

폐동맥 면적지표가 청색증 심장 기형에 있어서 라스텔리씨 수술후 조기 예후 판정에 미치는 영향**

김 진 국·노 준 량*

— Abstract —

Pulmonary Artery Index as a Predictor of early Postoperative Result and a Criterion for Rastelli Operation of Cyanotic Congenital Heart Disease

Jhingook Kim, M.D.* , Joon Ryang Rho, M.D.*

There is tendency of increasing number and decreasing age of patients who are indicated for Rastelli operation for their cyanotic congenital heart disease. So there is the need to find the criterion which saves the patients from early postoperative hemodynamic disturbances.

We reviewed the 26 patients who had been performed Rastelli operation at Seoul national University Hospital from January 1981 to June 1988. mean age of the patients was 7.8 ± 3.4 years(range 2.5-15yeras), mean body surface area(BSA) $0.79 \pm 0.25 \text{m}^2$ (range $0.49-1.51 \text{m}^2$) and mean hematocrit $57.95 \pm 12\%$ (range 48-80%).

We divided these patients into survived group and died group before postoperative 72 hours, and analysed preoperative arterial oxygen saturation(SaO_2), the ratio of diameter of right pulmonary artery to ascending aorta(RPA/AA), the ratio of both right and left pulmonary artery diameter to descending thoracic aorta(RPA+LPA/DTA), pulmonary artery index(PA index), cardiopulmonary bypass time, aorta cross-clamping time, postoperative perfusion state and total amount of dopamine infused postoperatively.

The results showed that RPA+LPA/DTA and PA index were statistically significant factors to influence early postoperative cardiac death rate($P < 0.05$).

Especially there were good linear correlatins between PA index(X) and perpheral perfusion index(Y)($Y = -1.15 + 0.02 X$, $r = 0.86$, $P < 0.01$)and between PA index(X) and total amount of dopamine infused before postoperative 72 hours(mg/kg, Y)($Y = 61.94 - 0.15 X$, $r = -0.80$, $P < 0.01$).

Also there were tendencies that the higher RPA+LPA/DTA(Y), the better peripheral perfusion (X) and the lower need of dopamine(X), but no statistical significance.($Y = 0.78 + 1.60 X$, $r = 0.49$, $P > 0.05$)

And the discriminant analysis showed that patients with PA index over $221 \text{ mm}^2/\text{BSA}$ could undergo correction with 25 per cent of error rate.

* 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실

• Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, College of Medicine, Seoul National University

** 본 논문은 1988년도 서울대학교 병원 임상연구비 보조로 이루어진 것임.

1988년 11월 28일 접수

In conclusion, early postoperative hemodynamic states could be predicted by preoperatively measured PA index, and which can be used as a criterion for Rastelli operation performed on cyanotic congenital heart disease.

I. 서 론

청색증(Cyanosis)을 유발하는 선천성 심장질환은 매우 다양하나 폐혈류량감소에 의해 폐동맥의 발달이 미약하다는 공통점이 있다. 따라서 이들에 대한 수술이 폐혈류량을 증가시키는데 그 촉점이 맞춰지고 있다는 사실은 당연하다.

Rastelli씨 출식은 심장외도관(Extracardiac conduit)을 사용하여, 폐순환을 담당한 심실(pulmonary ventricle)과 폐동맥사이를 연결해주는 수술방법으로^{1,2)} 청색증 질환의 치료에 있어 큰 발전을 가져온 수술방법이나 이 출식에 대한 많은 연구가 행해짐에 따라 출식자체에 따른 여러 가지 문제점이 노출되고 있다³⁻⁸⁾ 그럼에도 불구하고 첫째, 이 출식이외에는 별다른 치료방법이 없는 질환이 많고, 둘째, 청색증 심질환의 경우, 장기간의 저 산소증등이 심기능저하의 원인이 되므로 일찍 완전 교정술을 시행하여야 한다는 주장⁹⁾이 나오고 있어 Rastelli씨 수술을 시행받는 환자수는 오히려 증가하고 있다. 따라서 수술에 따른 장기적인 예후는 차치하고라도 수술직후의 예후에 영향을 줄 수 있는 원인을 분석, 개선하여 별 위험없이 수술을 할 수 있도록 하는 일은 매우 중요하다고 사료된다.

이에 저자들은 서울대학교 병원 흉부외과에서 Rastelli씨 출식을 시행받았던 청색증 심질환 환자를 대상으로 수술예후에 영향을 미치는 인자를, 후향적 연구(Retrospective study)를 통한 통계학적 방법을 이용하여 찾아보고자 하였다.

II 연구대상 및 방법

1. 연구대상

서울대학교병원 흉부외과에서 1981년 1월 1일부터 1988년 6월 30일까지 Rastelli 출식을 이용하여 완전교정술을 시행받은 환자중 나이가 15세 이상되는 환자, 수술시 대동맥 차단없이 심실세동하에 수술한 환

자, 수술후 혈역학적 원인이 아님이 분명한 원인(예: 과다한 출혈, Cardiac tamponade 등)에 의해 수술후 72시간내에 사망한 환자, 수술후 72시간까지는 생존하였으나 그이후, 혈역학적 원인에 의해 96시간 이내에 사망한 환자, Rastelli 씨 출식에 의한 교정술을 받았으나 수술전 임상적으로 청색증을 보이지 않던 환자, 수술전이나 수술후 경과에 대한 자료수집이 불충분했던 환자 등을 제외한 26례 전부를 대상으로 하였다.

환자의 분포를 보면 남자가 18례, 여자가 8례이며 연령은 2년 6개월부터 15년 0개월까지로 평균 7.8 ± 3.4 세를 이루고 있었다. 이들의 체표면적은 $0.49 - 1.51 \text{m}^2$ 의 분포로 평균 0.79 ± 0.12 를 이루고 있었다(표 1). 이들 26례를 두군으로 분류하였는데 그 기준을 개심술후 혈역학적 기능을 충분히 회복하는 72시간을 기준으로¹⁰⁾, 그 이전에 혈역학적 원인으로 사망한 환자를 I군으로, 그리고 72시간 이후까지 충분히 생존한 환자를 II군으로 분류하였다. I군은 10례로 남자 8례와 여자 2례였으며, II군은 16례로 남자 10례로 남자 8례와 여자 2례였으며, II군은 16례로 남자 10례와 여자 6례였다. 각군의 연령, 성별, 체표면적 및 적혈구 용적비는 표2와 같다.

Table 1. Age, body surface area and hematocrit of patients

	Mean \pm SD*	Range
Age(years)	7.8 ± 3.4	2.5 - 15
BSA**(m^2)	0.79 ± 0.25	1.25
HCT***(%)	57 \pm 12	80

Note: * : standard deviation

** : body surface area

*** : hematocrit

1. 연구방법

1) 수술전 계측치들의 측정

수술전 계측치로는 다음을 측정하였다

• 우측 폐동맥 직경의 상행대동맥 직경에 대한 비¹¹⁾
(우측 RPA / AA라함)

• 양측 폐동맥 직경의 합의 하행 흉부대동맥 직경에 대한 비¹²⁻¹⁴⁾

Table 2. Age, sex, body surface area and hematocrit of patients of each group

	I(n=9)	II(n=12)
Age(years)		
mean±S.D*	7.8±4.2	7.8±2.9
Range	2.5-15	2.8-12.6
Sex		
M:F	8:2	10:6
BSA**(m ²)		
mean±SD	0.79±0.30	0.80±0.22
Range	0.49-1.51	0.51-1.21
Hct***		
mean±SD	56±12	58±13
Range	39-74	40-79

Note: * ; standard deviation

** ; body surface area

*** ; hematocrit

(이하 RPA+LPA / DTA 라 함)

• 폐동맥 면적지표(이하 PA index 라 함)¹⁵⁾

• 동맥혈 산소 포화도¹⁶⁾

(이하 S_aO_2 라 함)

여기서 밝혀둔 사항은 우심실이라함은 형태학적 분류에 의함이 아니고 폐순환을 담당하는 심실을 일컬으며, 또한 좌심실이라 함은 전산순환을 담당하는 심실을 일컫는다. 환자들은 수술전의 진단 과정에서, 모두 심도자출을 시행하여 동시에 심혈관 영화 촬영술을 시행하였다.

