

# 우측 개흉술을 이용한 한국형 인공심장(AnyHeart)의 이식기법

손 호 성\* · 선 경\* · 신 재 승\* · 이 성 호\* · 정 재 승\* ·  
이 혜 원\* · 김 광 택\* · 김 승 철\*\* · 원 용 순\*\*\* · 민 병 구\*\*\*\* · 김 형 목\*

=Abstract=

## Surgical Technique for Korean Artificial Heart(AnyHeart) Implantation Using a Right Thoracotomy Approach

Ho Sung Son, M.D.\*, Kyung Sun, M.D.\*, Jae Seung Shin, M.D.\*, Sung Ho Lee, M.D.\*,  
Jae Seung Jung, M.D.\*, Hye Won Lee, M.D.\*, Kwang Taik Kim, M.D.\*, Seung Chul Kim, M.D.\*\*,  
Yong Soon Won, M.D.\*\*\*, Byoung Goo Min, PhD.\*\*\*\*, Hyoung Mook Kim, M.D.\*

**Background:** The surgical technique for biventricular assist device(BVAD) implantation has mainly consisted of cannulation procedures. A median sternotomy has been the technique of choice as it gives a surgeon an excellent exposure of the heart. However, considering that most patients require a future sternotomy or already have a previous sternotomy, sternotomy-related complication remains a major concern in BVAD implantation. Based on this consideration as well as the clinical experiences of conventional heart surgery, the authors have hypothesized that the cardiac chambers for BVAD cannulation can be approached from the right side of the heart. The purpose of this study to develop a novel surgical technique of right thoracotomy for BVAD implantation in an animal study. **Material and Method:** For last two years, 16 (11 calves, 3 canines, and 2 sheep) out of 30 experimental animals with AnyHeart implantation underwent a right thoracotomy. The device was used as an implantable BVAD in 14 animals, a wearable BVAD in 1, and an implantable LVAD in 1. The chest cavity was entered through the 4th intercostal space or the 5th periosteal bed. As for the BVAD use, a right inflow cannula was inserted into the right atrial free wall and a right outflow cannula was grafted onto the main pulmonary artery. A left inflow cannula was inserted into the interatrial groove and a left outflow cannula was grafted on the innominate artery of the ascending aorta. The connecting tubes

---

\*고려대학교 흉부외과 / 마취과

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery / Anesthesiology, Korea University

\*\*한마음병원 흉부외과

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, HanMaEum Hospital

\*\*\*순천향대학교 흉부외과

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, SoonChunHyang University

\*\*\*\*서울대학교 의공학과

Department of Biomedical Engineering, Seoul National University

† 이 논문은 2001년 보건복지부 선도기술 의료공학 기술 개발 사업(G7)의 지원에 의하여 이루어진 것임.(HMP98-G-2-040)

논문접수일 : 2002년 2월 16일 심사통과일 : 2002년 5월 21일

책임저자 : 선 경(136-705) 서울특별시 성북구 안암동 5가 126-1, 고려대학교 의료원 흉부외과. Tel (02) 920-5436, Fax (02) 927-3104

E-mail : ksunmd@kumc.or.kr

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

were brought out through the thoracotomy wound and connected to the pump located in the subcutaneous pocket at the right flank. **Result:** Except for the 5 animals for a fitting test or during the early learning curve, all recovered smoothly from the procedures. The inflow drainage allowed the pump output 6.5 L/min at the maximum with 3-3.5 L/min in an average. Of the survivors, there noted no procedure-related mortality or morbidity. Necropsy findings demonstrated the well-positioned cannula tips in the each cardiac chamber. **Conclusion:** The technique of right thoracotomy approach in AnyHeart implantation is simple, safe, and reproducible. As it can avoid sternotomy-orresternotomy-related complications, the authors suggest a right thoracotomy approach as one of the techniques for BVAD implantation. The technique would also be suggested as an alternative for a median sternotomy in a certain group of patients with various VAD implantations.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2002;35:329-35)

**Key Words :** 1. Surgeny method  
2. Heart assist device  
3. Heart, artificial

## 서 론

한국형 인공심장(AnyHeart)은 다목적 양심박동펌프로서 완전인공심장(Total artificial heart; TAH)으로 뿐만 아니라 이식형 양심보조장치(implantable biventricular assist device; BVAD), 좌심보조장치(left ventricular assist device; LVAD), 생명구조장치(extracorporeal life support system; ECLS), 인공폐(extracorporeal membrane oxygenator; ECMO) 등에 적용이 가능하다 (Fig.1). 이러한 용도 중에 특히 단일구조물의 이식형 양심보조장치 기능은 세계적으로 독특한 것으로써, 기능적으로 좌심보조장치와 완전인공심장 사이에서 어떤 역할을 할 것으로 기대되고 있으며 특히 자기심장을 보존하면서 전신 혈류를 유지한다는 측면에서 상대적인 우월성을 인정 받고 있다<sup>1)</sup>.

