

청색증형 선천성 심질환아의 고식적수술 이후 EBT에 의한 폐혈관계의 비침습적 추적 검사

김민정* · 박영환** · 홍유선** · 이종균*** · 최규옥* · 조범구**

=Abstract=

Non-invasive Fdlow-up of Pulmonary artery by EBT Other Palliatrve Shunt Operatin

Min Jung Kim, M.D.*, Young Hwan Park, M.D.**, Yoo Sun Hong, M.D.**,
Jong Kyun Lee, M.D.***, Kyu Ok Choe, M.D.*, Bum Koo Cho, M.D.**

Background: To assess the accuracy of Electron-Beam Tomography(EBT) in following evaluation of the pulmonary vascular system after a shunt operation in the cyanotic congenital heart disease with pulmonary stenosis or pulmonary atresia. **Material and Method:** Sixteen patients(M:F=11:5) who received Blalock-Taussig(n=8), bidirectional cavo-pulmonary shunt(n=10), and unifocalization(n=2) were included in the study. We evaluated the patency of the shunt, the morphology of intrapericardial and hilar pulmonary arteries(PA), peripheral pulmonary vascularity by background lung attenuation, and the abundance of arterial & venous collateral. Angiography(n=12) and echocardiography(n=20) were used as the gold standard for the comparison of EBT results. **Result:** EBT was consistent with angiogram/echo in 100% of the evaluation for the patency of the shunt, and in 12(by angiogram, 100%) and 19(by echo, 95%) for the detection the hypoplasia, stenosis or interruption of central PA. In measuring the dimension of PA, EBT and angiogram correlated($r=0.91$) better than EBT-echo($r=0.88$) or echo-angiogram($r=0.72$). Abundant systemic arterial collateral were noted in 4 and venous collateral in 3 cases. In evaluating the peripheral pulmonary vascularity, the homogenous and normal-ranged lung attenuation(n=6), decreased but homogenous attenuation(n=1), segment-by-segment heterogeneous attenuation(n=3), homogenous but asymmetrical attenuation(n=3), and venous congestion(n=2) were observed and 12 of them were compatible with the blood flow pattern revealed by cardiac catheterization. **Conclusion:** EBT was accurate in the integrated evaluation of the pulmonary vascular system after the

* 연세대학교 진단방사선과

Department of Diagnostic Radiology and Research Institute of Radiological Science, Yonsei university College of medicine.

** 연세대학교 흉부외과학 교실

Cardiothoracic surgery of Yonsei Cardiovascular Center, Yonsei university College of medicine.

*** 연세대학교 소아과학 교실

Department of Pediatric cardiology of Yonsei Cardiovascular Center Yonsei university College of medicine.

논문접수일 : 99년 6월 23일 심사통과일 : 99년 9월 6일

책임저자 : 최규옥 (120-752) 서울특별시 서대문구 신촌동 134, 연세대학교 병원 진단방사선과. (Tel) 02-361-5837, (Fax) 02-393-3035

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

shunt, including the patency of the shunt operation, the morphology and dimension of the central and hilar PAs and the loco-regional pulmonary flow in the lung parenchyma. It suggests the useful information about the need of secondary shunt operation, the proper timing time for total repair, and the need of interventional procedure prior to total repair.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2000;33:7-19)

Key word : 1. Congenital heart disease
2. Palliative surgery
3. X-ray, computed

서 론

폐혈류가 감소된 청색증형 선천성 심질환의 환아에선 폐동맥계의 발달 정도와 심기형의 종류에 따라 한번의 완전 교정술로 치료를 완결하는 경우도 있으나, 여건이 충족치 않을 경우 여러가지 고식적 수술로 폐혈류를 증가시키고 폐혈관의 성장을 유도한 후, 적절한 시기에 완전 교정 수술을 시행하는 방법을 선택해야 하는 경우도 있다. 고식적 수술 방법엔 동맥 혹은 이식편을 이용한 Blalock-Taussig(이하 BT) 단락 수술과 단일화수술(unifocalization), 그리고 상대정맥을 폐동맥에 분합하는 양방향성 대정맥폐정맥 단락술 (Bidirectional cavo-pulmonary shunt; 이하 BCPS)이 있다.^{1,2)} 이렇게 고식적 수술을 시행받은 환아에 있어서는 단락의 개존성, 중심 폐동맥의 성장, 폐실질 혈관내 폐혈류량, 폐동맥압, 폐혈관 저항 등의 해부학적, 혈액학적 상태를 파악하고, 단락술과 관련된 합병증을 파악하는 것은, 완전 교정 수술의 적절한 시기를 결정하고 이차 단락술의 필요성여부를 정하며, 동, 정맥을 통한 측부 혈행이 많을 경우 수술 전이에 대한 색전술의 필요를 판단키 위하여 필요하다. 이러한 결정을 위하여 주기적으로 심초음파 혹은 심도자술을 시행, 폐동맥의 상태에 대한 추적 검사를 하는 것이 지금까지의 전통적 방법이었다.³⁾ 심초음파술은 비침습적인 검사이지만, 초음파 창에 제한에 의하여 말초 폐동맥의 평가에 제한이 있다. 심도자술이 이러한 목적을 위한 기본 검사로 널리 이용되어 왔으나, 침습성 및 마취에 따른 위험을 갖고 있다.^{4,5)}

Electron Beam Tomography(EBT)는 한 단면의 주사 시간이 50에서 100 m초로 짧아 높은 시간 해상력(temporal resolution)을 갖는 것이 독특한 장점이며, 심전도 게이팅(ECG gating)과 함께 주로 심장 영상의 획득을 위해 고안된 기기이다.⁶⁾ 조영제 주입 후, 심, 혈관 조영상을 얻을 수 있으며, 그 방법이 비침습적이고, 입원을 필요로 하지 않고, 진정에 대한 필요가 적어 소아에서도 안전하고 편리하게 검사할 수 있다.^{7,8)} 저자들은 대동맥, 대정맥계 자체의 기형이나, 이를 동반한 선천성 심기형을 EBT의 적용 대상으로 하고 있다. 이 점에

서 magnetic resonance imaging(MR)의 적용도 비슷하나^{5,9)}, EBT는 폐실질의 고해상 영상도 보여주는 장점이 있어서, 폐의 구역 부위에 따른 폐혈류, 비가역성 폐맥관 폐쇄에 대한 개관도 알 수 있고, 높은 공간 해상능으로 종격동, 흉벽, 폐실질 내의 측부 동, 정맥 혈행의 발달, 수술과 연관된 합병증의 발견에도 우수하다.^{7,10-12)}

본 연구는 폐혈류 감소에 의한 청색증형 선천성 심장 환아에서 여러 가지 고식적 수술을 시행한 후 추적 검사로써 EBT의 유용성을 알아보기 위해 중심 폐동맥, 고식적 수술의 개존과 합병증, 그리고 말초 폐실질 내의 혈류 분포 상태를 EBT로 조사하고, 그 결과를 심도자 및 심초음파와 비교 평가하였다.

대상 및 방법

폐혈류가 감소된 청색증형 심질환을 가진 환아 중, 고식적 단락 수술을 받은 바 있으며, 수술 후 추적 검사로써 EBT를 촬영한 환자 16명을 대상으로 하였다. 환아들은 남자 11명, 여자 5명이며, 연령은 3개월에서 12세이었다. 수술을 요하게 된 이유는 모든 예에서 폐동맥의 폐쇄 혹은 협착을 보였고, 그 외에 심실 중격 결손, 활로 증후군, 양대동맥 우심기시증, 해부학적 혹은 기능적 단심실등이 동반되었다(Table 1). 단락 수술은 BT단락술이 7명의 환자에서 8개, 단일화 수술 2명, 그리고 BCPS 수술은 7명의 환자에서 10개 시술되었다. 수술과 EBT촬영까지의 기간은 6일에서 2년의 간격이 있었다. 모든 환아에서 심도자술이나 혹은 심초음파 검사가 시행되었다. 심도자술은 12명(n=16)에서 시행되었으며, EBT촬영과 1일에서 29일의 간격이 있었다(중간값 5일, 평균 5.13일). 심초음파는 모든 예에서 시행하였고, EBT와 1일에서 32일의 간격이 있었다(중간값 5일, 평균 6.62일).

EBT(IMATRON C-150, San Francisco, CA)를 사용하였고, 심전도 게이팅에 의하여 수축기(R-R간격의 40%)와 이완기(R-R간격의 80%)에 각각 단일 절편 양식(single slice mode)으로 횡격막부위에서 흉곽입구까지 0.6초의 간격으로 촬영하였

Table 1. The basic cardiac defects of patients and the type of shunt performed.

