

해면상 혈관종의 수술적 치료

부산대학교 의과대학 신경외과학교실
최 병 관 · 최 창 화

Surgical Treatment of Cavernous Malformation

Byung Kwan Choi, MD and Chang Hwa Choi, MD

Department of Neurosurgery, Pusan National University School of Medicine, Pusan, Korea

● ABSTRACT

Although it's been about 100 years since the vascular malformation was first discovered, it is very recent situation that the natural history of cavernous malformations is being clarified. Once it was considered to be very rare, but the introduction of MRI made it possible to diagnose more asymptomatic patients than ever. With this sophisticated tool, it become easy to diagnose and follow up this vascular disease. As more and more asymptomatic or minimally symptomatic patient are being discovered, it become very difficult part for a neurosurgical surgeon to choose the method of treatment in each clinical case. A great deal of recent controversy has been generated concerning the best surgical approach to treat benign lesions that are associated with epilepsy. Since the definition of the bleeding and the clinically significant symptom are different from author to author, one should be careful to recognize the statistical numbers of the from articles. We reviewed dozens of articles to figure out the right indication, approach and microsurgical technique. The surgical risk should be carefully weighed against the morbidity from the natural history of the disease. (Kor J Cerebrovascular Disease 3:138-46, 2001)

KEY WORDS : Cavernous malformations · Indication of operation · Microsurgical technique.

서 론

뇌에 발생한 해면상혈관기형의 첫 성공적인 제거는 1904년 Englehart에 의해서였다.¹⁸⁾²⁶⁾ 1928년 Dandy는 자신의 증례를 포함하여 1928년 성공적인 수술례 44례를 문헌보고에서 확인하였고 처음으로 많은 증례가 보고된 것은 1976년 Voigt와 Yasargil의 보고인데,⁷²⁾ 이 보고에서 저자들은 수술적 제거가 가능한 병변은 출혈을 막기 위해서 제거가 되어야 한다고 주장하였다.

뇌혈관기형의 수술에는 통상적인 미세외과적(microsurgical) 수술이 그대로 적용된다. 대뇌반구에 존재하는 해면

상혈관기형의 수술결과는 전반적으로 양호한 것으로 알려져 있는데,²⁾⁵⁾⁷⁰⁾⁷¹⁾ 그 이유는 절제술시에 인접 뇌조직과 확연히 구분되는 경계면을 가지고 있고 혈액을 공급하는 뚜렷한 혈관 분포가 없기 때문이다. 이러한 사실은 제거술의 용이성, 간질의 호전, 치명적인 출혈의 예방과 함께 적극적인 제거술을 지지하는 명분이기도 하였으나 최근의 통계에서 해면상혈관기형의 비교적 양호한 자연사(natural history)가 점차 알려지면서 치료방법을 결정하는데 있어서 재고를 요하게 되었다.¹⁵⁾⁵⁹⁾⁶³⁾

해면상혈관기형은 대뇌, 소뇌, 뇌간, 척수, 뇌신경, 정맥동 등에 다양하게 분포할 수 있는데 주로 천막 상부의 대뇌 피질이나 피질하에 분포를 한다(Table 1). 병변의 위치에 따라 임상양상이나 수술의 위험성도 다르게 나타나는데 천막하에 병변이 위치하는 경우나 두개강내 축외병변(extra-axial)의 경우 천막상에 비해서 수술에 따른 위험성이 상당히 높으므로 대뇌반구의 심부 병변과 함께 매우 신중한 수술결정과 조심스런 수술적 접근을 요구한다. 대뇌반구 병변

논문접수일 : 2001년 4월 3일
심사완료일 : 2001년 7월 14일
교신저자 : 최창화, 602-739 부산광역시 서구 아미동1가 10
부산대학교 의과대학 신경외과학교실
전화 : (051) 240-7254 · 전송 : (051) 244-0282
Email : chwachoi@hyowon.pusan.ac.kr

Table 1. Location of Cavernous Malformation in the present series collected from literature

Location	Number of cases	Percentage
Supratentorial	456	73.62
Frontal	99	21.76
Temporal	68	14.95
Parietal	72	15.82
Occipital	16	3.52
Thalamus	7	1.54
Basal Ganglia	22	4.84
Lateral ventricle	13	2.86
Paraventricular	2	0.44
Hypothalamus	2	0.44
Third ventricle	5	1.10
Chiasm	1	0.22
Pineal	2	0.44
Suprasellar	1	0.22
Holohemispheric	1	0.22
Infratentorial	163	26.38
Midbrain	20	12.27
Cerebellum	28	17.18
Pons	43	26.38
Medulla	13	7.98
Fourth Ventricle	3	1.84
Pineal	3	1.84
CPA	6	3.68
Pontomedullary	6	3.68
Cord	2	0.68
Unspecified	58	

의 경우는 술전 환자 상태가 대부분 좋기 때문에 수술을 하더라도 호전될 여지가 적은데다 자연사 자체가 양호하기 때문에 증상이 별로 없는 경우 천막하와 마찬가지로 수술을 결정하는데 어려운 경우가 많이 있다.²⁾⁵⁾²²⁾⁶²⁾⁷⁰⁾⁷¹⁾

저자는 해면상혈관기형을 수술을 결정하면서 일반적으로 접하게 되는 문제들에 대한 전반적인 고찰을 시행하고, 아울러 해면상혈관기형의 수술 술기와 수술결과 등에 관해서 기술하고자 한다.

Preoperative Evaluation

가족력을 포함한 이학적 검사와 적절한 여러 가지 영상진단, 전기 생리학검사와 등의 술전 평가가 필수적이다. 그 중에서 CT는 해면상 혈관종을 70% 내지 100% 발견할 수 있으며,²²⁾³⁹⁾⁴²⁾ 경계가 선명한 결절성 병변으로 보이거나 석회화, 출혈, 낭성 구조물로 나타난다. 그러나 최근의 출혈을 겪었던 환자에서는 균질한 음영이 병변의 원인이 된 원래의 병변을 덮어서 잘 보이지 않게 되기도 한다(Fig. 1). 그래서

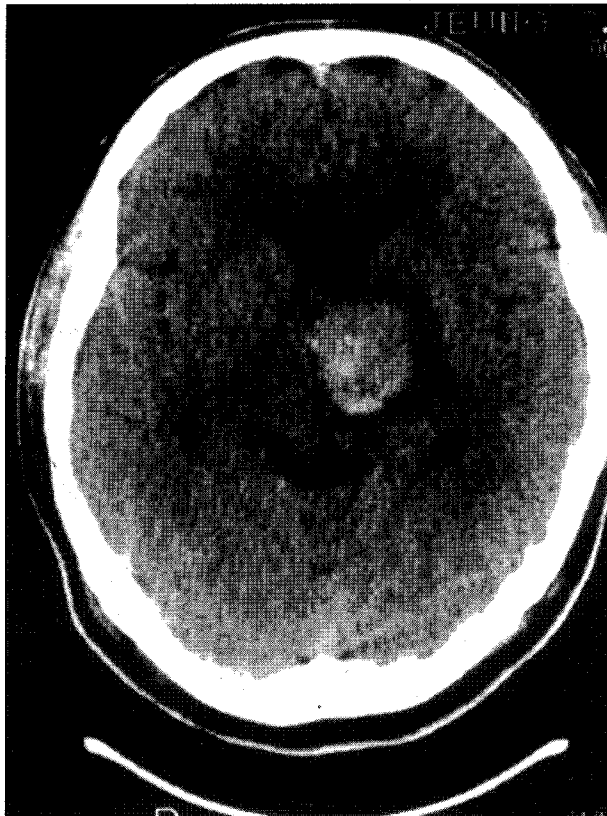


Fig. 1. CT finding of cavernous malformation at Lt basal ganlia after hemorrhage.

