

## 소아용 좌심실 보조장치(VICT)의 개발 및 in-vivo 실험

이상훈, 박이태, 김삼현, 이관우, 이계한, 안혁  
단국대학교 의과대학 의공학교실(의공학 연구소), 흉부외과학 교실, 마취과학 교실  
명지대학교 공과대학 기계공학과, 서울대학교 의과대학 흉부외과학 교실

### Development of Pediatric VAD(VICT) and its in-vivo Test

S.H. Lee, I.T. Park, S.H. Kim, K.W. Lee, K.H. Lee, H. Ahn  
Dept. of Biomedical Eng, Thoratic Surgery, Anesthesia, College of Medicine, Dankook Univ.  
Dept. of Mechanical Eng. MyungJi Univ.  
Dept. of Thoratic Surgery, College of Medicine, Seoul National Univ.

#### Abstract

We developed pneumatic blood pump and its driving system as a pediatric ventricular assist device. The blood pump is diaphragm type system and its blood contacting area is coated with Bio-Span. The driving unit consists of dual pumps, valves for the reliable blood pumping and its controller uses 80C196(Intel) as a main processor. The acute animal experiment was performed with dogs and its body weight is about 20 kg. The maximum cardiac output is about 2.1 l/min and the pressure and flow curves showed reliable operation as a assist device.

#### 서론

최근 식생활의 변화 등으로 인해 우리나라에서도 심장질환이 중요한 사망원인 중의 하나가 되었다. 특히 개심술 후 심부전에 의한 심인성 Shock에 빠진 환자들, 급성 심근장애로 심인성 Shock에 빠진 환자들에게 있어 약물치료와 대동맥 내풍선박동에 의한 치료로도 소생이 불가능한 경우의 환자들이 자주 발생한다. 이 경우 심실보조장치는 환자의 생명연장에 필수적인 장치로 인식되고 있다. 본 연구는 성인용에 이어 소아용 공압식 좌

심실 보조장치를 개발하고, 20 kg 전후의 체중을 갖는 개를 사용한 단기실험을 통하여 그 성능을 평가하여 보았다.

#### 연구방법

##### 1) 혈액펌프의 제작

혈액펌프는 Blood Housing, Diaphragm 및 Back Plate로 구성되어 있으며, 이중 Back Plate는 테프론을 기계적으로 가공하여 제작하였고, Blood Housing과 Diaphragm은 두랄류민으로 제작된 몰드 위에 폴리머를 코팅하는 방식으로 만들었다. 혈액의 출입구에는 아이소플라스트로 가공한 판막 지지대를 부착하였고, 혈액펌프와 캐놀라를 연결하는 부위는 스테인레스 스틸로 가공한 연결쇠를 부착하였다. Blood Housing 과 Diaphragm은 폴리머(Bio-Span)를 사용하여 부착하였으며, Back Plate는 에폭시를 사용하여 Blood Housing과 접착하였다. 실험에 사용된 인공판막은 양엽 기계식 판막(23mm)을 사용하였으며, 그림 1)은 제작된 소아용 심실보조장치에 대한 사진이다.

##### 2) 구동장치의 제작

구동장치는 그림 2)와 같이 제작하였다. 사용된 펌프는 GAST社의 제품을 사용하였으며, 한 펌프에서 압력 및 진공을 동시에 얻을 수 있는 장

점을 가지고 있다. 2대의 펌프를 사용하였으며, 한 대는 Back Up용으로 사용하였다. 각 펌프로 부터 나온 압축공기와 진공은 콤플라이언스 챔버를 통하여 밸브로 연결되며, 밸브는 압축공기와 진공을 제어장치에서 나오는 신호에 의해 조절하는 역할을 한다. 구동장치에서는 밸브도 Back Up용을 별도로 사용하였으며, 제어장치는 80C196(INTEL)을 사용하여 제작하였고, 컴퓨터와 직렬포트를 통해 연결될 수 있도록 제작하였다. 박동수와 S/D(Systole to Diastole) Ratio는 제어장치에 달려있는 가변저항에 의해 조절할 수도 있고, 컴퓨터로도 조절될 수 있도록 하였으며, 조종된 이들 변수들은 LED 소자와 컴퓨터를 통해 동시에 사용자가 볼 수 있도록 하여, 컴퓨터 통신의 이상으로 인한 시스템의 문제점들을 최대한 극복할 수 있도록 하였다.

