

거대 뇌동맥류의 치료

동아대학교 의과대학 신경외과학교실

김 형 동

Intracranial Giant Aneurysms

Hyung Dong Kim, MD

Department of Neurosurgery, College of Medicine, Dong A University, Pusan, Korea

● ABSTRACT

Intracranial giant aneurysms (GANs), approximately 5% of all intracranial aneurysms, represent a subgroup of diverse intracranial artery aneurysms (ANs) with a maximum sac diameter reaching or exceeding 25 mm. This size has been used arbitrarily to define this clinicopathological entity because smaller lesions have been shown to differ significantly with regard to the rate of rupture, the incidence of presentation with mass effect, and, most importantly, the difficulty of surgical treatment. And GANs also are a unique biological entity. The goals of therapy may include protection from hemorrhage, prevention and treatment of thromboembolic complications and relief of symptomatic mass effect. The treatment of all GANs has benefited from advances in angiography and imaging, endovascular techniques, intraoperative angiography, and collaborative advances in anesthetic technique, brain resuscitation and protection, critical care and rehabilitation. GANs present formidable surgical challenges due to their size, management strategies, brain protection and proximal control. Therefore dynamic and multidisciplinary strategy of therapy is optimally executed by a clinical team dedicated to interaction and collaboration, these clinical team should include diagnostic and interventional neuroradiology expertise and a technical competence geared toward realistic and individualized therapeutic options. The author reviewed the literature for clinical manifestation, diagnostic evaluation, therapeutic strategies including the method of brain protection of GANs. (Kor J Cerebrovascular Disease 1:17-27, 1999)

KEY WORDS : Intracranial giant aneurysm · Therapeutic option · Clinical team.

서 론

1966년대 협동연구(cooperative study)에서 뇌동맥류 중에서 최대 직경이 25 mm 이상인 것을 거대 뇌동맥류로 정의하여 현재까지 사용되고 있다.²³⁾²⁸ 그러나 혹자는 뇌동맥류 직경이 20 mm에서 25 mm까지의 뇌동맥류를 매우 큰 뇌동맥류(very large aneurysm)로 세분하여 정의하고 이것 또한 임상적 측면에서 거대동맥류 범주에 넣기도 한다.⁶⁾

전 뇌동맥류 중에서 약 5~7%를 차지하는 이 거대동맥류를 25 mm라는 기준으로 정한 이유는 일반 뇌동맥류에

비해 파열되는 빈도가 다르고, 공간 점유성 효과(mass effect)로 인한 증상의 발현빈도, 그리고 외과적 치료의 어려움 때문이다.³⁾

즉 거대동맥류에 대한 치료는 외과적 수술 요법을 필요로 하나 직접 수술이 뇌동맥류의 조속 파열(premature rupture), 크립시 모혈관의 협소(narrowing) 또는 협착(stenosis), 그리고 천공동맥 손상(perforator damage) 등으로 경험있는 외과의라도 22~37%에 이르는 이완률과 사망률을 보이고 있기에 현재까지도 뇌혈관 질환 중에서 가장 치료하기 어려운 부분 중에 하나로 남아있다.

그러나 최근까지의 신경생리학의 연구, 진단 방사선학적 검사법의 개발, 중재적 방사선학의 발전, 신경마취 및 미세 수술기법의 발전, 그리고 미세 수술도구 및 뇌보호에 대한 약제개발 등으로 거대 동맥류의 치료 성적이 괄목할 만한 향상을 보이고 있다.

논문접수일 : 1999년 7월 15일

심사완료일 : 1999년 8월 23일

교신저자 : 김형동, 602-103 부산광역시 서구 동대신동 33-1

동아대학교 의과대학 신경외과학교실

전화 : (051) 240-5171 · 전송 : (051) 242-6714

동아대학교병원 신경외과학 교실에서는 1990년 7월부터 1999년 6월까지 약 9년간 총 673명의 뇌동맥류 환자중 동맥류의 직경이 25 mm 이상인 12명(1.8%)과 20~25 mm인 5명의 동맥류를 경험하고 이를 바탕으로하여 문헌고찰과 함께 거대 동맥류의 치료방법과 이에 따른 문제점에 대해 논의하고자 한다.

병태생리와 자연사

거대 뇌동맥류를 병리학적, 병인론적 및 형태학적으로 크게 두 가지로 대별하는데 낭상 동맥류(saccular aneurysm)와 방추상(fusiform) 동맥류로 구분할 수 있다.

낭상 동맥류는 대개 정상 크기의 경부를 가진 작은 동맥류가 점진적으로 커진 경우이고, 방추상 동맥류는 혈관벽의 동맥경화적 퇴행성 변화(atherosclerotic degeneration)로 주로 장분절(long segment)에 걸쳐서 동맥혈관이 팽대된 경우인데 때로는 결합조직 질환(connective tissue disorder)과 동반되기도 한다. 그러나 이 두 형태의 동맥류 모두에서 동맥벽의 탄력층(elastic lamina)과 근육층(muscular layer)의 결손을 보인다.

거대 사행성 동맥류(giant serpentine aneurysm)는 매우 구불구불한 혈관에 생긴 동맥류로서 일부의 혈전이 있는 경우로 낭상 동맥류와 방추상 동맥류 모두에서 발생할 수 있다.

높은 빈도를 보이는 거대 낭상 동맥류는 주로 내경동맥 분지계에서 발생하는데 아직 동맥류의 형성기전은 잘 모르나 후천성(퇴행성 변화, 혈액동성 인자)과 선천성(concept of "medial gap", 1930년 Forbus가 처음 주장)원인으로 설명되고 있다. 낭상 동맥류가 커지는 기전은 정확히 밝혀져 있지 않으나 동맥류벽의 반복되는 손상과 치유과정 중 거치면서 일어나는데, 이들 동맥류들은 수 년에 걸쳐서 서서히 크기가 증가하거나, 크기의 변화가 거의 없는 경우도 있으며, 또는 어떤 동맥류는 수 주나 수 개월에 걸쳐 급격히 성장하는 경우도 있다.

작은 낭상동맥류낭 내에 계속적인 혈액동학적 압력이 가해지고 혈류의 소용돌이(turbulent flow)로 인해 동맥류 내벽의 내피손상이 일어나고 그 결과 동맥류벽의 층상괴사(laminar necrosis)로 동맥류의 확장을 일으킨다. 이런 기전을 좀 더 구체적으로 설명하면 첫째 만약 작은 낭상 동맥류가 파열이 없이 지속되면 손상된 내피는 벽재혈전(mural thrombosis)이 형성된 후 이 혈전이 조직화(섬유모세포(fibroblast)의 침윤, 교원질(collagen)의 형성과 섬유성 물질의 침착)되면서 새로운 내피가 만들어져 부분 치유가 된다. 또한 혈류의 소용돌이로 인해 동맥류 내벽의 내피손상은 활성

혈소판 응집과 침착(active platelet aggregation & deposition)을 유발시켜 점차적인 층상배열(lamination)을 형성한다. 또한 동맥류낭내의 정체(stasis)와 벽재혈전 역시 동맥류벽에 허혈을 일으켜 더욱 동맥류벽에 손상과 벽내 미세출혈(intramural microhemorrhage)을 일으킨다. 이러한 과정이 반복되는 동안 동맥류벽이 점점 두꺼워지고 동맥류의 경부와 dome의 확대가 일어나 거대 동맥류로 된다. 그러나 조직화된 두꺼운 벽을 가지며 커진 동맥류라도 혈액동력에 대항하지는 못한다. 둘째 또 다른 기전으로 동맥류가 파열되면서 거대 동맥류로 될 수도 있다. 즉 파열된 부위에 섬유소(fibrin)침착되거나 반복출혈시 약한 부위(weak point)로 작용하면서 새로운 동맥류벽을 보강시키고 모세혈관 증식(capillary proliferation)으로 두꺼워지며, 모세혈관으로부터 반복적인 미세출혈이 일어나고 흡수되면서 점점 거대 동맥류로 변한다. 그리고 동맥류 주위의 혈종이 조직화되면서 두꺼운 막을 만든다.

