순환정지와 초저체온 및 Barbiturate를 이용한 거대 뇌동맥류 수술의 마취

-증례 보고-

충북대학교 의과대학 마취과학교실

권 순 필 · 민 병 상 · 배 진 호
김 상 태 · 강 훈 · 임 승 운

= Abstract =

Circulatory Arrest, Profound Hypothermia and Barbiturate for Giant Cerebral Aneurysm Surgery

-Case report-

Soon Pil Kwoun, M.D., Byoung Sang Min, M.D., Jin Ho Bae, M.D.
Sang Tae Kim, M.D., Hoon Kang, M.D.
and Seung Woon Lim, M.D.

Department of Anesthesiology, College of Medicine,
Chungbuk National University, Cheungju, Korea

The surgical and anesthetic management for giant cerebral aneurysm is difficult because of their great size or lack of an anatomic neck. Recently, total circulatory arrest, profound hypothermia using cardiopulmonary bypass and the cerebral protection of barbiturate are able to manage the difficult cerebral aneurysm operation due to the ease of the surgical approach and the decreased post operative neurological injury. These techniques were successfully utilized in the patient of the diameter-3 cm sized giant cerebral aneurysm located at the bifurcation between the right internal carotid artery and the anterior cerebral artery, and the surgical and anesthetic considerations are reviewed. (Korean J Anesthesiol 1998; 35: 767~771)

Key Words: Anesthetic techniques: profound hypothermia. Brain: cerebral protection. Surgery: cerebral giant aneurysm.

뇌신경마취에 있어서 거대동맥류, 기저동맥류 및 두개강내 종양은 병변의 크기와 모양, 위치, 성상에 따라 일반적인 수술 및 마취 방법으로는 병변에 접근하기 어려운 경우가 있으므로 이러한 병변의 수

술 및 마취시 순환정지, 초저체온, barbiturate를 사용하여 수술적 접근이 쉽게 하고, 수술 후 합병증을 최소화 하는 방법들이 간혹 사용되고 있다.

두개내 병변중 거대동맥류는 직경이 2.5 cm 이상 되는 뇌동맥류의 특수 형태로 크기와 동맥류의 경부가 명확하지 않아 일반적인 수술 및 마취시 기술적으로 어려워 수술중 파열 위험이 높아 치명적인 결과를 초래할 수 있다.

논문접수일 : 1998년 5월 25일

책임저자 : 김상태, 충북 청주시 흥덕구 개신동 62번지
충북대학교병원 마취과, 우편번호: 361-711

Tel: 0431-269-6232, 6237, Fax: 0431-272-0264

이러한 병변의 수술 및 마취시 수술적 조작을 용이하도록 순환정지가 사용되나 뇌산소공급차단으로 인해 뇌허혈 가능성이 높아 뇌보호를 위해 초저체온 및 barbiturate를 사용한다고 보고 되고 있다.¹⁻³⁾

또한 수술중 신경학적 손상의 위험을 감소시키기 위해 뇌파감시, 체성감각 유발전위, 뇌간 청신경 유발전위, 경식도 심초음파, 경두개 도플러 등의 감시장치를 이용하고 있다.^{1,2)}

저자들은 거대동맥류 수술에서 순환정지, 초저체온, barbiturate를 사용한 뇌보호 방법을 이용하여 성공적인 수술 및 마취를 경험하였다.

증 례

환자는 72세 여자로서 입원 1개월 전부터 간헐적인 두통이 있었다가 심한 두통과 구역을 동반한 갑작스런 의식소실로 응급실을 통해 내원하였으며 뇌단층촬영과 뇌혈관조형술상 두개내 우측 내경동맥과 전뇌동맥의 분기점에 직경 3 cm의 거대 동맥류에 의한 지주막하출혈로 진단되었다.

수술전 환자의 의식은 혼미(stupor)한 상태로 Hunt's classification IV였고 흉부 X선 소견, 심전도 그리고 검사실 소견은 특이사항 없었고 이학적 검사상 경부강직이 있었다. 과거 수술이나 입원 경험 없었다. 환자는 기관내 삽관 상태였고 T-piece를 통해 O_2 3 l/min로 투여되었다. 마취전 혈압은 110/60 mmHg, 맥박수는 85회/분이었다.

