

## 관상동맥 질환에서 Radionuclide Angiography(MUGA)를 이용한 좌심실기능 측정에 관한 연구

연세대학교 의과대학 내과학교실

권혁문 · 김현승 · 박효진 · 이재순

연세대학교 의과대학 방사선과 핵의학실

우 성 현

= ABSTRACT =

### A Study on Left Ventricular Function Evaluation with Radionuclide Angiography in Coronary Artery Disease

Hyuck Moon Kwon, M.D., Hyun Seung Kim, M.D., Hyo Jin Park, M.D.,  
Jae Soon Lee, M.D.

*Department of Internal Medicine, Yonsei University, College of Medicine*

Sung Hyun Woo, R.T.

*Department of Nuclear Medicine, Yonsei University, College of Medicine*

A number of noninvasive technics have been advocated as reflecting left ventricular performance. These methods include systolic time intervals, echocardiography and imaging of the left ventricular chamber with radionuclides during systole and diastole.

Radionuclide evaluation of left ventricular function by means of the gamma camera and gating currently appears to be the most reliable noninvasive method for approximating angiographic evaluation of left ventricular performance.

Utilizing the radionuclide angiography, we measured the left ventricular function in 19 normal healthy control, 60 patients with coronary artery diseases 7 patients with dilated cardiomyopathy, 5 patients with hypertension.

1) Left ventricular ejection fraction decreased in 12 patients with anterior myocardial infarction ( $39.9 \pm 11.6\%$ ), 17 patients with inferior myocardial infarction ( $49.9 \pm 8.4\%$ ) and 7 patients with dilated cardiomyopathy ( $19.0 \pm 5.8\%$ ), and there was a statistically significant difference compared with 19 normal control group ( $63.5 \pm 8.2\%$ ) ( $p < 0.005$ ).

However there were no statistically significant difference between normal control group, patients with hypertension ( $58.8 \pm 7.6\%$ ) and patients with angina pectoris ( $60.1 \pm 6.5\%$ ).

2) Left ventricular ejection fraction decreased in both anterior and inferior myocardial infarction, and there was a statistically significant difference between both groups ( $p < 0.01$ ).

All 13 patients with acute myocardial infarction had abnormal LVEF ( $40.5 \pm 9.1\%$ ) which was significantly lower than that of 16 patients with old myocardial infarction ( $50.1 \pm 10.5\%$ ) ( $p < 0.01$ ).

## 서 론

관상동맥질환 및 심근질환과 각종 심질환에 있어서 좌심실 기능의 평가는 그 진단 및 치료후의 경과 관찰에 중요하다. 특히 관상동맥질환은 근래에 우리나라에서 발생빈도가 증가일로에 있는 질환으로서 이 질환의 임상경과 중 좌심실의 기능상태를 평가하는데 있어 좌심실의 심박출계수(ejection fraction, 이하 EF)와 용적의 측정은 left ventricular filling pressure, cardiac index, stroke work 등 보다도 더 예민함은 잘 알려져 있다<sup>23)</sup>.

좌심실의 심박출계수와 좌심실벽의 운동상태를 평가할 수 있는 검사로는 좌심실조영술과 심초음파도가 있으나 전자는 시술의 어려움과 위험이 있고, 관혈적이며, 후자는 비관혈적이나 단편적이고 부정확한 단점이 있다.

1971년부터 gated cardiac blood pool scan 이 임상에서 심실기능의 평가에 이용되고서부터 심박출계수 측정은 물론 좌심실용적 측정 및 심실벽 운동상태를 평가할 수 있는 정확하고 반복 검사할 수 있는 비관혈적인 검사로서 각종 심장 질환에서 경과 관찰 및 예후판정등에 유용하다<sup>1)</sup>.

저자들은 1986년 1월부터 1986년 9월까지 연세대학교 영동세브란스병원 내과에 내원하여 Radionuclide Angiography(multiple-gated radionuclide cineangiogram 이하 MUGA)를 정상대조군과 심근경색증 및 협심증환자와 각종 심질환에 시행하여 안정시 좌심실심박출계수를 구하여 비교 관찰한 바 그 결과를 문헌 고찰과 함께

보고하는 바이다.

