폐동맥 밴딩의 위험인자 분석과 수술적응증

이정렬* · 최창휴* · 민선경* · 김웅한* · 김용진* · 노준량* · 배은정** · 노정일** · 윤용수**

Risk Factor Analysis and Surgical Indications for Pulmonary Artery Banding

Jeong Ryul Lee, M.D.*, Chang Hyu Choi, M.D.*, Sun Kyung Min, M.D.*
Woong Han Kim, M.D.*, Yong Jin Kim, M.D.*, Joon Ryang Rho, M.D.*
Eun Jung Bae, M.D.**, Chung Il Noh, M.D.**, Yong Soo Yun, M.D.**

Background: Pulmonary artery banding (PAB) is an initial palliative procedure for a diverse group of patients with congenital cardiac anomalies and unrestricted pulmonary blood flow. We proved the usefulness of PAB through retrospective investigation of the surgical indication and risk analysis retrospectively. ***Material and Method:*** One hundred and fifty four consecutive patients (99 males and 55 females) who underwent PAB between January 1986 and December 2003 were included. We analysed the risk factors for early mortality and actuarial survival rate. Mean age was 2.5±12.8 (0.2~92.7) months and mean weight was 4.5±2.7 (0.9~18.0) kg. Preoperative diagnosis included functional single ventricle (88, 57.1%), double outlet right ventricle (22, 14.2%), transposition of the great arteries (26, 16.8%), and atrioventricular septal defect (11, 7.1%). Coarctation of the aorta or interrupted aortic arch (32, 20.7%), subaortic stenosis (13, 8.4%) and total anomalous pulmonary venous connection (13, 8.4%) were associated. ***Result:*** The overall early mortality was 22.1% (34 of 154). The recent series from 1996 include patients with lower age (3.8±15.9 vs. 1.5±12.7, p=0.01) and lower body weight (4.8±3.1 vs. 4.0±2.7, p=0.02). The early mortality was lower in the recent group (17.5%; 16/75) than the earlier group (28.5%; 18/45). Aortic arch anomaly (p=0.004), subaortic stenosis (p=0.004), operation for subaortic stenosis (p=0.007), and cardiopulmonary bypass (p=0.007) were proven to be risk factors for early death in univariate analysis, while time of surgery (<1996) (p=0.026) was the only significant risk factor in multivariate analysis. The mean time interval from PAB to the second-stage operation was 12.8±10.9 months. Among 96 patients who survived PAB, 40 patients completed Fontan operation, 21 patients underwent bidirectional cavopulmonary shunt, and 35 patients underwent biventricular repair including 25 arterial switch operations. Median follow-up was 40.1±48.9 months. Overall survival rates at 1 year, 5 years and 10 years were 81.2% 65.0%, and 63.5% respectively. ***Conclusion:*** Although it improved in recent series, early mortality was still high despite the advances in perioperative management. As for conventional indications, early primary repair may be more beneficial. However, PA banding still has a role in the initial palliative step in selective groups.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2005;38:538-544)

Key words: 1. Pulmonary arteries
2. Banding
3. Congenital heart disease

---

*서울대학교 어린이병원 흉부외과, 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실, 서울대학교병원 의학연구원, 이종장기개발센터
Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Seoul National University Children's Hospital, Seoul National University College of Medicine, Seoul National University Hospital Medical Research Institute, Xenotransplantation Research Center
**서울대학교 어린이병원 소아과, 서울대학교 의과대학 소아과학교실
Department of Pediatrics, Seoul National University Children's Hospital, Seoul National University College of Medicine

†본 논문은 대한흉부외과학회 제36차 추계학술대회에서 구연되었음.
논문접수일 : 2005년 5월 16일, 심사통과일 : 2005년 7월 6일

책임저자 : 이정렬 (110-769) 서울시 종로구 연건동 28번지, 서울대학교병원 어린이병원 흉부외과
(Tel) 02-2072-2877, (Fax) 02-765-7117, E-mail: jrl@plaza.snu.ac.kr

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

서 론

폐동맥 밴딩은 폐혈류량의 감소를 목적으로 일부 환자에서 단계적 수술의 일단계 수술에서 행하여진다. 본 연구는 폐동맥 밴딩 수술의 위험인자 분석과 수술적응증의 관찰을 통해 본 수술을 시행 받은 환자들의 수술결과를 평가하기 위해 시행되었다.