반면 방추상 동맥류는 동맥 분지부위에서는 발생하지 않고 비교적 큰 동맥의 장분절의 동맥벽 결손부위에서 생긴다. 경동맥보다 추골동맥계에 흔하며, 대개 혈관 내벽의 동맥경화성 변성으로 혈관내막(intima), 탄력층(elastica) 및 근육층(muscular layer)에 손상을 받아 구조적 변화를 일으킬 때 잘 발생한다. 때로는 Marfan 증후군, Ehlers-Danlos병, Elastica pseudoxanthoma 등과 같은 선천성 질환 및 감염에 의한 혈관 내벽의 손상이 원인이 되는 경우도 있다²⁴. 낭상 동맥류와 같이 방추상 동맥류에서도 혈전, 섬유소, 지질, 대식세포(macrophage), 섬유모세포 및 collagen 등이 동맥류벽에 점차적으로 축적되어 동맥류가 점점 자라게 된다. 또한 벽내 출혈과 지주막하 출혈도 일어나기도 한다.

거대 사행성 동맥류는 아주 드물고 구불구불한 혈맥관(tortuous vascular channel)에서 일어나는데 혈관조영술에서 느린 순환시간(slow circulation time)으로 구불구불한 혈맥관(tortuous vascular channel)을 보인다. 발생기전 역시 잘 규명되어 있지 않으나 비교적 좁은 구멍(orifice)으로 거대 동맥류내로 유입되는 혈액의 jet flow와 관계가 있다한다(Coanda effect). 즉 독특한 혈액동력으로 jet flow주위에 압력이 낮은 부위(low-pressure zone)와 압력이 높은 부위(high-pressure zone)가 생겨 거대 동맥류내에 구불구불한 혈맥관을 형성한다고 한다. 또한 혈전, 조직화 및 혈관재형성(revascularization)도 일어날 수 있다. 낭상 동맥류와 방추상 동맥류 모두에서 적합한 혈액동상태가 되면 발생할 수 있는데 중대뇌동맥에서 흔히 일어난다. 아마도 이곳에는 동맥류의 형성을 예방하는 골, 경막, 신경 및 혈관구조물이 없으며 또한 jet flow를 만드는 적합

한 혈액동력이 있기 때문이다.

거대 동맥류의 해부병리학적 특징은 동맥류의 기저부가 모 혈관의 직경보다 몇 배나 넓다는 것이며 이로 인해 동맥류 경부 또한 넓어지는데 광폭 경부(wide neck)라함은 그 직경이 4 mm 이상인 것을 의미한다. 또한 약 60%에서 동맥류내에 층상 혈전(laminated thrombus)이 발생하고 동맥경화성 플라크(atheromatous plaque) 침착 등이 일어난다. 이러한 경우는 경부 결찰술에 어려움이 있게 된다.

이러한 거대 동맥류의 자연사(natural history)에 대해 아직 확실히 알려져 있지 않은데 동맥류의 진화단계(evolutional stage)에 따라 다르다 하겠다. 어떤 거대 동맥류는 상당기간동안 변화없이 지속되기도 하고 아주 드물게는 자연적 혈전 형성으로 없어지는 경우도 있다한다. 그러나 일반적으로 거대 뇌동맥류는 시간이 지남에 따라 성장하며, 혈관 내벽에서는 항상 혈소판 침전과 혈전 형성의 역동적인 변화가 일어나기 때문에 언제든지 이곳에서부터 혈전색전증(thromboembolism)이 발생할 수 있다는 것을 염두에 두어야 한다. 거대 동맥류의 내부가 대부분 혈전으로 채워졌다 할지라도 완전 폐색되지 않으면 거대 뇌동맥류는 점점 커질 수 있으며 성장 과정중의 어느 때라도 지주막하 출혈을 유발할 수 있으므로 해면정맥동에서 발생한 거대 동맥류를 제외한 치료하지 않은 대부분의 거대동맥류는 파열로 인해 좋지 못한 결과를 보인다.

임상 증상

전 뇌동맥류 중에서 약 5~7%를 차지하는 거대 뇌동맥류의 발생부위는 내경동맥군에서는 해면정맥동 부위, 상상돌기 주변부 및 내경동맥 분지부이며, 중대뇌동맥분지, 전교통동맥 및 기저동맥분지부 등이 호발부위이며(Table 1), 10~30%에서 다른 부위의 뇌동맥류가 동반된다.

발생연령층은 어느 연령층에서나 발생되나 40대에서 60대에 호발하며, 대개 비 거대 동맥류 군에 비해 10년 정도 지난 50대에서 흔하며 20대 이하의 연령층은 전체의 5%정도를 차지한다고 한다.

남녀의 비는 여자에서 남자보다 2~3배 정도 빈발하며, 거대 동맥류의 25%에서 고혈압의 과거력과 2% 정도에서 당뇨병의 과거력을 가지는 것 이외 다른 위험인자는 없다고 한다.

증상의 보존기간은 아주 다양하다. Peerless 등에 의하면 11%정도가 5년 이상 증상의 성쇠(waxing and waning)를 보인다 한다.

발현 증상 또한 다양하나 주로 공간 점유성 증상과 출혈 증상이 대부분이다.

학자에 따라 차이가 있으나 약 60~70%정도에서 공간 점유성 병소로 인한 국소적 압박 증세, 즉 해당 뇌신경, 추체로 및 뇌척수로의 압박증상 등을 나타낸다. 전순환계에서 발생한 거대 뇌동맥류는 주로 안구운동의 이상이나 시력 및 시야장애가 주된 증상이며 후순환계에서 발생한 거대 뇌동맥류는 뇌신경 기능장애, 뇌간마비, 사지 위약 등의 주증상을 나타나게 된다. 이런 압박증세는 대개 만성적이거나 때로는 동맥류내의 출혈이나 혈전으로 갑작스런 동맥류 증대가 일어날 때는 급성으로 나타나는 경우도 있다.

뇌출혈은 주로 지주막하출혈이나 드물게는 뇌실질내 출혈이 일어날 때도 있다. 이런 출혈의 빈도는 대략 40%정도라고 한다. Wallace 등⁴⁰⁾은 치료받지 않은 거대 뇌동맥류 환자의 장기 추적 결과에서 사망 원인 중 대부분을 차지하는 것이 출혈이었다고 기술하고 있다.

또한 이들 증상의 빈도는 위치에 따라 아주 다르게 나타난다. 즉 해면 정맥동의 거대동맥류일때는 대개가 해면정맥동 속의 뇌신경압박증세가 일어나나 기저동맥이나 내경-안동맥 부위에서는 출혈의 빈도가 더욱 흔하게 나타난다.

그 외에도 경련, 허혈증상, 두통 등의 증상도 일으킬 수 있다. 경련은 전순환계에서 발생한 거대 뇌동맥류, 특히 중대뇌동맥의 거대 뇌동맥류 환자에서 호발하는 것으로 알려져 있다. 거대 뇌동맥류내의 혈전에 의한 색전증으로 인하여 나타나는 일과성 뇌허혈증상이나 뇌경색증의 증상은 대뇌 순환계 어느 곳에서나 발생할 수 있으나 내경동맥 및 중대뇌동맥에서 발생한 거대 뇌동맥류에서 흔히 관찰된다.

Table 1. Locations of intracranial giant aneurysm

	Total No.			
	Weir et al. 573	Keravel et al. 309	Kodama et al. 1023	Peerless et al. 635
Carotid	39%	42%	51%	34%
Cavernous	6	13		9
Ophthalmic	21	12		15
Pcom	3	7		5
Bifurcation	9	10		5
MCA	16	15	13	8
ACA	12	10	8	3
V-B	35	33	27	56
PCA	3	2		9
BA-bifurcation	7	15		21
BA-SCA	8			8
BA trunk		19		8
VA junction	3			5
VA	4	16		5
Others	8			

ACA : anterior cerebral artery, BA : basilar artery

MCA : middle cerebral artery, PCA : posterior cerebral artery

Pcom : posterior communicating artery, SCA : superior cerebellar artery, VA : vertebral artery, V-B : vertebrobasilar artery

때로는 아무런 증상없이 우연히 발견되는 경우도 3~5%에서 있다. 그러나 이런 경우라도 해면정맥동 이외의 곳에서 발견되었을 경우는 그냥 두었을 때 예후가 좋지 않으므로 적극적인 치료계획을 세워야 한다.

