

방사성핵종 심혈관조영술의 기능적영상화에 대한 고찰

전남대학교 의과대학 핵의학교실

범 희 승 · 김 지 열

= Abstract =

Comparison of functional images obtained by radionuclide angiocardigraphy and gated blood pool scan

Hee-Seung Bom, M.D. and Ji-Yeul Kim, Ph.D.

Department of Nuclear Medicine, Chonnam University Medical School, Kwangju, Korea

Radionuclide cardiac studies lend themselves exceptionally well to functional imaging. This is especially true for gated blood pool scan (GBP). Making functional images is also possible in radionuclide angiocardigraphy (RNAC). In this study we tried to validate the functional images obtained from RNAC by comparing it with GBP.

Twenty three patients (16 patients with coronary artery diseases, 5 with hypertensive heart diseases, and 2 with nonspecific chest pains) underwent simultaneous RNAC and GBP at the same position (LAO 45°). From both studies, global ejection fraction, regional ejection fraction, phase image, amplitude image, stroke image, paradox image, maximum ejection and maximum filling rates were obtained.

Global ejection fraction are almost same in both studies. Regional ejection fractions of apex and inferior portion of left ventricle calculated from RNAC are well correlated with those of GBP. Phase and paradox image, maximum ejection and maximum filling rates were obtained.

Global ejection fraction are almost same in both studies. Regional ejection fractions of apex and inferior portion of left ventricle calculated from RNAC are well correlated with those of GBP. Phase and paradox images of RNAC are very similar to those of GBP. However, amplitude and stroke images are different. Regional ejection fractions of the left ventricular base, maximum ejection and maximum filling rates obtained from RNAC are significantly different from those of GBP.

In conclusion, albeit all of functional images of RNAC is not same as GBP, regional wall motions and global left ventricular function are expected to be successfully analyzed by phase and paradox image and ejection fraction.

서 론

심장의 핵영상화는 기능적영상화에 적당하여, ^{201}Tl 스캔의 bull's eye 분석, 심장풀스캔의 위상분석(phase analysis) 등 많은 발전이 이루어져왔으며¹⁾, 방사성핵종

본 연구의 일부는 1991년 대한핵의학회 제30차 춘계 학술 대회에서 발표 되었음.

심혈관조영술에 있어서도 최근 시판되는 많은 컴퓨터에 기능적영상화 프로그램이 수록되고 있다²⁾. 이 프로그램은 심장풀스캔의 기능적영상화(functional imaging)를 기본으로 한 것으로 위상영상(phase image), 진폭영상(amplitude image), 국소박출계수영상(regional ejection fraction image) 및 수축화, 박동영상(stroke image), 패러독스영상(paradox image), 그리고 심주기의 시간-방사능곡선을 미분하여 얻은 최대박출율

(maximum ejection rate) 및 최대충혈율(maximum filling rate)등이 포함되어있다. 그러나 방사성핵종 심혈관조영술은 단시간에 작은 계수만을 얻어 분석하기 때문에, 수치화하는데 산술적 오류가 많아질 가능성이 있다.

저자들은 방사성핵종 심혈관조영술(radionuclide angiocardiology 이하 RNAC)에서 얻은 기능적 영상이 원래의 모형인 심장풀스캔(gated blood pool scan 이하 GBP)으로 얻은 기능적 영상과 같은 정보를 줄 수 있는지 알아보기 위해 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

심장의 국소벽운동 이상을 진단하기 위해 전남대학교 병원 핵의학실에 의뢰된 23명의 환자에서 동시에 RNAC와 GBP를 시행하여 얻은 결과를 대상으로 하였다. 환자의 평균연령은 55세였으며, 남자가 10명, 여자가 13명이었다. 대상환자 중 관상동맥질환이 16명, 고혈압성 심질환이 5명, 심장 이외의 원인으로 온 비특이성 흉통이 2명이었다(Table 1).

RNAC 및 GBP는 일상적인 방법으로 시행하였다.

즉, 환자는 휴식상태에서 양와위로 눕게 하였으며, Siemens사의 ZLC75 감마카메라를 좌전사위 45°, 하위 15°로 맞추었다. 환자에게 환원제(stannous pyrophosphate)를 정맥주사한 20분 후 555 MBq(15 mCi)의 ^{99m}Tc-pertechnetate를 외부경정맥을 통해 순간주사하고 약 20초간 Sophy사의 GX 컴퓨터에 리스트방식으로 데이터를 입력시켰다. RNAC에 이어 10분후 GBP를 같은 자세로 최소 400심주기가상 시행하였다.