본 연구에서 사용한 심혈관 영화촬영기는 General Electric 사의 MSI-1250 양면 X선 발생기이며 35mm 필름으로 초당 60면으로 촬영하였고, 조영제는 Telebrix 38을 자동주입기(Medrad)로 환자체중 매 kg 당 1.5-2.0cc를 1-2초에 걸쳐 주입하였다

가) 폐동맥의 직경, 상행대동맥의 직경 및 하행 대동맥 직경의 측정

촬영된 심혈관 영화촬영도중, 폐동맥이 잘 나오도록 전후사위(A-P view)로 취한 자세에서 촬영된 일면 촬영도를 이용하여, 이상의 계측치를 측정하였다^{11,13, 15)}.

폐동맥 직경의 측정은 우측 및 좌측 모두 첫번째 폐업혈관 분지가 나가기 직전에서 하였다(그림1). 대개 폐동맥 직경은 한 심박동기(cardiac cycle)내에서도 변하므로 최대직경일때와 최소직경일때를 구하고, 이

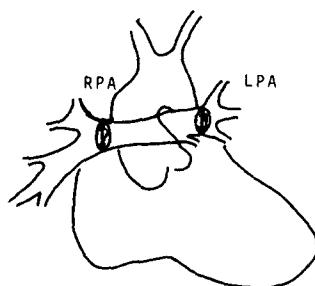


Fig. 1. Illustrations of the measurement of pulmonary artery diameter. The diameters of both the right and left pulmonary arteries proximal to the origin of the first lobar branches were measured.

와같은 방법을 최소한 3번의 심박동기에서 시행하여 그들의 평균치를 취하였다. 만일 이전에 Blalock-Taussig 센트 수술을 받았던 경력으로, 폐동맥에 부분적인 동맥류에 의한 확장(segmental aneurysmal dilatation) 소견을 보이는 경우에는 이 확장된 부위의 직하부에서 측정하였다.

대동맥 직경의 측정은, 가능한 한 폐동맥 직경 측정과 같은 전후 사위의 일면 촬영도를 이용하였으며 전후 사위에서 적절히 대동맥 직경을 측정할 수 없었던 2례의 경우에는, 부득이 우전사위(RAO view)의 일면촬영도를 이용하였다. 계측지는, 같은 촬영사위의 3 심박동기의 최대 수축기때 각각 측정하여 그 평균치를 취하였고, 측정방법은 상행대동맥의 경우에는, 양측 관상동맥중 동맥궁에 가까운 관상동맥이 분지한 직후 위치에서, 상행대동맥 장축에 수직인 직경을 측정하였고(그림2), 하행대동맥의 경우에는 하행대동맥이 횡경막과 만나는 위치에서, 역시 하행대동맥의 장축에 수직인 직경을 측정하였다(그림3).

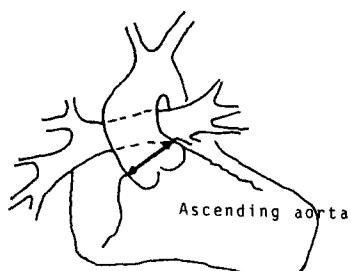


Fig. 2. Illustrations of the measurement of ascending aorta diameter. The diameter of ascending aorta just distal to the origin of the coronary artery was measured.

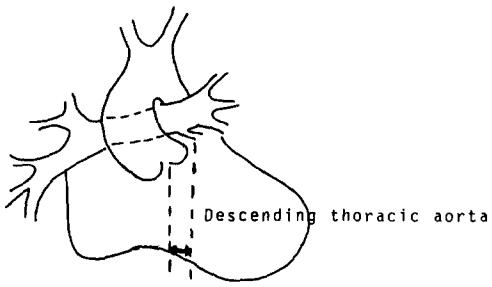


Fig. 3. Illustrations of the measurement of descending thoracic aorta diameter. The diameter of the descending thoracic aorta at the level of diaphragm was measured.

각각의 심혈관 촬영도에는, 촬영시 1cm 간격으로 구멍이 뚫린 철판을 환자와 같은 위치에 놓고 촬영하여 촬영도의 제일 앞에 편집이 되어 있었으므로, X-선에 의한 확대효과를 교정하여 실측지를 구하는데 어려움은 없었다. 이상과 같이 측정한 값들을 다음의 수술 전 계측지의 계산에 이용하였다.

(1) RPA / AA

우측 폐동맥 직경을 상행대동맥 직경으로 나누어서 구하였다¹¹⁾

$$\frac{\text{diameter of RPA}^*}{\text{diameter of ascending aorta}} = \text{RPA/AA}$$

*: Right Pulmonary artery

(2) RPA+LPA / DTA

이는 Blackstone^{12, 13)} 등이 산출한 술후 좌, 우 심실 사이의 최대압력 예측지(이하 P_{RV} / LV)를 일부 수정한 것으로 수정이유는 Rastelli씨 출식에서는 폐동맥 판막윤의 직경에 의한 보정효과 없이 충분한 크기의 판막을 사용하므로, P_{RV} / LV를 그대로 적용하는 것은 무리가 있다는 생각에서였다. 그리하여 이 P_{RV} / LV 측정공식의 가장 근간이 되는 RPA+LPA / DTA를 계산하였다^{14).}

RPA+LPA / DTA는 양측 폐동맥 직경의 합을 하행대동맥 직경으로 나누어서 구하였다.

$$\frac{\text{diameter of}(RPA+LPA)^**}{\text{diameter of desending thoracic aorta}}$$

$$= \text{RPA+LPA / DTA}$$

*: Right pulmonary artery

**: Left pulmonary artery

(3) PA index

각각의 폐동맥의 단면적을 계산하고 그 합을 체표면적으로 나눔으로서 구하였다¹⁵⁾

$$\text{Cross-sectional area(mm}^2)=\pi(\frac{\text{diameter}}{2})^2$$

$$\text{PA index(mm}^2/\text{BSA})$$

$$=\frac{\text{RPA}^*\text{ area(mm}^2)+\text{LPA}^{**}\text{ area(mm}^2)}{\text{B.S.A(m}^2)^{***}}$$

*: Right pulmonary artery

**: Left pulmonary artery

***: body surface area

나) S_aO₂의 측정

심도자사 상행대동맥에서 추출한 혈액의 분석을 원칙으로 하여 이를 시행치 못했던 경우 1례에선 하행대동맥의 혈액을 이용하였다. 추출된 혈액의 분석은 동일하게 Corning 175 Automatic PH / Blood system에 의한 것이었다.

