

## Pulmonary Venous Wedge Angiogram 의 임상응용

연세대학교 의과대학 방사선과학교실

최규옥·설준희\*·이승규\*·조범구\*\*

— Abstract —

### Clinical Application of Pulmonary Venous Wedge Angiogram

Kyu Ok Choe, Jun Hee Sul\*, Seung Kyu Lee\*, Bum Koo Cho\*\*

Department of Radiology, College of Medicine, Yonsei University

Pulmonary venous wedge angiogram (PVWA) was performed in 23 patients with cyanotic congenital heart disease due to decreased pulmonary blood flow, as the part of whole of pulmonary arterial system had not been opacified by conventional angiogram. The pulmonary venous wedge angiogram visualized pulmonary arteries (1) with completely closed feeder or with severe peripheral stenosis in 16 patients with pulmonary atresia or TOF, (2) with the interruption of one pulmonary artery in 3 patients, and (3) in 4 patients with tight pulmonary stenosis where pulmonary arteries were not adequately delineated. PVWA has completed the map of entire pulmonary arterial system, which was essential in the surgical management of these patients.

### 서론

폐혈류가 감소되어 청색증을 일으키는 선천 심질환에서 폐동맥계 형태 및 발달정도는 교정 수술의 가능성과 밀접한 연관이 있다<sup>1~7</sup>. 폐동맥 폐쇄증, 선천적 혹은 수술후 합병증으로 생기는 폐동맥의 말초성 협착 등의 경우, 심실이나 대동맥의 분지를 통하여 관류되던 폐혈류

가 차단되면 폐혈관계는 기관지 측부 혈관 등에 의하여 공급되며, 이들 측부 혈관은 precapillary pulmonary arteriole 과 연결되기 때문에 통상 심혈관 조영술로는 좋은 영상의 폐동맥 조영상을 얻을 수 없다.

저자는 이러한 환자 23명에서 pulmonary venous wedge angiogram (PVWA) 을 시행함으로써 폐 모세혈관을 역류한 조영제에 의하여 폐동맥계의 좋은 영상을 얻을 수 있었으므로 그 결과를 보고하는 바이다.

### 대상 및 방법

1981년 1월부터 1986년 7월까지 연세대학교 부속 세브란스병원에서 선천심기형 환자를 심도자 검사하면서 폐의 일부 혹은 전부의 폐혈류가 감소되고 통상 심실 조영술 혹은 대동맥 조영술로 폐동맥계가 전혀 혹은 만족할만큼 조영되지 않은 환자 23명에서 PVWA 를 시행하였다. 환자는 남자 18명, 여자 5명이며 연령 7개월부터 25세 (중앙값 4세) 이었다. 모든 환자가 폐혈

\* 연세대학교 의과대학 소아과학교실

\* Department of Pediatrics, College of Medicine,  
Yonsei University

\*\* 연세대학교 의과대학 흉부의과학교실

\*\* Department of Thoracic Surgery, College of Medicine,  
Yonsei University

본 논문은 1987년도 연세대학교 의과대학 교수 연구비의 보조로 이루어졌음.

이 논문은 1987년 10월 28일 접수하여 1987년 12월 16일에 채택되었음.

류의 감소로 청색증을 동반한 심기형 이었으며 (Table 1), 그중 폐동맥 폐쇄증이 15명으로 가장 많았고, 편측 폐동맥차단 3명, Waterston shunt 후 합병증 1명, 심한 폐동맥 협착 4명이었다.

방법은 통상 심도자 검사 및 심혈관 조영술을 시행한 후 video monitor로 전부 혹은 일부 폐동맥계 조영이 되지 않았을때 침공도자 (end hole catheter)인 cournaud catheter를 개존난원공 혹은 심방증격 결손을 통하여 적당한 폐정맥에 꼭 끼게 밀어넣는데, 이때 4개의 폐정맥중 폐동맥계 조영이 안된 부위를 선택하였으며 1개부터 3개의 폐동맥에서 wedge angiogram이 시행되었다. 0.3~0.5 mg/kg의 조영제 (Hypaque 75)를 손으로 주입하였다. 이때 방사선 투시로 폐문부 폐동맥,

혹은 그보다 내측의 중심부 폐동맥이 조영되는 것을 관찰할 수 있었다. 이들 폐동맥이 조영되지 않으면 주입 압력을 약간 올려서 재차 촬영하였다.

