

방사성동위원소 심조영술상 심전도게이트 일회통과법을 이용한 우심실 박출계수

가톨릭대학교 의과대학 방사선과학교실 및 내과학교실

문영희 · 이해규 · 이성용 · 박석민 · 정수교
임정익 · 박용휘 · 신경섭 · 김영균* · 권순석*

= Abstract =

Right Ventricular Ejection Fraction using ECG-Gated First Pass Cardioangiography

Young Hee Moon, M.D., Hae Gyu Lee, M.D., Sung Yong Lee, M.D., Suk Min Park, M.D.,
Soo Kyo Chung, M.D., Jeong Ik Yim, M.D., Yong Whee Bahk, M.D., Kyung Sub Shinn, M.D.
Young Gyun Kim, M.D.* and Soon Seog Kwon, M.D.*

Department of Radiology, Internal Medicine Catholic University Medical College, Seoul, Korea*

Radionuclide cardioangiography has been widely applied and has played major roles in non-invasive assessment of cardiac function. Three techniques, first-pass, gated first and gated equilibrium methods, have commonly been used to evaluate right ventricular ejection fraction which usually abnormal in the patients with cardiopulmonary disease. It has been known that the gated first pass method is the most accurate method among the three techniques in assessment of right ventricular ejection fraction.

The radionuclide right ventricular ejection fraction values were determined in 13 normal subjects and in 15 patients with chronic obstructive pulmonary disease by the gated first pass method and compared with those of the first pass method because there has been no published data of right ventricular ejection fraction by the gated first pass method in Korea. The values of right ventricular ejection fraction by the gated first pass method were compared with the data from the pulmonary function test performed in the patients with chronic obstructive pulmonary disease.

The results were as follows:

1) The values of right ventricular ejection fraction by the gated first pass method were $50.1 \pm 6.1\%$ in normal subjects and 38.5 ± 8.5 in the patients with chronic obstructive pulmonary disease. There was statistically significant difference between the right ventricular ejection fraction of each of the two groups ($p < 0.05$).

2) The right ventricular ejection fraction by the gated first pass method was not linearly correlated with FEV₁, VC, DLCO, and FVC as well as P_aO₂ and P_aCO₂ of the patients with chronic obstructive pulmonary disease.

We concluded that right ventricular ejection fraction by the gated first pass method using radionuclide cardioangiography may be useful in clinical assessment of the right ventricular function.

Key Words: Ejection fraction, Right ventricle, Scintiangiography

서 론

인체에서 방사성 추적자가 반세기전 부터 사용된 이

래, 순환계에서는 추적자 통과시의 순간적인 정보에 대해서 많은 연구가 시행되었다^{1,2)}. 방사성 동위원소 심혈관조영술은 비침습적으로 심기능을 측정하며, 데이터의 획득과 연산에 컴퓨터를 사용하여 심기능의 정량적 측정

이 가능하게 되어 연산에 컴퓨터를 사용하여 심기능의 정량적 측정이 가능하게 되어 빠르게 발전하고 있다²⁾.

방사성 동위원소 심조영술에서 측정가능한 여러 계수 중 우심실 박출계수(Right Ventricular Ejection Fraction, 이하 RVEF)는 만성 폐쇄성 폐질환, 심장 판막 질환에 의한 이차적 폐동맥 고혈압 및 일부 관상 동맥 질환에 이용되고 있다³⁾.

RVEF의 측정에는 다양한 방법이 사용되고 있으며⁴⁻⁸⁾, 흔하게 사용된 방법은 일회 통과법(Nongated First-Pass Method, 이하 FP), 심전도 게이트 일회 통과법(ECG-Gated First-Pass Method, 이하 FP-GA), 그리고 다중 게이트 평형 혈액 풀 법(Standard Multi-Gated Blood-pool Method, 이하 Eq-GA)이다. 이 중 FP-GA법으로 측정된 RVEF가 통계적으로 우수하고, 우심방의 방사능이 포함되지 않아 가장 정확하다고 알려져 있다^{9,10)}.

