

팔꿈치관절 전치환술 시 bone cement 부착 후 발생한 심한 저산소혈증

장태호 · 김두식 · 류시정 · 김경한 · 김세환

고신대학교 의과대학 마취통증의학과교실

Severe Hypoxemia following Methylmethacrylate Bone Cement during Total Elbow Replacement

Tae Ho Chang, MD., Doo sik Kim, MD., Sie Jeong Ryu, MD.,
Kyung Han Kim, MD. and Se Hwan Kim, MD.

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Kosin University College of Medicine, Busan, Korea

Abstract

We report a case of severe hypoxemia following application of methylmethacrylate bone cement during total elbow replacement arthroplasty in patient with rheumatoid arthritis. Bone cement implantation syndrome (BCIS) is characterized by hypotension, hypoxemia, cardiac arrhythmia, cardiac arrest, or any combination of these complication. To prevent these adverse effects, it is necessary that the anesthetist should prepare the central venous pressure line, esophageal stethoscope or doppler ultrasonic transducer, and check the end-tidal CO₂, arterial oxygen saturation, blood gas analysis and adequate fluid volume during anesthesia.

Key words : hypoxemia, methylmethacrylate bone cement, total elbow replacement

서 론

Bone cement 이식 증후군(Bone Cement Implantation Syndrome, BCIS)은 bone cement¹⁾의 사용과 관계되어 수술 중 저혈압,^{2,3)} 저산소혈증,⁴⁾ 부정맥 및 심정지^{5,6)} 또는 이러한 부작용들이 복합되어 나타나는 것으로 그 원인은 골수강 내압이 상승하거나 공기 및 골수 조직 또는 지방의 혈관내 흡수에 의한 색전증^{4,7)}과 methylmethacrylate bone cement의 독성에 의한 혈관의 이완작용과 심근 수축력의 억제⁸⁻¹⁰⁾ 등으로 생각되

고 있다. 이러한 bone cement의 사용은 1961년 Charnley¹⁾에 의해 처음으로 소개된 이후 인공관절의 고정을 위해 널리 상용되고 있으며 BCIS의 발생빈도는 0.02 - 6.60%로 알려져 있다.¹¹⁾ 본 연구는 전신마취 하에 팔꿈치관절 전치환술 시 methylmethacrylate bone cement를 사용한 후 심한 저산소혈증을 경험하였기에 문헌적 고찰과 함께 보고하는 바이다.

증 례

체중 65 kg, 신장 158 cm인 51세 여자 환자로 21년 전부터 다발성 류마티스 관절염으로 진단을 받았고, 1년 전부터 팔꿈치관절에 발생한 심한 통증과 운동장애로 우측 팔꿈치 관절에 전 치환(total elbow replacement) 계획 수술을 받기 위해 입원 하였다. 환

교신저자 : 장 태 호

주소: 602-702, 부산광역시 서구 압남동 34번지

고신대학교 의과대학 마취통증의학교실

TEL. 051-990-6264 FAX. 051-254-2504

E-mail: jdcogh@kosinmed.or.kr

· 본 연구는 고신대학교 의과대학 연구비 일부 지원에 의해 이루어짐

자는 과거력 상 12년 전 양측 발목, 우측 손목, 좌측 손가락에 고정술을 받았다. 그 후 prednisolone (deltacortef[®] 5mg), ketoprofen (ketotop plaster[®]), methotrexate 등으로 치료를 받아 왔다. 일반 혈액검사와 생화학 검사에서 혈색소 10.8 g/dl, 혈소판수가 510,000 /ul, RA 검사(RF test) 156 IU/ml인 것 외에 정상범위였다. 흉부 X-선 검사에서 고혈압 심장소견을 보였으며, 수술 받기 전 입원하였을 때 혈압이 160/110 - 170/100 mmHg, 심박수는 72회/분으로 captopril과 hydralazine 등으로 전치치하였다.

