순환정지와 저체온 및 Barbiturate를 이용한 거대 뇌동맥류 결찰술 후 발생한 혼수

— 증례 보고 —

울산대학교 의과대학 마취과학교실 및 *신경외과학교실,
†포천중문의과대학 분당차병원 마취과학교실

한성민 · 이영수 · 이윤경 · 심지연
권병덕* · 이병희† · 김종욱

= Abstract =

Coma State after Giant Cerebral Artery Aneurysm Clipping Surgery under Circulatory Arrest, Hypothermia and Barbiturate

— A case report —

Sung Min Han, M.D., Young Su Lee, M.D., Yoon Kyung Lee, M.D., Ji Yeon Sim, M.D.
Byung Duk Kwun, M.D.*, Byung Hee Lee, M.D.†, and Joung Uk Kim, M.D.

Departments of Anesthesiology and *Neurosurgery, College of Medicine, University of Ulsan, Seoul, Korea
†Department of Anesthesiology, Pundang CHA General Hospital, College of Medicine,
University of Pochon CHA, Sunnam, Korea

Giant aneurysms and some basilar aneurysms can cause some problems due to their size and clot formation within them. Recently, profound hypothermia and barbiturate cerebral protection were used for successful surgical treatment of these complex intracranial vascular lesions. We experienced a female patient with a giant anterior aneurysm. After femoral arterial and venous cannulation, cardiopulmonary bypass was performed and the aneurysm was clipped under a state of deep hypothermic circulatory arrest. However, she developed postoperative brain swelling and coma and died due to respiratory failure in ICU. (Korean J Anesthesiol 2000; 38: 936~939)

Key Words: Anesthetic techniques: hypothermia. Anesthetics, intravenous: thiopental. Brain: cerebral protection. Complication: coma. Surgery: cerebral giant aneurysm.

두개내 병변중 거대 동맥류나 기저 동맥류는 그들의 크기나 위치 그리고 동맥류내 응혈의 존재 때문에 모혈관의 꼬임이나 관통 혈관의 손상 없이 결찰하기 어려운 경우가 있다. 따라서 안전한 수술 조작

과 성공적인 수술 결과를 위하여 순환정지, 초저체온과 barbiturate를 이용한 마취방법이 최근들어 이용되고 있다.¹⁻⁶⁾ 순환정지시 뇌허혈에 의한 뇌손상을 방지하기 위하여 환자의 체온을 20°C 이하로 낮추는 초저체온과 뇌대사를 감소시키는 barbiturate가 사용되며, 신경학적 손상의 위험을 감소시키기 위한 감시장치로 뇌파감시, 체성감각 유발전위, 경식도 초음파, 경두개 도플러 등이 이용된다.⁷⁾

저자 등은 순환정지, 초저체온, 그리고 barbiturate

논문접수일 : 1999년 11월 29일
책임저자 : 김종욱, 서울시 송파구 풍납동 388-1
울산대학교 의과대학 마취과학교실
우편번호 : 138-736
Tel: 02-2224-3868, Fax: 02-470-1363

를 이용한 거대 뇌동맥류 결찰술 후 발생한 지속적 혼수의 한 예를 경험하였기에 문헌고찰과 함께 보고 하고자 한다.

증 례

57세 여자 환자가 입원 45일전부터 시작된 간헐적 인 두통과 시각장애를 주소로 내원하여, 뇌 전산화 단층사진상 고밀도 음영이 관찰되고 혈관조영 사진상 우측 전하뇌동맥에 직경 3 cm의 거대 동맥류가 발견되어 수술하기로 하였다. 과거력상 입원 5년전에 뇌경색으로 입원치료를 받은 경험이 있었고, 그 후 계속 항고혈압제를 복용하고 있었다. 수술전 환자의 의식은 명료하였고 흉부 x-선 소견, 심전도, 검사실 검사소견에는 특이 사항이 없었다.

