

심장 수술후 좌심실 기능 부전에 빠진 환자에서의 좌심실 순환 보조장치

- 1례 보고 -

아주대학교 의과대학 흉부외과학교실 및 마취과학교실

임상현* · 이철주* · 소동문* · 류한영*
최 호* · 한 정 선** · 최 유 미***

Use of Left Ventricular Assist Device in Critical Postcardiotomy LV Failure

- Report of a case -

Sang Hyun Lim*, Cheol Joo Lee*, Dong Moon Soh*
Han Young Ryu*, Ho Choi*, Jung Sun Han** and Yu Mi Choi***

* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

** Department of Anesthesiology, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

*** Chief Perfusionist, Ajou University Hospital

Mechanical Ventricular Assist Device(VAD) can be used in various patient groups including end stage heart disease waiting for heart transplantation, postcardiotomy shock, or acutely deteriorating patients. The outcome of the VAD application is poor and the overall survival rate is less than 30%. We had applied intraaortic balloon pump and centrifugal type Left Ventricular Assist Device(LVAD) in a patient who had shown no left ventricular wall motion and shock state after mitral valve replacement due to myocardial stunning. The LVAD was successfully weaned after 16 hours 55 minutes. The patient recovered from postcardiotomy shock without any complications, and was discharged on the 21st. postoperative day.

Key Words: Ventricular assist device, Intraaortic balloon pump, Mitral valve replacement, Myocardial stunning

서 론

심장수술의 발달은 심근 보호방법의 발달과 함께 발달하여 왔다. 그러나 아직도 심근 보호방법이 완전하지는 못하여 수술후에 재관류 손상등에 의한 심인성 속에 빠지는 경우가 1~10% 정도 보고되어 있다. 심실순환 보조장치나 동맥내 풍선 펌프 등은 이러한 경우에 유용하게 사용될수 있는데, 수술후 심인성 속에 빠진

저자 연락처: 임상현, (442-749)경기도 수원시 팔달구 원천동 산5, 아주대학교 의과대학 흉부외과학교실
Tel.(0331) 219-5476, Fax.(0331)219-5750

환자에서 조기에 심실 순환 보조장치를 사용한 환자의 경우 그렇지 않은 경우에 비하여 높은 생존율을 보여주고있다¹. 저자들은 승모판막 치환수술을 받은후 myocardial stunning에 빠졌던 환자에서 심실 순환 보조장치와 대동맥내 풍선 펌프를 사용하여 좋은 결과를 얻었기에 문헌고찰과 함께 보고하고자 한다.

증 례

31세의 여자환자가 내원 7개월전부터 심해진 호흡곤란을 주소로 내원하였다. 환자는 20년전부터 운동시 호흡곤란이 있었으며 내원 8년전 개인의원에서 승모판 협착증 진단 받았으나 별다른 치료없이 지내왔다. 환자



Fig. 1. Preoperative Chest PA. There shows double contour of right cardiac border and straightening of left cardiac border suggesting left atrial enlargement. Lung markings of both lower lung fields are increased.

는 내원당시 문진상 전신 무력감, 열감, 흉통, 기침, 가래, 안정시의 가벼운 호흡곤란 및 운동 시의 심한 호흡곤란 등을 호소하였으며 이학적 소견상 혈압은 110/80 mmHg, 맥박은 80 회/min., 호흡수는 18 회/min.였으며 외견상 만성 병색을 띄고 있었고 영양 상태는 보통 정도였다. 청진 소견상 호흡음은 양쪽 폐야에서 잘 들리고 있었으며 호흡 시의 잡음은 들리지 않았고, 심장 최대 박동점은 쇄골 정중선과 5번째 늑간이 만나는 곳에서 느껴졌으며 심첨부에서 4도의 수축기 심잡음이 들리고 있었다. 촉진상 복부는 부드러웠으며 간은 만져지지 않았다. 내원 당시 시행한 말초 혈액 검사 및 전해질, 혈청 화학 검사는 모두 정상이었으며 단순 흉부 X선 검사상 양측 폐야의 혈관 음영이 증가 되어 있었고 심장의 우측 경계에 이중 윤곽이 보여 좌심방이 커져 있음을 나타내고 있었다(Fig. 1). 심전도상에는 정상적인 동성 리듬을 나타내었으며 좌심방 비대 및 심장의 우향성을 나타내었다. 환자는 경흉부 심장 초음파검사를 시행하였는데 4도의 승모판 폐쇄 부전, 중등도의 승모판 협착증, 1도의 삼첨판 폐쇄 부전 및 승모판의 석회화와 섬유성 비후, 좌심방의 비대 소견을 나타내었으며 좌심방의 크기는 61 mm로 커져 있었고 승모판의 넓이는 1.2 cm²으로 좁아져 있었다. 좌심실은 수축기능에 이상 소견 없었고 좌심실의 심장 박출 계수는 71%였다. 심도자 검사상에서는 폐모세혈관압 25 mmHg, 폐