2. 자료분석

RNAC의 분석은 다음과 같이 Sophy사의 분석프로그램(version 4.91)을 이용하였다²⁾. 즉, 리스트방식으로 받아들인 자료를 컴퓨터 모니터에 나타내어 그 중에서 좌심실에 해당하는 곳에 관심구역을 설정하고, 일차적인 시간-방사능 곡선을 얻는다. 이 곡선에서 가장 높

Table 1. Patient Characteristics

Age (yr)	55.3 ± 13.1
Sex	13 female, 10 male
Coronary artery disease	16
Hypertensive heart disease	5
Nonspecific chest pain	2

Table 2. Results of Statistical Analysis for the Correlation of Various Functional Parameters Obtained by Radionuclide Angiocardiology (RNAC) and Gated Blood Pool Scan (GBP)

	Mean		Correlation test		
	RNAC	GBP	Coefficient (r)	P value	
Global ejection fraction	51.9	54.1	0.60	< 0.01	
Regional ejection fraction	1	49.7	62.2*	0.17	0.43
	2	61.3	65.4*	0.37	0.09
	3	72.2	71.5	0.58	< 0.01
	4	68.3	62.7	0.70	< 0.01
	5	69.2	56.3*	0.84	< 0.01
	6	55.9	45.6*	0.81	< 0.01
	7	33.9	37.1	0.47	0.03
	8	34.1	52.6*	0.27	0.21
Average LV phase	179.1	104.6*	0.13	0.55	
FWHM ⁺ of LV phase	0.30	0.32	0.82	< 0.01	
Maximum ejection rate	2.68	2.34*	0.09	0.69	
Maximum filling rate	2.68	2.20*	0.02	0.94	

* The difference between RNAC and GBP is significant (paired t test, P < 0.01).

+ FWHM : full width half maximum.

은 방사능을 보이는 곳을 선택하여 2차 시간-방사능곡선을 얻는다. 이중 가장 적당하다고 생각되는 심주기를 5개 이상 선택, 이들을 합하여 16분할 연속영상을 만든다. 이 연속영상으로부터 심주기곡선, 위상영상, 진폭영상, 박동영상, 패러독스영상, 국소심박출계수, 최대박출율 및 최대충전율 등을 얻었다. GBP 역시 Sophy사의 분석프로그램(version 4.91)을 이용하였으며, 같은 기능적영상화 자료를 얻었다.

두가지 검사로부터 얻은 같은 종류끼리의 자료를 비교 분석하였는데, 심박출계수, 국소심박출계수, 좌심실의 평균위상, 좌심실위상의 반치폭(FWHM), 최대박출율 및 최대충전율은 paired t test를 이용하여 그 차이를 분석하였으며, 아울러 상관분석을 하였다. 진폭영상, 박동영상 및 패러독스영상의 비교는 서로 동일한 양상을 보이는지를 주관적으로 평가 비교하였다. 통계학적인

분석은 SAS를 이용하였다.

결 과

1. 심박출계수(Table 2)

RNAC와 GBP간 심박출계수는 차이가 없었으며 매우 밀접한 상관관계를 가지고 있었다($r=0.6, p<0.01$). 국소심박출계수는 심첨부, 하벽, 전벽 및 심실중격의 하부에서는 밀접한 상관관계를 가지고 있었으나, 심실의 기저부에서는 상관관계를 인정할 수 없었다.

2. 기능적영상(Table 2)

위상영상 중 좌심실평균위상은 RNAC에서 유의하게 늦었으며 서로 상관관계가 없었으나, 반치폭은 유의한 상관관계가 있었다($r=0.82, p<0.01$). 진폭영상과 박