진단을 내릴 수 있는 확률은 대부분 50% 이하로 보고되지만,⁴²⁾⁵⁶⁾⁵⁷⁾ 해면상 혈관종의 선별검사(screening test) 도구로 중요한 역할을 한다.³⁷⁾ 반면, MRI는 매우 진단에 민감하다. MRI는 CT로도 잘 확인되지 않는 다발성의 병변을 볼 수 있게 해주고 특히 뇌간 병변일 경우에 많은 도움이 된다. MRI는 다면적인 영상으로 수술적인 접근법을 결정할 수 있도록 해주고⁶³⁾ 병변의 확장이나 출혈, 혈전형성에 대한 정보를 준다.⁴²⁾ 반복된 출혈은 병변내의 혈침소의 침착을 일으켜 전형적인 환(ring) 구조물을 가지게 한다(Fig. 2). 병변내의 망상형의 저 T2 신호는 흩어져있는 병변내의 석회화를 시사하며¹¹⁾¹³⁾²⁹⁾⁴⁰⁾⁴⁹⁾⁵⁶⁾⁶¹⁾ 고음영은 급성 혹은 아급성의 출혈을 나타내거나 여러 가지 다양한 단계의 혈전을 나타내기도 한다. 또한 낭성구조물은 이전에 확장되면서 형성된 혈전이거나 분해되어 남은 공동을 나타낸다.⁹⁾²⁴⁾²⁷⁾³²⁾⁴⁷⁾⁵³⁾⁶⁴⁾

비록 해면상 혈관기형이 혈관촬영에서 보이지 않는 잠행성의 병변이지만(angiographically occult vascular malformation) 술전 혈관촬영을 해야하는 경우가 있다. 측위성병변, 출혈성병변, 모호한 MRI 혹은 CT 소견이 있는 경우나,⁴³⁾ 정맥기형이 의심되는 경우, 다른 혈관기형의 가능성을 배제해야 하는 경우에는 혈관촬영을 시행해야 한다. 혈

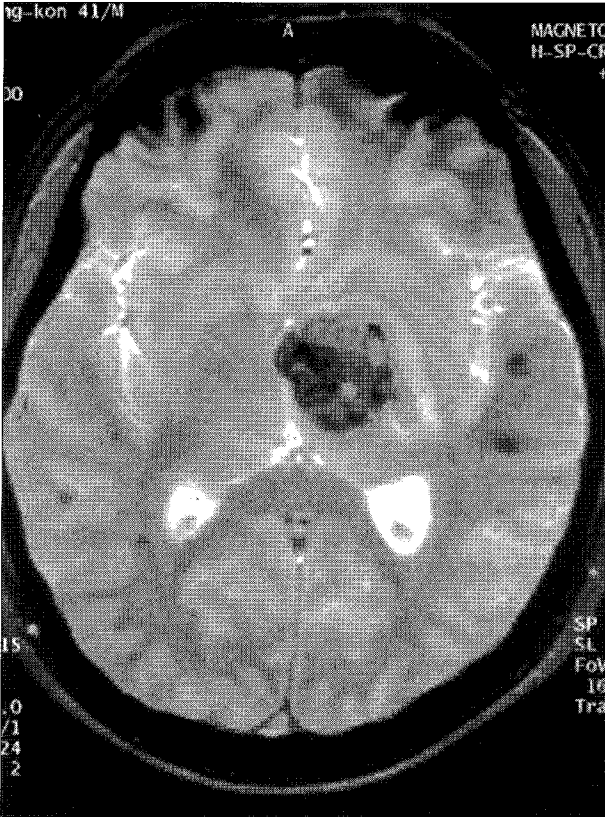


Fig. 2. MRI T2 image after hemorrhage.

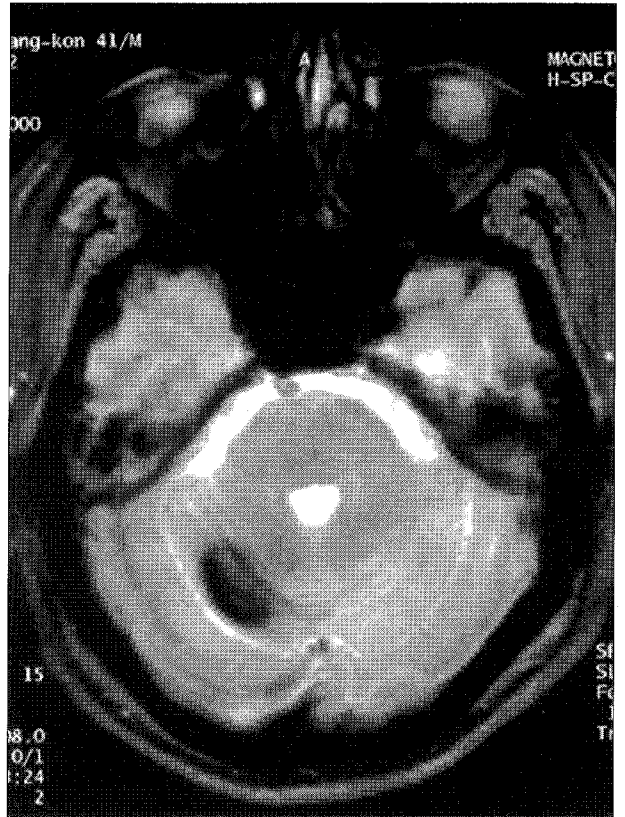


Fig. 3. MRI finding of cavernous malformation in Rt. cerebellar hemisphere.

관 촬영을 하면 모세혈관홍조(capillary blush)나 비특이적인 조기배액 정맥(early draining vein)이 약 10% 내지 20%에서 발견되기도 한다.

간질환자의 간질초점이 진단된 병변과 관련이 있는지 확인하기 위해 뇌파검사가 필요한데, 병변이 간질의 원인이라고 추정하기 전에 정확한 간질초점을 찾아내는 것이 중요하고 다발성의 병변일 때는 어느 병변이 간질의 원인인지를 밝혀내야 한다.⁴²⁾ 그러나 불행하게도 두피에서 검사되는 뇌파만으로는 병변의 위치를 찾아내거나 좌우반구를 구별하는 일조차 힘든 때가 많다. 이러한 경우는 장기간의 비디오 뇌파 감시를 시행해야 하고 간질간, 간질중 PET 검사 등을 시행하면 병변을 찾아내는 단서를 발견할 수도 있다.