## 대상 및 방법

### 1) 대 상

대상환자는 정상대조군 19명, 협심증 환자 31명, 전벽 심근경색증 환자 12명, 하벽 심근경색증 환자 17명, 울혈성 심근병증 환자 7명, 고혈압 환자 5명이었다(Table 1).

정상대조군은 이학적 및 검사소견상, 심장질환이나 기타 심장기능에 영향을 미칠 수 있는 질환을 발견할 수 없는 건강인으로 하였고 심실벽운동에 영향을 줄 수 있는 약물을 투여한 환자는 대상에서 제외하였다.

심근경색증은 특징적인 임상증상, 심전도 및 혈청효소의 변화로 확진된 예에 한하였고, 심근병증은 임상소견, 흉부 X선, 심전도, 심초음파도 등에서 다른 심질환의 가능성을 모두 배제할 수 있었던 예들이었고 전예가 울혈성 심근병증 환자

Table 1. Grouping of the study cases

Group	No. of cases
I. Normal Healthy Control	19
II. Angina Pectoris	31
III. Anterior Myocardial Infarction	12
IV. Inferior Myocardial Infarction	17
V. Dilated Cardiomyopathy	7
VI. Hypertension	5
Total	91

이다.

또한 협심증 환자에서는 심전도 및 혈청요소의 변화를 관찰할 수 없었지만, 운동부하시 심전도 상 ST segment 하강과 전형적인 흉통을 호소하는 예들이었다.

## 2) 검사방법

와위에서  $^{99m}\text{Tc}$ -Human Serum Albumin 20 mCi를 전주정맥(antecubital vein)에 주사하고 5~10분후 방사성핵종(radionuclide)이 심혈관내에 균일하게 퍼진후에 gamma camera(General Electric Maxcamera 400AT) detector를 좌심실과 우심실 및 심방과 심실의 분리가 잘 되도록 좌전사위 30~45° 및 5~10° caudal angulation으로 하고 심실의 국소적 벽운동(regional wall motion)상태를 정확히 측정하기 위해 high resolution collimators를 사용했다.

자료 수록은 microprocessor에 기록하고 software를 이용하여 분석했다.

심전도를 부착하여 각 심방주기의 R wave를 trigger로 하여 R wave시작을 기점으로 일정한 시간 간격으로 자료를 수록했다. 즉 하나의 R-R 간격을 16개의 화면으로 등분하여 자료를 수록하고, 안정시 각 화면마다 40msec동안 수록하였다. 이러한 방법으로 500주기를 모아 분석하였고, 컴퓨터에 수록된 각 화면에서 심실에 관심영역(region of interest: ROI)과 심실 주위에 배후방사능 제거를 위한 ROI를 각각 정하여 심실내 방사능에서 배후의 방사능을 뺀 후 시간-방사능(time-activity curve)를 그리고 수축기말과 확장기말 방사능치를 구한 다음 공식에 의해 심박출계수를 산출하였다.

$$\text{심박출 계수} = \frac{C_{ED} - C_{ES}}{C_{ED} - C_{BKG}}$$

$C_{ED}$  = 확장기말 방사능치

$C_{ES}$  = 수축기말 방사능치

$C_{BKG}$  = 배후방사능치

이렇게 하여 안정시 좌심실 심박출계수와 좌심실 국소적 벽운동을 심질환의 임상소견 및 검사

소견과 비교관찰하였다.

## 결 과

정상대조군의 안정시 좌심실 심박출계수는  $63.5 \pm 8.2\%$ 로 협심증 환자군  $60.1 \pm 6.5\%$ 와 비교할 때 유의한 차이를 보이지 않았고, 전벽 심근경색증 환자군  $39.9 \pm 11.6\%$ , 하벽 심근경색증 환자군  $49.9 \pm 8.4\%$ , 울혈성 심근병증  $19.0 \pm 5.8\%$ 와 비교할 때 유의한 차이를 볼 수 있었다( $p < 0.005$ ). 또한 정상대조군과 고혈압 환자군의 안정시 좌심실 심박출계수  $58.8 \pm 7.6\%$ 사이엔 유의한 차이를 볼 수 없었다(Table 2).

