폐동맥 카테터에 의한 폐동맥 파열 —증례보고—

울산대학교 의과대학 마취과학교실
St. Agnese Hospital*

조 명 원 · 김 혜 령 · 이 동 명 *

=Abstract=

Pulmonary Artery Rupture with Pulmonary Artery Catheter —A case report—

Myung Won Cho, M.D., and Hye Ryung Kim, M.D. and Dong Myung Lee, M.D.

*Department of Anesthesiology, College of Medicine, University of Ulsan, Korea
St. Agnes Hospital, Baltimore, U.S.A.*

Pulmonary artery rupture with a flow-directed balloon tipped pulmonary artery catheter (Swan-Ganz catheter) is a rare complication with high mortality. This report concerns a case of this complication with hemothorax leading to fatal exsanguination. Emphasis is placed on the safety guidelines to prevent this. Also, possible causes and managements are presented. A high index of suspicion is necessary whenever a patient with the catheter has hemoptysis or unexplained hemodynamic or respiratory changes.

Key Words : Pulmonary artery catheter, Complication, Pulmonary artery rupture

1970년도에 Swan과 Ganz에 의하여¹⁾ 보고되고 사용되기 시작한 폐동맥 카테터(flow-directed balloon-tipped)는 그 후로 많이 개량되어 중환자나 심장수술 환자들에서 심혈관계 감시장치로 사용되어 진단이나 치료방침 설정에 많은 도움을 주고 있고 점차로 이의 사용이 보편화되고 있다. 효능과 함께 이의 삽입과 거치, 유지에 따른 합병증들이 흔히 발생되는데 삽입시의 부정맥, 전도차단, 심장내 결찰(knotting), 우심실 천공, 폐경색, 풍선파열, 폐동맥 파열등이 보고되고 있다²⁾. 이중 폐동맥 파열은 흔히 발생하진 않으나 일단 발생하면 50% 정도의 사망율을 보여³⁾ 이 합병증의 신속한 진단과 처치가

절대적으로 요구된다. 이 합병증은 단순한 객혈로부터 심하면 혈흉을 동반한 심한 심혈관계 허탈에 이르는 경우까지 다양한 양상을 보이고 그에 따른 처치도 달라지게 된다.

그러나 치명적일 수 있는 이 합병증은 카테터의 삽입 및 관리에 따르는 안전지침을 준수하면 피할 수 있다. 저자들은 개심술시 폐동맥 카테터를 거치한 환자에서 폐동맥 파열에 따른 합병증으로 사망에 이른 경험을 하였기에 이를 보고하는 바이다.

증례보고

환자는 62세 남자로 호흡곤란, 기침을 주소로한 증상으로 입원하여 검사상 류마치스성 심장판막질환인 중증도의 승모판 폐쇄부전증으로 진단받았고 판막 치환술을 받기위해 입원하였다. 이학적 검사상 심부전에 해당하는 소견을 보였으며 심전도상 분당 60회에서 80회 사이의 심실반응을 보이는 심방세동이었고 관상동맥은 정상이었으며 기타 일반 검사결과도 정상이었다. 혈압은 150/90mmHg였고 폐동맥압은 수축기, 이완기, 평균이 각각 70, 30, 45mmHg의 폐동맥 고혈압의 소견을 보였다.