Case No	Shunt type	Basic cardiac defects
1	BT shunt	DORV with VSD, PS, LPA interruption
2	(B)*	PA with VSD
3		LI, ECD with unbalanced ventricles, PA
4		TOF
5		PA with VSD
6		PA with VSD
7		PA with VSD, MAPCA
8	Unifocalization	RI, SV, PS, MAPCA
9		LI, ECD, PA, MAPCA
10	BCPS	LI, SV(RV type), PS
11		TA, PA, VSD, LPA interruption, ECD with unbalanced ventricles, PS
12		LI, SV with PA
13		RI, TAPVR, ECD, PA
14		PA with intact IVS
15		RI, TAPVR, ECD, PS

*BT; Blalock-Taussig, DORV; Double outlet right ventricle, ECD; Endocardial cushion defect, IVS; Interventricular septum, LI; Left isomerism, LPA; Left pulmonary artery, MAPCA; Major aortopulmonary collateral artery, PA; Pulmonary atresia, RI; Right isomerism, PS; Pulmonary stenosis, RV; Right ventricle, SV; Single ventricle, TAPVR; Total anomalous pulmonary venous return, TA; Tricuspid atresia, TOF; Tetralogy of Fallot, VSD; Ventricular septal defect, BCPS; bidirectional cavo-pulmonary shunt, (B); bilateral

다. 주사시간은 100 msec였고, 절편 두께는 통상 3 mm를 사용하였으나, 환아가 매우 작거나 관상동맥 가시화를 위한 경우는 필요에 따라 절편 두께 1 mm도 사용하였다. 전주정맥(antecubital vein)에 20 gauge 바늘로 정맥 경로를 확보한 후, 주입기를 이용, 체중, 절편 수와 심박동 수에 따라 약 0.2~0.3 cc/sec 속도로 조영제를 총 2 cc/kg 주입하고 10초 후부터 촬영 시작하였고, 각 series에 약 15초 가량씩 소요되었다. 불명위(situs ambiguous)의 경우는 신장 부위까지 범위를 넓혀 복부 장기 배열, 무비중, 다비중, 그리고, 하대정맥, 간정맥의 분지 양상 등도 확인하였다.

사진은 2명의 방사선과 의사에 의해 판독이 되었으며, 각 예의 진단 및 단락의 개존성 여부를 판독하였고(Fig. 1), 단락의 개존은 단락 혈관 내부가 균일하게 조영 증강되는 경우로 하였다. 중심성 폐동맥의 발달에 관한 평가를 위해 주, 좌, 우 폐동맥의 크기를 주 폐동맥은 폐동맥 판막의 원위부와 분기되기 이전에서 가장 넓은 부위에서, 좌, 우 폐동맥은 전

Table 2. Comparison of dimension of hilar PAs and their correlation coefficients(-significance: p<0.0.1)

	EBT	Echo(n=15)	Cath(n=10)
EBT		0.88*	0.91*
Echo	0.88*		0.72*
Cath	0.91*	0.72*	

간지(anterior truncus) 혹은 좌상엽 폐동맥이 분지 되기 직전 폐문부에서 각각 측정하였다. 좌우 폐동맥의 합류(confluence) 및 말초성 협착 여부도 관찰하였다(Fig. 1D, 2A). 협착 정도는 좌, 우 폐동맥 직경에 대한 협착부 최소 직경의 백분율로 표현하였다. 단락 문합부 폐동맥의 협착 여부도 같은 방법으로 조사하였다(Fig. 3). 필요에 따라 3차원 영상 재건술을 시행하여, 폐동맥의 해부학적 특징을 한눈에 뚜렷이 보이도록 하였다. 이때 시행한 워크스테이션의 소프트웨어는 Ultra-access 2.0(ISG)을 사용하였다. 부위별 말초 폐혈관의 혈류 분포 정도를 평가하기 위하여 폐 실질의 방사선 농도와 탄성(elastic) 폐동맥(직경 1 mm 이상)의 상태를 평가하였다(Fig. 1D, 4). 폐혈류량의 적정 정도를 반영하는 또 하나의 간접적 방법으로 폐혈류 감소에 이차적으로 기관지 동맥, 내유 동맥, 혹은 늑골간 동맥이 발달, 확장하여 생긴 전신성 동맥 측부 혈행을 평가하였다. 체동맥에 의한 측부 혈행의 존재와 정도를 평가하기 위하여 기관지 동맥 확장의 경우 조영 증강 영상에서 종격동 내의 기관지나 기관지를 에워싸고 있거나, 폐 실질에서 기관지와 동반된 동맥이 폐동맥 하나가 아니라 둘 일 경우로 정의하였고(Fig. 2C, D), 흉벽 체동맥을 통한 측부 혈행 발달은 늑간 동맥, 내유 동맥 등의 흉벽 체동맥들이 확장되어 있거나, 흉막하 폐 실질에 수많은 선상 음영이 늑막에 수직으로 배열되어 있을 경우를 흉벽의 동맥을 통한 경 늑막 측부 혈행(transpleural collaterals)으로 판정하였다(Fig. 2E, F). 그리고, BCPS술을 시행한 경우에 있어서는 전신성 정맥 측부 혈행의 발생과 이의 배액 부위(drainage site)를 조사하였다. 측부 정맥은 단락술의 종류를 감안하여, EBT상 흉벽을 따라 혹은 척추 주위 영역에 조영 증강되는 보이는 혈관들 중, 기관지 혹은 늑간 동맥보다는 굵고 구불 구불한 경로를 취하였다(Fig. 5). 기타 폐, 기도와 종격동에 동반된 기형 혹은 합병증을 조사하였다(Fig. 5). EBT로 판독한 소견을 심도자술 및 심초음파 소견과 비교하였고, 이를 바탕으로 각 환자에 있어서 앞으로의 치료계획을 수립하였다.

