

두경부수술에서 경동맥 희생과 사전검사*

서울대학교 의과대학 이비인후과학교실

권택균 · 성명훈 · 김광현 · 김정준 · 이철희 · 민양기

= Abstract =

The Preoperative Evaluation of the Carotid Artery in Head and Neck Surgery

Tack Kyun Kwon, M.D., Myung-Whun Sung, M.D., Kwang Hyun Kim, M.D.,
Chul Hee Lee, M.D., Yang Gi Min, M.D.

*Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, College of Medicine,
Seoul National University, Seoul, Korea*

Objectives : The authors tried to analyze the results of carotid artery sacrifice with or without preoperative carotid evaluation.

Materials and Methods : Thirteen patients undergone carotid sacrifice were evaluated. Carotid balloon occlusion test (BOT) and single-photon emission computed tomography (SPECT) with technetium-99m-labeled hexamethylpropyleneamineoxime (^{99m}Tc-HMPAO) were used for preoperative carotid evaluation.

Results : The causes of carotid artery sacrifice consisted of the neck mass involving the carotid artery, spontaneous aneurysmal rupture, and traumatic pseudoaneurysm. Five patient had postoperative neurologic complications and two of them had permanent neurologic deficits.

Conclusion : The authors stress that the preoperative evaluation in carotid artery sacrifice is imperable, and the BOT with SPECT can be used in selecting the method of treatment. But since these tests cannot predict the postoperative outcome perfectly, careful perioperative care of the patients should be exercised regardless of the results of the preoperative evaluation.

KEY WORDS : Carotid artery · SPECT · Balloon occlusion test.

서 론

경동맥은 두경부와 뇌에 혈류를 공급하는 가장 중요한 혈관으로서 두경부질환에 대한 처치시 일반적으로 보존되어야 하는 구조물이다. 하지만 경동맥의 희생이

두경부질환 치료에 있어서 불가피한 선택이 되는 경우도 있다. 경동맥의 희생은 양성 혹은 악성종양의 완전 절제를 시행하는 경우, 경동맥의 파열이나 출혈이 예측되는 경우에 시행되어 경동맥희생에 대비한 사전검사가 가능한 경우도 있지만, 수술중 경동맥에 재건불능의 손상이 생기거나 예상하지 못한 출혈로 인해 사전검사 없이 경동맥을 희생하는 경우도 있다. 경동맥을 희생한 후 발생할 수 있는 합병증으로는 신경학적 후유증이 가

*이 연구는 1997년도 서울대학병원 지정연구비(02-96-323) 지원으로 이루어진 것임.

장 문제가 되며, 주로 허혈성뇌경색에 의한 반신불수, 감각이상, 실어증, 연하곤란, 발음곤란, 시력장애등이 발생할 수 있다¹⁾. 따라서 경동맥 회생에 따른 신경학적 후유증의 여부를 수술 전에 예측하는 것이 필요한데, 이러한 노력으로 경동맥을 수지 지압하여 일시적으로 혈류를 차단하여 보는 Matas' test가 그 시초이며, 이외에도 경동맥역압의 측정을 겸한 뇌혈관조영술, ocular pneumoplethysmography(OPG), 경두개 도플러 초음파검사(transcranial doppler sonography), Xenon을 이용한 단층촬영술, 단광자방출단층촬영(single photon emission computed tomography, SPECT), 양전자방출단층촬영(positron emission tomography, PET) 등이 제시되어 왔다.

저자들은 사전에 경동맥 풍선폐쇄검사(balloon occlusion test, BOT)와 SPECT를 시행하여 선택적으로 경동맥을 회생한 환자에서 사전검사 없이 수술을 시행한 군과 사전검사를 하여 선택된 군의 결과를 비교함으로써 사전검사가 과연 술후 환자상태를 얼마나 예측할 수 있는지 검토하고, 경동맥회생에서 사전검사의 의미와 경동맥회생시 신경학적 후유증을 예방할 수 있는 방법에 대해 고찰하였다.

