

두개내 감염성 동맥류의 임상양상 및 치료

오원섭

강원대학교 의학전문대학원 내과학교실

Clinical Aspect and Treatment of Intracranial Mycotic Aneurysm

Intracranial mycotic aneurysm (IMA) is rare, but life-threatening cerebrovascular lesion, which arises from a variety of primary infection foci such as infective endocarditis, bacterial meningitis, cavernous sinus thrombophlebitis, etc. The diagnosis of IMA usually depends on the documentation of an intracranial aneurysm by vascular imaging in the presence of primary infection foci. As the gold standard for detecting IMA, high-tech computed tomography will eventually replace cerebral angiography. Because of the lack of prospective cohorts and randomized controlled trials, there is no widely accepted treatment guideline for IMA. With recent advances in surgical technique and the introduction of endovascular therapy, however, clinical outcome of patients with IMA tends to improve. This review will provide the state-of-the-art knowledge on clinical aspect and treatment strategy of IMA.

Key Words: Intracranial mycotic aneurysm, Infective endocarditis, Endovascular therapy

Won Sup Oh

Department of Internal Medicine, Kangwon National University College of Medicine, Chuncheon, Korea

The content of this article was presented at Fall Conference of the Korean Association of Internal Medicine, Oct 22, 2010

서론

두개내 감염성 동맥류(intracranial mycotic aneurysm, IMA)은 매우 드문 질환으로, 모든 두개내 동맥류의 약 0.7-5.4%를 차지한다[1]. 'Mycotic aneurysm'이란 용어는 1885년 William Osler경이 심내막염 환자에서 발견된 대동맥류(aortic aneurysm)를 mycotic endarteritis라고 처음 명명한데서 유래되었다[2]. 심내막염 환자에서 두개내 감염성 동맥류가 합병된 경우 전체 사망률은 약 60%이지만, 두개내 감염성 동맥류가 파열되지 않은 경우 사망률이 30%인 반면, 두개내 감염성 동맥류가 파열된 경우 사망률이 80%에 이른다[3]. 두개내 감염성 동맥류의 사망률이 높음에도 불구하고 발생 빈도가 매우 낮기 때문에 현재까지 대규모 역학연구가 없으며 임상양상 및 예후에 관한 전향적인 코호트연구도 없으며 치료에 관한 무작위 대조연구도 없는 실정이다. 또한 현재 통용되는 두개내 감염성 동맥류에 대한 대부분의 의견들은 증례들과 전문가들의 견해에 의존하고 있는 실정이다. 따라서 현재까지 보고된 비교적 큰 규모의 증례군(case series)들을 수집하여 두개내 감염성 동맥류의 임상양상 및 치료에 대해서 언급하였고 이러한 증례군들의 분석으로 도출될 수 없는 부분은 전문가의 견해로 대신하였다.

Copyright © 2010 by The Korean Society of Infectious Diseases | Korean Society for Chemotherapy

Submitted: December 2, 2010

Accepted: December 4, 2010

Correspondence to Won Sup Oh, M.D., Ph.D.

Division of Infectious Diseases, Department of Internal Medicine, Kangwon National University Hospital, Kangwon National University School of Medicine, 26 Kanwondaehakgil, Chuncheon, Kangwon-do 200-947, Korea

Tel: +82-33-258-9466, Fax: +82-33-258-9471

E-mail: wsoh@ymail.com

www.icjournal.org

발생기전

두개내 감염성 동맥류는 원발감염병소(primary infection foci)로부터 전파되는 양식에 따라 크게 두가지로 나눌 수 있는데, 심내막염과 같이 원격장기에서 패혈색전(septic emboli)이 떨어져 나와 혈류에 따라 전파되어 생기는 혈관내 전파(endovascular spread)와 수막염 또는 해면정맥굴혈전정맥염(cavernous sinus thrombophlebitis)과 같은 두개내 감염이 주위 혈관을 침범하여 생기는 혈관외 전파(extravascular spread)가 있다(Table 1). 혈관외 전파보다는 혈관내 전파가 더 흔하며, 혈관내 전파인 경우에 중대뇌동맥의 원위부에 호발한다[4].

