

# 관상동맥질환에서 휴식기 심전도게이트혈액풀스캔을 이용한 각종 심기능 지표들의 평가 및 ROC 분석

서울대학교 의과대학 내과학교실

최창운 · 이동수 · 김상은 · 정준기 · 이명철  
박 영 배 · 서 정 돈 · 이 영 우 · 고 창 순

= Abstract =

## Evaluation of Various Cardiac Indices and ROC Analysis in Coronary Artery Disease Employing Resting ECG Gated Blood Pool Scan

Chang Woon Choi, M.D., Dong Soo Lee, M.D., Sang Eun Kim, M.D., June-Key Chung, M.D.  
Myung Chul Lee, M.D., Young Bae Park, M.D., Jung Don Seo, M.D.  
Young Woo Lee, M.D. and Chang-Soon Koh, M.D.

*Department of Internal Medicine, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea*

Gated blood pool scan is frequently used for evaluating the change in cardiac function in various cardiac diseases. But resting gated blood pool scan using only LVEF as a cardiac index has been consistently shown to have a low sensitivity, which is about 50%, in detecting coronary artery disease. So it is recommended to compare exercise gated blood pool scan to resting gated blood pool scan. Exercise tests, however, are not always possible, especially in patients with musculoskeletal diseases, recent myocardial infarction and in elderly persons.

We studied the usefulness of resting gated blood pool scan using multiple indices in evaluating the patients with coronary artery disease. Studied cases were 185 patients with coronary artery disease (angina pectoris 31, myocardial infarction 154) and 25 normals with low likelihood of coronary artery disease. We used <sup>99m</sup>Tc-labeled RBC, 740 MBq labeled by in vivo method. The data were evaluated by Micro DELTA computer program. The results were as following:

- 1) The ejection rates (PER, AER) and filling rates (PFR, AFR) were different in normals and patients with angina pectoris or myocardial infarction.
- 2) Mean phase angle, ejection rates and filling rates could separate normals from coronary artery disease patients with normal LVEF.
- 3) Regional ejection fraction was decreased at the site of the infarct in patients with myocardial infarction.
- 4) Peak filling rate was the the most detectable index in evaluation of cardiac function in patients with coronary artery disease.
- 5) The threshold at 1.5 standard deviation of normal range was considered as the most reliable cut-off value from ROC analysis.

These data suggest that the resting gated blood pool scan has an important role in the evaluation of cardiac functional changes using various cardiac indices in patients with coronary artery disease.

본 연구는 1992년도 서울대학교병원 임상연구비의 보조로 이루어 졌음.

## 서 론

## 대상 및 방법

최근 10년간 관상동맥질환 환자의 진단 방법에 많은 발전이 있었으며 또한 약물치료 및 경피적경혈관관상동맥성형술(PTCA), 관상동맥우회로이식술(CABG) 등 적극적 수술적 치료가 시행되고 있어 치료 효과의 정량적 평가가 필요하다. 핵의학 분야에서는 심근 관류스캔 방법으로 탈륨-201, 테크네슘-99m MIBI를 이용한 단일광자방출단층촬영술(SPECT)을 사용하여 심근 허혈부위를 진단할 수 있으며, 테크네슘-99m 피로인산(pyrophosphate), 항 미오신 항체 등을 이용하여 심근경색부위를 정량적으로 진단할 수도 있다. 또한 1971년 Strauss 등<sup>1)</sup>에 의해 심전도게이트혈액풀스캔(ECG gated blood pool scan)이 시행된 이후 심기능 평가에 많이 이용되고 있다. 심전도게이트혈액풀스캔은 비관혈적으로 간편히 심기능을 평가할 수 있으며 좌심실 박출계수를 비교적 정확하게 측정할 수 있다. 그러나 휴식기 심전도게이트혈액풀스캔에 의한 좌심실 박출계수 측정만으로는 관상동맥질환 환자의 약 50%에서만 이상소견이 관찰되며 운동부하 심전도게이트혈액풀스캔을 같이 시행하여 심장에 부하를 주어 그 변화를 측정하여 진단율을 높이고 있다<sup>2,9)</sup>. 그러나 모든 환자에서 운동부하 검사를 시행하기 어려우며 특히 골관절계 및 호흡기 질환 환자, 초기 심근경색 환자에서 운동부하 검사는 시행이 곤란하며 이 외에도 관상동맥질환 환자의 대부분이 고연령 환자임을 고려할 때 최대 운동부하 검사가 어려운 경우도 있으며, 치료 전 후의 심기능 변화의 측정 시에 일정한 운동부하와 심박동수를 유지하기 어렵다. 이 때문에 휴식기 심전도게이트혈액풀스캔에 대한 더욱 정밀한 분석이 요구되고 있다<sup>3,4)</sup>.

