

방사성동위원소를 이용한 개심술전후의  
심실기능변화에 관한 연구  
— ECG gated blood pool scan 을 이용한  
ejection fraction 검사 —

이 정 철\* · 김 규 태\*

— Abstract —

**Clinical Study of Ventricular Function Following Open Heart Surgery by Radionuclide Angiocardiogram\***

— left ventricular ejection fraction by ECG gated blood pool scan —

Jung Cheul Lee\* and Kyu Tae Kim\*

Recently, radionuclide angiocardiogram is one of the most common procedure for assessment of ventricular performance due to its distinctive advantages such as safety, accuracy, and ease of repeated studies.

Also, measurement and comparison between pre and postoperative left ventricular ejection fraction (LVEF) are meaningful for assessing the severity of myocardial damage which occurred during open heart surgery and the status of myocardial recovery.

We obtained pre and post operative LVEF using radionuclide angiocardiogram on 30 patients composed of atrial septal defect, ventricular septal defect, cyanotic congenital heart disease, and valvular heart disease who undergone the open heart surgery from March to August 1984.

The study revealed that ventricular septal defect and mitral valvular heart disease showed 8.1% and 6.2% decreases of postoperative LVEF, respectively. But, there are little increases of postoperative LVEF in the atrial septal defect and cyanotic congenital heart disease.

In ventricular septal defect, each group of Qp/Qs over 2.0 and systolic pulmonary artery pressure over 50mmHg showed significant 17% and 14.7% decreases of postoperative LVEF, respectively. Considering the duration of the aortic cross clamping times and closing methods of VSD, each group of duration over 30 min. and of patch closure showed 13.9% and 14.2% decreases of LVEF between pre and postoperative status respectively which was significant finding statistically.

\* 경북대학교 의과대학 흉부외과학교실

\* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Kyungpook National University, School of Medicine  
1986년 3월 4일 접수.

## 서 론

좌심실의 기능을 측정, 평가하기 위한 방법으로써 X-선 심혈관조영술<sup>1)</sup>과 초음파심음향검사<sup>2)</sup> 등이 있으나 gamma Camera와 Computer를 연결하여 얻어지는 dynamic scintigraphy를 이용한 심실기능 검사법이 근래에 임상 이용되고 있다<sup>3-7)</sup> 즉 방사성 동위원소인 <sup>99m</sup>Tc에 人血清 Albumin (HSA)이나 적혈구를 부착하여 Blood pool scan을 하면 핵의학적 심혈관촬영술이 되며, 이것을 Computer에 수록하면 動的 變化를 알 수 있는 dynamic scintigraphy를 얻을 수 있다. 그리고 수록된 data의 재생영상에서 관심영역 (region of interest)을 좌심실로 묘사해 주면 좌심실내 방사능계수, 즉 상대적인 혈류량을 計測할 수 있다. 이때 심박동의 주기에 따른 좌심실내 방사능계수변동을 계산하여 좌심실기능의 평가자료로 매우 유용한 좌심실박출계수 (LVEF)를 얻게 된다.

핵의학적 심혈관촬영술은 X-선 심혈관조영술과 심도자법에 비해 간단하고 안전하며 반복검사가 용이하다는 이점을 갖고 있으며<sup>8)</sup> 또 초음파심음향검사보다는 높은 정확도를 가지고 있는 것으로 평가된다<sup>9)</sup>.

개심술 환자에서 수술전후의 좌심실박출계수의 변화를 알아보는 개심술후 필연적으로 발생하는 심근손상에 따른 심실기능저하의 정도와 술후 시간경과에 따른 심실기능 회복상태를 파악하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

저자들은 1984년 3월부터 8월까지 6개월에 걸쳐 경북의대 흉부외과학교실에서 개심술을 시행하였던 환자들 중에서 무작위로 선택된 30예를 대상으로 방사성 동위원소를 이용하여 측정한, 수술전후의 좌심실박출계수를 조사 관찰하였기에 그 결과를 문헌고찰과 아울러 보고하고자 한다.

## 대상 및 방법

1984년 3월부터 8월까지 6개월에 걸쳐 개심술을 시행하였던 환자들 중에서 무작위로 선택된 30예를 대상으로 하였는데 이들의 성별분포는 남자 16예, 여자 14예였고, 연령분포는 5세에서 53세로 평균연령 15세였으며, 질병분포를 보면 비청색증 선천성 심 질환에 속하는 심실중격결손이 15예, 심방중격결손이 4예, 청색증 선천성 심질환이 6예, 후천성 심질환증 증모판질

환이 5예였다(제 1표).

검사방법은 체내표지법으로 sodium-pyrophosphate 1~1.5mg을 정맥주사하고, 10분후 <sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub> 5~20mCi를 다시 정맥주사한 다음, 약 6분후에 仰臥位에서 gamma camera의 검출기를 30° LAO로 심장부의 center에 맞추어 scintiscan을 하였는데, gamma camera는 Siemens社의 Scintiview II였고, 촬영상은 floppy diskette에 수록하였다. 촬영상은 ECG의 R-R interval을 16화면으로 등분하여 각 phase의 축적영상을 6분간 수록하였다(그림 1).

