

돼지를 이용한 대동맥 판막에서 자가 폐동맥 판막 이식 및
우심실 유출로 형성술의 신술식 개발
-제 1 보. REV 술식의 적합성 연구-

안재호*·노윤우*·이조한*·송우익*·홍종면*·홍장수*
박희평**·강훈**·임승운**

=Abstract=

**Pulmonary Autograft with Right Ventricular Outflow Tract
Reconstruction in Swine model
-I. Feasibility of REV operation-**

Jae Ho Ahn, M.D.*, Yoon Woo Noh, M.D.*, Jo Han Rhee, M. D.*,
Woo Ik Song*, Jong Myeon Hong, M.D.*, Jang Soo Hong, M.D.*,
Hee Pyung Park, M. D. **, Hoon Kang, M.D.**, Seung Woon Lim, M.D.**

Ross procedure is an ideal operative modality for diseased aortic valve especially in children, but homograft for right ventricular outflow tract(RVOT) reconstruction is not easily available in Korea. We tried to perform REV procedure for RVOT reconstruction in 10 young piglets(15.3 ± 1.3 kg) in an attempt to exclude the use of homograft in Ross operation. 3 of them survived after operation and raised till adult pig(about 70 kg), then examined their pulmonary arteries and hearts. Without any stenotic residues in the great arteries, we only found the deformed monocusp patch with severe calcification, which deprived the adequate valve function, but kept the pig growing normally. We are sure that this operative modality (REV + Ross procedure) could be extendedly applied to the diseased human aortic valve, but we need to develop the anti-calcification method for the heterograft patch.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 1996; 29:822-7)

Key words: 1. Transplantation, homolous
2. Transplantation autologous
3. Ventricular outflow tract, right

* 충북대학교 의과대학 흉부외과학교실

* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Chungbuk National University Hospital

** 충북대학교 의과대학 마취과학교실

** Department of Anesthesiology, Chungbuk National University Hospital

본 논문은 1995년도 한국과학재단 목적기초연구비의 지원에 의해 이루어졌음(KOSEF 951-0704-102-1)

논문접수일:96년 2월 26일 심사통과일:96년 5월 14일

책임저자:안재호, (360-763) 충북 청주 개신 62 충북대학병원 Tel.(0431) 69-6377, FAX (0431) 271-7756

서 론

인공 심장판막의 발전에도 불구하고 아직 완전한 판막의 대체재는 개발되지 못하고 있는 실정이며 특히 소아의 경우 그 제한의 폭이 더욱 커지게 된다¹⁻⁴⁾. 대동맥 판막 질환의 소아에서, 기계식 판막으로의 대체는 항응고제의 사용 및 수 차례의 재수술이 필요하다는 사실에서 문제점이 노출되고²⁾, 대동맥 homograft로의 대체는 여러 유리한 점이 있는데 반해 수술의 난이도 및 역시 성장에 따른 재수술의 필요성⁵⁾ 등으로 인해, 현재 생육성을 갖는 자기의 폐동맥 판막으로 대동맥 판막을 대체함으로써 성장에 따른 재수술의 번거로움을 피할 수 있는 Ross 술식이 가장 이상적인 것으로 생각되나⁶⁻¹¹⁾ 수술 수기의 난이도 및 우리나라의 경우 우심실 유출로 형성에 필요한 homograft를 확보할 수 없다는 문제점 때문에 이용이 어려운 실정이다. 이에 우심실 유출로 형성을 REV기법을 이용하면¹²⁻¹⁴⁾ homograft의 사용을 배제할 수 있게 되어 그 공급의 문제점이 해결될 수 있다는 점에 착안, 본 실험에서는 성장 속도가 빠른 어린 돼지를 이용, 폐동맥 판막을 폐동맥 근위부를 포함하여 Ross 술식에서와 같이 적출하고¹⁵⁾ 원위부 폐동맥을 대동맥을 절단하여 대동맥의 앞으로 전치시켜 우심실에 직접 연결시킨 후 성돈이 될 때까지 사육하여 그 수술법이 적합하다는 것을 관찰, 증명하고자 한다.