마취 유도 한 시간 전에 마취전투약제로 midazolam 2.5 mg과 ranitidine (urantac[®]) 25 mg을 근주하였다. 수술실에 도착 후 혈압은 140/95 mmHg, 심박수는 98 회/분 이었고 맥박 산소포화도(SpO₂)는 98% 이었다. 마취 유도는 glycopyrrolate 0.2 mg을 정주하고 1분 후 propofol 120 mg, rocuronium 50 mg을 정주한 후 적절하게 근이완이 된 것을 확인하고 기관내 삽관을 시행하였다. 산소 1.5 L/min.와 아산화질소 1.5 L/min, enflurane (1-2%)으로 기계적 조절호흡으로 유지하였다. 그 후 근이완은 vecuronium으로 간헐적으로 주입하였다. 수술은 마취 시작 후 55분이 지나서 시작하였고, 혈압은 130/80 mmHg, 심박수는 80-90 회/분으로 유지되었다. 수술 시작 후 맥박산소포화도가 97% - 98%로 약간 감소를 보여 산소를 66%로 투여하면서 동맥혈 가스분석을 한 결과 pH-PaO₂-PaCO₂-HCO₃-base excess는 각각 7.42, 114 mmHg, 37 mmHg, 24 mmol/L, -0.2 였으며, Hct는 34%였다. 수술을 시작하고 1시간 30분이 경과한 후 bone cement를 척골의 골수강 내로 넣고 약 5분 뒤 자동혈압계로 측정한 혈압이 110/75 mmHg, 심박수가 105회/분으로 혈압이 약간 감소를 보이면서 SpO₂가 갑자기 98%에서 85%로 떨어지다가 76% 까지 감소되었다. 우선 산소농도를 100%로 바꾸고 맥박산소 계측기의 센서를 다른 손가락으로 옮겨 측정해보았으나 여전히 85% 정도로 지속되었다. 혈압을 재 측정한 결과 128/75 mmHg. 심박수 85 회/분으로 변화는 없었으나 청색증을 관찰할 수 있었다. 수술을 중지시키고 지혈대를 끈 상태에서 시행한 동맥혈 가스분석 결과 pH-PaO₂-PaCO₂-HCO₃-base excess는 각각 7.26, 51 mmHg, 48 mmHg,

21.5 mmol/L, -4.8이었고, SaO₂는 79%, Hct는 34% 이었다. 100% 산소를 투여하면서 과환기를 하였으며 청진 상 양측 흉부 폐음도 동일하고 정상이었다. Methylprednisolon (methysol[®]) 50 mg 정주하였고, 계속 100% 산소를 투여한 지 약 5분이 경과 한 후 SpO₂가 90%에서 서서히 99%까지 증가하였으며 동맥혈 가스분석 결과 pH-PaO₂-PaCO₂-HCO₃-base excess는 각각 7.28, 92mmHg, 40 mmHg, 18.8 mmol/L, -6.6 이었다. 이때 sodium bicarbonate 2 ampule과 CaCl₂ 1/2 ampule을 정주하였다. 약 30분 후 다시 수술을 시작하였으며 혈압은 135/75 mmHg, 심박수 85회/분으로 유지되었다. 다시 bone cement를 위팔뼈 골수강 내로 넣은 직 후 혈압은 117/75 mmHg이었으며 심박수나 SpO₂의 큰 변화는 없었다. 산소는 75%로 투여하다가 수술종료 시에는 50%로 주었고, 술 중 산소 포화도는 96%-100%로 유지되었다. 수술 종료 후 pyridostigmine과 neostigmine에 각각 atropine, glycopyrrolate을 섞어 정주하고 충분히 자발호흡을 회복한 후 발관하고 회복실로 옮겨졌다. 총 수술시간은 4시간 25분, 마취시간은 5시간 40분 이었다. 회복실에서 산소마스크로 산소 5 L/min를 투여한 후 혈압은 120/90 mmHg, 심박수 90회/분, 호흡수 20회/분이었고, SpO₂는 97%로 유지 되었다. 회복실에서 30분 경과 후 대기로 호흡하여도 SpO₂가 94%로 유지되는 것을 확인하고 환자를 병실로 보냈다. 술 후 2시간에 SpO₂는 92.7%이었고, 자가통증조절(PCA-IV) 중이었으나 통증을 호소하여 tramadol을 1시간 간격으로 두 번 정주하였다. 그 후 별다른 후유증 없이 14일 후에 퇴원하였다.