PVWA에 의하여 조영된 폐동맥계 영상 및 통상 심혈관 조영상을 종합하여 심막강내 폐동맥의 존재, 합류 및 발달정도, 폐문부 폐동맥이 있을 경우 발달 정도, 좌우폐동맥이 합류되어 있지 않을 경우 양 폐동맥의 가장 내측에 존재하는 폐동맥의 위치, 폐문부 혹은 엽간 폐동맥과 연결된 구역성 폐동맥 (segmental pulmonary artery)의 수효를 관찰하였다. 폐문부 폐동맥의 직경은 삽입된 도자의 직경과 비교하여 확대를 교정하였다.

## 결 과

### 1) 폐혈류 공급원이 차단된 폐동맥 폐쇄증

폐동맥 폐쇄증 환자로서 일부 혹은 전 폐혈류를 공급하는 동맥이 완전히 혹은 거의 막힘으로써, 관류되던 폐동맥계가 대동맥 조영상으로 조영 되지 않는 9명에서 PVWA가 시행되었다.

이중 4명은 대동맥조영상에 의하여 폐동맥계 전체가 보이지 않고 비후된 기관지 동맥만 보였는데, 이들은 1회의 PVWA에 의하여 전체 폐동맥계 즉, 심막강내 폐동맥뿐 아니라 반대측 폐동맥도 조영되었으며, 전부 pulmonary valvular atresia이고, 심막강내 폐동맥이 18개의 구역폐동맥과 연결되고, 말초부 폐동맥 협착이 없는 소견을 보였다 (Table 2). 이들에서 폐문부 폐동맥의 크기에 따라서 폐동맥 발달이 나뉘어 case 2, 3, 4는 좌측 Blalock-Taussig shunt를 시행하였고 폐동맥이 발달되면 2차 교정수술을 시행할 예정이며, 반면 폐동맥이 잘 발달된 case 1은 conduit를 이용하여 일단적 교정수술을 시행하였다.

Table 1. Subjects

Heart Anomaly	Case Number
Pulmonary atresia	15
with VSD	8
AV discordance & VSD	3
single ventricle	3
Tricuspid atresia	1
Interruption of one PA	3
with TOF	2
DORV	1
Complication of Waterston shunt	1
Tight PS	4
with TOF	1
Tricuspid atresia	2
TGV	1
Total	23

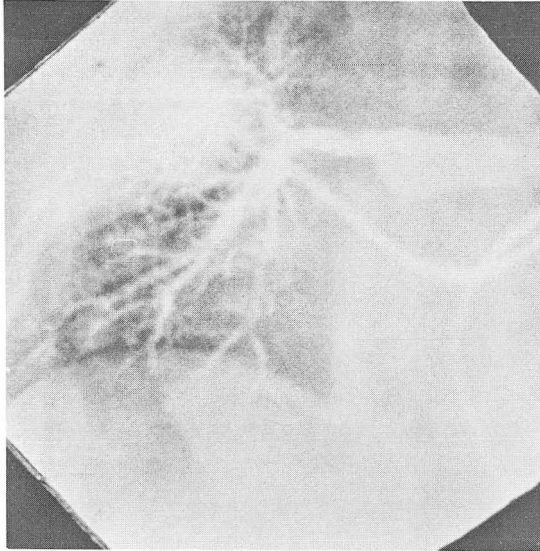
Table 2. Pulmonary Atresia with Closed Feeder. Nonvisualization of Entire Pulmonary Artery.