대상 및 방법

실험 동물

본 실험은 소아에서 대동맥 및 폐동맥 판막에 대한 수술을 시행하였을 경우 성인으로 성장한 후, 그 동맥과 판막의 발육 정도 및 기능을 관찰, 평가하기 위한 것으로, 그에 적합한 대상 실험 동물로는 성장 속도가 빨라 생후 6개월이면 사람 성인의 체중에 해당되는 70kg 정도까지로 자랄 수 있는, 우리나라 축산농가에 가장 많이 보급되어 그의 공급이 용이한 Yorkshire-Landrace-Duroc 삼원 교잡종 돼지 10 마리를 이용하여 진행하였다.

Monocusp patch 의 준비

도축장에서 소의 심낭과 돼지의 심낭을 적출하여 차가운 생리 식염수에 담아 실험실로 운반한 후, 심낭의 지방 조직 및 주위의 필요 없는 부분을 제거하여 다듬은 다음 생리식염수로 잘 씻어 0.625%(pH 7.4)의 glutaralde-

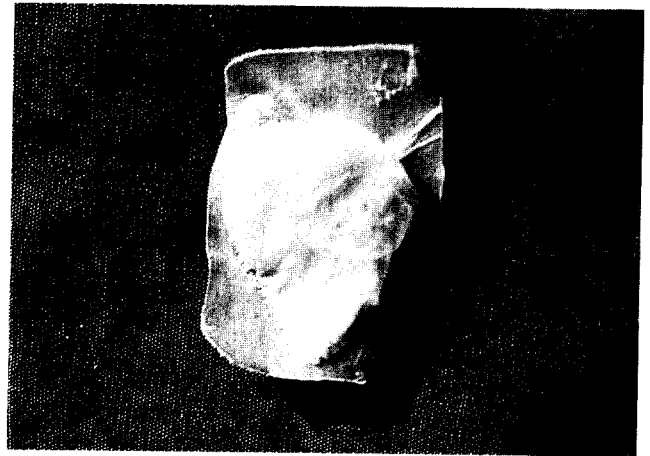


Fig. 1. 우심낭에 상대적으로 몹시 얇은 돈심낭을 monocusp으로 이용 연속봉합하여 제작한 monocusp patch

hyde 용액에 일주일 정도 보관한다¹⁶⁾. 실험 동물의 크기에 맞추어 가로, 세로 2~5cm 정도의 다양한 크기의 장방형 우심낭(두께 약 1mm)을 준비하고, 한편으로는 직경 1~2cm 정도의 다양한 거의 원형으로 오려낸 얇은(두께 0.4mm 이하) 돼지 심낭을 monocusp 용으로 준비하여, 상기 준비된 우심낭에 6-0 prolene 연속 봉합으로 monocusp patch를 제작하고, 다시 이를 0.625% glutaraldehyde 용액(pH 7.4)에 담가 멸균, 고정 보관하여 실험에 사용할 수 있게 준비한다(Fig. 1).

수혈용 혈액의 준비

도축장에서 도축되기 직전의 돼지에 Halothane 을 듬뿍 적신 gauze가 들은 vinyl 주머니를 돼지 코에 세워 자연 흡인 마취시킨 뒤, 돼지가 완전히 제압되면 바로 목 부분을 도살용 칼로 깊이 베어 경정맥을 노출시킨다. 준비해 간 멸균 헌혈 백의 바늘을 이용 가능한 한 우심방 쪽으로 깊이 천자하여 혈액을 채취한다.

수술 방법 및 술후 관리

생후 2개월 정도(약 15kg 전후)의 Yorkshire-Landrace-Duroc 삼원 교잡종 수컷 돼지를 ketamine(10mg/kg) 과 atropine(0.05 mg/kg)으로 근주하여 전치치하고 betadine으로 목욕을 시킨 후 V-형의 수술 고정대에 양위로 고정시키고, 귀의 정맥을 통해 수액 및 Fentanyl, Norcurone 혹은 pancuronium을 주며 내경 5 mm 정도의 내기도관을 삽관한다. Halothane 이나 Enflurane 으로 강제 흡입 마취를 시키면서 외경정맥과 경동맥을 노출 시켜 동맥압 감시선