연구대상 및 방법

1. 대상환자

1991년부터 1998년까지 서울대학교병원 이비인후과에서 경동맥 회생에 대비한 술전검사나 경동맥 결찰 및 절제술을 받은 환자를 대상으로 하여 임상기록분석을 하였다.

대상환자는 모두 20명으로 이중 경동맥을 결찰 혹은 절제한 경우는 14례이고 절제한 부위는 총경동맥 9명, 내경동맥 5명이었다. 외경동맥을 회생한 경우는 모두 제외하였다. 연령은 32세에서 76세사이이며, 평균연령은 52.3세였다. 남녀 비율은 16 : 4였다.

2. 경동맥풍선폐쇄검사

본 검사는 수술 1~2일 전에 시행하였으며, 대퇴동맥을 통하여 풍선도관을 삽입한 후 환측 경동맥 내에 절제가능성이 있는 부위의 근위부에서 생리식염수로 ballooning을 하였다. 검사 중 발생할 수 있는 혈전색전성 합병증(thromboembolic complication)을 방지하

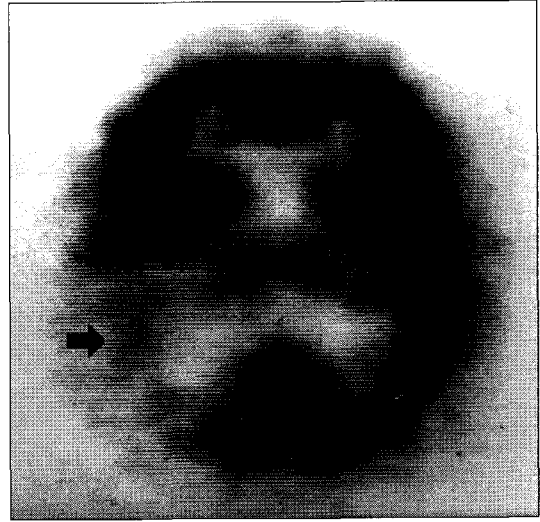


Fig. 1. Images of SPECT of case No 17

A perfusion defect is seen in the right temporoparietal lobe (arrow).

기 위해 수술 전후로 heparin을 투여하였다. 풍선폐쇄는 15분 내지 30분 동안 시행하였으며, 폐쇄 중 운동기능, 지각기능, 언어기능 및 단기 기억력에 대한 지속적인 신경학적 검사를 시행하였다. 풍선폐쇄 도중 신경학적인 변화가 관찰되거나 활력징후의 변화가 있으면 즉시 검사를 중단하였고 경동맥 회생에 부적합(intolerable)하다고 판정하였다.

3. 단광자방출단층촬영(Fig. 1)

30 mCi의 ^{99m}Tc-HMPAO(hexamethylpropylamine oxime)을 풍선폐쇄 시점에서 경동맥으로 투여하였으며 20분내지 1시간 사이에 Prism-3000(Picker) scintillation camera를 이용하여 SPECT를 시행하였다. SPECT 결과에서 한곳 이상의 관류결손(perfusion defect)을 보인 경우 부적합(intolerable)하다고 판정하였다.

4. 후유증의 분류

수술 직후 발생한 신경학적인 후유증을 일시적(transient)과 영구적(permanent)인 후유증으로 구분하였고 일시적인 후유증은 술후 2주내에 완전회복이 가능했던 신경학적인 결손을 말하며 영구적인 후유증이란 수술 직후 발생하여 퇴원후 외래추적시점에서도 남아 있는 신경학적인 결손이 있을 때로 정의하였다. 한편 수술 후 48시간 이후에 발생한 후유증으로 신경학적,

방사선학적 검사상 혈전성뇌경색으로 판명된 경우 지연성(delayed) 후유증으로 따로 구분하였다.

5. 자료의 검증

PC-SAS version 6.04를 이용하여 Fisher's exact test에 의한 검증을 하였다.

결 과

경동맥의 절제, 혹은 결찰 등의 시술을 받은 환자 14례를 포함한 총 20례의 사전검사 환자에 대한 개요를 Table 1에 요약하였다. 경동맥 희생의 원인질환은 악성종양의 경동맥 침범 및 유착이 9례, 양성종양의 유착이 1례, 가성동맥류가 4례였다.

