

폰탄 술식의 중장기 성적: 심장의 도관 술식과 가측터널 술식의 비교

곽재건* · 김용진* · 김동중*

Mid- and Long Term Outcome of Fontan Procedure: Extracardiac Conduit Fontan versus Lateral Tunnel Fontan

Jae Gun Kwak, M.D.*, Yong Jin Kim, M.D.*, Dong-Jung Kim, M.D.*

Background: This paper reviews our experience retrospectively to examine the clinical results and effectiveness of lateral tunnel (LT) and extracardiac conduit (ECC) Fontan procedures at a single institution. **Material and Method:** One hundred and sixty five Fontan procedures were performed (67 LT and 98 ECC) between January 1996 and December 2006. Preoperative and postoperative hemodynamic values, arrhythmia, hospital and intensive care unit stay, chest tube drain, morbidity and mortality were reviewed. **Result:** The overall operative mortality in the LT and ECC groups was 4.5% (3) and 2.0% (2), respectively. There was a significant difference in the immediate postoperative transpulmonary gradient (LT 8.5 ± 2.5 vs ECC 6.6 ± 2.4 , p -value < 0.001) and central venous pressure (LT 18.3 ± 3.8 vs ECC 15.6 ± 2.4 , p -value = 0.001) between the two groups. The mean follow-up in the LT and ECC groups was 74.1 ± 31.5 and 38.1 ± 29.1 months, respectively. There was one late death. The actuarial survival at 10 years in the LT and ECC groups was 92% and 89%, respectively. In arrhythmia, the ECC patients showed a slightly low incidence but the difference was not statistically significant. **Conclusion:** Both the LT and ECC Fontan procedures showed comparable early and mid-term outcomes in terms of the surgical morbidity and mortality, postoperative hemodynamics, and mid-term survival. The ECC Fontan procedure reduces the risk of arrhythmia in the follow up period.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2007;40:805-810)

- Key words:** 1. Fontan procedure
 2. Extracardiac conduit
 3. Lateral Tunnel
 4. Outcome assessment

서론

1971년에 삼첨판막 형성 부전 환자에서 처음 Fontan 술식이 시행된 이후 혈액학적인 여러 측면에서 개선을 위하여 다양한 술식 변화가 이루어져왔다[1]. 1988년 de Leval 등은 이전까지 주로 사용해왔던 심방-폐동맥간 연결을 이

용한 Fontan (atriopulmonary connection Fontan, AP Fontan)에 비하여 다양한 장점을 가진 가측 터널 술식(lateral tunnel Fontan)을 보고하였다. 또한 뒤이어 개발된 심장의 도관을 이용한 술식(extracardiac conduit Fontan)은 가측 터널 술식을 시행하면서 하나의 문제점으로 등장했던 심방에의 절개선으로 인하여 나타났던 각종 심방 기원의 부정맥

*서울대학교 의과대학 서울대학교병원 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Seoul National University Hospital, Seoul National University College of Medicine
 †본 논문은 Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery 2007;6:328-330에 영문으로 게재된 논문과 그 대상 환자군 및 주제는 같으나, 다른 책임 저자가 다른 관점에서 쓴 논문을 밝힙니다.

논문접수일 : 2007년 8월 27일, 심사통과일 : 2007년 9월 13일

책임저자 : 김용진 (110-744) 서울시 종로구 연건동 28번지, 서울대학교병원 흉부외과

(Tel) 02-2072-3638, (Fax) 02-745-5209, E-mail: kyj@plaza.snu.ac.kr

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

을 줄일 수 있을 것이라는 기대를 갖고 최근에 많이 사용되고 있는 방법이다[2]. 물론 아직도 많은 센터에서는 두 가지 술식을 모두 사용하고 있고, 본원에서 2003년까지는 가측 터널 폰탄 술식을 시행하였다. 이에 이 논문에서는 지난 10년간 본원에서 시행한 폰탄 술식 중에서 가측 터널 술식과 심장의 도관 술식의 중기 성적을 비교하여 그 차이를 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

1996년 1월부터 2006년 12월까지 11년 동안 수술을 시행받은 환자 165명을 대상으로 후향적인 연구를 시행하였다. 67명은 가측 터널 술식(lateral tunnel Fontan procedure, LT)을, 98명은 심장의 도관 술식(extracardiac conduit Fontan procedure, ECC)을 이용하여 Fontan 수술을 시행하였다. 환자들 가운데 이전의 AP Fontan을 받은 후 Fontan conversion을 목적으로 상기의 두 가지 방법의 수술을 받았던 환자는 제외하였다. LT fontan은 1996년 이전부터 시행되어 왔으나, 이전의 결과는 이 연구에서 제외하였고, 2003년을 마지막으로 더 이상 본원에서는 시행되지 않았다. 한편 ECC fontan은 1996년부터 본원에서 시행되기 시작하였으며 현재 Fontan 술식의 적응증이 되는 환자들은 모두 ECC fontan 술식을 시행하고 있는 실정이다. 환자들의 진단은 Table 1과 같다.