결 과

1) 고식적 수술 부위의 개존성

전체 16명에서 시행한 20개의 단락 중, EBT 소견 상 단락

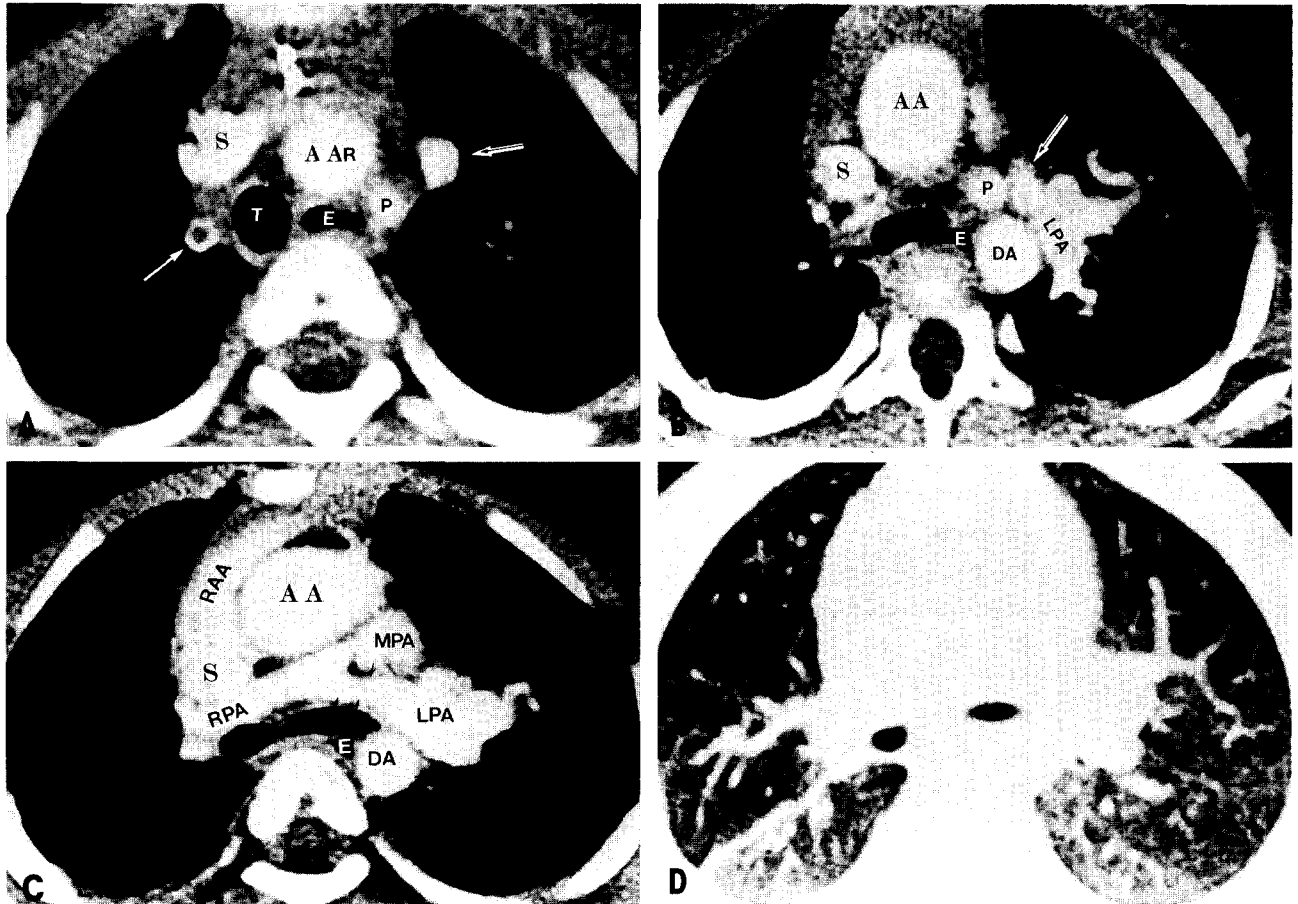


Fig. 1. A 5 month-old girl(case 2) had pulmonary atresia with VSD and a junctional stenosis of left pulmonary artery(LPA). Bilateral BT shunts were performed. **A.** A slice just above the aortic arch. The lumen of right BT shunt(white arrow) is not enhanced at all by contrast material, while the lumen of left BT shunt(white-etched black arrows) becomes densely enhanced, suggestive of shunt occlusion of the right, but patency of the left. Another round structure(P) medial to the patent left BT shunt is still patent ductus arteriosus. **B.** 18 mm lower to the slice A. Patent right BT shunt and PDA(P) are seen. **C.** 24 mm lower to slice A. Although MPA is hypoplastic, right and left pulmonary arteries are confluent each other. A juxta-ductal stenosis(small black arrows) is noted at the proximal LPA. The distal and hilar LPA is dilated because of preferential blood flow to the left via left BT shunt, while blood flow to the right is limited by juxta-ductal stenosis. **D.** Lung window setting of mid-lung reveals diffusely decreased lung attenuation of right compared to the left. This suggests the lung perfusion to the right via left BT shunt become diminished because of juxta-ductal stenosis at the LPA result in asymmetric distribution of the pulmonary blood flow.

Abb: AA:ascending aorta, AAR: aortic arch, DA: descending aorta, E: esophageal lumen, LPA: left pulmonary artery, MPA: main pulmonary artery, S: superior vena cava, T: trachea, P: patent ductus arteriosus, RAA: right atrial appendage, RPA: right pulmonary artery

의 개존으로 해석한 예가 18개, 폐쇄로 해석한 예가 2개 있었다. 개존으로 해석한 18개 모두에서 심도자술(10명, 14개)이나 심초음파술(14명, 18개)로 개존이 확인되었다(정확도=100%) (Table 2). 단일화 수술 시행한 2명의 환자에서 2개의 단일화관(unifocalization tube)도 또한 개존성을 보였다. 폐쇄로 해석한 두 예(사례2, 6: Fig. 1A-C)는 BT단락의 내강이 전혀 조영 증강되지 않으며, 심도자술에서 폐쇄를 확인 하였다. 이 2 예 모두에서 심초음파는 BT단락의 폐쇄를 확인하지 못 하였다. 단락이 폐쇄되었던 예 중 1예(사례 6)는, EBT 소견

상 심낭막내 폐동맥이 잘 발달되어 있어서 완전 교정술인 Rastelli 수술을 시행할 수 있었다.

2) 폐동맥의 크기, 합류 및 협착(Table 2, 3)

EBT로 측정된 주폐동맥과 양측 폐문에서 좌,우 폐동맥 크기를 심도자술과 초음파로 측정된 결과와 비교하였다. 심도자술(n=12)로 측정된 폐동맥 크기와 EBT로 측정된 크기는 높은 상관성이 있으며($r= 0.91, p<0.01$), EBT 측정치가 다소 작은 경향을 보였다. 심초음파는 전례에서 시행되었으며, 혈관

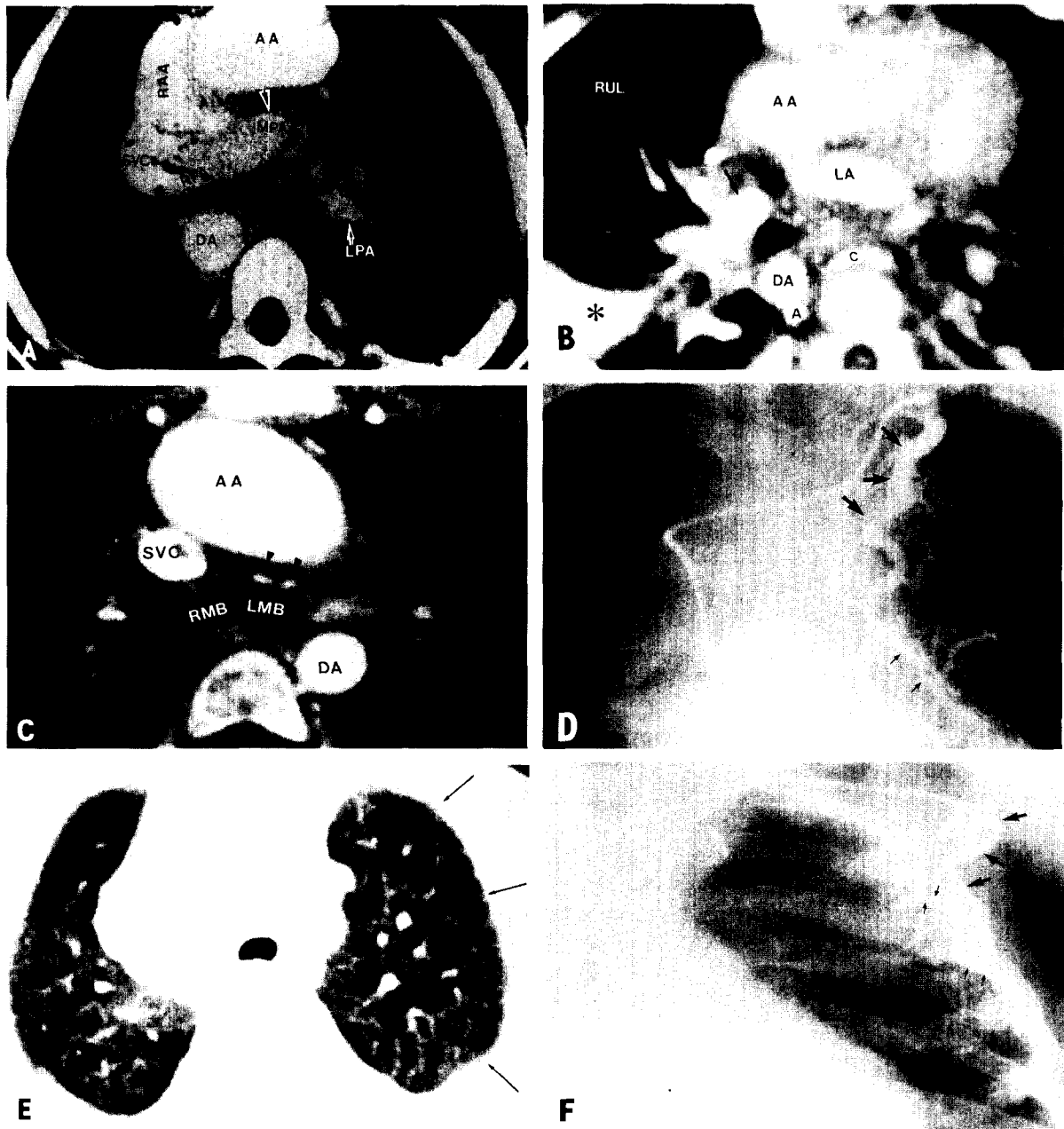


Fig. 2. 11 year-old boy(case 1) with DORV, subpulmonic VSD, PS and interruption of LPA, received left BT shunt. **A.** LPA is interrupted from MPA. The gap(↔) between main (MPA) and left PA is measured 19 mm and the information is useful for the surgical design. **B.** The selective angiogram of left BT shunt (thick arrows) shows interrupted LPA(thin arrows), however, the gap between main and left PA is difficult to estimate by this projectional imaging. **C.** Multiple dots-like enhanced densities(short arrows) around left main bronchus(LMB) are hypertrophied bronchial collateral arteries. **D.** On selective angiogram of left internal mammary artery(thick arrows), the vessels are indicated by small arrows corresponds to hypertrophied bronchial collateral arteries course along the wall of left main and lobar bronchi(arrow). **E.** There are multiple linear densities(long arrows) in subpleural area, perpendicular to pleura. This shadow is suggestive of trans-pleural systemic-pulmonary collateral arteries. **F.** On selective angiogram of left lateral thoracic artery(thick arrows), numerous trans-pleural collateral arteries(thin arrows) are communicated with subpleural pulmonary arterioles. The subpleural linear densities observed by CT are suggestive of transpleural collateral arteries originating from intercostal arteries, anastomosed with small peripheral pulmonary arterial branches.