Indication of Surgery

뇌동정맥 기형이나 뇌동맥류와는 달리 해면상 혈관기형은 대량출혈을 거의 하지 않는다.³⁷⁾ 환자의 상태가 악화되었다면 대부분 한 번의 대량 출혈의 결과라기보다는 반복적인 출혈로 인해서 서서히 악화된 결과이다. 출혈의 가능성에 대한 역학조사로서 Curling 등¹⁵⁾은 MRI를 분석해서

32례를 찾아냈지만 단지 3명만 임상적으로 의미가 있는 증상을 나타냈을 뿐이었고 연간 1인당 출혈 가능성은 대략 0.25% 혹은 병변당 연간 1인당 출혈 가능성 0.1%로 보고하였다. Robinson 등²²⁾은 비슷한 조사에서 1인당 출혈 가능성을 0.7%로 추정하였다. 또한 부검을 통해 밝혀진 해면상혈관종 환자의 95%가 무증상으로서⁴²⁾⁽⁵⁵⁾⁽⁵⁷⁾⁽⁵⁹⁾⁽⁶¹⁾ 병변을 가진 대부분의 환자는 증상이 없이 생활을 하고 있다는 것을 알 수 있다. 요컨대, 해면상 혈관 기형은 출혈규모도 작고 출혈빈도도 낮다. 그러나 이전에 출혈을 한 병력이 있거나 신경학적 증상이 있는 경우, 병변의 위치에 따라서 출혈 가능성이 높아지기도 한다(Table 2).

이러한 일련의 출혈 가능성에 대한 보고는 저자에 따라 매우 심한 변동을 보인다. 예를 들면 Aiba 등³⁾의 보고에서 연간 1인당 출혈 가능성이 22.9%로 나타나 Table 2의 통계와 큰 차이를 보이는데, 일반적으로 존재하는 병변 위치나 환자 선별에 의한 차이도 있겠지만 무엇보다 저자마다 출혈이나 증상의 유무에 대한 정의가 다를 수 있기 때문이다. 따라서 출혈이 있었다라고 결정하는 판단 기준이 환자의 평가나 치료방법의 결정에 있어서 매우 중요한데 Robinson과 Awad 등⁵⁹⁾은 명백한 출혈(overt hemorrhage)

Table 2. Annual hemorrhage rates for cavernous malformations³³⁾

Clinical factors	Prospective Annual Hemorrhage
no prior hemorrhage	0.6%
prior hemorrhage	4.5%
brainstem location	2.4%
basal ganglia/thalamus location	2.9%
hemisphere location	2.7%
brainstem location with prior hemorrhage	5.0%

Table 3. Suggested Criteria for definition and diagnosis of overt hemorrhage in cavernous malformations⁴²⁾³⁹⁾

1. Evidence of extralesional hemorrhage on neuroimaging ; on magnetic resonance imaging, the hemorrhage should be outside the confines of the hemosiderin ring of the lesion.
2. Evidence of extralesional hemorrhage by lumbar puncture
3. Pathological evidence of prior or recent hemorrhage outside the confines of the lesion at surgery or autopsy
4. Clinical history of apoplectic hemorrhage

의 정의를 내려(Table 3) 아직 개념이 불명확한 출혈의 의미를 통일하고자 시도하였는데 임상적으로 출혈의 정도를 평가할 때 도움을 준다.

한편, 수술의 주 목표는 간질을 조절하고 증피효과로 발생했던 증상을 회복시키며, 출혈을 예방하는데 있다.²⁶⁾ 현재 보편적으로 인정이 되는 수술의 적응증은⁴²⁾⁶³⁾ 접근 가능한 병변으로서 1) 반복성의 명백한 출혈의 증거, 2) 국소 신경학적 증상, 3) 약물에 반응이 없는 간질환자, 4) MRI 병변이 특이하지 못하고 가족력이 없는 환자에서 병리학적인 진단을 필요로 할 때 등이다. 그러나 아직 널리 의견의 일치를 보지 못하는 부분이 1) 첫 출혈을 한 무증상의 환자, 2) 뇌기저핵이나 시상과 같은 심부의 병변, 3) 다발성 병변, 4) 약물에 반응이 있는 간질 등이다. 해면상 혈관기형은 병변에 대한 접근성이 수술을 결정하는데 매우 중요한 요소이다. 예를 들면 천막상부에 있는 병변은 이환율이 3~4% 정도로 매우 좋지만,³⁷⁾ 시상이나 기저핵같이 심부에 위치한 병변의 경우 수술결과가 대체로 좋지 못하다.³⁶⁾⁴¹⁾ 그러므로 출혈을 예방하기 위해서 수술을 하는 문제에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.²⁶⁾ 치료를 결정할 때에는 보존적 치료시에 발생할 출혈의 위험성을 평가하여 수술에서 발생하는 합병증의 발생가능성과 비교를 해야 하는데 개개인에 있어서 출혈에 의한 이환율을 예측하는 것이 매우 어려운 문제이지만 통계적으로 평가할 때는 낮다고 판단된다. 그리하여 대다수의 병변에서 수술 합병증의 가능성이 낮기 때문에 한 번 출혈을 했더라도 제거를 하자는 주장이 있고⁵⁾²⁵⁾ 단 한번의 출혈 혹은 증상이 경미한 경우는 관찰을 하자는 주장,³³⁾ 출혈의 가능성이 낮기 때문에 출혈의 예방

이라는 목적은 수술적 절제술의 절대적 적응은 될 수가 없다¹⁵⁾⁶³⁾는 주장이 있다.

다발성 병변을 보이는 경우에도 수술을 결정하기 힘들지만 여러 병변중에 하나가 생명을 위협하거나 성장 또는 재발성의 출혈을 보이면 제거술을 시행하는데 있어서 주저하지 않아야 한다. 다시 말하면 출혈을 예방하기 위한 해면상 혈관종의 제거는 환자의 신경학적 상태나 환자의 나이, 병변의 위치 등을 종합적으로 고려해서 신중하게 결정되어야 한다.²⁶⁾

임신시에 병변이 성장하거나 출혈하는 경우가 종종 보고되어 Robinson 등⁶⁹⁾은 안전한 임신을 원하는 여성에 있어서는 수술적으로 안전하게 접근만 가능하다면 임신중 발생할 수 있는 출혈을 예방하기 위해 수술적응이 될 수 있다고 하였다.

소아에서의 해면상 혈관기형은 소아기에 발생하는 종양으로 종종 오인할 수 있고²⁶⁾ 증상도 통상의 간질이나, 국소 신경학적 장애, 출혈 외에도 대두증(macrocephaly)을 동반할 수 있다. 소아에서 기형종, 혼합종(mixed tumor)과의 감별을 요하기 때문에 조직검사를 반드시 해야하므로 병변에 전기 소작을 너무 심하게 해서 병리학적인 진단에 지장을 주지 않도록 주의를 요한다. 수술은 증피효과가 나타나거나, 출혈, 간질이 있을 때 시행을 한다. 소아에서 뇌경 위방사선 치료는 방사선괴사(radiation necrosis)나 성장 중인 뇌에 대한 장기적인 영향을 알 수 없기 때문에 잘 시행하지 않는다.²⁶⁾

간질을 조절하기 위한 목적은 해면상혈관기형의 수술적 제거에 있어서 강력한 적응증으로 알려져 있다.²³⁾²⁸⁾³⁵⁾³⁸⁾⁵⁹⁾ 피질 근처에 존재하는 병변의 절제에 수반되는 이환율은 매우 낮고 대부분의 보고가 간질조절에 대한 좋은 예후를 나타낸다.⁷⁾⁸⁾¹⁴⁾¹⁷⁾²⁰⁾ 간질조절이 잘되는 경우는 일반적으로 내과적인 치료를 한다. 난치성은 아니지만 약물로 잘 조절이 되지 않는 경우는 전기 생리 검사를 충분히 시행했을 때 간질 초점이 되는 해면상혈관기형이 발견되고 병변의 위치가 수술의 위험성이 높지 않다고 판단될 때는 수술이 선택될 수 있다. 그러나 환자가 난치성의 간질을 보이더라도 간질과의 관계가 의문시되는 병변에 있어서는 경협상의 병변절제는 추천되지 않는다. 또한 환자가 난치성의 간질을 보이면서 간질과의 관계를 확인할 수 있는 병변이 있을 때에는 비기능적 피질인 경우는 병변절제와 함께 주위의 뇌조직을 같이 제거하는 것이 추천된다.

