

## Centrifugal Biomedicus Pump의 임상 응용\*

강 면 식\*\* · 이 교 준\*\* · 최 수 승\*\* · 조 범 구\*\*

—Abstract—

### Clinical use of Centrifugal Biomedicus Pump\*

Meyun Shick Kang, M.D., Kyo June Lee, M.D.,  
Soo Seung Choi, M.D., Bum Koo Cho, M.D.

From June 1989 to July 1992, we used centrifugal Biomedicus pump(CBP) in 20 patients. In 9 cases, CBP was used as ventricular assistance after heart surgery for those who could not be weaned off bypass even with intra-aortic balloon counter-pulsation and with maximal inotropic support. In 8 patients, CBP was used as partial left heart bypass during repair of aortic aneurysms or congenital aortic anomalies. And in 3 patients, CBP was used as vena caval bypass during resection of renal cell carcinoma with tumor extension into the inferior vena cava.

In 2 of 9 patients with ventricular assistance, they were weaned off the device successfully after 16 hours and 7 days respectively. But the patients died of intracranial hemorrhage and sepsis, 7 and 29 days after weaning from cardiac support, respectively.

In all the patients who underwent aortic or vena caval surgery using CBP as shunt, there were no complications such as postoperative bleeding necessitating reoperation, renal failure or neurologic sequelae.

In conclusion, the centrifugal type of ventricular assistance may be potentially life saving treatment modality in patients with severe postoperative low cardiac output syndrome. The CBP can be safely employed for resection of renal cell carcinoma with vena caval tumor extension and for repair of aortic aneurysms.

**Key Words:** centrifugal pump, ventricular assist, aortic aneurysm, renal cell carcinoma.

### 서 론

개심술 후 심장 기능의 손상이 심한 환자에서 적절한 약물 치료나 IABP로도 인공심폐기이탈이 곤란한 경우가 전체 개심술의 약 0.5-1%에서 발생하는 것으로

알려져 있으며<sup>1,2,3,4</sup>, 이런 경우에 기계적 보조순환장치를 이용하여 손상된 심장 기능의 회복을 기대해 볼 수 있는데<sup>5,6</sup>, 특히 centrifugal Biomedicus pump (CBP)를 보조순환장치로서 사용하여, 좋은 결과를 얻었다고 보고되고 있다<sup>1,2,4,7,8</sup>.

CBP는 1960년대 말에 Bernstein<sup>9</sup>에 의하여 동물 및 임상에 응용되기 시작한 이후로, 그 적용이 다른 보조순환장치에 비하여 비교적 조작이 간편하고 경제 적이며, 적은 항응고제 요구량으로 인한 수술 후 출혈 등의 합병증이 적다는 장점등으로<sup>2,7</sup> 개심술 후의 심장

\*본 논문은 1992년 제24차 추계 흉부외과 학술대회에서 구연되었음.

\*\*연세심장혈관센터 흉부외과

\*\*Yonsei Cardiovascular Center, Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery

보조이외에도 대동맥 수술의 부분체외순환<sup>10,11,12)</sup>, 대정맥 및 간이식수술시의 하대정맥우심방 우회로술<sup>13,14, 15,16,17)</sup>, extracorporeal membrane oxygenation, 그리고 심장이식술로의 연계(bridge)역할<sup>3,4,6,17)</sup> 등 넓은 범위에 적용되고 있다.

본 연세심장혈관센터에서는 개심술 후 인공심폐기 이탈이 곤란하였던 9례, 대동맥류 및 선천성 대동맥 기형수술 8례 및 하대정맥을 침범한 신장암의 근치술 3례에서 각각 CBP를 임상 응용한 경험이 있기에 보고하고자 한다.

### 대상 및 방법

연세심장혈관센터에서는 1989년 6월부터 1992년 7월까지 20례의 환자에서 CBP를 임상 응용하였으며, 성비는 남성 12례, 여성 8례였고, 나이는 7개월에서 70세로 평균 42.5세였다.