및 수액 공급선을 확보한다. 그후 수술 부위를 멸균 소독하고 정중 흉골 절개를 통해 심낭을 열고 심장을 노출시킨 뒤 heparine(300 mg/kg)을 정주한다. 체외 순환용 동맥관을 가능한 한 원위부의 상행 대동맥에, 정맥관은 직접 상행 대정맥과 저위의 우심방을 통해 하행 대정맥에 삽입 후 막형 산화기를 이용 체외순환을 시작하여 체온을 22~23℃ 정도로 낮춘다. 이때 좌심방 vent도 같이 시행한다. 대동맥과 폐동맥 사이를 완전히 박리해 놓고 동맥관을 결찰, 분리한 후 계속해서 거의 수직에 가까운 주행을 하는 좌폐동맥을 좌심방 뒤의 분지부까지 충분히 박리한다. 다음 우폐동맥도 첫 번째 분지까지 박리를 하는데 이때 우심방의 손상이 없도록 많은 주의가 요구된다. 충분한 박리가 안됐다고 판단되면 주폐동맥을 판막 상부 2cm 정도 상방에서 절단하여 미흡한 부위를 말끔히 박리하여야 한다. 주폐동맥 및 판막은 Ross 술식에서 처럼 적출하며¹⁶⁾, 적출한 폐동맥 판막은 자가 대동맥 판막으로 치환하거나, 냉동 보존하여 다음 실험을 위해 준비하고¹⁷⁾, 대동맥은 체외순환용 동맥관 삽관부 바로 직하 부위에서 차단한 후 냉장 심정지역을 대동맥 근저부, 절단할 위치에 직접 주입한다(15 ml/kg). 얼음 등으로 국소 심근 보호를 하며 대동맥을 관상 동맥 기시부 상부 1cm 정도에서 절단한 후 주폐동맥의 밑으로 대동맥을 전치 시키고 Ross 술식을 시행하거나(5 마리), 대동맥 판막을 보존하며 직접 5-0 prolene 으로 단단 분합을 시행하였다. 절단한 폐동맥의 원위부는 대동맥의 앞으로 전치된 상태로 하부로 견인하면 충분히 폐동맥 판막이 적출된 우심실 유출로 부위로 내려오므로 뒤쪽의 반은 직접 5-0 prolene 으로 연속 봉합하고 앞부분은 폐동맥의 역류를 막는 목적으로 미리 준비한 monocusp patch 로 덧대어 5-0 prolene 연속 봉합을 하여 수술을 마친다.

체온을 38℃ 까지 올린 후 체외 순환을 점차 줄이면서 보통의 방법으로 제거하는데 경우에 따라 탈세동기를 사용하여 심장을 뛰게 한다. 체외 순환 삽관의 제거와 동시에 동맥압 등을 관찰하며 protamine sulfate 를 주어 heparine을 중화시키고 두개의 흉관을 삽관한다. 수술 창상의 봉합이 끝나면 출혈량을 관찰하며 수혈을 충분히 하고 계속 흡입 마취를 지속하다 현저히 출혈이 줄어들면 바로 흉관을 제거하고, 혈압 등을 관찰하며 심기능이 회복됐다고 판단 시 나머지 정맥, 동맥선을 제거한 다음 흡입 마취를 중지하여 스스로의 자발 호흡을 유도한다. 내기도관을 제거하면 바로 관찰 우리에 옮겨 항생제를 이틀 간 근주하며 물과 먹이를 준다. 일주일에서 열흘 정도 관찰 우리에서 키우다가 별 문제가 없으면 농과대학의 목장으로 옮겨 전문 사육사에 의해 3~4개월 키워져 70kg 정도가

되면 다시 실험실로 옮겨와 실험결과를 관찰, 측정한다.

수술 결과의 판정

큰 vinyl 봉지에 Halothane 을 잔뜩 적신 헝겊을 넣고 돼지의 코에 덮어씌운 후 의식을 잃고 쓰러지면 곧 ketamine 을 근주하고 수술대의 V-형 고정대에 양외위로 눕힌다. 귀의 정맥을 통해 수액과 atropine, ketamine 등을 투여하며 기관 절개술로 기도관을 삽관한 후 Halothane 흡입 마취를 유도한다.

마취 하에 심장내과의 도움으로 심장 조음과검사를 시행하여 심장 및 대혈관의 운동을 관찰하며, 판막의 움직임, 역류의 유무 등을 조사하고 곧 이어 흉골 절개로 심장을 노출시킨 후, 심장의 각 방 및 대동맥, 폐동맥 압을 측정한다. 모든 것이 끝나면 실험을 시켜 다음 실험을 위한 혈액을 채취하고, 심장을 적출하여 육안 소견과 판막 부위의 병리 조직학적 소견을 관찰한다.