동맥압 46/17 mmHg로 경한 폐동맥 고혈압 소견을 나타내었다. 환자는 승모판막 치환술을 시행 받았다. 수술은 정중 흉골 절개 후에 인공 심폐기를 사용하여 시행하였으며 체외 순환을 위한 삼관 및 체외 순환은 통상적인 방법으로 시행하였다. 수술 소견상 승모판 전엽이 탈출(prolapse) 되어 있었고 판막륜은 늘어나 있었으며 전엽에 석회화된 침착이 관찰되었다. 수술은 승모판의 전엽을 잘라낸뒤 Sorin 기계판막 29 mm로 치환술을 시행하였으며 대동맥 차단 시간은 1시간 5분이었다. 환자는 심폐기 이탈을 시작한 직후 동성 율동을 보이며 심장 박동을 시작하다가, 곧 혈압이 떨어지기 시작하면서 경식도 초음파상, 좌심실의 수축이 감소하는 양상을 보이기 시작하였다. 그 후 dopamin, dobutamine, epinephrine, Inacor 등을 최대 용량으로 사용하며 다시 심폐기 이탈을 시도하였으나 실패하여, 심폐기 이탈을 시작한지 1시간 50분에 대동맥내 풍선펌프를 좌측 대퇴 동맥에 삽입하고 심장을 보조하기 시작하였다. 그러나 강심제를 계속 사용하고 대동맥내 풍선펌프로 심장을 보조함에도 불구하고 경식도 초음파상 좌심실의 수축이 거의 없는 상태가 계속되어 “myocardial stunning” 의심하에 심실 순환 보조장치를 사용하기로 결정하고 심폐기 이탈을 시작한지 6시간 20분만에 좌심이와 우측 대퇴 동맥에 카놀라를 삽입한후 Medtronic사의 Biopump를 이용하여 좌심실 순환 보조를 시작하였다. 환자는 대동맥 내 풍선 펌프와 좌심실 순환 보조 장치를 이용하여 심장 기능의 보조를 하면서 중환자실로 옮겨졌다. 환자는 중환자실에서 계속적인 경식도 초음파로 심장의 기능을 모니터 하였는데 좌심실 순환 보조 장치를 사용하기 시작한지 10시간 정도 지나서부터 좌심실의 기능이 회복되기 시작하였으며 계속적인 회복을 보여 14시간째부터 좌심실 순환 보조 장치로부터의 이탈을 시작하였다. 이탈 기간 중 좌심방 압력은 15 mmHg 이상 오르지 않았으며 대동맥 풍선 펌프의 보조를 받으며 혈압은 수축기 압력이 100 mmHg 이상이고 이완기 혈압은 70 mmHg 이상 유지되었다. 환자는 좌심실 순환 보조 장치를 사용하기 시작한지 16시간 55분만에 좌심실 순환 보조 장치로부터 성공적으로 이탈하였고, 이탈에 성공한지 6시간 후에 중환자실에서 좌심방과 우측 대퇴 동맥의 카놀라를 제거하고 흉골을 닫았으며 상처 부위를 봉합하였다. 좌심실 순환 보조 장치를 사용하는 기간 중에는 heparin을 사용하여 ACT(Activated Clotting Time)가 180초 이상 되도록 유지하였고, 종격동에 삽입한 흉관을 통하여 계속적인 출혈이 있어 cell saver를 이용하여 농축시킨 후에 다시 수혈을 하였다. 카놀라를