Fontan 술식을 시행하기 전의 고식적인 수술로 다양한 수술이 시행되었는데, 체폐동맥단락술(Blallock-Taussig shunt)을 거쳐 양방향성 대정맥-폐동맥간 단락술(bidirectional cavo-pulmonary shunt) 이후에 폰탄 수술을 시행한 경우(63)와 폐동맥 밴딩(pulmonary artery banding)을 거쳐 양방향성 대정맥-폐동맥간 단락술을 시행한 환자(27)가 가장 많았다. 수술은, 정중 흉골 절개를 통한 표준적인 심폐기 보조하에서 시행되었고, 체온은 섭씨 약 28도까지 저하시키는 중등도의 저체온법을 사용하였다. Fenestration은 환자의 수술 전 상태와 수술장에서의 집도의의 판단하에 시행 여부가 결정되었으며, 가측 터널 술식을 이용한 환자에서는 58명, 심장의 도관 술식을 이용한 환자 중에서는 34명이 시행되었다. 심장의 도관 술식에 사용된 도관은 모두 Goretex vascular graft를 이용하였고, 그 크기는 16 mm에서 24 mm까지의 다양한 크기가 사용되었다. 한편 가측 터널 술식에는 Goretex patch가 사용되었고, 이 때 사용된 크기는 12 mm에서 20 mm였다.

폰탄 수술과 동반하여 다양한 수술이 같이 시행되었다.

Table 1. Diagnosis

Diagnosis	LT	ECC
DORV	10	27
DORV+c-ECD	10	10
Single ventricle	26	21
Unbalanced ECD	0	10
TA	12	10
d-TGA	4	4
cc-TGA	3	5
PA with IVS	1	5
Hypoplastic left haert syndrome	0	4
Ebstein's anomlay	1	2
Total	67	98

LT=Lateral tunnel; ECC=Extracardiac conduit; DORV=Double outlet right ventricle; c-ECD=Complete endocardial cushion defect; TA=Truncus arteriosus; d-TGA=d-transposition of the great arteries; cc-TGA=Congenitally corrected transposition of the great arteries; PA with IVS=Pulmonary atresia with intact ventricular septum.

심한 방실 판막 역류로 이에 대한 판막 교정술 혹은 판막 치환술이 같이 시행된 경우가 19예, 부정맥으로 인하여 부정맥 관련 수술(cryoablation)이 시행된 경우가 31예, 폐동맥에 대한 성형술이 같이 시행된 경우가 30예, 영구형 심박동 조율기 삽입 혹은, 이전에 삽입하였던 심박 조율기에 대한 배터리를 교체가 8예가 있었고, 1예에서는 대동맥 축착에 대한 교정술이 같이 시행되기도 하였다. 심장의 도관 술식을 시행한 경우에는 심장 내 문제를 해결하기 위하여 개심을 시행한 경우를 제외하고 심정지를 시행하지 않았다.

대상 환자들에 대하여 수술 전의 여러 요소들을 비교하였고, 수술 직후 중환자실에서 혈역학적인 상태, 수술 후 중환자실의 체류 기간 및 병실 체류 기간, 흉관 삽입 일수 등을 비교, 관찰하였으며, 수술 후 지금까지 외래 방문 및 다른 이유로 인한 입원시에 시행한 심전도 등을 통하여 최근까지의 부정맥 상태에 대하여 추적, 관찰하였다.