개심술 후의 심장 보조를 위한 9예(Group A)에서는 관상동맥 우회로술만을 시행한 3례, 개심술 중 좌심실 파열이 돌발되었던 3례, 승모판막 재치환술이 1례 그리고 선천성 심장병 교정술 2례이었고, 좌심실 파열 3례의 수술명은 승모판막 치환술이 2례, 관상동

맥 우회로술과 대동맥판막 치환술을 같이 시행한 1례이며, 소아 심장병 2례는 ASD와 PAPVR의 교정술과 TOF의 완전 교정술이었다.

소아 2예를 제외한 나머지 예에서는 모두 intra-aortic balloon pump 및 약물 투여로도 인공심폐기이탈이 안되었던 경우였다(표 1).

Group A의 경우, 수술후 심박동 시작부터 CBP를 장치할 때까지 소요된 시간은 21분에서 4시간으로 다양하였으며, 2번째 환자의 경우에는 심박동 후 54분만에 intra-aortic balloon pump로서 인공심폐기이탈을 할 수 있었으나, 그 후 4시간만에 결국 CBP를 병용할 수 밖에 없었던 경우였다(표 1).

대동맥 수술을 위한 8례(Group B)에서는, 대동맥류의 인조혈관 대치술 5례와 선천성 대동맥 기형 교정술 3례로서, 흉부 대동맥에 국한된 흉부 대동맥류 3례 및 흉복부 대동맥류 2례가 있었고, 선천성 대동맥 축착이 2례, 선천성 대동맥 단절이 1례였다. 하대정맥 수술을 위한 3례(Group C)에서는, 3례 모두 우측 신장에서 발생한 신장암이 하대정맥을 침범한 경우로서, 근치적 신장적출술을 시행한 후 CBP로 하대정맥우심방 우회로술을 시행하면서 하대정맥에 접근하였다(표 2).

표 1. Patient Profile Received Postoperative Cardiac Support (Group A)

| Patient No. | Age /Sex | Procedure                          | PB time (min) | ACC time (min) | Time Interval after Heart Beating | IABP |
|-------------|----------|------------------------------------|---------------|----------------|-----------------------------------|------|
| 1           | 68 /M    | CABG, AVR<br>Repair of ruptured LV | 420           | 153            | 4hr                               | Yes  |
| 2           | 62 /F    | CABG                               | 137           | 78             | 5hr(54min)*                       | Yes  |
| 3           | 55 /M    | CABG                               | 330           | 105            | 3.5hr                             | Yes  |
| 4           | 44 /M    | CABG                               | 167           | 78             | 1.5hr                             | Yes  |
| 5           | 58 /M    | MVR<br>Repair of ruptured LV       | 98            | 72             | 21min                             | Yes  |
| 6           | 67 /F    | MVR<br>Repair of ruptured LV       | 335           | 245            | 80min                             | Yes  |
| 7           | 61 /M    | Redo MVR                           | 151           | 94             | 53min                             | Yes  |
| 8           | 7 /12 /M | Total correction<br>of ASD & PAPVR | 310           | 145            | 2.5hr                             | No   |
| 9           | 4 /M     | Total correction<br>of TOF         | 205           | 120            | 83min                             | No   |

PB : partial bypass, ACC : aortic cross-clamp, IABP : intra-aortic ballon pump.

CABG : coronary arterial bypass grafting, AVR : aortic valve replacement, LV : left ventricle, MVR : mitral valve replacement ASD : atrial septal defect, PAPVR : partial anomalous pulmonary venous return, TOF : tetralogy of Fallot

\*54min after ACC off, initially weanable from CPB for 4hr with IABP alone.