혈관내 전파에 의한 두개내 감염성 동맥류의 발생기전을 Fig. 1에 도식화하였다. 발생기전을 살펴보면 첫째로 심장의 증식(vegetation)으로부터 떨어져 나온 패혈색전이 뇌혈관에 끼이게 된다(Fig. 1A). 패혈색전이 뇌혈관 내막(intima)을 침범하여 약해진 혈관벽은 정수압에 의하여 바깥 쪽으로 팽창하게 된다(Fig. 1B). Laplace의 법칙에 의하면 혈관벽에 작용하는 표면장력(T)은 혈압(P)과 혈관의 반지름(R)의 곱에 비례하게 된다. 따라서 늘어난 혈관벽에 의하여 혈관의 반지름이 증가하면 혈

관벽에 작용하는 표면장력은 더 커지게 되고 그 결과 혈관벽은 바깥 쪽으로 더욱 더 늘어나게 된다(Fig. 1C). 또한 혈관의 중심부의 혈류는 직진하지만 동맥류 근처의 혈류는 동맥류 내로 유입되면서 와류를 형성하게 되고 이 와류로 인하여 혈관벽이 받는 압력은 더 커지게 되고 결국 동맥류는 파열된다(Fig. 1D). 이 와류로 인하여 동맥류 내에 혈전이 잘 형성되지 않아 동맥류가 자연적으로 폐쇄되는 일은 드물며 혈전이 생기더라도 씻겨나가서 원위부 뇌혈관에 색전증을 일으키기도 한다.

임상양상

1. 자료수집

현재까지 보고된 두개내 감염성 동맥류의 증례들을 수집하여 이들의 임상양상 및 경과를 조사하기 위하여 PubMed를 이용하여 1950년부터 2010년까지 “infectious aneurysm,” “mycotic aneurysm,” “cerebral aneurysm,” “intracranial aneurysm”을 검색어로 검색하였다. 검색된 두개내 감염성 동맥류 증례들 중 최소 10개 이상의 증례를 포함한 증례군들을 선별하였다. 이 중에서 영어원문을 구할 수 있었고 임상양상 및 경과가 비교적 잘 기술되었던 14개 증례군 연구의 총 351례 중 분석이 가능한 342례를 포함하였다(Table 2) [5-18]. 본 논문에 기술된 두개내 감염성 동맥류에 대한 임상양상의 대부분과 치료 및 예후의 일부분은 이들 증례군들에 대한 조사결과를 토대로 기술하였다. 범주형 변수는 Pearson’s chi-square test를 이용하였고 연속형 변수는 Student’s t-test를 이용하였다. 통계분석은 IBM SPSS Statistics 18 (SPSS Inc., Chicago, IL., USA)을 이용하였고 통계학적 유의성은 $P<0.05$ 으로 검정하였다.

2. 원발감염병소

두개내 감염성 동맥류 환자의 평균연령은 31.5 ± 16.2 세이었고 남녀

Table 1. Sources of Primary Infection

	Endovascular spread	Extravascular spread
Proportion	65%	~20%
Primary infection foci	Infective endocarditis	Meningitis Cavernous sinus thrombophlebitis Orbital cellulitis Otitis media Brain abscess Neurosurgery Recent lumbar puncture Immunosuppression
Common sites	Distal middle cerebral artery	Adjacent vessel to primary foci

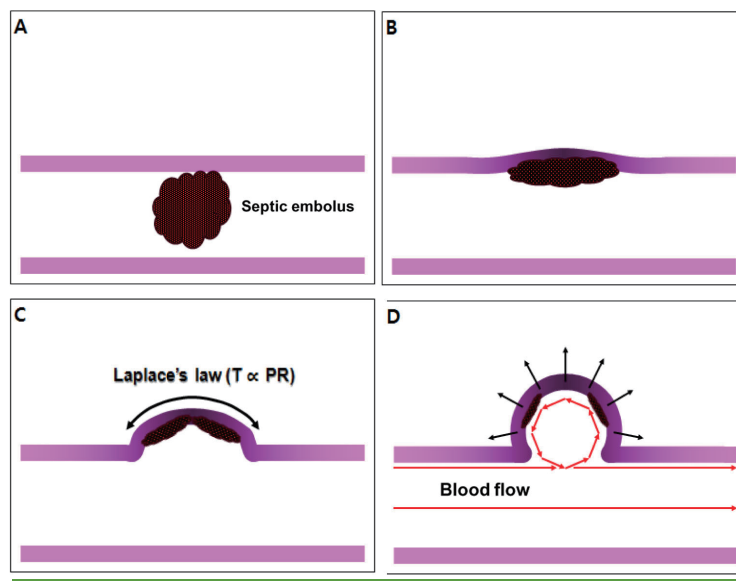


Figure 1. Pathogenesis of intracranial mycotic aneurysm.