결 과

양측 환자군의 수술 전 성별, 나이, 체중, 체표면적, 폐정맥 저항, 부정맥의 유무 등에 통계학적인 차이가 없었다. 경폐간 압력차(transpulmonary pressure gradient)에도 통계학적으로 큰 의미있는 차이는 없었으나 가측 터널 술식

Table 2. Preoperative patients' factors

	LT (n=67)	ECC (n=98)	p-value
Age (month)	47.4±50.6	52.0±66.0	ns
Sex (M : F)	40 : 27	68 : 30	ns
Wt (kg)	15.8±11.1	16.7±13.0	ns
BSA (kg/m ²)	0.64±0.29	0.64±0.30	ns
TPG (mmHg)	7.08±5.60	5.44±2.18	ns
Rp	2.36±1.20	1.89±0.84	ns
Qp/Qs	0.74±0.27	0.73±0.38	ns
AVVR (>II)	6 (9.0%)	17 (17.0%)	ns
Arrhythmia	3 (7.9%)	7 (7.0%)	ns

TPG=Transpulmonary pressure gradient; AVVR=Atrioventricular valve regurgitation; LT=Lateral tunnel; ECC=Extracardiac conduit; Wt=Body weight; BSA=Body surface area; Rp=Pulmonary resistance; Qp=Pulmonary blood flow; Qs=Systemic blood flow.

을 시행받았던 환자에서 수술 전 경폐간 압력차(7.08±5.60 mmHg)가 심장 외 도관 술식을 이용한 환자(5.44±2.18 mmHg)에서 보다 높은 경향을 보였다. 또한 양쪽 군 간의 수술 전 방실 판막의 역류 정도에도 통계적인 차이를 보이지는 못했으나, 심장 외 도관 술식을 시행한 환자에서 더 많은 수술 전 방실 판막 역류 소견을 보였다(9% in LT vs. 17% in ECC, Table 2).

양쪽 군의 수술 직후 지표들을 비교하였을 때, 중환자실에서 측정할 중심정맥압(central venous pressure)은 가측 터널 술식을 사용한 환자군이 18.3±3.8 mmHg로 심장외 도관 술식을 사용한 환자군의 15.6±2.4 mmHg에 비하여 통계적으로 유의하게 높았으며(p-value=0.001), 경폐압력차(transpulmonary pressure gradient)에서도 가측 터널 술식 환자군이 8.5±2.5 mmHg로 심장외 도관 술식 환자군의 6.6±2.4 mmHg에 비하여 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타났다(p-value<0.001) 수술 직후의 혈액학적인 측면에서는 심장의 도관 술식이 다소 유리한 것으로 나타났다. 그러나, 방실 판막의 역류 정도, 중환자실의 체류 기간, 중환자실에서 인공 호흡기 보조 시간, 입원 일수, 흉관 삽입 일수 등은 통계학적으로 의미 있는 차이를 보이지 않았다.

수술 사망은 165명 중 5명에서 발생하였는데(3.03%) 이 중 3명은 LT군에서, 2명은 ECC군에서 발생하였다. 사망 원인은 패혈증, 인공 심폐기 이탈 실패, 조절할 수 없었던 심실세동 등이었다. 초기 혹은 만기 합병증이 다양하였는데, 경련, 횡경막 마비, 종격동염 혹은 이를 동반한 창상 감염, 흉관 삽입 기간의 지연 등이었다.

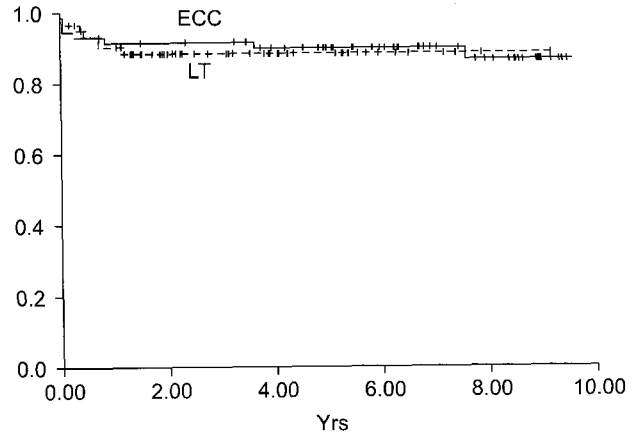


Fig. 1. survival rate at 10 years. ECC=Extracardiac conduit; LT=Lateral tunnel.

LT 환자군은 74.1±31.5개월, ECC 환자군은 31.7±28.1개월간 추적 관찰하였으며, 10년 간의 생존율에서 양군의 차이는 통계학적으로 차이가 없었다(LT vs. ECC=92% vs. 89%, p-value=0.796, Fig. 1).