마취전 혈압은 140/70 mmHg, 맥박수 80-90회/분이었다. 수술장에 도착하여 요골동맥내 카테테르를 거치한 후 동맥압을 관찰하면서 thiopental sodium 250 mg, vecuronium 10mg, fentanyl 650 μ g을 정주하여 마취를 유도하였다. 마취유지는 isoflurane 0.5-1.0 vol%, 의료용공기 2 L/min, 산소 2 L/min로 하였고 근이완은 vecuronium을 간헐적으로 정주하여 유지하였고 혈압을 감시하며 간헐적으로 fentanyl을 정주하였다. 조절호흡은 동맥혈 이산화탄소 분압이 경막 절개 전까지는 30-35 mmHg로, 경막 절개 후에는 25-30 mmHg로 유지되도록 하였다. 수술중 감시장치는 심전도, 동맥압, 산소 포화도, 호기말 이산화탄소 분압, 중심정맥압, 시간당 소변량을 측정하였고, 심장제세동 paddle을 흉부에 부착하였으며, 체온 측정은 식도와 직장에서 하였다. 수술은 우측 전측 두부 개두술을 시행하였으며 이때 20% mannitol 400 ml를 투여하였다. 경막 절개 후 현미경하에서 전하 뇌동맥에 위치한 거대 동맥류를 노출시켰다. Heparin 300 unit/kg를 정주한 후 활성화 혈액 응고시간이 충분히 연장된 것을 확인한 후, 우측 대뇌동맥에 18 Fr., 대퇴정맥에 28 Fr. 캐놀라를 삽입하였다. 이 때 동맥에 22 Fr.의 캐놀라가 삽입되지 않아 18 Fr.를 삽입하였고 체외순환은 roller pump를 사용하였으며 관류유속은 1.8-2.2 L/min 였다. 체외순환 2시간 전부터 수술중 뇌보호를 위하여 thiopental sodium 20 mg/hr를 정주하기 시작하였고, 체외순환 직전에 다시 thiopental sodium 400 mg을 정주하였다. 또한 체

외순환을 시작하면서 sodium nitroprusside를 0.5 μ g/kg/hr로 정주하면서 체표면의 온도를 낮추고 저온유도를 시작하였다. 저온유도 시작 20분경에 식도체온과 직장체온이 30-31.5°C로 감소하였고 이 때 심실세동이 발생하여 심장제세동을 실시하였으나 회복되지 않아 계속 체온을 하강시켰으나, 이후 식도체온은 변화가 없었고, 68분 후에 직장체온은 18.3°C로 감소하였다. 이 당시 여러 의사가 논의한 결과 식도체온기의 위치가 부적절하거나 오작동을 일으킨 것으로 간주하여 직장체온을 신빙성이 있다고 판단하였다. 따라서 이 상태에서 순환정지를 시행하고 뇌동맥류 결찰을 시행하였다. 순환정지 16분 후 체외순환을 다시 시작하여 체온을 상승시켰으며 78분 후 직장온도가 35.4°C까지 증가하여 lidocaine 100 mg 주입 후 심장제세동을 시행하여 심장리듬을 회복시킨 후 서서히 체외순환에서 이탈하였다. 이탈 당시 혈압은 수축기 80-110 mmHg, 이완기 40-60 mmHg였고 심박수는 100-120회/분이었다. 총 체외순환 시간은 2시간 56분이었고 심폐기 이탈 후 혈압은 90-130/50-80 mmHg, 심박수는 100-130회/분으로 유지되었다. 동맥혈 가스분석 소견상 저산소혈증은 없었으며 고리형 이노제 20 mg을 정주하였고 요량은 200 ml/hr 이상으로 유지되었으며 체외순환 후 나타날 수 있는 혈액 응고장애를 예방하기 위해 신선동결혈장과 전혈을 투여하였고, 수술 종료 후 기관내 삽관한 상태로 중환자실로 이송하였다.