결 과

최근에 시행했던 10례의 실험 결과를 종합하면, 수술 당시의 실험 돼지의 체중은 13~20 kg(15.3 ± 1.3 kg) 이었고, 폐동맥 관류는 16 ± 0.5 mm, 대동맥 관류는 16 ± 0.2 mm 이었다. 혈액을 충전액에 첨가하고 22℃ 정도의 저체온을 유지하며 100 ml/kg/min. 이하의 관류 속도로 보통 2시간 여의 체외 순환을 하였으나 체온 상승에 많은 시간이 소요되었던 경우도 있어 통제 처리하여 계량화하기는 곤란하였다. 또한 정량의 heparine 투여에도 ACT(activated clotting time)가 1000 초 이상으로 잘 관리되지 못했던 경우도 5례에서 있었다. 술후에 필요했던 수혈량은 800cc 정도로서 흉관을 통한 실험량을 보면서 보충하였다. 4마리는 주로 수술 수기 상의 문제인 출혈에 의해 사망하였고, 술후 내기도관 발관 후 관찰 중 한 시간쯤 후에 갑작스러운 심실세동으로, 흉관 발관 시 기흉으로, 체외 순환과 관련된 고칼륨증으로 각각 1 마리 씩 사망하였다. Ross 술식을 병행했던 1마리는 65kg 까지 사육하였고, REV 술식만을 행했던 5마리 중 2마리가 생존하여 술후 3개월 반 쯤 각각 70kg, 78kg 될 때까지 사육한 후 심장검사를 행하였다. 먼저 이들에 대한 심에코 검사를 시행한 결과, 폐동맥에서 monocusp 부위의 석회화 등이 관찰됐고 폐동맥혈의 심장으로의 역류 등은 관찰되지 않았으나 그 영상이 선명하지 못하여 참고가 되지 못했다. 흉골의 절개 후 이들의 심장 및 동맥압, 정맥압 등을 측정한 결과는 표 1에서 보이는 바이며, 충분한 혈관의 크기를 유지하여 대동맥 및 폐동맥



Fig. 2. 성돈이 된 후 적출해 낸, 변형되고 심하게 석회화가 이루어진 monocusp patch.

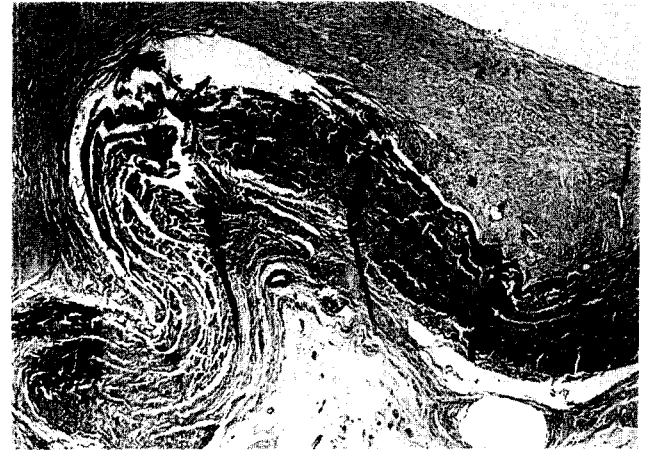


Fig. 3. 석회화가 이루어진 monocusp patch의 현미경 소견. 윗쪽이 우심낭으로 만든 patch이고 아랫쪽이 둔심낭으로 제작된 판막구조로서 두 조직이 심하게 유착되어 있고 그 사이에 심한 석회화가 이루어져 있다. 판막 및 patch 양 조직에 섬유화 및 미약한 염증 세포의 침윤이 관찰된다.

판막의 협착 소견은 보이지 않았다. 모두에서 monocusp patch 부위에 주위 조직과의 유착이 심하게 있었으며, 박리한 결과 모두 심한 석회화가 일어나 있었고 monocusp은 변형되어 patch 쪽으로 돌처럼 굳어져 있어(Fig. 2) 판막으로서의 그 기능을 상실하고 있었음을 관찰할 수 있었다. 현미경 하에서도 둔심낭인 monocusp 과 우심낭인 patch 모두 심한 석회화를 보이고 주변에 섬유화 및 미약한 염증 소견이 관찰되었다(Fig. 3).