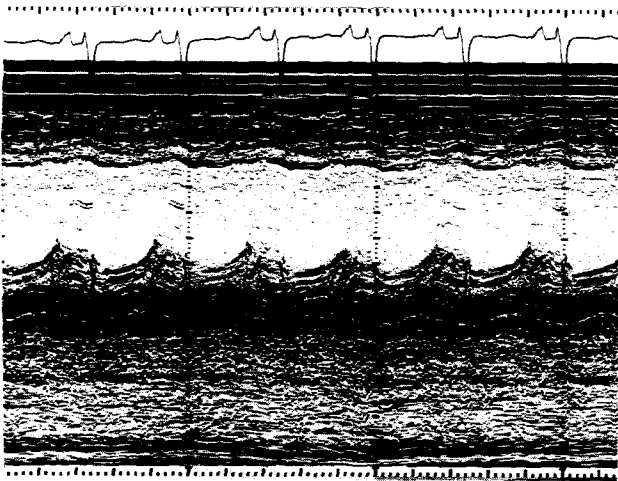


Fig. 2. M-mode echocardiography at POD #6th. day.

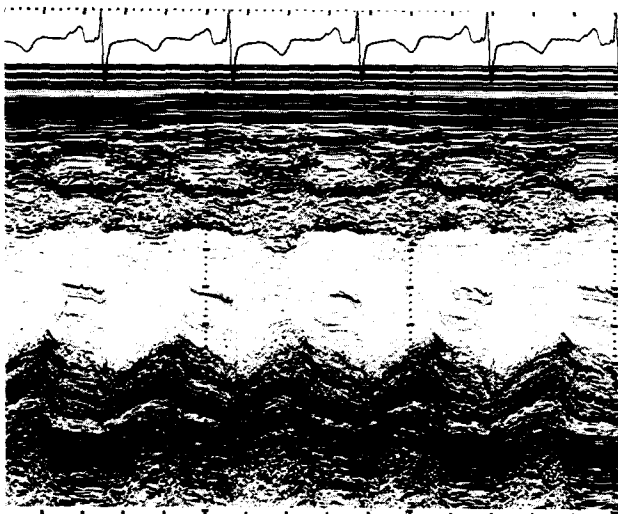


Fig. 3. M-mode echocardiography at POD #21st. day.

제거할때 살피본 바 출혈은 woozing 이었고 heparin 사용을 중단한 후에 멈추었다. 중환자실에서 상처를 봉합할 때 종격동 조직 및 혈액의 균 배양 검사를 시행하였는데 결과는 모두 음성이었다. 그 후 환자는 아무런 문제점 없이 계속적인 회복을 보여 수술 후 4일째 오전에 기도 삽관을 제거하고 오후에 대동맥내 풍선 펌프를 제거하였으며 수술 후 6일째 모든 강심제 사용을 중단하였고 7일째에 일반병실로 옮겼다. 항응고제 투여량을 조절한 후, 수술 후 21일째 퇴원하였다. 심장의 기능도 뚜렷한 향상을 보여, 수술 후 5일째 심초음파상 심박출 계수가 21%였으나(Fig. 2) 6일째에는 29%로 증가하였고 13일째는 45%, 퇴원 당일 시행한 검사에서는



Fig. 4. Postoperative Chest PA at POD # 21st. day.

64%로(Fig. 3) 정상적인 소견을 나타내었으며 단순 흉부 X선 검사상에서도(Fig. 4) 좌심방의 크기가 감소된 것을 볼 수 있었다.