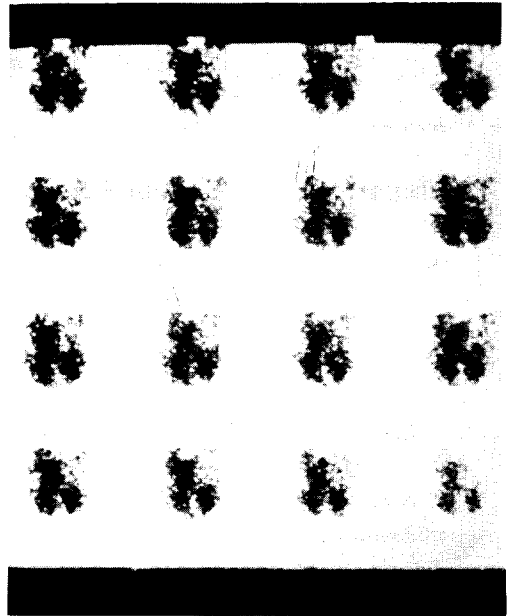


Fig. 1. Principle of gated blood pool scan.

재생영상의 16 phase중에는 방사능계수치가 가장 높은 확장기말 영상과, 가장 낮은 수축기말 영상이 있는데, 이들 영상에서 묘사된 좌심실 관심구역內에서 배후 방사능계수를 제한, 좌심실내 방사능계수를 구한 뒤, 다음과 같은 공식으로 좌심실 박출계수를 산출하였다.

$$\text{좌심실박출계수 (\%)} = \frac{\text{확장기말계수} - \text{수축기말계수}}{\text{확장기말계수}} \times 100$$

영상에서의 계수측정 및 계산과정은 Siemens社의 Extended Cardiac Analysis Program # 940~940147에 의존하였다<sup>10)</sup>.

그리고 심실기능검사의 시기는 술전 1주일 이내에 술

Pts. No.	Age	Sex	Diagnosis	NYHA class		PA pressure		Qp/Qs	ACC time	Incision site	Op. procedure	Pressor		Ejection fraction
				Preop	Postop	Systolic, mmHg	diug					Preop	Postop	
1	5	M	VSD	I	I	29	1.8	50	RV	Direct closure	-	48	45	
2	9	M		I	I	38	1.4	55	MPA	Patch closure	-	59	47	
3	8	F		III	I	98	2.5	40	MPA		-	63	45	
4	9	F		I	I	33	2.7	35	RV	Direct closure	-	71	45	
5	6	M		I	I	40	1.5	55	RV		-	58	47	
6	16	F		I	I	27	1.4	20	RV		-	65	54	
7	11	M		I	I	33	1.9	20	RA		-	48	53	
8	8	M		I	I	21	1.3	25	RV		-	50	47	
9	6	M		II	I	79	4.3	65	RV	Patch closure	-	53	40	
10	10	M		I	I	27	1.2	25	MPA	Direct closure	-	73	70	
11	9	F		IV	II	100	2.2	50	RV	Patch closure	+	41	56	
12	7	F		I	I	25	1.5	2.5	RV	Direct closure	-	63	55	
13	10	M		I	I	27	1.6	20	RV	Direct closure	-	66	53	
14	12	M		III	I	70	2.7	50	RV	Patch closure	-	59	55	
15	5	F		II	I	31	1.5	25	RA	Direct closure	-	70	64	
16	22	F	ASD	II	I	20	1.4	40	RA		-	-	57	
17	32	M		II	I	33	1.6	25	RA		-	57	57	
18	14	M		II	I	30	2.2	50	RA	Patch closure	-	67	68	
19	29	F		I	I	27	1.5	25	RA	Direct closure	-	-	-	
20	5	M	Trilogy	III	I	*	*	65	RA & PA	Patch closure	-	68	55	
21	8	M	TOF	II	I	*	*	70	RV	Pulmonic valvotomy	-	48	52	
22	14	M		II	I	*	*	75	RV	Total Correction	-	50	63	
23	20	M		II	I	*	*	110	RV		+	65	62	
24	6	F	Pentalogy	IV	II	*	*	100	RA & RV		+	21	50	
25	9	M	TGA	IV	II	*	*	180	RV	Rastelli Op.	+	63	48	
26	26	F	MS	III	I	*	*	60	LA	MVR	-	53	50	
27	53	F	MSMI	IV	II	*	*	90	LA		+	70	65	
28	51	F	MS	II	II	*	*	85	RA		-	74	55	
29	24	F	MS	III	I	*	*	75	LA		-	31	51	
30	11	F	MI, SVAS	III	I	*	*	80	LA	MVR, Aortoplasty	-	79	55	

전검사를 시행하고, 술후 7~10일 사이에 술후검사를 실시하도록 하였으며, 본 논문에서 적용한 좌심실 박출계수의 정상치는 경북대학교 의과대학 핵의학교실에서 저자들의 경우와 동일한 기계를 사용하여, 정상 대조군 22예에서 검사 보고하였던 성적을 인용 사용하였다<sup>11)</sup>.

개심술은 전신마취하에서, 전예에서 흉골 정중절개를 하였고, 술중의 체외순환에 의한 전신관류방법을 기술하면 다음과 같다.

인공심폐기는 Sarns Model 2,000 roller pump 와 polystan bubble type oxygenator를 각각 사용하였으며, 산화기 충전액을 사용하여 25%의 혈액회석을 시켰고, 관류율은 2~2.4 L/min/m<sup>2</sup>BSA로 유지하였다.

개심술중의 심정지 유발과 심근보호를 위해서는 중등도 저체온하에 대동맥 기시부를 차단한 후, 대동맥근부 내로 냉각 심정지액을 주입하고, 아울러 중심냉각과 심근국소냉각등을 병용하였으며, 심정지액은 전예에서 Blood cardioplegic solution을 사용하였다(제 2 표).