Table 2. Review of Case Series of Intracranial Mycotic Aneurysm

Study investigators	Study period	Number of cases	References
Bohmalk GL, et al.	1954-1978	85	[5]
Frazer JG, et al.	1955-1978	13	[6]
Brust JC, et al.	1969-1987	17	[7]
Barrow DL, et al.	-1990	12	[8]
Aspoas AR, et al.	1971-1990	25	[9]
Salgado AV, et al.	1974-1987	68	[10]
Phuong LK, et al.	1976-1999	16	[11]
Kannoth S, et al.	1976-2003	25	[12]
Monsuez JJ, et al.	1978-1985	12	[13]
Corr P, et al.	1983-1992	14	[14]
Venkatesh SK, et al.	1989-1999	17	[15]
Chun JY, et al.	1990-2000	20	[16]
Chapot R, et al.	1991-1999	14	[17]
Dhomne S, et al.	2001-2007	13	[18]
14 studies		351 cases	

비는 1.3:1이었다. 원발감염병소는 심내막염이 257례(75.1%)로 가장 많았고 그 다음으로 수막염 20례(5.8%), 해면정맥굴혈전정맥염 8례(2.3%), 원발성 패혈증 5례(1.5%), 안와연조직염 1례(0.3%), 중이염 1례(0.3%), 부비동염 1례(0.3%), 뇌수술 1례(0.3%) 등의 순으로 나타났으며, 원발감염병소를 모르는 경우가 46례(13.5%)이었다.

3. 호발부위

두개내 감염성 동맥류의 발생부위가 기술된 231례 중 중대뇌동맥이 127례(55.0%)로 가장 흔한 침범되었고 그 다음으로 후대뇌동맥 41례(17.7%), 전대뇌동맥 21례(9.1%), 내경동맥 12례(5.2%), 뇌바닥동맥 6례(2.6%) 순으로 침범되었으며, 이들 중 48례(20.8%)에서는 2개 이상의 혈관을 침범하는 다발성으로 나타났다.

두개내 감염성 동맥류의 발생부위를 Willis 환(Circle of Willis)의 첫 번째 분지를 기준으로 근위부와 원위부로 나누어 구분하였을 때 근위부(28.6%)보다는 원위부(71.4%)에 호발하였다.

4. 원인균

원인균이 동정된 165례 중 60례(36.4%)에서 녹색사슬알균이 분리되어 가장 흔한 원인균이었고 그 다음으로 황색포도알균 37례(22.4%), 기타 사슬알균 30례(18.2%), 장구균 6례(3.6%)에서 분리되었는데, 이러한 원인균의 분포는 심내막염이 가장 흔한 원발감염병소이었기 때문으로 생각된다. 그 외에도 원발감염병소에 따라서 그람음성간균 또는 진균이 소수에서 분리되었고, HIV 감염에 의한 두개내 감염성 동맥류도 보고되었다.

5. 증상 및 징후

증상 및 징후가 기술된 총 232례 중 두통이 77례(33.2%)로 가장 흔한 증상이었었고 그 다음으로 발열 67례(28.9%), 의식변화 40례(17.2%), 경련 29례(12.5%), 구토 26례(11.2%), 행동변화 7례(3.0%) 순으로 나타났다. 임상징후로는 편마비가 45례(19.4%)로 가장 흔하였고 그 다음으로는 수막 자극증상 26례(11.2%), 국소신경학적 손실 25례(10.8%),

동안신경마비 12례(5.2%), 유두부종 11례(4.7%), 언어상실증 8례(3.4%), 안면마비 7례(3.0%), 추체로징후 5례(2.2%) 순으로 나타났다.

