

큰 뇌동정맥 기형의 외과적 처치

계명대학교 의과대학 신경외과학교실
임 만 빈

Surgical Management of Large Cerebral Arteriovenous Malformation

Man-Bin Yim, MD

Department of Neurosurgery, Keimyung University, School of Medicine, Taegu, Korea

◎ ABSTRACT

Objects : The surgical management of large cerebral arteriovenous malformation (AVM) is still one of the most difficult fields in neurosurgery. To select the proper candidate for the surgery and improve the results of surgical management of large AVMs, the analysis of the author's cases and the review of the literatures are performed. **Material and Methods** : During the past 17 years, 111 patients with cerebral AVMs were managed surgically. Among these cases, 23 patients had the large AVMs, more than 5 cm in the greatest diameter. The author analyzes these 23 cases clinically and discusses the natural history, surgical indication, surgical techniques, intraoperative and postoperative complications and their management on the basis of the author's experiences and a review of the literatures. **Results** : Among 23 cases, 16 cases showed good outcome without any neurological morbidity. 6 cases showed mild neurological morbidity such as a memory disturbance, mild hemiparesis or unchanged patterns of seizure, and 1 case showed dense hemiplegia after surgery. There was no mortality. The surgical management of the large AVMs should be decided very carefully because their natural history is relatively benign. An early arterial phase of an angiogram is very useful in discriminating feeders from nidus. An intraoperative use of Doppler ultrasound miniature probe is useful for making a distinction between feeding arteries and drain veins. Wide opening of the fissures and sulci and follows the feeding arteries to the nidus, removing the nidus along the exact border to the brain, induced hypotension during operation and postoperative period with or without pentothal coma were the key points for the surgical management of large AVMs. **Conclusion** : The surgical management of large AVMs is so difficult that the candidates for surgery should be selected carefully bases on the characteristics of the AVMs and experiences of surgeons. However, with experience and meticulous attention, many of these lesions can be resected without development of any morbidity and mortality. (Kor J Cerebrovascular Disease 1:64-74, 1999)

KEY WORDS : Arteriovenous malformation · Surgery · Indication · Technique · Complication · Complication management · Postoperative care.

서론

최근 혈관내 색전술이 급속히 발달하고 방사선 수술의 치료법이 신경외과 영역에 도입되면서 뇌동정맥기형 환자의 치료 방법이 다양화 되었다. 특히 방사선 수술방법은 비 침

논문접수일 : 1999년 7월 15일
심사완료일 : 1999년 8월 23일
교신저자 : 임만빈, 700-310 대구광역시 중구 동산동 194
계명대학교 의과대학 신경외과학교실
전화 : (053) 250-7332 · 전송 : (053) 250-7356

습적인 장점을 가지고 있어 크기가 작고 심부에 위치한 뇌동정맥기형을 가진 예들에서는 우선권이 주어지는 주요 치료방법이 되었다. 한편 크기가 큰 예들에서는 방사선 수술의 효과가 떨어지므로 수술적 방법으로 제거하여야 하나 이들의 수술은 신경외과 영역에서 가장 힘든 수술의 하나이다.¹²⁾

이러한 환자들을 가료시 가장 먼저 고려되는 점이 혈관내 색전술을 포함한 외과적 방법으로 뇌동정맥기형을 제거하여야 할 것인가 이다.¹⁵⁾ 뇌동정맥 기형의 자연력(natural history)은 비교적 양호하기 때문에,⁴⁾⁸⁾⁹⁾¹⁶⁾ 적어도 가료한

결과가 자연력 보다는 좋은 결과가 예측되어야 하기 때문이다. 또한 이러한 병변을 치료하는 복잡한 혈류역동학적 지식의 이해와, 첨단 진단방사선학적 방법으로 정확한 뇌동정맥기형의 해부학적 위치와 3차원적인 구조가 이해되어야 하고, 영양동맥(feeding artery)과 유출정맥(drain vein)의 위치가 예측되어야 한다.¹²⁾²²⁾²³⁾²⁵⁾ 그럼에도 불구하고 동정맥기형은 수술적으로 환자에게 이환을없이 완벽하게 제거되면 완치되는 질환이므로 신경외과의들에게는 아직도 호감이 가는 병변이고 수술이다.

따라서 저자는 과거 약 17년간 시행한 111례의 뇌동정맥기형 환자중 뇌혈관촬영사진상 뇌동정맥기형의 가장 큰 직경이 5 cm 이상되는 큰 뇌동정맥기형(large AVM)¹²⁾²⁵⁾ 환자 23례를 치료하고 이러한 경험을 토대로 하여 큰 뇌동정맥기형을 가진 환자에서 1) 뇌동정맥기형의 자연력과 수술의 적응증 2) 술전 검사 및 조치 3) 수술 시기 4) 술중 및

술후 합병증과 이들의 처치 5) 수술결과 등에 대하여 기술하고자 한다.

재료 및 방법

1982년 5월부터 1999년 7월까지 저자가 수술한 뇌혈관기형은 162례였다. 이중 19례의 해면혈관종을 포함하여 51례는 잠재성이었고, 111례는 뇌혈관촬영상 나타나는 뇌동정맥기형이었다. 이들 뇌동정맥기형중 뇌혈관조영상 최대 직경이 5 cm 이상되는 예들이 23례가 있어 이들을 대 뇌동정맥기형(large AVM) 환자로 분류하였다.¹²⁾¹⁶⁾ 이들을 후향적으로 조사하여 수술중 발생되었던 문제점, 수술수기상의 어려웠던 점 및 이러한 문제점들을 개선하였던 방법등을 중점적으로 분석하였다. 남자가 14례, 여자가 9례였고, 연령은 12세에서 50세로 평균 29.6세였다. 9례가 뇌출혈로,

Table 1. Clinical summary of 24 patients with large arteriovenous malformation*

No	Age/		Size (cm)	Preop			Postop Cx	Postop Pent coma	Outcome† postop deficit	Remarks
	Sex	Location		Sx	deficit	Tx				
1	28/M	Pvent	5	H	Hemipar	Ex	nil	-	Hemipar. Same	Emb.
2	26/M	O	10	H	nil	Ex	nil	-	Good	
3	20/M	Pvent	5	H	nil	Ex	Tran. hemipar	-	Hemipar. improved	
4	35/F	P	6	H	nil	Ex+Rs	Swell	+	Good	Remin.
5	37/F	F	5	H	nil	Ex+Ex	nil	-	Good	Remin. rebl
6	44/M	Syl	6	H	nil	Ex	Hem & swell	+	Hemipar. mild Memory deficit	
7	50/F	F	6	H	Hemipar	Ex	nil	-	Good	
8	21/M	Syl	5	Sz	nil	Ex	nil	-	Good	
9	14/M	O	5	H	nil	Ex	nil	-	Good	Dr. vein rupt
10	28/F	P	6	Sz	nil	Ex	Tran. hemipar & aphasia	+	Hemipar. & aphasia improved	Intraop. swell
11	37/M	F	7	Sz	nil	Ex	nil	-	Good	
12	23/F	T	5	H	nil	Ex+Ex	Swell	+	Good	Intraop. swell
13	20/F	F	11	Sz	nil	Ex+Ex	Swell	+	Hemipar. mild Sz : not improved	Intraop. swell
14	12/M	F	8	Sz	nil	Ex+Rs	Swell & aphasia	+	Good	Intraop. swell Remin.
15	28/M	F	9	Sz	nil	Ex	Swell	+	Good	
16	40/M	T	5	Sz	nil	Ex	nil	-	Good	
17	30/M	T	6	Sz	nil	Ex	nil	-	Good	
18	36/M	T	5	Sz	nil	Ex	nil	-	Good	
19	27/M	F-P	7	Sz	nil	Ex	Hemipl	-	Permanent hemipl	
20	23/M	O	5	Sz	nil	Ex	nil	-	Good	
21	36/F	F	5	Sz	nil	Ex	nil	-	Good	
22	35/F	F	5	Sz	nil	Ex	nil	-	Good	
23	30/F	T	5	Sz	nil	Ex	Swell	+	Good	

* : Cx : complication ; Dr : drain ; Emb : embolization ; Ex : excision ; F : frontal ; F-P : frontoparietal ; H : hemorrhage ; Hem : hematoma ; Hemipar : hemiparesis ; Hemipl : hemiplegia ; Intraop : intraoperative ; O : occipital ; P : parietal ; Pent : pentobarbital ; Postop : postoperative ; Preop : preoperative ; Pvent : periventricular ; Rebl : rebleeding ; Remin : remnant ; Rupt : rupture ; Rs : radiosurgery ; Sx : symptom ; Swell : swelling ; Syl : sylvian ; Sz : seizure ; T : temporal ; Tran : transient.