### 실험 및 결과

제작한 소아용 심실보조장치의 볼륨은 약 40CC 였으며, 모의순환장치로 평균대동맥압이 100 mmHg, 인가된 압력 및 진공이 각각 11 psi 및 -20 mmHg 이고, 보조장치의 박동수가 100회/분 일때 최대 2.1 L/Min의 박출량을 얻을 수 있었다. 실험에 사용된 동물은 체중이 20kg 전후의 개를 사용하였으며, 수술4일 전에 동물을 자체제작한 care unit 에서 있도록 하여 동물이 가능하면 안정된 상태로 수술을 받을 수 있도록 하였다. 동물의 전체 심박출량은 Swan-Ganz Catheter를 사용하여 측정하였으며, 심실보조장치로 부터 나오는 박출량은 전자유량계를 사용하여 측정할 수 있도록 하였다. 폴리그래프(후쿠다 전자)를 사용하여 ECG, AoP, 유량등을 측정할 수 있도록 하였으며, 심실압과 폐동맥압을 각각 측정할 수 있도록 하였다.

그림 3)은 체중이 18 kg의 개에게 소아용 심실보조장치를 사용한 실험에서 얻어진 압력 및 혈류량을 그린 파형이다. 심실보조장치를 장착하기 이전에 측정한 동물의 평균 심박출량은 약 1.9 l/min 이었으며, 그림 3(a))는 좌측내유동맥에서 측정한 체혈압과 폐동맥에 위치한 Swan-Ganz Cather에서 측정한 폐동맥압의 Curve를 동시에 보이고 있으며, Swan-Ganz Catheter를 Balloning하여 폐모세혈관의 쇄기압이 나타남을 보이고 있다. 그림 3(b))는 심실보조장치를 구동시킨 직후의 압력 및 보조장치의 박출량에 대한 파형을 나타낸 것이며, 이때 보조장치의 박동수를 자연심장이 2번 박

동할 때마다 한번씩 작동될 수 있도록 하였다. 따라서 자연심장만이 박동되는 경우보다 심실보조장치가 함께 박동되는 경우가 압력파형의 정상(peak) 치가 훨씬 높은 현상을 그림으로부터 알 수가 있었다. 이 실험에서 보조장치에서 박출된 평균 혈류량은 약 1.5 l/min으로 측정되었다.

### 결론

개발된 소아용 심실보조장치는 체중이 20 kg를 전후의 개를 사용한 단기실험을 통하여 소아용 심실보조장치를 구동시키는데 필요한 여러 가지 구동조건을 얻을 수 있었으며, 증장기 실험을 위한 여러 가지 중요한 자료들을 얻을 수 있었다. 단기 실험을 통하여서는 확인을 할 수 없었으나 앞으로 성공적인 증장기 실험을 위해 제작한 혈액펌프의 혈액적합성에 대한 조사 및 평가가 동물실험등을 통하여 이루어져야 될 것으로 생각된다.

### 참고문헌

- 1) 중앙일보 94년 12월 13일 기사
- 2) D.G. Cardiac Surgery : State of Art Review, Vol 7, No.2, pp229~239, 1993
- 3) 이상훈, 민병구 외 : "인공장기", 서울대학교 출판부, 1994
- 4) 이상훈, 박이태, 김삼현, 한동선 : "공압식 좌 심실보조장치의 개발 및 평가", 대한의용생체 공학회 춘계학술대회, 1995