국내에서도 수년 동안 심기능을 정량적으로 평가하기 위하여 좌심실 수축계수, 국소수축률, 확장기능분석, 위상분석 등 다양한 지표들이 연구되었으며 개별적인 임상적 의의도 비교적 잘 알려져 있다<sup>5-11)</sup>. 저자들은 관상동맥질환 환자에서 시행한 휴식기 심전도게이트혈액풀스캔에서 이러한 지표들이 관상동맥질환군의 심기능 변화를 어느정도 반영하는가를 알아보고 각각 지표의 예민도를 수신자판단특성곡선(receiver operating characteristic curve: ROC curve)을 이용하여<sup>12)</sup> 분석하였다.

1989년 10월부터 1991년 4월까지 서울대학교병원에서 관상동맥질환으로 진단받고 휴식기 게이트혈액풀스캔을 시행한 185예(협심증: 31예, 심근경색증: 154예)와 병력 및 이학적 소견상 고혈압 및 심폐질환이 없고 심전도상 허혈성 변화가 없었던 관상동맥질환의 가능성이 낮은 정상인 25예를 대상으로 하였다. 관상동맥 환자들은 24시간전에 베타차단제, 칼슘 길항제의 투약을 중단하였다. 정상군 및 관상동맥 질환군의 연령 및 성별 분포는 Table 1과 같다. 휴식기 심전도게이트혈액풀스캔은 피로인산주석(stannous pyrophosphate)주사 후 30분 후에 <sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub><sup>-</sup> (740 MBq)를 다시 주사하는 체내표지법(in vivo labelling method)으로 환자의 적혈구를 표지하여 정맥주사후 10~20분 후에 안정 상태에서 시행하였다. 스캔은 전면상, 좌전사위(left anterior oblique view) 및 측면상을 각각 300만 카운트를 얻어 촬영하여 PDP-11컴퓨터(DEC 회사)에 입력하였고 자료 분석은 Micro DELTA 컴퓨터 프로그램을 이용하였다.

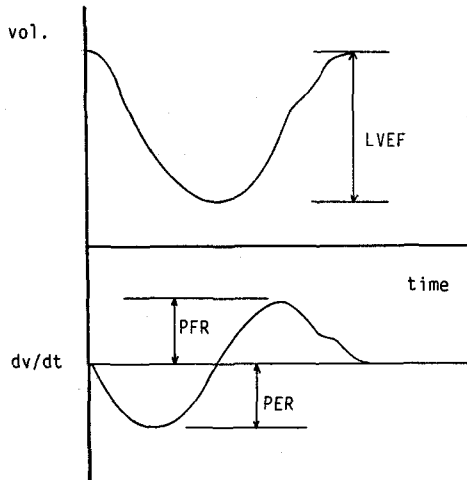
분석에 이용된 심지표(cardiac index)는 좌심실 및 우심실 심박출계수(LVEF, RVEF), 국소심박출계수(regional ejection fraction, REF), 평균위상각(mean phase angle, MPA), 전체반값폭(full width of half maximum, FWHM), 최대 및 평균 수축률(peak and average ejection rate, PER, AER), 최대 및 평균 이완률(peak and average filling rate, PFR, AER)이었다.

좌전사위 화면에서 정한 관심영역으로부터 좌(우)심실의 시간-방사능곡선을 구하여 좌(우)심실의 심박출계수를 측정하였고, 이 곡선의 일차미분곡선에서 수축률과 이완률을 얻었다(Fig. 1). 좌심실 국소심박출계수는 9개의 부분으로 나누어 계산하였으며 이중에서 중격, 첨하벽, 측벽이 서로 중복되지 않는 국소(3번, 5번, 7번)의 국소심박출계수를 각각 중격, 첨하벽, 측벽의 평가자료로 이용하였다(Fig. 2). 위상분석은 좌전사위 영상에서 주변혈관들의 간섭을 배제하기 위하여 방사능곡선에서 최대방사능값의 15% 미만의 화소(pixel)를 제외시킨 후 히스토그램을 구하였다<sup>10)</sup>.

통계분석은 one way ANOVA와 Scheffe's test, t-

**Table 1. Clinical Characteristics of the Patients with Coronary Artery Disease and Normal Control**

	Number	Mean Age	Male : Female
Normal	25	57 (36-77)	18 : 7
CAD	185	57 (29-86)	143 : 42
Angina	31	58 (30-78)	20 : 11
Infarction	154	57 (29-86)	123 : 31



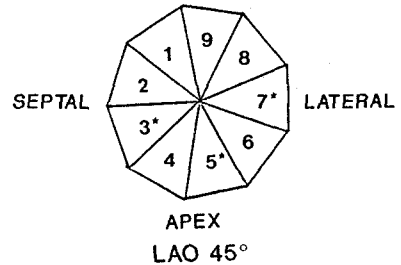
**Fig. 1.** Left ventricular ejection fraction, peak filling rate (PFR) and peak ejection rate (PER).

test를 이용하였고  $p < 0.05$ 인 경우 통계적 유의성을 인정하였으며 수신자판단특성분석을 이용하여 관상동맥질환군에서 심지표들의 유용성을 판정하였다.