14례가 간질발작을 주소로 입원하였고, 전두엽 8례, 측두엽 5례, 후두엽 3례, 두정엽 2례, 뇌실주위 2례, 실비안구 주위 2례 및 전두 및 두정엽에 걸쳐 있는 예가 1례 있었다. 뇌혈관조영상 직경이 5~6 cm인 예들이 17례, 6 cm이상인 예들이 6례였다(Table 1).

결 과

1. 자연력(natural history) 및 수술 적응증

대 뇌동정맥기형이 출혈이나 간질발작 혹은 진행성의 신경학적 장애의 발생으로 진단되었을 때 혈관내 수술을 포함한 외과적 치료를 시행할 것인가를 결정하는 것이 중요하다.⁵⁾¹⁵⁾²²⁾ 왜냐하면 적어도 수술후의 예후는 뇌동정맥기형의 자연력 보다는 좋은 결과여야 하기 때문이다. 뇌동정맥기형의 자연력에 대한 연구는 과거에 많은 학자들에 의하여 시행되고 조사되었다.⁴⁾⁹⁾¹⁶⁾ Brown등⁴⁾은 168명의 뇌동정맥기형 환자를 추적 관찰한 바, 매년 평균 출혈율은 2.2%였고, 출혈시 사망율은 29%, 이환율은 23%였다고 보고하였다. Graf등⁹⁾은 191명의 환자를 평균 4.8년 추적 관찰한 바 매년 출혈의 빈도는 2~3%였고, 출혈하였던 예들에서는 재출혈의 위험이 첫째 6%, 그후 년 2%였다고 보고하였다.

한편 Fults와 Kelly⁹⁾는 고식적 방법으로 치료한 83명의 환자를 평균 8년간 추적 관찰한 바 출혈하였던 환자들은 재출혈이 첫째는 17.9%, 5년에는 매년 3%, 10년 이후는 매년 2%였다고 보고하였다. Luessenhop와 Rosa¹⁶⁾는 그들이 치료한 450명의 뇌동정맥기형 환자에 대한 경험을 토대로 연령에 따른 첫 증상의 발현 가능성, 출혈의 비율, 출혈시 이환율과 사망율을 잘 표시하였다(Fig. 1). 40세가 되면 뇌동정맥기형 환자의 80%가 증상을 나타내게 되고, 출혈의 빈도가 연 2%이면 20세, 3%이면 37세 이전에 발견되는 환자는 생존시까지 100% 출혈하게 된다. 출혈시 이환율은 30%, 사망율은 10%이므로 연 2%의 출혈의 빈도를 보일 때는 20세,

3%의 출혈율을 보일시는 37세 이전에 발견되는 뇌동정맥기형 환자의 이환율 및 사망율은 각각 30%와 10%가 된다(Fig. 1). 따라서 수술을 결정하는데 환자의 연령이 중요한 인자가 된다. 이 이외에 뇌동정맥기형이 나타내는 증상, 환자의 전반적인 건강상태, 술자의 경험과 능력, 뇌동정맥기형의 크기, 위치, 병소(nidus)의 치밀함(compactness), 영양동맥의 수, 유출정맥의 형태, 뇌동정맥기형에서의 뇌혈류의 흐름(flow)과 단락(shunting)되는 양, 주위 뇌조직으로부터의 뇌혈류의 steal정도등이 고려된다.¹⁾

2. 술전 검사 및 조치

1) 해부학적 위치

뇌동정맥기형을 수술시 이들이 위치한 부위를 정확히 아는 것은 가장 기본적인 요구 사항이다. 수술의 가능성 여부를 결정하는데 중요하고, 적절한 수술적 접근과 수술의 계획을 설정하는데 중요하다. 피질 표면과 뇌실의 침범 여부 및 정도, 특별한 구(sulcus)와 회(gyrus)의 침범 여부, 병변의 확장정도, 혈종이 존재시 혹은 과거에 출혈한 흔적이 있으면 이들과의 관계등을 정확히 이해하여야 한다.²²⁾ 이러한 위치를 3차원적인 구성으로 머리속에 영상화하면 수술에 많은 도움이 된다. 뇌자기공명영상(이하 MRI라 함)에서 횡단면상(axial view), 관상면상(coronal view) 및 시상면상(sagittal view)을 모두 촬영하여 병변의 정확한 위치를 알아야 한다. 횡단면상에서의 중심구(central sulcus), 시상면상에서 뇌량연변 구(callosomarginal sulcus)는 운동영역(motor area)를 인지하는데 유용하다(Fig. 2). 그 이외에 3차원의 뇌전산화단층촬영(3 dimensional CT), 입체자기공명혈관조영상(stereomagnetic resonance angiography : stereoMRA) 및 합성 MRA(synthesizing MRA)등의 첨단 방사선학적 진단방법이 입체적으로 뇌동정맥기형을 영상화하는데 도움이 된다.²³⁾ 특히 합성 MRA는 뇌표면의 해부학적 주사(scanning)에 유용하

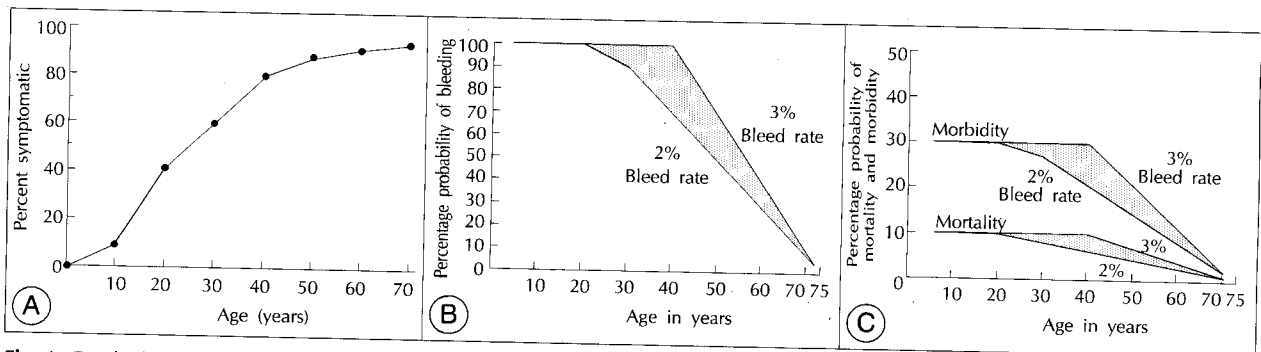


Fig. 1. Graph showing the correlation of the first appearance of symptoms with the age (A) and the percentage probability of bleeding (B) and of mortality and morbidity (C) in patients with cerebral arteriovenous malformation, assuming bleeding and rebleeding rates of 2% to 3% yearly.¹⁶⁾



Fig. 2. Sagittal view of the MRI showing an AVM located on motor area. Callosomarginal sulcus is the important landmark for the resecting the motor cortex (arrows).