천막하의 병변에서는 천막상부의 병변보다 증상이 발현될 가능성이 더 높다.⁷⁴⁾ Porter 등은 뇌간에 병변이 있는 경우에 내원한 환자의 97%가 출혈을 동반함을 보고하였고⁵¹⁾

천막하에 발생하는 경우 천막상부에 비해서 30배나 출혈할 가능성이 높다고 하였다.⁵²⁾ Abe 등¹⁾은 뇌간에 발생한 해면상뇌혈관기형에서 이전에 출혈이 있었던 경우 약 21%는 치명적인 재출혈을 한다고 보고하였다. 뇌간은 용적이 적기 때문에 소량의 출혈이라도 증상을 나타낼 가능성이 높고 일단 증상이 발현되면 진행성의 뇌신경마비나 안면신경통, 감각저하, 현훈, 운동실조, 보행실조, 의식저하 등의 심각한 증상을 일으킨다.⁷⁹⁾ 천막하 병변으로서 수술을 시행해야 하는 경우는⁷⁴⁾ 1) 환자가 증상을 보이거나, 2) 병변이 소뇌에 위치하거나 뇌간의 표면에 위치하는 경우, 3) 수술적 접근이 기능성 뇌조직을 보존할 수 있는 경우 등이다.⁵³⁾

수술을 고려할 때 비교적 신선한 혈종이 존재하면 병변을 찾기 쉽고 절제하기 좋다. 피질에서 보이지 않을 병변도 정상 뇌피질의 왜곡으로 찾을 수 있고 초음파를 통해 쉽게 찾기도 한다. 따라서 환자의 상태가 좋다면 혈종이 흡수가 되기 전에 수술을 시행하는 것이 좋다.³⁷⁾

Surgical Technique

해면상 혈관종은 육안적으로 경계가 분명히 지워지고, 푸른색 혹은 보라색, 소엽화된 오디나 포도를 닮은 모양을 하고 있다.⁴⁴⁾⁽⁶⁰⁾⁽⁶³⁾⁽⁷⁶⁾ 뇌동정맥 기형과는 달리 거대한 동맥정맥 단락(AV-shunting)과 관계된 유입동맥이나 유출정맥은 가지고 있지 않다.⁴²⁾ 피막은 가지고 있지 않으나 이들은 보통 잘 분리되는, 혈침소로 염색된 면을 가지고 있고 동양(sinusoid) 공간에 한 층의 내피세포를 가지고 있고 병변내에 뇌조직이 없는 점이 특징이다. 때때로 석회화가 되어 있는 경우가 있고 최근 또는 오래된 출혈의 증거를 갖고 있다. 잘 형성되어 있는 교증식면은 제거술을 쉽게 할 수 있도록 해주며 완전제거가 가능하게 해준다.⁶³⁾ 병변내에는 초자, 혈전 형성 그리고 다양한 낭성구조물, 콜레스테롤 결정 등을 흔하게 함유한다.⁴²⁾

천막상에서 대뇌 반구를 제외하면 가장 흔한 위치가 기저핵인데(Table 1), 기저핵의 측두부는 실비우스 열을 통해서 접근이 가능하다. 또 편도체(amygdala), 해마, 구(uncus) 등도 실비우스열로 접근이 가능하다. pterion 개두술을 이용하게 되고⁴⁸⁾⁽⁶⁶⁾⁽⁷⁶⁾ 병변이 큰 경우에는 개두술을 아래쪽과 뒤쪽으로 확장할 수 있다. 내측두엽에 병변이 있는 경우는 피질절개를 어디에 할지가 어렵게 느껴질 수 있으나 술전 MRI를 잘 판독하여 피질의 변색이 없더라도 찾을 수 있도록 한다. 병변이 해마의 뒤쪽에 위치한 경우는 측두하 접근법으로 접근하면 된다. 기저핵이나 시상선 측두실을 통해서도 접근할 수 있는데 측두실을 노출시키는 방법은 피질을

절개하거나 뇌반구간 경뇌랑 접근법을 이용한다. 후방의 시상에 접근할 때에는 후두정엽의 피질을 통해서 접근을 하게 된다. 천막하의 경우 후두개와의 접근에 이용되는 표준 접근법은 다 이용될 수 있다(Fig. 4).⁴⁵⁾ 중심선 후두하 접근법은 내측 소뇌반구, 편도, 소뇌 충부, 제4뇌실, 뇌교의 후방부와 연수에 접근할 때 이용이 된다. 이 접근법은 또한 뇌간의 앞쪽이나 측부를 노출하기 위해서 아래쪽으로 확장이 가능하다. 최외측접근법은 뇌간의 앞쪽 중심선에 대한 시야를 확보하게 해주는데, 단 S-상동의 일부 골격화가 된 다음에야 가능하다. 유양돌기 후방 S-상동 전방 접근법은 뇌교의 전방부와 측부 노출을 쉽게 해준다. 이 접근법을 확장해서 후두과의 일부와 제1경추의 측부를 제거하면 연수의 앞쪽 그리고 측부에 접근할 수 있다. 천막하소뇌상접근법 그리고 후두엽정천막접근법을 이용하면 소뇌의 상부, 뇌교-중뇌부와 중뇌개(tectum)에 접근이 가능하다.

병변에 가까이 접근한 후에는 병변을 찾아야 하는데 피질에 생긴 병변은 피질에 변색된 뇌피질이 있기 때문에 쉽게 찾을 수가 있으나⁶³⁾ 피질에 가까이 있더라도 작은 병변인 경우에는 위치를 찾기가 매우 어렵다. 특히 MRI에서 나타나는 소견은 병변이 뇌피질에서 병변 위치를 육안적으로 확인할 수 있을 것이라는 착각을 주기 때문에 주의를 요한다.³⁷⁾

또한 심부의 병변도 통상의 수술법으로는 찾기가 매우 어렵다. 병변이 깊어질수록 공간을 인지하는 술자의 능력이 떨어져서 작은 병변은 놓치기 쉽다.¹⁹⁾ Davis와 Kelly¹⁶⁾의 보고에서는 26례중 10례가 병변을 확인하는 과정 및 수술적 접근과 관련된 합병증을 보였다. 심부 병변은 종종 중요한 구조물과 인접해 있기 때문에 수술 중에 손상이 심각한 신

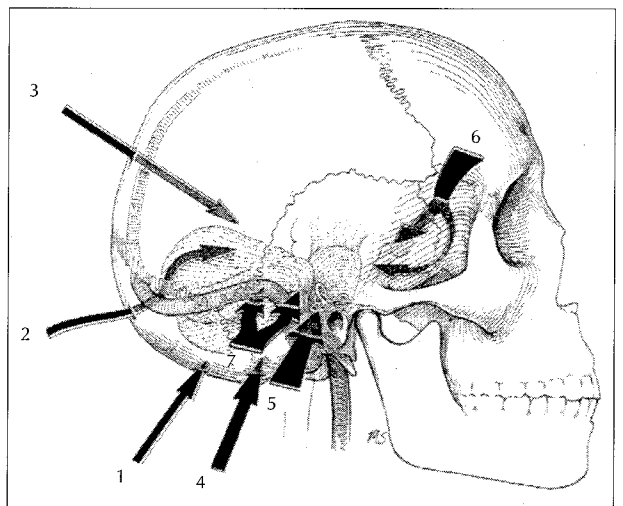


Fig. 4. Summary of surgical approaches to CMs involving the brain stem.⁷⁴⁾ 1 : Suboccipital, 2 : infratentorial supracerebellar, 3 : occipital transtentorial, 4 : far lateral, 5 : transtemporal, 6 : frontotemporal, 7 : combined petrosal approaches.

