심폐 체외순환시기의 일측성 기관지 경련

서울대학교 의과대학 마취과학교실

오 용 석 · 이 지 희 · 김 진 경

= Abstract =

Unilateral Bronchospasm during Cardiopulmonary Bypass

— A case report —

Yong Seok Oh, M.D., Ji Heui Lee, M.D. and Jin Kyoung Kim, M.D.

Department of Anesthesiology, College of Medicine, Seoul National University, Seoul, Korea

Severe bronchospasm at the termination of the cardiopulmonary bypass period is an unusual but dangerous complication of open-heart surgery. We report a case of severe unilateral bronchospasm detected at the end of the bypass period on the basis of high airway pressures with remarkable difficulties to deflate the right lung and it was relieved with bronchodilator therapy by intrapulmonary percussive ventilation. Fiberoptic bronchoscopic examination revealed unobstructed, free tracheobronchial airway and capnographic finding was obstructive pattern. As in the previously published cases, the exact cause of bronchospasm remains unknown in our patient as well, but the possible causes of the bronchospasm are described. (Korean J Anesthesiol 1996; 30: 347~352)

Key Words: Complications: bronchospasm. Lung: bronchospasm. Surgery: open heart surgery.
Ventilation: gas trapping; failure.

해마다 10만명이상의 환자에게 개심술 및 심폐 체외순환이 시행되는 미국에서도 1980년대말까지 체외순환 이탈시기에 발견된 심한 기관지 경련(bronchospasm)에 대한 보고는 10례이하에 불과하였으며¹⁻⁴⁾ 국내에서는 아직 보고가 없었다. 이들 보고들에서는 심폐 체외순환시기에 변화하는 많은 심혈관, 호흡계 요인들로 인해 기관지 경련과 같은 합병증에 대한 정확한 원인을 규명하기 어렵다고 논하고 있다. 하지만 보고된 기관지 경련의 양상들이 두드러지게 비슷함으로 이 현상이 체외순환, 그 자체와 관련된 면역역성 혹은, 생화학적 현상으로 인한 새로운 증후군일지도 모른다는 제안을 내세우고 있다. 또한 기관지 경련이 유발된 초기에 기관지 확장제가 즉각적으

로 투여되지 않은 경우에는 심근 경색, 폐색전증 등의 합병증이 부가되면서 치명적인 결과를 초래하였다고 한다¹⁾.

Hardy는 심폐 체외순환 90례에서 3명의 기관지 경련을 경험하여 실질적인 빈도가 매우 낮은 것은 아니며 다양한 원인으로 심폐 체외순환중에 기도의 반응성이 증가하여 기관지 경련이 유발되며 이중 극히 심한 경우만 보고되었다고 주장하고 있다⁵⁾.

저자들은, 승모관 협착증 환자의 개심술 및 심폐 체외순환 이탈시기 초에 일측폐의 심한 기관지 경련을 진단하고 적절한 치료로 해소되었던 증례를 경험하였기에 심폐 체외순환중에 발생하는 기관지 경련의 원인 및 적절한 치료를 추정, 분석하고 문헌 고찰과 함께 보고하는 바이다.

증 례

47세된 여자 환자로 3년전부터 있었던 호흡 곤란이 3개월전부터 악화되어 심 초음파 시행후 승모판 협착 및 부전 진단하에 이 질환의 교정을 위해 내원하였다. 환자는 체중 48 kg, 신장 152 cm이었으며, 과거력상 몇년전부터 만성적인 기침, 가래 증상이 있었으나 별 처치없이 지내다가 약 1달전 감기 증상과 함께 상기 증상의 악화로 수술이 연기되었고, 증상의 호전과 함께 수술이 계획되었으며, 흡연과 알레르기 병력은 없었다.