그러나 아직 한국인의 FP-GA법에 의한 우심실 박출계수의 정상치 및 만성 폐쇄성 폐질환에서의 변화는 알려져 있지 아니하다. 이에 저자들은 방사성동위원소 심혈관조영술중 FP-GA법을 이용하여 정상과 만성폐쇄성 폐질환군에서 RVEF를 측정하였으며, 이 값을 FP법에 의한 RVEF와 비교하였다. 또한 폐기능 검사중 FEV₁, DLCO, FVC, VC의 절대값과 각각의 추정 정상치에 대한 상대치(% of predicted value), 그리고 동맥혈의 산소 및 이산화탄소분압(P_aO₂, P_aCO₂)과의 상관관계를 알아 보았다.

대상 및 방법

1. 대 상

지난 2년 간 가톨릭 대학교 의과대학 부속 성가 병원 에서 FP법을 시행한 정상대조군 13명과 만성 폐쇄성 폐질환군 47명을 대상으로 하였다. 만성 폐질환군은 FP과 FP-GA법을 동시에 분석이 가능하고 심근수축과 폐혈관에 영향을 주는 약을 8시간 이상 사용하지 않은 15명을 대상으로 하였다.

대조군은 골 스inti그라피 시행 환자중 심혈관 및 호흡기질환의 병력이 없고, 이학적 소견상 심장기능 및 폐기능이 정상이며, 흉부 X선 사진소견이 정상인 군을 대상으로 하였으며 이들의 평균 나이는 41.7세 이었으며 남자가 7명 여자가 6명이었다. 만성 폐쇄성 폐질환 환자는

American Thoracic Society의 정의에 따른 만성 기관지염이나 폐기종등에 속하는 환자이었다¹¹⁾. 만성 폐쇄성 폐질환군의 평균 나이는 63.0세이었으며, 남자 9명 여자 6명 이었다.

2. 방 법

만성 폐쇄성 폐질환군은 ^{99m}TcO₄를 사용하였으며, 정상 대조군은 골 스inti그라피시 ^{99m}Tc methylene diphosphonate 20-30 mCi를 총량 1 cc이하로 하여 외경정맥에 순간주사후, 우전사위에서 64×64 matrix, 0.025 초 단위로 총 1200 frame을 얻었다.

FP는 우심실부위에 관심구역(Region of Interest)을 그린 후, 우심실의 시간-방사능 곡선(Time-activity curve)에서 확장기말과 수축기말의 방사능을 측정하여 RVEF를 측정하였으며, 대표적인 3개의 우심실의 곡선의 RVEF를 평균하였다.

FP-GA는 우심실 데이터만을 0.05초 단위로 영상을 재구성하였으며, 이 재구성된 영상에서 대표적인 우심실의 확장기말과 수축기말의 영상을 선택하여 관심구역을 각각 표시한 후, RVEF를 구하였다.

데이터의 취득은 Low Energy High Resolution Collimator를 사용하였으며, 정상 대조군과 만성 폐쇄성 폐질환군사이의 FP 및 FP-GA법에 의한 RVEF는 student t-test를 이용하여 통계분석을 하였다.

폐기능 검사 중에서 FEV₁, DLCO, FVC, VC의 절대값과 각각의 추정 정상치에 대한 상대값을 FP-GA법과 FP법에 의한 RVEF값과의 상관계수(γ)를 구하였다. 폐기능검사와 방사성 동위원소 심조영술사이의 간격은 1주일 이내이었으며, 동맥혈의 산소와 이산화탄소의 분압은 방사성 동위원소 심조영술 전후 2일 이내에 측정값을 분석하였으며, 산소를 투여한 경우는 제외하였다. 그리고 통계적 유의 수준은 p<0.05 이하로 하였다.

결 과

1) FP-GA 법으로 구한 RVEF는 정상대조군은 $50.1 \pm 6.7\%$ (mean \pm standard deviation), 만성 폐쇄성 폐질환군은 $38.5 \pm 8.5\%$ 로 정상대조군 보다 유의하게 낮았다(p<0.05).