고 찰

Bone cement를 이용한 관절 성형수술 시에는 급성 저혈압이나 저산소증, 심부정맥, 심정지등 병증이 나타날 수 있는데 이를 bone cement 이식증후군(bone cement implantation syndrome, BCIS) 이라 하며, 환자의 0.6-1%에서는 사망에 이르기 까지 한다.¹²⁾ 일반적으로 BCIS 발생빈도는 1997년 보고에서 long stem 고관절 전 치환술시 1.75%, metaphysis에 한한 고관절 전치환술 시 0.1%라 하였지만¹³⁾ 1980년 발표에서

0.02 - 6.60%로 보고 되고 있다.¹¹⁾

BICS의 발생원인으로 몇 가지를 들 수 있다.

Methylmethacrylate 단량체(monomer) 독성에 의한 것과 지방 또는 공기, 골수에 의한 색전증, 절구와 대퇴를 넓힐 때 조직 thromboplastin분비에 의한 것으로 생각하고 있다.¹⁴⁾ 흔히 사용되는 acrylic bone cement는 methylmethacrylate이고 체내에서 산화되어 결국에는 pyruvate로 전환되는데 완전히 대사되면 대사산물이 소변에서 검출되지 않으므로 methylmethacrylate 독성이라고 예측하기는 어렵다. 그러나 acrylic bone cement 사용 시에는 약 3-4% methylmethacrylate의 단량체가 전신적으로 흡수되어 전신 혈관저항을 감소시키고⁹⁾ 심정맥충만(cardiac venous filling) 압력을 동시에 감소시켜 저혈압이 발생하는 것으로 추측하고 있다. 최근에는 직접적인 심근억제작용도 있는 것으로 밝혀졌다.¹⁰⁾ 조직 thromboplastin분비는 혈소판 응집을 촉진시키고 이는 폐에 가서 미세 색전을 형성하게 된다.¹⁵⁾ 특히 정형외과 영역에서 사용되는 bone cement 기법은 뼈와 인공 관절물 사이에 집어넣어 뼈의 수명을 최대한 늘리기 위해 사용되지만 이 때 골수강내 압력을 증가시킨다. 정상적인 골수강내압은 10-120 mmHg¹⁶⁾이나 bone cement의 골수강내 주입 시 발열반응에 의한 팽창으로 골수강내압이 500 mmHg 이상 증가할 수 있다고 보고되어 있다.¹⁷⁾ 이러한 골수강내압의 상승은 공기, 지방, 골수조직 및 bone cement등을 대퇴정맥으로 유입시켜 심장이나 폐의 색전증^{18, 19)}을 유발하게 된다.

폐색전증은 경식도심장 초음파 (transoesophageal echocardiography, TEE)검사에서 '눈보라(snow flurry)' 현상이라고 하는 특징적인 이미지를 보이는데 이때 우심실에서 채취한 혈액의 병리검사 소견에서 무정형성, 호산구성 미세과립형 물질(amorphous, eosinophilic fine granular material)을 볼 수 있는데 이는 bone dust라고 하는 골의 미세한 입자이다.²⁰⁾ 이와 같은 골수강 조직 파편의 색전은 BCIS로 발전하는데 중요한 역할을 한다.²¹⁾ 계획적 전고관절 성형수술시 TEE와 침습적 혈액학적 감시장치를 사용하여 조사한 결과 색전은 bone cement를 사용하지 않는 수술보다 사용하는 수술 시 더 잘 일어났고, 심박출량은 감소하고, 폐동맥압과 폐혈관저항