LT 군에서 수술 직후 발생한 부정맥은 accelerated junctional rhythm (6), 발작성 상심실성 빈맥 (paroxysmal supraventricular tachycardia, 1), 서맥성 부정맥 (bradyarrhythmia, 1), 완전 방실 차단(complete AV block, 2), 심방 조동(2), 동방결절 기능 부전(sinus node dysfunction, 1) 등이었고, 이들에 대한 만기 추적 결과 모두 11명에 있어서 부정맥이 남아 있는 상태였다. 최종적으로 남아 있는 부정맥의 종류는 junctional rhythm (1), 서맥성 부정맥(4), 동방결절 기능 부전(2), 불규칙한 모양의 P파(1), 완전 방실 차단(2), 빈번한 심실성 빈외 박동(frequent ventricular ectopic rhythm, 1) 등이었고, 이들 가운데 7명에 대하여 영구형 심박 조율기를 삽입하여 치료하고 있었다. 영구형 심박 조율기를 사용하고 있는 환자는 서맥성 부정맥(4), 완전 방실 차단(2), 동방 결절 기능 부전(1) 등의 심전도 소견을 보였던 환자들이었다. 한편 ECC 군에서는 수술 직후에 서맥성 부정맥(3), 완전 방실 차단(2), accelerated junctional rhythm (6), sick sinus syndrome (2), sinus pause (1) 등을 보였으며, 장기 추적 관찰 결과 최종적으로 보인 부정맥은 junctional rhythm (6), sick sinus syndrome (1), sinus pause (1), 완전 방실 차단(2), 2도 방실 차단(1) 등을 보였다. 이들 가운데 영구형 심박동 조율기의 삽입이 필요하였던 환자는 모두 7명으로 이들은 완전 방실 차단(2), sick sinus syndrome (1), 2도 방실 차단(1), junctional rhythm (1) 등이

었다. 결국 완전 방실 차단 등의 수술적인 손상이 의심되는 경우를 제외한 부정맥의 경우 LT 군의 환자는 모두 8명(8/67, 11.9%)이었으며, ECC군의 환자에서도 모두 8명(8/98, 8.1%)이었다. 양쪽 환자군의 추적 관찰 기간이 3년 정도의 차이를 두고 있기 때문에 만기 추적 관찰이 중요한 부정맥의 발생 여부를 통계학적으로 비교할 수는 없었지만, 일단 ECC 군에서 비교적 적은 정도의 부정맥 발생율을 보임을 알 수 있었다.

추적 관찰 기간 동안 추가적으로 발생한 만기 사망은 모두 9명으로 LT 환자군에서 4명, ECC 환자군에서 5명이 발생하였다. 이들의 사망 원인은 진행한 심부전이 가장 많은 원인을 차지하였고(7), 저산소성 뇌손상이 발생한 경우가 1예 있었으며, 단백 소실성 장병증(protein losing enteropathy)가 직접적인 원인인 된 경우가 1예 있었다.

고 찰

1971년에 삼첨판막 형성 부전 환자에게서 처음 Fontan 술식이 시행된 이후 이 술식은 기능적 단심실 기형을 가진 환자들에게 있어 고식적 수술로 확립되었다[1]. 그러나 초기의 폰탄 수술 이후에 장기간의 추적 관찰을 하는 동안 다양한 종류의 합병증이 발생한다는 것을 알게 되었으며 그러한 합병증은 중하게는 환자의 혈액학적인 측면에 심각한 영향을 초래하여 결국에는 비가역적인 심부전을 유발하여, 이는 수술 후의 장기 사망에 중대한 영향을 미치게 됨을 알게 되었다. 부정맥, 혈액전증, 흉강내, 혹은 심낭내의 흉막 삼출 및 유미흉, 단백 소실성 장병증, 폐동맥맥기형(pulmonary arterio-venous malformation), 급만성 간기능 저하 등 합병증의 발병률을 저하시키기 위하여 술식이 다양하게 변해왔다. 그중에서도 1988년 de Leval 등이 보고한 가측 터널 술식(lateral tunnel Fontan, LT Fontan)은 이전까지 주로 사용해오던 심방-폐동맥간 연결을 이용한 Fontan (AP connection Fontan)에 비하여 다양한 장점을 가지고 있어서 주목을 받았다[2]. LT Fontan 술식은 이전의 술식과는 달리 심방 내에 하대정맥과 폐동맥 사이에 도관 모양의 길을 만들어 혈액학적인 측면에서의 개선을 이루었으며, 심방이 높은 압력에 노출되는 것을 피할 수 있고, 어느 정도의 성장 가능성을 기대할 수 있었다[3]. 또한 뒤이어 개발된 심장외 도관을 이용한 술식(Extracardiac conduit Fontan, ECC Fontan)은 LT Fontan과 마찬가지로 보다 안정적인 혈액학적 측면을 얻을 수 있을 뿐 아니라, 심방을 완전히 낮은 상태의 압력에만 둬므로