협심증 환자군의 좌심실 심박출계수는 전벽 심근경색증 또는 하벽 심근경색증 환자군과 비교할 때 유의한 차를 보였고( $p < 0.005$ ), 전벽 심근경색증 환자군의 좌심실 심박출계수  $39.9 \pm 11.6\%$ 와 하벽 심근경색증 환자군의  $49.9 \pm 8.9\%$ 와 비교할 때 유의한 차를 볼 수 있었다( $p < 0.01$ ).

또한 12예의 전벽 심근경색증 환자군에는 5예의 급성 전벽 심근경색증과, 7예의 적어도 6개월전에 심근경색증의 과거력을 가진 환자들이며, 17예의 하벽 심근경색증 환자군은 8예의 급성경색증과 9예의 과거력을 가진 환자들로 구성되어 있다. 이들을 대상으로 볼 때 13예의 급성경색증

Table 2. Left ventricular function in each group

Group	No. of cases	LVEF (MEAN $\pm$ SD %)	P Value
I. Normal	19	$63.5 \pm 8.2$	—
II. Angina	31	$60.1 \pm 6.5$	$< 0.10$
III. AMI	12	$39.9 \pm 11.6$	$< 0.005$
IV. IMI	17	$49.9 \pm 8.4$	$< 0.005$
V. DCM	7	$19.0 \pm 5.8$	$< 0.005$
VI. Hypertension	5	$58.8 \pm 7.6$	NS

P Value; Group Vs Group I II III IV V VI

AMI; Anterior Myocardial Infarction

IMI; Inferior Myocardial Infarction

DCM; Dilated Cardiomyopathy

Table 3. Comparison of LVEF between location and time interval in myocardial infarction

LVEF $\pm$ SD	Group III 39.9 $\pm$ 11.6	Group IV 49.9 $\pm$ 8.9	Old MI 50.1 $\pm$ 10.5	Acute MI 40.5 $\pm$ 9.1
P Vs G III	—	< 0.01	< 0.025	NS
P Vs G IV	< 0.01	—	NS	< 0.005
P Vs G II	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
P Vs Old MI	< 0.025	NS	—	< 0.01
P Vs Acute MI	NS	< 0.025	< 0.01	—

G II; Angina Pectoris

G III; Anterior Myocardial Infarction

G IV; Inferior Myocardial Infarction

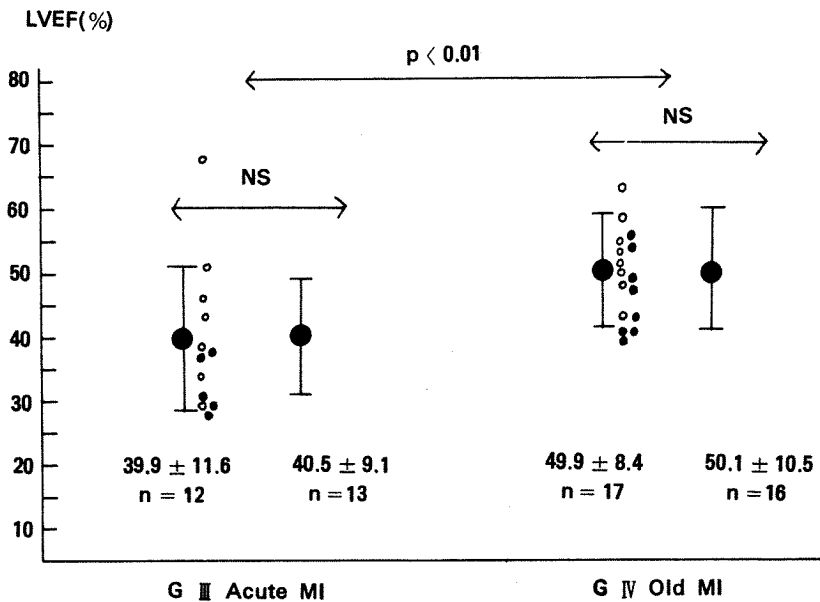


Fig. 1. Comparison of LVEF between Location and Time interval in Myocardial Infarction.