Case No	Age (yrs)	Max Med PA	Dimension		Connected Seg (No)	Surgical Intervention
			Rt(mm)	Lt(mm)		
1	3	MPA	10.7	5.7	all	Rastelli op
2	8	MPA	2	3.5	all	Lt. B-T shunt
3	2	MPA	6	4	all	Lt. B-T shunt
4	7/12	MPA	3.5	8	all	Lt. B-T shunt

B-T shunt: Blalock-Taussig shunt.

Max Med PA: maximal medial position of central pulmonary arteries.

Connected seg (No): Number of segmental pulmonary artery. Connected to central pulmonary artery.

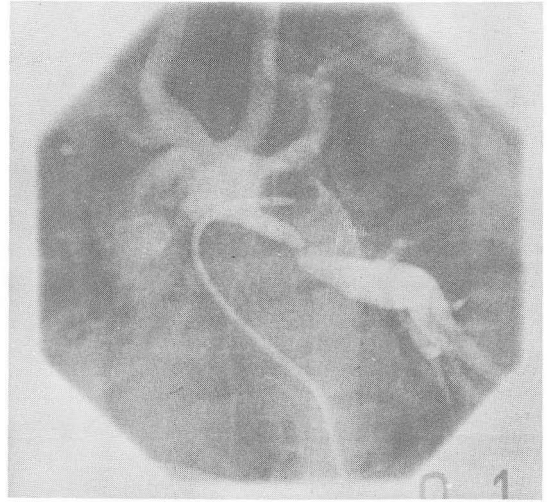


**Fig. 1.** 7 month old boy. Cardiac situs inversus, atrioventricular discordance, VSD and pulmonary atresia. Right superior pulmonary vein wedge angiogram delineated pulmonary valvular atresia, the presence of intrapericardial pulmonary artery, and all segmental pulmonary arteries connected to the intrapericardial PA (Case 4 in Table 2)

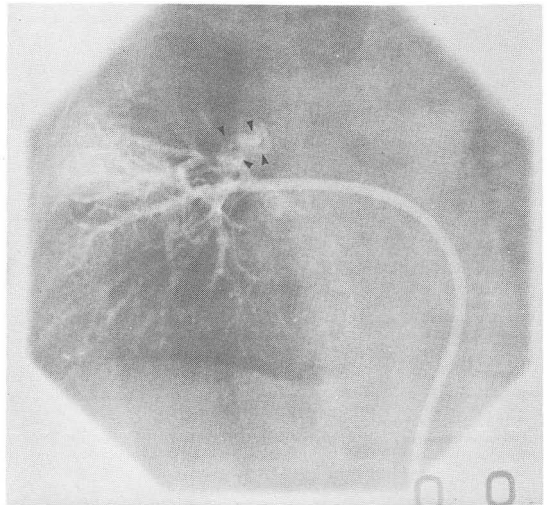
나머지 5명중 2명은 대동맥조영술상 대동맥관에 의하여 일측 심막강내 폐동맥이 관류되고 있었으며, 3명은 aortopulmonary collaterals에 의하여 일측 심막강내 혹은 폐문부 폐동맥이 각각 관류되었으나, 나머지 조영되지 않는 폐동맥계를 알기 위하여 PVWA가 시행되었다. 그결과 5명 전부 대동맥 조영상으로 폐동맥이 보이지 않던 부위에서 폐실질내 폐동맥이 발견되었으며, 전부 양측 폐동맥의 합류는 없으며, Case 1 및 2는 양측의 폐문부 폐동맥이 있고 이와 연결된 구역성 폐동맥의 합이 10개 이상이었으나 나머지 3예는 폐실질내 폐동맥만 존재하였다 (Table 3). 이중 폐문부 폐동맥이 발달된 Case 1은 일단계 교정수술이, 좌측 폐동맥의 발육부전이 심한 Case 2는 좌측 단락 수술이 적용되나 수술에 응하지 않았고, Case 3, 4, 5는 아무런 수술 처치가 시행되지 않았다.