의 증가를 보였다고 하였다.²²⁾ 지방색전은 폐 실질에 독성이 있는 유리 지방산을 생산하고 폐포-모세혈관벽을 붕괴시켜 폐부종을 야기할 수 있고 endogenous cannabinoids인 anandamide (ANA)나 2-arachidonylglycerol (2-AG)가 강력한 혈관확장제로 폐혈성 쇼크때 저혈압을 유발할 수 있어 BCIS의 지질 매개체로도 작용한다는 주장도 있다.²³⁾ 이와 같이 지방 색전을 포함한 혈전 색전증 현상은 cement를 사용하든 안하든 간에 임상적으로 경험한 상황만으로 보고되어 있고, 혈관내로 정확히 어느 정도의 양이 들어가서 지방색전을 일으키는지는 알려져 있지는 않다.¹⁵⁾ 그러나 Fallon 등²⁴⁾은 bone cement 사용하는 동안 발생하는 혈액학적 불안정은 methylmethacrylate 단량체의 고유의 독성보다 지방색전에 의한 것이 많다고 하였으며, 과거력상 협심증과 제2형 당뇨와 전이성 유방암으로 치료받는 78세 여자환자가 병리학적 좌측 두하골절(pathologic left subcapital fracture)로 편측 관절성형술을 받는 중 저산소혈증과 저혈압, 심정지가 일어나 24시간 후 사망하여 부검상 지방색전이 사인으로 판명되었다고 보고한 바 있다. 이는 기저질환이 없는 환자에서는 전신적 혈액학적 변화 없이 무증상 색전현상을 보일 수 있으나 심혈관계와 호흡계 질환이 있는 환자에게는 색전증이 일어나면 치명적이라 할 수 있다.¹⁴⁾ 특히 저혈액량이나 고혈압 등 기존의 심장질환이 있는 환자, 액체 상태로 methylmethacrylate를 주입하거나 cement 표면에 liquid 단량체가 남아 있는 경우에 골수강내 압력이 증가하여 이로 인해 이차적으로 발생한 색전이 심박출량이나 혈압등에 더 치명적인 영향을 줄 수 있다. 골수강내 지방이 방출되면 골내 정맥에서 걸려져 하대정맥 초음파상에서 무수한 작은 입자나 전색을 볼 수 있다. TEE로 이런 색전이 심장 내에서 관찰되며 non cement에 비해 cement로 수술받은 예에서 더 많이 발견된다. 그러나 색전 score는 심폐혈관계 증상과 관련이 없기 때문에 병의 심각성의 척도는 되지 않는다.¹³⁾ Dambrosio 등¹⁴⁾은 고관절과 슬관절 성형술 시 TEE로 조사하여 색전 증거를 관찰하였으나 전신 또는 심실의 혈액학적 이상은 없었다고 보고한 바 있다. 또한 술 중 발생하는 지방색전증은 bone cement 뿐만 아니라 rod, reamers, implant, ultrasonic tool 등 골수강내압을 증가시키는 것은 모두

BCIS의 원인이 될 수 있고, 가하는 압력 정도와 기간이 색전수와 상관관계가 있으며 골 혈관의 기형 역시 색전 위험률을 증가시킨다.