마취전투약으로는 diazepam 10mg을 수술 예정 2시간 전에 경구 투여하였다. 수술실에서 심전도, 비침습적 자동혈압측정의 감시하에 좌측 요골동맥에 카테터를 거치하여 지속적 혈압 측정을 시작한 후 fentanyl, midazolam, pancuronium을 사용하여 마취유도를 하고 기관내 삽관하였다. 마취유도 후 우측 내경정맥에 Seldinger방식을 이용하여 8Fr. introducer(Arrow, Percutaneous Sheath Introducer)를 거치한 후 7Fr. 폐동맥 카테터(Baxter, Edwards Swan-Ganz, 93A-131H-7F)를 삽입하였다. 폐동맥 카테터는 일회용 압력변환기(Baxter, Pressure Monitoring Kit with Uniflow Disposable Pressure Transducer)를 통하여 Hewlett Packard 모니터의 압력 module(HP M1006A)과 연결되어 지속적으로 파형을 관찰하도록 하였다. 풍선을 팽창시킨 후 전진시켜 카테터 첨단을 통하여 나타나는 파형이 전형적인 폐동맥의 파형을 보이게되면 더욱 전진시켜 1cc의 풍선 팽창으로 폐기압력이 나타나는 깊이에서 고정하였다. 그외의 감시로는 다른 개심술때와 마찬가지로 Capnomac(Datex, Finland)을 이용한 마취가스 분석 및 호기말 이산화탄소 분압 측정, 맥압 산소계측(pulse oximetry)을 실시하였다. 또한 자가수혈을 하도록 cell saver인 BRAT(Baylor Rapid Autologous Transfusion System, COBE, USA)를 가동시켰다. 마취유도 후 atropine을 투여하여 교정한 분당 53회의 서맥 외에는 심혈관계의 특이한 변화는 없었다. 마취유지는 fentanyl과 함께 저농도의 enflurane으로 하였으며 nitrous oxide는 사용하지 않았고 의료용 공기로 흡입산소 농도를 50%로 유

지하였다. 수술은 순조롭게 진행되었으며 저체온 체외순환하에서 승모판 판막치환술을 실시하였다. 체외순환중 최저 온도는 식도, 직장이 각각 25.4℃, 28.3℃였고 두차례 심정지액이 투여되었다. 체외순환시간, 대동맥 교차점자시간은 각각 150분, 81분이었다. 체외순환중의 섭취량, 배출량(I/O)은 일치하였다. 체외순환에서 이탈(wearing)후 혈압은 140-120/80-50mmHg로 유지되고 중심정맥압도 수술전의 수치인 10mmHg인 것을 확인한 후 heparin의 효과를 역전하기 위해 protamine을 투여하였고 280초의 activated coagulation time을 보여 재차 검사한 결과 116초임을 확인하였다. 폐동맥 카테터를 통한 폐동맥 압력 파형이 보이지 않아서 주사기로 생리 식염수를 주입하고 흡인하여 보았으나 주입은 되면서 흡인이 안되므로 카테터 말초 개구에 접착된 혈괴가 일방통행판 역할을 하거나 말초 개구가 혈관벽에 접촉되어 있다고 단정하였다. 파형은 심하게 damping된 것처럼 일직선으로 나타났다. 이때 조절호흡시에 거칠은 호흡음과 함께 호기쪽 마취기 호흡회로로 폐부종 양상의 객혈이 있었고 이는 지속적인 흡인을 하여도 멈추지 않았다. 조절호흡상 최대 흡기 압력은 25cmH₂O로 폐의 탄성이 감소된 소견이었다. 이때의 동맥혈 가스소견은 pH, PCO₂, PO₂가 각각 7.4, 37.6mmHg, 227mmHg(FiO₂ 1.0)로서 폐포-동맥혈 산소분압차가 증가되어 있었다. 체외순환 전의 혈액가스 소견상 PO₂는 흡입산소 농도 50%에서 296mmHg였다. 폐부종을 의심하여 5cmH₂O의 호기말 양압을 가하였다. 전해질 농도는 정상 이었고 혈액소치는 13.1gm%이었다. Dopamine과 dobutamine이 각각 10mcg/kg/min로 투여되었고 혈압은 105/60mmHg, 심박수는 분당 75회로 유지된 상태에서 Ambu bag으로 조절호흡을 하며 중환자실로 이송하였다.

5시간의 수술기간중 fentanyl이 4,000mcg이 투여되었고 체외순환 전에 0.5-1 vol%의 enflurane이 간헐적으로 흡입되었다. 수액, 수혈등의 주입량은 5% 포도당액 150cc, 하트만씨액 1300cc, 적혈구 농축액 10단위, cell saver로 회수한 자가혈액 600cc였고 소변량은 650cc였다.

