척추융합술 중 발생한 공기색전증

-증례 보고-

부산 메리놀병원 마취과

최인철 · 김영생 · 조성두 · 송남원

= Abstract =

Air Embolism during Spinal Fusion

- A case report -

In-cheol Choi, M.D., Young-saeng Kim, M.D., Seong-doo Cho, M.D.
and Nam-won Song, M.D.

Department of Anesthesiology, Maryknoll Hospital, Pusan, Korea

Fatal air embolism can occur during a variety of surgical procedures. We experienced a case of cardiac arrest due to venous air embolism during spinal fusion.

A 63-year-old woman underwent spinal fusion for compression fracture on L₁ and scolio-kyphosis. Anesthetic induction and initial intraoperative course were completely uneventful until precipitous blood pressure drop occurred, and accompanied by a significant decrease in heart rate and cardiac arrest after use of bone cement. Although more common intraoperative events were presumed and treatment initiated, venous air embolism was considered the etiology of these events when whirring noise was detected by esophageal stethoscope and a transient decrease in end-tidal carbon dioxide tension was noted by capnometer. We performed cardiac resuscitation with external cardiac compression, various cardiotonic drugs, and removal of air through the right internal jugular venous catheter, but the result was unsuccessful. (Korean J Anesthesiol 1998; 35: 777~780)

Key Words: Complication: embolism; cardiac arrest. Surgery: orthopedic; spine.

색전증은 여러 외과 수술의 합병증으로 익히 알려져 있고, 신경외과, 정형외과 및 산과 환자들은 심장보다 높은 수술부위의 체위, 개방정맥동과 같은 해부학적 문제 및 골조작 등의 독특한 수술로 인해서 수술중에 색전이 생길 위험이 있으며, 색전은 공기, 골, 골수, 지방 또는 혈전으로 이루어 진다.¹⁾

치명적인 공기색전증은 여러 수술이나 시술중에

일어날 수 있는데, 고관절수술, 경막외 카테터거치, 근치적 자궁절제술, 복강경과 자궁경, 두부와 경부의 수술 등이 있으며,²⁾ 그 외 방광, 관절, 질 및 자궁의 통기법시, 소파수술, 기복(pneumoperitoneum) 및 기흉, 전치태반 산모의 분만, 태반 조기박리 산모의 분만, 심장수술시 체외순환과정, 중심정맥카테터나 Swan-Ganz 카테터 거치, 폐수술, 신장이식 수술, 복와위에서 척추의 기계적 융합술 및 미추마취 등에서도 보고되고 있다.³⁾

저자들은 전신마취하에 복와위에서 척추의 기계적 융합술 중 발생한 공기색전증과 이로 인한 심폐정

논문접수일 : 1998년 5월 4일

책임저자 : 최인철, 부산시 중구 대청동 4가 12
메리놀병원 마취과, 우편번호: 600-094
Tel: 051-461-2448, Fax: 051-465-7470

지를 경험하였기에 보고하는 바이다.

중 레

환자는 63세 여자로 낙상에 의해 발생한 제 1요추 압박골절과 기왕에 존재한 척추 후측만변형으로 응급실 도착시 22~30회/분의 얇은 호흡을 가진 호흡곤란이 동반되었고, 척추 손상으로 인한 하지 부전마비가 동반되었으며 과거력상 경한 고혈압과 심전도상 1도 방실차단이 있었다. 환자의 안정시기를 기다리며 고식적 치료를 하다가 입원 7일 후 요추 급속고정술을 시행하였다. 병실에서 측정한 활력징후는 혈압 110/70 mmHg, 심박수 76회/분, 호흡수 18~20회/분이었으며, 간헐적으로 경한 호흡곤란이 있었고, 술전 흉부 X-선 검사상 특이 소견은 없었다.