고 찰

심장 수술에 있어서 수술적인 수기와 심근보호 방법에 많은 발전이 있었지만 최근 까지도 심장수술후 심인성 속에 빠져 대동맥내 풍선펌프(Intra Aortic Balloon Pump)의 보조를 받는 경우가 1~10%나 되며, 심실 순환 보조장치(Ventricular Assist Device)의 보조를 받는 경우는 0.1~0.8%가 되는 것으로 보고되고 있다. 그러나 생존율은 대동맥내 풍선펌프의 경우 45~65%이고, 심실 순환 보조장치의 경우 환자 수가 많은 연구 결과들에서는 29~50%로, 전체적으로 23%의 생존율을 보이는 것으로 보고 되어 있다¹. 심실순환보조장치를 사용한 경우에 생존율이 더 떨어지는 것은 연구된 결과들의 대부분이 보조적인 치료와 대동맥내 풍선펌프를 사용하여 치료하다가 마지막 방법으로 심실순환 보조장치를 사용하기 때문으로 심장수술후 체외순환기를 이탈하는 과정에서 심장의 기능이 잘돌아오지 않을때 조기에 심실순환보조장치를 사용한 경우에는 훨씬 높은 생존율을 보이고 있다². 기계적인 좌심실 보조 요법은 Dennis등³이 처음으로 개에서 full left heart bypass를 시행하였을때 심근 산소 이용도가 대조군에 비하여 절반 정도로 감소한다는 것을 보고하면서 시작되어서 Liotta 등⁴이 임상에 응용하였으며, Spencer등⁵이 첫 생존자를

보고하면서 심장수술후의 심실 기능부전 환자에서 여러가지 전통적인 방법으로 치료하였으나 반응이 없을 경우에 시도해 볼 수 있는 방법으로 대두되었다. 최근에는 의학기술의 발달 및 많은 연구 결과에 힘입어 심실 순환 보조장치를 사용하는 경우 성적이 점차 향상되고 있는 가운데 대동맥내 풍선 펌프나 기계적인 순환 보조장치를 사용하게 되는 경우가 점차 늘고있는 실정이다. '대동맥내 풍선펌프'의 보조를 받거나 '심실 순환 보조장치'를 사용하게 되는 경우가 늘어나는 이유는 수술을 시행받는 환자들의 나이가 점점 많아지고 수술을 시행받기전의 심장기능 상태가 나쁜 환자들이 많아지기 때문인데, 이러한 심장보조기구를 사용함으로써 심장수술후에 빠지기 쉬운 회복가능한 상태인 'myocardial stunning'에 대한 기능보조를 할 수 있고 심장이식 수술을 받기전에 징검다리 역할로서의 도움을 줄 수도 있다.

심실순환 보조장치를 어떠한 환자에게 사용할 것인가 하는 문제에 대하여는 1977년 Norman등²이 혈액학적 기준을 발표하여 현재도 사용하고 있는데, 그 기준은 최대 용량의 약물과 '대동맥내 풍선펌프'의 도움을 받으면서도 심박출계수가 1.8 L/min/m² 보다 낮고 전신 혈관 저항은 2100 dyne/sec/cm⁵ 보다 높으며 수축기 동맥 혈압이 90 mmHg 이하, 좌심방 혹은 우심방의 압력이 20 mmHg 이상이고 소변이 시간당 20 cc 미만일때를 기준으로 하였다(Table 1). 그러나 실제로는 이 기준 자체가 너무 오래 전의 기준이기에 이 기준을 일률적으로 적용하기 어려우며 환자의 병력과 임상상태를 고려하여야 하고 체외 순환을 떼기 위해 필요한 약물의 양 및 위험 요소들을 고려하여야 한다⁶. 고려해야할 위험요소중 몇가지는 생존율에 영향을 미치는 것으로 되어있는데 그것은 다음의 표와 같다(Table 2). 심실 순환 보조장치를 사용하기 위하여는 원래 계획하였던 수술이 성공적이어야 하는데 그렇지 못한 경우는 남아있는 심장의 이상 때문에 심실순환 보조장치를 사용하여도 심장기능의 회복을 기대하기 어렵고 심장이식 수술을 계획하고 있는 경우가 아니라면 심실순환 보조장치를 사용하지 않는 것으로 되어있다. 또한 심장 수술을 받기 24~48시간 이내에 심근 경색이 있었던 환자에게는 심실 순환 보조장치를 사용하여도 심장기능의 회복을 기대하기 어렵다. 양심실 부전증 환자에게는 양심실 보조장치를 사용하여야 하며 이는 수술대에서 심장이 뛰는 것과 양심방의 압력이 올라가는 것을 보고 결정하여야 한다. 양심실 보조장치를 사용하는 경우의 생존율