경학적 장애를 남기는 경우가 많다. 이때 도움이 될 수 있는 것이 뇌정위적 수술법이나 초음파이다. 초음파는 피질하에 병변이 있으나 표면에 이상이 없는 경우 매우 용이한데,¹²⁾⁷³⁾ 초음파로 병변의 가장 천부(superficial part)를 확인하고 나서 제거를 필요로 하는 피질하 병변 바로 위의 회나 구를 찾을 수 있다.⁶⁵⁾ 그렇지만 초음파는 1.5 cm 이하의 병변에서는 위치를 찾아내기가 힘들기 때문에 병변이 심부에 위치하거나 크기가 작을 때는 뇌정위적인 술기를 이용한다.¹⁹⁾³⁷⁾⁶³⁾⁶⁹⁾ 뇌정위적 방법은 CT나 MRI에서 병변의 위치를 확인하고 뇌정위적인 방법을 통해 뇌실천자 카테터를 위치시키고 이것을 따라서 병변에 접근하는 것이다.³⁷⁾ 이 방법을 사용하면 병변을 찾기가 쉬울 뿐 아니라 중요한 기능을 가진 피질을 피하거나 중요한 혈관이 손상되는 것을 막을 수 있다.³⁰⁾³¹⁾ 그러나 천막하에 있는 병변의 경우는 뇌척수액이 유출되고 나면 두개골과의 사이에 공간적인 오차가 발생하기 때문에 도움이 되지 못한다는 의견도 있다.⁷⁴⁾

절개를 할 때 피질을 절개하는 방법보다는 구(sulcus)를 절개하는 것이 통과되는 뇌실질의 깊이가 더 적기 때문에 손상을 줄일 수도 있는데³⁷⁾ 그러나 짧은 경로가 항상 좋은 것은 아니어서 기능성 피질을 피하고자 할 때에는 길더라도 다른 경로를 찾아 기능성 피질을 보존하는 편이 좋다.

병변이 노출된 되면 쌍극 소작기, 압력이 조절된 흡입기 등을 이용하여 신경교증식 부위를 절개해 나가면 분리가 잘 되는 면을 찾을 수 있다.⁶⁾ 병변이 밖으로 드러나면 내부 압박을 시행하고 병변의 피막을 주위조직으로부터 내부로 끌어 당기면 주위뇌조직에 대한 압박을 줄일 수 있다. 교증식 영역으로부터 암청색의 동(caverns)을 분리하는 것도 한 방법인데,³⁷⁾ 이러한 동들을 천공해서 내용물을 빼내면 분리하는 작업이 쉬워진다. 그러나 이러한 낭(sac)은 정맥기형의 가능성을 시사하는 정맥혈관과 반드시 구별되어야 하는데 손상될 경우 정맥성 울혈, 부종, 출혈 등이 발생할 수 있다.

석회화나 조직화가 진행된 혈전이 있는 경우에는 뇌조직에 손상을 주지 않고 제거하기가 힘든데 이 때에는 세절술(morcellation)을³⁷⁾ 시행하거나 초음파 흡입기가 종괴를 줄이기 위해 쓰일 수 있다.⁶⁾ 출혈은 큰 문제가 되지 않는데 병변에서 나오는 혈관들은 원래 압력이 낮기 때문에 쌍극 소작기를 사용하면 쉽게 지혈된다.

다음 과정은 병변이 완전한 제거가 되었는가를 확인하는 일인데 가족(pseudopodia)같은 조그만 구조물이 주 병변에서 분리되어 주위 뇌조직에 묻힐 수 있기 때문에 주의가 필요하다.

이 작업이 끝나면 주위 교세포층 부위까지 제거를 할 것이냐 하는 문제에 봉착하는데 이것은 환자의 개개인에 따라

서 결정을 해야 한다. 만약 기능성피질, 심부 신경핵이 있는 경우에는 피해야 하지만 그 외의 부위에서는 제거를 해주는 것이 술후 MRI에서 병변의 완전제거를 확인하는데 도움이 된다.

일단 병변이 절제된 후에는 제거된 공간의 벽측을 조심스럽게 세척하면서 비정상적인 혈관이 있는지 확인하며 수축기 혈압을 정상보다 10~20 mmHg 상승시키거나 Valsalva 조작을 시켜서 지혈상태를 확인한다.⁶³⁾ 병변이 제거된 공간은 Surgicel로 바른다. 기능적으로 중요한 피질에서는 피해야 하는 구조물을 피질의 지도화(cortical mapping)나 피질 자극(stimulation)을 이용하여 찾을 수 있다.⁶⁾

천막상의 병변과 달리 뇌간에 위치하는 해면상혈관기형의 경우에 주위 실질과 매우 심한 유착을 보이는 경우가 있기 때문에 주의를 요한다.⁷⁹⁾ 뇌간에서의 병변 절제는 혈철소환을 그대로 남기고 병변의 가장자리만 따라서 절개를 해야 한다.⁶⁹⁾ 이때 지혈은 주로 Surgicel을 이용하여 시행한다. 일단 주위와의 박리가 끝나서 병변에서 혈관이 다 절단이 되면 병변의 내부를 조각조각으로(piecemeal) 제거를 시작한다. 모든 천공동맥들은 조심스럽게 박리를 해서 잘 보존이 되도록 한다. 병변은 반드시 완전 제거를 해야 하며⁷⁴⁾ 만약 완전제거에 실패할 경우에는 증상이 재발하거나 출혈이 다시 발생하게 된다.¹⁰⁾⁷⁹⁾ 또한 수술시야에서 존재할 수 있는 정맥기형과의 관련성을 반드시 확인하도록 한다.⁷⁴⁾ 비록 수술적 치료의 목표가 병변을 완전히 제거하는 것이기는 하나 만약, 정맥기형에 손상을 입힐 경우 정상 뇌조직의 정맥혈의 배액을 방해하여 정맥성 뇌경색을 야기할 수 있다.¹⁰⁾ 따라서 만약 수술전 근처에 정맥기형이 발견되는 경우에는 정맥을 보존할 수 있도록 수술계획을 변경하여야 한다. 최근 Steinberg 등⁶⁹⁾이 뇌의 심부에 발생한 병변에 수술을 시행하고 술후 장기 이환율 5%의 좋은 결과를 얻었는데 이 보고에서 저자는 전기생리학적 감시의 중요성을 강조하였다. 이들은 뇌간에 있는 병변의 경우 제 4뇌실을 통해서 접근할 때 제 5, 7, 8뇌신경들의 핵을 작은 전극을 이용하여 정확하게 직교절선(trajec-tory)을 찾아내었다. 전기 생리학적 감시를 하는 것이 하지 않는 쪽에 비해서 의미 있게 합병증이 감소하였다.