진단방법

1. 뇌혈관조영술

뇌혈관조영술은 가장 중요한 진단적 검사로 거대 뇌동맥류의 경부 및 모동맥과 주변 천공동맥 분지들 사이의 상호관계 뿐만 아니라 두개강내-외 측로우회술(EC-IC bypass) 등의 수술을 위한 경부 경동맥과 두개강내 뇌동맥 분지에 관한 정보와 동반한 다른 동맥류의 확인을 위해 필요한 검사이다. 반대측 경동맥을 수도적으로 압박하여 동측의 경동맥으로부터의 측부순환과 전교통동맥의 개방성을 평가하며, 후순환계로부터의 측부순환과 후교통동맥의 개방성을 평가하는 Allcock test를 하게된다. 그 외 술중 혈관조영술을 실시하여 클립의 상태와 모혈관의 개방성을 확인하기도 한다.

2. CT

CT는 거대 뇌동맥류의 해부학적 위치나 내부의 조영제가 차는 부분과 혈전이 형성된 부분 모두를 포함한 실제 크기를 평가하는데 도움을 준다. 조영전 CT에서는 거대 뇌동맥류의 변연부에 석회침착이 관찰될 수 있으며 혈전이 형성

된 부위는 등밀도나 약간 고밀도의 음영으로 관찰된다. 조영후 CT에서는 저밀도의 음영으로 보이던 동맥류낭 부분은 강한 대조강화를 보여 과녁을 보는 것과 같은 소견이 관찰된다(target sign)(Fig. 1). Thin-sliced bone level CT는 Giant parasellar aneurysm 등에서 주위 구조물(anterior clinoid process, optic canal, air cell)의 bone drilling 결정에 유용하며 특히 transcondylar approach때 정확한 occipital condyle 및 jugular tubercle의 해부학적 구조를 알고자할 때 유용하다. 또한 3-Dimensional CT angiography는 거대 뇌동맥류와 주위 구조물과의 해부학적인 상관관계를 술전에 비교 분석함으로써 수술계획시에 많은 도움을 줄 것이다(Fig. 2).

3. MRI

MRI는 비침습적인 검사로서 거대 뇌동맥류의 유무, 동맥류내의 혈류상태, 최근에 형성된 혈전과 오래된 혈전을 구분하는데 이용되며, 거대 뇌동맥류의 다면적 영상화가 가능하며 거대 뇌동맥류내와 주변의 해부학적 구조를 보는데 유용한 검사법이다. 최근의 혈전은 T1-과 T2-WI에서 밝게 보이며, rapid와 tubulent flow가 T1WI에서는 signal void를 보이지 않으나 T2WI에서는 central phase artifact를 보이기도 한다. MR angiography는 거대 뇌동맥류의 해부학적 위치와 모양을 입체적으로 이해하고 모동맥과 거대 뇌동맥류와의 관계를 알아보는데 좋은 검사이다(Fig. 3).

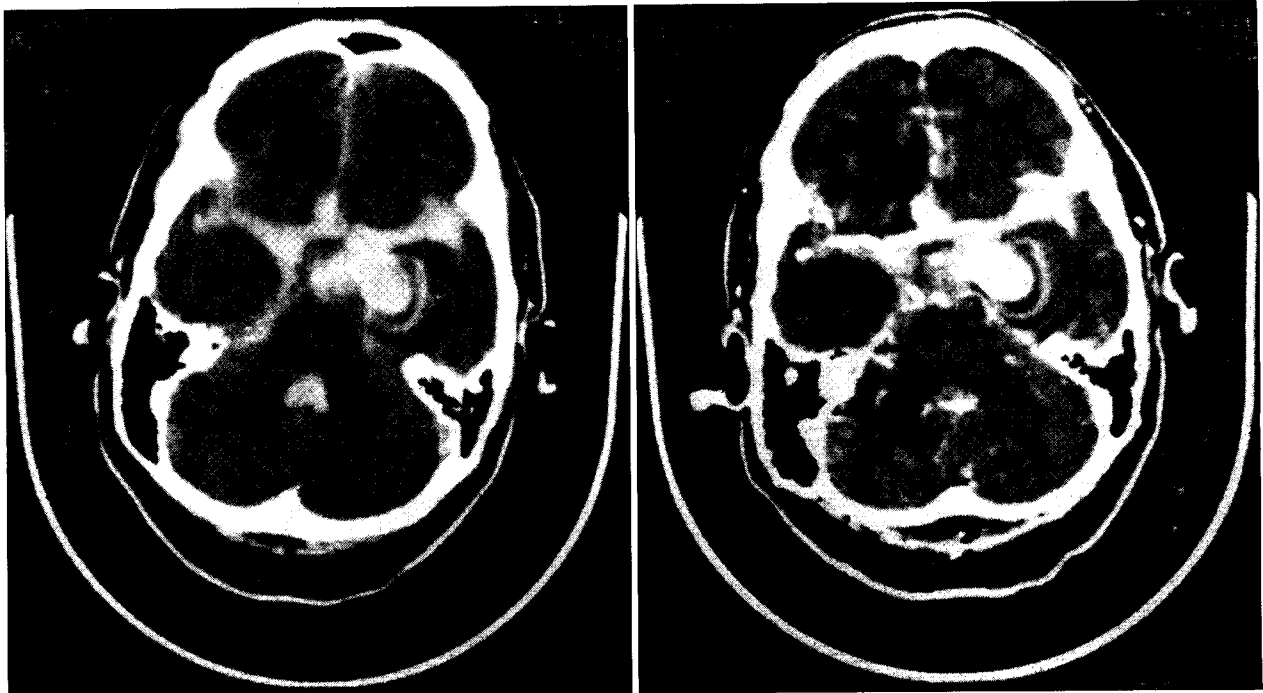


Fig. 1. Left : Precontrast CT shows partially filled thrombosed aneurysmal lesion. Right : Note the enhancing outer wall and the intensely enhancing residual lumen in left posterior communicating artery aneurysm (target sign).

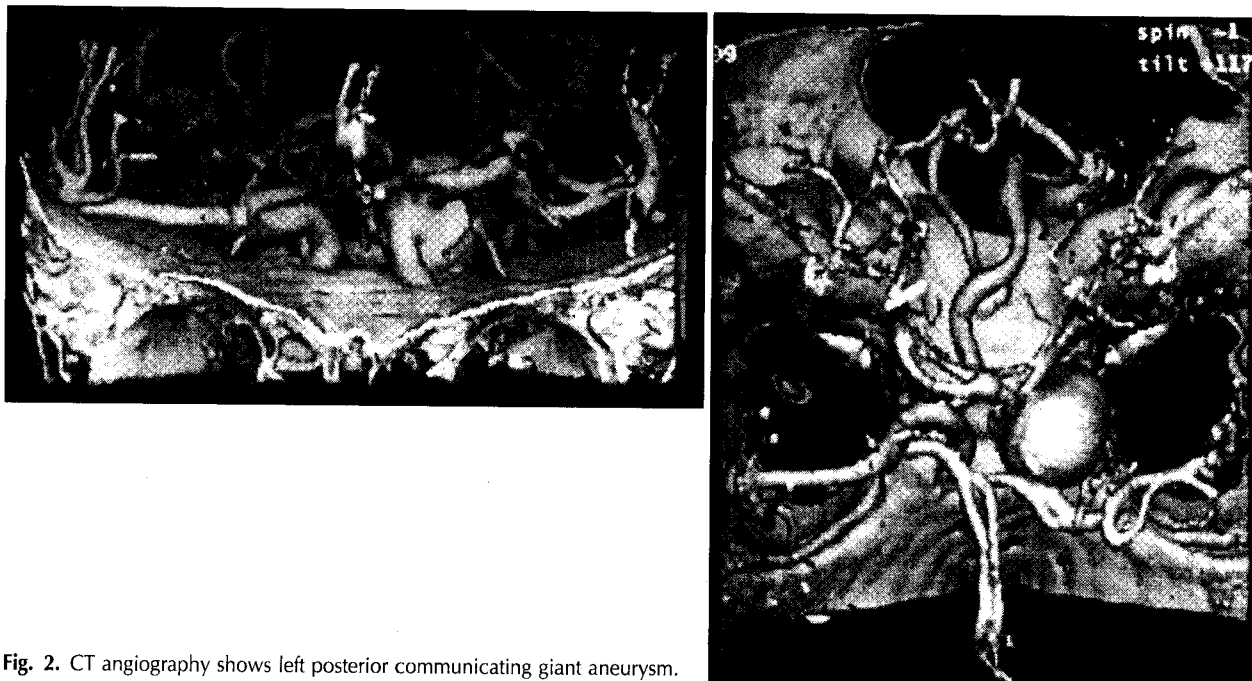


Fig. 2. CT angiography shows left posterior communicating giant aneurysm.