양심보조장치 이식술은 기본적으로 삽관 조작이며, 일반적인 심장수술에서와 같이 정중흉골절개가 표준이다. 그러나 대상환자의 대부분이 이미 흉골절개로 심장수술을 받았거나 혹은 추후 심장이식이나 기계장치 제거 및 교체 등을 이유로 흉골 재절개가 필요한 상황인 점을 고려하여야 한다. 심실보조장치 이식과 이탈 시 심막과 종격동 유착은 흉골 재절개 시에 해부학적 구조의 구분을 어렵게 하고 심장과 인조혈관의 인위적인 손상을 일으킬 수 있다<sup>2)</sup>. 미국 흉부외과 학회의 통계에 따르면 심장수술에서 정중흉골절개를 재시행하는 경우 사망률이 19%에 이른다고 발표하고 있는데, 손상 부위별 분류에서는 우심실(39%)이 가장 흔히 손상을 받는다고 한다<sup>3)</sup>. 특히 말기심장병에서는 심장이 확장되므로, Follis 등<sup>3)</sup>은 우심실 및 우심방의 확장된 소견을 흉골 재절개 사망의 고위험군으로 분류하고 있다. 이에 대해 저자 등은 정중



**Fig. 1.** Korean Artificial Heart (AnyHeart, BioMedlab Co.,Ltd). AnyHeart is a electrically-driven, single piece unit, implantable, biventricular pulsatile pump. The width is 145.7mm, thickness is 166.8 mm, height is 71.8mm, weight is 800g, and the total volume is 600cc. The maximum stroke volume is 75cc .

흉골절개를 시행하지 않고 흉강을 통하여 접근할 경우 흉골절개에 따른 치명적인 합병증을 줄일 수 있을 것이라는 가설을 설정하였고, 일상적인 심장수술 경험에서 심장 우측면을 이용하여 양심보조장치의 삽관이 가능할 것으로 판단하였기에 동물실험을 통해 새로운 술기를 완성하고자 본 연구를 계획하였다.

## 대상 및 방법

2000년 3월부터 2001년 8월까지 시행된 30회의 한국형 인공심장 이식실험 중 16예에서 우측 개흉술을 사용하여 수술



Fig. 2. The deep-seated main pulmonary artery is pulled up by a silastic catheter.

하였다. 실험동물은 송아지 11, 실험견 3, 면양 2례였으며, 체중은 52~450 kg로 다양한 분포를 보였다. 한국형 인공심장의 용도는 이식형 양심보조장치 14례, 체외형 양심보조장치 1례, 이식형 단심보조장치 1례였다.

실험동물은 수술 10~15일 전에 사육실로 이송되어 전담 관리인에 의해 환경적응을 시켰고, 수술 전 6시간동안 금식을 시켰다. 마취는 ketamine(10 mg/kg)을 근육주사한 후 앞다리에 정맥주사로를 확보하였다. 실험동물을 수술대에 옮겨 pentotal sodium(10 mg/kg)을 정맥주사한 후 기도삽관을 하고, 마취유지는 N<sub>2</sub>O-O<sub>2</sub> 혼합가스와 enflurane 흡입마취제를 사용하였다. 심전도를 설치한 후 우의경정맥을 통해 Swan-Ganz 카테터를 삽입하여 지속심박출량과 혈액학적 상태를 관찰하였고, 우내경동맥을 통해 도관을 삽입하여 혈압관찰과 혈액 채취로 사용하였다. 수술 도중 필요에 따라 마취제와 함께 근이완제(norcuron)를 적량 투여하였으며, 모든 마취조작과 수술 동안의 동물상태는 마취전문의를 의해 관리되었다.