**Table 2.** Cardiopulmonary bypass and myocardial preservation

A. Pump	Sarns-2000 Roller pump
Oxygenator	Bubble type (polystan)
Hemodilution	Hct 25%
Perfusion rate	2-2.4 L/min/M <sup>2</sup> BSA
Hypothermia	Moderate hypothermia
B. Myocardial preservation	
1. Topical cooling with cold Hartmann's solution	
2. Infusion of cold blood cardioplegic solution	
C. Composition of blood cardioplegic solution	
Oxygenator blood (Hct 25%) - 4	
Hartmann's solution	500cc
KCl	50mEq
Sodium bicarbonate	25mEq

심정지액은 4℃로 냉각시킨 후, 초회 주입시는 15 ml/kg의 양을 250~300 ml/min의 속도로 들어가도록 하여 심근온도를 15℃ 이하로 떨어뜨렸고, 그후에는 매 20분마다 1/2분량씩을 대동맥차단 해제시까지 반복주입하여 심근온도를 20℃ 이하로 유지토록 하였다.

## 결 과

### 1. 전체 질병군에서의 성적

각 질병에 따른 술전·후 좌심실 박출계수의 변화를 보면 심방중격결손과 청색증 선천성 심질환에서는 술전에 비해 각각 약간의 증가를 나타낸 반면, 심실중격결손과 승모판심질환에서는 각각 8.1%, 6.2%의 감소를 나타내었다(제 3 표).

New York Heart Association (NYHA)의 기능적 분류에 따른 비교에서는 좌심실 박출계수치가 Class I 과 III에서 각각 5.1%와 8.5%의 술후 감소가 있었으나 Class II와 IV에서는 술전치에 비해 별 변화가 없었다(제 4 표).

대동맥차단시간에 따른 좌심실박출계수 변화를 보면 차단시간이 30분 이하와 90분 이상이었던 군에서 술

**Table 3.** Preoperative and postoperative left ventricular ejection fraction in VSD, ASD, cyanotic congenital heart disease and valvular heart disease. (mean ± SD)

Diseases	Cases	Ejection fraction	
		Preop	Postop (POD#7)
VSD	15	58.2 ± 9.03	50.1 ± 7.52
ASD	4	62.8 ± 6.75	64.8 ± 5.73
Cyanotic CHD	6	52.5 ± 17.47	50.0 ± 6.26
Valvular HD	5	61.4 ± 19.60	55.2 ± 5.93
Total	30	58.3 ± 12.62	53.9 ± 8.11

**Table 4.** Comparison of preoperative and postoperative left ventricular ejection fraction according to the preoperative NYHA functional classification. (mean ± SD)

Functional class (NYHA)	Cases	Ejection fraction	
		Preop	Postop
I	12	58.5 ± 10.00	53.4 ± 8.32
II	8	59.3 ± 9.479.19	59.9 ±
III	6	60.0 ± 16.49	51.5 ± 3.78
IV	4	58.5 ± 21.76	51.0 ± 10.10
Total	30	58.3 ± 12.62	53.9 ± 8.11

NYHA: New York Heart Association.

전·후에 별 다른 변화가 없었으며, 30분~60분과 60분~90분인 군에서는 각각 11.1%와 5.6%의 감소를 보였다(제 5 표).

술후 pressor drug 사용유무에 따른 비교에서는 두 군 모두 약간의 감소경향을 보였으나 두 군간에 별 다른 차이가 없는 것으로 나타났다(제 6 표).

## 2. VSD군에서의 성적

**Table 5.** Comparison of preoperative and postoperative left ventricular ejection fraction according to the duration of aortic cross clamping.

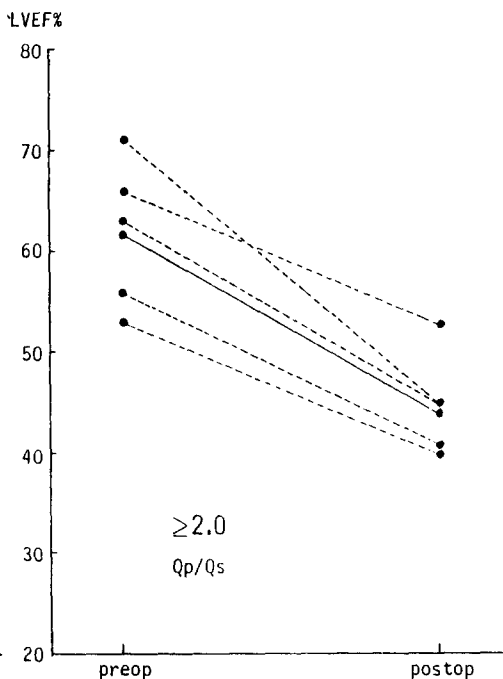
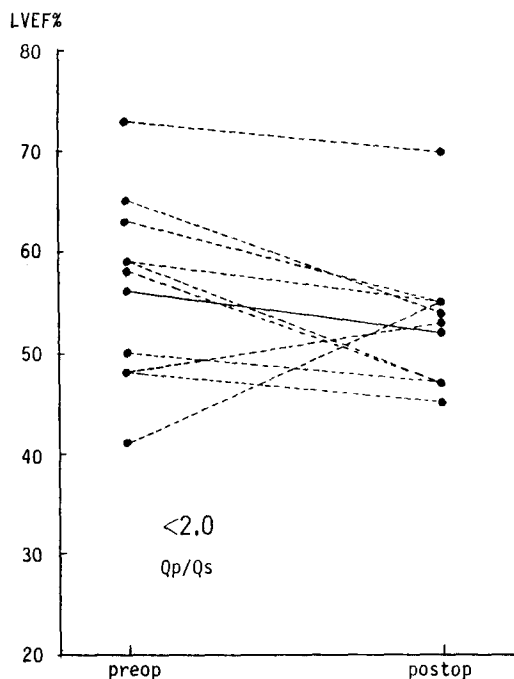
ACC time (min.)	Cases	Ejection fraction (mean ± SD)	
		Preop	Postop
<30	9	58.1 ± 10.22	58.6 ± 8.47
30-60	8	61.5 ± 7.62	50.4 ± 7.03
60-90	6	56.9 ± 14.72	51.3 ± 7.19
>90	4	54.8 ± 22.70	56.3 ± 8.50
Total	30	58.3 ± 12.62	53.9 ± 8.11