Table 1. Hemodynamic criteria for VAD support

Cardiac Index	less than 1.8 L/min/m ²
Systemic Vascular Resistance	more than 2100 dyne/sec/cm ⁵
Systolic BP	less than 90 mmHg
Lt. and/or Rt. atrial pressure	more than 20 mmHg
Urine Output	less than 20 cc/hr despite IABP and inotropic support

Table 2. Risk factors for VAD insertion

Unsuccessful operation
Preoperative or intraoperative myocardial infarction
Biventricular failure
Multiple previous infarction or history of congestive heart failure
Physiologic age
Uncontrolled bleeding
Cardiac surgical procedure within 10 days

은 단심실 보조장치를 사용할때보다 떨어지는데 생존율은 심실손상의 정도와 관련이 있으며 양심실 기능보조를 필요로 하는 환자에게서 좌심실 기능보조만을 시행한 경우에는 생존율이 4.5%에 불과하다. 나이는 중요한 위험인자로서 70세 이상의 환자에서 심실보조장치를 사용한 경우에 10% 정도의 성공률을 보이는 것으로 보고되고 있는데 이러한 결과는 나이에 따른 생리적인 reserve와 관계된 것으로 최근에는 65세 이상의 환자에서도 환자선정만 잘하면 좋은 결과를 얻을 수 있다고 보고하고 있다. 따라서 환자의 physiologic age가 chronologic age 보다 중요하다고 하겠다². 수술중에 그리고 수술후에 혈액 응고 장애가 흔히 동반되는데 이러한 것을 위험인자로 여기기도하나 동반되는 혈액응고 장애는 체외순환 시간이 길수록 잘동반되는 것으로 Pae등⁷은 체외순환시간이 4시간 미만일때와 6시간 이상일때 각각 28%와 14%의 성공률을 보고하고 있다. 그러나 심실 보조장치를 사용할 수 없는 환자들도 있는데 활동성있는 전신 감염증이 있거나 회복되기 어려운 만성 질환이 있을때, 신경학적인 이상이 있거나 전이성 악성 종양이 있을때, blood dyscrasia가 있을때와 심장이식 수술을 받을 수 없을 경우등에 있어서는 심실 보조장치의 사용이 금기시 되고 있다. 심실순환 보조장치를 사용할때 이것을 언제 시작하여야 하는 것에 대하여는 Parascandola등⁸이 사망한 환자들에 비하여 생존한

환자에서 보다 조기에 기계순환보조장치를 사용하였다고 보고하였는데 체외 순환을 하다가 심실 보조장치를 사용하기까지의 시간이 생존자에서 171분 이었는데 반하여 사망한 환자에서는 274분으로 사망한 환자에서 훨씬 늦게 기계 순환보조를 시작하였다. 또한 처음 수술시 기계 보조순환을 시행하는 경우와 처음 수술후 6시간에서 10일까지 뒤늦게 기계 보조 순환을 시작한 경우를 비교하여 보았을때 생존율이 각각 44%와 14%로 처음 수술시 기계 순환보조를 시행한 경우에 더 좋은 결과를 얻었다는 보고도 있다⁶.