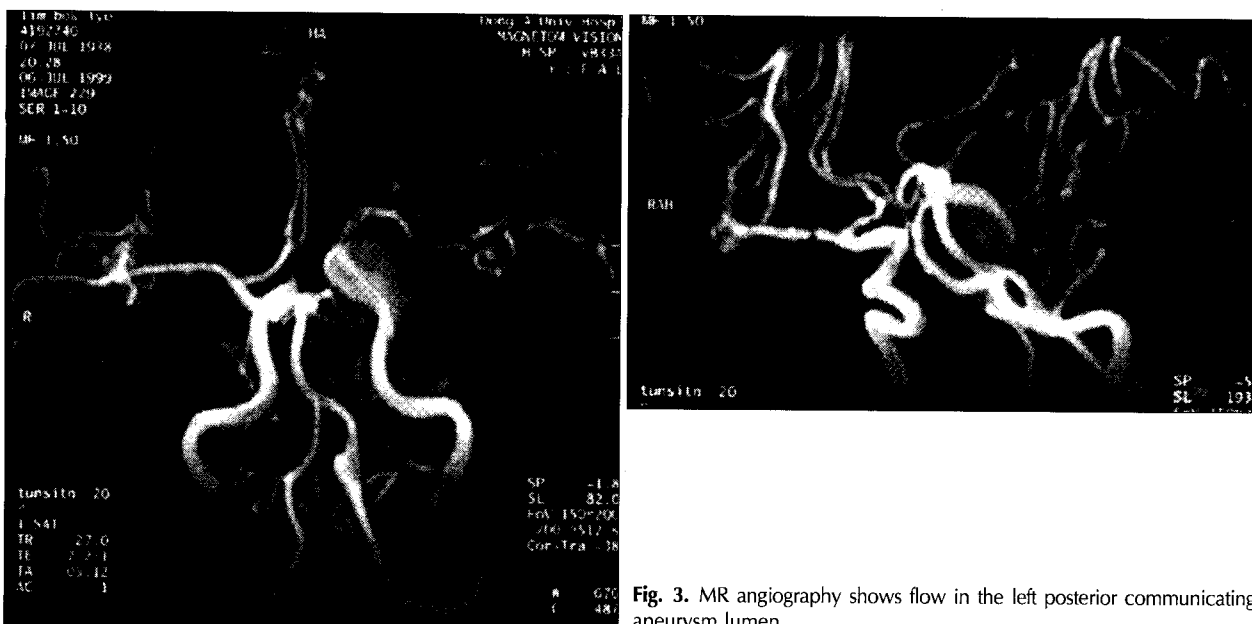


Fig. 3. MR angiography shows flow in the left posterior communicating aneurysm lumen.

치 료

거대 동맥류의 치료 목표는 출혈방지, 혈전-색전적 후유증의 예방과 경감, 공간 점유성 증상의 제거 그리고 거대 동맥류에서 생성하는 영양성과 세포동력성 인자(trophic and cytokinetic factors)들의 제거와 경감이다.³⁾

치료의 적응증으로는 진행되는 뇌신경압박과 같은 국소적 신경 증상이 있을 때, 점차로 증대되는 동맥류, 뇌기저부의

침식 그리고 지주막하 내로 동맥류가 확장된 경우는 아주 불행한 예후를 보이게 되므로 적극적으로 치료하여야만 된다.

치료방법으로는 크게 3가지로 대별할 수 있다.

첫째 주된 혈관의 근위부나 근-원위부를 함께 폐쇄시키는 폐쇄성 치료법(destructive technique), 둘째 동맥류의 주 공급혈관의 개통은 유지하고 동맥류만 폐쇄시키는 재건적 치료법(reconstructive technique) 그리고 여러 방법을 혼합하는 혼합형 치료법(combined technique)으로 구분할 수 있다(Table 2).

외과적 수술법으로 거대 동맥류 경부결찰이 가장 좋은 방법으로, 이 수술을 성공적으로 달성하기에는 혈관 및 주위 구조물을 잘 볼 수 있어야하며, 뇌전인을 최소화하면서 효과적으로 클립술을 시행하기위해 적절한 수술적 접근법을 선택하는 것이 매우 중요하다.²²⁾

Pterional trans-sylvian approach는 전순환계와 대부분의 Willis 환의 동맥류의 수술적 접근에 있어서 신경외과의들에게 가장 대표적인 방법이다.

Pterional approach를 강화시킨 orbitozygomatic-pterional approach는 superior and lateral orbital margins, orbital roof와 anterior zygoma를 제거하여 상방의 수술시야를 좋게함으로써 high upper basilar artery aneurysm(posterior cerebral artery, basilar bifurcation, superior cerebellar artery)에 대한 수술적 접근을 용이하게 해준다. 이 접근법에서 zygoma를 제거하면 측두근을 하방으로 견인하게 해주어 측두하 접근법을 할 수 있다.¹¹⁷⁾

Subtemporal approach(subtemporal-pterional 또는 one and a half' approach도 포함)는 일반적으로 거의 모든 upper basilar artery aneurysm에 사용되었다. 비록 pterional approach에 의해 대체되기도 하나 여전히 동맥류가 뒤로 향한 low-lying basilar bifurcation과 distal PCA aneurysm에 이용된다.¹¹⁾

Transpetrosal approach는 두개골의 제거정도에 따라 retrolabyrinthine, translabyrinthine, transcochlear의 세 범주로 나뉜다. 이 접근법은 sphenoid ridge와 cavernous sinus에서 foramen magnum까지 광범위한 천막상·하부의 두개골 절개술을 시행함으로써 후두와, 특히 upper-와 midbasilar trunk와 anterior cerebellar artery aneurysm(AICA)에로의 접근을 용이하게 해준다.³⁴⁾

Far-lateral approach를 통해 inferior brainstem, inferior clivus와 upper cervical region을 노출시킬 수가 있는데 vertebral artery, posterior cerebellar artery aneurysm(PICA), vertebro-basilar junction aneurysm에 이상적인 접근법이다.³⁵⁾

중중 mid-와 lower basilar trunk를 침범한 거대동맥류의 수술적 치료에 있어서 더욱 더 광범위한 접근법이 시도 되는데, far-lateral approach와 transpetrosal approach의 병용 또는 far-lateral approach와 combined supra- and infratentorial approach를 병용한 접근법이 필요되기도 한다.⁴⁾

직경이 15 mm이상인 동맥류에서의 클립술은 상대적으로 작은 동맥류에 비해 특별한 클립기술이 요구된다. 거대 동맥류에서는 짧은 날(short blade)을 가진 multiple clip

이 모혈관의 형태유지와 적절한 closing pressure를 유지 하는데 도움이 된다(Fig. 4). 때때로 모혈관은 동맥류의 벽의 일부와 같이 재건술을 필요로하는 클립기술이 요구된다(Fig. 5). 이런 multiple clip 시에 2개의 클립이 만나는 지점에서 발생할 수 있는 junctional leakage로 인한 동맥류 파열에 주의를 해야한다(Fig. 6). 또한 거대동맥류와 같이

Table 2. Armamentarium of therapeutic options

1. Destructive technique : Proximal & distal parent A. occlusion
 - 1) Hunterian of abernathian method
 - 2) Endovascular therapy
 - 3) Aneurysmal trapping
2. Reconstructive technique
 - 1) Endovascular embolization
 - 2) Induced intramural thrombosis
 - 3) Open surgical exclusion of the AN
3. Combined technique
 - 1) Endovascular & open surgical strategies
 - 2) Microvascular bypass followed by endovascular of surgery

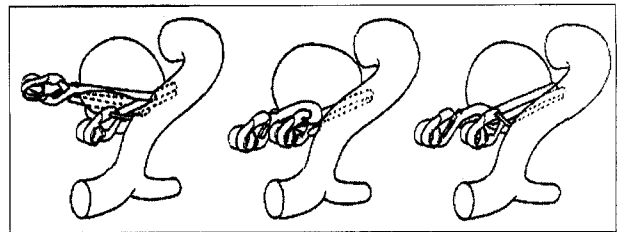


Fig. 4. Varieties of duplication clipping to reinforce closing pressure.