### 결 과

1) 정상군과 협심증군, 심근경색증군의 각 지표의 분포는 Table 2와 같았다. 각군의 지표중에서 수축률(최대 및 평균)과 이완률(최대 및 평균)은 정상군, 협심증군, 심근경색증군 사이에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 좌심실 수축계수는 정상군과 심근경색군, 협심증군과 심근경색군 사이에는 유의한 차이가 있었으나 정상군과 협심증군 사이에는 차이가 없었다. 또한 전체반값폭은 정상군과 협심증군, 정상군과 심근경색증군 사이에 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었다(Table 3).

### REGIONAL EF (%)



**Fig. 2.** Regional ejection fractions (9 segments) measured in LAO 45° view: It was presented each other as septal (3), apicoinferior (5) and posterolateral (7) segment.

**Table 2. Various Cardiac Indices Among Normal and Patients of Angina Pectoris and Myocardial Infarction**

	Normal (25)	Angina (31)	Infarct (154)
LVEF	61.8±4.4	55.9±11.1	46.0±11.9
RVEF	50.2±3.8	49.2±6.4	48.6±5.4
MPA	158.6±17.7	148.0±22.1	141.1±21.2
FWHM	30.4±7.8	33.9±9.7	38.8±12.2
PER	2.97±0.48	2.26±0.60	1.85±0.50
AER	2.29±0.33	1.87±0.48	1.54±0.45
PFR	2.62±0.50	1.83±0.68	1.49±0.39
AFR	1.81±0.52	1.27±0.49	1.00±0.32

(Mean ± SD)

2) 관상동맥질환군 185예 중에서 73예 (39.5%)에서 좌심실 수축계수가 정상(LVEF>53% : 평균-2 표준편차)이었다. 이중 협심증군은 31예 중에서 19예 (61.3%), 심근경색증군은 153예 중에서 54예 (35.3%)에서 좌심실 수축계수가 정상이었다. 정상군과 정상좌심실 수축계수(LVEF>53%)인 관상동맥질환군 사이에는 평균위상각과 최대 및 평균 수축률과 최대 및 평균 이완률이 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었다(Table 4).

3) 심근 경색부위의 좌심실수축계수 및 국소심박출계수는 Table 5와 같다. 정상 국소심박출계수는 중격 54.0±12.2%, 첨하벽 63.4±10.5%, 측벽 62.0±7.9%이었으며 중격의 국소심박출계수가 첨하벽과 측벽에 비하여 통계적으로 유의하게 낮았다( $p < 0.01$ ). 전체

-최창운외8인 : 관상동맥질환에서 휴식기 심전도게이트혈액플스캐를 이용한 각종 심기능 지표들의 평가 및 ROC 분석-

전벽 심근경색증 환자군에서 심실중격, 첨하벽, 측벽의 세 부위의 국소심박출 계수가 감소되어 있었으며 전중격 경색과 전측벽경색 환자에서는 각각 심실중격, 측벽의 국소심박출계수의 통계적으로 유의한 저하가 관찰되었

으나 첨하벽경색환자에서는 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

4) 관상동맥조영술을 시행한 62예의 환자중에서 단일 혈관질환군 28예, 2혈관질환군 21예, 3혈관질환 13예 이었으며 이들 군들의 지표 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 6).

5) 정상군과 협심증군의 최대 수축률과 최대 이완률의 분포는 Fig. 3과 같으며 정상군은 상관계수  $r=0.543$  ( $p<0.01$ ), 협심증군은 상관계수  $r=0.739$  ( $p<0.001$ )의 상관관계가 있었으며 정상군과 협심증군 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p<0.01$ ).

6) 수신자판단특성곡선 분석에서 관상동맥질환군의 진단에 최대이완률(PFR)이 가장 적합한 지표이었다(Fig. 4).

7) 여러 심기능 지표들의 정상값의 1.5 표준편차를 기준으로 판정할 때 심근경색군과 협심증군에서 낮은 위양성률(0.12)과 높은 진양성률(심근경색증 0.95, 협심증 0.77)을 관찰할 수 있었다(Fig. 5).

**Table 3 Comparison of Cardiac Indices Among Normal (NL) and Patients of Angina Pectoris (AP) and Myocardial Infarction (MI)**

	NL-AP	NL-MI	AP-MI
LVEF	-	+	+
RVEF	-	-	-
MPA	-	-	-
FWHM	+	+	-
PER	+	+	+
AER	+	+	+
PFR	+	+	+
AFR	+	+	+

+ ;  $p < 0.05$  - ;  $p > 0.05$   
 statistical analysis by one way ANOVA and Scheffe's test.