좌심실 기능 보조장치의 사용방법은 좌심실 기능 보조를 위해서 좌심이나 폐정맥에 삽관을 하고 상행및 흉부 하행 대동맥이나 대퇴동맥에 삽관을 하여 피가 좌심실을 거치지 않고 좌심방에서 곧장 전신 혈관으로 공급되도록 하여 준다. 일단 양측의 삽관이 끝났으면 심방의 압력이 20 mmHg까지 올라가도록 체외 순환량을 점점 줄인후 심방의 압력이 20 mmHg까지 오르면 심실 순환보조기를 통한 보조를 시작한 후 체외순환을 멈춘고 체외 순환 카놀라를 제거하게된다. 이때 심방 압력을 5~15 mmHg가 되게 유지하면서 전신순환 혈류량을 2.2 L/min/m²가 되도록 유지한다. 이상적으로는 심실 순환보조장치를 사용하면서 강심제를 사용하지 않는 것이 좋으며 동맥 평균 혈압은 60~70 mmHg, 중심정맥 산소 포화도는 65% 이상을 유지하는 것이 좋다. 심폐기를 사용한 체외 순환이 끝나면 프로타민을 정주하여 헤파린의 효과를 중화 시킨후 ACT가 정상 범위로 돌아오면 헤파린을 다시 주기 시작하여 ACT가 150초 이상되도록 유지하는데 만약 사용하는 튜브들이 헤파린으로 코팅 되어있으면 헤파린을 주지않아도 된다는 보고들도 있다⁶. 이때 유의하여야 할 것은 DIC 검사를 하여 이상 유무를 꼭 확인 하여야 한다.

일단 심실 보조장치를 사용한 심실 기능 보조가 시작되면 최소한 24시간 이상은 심실 기능을 보조하여 주는 것이 필요하며 임상적으로 상태가 안정되어있고 심근이 어느 정도 회복된 것으로 생각되면 보조기 이탈이 가능한 지 살펴보아야 하는데 이것은 3분이내에 끝내야 하며 ACT > 180 sec 이상인 상태에서 pump flow를 1 L/min까지 낮추었을때 이 상태로 2분 이상 유지가 가능하면 이탈을 시행해도 된다. 이탈을 시행할때는 열희석법이나 Fick's principle을 이용하여 심박출량을 계산하고 경식도 초음파를 시행하며 단계적인 방법으로 이탈을 시행하여야 하는데 4~8시간에 걸쳐서 2시간마다 1 L/min씩 혈류량을 감소하여 1 L/min가 될때까지 flow를 줄인후 1 L/min에서 순환 보조장치를 멈출

수 있다. 이 때 각 단계마다 심박출량을 계산하고 경식도 초음파를 시행하며 만약에 심실기능의 호전이 확인되지 않으면 이탈을 중단하고 다시 심실 순환보조를 시행하여야 한다⁶.

그러나 이러한 기술적인 문제이외에도 중요하게 생각해야 할것이 있는데 위의 전과정을 걸쳐서 감염에 주의하여야 한다. 심실 순환 보조장치를 설치하고 중환자실로 나오게 될때는 흉골을 닫지 않은 상태로 나오게 되는데 피부만을 봉합한 상태로 나오거나 다 열어놓은 상태로 surgi-drap을 붙이고 나오게 된다. 또한 종격동내로 출혈이 있는 경우에는 중환자실에서 surgi-drap을 열고 세척을 해주어야 하기에 감염의 기회가 더 높을 수 밖에 없다. 따라서 심실 순환 보조장치를 사용할 때는 '무균적 처치'의 원칙을 철저히 지키는 것이 매우 중요하며 또한 종격동 내의 혈액이나 구조물에서 균 배양 검사등을 시행하여 오염의 여부를 조기에 발견하는 것이 필요하다. 저자들의 경우에는 흉골을 열어놓은 상태로 피부 봉합을 시행한후 중환자실로 나왔는데 다행히 감염 되지 않고 균 배양 검사및 혈액 검사 소견상 이상소견이 없었다.