이런 BCIS를 예방하기 위해서는 골수내강에 감압 장치나 카테터를 거치하여 골수강내압의 상승을 최소화하거나 bone cement 주입 전에 골수강내를 철저하게 세척함으로써 골수조직이나 지방의 색전을 최소화할 수 있다. 이 때문에 미세한 색전의 위험이 있는 골수강 내 debris를 제거하기 위해 고압 세척(jet lavage)을 시행한다.¹⁵⁾ 본 예에서도 고압 세척을 시행한 후 cement를 주입하였다. Erath 등²²⁾은 양을 이용한 실험에서 세척을 하지 않은 경우와 250 ml로 고압세척을 한 후 cement를 삽입했을 때에 비해 정맥혈 배류 체계(venous drainage system)를 통과한 지방의 양이 두배나 차이가 났다고 보고한 바 있으며, Schmidt 등²⁵⁾도 노인이나 골다공증이 있는 고위험군의 환자에서 고관절 성형수술 시 bone cement 사용 전에 transprosthetic drainage system (TDS)을 이용하면 골수강 내 압력을 낮춘다고 보고한 바 있다.

본 증례는 bone cement 사용 5분 후부터 혈압과 맥박 산소포화도가 떨어지기 시작하여 수술을 중지하고 100% 산소를 투여하자, 혈압은 곧 증가하였으나 맥박 산소포화도는 5분 뒤부터 증가하였다. 당시 색전을 확인하기 위한 경식도 초음파는 검사하지 않았으나 청진상 폐부종이나, 그 외 특이한 증상 없이 회복된 것으로 보아 색전증에 의한 것이라기 보다는 methylmethacrylate 단량체의 독성에 의한 것으로 추측된다.

결 론

Bone cement 사용 시에는 혈압과 심박수, 호기말 탄산가스 분압, 맥박 산소 포화도, 동맥혈 가스분석을 세심하고 철저하게 감시하는 것이 필수적이라 보며,²⁶⁾ 저산소혈증과 저혈압이나 심혈관 허탈의 발생에 대비하여 산소 흡입농도를 적어도 bone cement 주입 5분 전부터 증가시키고 산소포화도가 감소하면 100% 산소를 지속적으로 투여하는 것이 바람직하다고 하겠다. 또한 심박출량의 감소는 중요기관의 관류에 직접적인 영향을 주는 만큼 가급적 저혈량 상태를 미리 예방하여야 하며,

수액 또는 수혈로 순환혈액량의 보충, 혈압상승제를 준비하여 심정지가 초래되면 즉시 소생술을 시행할 수 있도록 미리 대비하는 것도 중요하다고 하겠다.

참고문헌

1. Charnley J: Acrylic cement in orthopaedic surgery. Baltimore, Williams and Wilkins, 1970, 72-78
2. Homsy CA, Tullos HS, Anderson MS, Differante NM, King JW: Some physiologic aspects of prosthesis stabilization with acrylic polymer. Clin Orthop 83: 317-328, 1972
3. Peebles DJ, Ellis RH, Stride SDK, Simpson BRJ: Cardiovascular effects of methyl methacrylate cement. Br Med J 1:349-351, 1972
4. Kallos T: Impaired arterial oxygenation associated with use of bone cement in the femoral shaft. Anesthesiology 42:210-216, 1975
5. Powell JN, McGrath PJ, Lahiri SK, Hill P: Cardiac arrest associated with cement. Br Med J 3:326, 1970
6. Patterson BM, Healey JH, Cornell CN, Sharrock NE: Cardiac arrest during hip arthroplasty with a cemented long-stem component. A report of seven cases. J Bone Joint Surg Am 73:271-277, 1991
7. Herndon JH, Bechtol CO, Crickenberger DP: Fat embolism during total hip replacement. J Bone Joint Surg 56:1350-362, 1974
8. Fairman RP, Morrow C, Glauser FL: Methylmethacrylate induces pulmonary hypertension and increases lung vascular permeability in sheep. Am Rev Respir Dis 130:92-95, 1984
9. Karlsson J, Wendling W, Chen D, Zelinsky J, Jeevanandam V, Hellman S, Carlsson C: Methylmethacrylate monomer produces direct relaxation of vascular smooth muscle in vitro. Acta Anaesthesiol Scand. Jul;39(5):685-9, 1995
10. Wenda K, Degrief, Runkel M, Ritter G: Pathogenesis and prophylaxis of circulatory reaction during total hip replacement. Arch Orthop Trauma Surg 112:260-265, 1993
11. Rinecker H: New clinico-pathophysiological studies on the bone cement implantation syndrome. Arch Orthop Trauma Surg 97(4):263-274, 1980
12. Lamade WR, Friedl W, Schmid B, Meeder PJ: Bone cement implantation syndrome. A prospective randomized trial for use of antihistamine blockade. Arch Orthop Trauma Surg 114(6):335-339, 1995
13. Barre J, Lepouse C, Segal P: Embolism and intramedullary femoral surgery. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 83(1):9-21, 1997
14. Dambrosio M, Tullo L, Moretti B, Patella V, Simone C, Calo MN, Dalfino L, Cinnella G: Hemodynamic and respiratory changes during hip and knee arthroplasty. An echocardiographic study. Minerva Anesthesiology Jun;68(6): 537-547, 2002