**Table 4. Comparison of Cardiac Indices between Normal and Patient of CAD with Normal LVEF (>53%)**

	Normal (25)	CAD (73)	P-value
LVEF	61.8±4.4	58.9±5.0	NS
RVEF	50.2±3.8	48.3±6.0	NS
MPA	158.6±17.7	142.9±18.4	<0.02
FWHM	30.4±7.8	33.6±8.5	NS
PER	2.97±0.48	2.37±0.39	<0.001
AER	2.29±0.33	1.99±0.32	<0.001
PFR	2.62±0.50	1.80±0.38	<0.001
AFR	1.81±0.52	1.27±0.34	<0.001

statistical analysis by t-test (Mean ± SD)

## 고 안

관상동맥질환에서 심기능변화 특히 좌심실기능의 변화는 환자의 예후와 관계 깊다<sup>19)</sup>. 관상동맥질환의 범위가 크지 않은 심근경색 또는 협심증 환자에서 심수축기능의 변화보다 이완기능의 변화가 선행되며, 허혈부위가 심한 경우는 수축기능의 이상이 동반된다. 이러한 심기능의 변화를 평가하는 방법으로 방사성동위원소를 이용한 심전도게이트혈액플스캐는 혈중의 동위원소의 농도가 평형인 상태에서 심실의 용적변화를 직접 측정하므로 비교적 정확히 검사할 수 있으며 또한 컴퓨터시스템을 이용한 분석으로 초기의 경미한 변화를 인지할 수 있

**Table 5. Correlation with Regional Ejection Fraction and Infarct Location**

	Normal (25)	EA (11)	AS (27)	AL (5)	INF (29)
LVEF	61.8*	34.4*	46.1	43.0	52.4
REF-Septal	54.0	25.0*	28.7*	47.6	42.9
REF-Apicoinf.	63.4	23.4*	46.9	41.0	41.8
REF-Lateral	62.0	43.0*	54.8	35.8*	58.2

\* : statistical difference ( $p < 0.05$ ) with other infarction groups

+ : mean value (standard deviation is not presented)

EA : extensive anterior

AS : anteroseptal

AL : anterolateral

INF : inferior

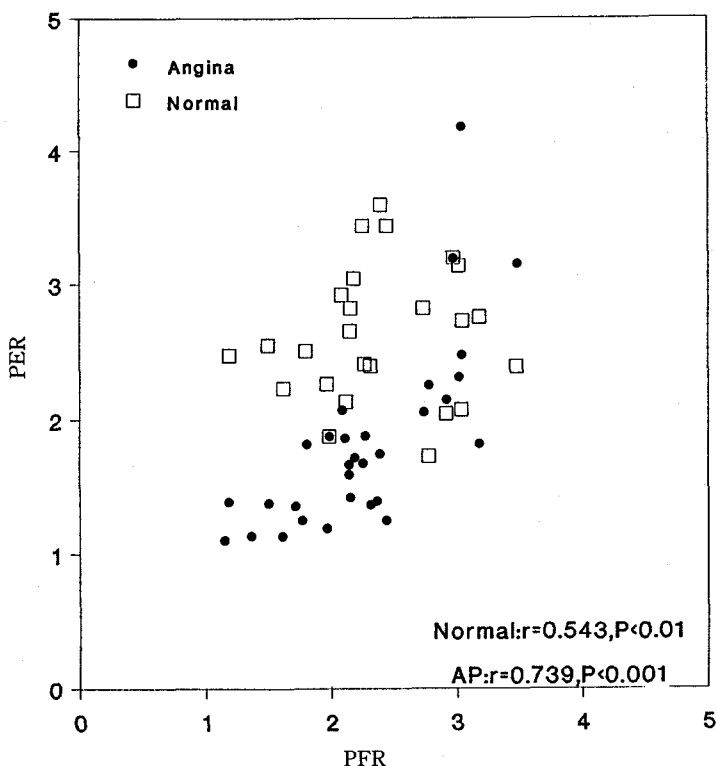


Fig. 3. Distribution of PER and PFR in Normals and Patients with Angina Pectoris

Table 6. Comparison of Various Cardiac Indices According to Number of Abnormal Vessel in Coronary Angiography in Myocardial Infarction Patients

	1-vessel (28)	2-vessel (21)	3-vessel (13)
LVEF	44.0±11.6	44.9± 8.6	47.4±13.0
RVEF	44.6± 5.2	47.6± 5.1	48.2± 6.6
MPA	144.1±15.8	141.3±26.3	138.0±18.9
FWHM	37.7±11.5	43.3±12.8	45.0±11.6
PER	1.8± 0.5	1.8± 0.3	1.9± 0.6
AER	1.5± 0.4	1.4± 0.3	1.5± 0.6
PFR	1.4± 0.3	1.5± 0.4	1.5± 0.4
AFR	0.9± 0.3	0.9± 0.3	1.0± 0.3

(Mean ± SD)

고 비침습적으로 반복해서 검사할 수 있어 관상동맥질환 환자의 심기능 평가방법으로 유용하다.