## 2) 말초성 폐동맥 협착을 동반한 폐동맥 폐쇄증 및 활로4 증후군

폐동맥 폐쇄증 환자 6명과 TOF 1명은 대동맥조영술상 일측 심막강내 폐동맥은 조영되었으나 말초부 폐



A



B

**Fig 2.** 8 month old girl. Cardiac situs inversus, atrioventricular discordance, VSD and pulmonary atresia.

A) Aortogram revealed the left interlobar pulmonary artery supplied via left ductus arteriosus, but right pulmonary arterial system was not opacified.

B) Right inferior pulmonary venous wedge angiogram delineated right interlobar pulmonary artery (arrow heads). (Case 1 in Table 3)

동맥 협착에 의하여 반대측 폐동맥계가 충분히 보이지 않아서 PVWA가 시행되었다 (Table 4). 이들중 5명은 동맥관에 의하여, 2명은 각각 Blalock-Taussig shunt 및 Waterston shunt에 의하여 심막강내 폐동맥이 조영되었다. 4명은 좌우 폐동맥 접합부에 (case 1, 2,

**Table 3.** Pulmonary Atrésia with Closed Feeder. Nonvisualization of the Part of Pulmonary Artery.

Case No	Age (yrs)	Max Med PA (visualized via)	Dimension (mm)	Connect Seg (No)	Surgical Intervention
1	8/12	Rt. interlobar (PVWA)	5.1	7	Nonvalved conduit from RV to PA
		Lt. interlobar (D.A.)	9.1	6	
2	2	Rt. RPA (D.A.)	16.7	10	None
		Lt. hilar (PVWA)	3.0	8	
3	2	Rt. parenchymals (AP colls)	a few	a few	None
		Lt. interlobar (PVWA)	7.0	5	
4	5	Rt. parenchymals (AP colls)	a few	a few	None
		Lt. parenchymals (PVWA)	2.0	a few	
5	7	Rt. parenchymals (AP colls)	a few	a few	None
		Lt. parenchymals (PVWA)	a few	a few	

Max Med PA, connect seg (No); Legend same as Table 2.

D.A.: ductus arteriosus

AP colls: aorto-pulmonary collaterals

3,4), 2명은 폐문부에(case 5,6) peripheral pulmonary stenosis가 있었으며, TOF 환자인 1명(case 7)은 Waterston shunt를 시행한 후 shunt접합부에 협착이 생겼다. 전예에서 조영되지 않았던 폐동맥이 PVWA에 의하여 전부 개존되어 있고, 좌우 폐동맥 합류가 있으며, 좌우폐의 모든 구역성 폐동맥이 심막강내 폐동맥과 연결되어 있음을 알 수 있었으며, 폐문부 폐동맥의 발달정도에 따라 일단계 혹은 이단계 교정술이 시행되었거나 시행될 예정이다.

### 3) 편측성 폐동맥 차단

3명의 환자에서 interruption of one PA가 있었으며, 2명은 TOF와, 1명은 양동맥 우심실 기시증(DORV)과 동반되어 있었고, 전부 좌측에 있었다. PVWA에 의하여 전부 좌측폐동맥이 개존되어 있고, 좌폐의 모든 구역 폐동맥과 연결되어 있으며, 폐문부 폐동

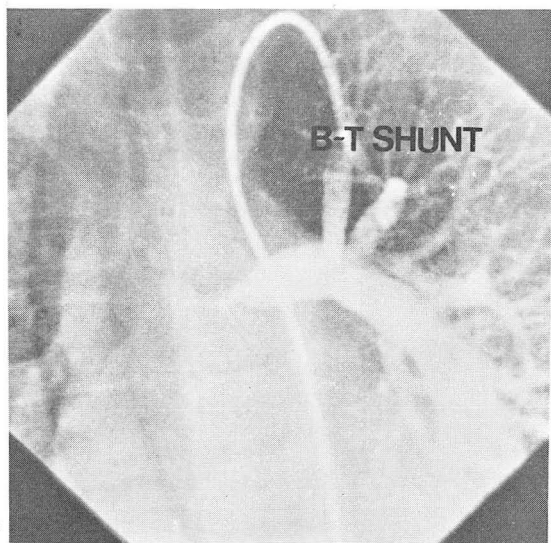
맥의 좌우 직경의 합은 6세인 두 환자에서 각각 4.8 mm, 6.5mm이며, 25세인 환자는 8.6mm이었다.