Abb: AA:ascending aorta, DA: descending aorta, LMB: left main bronchus, MPA: main pulmonary artery, LPA: left pulmonary artery, SVC: superior vena cava, RAA: right atrial appendage, RMB: right main bronchus, RPA: right pulmonary artery

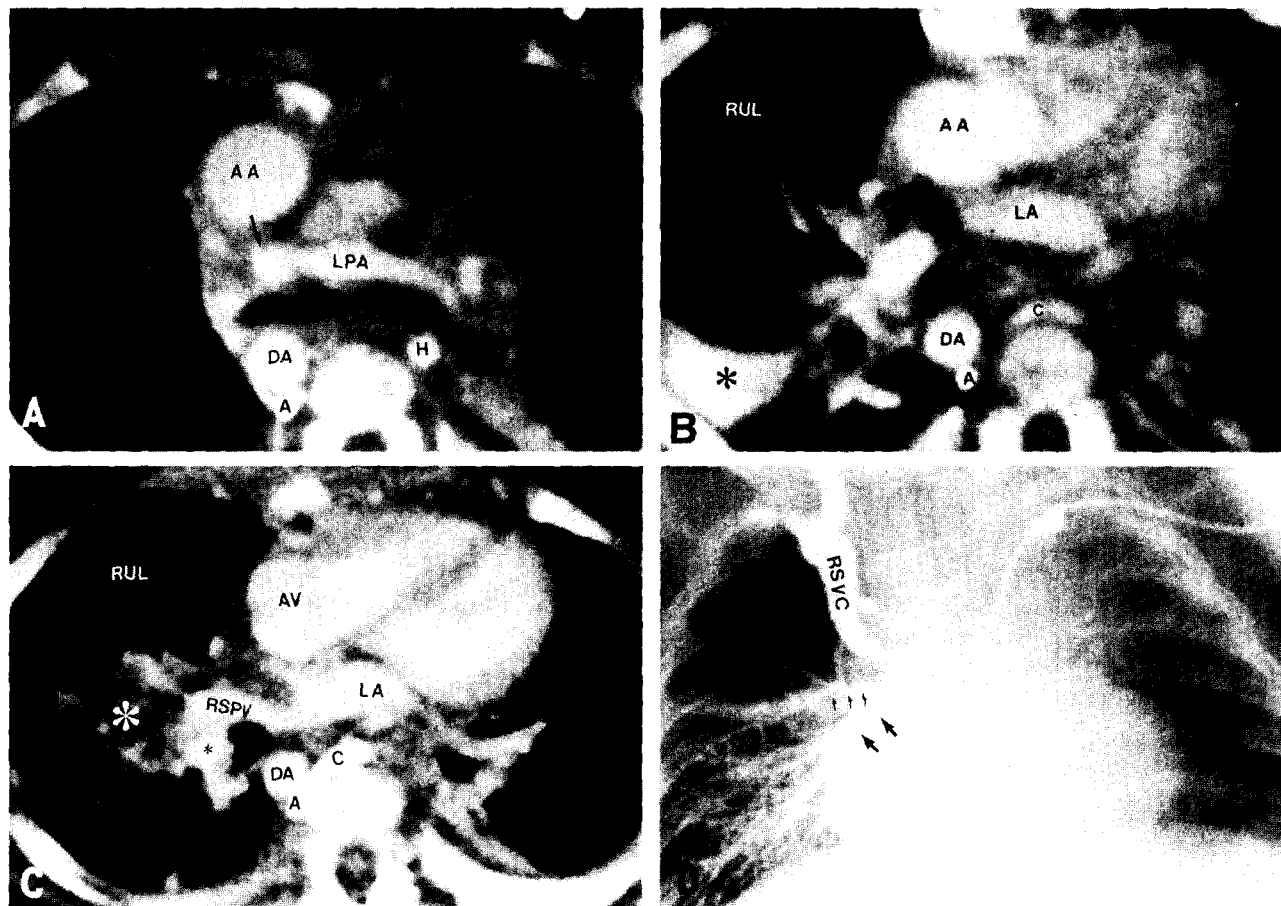


Fig. 3. 7 year old boy(case 10) with left isomerism, single ventricle and PS. BCPS has been performed. A-C. on EBT, RSVC(black arrow) is anastomosed with RPA. However, RPA distal to anastomosis was difficult to trace and interpreted as total occlusion with lobar collapse of the middle lobe(large black or white asterisks). The lung shows collapse-consolidation of the RML (white asterisk in C), and severe overinflation of the RUL(RUL). Right azygous(A), left hemiazygous(H) and the connecting mediastinal veins(C) are all dilated. D. The PA angiogram via left SVC-PA shunt demonstrates occlusion of RUL PA, hypoplasia of RML PA(thin arrows) probably secondary to the collapse, and patent RLL PA(thick arrows). On retrospective review of EBT, we could trace right lower lobar pulmonary artery(small black asterisk). Because of overinflation of RUL and collapse of RML(white asterisk in C), right hilum displaces so downward & posteriorly that RLL pulmonary artery is confused with other mediastinal vessel.

Abb: A; azygous vein, AA; ascending aorta, AV; aortic valve, C; connecting mediastinal vessel, DA; descending aorta, LA; left atrium, LPA; left pulmonary artery, RSPV; right superior pulmonary vein, RUL; right upper lobe, SVC; superior vena cava

Table 3. Accuracy of each modality

	EBT			Echo			Cath		
	Sn	Sp	Ac	Sn	Sp	Ac	Sn	Sp	Ac
Non-confluence	2/2	14/14	16/16	1/2	14/14	15/16	2/2	10/10	12/12
	100	100	100	50.0	100	93.8	100	100	100
#Periph PS	4/4	12/12	16/16	2/4	12/12	14/16	2/2	10/10	12/12
	100	100	100	50.0	100	87.5	100	100	100
Patency of shunt	18/18	2/2	20/20	18/18	0/2	18/20	14/14	2/2	16/16
	100	100	100	100.0	0	90.0	100	100	100
Anastomotic @PA stenosis/obstruction	2/2	17/18	19/20	0/3	17/17	17/20	2/2	14/14	16/16
	100	94.4	95.0	0	100	85.0	100	100	100

*Sn;sensitivity, Sp;specificity, Ac;accuracy, # peripheral pulmonary stenosis, @pulmonary artery

크기의 측정은 11예에서 시행되었다. EBT와 심초음파에서 측정된 폐문 폐동맥 크기의 상관 계수는 0.88($p<0.01$)였으며, 심도자술과 심초음파를 모두 시행한 경우 중 두 방법에서 측정된 혈관 직경 간의 상관 계수는 0.72($p<0.01$)로, 두 비교 모두에서 심초음파가 크게 측정되는 경향을 보였다(Table 2). 폐동맥의 합류 혹은 단절 여부를 조사하였다. EBT소견상 14예에서 좌우 폐동맥의 합류의 소견을 보였고(Fig. 1A-D), 2예(사례 1, 11)에서 단절을 보였으며(Fig. 2A,B), 이들 중 12예에서 심도자술을 시행하여 10예의 합류, 2예의 단절을 확인하여, EBT와 동일한 소견을 보였다. EBT는 단절의 경우 그 사이의 간격을 정확히 측정할 수 있는 독특한 능력이 있는 것이 심도자술에 비해 우수하며, 따라서 수술 방법의 결정에 도움을 줄 수 있었다(Fig. 2A).

EBT상 주폐동맥과 좌폐동맥 사이에 50% 이상의 동맥관 근접 협착(juxta-ductal stenosis)이 2예(사례 2, 4) 있었고, 심낭 내 폐동맥의 전반적 발육 부전이 3예(사례 8, 13, 14)있었다(Fig. 1D). 심도자술을 시행한 12예 중 3예(사례 2, 13, 14)의 말초성 협착 및 전반적 발육부전이 EBT와 일치하였다. 심도자술을 시행하지 않았으며 EBT소견에서 폐동맥 발육부전 및 협착이 의심되었던 2예 중 1예(사례 8)는 심초음파에서 전반적 발육 부전을 관찰하였으나, 나머지 1예(사례 4)는 심초음파로 주폐동맥과 좌폐동맥간의 협착을 확인하지 못하였다. 기타 심도자 혹은 심초음파로 50% 이상의 협착이 있으나 EBT로 발견하지 못한 예는 없었다.

EBT상 단락과 폐동맥 문합부의 폐쇄 혹은 협착의 발견 정확도는, 총 20개의 문합 부위 중 EBT상 협착이나 폐쇄가 없는 17예는 심도자술($n=15$)과 심초음파($n=17$)에 의한 평가에서도 협착 혹은 폐쇄 없음을 확인하였다. 3예에서 EBT상 폐쇄 또는 협착이 의심되었는데, 첫번째 예(사례 9)는 50% 이하의 협착이 의심되었고 심도자술을 시행하여 30% 협착을 확인하였고, 두번째 예(사례 12)는 EBT상우상대정맥과 우폐동맥 간의 협착(약 50%)이 의심되었으나, 심도자술은 시행하지 않았고, 심초음파 소견으로는 이를 확인하지 못하였다. 나머지 세째 예(사례 14)에서, EBT는 BCPS술 후 우폐동맥이 완전 폐쇄되었다고 해석하였다. 심도자 소견에서 우상엽 폐동맥만이 완전 폐쇄되었고, 우중엽 폐동맥의 발육 부전, 그리고, 하엽 폐동맥만이 개존되어 있었다. 후향적으로 본 EBT 소견에서 조영 증강된 작은 크기의 우하엽 폐동맥을 발견할 수 있었으며, 상엽의 과팽창과 중엽 및 하엽의 허탈로 인하여, 폐문의 전위가 심하였고, 우하엽 폐동맥 직경이 작아서 이를 간과하였다(Fig. 3).