마취유도는 요골동맥내에 카테터를 거치하여 동맥압을 관찰하면서 midazolam 5 mg, thiopental sodium 150 mg, pancronium 8 mg, fentanyl 500 mcg을 정주하여 시행하였다. 마취유지는 N_2O 2 l/min, O_2 2 l/min를 사용하였으며, 고농도 isoflurane 사용으로 인한 뇌압의 상승을 막기 위해 isoflurane를 0.5~1.0 vol%로 저농도로 사용하면서 정맥마취제로 propofol 1 g, fentanyl 600 mcg midazolam 10 mg과 D₅W 200 ml를 혼합하여 0.5~1 ml/kg/hr로 병행투여 하였으며 근이완을 위해 vecuronium을 간헐적으로 정주하였다. 수술중 감시장치로 심전도, 산소포화도, 호기말 이산화탄소분압, 중심정맥압, 뇌파, 시간당 소변량, 우측 요골동맥내에 카테터를 거치하여 동맥압을 측정하였고, 체온측정은 식도, 비인두, 직장온도로 하였다 또한 체외순환 이탈시 defibrillation을 위해 ex-

ternal pacemaker(Escort, USA)를 거치하였다. 수술중 산소 포화도는 95% 이상 유지되었고, 호기말 이산화탄소 분압은 체외 순환전에는 21~29 mmHg, 체외 순환후에는 40~47 mmHg로 유지되어 인공 호흡기의 호흡수와 일회 환기량을 증가시켰으나 수술 종료 시점까지 호기말 이산화탄소 분압은 더 감소하지 않았다. 초저체온 유도한 다음 뇌파의 무수축을 확인한 후 체온을 약 2~3°C 더 하강시켰다.

수술은 우측 전측두부 개두술을 시행하였으며, 이때 15% mannitol 350 ml과 dexamethasone 10 mg을 정주하였고, 경막을 절개한 후 현미경하에서 내경동맥과 전 뇌동맥의 분기점에 위치한 동맥류를 노출시켰다. 마취 유도 후 4시간 30분 경에 heparin 20,000 units 정주하고 활성화 혈액응고 시간(648초) 확인 후, 흉부외과에서 오른쪽 대퇴정맥에 정맥 도관과 왼쪽 대퇴동맥에 동맥 도관을 각각 거치하였다.

마취유도 6시 30분경에 체외순환을 시행하였고 체온이 하강하여(식도체온 32.2°C 비인두체온 31.3°C, 직장체온 26.3°C 일때) 심실세동이 발생하여 KCl 40 mEq를 두 번 투여하여 즉시 심정지를 시켜서 허혈성 심근손상을 억제하도록 하였다. 체외순환 중 관류유속이(1.9 → 0.5 L/min)될 때 methylprednisolone (solumedrol) 1g와 thiopental sodium 250 mg을 정주하고 thiopental sodium 0.2 mg/kg/min로 점적투여하여 뇌보호를 하면서 저체온을 유도하였다. thiopental sodium의 전체 투여량은 2000 mg이었다.

순환정지는 마취유도 후 9시 50분경부터 10시 15분까지 25분동안 시행하였다. 이때 체온은 식도체온 16.7°C, 비인두체온 16.5°C, 직장체온 17.7°C이었다. 순환정지 35분후(마취유도 10시간 25분) 식도체온 19°C이었을 때 심실세동이 나타났으며 체온을 서서히 증가시켜 마취유도 11시간경에(식도체온 29.2°C, 비인두체온 29.6°C, 직장체온 23.7°C) lidocaine 120 mg 정주와 함께 200 J로 2번 external pacemaker로 defibrillation 시행하여 심장 박동이 정상으로 되돌아왔다. 그 후 심장 수축력을 증가시키기 위해 calcium gluconate 500 mg과 digoxin 0.5 mg을 정주하였고, nitroglycerin 1~2 mcg/kg/min을 점적투여하면서 체온 올리기 시작한 후 2시간 10분경에 직장체온이 34°C이었으며 체외순환을 중지시키고 도관 제거 후 protamine sulfate로 활성화 혈액응고 시간을 130초로 회복시킨 후 경막 및 두개를 닫았다. 체외순환 시간은

5시간 30분이었다.