입원당시 주증상은 기능 상태 등급 2급정도로 활동시 호흡 곤란이었고 혈압은 100~130/70~90 mmHg, 심박수 65~70 회/분, 호흡수 20 회/분, 체온 36.4°C였다. 청진시 폐음은 깨끗하였고, 흉골 좌측 하단에 수축기 심잡음(III-IV 급)이 들렸다. 수술전 검사결과 중 대기에서의 동맥혈 가스 검사상 PCO₂이 44 mmHg, HCO₃⁻ 농도가 29 mmol/l로 정상 범위내에서 높은 수치에 속하였고 심장 카테테르법상 심한 승모판 협착증 및 경한 기능 부전, 폐모세혈관 췌기압 23 mmHg, 폐동맥압 43/26 mmHg로 증가 소견이 있었다. 흉부 방사선 소견상 약간의 심비대, 초음파 심장 촬영술에서 승모판막 면적 0.75 cm²의 심한 협착과 경한 기능 부전, 경한 삼첨판막 기능 부전, 확장된 좌심방 등의 소견으로 승모판 치환술이 계획되어 수술전날과 수술당일 아침 Cefotetan이 투여되었다.

마취전투약은 하지 않고 수술장에 도착후 midazolam 1 mg, fentanyl 50 µg을 정주하고 좌측 요골 동맥 카테테르를 거치하였다. Midazolam 6 mg, vecuronium 8 mg, fentanyl 950 µg정주로 마취 유도하고 기낭이 있는 기관내 튜브(ID 7.0 mm)를 삽관하고 양쪽 폐음에 이상이 없음을 확인하였다. 일회 호흡량 500 cc, 호흡수 14 회/분, 흡기:호기 시간비 1:2의 기계적 환기를 실시하였고 이때의 최고 흡기압은 14 cmH₂O였다. 마취 유도후 중심 정맥 카테테르를 우측 내경 정맥에, 16G 카테테르를 좌측 외경 정맥에 거치하였다. 뇨도관과 비강, 직장 체온 케틀라를 거치한 후, 경식도 심 초음파 소식자를 식도를 통해 삽입하였다.

마취 유도후, 전해질 농도에서 칼륨 농도가 3.2

mmol/l로 감소되어 수액에 염화 칼륨 20 mEq을 섞어 지속적으로 투여하였다. 마취 유도로부터 심폐 체외순환까지는 1시간 25분이 소요되었으며, 마취 유지는 산소 100%, midazolam, fentanyl, vecuronium의 간헐적 정주로 하였고 이 기간에 큰 이상 소견은 발생하지 않았다.

총 심폐 체외순환기간동안 마취 유지로 fentanyl 1500 µg, midazolam 10 mg, vecuronium 10 mg이 투여되었고 총전액(하트만세 용액 700 ml, 10% 포도당액 200 ml, 15% 만니톨 300 ml, 20% 알부민 200 ml, 펜타스판 500 ml, 탄산 나트륨 86 mEq, cefotetan 2.4 gm) 2000ml와 심정지액(염화 나트륨 1.9 gm, 염화 칼륨 0.9 gm, 포도당 2 g, 만니톨 4 g, 탄산 나트륨 16 mEq이 포함됨) 400 ml를 사용하였다.

심폐 체외순환시는 Bentley Univox 막성 산화기(Baxter Health Care Co., U.S.A.)와 Sarns 900 펌프(3M Health Care, Ann Arbor, MI. U.S.A.)를 이용하여 45~70 mmHg의 평균 동맥압을 유지하였고 기계적 폐환기를 시행하지 않고 폐가 허탈된 상태로 두었다.

승모판 교체후 부분적 심폐 체외순환 말기에 폐의 용수 환기를 시작하였을 때, 최대 흡기압이 40 cmH₂O까지 상승하였고 흉막이 열린 우측 폐에서 호기가 전혀 이루어지지 않으면서 점점 수술 시야를 덮을 정도로 폐가 팽창하기 시작하였다. 기관내 튜브의 격임이나 분비물로 인한 폐쇄를 확인하기 위해 기관내 튜브의 흡인을 실시하고, 경식도 초음파와 소식자에 의해 기계적 압박 가능성으로 소식자를 제거하였으나 증상이 호전되지 않았다. 굴곡성 기관지경(Model LF-1, Olympus, Japan)으로 기관-기관지 이상 소견 유무를 확인하였으나 기관지 폐쇄의 소견은 없었다. 이때의 중심 정맥압과 좌측 심방압이 각각 10, 8 mmHg이었고 폐부종 소견도 없었으며 피부의 알레르기 현상도 보이지 않았다. 기계적 환기를 시킨 상태에서 호기말 이산화탄소 분압의 곡선은 심한 폐쇄성 소견을 보였으며 동맥혈 가스분석소견상에서 이산화탄소 분압이 45 mmHg로 상승되어 있었다(표 1). 기관지 경련 진단하에 albuterol 10 mg과 생리 식염수 10 cc의 혼합액을 Mini-SpankerTM Respirator(PercussionaireTM Corporation, Sandpoint U.S.A.)의 분무기(nebulizer)에 넣은 후 폐내 진동환기를 15분간 시행하면서 간헐적 폐흡인을 실시하였다. 폐내 진동환