서 시간의 흐름에 따른 심방의 확장을 피할 수 있다는 장점이 부각되었다. 이 뿐 아니라 심방에 절개선을 가하지 않으므로서 각종 심방 기원의 부정맥의 발생률을 줄일 수 있으며, 대동맥 결찰을 최소화, 혹은 시행하지 않을 수도 있어 최근에 더욱 많은 기대를 가지고 사용되고 있는 방법이다[4-6]. 최근에는 인공 심폐기를 이용하지 않은 상태에서 ECC Fontan을 시행하는 시도가 이루어지고 있다[7]. 물론 ECC Fontan에서 사용되는 도관은 성장의 가능성이 없다는 단점을 가지고 있으나 대체로 현재까지는 이 도관 자체의 크기가 환자의 성장에 따라서 크게 문제가 되지 않는 것 같다[8].

본원에서는 2003년까지 LT Fontan을 시행하다가 이후에는 시행하지 않았으며, 1996년부터 시작한 ECC Fontan만을 시행해왔는데 LT Fontan을 시행함에 있어서 일반적인 술식에 다소 변형을 가하여 Goretex patch와 심방을 한 번에 샌드위치 모양으로 봉합함으로써 심방의 절개선을 최소화하려는 노력을 기울였다. LT Fontan과 ECC Fontan 간에 수술 후 만기 부정맥의 발생률 차이가 확연하였던 타 센터의 보고와 달리[4-6] 본원에서는 양 환자군 간에 통계적으로 유의한 부정맥 발생률의 차이가 없다는 사실은 위에 기술한 바와 같은 술식의 변형에 의한 것으로 설명할 수 있겠다. 그러나 역시 LT Fontan을 시행한 뒤에 발생한 부정맥과 폰탄 실패(Fontan failure)로 인하여 ECC Fontan으로 전환하는 증례가 늘어남에 따라 최근에는 더 이상 시행하지 않고 있다.

ECC fontan 환자들에 대한 더 오랜 기간의 추적 관찰이 이루어지지 않은 상태라는 것은 아직까지 LT fontan 환자군과 ECC Fontan 환자군 간의 적극적인 비교가 곤란한 점이라고 할 수 있겠다. 도관 내 혈전 형성의 가능성, 환자의 성장에 따른 상대적인 도관 협착 발생 가능성, 항응고 치료가 지속적으로 필요한 상황에 따른 삶의 질 저하 등은 ECC Fontan 환자군에서 우려되는 합병증으로서[9-13] 이러한 부분에 대한 장기적인 결과와 해결 방법에 대해서는 장시간의 추적 관찰과 다양한 시도가 필요할 것이다.

결 론

이 연구의 결과는 그동안 발표되었던 다른 센터에서의 결과와 큰 차이는 없으며, 역시 본원에서도 폰탄 술식의 결과는 중장기적으로 비교적 안전하고 수술 직후의 심각한 합병증 없이 시행될 수 있는 술식임을 보였다. 다만 장기적으로 발생하는 여러 가지 합병증에 대해서는 보다 면

밀한 관찰이 필요하며, 이를 해결하기 위한 적극적인 수술적, 혹은 중재적 시술로서 조기에 합병증의 진행을 막을 경우 비가역적인 심부전으로의 진행을 막음으로써 보다 나은 중장기 성적을 기대할 수 있을 것이라 생각한다.