좌심실의 용적 곡선을 측정할 때 한 심박동을 여러 frame으로 나누어 측정하며 대개 20 frame 이상으로

나누어 측정한다. 그러나 32 frame 이상으로 세분하여 분석할 경우 더욱 정확한 최대이완률, 최대수축률 및 국소심박출계수를 측정할 수 있어 치료전후의 경미한 심기능 변화를 평가할 수 있다<sup>26)</sup>.

협심증 환자군에서 휴식기의 좌심실 수축계수의 변화는 심하지 않아 정상대조군과 차이가 없었으나 수축률과 이완률의 변화를 측정하여 심기능의 변화를 측정할 수 있었다. 즉 대상 관상동맥질환자의 39.5%(협심증환자의 61.3%)에서 좌심실 수축계수가 정상이었으며, 이들 정상 좌심실 수축계수인 관상동맥질환 환자군에서도 다양한 지표에서 이상이 관찰되었다. 특히 운동부하를 하지 않은 휴식기에서 이들 지표가 변화하였으며, 최대이완률과 최대수축률을 측정하여 휴식기 게이트혈액풀스캔으로 관상동맥 질환의 심기능 변화를 조기 진단할 수 있을 것으로 생각되었다. 휴식기 게이트혈액풀스캔 상에서 심근경색증환자 중 전벽경색증환자에서 하벽경색증환자에 비하여 좌심실 수축계수가 더 저하되었으며 반면에 이상 관상동맥 수에 의한 심기능 지표의 차이는 관찰되지 않

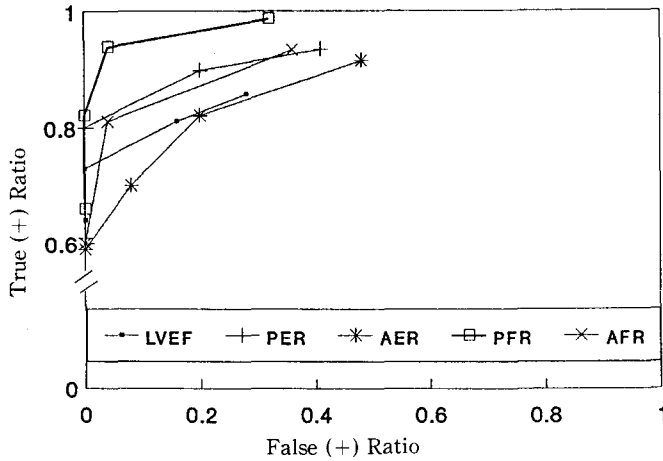


Fig. 4. Characteristics of various cardiac indices analysed by receiver operating curve in patients with myocardial infarction: PFR is the most sensitive index among these indices.

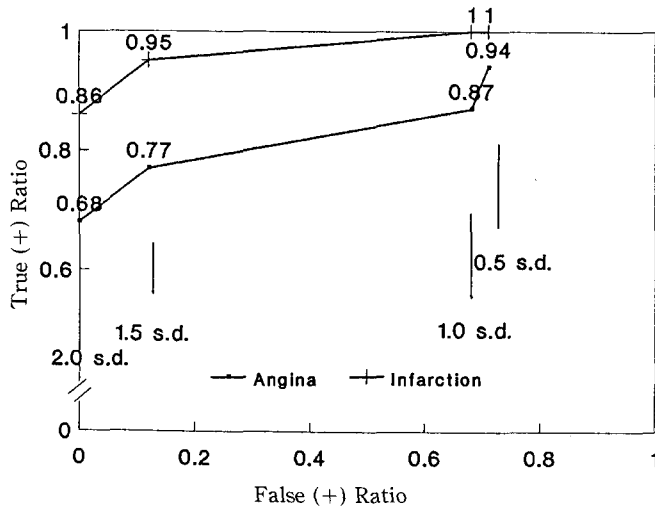


Fig. 5. ROC analysis using all cardiac indices: Threshold at 1.5 s.d. of normal value is most reliable.

았다. 이는 심근경색의 크기와 경색 위치에 의해 좌심실 수축계수가 좌우된다는 Mahmarian 등<sup>14)</sup>과 Russell 등<sup>15)</sup>의 보고를 반증하는 결과이다.

좌심실 이완기능 저하는 관상동맥질환 환자에서 수축기능 변화 이전에 관찰된다. 심근경색환자에서 경색부위의 섬유화, 심실운동의 불일치 등의 원인에 의하여 유발되며<sup>16)</sup>, 심근경색이 없는 심근의 허혈 부위에도 허혈에 의한 심근세포 안으로 칼슘 이동장애가 유발되어 이완기능

이 저하된다<sup>17)</sup>. 이러한 이완기능 저하를 최대 및 평균 이완률이 반영한다. 그러나 최대이완률은 연령이 증가함에 따라 감소되고<sup>18,19)</sup>, 심근비후가 동반된 심질환에서 저하되며<sup>20)</sup>, 심기능의 변화를 줄 수 있는 베타차단제, 칼슘길항제 등 다양한 약제에 의해서 변화되므로<sup>21)</sup> 판정에 주의를 요한다.