Table 1. Blood Gas Data in Perioperative Period

Sample time	F _I O ₂	PH	P _a CO ₂ (mmHg)	P _a O ₂ (mmHg)	Comments
Preoperative	room air	7.43	44	102	SR
Postinduction	1.0	7.44	39	508	CMV
At early CPB	0.7	7.48	38	246	CPB
Weaning period of CPB	1.0	7.34	45	546	CPB+CMV, before IPPV
Post-CPB	1.0	7.43	38	559	CMV after IPPV
At ICU	1.0	7.58	29	516	SIMV

F_IO₂; Fractional inspired concentration of oxygen, SR; Self respiration, CMV; Controlled mechanical ventilation, CPB; Cardiopulmonary bypass, IPPV; Intrapulmonary percussive ventilation, ICU; Intensive care unit, SIMV; Synchronized intermittent mandatory ventilation.

기를 시행하는 동안 수술 시야에서 팽창되어 있던 우측 폐에서 호기가 가능해지는 소견을 보였다. 그 후 일회 호흡량 600 ml, 호흡수 13 회/분, 흡기:호기 시간비 1:2의 인공환기에서 최대 흡기압이 16 cmH₂O로 급격히 하강하였다.

심폐 체외순환 76분에 체외 순환 이탈이 가능하여 protamine을 투여하였고 소량의 dopamine, sodium nitroprusside, isosorbide dinitrate 등으로 혈액학 변화의 안정을 도모하였다.

심폐 체외순환이후 수술종과 같은 양의 기계적 환기에서 최대 흡기압이 20 cmH₂O로 약간 상승하였고 호기말 이산화탄소 분압 감시의 곡선형이 여전히 폐의 부분적 폐쇄를 나타내었다. 청진상에는 약간의 좌측 폐잡음과 우측 폐음의 현격한 감소가 있었고 수술 시야에서도 우측 폐의 호기가 아직 불완전하게 이루어졌다.

환자를 중환자실에 옮긴 후 인공호흡기의 분무기를 통해 albuterol 20 mg과 생리 식염수 20 cc를 섞어 흡입시킨 후, 같은 양의 기계적 환기에서, 최대 흡기압이 19 cmH₂O로 안정되었고 흉부 방사선 소견에도 큰 이상 소견이 발견되지 않았다. 청진상 우측 폐음의 감소가 약간 있었으나 천명음은 들리지 않았으며 수술전, 수술중 및 심폐 체외순환시기, 수술후 중환자실에서의 동맥혈 가스분석 소견은 Table 1과 같았다.

환자는 수술후 6일째에 병실로 옮겨졌고 이후에는 기관지 경련의 소견은 발생되지 않았다.

고 찰

심폐 체외순환시기의 기관지 경련의 발생, 특히 일측폐만의 심한 기관지 경련 소견은 매우 드문 증례이다. 저자들의 한 환자에서 심폐 체외순환 이탈시기에 첫 환기를 시도할 때 흡기압이 높고 일측폐의 호기가 불가능하여 결국에는, 수술 시야를 덮을 만큼의 심한 일측폐의 팽창이 발생하였다. 그러나, 이 시기의 기관지 경련에 대한 보고가 매우 드물었으므로 기도-기관지 폐쇄 유무를 굴곡성 기관지경을 통해 확인하였으나, 이물질에 의한 기관지 폐쇄나 물리적인 폐쇄같은 소견이 없었다. 심장성 원인인 경우에 나타나는 좌심방압 상승, 폐포 부종소견이 없었고 기흉으로 인한 경우에도 천명과 흡기압이 증가하지만 폐의 과도한 흡기로 인한 폐의 팽창은 보기 어려움으로 이에 대한 감별 진단이 가능하였다. 또한 호기말 이산화탄소 분압 곡선의 폐쇄성 소견으로 기관지 경련으로 진단을 내릴 수 있었다.