소변량이 줄어들어 lasix와 mannitol을 투여하였고, 중심 정맥압이 1~5 cmH₂O로 낮게 유지되어 혈액량을 유지시키기 위해 colloid로 pentaspan과 혈액을 투여 받았고, 승압제로 dopamine, dobutamine과, epinephrine을 점적 투여하였으나 수축기혈압은 40~50 mmHg, 맥박수는 100~120회/분, 시간당 소변량은 100~120 ml이었다. 그 후 마취 유도 13시간 40분경에 IABP(Intra-aortic balloon pump)을 시작하였으며, 수축기혈압은 60~90 mmHg, 맥박수는 120~140회/분, 시간당 소변량은 200~300 ml로 다소 호전 양상 보여, 마취유도 15시간 30분후 IABP와 기관내 삽관한 상태에서 중환자실로 이송되었다.

중환자실로 이송 후 14시간만에 심혈관계가 안정되어 IABP를 제거하였다. 신경학적 검사상 수술로 인한 좌측하지의 운동저하가 있었고 의식이 혼미하고 자발호흡이 약해 수술후 4일째 기관절개술을 시행하였고, 동기 간헐적 환기법(synchronized intermittent mandatory ventilation)을 이용하여 술후 8일째까지 기계 환기기로 환기 보조를 실시하였으나 의식 호전 없고 뇌단층 촬영상 뇌수종 확인되어 수술후 24일째 뇌수종 수술 받고 수술 후 76일째 의식이 명료해지고 신경학적 검사상 좌측하지 운동 상태가 호전되어 퇴원하였다.

고 찰

체외순환, 초저체온, 순환정지는 1959년 이후에 개흉술에서 사용되어 왔고 1960년 신경외과 영역에서 이런 방법들을 이용한 두개내 종양 제거술의 첫 보고 이후 많이 연구되어왔다.^{1~5)} 초저체온과 순환정지는 심폐기를 이용하여 환자의 체온을 약 15~20°C로 낮춘 후 환자의 심폐기능 정지는 물론 체외순환까지 정지시켜 일체의 혈액순환 없는 상태에서 병변 부위로의 수술적 접근을 용이하게 하고 뇌동맥류의 파열을 줄일 수 있게 한다.^{2,4)}

순환정지와 함께 저산소증과 뇌허혈에 의한 손상을 감소시킬 수 있는 뇌보호 방법으로 현재 초저체온과 barbiturate가 사용되고 있으며 초저체온과 barbiturate의 병용요법은 좋은 결과를 보고하고 있다.⁶⁾ Barbiturate는 뇌대사율을 최대 50~60%까지 감소시키며 뇌파가 평탄하게 유지되는 경우 추가투여된

barbiturate는 뇌 대사율을 더 감소시키지는 않는다.^{2,5)} 또한 barbiturate는 free radical 생성억제 작용과 막안정화 작용과 혐기성 대사산물의 생성을 감소시켜 뇌보호 작용을 한다.⁷⁾ 본 증례에서 뇌파를 평탄하게 유지하기 위해 투여한 thiopental총용량(2000 mg)은 spetzler등의⁵⁾ 21 mg/kg보다 많은 용량으로 37.0 mg/kg이었다.