한편, 최근의 보고들에 따르면 해면상 혈관기형의 가장 흔한 증상은 간질인 것으로 알려져 있다.⁵⁹⁾ 병변을 가진 환자의 50% 이상이 그리고 천막상에 위치한 병변의 경우 60%가 유병기간중 최소한 한 번은 간질발작을 하는 것으로 알려져 있다.¹³⁾⁵⁹⁾⁵⁹⁾ 특히 해면상 혈관종은 같은 부위의 뇌종양이나 뇌 동정맥 기형에 비해서 거의 두 배 가까이 간질 발작을 일으킬 가능성이 높다. 간질을 일으키는 병리기전은 자극과 종괴의 압박, 다발성 출혈과 관계가 있고 주위의 뇌

조직이 혈액의 분해 산물에 노출되는 것, 그리고 신경교증을 일으키는 것이 그 원인으로 추정된다.⁴²⁾ 동물 실험 모델에서도 철분 성분이 간질을 유발하는 것으로 알려져 있다.³⁴⁾⁴⁶⁾ 특히 반응성 교증식증은 내측두엽경화증에서도 공통적으로 나타나는 소견으로 난치성 간질과 관련이 있다.³⁴⁾ 간질을 보이는 환자에서 병변절제(lesionectomy)가 대부분의 환자에서 간질 조절에 도움이 된다.⁸⁾¹⁴⁾¹⁷⁾²⁰⁾²¹⁾

그러나 간질에 대한 수술후에 호전을 보이는 빈도가 20% 내지 80%로 발표마다 차이가 많이 나는데⁵⁴⁾ Amacher 등⁴⁾은 병변의 제거 자체는 간질을 억제하는데 효과가 없다고 발표하였고, Robinson 등⁵⁰⁾은 술후에 50%가 계속 간질약물을 투여하는 데도 간질이 계속되었다고 보고하였으며 Simard 등⁵⁶⁾은 수술받은 환자의 24%만이 간질이 소실됨을 보고하였다. Yeh 등⁷⁷⁾⁷⁸⁾은 AVM을 제거하면서 nidus만 제거하는 것이 아니라 뇌피질전도로 확인된 간질원성의(epileptogenic) 뇌실질을 같이 제거하였더니 좋은 결과를 얻었다고 보고하였고, Piepgra 등⁵⁰⁾은 뇌동정맥 기형을 수술하면서 병변뿐만 아니라 혈종, 그리고 손상받은 뇌조직을 같이 제거했더니 83% 환자가 간질을 보이지 않게 되었다고 보고하였다. Awad와 Robinson 은⁷⁾ 병변이 측두엽에 있을 때 난치성의 간질로 발전할 가능성이 높았으며 난치성 간질에서는 병변 절제술만 시행하면 증상이 남아 있을 가능성이 많다는 것을 발견하였다.

이렇게 증상이 남은 환자 중 일부는 측두엽의 뇌를 추가로 더 절제함으로써 간질이 소실되는 경우가 종종 있기 때문에⁷⁾ 수술을 시행할 때 처음부터 병변과 그 주위의 뇌실질까지 절제하면 이상적이겠으나 문제는 간질의 치료를 위한 최선의 절제범위를 정하기가 어렵다는데 있다. 요컨대, 병변절제술이 최소의 조직을 제거하기 때문에 이론적으로는 최선의 방법으로 생각이 되지만 병변만 제거해서는 간질이 호전되기 힘든 경우가 많고 반대로, 술후에 신경학적 장애가 발생할 가능성이 높은 데도 불구하고 병변보다 더 크게 뇌실질을 제거한다는 것은 증상이 호전되지 않는다면 정당화 될 수가 없다는 것이다.¹³⁾ Regis 등⁵⁴⁾은 만약 환자가 최근에 발생한 간질을 보이며 병변의 위치와 간질 초점이 잘 부합하는 경우에는 병변절제(lesionectomy)만 시행하면 되지만 간질의 병력이 오랫동안 있어왔고 병변의 위치와 뇌파검사 결과가 잘 맞지 않는 경우 병변의 절제를 목표로 하기 보다는 간질의 조절을 목표로 수술을 시행하는 것이 좋다고 하였다.

Result & Complication

천막 상부의 병변에서는 대부분의 보고에서 사망율과 이

환율이 3~4% 정도로 나타났다.⁷⁸⁾ 간질 환자에서 수술을 시행하는 경우 약 50~90%에서 호전을 보였으며⁶⁵⁾⁶⁷⁾⁶⁸⁾⁷⁵⁾ Cohen 등¹³⁾의 보고에서는 약 70%가 발작의 완전 소실을 보였다. 간질에서의 결과는 환자가 간질발작을 한 횟수가 적을수록 유병기간이 짧을수록 좋은 결과를 나타냈다. 출혈을 보이는 환자에서는 천막상의 경우 완치에 가까운 결과를 나타내지만 이러한 환자들은 보존적으로 치료해도 경과가 좋기 때문에 주의를 요한다.³⁾ Bertalanffy 등¹⁰⁾의 연구에서는 뇌간, 섬(insula), 기저핵, 시상등의 심부에 위치한 병변인 경우는 절제술 시행후 대략 1/3 정도가 심한 합병증을 나타냄을 보고하였으며 Amin-Hanjani 등⁵⁾은 뇌간에 있는 병변의 술후에 85.7%의 환자가 호전되거나 안정화되었다고 보고하였다.

결론

해면상 뇌혈관 기형은 한 때 매우 드문 질환으로 알려졌으나 MRI의 등장으로 이전에 비해 무증상의 환자들의 수가 늘게 되어 상대적으로 출혈의 위험성이 덜한 환자가 많이 나타나게 되었다. 해면상 뇌혈관 기형은 그 연구방법을 후향적으로 하느냐 전향적으로 하느냐에 따라 혹은 임상적인 증상을 어떻게 정의하는가에 따라 다양한 통계학적인 결과가 나올 수 있으므로 여러 저자들의 통계를 분석하는데 주의가 요구된다. CT나 MRI 등장 이전에는 접근만 가능하면 출혈을 방지하기 위해 제거술이 추천되었으나 무증상의 병변은 출혈가능성이 낮고 첫 출혈에서 생명을 위협하는 출혈의 가능성이 적기 때문에 보존적인 치료가 추천이 된다. 뇌간이나 심부의 병변도 신경학적인 장애를 보이는 경우나 재발성의 출혈이 있는 경우 수술의 적응이 될 수 있고 심부의 병변을 제거할 때에는 전기생리학적 감시나 뇌정위수술 등의 보조 술기를 이용하여 합병증을 감소시키는 것이 좋다. 간질 수술에서는 병변절제만으로도 경과가 양호할 수 있으나 난치성간질이 있거나 뇌파검사와 병변의 위치가 잘 맞지 않는 경우는 병변의 제거와 함께 간질에 대한 추가 뇌 절제 시행을 고려해 보아야 한다.

중심 단어 : 해면상 혈관종 · 수술적 치료.