G III; Anterior Myocardial Infarction G IV; Inferior Myocardial Infarction, open circle; Old Myocardial Infarction, closed circle; Acute Myocardial Infarction.

(5예 전벽, 8예의 하벽)의 좌심실 심박출계수는  $40.5 \pm 9.1\%$ 였고, 적어도 6개월전에 심근경색의 과거력을 가진 16예(7예 전벽, 9예 하벽 심근경색증)의 좌심실 심박출계수는  $50.1 \pm 10.5\%$ 로 이 양군의 유의한 차이를 볼 수 있다( $p < 0.01$ )(Table 3).

5예의 급성 전벽 심근경색증 환자는 대부분이 12예의 전벽 심근경색증 환자군의 평균치 이하의

분포를 나타내며, 7예의 급성 하벽 심근경색증 환자는 16예의 하벽 심근경색증 환자중 2예를 제외한 평균 이하의 분포 양상을 띤다(Fig. 1).

심전도상의 경색의 부위와 심실벽운동상의 국소부위와는 일치하였고, 2예의 전벽 심근경색증 환자에서 심전도상에 지속적인 ST segment의 상승과 심실의 국소적 벽운동에서 역행성운동을 보였고 또한 심초음파도 검사로 좌심실류(left ven-

tricular aneurysm)를 발견할 수 있었다.

이상의 결과로서 관상동맥질환중 심근경색에서 급성 전벽 심근경색일 경우 좌심실의 기능에 가장 심각한 영향을 줄 수 있음을 알았고, 심실의 국소적 벽운동을 관찰함으로써 경색의 부위를 정확히 진단하고 심전도상 좌심실류를 의심하는 경우에 초음파 심음향도와 함께 진단적 가치를 가짐을 알 수 있다.

## 고 안

심장질환 환자에서 좌심실 기능의 평가는 그 환자의 진단, 치료 및 예후판정에 중요하다. 이러한 좌심실 기능분석의 지표로는 심박출량, 1회심박동량, 박출압, 좌심실의 확장기말압 또는 확장기말 용적 및 심박출계수등이 있으며 이중 심박출계수가 가장 흔히 이용되는 지표이다<sup>31)</sup>. 그러나 이들은 모두 좌심실의 전반적인 기능상태를 계측하는 방법으로 좌심실의 기능 저하가 있을 때 이것이 좌심실 전체적인 혹은 부분적인 기능저하에 의한 것인지 밝혀주지 못한다. 이때에 좌심실 벽의 운동을 관찰함으로써 국소적인 수축기능의 저하인지를 알 수 있다<sup>2,3)</sup>. 이러한 검사법으로는 좌심실조영술<sup>4)</sup>과 심초음파도<sup>5)</sup>가 있으나, 전자는 관혈적이며 위험도가 따른다. 또한 최근에는 조영제 자체가 전기생리화학적 또는 기계적인 영향을 심장에 주기 때문에 새로운 조영제가 개발 연구중이기도 하다<sup>8-12)</sup>. 심초음파도는 확장기와 수축기의 횡경을 측정함으로써 심실의 용적과 심박출계수를 산출한다. 그러나 이 방법은 특히 좌심실의 국소적인 병변에 의한 수축장애가 있을 때는 부정확한 단점이 있다<sup>13,14)</sup>.

이에 반해 gated cardiac blood pool scan은 1971년 Strauss<sup>1)</sup>등의 보고 이래 좌심실의 기능을 비관혈적으로 검사할 수 있는 간편한 방법으로 알려져 널리 이용되고 있으며 또한 여러가지 좌심실의 박출능력의 계측뿐 아니라 computer를 이용하여 심실벽의 운동상을 연음으로 좌심실벽의 국소적인 또는 전반적인 운동상태를 관찰할 수 있

다<sup>6,7)</sup>.

또한 여러 저자들의 연구에 의하면 X-선좌심실조영술과 radionuclides를 이용한 좌심실 심박출계수는 상관관계가 0.9 이상으로 우수한 성적을 보여 주었다<sup>1, 15)</sup>.