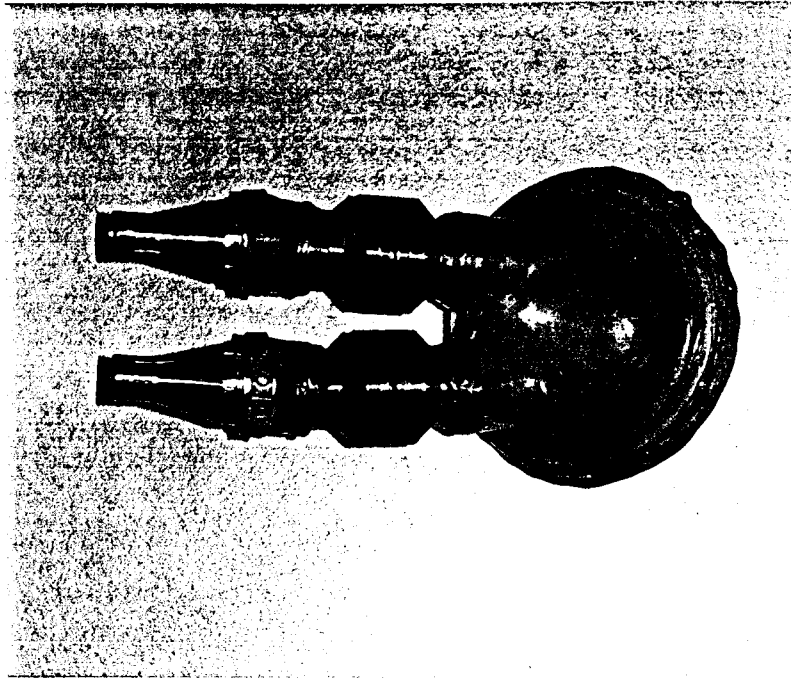
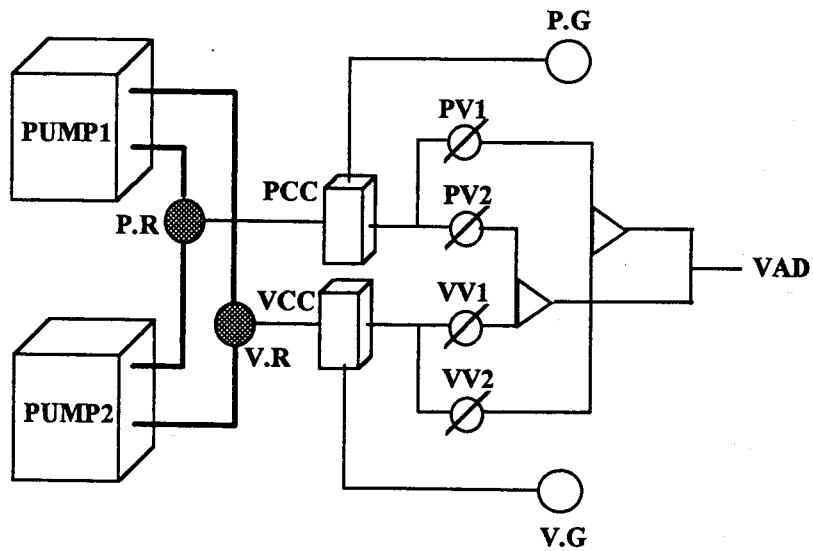
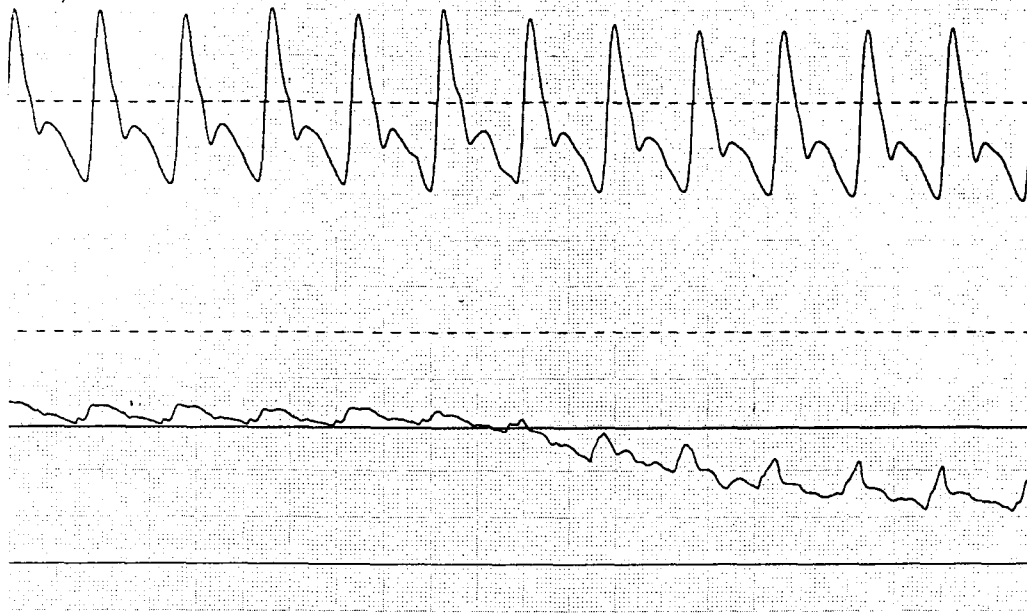