이들 폐동맥의 합류와 50% 이상의 말초성 폐동맥 협착, 그리고 단락과 폐동맥 문합부의 폐쇄에 있어서 EBT의 정확도는 각각 100%, 100%, 95%로 심도자술과 비슷한 정도를 보

였으며, 심초음파의 87.5%, 90%, 85%에 비해서는 우월한 소견으로 나타났다(Table 3).

3) 말초 폐혈관과 폐 실질 내 폐혈류의 평가

폐실질 배경 밀도(Background density)는 7명에서 대칭적 균질성을 보였으며, 이중 6명(사례 5, 6, 10, 12, 13, 15)은 정상적인 밀도였고, 1명(사례 3)은 양측이 비슷한 정도로 감소하였다. 좌우 폐가 비대칭적인 경우가 3명(사례 1, 2, 11)이었고, 폐엽 혹은 구역마다 다른 배경 밀도가 다른 경우가 4명(사례 7~9, 14), 그리고 폐정맥 울혈이 보이는 경우가 2명(사례 4, 16)이었다.

이중 양측 폐에서 정상 크기의 말초 폐혈관과 균등한 폐밀도를 보인 6예 중, 심도자술을 시행한 5예에서 균등하고 적절히 점감하는 폐동맥과 모세혈관기의 폐실질 배경 밀도의 균등성을 보였다(Fig. 4A). 이들은 단심실, 폐동맥 폐쇄 등 다양한 심기형을 보였고, 모두 단락의 개존성을 보였다. 또 이들 6예 중 5예는 심막강내 폐동맥이나 단락 문합부에 50% 이상의 협착이 없었다. 나머지 1예(사례 13)는 단심실과 폐동맥 폐쇄가 동반된 환자로 BCPS를 1년2개월 때 시행받고 8일 후 시행한 EBT에서 좌우 폐동맥 사이의 50% 가량의 전반적 발육부전이 있었다.

대칭적으로 폐밀도가 감소한 1예(사례 3)에선, 전반적 폐혈관 발육 부전이 있어서 1년 전 우측의 BT단락술과 큰대동맥폐동맥측부동맥(major aorto-pulmonary collateral artery: 이하 MAPCA) 절단을 시행 받았으며, 현재 단락은 개존되어 있고 중심 폐혈관 발육도 다소 나아졌으나 전반적으로 폐밀도가 감소해 있었다. 3예는 비대칭적 폐밀도 감소를 보였는데, 이중 1예(사례 2)는 우측 단락은 폐쇄, 좌측 단락은 개존, 동맥관 근접 협착에 의하여 우폐동맥 혈류가 감소 되어있던 예로, EBT상 우측의 폐능도가 감소되었다(Fig. 1E, F). 심도자술 소견에서도 개존된 좌측 단락을 통한 혈류의 대부분이 좌폐동맥으로 유입되는 것을 확인하였다. 나머지 2예(사례 1, 11)에서는 모두 좌폐동맥의 단절이 있던 예들로써, 일측성 단락만 시행한 예들이었다.

4예에선 폐엽이나 구역마다 다른 정도의 폐밀도를 보여, 불균등한 폐 혈류 분포를 추측할 수 있었는데, 이중 2예(사례 8, 9)는 폐동맥 폐쇄나 심한 폐동맥 협착에 MAPCA에 의한 다 초점성(multi-focal) 폐 혈류공급을 받는 예들이었다. 이들은 일측성 단일화 수술을 시행하였고, 단일화관의 개존은 EBT로 확인되었다. 이 중 1예(사례 9)는 좌측 단일화 수술 후 심도자술을 시행하였다. 심도자술 소견상 단일화 수술을 시행치 않은 우측엔 MAPCA에 의한 다 초점성 폐 혈류 공급으로 분엽마다 다른 폐밀도를 보였고(Fig. 4B), 좌측 설(lingular) 구역 폐동맥의 협착이 있으며 그 원위부 혈류 감소

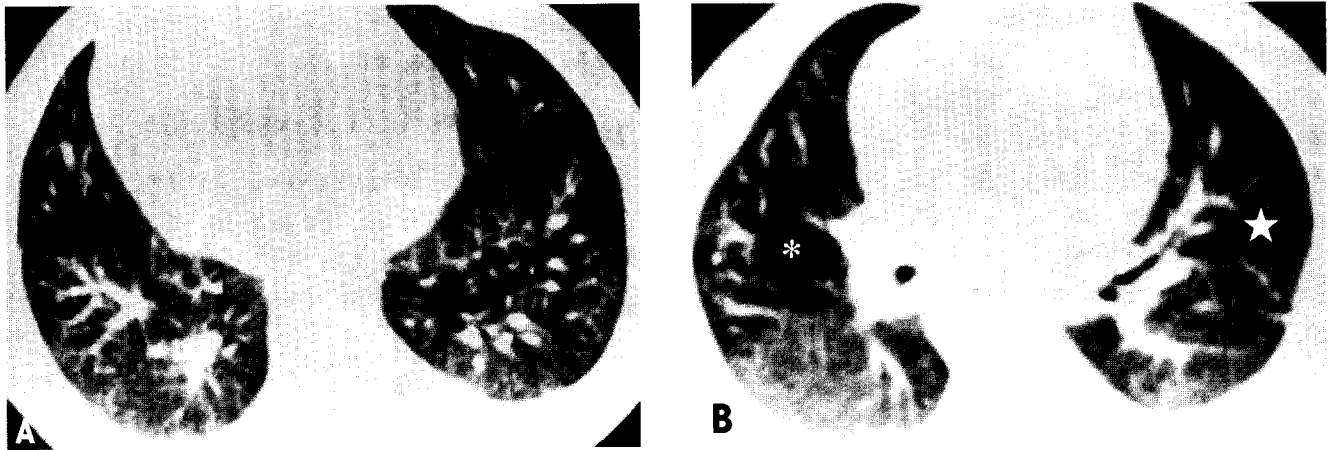


Fig. 4A. 7 year-old boy(case 13) with left isomerism, single ventricle with PS. BCPS has been performed. Evenly tapered pulmonary arterial branches and homogenous background attenuation are seen in bilateral lung parenchyma in HRCT. B. 1 year-old boy(case 9) with Lt. isomerism, ECD, PA with multifocal supply by MAPCAs. Unifocalization procedure has been performed only on the left side. Segment-by-segment heterogeneity of the lung attenuation is noted; posterior segment of RUL(small white asterisk) shows severe decrease of background lung attenuation but with dilatation and tortuosity of pulmonary arterial branches, suggesting increase of pulmonary vascular resistance. The lung attenuation of lingular segment of LUL(large white star) mildly decreases and PA branches are attenuated compared to that of both lower lobes. Angiogram revealed stenosis of PA branches to this segment.

를 호가인 할 수 있었다. EBT시행 후 나머지 우측도 단일화 수술을 시행하였다. 또 다른 1예(사례 8)도 우측의 단일화 수술을 시행한 이후에 남아 있는 좌측의 MAPCA에 의해 분엽마다 다른 폐밀도를 보였다.

우상/중엽이 다른 정도의 폐밀도를 보였던 1예(사례 14)는 우측 BCPS술을 받은 환자로써, EBT상 우상엽의 상대적인 폐밀도 감소와 우중엽 허탈의 소견을 보였으며, 심도자술에서 우상엽 동맥의 폐쇄와 우중엽의 허탈에 따른 폐동맥의 발육부전을 보였다(Fig. 3 D). 우상엽은 폐 밀도 감소와 함께 과팽창 소견이 동반되어 있어서 과거의 염증에 의한 폐 실질 파괴로 추측된다. 나머지 1예(사례7)는 양측 하엽에 폐 밀도의 감소와 함께 주위의 다발성 폐경결이 동반되어 염증 및 세기관지염과 관련된 공기축적(air trapping)으로 생각하였다. 이와 같이 폐실질 배경 밀도와 심도자술에 의한 폐혈관 분포는 대체로 일치하였다.

폐정맥 울혈을 보였던 2예 중 1예(사례 16)는 전폐정맥 환류 이상으로 완전 교정술을 시행하였으며, EBT상 폐부종과 울혈 소견이 우폐에 국한되어 있으며, 우하폐정맥이 좌심방으로 삽입되는 직전에 협착의 소견을 보였으며, 흉막액도 동반되어 있었다. 심도자술 상 폐정맥의 중증의 협착이 확인되었다. 나머지 1예(사례 4)는 대동맥판 부전과 좌심실 부전을 동반한 활로 중후군으로 BT단락을 시행했으며, 중증의 심비대와 일부 의존성 부위에 흡인성 폐염으로 추측되는 폐경화와 그 외 부위에 전체적으로 폐정맥 울혈의 소견을 보였는

데, 그 원인이 울혈성 심부전 혹은 확장성 심근병증으로 추측된다.

폐혈류 감소에 이차적으로 기관지 동맥, 내유 동맥, 혹은 늑골간 동맥이 발달, 확장하여 생긴 전신성 동맥 측부 혈행을 평가하였는데, 상기 폐 밀도에서 양측 대칭적, 혹은 비대칭적 폐 밀도 감소를 보인 7예 중 4예의 EBT에서 다수의 전신성 동맥 측부 혈행을 보였으며, 이들 모두에서 심도자 소견에서도 늑골간동맥, 기관지 동맥 그리고, 쇄골하 동맥등지에서 기원하는 측부 혈행을 확인하였다(Fig. 2C-F).