총 342례 중 202례(59.1%)에서 병원에 내원 당시 혹은 내원 후에 두개내 감염성 동맥류가 파열되었고, 이들 중 지주막하출혈이 137례(67.8%), 뇌실질 출혈이 54례(26.7%), 뇌실내 출혈이 10례(5.0%)에서 나타났다.

진단

두개내 감염성 동맥류의 진단은 심내막염, 수막염, 해면정맥굴혈전정맥염 등과 같은 원발감염병소가 있는 환자에서 영상의학적 검사로 두개내 동맥류를 증명하는 것이다[19]. 전산화단층촬영 또는 전산화단층혈관조영술(CT angiography)은 빠르고 쉽게 촬영할 수 있고 특히 비조영증강 전산화단층촬영은 두개내 출혈을 찾아내기가 쉽기 때문에 이들 검사들은 두개내 동맥류에 대한 선별검사로 이용되고 있다. 하지만 직경 5 mm 이하의 작은 두개내 동맥류를 찾기가 어렵고 방사선 또는 조영제 노출에 의한 위험이 있다. 자기공명영상 또는 자기공명혈관조영술(MR angiography)은 뇌실질 병변을 찾기가 쉽고 방사선 노출이 없다는 장점은 있지만 직경 5 mm 이하의 작은 두개내 동맥류를 찾기가 어렵고 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 고식적 뇌혈관조영술(cerebral angiography)은 두개내 동맥류를 찾는 데 가장 예민한 검사이지만 침습적 시술로 인한 합병증이 드물게 발생할 수 있고 뇌실질 병변을 관찰할 수 없다는 단점이 있다. 따라서 전산화단층촬영 또는 전산화단층혈관조영술을 시행한 결과 두개내 동맥류가 관찰되지 않으나 임상적으로 두개내 감염성 동맥류의 합병이 의심되는 환자에게 선별적으로 고식적 뇌혈관조영술을 시행하는 것이 적절하다. 하지만 최근 전산화단층촬영 기법의 발달로 인하여 해상도가 높아지면서 5 mm 이하의 작은 두개내 동맥류에 대한 전산화단층촬영의 민감도와 특이도가 높아지게 되어서 향후 전산화단층촬영이 고식적 뇌혈관조영술을 대체할 것으로 보인다[20].

심내막염 환자에서 두개내 감염성 동맥류의 발생빈도는 약 5%로 낮으며, 두개내 감염성 동맥류가 발생하기 이전에 뇌색전증의 증상발현이 일반적으로 선행된다[21, 22]. 따라서 심내막염 환자에서 두개내 감염성 동맥류에 대한 증상 또는 징후가 없는 경우에 선별검사의 목적으로 영상의학적 검사는 권유되지 않는다. 하지만 심내막염 환자에서 국소적 또는 심한 두통이 있거나 무균성 수막염이 있거나 국소신경학적 결손이 있거나 개심술을 예정하고 있는 경우에는 영상의학적 검사를 고려할 수 있다.

감별진단

두개내 동맥류의 가장 흔한 형태는 딸기동맥류(berry aneurysm)로 전체 두개내 동맥류의 약 90%를 차지한다[23]. 두개내 감염성 동맥류와 달리 딸기동맥류는 좁은 고령에 발생하며, Willis 환 특히, 전교통동

Table 3. Diagnostic Criteria of Intracranial Mycotic Aneurysm [24]

Criteria	Findings
Mandatory	Aneurysm demonstrated by imaging study
Supporting	Predisposing infection
	Infective endocarditis
	Cavernous sinus thrombophlebitis
	Orbital cellulitis
	Angiographic features
	Multiplicity
	Distal location
	Fusiform shape
	Change in size or new aneurysm on F/U angiogram
	Other features
	Age < 45 years
	History of recent lumbar puncture
	Fever at presentation
	Intraparenchymal hemorrhage in CT or MRI
Definition of intracranial mycotic aneurysm	
Definite	Mandatory criteria+Supportive criteria ≥3
Probable	Mandatory criteria+Supportive criteria =2
Possible	Mandatory criteria+Supportive criteria=1

맥(anterior communicating artery)-에 호발하며, 흔히 윤곽이 뚜렷한 한 개의 낭성 형태(saccular shape)를 띄고 있으며, 보통염색체우성 다낭신, 고혈압 또는 죽상경화증이 있는 경우에 호발한다. 딸기동맥류의 임상경과 및 치료원칙은 두개내 감염성 동맥류와 다르기 때문에 감별진단이 매우 중요하지만 임상적으로 이들 질환을 감별하는 것은 쉽지 않다. 따라서 두개내 감염성 동맥류를 다른 두개내 동맥류와 감별하기 위하여 진단기준이 제시되었으나(Table 3), 향후 이에 대한 임상적 유효성의 검증이 필요하다[24].