수술은 좌측외위 자세에서 표준 무균소독을 한 후, 우측 복벽에 인공심장 본체와 제어가 들어갈 피하공간을 먼저 확보하였다. 흉부는 측방절개를 실시하여 4번째 늑간 혹은 5번 늑골을 절제하고 흉강에 진입하였다. 가장 깊은 위치에 있는 주폐동맥(main pulmonary artery)을 먼저 접근하였으며, 수술시야 확보를 위해 실리콘 도관을 transverse sinus로 통과시킨 후 상행대동맥과 주폐동맥 사이를 조심스럽게 박리하여 혈압이 떨어지지 않도록 조심스럽게 주폐동맥을 들어올렸다 (Fig.2). 혈관 검자를 이용하여 주폐동맥을 부분차단 후 절개하고 (Fig. 3), 14mm 인조혈관이 부착된 우측 유출도관을 prolene 4-0로 연속 봉합하여 측단분합을 시행하였다. 좌측 유출도관은 동일한 방법으로 상행대동맥(무명동맥)에 혈관 검자를 이용하여 부분차단한 후 절개하고 같은 방법으로 prolene 4-0로 연속 봉합하여 측단분합하였다 (Fig. 4). 문합을



Fig. 3. After applying a side-biting clamp, the main pulmonary artery is opened for anastomosis of a right side outflow graft.

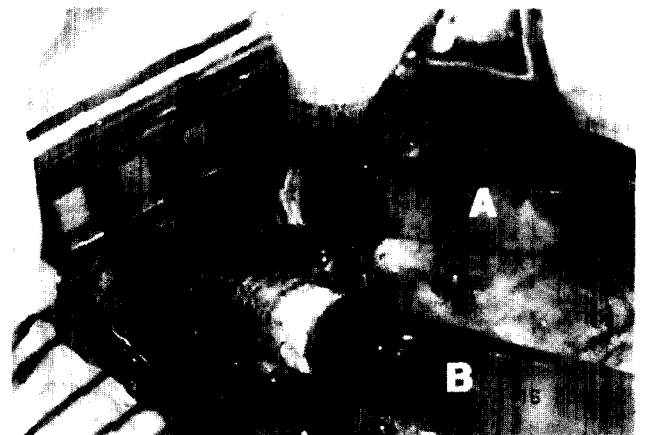


Fig. 4. Completion of anastomosis of both outflow cannulas (A, to the main pulmonary artery; B, to the innominate artery).

완료한 뒤 도관을 통해 주사기로 압력을 가해 문합부의 누출 여부를 확인하였다. 우측 유입도관은 우심방 벽에 prolene 3-0로 2개의 찌지 봉합을 한 후 내경 12mm PVC Tygon 도관을 직접 삽입하였다. 좌측 유입도관은 심방벽(interatrial groove)을 통해 같은 방법으로 좌심방에 삽입하였다 (Fig. 5). 연결된 각 도관은 피하경로를 통해 우측 복벽에 위치시킨 인공심장과 연결하였고, 공기가 들어가지 않게 최대한 주의하였다. 인공심장의 동력선은 피하경로를 통해 등쪽에서 체외로 빼낸 후 고정하였다. 인공심장을 구동시키면서 인공심장의 좌측 유출로에 혈류측정기를 연결하여 펌프박출량을 직접 측정하였다. 삽관을 마친 후 지혈이 된 것을 확인하고 두개의 배액관을 우측 흉강 내에 거치시킨 다음, 절개부위는 표준방법으로 닫았다. 수술 후 외경정맥에 거치 하였던 Swan-Ganz 카테터를 중심정맥 도관으로 대체하여 수액 및 항생제 투여 등의 약물 공급 루트로 사용하였다. 내경동맥

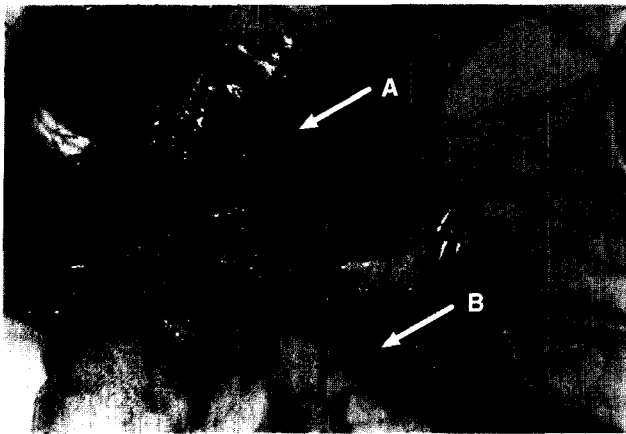


Fig. 5. Completion of insertion of both inflow cannulas(A; into the right atrium, B; into the left atrium through the interatrial groove)