그림 1) 제작된 소아용 심실보조장치

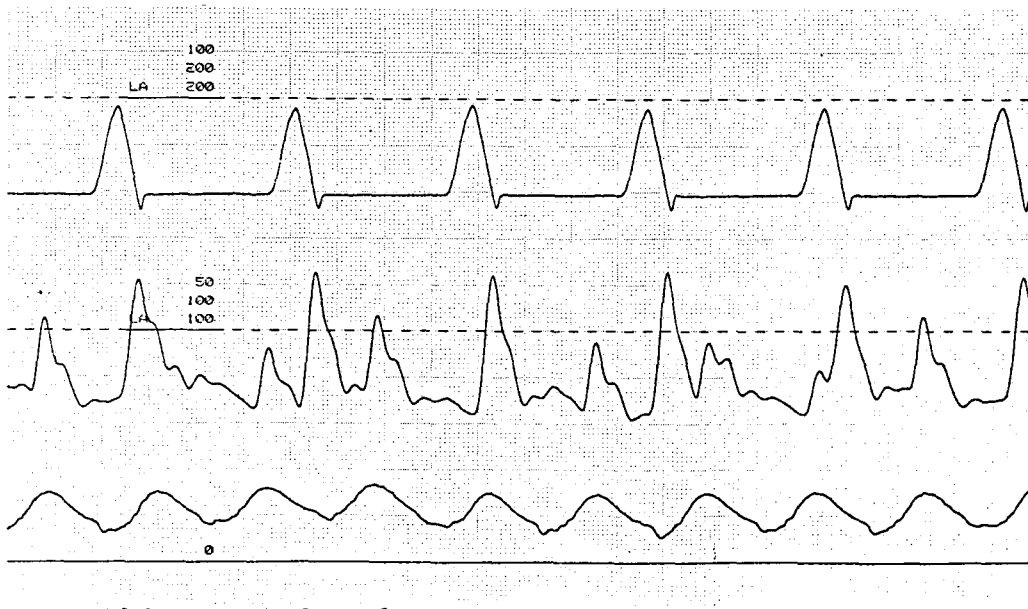


P.R : Pressure Regulator, V.R : Vacuum regulator PV : Pressure Valve,  
 PCC : Pressure Compliance Chamber, VCC : Vacuum Compliance Chamber,  
 P.G : Pressure Gauge, V.G : Vacuum Gauge