대상 및 방법

1986년 1월부터 2003년 12월까지 과거 18년 간 폐동맥 밴딩을 시행 받은 172명의 환자 중 추적관찰이 가능했던 154명의 환자를 대상으로 하였다. 자료수집은 의무 기록 조회와 전화 질의응답을 통해 이루어졌으며, 조기 사망의 위험 인자 및 장기 생존율 등을 분석하였다. 위험 인자 분석에 Chi-square test와 Fisher's exact test를 이용하였고, 조기 사망률 분석은 Stepwise logistic regression method를 이용하였다. 장기 생존율 분석은 Kaplan-Meier방법으로 시행하였다. 통계적 분석은 SPSS (SPSS for windows 10.0, SPSS Inc, USA)를 이용하였다. 수술은 정중 흉골 절개를 통해 시행하였으며 대동맥 축착증을 동반한 일부에서 좌측 개흉술을 통해 시행하였다. 정중 흉골 절개 시 동맥관 개존증 이외의 동반시술은 체외 순환의 보조하에 시행하였다. 폐동맥 밴딩은 주폐동맥의 중앙부위에 시행하였는데 다음 단계의 수술 종류에 따라 단심교정이 필요한 경우는 폐동맥이 좁아지지 않도록 하고 동맥전환술이 필요한 경우는 폐동맥 판막에 손상이 가지 않도록 주의하였다. 폐동맥 밴딩은 Nylone tape (Ethicon, White Woven Polyamide, Edinburgh, U.K.)이나 Polytetrafluoroethylene을 이용했으며 Trusler 방법[1]을 기준으로 하였으나 환자에 따라 밴딩정도를 가감하여 시행하였다. 이후 원위부 폐동맥압과 산소포화도를 모니터링하면서 밴딩의 정도를 조절하였다. 원위부 폐동맥압이 체동맥압의 1/3 정도되고 산소포화도가 85% 전후로 유지되는 범위 내에서 밴딩을 시행하였으며 밴딩의 이동을 방지키 위해 폐동맥 외막에 고정을 하였다. 일부에서 심실 기능의 저하가 있는 경우에는 심한 밴딩을 피해서 원위부 폐동맥압이 체동맥의 1/2 정도에서 유지되도록 한 뒤 몇 일 간격을 두고 관찰하면서 안정된 후 다시 재밴딩을 시행하는 방법을 사용하였다.

Table 1. The preoperative demographic data of patients

	1986~1995	1996~2003	p value
No. of patients	63	91	
Age (mo)	3.8±15.9	1.5±12.7	0.01
Weight (kg)	4.8±3.1	4.0±2.7	0.02
Sex (male/female)	42/21	57/34	

결 과

환자들의 평균연령은 2.5±12.8 (0.2~92.7)개월, 체중은 4.5±2.7 (0.9~18.0) kg이었다. 이 중 1995년 이전에 수술받은 환자(63명)는 평균 3.8±15.9개월에 4.8±3.1 kg이었으며, 96년 이후(91명)는 1.5±12.7개월에 4.0±2.7 kg으로 최근 들어 좀 더 어린 연령(p=0.01)과 작은 체중(p=0.02)의 환아들에서 수술이 시행되었다(Table 1).

진단군은 기능적 단심실 88예(57.1%), 대혈관전위 26예(16.8%), 양대혈관우심실기시 22예(14.2%), 완전방실중격결손 11예(7.1%), 기타 7예(4.5%)였으며 1996년을 기점으로 전 · 후반기 두 군 간에 있어서 분포의 차이(Table 2)는 없었다(p=0.121). 단심실군의 환자를 형태학적으로 보았을 때 우심실 형태의 단심실이 46.7% (41/88)로 가장 많았고 좌심실 형태의 단심실이 37.5% (33/88), 형태가 구분되지 않은 경우가 2.2% (2/88)였다. 그 외에 양심실이 있지만 한쪽이 작거나(unbalanced ventricle), 판막을 지지하는 건삭이 양쪽 심실에 걸쳐 있거나(straddling of atrioventricular valve), Criss-cross 심장의 형태로 인해 폐동맥 밴딩을 시행한 경우가 13.6% (12/88)였다. 대혈관전위 26예 중 심실중격결손을 동반한 완전대혈관전위가 10예(38.4%)였으며 온전한 심실중격을 가진 완전대혈관전위가 7예(26.9%), 선천성 수정대혈관전위가 9예(34.6%)였다. 양대혈관 우심실기시 22예 중 대동맥하형 심실중격결손이 4예, 폐동맥하형 심실중격결손 9예, 수입형 심실중격결손 3예, 비수입형 심실중격결손 6예였다. 기타 7예는 심한 대동맥하협착 3예와 낙하산 승모판막(parachute mitral valve), 대동맥궁 단절, 동맥간(truncus arteriosus), 엡스타인기형(Ebstein's anomaly) 등을 동반한 심실중격결손증이었다.