**표 2. Patient Profile Received Aortic or Vena Caval Surgery**

Group B. (Left heart bypass for aortic surgery) 8  
 Graft interposition of aortic aneurysm 5  
 thoracic portion 3  
 thoracoabdominal portion 2  
 Repair of congenital anomaly 3  
 coarctation 2  
 interruption 1  
 Group C. (Venoatrial bypass for IVC surgery) 3  
 Resection of renal cell ca with IVC invasion

IVC : inferior vena cava

모든 환자에서 헤파린을 투여하여 ACT를 200-250초로, 유속을 분당 1500-2000cc로 유지하고자 하였다. CBP를 연결하기 위한 캐놀러 삽입부위는 경우에 따라 달리 선택되었는데, Group A의 3례에서는 기존 개심술의 인공심폐술을 위하여 삽입하였던 캐놀러들과 산화기를 그대로 사용하면서 roller pump만 CBP로 대체하여 체외순환을 지속하였던 경우로서, ACT 및 유속을 의도적으로 낮게 유지하기가 어려웠다. 나머지 6례에서는 좌심방이에 삽관을 새로이 시행하여 LVAD로서 보조하며 중환자실로 옮겼는데, 이중 2례에서 우심실부전이 병발하여 우심방이에 캐놀러 삽입을 첨가하여 BVAD로 전환하였으며, 이때는 산화기를 재차 사용하였으므로 ACT를 낮게 유지하기가 어려웠으며, LVAD로만 계속하였던 4례에서는 ACT 및 유속을 비교적 낮게 유지할 수 있었다(표 3).

Group B에서는 8례 모두 좌측개흉술을 시행, 좌심

방이에 캐놀러를 삽입하여 유출된 혈류를 좌측 또는 우측 서혜부를 통해 삽입된 대퇴동맥 캐놀러로 전달되게 하였으며, Group C에서는 3례 모두 개복술 및 우측개흉술 또는 정중개흉술을 시행, 하대정맥에서 유출된 혈류가 우심방으로 우회되도록 하였다(표 3).

**결 과**

Group A에서는 9례 모두 사망하였으며, 그 중 7례에서는 CBP를 제거하지 못한 상태에서 심부전, 다발성 장기부전증 및 출혈등으로 사망하였으며, 나머지 2례에서는 심장을 보조한 지 각각 16시간 및 7일만에 성공적으로 CBP를 제거할 수 있었으나, 펌프 제거 후 각각 7일 및 29일만에 병발된 뇌출혈과 폐혈증으로 사망하였다(표 4). 제거가 가능하였던 두 환자는 모두 LVAD로만 보조하였던 경우로, ACT 및 유속을 낮게 유지할 수 있었던 경우였으며, 뇌출혈의 원인은 뇌컴퓨터촬영상 기존의 뇌동맥류 파열로 추정된 지주막하

**표 4. Results in Patients Received Postoperative Cardiac Support**

Operative mortality : 9(100%)  
 Cause of death  
 congestive heart failure 3  
 multiorgan failure 2  
 bleeding 2  
 CVA 1  
 sepsis 1

CVA : cerebrovascular accident

**표 3. Methods**

| Group | Type of Device | Cannulation Drain | Input      | No. | Length of Support | Flow Rate (ml/min) |
|-------|----------------|-------------------|------------|-----|-------------------|--------------------|
| A     | Continued ECC  | RA                | Asc Ao     | 3   | 103.0 hr          | 2400               |
|       | LAVD           | LA                | Asc Ao     | 4   | 88.8 hr           | 1700               |
|       | LVAD           | LA+RA             | Asc Ao+MPA | 1   | 12.5 hr           | 1500               |
|       | ---->BVAD      | LA->RA            | Asc Ao     | 1   |                   |                    |
| B     |                | LA                | LFA        | 7   | 133.6 min         | 1800               |
|       |                | LA                | RFA        | 1   |                   |                    |
| C     |                | IVC               | RA         | 3   | 59.3 min          | 1500               |