중환자실에서도 지속적인 객혈이 있어 100% 산소로 조절 인공호흡하며 호기말 양압 7cmH₂O를 가하였고 이때의 동맥혈 가스분석치는 pH, PCO₂, PO₂가 각각 7.27, 57.2mmHg, 100.8mmHg로 호흡성 산증과 저산소혈증의 소견을 보였다. 중환자실에서의 초기의 혈압, 심박수는 100/60mmHg, 분당 100회였다. 중환자실로 옮긴지 50분 후 환자의 혈압이 갑자기 50/30mmHg로 저하하여 심장 마사지를 실시하였다. 중환자실에서 촬영한 흉부 방사선 사진상 우측폐의 폐경색과 흉막강내 혈흉의 소견과 이의 원인으로 우측폐의 원위부로 전진해있는 폐동맥 카테터를 관찰할 수 있었다(그림 1). 폐동맥 카테터에 의한 합병증인 폐동맥 파열로 진단하고 전혈, 하트만씨액, epinephrine, sodium bicarbonate를 투여하고 심장 마사지를 계속하며 수술실로 이송하였다. 수술실에서의 혈압은 50/30mmHg, 심박수는 분

당 105회, 맥압 산소계측기상 산소포화도 71%였다. 심장 마사지를 계속하는 상태에서 서혜부를 절개 박리하여 대퇴정맥, 동맥을 노출시키고 이곳을 통하여 등, 정맥 캐놀라를 삽입하고 체외순환을 실시하며 흉골 절개부위를 다시 벌렸다. 우측 흉막강에 800cc 정도의 혈액이 용고된 상태로 고여있었으며 폐동맥 카테터가 장축 흉막을 뚫고 흉막강으로 노출되어 있었다. 직장온도를 29℃까지 낮춘 체외순환하에 폐문(hilum)을 박리하여 우측 폐중엽으로 가는 폐동맥을 갑자기 절찰하고 체온을 상승시킨 후 체외순환을 정지하고 우측폐중엽절제술을 실시하였다. 체외순환시간은 109분이었다. 혈압이 80/50 mmHg인 상태에서 환자를 다시 중환자실로 이송하였다. 그후 뇌의 저산소성 손상으로 의식을 회복하지 못하였고 인공 조절호흡이 지속되었다. Dopamine, dobutamine, epinephrine, isosorbide dinitrate

Fig. 1. Immediate postoperative chest AP film revealing pulmonary infarct with right side hemothorax. The pulmonary artery catheter has advanced too farther into the periphery.

투여하에 불안정하게 혈압이 유지되었고, 부정맥을 나타냈으며 수술 2일 후 수차에 걸친 심실 빈맥, 세동후 사망하였다.

고 찰

폐동맥 카테터의 삽입은 개심술시 흔히 시술되는 혈액학적 감시장치이다. 특히 폐동맥압이 증가되어 있는 경우나 좌심실의 기능이 저하되어있는 판막질환이나 허혈성 심질환의 환자에서는 폐동맥 카테터의 삽입이 필수적이다. 그러나 침습적인 방법이므로 이로 인한 심각한 합병증이 때로는 사망예와 함께 보고되어 왔다. 폐동맥 카테터 삽입에 의한 가장 심각한 합병증은 폐동맥 천공 또는 파열, 이에 동반되는 출혈이다. 폐동맥 파열의 빈도는 0.06-0.2%이고^{4,5)} 사망율은 50% 정도로 보고된 바 있다^{3,5)}. 폐동맥 파열의 원인은 카테터의 원위부 이동⁶⁾, 또는 원위부로 이동된 상태에서의 풍선의 팽창이고 나이가 많거나 폐동맥 고혈압이 있을 경우, 항응고제 사용, 저체온일때 더 발생하기 쉽다고 한다⁷⁾. 체외순환을 이용한 심장수술의 경우 정맥혈류가 심폐기쪽으로 전환이 되어 심장이 작아지고 또한 수술중의 심장 조작, 폐의 허탈로 올바른 위치에 있던 카테터가 원위부로 이동하며 또한 저체온으로 인하여 카테터와 폐혈관 조직이 단단해짐으로 파열이 쉽게 일어날 수 있다한다⁸⁾. 이 합병증의 발생은 고령에서 많은데 이는 이들의 혈관의 탄성이 감소된 상태이므로 파열의 확률이 높기 때문이다. 폐동맥 고혈압의 경우는 혈관의 탄성이 감소되어 있어서 손상을 받기가 쉽고 또한 팽창된 풍선 전후의 압력차이가 커서 보다 작고, 얇은, 터지기 쉬운 원위부의 폐동맥으로 카테터 말초부가 이동하기 때문이며⁹⁾ 또한 풍선이 약간만 불려있는 상태에선 막대한 힘으로 카테터의 말초부로 폐동맥을 심박동에 맞춰 찌르기 때문이다 (spearing effect)⁶⁾. 또한 풍선이 썩기 위치에서 편심으로(eccentrically) 불려진 경우 풍선밖으로 카테터 끝이 돌출하여 폐동맥을 천공할 수 있다⁹⁾. 인위적으로 폐동맥 고혈압을 유발한 동물실험에서도 풍선팽창에 의한 폐동맥 손상을 관찰할 수 있었다¹⁰⁾.