술전의 좌우단락 즉 Qp/Qs 치의 高低에 따른 좌심실 박출계수의 비교에서는 Qp/Qs 가 2.0 이하인 군에서 술전치보다 3.6%의 감소를 나타낸 반면 2.0 이상인 군에서는 17%의 유의한 감소를 보였다( $p < 0.01$ ) (그림 2).

수축기폐동맥압에 따른 비교에서는, 술전의 수축기 폐동맥압이 50mmHg 이상 이었던 군에서는 14.7%의

**Table 6.** Comparison of preoperative and postoperative left ventricular ejection fraction according to the usage of pressor drug following open heart surgery.

Usage of pressor drug	Cases	Ejection fraction (mean ± SD)	
		Preop	Postop
Dopamine (-)	25	58.8 ± 11.29	54.0 ± 7.96
Dopamine (+)	5	55.0 ± 19.66	53.2 ± 10.04
Total	30	58.3 ± 12.62	53.9 ± 8.11



**Fig. 2.** Comparison of preoperative and postoperative left ventricular ejection fraction according to the amount of Lt. to Rt. Shunt (Qp/Qs) in VSD group.

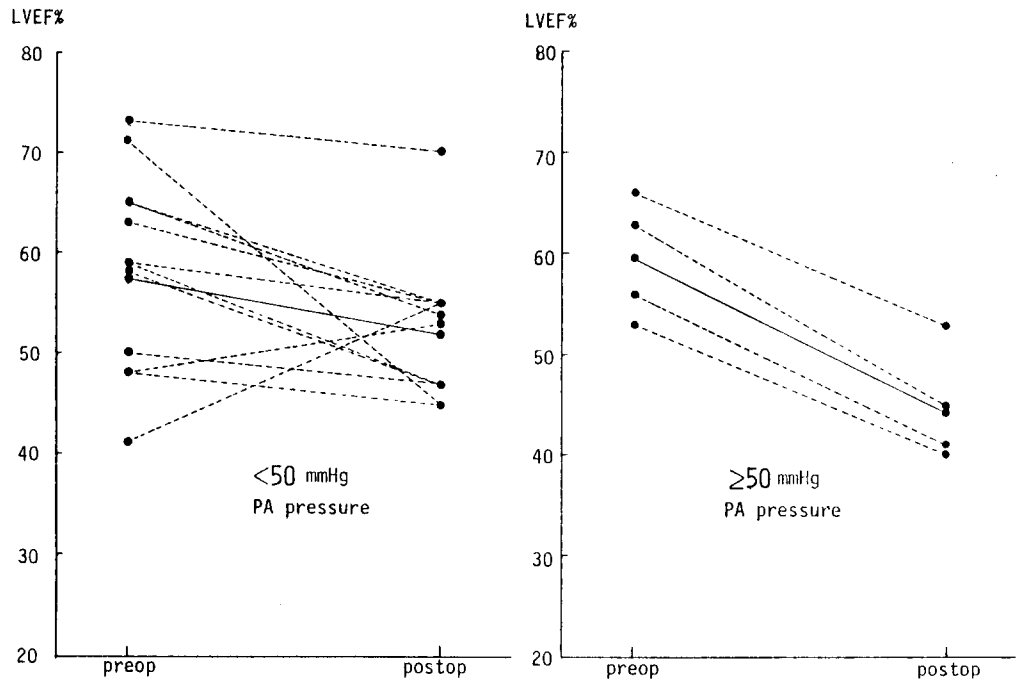


Fig. 3. Comparison of preoperative and postoperative left ventricular ejection fraction according to the systolic pressure of pulmonic artery in VSD group.