2) FP법으로 구한 RVEF는 정상대조군에서 $43.2 \pm 6\%$, 만성폐쇄성 폐질환군은 $40.3 \pm 10.5\%$ 로 정상대조

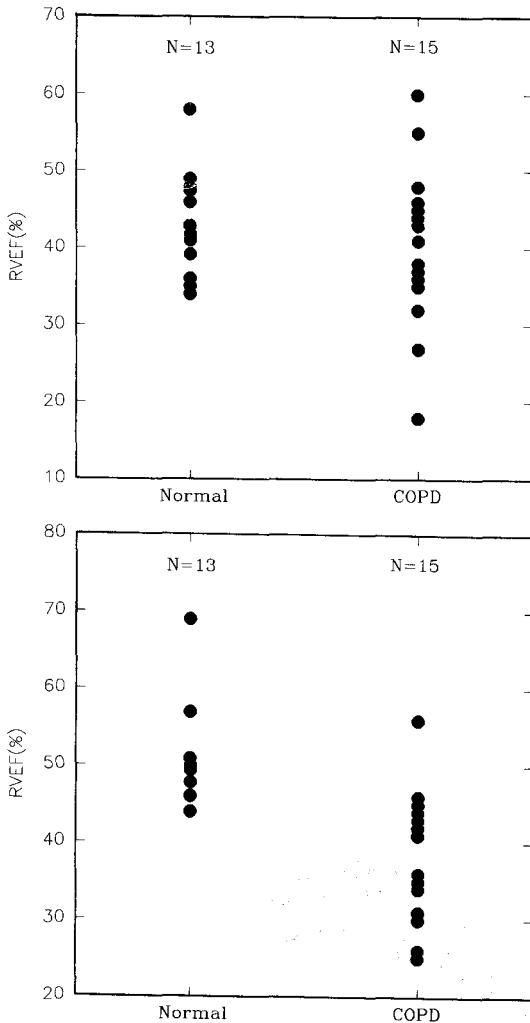


Fig. 1. A. Right ventricular ejection fraction in 13 normal control group and 15 patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) by the first pass method (FP).

B. Right ventricular ejection fraction in 13 normal control group and 15 patients with COPD by the gated first pass method (FP-GA).

군에 비하여 낮았으나 통계적 유의차는 없었다($p > 0.05$).

3) 한편 만성 폐쇄성 폐질환군에서 FP-GA법 및 FP법에 의한 RVEF와 FEV₁, DLCO, FVC, VC의 절대값과 그 추정 정상치에 대한 상대값과의 사이에 상관관계는 없었다($p > 0.05$). 그리고 FP 및 FP-GA법에 의한 RVEF와 동맥혈 산소분압과 이산화탄소 분압사이에도 상관관계는 없었다.

고 찰

좌심실 박출계수는 좌심기능을 평가하는 민감하고 재현성이 있는 지수이며, 임상에서 매우 유용하게 사용되고 있다. 그러나 우심실은 모양이 타원형이 아니기 때문에 우심실 박출계수는 다양한 종류의 심장성 또는 비심장성 질환에 대한 중요한 정보를 제공함에도 불구하고¹²⁻¹⁷ 좌심실 박출계수에 비하여 연구가 미진하였다¹⁰.

우심실 기능에 대한 데이터는 만성 폐쇄성 폐질환, 일차성 폐성 고혈압, 우심실을 침범한 하벽 심근 경색, 판막성 심장질환, 심장내 단락같은 질환에서 임상적으로 유용하다^{4,13,16}. 우심실 기능부전은 만성 폐쇄성 폐질환 환자에서 흔히 동반되며, 이를 조기 진단함이 그 치료에 중요하다.