이 환자의 경우에 수술후 극심한 좌심실 기능 부전에 빠진 원인으로 관상동맥 색전증, 관상동맥 동정맥 기형, 재관류시 손상(reperfusion injury) 등을 고려해 볼 수 있다. 관상동맥 색전증은 체외순환을 이탈하는 과정에서 흔히 올 수 있으나 주로 우관상동맥에 잘 오는 것으로 되어있으며 심전도상의 변화를 동반하고 관상동맥의 관류압이 증가하면 모두 제거되는것으로 되어 있다. 이 환자는 좌심실의 기능이 동시에 전체적으로 떨어졌는데 이와같은 현상이 일어나려면 좌측 주관상동맥이 막혀야 하나 공기 색전증에 의하여 좌측 주관상동맥이 막히기는 어려우며 또한 심전도상의 변화를 동반하지 않은것으로 보아 관상동맥 색전증에 의하여 좌심실 기능부전에 빠진 것으로 보기는 어렵다. 관상동맥 동정맥 기형은 관상동맥과 관상정맥이 직접 연결된 것으로 이러한 이상이 있으면 심마비 용액을 주입할때 관상동맥에서 관상정맥으로 심마비 용액이 그대로 새어 버리기때문에 심근 보호가 잘 되지 않는다. 관상동맥 동정맥 기형의 진단은 청진시 잡음이 들릴 수 있으나 다 그런것은 아니며 확진을 위해서는 관상동맥 촬영을 시행하여야 한다. 이 환자는 수술전에 혈관 촬영을 시행하였으나 관상동맥 촬영은 하지 않았었기 때문에 관상동맥 동정맥 기형의 유무는 알수가 없고 따라서 이러한 이유로 인하여 myocardial stunning이 왔었을 수도 있다. 그러나 이 환자에 있어서 심근 보호가 잘 되지

않았다면 수술중에 심장이 움직이는 것을 확인할 수 있었을 텐데 다른 환자들에 비하여 심장의 활동성이 빨리 돌아오기는 하였지만 심마비 용액을 충분히 주어 심장이 움직이지 않는것을 확인하며 수술하였었기에 설령 이러한 이상이 있다 할지라도 관상동맥 동정맥 기형때문에 myocardial stunning에 빠졌었다고 보기는 어려울것 같다. 재관류 손상은 허혈성 심정지후 관상동맥을 통한 재관류시 울수 있는데 산소 유리기, 심근 마이토콘드리아내의 칼슘 침착, 혈소판 들로부터 분비되는 여러 화학적 활성물질들이 원인이 되는 것으로 알려져 있으며 심장수술후 'stunning'의 흔한 원인이 되고 있다. 그러나 이 환자의 경우에 경식도 초음파상 우심실의 기능은 매우 좋은 상태를 보이고 있는 상태로 극심한 좌심실 기능 부전을 보였기에 재관류 손상에 의한 것이라고 보기도 어려운것 같다.

결론적으로, 심장 관막 수술 후 급성 심부전에 빠진 본 환자의 경우, 젊은 나이로 수술전에 다른 병을 앓은 적이 없고 수술 자체가 성공적이었으며 심근 경색이 수술전후에 없었고 다른 합병증이 없었던 것, 그리고 적절한 시기에 심실순환 보조장치를 사용한 것이 좋은 결과를 낳은 것으로 생각이된다.

참 고 문 헌

1. Miller CA, Pae WE and Pierce WS: Combined registry for the clinical use of mechanical ventricular assist devices. ASAIO Trans 36: 43-46, 1990
2. Norman JC, Cooley DA, Igo SR and et al: Prognostic indices for survival during postcardiotomy intra-aortic balloon pumping. J Thorac Cardiovasc Surg 74: 709-720, 1977
3. Dennis C, Hall DP, Moreno JR and Senning A: Reduction of the oxygen utilization of the heart by left heart bypass. Circulation Research 10: 298-305, 1962
4. Liotta D, Hall CW, Henry WS, Cooley DA, Crawford ES and DeBakey ME: Prolonged assisted circulation during and after cardiac or aortic surgery. The American Journal of Cardiology 12: 399-405, 1963
5. Spencer FC, Eiseman B, Trinkle JK and Rossi NP: Assisted circulation for cardiac failure following intracardiac surgery with cardiopulmonary bypass. J Thorac Cardiovasc Surg 49: 56-73, 1965
6. OATT RA, Gutfinger DE, Gazzaniga AB and et al: Mechanical Cardiac Assist. Cardiac Surgery 7: 229-264, 1993
7. Pae WE, Miller CA, Matthews Y and Pierce WS: Ventricular assisted devices for postcardiotomy shock. J Thorac Cardiovasc Surg 104: 541-553, 1992
8. Parascandola SA, Pae WE, Davis PK, Miller CA, Pierce WS and Waldhausen JA: Determinants of survival in patients with ventricular assist devices. Trans Am Soc Artif Intern Organs 34: 222-228, 1988