환자의 몸무게는 52 kg이었고, 전처치로 수술 한시간 전에 glycopyrrolate 0.2 mg과 midazolam 1 mg을 근주하였고, 수술실 도착시 측정된 혈압은 120/80 mmHg, 맥박은 65회/분, 혈색소는 11 g/dl, 헤마토크리트(Hct)는 38%, 실내공기(room air)에서 시행한 동맥혈 가스검사상 pH 7.45, PaCO₂ 40 mmHg, PaO₂ 65 mmHg, SaO₂ 98%였다. 좌측 손목에 지속적인 혈압 측정 및 동맥혈 표본 추출을 위해 요골동맥 삽관을 하였으며, 마취유도 후 식도 청진기를 설치하고 우측 내경정맥에 중심정맥도관을 확보하였다.

마취유도는 thiopental sodium 250 mg과 vecuronium 6 mg을 정주후 기관내 삽관을 시행하였다. 수술중에는 지속적으로 심전도, 맥박산소포화도, 호기말 이산화탄소분압을 감시하였으며 마취유지는 N₂O와 O₂ 각각 2 L/min와 enflurane 0.5~1.5 vol%를 투여하여 유지하였다.

수술시작 직후에 시행한 동맥혈 가스검사상 흡입 산소분율 0.5에서 pH 7.45, PaCO₂ 36 mmHg, PaO₂ 281 mmHg, SaO₂ 99.9%이었으며 중심정맥압은 8 cmH₂O였다.

수술시작 5시간 30분까지는 대략 혈압 90~110/60~70 mmHg, 심박수 60~80회/분, 맥박산소포화도 99~100%, 중심정맥압 8~9 cmH₂O, 호기말 이산화탄소분압은 26~38 mmHg, PaCO₂는 30~41 mmHg로 안정적이었으나 척추궁절제술 실시 후 척추경(pedicle)에 고정을 위해 8개의 구멍을 낸 후 고정하려 했으나 골조송증이 상당히 심하여 예정에 없게 bone

cement를 25~30 g 정도를 사용하게 되었다.

그 뒤 30분 후부터 갑자기 심전도 상에서 ST분절 상승을 보이면서 혈압 50/30 mmHg, 심박수 30회/분, 맥박산소포화도 64%, 호기말 이산화탄소분압이 5~10 mmHg로 떨어지고, 식도내 청진상 “윙윙”하는 잡음(whirring noise)이 들었다. 이 때 시행한 동맥혈 가스분석상 흡입산소분율 1.0에서 pH 7.06, PaCO₂ 68 mmHg, PaO₂ 44.3 mmHg였다. 공기 색전증을 의심하여 즉각적으로 모든 흡입마취제를 끊고 100% O₂를 공급하며 과호흡을 실시하고, 0.5 mg atropine과 ephedrine 40 mg을 정맥주사하며 수액과 혈액을 빠른 속도로 투여하였으나 상태가 개선되지 않아 환자의 머리를 낮추고 우측 내경 정맥에서 흡인을 시도하여 한차례 기포가 포함된 혈액을 7~8 cc 흡인하였으나 더 이상은 흡인되지 않았다. 환자의 상태가 개선될 조짐을 보이지 않고 혈압이 측정되지 않으며 심전지가 관찰되어 양와위로 바꾼 후 심폐소생술을 실시하였으나 효과가 없었다. 그 당시 맥박산소포화도는 72%였고 호기말 이산화탄소 분압은 7 mmHg, 심박수는 40회/분, 혈압은 감지할 수 없었다. 혈액소실량은 1000 cc정도였으며 농축적혈구(packed red cell) 3 pints가 수혈되었고 약 3000 cc의 하트만 용액이 투여된 상태였다.

심폐소생술 중 epinephrine 1 mg이 4회, calcium gluconate 2 g이 3회, sodium bicarbonate 40 mEq가 2회 정주되었다. 약 30분간 심폐소생술을 실시한 후 혈압이 120/70 mmHg, 심박수 120회/분으로 상승하였고 이 때 시행한 동맥혈 가스분석상 흡입산소분율 1.0에서 pH 7.13, PaCO₂ 63.5 mmHg, PaO₂ 300 mmHg, HCO₃ 19.6 mEq/L, SaO₂ 98%였으며, 혈색소 9 g/dl, Hct 34% 였다.