심도자술을 사용한 조영술은 관혈적이며 시행이 간단하지 않을 뿐 아니라, 반복할 수 없는 등의 단점이 있다¹⁹. 이에 비하여 방사성 동위원소 심혈관촬영술은 비관혈적이며, 심실용적의 변화를 직접 측정하는 대신 방사능의 계측치의 변화로써 심박출계수를 구하는 것으로 간단하고 반복검사가 용이하며 심장 영화조영술(Cin-cardiogram)을 이용한 심박출계수와 상관관계가 우수하므로 널리 이용되고 있다^{12,13}.

RVEF분석방법은 FP, Eq-GA, 및 FP-GA법이 있다. 이중 Eq-GA법은 좌심실에서 잘 적용되는 방법으로 순간주사가 필요없고 데이터를 반복하여 얻을 수 있으며, 충분한 양의 방사능을 계측할 수 있다. 그러나 좌전사위에서 영상을 얻기 때문에 우심방의 방사능이 우심실의 방사능에 많은 영향을 준다. 우심실로부터 우심방의 분리 Slant-Hole Collimator를 사용하거나 카메라 머리를 하방으로 각도를 줄때 어느 정도 개선될 수 있다.^{20,21} 그러나 전자는 특별한 기구가 필요하며, 카메라 머리각을 변화시키는 것은 해상력을 감소시키며 재생하기가 어렵다.

FP법은 방사성 동위원소를 순간 정맥주사후 우심 통과를 역동적으로 측정하는 것으로^{6,7} 데이터를 한번밖에 얻을 수 없는 단점이 있다. 또한 삼첨판막은 수축기에 약 20%정도 우심실쪽으로 이동하기 때문에 FP법에서와 같이 한개의 고정된 관심구역을 사용할 때에는 우심방 방사능의 상당 부분이 수축기시에 우심실에 포함되

고, 결과적으로 우심실 박출계수를 저평가하게 된다⁹⁾. 그리고 심실에 대한 방사능측정은 한 frame이 매우 짧기 때문에 측정된 방사능이 적어 통계적으로 부정확하고 심실윤곽을 인지하기 어렵기 때문에 분석하는 사람에 따라 그리고 분석하는 시기에 따라 오차가 크다²²⁾. 정상 또는 과 운동성 심장의 경우 불완전한 추적자의 혼합때문에 심실의 용적변화와 측정된 방사능 사이에 낮은 상관관계를 보인다는 보고도 있다⁹⁾.

우전사위 자세에서 영상을 얻으면 우심실과 우심방의 공간적 분리가 가능하며 좌심실과 우심실의 시간적 분리가 가능하다. FP-GA법은 몇 개의 연속적인 심장주기로 부터 데이터를 얻어 충분한 양의 방사능을 측정할 수 있으며, 우심실과 우심방을 분리하여 FP와 Eq-GA법의 단점을 보완 할 수 있다⁹⁾. 그리고 수축기말과 이완기말의 영상을 쉽게 분리할 수 있기 때문에, 수축기말과 이완기말에 대한 각각의 관심구역을 사용하여 RVEF를 구하므로 삼첨판막의 이동에 따른 우심방의 영향을 배제할 수 있다^{2,9)}. 그리고 FP법과 마찬가지로 배후 방사능이 거의 없다⁹⁾.

정상인에서 RVEF의 평균치는 45-59%로 방법에 따라 저자들마다 다르게 보고하고 있는데^{7,19,20)} 저자들이 FP-GA법을 사용하여 측정한 정상대조군의 RVEF는 $50.1 \pm 6.1\%$ 로 Maddahi등이 비슷한 FP-GA법으로 측정하여 보고한 0.48 ± 0.05 와 비슷하였다. 그리고 본 연구에서 정상인의 RVEF는 FP시 $43.2 \pm 6.6\%$ 이었다. Berger등에 의하면 정상인의 RVEF는 45-65%라고하였으나, 이들은 우심실의 방사능에서 우심방과 폐동맥의 배후 방사능을 제거하였다. 그러나 이 방법은 복잡하기 때문에 실제 임상에서 적용하기가 곤란하다. 저자들의 경우에 이들보다 낮은 정상치를 나타내었으나, 이는 고정된 관심구역 때문에 우심방의 방사능이 포함되었기 때문으로 생각된다. 만성 폐쇄성 폐질환 환자의 FP-GA로 측정된 RVEF는 25-56%로의 분포를 나타냈으며 평균치는 정상 대조군보다 유의하게 감소되어 있다. 그러나 FP법에 의한 만성 폐쇄성 폐질환 군에서 RVEF는 $38.5 \pm 8.5\%$ 로 FP-GA법에 의한 RVEF와 비슷하였으나, FP법에 의한 정상 RVEF와는 유의차가 없었다. 이는 우심실의 수축이 미약하여 우심방의 영향이 적기 때문으로 생각한다.