뇌보호 작용을 하는 약제 barbiturate로써 thiopental sodium이^{2,6)} 보편적으로 사용되고 있으며 정맥마취제로 쓰이는 약제 중 propofol, midazolam, etomidate 등도 보조적으로 사용될 수 있다.⁷⁾ 이외에 칼슘 통로 차단제인 nimodipine은⁸⁾ 혈관연축(vasospasm)예방 효과가 있으며, ascorbic acid, vitamine E와 methylprednisolone 등은 free radical scavenger로서 이용되고 있다.^{7,9)}

뇌보호 방법의 하나인 저체온법은 체온하강에 따른 뇌대사를 감소를 이용한 방법으로 정상체온에서 순환정지 허용기간은 4~5분이나 체온이 8°C 하강할 때 마다 이 기간은 2배씩 증가하며 30°C에서는 뇌대사율은 정상의 50%까지 감소하고 20°C에서는 정상의 15%까지 감소하며 15°C에서는 10%까지 감소한다. 15°C에서 순환정지의 최대허용시간은 정확히 알려져 있지 않으나 약 60분동안은 안전한 것으로 알려져 있다.^{2,10)}

뇌온도 측정으로 비인두, 고막, 식도체온이 사용될 수 있으며 방광과 직장 체온은 보다 덜 예민하다. 그리고 안정성을 확보하기 위하여 최소 두 개의 체온 측정이 필요하겠다.^{2,10)} 본 증례에서는 비인두, 식도, 직장체온의 3개의 체온 측정을 하였다.

저체온의 심혈관계 영향은 혈액점도를 증가시켜 혈관저항이 증가하므로 저체온법을 이용시 혈액회색이 필요하고 저체온으로 인해 부정맥이 나타날 수 있다. 일반적으로 체온이 저하되어 30°C에 이르면 점진적으로 서맥이 나타나며 30°C 이하에서는 심방조동과 세동이 나타나고 28°C 이하에서는 심실세동이 나타나므로 허혈성 심근손상을 막기 위해 40~80 mEq의 KCl를 투여하거나 cardioversion(100~200 watts/sec)을 시행한다.²⁾ 본 증례에서는 비인두체온 31.3°C, 식도체온 32.2°C, 직장체온 26.3°C일 때 심실세동이 출현하여 KCl 40 mEq를 두번 투여하여 허혈성 심근손상을 억제하도록 하였다.

저체온 순환정지의 가장 큰 수술후 합병증은 혈

액응고 장애로 인한 뇌출혈이다. 혈액응고 장애의 원인으로는 혈소판의 비장 격리로 인한 수적 감소와 기능이상, 혈액응고 기전에 관여하는 효소계의 활성 둔화, 저체온에 의한 heparin의 대사 감소 등이 있으며 또한 protamine의 부적절한 가역으로 혈액응고 기전에 관여하는 heparin의 영향이 제일 크며, 외과의사의 부적절한 지혈, 혈액회석과 심폐기 등의 기계적 요인 등이 있다.^{1,2,5)} 혈액응고 장애로 인한 출혈을 대처하기 위해서는 재가온기동안 자가혈액과 신선동결 혈장, 혈소판 등을 적절히 제공해 주어야 한다.

저체온이 내분비계에 미치는 영향으로 인슐린 분비 저하와 혈중 인슐린의 감소로 혈당이 증가한다. 고혈당은 허혈 기간동안 뇌손상으로 악화할 수 있으므로 주기적인 혈당과 전해질 측정은 필수적이며 인슐린으로 치료해야 한다.^{11,12)}

초저체온으로 소위 "펌프페"가 나타날 수 있으며 폐부종을 동반하는 폐기능 소실을 유의해야 하며 이를 위한 적절한 치료가 필요하다.¹¹⁾

신장의 영향으로는 신장혈류가 감소하고 사구체 여과율이 감소하여 신기능이 저하될 수 있으므로 이뇨제 투여나 소변의 알칼리화로 신부전을 예방해야 한다.¹¹⁾

뇌동맥류 수술의 일반적인 마취관리로 동맥류 파열로 인한 재출혈(rebleeding) 방지와 혈관연축(vasospasm)으로 인한 뇌허혈 방지를 위해 마취유도 중의 급격한 혈압 및 뇌압의 변화를 억제하여 경벽압(transmural pressure)을 감소시켜 동맥류의 파열에 유의해야 하고 동맥류의 결찰 후에는 혈액회석(hemodilution)과 nimodipine 등의 칼슘통로차단제의 사용으로 혈관연축으로 초래되는 신경손상을 예방 또는 감소시켜야 한다.¹³⁾