도관은 마취상태가 회복될 때까지 유지하다가 제거하고, 실험동물을 우리로 옮겨 관찰하였다. 수술 도중의 항응고 요법은 헤파린(2 mg/kg)을 정맥주사하여 활성화 응고시간(ACT)을 술전 2배 이상 유지하였고, 수술이 끝난 직후에는 저분자량 헤파린(100 IU/kg)을 1회 피하주사하고 지속적인 헤파린 정맥주입은 하지 않았다. 수술 다음날 사료섭취 시작과 동시에 와파린(0.1 mg/kg)을 경구투여하면서 동시에 정맥을 통해 헤파린을 지속 투여하여 활성화 응고시간을 술전 2배로 유지하였다. 프로트롬빈 시간(PT)이 술전 2배로 연장될과 동시에 헤파린 정맥주사는 중단하였다. 관찰 종료와 함께 모든 실험동물을 부검하여 유입도관 및 유출도관의 상태를 관찰하였다.

## 결 과

우측 개흉술을 이용한 16마리의 실험동물 중, 초기에 수술 기법 개발을 위한 Fitting test를 시행했던 4마리의 실험 동물(양 1, 개 2, 소 1마리)과 마취 도중 악성 체온 상승현상을 보여 수술 후 3시간 만에 DIC로 사망했던 경우 1례를 제외하고, 모든 실험동물은 무사히 수술에서 회복되었으며 수술과 직접 관련된 사망은 없었다. 수술 도중 압박된 왼쪽다리 마비로 일어나지 못한 1례를 제외하고는, 모든 생존동물은 수술 후 6시간에서 12시간에 스스로 일어났으며 음식 섭취 및 성장에 문제가 없었다 (Fig. 6-a&b). 인공심장의 박출량은 최대 6.5 L/min였고, 평균 3-3.5 L/min로, 유입도관과 관련하여 흔히 문제가 되는 박출혈류의 감소 현상은 발생하지 않았다. 실험동물의 관찰기간은 2~35일 이었다. 단기관찰로 종료한 경우는 체외형 양심보조장치로 적용하였던 1례에서 수술 후

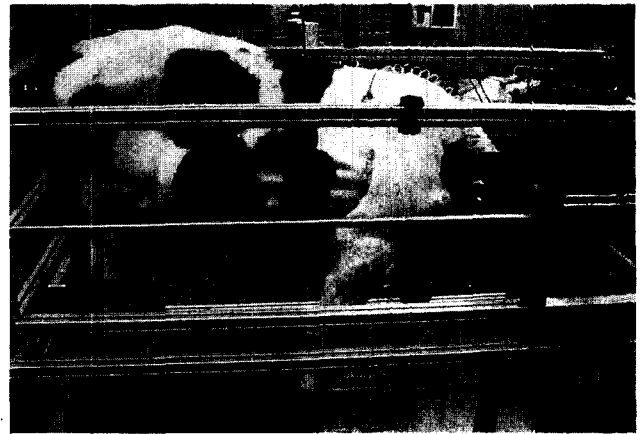


Fig. 6 a. AnyHeart can be implanted as an implantable BVAD using a right thoracotomy.



Fig. 6 b. AnyHeart can be implanted as a wearable BVAD using a right thoracotomy.

2일째 과격한 움직임으로 인공심장과 도관의 연결부위가 빠지면서 출혈과 혈전이 발생한 경우였다. 기계장치와 직접 연결된 경우는 제어기 부분의 합선이 1례 있었고, 다른 관찰종료의 이유는 모두 실험동물관리 상의 문제로 수술방법과는 무관하였다. 최종관찰 시점까지 모든 동물은 건강하게 생존하였으며, 의료진의 판단에 의해 자료확보를 위해 관찰을 임의로 종료하였다.

좌심방에 거치하는 유입도관 삽관은 승모판 수술에서와 같은 심방격(interatrial groove) 접근법을 사용하여 문제가 없었으며, 관찰 종료 후 부검을 통해 좌우측 유입도관 모두 좌심방 내에 자유롭게 위치하는 것을 확인하였다. 또한 무명동맥과 주폐동맥에 연결한 유출도관의 경우도 문합부가 적절하게 유지되고 있음을 확인하였다 (Fig. 7).