기관지 경련의 궁극적인 치료 목표는 생리적인 이상 상태를 정상화시키고 더이상의 매개체 유리를 방지하고 매개체의 수용체를 막는 것이다²⁾. 아나필락시스가 원인인 경우 epinephrine을 선택적으로 사용

하면 α , β 수용체 작용으로 더이상의 매개체 유리를 막고 혈압 조절 및 기관지 수축과 정맥 확장을 회복시킬 수 있다. Atropine 같은 항콜린성 약제도 기도로 주었을 때 직접적인 기관지 확장 작용을 얻을 수 있고 반사성 부교감 신경계 자극시에도 도움이 된다⁶⁾. Corticosteroid는 작용 시작 시간이 길어, 급성기에는 효과가 없으나 경련 기간과 심도를 감소시킬 수 있다. Halothane 같은 흡입 마취제도 기관지 평활근의 긴장도 감소로 기도내 저항을 감소시키나 강한 변력 작용으로 체외 순환 이탈 시기에 사용이 부적당하며 같은 효과의 ketamine도 심질환 환자에게 사용하기에는 부적당하다. 심폐 체외 순환 시기의 기관지 경련시에는 보다 적극적인 기관지 확장 치료법이 요구되어진다. Methylxanthine(aminophylline)은 phosphodiesterase를 방해하여 세포내 cyclic-AMP를 증가시키고 기관지 평활근의 이완을 유도한다. 이 기관지 확장제는 거의 50년동안 천식, 만성폐질환의 급격한 악화나 기관지 경련의 치료에서 β 수용체 자극제나 항콜린성 기관 확장제보다 먼저, 일차적으로 사용되는 약제였다. 그러나 Lam 등⁷⁾은 그동안의 연구 보고를 종합해볼 때, 이 methylxanthine이 상당한 부작용을 유발시키고 천식이나 만성 폐질환의 급격한 악화시 효과가 거의 없었다고 한다. 반면에 분무된 β 수용체 자극제나 항콜린성 분무, 고량의 스테로이드 정주는 부작용이 훨씬 적을 뿐 아니라 효과가 좋으므로 이들 약제가 일차적으로 사용되어야 하며 methylxanthine은 이후에 사용되어야 한다고 주장하고 있다. 그러므로, 저자들은 β 수용체 자극제인 albuterol을 수술중에는 폐내 진동 환기 장치(interpulmonary percussive ventilation)를 통해, 수술후에는 인공 호흡기의 분무기를 통해 투여하였다. 폐내 진동환기 장치는 1979년에 Forrest M. Bird에 의해 고안되어 1980년부터 임상적으로 사용되었다⁸⁾. 이는 Mini-SpankerTM Respirator라는 소형 장비를 이용해 일회 호흡량보다 적은 양(subtidal volume)의 호흡량을, 분당 200회이상 진동을 주면서 산소와 습기 및 분무 약제를 투여하는 흉부 물리 요법의 한 방법이다⁹⁾. 이 폐내 환기법은 분비물 이동 용이, 폐내 분무 요법(기도 부종 감소, 분비물 희석, 기관세지 이완, 폐내 투약 가능), 최소 혈역학 변화, 폐환기 및 조직의 산소화 유지, 압력상해 방지등의 장점으로 체외

순환 이탈시기의 기관지 경련같은 위급한 상황에서 신속하고, 안전하게 실시할 수 있는 치료 방법이었다.