ACT : activated coagulation time, ECC : extracorporeal circulation, RA : right atrium, Asc Ao : ascending aorta, LVAD : left ventricular assist device, LA : left atrium, MPA : main pulmonary artery, BVAD : biventricular assist device, LFA : left femoral artery, RFA : right femoral artery, IVC : inferior vena cava

표 5. Outcome of Two Patients Weaned From Circulatory Assist

| Sex | Age | Procedure                    | Type of Device | Length of Support | Outcome (cause of death)    |
|-----|-----|------------------------------|----------------|-------------------|-----------------------------|
| F   | 62  | CABG                         | LVAD           | 16hr              | died 7 days later (CVA)     |
| F   | 58  | MVR<br>Repair of ruptured LV | LVAD           | 7 days            | died 29 days later (Sepsis) |

CABG : coronary arterial bypass grafting, LVAD : left ventricular assist device, CVA : cerebrovascular accident, MVR : mitral valve replacement, LV : left ventricle

출혈이었고, 폐혈증은 황색녹농균 감염에 의한 것이었다(표 5).

Group B 및 Group C에서의 수술 사망은 없었고, 술후 출혈, 신부전증 혹은 신경학적 장애등의 특별한 합병증이 없었다. 다만, 흉부 대동맥류 환자의 한 경우에서, 좌측 대퇴부의 이상감각증세가 술 후 9일에 일시적으로 나타났다가 곧 소실되었고, 당시 신경전기 생리학적 검사상 정상 소견을 보였다. 또 흉복부 대동맥류 환자의 한 경우에서 술 후 1주일간의 고빌리루빈 혈증을 보였으나 그 후 회복되었으며, 용혈 검사 및 간기능 검사는 모두 정상 소견을 보였다.

## 고 안

개심술 후 인공심폐기이탈이 안되어 지속적인 심장 보조를 필요로 하는 경우는 전체 개심술환자의 약 0.5-1%에서 발생한다고 보고되고 있으며<sup>1,2,3,4)</sup>, 그 원인으로서는 술전 환자의 상태보다는 대부분이 수술중 심장 손상에 의한 것이라고 생각되고 있다<sup>1,7)</sup>. 본 연구에서 LVAD로만 보조했던 4예중 2예에서 인공심폐기이탈이 가능하였는데, 이와 같이 좌측심장기능만을 보조할 경우에는, Pennington<sup>1)</sup>에 의하면 우측심부전이 병발하게 되면 isoproterenol이나 PGE<sub>1</sub>등의 약물 투여만으로는 그 치료가 어렵고, RVAD를 신속 병용하여 BVAD로 전환하여 그 결과가 좋았다고 한다. 본 연구에서는 2예에서 우측심부전이 병발한 상태에서 LVA-D로만 심장기능을 보조하다가 뒤늦게 BVAD로 전환하였는 바, 보조한지 12.5hr만에 조기 사망하는 경향이 있었다. 기존 순환보조장치들의 가장 큰 문제점은 지속적 항응고제 투여에 의한 수술 부위의 출혈 및 전신적인 출혈 현상인 바, 헤파린을 최소한으로 사용하던지 아니면 전혀 사용하지 않는 CBP나 공기가압식 pump가 바람직하며<sup>2,7,16)</sup>, 특히 작동 및 조정이 간편하

고 경제적인 CBP가 유리하다. Dixon<sup>19)</sup>은 CBP의 혈액응고정도는 체내의 자가적 섬유소 용해로서 해결이 된다고 믿었고, 이를 controlled fibrinolysis라고 말하고 있다. 단, pump head의 혈액 응고를 방지하기 위해 pump head를 매 24-48시간 마다 교체하면서 유속을 분당 2000cc이상 유지하였다고 한다. 본 연구대상 환자에서는 pump head를 교체하지 않았으며, 인공심폐기이탈이 가능했던 한 환자는 ACT를 126초로 가장 낮게 유지할 수 있었던 경우였고, 다른 한 환자는 ACT 264초로서 심장보조한지 10일만에 발생한 뇌출혈로 결국 사망하였다.