또한 수술 동안 병변의 노출을 쉽게 하며 견인기(retractor)사용 등의 수술적 조작으로 인한 뇌부종과 뇌허혈을 줄이기 위해 mannitol, steroid, 과환기(PaCO₂ 25~28 mmHg), CSF 배출 등도 저체온과 barbiturate 사용과 더불어 보편적으로 사용된다.^{7,9,13)}

결론적으로 파열하기 쉽고 위험성이 높은 거대동맥류의 마취에 있어서 초저체온, 순환정지는 혈액순환 없어 동맥류의 해부학적 접근이 용이하고 동맥류의 감압과 동맥류의 결찰이 용이하게 하는 장점이 있지만 혈액응고 장애로 인한 수술후 뇌출혈 발

생 가능성과 뇌허혈로 인한 신경손상, 펌프페, 신부전, 심부전 등의 합병증이 나타날 수 있으므로 순환정지시기 이전에 동맥류 박리와 현미경을 사용한 철저한 지혈이 필요하며, 순환정지시기에 신속한 결찰과 수술적 조작이 요구되며 재가온기에 충분한 heparin의 가역과 혈액응고 장애의 대처와 충분한 혈류공급을 위한 혈액학적 안정이 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. Solomon RA, Smith CR, Raps EC, Young WL, Stone JC, Fink ME: Deep hypothermic circulatory arrest for the management of complex anterior and posterior circulation aneurysms. *Neurosurgery* 1991; 29: 732-7.
2. James EC, David SS: Anesthesia and neurosurgery. 3rd ed. Mosby, St. Louis. 1994, pp 395-8.
3. Mark DW, Gerald R, Henry GF, Ives PM, Mary LS: Cardiopulmonary bypass, profound hypothermia, and circulatory arrest for neurosurgery. *Ann Thorac Surg* 1991; 52: 1069-75.
4. Baumgartner WA, Siverberg GD, Ream AK, Jamieson SW, Tarabek J, Reitz BA: Reappraisal cardiopulmonary bypass with deep hypothermia and circulatory arrest for complex neurosurgical operations. *Surgery* 1983; 94: 242-9.
5. Spetzler RF, Hadley MN, Rigamonti D, Cartner LP, Raudzens PA, Shedd SA, et al: Aneurysms of the basilar artery treated with circulatory arrest, hypothermia, and barbiturate cerebral protection. *J Neurosurg* 1998; 68: 868-79.
6. Thomas AN, Anderton JM, Harper NJ: Anaesthesia for treatment of a giant cerebral aneurysm under hypothermic circulatory arrest. *Anaesthesia* 1990; 45: 385-5.
7. 안성주, 한성민, 서병태, 심재철: 순환정지, 초저체온, Barbiturate를 이용한 기저동맥류 수술의 마취. *대한마취과학회지* 1991; 24: 684-9.
8. Steen PA, Gisvold SE, Milde JH, Newberg LA, Scheithauer BW, Lanier WL, et al: Nimodipine improves outcome when given after complete cerebral ischemia in primates. *Anesthesiology* 1985; 62: 406-14.
9. 채준석, 이병호, 정미영, 주진덕: 초저체온, 순환정지를 이용한 기저동맥류 수술의 마취. *대한마취과학회지* 1995; 28: 600-3.
10. Williams MD, Rainer WG, Fieger HG Jr, Murray IP, Sanchez ML: Cardiopulmonary bypass, profound hypothermia, and circulatory arrest for neurosurgery.

- Ann Thorac Surg 1991; 52: 1069-74.
11. Steen PA, Milde JH, Michenfelder JD: The detrimental effects of prolonged hypothermia and rewarming in the dog. Anesthesiology 1980; 52: 224-30.
 12. Young B, Ott L, Dempsey R, Haack D, Tibbs P: Relationship between admission hyperglycemia and neurologic outcome of severely brain-injured patients. Ann Surg 1989; 210: 466-72.
 13. Kassell NF, Torner JC, Haley EC Jr, Jane JA, Adams HP, Kongable GL: The International cooperative study on the timing of aneurysm surgery. Part 1: Overall management results. J Neurosurg 1990; 73: 18-36.
-