경동맥을 결찰 혹은 절제한 14례 중 6례에서 사전검사 없이 수술하게 되었으며 이 중 2명이 수술직후 신경학적 결손을 보였고, 이 중 1명에서 영구적인 신경후유증을 보였다. 사전검사를 시행하여 적합하다고 판정되

었던 8례에서도 1례에서 영구적인 신경학적인 결손을 보였다. 증례 5의 경우 수술 중 종양의 경동맥유착으로 총경동맥을 절제하여 동측 중대뇌동맥 경색이 왔던 경우이며, 증례 6은 수술 직후 혈압강하로 실신을 보였으나 혈압의 상향 조절로 회복이 되었던 경우이다. 증례 8은 수술 직후 일시적인 반신마비가 있었지만 완전히 회복되었다. 증례 12는 수술 직후 신경학적인 결손은 없었으나 지연성 혈전색전증(delayed thromboembolic infarct)이 있어 실어증, 반신마비 증세를 보였지만 완전히 회복되었다. 증례 14는 사전검사에서 적합하다고 판정되었음에도 불구하고 영구적인 신경학적 결손을 보였다.

사전검사 후 경동맥 절제를 하지 않은 경우는 모두 6명으로 여기에는 가성동맥류를 절제한 후 경동맥의 손상을 복구한 1례, 경동맥 손상없이 종양절제만을 한 1례 및 사전검사상 부적합으로 판정되어 수술 외 다른 치료방법을 선택한 2례가 포함되어 있으며, BOT중 혈전색전증으로 중대뇌동맥 경색이 왔던 1례와 뇌혈관조

Table 1. Summary of cases

No	Sex/Age	Disease	BOT	SPECT	Site	Complication
Carotid Sacrificed						
1.	F/45	Thyroid Ca	ND	ND	CCA	-
2.	F/59	Thyroid Ca	ND	ND	CCA	-
3.	F/48	Temporal bone Ca	ND	ND	CCA	-
4.	M/66	Lx Ca	ND	ND	CCA	-
5.	M/65	Lx Ca	ND	ND	CCA	Immediate/Permanent
6.	M/42	Carotid body tumor	ND	ND	ICA	Immediate/Transient
7.	M/35	Pseudoaneurysm	Tol	ND	ICA	-
8.	M/35	Pseudoaneurysm	Tol	ND	ICA	Immediate/Transient
9.	F/32	Pseudoaneurysm	Tol	ND	ICA	-
10.	M/48	Pseudoaneurysm	Tol	ND	ICA	-
11.	M/60	Lx Ca	Tol	ND	CCA	-
12.	M/57	Lx Ca	Tol	Intol	CCA	Delayed/Transient
13.	M/67	Lx Ca	Tol	Tol	CCA	-
14.	M/62	Thyroid Ca	Tol	Tol	CCA	Immediate/Permanent
Carotid Preserved						
15.	M/37	Aneurysm	Tol	ND	-	Carotid repaired
16.	M/46	Carotid body tumor	Tol	Intol	-	Carotid saved
17.	M/61	Lx Ca	Tol	Intol	-	No op
18.	M/49	Temporal bone Ca	Intol	Intol	-	No op
19.	M/55	Olfactory Neuroblastoma			MCA infarct during BOT	
20.	M/76	Hypophx Ca			Lack of collateral in angiography	

Tol ; tolerable, Intol ; intolerable, ND ; not done, Lx ; larynx, BOT ; balloon occlusion test, SPECT ; single-photon emission computed tomography, ICA ; internal carotid a., CCA ; common carotid a.