폐동맥 파열의 증상은 주로 객혈로 나타난다. 기관내 삽관이 되어있지 않은 상태에서의 첫 증상은 기침을 동반한 객혈이다⁶⁾. 혈액응고에 장애가 없고 손상이 말초부위에 국한된 경우는 경미한 출혈만 보이게되고 이때는 단지 카테터를 조금 빼어놓고 관찰하는 것만으로도 해결될 수가 있다. 이때 흉부 방사선 촬영상 폐경색과 유사한 모습을 보인다. 객혈은 때로는 폐부종으로 오인될 정도의 출혈양상을 보이고 출혈이 심하여 폐실질내에나 장축흉막내에 국한될 수 없도록 압력이 상승하고 객혈로서 압력이 완화가 안되면 흉막이 파열되고 혈흉으로 이행하면서³⁾ 심혈관계 허혈, 저혈압의 증상을 보인다. Hannan등⁷⁾의 보고에 의하면 28명의 폐동맥 파열 환자중 23명에서 객혈의 증상을 보이고 7명에서 혈흉이 발생하여 4명이 사망하였다. 객혈과 혈흉이 동시에 발현된 환자는 4명이고 이중 2명이 사망하였다. 항응고제를 투여한 체외순환하에서의 수술이 예정된 경우에 객혈의 폐동맥 파열 합병증이 발생하면 수술을 연기하여야 한다. 체외순환을 이용한 심장수술시는 체외순환이 끝나고 폐혈관으로의 혈류가 재개되어야 그 증상이 발현되며^{8,11)} 이 경우나 혹은 항응고제가 투여된 상태면 즉시 역전시켜야 한다⁴⁾. 기관내 삽관이 되어있지 아니한 경우의 폐동맥 파열,출혈시는 즉시 기관내 삽관을 실시하고 출혈 예상 부위를 상부로하고 10-20cmH₂O의 호기말 양압으로 인공호흡을 실시한다. 이 경우 가장 흔한 사망원인은 폐흡인에 의한 질식이다. 삽관후 기관지 굴곡내시경으로 출혈 부위를 확인하고 Fogarty나 Foley카테터를 사용하여 출혈부위 기관지를 막는다. 환기와 동시에 흡인방지를 위해 가능하면 Robertshaw 기관내관 같은 이중관이나 기관지 폐쇄기가 같이 달려있는 Univent기관내관을 삽입하는것이 현명하다. 출혈이 심하면 수술적 조작이 필요한데 폐엽 절제나 전폐절제를 실시하게된다¹²⁾.