4) 전신성 정맥 측부 혈행(Fig. 5)

BCPS술을 시행한 7예 중 3예에서 정맥 측부 혈행을 관찰하였고, 이들 측부 혈행의 배액 부위도 확인할 수 있어서, 이중 1예는 굵은 측부 혈행이 직접 심방으로 유입되는 것을 확인할 수 있었다. 이중 2예에서 심도자술을 시행하여, 현저한 기정맥, 반기정맥, 종격동 정맥을 통하여 하대정맥 혹은 심방으로 배액되는 정맥 측부 혈행을 관찰할 수 있었다.

5) 기 타

수술 후 7일에 EBT를 시행했던 사례 13에서는 전종격동에 공기와 액체가 고여있는 소견을 보여, 이는 수술 직후의 현상이라 생각하였다. 사례 10은 수술 후 지연성 발열이 계속되어 수술 후 38일 만에 시행한 EBT에서 심낭내에 석회화된 물질에 둘러싸인 액체의 저류를 발견하였고, 재수술 당시 석

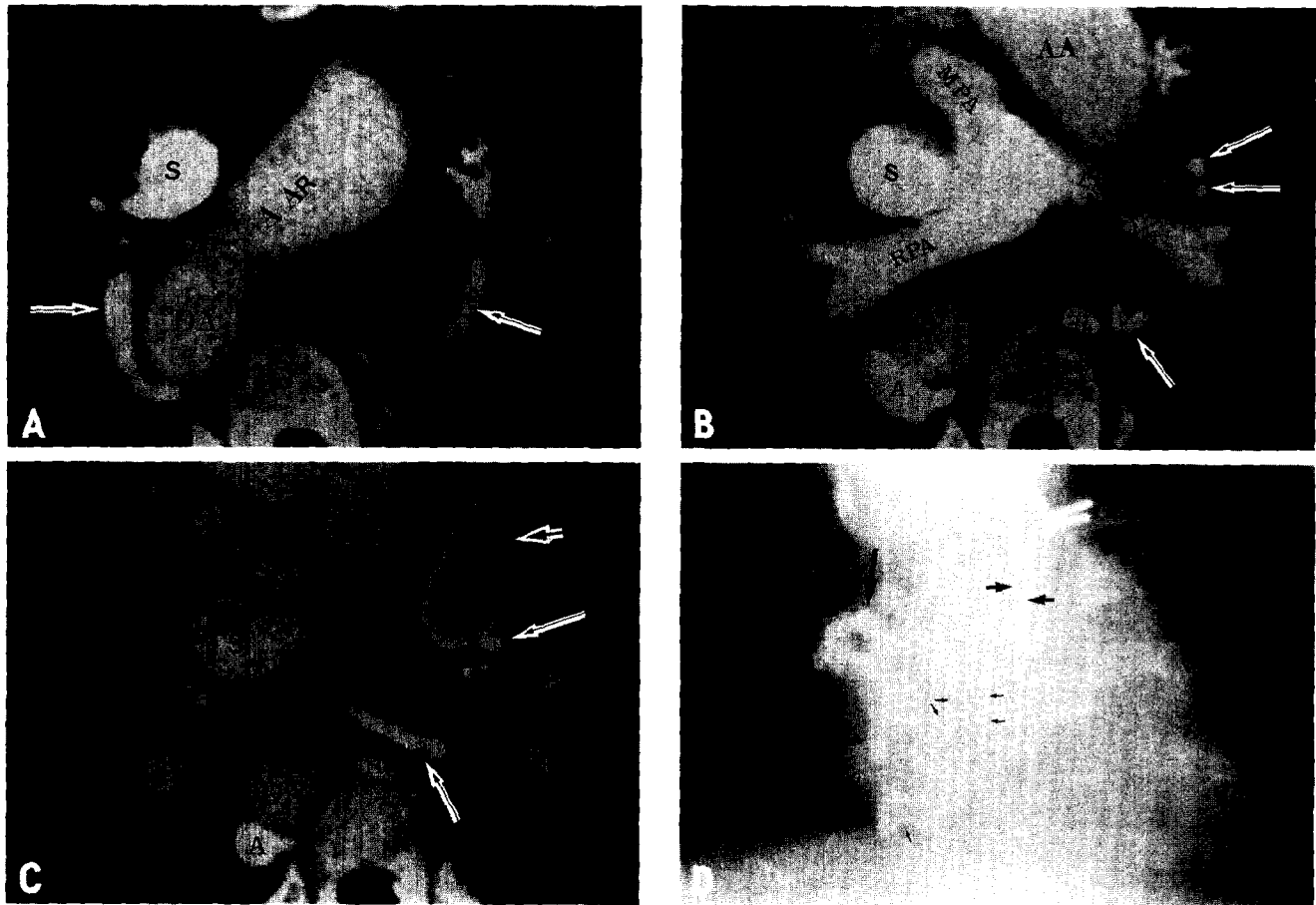


Fig. 5. 12 year old boy(case 13) with left isomerism, single ventricle with PS. BCPS has been performed. **A, B.** Multiple enhancing vascular structures (long white-etched black arrows) are found in mediastinum. The veins in A is the right and superior superior intercostal veins(arrows). The veins in B are markedly dilated right azygous vein(A), and dilated hemiazygous(H) and paravertebral venous plexus or other mediastinal veins(others). These veins are larger-bored and less numerous than systemic collateral arteries are. (compare with Fig. 2C). **C.** In pericardial space, heterogeneously enhancing lesion with outer ring-like calcification(short white-etched black arrow) is noted anterior to left superior pulmonary vein. A necrotic mediastinal abscess was found during operation. Dilated azygous(A), hemiazygous(H), and multiple mediastinal veins(long white-etched black arrows) are also seen. **D.** On selective venogram of left hemiazygous vein (small thick arrows), those are compatible to dilated venous collaterals of the paravertebral venous piexus (thin arrows) and azygous system(large thick arrows).

ABB. AA:Ascending aorta, AAr: aortic arch, DA: Descending aorta, LPA: Left pulmonary artery, MPA: main pulmonary artery, RPA: right pulmonary artery, S: Superior vena cava.

회화 물질에 둘러싸인 괴사성 농양을 발견해 배농하였다(Fig. 5). 만성 폐허탈은 2예에서 관찰되었고, 3예에서 국소성 혹은 미만성 폐경화를 보였는데, 의존성 부위에 많아서 흡인성 폐염으로 추측된다.

6) 치료계획

7예(사례 2~6, 11, 15)에서 BT 단락술이나 BCPS후 폐동맥의 적절한 발달과, 원위부의 발달된 폐동맥을 EBT상 확인할 수 있어서, 완전 교정술을 계획할 수 있었고, 특히 사례 6에

선 폐동맥 폐쇄와 이전에 시행한 단락의 단절로 심도자술로 측정키 어려웠던 폐동맥의 발달을 EBT상 확인하여 수술을 계획할 수 있었다. 1예(사례 1)에서는 폐동맥 단절과 더불어 반대편 폐밀도의 감소로 폐혈류가 감소한 것으로 생각하여 고식적 Rastelli 수술을 시행하였다. 다른 1예(사례 7)에선 양 하엽의 폐밀도가 감소하고, 심도자 소견에서 남아있는 MAPCA를 확인해 고식적 Rastelli수술을 시행하기로 하였다. 3예(사례 8, 12, 13)는 단락 수술 이후 폐동맥이나 심실 기능이 아직 덜 발달되어 좀더 추적 관찰할 것을 계획하였다. 3

예(사례 10, 14, 16)에선 이전의 단락 수술이나 전폐정맥 환류 이상의 완전 교정술 이후에 생긴 의미있는 폐혈관 협착과 폐외 합병증을 발견하였고, 이 중 전폐정맥 환류 이상의 완전 교정술 이후 생긴 폐정맥 협착(사례 16)에 대해 스텐트(stent)를 삽입하였고, 그 5개월 후에 EBT를 다시 시행하여 경미하게 남아있는 폐정맥 협착을 관찰하였다. 의미있는 정도의 폐외 합병증을 보인 예는 상기에 기술된 종격동 농양(사례 10)은 배농 수술을 시행받았다. 다른 1예(사례 9)에선 단일화 수술 후 짧은 간격으로 시행한 EBT에서 별다른 합병증 없는 것을 확인하였다.