관상동맥질환의 심기능 변화를 반영하는 가장 예민한 지표는 최대 이완률이다. 본 연구에서도 ROC 곡선 분

석에서 최대 이완률이 가장 예민한 지표였으며, 최대 이완률과 최대수축률을 동시에 비교하여 협심증환자의 경미한 심기능 변화를 조기에 발견할 수 있었다.

Fourier 분석에 의한 심장 위상분석은 전체반값폭(FWHM)과 위상각(phase angle)이 관상동맥질환 환자의 심기능변화를 잘 반영한다<sup>10)</sup>. 위상분석이 전체적인 심장의 시간-방사능곡선(time-activity curve)을 반영하고 심장의 전체적인 또는 국소운동을 평가할 수 있고 심실과 심방을 명확하게 구분할 수 있는 장점이 있으나 관상동맥질환에서 심장의 경미한 기능 변화를 반영하기에는 국소수축계수 보다 덜 예민하며<sup>22)</sup>, 부정맥이나 전도장애에 평가에 보다 유용하다<sup>23,24)</sup>.

국소 심박출계수는 좌심실 수축계수보다 관상동맥 환자에서 국소벽운동 이상을 평가할 수 있는 예민한 검사 지표이다. 본 연구에서는 좌전사위에서 좌심실의 벽을 각각 심실중격(septal), 첨하벽(apicoinferior), 후측벽(posterolateral)로 구분하여 측정하였으며 정상대조군에서 첨하벽의 국소심박출계수가 가장 크며 심실중격의 국소심박출계수가 가장 낮았으며 Maddox 등<sup>25)</sup> Papapierto 등<sup>26)</sup>의 보고와 일치되는 결과이다. 심실중격 부위는 관상동맥조영술 검사와 비교하여 좌전하행지(LAD)를 잘 반영하고 후측벽(posterolateral segment)은 좌회선지(LCX)를 비교적 잘 반영한다<sup>27)</sup>. 그러나 첨하벽은 세 관상동맥 영역이 중첩되어 있어 이들 중 어느 단일 혈관질환을 잘 반영하지는 못한다. 본 연구에서도 심실 중격부위와 측벽부위는 그 경색부위에 따라 국소심박출계수가 저하되었으나 첨하벽 부위는 하벽 경색환자에서 다른 부위와 통계적으로 유의하게 저하되지 않았다.

검사치의 정상과 비정상을 구분하는 cut-off value를 수신자판단특성곡선 분석을 이용하여 측정하였으며, 정상값의 1.5 표준편차를 기준으로 할때 가장 정확도가 높았으며 이에 대한 임상적인 추시와 이용이 필요할 것으로 생각된다.

관상동맥질환 환자의 심기능을 정량적으로 평가하는 방법으로 심전도게이트혈액플스캔이 많이 이용되고 있다<sup>13)</sup>. 좌심실 수축계수는 심근경색 환자의 입원기간 동안의 예후 및 장기간의 사망률을 반영하는 지표이다. Schelbert 등<sup>28)</sup>은 급성 심근경색환자에서 초기 좌심실 수축계수의 정도와 조기 사망률이 상관관계가 있음을 보고하였고, 다른 보고<sup>29)</sup>에서는 좌심실 수축계수의 정도

와 일년간 사망률과 상관관계가 있음을 보고하였다. 또한 운동부하 심전도게이트혈액플스캔을 이용하여 관상동맥 환자에서 좌심실 수축계수만으로 예민도 90%, 특이도 58% 정도의 진단률을 보고하였다<sup>30)</sup>. 그러나 운동부하검사는 환자의 심장의 예비능을 동시에 측정할 수 있는 장점이 있는 반면에 같은 환자에서도 운동부하의 정도<sup>31)</sup> 및 심박동수의 변화에 따라<sup>32)</sup> 그 지표들이 변할 수 있으며 따라서 추적 검사의 판정시 운동부하 정도 및 심박동수를 일정하게 유지할 필요가 있다. 반면에 휴식기 심전도게이트혈액플스캔에서 좌심실 수축계수만으로는 낮은 예민도를 가지며<sup>30)</sup>, 따라서 단일지표만으로는 심기능 변화를 예민하게 평가 할 수는 없으나 다양한 지표를 이용하여 환자에 부담을 주지 않으면서 운동 부하 검사를 시행하기 어려운 환자에서도 일정한 상태에서 반복검사를 할 수 있는 휴식기 심전도게이트혈액플스캔은 임상적으로 특히 치료 전후의 심기능 비교 및 추적검사에 유용한 검사 방법으로 생각되었다.