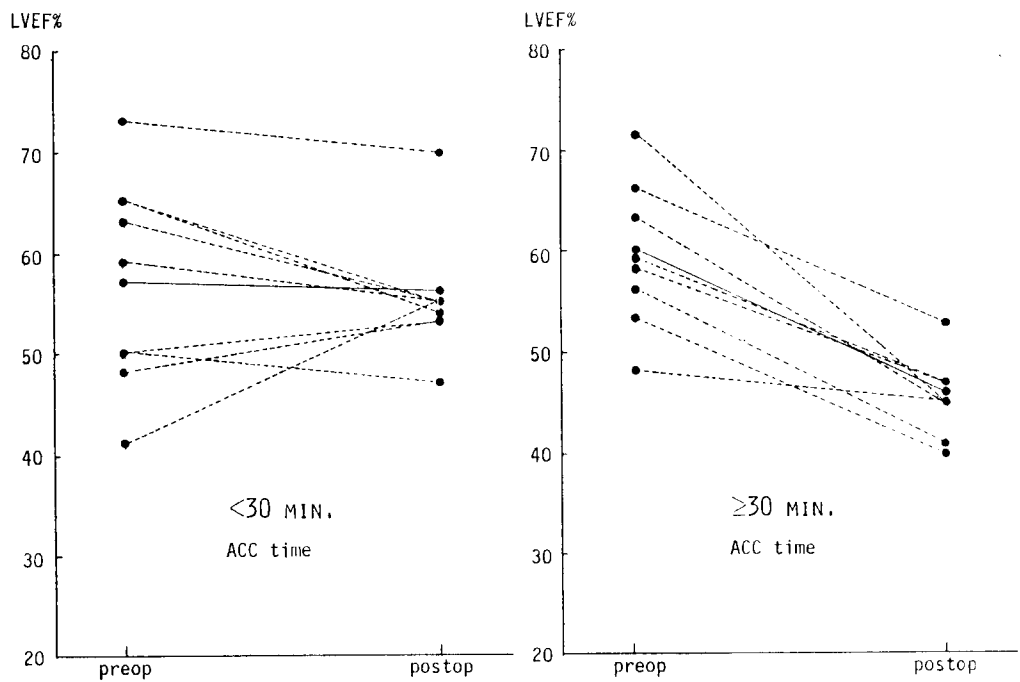


Fig. 4. Comparison of preoperative and postoperative left ventricular ejection fraction according to the duration of aortic cross clamping in VSD group.

감소를 보임으로써 양군간에는 유의한 차이가 있었다 ( $p < 0.05$ ) (그림 3).

대동맥차단시간의 장단에 따른 비교에서는 술중 대동맥차단시간 30분이하의 군과 그 이상인 군에서 술후 좌심실박출계수치가 각각 1.4%, 13.9%의 감소를 보임으로써 양군간에 유의한 차이가 있었다 ( $p < 0.01$ ) (그림 4).

심장절개방법에 따른 비교에서는 우심방 또는 폐동맥 절개를 실시한 군에서 6.4%, 그리고 우심실 절개를 실시한 군에서는 8.9%의 술후 감소를 보임으로써 양군간에는 별다른 차이가 없었다 (그림 5).

그리고, 심실중격결손의 봉합방법에 따른 술전·후 박출계수치의 비교에서는 1차 봉합군에서 5%, patch 봉합군에서는 14.2%의 술후 감소를 보임으로써, 양군간에 유의한 차이가 있었다 ( $p < 0.05$ ) (그림 6).

## 고 찰

심혈관의 혈액학적인 연구에 최초로 방사성 동위원소가 사용된 것은 1927년 Blumgart와 Weiss<sup>12)</sup>에 의해서 이루어졌으며, 이후 약 20년이 지나서야 Prinz-

metal<sup>13)</sup> 등이 Geiger-Muller count를 사용하여 first bypass radio-cardiogram에 대해서 기술하였다.

이후 1960년대에 들어서 새로운 기구들의 발명이 시작되어 1963년 Bender와 Blau<sup>14)</sup>에 의해서 처음으로 multicrystal scintillation camera를 사용한 연구가 행해졌다. 1970년대 전반기에 Van Dyke<sup>15)</sup> 등은 좌심실기능의 측정에 scintillation camera를 사용하는 방법을 기술하였으며, 후반기에 computer system이 도입되면서 임상적용 및 자료분석에 많은 진보를 가져왔다<sup>16)</sup>.

이러한 핵의학적인 심기능의 측정방법은 간단하고 안전하며 반복검사가 용이하면서도 높은 정확도를 가짐으로써<sup>8,9)</sup> 요사이 screening test로도 널리 이용되고 있다.

방사성 동위원소를 이용한 심기능의 측정방법에는 First-pass 법<sup>17)</sup>과 ECG gated blood pool scan법<sup>18)</sup>이 있다. 전자의 특징은 신속하고 간편하며, 주위 chamber의 방사능에 영향을 받지 않고 각 chamber의 방사능치를 얻을 수 있기 때문에, 특히 우심실의 기능이나 심장내의 단락을 판정하는데 아주 유용한 방법이다. 하지만, 한번의 방사성 동위원소 주입후, 일정한