다(Table 2).²³⁾

2) 뇌동정맥기형의 형태

뇌동정맥기형을 수술하는데 또한 중요한 것이 뇌동정맥기형의 형태이다. 뇌동정맥기형의 대부분은 치밀하게(compact) 구성된 명확한 병소를 가지는 예가 대부분이나 일부의 예들은 미만성으로 병소가 불확실한 경우도 있다. 이러한 경우는 수술시 주위 뇌조직을 손상할 수 있으며, 또한 뇌동정맥기형에 포함된 정상뇌조직 때문에 수술이 불가능한 예들도 있다.¹⁰⁾²⁵⁾ 뇌동정맥기형의 주위에 교질성의 가성막(gliotic pseudomembrane)이 존재하면 수술시 많은 도움이 된다. 이들의 존재를 수술전 정확히 알 수는 없으나 MRI상 뇌동정맥기형의 병소가 혈철소 환상(hemosiderin ring)으로 싸여 있거나, T2 영상에서 뇌혈관기형주위에 물이 존재하는 것을 시사하는 고음영의 소견이 존재시 교질성의 가성막이 존재할 가능성이 많다.

뇌혈관조영술은 뇌동정맥기형의 수술에서 아직도 가장 중요한 술전 검사이다. 병소에 혈류를 공급하는 영양동맥의 수, 형태 및 병소와의 관계를 잘 파악하고¹²⁾²⁵⁾ 아울러 각각의 영양동맥에 따라 혈류를 공급받는 독립된 병소가 있는지 관찰해야 한다. 특히 크기가 큰 뇌동정맥기형에서는 전대뇌동맥, 후대뇌동맥 및 중대뇌동맥이 각각 따로 혈류를 공급하는 병소를 갖는 경우가 흔하다.¹¹⁾²⁵⁾

영양동맥과 뇌동정맥기형의 병소와의 관계를 파악하는데는 뇌혈관촬영의 조기 동맥 촬영 사진과 digital angiotosynthesis가 유용하다.¹²⁾ 저자는 digital angiotomo-

Table 2. Preoperative study and intraoperative monitoring for surgery of arteriovenous malformation*

A. Preoperative study	
1. Location of AVM :	• CT, 3-D CT
	• MRI, StereoMRA and synthesizing MRA
2. Structure of nidus : Cerebral angiography	• Early arterial phase
	• Digital angiotomosynthesis
3. Hemodynamic state :	• SPECT with acetazolamide
	• PET
	• TCD
B. Intraoperative monitoring	
1. Residual AVM : Intraoperative angiography	
2. CBF :	• Laser flowmeter
	• Doppler flowmeter
	• Thermography
3. Motor :	• Motor evoked potential
	• Somatosensory evoked potential
4. Speech	• Magnetoencephalography ¹⁸⁾
5. Seizure	• Encephalocorticography

* : AVM : arteriovenous malformation ; CBF : cerebral blood flow ; CT : computed tomography ; 3-D CT : 3 dimensional computed tomography ; MRI : magnetic resonance imaging ; MRA : magnetic resonance angiography ; PET : positron emission tomography ; SP-ECT : single photon emission computed tomography ; TCD : transcranial Doppler

synthesis의 경험은 없고 뇌혈관촬영의 조기 동맥 촬영 사진을 이용하여 영양동맥과 뇌동정맥기형의 병소와의 관계를 파악하고 있다. 약간 늦은 시기의 동맥 촬영 사진은 영양동맥과 병소가 겹치기 때문에 영양동맥의 수 및 위치등을 파악하기가 힘들다(Fig. 3). 또한 유출정맥과 피질정맥과의 관계를 정확히 알아야 한다. 특히 Labbe 정맥과 같은 중요 피질정맥과의 관계를 술전에 정확히 파악하고 수술을 시행하여야 한다. 그 이외에 외경동맥의 혈관촬영을 동시에 시행하여 이를 통한 뇌경막으로 부터의 혈류 공급이 병소에 가지 않는지 확인하여야 한다.¹⁾ 이는 수술시 경막을 벗길 때 매우 중요하다. 아울러 수술중 혹은 수술후 심한 뇌종창을 유발할 가능성이 많은 소견, 즉 영양동맥의 굵기와 길이, 병소 주위의 혈류가 정상인지를 파악하고 뇌동정맥기형 병소의 부피를 계산한다(Table 2).¹⁵⁾²³⁾

3) 술중 혹은 술후 혈류역동학적 합병증이 발생할 가능성을 조사하는 검사

크기가 큰 뇌동정맥기형을 수술시 흔히 고려되는 것이 술중 혹은 술후 극심한 뇌부종과 출혈을 야기하는 normal

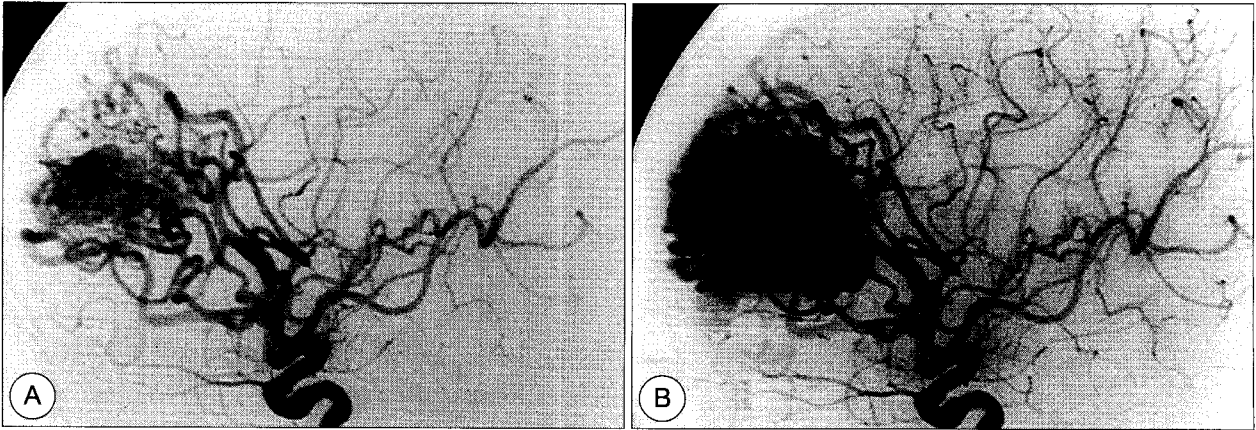


Fig. 3. Early arterial phase of internal carotid artery angiogram, lateral view (A), showing more clearly the numbers of feeders and the relation of the feeders to nidus of AVM than those in mid-arterial phase of angiogram (B) (Case 21).

perfusion pressure breakthrough(NPPB)²⁴⁾이다. 이러한 현상은 드물나 존재하는 것으로 인정되고 있다.³⁾⁶⁾¹³⁾²¹⁾²⁶⁾³⁰⁾ Spetzler등²⁴⁾이 제시한 뇌동정맥기형 주위 뇌혈관의 자가조절기능의 상실이 NPPB의 주요 원인으로 아직 인정되나, 근래의 연구에서는 자가조절기능의 상실보다는 신경성(neurogenic) 혹은 탄산가스에 대한 과민반응등이 NPPB의 기전이 된다는 이론도 제시되고 있다.³⁾¹³⁾²⁶⁾ 이러한 합병증의 발생을 예측할 수 있는 검사는 뇌혈관촬영, acetazolamide를 이용한 단 광자 방출 전산화단층촬영(single photon emission computed tomography : 이하 SPECT라 칭함), 양전자 방출 단층촬영(positron emission tomography : 이하 PET라 칭함) 및 두개강 경유 Doppler 초음파 검사등이다.