동반된 심기형으론 대동맥 축착과 대동맥궁 단절 등의 대동맥궁 협착이 32예, 대동맥하 협착 13예, 전폐정맥연결이상이 13예 있었다. 32예의 대동맥궁 협착 환자 중 12예에서는 개흉술을 통한 교정이 이루어졌으며 20예에 대해

Table 2. The primary anatomical diagnosis of patients

	1986~1995	1996~2003	Total
Univentricular heart	39 (9)	49 (10)	88 (19)
Transposition of great artery	14 (5)	12 (0)	26 (5)
Atrioventricular septal defect	1 (1)	10 (1)	11 (2)
Double-outlet right ventricle	8 (3)	14 (3)	22 (6)
Others	1 (0)	6 (2)	7 (2)
Total	63 (18)	91 (16)	154 (34)

Numbers in parentheses are numbers of early death.

Table 3. Risk factor analysis for early operative death

Variable	Univariate	Multivariate
Sex (female)	0.247	0.088
weight (<5 kg)	0.234	0.758
Time of operation (<1996)	0.106	0.026
Age (<3 mo)	0.451	0.775
Single ventricle	0.692	0.983
Arch obstruction	0.004	0.159
Subaortic stenosis	0.004	0.363
TAPVR	0.137	0.359
Preoperative procedure	0.719	0.817
CPB	0.007	0.147
Conal septum resection	0.007	0.405
Re-banding	0.707	0.551

TAPVR=Total anomalous pulmonary venous return; CPB=Cardiopulmomary bpass.

서는 정중흉골 절개 후 심폐기 가동하에 시행되었다. 대동맥하 협착이 있는 13예 중 11예에서 대동맥궁의 협착이 동반되었고 이 중 7예에서 원추중격 절제술이 같이 시행되었다. 24예서 동맥관 개존증에 대한 결찰 및 분리가 시행되었으며 심방중격 절제술이 16예에서 시행되었다. 동맥전환수술과 양방향성상대정맥폐동맥단락술이 각각 4예씩 동반 시행되었으며 2예에서 조절가능한 심방중격결손(adjustable ASD)을 남겨 두는 술식을 시행하였다. 전체 154예 중 44예(28.5%)에서 심폐기의 가동이 필요하였으며 이들의 대부분은 동반기형에 대한 교정술이 필요한 예들이었다. 24예(15.6%)에서 폐동맥 밴딩의 재조정이 필요하였으며 이중 대부분은 폐동맥을 더욱 조인 경우였으며 재밴딩까지의 기간은 평균 7±218.5 (0~368)일이었다. 17예(11.0%)에서 2차 수술을 할 때 폐동맥 밴딩의 제거 후 좁아진 폐동맥에 대한 혈관성형술이 필요하였다.

폐동맥 밴딩과 관련된 조기사망은 평균 4.0±16.8일 후에 발생하였으며 그 대부분은 폐동맥 밴딩 후 발생한 심실기능 저하와 저심박출증 및 저산소증에 의한 경우였다. 전체 환자군에서 폐동맥 밴딩 후 조기사망은 22.1% (34 of 154)였다. 조기 사망에 미치는 위험인자에 대한 단변량 분석 결과 환자의 성별, 폐동맥 교약 시의 체중, 연령, 진단군, 총폐정맥 환류이상, 술 전 시술 여부, 폐동맥 교약 후의 추가밴딩 등에 대해서는 통계학적인 의미가 없었으나, 대동맥 축착이나 단절, 대동맥하 협착, 심폐기 가동 여부, 대동맥하 협착에 대한 수술여부 등에서는 의미가 있었다($p < 0.05$). 하지만 다변량 분석 결과에서는 1996년 이전에 시행된 수술에 대해서만 통계학적으로 의미가 있었다(p=0.026)(Table 3).