2) 수술

수술은 Morphine sulfate(1–2mg / kg), Pancuronium bromide(0.1–0.2mg / kg) 그리고 N₂O–O₂를 이용한 전신마취하에서 시행하였으며, 전례 정중선 흉골절개하 심장을 노출시킨 뒤, 인공심폐기를 이용하여 체외순환을 시행하였다. 수술중 심근보호는 저체온법과 상행대동맥을 차단하고 4°C로 냉각된 심마비액을 10–15cc / kg로 주입하는 방법을 사용하였으며 대동맥 차단 시간이 30분이상 초과시엔 20–30분 간격으로 심마비액을 초기용량의 $\frac{1}{2}$ – $\frac{1}{3}$ 을 주입하였다. 그리하여 전례에서 인공심폐기 판류시간과 상행대동맥 차단시간을 측정하였다.

3) 수술후 계측치의 측정

수술후 환자는 모두 중환자실에서 인공호흡을 실시하였으며 혈압과 심전도를 지속적으로 관찰하고 중심정맥압과 소변량, 말초맥박촉지 정도 및 체온은 매시간 측정하여, 혈청전해질, 동맥혈 가스분압과 단순 흉부촬영은 수술후 24시간 동안에는 최소한 4–6시간 간격으로 검사하고, 이후에는 필요에 따라 자주 검사하였다. 또 10kg 미만의 유아의 경우에는 혈중 이온화칼슘치와 혈당치를 수시로 검사하였다.

수술후 환자관리의 원칙은 이상의 검사를 통해 심박출량을 적정선으로 유지할 수 있도록 하는 것이었으며 심장기능의 저하로 인해 변력작용이 필요한 때는 변력

제로써 주로 Dopamine 을 사용하였으며 그 심장기능의 저하의 기준은 사지의 체표온도가 떨어지며 말초 맥박이 잘 측정되지 않을 때, 중심정맥압을 적정수준 이상으로 유지해도 수축기 혈압이 80~90mmHg 이하로 떨어질 때, 시간당 소변량이 1cc / kg 이하로 3시간 이상 지속될 때 등이었다. 그리하여 환자의 반응을 보아가며 용량과 투여기간을 조절하였다.

수술후 환자의 혈역학적 상태를 양적으로 측정하는 것은 매우 어려운 일이며, 어느 한가지 계측치로 객관성을 가지고 대표할 수는 없다고 생각된다. 본 연구에서는 두 가지 측면에서 보았는데, 한 가지는 환자의 말초관류(Peripheral perfusion) 상태에 대한 기술을 이용하는 것이며, 또 하나는 환자가 수술후 회복을 위하여 필요로 했던 변력제 사용량을 이용하는 것이다.

가) 환자의 말초 관류 상태지표

환자 간호력에 있는 기술중, 술후 72±5 시간에 있는 기술을 이용하였다. 이는 kirklin 등이^{17,18)}, 보고한 바를 수정사용한 것으로, 그 기준 시간은 환자의 분류에서 기술한 바와같이 개심술후 혈역학적 기능을 충분히 회복하는 72시간으로 보고¹⁰⁾ 측정방법은 먼저 족배동맥(dorsalis pedis artery)의 맥박촉지 정도를 정상, 약함, 안 만져 짐의 3등분으로 나누어 점수를 각각 3, 2, 1 점을 주고, 또 환자의 말초체온(주로 엄지발가락 주위의 체온)을 따뜻함(warm), 미온임(tepid) 차가움(cool)의 3등분으로 나누어 점수를 각각 3, 2, 1 점을 주어, 이 점수의 합을 말초 관류 상태지표로 삼았다.(표 3)

나) 술후 72시간 까지의 Dopamine 총투여량

이는 Nakada¹⁵⁾ Kim¹⁰⁾ 등의 보고를 수정사용한 것으로, 환자가 72시간까지 회복에 필요로 했던 Dopa-

mine의 투여용량(mg / kg / min)에 그 투여기간(hr)을 곱한 총투여량(mg / kg)을 측정하였다.

이상의 개측치들을 이용하여, 분류한 두 군간에 수술전 계측치들이 유의한 차이가 있었는가를 보았으며, 또한 72시간 이후까지 생존한 II군에서, 수술후 개측치들로 정한 말초 관류 상태지표와 Dopamine 총투여량의, 수술전 또는 수술중 계측치들에 대한 상관관계를 분석하였다. 아울러 수술후 상태를 표시하는 말초 관류 상태지표와 Dopamine 총투여량간의 상관관계를 분석하여, 이들의 수술후 심장기능의 지표로서의 가치를 증명하고자 하였다.

I군에서의 수술전 계측치와 수술중 계측치에 대한 수술후 계측치의 상관관계는 의미가 없으므로 분석에서 제외하였다.

4) 통계적 분석기법

모든 통계수치는 평균±표준편차로 표시하였고, 통계학적 유의도는 Student의 t-검정법을 이용하여 조사하였으며, P<0.05 와 P<0.01을 유의성의 한계로 하였다. 유의성을 보인 수술전 및 수술중 계측치와 수술후 계측치의 상관관계는, 일단 산포도를 그려 상관관계가 없어보이면 상관관계가 없다고 하였고, 상관관계가 있어 보이면 회귀직선법을 이용한 분석을 시행하였다.

III. 연구성적

1. 수술전 계측지

1) 우측 폐동맥 직경의 상행 대동맥 직경에 대한 비(RPA / AA)

전술한 바와 같은 방법으로 우측 폐동맥 직경과 상행대동맥 직경을 측정후 그 비를 계산하고 그결과를 각군별로 보니, I군은 평균 0.54±0.07(범위 0.44~0.63), 그리고 II군은 평균 0.59±0.14(범위 0.38~0.80)였으며, 이를 통계학적으로 보면, 두 군간에는 유의한 차이가 없었다.(P>0.1)

2) 양측 폐동맥 직경의 합의 하행흉부대동맥 직경에 대한 비(RPA+LP/DTA)

역시 전술한 바와 같이 측정하고 그 비를 계산후, 결과를 각 군별로 보면, I군은 평균 1.65±0.16(범위 1.43~1.88), 그리고 B군은 평균 2.05±0.43(범위 1.43~2.81)였고, 이는 P<0.05의 통계적 유의성을 가지고 있었다.(표 4)

Table 3. Peripheral perfusion index

Clinical observation*	Degree
Dorsalis pedis artery pulse	
full(normal)	3
weak	2
absent	1
Pedal skin temperature	
warm	3
tepid	2
cool	1

Note: *;72 hours(± 5) after entering cardiovascular surgical intensive care unit.

Table 4. RPA+LPA / DTA of patients of each group

Group	No. of patients	RPA+LPA/DTA	
		Mean±SD*	Range
I	9	1.65±0.16	1.43-1.88
II	12	2.05±0.43	1.43-2.81
Total	21	1.90±0.40	1.43-2.81

Note;*: Standard deviation

3) 폐동맥 면적지표(PA index)

I군은 평균 181 ± 23 (범위 150-231), II군은 평균 262 ± 60 (범위 173-404)으로, 두 군간에 유의한 차이를 발견할 수 있었다 ($P < 0.01$). (표 5)

Table 5. RPA+LPA / DTA of patients of each group

Group	No. of patients	RPA+LPA/DTA	
		Mean±SD*	Range
I	9	181±23	150-231
II	12	262±60	173-404
Total	21	231±63	150-404

Note;*: Standard deviation

4) 대동맥 산소포화도 (SA O₂)

I군은 평균 $76 \pm 6\%$ (범위 66-86%), II군은 평균 $77 \pm 7\%$ (범위 62%-89%)로, 두 군간에는 유의한 차이가 없었다($P > 0.1$).

2. 수술중 계측지

1) 인공심폐기 관류시간

인공심폐기 관류시간은 113-397분의 범위로 평균 181 ± 66 분이었으며, I군에서는 평균 206 ± 97 분(범위 121-397분), 그리고 II군에서는 평균 165 ± 30 분(범위 113-2114분)였으며, 두군간에 유의한 차이는 없었다($P > 0.1$).