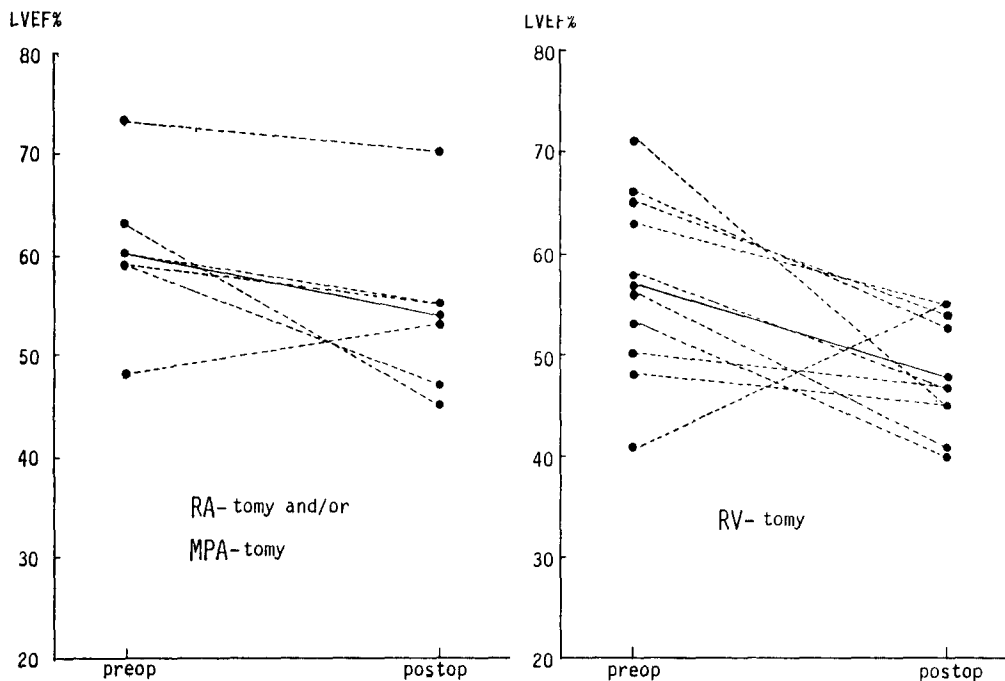


Fig. 5. Comparison of preoperative and postoperative left ventricular ejection fraction according to the cardiac incision in VSD group.

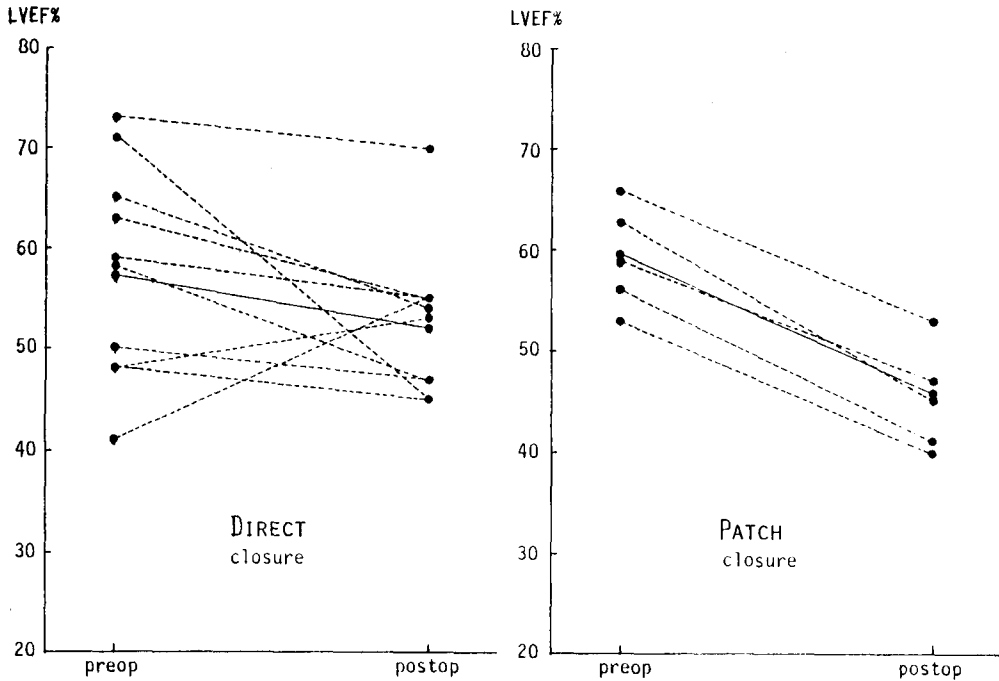


Fig. 6. Comparison of preoperative and postoperative left ventricular ejection fraction according to the closing methods of ventricular septal defect in VSD group.

view에서 순간적인 측정밖에 할 수 없으며, 특히 부정맥 존재시는 자료분석이 불가능하다는 단점을 가지고 있다.

이에 반해서, 저자들이 사용한 후자는 정맥주사한 추적자가 혈관 내에서 충분히 혼합평형이 된 후에 scintiscan을 실시하는 방법으로, 한번의 방사성 동위원소 주입후에도, 수시간동안 여러가지 view에 따라 regional wall motion을 관찰할 수 있기 때문에, 전자에서 놓칠 수도 있는 여러가지 유용한 정보를 얻을 수 있다는 잇점이 있다<sup>5)</sup>.

이것의 측정원리는 앞서 밝힌 바와 같이, 방사성동위원소를 주입후, 1회의 심박동주기(R-R interval)를 16 phase로 등분하여 각 phase의 추적영상을 구한 후, 좌심실의 이완기 말과 수축기 말의 방사능 계수 변동을 계산하여 좌심실박출계수를 산출하는 것이다<sup>19)</sup>.

좌심실의 기능을 평가하는 지수로서는 심박출량, 확장기말 좌심실압 및 내경, 심박출계수, 수축기 시간간격<sup>20)</sup>, shortening fraction, EPSS<sup>21)</sup> 및 circumferential fiber shortening의 평균속도<sup>22)</sup> 등이 있으나, 이중 심박출계수가 심근의 역학적 기능판정에 더욱 신뢰도가 높은 것으로 알려지고 있다<sup>23)</sup>.

심박출계수에 영향을 끼치는 요소로는 여러가지가 있으나, 수술로 인한 심근손상정도 및 술후 preload, afterload의 변화가 주된 요인이 된다<sup>27)</sup>.

결과에서 나타난 바와 같이, 심방중격결손과 청색증 선천성 심질환에서는 술후에 좌심실박출계수의 증가소를 나타내었는데 이는 개심술로서 심장내 단락교정과 우심실의 유출로를 확장시켜 줌으로써 초래된, 좌심실의 preload 증대 및 afterload 감소에 기인하는 것으로 판단된다.