총 96명(62.3%)의 환아에 있어서 평균 12.8±10.9 (0~47.9)개월 후에 2차 수술이 이루어졌으며 이 중 40예에서 폰탄수술이 21.3±9.7 (5.3~47.9)개월 후에 시행되었고 21예에서 양방향성상대정맥폐동맥단락술이 8.7±6.5 (1.4~28.1)개월 후에 시행되었다. 35예에서 25예의 대동맥치환술을 포함한 양심실교정이 7.3±10.4 (0~40.6)개월 후에 이루어졌다. 각각의 진단군별로 폐동맥 밴딩 후의 2차 수술 등의 장기결과를 살펴보면 단심실군 환아 88명 중 조기사망자 19명을 제외한 69명 중 37명에서 평균 23.0±12.9 (6.9~47.8)개월 후에 Fontan 수술을 시행했으며 15명은 양방향성상대정맥폐동맥단락술을 시행하였고 이 중 3명은 1½심실교정술(One and a half ventricular repair)을 시행 받았다. 5명에서는 심실중격형성을 통한 양심실교정을 시행하였다. 대혈관전위군 환자 26명 중 완전대혈관전위군 10명에 있어서 3명은 동맥전환수술을, 2명은 Senning 수술을 시행하였다. 이전에 Senning 수술을 받았던 2명의 환자에 대해 각각 폐동맥 밴딩 후 6.1개월, 4.2개월 후에 동맥전환수술을 시행하였다. 심실중격이 온전한 완전대혈관전위 환아 7명은 6명에 있어서 폐동맥 밴딩 시 체폐동맥 단락술을 같이 시행하였으며 평균 9.5±14.1 (0~20)일 후에 동맥전환수술을 시행할 수 있었다. 선천성수정대혈관전위 환자 9명 중 4명에서는 평균 12.4±12.7 (2.2~20.2)개월 후에 중복전환술을 시행하였으며 1명에서 Fontan 수술을 시행하였다. 양대혈관우심실기시 환아 22명 중 8명에서 2건의 동맥전환수술을 포함해 심실 내 배플교정술

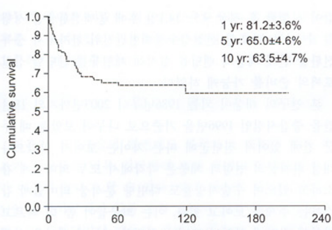

Fig. 1. Actuarial survival after pulmonary artery banding.

(intraventricular baffle repair)을 통한 양심실 교정을 시행하였으며, Fontan 수술을 1명, 양방향성상대정맥폐동맥단락술을 3명에서 실시하였고 이 중 2명은 DKS술식을 같이 시행하였다. 방실중격결손 환아 11명 중 2명에서 양심실 교정이 시행되었고, Fontan 수술을 2명, 양방향성상대정맥폐동맥단락술을 3명에서 시행하였으며 이 중 1명은 1½심실교정술을 시행하였다. 기타군에 속하는 7명에서 4명은 양심실교정을 시행하였으며 1명에서 양방향성상대정맥폐동맥단락술을 시행하였다.

폐동맥 밴딩 제거 후나 2차 수술 이후의 만기사망은 총 40예(25.9%)가 있었으며 전반기 환자군에서 25명, 후반기 환자군에서 15명이 발생하였다. 10명에서 Fontan 수술 후 발생하였으며 이들은 모두 양방향성상대정맥폐동맥단락의 중간 단계를 거치지 않은 폰탄수술이었고 이 중 6명은 조기 Fontan 실패에 의한 저심박출로 사망하였다. 양심실교정술 시도 후 사망한 예도 10예였으며 이 역시 수술 직후의 저심박출로 인한 사망이었다. 그 외에 7예는 양방향성상대정맥폐동맥단락술 후에 사망했으며 13예는 폐동맥 밴딩 후 다른 추가 술식없이 발생한 만기사망이었으며 평균 7.4개월 뒤에 사망하였다. 조기 사망환자를 제외한 총 120명의 환자에서 추적관찰이 가능하였으며 평균추적기간은 40.1±48.9개월이었다. Kaplan-Meier 방법으로 산출한 1년, 5년 및 10년 생존율은 각각 81.2%, 65.0%, 63.5%였다 (Fig. 1).