치료

두개내 감염성 동맥류의 치료에 대한 무작위 비교연구가 없기 때문에 아직까지 표준화된 치료지침은 없고, 치료방침의 대부분은 중재군 연구나 전문가의 견해로부터 도출된 것이다. 따라서 두개내 감염성 동맥류에 대한 치료방침은 환자의 상태나 가용할 수 있는 치료방법의 유무에 따라 결정되어야 한다. 치료를 시행한 총 342례 중 196례(57.3%)는 항균제 치료만 받았고, 119례(34.8%)는 항균제 및 수술 병합요법을 시행하였고, 26례(7.6%)는 항균제 및 혈관내 치료 병합요법을 시행하였다.

일반적으로 두개내 감염성 동맥류의 예후나 치료효과를 결정하는 중요한 요소는 감염의 조절 및 두개내 감염성 동맥류의 파열유무이다 [25]. 심내막염 환자에서 색전증의 발생위험은 항균제 치료를 시작한 2주 이내에 급격히 감소하여 약 4주째에는 정상인과 비슷한 위험성을 가지게 된다. 심내막염 환자에서 병발된 두개내 감염성 동맥류도 패혈색전에 의해 발생하기 때문에 적절한 항균제를 조기에 투여한다면 두개내 감염성 동맥류의 발생빈도도 현저히 감소시킬 수 있을 것으로 추측된다. 두개내 감염성 동맥류에 대한 항균제 치료를 시작한 후 추적 뇌혈관조영술을 시행한 78례 중 27례(34.6%)에서 두개내 감염성 동맥류가 소실되었고 8례(10.3%)에서 크기가 감소하였고 14례(17.9%)에서 변화가 없었고 29례(37.2%)에서 커지거나 새로운 동맥류가 발생하였다. 이 결과에 따르면 두개내 감염성 동맥류의 약 45%는 항균제 치료만으로 호전되었다.

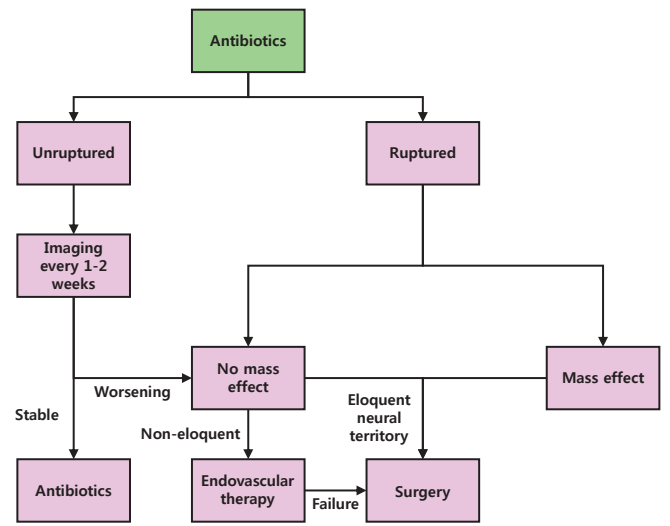


Figure 2. Algorithm for management of patients with intracranial mycotic aneurysm.