그림 2) 심실보조장치용 구동장치



a) 폐동맥압의 Curve



b) 심실보조장치를 가한후 압력 및 혈류파형

그림 3) 동물실험 결과 파형

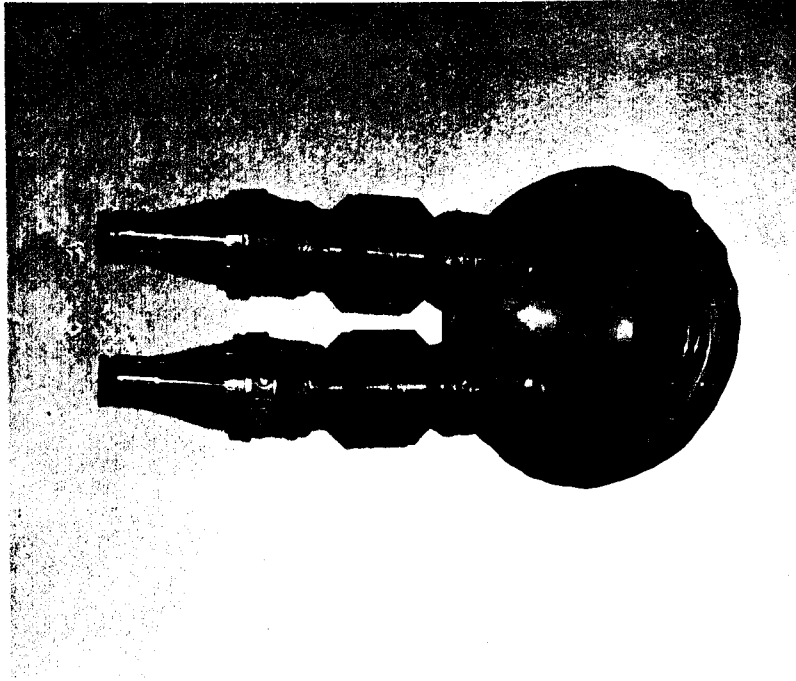
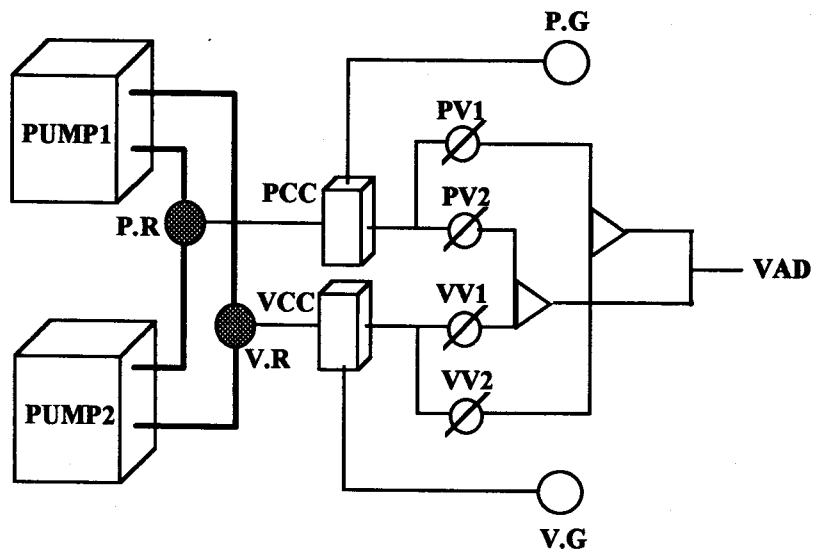
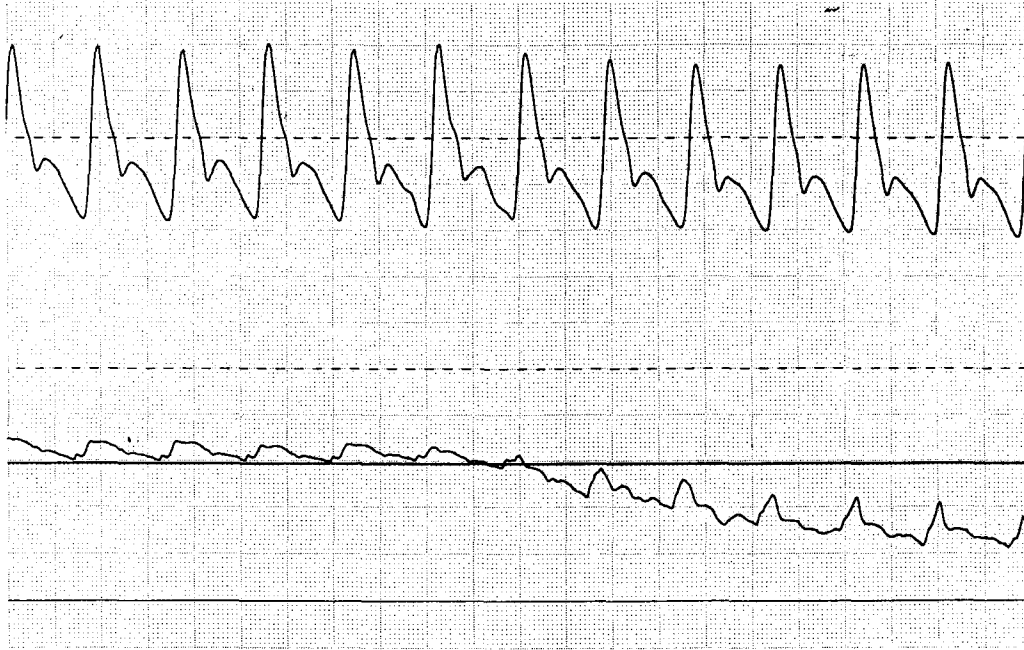