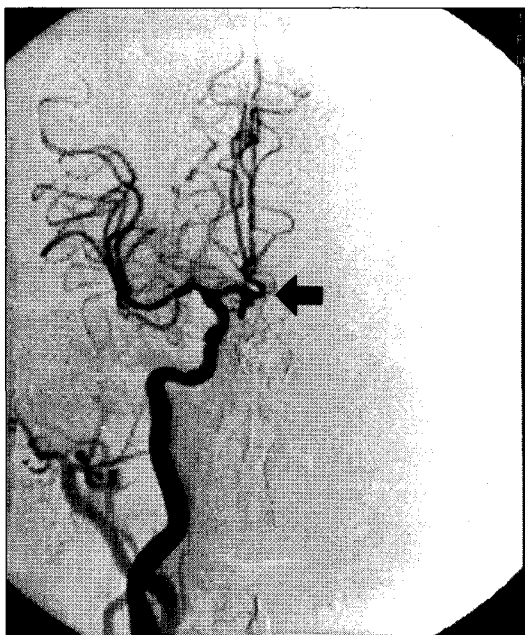


Fig. 2. Angiography of case No 20.
A complete lack of collateral circulation in the circle of Willis was found (arrow) and the carotid artery was not sacrificed.

Table 2. BOT vs immediate permanent complication (N=14)

Cx	None	Immediate permanent	Total
BOT(+)	7(88%)	1(12%)	8
BOT(-)	5(83%)	1(17%)	6
Total	12	2	14

영상 윌리스환의 선천적 이상으로 BOT를 시행하지 못하였던 1례가 있었다(증례 20, Fig. 2). 결국 이 환자군 중 5례는 수술시 경동맥을 희생했다면 심각한 신경학적 후유증을 피할 수 없었을 것으로 보인다.

BOT를 시행한 환자 중 모두 6례에서 SPECT를 같이 시행하였다. BOT에서 적합판정을 받았던 5례중 SPECT도 정상을 보인 것은 2례였다. 증례 13은 후유증 없이 경동맥을 희생하였으나 나머지 1례는 수술 직후 허혈성 뇌경색이 발생하였다(증례 14). SPECT에서 부적합 판정을 받은 3례에서는 경동맥을 희생하지 않았으며, 1례에서는 불가피하게 경동맥을 희생하였으나 BOT에서 적합판정을 받았음에도 불구하고 술후 지연성 장애가 일시적으로 나타났다(증례 12).

BOT를 시행한 군과 하지 않은 군을 비교하여 그 후 유증발생에 통계학적인 유의성은 없었다(Table 2, $p > 0.05$). 한편 총경동맥을 희생한 9명중 영구적인 후유증이 발생한 것은 2명임에 비해 내경동맥을 희생한 5명중 2명에서 일시적인 후유증은 있었으나 영구적인 결손은 보이지 않았다.

고 찰

두경부 수술에서 경동맥의 결찰 혹은 절제가 필요할 때 일어날 수 있는 심각한 합병증을 예방하기 위해 혈관을 재건하여 경동맥의 혈류를 유지시켜줄 수 있다. 이를 위해 주로 복재정맥자가이식(saphenous vein autograft)을 이용하지만 수술시간이 길어지고 수혈 및 마취의 위험이 증가할 뿐 아니라 이식 혈관의 폐색 혹은 파열로 역시 치명적인 후유증을 일으킬 수 있어 아직도 불완전한 대응책으로 생각된다²⁾.

따라서 불가피한 경동맥 희생에 의한 신경학적 후유증을 예측하기 위한 여러 방안이 시도되어 왔다. Hay 등(1972)은 혈관조영술 도중 경동맥역압(back pressure)을 측정하여 안전하게 경동맥을 결찰할 수 있는 역압의 수준을 50mmHg로 제시하였으나 역압이 50mmHg 이상이어도 뇌허혈이 6%에서 발생하였다³⁾⁴⁾. 수술중 뇌전도의 변화를 추적함으로써 경동맥역압 측정 단독보다 더 좋은 결과를 얻었다는 보고도 있다. Gee 등에 의해 처음으로 개발된 ocular pneumoplethysmography(OPG)를 이용하여 안동맥(ophthalmic artery) 압력을 측정하여 경동맥의 분지압을 간접적으로 평가하는 방법은 그 시술이 비침습적이라는 장점을 가지고 있지만 OPG에 의한 경동맥압은 안동맥이나 중대뇌동맥(middle cerebral artery)에 병변이 있을 경우 압력이 실제 뇌혈류를 반영하지 못할 수 있다는 단점이 있다³⁾⁵⁾.