만성 폐쇄성 폐질환 군에서 RVEF는 FEV₁, DLCO, FVC, VC의 절대값과 각각의 추정 정상치에 대한 상대

값과 동맥혈중의 산소 및 이산화 탄소 분압과도 관계가 없었다. Berger등⁷⁾은 FEV₁이 1L이하로 감소된 만성 폐쇄성 폐질환환자에서 RVEF가 낮았다고 하였다. 그러나 저자들의 경우 FEV₁과의 상관관계는 없었다. 또한 Brent등²³⁾은 동맥혈산소분압과 RVEF와는 상관관계가 없다고 하였다. 여기에 대해서는 앞으로 더 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결 과

방사성 동위원소 심혈관 촬영술상 심전도 게이트 일회 통과법(FP-GA)에 의한 RVEF는 일회 통과법(FP)이나 다중 게이트 평형 풀 법(Eq-GA)보다 정확한 것으로 알려져 있다. 따라서 저자들은 FP-GA법에 의한 한국인의 RVEF의 정상치 및 만성 폐쇄성 폐질환 환자에서 RVEF를 알아보고, 폐기능 검사와의 상관관계를 알기 위해 정상대조군 13명 및 만성 폐쇄성 폐질환 환자의 15명을 대상으로 FP-GA 및 FP법에 의한 RVEF를 측정하고, 정상 대조군과 만성 폐쇄성 폐질환 군간의 RVEF를 비교하였으며, 폐기능 검사치와 RVEF를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) FP-GA법에 의한 정상 RVEF는 $50.1 \pm 6.1\%$ 이었으며, 만성 폐쇄성 폐질환 환자군에서의 RVEF으로는 $38.5 \pm 8.5\%$ 로 정상에 비해 감소되었다.

2) FP-GA 법과 FP 법에 의한 RVEF는 FEV₁, DLCO, FVC, VC의 절대값과 정상에 대한 상대값과 동맥혈 산소 분압, 이산화 탄소 분압과는 상관관계가 없었다.

따라서 FP-GA법에 의한 RVEF는 임상적으로 유용하리라 생각된다.

REFERENCES

- 1) Blumgart HL, Yens O: *Studies on the velocity of blood flow. J Clin Invest* 4:1-3, 1927
- 2) Yoshiharu Y, Kangji T: *Quantitative assessment of cardiac function by first pass radionuclide angiocardigraphy: Current progress and Limitation*, 대한핵의학회지 18:31-38, 1984
- 3) Goldberger MJ, Mantel J, Friedin M, et al: *Intravenous Xenon-133 for the determination of radionuclide first-pass right ventricular ejection frac-*