고 찰

폐동맥 밴딩은 전통적으로 과도한 폐혈류를 가지는 진단군에서 고식적으로 시행되는 수술로써 de Leval 등[2]에 의하면 그 적응증으로 첫째, 다발성 심실중격결손, 삼첨판막 건삭의 걸침(straddling), 대동맥축착증을 동반한 경우와 같은 복잡 심실중격결손증(complex ventricular septal defect), 둘째, 폐 혈류가 많은 단심실(single ventricle)군이나 기능적 단심실군, 셋째, 완전대혈관전위에서 좌심실이 체순환을 담당할 준비를 시키는 경우 등을 들고 있다.

과거의 많은 보고에서는 폐동맥 밴딩의 시행이 복잡 심실중격결손증군에서 많았으며 이러한 적응이 되는 환자군에서 적절한 폐동맥밴딩을 통한 폐혈류의 조절은 추후 완전교정술의 결과를 향상 시켰다. 하지만 최근에는 수술 수기나 체외순환술 및 술 후 환자관리의 향상에 의해 이와 같은 경우 일차 완전 교정술을 통해서도 만족할 만한 결과들을 얻고 있다[3].

단계적 수술의 경우 이 수술 자체가 가지는 여러가지 위험요인들과 이로 인한 이차수술 전 높은 사망 가능성을 가지고 있다. 폐동맥 밴딩의 합병증으로 밴딩부위의 협착, 밴딩의 이동에 의한 좌우 폐동맥 분지의 협착, 폐동맥 판막륜의 이차적인 확장으로 생기는 폐동맥 폐쇄부전들이 생긴다. 또한 폐동맥 밴딩에 의해 장기적으로 심실비대를 야기하여 체심실의 수축 및 이완기 기능을 저하하고 상대적으로 허혈에 의한 심실의 손상 가능성을 높일 수 있으며 특히 단심실이면서 심실-대혈관연결 불일치(ventriculo-arterial discordance)가 있는 경우(DILV with TGA or Tricuspid atresia with TGA)와 같이 특정 복잡 심기형에서는 폐동맥 밴딩 후 대동맥하 협착의 발생이 잘 알려져 있으며 이는 대동맥궁의 협착이 있는 경우나 제한적 구심실공(restrictive bulboventricular foramen)이 있는 경우 더 잘 진행한다고 한다[4].

이와 같은 이유로 최근에는 폐동맥 밴딩에 대한 적응이 크게 줄어들었으며 선택적이고 제한적으로 이루어지고 있다. 본 연구에서도 그 적응증을 살펴보면 반 이상(57.1%)이 단심실군이었으며 나머지 역시 대혈관전위(16.8%)나 심한형태의 양대혈관우심실기시(14.2%) 및 완전방실중격결손증(7.1%) 등으로 기존의 복잡심실중격결손에 해당되는 예는 소수에 불과했다.

복잡심실중격결손에 있어서 과거 많은 적응증이 되었던 대동맥축착이나 단절이 동반된 심실중격결손의 경우 최근에는 정중흉골절개를 통한 개심술하에서의 일차완전 교정이 큰 위험없이 시행되며 그 성적도 매우 양호하다[5].

완전방실중격결손의 경우도 조기 일차교정이 최근의 추세이다[6]. Gunther 등[7]은 6개월 이하의 환자수가 증가

함에도 불구하고 일차교정을 받은 환자의 사망률이 1974년부터 1979년 사이의 17.6%에서 1990년부터 1995년 사이의 5.0%로 감소한 것을 보고했다. 하지만 그들은 6개월보다 어린 연령은 수술 사망률이 18.2%로 증가할 정도로 수술의 위험을 증가시킨다는 것도 발견하였다. 이에 저체중이거나 방실판막 이상, 불균형 심실이 있는 환자들의 경우에는 일차적인 폐동맥 밴딩의 유용성이 인정되고 있다.

양대혈관우심실기시에 있어서도 대부분 일차교정으로 양심실 교정이 이루어지지만[8] 심실중격폐쇄가 어려운 형태의 심실중격결손이나 심각한 동반기형을 가지는 경우에는 폐동맥 밴딩이 선택적으로 시행될 수 있다. 특히 본 연구에서도 폐동맥 밴딩이 필요했던 양대혈관우심실기시 22예 중 11예(50%)에서 심한 대동맥궁 협착이 있었으며 나머지는 심실중격의 폐쇄가 어려운 비수임형 형태이거나 대동맥하 협착을 동반한 경우였다.