이후 활력징후를 안정시키기 위하여 dopamine 5 µg/kg/min를 지속적으로 정주하였고, furosemide 20 mg을 정주하였다. 혈압은 90~110/50~60 mmHg, 심박수는 100~110회/분, 맥박산소포화도는 99%, 호기말 이산화탄소분압은 20~25 mmHg였으며, 동맥혈 가스분석상 흡입산소분율 1.0에서 pH 7.20, PaCO₂ 51.2 mmHg, PaO₂ 321 mmHg로 유지되었다.

수술을 종료한 후 삽관상태로 중환자실로 옮긴 뒤 기계적 환기를 계속하였으나 결국 허혈성 뇌손상과 심근손상으로 인하여 중환자실로 옮긴 2시간 후 사망하였다.

고 찰

복와위에서 수술시 정맥혈 공기색전증이 발생할 가능성은 희박한데, 이는 복와위에서는 절개부위와 심장의 오른쪽부위사이에 중력이 작용할 수 있는 기울기가 존재하지 않고 상대적으로 높은 중심정맥압이 발생하여 정맥혈 공기 색전증의 발생을 억제하기 때문이다.⁴⁾ 1969년 Shenkin등이⁵⁾ 복와위에서 개두술(craniotomy)시 치명적인 정맥혈 공기색전증을 보고한 이래로, Albin등은⁶⁾ 중력차가 5 cm가 넘지 않는 복와위에서 척추궁절제술을 받은 환자에게 정맥혈 공기색전증이 발생했다고 보고했다. 실제 이 증례에서 척추 후측만 변형으로 복와위 상태에서 수술부위와 심장과의 높이가 약 10 cm 차이가 있었다.

고관절 치환술시 bone cement를 사용한 이래 bone cement를 골수내에 사용할 때에 갑작스런 저혈압과 심정지의 발생을 보고하였다.^{6,7)} 자연응고되는 acrylic cement는 분말상태로서, 휘발성 액체와 혼합시 외부 열에 의해 5~10분 이내에 응고되고, 분말은 활성화 물질인 benzoyl peroxide를 포함하는 중합된 methyl methacrylate인데, 혼합 액체는 시작반응을 일으키는 2% dimethylparatoluidine을 포함하는 methylmethacrylate 단일체(monomer)이다. 이 액체와 분말을 혼합하면 액체가 중합반응을 일으키는데, 중합시의 발열은 80~96°C에 이른다.⁸⁾

Bone cement에 의한 갑작스런 저혈압의 원인은 단일체나 그 첨가물이 순환계내로 직접 흡수되어 나타내는 심혈관계 독작용에 의해 이차적으로 나타나는 것일 수 있고, 단일체의 독작용이 휘발성 할로젠화 마취제의 심혈관계 억제작용을 증가시키며, cement에서 발생하는 열의 직접적 영향, 공기색전증, 단일체에 대한 과민반응, 지방색전증 등의 가능성도 고려해 볼 수 있으며 그 외 공기, 지방, 골수 등의 정맥계로의 유입으로 인한 폐색전이 있다.^{8~10)} Harris등은¹¹⁾ cement와 관련된 심정지로 보고된 경우의 일부는 지방색전증에 의한 것으로 지방색전증을 고려하지 않으면 잘못된 진단이 내려질 수 있다고도 했다.

본 환자가 가지고 있는 척추후측만증도 심박출에 필요한 심장의 활동에 상당한 영향을 주었을 것으로 생각되는데, Finley는¹²⁾ 갑작스런 심정지를 일으킨 척추후측만증 환자를 부검한 결과 대동맥궁 아래

에 있는 우폐동맥에 심한 압박이 가해진 것을 발견했다고 보고했으며, Abrahamson은¹³⁾ 척추후측만증 환자를 부검한 결과 대동맥과 폐동맥 모두에서 비틀림을 발견했다고 한다.