Fig. 7. The necropsy view of the experimental animal: Both right and left inflow cannulars are located properly at the atrium.

- A. the right atrium inflow cannula
- B. the left atrium inflow cannula.

### 고 찰

약물로 치료가 어려운 말기 심부전 환자에 있어서 궁극적인 치료는 심장 이식이다. 미국의 경우 이러한 심부전 환자는 백 만 명에서 삼백 만 명에 이르며, 매년 사십 만 명의 환자가 새로 발생하고 있다<sup>4,5,6)</sup>. 이러한 환자에게 근본적인 치료인 심장 이식은 1995년에 2100여건이 시행되었고, 공여 심장의 부족으로 대기 시간이 6개월 이상 길어지고 있다<sup>5,6)</sup>. 이에 대한 대안이 기계식 순환장치(mechanical circulatory device)이다. 많은 심부전 환자들에서 좌심보조장치(left ventricular assist device)의 이식 후에 우심 기능이 호전되면서 심장 이식 때까지 가고 역할이 가능하다. 그러나 좌심보조장치를 이식 받은 심부전 환자 중 우심 기능부전이 지속되며 약물에 반응하지 않는 경우가 20~30%에 달한다<sup>6,7,8,9)</sup>. 특히 폐동맥 고혈압이 있는 경우는 좌심실 보조 장치만으로는 환자의 증상을 호전 시키기는 어렵다<sup>9)</sup>. 이러한 환자들에게는 양심 보조장치 또는 완전 인공심장이 필요하다. 한국형 인공심장은 체내 이식형으로 이러한 요건을 모두 충족시키고 있다. 또한 심장이식이 공여 심장의 부족으로 대기 시간이 길어지고 있으며, 또한 60세 이상의 고령, 심한 폐동맥 고혈압, 간 부전, 신부전, 만성 폐쇄성 폐질환, 당뇨 등의 질환이 만성 심부전과 동반되어 있는 경우에는 심장이식의 금기가 되는 환자나, 급성 염증성 심근염 환자, 심장이식의 가교로서 인공심장이 필요하다.

기계순환장치 이식에서 가장 문제가 되는 것은 출혈, 혈전, 그리고 감염이다<sup>9)</sup>. 따라서 이러한 합병증을 줄이는 것에 최선의 노력이 경주되고 있다. 양심보조장치를 위한 삼관 방

법에서 정중 흉골절개법은 넓은 시야와 심장의 모든 면과 대혈관을 쉽게 접근할 수 있는 장점때문에 표준절개법으로 인정 받아왔다. 그러나 양심보조장치 대상이 되는 대개의 환자들은 이전에 심장수술을 받아 정중 흉골 절개 창이 있거나 추후 심장이식이나 심장회복 후 심실 보조 장치제거 혹은 기계교체 등을 이유로 재개흉이 요구되는 경우가 많은데, 심장외과 의사들에게 흉골 재개흉은 대단히 부담스러운 과정이다. Dobell 등<sup>10)</sup>은 심장수술 후 심막을 닫지 않은 경우에 흉골 재개흉 시 88%에서 출혈이 발생한다고 보고하고 있으며, 재개흉의 약 1%에서 치명적인 출혈이 발생하여 사망의 위험성을 초래한다고 보고하고 있다<sup>3)</sup>. 또한 Carrier 등은 심장 수술 후 상처 감염율이 10%에서 발생하며 그 중 3%에서 급성 종격동염이 발생한다고 보고하고 있다. 특히 심장이식을 받은 환자의 경우에는 면의 억제제를 사용하므로 그 발생 가능성이 더욱 높다<sup>11)</sup>. 그에 비해 우측 개흉법은 재개흉으로 인한 출혈 및 감염의 위험성이 상대적으로 적고, 만일 나중에 심장이식을 위해 정중흉골절개를 시도할 경우에도 흉부 측방 절개가 필요 없이 흉부 정중 절개만으로도 삽관되어 있는 캐놀라를 제거할 수 있다는 장점이 있다고 본다.