폰탄수술의 적응증이 되는 다량의 폐혈류가 있는 기능적인 단심실 환자들에 있어서 폐동맥 밴딩은 장기적으로 볼 때 심실비대를 초래하고 심실 이완기 기능장애와 구심실공의 협착을 초래하여 폰탄 수술에 나쁜 영향을 미치지만 단기간을 목표로 폐혈관 저항을 낮추고 심부전을 치료하여 환아의 전반적인 상태를 개선한 다음, 가능한한 조속히 다음 단계로 넘어 간다면 위험요소를 최소화하면서 사망률을 낮출 수 있다고 여겨진다. 최근에는 폰탄수술 전에 중간단계로 양방향성상대정맥폐동맥단락술을 시행함으로써 폐동맥 교약 기간을 보다 더 줄일 수 있고 이때 대동맥하 협착이 있는 경우 원추중격 절제나 DKS 술식을 같이 시행함으로써 심실의 압력부하와 용적부하를 동시에 줄여 심실비대를 최소화 할 수 있다.

폐동맥 밴딩의 적응이 되는 다른 중요한 경우로는 대혈관전위증이나 대혈관전위증으로 심방전환술을 받은 경우, 선천성수정대혈관전위가 있을 때 구조적인 좌심실 재훈련[9]을 해야 하는 경우이다. 최근 온전한 심실중격을 가지는 대혈관전위 환아에서 연령이 2개월까지 이르거나 그 이상되는 경우에도 일차 동맥전환술과 술 후 좌심실보조장치(LVAD)의 사용으로 만족할만한 성적을 거둘 수 있다라는 보고[10]가 있지만 아직까지는 Jonas가 제안한 폐동맥 교약을 통한 rapid two-stage[11] 교정이 일반적으로 받아 들여지는 방법이라 할 수 있다. 본 연구에서도 과거 senning 수술을 시행 받았던 환자에 대해 각각 폐동맥 밴딩 후 6.1, 4.2개월 후에 성공적인 동맥전환수술을 마칠 수 있었으며, 2주 이상 된 온전한 심실중격을 가지는 대혈관전위 환아에 대해서도 폐동맥밴딩과 체폐동맥 단락술을 같이 시행한 후 평균 9.5±14.1일 후에 동맥전환술을 시행할 수 있었다. 또한 선천성수정대혈관전위 환자에서 중복전환술 전에 폐동맥 밴딩을 실시해 체혈류를 담당할 심실로써의 준비를 가능케 하였다.

본 연구의 대상이 되는 1986년부터 2003년까지의 18년간을 중간시점인 1996년을 기준으로 나누어 보았을 때 두 군 간에 있어서 진단군에 따른 차이는 보이지 않았으나 대상 환자군의 연령과 체중은 각각에서 모두 의미있게 감소하고 있으며 수술사망률도 다변량 분석상 의미있게 감소하는 추세를 보이고 있다. 이는 최근들어 좀 더 빠르고 정확한 진단에 힘입어 조기에 적절한 폐동맥 밴딩을 시행해 폐혈관을 보호하고 대동맥궁 협착이나 전폐정맥 환류 이상과 같은 동반기형에 대해서도 폐동맥 밴딩 시 적극적으로 교정한 결과에 의한다고 할 수 있다[12].

본 연구에서의 폐동맥 밴딩을 시행 받은 154명의 환자 중 34명이 사망하여 22.1%라는 높은 수술 사망률을 보이고 있다. 조기사망에 관한 단변량 분석 결과 대동맥축착이나 단절, 대동맥하 협착, 대동맥하 협착에 대한 수술여부, 심폐기 가동이 통계학적인 의의를 가지는 위험인자로 분석되었다. 또한 대부분의 사망의 원인은 심실기능 저하 및 저심박출에 의한 패혈증이나 울혈성 심부전이었으며 이는 대부분 수술 자체와 관련된 것이었다. 울혈성심부전은 좌심실이나 대동맥에 남아있는 협착이나 적절하지 못한 밴딩 강도가 원인이었으며 이러한 이유로 사망률을 줄이기 위해서는 동반기형에 대한 적극적인 교정과 좌심실 계통의 협착에 대한 완전한 교정 등이 필요하다.