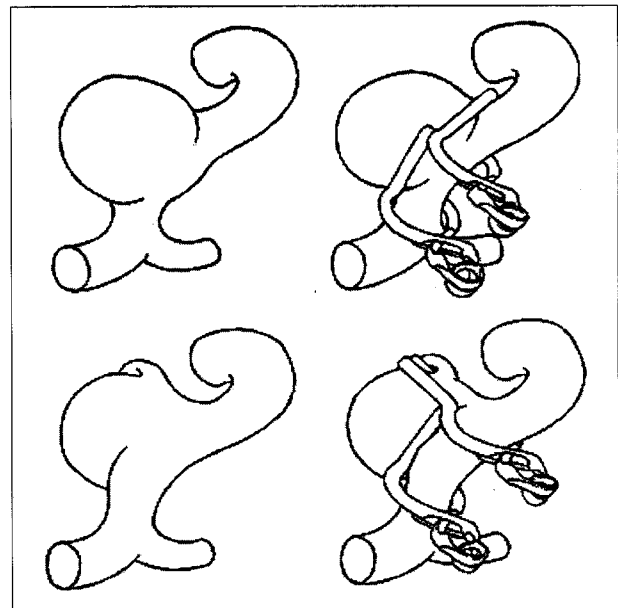


Fig. 5. Clipping of the aneurysm with reconstruction of the parent artery using part of the aneurysmal wall.

광폭 경부(wide neck)를 가진 경우에는 dog-ear formation을 막기 위해 perpendicular clip보다 parallel clip이 필요하다(Fig. 7). 그 외 거대 뇌동맥류의 경부결찰술을 시행할때의 클립술의 기술적 방법으로는 Sundt 등이 주장한 piggy-back 또는 booster clip 방법, Drake 등이 주장한 picket fence 또는 parallel clip 방법 그리고 Sugita 등이 주장한 Serial clip(tandem, facing, cross-wise) 등이 있다(Fig. 8).²¹⁾³⁹⁾

거대 동맥류 경부결찰술에는 몇 가지 장애요소가 있다. 다시 말해 일시적 뇌혈류 차단술과 뇌세포 보호 약제들의 개발, 클립의 다양화 등으로 일반 뇌동맥류의 경부결찰술은 대부분 성공적인 반면 아직도 거대동맥류의 경부결찰술(클립술, clipping)에는 다음과 같은 이유로 어려움이 있다. 즉 동맥류 자체의 거대한 크기와 광폭 경부라는 점, 이들 동맥류가 간뇌, 뇌간 등 뇌의 주요 부분과 인접해 있다는 점, 그리고 동맥류 경부내로 모혈관 또는 기저핵 천공동맥의 합입과 죽종(atheroma)의 포함으로 경부결찰의 어려움 등이다.

이러한 어려움을 극복하기 위해서는 동맥류 자체의 내압을 낮추므로써 수술시 동맥류 파열을 일으키지 않게 하는 것이 중요한데 동맥류 자체 내압을 낮추는 방법으로는 유도적 전신저혈압(induced systemic hypotension), 일시적 동맥차단술(temporary clipping) 그리고 저체온하 순환정지법을 들 수 있다. 유도적 전신저혈압 방법은 뇌조직뿐만 아니라 타장기에도 저혈압으로 인한 허혈 등의 부작용이 많아 뇌동맥류 수술에는 사용되고 있지 않다.

일시적 동맥차단술은 1961년 J Lawrence Pool²⁷⁾이 처음으로 고안한 방법이었으나 그 당시 만해도 클립의 압력으로 혈관내벽의 손상과 혈전의 발생 위험이 높아 많은 문제점이 제기되었다. 그러나 의공학의 발달로 클립의 폐쇄압력이 30~40 mg으로 낮아지게 되어 이러한 부작용을 해소할 수 있게 되었다. 그러나 일시적 동맥차단술을 사용하게 된다면 그동맥이 분포하는 뇌조직에 혈류가 공급되지 않게 되므로 시간이 지남에 따라 뇌조직의 허혈, 나아가 경색이 일어나게 된다. 따라서 일시적 동맥차단술을 이용할 때 가장 문제점은 어느 정도 까지의 시간이 뇌조직에 손상이 없는 허용범위 인지가 문제점이 된다. 즉 일시적 동맥차단술후 발생하는 뇌허혈 또는 뇌경색은 일시적 동맥 차단 시간과 밀접하므로 가능한 한 동맥차단 시간을 늘릴 수 있는 뇌 보호제(cerebral protective agents)의 사용이 필수적인 요건으로 되었다. Samson 등²⁸⁾은 etomidate를 사용하여 14분 이하의 동맥차단에는 전혀 문제가 없었으나 31분 이상의 동맥차단시는 경색이 온다고 하였다. 또한 barbiturate(thiopental, 5 mg/kg)를 사용하여 일시적 동맥차단

을 시킬 경우 10분까지는 괜찮다고 하였고, mannitol등도 뇌보호제로써 역할을 한다고 하였다. Takahashi 등³⁷⁾은 Sendai cocktail이라 하여 mannitol(500 ml of 20% man-

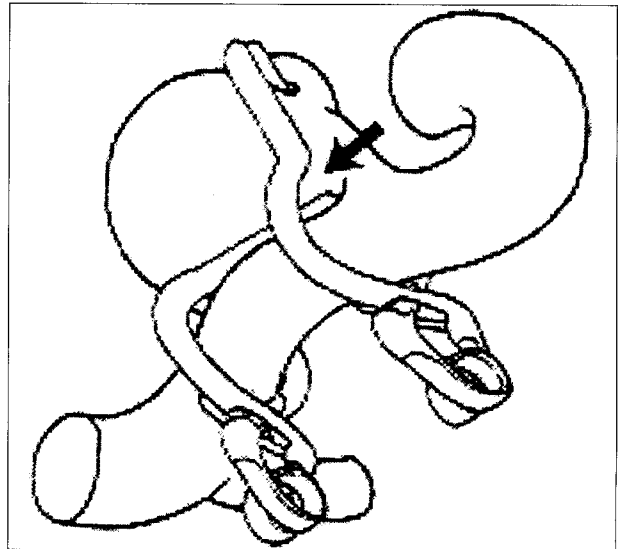


Fig. 6. Bleeding can occur through the point where two clips meet (arrow).

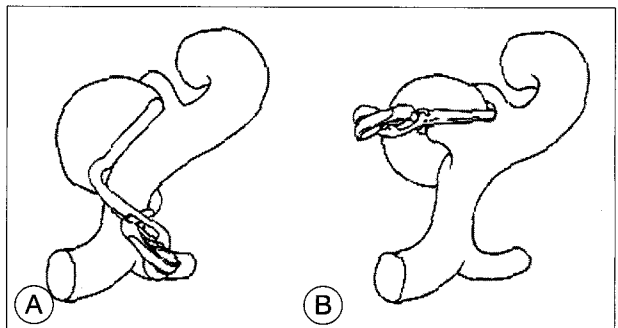


Fig. 7. Parallel clipping of the aneurysm (A) is more suitable than the perpendicular clipping (B), which may result in a dog-ear formation.

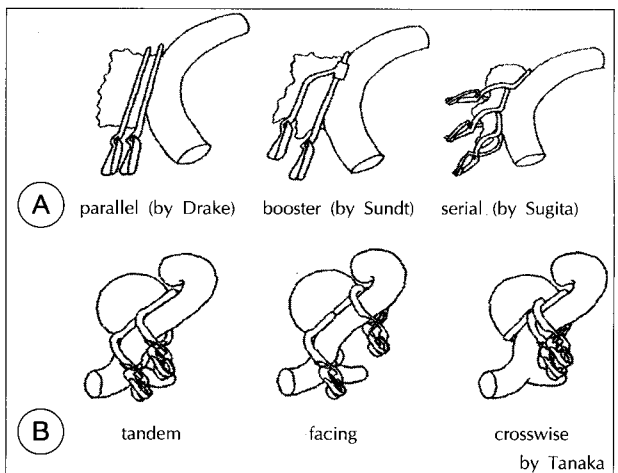


Fig. 8. Three basic clipping system for giant aneurysm.

nitol), Vitamin E(300 mg), steroid(50 mg of dexamethasone)를 1시간동안 정맥주사하여 일시적 동맥차단 시간을 연장시킨 보고도 있다.