2) 상행대동맥 차단시간

상행대동맥의 차단시간은 47-178분의 범위로 평균 116 ± 37 분이었으며, I군은 평균 123 ± 31 분(범위 48-151분), II군은 평균 112 ± 40 분(범위 47-178분)으로, 두군간에는 유의한 차이가 없었다($P > 0.1$).

3. 수술전후 계측치의 비교

이상의 결과에서 I군과 II군은 RPA / AA, S_AO₂,

인공심폐기 관류시간, 상행대동맥 차단시간에는 차이가 없었으나 RPA+LPA / DTA, PA index에는 유의한 차이가 있었으므로, 술전에 측정한 RPA+LPA / DTA, PA index가 실제적으로 수술후 환자의 초기 혈역학적 상태에 어느정도 영향을 미치는가를 보았다. 이를 위하여는 전술한바와 같은 말초 관류 상태지표와 술후 72시간까지의 Dopamine 총투여량은 II군의 RPA+LPA / DTA, PA index와 비교, 분석하였다.

1) RPA+LPA / DTA 와 말초 관류 상태지표와 상관관계 (그림 4)

말초 관류 상태지표를 Y축으로 하고 RPA+LPA / DTA를 X축으로 하여 산포도를 그리고 회귀 분석을 시도한 결과. $Y = 0.78 + 1.60 \times (r = 0.49, P > 0.05)$ 의 단순회귀식을 구할 수 있어, RPA+LPA / DTA가 증가할수록 수술후 말초 관류상태도 좋아지는 경향이 있었음을 알 수 있었으나, 통계학적 유의성은 없었다.

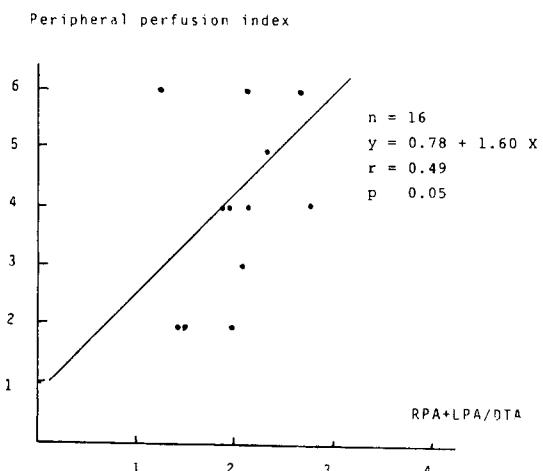


Fig. 4. Correlation between RPA+LPA/DTA and peripheral perfusion index. The solid line represents the regression line. There was a correlation between them, but statistically not significant.

2) RPA+LPA / DTA 와 Dopamine 총투여량과의 상관관계(그림 5)

또 Dopamine 총투여량을 Y축으로 하고 RPA+LPA / DTA를 X축으로 하여 산포도를 그리고 회귀 분석을 시도한 결과, $Y = 48.38 - 12.89 \times (r = 0.48, P > 0.05)$ 의 단순회귀식을 구할 수 있어, RPA+LPA / DTA가 증가할수록 수술후 적은 양의 Dopamine을

Total amount of dopamine infused(mg/Kg)

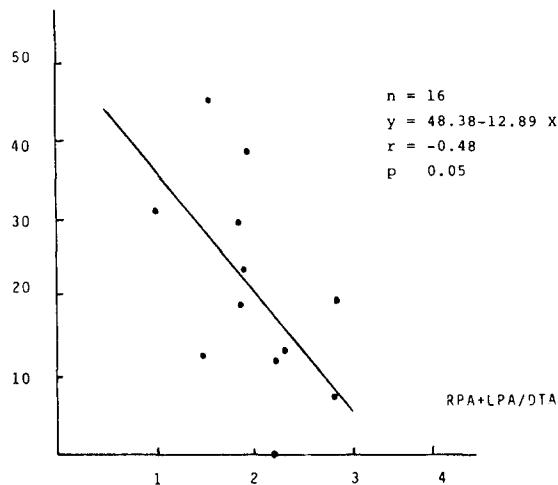


Fig. 5. Correlation between RPA+LPA / DTA and total amount of dopamine infused before post-operative 72 hours. The solid line represents the regression line. There was a inverse correlation between them, but statistically not significant.

필요로 하는 경향이 있음은 알 수 있었으나, 통계학적 유의성은 없었다.

3) PA index와 관류 상태지표와의 상관관계(그림 6)

말초 관류 상태지표를 Y축으로 하고 PA index를 X축으로 하여 산포도를 그리고 회귀분석을 시도한 결과, $Y = -1.15 + 0.02 \times (r=0.86, P<0.01)$ 의 높은 상관관계를 가지는 단순회귀식을 구할 수 있어, PA index가 높을수록 술후 말초 관류 상태가 좋았음을 알 수 있었다

4) PA index와 Dopamine 총투여량과의 상관관계(그림 7)

Dopamine 총투여량을 Y축으로 하고 PA index를 X축으로 하여 산포도를 그리고 회귀분석을 시도한 결과, $Y = 61.94 - 0.15 \times (r=0.80, P<0.01)$ 의 높은 상관관계를 가지는 단순회귀식을 구할 수 있어, PA index가 높을수록 술후 적은 양의 Dopamine을 필요로 했음을 알 수 있었다.

5) RPA+LPA/DTA와 PA index와의 산관관계(그림 8)

PA index를 Y축으로, RPA+LPA / DTA를 X축으로 하여 산포도를 그리고 회귀분석을 시도한 결과, $Y = 72.48 + 92.16 \times (r=0.65, P<0.05)$ 의 단순회귀식

Peripheral perfusion index

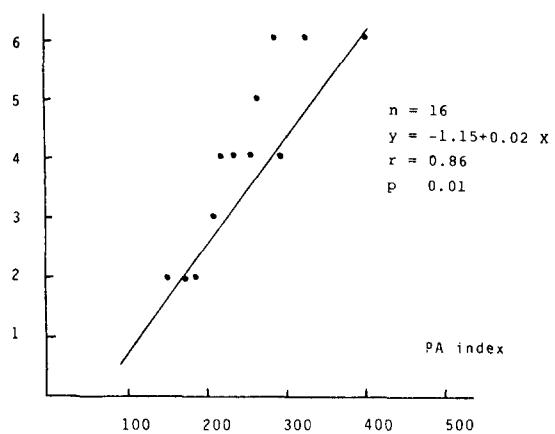


Fig. 6. Correlation between PA index and peripheral perfusion index. The solid line represents the regression line. There was a excellent correlation between them.

Total amount of dopamine infused(mg/Kg)

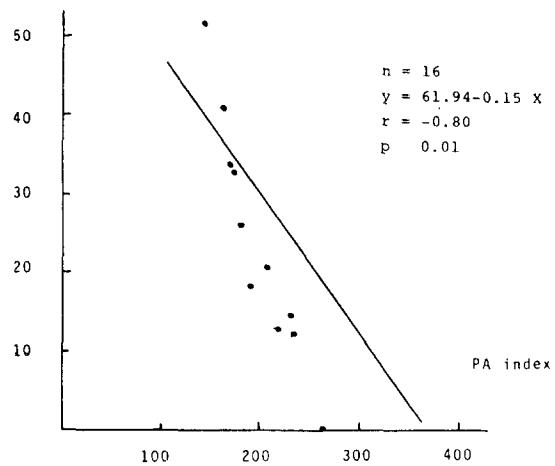


Fig. 7. Correlation between PA index and total amount of dopamine infused before postoperative 72 hours. The solid line represents the regression line. There was a excellent correlation between them.