본 증례는 환자의 연령은 높지 않았으나 저체온, 항응고제 사용하에 수술을 하였고 폐동맥 고혈압의 소견을 보였으므로 이 합병증의 발생 가능성이 높은 환자였다. 파형을 관찰하며 카테터를 50cm를 전진한 위치에서 고정하고 수술을 시행하였으나 체외

순환시 배어놓질 않아 원위부로 이동했을 것으로 추측된다. 체외순환 후에 폐동맥 파형을 확인하고 깊이를 재조정하여야 했으나 단순히 혈괴에 의한 막힘으로 간주하였으며 원위부에서의 풍선 팽창으로 폐동맥 파열이 발생하고 카테터가 장축홍맥을 뚫고 홍맥강내로 돌출하며 혈홍이 발생하였다. 체외순환 정지시 객혈과 함께 기도압력 증가, 저산소증들이 이 합병증의 전형적인 증상이었으나 이를 간과하였다. 결국은 중환자실에서 심혈관계 증상과 함께 흉부 방사선 사진으로 폐동맥 파열 및 혈홍을 진단하게 되었다. 수술중에 혈홍이 발생하였다면 흉부 청진으로도 발견할 수 있었을 것이다. 세심한 주의, 관찰을 하였다더라면 조기에 진단하여 즉시 수술했을 방법으로 처치가 가능한 경우라고 사료된다.

폐동맥 파열의 합병증은 예방이 중요하며 이 합병증을 예방하기 위한 관리 지침이 필요하다. 폐동맥 카테터 삽입시 카테터 말초부가 폐동맥관에서 4-5cm 더 전진한 부위에 위치하도록 하고 절대적으로 췌기압의 측정이 필요한 경우가 아니면 폐동맥이완기압력으로 췌기압을 대신한다⁹⁾. 만일 췌기압 위치로 밀어 넣을 경우는 췌기압을 보이는 가장 근위부에 위치하도록 권유하며¹³⁻¹⁵⁾ 췌기압을 측정할 경우는 최소한의 시간동안만 풍선을 팽창한다. 승모판 폐쇄부전 환자에서 폐동맥 카테터 삽입시는 커다란 "V" 파형이 췌기압력 파형과 잘 구별이 되지 아니하므로 과다한 깊이로 삽입되지 않도록 주의할 하여야 한다^{5,16)}. 카테터의 정확한 위치는 루시검사나 흉부 방사선 사진으로 말단부가 폐문에 위치하는 것을 확인할 수 있다¹⁶⁾. 흉부 방사선 사진상 췌기위치의 폐동맥 카테터는 우측 중엽 또는 하엽에 주로 위치하게 되는데 이때의 이상적인 깊이는 우심방을 지나치는 카테터의 근위부를 교차하여 5-6cm 이내라고 하였다¹⁶⁾. 췌기 위치에 있는 카테터의 우측 내경정맥으로의 삽입깊이는 40-50cm로 보고되고 있고^{12,18)} 50cm이상은 전진시키지 않는 것이 권고된다. 그러나 Kaplan¹⁷⁾에 의하면 50-60cm의 삽입 길이에서 췌기압을 볼 수 있다고 하였다. 본 예에서 흉부 방사선 사진상 제측하여 추정한 카테터의 삽입깊이는 55cm이고 우심방에서 근위부와 교차하고

9cm를 더 전진한 상태에서 폐동맥 파열을 유발하였으므로 전자들이 권한 50cm이하의 삽입깊이가 타당하다. 삽입시는 물론이고 삽입 후에도 지속적으로 폐동맥압력의 파형을 관찰하여 말초부가 췌기위치로 이동한 것을 조속히 발견하도록 하여야 한다⁴⁾. 전형적인 폐동맥파형이 소실되거나, 지속적으로 췌기된 압력파형을 보이거나, 적은양의 풍선팽창(1cc 이하)으로 췌기압의 파형이 나타나거나 급상승하는 일직선의 압력변화를 나타내면 카테터가 폐동맥의 원위부에 위치한 것이므로 깊이를 재조정 하여야 한다¹²⁾. 심장수술시는 체외순환시 카테터가 원위부로 이동하므로 카테터를 5cm정도 뽑아 주폐동맥에 위치하도록하고 체외순환후 다시 밀어 넣는다^{5,18)}.