REFERENCES

- 1) Abe M, Kjellberg RN, Adams RD. *Clinical presentations of vascular malformations of the brain stem: comparison of angiographically positive and negative types. J Neurol Neurosurg Psychiatry* 52:167-75, 1989
- 2) Acciarri N, Padovani R, Giulioni M, et al. *Intracranial and orbital cavernous angiomas: A review of 74 surgical cases. Br J Neu-*

- rosurg 7:529-39, 1993
- 3) Aiba T, Tanaka R, Koike T, et al. Natural history of intracranial cavernous malformations. *J Neurosurg* 83:56-9, 1995
 - 4) Amacher AL, Allcock JM, Drake CH. Cerebral angiomas: The sequelae of surgical treatment. *J Neurosurg* 37:571-5, 1972
 - 5) Amin-Hanjani S, Ogilvy CS, Ojemann RG, et al. Risks of surgical management for cavernous malformations of the nervous system. *Clinical study. Neurosurgery* 42:1220-8, 1998
 - 6) Amin-Hanjani S, Ojemann RG, Ogilvy CS. Surgical management of cavernous malformations of the nervous system, in Schmidek HH (ed): *Operative neurosurgical techniques*, ed 4. Philadelphia: W.B. Saunders, 2000, pp 1347-62
 - 7) Awad IA, Robinson JR. Cavernous malformations and epilepsy, in Awad IA, Barrow DL (eds): *Cavernous Malformations*. Park Ridge, IL: American Association of Neurological Surgeons, 1993, pp 49-64
 - 8) Awad IA, Rosenfeld J, Ahl J, et al. Intractable epilepsy and structural lesions of the brain: mapping, resection strategies, and seizure outcome. *Epilepsia* 32:179-86, 1991
 - 9) Bellotti C, Medina M, Oliveri G, et al. Cystic cavernous angiomas of the posterior fossa: Report of three cases. *J Neurosurg* 63:797-9, 1985
 - 10) Bertalanffy H, Gilsbach IM, Eggert HR, et al. Microsurgery of deep seated cavernous angiomas: report of 26 cases. *Acta Neurochir (Wien)* 108:91-9, 1991
 - 11) Biondi A, Scotti G, Scialfa G, et al. Magnetic resonance imaging of cerebral cavernous angiomas. *Acta Radiol Suppl* 369:82-5, 1986
 - 12) Chandler WF, Knake JE, McGilicuddy JE, et al. Intraoperative use of real-time ultrasonography in neurosurgery. *J Neurosurgery* 57:157-63, 1982
 - 13) Cohen DS, Zubay GP, Goodman R. Seizure outcome after lesionectomy for cavernous malformations. *J Neurosurg* 83:237-42, 1995
 - 14) Crawford PM, West CR, Shaw MDM, et al. Cerebral arteriovenous malformations and epilepsy: factor in the development of epilepsy. *Epilepsia* 27:270-5, 1986
 - 15) Curling OD Jr, Kelly DL Jr, Elster AD, et al. An analysis of the natural history of cavernous angiomas. *J Neurosurg* 75:702-8, 1991
 - 16) Davis DH, Kelly PJ. Stereotactic resection of occult vascular malformations. *J Neurosurg* 72: 698-702, 1990
 - 17) Drake Jr, Hoffman HJ, Kobayashi J, et al. Surgical management of children with temporal lobe epilepsy and mass lesions. *Neurosurgery* 21:792-7, 1987
 - 18) Englehardt H. Zur Frage: der Dauerheilung nach Operative Behandlung der Traumatischen Jacksonschen Epilepsie. *Dtsch med Wochenschr* 8:97-9, 1904
 - 19) Esposito V, Oppido PA, Delfini R, et al. A simple method for stereotactic microsurgical excision of small, deep-seated cavernous angiomas. *Neurosurgery* 34:515-9, 1994
 - 20) Estes ML, Morris HH III, Leuders H, et al. Surgery for intractable epilepsy: clinicopathologic correlates in 60 cases. *Cleve Clin J Med* 55:441-7, 1988
 - 21) Faoconer MA, Kennedy WA. Epilepsy due to small focal temporal lesions with bilateral independent spike-discharging foci: a study of seven cases relieved by operation. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 24:205-12, 1961
 - 22) Giombini S, Morello G. Cavernous angiomas of the brain: Account of fourteen personal cases and review of the literature. *Acta Neurochir (Wien)* 40:60-82, 1978
 - 23) Goldring S, Gregorie EM. Surgical management of epilepsy using epidural recordings to localize the seizure focus: review of 100 cases. *J Neurosurg* 60:457-66, 1984
 - 24) Hatashita S, Miyajima M, Koga N. Cystic cavernous angioma: Case report. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 31:414-6, 1991
 - 25) Hirsh LF. Combined cavernous-arteriovenous malformation. *Surg Neurol* 16:135-9, 1981
 - 26) Huhn SL, Rigamonti D, Hsu F. Indications for surgical intervention, in Awad IA, Barrow DL (eds): *Cavernous Malformations*. Park Ridge, IL: American Association of Neurological Surgeons, 1993, pp 87-100
 - 27) Iplikcioglu AC, Benli K, Bertan V, et al. Cystic cavernous hemangioma of the cerebellopontine angle: case report. *Neurosurgery* 19:641-2, 1986
 - 28) Jabbari B, Huott AD, Di Chiro G, et al. Surgically correctable lesions detected by CT in 143 patients with chronic epilepsy. *Surg Neurol* 10:319-22, 1978
 - 29) Johnson P, Wascher T, Golfinos J, et al. Definition and pathological features, in Awad IA, Barrow DL (eds): *Cavernous Malformations*. Park Ridge, IL: American Association of Neurological Surgeons, 1993, pp 1-11
 - 30) Kelly PJ, Goerss SJ, Kall BA. The stereotactic retractor in computer-assisted stereotaxic microsurgery Technical note. *J Neurosurg* 69:301-6, 1988
 - 31) Kelly PJ. Volumetric stereotactic surgical resection of intra-axial brain mass lesions. *Mayo Clin Proc* 63:1186-98, 1988
 - 32) Khosla VK, Banerjee AK, Mathuriya SN, et al. Giant cystic cavernoma in a child: Case report. *J Neurosurg* 60:1297-9, 1984
 - 33) Kondziolka D, Lunsford LD, Kestle JRW. The natural history of cerebral cavernous malformations. *J Neurosurg* 83:820-4, 1995
 - 34) Kraemer DL, Awad IA. Vascular malformations and epilepsy: Clinical considerations and basic mechanisms. *Epilepsia* 35:S30-S43, 1994
 - 35) Leblanc R, Feindel W, Ethier R. Epilepsy from cerebral arteriovenous malformations. *Can J Neurol Sci* 10:91-5, 1983
 - 36) LeDoux MS, Aronin PA, Odrezin GT. Surgically treated cavernous angiomas of the brain stem: Report of two cases and review of the literature. *Surg Neurol* 35:395-9, 1991
 - 37) Lefkowitz MA, Giannotta SL. Supratentorial cavernous angiomas, in Kaye Black (ed): *Operative Neurosurgery*, London: Churchill Livingstone, 2000, pp 1107-13
 - 38) Levesque ML, Nakasato N, Vinters HV, et al. Surgical treatment of limbic epilepsy associated with extrahippocampal lesions: the problem of dual pathology. *J Neurosurg* 75:364-70, 1991
 - 39) Lobato R, Perez C, Rivas J, et al. Clinical, radiological, and pathological spectrum of angiographically occult intracranial vascular malformations. *J Neurosurg* 68:518-31, 1988
 - 40) Lonjon M, Roche JL, George B, et al. Intracranial cavernoma: 30 cases [in French] *Presse Med* 22:990-4, 1993
 - 41) Lunsford LD, Kondziolka D, Bissonette DJ, et al. Stereotactic radiosurgery of brain vascular malformations. *Neurosurg Clin N Am* 3:79-98, 1992
 - 42) Maraire JN, Awad IA. Intracranial cavernous malformations: Lesion behavior and management strategies. Topic review. *Neurosurgery* 37:591-605, 1995
 - 43) Maruoka N, Yamakawa Y, Shimauchi M. Cavernous hemangioma of the optic nerve: Case Report. *J Neurosurg* 69:292-4, 1988
 - 44) McCormick PC, Michelsen WJ. Management of intracranial cavernous and venous malformations, In: Awad IA, Barrow DL (eds): *Cavernous Malformations*. Park Ridge, IL: American Association of Neurological Surgeons, 1993, pp 197-217
 - 45) Moayeri NN, Magge SN, Stieg PE. Infratentorial cavernous malformations, In: Kaye Black (ed): *Operative Neurosurgery*. London: Churchill Livingstone, 2000, pp 1115-23