Reduto<sup>24)</sup> 등은 16예의 활로써 4정증 환자를 개심술 후 약 10년동안 핵의학적 방법으로 좌심실기능을 관찰한 결과, 휴식시나 운동시에도 별 차이없이 기능이 잘 유지되었다고 보고하였다.

그리고 심실중격결손과 승모판질환에 있어서는 심실간의 좌우단락 및 우심방으로의 역류를 각각 없애줌으로써, 상대적인 좌심실의 afterload 증가로 인한 좌심실계수의 감소가 초래된 것으로 판단된다.

박<sup>25)</sup> 등은 승모판폐쇄부전환자의 판막치환술지후 (7일째)의 심에코상 검사에서 술전에 비해 좌심실 박출계수의 의미있는 감소가 있었다고 하였고, Doces와 Kennedy<sup>26)</sup> 등은 동일한 방법으로 술후 11개월간의 추적



연구결과, 이와 일치하는 결과를 보고하였다.

NYHA의 기능적 분류, 대동맥차단시간 및 pressor drug 사용유무에 따른 슬후 심박출계수의 비교에서는, 질병에 따른 심박출계수의 상이성이 매우 심하기 때문에, 상기 분류에 의한 비교에서는 유의성 있는 결론을 얻지 못했으며, 전체적인 분류보다는 각 질병에 따른 분류가 더욱 의의가 있을 것으로 사료되었다.

심실중격결손증 중에서 Qp/Qs가 2이상이었으며, 수축기 폐동맥압이 50 mmHg 이상이었던 군에서는, 좌심실의 비후에 따른 심근산소소비량의 증가 때문에, 슬후 심근손상이 심하였고<sup>27)</sup>, 또한 오랫동안 진행된 폐동맥 고혈압은 우심실의 afterload를 증가시킴으로써, 대조군에 비하여 슬후 좌심실박출계수의 뚜렷한 감소를 보였다.

그리고, 대동맥차단시간이 길수록 가중된 심근손상으로 인하여 슬후 좌심실박출계수의 현저한 감소가 초래됨을 알 수 있었으며, 이것은 안<sup>28)</sup> 등이 발표한 개심술시의 심근손상에 관한 고찰에서, 대동맥차단시간이 길었던 군이 짧았던 군에 비해 심전도상 허혈성 및 경색증 변화를 보이는 예가 현저히 많았다는 보고와 상통하였다.

심실중격결손의 봉합방법에 따른 슬전후 심실 기능의 비교에서는, 봉합방법의 난이도에 따라 대동맥차단시간이 길어지거나, 심실중격에 손상을 많이 입힐수록 심실 기능의 더욱 심한 장애를 초래할 수 있다는 결과를 얻었다.

## 요 약

경북대학교 의과대학 흉부외과학교실에서 1984년 3월부터 8월까지 6개월에 걸쳐, 개심술을 시행하였던 환자중, 30예에 대한 방사성 동위원소를 이용한 슬전후 좌심실박출계수를 조사관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

각 질병에 따른 슬전·후 좌심실박출계수의 변화에서, 심방중격결손과 청색증 심질환에서는 슬전에 비해 각각 약간의 증가를 나타낸 반면, 심실중격결손과 승모판 심질환에서는 각각 8.1%, 6.2%의 감소를 나타내었다.

전체질환에 있어서의 NYHA 기능적 분류, 대동맥차단시간 및 슬후 pressor drug 사용유무에 따른 비교에서는 각각 유의한 결론을 얻을 수 없었다.

심실중격결손증에서 Qp/Qs가 2.0 이상이었으며, 수축기폐동맥압이 50 mmHg 이상이었던 군에서 각각 17%

의 감소( $p < 0.01$ ) 및 14.7%의 감소( $p < 0.05$ )를 보임으로써 대조군들에 비하여 유의한 차이가 있었다.

심실중격결손증에 있어서, 대동맥차단시간에 따른 비교에서는 30분 이하군과 그 이상인 군에서 각각 1.4%, 13.9%의 감소를 보임으로써 양군간에 유의한 차이가 있었으며( $p < 0.01$ ), 심실중격결손의 봉합방법에 따른 비교에서는 1차봉합군에서 5%, patch봉합군에서 14.2%의 슬후 감소를 나타내었으며 양군간에는 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ).