환자는 중환자실에서 100% 산소로 기계적 조절호흡을 실시하였으며 환자의 의식은 수술 후 계속 혼수상태였고 당시 뇌 전산화 단층촬영상 전반적인 뇌부종과 우측 측두실이 눌러 있었으며, 뇌파 검사에는 전반적이고 심한 뇌기능 저하가 관찰되었다. 이후에 실시한 뇌 전산화 단층촬영과 뇌파 측정에도 별다른 변화가 없었으며 환자는 의식을 회복하지 못한 상태에서 폐렴이 발생하고 호흡부전과 계속되는 경련으로 인하여 수술 후 205일에 사망하였다.

고 찰

체외순환, 초저체온, 순환정지는 개심술에 보편적으로 이용되는 방법들이었는데, 1960년 Woodhall 등이⁶⁾ 두개강내 종양절제에 이 방법들을 처음으로 이용하였다. 이후 몇몇 센터에서 이 방법을 사용하였

으나 그 사망률 및 유병률이 높고 비용도 많이 들어 이용을 기피해 오다가, 이후 저체온의 생리와 혈액 응고 기전이 밝혀지고 뇌신경마취와 미세 수술의 발달로 널리 이용하게 되었다.

순환정지의 장점은 출혈이 적어 수술 시야의 확보가 용이하여 혈관의 구조와 병변 부위를 확실히 볼 수 있고, 수술 중 동맥류 파열의 위험이 없으며, 혈관내 장력을 줄일 수 있을 뿐 아니라 동맥류의 크기를 줄여 보다 안전하게 동맥류경을 박리하고 인근 중요 신경조직의 손상을 줄일 수 있다는 점이다.⁷⁾

저체온은 세포의 산소 소모성 효소반응과 뇌산소 소모량을 감소시켜 임상에서 유용하게 이용되는데, 체온이 1°C 하강할 때마다 뇌산소 소모량은 약 8% 씩 감소하고, 고에너지 인산의 고갈을 늦춰 이것이 ATP 소모후 뇌보호를 담당하게 한다. 저체온 정도에 따라 안전한 순환정지 시간이 달라지는데, 18-20°C에서 60-90분간의 순환정지가 가능하다.^{1,7,9)}

Barbiturate는 신경조직의 대사 요구량을 감소시키고 정상 뇌혈관을 수축하여 병변으로 혈류를 증가시켜 국소적인 뇌허혈에 의한 손상을 방지하는데 효과적이다.^{10,11)} Barbiturate는 뇌의 총 에너지 소비량 중 신경조직 보존에 이용되는 에너지인 40% 이외, 즉 외적인 시냅스 전도와 뉴런의 기능에 사용되는 나머지 60%의 에너지에만 작용하는데 반해 저체온은 이 두 가지를 모두 감소시킬 수 있다. 하지만 두 가지 방법을 같이 사용할 때와 저체온만을 사용하는 경우를 비교할 때 결과에는 별 차이가 없다고 보고된 바 있다.¹¹⁾

뇌 보호를 위해 barbiturate를 투여할 때 뇌파감시(electroencephalography, EEG)와 체성감각 유발전위(somatosensory evoked potential, SSEP)의 감시가 그 적정용량을 결정하는데 이용된다. 처음에 3-5 mg/kg를 일회 투여하면 EEG상 등전위를 보이거나 1:5 비율로 파형 억제가 일어나는데 Michenfelder 등은 이때가 적정용량이라고 하였으며, 이후 추가적인 투여로 더 이상의 감소는 기대할 수 없고, 등전위나 파형 억제는 0.1-0.5 mg/kg/min의 지속 투여로 유지된다고 하였다.^{7,11)}