기계순환장치 이식 후 적절한 혈류의 유지는 수술의 성공과 함께 혈전방지를 결정하는 중요한 요소이다. 수술 후 적절한 혈류를 유지하기 위해서는 유입도관의 위치가 적절하게 심장 내에 위치시키는 것이 중요하며, 이를 위해서는 삼관 방법, 도관의 내경, 펌프의 구동능력 등이 잘 조화를 이루어야 한다. 심실보조장치 이식에서는 특히 좌측 심장으로부터 유입되는 도관의 삽관이 중요하다. 좌심방 삼관 방법에는 여러 가지가 있다. 흉골 정중 절개를 통해 심방 중격 접근법, 좌심방이 접근법, 좌심실 첨부 접근법, 좌심방 천정 접근법(dome of LA), 우폐정맥 접근법, 경피적 삼관법등이 있다<sup>8,12,13)</sup>.

좌측 유입도관의 삽관 부위를 선택할 때 좌심실과 좌심방 중에 어느 것이 결정적으로 유리한가에 대한 답은 없다. 판단은 외과의사의 선호도와 더불어 이식하는 기기의 특성 즉, 수동적인 유입(passive inflow) 구조인지 능동적인 유입(active inflow) 구조인지에 따를 수도 있다. 또한 사용목적에 따라 단기간 혹은 장기간 사용, 심실 회복 혹은 심장이식의 가교 등에 따라 선택되기도 한다. 좌심실 접근법은 인공판막이 들어 있는 경우에 판막의 혈전 형성을 감소시킬 수 있는 장점이 있어 주된 선택방법이 된다. 좌심방 접근법은 심장의 크기가 작은 경우에 유리하며, 출혈 시에 시야확보에 유리하고, 삼관시에 심장에 대한 조직을 적게할 수 있으며, 삽관된 캐놀라의 제거가 쉽다는 장점이 있다<sup>14,15)</sup>. 경피적 삼관술은 삽관 및 제거가 용이하며, 출혈과 종격동염에 대한 위험도가 적고, 응급 상황에서 사용이 가능하며, 개흉을 하지 않는다

는 장점이 있다<sup>8,12)</sup>.

흉골 정중절개를 통해 유입도관을 좌심방에 삽관할 때는 좌심방이(left atrial auricle)와 심방구(interatrial groove)를 선택하게 된다. 심방구 접근법이 가장 보편적인 방법 중의 하나인데 이 방법은 좌심방의 크기가 작은 경우에는 삽관에 어려움이 있다. 반면에 좌심방이 접근법은 해부구조가 심장의 후방에 위치하고 그 크기가 작아 기술적으로 어려움이 많다. 또한 좌심방이 조직이 도관을 감싸 쥐면서 구멍을 막던가 좀더 깊이 들어가면 승모판으로 진입 되어 유입혈류가 떨어질 가능성이 있기 때문에 도관 첨부이 좌심방 내에 정확하게 위치하는 것이 중요하다. 동물실험 결과에서는 심방벽 접근법이 캐놀라가 좌심방 내에 자유롭게 위치하여 좌심방이름을 통한 접근보다는 높은 혈류량을 유지하는 것을 확인할 수 있었다.

Samuels 등<sup>15)</sup>은 좌심보조장치를 이식할 때 좌측 개흉법을 사용하는 경우 (1) 정중 흉골 절개로 수술을 받은 환자의 경우 유착으로 인해 재 개흉시 장기의 손상을 입을 수 있으며, 이로 인해 심실 보조장치 이식 후 항 응고요법 시행 시에 출혈의 원인이 될 수 있다고 하였다. (2) 이처럼 측방 개흉법으로 심실보조장치 혹은 인공심장을 이식 받은 환자는 나중에 심장이식을 받기 위해 흉골을 재절개할 때 유리하다. (3) 또한 이전에 정중 절개로 심장 수술을 받은 환자에서 심장이식 까지 가고 역할로서 심실보조장치를 이식할 때, 측방 절개로 시술할 경우 흉부 정중절개와 관련된 합병증의 위험을 피할 수 있으며, (4) 추가적인 캐놀라 삽관으로 인해 수술 후 흉골을 닫지 못하는 경우를 예방 할 수 있다고 한다. (5) 특히 종격동 염증이 있는 환자에서 심실보조장치나 인공심장을 이식해야 하는 경우는 정중 흉골절개를 피하는 것이 유리하다고 보고하고 있다.