점진적인 신경학적 장애를 보이고, 뇌혈관촬영상 병변이 크고 혈류의 흐름이 많고, 영양동맥이 길고 굵으며, 병변 주위의 혈관들이 shunting 때문에 잘 조영되지 않으면 NP-PB의 위험이 존재한다.¹⁾¹⁵⁾²⁶⁾ 또한 두개강 경유 Doppler 초음파 검사에서 혈류의 속도가 과도하게 증가된 경우,²⁾ SPECT 검사에서 acetazolamide 주입후 뇌혈관기형 주위의 저관류(hypoperfusion) 부위가 과도하게 뇌혈류의 증가를 보이거나³⁾ 혈류량의 증가를 보이는 예들²³⁾ 및 PET 검사상 병변 주위 조직에 관류압(perfusion pressure)이 저하되고 산소 추출 분율(oxygen extraction fraction)이 증가된 경우등이 NPPB가 발생할 위험성이 있다.

4) 색전화(Embolization)

크기가 큰 뇌동정맥기형의 외과적 처치에서 색전화는 필수적인 술전과정으로 인식되어지고 있다.¹⁾¹⁰⁾¹²⁾ 그러나 술전 색전화도 적지 않은 사망율과 이환율을 야기한다.⁷⁾¹¹⁾¹²⁾ 색전화를 수행하는 숙련된 술자에서도 10%에 가까운 중한 합병증이 야기되므로¹¹⁾ 수술시 10%이하의 사망율과 이환율

이 기대되는 예들에서는 술전 색전화는 적응이 되지 않는다. 단지 수술을 쉽게할 목적으로 이들이 시행되어서는 안 되고 전체 가료 성적을 향상시킬 목적으로 시행되어야 한다. 술전 색전화가 특히 유용한 경우는 영양동맥이 유출정맥 반대쪽에 있어 술자가 조기에 도달하기가 어려운 경우, 수술시 충혈(hyperemia)이 발생할 가능성이 많은 예들에서 유용하다. 뇌동정맥기형이 뇌의 운동영역, 언어영역 및 시각피질 근처에 존재하는 예들에서 영양동맥을 색전화 할 때는 Amytal 검사가 필요하다.²⁰⁾ 영양동맥으로 생각되는 혈관도 일부의 분지만 병변에 들어가고 나머지는 병변의 원위부 정상 뇌조직에 혈류를 공급하는 예들이 있고 또는 단지 뇌동정맥기형을 지나가는 혈관들도 있기 때문이다. Amytal 30 mg을 생리식염수 1 ml당 12.5 mg의 농도로 초선택(superselection)한 도관에 주입하여 일시적인 신경학적 장애가 유발되는지를 관찰한다.²⁰⁾ 색전화로 뇌동정맥기형의 크기를 줄여 방사선 수술의 방법으로 치료할 수도 있다 (Fig. 4).

3. 수술 시기

1) 개두술

개두술시 뇌동정맥기형이 수술시야의 중간에 오도록 하고 골 절편은 충분히 크게 만들어 영양동맥과 유출정맥을 충분히 노출되도록 한다.¹⁾¹²⁾²²⁾²³⁾ 영양동맥은 병변과 멀리 떨어진 부위에서 구(sulcus)로 들어와서 뇌동정맥기형의 병소에 들어오는 예들이 있어 골 절편을 적게 만들시 이들이 보이지 않는 경우가 있다. 골 절편을 들어 올릴때 정맥동이나 확장된 유출정맥이 손상되지 않도록 주의해야 한다.²²⁾ 뇌경막을 절개시와 개방시 유출정맥이나 뇌경막에서 뇌동정맥기형에 가는 혈관들이 손상되지 않도록 특히 주의하여야 한다. 뇌동정맥기형이 큰 경우 흔히 뇌경막에서 뇌동정

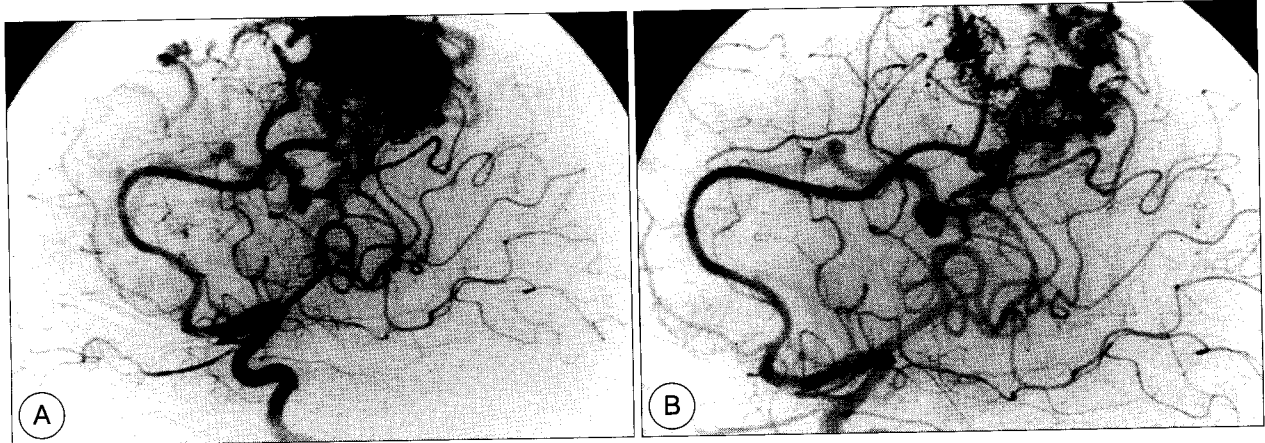


Fig. 4. Internal carotid artery angiogram, lateral view, showing large AVM on motor area of the left hemisphere (A). The size of the AVM decreased remarkably after embolization (B).

맥기형으로 혈류를 공급하는 혈관들이 발달된 예들이 있다.

또한 일부의 예들에서는 유출정맥의 일부분이 뇌경막 속으로 들어와 있는 경우도 있다. 이러한 예들에서 무심코 뇌경막을 절개시 유출정맥이 손상되어 예기치 않은 심한 출혈이 야기되고 수술은 어렵게 된다. 유출정맥의 일부분이 뇌경막에 포함된 예들에서는 그 부위는 뇌동정맥기형에 부착된 상태로 두고 그 주위를 둥글게 절개하여 뇌경막을 벗긴다. 뇌동정맥기형이 노출되면 그 주위를 관찰하고 뇌혈관촬영 소견과 비교하여 가상적으로 영양동맥과 유출정맥을 결정하고 각각에 번호를 부여한다. 이후 영양동맥으로 추정되는 혈관을 순서적으로 구(sulcus)와 열(fissure)을 광범위하게 열어 모두 노출시키면서 뇌동맥류 수술용 일시적 결찰 clip으로 가능한 병소에 가까운 부위를 결찰하여 둔다.²³⁾ 이러한 방법이 이미 뇌허혈 상태가 유발된 뇌동정맥기형의 주위조직에 뇌허혈을 더욱 조장한다는 주장이 있으나,²²⁾ Sano 등²³⁾은 뇌동정맥기형 주위의 뇌혈류를 측정하면서 영양동맥을 결찰한 바 뇌허혈이 현저히 증가된 결과를 기술하였다. 이는 shunting되던 혈류가 주위 뇌조직으로 전환되기 때문에 뇌허혈 상태를 악화하지는 않는다. 또한 가능한 많은 영양동맥을 일시적 결찰 clip을 사용하여 결찰하면 뇌동정맥기형내의 압이 감소하므로 뇌동정맥기형을 주위 뇌조직으로부터 박리가 용이하고 유출정맥의 우발적인 손상위험도 감소시킨다.