참 고 문 헌

1. Fontan F, Mounicot FB, Baudet E, et al. "Correction" de L'Atresia Tricuspidienne: rapport de deux cas "corriges" par l'utilisation d'une technique chirurgicale nouvelle. *Ann Chir Thorac Cardiovasc* 1971;10:39-47.
2. de Leval MR, Kilner P, Gewillig M, et al. Total cavopulmonary connection: a logical alternative to atrio-pulmonary connection for complex fontan operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988;96:682-95.
3. Stamm C, Friehs I, Mayer JE Jr, et al. Long-term results of the lateral tunnel fontan operation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001;121:28-41.
4. Azakie A, McCrindle BW, Arsdell GV, et al. Extracardiac conduit versus lateral tunnel cavopulmonary connections at a single institution: impact on outcomes. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001;122:1219-28.
5. Kumar SP, Rubinstein CS, Simsic JM, Taylor AB, Saul JP, Bradley SM. Lateral tunnel versus extracardiac conduit Fontan procedure: a concurrent comparison. *Ann Thorac* 2003;76:1389-97.
6. Andrew CF, Mark T, Mark R, Palaniswamy V. Fontan operation: a comparison of lateral tunnel with extracardiac conduit. *Ann Thorac Surg* 2007;83:622-30.
7. Petrossian E, Thompson LD, Hanley FL. Extracardiac conduit variation of the fontan procedure. *Adv Card Surg* 2000;12:175-98.
8. Haas GS, Hess H, Black M, Onnasch J, Mohr FW, van Son JAM. Extracardiac conduit fontan procedure: early and intermediate results. *Eur J Cardiothor Surg* 2000;17:648-54.
9. Seipelt RG, Franke A, Vazquez-Jimenez JF, et al. Thromboembolic complications after Fontan procedures: comparison of different therapeutic approaches. *Ann Thorac Surg* 2002;74:556-62.
10. Cheung YF, Chay GW, Chiu CS, Cheng LC. Long-term anticoagulation therapy and thromboembolic complications after the Fontan procedure. *Int J Cardiol* 2005;102:509-13.
11. Cohen MI, Bush DM, Ferry RJ Jr, et al. Somatic growth failure after the Fontan operation. *Cardiol Young* 2000;10:447-57.
12. Ovroutski S, Ewert P, Alexi-Meskishvili V, et al. Comparison of somatic development and status of conduit after extracardiac fontan operation in young and older children. *Eur J Cardiothorac Surg* 2004;26:1073-9.
13. van den Bosch AE, Roos-Hesselink JW, Van Domburg R, Bogers AJ, Simoons ML, Meijboom FJ. Long-term outcome and quality of life in adult patients after the fontan operation. *Am J Cardiol* 2004;93:1141-5.

=국문 초록=

배경: 저자들은 저자들의 센터에서 일정 기간 동안 시행한 폰تان 술식의 중장기 성적을 알아보려고 하였으며, 특히 심장의 도관을 사용한 폰تان 술식과 가측 터널 폰تان 술식의 성적을 비교하고자 하였다. 대상 및 방법: 1996년 1월부터 2006년 12월에 걸쳐 67명의 가측 터널 폰تان 술식, 98명의 심장의 도관 폰تان 술식을 시행하였다. 환자들의 나이, 성별, 체중, 수술 전 심도자 검사 결과, 방실 판막의 역류 정도, 술전 부정맥의 여부 등에 대하여 조사하였으며 수술 후 성적에 대해서 조사 분석하였다. 결과: 수술 사망률은 가측 터널 폰تان 술식에서 4.5%, 심장의 도관 폰تان 술식에서 2.0%를 보였다. 수술 직후의 혈액학적인 측면에서 경폐압력차이와 중심정맥압은 심장의 도관 폰تان 술식에서 통계학적으로 의미 있게 낮게 측정되었으나, 병원 재원 기간, 중환자실 체류 기간, 흉관 삽관 일수 등은 양 술식에 따른 의미있는 차이를 보이지 않았다. 추적 관찰 기간은 가측 터널 폰تان 술식 환자는 74.1개월, 심장의 도관 폰تان 술식 환자는 38.1개월이었으며, 기간 중에 1명의 만기 사망이 있었다. 10년간의 생존율은 가측 터널 폰تان 술식 환자에서 92%, 심장의 도관 폰تان 술식 환자에서 89%를 보였으며, 추적관찰 기간 중의 부정맥 발생의 측면에서 살펴볼 때, 심장의 도관 폰تان 술식 환자에서 다소 낮은 발생률을 보였다. 결론: 폰تان 술식은 과거 10여 년 동안 비교적 만족할 만한 수술 성적을 보이고 있으며, 특히 심장의 도관 폰تان 술식을 사용하는 경우 부정맥의 발병이 비교적 낮았다. 이에 대해서는 보다 장기적인 추적관찰이 필요할 것이다.

- 중심 단어 : 1. 폰تان 술식
2. 심장의 도관
3. 가측 터널
4. 결과분석