을 구할 수 있어, RPA+LPA / DTA가 증가할수록 PA index도 증가하였음을 알 수 있었다.

6) 말초 관류 상태지표와 Dopamine 총투여량의 상관관계(그림 9)

이들 수술후 계측치의 심장기능의 지표로서의 가치를 증명하고자 Dopamine 총투여량을 Y축으로 하고

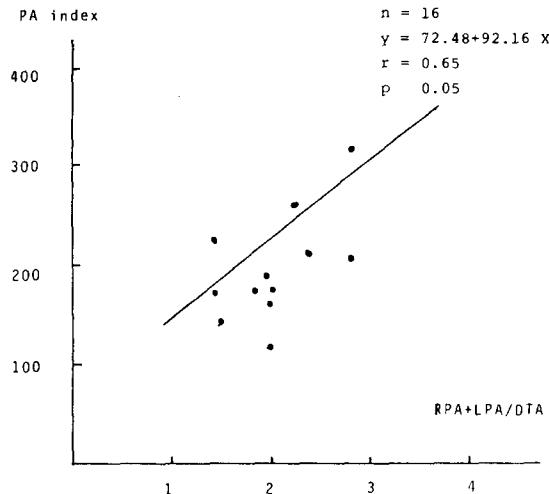


Fig. 8. Correlation between RPA LPA / DTA and PA index. The solid line represents the regression line. There was a correlation between them.

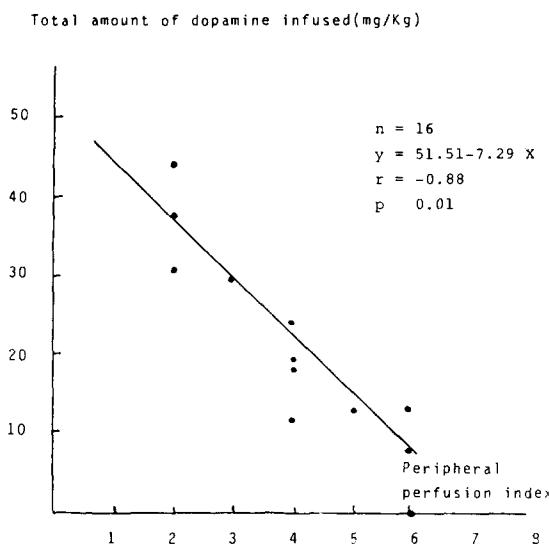


Fig. 9. Correlation between peripheral perfusion index and total amount of dopamine infused before postoperative 72 hours. The solid line represents the regression line. There was a excellent correlation between them.

말초 관류 상태지표를 X축으로 하여 산포도를 그리고 회귀분석을 시도한 결과, $Y = 51.51 - 7.29 \times (r=0.88, P<0.01)$ 의 높은 상관관계를 가지는 단순회귀식을 구할 수 있어, 말초관류 상태지표가 높은 값을 가질수록 적은 양의 Dopamine을 필요로 하였음을 알 수 있었다.

7) 수술 적응증이 되는 PA index 값

수술적응증이 되는 PA index 값을 알고자, 대상환자에 있어 생존환자군과 사망환자군을 가름짓는 PA index 값을 찾아보았다.

분석은 단일변량의 판별분석(univariate discriminant analysis)²⁰⁾을 이용하였고, 그 결과 기준 PA index 값은 221이었고 오진율을 25%였다.

IV 고 칠

청색증 심질환에 있어 수술후 예후에 미치는 수술전 환자 상태에 대한 분석은 활로씨 4정증 환자를 대상으로 오래 전부터 행하여져서 폐동맥과 좌심실의 발육상태가 수술예후를 결정짓는 가장 중요한 인자이며, 기타 심기형의 종류 수술시 환자의 연령이 중요인자라는 결론이 내려져 있다^{21~30)} 즉 청색증 심진환에서 폐순환 혈류의 양은 폐동맥 및 좌심실 발달과 밀접한 관계가 있어, 심한 폐동맥 및 좌심실의 발육부전은 술후 높은 우심실압을 초래하여 곧 심부전에 빠지게 한다는 것이다. 이러한 일반적인 이론은 Rastelli씨 술식을 시행하여 폐동맥까지 충분히 혈류가 가더라도, 주폐동맥 분기점 이하 원위부위의 폐동맥의 발달이 불충분하다면, 또는 좌심실의 발육부전이 있다면 같은 결과를 낳게 될 것이라는 추론이 가능하다.

그러나 Rastelli씨 술식에 있어, 수술의 적응증을 정할 때 기존의 활로씨 4정증 환자를 대상으로 한 연구결과를 그대로 적용한다는 것은 적절치 못하다는 것이 일반적인 의견이다. 즉 이 Rastelli씨 술식후의 혈액학적 상태는 심장 외도판에 의해 영향을 받을 수 있기 때문이라는 것이다. 장기적으로 볼때 심장외도판 자체의 폐색이 올 수 있으며, 또 도관이 신체발달에 따라 커질 수 없기 때문에 폐심실(pulmonary ventricle)과 폐동맥간의 압력차가 생길 수 있다^{4), 6, 30, 31)}는 사실은 차치하고라도, 당장 수술직후의 상태도, 일반적으로 쓰이는 도관내판막이 비교적 작은 크기이므로, 현재의 판막으로는 거의 펼연적인 압력차가 생기고 따라서 이 압력차를 극복할 만큼 보다 충분한 크기의 폐동맥이 필요하기 때문이다^{3, 32)}. 따라서 사용하는 도관이나 판막의 종류나 크기에 따라 수술적응이 되는 기준은 차이가 있을 수 있다. 본 연구에서는 도관이나 판막의 구별없이 Rastelli씨 술식에 의해 치료한 모든 청색증심질환 환자를 대상으로 하였으며, 따라서 이를 차이에 의해 본 연구결과에 오차가 생길 가능성은

어느 정도 감수할 수 밖에 없다고 보인다. 그러나 수술시 일반적으로 충분히 큰 도관을 사용하므로 오차는 작을 것으로 기대되며 이에 대하여는 추후 연구가 필요하다고 사료 된다.

한편 Rastelli씨 술식은 흔히 행하는 수술이 아니기에 대상환자수가 적고 따라서 장기간에 걸쳐 수술을 시행 받은 환자를 대상으로 하게 되므로 그 기간 동안의 수술전, 수술중, 수술후 환자 관리의 변화를 무시할 수 없다. 또 본 연구 대상례에 대한 수술이 한 시술자에 의해 시행되지 않았기에 연구, 분석의 어려움을 갖게 한다. 더우기 Stalk는 Rastelli씨 수술에 의한 수술결과는 수술시행자의 경험에 대부분 좌우된다고 하였으므로 분석의 어려움은 매우 크다. 따라서 본 연구를 행함에 있어, 분석이 타당성과 신뢰성을 유지할 수 있도록, 환자 선별 기준등 자료 수집에 많은 제한을 둘은 피할 수가 없었다. 먼저 혈역학적 상태를 규명한다는 어려운 문제에 있어 가장 객관적인 것은 사망여부 이므로 이를 기준으로, 여러 사람원인증 출혈, 뇌사, Conduit의 압박, 갑작스런 심탐폰(Cardiac tamponade), DIC, 부정맥등이 아닌 사망을 혈역학적 원인에 의한 사망이라 보았고¹²⁾, 이에 따라 자료를 수집하였다.