현재까지, 심폐 체외순환시기의 기관지 경련 발생 빈도자체가 매우 드물었고, 발표된 적은 증례 보고에서조차 기관지 경련에 대한 원인 규명이 거의 이루어지지 않았다. 그러나 원인 규명에 대한 노력을 보인 증례들에서 심폐 체외순환후의 기관지 경련시 비기계적(nonmechanical) 원인중 가장 가능성이 높으리라고 추정한 원인으로는 C_{3a} 와 C_{5a} 보체(complement)의 활성화로 인해 아나필라톡신(anaphylatoxin)이 유리되어 비만 세포의 히스타민이 유리된다는 이론이다¹¹⁾. 이 보체의 활성화 기전에 대해서 몇개의 임상 연구에서는 심폐기의 펌프 산소 공급기의 nylon-mesh liner에서의 혈액의 배양과, 산소 공급기내 산소-혈액 계면내 높은 산소 농도와 기계적인 혈액 변성으로, 보체의 고대 경로(alternative pathway)의 활성화가 일어나고, 전자가 보다 비중을 차지한다는 보고를 하고 있다^{2,10)}. 또한 이러한 보고들에서는 보체에 의해 형성된 염증성 매개물에 의해 “펌프후 증후군(postpump syndrome)”이 유발된다고 논하고 있다.

이외, 심폐 체외순환동안의 기관지 경련의 원인으로 추정된 질환으로는, 저온에 노출시 히스타민 분비로 피부 질환, 심하게는 후두 부종, 기관지 경련, 저혈압까지 유발되는 한냉 두드러기(cold urticaria)가 있으나¹¹⁾ 이 환자에서는 이러한 두드러기 소견은 없었다.

심폐 체외순환기간에 사용되는 마취 약제, 다양한 성분의 충전액(priming solution)과 심정지액(cardioplegics), 혈액 제제, 항생제, protamine 등도 기관지 경련의 유발 인자로 추정될 수 있다^{2,12)}. 이 환자의 경우 기관지 경련이 protamine 투여전 유발되었고 항생제도 수술전부터 투여되었으나 이상 소견이 없었고 투여와 기관지 경련간의 시간적인 간격과 다른 알레르기 반응 소견이 없었으므로 이러한 가능성은 줄어 든다. 충전액과 심정지액은 그 원인 인자에서 완전히 배제할 수는 없으나 기타의 알레르기, 아나필라톡시스 반응을 찾을 수 없었고 혈액 제제도 투여되지 않았으므로 이 가능성 역시 희박하다고 하겠다. 마취제로는 fentanyl이 주로 사용되었는데 마약류

가 히스타민을 유리하나 극히 소량이고 기관지 경련성 질환의 환자에서는 fentanyl이 morphine보다 훨씬 효과적인 약제로 되어 있다.

Aviado¹³⁾에 의하면 마취중 수많은 요인들이 기도의 활동성을 변화시킨다고 한다. 그중에는 마취의 얇은 심도, 기관지내 체온 저하, 호흡계의 기계적인 자극(기관내 튜브와 수술적 조작), 자율 신경계의 불균형 등이 포함되어 있다. 실제로, 흉막 유착술(pleurodesis)중에 물리적 자극이 가해지면서 반사성 부교감 신경계 자극에 의한 일측성 기관지 수축이 유발되었던 예가 보고된 바 있다¹⁴⁾.

Samanek등은 개에서 기관지-폐 반사에 대한 연구를 한 결과 한 폐엽의 폐홍맥에 히스타민을 투여하여 그 폐엽뿐 아니라 주위 폐엽까지 기관지 수축을 일으키는 폐엽간, 폐엽내 미주 신경 반사를 증명하였다¹⁵⁾. 그러므로 체외 순환후 기관지 경련의 원인으로 폐홍맥에 대한 물리, 화학적 자극이 중요한 인자일 가능성이 있겠다. Kyosola등이 보고한⁴⁾ 기관지 경련의 2예중 한예에서 벽측 흉막이 열린 한쪽 폐에만 보다 심한 기관지 경련이 유발되었다. 저자들의 경우에서도 벽측 흉막이 열렸던 우측 폐에서 극히 심한 폐 팽창과 호기 불가능 소견이 있었다. 이로써, 체외 순환동안 사용된 산소 공급기내에서의 보체가 활성화되면서 아나필라톡신이 분비되어 유발된 히스타민 유리 증가, 얇은 마취, 수술적 조작 등으로 노출된 우측 폐홍맥의 부교감 신경계 반사가 자극되어 이 환자와 같은 일측성 기관지 경련이 일어났다는 추측을 할 수 있겠다. 그러나 개흉술시 수술중 기관지 경련이 흔하게 일어나지 않음은 이 반사가 호흡기 감염, 폐쇄성 폐질환, 흡연 등의 기관지 경련의 위험도가 증가된 환자가 아닌 경우에는 매우 드물다는 것을 제안할 수 있다. 저자들의 경우에서도 만성적 기침, 가래를 앓다가 1달전부터 상기도 감염으로 증상이 심해져 수술을 연기하고 증상이 호전된 후 수술이 예정되었던 환자였다. 그러므로 개흉술이 예정된 환자의 신중한 과거력 평가가 심폐 체외순환시기 동안의 기관지 경련의 위험도 증가에 대한 정보를 제공할 수 있겠다.