동물 실험에서 우측 개흉술을 적용할 때 가장 접근하기 어려운 부분이 주폐동맥(main pulmonary artery)이다. 우측 흉부에서 볼 때 주폐동맥은 수술 시야에서 가장 깊이 위치하고 있어 인조혈관을 연결하기 위한 접근이 어려움이 있다. 주폐동맥에 용이하게 접근하기 위해 한국형 인공심장의 체내 이식 시에 transverse sinus를 통하여 걸어 놓은 실리콘 카테터(Foley catheter)를 이용하여 주폐동맥을 끌어올림으로써 이러한 문제를 해결하였다. 초기에 이 방법을 적용할 때는 폐동맥 문합 시에 실험동물의 혈압이 떨어지는 경우가 발생하였는데, 이는 카테터를 이용하여 주폐동맥을 끌어 올릴 때 폐동맥이 눌리면서 폐혈류량의 감소로 혈압이 떨어지는 현상이었다. 이것은 Foley 카테터의 당기는 방향과 긴장도를 적절하게 유지함으로써 간단히 해결 되었으며 수술을 진행하는데 문제가 되지 않았다.

저자 등은 실험동물에서 우측 개흉을 이용하여 한국형 인

공심장을 성공적으로 이식하는데 성공함으로써 정중 흉부재 개흉 시에 발생할 수 있는 합병증의 발생을 줄일 수 있는 계기가 되었다. 본 연구의 결과를 인체 해부구조에도 적용이 가능한지는 추가 연구가 필요할 것으로 생각한다. 특히 인체에서는 우측 개흉으로 주폐동맥을 접근하기 힘들다는 제한점이 있다. 그러나 이에 대해 Minami 등<sup>16)</sup>은 3명의 우심보조장치(RVAD) 이식환자에서 정중 흉골절개 시 상대정맥과 대동맥 사이의 우폐동맥을 통해 Seldinger법으로 주폐동맥으로 삽관하는 방법을 소개한 바 있다. 본 연구에서는 우측 개흉의 장점을 살려 상대정맥 뒤쪽에서 grafting에 충분한 우폐동맥 기시부를 확보할 수 있었기에, Minami 등이 제시한 Seldinger법 뿐 아니라 인조혈관의 직접 문합도 가능성을 확인하였다.

## 결 론

동물실험을 통해 한국형 인공심장을 이식할 때 우측 개흉술을 이용하면 간편하고 안전한 것을 확인하였다. 본 술기는 양심보조장치 및 단심보조장치 이식에도 적용 가능하며, 정중 흉골절개와 관련된 치명적인 합병증을 줄일 수 있다. 특히 심방 접근법은 심장기능이 회복될 것이 예상될 때 우선 선택할 수 있으며, 또한 추후 심장이식이 필요한 경우 별도의 절개 없이 정중 흉골절개만으로 삽관을 제거할 수 있을 것으로 예상된다. 저자 등은 한국형 인공심장의 이식에서 우측 개흉술을 유용한 수술기법의 하나로 제시하고자 한다.

## 참 고 문 헌

1. Park KWT. *The dawn of artificial hearts? Society of Cardiovascular Anesthesiologists. Newsletters* October 2001.
2. Vitali E, Russo C, Tiziano C, et al. *Modified pericardial closure technique in patients with ventricular assist device. Ann Thorac Surg* 2000; 69:1278-9.
3. Follis FM, Pett SB, Miller KB, et al. *Catastrophic hemorrhage on sternal reentry: still a dreaded complication? Ann Thorac Surg* 1999; 68:2215-9.
4. Schocken DD, Arrieta MI, Leaverton PE, et al. *Prevalence and mortality rate of congestive heart failure in the United States. JACC* 1992; 20:301-6.
5. McCarthy PM. *HeartMate implantable left ventricular assist device: Bridge to transplantation and future application. Ann Thorac Surg* 1995; 59:S46-51.
6. Yoshiyuki T, Tadashi N, Goro O, et al. *Anatomical consideration for an implantable centrifugal biventricular assist system. Artif Organs* 1997; 21:1132-6.
7. Santamore WP, Gray LA. *Left ventricular contribution to right ventricular systolic function during LVAD support.*