고 찰

심장 판막의 대체물로 이중 조직판막, 기계판막의 인공 판막과 동종이식 판막 등이 사용되고 있으나 후자는 그 공급에 제한이 있고 특히 우리 나라에서는 거의 구하기 힘든 상황이다. Lower¹⁸⁾, Pillsbury¹⁹⁾, Ross⁶⁾ 등이 선구적인 실험들을 통해서 자가 폐동맥 이식술(Ross 술식)이 특히 소아에서 이상적인 대동맥 판막 질환 치료법임이 알려졌지만²⁰⁾, 그 수술 술기의 난이도 및 우심실 유출로의 재건에 이용되는 동종이식 판막의 공급이 마찬가지로 문제점으로 지적되고 있다. 우심실 유출로 성형에 있어 Rastelli 술식의 단점을 극복하기 위해 Lecompte 가 개발한 REV 술식^{12, 13)}의 적용이 많이 보고되고 있으며 이는 완전한 폐동맥 판막의 영구적인 기능 유지를 기대할 수는 없지만 상기에서 지적했던 동종이식 판막의 계속적인 공급이 불가능한 우리에게는 그를 대체할 수 있는 가능성을 충분히 제시하고 있는 것이다. 이 두 술식을 종합한(Ross 술식 + REV 술식)

Table 1. 실험 동물의 성장 후 심장 압력 측정 결과

(단위 : mmHg)

	I (65kg)	II (70kg)	III(78kg)
LV pressure	110/17	91/16	103/25
RV pressure	50/10	35/20	40/25
Aorta pressure	110/75	88/56	100/81
PA pressure	50/36	30/16	36/22
RA pressure	18		23
SVC pressure			23

LV: left ventricle, RV: right ventricle, PA: pulmonary artery, RA: right atrium, SVC: superior vena cava

대동맥 판막 질환에 대한 수술적 치료법은 아직 세계적으로 아무도 시도해 본 바가 없으나, 본 실험을 통해 그 술식의 적합성을 증명해 보일 수 있을 것이다.

실험동물의 선정은 실험의 목적에 부합하여야 하며 그의 공급에 어려움이 없어야 함은 당연한 명제이다. 돼지는 그런 점에서 아주 적합한 본 실험의 대상동물이 될 수 있으나 그 해부학적 및 생리적 특징을 확실히 숙지하여야 한다. 먼저 기관의 구조인데 인체에서는 후두개가 기도의 전방에 위치하지만 돼지에서는 후방에도 후두개양 구조가 독립적으로 존재하여 내기도관 삽관 시 주의를 요하며, 특히 기관의 전방 막상 부위는 쉽게 파열되는 수가 있다. 폐동맥은 주폐동맥이 매우 길고 동맥관은 굵게 존재하나 혈류는 대개 없다. 좌폐동맥은 옆으로 주행한다기

보다는 거의 수직에 가깝게 폐문부로 들어가는데 항상 좌상대정맥의 후방까지 충분히 박리해 들어가야 분지가 나타나다. 우폐동맥은 박리에 주의를 요하는데 견인 등으로 쉽게 우심방의 과열을 초래할 수 있다. 심폐기를 이용하는 개심술의 실험에는 술후의 수혈이 실험의 성패를 좌우한다. 다행히 돼지의 피는 도축장에서 쉽게 구할 수 있으나 채혈에는 몇 가지 주의를 요한다. 먼저 돼지를 제압하는 방법으로 저자는 Halothane 봉지를 이용하였다. Ether도 이용해 보았지만 효과가 확실치 않아 여러 번 실패했던 경험이 있었다. 채혈 부위로는 경정맥을 이용하는데 목이 몹시 두꺼우므로 도살용 칼로 길고 깊게 자상을 낸 후, 준비한 실험 수술 기구로 나머지 조직을 박리하여 경정맥을 노출시킨다. 동맥으로 부터는 지속적으로 많은 양의 채혈이 어렵지만 경정맥을 통해 우심방 근처에서 채혈을 하면 많은 양을 모을 수 있다. citrate 채혈 백에 200cc 이상은 받지 않는 것이 좋다. 그 이상이면 쉽게 응고되어 못 쓰게되는 경우가 많다. 돼지에도 밝혀진 바로는 14가지 이상의 혈액형이 있지만²¹⁾ 무시하고 사용할 수밖에 없는데 저자들의 돼지를 이용한 다른 실험 중에도 수혈 반응으로 추정되는 원인으로 실패한 경우가 있었음을 참고하기 바란다. 돼지의 심장은 허혈성 자극에 몹시 약하고²²⁾, 마취에서 깨어날 때 삼관된 내기도관에 몹시 저항하고 수술 후 24 시간 내에 surfactant의 결핍 등으로 원인 된다고 생각되는 신생아 호흡부전증 같은 증상을 보여^{23, 24)} 수술 직후 관리에 주의해야 한다. 수술에서 회복된 후에도 돼지는 주위의 stress에 과민하여 발육과 체중 증가에 장애를 보이므로 가능하면 술후 1~2 주에 전문 사육 농장으로 이송하여 자극 없이 사육해야 정상적으로 발육한다고 한다.