## REFERENCES

1. Barger, L.M., Elliott, L.P., Soto, B., Bream, P.R., and Curry, G.C.: Axial cineangiography in congenital heart disease. Section 1. Concept, technical and anatomic considerations. *Circulation*, 56:1075-1083, 1977.
2. Pombo, J.F., Troy, B.L., and Russel, R.O.: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. *Circulation*, 49:480-488, 1971.
3. Zaret, B.L., Strauss, H.W., Hurley, P.J., Natarajan, T.K., and Pitt, B.: A noninvasive scintiphotographic method for detecting regional ventricular dysfunction in man. *NEJM*, 284:1165-1173, 1971.
4. Folland, E.D., Hamilton, G.W., Larson, S.M., Kennedy, J.W., Williams, D.L., and Ritchie, J.L.: The radionuclide ejection fraction: A comparison of three radionuclide techniques with contrast angiography. *J. Nucl. Med.*, 18:1159-1167, 1972.
5. Kaul, S., Boucher, C.A., Okada, R.D., Newell, J.B., Strauss, H.W., and Pohost, G.M.: Sources of variability in the Radionuclide angiographic assessment of ejection fraction: A comparison of first-pass and gated equilibrium techniques. *Am. J. Cardiol.*, 53:823-828, 1984.
6. Hegge, F.N., Hamilton, G.W., Larson, S.M., Ritchie, J.L., and Richards, P.: Cardiac chamber imaging: A comparison of red blood cells labeled with Tc-99m in vitro and vivo. *J. Nucl. Med.*, 19:129-134, 1978.
7. 정준기, 이정균, 김광원, 이명철, 조보연, 이영우, 고창순, 한만청: ECG gated cardiac blood pool scan에서 좌심실기능 분석에 관한 연구. 대한핵의학회잡지, 14: 29~40, 1980.
8. Antani, J.A., Wayne, H.H. and Kuzman, W.J.: Ejection phase indexes by invasive and non-invasive methods: An apex-cardiographic, echocardiographic and ventriculographic correlative study. *Am. J. Cardiol.*, 43:239-250, 1979.
9. Henning, H., Schelbert, H., Crawford, M.H., Karliner, J.S.,

- Ashburn, W., and O'rourke, R.A.: *Left ventricular performance assessed by radionuclide angiocardiology and echocardiography in patients with previous myocardial infarction. Circulation, 52:1069-1078, 1975.*
10. Operating instructions. Extended Cardiac Analysis Program, #940-940147, Siemens Gammasonics Inc., 1981.
  11. 신순희, 이규보 : 방사성 동위원소를 이용한 심실기능 검사. 경북의대잡지, 24 : 302~307, 1983.
  12. Blumgart, H.L., and Weiss, S.: *Studies on the Velocity of Blood Flow. VII. The Pulmonary Circulation Time in Normal Resting Individuals, J. Clin. Invest., 4:399-408, 1927.*
  13. Prinzmetal, M., Corday, E., and Sprizler, R.J.: *Radiocardiography and Its Clinical Applications, J. Am. Med. Assoc., 139:617-628, 1949.*
  14. Bender, M.A., and Blau, M.: *The Evaluation of Renal and Cardiac Dynamics with the Autofluoroscope, J. Nucl. Med., 4:186-195, 1963.*
  15. Van Dyke, D.C., Anger, H.O., Sullivan, R.W., Vetter, W.R., Yano, Y., and Parker, H.G.: *Cardiac Evaluation from Radioisotope Dynamics, J. Nucl. Med., 13:585-593, 1972.*
  16. Burow, R.D., Strauss, H.W., Singleton, R., Pond, M., Rehn, T., Bailey, I.K., Griffith, L.S.C., Nickoloff, E., and Pitt, B.: *Analysis of left ventricular function from multiple gated acquisition cardiac blood pool imaging, Circulation, 56:1024-1032, 1977.*
  17. Berger, H.J., Matthey, R.A., Pytlik, L.M., Gottschalk, A., and Zaret, B.L.: *First-pass radionuclide assessment of right and left ventricular performance in patients with cardiac and pulmonary disease, Semith. Nucl. Med., 9:275-283, 1979. (107 references)*
  18. Strauss, H.W., McKusick, K.A., Boucher, C.A., Bingham, J.B., and Pohost, G.M.: *Of Linens and Laces: The eighth anniversary of the gated blood pool scan, Semin. Nucl. Med., 9:296-303, 1979. (72 References)*
  19. Strauss, H.W., and Bortram, Pitt: *Cardiovascular nuclear medicine, 2nd Ed., The C.V. Mosby Co., 1982. p. 126-132.*
  20. Stefadourous, M.A. and Witham, A.C.: *Systolic time intervals by echocardiography. Circulation, 51:114-122, 1975.*
  21. Massie, B.M., Schiller, N.B., et al: *Mitral septal separation: New echocardiographic index of left ventricular function. Am. J. Cardiol., 39:1008-1016, 1977.*
  22. Paraskos, J.A., Grossman, W., Saltz, S., Dalen, J.E. and Dexter, L.: *A noninvasive technique for the determinations of velocity of circumferential fiber shortening in man. Circ. Res., 29:610-618, 1971.*
  23. Cohn, P.F. and Gorlin, R.: *Dynamic ventriculography and the role of the ejection fraction. Am. J. Cardiol., 36:529-537, 1975.*
  24. Reducto, L.A., Berger, H.J., Johnstone, D.E., Hellenbrand, W., Wackers, F.J., Whittemore, R., Cohen, L.S., Gottschalk, A., and Zaret, B.L.: *Radionuclide assessment of right and left ventricular exercise reserve after total correction of Tetralogy of Fallot, Am. J. Cardiol., 45:1013-1024, 1980.*
  25. 박표원, 이영균 : 승모판질환 환자의 수술전후 심 이코상의 좌심실기능 변화에 관한 고찰. 대한흉부외과 학회지, 15 : 53~60, 1982.
  26. Doces, J., and Kennedy J.W.: *Quantitative assessment of left ventricular function following successful mitral valve surgery, Am. J. Cardiol. 35(Abst): 132-139, 1975.*
  27. Hultgren, M.N., Miyagawa M., Buch W., Angell, W. W.: *Ischemic myocardial injury during cardiopulmonary bypass surgery. Am. Heart J. 85:167-175, 1973.*
  28. 안 혁, 이영균 : 개심술의 심근손상에 관한 고찰. 대한흉부외과학회지, 13 : 41~47, 1980.