BOT는 증상을 유발시켜 차단된 뇌혈류에 대한 신경계의 내성을 가늠하는 방법으로 보다 임상증상을 예측하기 쉽다고 하겠으나 수술전의 내성이 수술 중, 수술 후 스트레스상황에서 신경계가 필요로 하는 혈류량이 증가되었을 때에도 유지될 것인가라는 점에서 그 한계가 있다. 따라서 경동맥혈류차단 후 뇌혈류량의 절대적인 평가가 중요하며 이를 위해서 Inhaled Xenon CT와 SPECT가 도입이 되었다³⁾⁶⁾. Inhaled Xenon CT

는 비침습적이고 비교적 고해상도를 가지며 뇌혈류를 정량화 할 수 있다는 장점을 가지고 있는 반면 Xenon 자체가 뇌혈류에 영향을 줄 수 있고 혈류와 함께 배출되므로 변화된 뇌혈류를 관찰하기 위해서는 시험적 경동맥 폐쇄와 동시에 촬영을 해야하는 단점이 있다. 이에 반해 HMPAO는 뇌혈류에 비례하여 뇌혈관으로 분포할 뿐 아니라 투여 후 5분 이내에 뇌세포 안으로 녹아 들어가 곧 수용성으로 변환되어 세포 안에 수시간동안 머물기 때문에 투여 당시의 뇌혈류 분포를 촬영시기까지 유지할 수 있는 장점을 가지고 있어 시험적 경동맥 폐쇄 후 뇌혈류 분포를 가능하기에 용이하다. 하지만 ^{99m}Tc 의 방사선편학적 특성상 안정된 방사선을 방출하는 시간이 비교적 짧아(약 30분) 검사간의 시간배치가 중요하다⁷⁸⁾.

본 연구에서는 BOT와 SPECT를 동시에 시행한 6명의 환자들의 경우 BOT에서 경동맥희생에 적합하다고 판정했던 5례중 SPECT에 이상소견을 보인 경우가 3례로 보다 신경학적인 소견으로 판단하는 것보다 민감한 결과를 보여주었다. 하지만 SPECT는 영상을 얻는 그 당시의 절대적인 뇌혈류분포를 보여주는 역할만을 하므로 경동맥폐쇄 후 1회 시행한 SPECT로는 뇌혈류의 변화를 알 수 없으며, 보다 정확한 평가를 위해서는 경동맥 폐쇄 전에 SPECT를 촬영하여 폐쇄 후와 비교하는 것이 위양성을 줄일 수 있을 것으로 생각되었다. 또한 SPECT는 국소혈류분포(regional perfusion)를 반영하지만 inhaled Xenon CT처럼 뇌혈류의 절대값을 측정하는데 아직까지는 어렵다는 단점을 가지고 있다. 뇌혈류의 절대값이 중요한 이유는 비록 검사 전에 비해 혈류가 떨어졌다고 하더라도 정상치 이상일 경우 뇌기능에 별 문제가 없기 때문이다⁹⁾¹⁰⁾.

본 연구에서 BOT와 SPECT 두검사 모두에서, 혹은 SPECT에서 부적합 판정을 받은 4례중 증례 12를 제외하고는 경동맥 희생을 피하였으며 증례 12의 경우도 일시적인 신경학적 결손이 지연성으로 나타났지만 영구적인 손상은 없었다. 한편 두 검사 모두 부적합 판정을 받은 2례 중 1례에서 영구적인 신경학적 결손이 발생하였다. 사전검사를 통해 적합성을 평가한 후 희생한 경우에도 사전검사없이 희생한 경우에 비해 신경학적 후유증의 유의한 감소를 볼 수 없어 일견 경동맥의 희생시 사전검사의 의미가 없는 것처럼 보이나, 이는 전체 환자수가 적고 사전검사에서 부적합판정을 받은 경

우에는 경동맥 희생을 하지 않았었기 때문인 것으로 사료된다.