Ross 술식은 수술의 난이도에 비해 여러 장점이 있다. 즉 자신의 몸 크기에 적당한 대동맥 판막을 제공할 수 있고, 혈액학적으로 훌륭하며, 항원성이 없고, 항응고제의 사용이 필요하지 않다는 점, 거기에 소아에서는 생육성을 가지며 성장할 수 있어 성장에 따르는 재수술이 필요 없다는 장점 등이다¹⁶⁾. 우심실 유출로에 이식하는 동종이식 판막의 성장이 문제점이 될 수도 있으나, REV 술식을 이용하므로써 많은 점이 해소될 수 있을 것이다. 그러나 본 실험에서 관찰되듯이 3 개월 내에 일어났던 monocusp에의 심한 석회화 현상은 해결되어야 할 과제이다. 이에 대해서는 탈광물 효과를 가진 여러 약제 등에 처리하여 이종 보철편이 석회화 되는 것을 방지하거나 약화, 완화시키는 석회화 방지 방법¹⁵⁾이 개발되어야 하겠다.

결 론

동물 실험 여건에의 여러 가지 부족한 점으로 인하여 완벽한 실험이 이루어질 수 없었던 아쉬움이 있으나, 본 실험을 통하여 REV + Ross 술식이 가능한 수술 방법으로서 대동맥 판막 질환의 소아에서 이용할 수 있다는 가능성을 밝힌다. 수술 직후 우심실 부전을 막아주는데 필요했던 monocusp은 본 돼지의 실험에서는 3 개월 내에 석회화로 그 기능이 상실되었으나 돼지의 발육에는 장애를 초래하지 않아 그 임무는 충분히 다했을 수 있다고 본다. 또한 기존의 glutaraldehyde 처리에 의한 판막의 보존법은 석회화를 보다 적극적으로 해결해야하는 문제점이 남아 있음이 확인되었다.

참 고 문 헌

1. Geha AS, Laks H, Stansel HC Jr, et al. *Late failure of porcine valve heterografts in children.* J Thorac Cardiovasc Surg 1979; 78:351-64
2. Wada J, Yokoyama M, Hashimoto A, et al. *Long-term follow-up of artificial valves in patients under 15 years old.* Ann Thorac Surg 1980;29:519-21
3. Williams DB, Danielson GK, McGoon DC, Puga FJ, Mair DD, Edwards WD. *Porcine heterograft valve replacement in children.* J Thorac Cardiovasc Surg 1982;84:446-50
4. Silver MM, Pollock J, Silver MD, Williams WG, Trusler GA. *Calcification in porcine xenograft valves in children.* Am J Cardiol 1980;45:685-9
5. Gonzalez-Lavin L, Al-Janabi N, Ross DN. *Long-term results after aortic valve replacement with preserved aortic homografts.* Ann Thorac Surg 1972;13:594-605
6. Ross DN. *Replacement of the aortic and mitral valves with a pulmonary autograft.* Lancet 1967;2:956-8
7. Gonzalez-Lavin L, Geens M, Ross DN. *Aortic valve replacement with a pulmonary valve autograft: Indication and surgical technique.* Surgery 1970;68:450-5
8. Gonzalez-Lavin L, Geens M, Ross DN. *Pulmonary valve autograft for aortic valve replacement.* J Thorac Cardiovasc Surg 1970;60:322-30
9. Randolph JD, Toal K, Stelzer P, Elkins RC. *Aortic valve and left ventricular outflow tract replacement using allograft and autograft valves: a preliminary report.* Ann Thorac Surg 1989; 48:345-9
10. Stelzer P, Elkins RC. *Pulmonary autograft: an American experience.* J Cardiac Surg 1987;2:429-33
11. Santangelo KL, Elkins RC, Stelzer P, et al. *Normal left ventricular function following pulmonary autograft replacement of the aortic valve in children.* J Cardiac Surg 1991;6:633-7