이러한 gated cardiac blood pool scan의 임상적 유효성은 첫째 심근경색에서 경색의 부위와 예후판정에 적용된다<sup>16-24)</sup>. 최근 연구 결과 안정시 좌심실 심박출계수가 급성심근경색증의 조기사망을 및 심부전증병발과 급사의 예상 지표로서의 중요성이 강조되고 있으며<sup>17)</sup>, 임상적으로 또는 흉부 X-선상에 심부전의 소견을 볼 수 없으나, 좌심실 심박출계수가 40%이하인 심근경색증 환자는 심부전 및 심인성 쇼크의 높은 병발율을 보인다고 보고한 바도 있다<sup>20)</sup>. 또한 Redoto<sup>16,17)</sup>,<sup>18)</sup>등은 하벽의 심근경색 보다는 전벽의 심근경색이 좌심실 심박출계수를 더욱 저하시킨다고 했고, Schelbert<sup>17)</sup>등은 급성심근경색후 초기의 심박출계수와 환자의 조기사망율과의 관계를 보고하기도 했다. 본 연구에서도 29예의 심근경색환자중 12예는 전벽, 17예는 하벽의 심근경색환자로 각각의 안정시 심박출 계수는  $39.9 \pm 11.6\%$ ,  $49.9 \pm 8.4\%$ 로 통계학적인 유의한 차이를 보이고 있었다( $p < 0.01$ ). 또한 13예의 급성경색증(5예 전벽, 8예 하벽)의 좌심실 심박출계수는  $40.5 \pm 9.1\%$ 였고, 적어도 6개월전에 심근경색의 과거력을 가진 16예(7예 전벽, 9예 하벽)의 좌심실 심박출계수는  $50.1 \pm 10.5\%$ 로 유의한 차이를 볼 수 있었다( $p < 0.01$ ). 이러한 현상은 경색의 범위에 따라 차이를 보일 수 있으나, 급성 심근경색증에서는 저산소증에 의한 일시적인 심근세포의 부종으로 주위의 비경색부위에 압박효과가 아닌가 한다.

둘째로는 울혈성 심부전증의 감별진단에 있다<sup>25)</sup>. 즉 심부전 증상을 보이는 환자에서 좌심실 심박출계수의 측정과 더불어 허혈성 심근병증과 울혈성 심근병증의 감별진단을 할 수 있으며, 아울러 심부전증 증세를 보이면서 좌심실류를 의심하는 환자에서 진단에 유용하게 사용된다<sup>25-28)</sup>. 본 연

구에서는 7예의 울혈성 심근병증으로 최종 진단된 7예의 경우 임상소견, 흉부 X선, 심전도, 심초음파도 등에서 다른 심질환의 가능성을 찾아볼 수 없었고, 단지 gated cardiac blood pool scan상에서 양측 심실벽의 심한 운동 저하증을 볼 수 있었던 예로서, 좌심실 심박출계수는  $19.0 \pm 5.8\%$ 였다. 이들은 gated cardiac blood scan상에서 여러 분절의 벽운동 이상을 초래하는 허혈성 심근병증과 감별진단을 가능케 한다. 또한 2예의 전벽 심근경색증 환자에서 각각의 좌심실 심박출계수가 38%, 30%로서 좌심실류 부위가 돌출되어 나타나고 벽운동의 영상에 좌심실류 부위의 역행성운동을 관찰할 수 있었다. 좌심실류를 의심하는 환자에서 비관혈적인 진단방법으로는 gated cardiac blood pool scan과 더불어 심초음파도를 들 수 있다. 그러나 후자의 경우 기술적인 이유로 전(全)심실의 벽운동을 관찰하지 못하는 경우가 있어 단편적일 수 있다<sup>13,14</sup>.