고 찰

선천성 심질환을 초기에 진단하거나 고식적 단락 수술 이후 변화를 평가하는데 있어 심도자술과 심초음파는 독보적인 평가방법으로 지금까지 이용되어 왔다. 심도자술은 입원을 요하고, 심도자술 자체의 위험과 더불어, 의사소통이 잘 되지 않는 어린 환자의 경우 전신 마취를 요하며, 이에 의한 위험과 합병증이 있다. 그러나 심도자술은 폐동맥의 혈역학적 검사치를 얻을 수 있고 MAPCA의 선택적 조영술에 의한 해부 구조 및 이중 공급(dual supply) 여부를 확인하는 점에서 독보적이다. 심초음파술은 비침습적 검사이고, 심장의 해부 구조와 기능의 검사에 탁월하나, 에코창(acoustic window)의 제한으로 대정맥, 대동맥의 정확한 평가에 제한이 있다. 흉선이 큰 영아 시기에는 넓은 음향창 덕분에 심혈관 구조의 관찰이 용이하나, 흉선이 퇴화되고 폐의 용적이 커짐에 따라 종격동과 피부 사이에 폐실질이 개입되면, 음향창의 제한이 오며, 특히 수술 후 흉벽의 수술 반흔, 수술용 철사, 인공 보철용 합성 물질 등은 echo 반사를 만들어 심장 평가가 더욱 어려워진다.⁷⁾ MR은 넓은 시야 범위로 선천성 심기형 중 특히 대혈관 이상에 우수하며, 기능 검사에 의하여 유속 측정을 겸할 수 있는 장점이 있다.^{5,9)}

저자들은 본 연구에서 비침습적 검사이면서도 시야 범위가 넓은 EBT를 이용하였다. EBT는 전자총에서 전자선을 발사시키고 이를 전자기적으로 굴절시켜 테이블 밑에 있는 4개의 반원형 양극관(210°)에 차례로 조준하여서 거의 동시에 210° 방향에서 X선을 발생시킴으로써 짧은 시간(100 msec)에 영상을 얻는 시간해상력(temporal resolution, 10~17 frames/sec)을 갖추고 있어 심장박동이나 호흡 그리고, 맥박에 의한 영상 흔들림을 최소화 할 수 있고, 깊은 진정의 필요가 없어 과도한 진정제로 인한 호흡 저하의 위험도 줄일 수 있다.^{6,7)} EBT의 공간 해상능은 성인에서 관상동맥 조영상을 얻을 수 있으나, 소아의 경우 숨참기의 협조가 안되기 때문에 3차원 영상 재구성이 거칠어, MAPCA를 재구성 할 정도의 해상능

은 부족한 점이 심도자술에 비하여 제한점이다. 앞으로 호흡 게이팅 방법이 개발되면, 좋은 3차원 재구성 영상을 얻을 수 있을 것으로 기대한다.¹³⁾ 심장에 대한 비침습적 검사를 할 수 있는 MR에 비하여 공간 해상능이 더욱 좋고, 게다가 폐실질의 고해상 영상을 얻을 수 있어서 각 분절마다 부위별로 폐혈역학적 정보를 얻을 수 있음은 독보적인 장점이다.^{7,12)}

본 연구에서 EBT는 심도자술 및 심초음파의 소견과 비교하여, 단락의 개존성, 심낭 내외 폐문부 폐동맥의 발달 정도, 합류, 말초성 협착 등을 정확히 진단하여 임상에 적용할 수 있음을 확인하였다. 심초음파 검사는 심낭막 안의 폐동맥의 발달 정도, 협착, 단절 등의 결과는 EBT와 심초음파가 다 우수하나, 심낭막 밖에 있을 경우 음향창 제한으로, 늑막강 내에 있는 BT단락의 개존 확인이 어렵다. 이에 비하여 EBT는 BT단락 개존, 폐문부 폐동맥과 그보다 말초의 엽 혹은 구역 폐동맥, 폐 실질 배경 밀도까지, 폐혈관계 전체를 정확히 볼 수 있어서 우수하다.

단락 수술 후 폐동맥 크기의 변화는 단락 기능 평가, 수술 시기의 결정에 매우 중요하다. 폐동맥 크기의 비교에 있어서는 심도자와 EBT의 소견이 매우 높은 연관성을 보였다($r=0.91$). 심초음파로 측정된 폐동맥의 크기는 심도자술과 0.72, EBT와 0.88의 상관 계수를 보였으며, 이는 심초음파보다 EBT가 정확하다는 증거로 본다. EBT 혹은 심초음파를 포함한 모든 디지털 영상은 크기 측정할 때 영상의 창과 레벨 설정에 따라서 차이가 나며, 측정 기관의 특징에 따라 적절한 창과 레벨을 설정하여야 한다.¹⁵⁾ 따라서 EBT 측정시 본 연구 자료를 통일성을 주기 위해 창과 레벨을 적정 기준에 고정하는 방법을 택하였다(center; 80~100, level; 550~600). 심도자술에 의한 측정도 확대 인자를 교정하여야 하며, 이를 위하여 측정하려는 구조물의 3차원 내 위치를 정확히 파악하여야 하나, 이는 상당히 시간이 걸리는 작업이다. 또한 심초음파의 경우 음향창의 제한으로 좌,우 폐동맥 측정 위치가 EBT에 의한 측정 위치보다 근위부에서 측정케 되며, 심초음파는 특히 술자의 능숙도에 많이 좌우되는 방법이기 때문에 변이도가 높으리라 생각되고, EBT의 객관성이 이를 보완할 수 있으리라 생각된다. 수술 당시 측정에도 문제가 있어, 마취 후 신체내의 교감 신경 톤에 변화가 오므로, 실제 값과 일치하는지 모호하다. 본 연구 대상에서는 대체로 단락 이후 EBT를 한차례 시행한 예들이고, EBT를 수술 전, 그 후 지속적 추적 검사로 이용한다면, 전의 검사와 비교하여 폐동맥의 발달과 더욱 연관성이 높아지리라 생각된다.

단락 수술을 시행한 이후 단락의 기능을 측정하는 방법은 단락 개존, 중심 폐동맥의 직경을 재는 것도 하나의 방법이지만 그 외에도, 폐 실질의 폐 밀도를 평가함으로써 폐 실질

내 모세혈관의 혈류량을 간접적으로 측정할 수 있게 할 뿐만 아니라, 이 정보에 의하여 좀 더 적극적인 치료가 필요한 부위를 알려주는 추가적 정보를 주게 된다.^{10,11)} 본 연구에서도 다양한 폐 실질의 밀도를 보여 주었는데, 이런 정보를 줄 수 있는 평가 방법은 심도자술 중 폐동맥 조영술의 모세혈관기(capillary phase)에서 폐 실질의 배경 농도의 평가로도 가능하다, 이는 투사 영상이라 폐 구역들이 서로 겹치는 것을 피할 수 없다.¹⁶⁾ 이런 관점에서 CT, EBT는 각 폐 구역 별 폐혈역학을 알 수 있는 독특한 능력을 갖고 있다. Velocity encoding cine(VEnC) MR도 혈류와 압력차(pressure gradient)를 측정할 수 있으며, 넓은 시야 범위를 이용하여 심초음파로 관찰할 수 없는 부위의 말초 혈관에서도 측정할 수 있다.^{9,17,18)} 그러나 숨을 참을 수 없는 소아에서 작은 폐동맥의 혈류를 측정키는 아직 어려우나, 최근 MR 기술이 매우 빨리 발달하고 있고, navigator echo의 도입 등에 의하여 각 분엽성 폐동맥 혈류의 측정과 폐혈관 저항치의 추정도 가능해지리라고 기대한다.^{19,20)}

그 외에도 높은 시간과 공간 해상력으로, 조영 증강된 측부 동맥 혈관을 검출할 수 있게 해 준다.^{21,22)} BT 단락술 후 측부 동맥 혈관의 발달은 완전 교정술 당시 폐정맥 혈류량을 증가시키고, 이는 혈액의 소실, 수술 시야의 제한 등의 문제를 야기시키며, BCPS 후 측부 정맥의 발달은 폐순환을 우회하는 혈류를 증가시키고, 청색증을 야기 혹은 증가시킨다.²³⁾ 이중 하대정맥으로 유입되는 측부 혈행은 심방내 baffle을 이용한 Total cavo-pulmonary connection 수술 후 기능을 잃고 점차 소실하나, 심방으 직접 유입되는 측부 혈행은 중요 재적 폐쇄 혹은 수술적 결찰이 필요하다.²³⁾ 이러한 측부 동맥, 정맥의 발견, 정량적 추정, 배액 부위의 확인은 이들의 색전(embolization) 등 중재 시술의 필요성을 제시할 수 있는 점에서, 임상적으로 유용하리라고 생각된다.

말초 혈관 질환 영역에서 진단은 CT, MR, Doppler Ultrasonography(US) 등을 이용하고, 도자를 이용한 침습적 조영술은 치료 목적의 중재적 시술에 거의 국한되고 있다.²⁴⁾ 심장 질환의 경우도 이 같은 추세에 있어서 심초음파가 중요한 역할을 하고 있으나 에코창의 제한이 있다. EBT는 단락술의 개존, 특히 BT단락의 개존도 확인할 수 있고, 심낭막내 폐동맥의 발달, 말초 폐혈관 혹은 문합부 폐동맥 협착 뿐 아니라, 폐실질 농도의 관찰에 의한 폐실질내 폐혈류 감소 혹은 맥관 저항, 전신성 동맥측 측부 혈관 발달의 양을 알 수 있어서, 단락술 시행 후 폐혈관계의 전반적인 정보를 제공할 수 있다. 중심부 폐동맥의 크기, 협착 등의 정보는 이차 단락술이나 완전 교정술의 시기 결정 등에 매우 유용한 정보를 제공할 수 있다. 또한 수술 전 측부 혈행의 색전술 등의 시술이 필요한 환자를 선별할 수 있게 하고, 따라서 중재적 시술

을 위한 도자술이 필요 여부를 선별할 수 있는 점에서 임상 의에게 매우 고무적이다. 이러한 이유로 현재까지 나와 있는 비침습성 검사 방법 중 EBT는 선천성 심기형의 단락 수술 후 추적 검사에 매우 적절한 방법이라 생각된다 또한 EBT는 동반된 복잡한 심기형 자체에 대한 정확한 정보도 얻을 수 있으며, 수술 후 폐실질과 종격동의 합병증, 예를 들면, 폐염, 심낭과 종격동 내의 농양을 검출할 수 있다.