2) 영양동맥과 유출정맥의 구별

이론적으로 뇌동정맥기형의 수술시 모든 유출정맥을 유지한 채 영양동맥만 절단할 수 있다면 수술은 매우 쉬워진다. 그러나 일부의 영양동맥은 뇌동정맥기형의 심부에 위치하여 또는 유출정맥과의 위치상의 관계 때문에 유출정맥을 유지한 채 모든 영양동맥을 절단하는 것은 불가능하다. 또

한 어떤 예들에서는 혈류의 shunting 때문에 영양동맥과 유출정맥을 구별하기가 힘들다. 혈관에 일시적으로 결찰을 시행하여 병소의 팽창여부를 관찰하여 영양동맥과 유출정맥을 구별하기도 하고, 혈관을 촉지하거나 모양을 보고 구별하기도 한다.¹²⁾¹⁵⁾²³⁾²⁷⁾ 영양동맥은 혈관벽이 두껍고 약간 딱딱하며 색깔이 희다.¹²⁾¹⁵⁾²³⁾²⁷⁾ 저자는 이와 더불어 Doppler 초음파 소탐침(microprobe)을 이용한다. 먼저 영양동맥으로 생각되는 혈관에 일시적 결찰을 시행하고 뇌동정맥기형과 일시적 결찰 clip 사이의 혈관에 초음파 초탐침을 댄다. 영양동맥인 경우는 소리가 크고 파형(wave form)이 음성으로 되며(Fig. 5A) 일시적 결찰 clip을 풀면 소리가 더욱 커지고 파형은 양성으로 된다(Fig. 5B). 유출정맥인 경우 초탐침을 일시적 결찰 clip을 시행하지 않고 적용시 소리가 작은 양성의 파형이 생기나(Fig. 5C) 일시적 결찰 clip을 시행하고 그 원위부에 초탐침을 대면 파형은 거의 사라진다(Fig. 5D).

3) 병소(Nidus) 제거

뇌동정맥기형 주위의 모든 구(sulcus)와 열(fissure)을 열고 가능한 모든 혈관들을 노출시킨다. 상시상동 주위에 위치한 예들에서는 중대뇌동맥 뿐만 아니라 전대뇌동맥에서도 주요 영양동맥들이 오고 주요 유출정맥이 상시상동으로 들어가는 예들이 많다. 먼저 중대뇌동맥에서 오는 가능한 모든 영양동맥들을 구를 열어 일시적 결찰 clip으로 결찰하여 둔다. 주요 유출정맥 주위의 두터운 뇌지주막을 박리하여 뇌를 약간 견인하고 반구간 열(interhemispheric fissure)로 접근하여 역시 영양동맥을 박리후 일시적 결찰 clip으로 결찰하여 둔다. 측두엽에 위치한 경우는 후대뇌동맥에서 주요 영양동맥이 오는 예들이 있으므로 측두엽 밑으로 접근하여 영양동맥들을 노출시켜 역시 일시적 결찰을 시

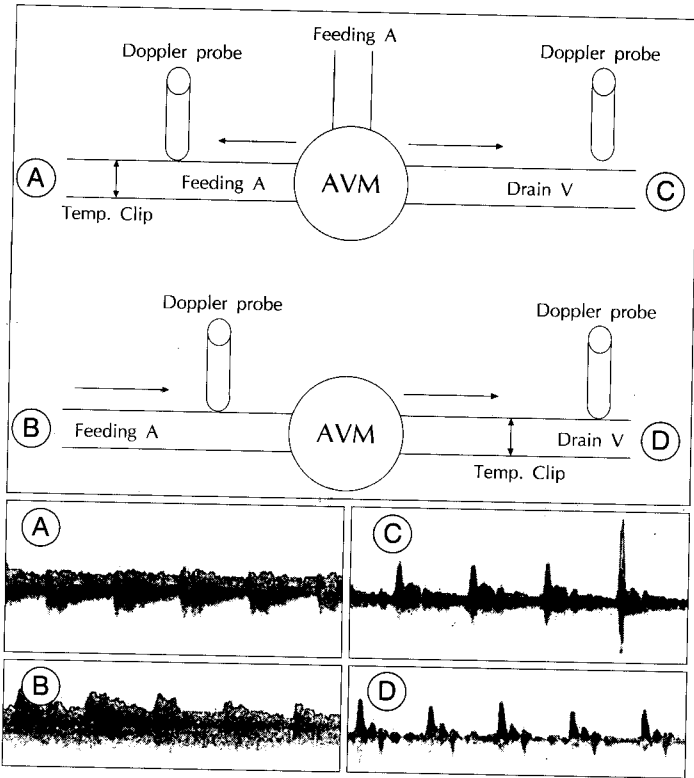


Fig. 5. The figures showing the sites of microprobe application and findings of the Doppler ultrasound according to the feeding artery and drain vein. When the ultrasound microprobe applies on the segment of feeding artery between AVM and temporary clip after applying the temporary clip on the feeding artery, the wave form is negative (A). After removing of the temporary clip from the feeding artery, the wave form changes to positive (B). When the probe applies on the drain vein, the wave form is positive with low-pitch sound (C). When the probe applies on the drain vein to the distal site of temporary clip after application of temporary clip on the drain vein, the wave form disappears.

행한다. 이후 뇌동정맥기형을 중심으로 둥글게 영양 동맥으로 추정되는 혈관은 병소까지 박리하고 병소에 들어가는 것을 확인후 자른다. 뇌동정맥기형에 일부의 분지를 주고 지나가는 혈관들이 있기 때문에 반드시 병소에 들어가는 것을 확인하고 절단하여야 한다(Fig. 8D). 이때 간간이 초음파 소탐침을 병소에 대어 혈류감소를 확인한다. 이렇게 360도로 병소 주위를 박리하며 심부로 들어간다. 병소와 연결된 혈관이 나오면 초음파 소탐침을 이용하여 동맥인지 정맥인지 확인 후 절단한다. 이때는 대부분의 경우 수술이 어려움 없이 잘 진행되고 부분적으로는 교질성의 가성막도 존재하여 수술에 도움을 얻기도 한다. 박리는 가능한 병소에 가깝게 하여 주위 뇌조직의 손상을 최소화 하여야 한다. 뇌동정맥기형은 선천적 질환이므로 뇌동정맥기형이 위치한 부위의 뇌기능은 주위 뇌조직으로 전위되기 때문이다.¹⁴⁾ 수술중 운동, 언어영역 및 간질병소를 찾기 위하여 여러 감지장치를 이용하기도 한다(Table 2).¹⁸⁾

수술이 더 진행되면 소위 처리하기가 가장 힘든 혈관벽이 아주 얇고 약하며, 응고시 흔히 잘 파열되는 작은 혈관들을 만나게 된다. 뇌동정맥기형이 큰 예에서는 이 시기가 되면 절단된 영양동맥들의 압력이 주위 뇌조직으로 파급되기 때문에 뇌동정맥기형을 박리한 주위 부위가 충열되고 증창된다. 저자는 이때 수축기 혈압을 약 80~90 mmHg로하여 수술을 진행한다. 뇌동정맥기형의 주위 뇌조직은 자가조절 범

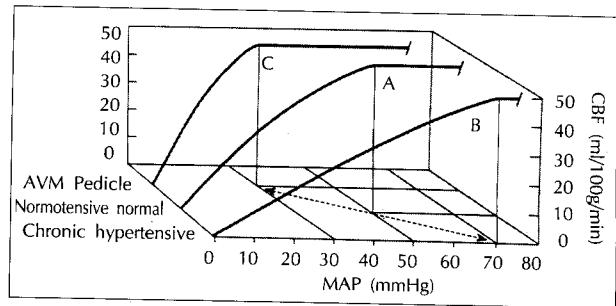


Fig. 6. Schematic depiction of adaptive autoregulatory displacement in three different conditions. In the Normotensive Normal, the lower limit of autoregulation (LLA) is 50 mm Hg and the LLA is indicated by Point A. The shift in LLA with different conditions or adaptive autoregulatory displacement is indicated by the diagonal dotted line with arrowheads. The LLA of autoregulation is known to be displaced to a higher level (from Point A to Point B) in chronic arterial hypertension and to a lower level in the chronically hypotensive vascular beds adjacent to an AVM nidus.²⁹⁾