공기색전증은 공기의 정맥내 유입속도와 양에 따라 심혈관계에 미치는 영향이 다르게 나타나는데 과량의 공기가 일시에 유입되었을 때에는 심장내 공기폐쇄가 생겨 심박출량의 감소를 일으키며, 심하면 사망하게 된다.¹⁴⁾ 염종훈등은¹⁵⁾ 임상에서 이유없이 갑자기 혈압이 감소한다면 공기 색전증을 의심할 필요가 있다고 했으며, 공기색전증에 의해 폐혈류가 차단되어 우측 심장이 커지고, 폐혈류압이 증가하여 저산소증이 심해져서 저혈압, 관상혈류의 저하, 허혈성 심근 증세를 야기한다고 했다. 공기색전에 의해 유발되는 다른 생리학적인 변화로, 기포가 혈액과 만나서 미세한 혈전을 형성하고 이것이 또한 순환하는 혈소판, 백혈구, 적혈구 등의 수에 변화를 초래하며, 또한 혈장 단백질의 흡수와 변성을 초래한다.¹⁶⁾

공기색전증의 확진은 우심방이나 우심실에서 공기를 발견하는 것이며, 진단방법은 경식도 초음파, 호기말 탄산가스, 심전도변화, 산소계측기, 폐동맥압 등이 있으며, 그 중 경식도 초음파가 가장 예민하다고 한다.^{17~19)} Byrick등은²⁰⁾ 시멘트 관절 성형술시 치사량에 가까운 골수 색전증으로 인해 폐동맥압 증가와 호기말 이산화탄소의 감소를 나타냈는데, 호기말 이산화탄소 변화전에 폐동맥압의 증가로써 미소색전증(microembolism)을 탐지해 낼 수 있었다고 하였다.

경식도 초음파는 흉부 도플러 초음파보다 5배에서 10배 더 민감하며 심장좌우에 있는 공기의 음영을 볼 수 있기 때문에 기이성 색전증(paradoxical embolism)까지 진단할 수 있으나 공기 색전 뿐만 아니라 지방색전과 혈액의 미세 색전도 발견하기 때문에 특이성은 떨어진다.¹⁷⁾

Lang등은²¹⁾ 복와위에서 척추 수술시 발생한 치명적인 공기 색전증에 대해 보고 했으며, 이러한 상황에서 얼마나 자주 소량의 공기가 발생할지와 이와같은 결과를 예방하는 방법에 대해서는 불확실하다고 했다.

공기 색전이 발생되면 환기/관류 불균형이 생겨 호기말 이산화탄소 분압이 떨어지며, 저산소혈증이 나타나지만, 또한 저혈압시에도 사강이 증가하여 호기말 이산화탄소 분압이 감소할 수 있다.³⁾

혈압하강시 빈맥이 아닌 서맥이 나타나는 것은, 아마도 외과적 자극에 의한 미주신경의 반응증가나 인공호흡기 또는 가스공급체계(gas delivery system)의 작동이 부적절하여 발생하는 저산소증에 의한 것일 수도 있다.²⁾

공기색전증은 조기발견과 조기치료가 중요한데, 치료방법으로는 심장높이보다 수술부위를 낮게하고, 수액으로 수술부위를 가득 채우고, 중심정맥 도관을 통하여 흡인하며,²⁾ 승압제투여, 수액부하 방법으로 심박출량을 증가시켜 공기를 심장에서 말초 폐순환으로 내보내는 방법이 이용되고 있다.¹⁴⁾

본 환자의 증례에서도 호기말 이산화탄소 분압과 산소포화도의 감소, 저혈압, 청색증 등을 동시에 볼 수 있었고, 식도 청진상 "윙윙"하는 저명한 잡음소리를 들을 수 있었다.

척추후측만증으로 수술부위와 심장 사이에 10 cm 정도의 높이 차이가 있었던 복와위, 골조송증이 심하여 요추 금속을 설치하는 과정에서 우연히 bone cement를 사용한 점 등이 복합적으로 작용하여 치명적인 공기색전증을 유발한 것으로 사료된다.

확진을 위해 부검을 실시하려 했지만 보호자 원치않아 실시하지 못한 점을 아쉽게 생각한다.