어느때까지의 사망을 술후 혈역학적 원인에 의한 초기 사망으로 잡을 것인가 하는 문제는, 연구마다 짧게는 수술후 48시간까지부터 길게는 30일까지, 또는 퇴원한 날짜를 기준으로 하는 등 다양하나, 술후 72시간은 Ream 등¹⁰⁾에 의하면, 개심술후 혈역학적 Weaning 이 어느정도 완료되고 환자의 심장기능이 안정세에 들어가는 기준시간이 되며, 또한 아직 장기호흡관리의 문제나 감염증이 크게 영향을 끼치기 전인 때이며, 또한 Kirklin¹⁷⁾이 술후 혈역학적 원인, 즉 심박출량의 감소로 인한 저심장 박출증에 의한 사망원인을 급성심부전(acute cardiac failure)과 아급성 다발성 하부기관부전(Subacute multisubsystem failure)으로 분류한 기준이 되는 시간이므로, 이 시간을 중심으로 환자를 혈역학적 원인으로 사망한 환자의 생존환자로 분류하였다. 그러나 72시간에 살아있다 하더라도, 심폐소생술등에 의해 살아 있었거나 또는 그 이후 12~24시간내에 사망한 환자는 연구성적의 빼뚫임(bias)을 방지하기 위해 제외하였다.

환자를 15세 이하으로 한정하였는데, 이는 청색증 심질환의 경우 나이가 많은 환자일수록, 폐동맥이나 좌심실의 크기보다는, 심질환 자체 영향이나 장기간

저산소증에 노출된 심장자체의 기능부전에 의해 수술 예후가 좌우될 수 있다는 이론에 근거를 둔 것이며, 사실 어른 연령군에 있어서의 선천성 심장기형의 수술은, 이미 소아 연령군의 그것과 별개로 취급되고 있는 현실이다^{33, 234)}.

기간을 1981년부터로 택한 이유는 이때부터 심마비 액의 보편적 사용이 있었고 또 전반적인 수술결과의 향상을 보인 시기이기 때문이다.

수술전 상태의 영향을 분석키 위하여는, 전기한 바와 같이, 청색증 심질환에서 폐동맥의 크기와 좌심실의 크기가 술후 혈여과를 좌우한다는 이론에 기초를 두고^{20~29)}, 주로 활로씨4징증에서 연구되어온 계측치를 측정하였다.

사용한 수술전 계측치중, RPA / AA¹¹⁾는 측정이 가장 간단하여 한 활영 사위(View)에서 두 측정치를 항상 얻을 수 있어, 측정에 의한 오차가 가장 적을 수 있다는 장점이 있으나, 이론상 좌우 폐동맥이 합류(confluent)하지 않을때 의미가 없겠다는 추측이 되었으며, RPA+LPA / DTA^{12, 14)}는 폐동맥과 대동맥을 같은 사위의 일면활영도에서 측정할 수 없을때, 측정 오차가 클수 있으리라는 추측이 가능했다. 그러나 PA index¹⁵⁾의 경우, 이런 측정상의 문제는 예측 되지 않았다.

한편 좌심실의 발달 정도도 관계가 있으므로 이것 역시 측정, 분석하고자 하였으나, 본 연구같은 후향적 연구에서, 과거의 좌심실용적을 정확히 측정할 수 없었기에 부득이 못하였다. 그 이유는, 과거의 심에코도 가 없었기에 심혈관 영화 활영도를 이용하여야 하는데, 같은 사위, 특히 RAO View에서 좌심실이 잘 나온 경우를 고르게 얻을 수 없었고^{35, 36)} 대상 질병상 해부학적 우심실이 기능적 좌심실의 역할을 하고 있는 경우(예 : TGA)가 있었기 때문이다 그림 10은 그 잘못 측정되는 예를 보여주는 것이다.

따라서 본 연구에는 좌심실 발육 자체가 안되었다는 술전 영향으로 Ratelli씨 수술후 초기에 사망한 환자도 포함되어 있을 것이다. 그러나 실제로, 연구 목적을 모르는 방사선과 의사에게 의뢰하여 함께 보았을때 좌심실이 특히 작다고 느껴지는 예는 없었으며, 이론적으로도, 만일 수술전 폐동맥의 크기가 수술전 폐동맥의 크기가 충분하고 또 폐정맥의 협착이 없어 좌심방 및 좌심실로 가는 혈류가 제대로 전달이 된다면 좌심실이 충분히 발육되어있으리라 생각되어, 연구 결과 자체의 타당도를 크게 흐리게 할 영향은 없을 것으로

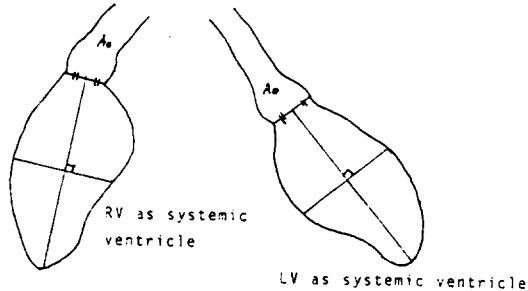


Fig. 10. Illustrations of the measurement of the left ventricular long and short axial length. The different view of cineangiogram and different ventricle made the correct measurement of ventricular axial length impossible.

로 추측이 되나, 이 점에 대하여는 연구가 절실히 필요된다.

수술방법이나 심근보호법의 영향은, 전기한 바와 같이, 대상환자를 선택할 때 고려한 외에, Rastelli 씨 술식을 비교적 시간이 많이 소요되는 수술이므로 이 자체에 의해 심장기능이 저하되어 수술후 결과에 영향을 미치지 않았나를 알기 위하여, 인공심폐기 관류시간이나 상행대동맥 차단 시간을 측정후 수술성적과 비교하였으나, 의미가 없다는 결론을 얻었다.

사실 사망율의 비교만으로도 수술전 상태가 수술 결과에 영향을 준다는 사실을 알 수 있었다. 그러나 최근 Rastelli 술식을 이용한 수술성적은 향상 되고 있으며 수술사망율도 급격히 줄고 있으므로, 수술전 상태가 수술후 조기예후에 미치는 영향을 미침을 규명하려면 수술사망율이 아닌 다른, 보다 구체적인 심장기능의 대변방법이 있어야 한다고 생각하였다.

가장 많이 이용되는 지표는 심박출계수(Cardiac index)의 측정인데 이는 본 연구 대상의 환자에서 측정된 바가 없었고, 또 일반적으로 사용되는 Thermo-dilution technique에 의한 방법이, 호흡에 따른 심박출량의 변동을 반영하지 못하는 단점, 수술후 환자관리 과정에서 신속히 측정하기 어려운 경우가 많다는 점, 특히 소아에서 그 정확성이 의심된다는 점등의 문제가 있었다^{37,38)}.

그래서 본 연구에서는, 심장기능이 좋아 심박출량이 증가하면 말초관류 상태가 좋아지며, 만일 심기능 저하로 심박출량이 감소하면 심기능 향상의 목적의 변력제인 Dopamine이 많이 투여되게 됐을 것이라는 가정하에, 말초관류 상태지표와 Dopamine 총투여량

(mg / kg)을 술후 초기 혈역학 상태를 파악하는데 지표로서 이용하였다.