Sang, B. Park<sup>7)</sup>은 개심술후 인공심폐기이탈이 실패한 경우에 적어도 한시간 이내에 기계적 심장보조장치를 결정하여야 하며, 보조 장치로의 전환이 빠를수록 좋은 결과를 얻을 수 있다고 보고한 바 있는데, 본 연구의 인공심폐기이탈이 가능했던 두 환자에서 한 환자는 보조순환장치의 결정이 가장 빨랐던 (21분) 환자였으며, 다른 한 환자는 IABP에 의한 인공심폐기이탈이 54분만에 가능하였으나 결국 4시간만에 CBP를 병용해야 했던 환자로 펌프의 사용을 좀 더 일찍 결정했어야 했을 것으로 생각된다.

Bolman<sup>17)</sup>의 보고에 의하면, 기계적 심장 보조로도 인공심폐기이탈이 되지 않을 경우 감염, 신부전 및 신경학적 장애가 없는 경우에 한해서 심장이식으로 연계(bridge)해야 한다고 하며, 이 경우 기존 심장이식술에 비해 감염의 가능성이 높고, 이식에 대한 술전조사가 철저히 되지 못한 이유로 어려움이 많다고 한다.

이와 같은 CBP의 편리성, 경제성 및 항응고제 요구량의 감소에 의한 출혈위험의 감소등의 장점으로 대동맥 및 대정맥 수술에도 적용되기 시작되었는데 특히, 기존 인공심폐기를 이용하여 수술했던 경우가 CBP로 대체되는 것이 최근 경향이다<sup>11,12,13,14,15,16)</sup>. Olivier<sup>11)</sup>는 대동맥 수술에 CBP를 응용하여 척수 손상을 현저히

줄일 수 있었다고 보고하였으며, 본 연구에서는 척수 손상에 대한 정밀한 조사가 이루어지지 않았으나, Group B의 모든 환자에서 술 후 임상적인 신경학적 이상을 보이지 않았으며, 단지 흉부 대동맥류 환자 1예에서 일시적인 좌측 대퇴부의 감각이상을 보인적이 있었다.

물론, CBP는 심장이식을 기다리고 있는 환자에서의 연계(bridge) 역할을 할 수 있는 심장 보조기계 중 가장 기본적이고 간단한 기계이고, 여러 보고에 의하면 이러한 연계 역할을 충분한 시간 동안 훌륭히 해낼 수 있는 것으로 되어 있다<sup>6,7,10,11</sup>). 이러한 사실은 심장이식수술을 계획하고 있는 기관이면 적극적으로 CBP 사용을 권장해 나가야 한다는 것을 말해주고 있다.

## 결 론

본 연세심장혈관센터 흉부외과에서는 1989년 6월부터 1992년 7월까지 20례의 환자에 CBP를 임상 응용하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 개심술 후에 심한 심근 부전을 나타낸 9명의 환자에서 CBP를 사용하였던 바, 2명에서 보조 장치를 제거할 수 있을 만큼 심근 회복의 목적을 달성하였으며, 앞으로 좀 더 조기에 적절한 기술로 CBP사용을 고려한다면 더 나은 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각되었고 둘째, 대동맥류의 수술 시 대동맥 차단 시간에 연연하지 않고 비교적 안전하게 수술을 시행할 수 있다고 생각되었다. 또한 폐색색증등의 수술 합병증이 올 수 있는 신장암(종괴가 하대정맥으로 파급, 자라나가 있을 때)에서 비교적 광범위한 정맥 절개를 시행, 완전한 종괴 절제 및 하대정맥벽의 부분 절제가 가능하였다.