- Ann Thorac Surg 1996; 61:350-6.
8. Yano M, Onitsuka T, Shibata K, et al. *Efficacy and safety of a percutaneous right ventricular assist system.* Ann Thorac Surg 1996; 61:1231-5.
  9. Pavie A, Leger P. *Physiology of univentricular versus biventricular support.* Ann Thorac Surg 1996; 61:347-9.
  10. Dobell AR, Jain AK. *Catastrophic hemorrhage during redo sternotomy.* Ann Thorac Surg 1984; 37:273-8.
  11. Carrier M, Perrault LP, Pellerin M, et al. *Sternal wound infection after heart transplantation: incidence and results with aggressive surgical treatment.* Ann Thorac Surg 2001; 72:719-23.
  12. Edmunds LH, Herrmann HC, DiSesa VJ, et al. *Left ventricular assist without thoracotomy: Clinical experience with the Dennis method.* Ann Thorac Surg 1994; 57:880-5.
  13. Magovern JA, Sussaman MJ, Goldsein AH, et al. *Clinical results with the AB-180 left ventricular assist device.* Ann Thorac Surg 2001; 71:S121-4.
  14. Jett GK. *Atrial cannulation for left ventricular assistance: Superiority of the dome approach.* Ann Thorac Surg 1996; 61:1014-5.
  15. Samuels LE, Thomas MP, Morris RJ, et al. *Alternative sites for Abiomed BVS 5000 left ventricular assist device implantation.* Journal of Congestive Heart Failure & Circulatory Support 1999; 11(2):85-9.
  16. Minami K, Bonkohara Y, Arusoglu L, et al. *New technique for the outflow cannulation of right ventricular assist device.* Ann Thorac Surg 1999; 68:1092-3.

=국문초록=

**배경:** 한국형 인공심장(AnyHeart™)은 단심보조장치, 체내 이식형 양심보조장치, 인공심장, 그리고 생명 유지를 위한 체외순환 장치 등 다양한 형태로 사용이 가능한 장치이다. 그 중에서도 체내 이식형 양심보조장치는 가장 독특한 형태이다. 양심보조장치 이식의 외과적 슬기는 주로 삽관으로 구성되어 있고, 흉골 정중절개는 외과 의사가 심장의 노출을 충분히 할 수 있어서 가장 선호되어 온 방법이다. 그러나 환자가 흉골 정중절개를 이미 시행 받은 경우나, 또는 차후에 환자 대부분이 흉골 정중절개가 필요한 것을 감안하면 재개흉에 따른 합병증은 양심보조장치 이식에 있어서 중요하게 고려해야 할 부분이다. 일반적인 심장 수술의 임상 경험에 근거하여, 저자들은 양심보조장치 이식에 있어서, 도관의 삽관을 위한 접근이 심장의 우측에서도 가능할 것이라고 가정하였다. 이번 연구의 목적은 동물실험에서 양심보조장치의 이식을 위한 우측 개흉술의 수술 기법을 개발하고자 하였다. **대상 및 방법:** 지난 2년 동안, 30차례의 AnyHeart™ 이식실험 중 16례가(11 calves, 3 canines, and 2 sheep) 우측 개흉술로 이루어졌다. 기계장치는 14례의 동물에서 체내 이식형 양심보조장치로 시술 되었으며, 체외형 양심보조장치와 체내 이식형 좌심실보조장치로 시술된 경우가 각각 1례씩이었다. 수술은 4번째 늑간을 통하여 우측 흉강으로 진입하였고, 양심보조장치의 경우에 우측 유입 도관은 우심방의 free wall에 삽관 하였고, 유출도관은 인조혈관을 이용하여 주폐동맥에 측단 문합하였다. 좌측 유입 도관은 심방격을 통하여 좌심방에 삽관하였고, 유출도관은 무명동맥에 인조혈관을 이용하여 측단 문합하였다. 각각의 도관은 피하터널을 통해 우측 옆구리에 위치한 펌프와 연결하였다. **결과:** Fitting test와 초기 실험의 5례를 제외하고 모든 실험 동물은 수술 후 회복되었다. 펌프의 유출량은 최고 6.5L/min였고, 평균 3~3.5 L/min로 측정되었다. 수술과 관련된 사망이나 이환율은 없었다. 모든 실험 동물은 부검을 하였으며, 부검 결과 도관의 위치는 모두 각각의 심방내에 적절하게 위치하고 있었다. **결론:** 우측 개흉술을 이용한 AnyHeart™ 체내 이식 방법은 간편하고, 안전하며, 재현 가능하다. 양심보조장치 이식에 있어서 우측 개흉술은 흉골 정중절개와 재개흉으로 인한 합병증을 피할 수 있는 방법이 될 수 있으며, 또한 다른 심실보조장치의 이식이 필요한 환자들에 있어서 흉골 정중 절개의 대안 중의 하나로 제시하고자 한다.

중심 단어: 1. 수술 수기  
2. 심실보조장치  
3. 인공심장