### 4) 심한 폐동맥 협착

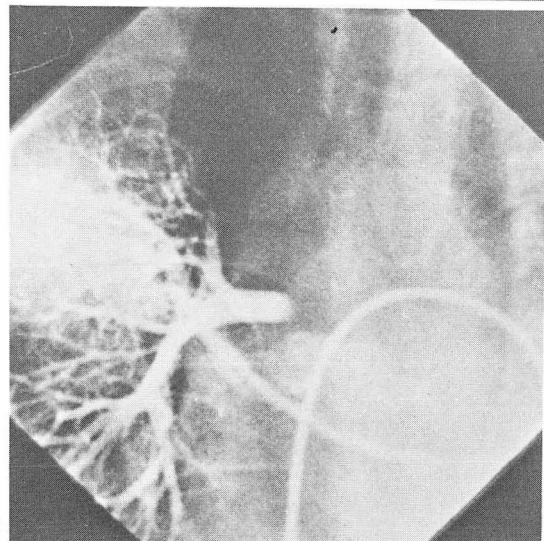
TOF 1명, tricuspid atresia 2명, transposition of great vessel 1명은 누두부 혹은 판막 폐동맥 협착이 너무 심하여 심도자 검사중 video monitor 상 일측 폐동맥을 확인할 수 없어서 PVWA가 시행되었다. 이들은 전부 좌우폐동맥이 합류하고 폐실질내 폐동맥이 비교적 잘 발달되어 있으며 모든 구역성 폐동맥과 연결되어 있음을 관찰하였다.

### 5) 합 병 증

대부분의 환자에게 조영제 주입시 기침을 하였으나 그 외 중대한 합병증은 없었다.