또 다른 일시적 동맥차단술의 단점으로는 만약 미세혈관이 차단된다면 혈관내벽의 손상으로 혈류 재개통이 어려우며, 동맥류 근위 및 원위부 양측 혈류를 차단하게 될 때 혈전발생 위험성이 많으며, 또한 근위부만 차단되었을 때 만약 동맥류 파열이 일어나면 혈류의 역류로 인해 steal phenomenon이 일어나 더욱 원위부 조직에 허혈과 경색의 가능성이 높다는 등의 단점이 있다. 그리하여 뇌동맥류는 물론 뇌조직에 혈류가 오랫동안 공급되지 않아도, 뇌조직의 허혈 및 경색이 일어나지 않는 방법이 고려되기 시작하면서 저체온하 순환정지법이 대두되었다. 즉 18℃ 정도의 심한 저체온(deep hypothermia)하에서는 뇌혈류를 1시간 정도 차단해도 뇌손상을 일으키지 않으며, 아직 임상적으로 이용되지는 않고 있으나 만약 체온을 10℃이하로 만들면 수 시간동안 혈액공급 없이도 뇌손상을 일으키지 않는다고 한다. 그리하여 이 저체온하에서 순환정지를 일으켜 피없는 시야에서 수술하는 방법이 연구되게 되었다.

또한 일시적 차단술을 이용한 후 뇌동맥류 내압을 감소시키는 방법으로는 Batjer⁵⁾와 Scott³⁰⁾에 의한 retrograde suction-decompression technique(Fig. 9), Takami 등³⁸⁾이 보고한 trapping-evacuation technique(Fig. 10) 그리고 직접 동맥류내 천자하여 감압하는 방법이 이용되기도 한다.

폐쇄성 치료법은 동맥류가 있는 곳의 경동맥을 결찰하는 Hunterian 또는 Abernathian 방법이 있다. 이렇게 경동맥을 결찰하게 되면 주 혈류의 폐쇄로 거대 동맥류내에 혈전이 형성되므로 파열 위험성이 없어진다는 이론적 배경이므로 가능한 한 동맥류 가까이서 결찰되어야 혈전 유발 가능성이 높으나,¹³⁾¹⁶⁾³⁶⁾ 이 방법을 이용할 경우 측부 혈행을 통해 동맥류내로 혈류가 계속 유지될 수 있고, 또한 경동맥 결찰로 인해 새로운 허혈성 증상이 발생할 가능성도 있다는 단점이 있다. 외과적 수술방법이 아닌 혈관내 치료법(endovascular therapy)으로 경동맥을 폐쇄시키는 방법이 1970년도에 Serbinenko³¹⁾와 Debrun¹⁰⁾에 의해 개발되었다. 이 방법으로 경동맥을 폐쇄시키면 수술로 인한 이환율을 고려할 필요가 없고 일시적 풍선 폐쇄검사를 시행하여 환자가 견딜 수 있는지 여부를 직접 확인한 다음 경동맥을 폐쇄시킬 수 있는 장점이 있다. 그러나 이 검사에서 괜찮다고 해도 4~15%에서는 지연성 경색증이 일어날 수도 있기에 반드시 측부 우회술(bypass surgery)을 시행한 후 경동맥 폐쇄술을 하는 혼합형치료를 시행하는 것이 안전하다고 한다. 또한

외과적 수술이나 혈관내 치료법을 이용한 동맥류 포착술(trapping)도 이 범주에 속한다.

둘째, 재건적 치료법으로는 혈관내 조작으로 시행하는 동맥류내 색전화(endovascular embolization), 유도적 벽내 혈전술(induced intramural thrombosis)과 외과적 수술법으로 세분할 수 있다. 동맥류내 색전화술은 아직도 이환율과 사망률이 10~18%로 비교적 높으며 코일 등을 이용해 동맥류를 완전히 폐색 시켰다해도 나중에 재소통(recanalization)되는 경우가 허다하여 지속성(durability)에 문제가 있다.⁹⁾¹²⁾¹⁸⁾¹⁹⁾ 유도적 벽내 혈전술은 위험도가 높고 치료 성공률이 낮아 최근 잘 이용되지 않고 있다.

결론적으로 이들 방법들은 동맥류의 크기가 크거나 동맥류의 박리시 기술적인 어려움으로 직접적인 거대 동맥류 경부결찰이 어려운 경우나 혈류학적으로나 뇌허혈의 합병증이 매우 높을 것으로 예상되는 환자에서 고려해야하는 방법들이다.

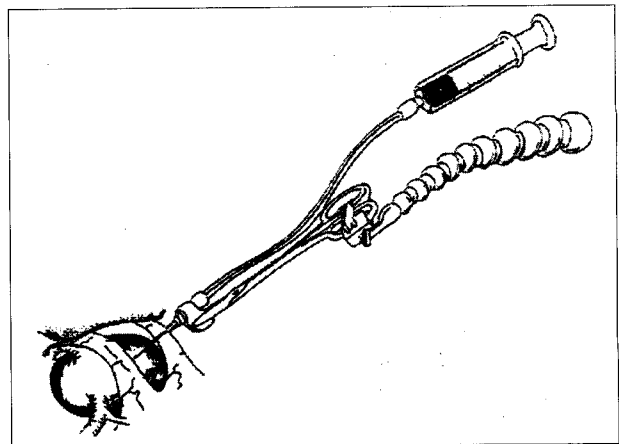


Fig. 9. Suction decompression of giant carotid aneurysm by the puncture. The carotid artery is temporary trapped, and the dome of the aneurysm is punctured with 21-gauge butterfly needle, which is connected to a plastic syringe. The blood is continuously suctioned by an assistant surgeon. The butterfly needle steadily held with a mosquito clamp and a self-retaining retractor.

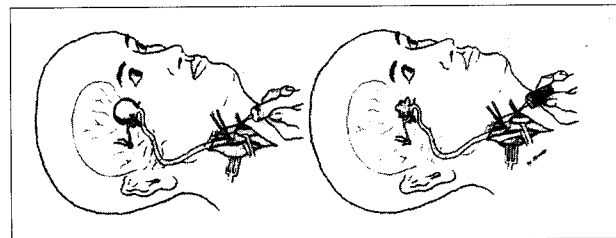


Fig. 10. Trapping-evacuation technique. Left : A catheter is placed the internal carotid artery (ICA) in the neck through the superior thyroid artery. The giant aneurysm is trapped by temporary occlusion of the ICA in the neck and temporary clipping of the intracranial ICA distal to the aneurysm. Right : Intra-aneurysmal blood is aspirated from the catheter placed in the ICA in the neck to collapse the aneurysm.

뇌허혈에 대한 보호(Cerebral protection)

뇌허혈로부터의 뇌보호는 거대 뇌동맥류의 치료에 있어서 빼놓을 수 없는 부분이다. 일시적 동맥차단술이나 동맥류 포착술의 경우뿐만 아니라 저체온 및 심정지에서 뇌허혈로부터의 뇌보호방법은 거대 뇌동맥류의 수술적 치료 못지않게 매우 중요한 부분을 차지한다.

이런 개념을 두고 뇌허혈에 대한 보호제를 다음의 3가지로 대별할 수 있다.

첫째는 $CMRO_2$ 에는 영향을 주지 않으나 대사후의 독성 물질(toxic cascade)에 대항하는 약물로써 이에 해당되는 약물은 nimodipine, nicardipine, flunarizine 등의 calcium channel-blocking agents와 MK801(dizocilpine), NBQX, ketamine 등의 glutamate receptor blockers 그리고 lazaroids, dimethylthiourea, superoxide dismutase 등의 free radical scavengers 등이다. 그러나 이들 약제들은 국소 허혈동안 penumbra영역을 보호하지만 central core에는 영향을 미치지 못하기 때문에 동맥류 수술시 필요로하는 일시적 동맥차단술에서는 이용가치가 거의 없다.