- tion. *Am J Cardiol* 47:626-630, 1981
- 4) McKusick KA, Bingham JB, Pohost GM, et al: *The gated first pass radionuclide angiogram: A method for measurement of right ventricular ejection fraction. Circulation* 58(suppl II): II-130, 1978 (Abst)
 - 5) Maddahi J, Berman D, Matsuoka D, et al: *Assessment of right ventricular ejection fraction by rapid multiple gated equilibrium scintigraphy: A new technique. Circulation* 58(suppl II): II-130, 1978 (Abst)
 - 6) Berger HJ, Matthey RA, Marshall C, et al: *Noninvasive radionuclide technique for right ventricular ejection fraction in man. Circulation* 61 (Suppl II): 109, 1976 (Abst)
 - 7) Berger HJ, Matthey RA, Loke J, et al: *Assessment of cardiac performance with quantitative radionuclide angiocardiology: right ventricular ejection fraction with reference to findings in chronic obstructive pulmonary disease. Am J Cardiol* 41:897-905, 1978
 - 8) Steele P, Kirch D, LeFree M, et al: *Measurement of right and left ventricular ejection fractions by radionuclide angiocardiology in coronary artery disease. Chest* 70:51-56, 1976
 - 9) Karim R, Robert W, William S, et al: *Relative accuracy of three scintigraphic methods for determination of right ventricular ejection fraction: a correlative study with ultrafast computed tomography. J Nucl Med* 32:429-435, 1991
 - 10) Harolds JA, Grove RB, Bowen RD, et al: *Right-ventricular function as assessed by two radionuclide techniques: concise communication. J Nucl Med* 22: 113-115, 1981
 - 11) American Thoracic Society Committee on Diagnostic Standards for Non-Tuberculosis Respiratory Disease: *Definition and classification of chronic bronchitis, asthma, and pulmonary emphysema. Am Rev Resp Dis* 85:762-772, 1962
 - 12) Weber PM, dos remedios OV, Jasko IA: *Quantitative radioisotope angiocardiology. J Nucl Med* 13:815, 1972
 - 13) 정준기, 이정균, 김광원 : ECG Gated Blood Pool Scan에서 좌심실기능 분석에 관한 연구. 대한핵의학 회지 14:29, 1980
 - 14) Knapp WH, Helus F, Lambrecht RM, et al: *Krypton-81m for determination of right ventricular ejection fraction. Eur J Nucl Med* 5:487-492, 1980
 - 15) Sugrue DD, Kamel S, Rozkovec A, et al: *A new method for the measurement of right ventricular function using an ultra short-life isotope (krypton-81m). J Nucl Med* 22:98, 1981 (Abst)
 - 16) Rigo P, Murray M, Taylor DR, et al: *Right ventricular dysfunction detected by gated scintigraphy in patients with acute inferior myocardial infarction. Circulation* 52:268-274, 1975
 - 17) Berger HJ, Matthey RA, Pytlik Lm, et al: *First-pass radionuclide assessment of right and left ventricular performance in patients with cardiac and pulmonary disease. Semin Nucl Med* 9:275-295, 1979
 - 18) Maddahi J, Bermann DS, Mutsuoka DJ, et al: *A new technique for assessing right ventricular ejection fraction using rapid multiple-gated equilibrium cardiac blood-pool scintigraphy: Description and findings in chronic obstructive coronary artery disease. Circulation* 60:581-589, 1979
 - 19) Maddahi J, Bermann DS, Matsuoka DJ, et al: *Right ventricular ejection fraction during exercise in normal subjects and in coronary artery disease patients: assessment by multiple-gated equilibrium scintigraphy. Circulation* 62:133-140, 1980
 - 20) Holman BL, Wynne J, Zielonga JS, et al: *A simplified technique for measuring right ventricular ejection fraction using the equilibrium radionuclide angiocardiology and the slant-hole collimator. Radiology* 138:429-435, 1991
 - 21) Harvey JB, Richard AM, Jacob, et al: *assessment of cardiac performance with quantitative radionuclide angiocardiology: right ventricular ejection fraction with reference to findings in chronic obstructive pulmonary disease. Am J, Cardiol* 41:897-905, 1978
 - 22) Wu LC, Yeh SH, chen Z, et al: *Transfer function analysis of the ventricular function: A new method for calculating right ventricular ejection fraction. J Nucl Med* 31:1294-1299, 1990
 - 23) Brent BN, Berger HJ, Matthey BA, et al: *Physiologic correlates of right ventricular ejection fraction in chronic obstructive pulmonary disease: Combined radionuclide and hemodynamic study. Am J Cardiol* 50:255-262, 1982