## REFERENCES

1. Pennington DG, Merjavay JP, Swartz MC. *The importance of biventricular failure in patients with postoperative cardiogenic shock. Ann Thorac Surg* 1985; 39: 16-26.
2. Magovern GJ, Park SB, Maher TM. *Use of a centrifugal pump without anticoagulants for postoperative left ventricular assist. World J Surg* 1985; 9: 25-36.
3. Zumbro GL, Kitchens WR, Shearer G, Harville G, Bailey L, Galloway RF. *Mechanical assistance for cardiogenic shock following cardiac surgery, myocardial infarction, and cardiac transplantation. Ann Thorac Surg* 1987; 44: 11-13.
4. Drinkwater DC, Laks H. *Clinical experience with centrifugal pump ventricular support at UCLA medical center. Trans Am Soc Artif Intern Organs* 1988; 34: 505-508.
5. 이종국, 오중환, 박영환, 조범구, 홍필훈. 개심술 시 병발한 좌심실 기능부전증에 대한 Partial Left Heart Bypass 치험. *대흉회지* 1985; 18: 193-204.
6. Golding L, Stewart R, Cosgrove D, Loop F. *Biomedicus pump for mechanical cardiac support in clinical practice. J Thorac Cardiovasc Surg* 1988; 29: 38.
7. Park SB, Liebler GA, Burkholder JA. *Mechanical support of the failing heart. Ann Thorac Surg* 1986; 42: 627-631.
8. Kahl TR, Sano S, Horton S. *Centrifugal pump left heart assist in pediatric cardiac operations. J Thorac Cardiovasc Surg* 1991; 102: 624-630.
9. Bernstein EF, DeLaria GA, Johansen KH, Shuman RL, Stasz P, Reich S. *Twenty-four hour left ventricular bypass with a centrifugal pump. Ann Surg* 1975; 181: 412-417.
10. Colon R, Frazier OH, Cooley DA, McAllister HA. *Hypothermic regional perfusion for protection of the spinal cord during periods of ischemia. Ann Thorac Surg* 1987; 43: 639-643.
11. Olivier HF, Maher TD, Liebler GA, Park SB, Burkholder JA, Magovern GJ. *The use of the Biomedicus centrifugal pump in traumatic tears of the thoracic aorta. Ann Thorac Surg* 1984; 38: 586-591.
12. Diehl JT, Payne DD, Rastegar H, Cleveland RJ. *Arterial bypass of the descending thoracic aorta with the Biomedicus centrifugal pump. Ann Thorac Surg* 1987; 44: 422-423.
13. Attwood S, Lang DM, Goiti J, Grant J. *Venous bypass for surgical resection of renal carcinoma invading the vena cava: a new approach. Br J Urology* 1988; 61: 402-405.
14. David IB, Diehl JT, Benak A, Kodama RT, Bruce A, Goldman BS. *Resection of retrohepatic inferior vena caval tumors: a new technique using the Biomedicus pump. Canadian J Surg* 1988; 31:

219–220.

15. Moggio RA, Praeger PI, Sarabu MR, Babu SC, Shah PM, Choudhury MZ. *Use of the centrifugal flow pump for vena caval shunting. Ann Thorac Surg 1990 ; 50 : 146–148.*
16. Calne RY, Rolles K, Farman JV, Kneeshaw JD, Smith DP, Wheeldon DR. *Veno-arterial bypass in orthotopic liver grafting. Lancet 1984 ; Dec 1 : 1269.*
17. Bolman III RM, Cox JL, Marshall W. *Circulatory support with a centrifugal pump as a bridge to cardiac transplantation. Ann Thorac Surg 1989 ; 47 : 108–112.*
18. Pierce WS, Parr GVS, Myers JL, Pae WE, Bull AP, Waldhausen JA. *Ventricular-assist pumping in patients with cardiogenic shock after cardiac operations. New England J Medicine 1981 ; 31 : 1606–1610.*
19. Dixon CM, Magovern GJ. *Evaluation of the Bio Pump for long-term cardiac support without heparinization. J Extra-corporeal Technology 1982 ; 14 : 331–336.*