본 연구에서는 폐동맥 밴딩의 정도를 결정하기 위하여 원칙적으로 modified Trusler and Mustard's formula[1]를 이용하여 밴딩의 목표를 설정하였으며 이전에 측정한 폐동맥압에 따라 적절히 조절을 하는 방법을 사용하였다. 하지만 폐동맥압은 심장이 노출된 상태에서 전신마취 하에 기계호흡 하는 환자를 대상으로 측정된 것이어서 깬 상태에서 자발적으로 호흡을 하는 환자와의 생리와는 많은 차이가 있고 이로 인해 적절한 폐동맥압의 조절이 안 되어서 과도한 폐동맥 밴딩이 된 경우는 수술사망에 이르는 주요 원인이 되는 반면 느슨한 밴딩은 재교약을 필요로 하고 이 또한 재수술이라는 위험인자를 가지게 된다. 이에 근자에 많은 연구에서 조절 가능한 밴딩을 시도하고 결과를 발표하나 아직 그 결과가 만족스럽지 못한 실정이다[13,14]. 최근 비록 실험 결과이긴 하나 폐동맥 내 풍선을 거치해 폐동맥 혈류의 흐름을 부분적으로 막고 풀어주는 일시적인(intermittent) 밴딩효과를 주어 기존의 지속적인

폐동맥 밴딩과 비교해 심근의 섬유화 없이 충분한 심실비후를 이룰 수 있었다는 "Fitness" 밴딩법 등[15]은 상당히 고무적이라 할 수 있다.

결 론

최근의 심장수술의 발전에도 불구하고 폐동맥 밴딩 후 조기 사망률은 비록 전반기에 비해 후반기에 향상되었지만 여전히 높다고 할 수 있다. 과거 폐동맥 밴딩의 대상이 되었던 환자군에서 일차 완전 교정이 보다 효과적인 수술법으로 시행되면서 폐동맥 밴딩의 대상이 많이 감소하고 있지만 대상이 되는 환자군에서 선택적으로 시행한다면 안전한 단계적 수술법으로서 좋은 수술전략이 될 수 있다.

참 고 문 헌

1. Trusler GA, Mustard WT. *A method of banding the pulmonary artery for large isolated ventricular septal defect with and without transposition of the great arteries.* Ann Thorac Surg 1972;13:351-5.
2. de Leval MR. *Palliation in congenital heart disease*. In: Grillo HC, Austern WG, Wilkins EW Jr, Mathisen DJ, Vlahakes GJ. 1st ed. *Current Therapy in Cardiothoracic Surgery*. Toronto: B.C. Decker Inc. 1989;468-72.
3. Barratt-Boyes BG, Simpson M, Neutze JM. *Intracardiac surgery in neonates and infants using deep hypothermia with surface cooling and limited cardiopulmonary bypass.* Circulation 1971;43:125-30.
4. Freedom RM, Benson LN, Smallhorn JF, Williams WG, Trusler GA, Rowe RD. *Subaortic stenosis, the univentricular heart, and banding of the pulmonary artery: an analysis of the courses of 43 patients with univentricular heart palliated by pulmonary artery banding.* Circulation 1986;73:758-64.
5. Haas F, Goldberg CS, Ohye RG, Mosca RS, Bove EL. *Primary repair of aortic arch obstruction with ventricular septal defect in pre-term and low birth weight infants.* Eur J Cardiothorac Surg 2000;17:643-7.
6. Bender HW Jr, Hammon JW Jr, Hubbard SG, Muirhead J, Graham TP. *Repair of atrioventricular canal malformation in the first year of life.* J Thorac Cardiovasc Surg 1982;84:515-22.
7. Günther T, Mazzitelli D, Haehnel CJ, Holper K, Sebening F, Meisner H. *Long-term results after repair of complete atrioventricular septal defects: analysis of risk factors.* Ann Thorac Surg 1998;65:754-9.
8. Reddy VM, McElhinney DB, Sagrado T, Parry AJ, Teitel DF, Hanley FL. *Results of 102 cases of complete repair of congenital heart defects in patients weighing 700 to 2500 grams.* J Thorac Cardiovasc Surg 1999;117:324-31.
9. Poirier NC, Mee RB. *Left ventricular reconditioning and anatomical correction for systemic right ventricular dysfunction.* Pediatr Card Surg Ann Semin Thorac Cardiovasc Surg 2000;3:198-205.
10. Kang N, de Leval MR, Elliott M, et al. *Extending the boundaries of the primary arterial switch operation in patients with transposition of the great arteries and intact ventricular septum.* Circulation 2004;110:II123-II7.
11. Jonas RA, Giglia TM, Sanders SP, et al. *Rapid two-stage arterial switch for transposition of the great arteries and intact ventricular septum beyond the neonatal period.* Circulation 1989;80:I203-I8.
12. Goldman S, Hernandez J, Pappas G. *Results of surgical treatment of coarctation of the aorta in the critically ill neonate including the influence of pulmonary artery banding.* J Thorac Cardiovasc Surg 1986;91:732-7.
13. Bret EL, Bonhoeffer P, Folliguet TA, Sidi D, Laborde F, de Leval MR, Vouhe P. *A new percutaneously adjustable, thoracoscopically implantable, pulmonary artery banding: an experimental study.* Ann Thorac Surg 2001;72:1358-61.
14. Schlensak C, Sarai K, Gildein HP, Beyersdorf F. *Pulmonary artery banding with a novel percutaneously, bidirectionally adjustable device.* Eur J Cardiothorac Surg 1997;12:931-3.
15. Bret EL, Lupoglazoff JM, Borenstein N, et al. *Cardiac "Fitness" training: an experimental comparative study of three methods of pulmonary artery banding for ventricular training.* Ann Thorac Surg 2005;79:198-203.