결 론

단락술을 시행한 환자에서 EBT는 중심 폐동맥의 형태적 정보를 정확히 제공할 뿐만 아니라, 단락의 개존, 폐실질 폐혈류 분포에 의한 각 구역별 폐혈역학적 개관을 알 수 있고, 동맥, 정맥성 측부 혈관 발달 정도를 앎으로써 중재 시술이 필요한 경우를 선별할 수 있는 능력은 매우 독특하다. 복잡한 심기형 자체에 대한 정보도 제공하기 때문에, 비침습적 검사인 심초음파와 동반하면, 진단에 대한 신빙성을 더욱 높일 수 있어서, 비침습적 진단만으로 수술 방법과 시기를 결정할 수 있는 영역으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 박승일, 김용진. 변형 Blalock-Taussig수술법이 폐동맥성장에 미치는 영향. 대흉외지 1989;22:256-64.
2. 한재진, 나찬영, 소동분 등. 고식적 목적 혹은 Fontan 수술 전단계로서 시행한 양방향성 상공정맥 폐동맥 단락술의 조기 임상 결과. 대흉외지 1992;25:406-11.
3. Zellner JL, Sade RM. Palliative procedures in cyanotic congenital heart disease. In: Baue AE, Geha AS, Hammond GL, Laks H, Naunheim KS. Glenn's thoracic and cardiovascular surgery. 6th ed: Simon & Schuster company. 1996;1073-81.
4. Grossman W. Complications of cardiac catheterization: incidence, cause, and prevention. In: Grossman W, Baim DB. Cardiac catheterization, angiography, and intervention, 4th ed. Pennsylvania: Lea & Febiger, 1991;28-43.
5. Duerinckx AJ, Wexler L, Banarjee A, et al. Postoperative evaluation of pulmonary arteries in congenital heart surgery by magnetic resonance imaging: Comparison with echocardiography. Am Heart J 1994;128:1139-46.
6. Gould RG. Principles of ultrafast computed tomography: historical aspects, mechanism of action, and scanner characteristics. In: Stanford W, Rumberger JA. Ultrafast computed tomography in cardiac imaging: principles and practice. New York : Futura Publishing Company, 1992; 1-15.
7. Husayni TS. Ultrafast computed tomographic imaging in congenital heart disease In: Stanford W, Rumberger JA. Ultrafast computed tomography in cardiac imaging: principles and practice. New York : Futura Publishing Com-

- pany, 1992;311-37.
8. Brasch RC. *Ultrafast computed tomography for infants and children*. Radiol Clin of N Am 1988;26:277-86.
 9. Caputo GR, Kondo D, Masui T, et al. *Right and left lung perfusion: In: vitro and in vivo validation with oblique-angle, velocity-encoded cine MR imaging*. Radiol 1991;180:693-8.
 10. Herold CJ, Wetzel RC, Robotham JL, Herold SM, Zerhouni EA. *Acute effects of increased intravascular volume and hypoxia on the pulmonary circulation: Assessment with high-resolution CT*. Radiol 1992;183:655-62.
 11. Vock P, Salzmann C. *Comparison of computed tomographic lung density with hemodynamic data of the pulmonary circulation*. Clin Radiol 1986;37:459-64.
 12. Choe KO, Hong YK, Kim HJ, et al. *The use of high resolution computed tomography in the evaluation of pulmonary hemodynamics in patients with congenital heart disease*. Ped Cardiol 1999, in press.
 13. Mori M, Murata K, Takahashi M, et al. *Accurate contiguous sections without breath-holding on chest CT: Value of respiratory gating and ultrafast CT*. Am J Roentgenol 1994;162:1057-62.
 14. MacMillan RM. *Magnetic resonance imaging vs. ultrafast computed tomography for cardiac diagnosis*. Int J Cardiac Imaging 1992;8:217-27.
 15. Koehler PR, Anderson RE, Baxter B. *The effect of computed tomography viewer controls on anatomical measurements*. Radiol 1979;130:189-94.
 16. Rabinovitch M, Keane JF, Fellows KE, Castaneda AR, Reid L. *Quantitative analysis of the pulmonary wedge angiogram in congenital heart defects. Correlation with hemodynamic data and morphometric findings in lung biopsy tissue*. Circulation 1981;63:152-64.
 17. Rebergen SA, Van der Wall EE, Doornbos J, De Roos A. *Magnetic resonance measurement of velocity and flow: Technique, validation and cardiovascular applications*. Am Heart J 1993;126:1439-56.
 18. Rebergen SA, Ottenkamp J, Doornbos J, et al. *Postoperative pulmonary flow dynamics after Fontan surgery; assessment with nuclear magnetic resonance velocity mapping*. J Am Coll Cardiol 1993;21:123-31.
 19. Wang Y, Rossman PJ, Grimm RC, Rieder SJ, Ehman RL. *Navigator-echo-based real time respiratory gating and triggering for reduction of respiratory effects in three-dimensional coronary MR angiography*. Radiol 1996;198:55-60.
 20. Bogren HG, Klipstein RH, Mohiaddin RH, et al. *Pulmonary artery distensibility and blood flow patterns: a magnetic resonance study of normal subjects and of patients with pulmonary arterial hypertension*. Am Heart J 1989;118:990-9.
 21. Tadavarthi SM, Klugman J, Cataneda-Zuniga WR, Amplatz K. *Systemic-to-pulmonary collaterals in pathologic states*. Radiol 1982;144:55-9.
 22. Takasugi JE, Godwin JD. *CT appearance of the retro-aortic anastomosis of the azygos system*. Am J Roentgenol 1990;154:41-4.
 23. Magee AG, McCrindle BW, Mawson J, Benson LN, Williams WG, Freedom RM. *Systemic venous collateral development after the bidirectional cavopulmonary anastomosis*. JACC 1998;32:502-8.
 24. Schmiedl UP, Yuan C, Nghiem HV, Winter TC, Freeny PC. *MR angiography of the peripheral vasculature*. Semin Ultrasound, CT & MR. 1996;17:404-11.

=국문초록=

배경: 폐동맥 협착 또는 폐쇄로 폐혈류가 감소된 선천성 심질환아에서 고식적 수술 이후 폐혈관계의 추적적 필요성 경우, 비침습적인 Electron Beam Tomography(EBT) 검사의 정확도, 장점 및 제한점을 평가하였다. **대상 및 방법:** EBT를 촬영한 16명(M:11, F:5)의 수술의 종류는 Blalock-Taussig 단락 8예, 양방향성 대정맥폐정맥 단락술 10예, 단일화 수술 2예가 있었다. 각 예에서 단락의 개존성, 중심부 폐동맥의 형태, 폐실질의 배경 농도 및 동, 정맥 측부 혈행 발달 정도를 평가하였다. 이 결과를 심도자술(n=12) 및 심초음파(n=20) 소견과 비교하였다. **결과:** EBT에 의한 단락의 개존은 심도자술 및 심초음파와 비교할 때, 100% 정확하였고, 중심 폐동맥의 발육 부전, 협착 및 단절은 심도자술(n=12, 100%)과 초음파(n=19, 95%) 결과와 일치하였다. 폐동맥 크기의 상관은 EBT와 심도자술(r=0.91)이 EBT와 심초음파(r=0.88), 심초음파와 심도자술(r=0.72)보다 좋았다. 7예에서 전신성 동(n=4), 정맥(n=3) 측부 혈행이 관찰되었다. 폐실질내 말초 폐혈관의 평가에선 7예에서 균등한 폐농도를 볼 수 있었고, 비대칭적 폐실질 농도가 3예, 분엽마다 다른 폐농도를 보인 3예, 폐정맥 울혈 2예가 각각 있었으며, 심도자술 시행한 12명에서 폐혈류 분포와 일치하였다. **결론:** 선천성 심질환의 단락 수술 후 추적 검사로써 EBT는 단락의 개존성, 중심성 폐동맥의 형태, 폐실질내 말초 폐혈류의 평가, 동정맥 측부 혈행의 발달 등 폐혈관계의 전체적 정보를 얻을 수 있다. 이는 이차 단락술의 필요, 완전 교정술의 적절한 시기, 교정술 전 중재적 시술의 필요성 판단 등에서 유용한 정보를 제공할 수 있다.

- 중심단어 :**
1. 선천성심장질환
 2. 고식적수술
 3. Electron Beam Tomography