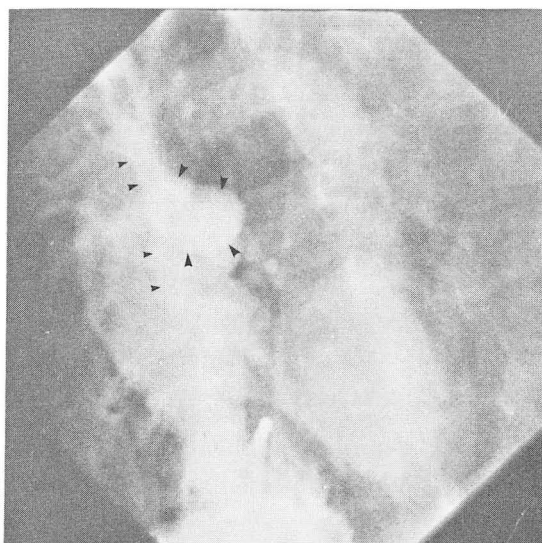
A



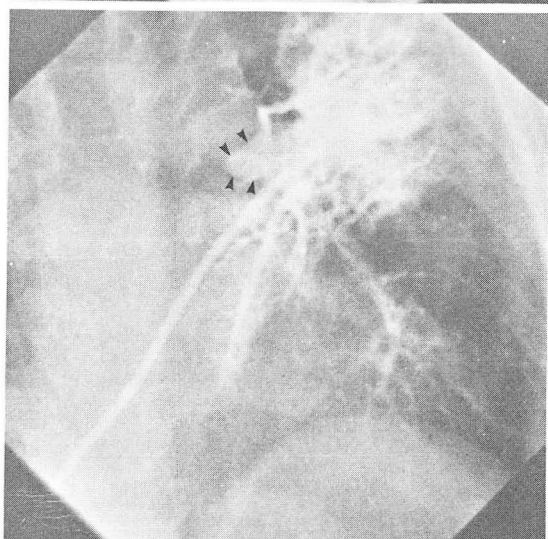
B

**Fig 3.** 5 year old boy. Cardiac situs solitus, tricuspid atresia. VSD, overriding of aorta and pulmonary atresia.

- A) Pulmonary angiogram via previous left Black-Taussing shunt delineated the entire shunt flow to ward left pulmonary artery and its branches, and tight stenosis at the confluence of right-left pulmonary artery with faint wash out.
- B) Right superior pulmonary venous wedge angiogram delineated the right pulmonary arterial system, the patent intrapericardial right pulmonary artery, connected with all segmental pulmonary arteries of right lung. (Case 4 in Table 4)



A



B

**Fig 4.** 6 year old boy.

- A) Tetralogy of fallot with the interruption of left pulmonary artery, delineated by right ventriculogram. Arrow heads indicate right pulmonary arterial tree.
- B) Left superior pulmonary vein wedge angiogram revealed patent and well developed left hilar pulmonary artery (arrow heads).

Table 4. Pulmonary Atresia with Peripheral Stenosis

Case No	Age (yrs)	Visualized by		Peripheral Stenosis	Dimension		Surgical Intervention
		Aortogram	PVWA		Rt (mm)	Lt (mm)	
1	6/12	RPA (via DA)	LPA	Confluence	5	5	Lt. B-T shunt
2	6	MPA & RPA (via DA)	LPA	Confluence	7.0	10*	1. Lt. B-T shunt 2. Rastelli op.
3	10/12	RPA (via DA)	LPA	Confluence	20	7.0	Rastelli op.
4	5	LPA (via B-T shunt)	RPA	Confluence	6.0	12.0	Fontan op.
5	9	MPA & LPA (via DA)	RPA	Rt. hilum	11.2	16.6	Waiting
6	3	RPA (via DA)	LPA	Lt. hilum	8.9	5.9	Waiting
7	13	LPA (via W shunt)	RPA site	W-shunt	7.4	15.8	Waiting

\*; poststenotic dilatation of PA  
D A: ductus arteriosus

B-T shunt: Blalock-Taussig shunt  
W shunt: Waterston shunt

## 고 찰

폐혈관계중 폐실질내 폐동맥과 심막강내 폐동맥은 태생학적 기원이 서로 다르며 폐가 발달된 개체에서 폐실질내 폐동맥은 항상 존재한다<sup>8)</sup> 예를 들면 소위 unilateral absence of one PA는 실제 interruption of a PA로서 나머지 폐실질내 폐동맥은 폐혈류 감소로 인한 이차적 발육부전 외에는 정상이다<sup>9)</sup> 폐동맥 폐쇄증은 판막의 폐쇄증이나, 6차 대동맥궁에서 기시하는 심막강내 폐동맥의 일부 혹은 전부의 폐쇄로 올 수 있다. 이때 폐혈류는 동맥관 또는 aortopulmonary collateral에 의하여 공급되며, 이들 동맥은 정상개체에서 출생전 혹은 직후에 폐쇄되는 경과를 밟는 동맥이다. 폐동맥 폐쇄증의 경우 이들 동맥이 개존되어 있어야 폐혈류가 유지되나, 폐혈류가 너무 과도하여 폐혈관저항 증가가 유발되는 수도 있고, 반대로 이들 동맥의 점진적 폐쇄로 폐혈류가 정상보다 감소되는 경우가 더 흔한 소견이다<sup>8)</sup> 이러한 feeder들이 완전히 혹은 거의 완전히 폐쇄되면, 폐혈관계는 기관지 측부 혈관이나 pleuro-parenchymal collateral 등에 의하여 혈류를 공급받으며, 이들 동맥은 precapillary pulmonary arteriole과 연

결되기 때문에 대동맥 조영술시 말초부 폐동맥으로 약간 역류되어 보이는는 하나 영상이 불분명하며, 심막강내 폐동맥에 관한 정확한 정보는 얻을 수가 없다. 선천성 혹은 수술후 합병증으로 오는 interruption of one PA 혹은 peripheral pulmonary stenosis의 경우도 마찬가지이다.