=국문 초록=

배경: 폐동맥 밴딩은 폐혈류의 감소를 목적으로 일부 환자군에서 시행하는 단계적 수술의 일단계 수술이다. 본 연구에서는 폐동맥 밴딩을 시행받은 환자들의 수술적응증과 수술위험인자를 후향적으로 분석하여 그 유용성을 평가하였다. **대상 및 방법:** 본 연구는 1986년 1월부터 2003년 12월까지의 18년간 폐동맥 밴딩을 시행 받은 172명의 환자 중 추적관찰이 가능했던 154명의 환자를 대상으로 하였으며 환자들의 평균연령은 2.5±12.8개월, 체중은 4.5±2.7 kg이었다. 진단군 분포는 기능적 단심실 88예(57.1%), 양대혈관우심실기시 22예(14.2%), 대혈관전위 26예(16.8%), 방실중격결손 11예(7.1%), 기타 7예(4.5%)였으며, 동반된 심기형은 대동맥축착 또는 대동맥궁단절이 32예, 대동맥하협착이 13예, 전폐정맥연결이상이 13예였다. **결과:** 폐동맥 밴딩 후 조기사망은 22.1% (34/154)였다. 조기사망에 영향을 주는 위험인자로 1996년 이전의 수술이 다변량 분석에서 의미가 있었으며($p=0.026$), 대동맥축착이나 단절, 대동맥하 협착, 심폐기가동여부, 대동맥하 협착에 대한 수술여부가 단변량 분석상 의미가 있었다($p<0.05$). 96명에 있어서 평균 12.8±10.9 (0~47.9)개월 후에 2차 수술이 이루어졌으며 이 중 40예에서 Fontan 수술, 21예에서 양방향성상대정맥폐동맥 단락술이 시행되었고, 35예에서 25예의 대동맥치환술을 포함한 양심실교정이 이루어졌다. 조기 사망환자를 제외한 120명의 환자에서 추적관찰이 가능하였으며 평균추적기간은 40.1±48.9개월이었다. Kaplan-Meier 방법으로 산출한 1년, 5년 및 10년 생존율은 각각 81.2%, 65.0%, 63.5%였다. **결론:** 최근들어 폐동맥 밴딩의 성적이 시행 초반기보다 의미있게 개선되는 현상을 관찰하였으나 시행 초반기에 비교해서 진단군 분포의 차이가 없고 오히려 수술당시 연령이나 체중은 감소하였음에도 불구하고 여전히 높은 사망률을 보이고 있다. 그러나 점차 감소하는 추세를 보이고 있어서 정확한 조기진단을 바탕으로 수술적응증의 결정과 적정 수술 연령 및 다음단계 수술시기 결정을 통해 일부 단심증을 포함한 복잡 심기형의 폐혈류 조절 목적 또는 심실 훈련 목적의 유용성은 여전히 존재한다.

중심 단어 : 1. 폐동맥
2. 밴딩
3. 선천성 심장병