두개내 감염성 동맥류의 파열유무와 예후를 알 수 있었던 266례 중 132례(49.6%)는 완전히 회복되었고 45례(16.9%)는 후유증이 남았고 89례(33.5%)는 사망하였는데, 두개내 감염성 동맥류가 파열된 군의 사망률이 파열되지 않은 군보다 유의하게 높았다($P=0.003$). 또한 두개내 감염성 동맥류가 파열된 108례 중 항균제 치료만 한 군의 사망률(40% (14/35))보다 항균제 및 수술 병합요법을 시행한 군의 사망률(8.2% (6/73))이 유의하게 낮았다($P<0.001$). 파열된 두개내 감염성 동맥류 37례가 포함된 총 42례를 대상으로 항균제 및 혈관내 치료(endovascular therapy) 병합요법을 시행한 결과 사망률이 7.1%로 비교적 낮게 나타났다[26, 27]. 이러한 결과들을 종합해 볼 때 두개내 감염성 동맥류 환자에서 동맥류가 파열된 경우에 사망률을 크게 증가하며 항균제 치료와 함께 수술이나 혈관내 치료와 같은 침습적 치료방법을 병행해야만 사망률을 유의하게 감소시킬 수 있을 것으로 추측된다.

두개내 감염성 동맥류가 파열되지 않은 경우에는 항균제 치료를 시행하고 영상의학적 검사를 1-2주마다 반복하면서 두개내 감염성 동맥류의 변화를 관찰하는 것이 일반적으로 권유되고 있다[25]. 하지만 두개내 감염성 동맥류가 파열된 경우 수술병합요법을 시행할지 아니면

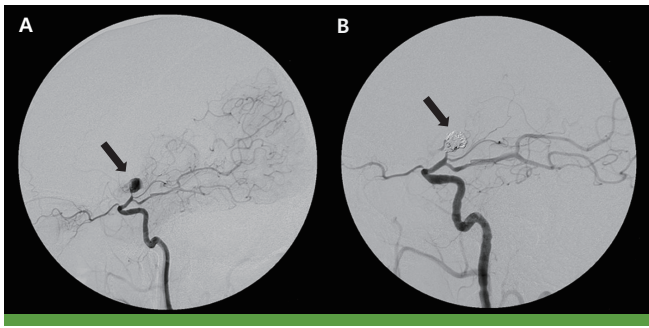


Figure 3. Endovascular therapy (EVT) for intracranial mycotic aneurysm. (A) Pre-EVT state. (B) Post-EVT state.

혈관내 치료를 시행할 것인지에 대한 지침은 아직까지 없지만 전문가들은 두 가지 측면을 고려하여 치료를 결정하라고 권유하고 있다(Fig. 2). 첫째로 두개내 감염성 동맥류가 파열되어 혈중으로 인한 질량효과(mass effect)가 나타나는 경우에는 수술을 시행하여 동맥류 및 혈종을 동시에 제거하는 것을 권유하고 있다. 둘째로 혈중으로 인한 질량효과는 없으나 침범된 혈관이 담당하는 신경분포가 큰 경우에는 수술을 시행하여 동맥류를 제거한 후 끝끝연결술(end-to-end anastomosis)이나 우회술(bypass surgery)을 시행하는 것을 권유하고 있다. 만일 침범된 혈관이 담당하는 신경분포가 작은 경우에는 혈관내 치료를 우선적으로 권유하고 있다.

혈관내 치료는 두개내 감염성 동맥류 내에 도관을 이용하여 Guglielmi Detachable Coil(GDC)이나 N-butyl-cyanoacrylate (NBCA)와 같은 성분을 주입하여 동맥류 내부를 채우게 되면 혈관내 피세포가 증식하여 동맥류가 폐쇄된다(Fig. 3). 혈관내 치료 시 두개내 감염성 동맥류가 있는 부위에 GDC나 NBCA와 같은 이물질을 주입하게 되면 감염성 합병증이 발생할 수 있을 것으로 생각되지만 현재까지 이러한 합병증이 발생한 보고는 없었다.

심내막염 환자에서 울혈성 심부전이나 심근농양 등이 발생하여 개심술을 시행해야 하는 경우가 있는데, 이런 경우에 두개내 감염성 동맥류가 합병되어 있다면 심장수술 자체가 두개내 감염성 동맥류의 경과를 악화시킬 수 있다. 일반적으로 두개내 감염성 동맥류가 파열되지 않은 경우에는 큰 위험없이 심장수술을 진행할 수 있다[28]. 하지만 두개내 감염성 동맥류가 파열된 경우에는 동맥류에 대한 수술이나 혈관내 치료를 시행한 후 최소 2-3주간동안 심장수술을 연기해야 한다. 만일 응급심장수술이 필요한 경우에는 혈관내 치료를 먼저 시행하고 심장수술을 진행하는 것이 바람직하다.