12. Lecompte Y, Zannini L, Hazan E, et al. *Anatomic correction of transposition of great arteries. New technique without use of a prosthetic conduit.* J Thorac Cardiovasc Surg 1981;82:629-31
13. Lecompte Y, Neveux JY, Leca F, et al. *Reconstruction of the pulmonary outflow tract without prosthetic conduit.* J Thorac Cardiovasc Surg 1982;84:727-33
14. Lecompte Y. *Reparation a l'Etage Ventriculaire - The REV procedure: Technique and clinical results.* Cardiol Young 1991;1:63-70
15. 안재호, 김용진. 소의 심낭을 이용한 이중이식 보철편의 개발(I) - 고정맥의 농도와 장력 - 대홍외지 1989;22:373-83
16. Ahn JH, Knott-Craig CJ, Elkins RC, et al. *Growth of pulmonary autograft in swine. I. feasibility of the operation.* 대홍외지 1995;28:885-91
17. 홍종면, 노윤우, 이조한, 안재호, 홍장수, 안혁. 토끼의 대동맥 및 폐동맥 판막 동종이식편의 냉장 및 냉동 보존후 생육성 평가 (I). 대홍외지 1995;28:731-41
18. Lower RR, Stofer RC, Shumway NE. *Total excision of the mitral valve and replacement with the autologous pulmonary valve.* J Thorac Cardiovasc Surg 1961;42:696-706
19. Phillsbury RC, Shumway NE. *Replacement of the aortic valve with the autologous pulmonic valve.* Surgical Forum 1966;17:176-7
20. Elkins RC, Santangelo K, Randolph JD, et al. *Pulmonary autograft replacement in children. The ideal solution?* Ann Surg 1992;216:363-71
21. Moustgaard, Hesselholt. *Swine in biomedical research.* p. 26-31 Pacific Northwest Laboratory 1966
22. Cullum PA, Baum M, Clarke A, Wemyss-Gorman PB, Howard E, McClelland RMA. *Orthotopic transplantation of the pig heart.* Thorax 1970;25:744-7.
23. Calne RY, Bitter-Suermann H, Davis DR, et al. *Orthotopic heart transplantation in the pig.* Nature 1974;247:140-2
24. Molina JE, Edwards J, Bianco R, Clack R, Rasmussen T, Lang G. *Growth of fresh-frozen pulmonary allograft conduit in growing lambs.* Circulation 1989;supplement I 80(3):1183-90

=국문초록=

소아에서 대동맥 판막 질환의 경우 합리적인 수술법인 Ross 술식을 적용함에 있어, 우리나라의 경우 현실적으로 이용에 어려움이 있는 Ross 술식에 필요한 동종이식 판막의 사용을 배제한다는 발상으로 10 마리의 15 kg 가량의 돼지를 이용 REV 술식 등을 시행하고 3 마리의 성공 레를 3 개월 이상 사육하여 성돈이 된 후 그 판막의 발육 및 기능을 관찰하였다. 대동맥 및 폐동맥 등에 협착의 소견은 없었으며, REV 술식으로 사용되었던 monocusp 보철편의 변형 및 심한 석회화가 관찰되어 이미 판막으로의 기능은 상실하였으나 발육에는 큰 지장이 없는 것이 확인되어 REV 와 Ross 술식의 병행 수술요법이 사람에서도 적용될 수 있을 것으로 사료되며, 계속 석회화 방지에 관한 연구가 진행되면 더욱 좋은 성적을 기대할 수 있겠다.

- 중심단어:** 1. Ross 술식
2. REV 술식
3. 동종이식
4. 이중이식