- 46) Moriwaki A, Hattori Y, Nishida N, et al. *Electrocorticographic characterization of chronic iron induced epilepsy in rats. Neurosci Lett* 110:72-6, 1990
- 47) Nakasu S, Yoshida M, Nakajima M, et al. *Cystic cavernous angioma in an infant: CT features. J Comput Assist Tomogr* 15:163-5, 1991
- 48) Ojemann RG, Heros RC, Crowell RM. *Surgical management of cerebral vascular disease. Baltimore, MD: Williams & Wilkins, 1988, pp 347-413*
- 49) Perl J, Ross J. *Diagnostic imaging of cavernous malformations, In: Awad IA, Barrow DL (eds): Cavernous Malformations. Park Ridge, IL: American Association of Neurological Surgeons, 1993, pp 37-48*
- 50) Piepgras DG, Sundt TM Jr, Ragoowansi AT, et al. *Seizure outcome in patients with surgically treated cerebral arteriovenous malformations. J Neurosurg* 78:5-11, 1993
- 51) Porter PJ, Detwiler MS, Spetzler RF, et al. *Cavernous malformations of the brain stem: experience with 100 patients. J Neurosurg* 90:50-8, 1999
- 52) Porter PJ, Willinsky RA, Harper W, et al. *Cerebral cavernous malformations: natural history and prognosis after clinical deterioration with or without hemorrhage. J Neurosurg* 87:190-7, 1997
- 53) Ramina R, Ingunza W, Wonofakos D. *Cystic cerebral cavernous angioma with dense calcification: Case report. J Neurosurg* 52:259-62, 1980
- 54) Regis J, Bartolomei F, Kida Y, et al. *Radiosurgery for epilepsy associated with cavernous malformation: Retrospective study in 49 patient. Neurosurgery* 47:1091-7, 2000
- 55) Requena I, Arias M, Lopez IL, et al. *Cavernomas of the central nervous system: Clinical and neuroimaging manifestations in 47 patients. J Neurol Neurosurg Psychiatry* 54:590-4, 1991
- 56) Rigamonti D, Drayer BP, Johnson PC, et al. *The MRI appearance of cavernous malformations (angiomas). J Neurosurg* 67:518-24, 1987
- 57) Rigamonti D, Hadley M, Drayer B, et al. *Cerebral cavernous malformations. N Engl J Med* 319:343-7, 1988
- 58) Robinson JR Jr, Awad IA, Magdinec, et al. *Factors predisposing to clinical disability in patients with cavernous malformations of the brain. Neurosurgery* 32:730-6, 1993
- 59) Robinson JR, Awad IA, Little JR. *Natural history of cavernous angioma. J Neurosurg* 75:709-14, 1991
- 60) Russel DS, Rubenstein LJ. *Pathology of Tumors of the Nervous system, ed 4. Baltimore, MD: Williams & Wilkins, 1977*
- 61) Sage MR, Brophy BP, Sweeney C, et al. *Cavernous haemangiomas (angiomas) of the brain: Clinically significant lesions. Australas Radiol* 37:147-55, 1993
- 62) Scott RM, Barnes P, Kupsky W, et al. *Cavernous angiomas of the central nervous system in children. J Neurosurg* 76:38-46, 1992
- 63) Shah MV, Heros RC. *Microsurgical treatment of supratentorial lesions, In: Awad IA, Barrow DL (eds): Cavernous Malformations. Park Ridge, American Association of Neurological Surgeons, 1993, pp 101-16*
- 64) Simard JM, Garcia BF, Ballinger WJ, et al. *Cavernous angioma: A review of 126 collected and 12 new clinical cases. Neurosurgery* 18:162-72, 1986
- 65) Steiger HJ, Tew JM Jr. *Hemorrhage and epilepsy in cryptic cerebrovascular malformations. Arch Neurol* 41:722-4, 1984
- 66) Stein BM. *Arteriovenous malformations of medial cerebral hemisphere and the limbic system. J Neurosurg* 60:23-31, 1984
- 67) Stein BM, Wolpert SM. *Arteriovenous malformations of the brain. I: current concepts and treatment. Arch Neurol* 37:1-5, 1980
- 68) Stein BM, Wolpert SM. *Arteriovenous malformations of the brain, II: current concepts and treatment. Arch Neurol* 37:69-75, 1980
- 69) Steinberg GK, Chang SD, Gewirtz RJ, et al. *Microsurgical resection of brainstem, thalamic, and basal ganglia angiographically occult vascular malformations. Neurosurgery* 46:260-71, 2000
- 70) Tagle P, Huete I, Mendez J, et al. *Intracranial cavernous angioma: Presentation and management. J Neurosurg* 64:720-3, 1986
- 71) Vaquero J, Leunda G, Martinez R, et al. *Cavernomas of the brain. Neurosurgery* 12:208-10, 1983
- 72) Voigt K, Yasargil MG. *Cerebral cavernous haemangiomas or cavernomas. Incidence, pathology, localization, diagnosis, clinical features and treatment: review of the literature and report of an unusual case. Neurochirurgia (Stuttg)* 19:59-68, 1976
- 73) Voorhies RM, Engel I, Gamache JW Jr, et al. *Intraoperative localization of subcortical brain tumors: further experience with B-mode real-time sector scanning. Neurosurgery* 12:189-94, 1983
- 74) Wascher TM, Spetzler RF. *Microsurgical treatment of infratentorial cavernous malformations, In: Awad IA, Barrow DL (eds): Cavernous Malformations. Park Ridge, American Association of Neurological Surgeons, 1993, pp 117-32*
- 75) Wyllie E, Leuders H, Morris HH III, et al. *Clinical outcome after complete or partial cortical resection for intractable epilepsy. Neurology* 37:1634-41, 1987
- 76) Yasargil MG. *Arteriovenous malformations of the brain, history, embryology, pathological considerations, hemodynamics, diagnostic studies microsurgical anatomy, In: Microneurosurgery Vol IIIA, Stuttgart, West Germany: George Thiems Verlag, 1987*
- 77) Yeh HS, Kashiwagi S, Tew JM Jr, et al. *Surgical management of epilepsy associated with cerebral arteriovenous malformations. J Neurosurg* 72:216-24, 1990
- 78) Yeh HS, Tew JM Jr, Gartner M. *Seizure control after surgery on cerebral arteriovenous malformations. J Neurosurg* 78:12-8, 1993
- 79) Zimmerman RS, Spetzler RF, Lee KS, et al. *Cavernous malformations of the brain stem. J Neurosurg* 75:32-9, 1991