결론적으로, 저자들이 경험한 환자의 예에서처럼, 개흉술이 예정된 환자에서는 신중한 과거력 평가를 통해 심폐 체외순환시기의 기관지 경련 위험도를 미

리 인지하고 있어야 하며, 기관지 경련 유발 초기에 강력한 기관 확장제 투여가 즉각적으로 실시되어야겠다. 앞으로는, 심폐 체외 순환시의 합병증으로 기관지 경련이 매우 드물지만 발생할 가능성이 있음을 인식하여 보다 정확한 원인을 규명하기 위한 연구작업이 필요하리라 사료된다.

참 고 문 헌

1. Shiroka A, Rah KH, Keenan RL: Bronchospasm during cardiopulmonary bypass. *Anesth Analg* 1982; 61: 538-40.
2. Tuman KJ, Ivankovich AD: Bronchospasm during cardiopulmonary bypass; Etiology and management. *Chest* 1986; 90: 635-7.
3. Casella ES, Humphrey LS: Bronchospasm after cardiopulmonary bypass in a heart-lung transplant recipient. *Anesthesiology* 1988; 69: 135-8.
4. Kyosola KO, Maamies TT, Sipponen J, Viljanen T: Bronchospasm during cardiopulmonary bypass-A potentially fatal complication of open-heart surgery. *Thorac Cardiovasc Surgeon* 1987; 35: 375-7.
5. Hardy PAJ: Bronchospasm and hypotension following cardiopulmonary bypass. *Br J Anaesth* 1985; 57: 720-1.
6. Berger JM, Stirt JA: Resolution of bronchospasm by atropine; Report of a case. *Acta Anaesthesiol Scand* 1985; 29: 856-8.
7. Lam A, Newhouse MT: Management of asthma and chronic airflow limitation: Are methylxanthines absolute? *Chest* 1990; 98: 44-52.
8. Bird FM: Intrapulmonary percussive ventilation(IPV), a seven year historical summation for theory applications and trends. *Memorandum*, 1987.
9. 김성덕, 백희정, 강훈: 개에서 폐내 진동환기법이 심폐혈역학 및 산소 운반능에 미치는 영향. *대한마취과학회지* 1989; 22: 211-7.
10. Chenoweth DE, Cooper SW, Hugli TE, Stewart RW, Blackstone EH, Kirklin JW: Complement activation during cardiopulmonary bypass; Evidence for generation of C_{3a} and C_{5a} anaphylatoxins. *N Engl J Med* 1981; 304: 497-503.
11. Johnston WE, Moss J, Philbin DM, Guiney TE, Sisson JH, Buckley MJ, et al: Management of cold urticaria during hypothermic cardiopulmonary bypass. *N Engl J Med* 1982; 306: 219-21.
12. Best N, Sinosich J, Teisner B, Grudzinskas G, Jisher

- MM: Complement activation during cardiopulmonary bypass by heparin-protamine interaction. *Br J Anaesth* 1984; 56: 339-43.
13. Aviado DM: Regulation of bronchomotor tone during anesthesia. *Anesthesiology* 1975; 42: 68.
14. Narr BJ, Fromme GA, Peter SG: Unilateral broncho-spasm during pleurodesis in an asthmatic patient. *Chest* 1990; 98: 767-8.
15. Samanek M, Aviado DM, Peskin GW: Broncho-pulmonary effects of tobacco and related substances. *Arch Environ Health* 1965; 11: 160-6.
-