말초관류 상태를 측정한다는 것은 매우 주관적으로 흐를 수 있는 문제가 있으므로, 이를 수술후 심장기능의 상태에 대한 계측치로 사용하기 위해서는 이의 객관화가 필요한데, 수술후 말초동맥 촉지정도와 말초체온은 심박출계수와 밀접한 관계가 있고 또 두 측정치만으로도 충분히 술후 혈역학을 예측할 수 있는 기준이 된다는 Kirklin 등의 보고^{17,18)}가 있으므로 이를 이용하여 설정 측정 하였다. 그러나 이를 그대로 이용하는 데에 문제점이 없는바는 아니다. 무엇보다도, 본 연구의 대상 선택을 한 본 병원의 1981년부터 1988년 까지 본원에서 개심술을 시행받은 환자의 술후 중환자관리의 일선을 담당한 의사와 간호원이 계속 변하였고, 또 이들 환자를 대상으로, 말포관류 상태가 조기 혈연학적 상태와 상관 관계가 성립되는 가에 대한 연구가 없었다는 점이 그것이다.

또한 Dopamine 총투여량을 지표로 사용한 것도, 변력제로써 Dopamine을 선택한다든가, 그 용량, 또는 투여기간을 정하는데는 수술후 관리관리를 하는 의사의 주관과 선호도가 어느정도 개입할 수 있다는 문제가 있다. 그래서 본 연구에서는 타당도를 높이기 위해, 다른 변력제를 다량 사용하고 Dopamine을 소량 사용한 경우와 수술후 관리에서 뜻하지 않은 사고나 잘못이 분명히 있었던, 따라서 Dopamine이 다량 투여되었던 경우는 대상환자에서 제외하였다. 한편 72시간까지의 Dopamine 투여량만을 측정하였으므로, 환자의 상태가 좋아졌음에도 무리하게 Dopamine을 장시간 써서 총투여량이 많았던 경우가 측정에 문제를 야기할 수 없었다. 그리고 말초 관류 상태가 나쁠 때 Dopamine이 다량 투여되었다 함을 실제적으로 증명하기 위해, 이들 두 계측치 간의 상관관계를 분석하였더니 그림 9와 같은 높은 상관관계를 가진 단순 회귀식을 얻을 수 있어 이들이 혈역학 상태를 비교적 객관적을 대변함을 알 수 있었다. 그러나 Dopamine을 소량 장시간 사용한 경우와 다량 단시간 사용한 경우가 비록 총 투여량은 같았다 하더라도 혈역학 상태가 같았던 것인가 하는 문제와, 또 심박출량에 영향을 주는 요소가 수축성(Contractility)외에도 전부하(Pre-load), 후부하(after load) 및 심박동수가 있는데 과연, Dopamine 총투여량만으로 심박출량과의 관계를 설정할 수 있겠는가 하는 문제에 대한 해답은 할 수 없었다. 따라서 두 계측간의 상관관계는 본 연구의 경우

에 한정되는 것일 따름이라는 비난을 면할수는 없다고 보인다.

본 연구의 결과는, Rastelli씨 술식을 시행받은 청색증 심질환 환자에의 예후가 다른 술식에서와 마찬가지로 수술전 폐동맥의 발달 정도에 주로 영향을 받는다는 결론이 타당하다는 결론을 내리게 해준다. 긴 인공 심폐기 관류시간과 대동맥 차단시간에도 불구하고 이런 결론이 내려짐은, 비록 출혈등 다른 사망원인을 고려하지 않았다 하더라도, 어느정도 환자의 나이나 심장기행의 종류에 관계없이 폐동맥 크기만 충분하면 수술을 시행할 수 있다는 추측을 할 수 있게 해주어, Rastelli 술식이 행할 수 있는 적용경우의 폭을 넓혀준다.

본 연구결과, 적절한 폐동맥의 크기를 가름하는, 즉 수술적용증을 기준이 되는 지표로써 그 타당도가 가장 높다고 결론지어진 PA index는 1984년 Nakada 등¹⁵⁾의 연구에 의해 처음 보고된 지표로, 기존의 지표가 폐동맥 크기를 대동맥 크기와 비교하고 있는데에 반해 체표면적과 비교한다는 차이가 있다. 이는 전기한 바 같은 측정상의 용이점 이외에, 드물게 대동맥의 발달이 신체 발달에 못 미친 경우 폐동맥이 상대적으로 크게 느껴지던 종래의 지표의 폐단이 없을 뿐 아니라 신체발달정도를 대변하는 체표면적과 비교 함으로써 술후 혈학적 상태를 심박출 지수(cardiac index)를 이용하여 규정지으려는 현재의 일반적인 술후 환자관리 방법과 일치함이 있다^{17, 39, 40)}.

Nakada는 Rastelli씨 술식의 적용기준이 되는 PA index 값을 200으로 보고자 주장하였는데 이는 본 연구의 결과로 유사한 값이다. 그러나 실제로 본래의 수술이 어느 정도 큰 크기의 폐동맥을 가진 환자를 대상으로 시행된 것이며, 따라서 두군의 PA index값의 분포가 서로 겹치는 부분이 많아 단일변량을 이용한 판별분석(univariate discriminant analysis)에 있어 오진율(error rate)이 높음은 피할 수 없었다. 그러므로 적합한 적용기준을 찾기 위해, 본 연구에서 부득이 시행못한 좌심실용적과 좌심실기능에 대한 연구도 병행한 단변량 판별분석이, 보다 광범위하고 보다 많은 환자를 대상으로 시행되어야 하리라 사료된다.

V. 결 론

저자는 1981년 1월부터 1988년 6월까지 서울대학교 병원 흉부외과에서 Rastelli씨 술식을 이용하여 완전

교정술을 시행받은 청색증 심기행 환자 26례를 대상으로 의무기록과 수술전 심혈과 영화촬영도를 재검토하여, 술후 조기 혈역학적 상태에 영향을 미치는 인자를 찾아보았다.

1. 환자는 남자 18례 여자 8례였으며 평균 나이는 7.8±3.4세, 평균 체표면적은 0.79–0.25m², 그리고 평균 적혈구 용적비는 57.12%였다.

2. 술후 72시간내 혈역학적 요인에 의한 사망율은 수술전 심혈관 영화촬영도를 이용하여 측정한 양측 폐동맥 합의 하행흉부 대동맥 직경에 대한 비(RPA+LPA / DTA)와 폐동맥 면적지표(PA index)와만 관계있었으며($P < 0.05$, $P < 0.01$), 수술전의 우측폐동맥 직경의 상행대동맥 직경에 대한 비(RPA / AA), 동맥혈 산소포화도(S_aO_2), 인공 심폐기 관류시간 및 상행대동맥 차단 시간과는 관계가 없었다($P > 0.1$).

3. 수술후 심장기능의 지표로 사용한 말초관류상태 지표와 Dopamine 총투여량은 PA index와 각각 좋은 일차상관 관계를 이루었다($Y = -1.15 + 0.02 \times r = 0.86$, $P < 0.01$) ($Y = 61.94 - 0.15X$, $r = 0.80$, $P < 0.01$). 그러나 RPA+LPA / DTA와는 일차상관 관계를 가지는 경향을 보였지만 통계학적 유의성은 없었다.

4. 본 연구상례에 있어 Rastelli씨 술식의 적용증이 되는 PA index 값은 221였다(오진율=25%).