예후

1990년대에 들어와서 두개내 감염성 동맥류에 대한 혈관내 치료가 도입되었다. 이 시기를 기점으로 1990년 이전에 보고된 103례 중 44례(42.7%)가 사망한 반면에, 1990년 이후에 보고된 47례 중 4례(8.5%)가 사망하여 1990년 이후에 두개내 감염성 동맥류에 의한 사망률이 유의하게 감소하였다($P<0.001$). 이와 같이 1990년 이후로 사망률이 현저히

감소한 이유는 심내막염과 같은 원발감염병소의 조기발견 및 조기치료, 영상의학적 검사의 발전으로 인한 두개내 감염성 동맥류의 조기발견, 수술기법의 발전, 혈관내 치료의 도입 때문이라고 생각된다.

결론

두개내 감염성 동맥류는 발생빈도가 낮지만 아직까지 높은 치사율을 보인다. 심내막염, 수막염, 해면정맥굴혈전정맥염 등과 같은 원발감염병소가 있는 환자에서 신경학적 증상 또는 징후가 발생하는 경우에 두개내 감염성 동맥류를 감별진단에 포함시켜야 한다. 아직까지 고식적 뇌혈관조영술이 두개내 감염성 동맥류의 표준검사법이지만 영상기법의 발달로 조만간 전산화단층촬영 또는 전산화단층혈관조영술로 대체될 것으로 보인다. 아직까지 근거에 입각한 표준화된 진료지침이 없기 때문에 환자의 상태나 가용할 수 있는 치료기법에 따라 치료방침을 결정해야 한다. 최근 원발감염병소의 조기진단 및 적절한 항균제 치료, 수술기법의 발달, 혈관내 치료의 도입 등으로 인하여 두개내 감염성 동맥류의 사망률이 점차 감소하고 있는 것으로 추측되지만, 향후 이에 대한 전향적인 코호트연구나 무작위 비교연구가 필요하다.

References

1. Nakahara I, Taha MM, Higashi T, Iwamuro Y, Iwaasa M, Watanabe Y, Tsunetoshi K, Munemitsu T. Different modalities of treatment of intracranial mycotic aneurysms: Report of 4 cases. *Surg Neurol* 2006;66:405-9.
2. Osler W. Culstonian lectures on malignant endocarditis. *Lancet* 1885;125:415-8.
3. Baddour LM, Wilson WR, Bayer AS, Fowler VG Jr, Bolger AF, Levison ME, Ferrieri P, Gerber MA, Tani LY, Gewitz MH, Tong DC, Steckelberg JM, Baltimore RS, Shulman ST, Burns JC, Falace DA, Newburger JW, Pallasch TJ, Takahashi M, Taubert KA; Committee on Rheumatic Fever, Endocarditis, and Kawasaki Disease; Council on Cardiovascular Disease in the Young; Councils on Clinical Cardiology, Stroke, and Cardiovascular Surgery and Anesthesia; American Heart Association; Infectious Diseases Society of America. Infective endocarditis: diagnosis, antimicrobial therapy, and management of complications: a statement for healthcare professionals from the Committee on Rheumatic Fever, Endocarditis, and Kawasaki Disease, Council on Cardiovascular Disease in the Young, and the Councils on Clinical Cardiology, Stroke, and Cardiovascular Surgery and Anesthesia, American Heart Association: endorsed by the Infectious Diseases Society of America. *Circulation* 2005;111:e394-434.
4. Kannoth S, Thomas SV. Intracranial microbial aneurysm (infectious aneurysm): current options for diagnosis and management. *Neurocrit Care* 2009;11:120-9.
5. Bohmfalk GL, Story JL, Wissinger JP, Brown WE Jr. Bacterial

