M, Ghariani S, Matta A, Dion R, et al: Somatosensory evoked potential monitoring in carotid surgery. I. Relationships between qualitative SEP alterations and intraoperative events. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1997; 104: 459-69.
25. Haupt WF, Erasmi-Korber H, Lanfermann H: Intraoperative recording of parietal SEP can miss hemodynamic infarction during carotid endarterectomy: a case study. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1994; 92: 86-8.
26. Linstedt U, Maier C, Petry A: Intraoperative monitoring with somatosensory evoked potentials in carotid artery surgery-less reliable in patients with preoperative neurologic deficiency? *Acta Anaesthesiol Scand* 1998; 42: 13-6.
27. Wober C, Zeitlhofer J, Asenbaum S, Claeys L, Czerny M, Wolfl G, et al: Monitoring of median nerve somatosensory evoked potentials in carotid surgery. *J Clin Neurophysiol* 1998; 15: 429-38.
28. Kochs E: Monitoring of cerebral ischaemia. *Acta Anaesthesiol Scand* 1997; 111: S92-5.
29. Davies MJ, Mooney PH, Scott DA, Silbert BS, Cook RJ: Neurologic changes during carotid endarterectomy under cervical block predict a high risk of postoperative stroke. *Anesthesiology* 1993; 78: 829-33.
30. Shah DM, Darling III RC, Chang BB, Bock DEM, Paty PSK, Leather RP. Carotid endarterectomy in awake patients: its safety, acceptability, and outcome. *J Vasc Surg* 1994; 19: 1015-9.
31. MacKey WC, O'Donnell TF, Callow AD: Carotid endarterectomy contralateral to an occluded carotid artery: perioperative risk and late results. *J Vasc Surg* 1990; 11: 778-85.
32. Aungst M, Gahtan V, Berkowitz H, Roberts AB, Kerstein MD: Carotid endarterectomy outcome is not affected in patients with a contralateral carotid artery occlusion. *Am J Surg* 1998; 176: 30-33.