그외에 임상적인 응용으로는 운동부하로 인한 심근의 허혈(inchemia)상태를 좌심실의 심박출계수와 심실의 벽운동 이상 상태로 관찰할 수 있어 보다 더 생리적인 검사법이며<sup>29,30</sup> 그 예민도에 있어 종전의 운동부하 심전도검사보다 우수하므로 널리 이용되고 있다. 관상동맥질환의 진단에서 운동부하 gated cardiac blood pool scan의 예민도 및 특이도를 관찰한 결과를 보면 예민도 87%, 특이도 92%이다. 이를 운동부하 심전도의 예민도 64%, 특이도 98% 비교해보면 예민도가 유의하게 높음을 알 수 있다<sup>6,31</sup>. 또한 관상동맥의 우회로이식(bypass graft) 수술후 성공여부를 관찰하는데 유용하다. 즉 수술후 운동에 대한 심박출계수의 반응이 좋아지고 심실벽운동이 호전되면 수술이 성공적임을 알 수 있다<sup>41</sup>. 또한 약물요법의 효과관찰<sup>40</sup>, 승모판이나 대동맥판막의 부전이 있을 때 판막혈류량 측정<sup>32,33</sup>, 관상동맥질환 환자에서 Left ventricular diastolic filling의 측정에 이용된다.

본 연구에서는 측정하지 않았으나 근자에 여러 연구에서는 정상적인 좌심실 심박출계수를 가진

관상동맥질환 환자에서 확장기 기능을 측정하는데 time to peak filling rate, first-third filling fraction, peak filling rate를 측정하여 감소되어 있음을 착안하여 조기 관상동맥 질환에서 gated cardiac blood pool scan을 이용한 비관혈적인 방법으로 이용하기도 한다<sup>34-39</sup>.

## 결 론

관상동맥질환 및 심근질환과 각종 심질환에 있어서 좌심실 기능의 평가는 그 진단 및 치료후의 경과 관찰에 중요성이 인정되고 있다.

본 저자들은 1986년 1월부터 1986년 9월까지 연세대학교 영동세브란스병원 내과에 내원한 관상동맥질환환자와 각종 심장질환환자 및 정상대조군에서 gated cardiac blood pool scan에 의한 좌심실 심박출계수를 측정하여 그 진단적 가치 및 임상적 의의를 관찰한 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 19예의 정상대조군의 LVEF의 평균치는  $63.5 \pm 8.2\%$ 였고, 31예의 Angina Pectoris는  $60.1 \pm 6.5\%$ , 12예의 Anterior Myocardial Infarction은  $39.9 \pm 11.6\%$ , 17예의 Inferior Myocardial Infarction은  $49.9 \pm 8.4\%$ , 7예의 Dilated Cardiomyopathy은  $19.0 \pm 5.8\%$ , 5예의 고혈압 환자에서는  $58.8 \pm 7.6\%$ 로, 고혈압 환자군과 Angina Pectoris 환자군을 제외한 정상대조군과 각각의 환자군에서는 안정시 좌심실 심박출 계수가 유의한 차이를 보였다( $p < 0.005$ ).

2) Anterior Myocardial Infarction과 Inferior Myocardial Infarction 사이에는 좌심박출 계수간에 유의한 차이를 보였고( $p < 0.01$ ), 이 양 심근경색증에서 13예의 Acute myocardial Infarction과 16예의 Old Myocardial Infarction의 평균 좌심실 심박출 계수는 각각  $40.5 \pm 9.1\%$ ,  $50.1 \pm 10.5\%$ 로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.01$ ).