둘째 군은 뉴런의 기능적 전기활동(functional electrical activity)을 정지시켜 2차적으로 electrical transmission에 관여하는 뇌 $CMRO_2$ 를 경감시키는 약물로써 여기에는 barbiturate, etomidate와 isoflurane 등이 속한다. 현재 barbiturate에 의한 뇌보호 효과는 동맥류 환자의 수술중 처치에 있어서 가장 널리 쓰이는 방법이다. barbiturate는 $CMRO_2$ 를 50%정도까지 감소시켜 허혈에 대한 내성(tolerance)을 증가시켜 일시적 동맥결찰술과 동맥류의 박리시에 국소 허혈로부터 뇌를 보호한다.³⁰⁾ etomidate와 isoflurane은 barbiturate와 비슷한 약리작용이나 보다 작용시간이 짧고 심근억제 작용이 덜하다. 그리하여 이 약제들은 일시적 동맥차단술시 사용되는 이상적인 약물이다. 그러나 이들 약제는 약리작용의 지속시간이 짧고 계속적인 부하량(further loading dose)을 더 준다고도 $CMRO_2$ 를 더 떨어뜨릴 수는 없다는 단점이 있다. 즉 뇌허혈의 central core에 대한 내성의 지속시간을 연장시킬 수 없다는 점이다.

셋째 군은 기능적 전기활동과 $CMRO_2$ 양자를 모두 떨어뜨릴 수 있는 약제를 생각할 수 있으나 이는 현재까지 이론적으로 가능할 뿐이고 저체온 방법만이 이군에 속한다.

1959년 Drew와 Anderson¹⁵⁾이 처음으로 선천성 심결손 질환의 소아에서 저체온하에서 순환정지(deep hypothermic circulatory arrest, DHCA)를 시켜 장기조직을 보호하면서 피가 없는(blood less)수술을 시작하였다.

1960년 Woodhall⁴²⁾이 뇌종양 환자에서 이 방법을 도입한 이래 1962년 Patterson과 Ray²⁵⁾가 7명의 뇌동맥류 환자에서, 그리고 1964년 Drake⁴³⁾가 10명의 뇌동맥류 환자에서 이 저체온하에서 심정지를 시켜 수술하였다. 그러나 이들은 체외순환, 심정지 및 저체온 등의 생리적 변화로 일어나는 심각한 합병증 특히 출혈 등으로 사망률이 높아 이 방법이 뇌동맥류 수술에 부적합하다는 결론을 내리게 되었다.

그러나 저체온과 체외순환으로 일어나는 혈액응고 장애에 대한 기전과 생리변화 등의 지식이 더욱 깊이 논의되고 밝혀짐으로써, 그리고 심장 수술에 대한 마취, 수술수기, 체외순환 방법의 개선 등으로 저체온하 순환정지법의 부작용을 상당히 줄일 수 있게 되어 뇌수술에 다시 도입되기 시작하여 1983년 Baungartner 등²⁹⁾은 이 방법을 이용한 뇌동맥류수술에서 사망률을 없앨 수 있게 되었다.

이 방법을 이용한 치료시 성공을 위한 주된 점은 첫째 신경외과, 흉부외과 및 마취과 의사들의 협진팀을 구성하고, 둘째 술전에 충분한 환자의 전신상태가 조사되어야 하며, 셋째 엄격한 술중 감시장치(intraoperative monitorings)가 필요하며, 넷째 지혈에 각별히 신경을 쓰면서 실제적인 DHCA의 필요시간을 가능한 줄이며, 다섯째 서서히 저체온을 만들고 rewarming 시키는 시간도 서서히 진행해야 하며, 여섯째 혈액응고 기전 및 방법에 대한 숙지 즉 충분한 양의 platelet 사용, heparin antidote인 protamine 투여, hemodilution 방법 등이다.²¹⁾²⁰⁾²⁷⁾³³⁾⁴¹⁾

뇌보호제의 사용에도 불구하고 20분이상이면 뇌경색을 일으키므로 특히 동맥차단에 많은 시간을 요하는 거대동맥류의 경우에는 사용에 많은 제약이 있을 수 있다. 그리하여 주위 조직과의 분리가 어려운 부위(뇌간 및 간뇌 등)와 천공 동맥(perforator)이 많은 부위(예를들면 추골 기저동맥 부위) 또한 안-내경동맥 부위의 거대 동맥류의 경우는 저체온하 순환정지법을 이용하게 되면 일시적 혈류차단술로 인한 물리적 손상을 염려할 필요가 없고, 수술시야에 혈액이 없으며, 허혈에 대한 뇌조직의 허용시간이 적어도 60분 정도는 가능하기 때문에 수술상의 긴장도가 줄어들어, 보다 정확하고 안전하게 동맥류를 차단할 수 있다. 단지 이저체온하 순환정지 방법을 이용하게 될 때는 혈액응고 장애와 순환정지로 인해 미세 혈관이 재개통부전으로 다발성 뇌열공경색이 일어날 수 있다는 점이다(Table 3).

결 과

1990년 6월부터 1999년 6월까지 동아대학교병원 신경외과에서는 673명의 뇌동맥류에 대해 수술을 실시하였다. 그

중 최대직경이 25 mm이상의 거대 동맥류는 12명, 20~25 mm의 동맥류는 5명으로 총 17예(2.53%)의 임상적 측면의 거대 동맥류에 대해 분석하였다. 연령은 42~74세로 평균 연령은 60.7세였고 이 중 60대에서 10명(58.8%)으로 발생빈도가 가장 많았으며, 남녀 성비는 15 : 2로 여자에서 월등히 많았다. 거대 동맥류의 발생 위치별로 보면 내경동맥이 12예로 가장 많았으며, 후순환계에서 발생한 동맥류는 1예뿐이었다(Table 4). 내원당시 임상증상으로 보면 지주막하출혈로 내원한 경우가 9례로 가장 많았으며, 종괴효과(mass effect)가 5예였으며, 경동맥해면정맥동루(CCF)의 증상으로 내원한 경우와 우연히 발견된 경우가 각각 1예와 2예였다. 치료별로 보면 직접적 경부결찰술이 10예로 가장 많았고, 포장술(coating)이 1예, 유리 풍선에 의한 경동맥 폐색술(carotid artery occlusion with detachable balloon technique)이 2예, 천측두동맥-중대뇌동맥 문합술(STA-MCA anastomosis) 후 근위부 내경동맥 폐색술이 4예였다(Table 5). 이 중 5예에서 저체온하 순환정지법을 시행하였다.

11예(64.7%)에서 좋은 결과(good outcome)를 보였고, 3예(17.6%)에서 수술 후 사망하였는데 이 중 2예에서 원위부 뇌경색 소견이 있었고, 1예에서 수술후 혈종이 있었다. 그리

Table 3. Deep hypothermic circulatory arrest (DHCA)

Deep hypothermia (18°C)
Cerebral protection
But, disturbance of coagulation mechanism
Circulatory arrest
Reduced or eliminated AN dome pressure
But, infraction on perforators or small branches

Table 4. Locations of intracranial giant aneurysms

Location	No. of aneurysm
ICA bifurcation	3
Paraclinoid	3
Pcom	4
MCA	4
Cavernous sinus	2
Basilar bifurcation	1

Table 5. Therapeutic method of giant aneurysms

Treatment	No. of aneurysm
Direct neck clipping	10
Wrapping	1
STA-MCA anastomosis with gradual proximal ICA occlusion	4
Carotid occlusion with detachable balloon technique	2

STA : superficial temporal artery

고 3예에서 나쁜 결과(poor outcome)을 보였는데, 원위부 뇌경색이 2예와 뇌혈관 연축이 1예씩 있었다. 원위부 뇌경색이 총 4예로 수술 합병증으로 가장 많이 관찰 되었다.

결 론

거대 뇌동맥류를 성공적이며 안전하게 수술하기 위해서는 수술전 완벽한 진단적 평가가 이루어져야 하며, 충분한 수술 시야 확보, 적절한 수술적 접근법과 동맥류에 대한 근위부 차단술 및 신중하고 기술적인 클립술이 필요하다. 그 외에 두 개저 수술법의 이용, 혈관내 수술법(endovascular surgery) 그리고 저체온하 순환정지법 등이 거대 뇌동맥류의 치료를 용이하게 할 수 있다. 어떤 거대 동맥류는 직접적이 경부 결찰술이 어려워 근위부 모동맥 폐색술(proximal parent artery occlusion), 동맥류 절제술(excision), 동맥류 봉합술(aneurysmorrhaphy)나 측부 우회술(bypass surgery) 등이 치료방법으로 선택되어질 때도 있다. 적절한 치료법의 선택이 성공적인 치료를 이끌어 낼 것이다. 향후 아직도 치료에 대한 사망률이 높은 거대 뇌동맥류의 치료방법은 동맥류 치료에 대한 의학적인 발전, 뇌허혈에 대한 뇌조직이 견딜 수 있는 허용시간의 연장 방법개발, 체외순환시 변화되는 생리와 심마취의 발달, 뇌경색에 대한 해부생리 및 약리학적인 발전 등으로 저체온하 순환정지 방법의 기술향상 그리고 두개강내 병소에 대한 혈관내 수술법의 향상 등으로 거대 뇌동맥류를 정복할 수 있을 것으로 생각된다.