폐동맥 카테터에 의한 치명적인 합병증인 폐동맥 파열에 관하여 결론적으로 언급하면

- 1) 예방; 위에 언급한 관리지침을 준수한다.
- 2) 진단; 폐동맥 카테터를 거치하고 있는 환자에서 객혈또는 호흡기계 이상, 혈액학적 변화가 발생하면 이를 의심하여야 한다.
- 3) 처치; 객혈시는 즉시 카테터를 뽑아내고 증상의 정도에 따라서 관찰, 기도 보호, 수술적 처치를 한다. 혈홍시는 수액, 혈액요법, 수술적 처치를 한다.

참 고 문 헌

- 1) Swan HJC, Ganz W, Forrester J, Marcus H, Diamond G, Chonette D. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. *N Eng J Med* 1970; 283: 447-51.
- 2) Shah KB, Rao TLK, Laughlin S, El-Etr AA. A review of pulmonary artery catheterization in 6,245 patients. *Anesthesiology* 1984; 61: 271-5.
- 3) Kelly TF, Morris GC, Crawford ES, Espada R, Howell JF. Perforation of the pulmonary artery with Swan-Ganz catheters. *Ann Surg* 1981; 193: 686-91.

- 4) McDaniel DD, Stone JG, Faltas AN, Khambatta HJ, Thys DM, Antunes AM, et al. Catheter-induced pulmonary artery hemorrhage. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1981; 82: 1-4.
- 5) Johnstone WE, Royster RL, Choplin RH, Howard G, Mills SA, Tucker WY. Pulmonary artery catheter migration during cardiac surgery. *Anesthesiology* 1986; 64: 258-62.
- 6) Hapaniemi J, Gadowski R, Naini M, Green H, MacKenzie D, Rubenfire M. Massive hemoptysis secondary to flow-directed thermodilution catheters. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1979; 5: 151-7.
- 7) Hannan AT, Brown M, Bigman O. Pulmonary artery catheter-induced hemorrhage. *Chest* 1984; 85: 128-31.
- 8) Stone JG, Khambatta HJ, McDaniel DD. Catheter induced pulmonary artery trauma: Can it be always be averted? *J Thorac Cardiovasc Surg* 1983; 86: 146-55.
- 9) Barash PG, Nardi D, Hammond G, Walker-Smith G, Capuano D, Laks H, et al. Catheter-induced pulmonary artery perforation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1981; 82: 5-12.
- 10) Lemen R. A mechanism of pulmonary-artery perforation of Swan-Ganz catheters. *N Eng J Med* 1975; 292: 211-2.
- 11) Cervenka FW, Shelly SE, Spence DG, Charrette EJP, Salerno TA. Massive endobronchial hemorrhage during cardiopulmonary bypass: Treatable complication of balloon-tipped catheter damage to the pulmonary artery. *Ann Thorac Surg* 1983; 35: 326-8.
- 12) Slung HB, Scher KS. Complications of Swan-Ganz catheter. *World J Surg* 1984; 8: 76-81.
- 13) Connors JP, Sandza JG, Shaw RC, Wolff GA, Lombardo JA. Lobar pulmonary hemorrhage. *Arch Surg* 1980; 115: 883-5.
- 14) Foote GA, Schabel SI, Hodges M. Pulmonary complications of the flow-directed balloon-tipped catheter. *N Eng J Med* 1974; 290: 927-31.
- 15) Benumof JL, Saidman LJ, Arkin DB, Diamant M. Where pulmonary arterial catheters go: Intrathoracic distribution. *Anesthesiology* 1977; 46: 336-8.
- 16) Kaplan JA. Cardiac anesthesia. 2nd ed. Orlando: Grune & Stratton. 1987: 196.
- 17) Kaplan JA. Cardiac anesthesia. 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders Company. 1993: 277
- 18) 조명원, 박성운, 윤한수. 폐동맥 카테터의 삽입 길이 및 체외 순환중 이동에 관한 연구. *대한마취과학회지* 1993; 26: 1271-7.