이번 조사에서 총경동맥 결찰시 영구적인 후유증이 발생한 비율(22%)이 내경동맥(0%)에서 보다 컸지만, 일부 보고에 따르면 경동맥 결찰의 위치는 결찰 즉시 신경학적인 결손에는 관여하지만 최종적인 뇌손상에는 그 결찰 위치가 크게 영향을 미치지 않는 것 지적되기도 하였다¹⁾.

뇌혈관의 선천적 기형이 있는 경우 측부순환의 결여로 동측 경동맥 혈류의 차단은 완전 허혈에 이를 수 있으므로 술전 뇌혈관촬영으로 측부순환의 형성을 반드시 확인해야한다. 선천적으로 윌리스환의 측부순환의 기형이 3.8%에서 17%까지 보고되고 있다¹⁾.

경동맥희생 후 신경학적인 후유증의 발생에는 사전검사의 결과에 관계없는 여러 가지 요소가 관여할 수도 있다. 환자의 연령 및 성별은 결과에 크게 영향을 끼치지 못하다고 알려져 있으며 수술부위의 감염이 이론적으로 경동맥 희생 후 결과에 나쁜 영향을 끼친다고 생각할 수 있으나 실제로는 큰 영향이 없다고 한다¹¹⁾. 수술전 방사선 치료를 한 경우 경동맥절제 후 결과가 더 좋은데, 이는 혈관염을 일으켜 점진적인 경동맥 협착을 유발하여 낮은 혈류에 적응된 뇌조직이 경동맥 희생 후 손상이 적기 때문으로 해석되고 있다¹¹⁾.

경동맥 결찰 후 해당부위에서 발생한 혈전으로 인해 지연성 뇌경색이 발생할 수 있는데 이는 비록 병리학적인 해석이 빈약하지만 술전 뇌허혈 유발검사서 이상 이 없었던 환자에게 뇌경색이 발생하는 현상을 설명해 줄 수 있다. 증례 12의 경우가 이에 해당되는 것으로 생각되며 항응고제의 적절한 사용으로 영구적인 신경학적인 결손을 막을 수 있었다. 경동맥 결찰 이후 뇌후유증 발생에는 수술 전후의 혈압조절이 가장 큰 영향을 주는 것으로 생각된다. Moore(1969)는 경동맥 결찰 당시의 혈압이 정상보다 낮은 경우 87%에서 뇌후유증이 발생한 데 반해 정상혈압을 유지한 경우 28% 정도로 낮았다고 보고하고 있다¹⁾. 증례 5, 12와 14의 경우 혈압의 변화에 따라 즉각적인 신경학적 변화, 즉 운동기능의 약화 및 의식저하를 경험할 수 있었으며 dopamine의 투여로 혈압을 올리면 이러한 증상이 완화되었다. 증례 5의 경우 잦은 혈압 변화와 신경학적 변화를 보이던 중 영구적인 반신마비가 초래되었다.

결국, 경동맥의 사전검사의 정확도와 예측도 및 지연

성 혈전형성으로 인한 색전성 뇌경색을 고려하면, 아직은 경동맥회생 후 신경학적인 후유증을 완벽히 예측할 수 있는 검사는 없다고 할 수 있다. 즉 경동맥 회생에 명확히 부적합하다고 판정되어 경동맥 회생을 피할 수 있었던 환자에게서는 사전검사가 그 의미가 있었지만 경동맥의 재건 없이 회생할 때 술전 검사의 결과가 술 후 신경학적 후유증을 예측하기는 어렵다는 결론을 내릴 수 있게 된다. 따라서 신경학적 후유증을 최소화하기 위하여는 적극적인 사전검사 못지 않게 수술전, 후 환자의 처치가 중요하다. 이를 위해 혈액손실을 보충하고 정상보다 적어도 같거나 높은 혈압을 유지해야 한다. 체위에 따른 혈압변화를 방지하기 위해 절대안정을 해야 하며, 충분한 혈중 산소 농도를 유지해야 한다. 수술 중에는 가능하면 뇌혈류를 유지시키기 위한 노력, 예를 들면 경동맥 단단문합술이나 혈관 이식 및 인공혈관삽입 등의 도입을 고려해야 하며 가능한 경동맥의 최말단을 결찰 혹은 절제하는 방법 등의 기술적인 시도와 적절한 항응고제의 투여 및 지연성 색전증을 방지하는 것이 중요하다¹⁾.