위의 혈압이 낮은 쪽으로 이동되어 있기 때문에 저혈압을 유도하여 수술하여도 뇌허혈을 유발하지 않는다(Fig. 6).²⁹⁾ 혈압을 낮우면 병소내압이 저하되고 주위의 뇌종창이 호전되어 병소를 견인하고 박리하는 것이 용이해 진다. 혈관벽이 얇은 이들 혈관들이 응고시 파열되어 절단되면 정상 뇌쪽으로 퇴축(retraction)되어 고압력의 출혈이 계속되기 때문에 최대한 조심해서 처리하여야 한다. 많은 저자들이 이들 혈관들의 처치에 대한 방법을 기술하고 있다.¹²⁾¹⁵⁾²²⁾²³⁾²⁵⁾²⁷⁾

저자는 이들을 다음과 같이 처리한다. 이들 혈관을 응고시키는 이극 응혈기의 끝이 넓은 것을 사용한다. 먼저 왼손으로는 흡입력을 낮게한 흡입기를 사용하여 병소쪽을 약간 뺏기고 오른손으로는 이극 응혈기를 사용하여 혈관을 조심스럽게 박리한다. 가능한 길이가 2 mm 이상 되도록 충분히 박리한 후 5 mm 길이의 Yasargil 동맥류 일시적 clip을 뇌쪽으로 가깝게 하여 결찰을 시행해 놓고 혈관을 충분히 응고후 절단한다. 만약 결찰하지 않고 응고(coagulation)를 시도하면 잘 응고되지 않고 파열된다. 이유는 이 시기가 되면 이들 혈관을 통한 혈류는 대단히 증가되어 있어 잘 응고되지 않고 또한 구조적으로 이들 혈관들에는 망상섬유(reticular fiber)가 적어 응고시 혈관이 잘 수축되지 않기 때문이다. 만약 이들 혈관이 파열되어 뇌쪽으로 퇴축되면 저자는 응고를 시도하기 보다 뇌동맥류 clip을 뇌쪽으로 약간 깊게하여 이들 혈관을 결찰한다. 결찰되어 출혈이 멈추면 bemsheet를 흡입기 밑에 두고 clip 주위의 뇌조직을 조심스럽게 흡입하여 퇴축한 혈관을 노출시켜 응고한다. 이때 수축기 혈압은 약 70 mmHg로 유지한다.

뇌실주위까지 확장된 예들에서는 가능한 뇌실이 완전히 노출되도록 하여 뇌동정맥기형이 남지 않도록 완전히 제거하여야 한다. 저자의 1례에서는 뇌실내로 출혈이 유입되는 것을 두려워하여 부분적으로 뇌실을 노출시켜 수술한 바 수술 후에 뇌동정맥기형의 일부가 남은 예가 있었다(Fig. 7: 증례 4). 모든 영양동맥이 절단되면 유출정맥의 색깔은 검게 되고 병소는 쪼그라 든다. 만약 병소의 팽창이 그대로 있으면 어디엔가 영양동맥이 남아 있다. 주로 유출정맥의 뒤에 조그만 영양동맥들이 숨어 있는 경우가 있다. 비록 영양동맥의 굵기가 작아도 흐르는 혈류는 많아서 무심코 주요 유출정맥을 자르면 심한 출혈과 함께 병소가 팽창된다. 저자

도 이러한 예가 1례 있었다(증례 9). 반드시 마지막으로 유출정맥을 절단하기전에 이를 일시적으로 폐쇄시켜 병소의 팽창여부를 확인후 유출정맥을 절단해야 한다. 모든 뇌동정맥기형이 제거된 것으로 판단되면 수축기 혈압을 천천히 120 mmHg까지 올리면서 뇌동정맥기형을 제거한 부위와 주위 뇌를 관찰한다. 출혈이 있으면 반드시 응고해야 한다. 이때 수술실 안에서 술중 뇌혈관촬영을 시행하면 남아있는 병소를 찾는 데 매우 유용하다.¹²⁾

4. 술중 및 술후 합병증과 이들의 처치

크기가 큰 뇌동정맥기형의 수술에서 문제가 되는 두가지 중요한 합병증은 출혈과 뇌종창이다. 출혈은 수술의 초기나 수술의 마지막에 주로 문제가 된다. 크기가 큰 뇌동정맥기형에서 어떤 예는 확장된 주요 유출정맥이 경막을 뚫고 두개골에 접촉되어 있는 예들이 있다. 무심코 골편을 들어 올리다가 유출정맥이 손상받아 많은 출혈을 일으키는 사고가 일어난다. 뇌동정맥기형에서 shunting되는 혈류는 영양동맥의 압과 유출정맥 압의 차이에 영향을 받는데 유출정맥이 파열되면 유출정맥의 압이 저하되므로 상상을 초월하는 출혈이 일어난다. 이런경우는 일단 surgicel을 손상된 정맥의 구멍에 넣어 지혈시킨다. 또한 경막을 절개하고 젖힐때도 이러한 위험이 있으므로 각별히 주의해야 한다. 다음은 병소를 박리시 병소안으로 박리를 시행하므로써 출혈하는 경우이다(Fig. 8A). 이때는 일단 숨이나 bemsheet로 출혈부위를 압박하여 두고 약간 밖으로 하여 박리한다. 굵기가 작고 약한 혈관들에서의 출혈은 전술한 바와 같이 처리한다.

주의할 점은 출혈을 솜(cotton)이나 bemsheet로 압박하여 지혈시켜서는 않된다. 수술시야상에서 보이지 않는 뇌내혈종이 형성될 수 있다(Fig. 8B). 뇌동정맥기형이 뇌실까지 연장된 예들에서는 뇌실을 노출시켜야 하는데 이는 병소

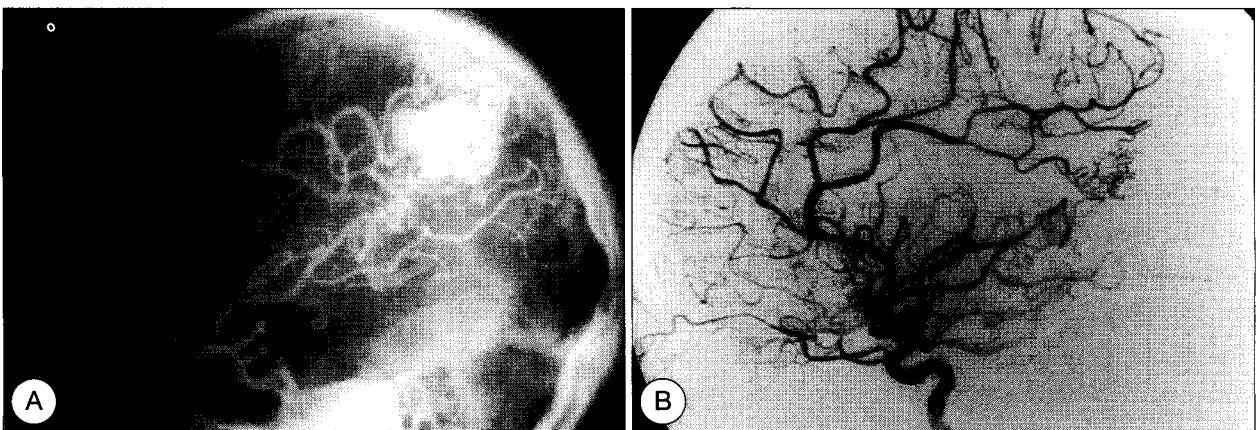


Fig. 7. Preoperative internal carotid artery (ICA) angiogram, lateral view, showing large AVM extending into ventricle at parietal lobe (A). The AVM was removed without wide opening of ventricle. Postoperative angiogram showing a small remnant of AVM at deep portion of the brain (B) (Case 4).