이와 같이 폐동맥계의 형성 및 발육 부전이 있는 경우 수술 방법, 시기 등의 결정에 중요한 것은 심기형, 폐동맥계의 상태 및 환자의 연령으로써, 대동맥, 폐동맥 및 심실조영상으로 폐혈관계의 전부가 조영되지 않을 경우 pulmonary venous wedge angiogram(PVWA)이 필수적이다. 폐정맥계는 판막이 없기 때문에 폐정맥에서 모세혈관을 통하여 폐동맥으로 역행 관류됨이 동물에서 증명되었으며<sup>10)</sup> 사람에서도 폐동맥계의 압력 및 혈류량이 감소되어 있는 경우 폐정맥에 도자를 꼭끼게 밀어넣고 적당한 압력으로 조영제를 주입함으로써 역류에 의하여 폐의 모세혈관과 직접 연결된 폐실질내 폐동맥을 조영시킬 수 있을 뿐만 아니라, 폐실질내 폐동맥이 폐문부 혹은 심막강내 폐동맥과 연결되어 있으면 이들도 조영시킬 수 있다<sup>11~14)</sup> 그러나 조영된 폐동맥이 발육 부전이 심한 경우 폐동맥 역류가 완전히 못하여 실제로 존재하는 중심부 폐동맥이 조영되지 않는 경우가 문헌



상 보고되어 있으며<sup>14)</sup>, 저자도 심막강내 폐동맥이 조영되지 않는 경우에는 1회 이상 재시도하고, 조영된 가장 내측 폐동맥에 wash-in이 없을 때에만 중심부 폐동맥이 없다고 결론을 내렸다. 이때 한개 이상의 폐정맥 wedge angiogram 을 필요로 하는 경우도 있으며, 개방성 난원공 혹은 심방 중격결손이 없으면 transseptal puncture에 의하여 혹은 좌심실에서 좌심방으로 특별히 고안된 도자를 역류하여 넣는 방법도 있다.

심한 폐동맥 협착에 의하여 폐혈류가 심하게 감소되어 심실 조영술로 폐동맥계가 충분히 조영되지 않는 경우 심실 누두부 혹은 선택적 주폐동맥내 주입에 의하여 더 좋은 폐동맥 조영상을 얻을 수도 있으나, 저자는 이러한 4명의 환자에서 PVWA 에 의하여 충분히 조영되지 않는 부분의 폐동맥계를 조영할 수 있었다. 합병증은 별로 없으나 대부분의 환자에서 기침이 있고, 일시적인 폐부종<sup>15)</sup>, 기관지경련<sup>16)</sup>이 보고되어 있다.

교정수술이 가능하려면 심막강내 폐동맥 혹은 적어도 폐문부 폐동맥이 있어야 하며, 이들 동맥을 심실과 연결시 폐실질 폐동맥의 절반 이상 즉 10개 이상의 구역성 폐동맥이 연결될 수 있어야 교정술후 폐동맥압이 적정선을 유지할 수 있으며, 양측 폐문부 폐동맥 직경의 합이 횡격막 수준에서의 하행 대동맥의 직경보다 커야만 완전교정술이 가능하다. 또한 폐혈관 저항이 높지 않아야 하는데, 혈관 조영상만으로는 판단키 어려운 항목이다<sup>1~9)</sup>. 따라서 상기한 폐혈관계의 특징 및 환자의 연령과 심기형을 고려하여 교정가능성, 일단계 혹은 이단계 수술, 완전교정 수술시기에 대한 결정을 내릴 수 있으며, 폐혈류가 감소된 청색증 선천성 기형의 일부 환자에서는 통상 심조영술외에 PVWA를 병행하여 폐동맥계 전체의 해부학적 구조를 파악함으로써 치료방침에 결정적인 역할을 할 수 있었다.