한편 일시적인 경동맥차단으로 인하여 유발되는 일위적인 혈전발생으로 수술을 하기도 전에 뇌경색을 일으키는 경우(증례 19)도 있어 그 시행과 검사전후 처치에도 신중을 기해야 한다. 즉, 반드시 필요한 경우에 사전검사를 시행하고 풍선차단술은 혈관조영상 충분한 측부순환이 확인된 후에 시행해야 한다. 검사 중 혈전발생을 예방하기 위해 충분한 항응고제의 투여가 필요하다. 또한 검사 중에도 의사가 입회하여 환자의 신경학적 변화를 철저히 감시해야 하며 만약 주관적, 객관적 신경학적 이상이 보이는 경우 즉시 검사를 중단하여야 한다.

결 론

경동맥회생 후 신경학적인 후유증을 줄이기 위하여 경동맥의 술전평가는 필수 불가결하여 경동맥풍선폐쇄술을 수술 전에 시행한 결과 고위험군을 선별하여 경동맥을 회생하지 않는 적절한 치료방법을 선택할 수 있었고 뇌단파자방출단층촬영을 같이 시행한 결과 신경학적인 결과를 예측하는데 보다 정확한 자료를 제공받았으며 이를 통해 적절한 치료의 방법을 선택할 수 있었

다. 또한 경동맥풍선폐쇄술은 그 자체로 합병증이 있을 수 있으므로 환자 선택과 검사전후의 적절한 처치가 중요하다.

술전검사의 중요성에 비해 술후 신경학적 후유증을 예측할 수 있는 만족할 만한 단독 검사는 아직은 없으므로 오히려 수술 전후의 환자관리의 중요성이 강조된다. 따라서 수술 전 가능한 사전검사를 통해 환자를 선별하고 선별된 환자에게서 경동맥 회생시 발생할 수 있는 신경학적 결손에 민감하게 반응하여 적절한 조치를 취하는 것이 경동맥 수술에 가장 중요한 점이라고 생각된다.

References

- 1) Moore OS, Baker HW : Carotid artery ligation in surgery of the head and neck. *Cancer*. 1955 ; 8 : 712-726
- 2) Zane RS, Aeschbacher P, Moll C, Fisch U : Carotid occlusion without reconstruction : a safe surgical option in selected patients. *Am J Otol*. 1995 ; 16 : 353-359
- 3) deVries EJ et al : A new method to predict safe resection of the internal carotid artery. *Laryngoscope*. 1990 ; 100 : 85-88
- 4) Hays RJ, Levinson SA, Wylie EJ : Intraoperative management of carotid back pressure as a guide to operative management for carotid endarterectomy. *Surgery*. 1972 ; 72 : 953-960
- 5) Martinez SA, Oller DW, Gee W, deFries HO : Elective carotid resection. *Arch Otolaryngol* 1975 ; 101 : 744-747
- 6) deVries EJ et al : Elective resection of the internal carotid artery without reconstruction. *Laryngoscope*. 1988 ; 98 : 960-966
- 7) Giller CA, Purdy P, Lindstrom WW : Effects of inhaled stable xenon on cerebral blood flow velocity. *AJNR* 1990 ; 11 : 177-182
- 8) Johnson DW et al : Stable xenon CT CBF imaging ; rationale for and use in clinical decision making. *AJNR*. 1991 ; 12 : 201-213
- 9) Eckard DA, Purdy PD, Bonte FJ : Temporary balloon occlusion of the carotid artery combined with brain blood flow imaging as a test to predict tolerance prior to permanent carotid sacrifice. *AJNR*.

1992 ; 13 : 1565-1569

- 10) Monsein LH et al : *Assessing Adequacy of collateral circulation during balloon test occlusion of the internal carotid artery with ^{99m}Tc-HMPAO SPECT.* AJNR.

1991 : 12 : 1045-1051

- 11) Moore OS, Karlan M, Sigler L : *Factors influencing the safety of carotid ligation.* Am J Surg. 1969 : 118 : 656-668