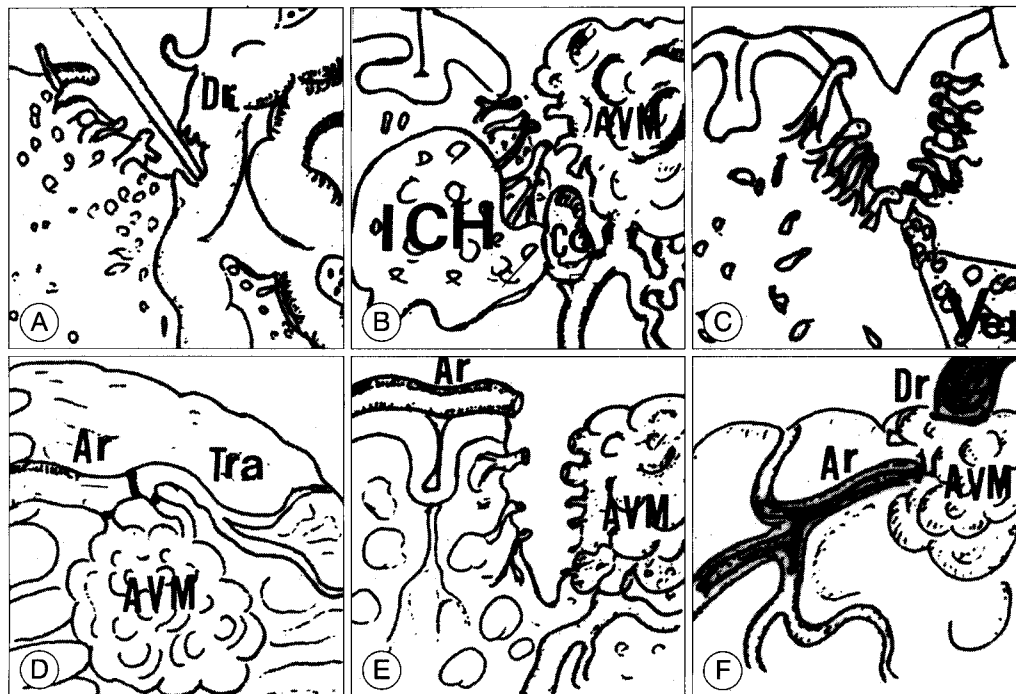


Fig. 8. Complications of the AVM surgery*. A : Unintentional tear in the wall of a large venous sac comprising the nidus. B : Formation of a hematoma adjacent to the cleavage plane precipitated by an attempt to control bleeding by packing. C : Persistent bleeding into a ventricle near completion of surgical excision of AVM. D : Occlusion of artery of passage supplying AVM and normal brain distal to malformation. E : Circulatory breakthrough F : Retrograde thrombosis of the interrupted feeding artery.¹⁷⁾⁹⁾ * : Dr=drain vein ; ICH=intracerebral hematoma ; AVM=arteriovenous malformation ; Vet=ventricle ; Ar=feeding artery ; Tra=transit artery.

를 충분히 박리한 후에 시행하여야 한다. 그렇지 않은 경우 출혈이 발생시 이를 중지시키기가 쉽지 않고 뇌실내 혈종을 형성하면서 수두증을 유발하여 뇌가 갑자기 팽창되도록 하기도 한다(Fig. 8C). 영양동맥을 모두 절단한 것으로 판단하고 마지막으로 유출정맥을 절단하였을 때 숨어있던 영양동맥이 있어 병소가 갑자기 팽창되고 출혈이 일어나는 경우가 발생되면 빨리 병소를 제거하고 출혈부위를 확인한 후 응고를 시행한다. 저자의 증례 9에서 이런 합병증이 발생하였는데 이런 방법을 사용하여 성공적으로 처리하였다.

다음 문제가 되는 것이 뇌의 종창이다. 먼저 환자의 호흡이 불충분하거나 경부(neck)정맥의 유출에 지장이 발생되어 유발될 수 있다. 마취과에 요청하여 기도를 조사하고 혈중 탄산가스 분압을 검사하도록 하고 환자의 체위를 점검하도록 한다. 그외에 수술상의 문제로는 수술시야상에서 보이지 않는 뇌내혈종 혹은 뇌실내 혈종이 발생되어 야기될 수 있는데 방지하는 방법은 전술하였다. 다음은 유명한 NPPB에 기인한 뇌종창이다(Fig. 8E). 저자의 23례중 4례에서 이를 의심하는 심한 뇌의 종창이 발생되었다. Pentothal 200 mg을 정맥내로 주입하고 혈압을 더 낮추고, mannitol과 lasix를 주입하고 과호흡(hyperventillation)을 시켜 뇌종창을 감소시켰다. 뇌동정맥기형을 제거한 후 뇌상태를 잘 관찰하여 절

단된 영양동맥의 박동이 강하거나 뇌의 팽창이 관찰되면 수술후 혈압을 90 mmHg로 유지하고 혈중 탄산가스 분압을 30~40 mmHg로 유지하면서 pentothal 혼수 치료를 약 5일에서 일주일 시행한다. 이는 뇌동정맥기형 제거후 야기되는 뇌부종을 치료하는데 매우 유용한 방법이다(Fig. 9).⁹⁾

5. 수술적 치료 결과

저자의 23례중 18명은 단단계로 완전 제거하였으나 5례에서는 수술중 심한 뇌종창이나 출혈이 심하여 또는 수술후 시행한 뇌혈관촬영영상에서 기대하지 않은 뇌동정맥기형이 남은 경우로 이들중 3례는 재 수술로, 2례는 방사선 수술로 치료하였다. 수술중 NPPB를 의심하게하는 심한 뇌종창이 4례에서 있었고, 1례에서는 유출정맥의 조기 파열로 심한 뇌종창과 출혈이 야기된 경우였다. 수술후 뇌부종과 뇌종창을 처리하기 위하여 8례에서는 과호흡(hyperventillation)하에서 경도의 유발 저혈압과 pentothal 혼수 치료를 시행하였다. 17례에서는 전혀 신경학적 장애없이 뇌동정맥기형이 제거되었고, 술전에 간질발작을 가졌던 예들에서는 수술후 간질발작이 소실되었거나 그 회수가 현저히 감소하였다. 나머지 6례에서는 수술후 신경학적 장애가 남았다. 4명에서는 경도의 반신 마비나 언어장애, 혹은 기억력 장애

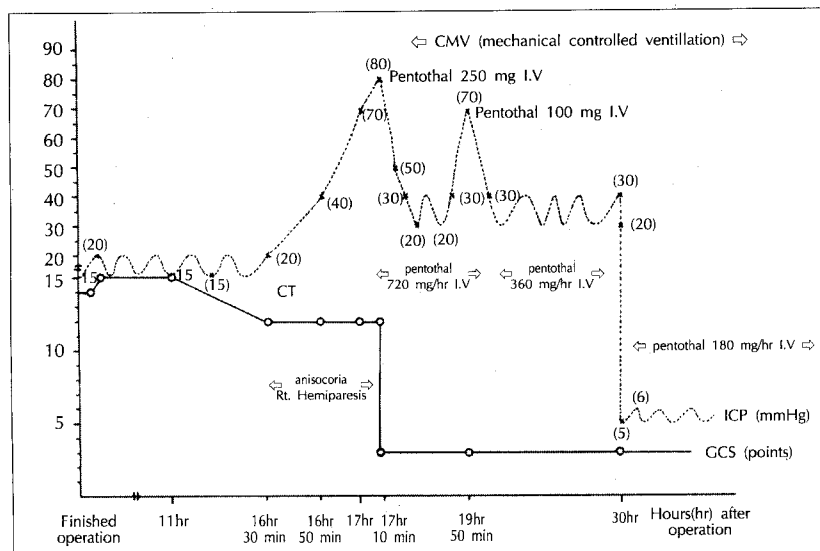


Fig. 9. The management of massive brain swelling after resection of a large arteriovenous malformation by pentobarbital coma therapy with intracranial pressure(ICP) monitoring in case 4. Her neurological state was good until 11 hours after surgery. Then, it was deteriorated and her ICP rise to 80 mm Hg. Her ICP was controlled with pentothal coma therapy and she recovered completely without a neurological deficit(Case 4).