이와 같이 저체온과 barbiturates를 이용한 순환정지시 신경학적 손상의 위험을 감소시키기 위해 전기생리학적 감시장치로 EEG와 SSEP가 사용되는데, EEG는 체온이 25°C 이하가 되거나 뇌혈류가 20-30

ml/100 g/min 이하가 될 때 활동전위가 점차 사라지고, 반면에 SSEP는 감각상태의 보전을 확인하는데 이용되며 체온이 18-20°C 이하로 되거나 뇌혈류가 10-15 ml/100 g/min 이하로 감소하여도 지속적으로 유지되어 관찰이 가능하므로, 초저체온 유도시 EEG가 소실된 후에도 감시가 가능하다고 하겠다.^{7,8,10)}

본 증례에서는 EEG와 SSEP의 감시를 시행하지 않았는데 이유는 이전의 수 차례에 걸친 경험으로 수술중 체외순환을 위한 심폐기를 작동시킴에 따라 발생하는 전기적 오작동으로 인해 EEG 감시가 적절하게 이루어지지 못하였기에 확실한 저체온과 충분한 양의 barbiturate의 투여시 반드시 필요하지 않다고 논의되어 실시하지 않았다. 그러나 이로 인해 순환정지시 뇌기능이 적절히 보존되었는지를 객관적으로 검증할 수 없었다.

또한 뇌의 온도가 대사에 중요한 영향을 미치는데 그만큼 온도 측정 위치도 중요하다고 하겠다. 안전성을 위해 최소한 두 군데 이상에서 체온이 측정되어야 하는데, 식도, 고막, 그리고 비인두 체온은 뇌내 온도와 유사하다고 할 수 있지만 직장과 방광 체온은 신뢰성이 비교적 낮다고 할 수 있다.¹²⁻¹⁴⁾ 본 증례에서는 수술시작시부터 체외순환 초반기까지는 직장과 식도체온이 비슷하게 측정되었으나 체온을 낮출수록 직장체온만이 감소하였다. 당시에는 충분한 시간 동안 저온 유도를 시행하였기에, 경험에 비추어 보아 체온이 하강하지 않을 아무런 이유가 없으므로 직장체온이 정확하고 식도체온이 오류를 일으킨 것으로 판단하여 순환 정지를 실시하였다. 그러나 EEG 감시를 실시하지 않은 상태에서 식도체온을 잘못 측정된 것으로 판단하고 직장체온 한가지만을 기준삼아 순환정지를 실시했다는 것은 무리라고 하겠다. 관류량이 부족한 상태에서는 식도 및 뇌의 온도가 직장만큼 하강하지 않을 가능성도 있기 때문이다. 본 증례에서 수술 수기적인 이유로 일반적으로 성인에서 사용하는 24 Fr.의 캐놀라가 들어가지 않아 18 Fr.의 캐놀라를 사용하였고 이에 따라 심폐우회술 중 혈류가 충분치 않고 정상 체표면적당 심박출량(CO; 4.1 L/min, CI; 2.4 L/min/m²)의 45-50%에 해당하는 1.8-2.2 L/min 정도로 부족한 혈류를 유지하였다. 이러한 관류량으로는 초저체온에 도달하는 데에도 많은 시간이 요구될 뿐 아니라 저체온이 제대로 유도되지 않을 수도 있겠다. 만약 저체

온이 확실했다면 이러한 관류유량으로도 뇌관류가 충분하였겠지만 뇌부종 상태에서 체온이 하강하지 않았었다면 뇌손상의 가능성을 배제할 수 없겠다.^{9,15)} 이러한 허혈성 손상은 체온을 상승시키는 재가온 시기에 더 심각할 수 있으며 본 증례의 경우 재가온 시에도 비슷한 정도의 관류량이 유지된 것은 뇌혈류량이 상당히 부족했을 것으로 사료된다. 여기에 수술적인 조작과 계속되는 뇌부종의 진행으로 인하여 뇌압이 증가하여 더욱 뇌관류가 감소하였을 것으로 예상된다.