15. Heisel C, Mau H, Borchers T, Muller J, Breusch SJ : Fat embolism during total hip arthroplasty. Cementless versus cemented-a quantitative in vivo comparison in an animal model. *Orthopade* Mar;32(3):247-252, 2003
16. Orsini EC, Byrick RJ, Mullen JB, Kay JC, Waddell JP. Cardiopulmonary function and pulmonary microemboli during arthroplasty using cemented or non-cemented components. The role of intramedullary pressure. *J Bone. Joint Surg Am.* 69:822-832. 1987
17. Jenkins K, Wake PJ: Cement implantation syndrome. *Anaesthesia* Apr;57(4): 416. 2002
18. Modig J, Busch C, Olerud S, Saldeen T, Waernbaum G: Arterial hypotension and hypoxemia during total hip replacement: The importance of thromboplastic products, fat embolism and acrylic monomers. *Acta Anaesthesiol Scand* 19:28-43, 1975
19. Svartling N: Detection of embolized material in the right atrium during cementation. in hip arthroplasty. *Acta Anaesthesiol Scand* 32:203-208, 1988
20. Hayakawa M, Fujioka Y, Morimoto Y, Okamura A, Kemmotsu O : Pathological evaluation of venous emboli during total hip arthroplasty. *Anaesthesia* Jun; 6(6):571-575, 2001
21. Urban MK, Sheppard R, Gordon MA, Urquhart BL : Right ventricular function during revision total hip arthroplasty. *Anesth Analg.* Jun; 82(6):1225-1229, 1996
22. Ereth MH, Weber JG, Abel MD, Lennon RL, Lewallen DG, Ilstrup DM, Rehder K : Cemented versus noncemented total hip arthroplasty-embolism, hemodynamics, and intrapulmonary shunting. *Mayo Clin Proc* Nov;67(11): 1066-1074, 1992
23. Motobe T, Hashiguchi T, Uchimura T, Yamakuchi M, Taniguchi N, Komiya S, Maruyama I: Endogenous cannabinoids are candidates for lipid mediators of bone cement implantation syndrome. *Shock* Jan; 1(1):8- 12, 2004
24. Fallon KM, Fuller JG, Morley-Forster P : Fat embolization and fatal cardiac arrest during hip arthroplasty with methylmethacrylate. *Can J Anaesth.* Jul-Aug;48(7):626-629, 2001
25. Schmidt J, Sulk C, Weigand C, La Rosee K, Schneider T : Preventing fat embolism syndrome(FES) in implantation of cemented hip endoprosthesis shafts with a trans-prosthetic drainage system(TDS). *Biomed Tech (Berl).* Nov;46(11): 320-324, 2001
26. 고성훈, 김동찬, 이상귀, 한영진, 최훈, 송희선: 노인 환자에 서 고관절 치환술시 사용한 Bone Cement (Methylmethacrylate)가 심혈관 및 호흡기계에 미치는 영향. *대한마취과학회지* 34:1002-1008, 1998