가 야기되었고, 1례에서는 술전에 존재하였던 간질발작이 전혀 호전을 보이지 않았다. 나머지 2례중 1례는 술전에 존재하였던 반신 마비가 호전되지 않았고, 1례는 수술후 심한 반신마비가 발생되었다. 사망례는 없었다.

결론

저자가 경험한 직경이 5cm 이상되는 크기가 큰 뇌동정맥기형 환자 23명을 수술적으로 치료하고 이들 경험을 바탕으로 하고 문헌고찰을 시행하여 큰 뇌동정맥기형의 자연력, 수술의 적응증, 수술시기, 수술중 혹은 수술후 합병증 및 이들의 치료에 대하여 기술하였다. 뇌동정맥기형의 자연력은 비교적 양호하므로 수술은 수술후의 예후와 자연력을 잘 비교하여 결정하여야 한다. 수술시 조기 동맥 촬영 소견이 영양동맥과 병소와의 관계를 안는데 유용하였고, 술중 Doppler 초음파 미세 소침자 이용은 유출정맥으로부터 영양동맥을 구별하는데 유용하였다. 뇌 구를 광범위하게 충분히 열고 영양동맥을 병소까지 박리하고 병소에 들어가는 것을 확인 후 절단하며 주위 뇌에 손상을 주지 않으면서 병소만 제거하고 술중 혹은 술후 유도성 저혈압과 pentothal 혼수 치료는 큰 뇌동정맥기형의 수술적 가료에 중요한 요점이다.

중심 단어 : 큰 뇌동정맥기형 · 수술의 적응증 · 수술시기 · 수술합병증 · 술후가료.

REFERENCES

1) Anson JA, Spetzler RF. Giant arteriovenous malformations, in Carter LP, Spetzler RF(eds): Neurovascular surgery. New York: McGraw-Hill, 1995, pp1 017-28

2) Batjer HH, Purdy PD, Giller CA, et al. Evidence of redistribution of cerebral blood flow during treatment for an intracranial arteriovenous malformation. *Neurosurgery* 25:599-605, 1989

3) Batjer HH, Devous MD. The use of acetazolamide-enhanced regional cerebral blood flow measurement to predict risk to arteriovenous malformation patients. *Neurosurgery* 31:213-8, 1992

4) Brown RD, Wiebers DO, Forbes G, et al. The natural history of unruptured intracranial arteriovenous malformations. *J Neurosurg* 68:352-7, 1998

5) Camarata PJ, Heros RC. Arteriovenous malformations of the brain, in Youmans JR(ed): Neurological surgery ed 4. Philadelphia: WB Saunders, 1996, pp 1372-404

6) Day AL, Friedman WA, Sypert GW, et al. Successful treatment of the normal perfusion pressure breakthrough syndrome. *Neurosurgery* 11:625-30, 1982

7) Deruty R, Pelissou-Guyotat I, Amat D, et al. Complications after multidisciplinary treatment of cerebral arteriovenous malformations. *Acta Neurochir (Wien)* 138:119-31, 1996

8) Fults D, Kelly DL. Natural history of arteriovenous malformations of the brain: A clinical study. *Neurosurgery* 15:658-62, 1984

9) Graf CJ, Perret GE, Torner JC. Bleeding from cerebral arteriovenous malformations as part of their natural history. *J Neurosurg* 58:331-7, 1983

10) Han DH. Overview and management strategy of cerebral arteriovenous malformations. *J Korean Neurosurg Soc* 26:s1-s11, 1997

11) Hashi K. Some technical considerations for successful removal of cerebral AVMs. *J Korean Neurosurg Soc* 26:s24-25, 1997

12) Hongo K, Kobayashi S, Takemae T. Arteriovenous malformation, in Kobayashi S, Goel A, Hongo K (eds): Neurosurgery of complex tumors & vascular lesions. Tokyo: Churchill Livingstone, 1997. pp 127-44

13) Kader A, Young WL. The effects of intracranial arteriovenous malformations on cerebral hemodynamics. *Neurosurgery Clinics of North America* 7:767-81, 1996

14) Lazar RM, Marshall RS, Pile-Spellman J, et al. Anterior translocation of language in patients with left cerebral arteriovenous malformation. *Neurology* 49:802-8, 1997

15) Lee KC. General principle of surgery for patients with cerebral arteriovenous malformation. *J Korean Neurosurg Soc* 26:s20-s23, 1997

- 16) Luessenhop AJ, Rosa L. *Cerebral arteriovenous malformations. Indications for and results of surgery, and the role of intravascular techniques.* *J Neurosurg* 60:14-22, 1984
- 17) Luessenhop AJ, Rosa L. *Cerebral arteriovenous malformations-Part II.* *Contemp Neurosurg* 11:1-6, 1989
- 18) Martin NA, Beatty J, Johnson RA, et al. *Magnetoencephalographic localization of a language processing cortical area adjacent to a cerebral arteriovenous malformation. Case report.* *J Neurosurg* 79:584-8, 1993
- 19) Miyasaka Y, Yada K, Ohwada T, et al. *Retrograde thrombosis of feeding arteries after removal of arteriovenous malformations.* *J Neurosurg* 72:540-5, 1990
- 20) Rauch RA, Vinuela F, Dion J, et al. *Preembolization functional evaluation in brain arteriovenous malformations: The superselective Amytal test.* *AJNR* 13:303-8, 1992
- 21) Sadasivan B, Hwang YK. *Large cerebral arteriovenous malformations: Experience with 27 cases.* *Surg Neurol* 45:245-9, 1996
- 22) Samson DS, Batjer HH. *Surface lesions: Lobar arteriovenous malformations,* in Apuzzo MLJ (ed): *Brain surgery.* New York: Churchill Livingstone, 2:1142-75, 1993
- 23) Sano H, Kato Y, Kanaoka N, et al. *Surgical strategy for cerebral AVMs in the functional cortex.* *J Korean Neurosurg Soc* 26:s45-s53, 1997
- 24) Spetzler RF, Wilson CB, Weinstein P, et al. *Normal perfusion pressure breakthrough theory.* *Clin Neurosurg* 25:651-72, 1978
- 25) Sugita K, Takayasu M. *Arteriovenous malformations. General considerations,* in Apuzzo MLJ (ed): *Brain surgery.* New York: Churchill Livingstone, 2:1113-7, 1993
- 26) Wilson CB, U HS, Domingue J. *Microsurgical treatment of intracranial vascular malformations.* *J Neurosurg* 51:446-54, 1979
- 27) Yasargil MG. *Microneurosurgery IIIB.* New York, Thieme Medical Publishers, 1988, pp 25-53
- 28) Young WL, Kader A, Prohovnik I, et al. *Pressure autoregulation is intact after arteriovenous malformation resection.* *Neurosurgery* 32:491-7, 1993
- 29) Young WL, Pile-Spellman J, Prohovnik I, et al. *Evidence for adaptive autoregulatory displacement in hypotensive cortical territories adjacent to arteriovenous malformations.* *Neurosurgery* 34:601-11, 1994
- 30) Young WL, Kader A, Ornstein E, et al. *Cerebral hyperemia after arteriovenous malformation resection is related to "break-through" complications but not to feeding artery pressure.* *Neurosurgery* 38:1085-95, 1996