## REFERENCES

- 1) Strauss HW, Zaret BL., Hurley PL, Natarajan TK and Pitt B: *A scintiphotographic method for measuring left ventricular ejection fraction in man without cardiac catheterization. Am J Med* 28: 575-580, 1971
- 2) Herman MV, Heinle RA, Klein MD and Gorlin R: *Localized disorders in myocardial contraction. N Engl J Med* 277: 222-232 1967
- 3) Nichols AB, Mckusick KA, Strauss HW, Dismor RE, Block PC and Pohost GM: *Clinical utility of gated cardiac blood pool imaging in congestive left heart failure. A. J Med* 65: 785-793, 1978
- 4) Burow RD, Strauss HW, Singleton R, Pond M, Rehn T, Bailey ID, Griffith LC, Nickoloff E and Pitt B: *Analysis of left ventricular function from multiple gated acquisition cardiac blood pool imaging. Circulation* 56: 1024-1028, 1977
- 5) Morganroth J and Chen CC: *Noninvasive diagnosis of the Cardiomyopathy. Med Clin North Am* 64: 33-60, 1978
- 6) Freeman MR, Berman DS, Staniloff H, Elkayam U, Maddahi J, Swan HJC and Forrester J: *Comparison of upright and supine bicycle exercise in the detection and evaluation of extent of coronary artery disease by equilibrium radionuclide ventriculography. Am Heart J* 102: 1082-189, 1981
- 7) Okada RD, Pohost GM, Nichols AB, Mckusick KA, Strauss HW, Baucher CA, Block PC, Rosenthal SV and Dinsmor RE: *end-diastolic, end-systolic gated radionuclide left ventriculography. Am J Cardiol* 45: 1211-1218, 1980
- 8) Iseri LT, Kaplan MA, Evans MJ, Nickel ED: *Effect of concentrated contrast media during angiography on plasma volume and osmolality. Am Heart J* 69: 154-158, 1965
- 9) Huet Y, Wirquun E, Geschwind H, Loiret J: *Effect of contrast Material on blood volume. In: Amiel M, ed. Contrast media in radiology. Appraisal and prospects, First European workshop proceedings-Lyon 1981. Berlin: Springer Verlag, 1982*
- 10) Berg GR, Hutter AM, Pfister RC: *Electrocardiographic abnormalities associated with intravenous urography. N Engl J Med* 289: 87-8, 1973
- 11) Pfister RC, Hutter Am M: *Cardiac alterations during intravenous urography. Invest Radiol* 15: s239-42, 1980
- 12) Dawson P, Grainger RG, Pitfield J: *The new low-osmolar contrast media-a simple guide. Clin Radiol* 34: 221-6, 1983
- 13) Linhart JW, Mintz GS, Segal BL, et al: *Left ventricular volume measurement by echocardiography: fact or fiction? Am J Cardiol* 36: 114-118, 1975
- 14) Teichhoiz LE, Kreulen T, Herman MV, et al: *Problems in echocardiographic volume determinations: echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. Am J Cardiol* 37: 7-11, 1976
- 15) Zaret BL, Strauss HW, Hurley PJ, Natarajan TK and Pitt B: *A noninvasive scintiphotographic method for detecting regional Ventricular dysfunction in man. N Engl J Med* 284: 1165-1170, 1971
- 16) Roduto LA, Berger, HJ, Cohen, LS, et al: *Sequential radionuclide assessment of left and right ventricular performance after acute transmural myocardial infarction. Ann Intern Med* 89: 441-447, 1978
- 17) Schelbert HR, Henning H, Ashburn WL, et al: *Serial measurements of left ventricular ejection fraction by radionuclide angiography early and late after myocardial infarction. A J Cardiol* 38: 707-715, 1976
- 18) Shan PK, Pichler M, Berman DS et al: *Left ventricular ejection fraction determined by radionuclide ventriculography in early stages of first transmural mvocardial infarction. Am J Cardiol* 45: 542-546, 1980
- 19) Kosluk WI, Ehsimi AA, Karliner JS, et al: *Left ventricular performance after myocardial*