결론적으로 뇌동맥류나 기저 동맥류는 초저체온과 barbiturate를 이용하여 뇌보호를 시행하면서 체외순환과 순환정지를 이용하여 안전하게 수술을 시행할 수 있는데, 이 때 뇌 대사와 생리에 대한 이해, 적절한 감시장치의 사용과 체외순환과 저체온 및 순환정지 등에 대한 확실한 지식으로 환자 상태를 정확하게 파악하여 그에 따른 적절한 조치를 취하는 것이 환자의 예후를 결정하는데 매우 중요하다고 하겠다.

참 고 문 헌

- Richards PG, Marath A, Edward JM, Lincoln C: Management of difficult intracranial aneurysms by deep hypothermia and elective cardiac arrest using cardiopulmonary bypass. *Br J Neurosurg* 1987; 1: 261-9.
- 권양, 김창진, 임승철, 권병덕, 황충진, 김삼현, 등: 순환정지와 저체온 및 Barbiturate를 이용한 후혈행 뇌동맥류 수술 3례. *대한신경외과학회지* 1992; 21: 234-41.
- 인성주, 한성민, 서병태: 순환정지, 초저체온, Barbiturate를 이용한 기저동맥류 수술의 마취. *대한마취과학회지* 1991; 24: 684-8.
- 채준석, 이병호, 정미영, 주진덕: 초저체온, 순환정지를 이용한 기저 동맥류 수술의 마취. *대한마취과학회지* 1995; 28: 600-3.
- 권순필, 민병상, 배진호, 김상태, 강훈, 임승운: 순환정지와 초저체온 및 Barbiturate를 이용한 거대 뇌동맥류 수술의 마취. *대한마취과학회지* 1998; 35: 767-71.
- Woodhall B, Sealy WC, Hall KD: Craniotomy under conditions of quinidine protected cardioplegia and profound hypothermia. *Ann Surg* 1960; 152: 37-44.
- Greene KA, Marciano FF, Hamilton MG, Herman JM, Rekate HL, Spetzler RF: Cardiopulmonary bypass, hypothermic circulatory arrest and barbiturate cerebral protection for the treatment of giant vertebrobasilar aneurysms in children. *Pediatr Neurosurg* 1994; 21: 124-33.
- Sebel PS: Central nervous system monitoring during open heart surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1998; 12: 3-8.
- Solomon RA, Smith CR, Raps EC, Young WL, Stone JG, Fink ME: Deep hypothermic circulatory arrest for the management of complex anterior and posterior circulation aneurysms. *Neurosurgery* 1991; 29: 732-8.
- Michenfelder JD: The independency of cerebral function and metabolic effect following massive doses of thiopental in the dog. *Anesthesiology* 1974; 41: 231-6.
- Simeone FA, Frazer G, Lawner P: Ischemic brain edema: Comparative effects of barbiturates and hypothermia. *Stroke* 1979; 10: 8-12.
- Williams MD, Rainer WG, Figer HG, Murray IP, Sanchez ML: Cardiopulmonary bypass, profound hypothermia and circulatory arrest for neurosurgery. *Ann Thorac Surg* 1991; 52: 1069-75.
- Greeley WJ, Ungerleider RM, Smith LR, Reves JG: The effects of deep hypothermic cardiopulmonary bypass and total circulatory arrest on cerebral blood flow in infants and children. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1989; 97: 737-45.
- Stone JG, Young WL, Smith CR, Solomon RA, Wald A, Ostapkovich N, et al: Do standard monitoring sites reflect true brain temperature when profound hypothermia is rapidly induced and reversed? *Anesthesiology* 1995; 82: 344-51.
- Silverberbg GD, Reitz BA, Ream AK, Taylor G, Enzmann DR: Operative treatment of a giant cerebral artery aneurysm with hypothermia and circulatory arrest: report of a case. *Neurosurgery* 1980; 6: 301-5.