본 연구에서는 관상동맥질환 환자의 심기능 평가 방법으로 현재에 많이 이용되고 있는 심전도게이트혈액플스캔을 부하를 가하지 않은 휴식기에서 검사하여, 컴퓨터 분석을 이용한 다양한 지표들을 이용하여 관상동맥질환 환자의 심기능을 평가할 수 있는 가를 알아 보았다. 향후 심근의 관류 저하 정도와 심기능 변화에 대한 연구와, 또한 경피적경혈관관상동맥성형술, 관상동맥우회로 이식술 등 다양한 치료 후의 심기능 변화에 대한 연구가 필요할 것으로 생각되었다.

## 결 론

저자들은 관상동맥질환환자들의 진단에 휴식기 게이트혈액플스캔을 시행하여 여러 심기능 지표를 이용하여 임상적 이용성을 분석하였다. 연구대상은 관상동맥질환 환자 185예의 환자(협심증 31예, 심근경색증 154예)와 정상대조군 25예의 환자를 대상으로 하였다. 생체내표지법으로 표지된 <sup>99m</sup>Tc-RBC 740 MBq를 환자에 주사하여 10분후 안정된 상태에서 휴식기 게이트혈액플스캔을 시행하였으며 Micro DELTA program을 이용하여 분석하였다.

정상대조군, 협심증군 및 심근경색증군 사이에 최대 및 평균 수축률과 이완률이 유의한 차이가 있었으며, 정상대조군과 정상심박출계수(>53%)인 관상동맥질환군

사이에도 이들 심기능지표와 평균위상각이 유의한 차이가 있었다. 또한 심근경색부위의 국소심박출계수의 저하를 확인할 수 있었다. 수신자판단특성분석을 이용하여 각 심기능지표들을 분석하였으며, 이들 중에서 최대이완률이 가장 예민하게 관상동맥질환 환자의 심기능 변화를 반영하였으며 정상값의 1.5 표준편차를 기준으로 판정할 경우 가장 정확도가 높았다.

이상의 결과로 휴식기 게이트혈액풀스캔을 이용하여 수축 및 이완기의 각종 심기능지표를 이용하면 휴식기 검사 만으로도 관상동맥질환 환자의 심기능 변화 및 위치를 정확히 평가할 수 있었다.

### REFERENCES

- 1) Strauss HW, Zaret BL, Hurley PJ, Natarajan TK, Pitt B: *A scintiphotographic method for measuring left ventricular ejection fraction in man without cardiac catheterization. Am J Cardiol* 28:275, 1971
- 2) Borer JS, Kent KM, Bacharach SL, Green MV, Rosing DR, Seides SF, Epstein SE, Johnston GS: *Sensitivity, specificity and predictive accuracy of radionuclide cineangiography during exercise in patients with coronary artery disease. Circulation* 60: 572, 1979
- 3) Pace L, Bacharach SL, Bonow RO, Cannon RO, Green MV, Larson SM: *Diagnosis of coronary artery disease by radionuclide angiography: effect of combining indices of left ventricular function. J Nucl Med* 30:1966, 1989
- 4) Brady TJ, Thrall H, Lo K, Pitt B: *The importance of adequate exercise in the detection of coronary heart disease by radionuclide ventriculography. J Nucl Med* 21:1125, 1980
- 5) 정준기, 이정균, 김광원, 이명철, 조보연, 이영우, 고창순 : *ECG gated cardiac blood pool scan* 에서 좌심실 기능 분석에 관한 연구. 대한핵의학회잡지 14:29, 1980
- 6) 고창순, 정준기, 박선양, 이명철, 조보연, 이영우 : 급성 심근 경색증에서 *Gated Blood Pool Scan* 을 이용한 부위별 좌심실 수축계수 측정에 관한 연구. 대한내과학회잡지 25:1199, 1982
- 7) 안용태, 김병태, 박영배, 이명철, 조보연, 서정돈, 이영우, 고창순, 이문호 : 방사성동위원소 *gated cardiac blood pool scan* 을 이용한 좌심실 벽운동에 관한 연구. 대한핵의학회잡지 17:113, 1983