- infarction assessed by radioisotope angiocardiology *Circulation* 47: 242-249, 1973
- 20) Sanford OF, Corbett J, Nicod P, et al: Value of radionuclide ventriculography in the immediate characterization of patients with acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 49: 637-644, 1982
  - 21) Battler A, Slutsky R, Karliner J, et al: Left ventricular ejection fraction and first third ejection fraction after acute myocardial infarction: Value for predicting mortality and morbidity. *Am J Cardiol* 45: 197-202, 1980
  - 22) Rigo P, Murray M, Strauss HW, et al: Left ventricular function in acute myocardial infarction evaluated by gated scintiphotography. *Circulation* 50: 678-684, 1974
  - 23) Zaret BL, Vlay SC, Freedman GS, et al: Quantitative relationships between potassium-43 imaging and left ventricular cineangiography following myocardial infarction in man *Circulation* 52: 1076-1085, 1975
  - 24) Wynne J, Sayres M, Maddox DE, et al: Regional left ventricular function in acute myocardial infarction: Evaluation with quantitative radionuclide ventriculography. *Am J Cardiol* 45: 203-209, 1980
  - 25) Rigo P, Murray M, Strauss HW, et al: Scintiphotographic evaluation of patient with suspected left ventricular aneurysm. *Circulation* 50: 985-991, 1974
  - 26) Botvineck EJ, Shamcs D, Hutchinson JC, et al: Noninvasive diagnosis of a false left ventricular aneurysm with radioisotope gated cardiac blood pool imaging: Differentiation from true aneurysm. *Am J Cardiol* 37: 1089-1093, 1976
  - 27) Sorensen SG, Crawford MH, Richards KI, et al: Noninvasive detection of ventricular aneurysm by combined 2-dimensional echocardiography and equilibrium radionuclide angiography. *Am Heart J* 104-152, 1982
  - 28) Nichols AB, Mckusick DA, Strauss HW, et al: Clinical utility of gated cardiac blood pool imaging in congestive left heart failure. *Am J Med* 65: 785-793, 1978
  - 29) Zaret BL, Berger HJ: Radionuclide studies of ventricular performance in coronary artery disease, in Yu P N, Goodwin J(eds.): *Progress in Cardiology*. Philadelphia, Lea & Febiger, 1983, vol. 12, pp. 33-66.
  - 30) Borer JS, Bacharach SL, Green MV, et al: Assessment of ventricular function by radionuclide angiography: Applications and results. *Cardiology* 71: 136-161, 1984
  - 31) Wyngaarden JB and Smith LH: *Cecil, Textbook of medicine*, 16th ed p 135-140, 1982
  - 32) Rigo P, Alderson PO, Robertson RM, et al: Measurement of aortic and mitral regurgitation by gated cardiac blood pool scans. *Circulation* 60: 306-312, 1979
  - 33) Henze E, Schelbert HR, Wisenberg G, et al: Assessment of regurgitant fraction and right and left ventricular function at rest and during exercise: A new technique for determination of right ventricular stroke counts from gated equilibrium blood pool studies. *Am Heart J* 104: 953-962, 1982
  - 34) Reduto LA, Wickemeyer WI, Young JB, Del Ventura LA, Reid JW, Glaesser DH, Quinones MA, Miller RR: Left ventricular diastolic performance at rest and during exercise in patients with coronary artery disease. *Circulation* 63: 1228, 1981
  - 35) Polak JF, Kemper AJ, Bianco JA, Parisi AF, Tow DE: Resing early diastolic filling rate. A sensitive index of myocardial dysfunction in patients with coronary artery disease. *J Nucl Med* 23: 471, 1982
  - 36) John Mancini GB, Slutsky R, Norris SL, Bhargava V, Ashburn WL, Higgins CB: Radionuclide analysis of the peak filling rate, filling fraction, and time to peak filling rate. *Am J Cardiol* 51: 43, 1983
  - 37) Bonow RO, Bacharach SL, Green MV, Kent KM, Rosing DR, Lipson LC, Leon MB, Epstein SE: Impaired left ventricular diastolic filling in patients with coronary artery disease: Assessment with radionuclide angiography. *Circulation* 64: 315, 1981
  - 38) Yamagishi T, Ozarki M, Kumada T, Ikezono



- T, Shimizo T, Furutani Y, Yamaoka H, Oga-  
wa H, Matsuzaki M, Matsuda Y, Arima A,  
Kusukawa R: *Asynchronous left ventricular  
diastolic filling in patients with isolated disease  
of the left anterior descending coronary artery:  
assessment with radionuclide ventriculography*,  
*Circulation* 69: 933, 1984
- 39) Miller TR, Goldman KJ, Sampathkumaran KS,  
Biello DR, Ludbrook PA, Sobel BE: *Analysis  
of cardiac diastolic function: Application in  
coronary artery disease. J Nucl Med* 24: 2,  
1983
- 40) Steele P, VanDyke D, Trow RS, et al: *A  
Simple and safe bedside method for serial  
measurement of left ventricular ejection frac-  
tion, cardiac output and pulmonary blood  
volume. Brit Heart J* 36: 122, 1974
- 41) Serafini AN, Gilson AJ and Smoak WM: *Nuclear Cardiology. Principle and methods.*  
*Plenum Medical Book, New York, 1977*
-