## 결 론

1. 폐혈류 감소로 청색증을 보이며, 심도자 검사 및 통상 심혈관 조영술로 폐동맥계의 전부 혹은 일부가 조영되지 않는 선천성 심기형 환자 23명에서 PVWA가 시행되었다.
2. 이러한 환자들에서는 PVWA 에 의하여 폐동맥계 전체의 형태, 발달을 관찰할 수 있었다.
3. PVWA 는 안전하고 쉬운 시술로써, 큰 휴유증을 동반한 예는 없었다.

## REFERENCES

1. McGoon DC, Baird DK, David GD: *Surgical management of large bronchial collateral arteries with pulmonary stenosis or atresia. Circulation* 52:109-18, 1975.
2. Gill CC, Moodie DS, McGoon DC: *Staged surgical management of pulmonary atresia with diminutive pulmonary arteries. J. Thorac Cardiovasc Surg.* 75:436, 1977.
3. Thiene G, Frescura C, Bini RM, et al: *Histology of pulmonary arterial supply in pulmonary atresia with ventricular septal defect. Circulation*, 60:1066, 1979.
4. Haworth SG, Rees PG, Taylor JFN, et al: *Pulmonary atresia with ventricular septal defect and major aortopulmonary collateral arteries. Effect of systemic-pulmonary anastomosis. Br Heart J* 45:153, 1981.
5. Kirklin JW, Bargerion LM Jr, Pacifico AD, et al.: *Management of the Tetralogy of Fallot with large aortopulmonary colateral arteries. In: Godman MJ, ed. Paediatric Cardiology, Vol. 4, Churchill Livingstone, New York, 483-491, 1981.*
6. Pacifico AD: *Pulmonary atresia. Corrective Surgery. Pediatric Cardiology Vol. 5:137, 1983. Churchill Livingstone.*
7. Alfieri O, Blackstone EH, Kirklin JW, et al.: *Surgical treatment of Teteralogy of Fallot with pulmonary atresia. J. Thorac Cardiovasc Surgery* 76:321-35, 1978.
8. Thiene G & Anderson RH: *Pulmonary atresia with VSD anatomy. Pediatric Cardiology Vol 5:80, 1983. Churchill Livingstone.*
9. Pool PE, Vogel JHK, Blount SG: *Congenital unilateral absence of a pulmonary artery. The importance of flow in pulmonary hypertension. Am J Cardio* 10:706, 1962.
10. Nadas As, & Fyler DC: *Pediatric Cardiology. 3rd ed. Philadelphia, WB Saunders Co. 575, 1972.*
11. Takamiya M, Taugel, Tadokoro M: *Retrograde pulmonary arteriography: a new apporach to opacification of pulmonary artery in pulmonary atresia (abstr). In: Proceedings of the 13th international Congress of Radiology Madrid. Amsterdam: Excerpta Medica, 1973:233. (International Congress Series No. 301).*
12. Singh SP, Rigby ML, Astley R: *Demonstration of pulmonary arteries by contrastinjection into pulmonary vein. Br Heart J* 40:55-57, 1978.

13. Nihill MR, Mullins CE, McNamara DG: *Visualization of the pulmonary arteries in pseudotruncus by pulmonary vein wedge angiography. Circulation* 58:140-147, 1978.
14. Freedom RM, Pongiglione G, Williams WG et al.: *Pulmonary vein Wedge angiography: Indications, results, and surgical correlates in 25 patients. American J Cardiol* 51:936-941, 1983.
15. Singh SP, Astley R: *Severe complication of pulmonary vein angiography. Br Heart J* 41:740, 1979.
16. Alpert BS, Culham JAG: *A severe complication of pulmonary vein angiography. Br Heart J* 41:727-729, 1979.