- 8) 최창운, 임상무, 정준기, 이명철, 박영배, 서정돈, 이영우, 고창순 : 관상동맥질환에서 *gated blood pool scan* 을 이용한 좌심실 확장기능의 분석. 대한핵의학회지 20:39, 1986
- 9) 최창운, 정준기, 박영배, 이명철, 조보연, 이영우, 고창순 : 관상동맥질환에서 운동부하 *Gated Blood Pool Scan* 에 의한 좌심실 기능의 분석. 대한내과학회잡지 32:770, 1987
- 10) 이강욱, 정준기, 오병희, 박영배, 이명철, 이영우, 고창순 : 관상동맥질환환자에서 방사성 동위원소 위상분석에 의한 심근 국소 운동의 평가. 대한핵의학회지 21:167, 1987
- 11) 이경환, 최윤희, 이범우, 문대혁, 궁성수, 정준기, 이명철, 고창순 : 관상동맥질환에서 심장풀스캔의 육안적 평가에 대한 ROC 분석. 대한핵의학회지 23:175, 1989
- 12) Metz CE: *Basic principles of ROC analysis. Semin Nucl Med* 8:283, 1987
- 13) Jones RH: *Use of radionuclide measurement of left ventricular function for prognosis in patients with coronary artery disease. Semin Nucl Med* 17:95, 1987
- 14) Mahmarian JJ, Pratt CM, Borges-Neto S, Cashion WR, Roberts R, Verani MS: *Quantification of infarct size by <sup>201</sup>Tl single photon emission computed tomography during acute myocardial infarction in humans: comparison with enzymatic estimates. Circulation* 78:831, 1988
- 15) Russell RO Jr, Hunt D, Rackley CE: *Left ventricular hemodynamics in anterior and inferior myocardial infarction. Am J Cardiol* 32:8, 1973
- 16) Bonow RO, Bacharach SL, Green MV, et al: *Impaired left ventricular diastolic filling in Patients with coronary artery disease: Assessment with radionuclide angiography. Circulation* 64:315, 1981
- 17) Paulus WJ, Serizawa T, Grossman W: *Altered left ventricular properties during pacing induced ischemia in dogs with coronary stenosis. Circ Res* 50: 218, 1982
- 18) Miller TR, Grossman SJ, Schectman KB, Biello DR, Ludbrook PA, Ehsani AA: *Left ventricular diastolic filling and its association with age. Am J Cardiol* 58:531, 1986
- 19) Iskandrian AS, Hakki AH: *Age-related changes in ventricular diastolic performance. Am Heart J* 112: 75, 1986
- 20) Sanderson JE, Traill TA, St. John Sutton MG, et al: *Left ventricular relaxation and filling in hypertro-*



- phic cardiomyopathy. Br Heart J* 40:596, 1978
- 21) Bonow RO, Leon MB, Rosing DR: *Effect of verapamil and propranolol and left ventricular systolic function and diastolic filling in patients with coronary artery disease: Radionuclide angiographic studies at rest and during exercise. Circulation* 65:1337, 1981
- 22) Norris LS, Slutsky RA, Gerber KH, Geiss KR, Ashburn WL, Higgins CB: *Sensitivity and specificity of nuclear phase analysis versus ejection fraction in coronary artery disease. Am J Cardiol* 53:1547, 1984
- 23) Botvinick EH, Fraiss MA, Shosa DW, O'Connell JW, Pacheco-Alvarez JA, Scheinman M, Hattner RS, Morady F, Faulkner DB: *An accurate means of detecting and characterizing abnormal patterns of ventricular activation by phase imaging analysis. Am J Cardiol* 50:289, 1982
- 24) Nakajima K, Bunko H, Tada A, Taki J, Tonami N, Hisada K, Misaki T, Iwa, T: *Phase analysis in the Wolff-Parkinson-White syndrome with surgically proven accessory conduction pathways: concise communication. J Nucl Med* 25:7, 1984
- 25) Maddox DE, Wynne JW, Uren R, Parker JA, Idoine J, Siegel L, Neil JM, Cohn PF, Holman BL: *Regional ejection fraction: A quantitative radionuclide index of regional left ventricular performance. Circulation* 59:1001, 1979
- 26) Papapietro SE, Yester MV, Logic JR, Tauxe WN, Mantle JA, Rogers WJ, Russel RO Jr, Rackley CE: *Method for quantitative analysis of regional left ventricular function with first pass and gated blood pool scintigraphy. Am J Cardiol* 47:618, 1981
- 27) Rocco TP, Dilsizian V, Fischman AJ, Strauss HW: *Evaluation of ventricular function in patients with coronary artery disease. J Nucl Med* 30:1149, 1989
- 28) Schelbert BR, Hennig H, Ashburn WL, Verba JW, Karliner JS, O'Rourke RA: *Serial measurements of left ventricular ejection fraction by radionuclide angiography early and late after myocardial infarction. Am J Cardiol* 38:407, 1976
- 29) The multicenter postinfarction research group: *Risk stratification and survival after myocardial infarction. N Eng J Med* 309:331, 1983
- 30) Jones RH, McEwan P, Newman GE, Port S, Rerych SK, Scholz PM, Upton MT, Peter CA, Austin EH, Leong KH, Gibbons RJ, Cobb FR, Coleman RE, Sabiston DC Jr: *Accuracy of diagnosis of coronary artery disease by radionuclide measurement of left ventricular function during rest and exercise. Circulation* 64:586, 1981
- 31) Brady TJ, Thrall JH, Clare JM, Rogers WL, Lo K, Pitt B: *Exercise radionuclide ventriculography: practical considerations and sensitivity of coronary artery disease detection. Radiology* 132:697, 1979
- 32) Adachi H, Sugihara H, Nakagawa H, Inagaki S, Kubota Y, Nakagawa M: *Correlation of heart rate and radionuclide index of left ventricular contraction and relaxation. Ann Nucl Med* 3:95, 1990