중심 단어 : 뇌동맥류 · 치료전략 · 임상협진체계.

REFERENCES

- 1) Al-Mefty O. *The cranio-orbital zygomatic approach for intracranial lesions. Contemporary Neurosurgery* 14:1-6, 1992
- 2) Ausman JI, Malik GM, Tonecek FJ, et al. *Hypothermic circulatory arrest and the management of giant and large cerebral aneurysms. Surg Neurol* 1993;40:289-98.
- 3) Award IA, Barrow DL. *Giant intracranial aneurysms, Park Ridge, Illinois AANS; 1995*
- 4) Baldwin HZ, Miller CG, Van Loveren HR, et al. *The far lateral and combined supra-and infratentorial approach: A human cadaveric prosecution model for routes of access to the petroclival region and ventral brain stem. J of Neurosurgery* 81:60-8, 1994
- 5) Batjer HH, Samson DS. *Retrograde suction decompression of giant paraclinoidal aneurysms. J Neurosurg* 73:305-6, 1990
- 6) Battaglia R, Pasqualin A, Da Pian R. *Italian cooperative study on giant intracranial aneurysms. Acta Neurochir* 42:49-52, 1988
- 7) Baumgartner WA, Silverberg GD, Ream AK, et al. *Reappraisal of cardiopulmonary bypass with deep hypothermia and circulatory arrest for complex neurosurgical operations. Surg* 94:242-9, 1983
- 8) Christopher LT, Warren RS, Steven PK, et al. *Temporary vessel occlusion during intracranial aneurysm repair. Neurosurgery* 39:

- 893-906, 1996
- 9) Debrun G, Fox A, Drake CG, et al. Giant unclippable aneurysms: Treatment with detachable balloons. *AJNR* 2:167-73, 1981
 - 10) Debrun G, Lacour P, Caron JP, et al. Inflatable and released balloon technique experimentation in dog-application in man. *Neuroradiology* 9:267-71, 1975
 - 11) Diaz FG. Vertebrobasilar aneurysm: Surgical management. *Critical Reviews in Neurosurgery* 2:146-58, 1992
 - 12) Dion JE. Treatment of cericocerebral aneurysms. *Semin Intervent Radiol* 11:37-63, 1994
 - 13) Drake CG. Giant intracranial aneurysms: Experience with surgical treatment in 174 patients. *Clin Neurosurg* 26:12-95, 1979
 - 14) Drake CG, Ban HWK, Coles TJ, et al. The use of extracorporeal circulation and profound hypothermia in the treatment of ruptured intracranial aneurysm. *J Neurosurg* 21:575-81, 1964
 - 15) Drew CE, Anderson IM. Profound hypothermia in cardiac surgery, report of three cases. *Lancet* 1:748-50, 1959
 - 16) Fox AJ, Vinuela F, Pelz DM, et al. Use of detachable balloons for proximal artery occlusion in the treatment of unclippable cerebral aneurysms. *J Neurosurg* 66:40-6, 1987
 - 17) Hakuba A, Liu SS, Nishimura S. The orbitozygomatic infratemporal approach: A new surgical technique. *Surg Neurology* 26:271-6, 1986
 - 18) Higashida RT, Halbach VV, Cahan LD, et al. Detachable balloon embolization therapy of posterior circulation intracranial aneurysms. *J Neurosurg* 71:512-9, 1989
 - 19) Higashinda RT, Halbach VV, Dowd CF, et al. Interventional neurovascular treatment of a giant intracranial aneurysm using platinum microcoils. *Surg Neurol* 35:64-8, 1991
 - 20) Jolin A, Berggren H, Roos A, et al. Management of a giant intracranial aneurysm using surface-heparinized extracorporeal circulation and controlled deep hypothermic low flow perfusion A case report. *Acta Anesthesiologica Scandinavica* 37:756-60, 1993
 - 21) Kobayashi S, Hongo K, Goel A, et al. Giant aneurysm of the internal carotid artery. *Neurosurgery of complex tumor & vascular lesions*, 1997, pp 21-36.
 - 22) Lawton MT, Spetzler RF. Surgical strategies for giant intracranial aneurysms. *Neurosurg Clin N Am* 9:725-42, 1998
 - 23) Lorrencic M, Jelacic I, Jakovac I, et al. Large and giant aneurysms. A radiologico-clinical study. *fortchr. Rontgenstr.* 139:625-32, 1983
 - 24) Matsuda M, Matsuda I, Handa H, et al. Intracavernous giant aneurysm associated with Marfan's syndrom. *Surg Neurol* 12:119-21, 1979
 - 25) Patterson RH, Ray BS. Profound hypothermia for intracranial surgery: Laboratory and clinical experiences. *Ann Surg* 156:377-93, 1962
 - 26) Pluchino F, Giombini S, Broggi G, et al. Surgical management of giant anterior aneurysm. *J Neurosurg Sci* 42:(1 Suppl 1) 65-9, 1998
 - 27) Pool JL. Aneurysms of the anterior communicating artery. Bifrontal craniotomy and routine use of temporary clips. *J Neurosurg* 18:98-112, 1961
 - 28) Sahs AL, Perret GE, Locksley HB, et al. Intracranial aneurysms and subarachnoid hemorrhage: A cooperative study. Philadelphia, Lippincott: 1969.
 - 29) Samson D, Batier HH, Bowman G, et al. A clinical study of the parameters and effects of temporary arterial occlusion in the management of intracranial aneurysms. *Neurosurg* 34:22-9, 1994
 - 30) Scott JA, Horner TG, Leipzig TJ. Retrograde suction decompression of an ophthalmic artery aneurysm using balloon occlusion. *J Neurosurg* 75:146-7, 1991
 - 31) Serbinenko FA. Balloon catheterization and occlusion of major cerebral vessels. *J Neurosurg* 41:125-45, 1974
 - 32) Shapiro HM. Barbiturates on brain ischemia. *British J of Anesthesia* 57:82-95, 1985
 - 33) Solomon RA, Smith CR, Raps EC, et al. Deep hypothermic circulatory arrest for the management of complex anterior and posterior circulation aneurysms. *Neurosurg* 29:732-8, 1991
 - 34) Spetzler RF, Daspit CP, Pappas CT. The combined supra-and infratentorial approach for lesions of the petrous and clival regions: Experience with 46 cases. *J of Neurosurgery* 76:588-99, 1992
 - 35) Spetzler RF, Graham TW. The far lateral approach to the inferior clivus and upper cervical region: Technical note. *Barrow Neurological Institute Quarterly* :6:35-8, 1990
 - 36) Symon L. Surgical experiences with giant intracranial aneurysms. *Acta Neurochir* 118:53-8, 1992
 - 37) Takahashi A, Suzuki J, Sugawara T, et al. Surgical treatment of AVMs occluding these feeders during removal: Utilizing the intraoperative balloon catheter and brain protective substance (Sendai cocktail). *No-Shinkei-Geka* 14:179-87, 1986
 - 38) Tamaki N, KIM S, Ehara K, et al. Giant carotid-ophthalmic artery aneurysms: Direct clipping utilizing the trapping-evacuation technique. *J Neurosurg* 74:567-72, 1991
 - 39) Tanaka Y, Kobayashi S, Kyoshima K, et al. Multiple clipping technique for large and giant internal carotid artery aneurysm and complications: Angiographic analysis. *J Neurosurg* 80:635-42, 1994
 - 40) Wallace MC, Peerless SJ, Drake CG. The prognosis of inoperable giant intracranial aneurysms. Submitted for publication: 1987.
 - 41) Williams MD, Rainer WG, Fieger HG, et al. Cardiopulmonary bypass, profound hypothermia, and circulatory arrest for neurosurgery. *Ann Thorac Surg* 52:1069-75, 1991
 - 42) Woodhall B, Sealy WC, Hall KD, et al. Craniotomy under conditions of quinidine protected cardioplegia and profound hypothermia. *Ann Surg* 152:37-44, 1960