5. Rastelli씨 술식을 청색증 심기형 환자에 행함에 있어, 수술전 심혈관 영화촬영술을 사용하여 측정할 수 있는 폐동맥 면적지표는 수술후 조기 혈역학적 상태를 예전할 수 있는 좋은 지표가 된다. 그러나 모든 사망원인을 고려한 수술예후를 좌우하는 요인에 대하여 계속적인 연구가 있어야 할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Rastelli GC, Ongley PA, Davis GD et al; *Surgical repair for pulmonary valve atresia with coronary-pulmonary artery fistula. Report of a case*. Mayo Clin Proc 40:521, 1965
- Rastelli GC; *A new approach to "anatomic" repair of transposition of great arteries*. Mayo Clin Proc 44:1, 1969
- Dunn JM, Stalk J, De Leval M; *Avoiding compression of extracardiac valved conduits*. Ped Cardiol 4:235, 1983
- McGoon DC, Danielson GK, Puga RJ et al; *Late*

- results after extracardiac conduits repair for congenital cardiac defects.* Am J Cardiol 49;1741, 1982
5. McGoon DC, Wallace RB, Danielson GK; *The Rastelli operation: Its indications and results.* J Thorac Cardiovasc Surg 65;65, 1974
 6. Norwood WI, Freed MD, Rocchini AP et al; *Experience with valved conduit for repair of congenital cardiac lesions.* Ann Thorac Surg 24;223-232, 1977
 7. Bailey WW, Pacifico AD, Kouchoukos MT et al; *Late results of valved external conduits.* Circulation 53(II);II-100, 1976
 8. Stewart S; *Discontinuity between the heart and the pulmonary circulation: Its management with the use of a valved external conduit.* Arch Surg 114:266, 1979
 9. Graham TP Jr, Franklin RCGm Wyse PKH et al; *Left ventricular wall stress and contractile function in transposition of the great arteries after the Rastelli operation.* J Thorac Cardiovasc Surg 93;775-84, 1987
 10. Ream AK, Fogdal RP; *Acute cardiovascular management,* 1st ed pp482-484, 1982, Lippincott, Philadelphia
 11. Tucker WY, Turley K, Ulliyot et al; *Management of symptomatic tetralogy of Fallot in the first year of life.* J Thorac Cardiovasc Surg 78;494, 1979
 12. Blackstone EH, Kirklin JW, Pacifico AD; *Decision-making in repair of tetralogy of Fallot based on intraoperative measurement of pulmonary arterial outflow tract.* J Thorac Cardiovasc Surg 77;526, 1979
 13. Blackstone EH, Kirklin JW, Bertranou EG et al; *Preoperative prediction from cineangiograms of postrepair right ventricular pressure in tetralogy of Fallot.* J Thorac Cardiovasc Surg 78;542, 1979
 14. McGoon DC, Baird DK, Davis GD; *Surgical management of large bronchial collateal arteries with pulmonary stenosis or atresia.* Circulation 52;109, 1975
 15. Nakada S, Imai Y, Takanashi et al; *A new method for the quantitative standardization of cross sectional areas of the pulmonary arteries in congenital heart disease with decreased pulmonary blood flow.* J Thorac Cardiovasc Surg 88;610, 1984
 16. Graham TP Jr, Erath HG Jr, Boucek RJ Jr et al; *Left ventricular function in cyanotic congenital heart disease.* Am J Cardiol 45;1231, 1980
 17. Kirklin JW, Barratt-Boyces BG; *Cardiac Surgery.* 1st ed, pp 140-142 Wiley Medical, New YORK, 1986
 18. Kirklin JK, Blackstone EH, Kirklin JW et al; *Intracardiac surgery in infants under age 3 months: predictors of postoperative inhospital cardiac death.* Am J Cardiol 48;507, 1981
 19. 김응중, 노준량; 황로씨 4정증의 좌심실용적이 수술 후 심장기능에 미치는 영향 대한흉부외과학회지 21;211, 19988
 20. 고응린; 계량의학통론 1st ed pp145-159 신광출판사. 서울, 1986
 21. Alfieri O, Blackstone EH, Kirklin JW ET AL; *Scrgical treatment of tetralogy of Fallot with pulmonary atresia.* J Thorac Cardiovasc Surg 76;326, 1978
 22. Hislop A, Reid L; *Structural changes in the pulmonary arteries and veins in tetralogy of Fallot.* Br Heart J 35;1178, 1973
 23. Kirklin JW, Blackstone EH, KIRKLIN JK et al; *Surgical results and protocals in the spectrum of tetralogy of Fallot.* Ann Surg 198;251, 1983
 24. Jarmakani JNH, Graham TP Jr, Canent RV Jr et al; *Left heart function in children with tetralogy of Fallot before and after palliative or corrective surgery.* Circulation 46;478, 1972
 25. Kirklin JW, Barger LM Jr, Pacifico AD et al; *The enlargement of small pulmonary arteries by preliminary palliative operations.* Circulation 56;612, 1977.
 26. Shimazaki Y, Kawashima Y, Hirosa H et al; *Operative results in patients with pseudotruncus arteriosus.* Ann Thorac Surg 35;294, 1983
 27. Haxe A, McGoon DC, Kincaid OW et al; *Fate of outflow tract in tetralogy of Fallot.* Ann Thorac Surg 13;137, 1972
 28. Naito S, fujita T, Manabe H et al; *The cirteria for reconstruction of right ventricular outflow tract in total correction of tetralogy of Fallot.* J Thorac Cardiovasc Surg 80;574, 1980
 29. Oku H, Shirotani H, Yokoyama T et al; *Postoperative size of the right ventricular ortflow tract and optimal age in complete repair of tetralogy of Fallot.* Ann Thorac Surg 25;322, 1978
 30. Kirklin JW, Barratt-Boyces BG; *Cardiac surgery,* 1st ed 768-769, pp 789-793 Wiley Medical, New York.

1986.

31. Clarkson S, Sade RM, Hon A; *Clinical and hemodynamic results of extracardiac conduit reconstruction of pulmonary artery*. *Clin Cardiol* 3:42, 1980
32. Agarwal KC, Edwards WD, Feldt RH et al; *clinico-pathologic correlates of obstructed right sided porcine-valved extracardiac conduits*. *J Thorac Cardiovasc Surg* 81:591, 1981
33. Ebert PA, Robinson SJ, Stranger P et al; *Pulmonary artery conduits in infants younger than 6 months of age*. *J Thorac Cardiovasc Surg* 72:351, 1976
34. Leidenfrost RD; *Surgical correction of congenital heart disease in the adult*. *Ann Surg* 188:448, 1978
35. Garson A Jr, Nihill MR, McNamara DG et al; *Status of the adult and adolescent after repair of Tetralogy of Fallot*. *Circulation* 59:1232, 1979
36. Greene DG, Carlisle R, Grant et al; *Estimation of left ventricular volume by one-plane cineangiography*. *Circulation* 35:61, 1967
37. Wynne J, Freen LH, Mann T et al; *Estimation of left ventricular volumes in man from biplane cinenngiogram filmed in oblique projections* *Am J Cardiol* 41:726, 1978
38. Mathur M et al; *Measurement of cardiac output by thermodilution in infants and children after open heart operations*. *J Thorac Cardiovasc Surg* 72:221, 1976
39. Keagy BA, Wilcox BR, Luca CL et al; *Constant postoperative monitoring of cardiac output after correction of congenital heart defects*. *J Thorac Cardiovasc Surg* 65:93:685, 1987
40. Humphries JO, Gott VL, Benson DW; *Care of the patient undergoing valvular heart disease*. *Prog Cardiovasc Dis* 15:449, 1973
41. Kouchoukos et al; *Detection and Treatment of impaired cardiac performance following cardiac surgery* *Henry Ford Hospital International Symposium on cardiac surgery*. 2nd ed. Appleton-Century Crofts, New York, 1975 (Adapted from patient care in cardiac surgery, by Behrend + Dm and Austen WG, 3rd ed. p42, Little, Brown and Company, Boston, 1980)