- intracranial aneurysm. *J Neurosurg* 1978;48:369-82.
6. Frazee JG, Cahan LD, Winter J. Bacterial intracranial aneurysms. *J Neurosurg* 1980;53:633-41.
 7. Brust JC, Dickinson PC, Hughes JE, Holtzman RN. The diagnosis and treatment of cerebral mycotic aneurysms. *Ann Neurol* 1990;27:238-46.
 8. Barrow DL, Prats AR. Infectious intracranial aneurysms: comparison of groups with and without endocarditis. *Neurosurgery* 1990;27:562-72.
 9. Aspoas AR, de Villiers JC. Bacterial intracranial aneurysms. *Br J Neurosurg* 1993;7:367-76.
 10. Salgado AV, Furlan AJ, Keys TF. Mycotic aneurysm, subarachnoid hemorrhage, and indications for cerebral angiography in infective endocarditis. *Stroke* 1987;18:1057-60.
 11. Phuong LK, Link M, Wijedicks E. Management of intracranial infectious aneurysms: a series of 16 cases. *Neurosurgery* 2002;51:1145-51.
 12. Kanno S, Iyer R, Thomas SV, Furtado SV, Rajesh BJ, Kesavadas C, Radhakrishnan VV, Sarma PS. Intracranial infectious aneurysm: presentation, management and outcome. *J Neurol Sci* 2007;256:3-9.
 13. Monsuez JJ, Vittecoq D, Rosenbaum A, Goujon C, Wolff M, Witchitz S, Modai J. Prognosis of ruptured intracranial mycotic aneurysms: a review of 12 cases. *Eur Heart J* 1989;10:821-5.
 14. Corr P, Wright M, Handler LC. Endocarditis-related cerebral aneurysms: radiologic changes with treatment. *AJNR Am J Neuroradiol* 1995;16:745-8.
 15. Venkatesh SK, Phadke RV, Kalode RR, Kumar S, Jain VK. Intracranial infective aneurysms presenting with haemorrhage: an analysis of angiographic findings, management and outcome. *Clin Radiol* 2000;55:946-53.
 16. Chun JY, Smith W, Halbach VV, Higashida RT, Wilson CB, Lawton MT. Current multimodality management of infectious intracranial aneurysms. *Neurosurgery* 2001;48:1203-13.
 17. Chapot R, Houdart E, Saint-Maurice JP, Aymard A, Mounayer C, Lot G, Merland JJ. Endovascular treatment of cerebral mycotic aneurysms. *Radiology* 2002;222:389-96.
 18. Dhomne S, Rao C, Shrivastava M, Sidhartha W, Limaye U. Endovascular management of ruptured cerebral mycotic aneurysms. *Br J Neurosurg* 2008;22:46-52.
 19. Ducruet AF, Hickman ZL, Zacharia BE, Narula R, Grobelny BT, Gorski J, Connolly ES Jr. Intracranial infectious aneurysms: a comprehensive review. *Neurosurg Rev* 2010;33:37-46.
 20. Villablanca JP, Jahan R, Hooshi P, Lim S, Duckwiler G, Patel A, Sayre J, Martin N, Frazee J, Bentson J, Viñuela F. Detection and characterization of very small cerebral aneurysms by using 2D and 3D helical CT angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002;23:1187-98.
 21. Francioli P. Central nervous system complications of infective endocarditis. In: Scheld WM, Whiteley RJ, Durack DT, eds. *Infections of the central nervous system*. New York: Raven Press; 1991:515-59.
 22. Moskowitz MA, Rosenbaum AE, Tyler HR. Angiographically monitored resolution of cerebral mycotic aneurysms. *Neurology* 1974;24:1103-8.
 23. Reichman OH, Karlman RL. Berry aneurysm. *Surg Clin North Am* 1995;75:115-21.
 24. Kanno S, Thomas SV, Nair S, Sarma PS. Proposed diagnostic criteria for intracranial infectious aneurysms. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2008;79:943-6.
 25. Peters PJ, Harrison T, Lennox JL. A dangerous dilemma: management of infectious intracranial aneurysms complicating endocarditis. *Lancet Infect Dis* 2006;6:742-8.
 26. Wajnberg E, Rueda F, Marchiori E, Gasparetto EL. Endovascular treatment for intracranial infectious aneurysms. *Arq Neuropsiquiatr* 2008;66:790-4.
 27. Andreou A, Ioannidis I, Mitsos A. Endovascular treatment of peripheral intracranial aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 2007;28:355-61.
 28. Kanno S, Thomas SV. Intracranial microbial aneurysm (infectious aneurysm): current options for diagnosis and management. *Neurocrit Care* 2009;11:120-9.