그림 1) 제작된 소아용 심실보조장치

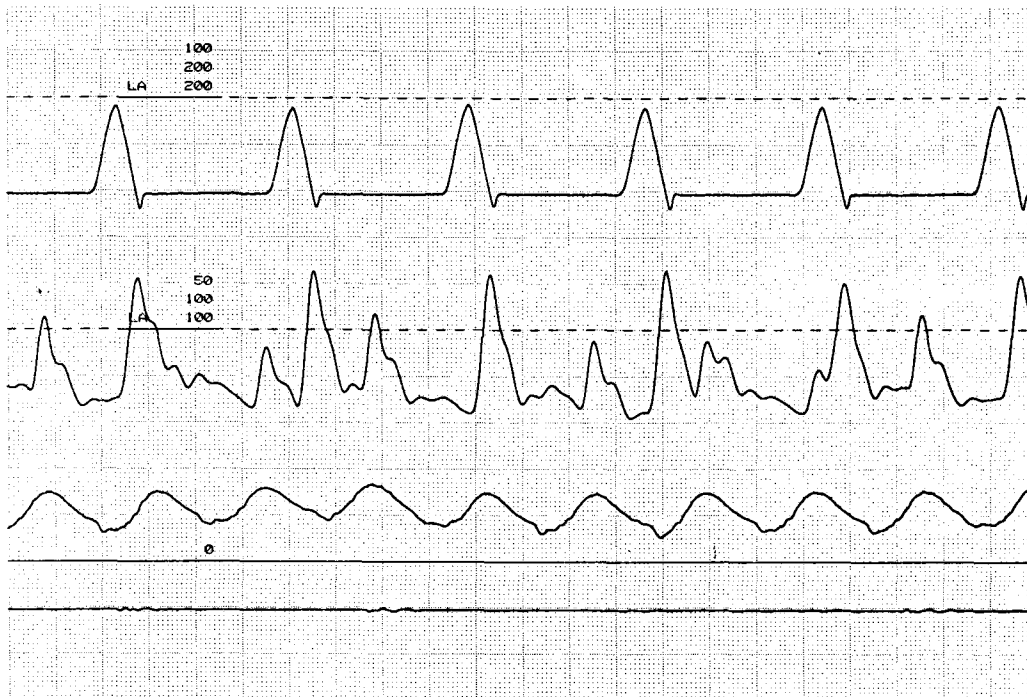


P.R : Pressure Regulator, V.R : Vacuum regulator PV : Pressure Valve,  
 P.C.C : Pressure Compliance Chamber, V.C.C : Vacuum Compliance Chamber,  
 P.G : Pressure Gauge, V.G : Vacuum Gauge

그림 2) 심실보조장치용 구동장치



a) 폐동맥압의 Curve



b) 심실보조장치를 가한후 압력 및 혈류파형

그림 3) 동물실험 결과 파형