결론적으로 공기색전증은 그 빈도가 높지 않지만, 발생시 치명적인 결과를 초래할 수 있기 때문에 수술중 감시 장치에 대한 면밀한 관찰과 위험한 인자를 가진 환자의 마취시 항상 주의를 기울여야 한다.

참 고 문 헌

1. William RC, Gerald MS, Ann GS, Steven TH, Donald TR, Mercedes C: Nearly fatal cardiovascular collapse during total hip replacement: probable coronary arterial embolism. *Anesth Analg* 1991; 72: 245-8.
2. Alan SF, Robert SH: Air embolism during posterior spinal fusion. *Can J Anaesth* 1988; 35: 511-4.
3. 박학수, 오용석: 인공적 기복술의 시행중 발생한 정맥혈 공기 색전증 1예. *대한마취과학회지* 1996; 31: 118-21.
4. Albin MS, Ritter RR, Pruett CE, Kalff K: Venous air embolism during lumbar laminectomy in the prone position: report of three cases. *Anesth Analg* 1991; 73: 346-9.
5. Shenkin HM, Goldfedder P: Air embolism from exposure of posterior fossa in prone position. *JAMA* 1969; 210: 726.
6. Schuh FT, Schuh MS, Viguera MG, Terry RN: Circulatory changes following implantation of methylmethacrylate bone cement. *Anesthesiology* 1973; 39: 455-7.
7. Sharrock NE, Sanbom KV, Castellabi P, Mineo R: Pulmonary hypertension following insertion of femoral prosthesis during total hip replacement. *Anesth Analg* 1990; 70: S367.
8. Adrian FN, Robert GV: Severe hypotension during prosthetic hip surgery with acrylic bone cement. *Anesthesiology* 1972; 36: 298-300.
9. Phillips H, Cole PV, Lettin AWF: Cardiovascular effect of implanted acrylic bone cement. *BMJ* 1971; 3: 460-1.
10. Powell JN, McGrath PJ, Lahiri SK, Hill P: Cardiac arrest associated with bone cement. *BMJ* 1970; 3: 326.
11. Harris NH, Glen ES, Frost PM: Cardiac arrest and bone cement. *BMJ* 1970; 29: 523-4.
12. Finley FG: Spinal deformity as a cause of cardiac hypertrophy and dilatation. *Can Med Assoc J* 1921; 11: 719-23.
13. Abrahamson ML: Pulmonocardiac failure associated with deformity of the chest. *Lancet* 1959; 1: 449-50.
14. 우설희, 한성민, 서병태: 공기 전색증 고양이에서 epinephrine과 동시 투여한 nitroglycerin, adenosine triphosphate, sodium nitroprusside가 혈액학 및 혈액가스의 변화에 미치는 영향. *대한마취과학회지* 1989; 22: 374-84.
15. 엄종훈, 전종현, 이청, 이동호, 김경현, 김교상 등: 가토에서 정주공기량에 따른 심전도 및 혈액가스변화. *대한마취과학회지* 1990; 23: 200-5.
16. 유건희, 권오경, 김성년, 한원희: 가토에서 뇌공기색전증시 공기용량에 따른 신경학적 손상의 변화. *대한마취과학회지* 1996; 31: 691-7.
17. 홍진경, 이철승, 김원태: 복강경과 자궁경 시술중 발생한 가스색전증. *대한마취과학회지* 1996; 31: 530-3.
18. Chang JL, Albin MS, Bunegin L, Hung TK: Analysis and comparison of venous air embolism detection method. *Neurosurgery* 1980; 7: 135-41.
19. Albin MS, Carroll RG, Maroon JC: Clinical considerations concerning detection of venous air embolism. *Neurosurgery* 1978; 3: 380-4.
20. Byrick RJ, Kay JC, Mullen JB: Capnography is not as sensitive as pulmonary artery pressure monitoring in detecting marrow microembolism. *Anesth Analg* 1989; 68: 94-100.
21. Lang SA, Duncan PG, Dupuis PR: Fatal air embolism in an adolescent with Duchenne muscular dystrophy during Harrington instrumentation. *Anesth Analg* 1989; 69: 132-4.