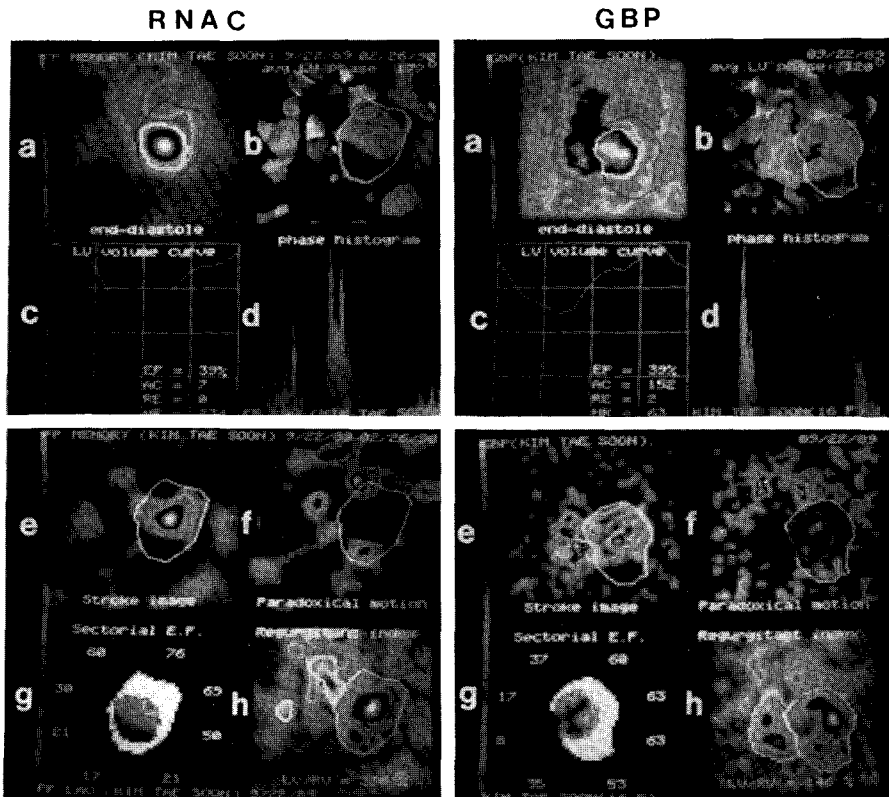


Fig. 1. Functional images of 61-year-old female patient with acute antero-septo-inferior myocardial infarction. The left side is functional images of radionuclide angiocardiology (RNAC), and the right side is those of gated blood pool scan (GBP). (a) end diastole image, (b) phase image, (c) left ventricular time-activity curve, (d) phase histogram, (e) stroke image, (f) paradox image, (g) regional ejection fraction image, (h) amplitude image.

동영상은 서로 비슷한 양상을 보인 경우가 전체 23예 중 15예, 다른 양상을 보인 경우가 8예였다. 패러독스영상은 서로 같은 소견을 보인 예가 전체 23예 중 20예, 다른 소견을 보인 예가 3예였다.

3. 증 례 (Fig. 1)

급성 격벽, 전벽 및 하벽 심근경색으로 진단된 61세 여자환자에서 RNAC 및 GBP로 얻은 기능적 영상을 예시하였다. 좌측은 RNAC의 기능적 영상이고, 우측은 GBP의 기능적 영상이다. 각각 확장기말영상 (a), 위상영상 (b), 심실의 시간-방사능(용적) 곡선 (c), 위상히스토그램 (d), 박동영상 (e), 패러독스영상(g) 및 진폭영상 (h)을 보인다.

고 안

허혈성심질환의 진단에 있어 국소벽운동 이상 여부는 심근허혈의 정도를 판단하거나 예후를 판정하는데 있어 중요한 판단기준이다^{3,4)}. GBP는 시행이 간단하고 한번 주사하여 여러번 검사할 수 있으므로, 심장핵의학 분야에서 심장의 국소벽운동 이상을 알아보는 데 주로 사용되는 검사법이다⁴⁾. GBP로 국소벽운동을 관찰하는데 처음 개발된 방법은 연속영상처리(endless cine-display)였으나, 이 방법은 주관적인 판단에 의하므로 검사자간에 이견이 있을 수 있었다. 또한 움직이는 모습을 보아야하므로 컴퓨터모니터를 떠나서는 볼 수 없고, 따라서 직접 모니터를 보지않은 사람에게 그 결과를 전달하는데도 문제가 있었다.

이 문제점은 GBP의 결과를 한장의 영상으로 보여주는 기능적영상화로 해결할 수 있게 되었다¹⁾. 즉 모니터를 작게는 64×64, 크게는 512×512개의 화소로 나누어 각각의 화소에서 심주기곡선을 구하고 이 심주기곡선을 분석하여 그 결과를 색으로 나타내 줌으로써, 그 색의 차이에 의해 국소벽운동 이상을 판단할 수 있게 된 것이다. 이 중 심주기곡선의 폭을 나타낸 것이 진폭영상이고, 심주기곡선 중 수축기말의 위상을 나타낸 것이 위상영상이며, 심박출량을 보여주는 것이 박동영상, 심주기곡선의 수축기에 있어 가장 빠른 속도가 최대박출율, 이완기의 가장 빠른 속도가 최대충전율이다. 심실을 8개로 나누어 각각에서의 심박출계수를 구해주며, 각 화소에서의 심박출계수를 색으로 표시하기도 한다. 패러독스

영상은 수축기말영상에서 확장기말영상을 수치적으로 감소한 결과를 나타낸 것이다. 색의 선택에는 여러가지 조합을 컴퓨터마다 제시하고 있으나, 가장 널리 쓰이는 조합은 검정-파랑-녹색-노랑-빨강-흰색의 순서로 표시하는 소위 지리적 색깔 코드가 많이 쓰인다.

비록 GBP가 전술한 여러가지 장점으로 인해 국소벽운동 이상을 평가하는데 가장 널리 쓰이는 검사법이기도 하나, 좋은 영상을 얻기 위해서는 400심주기 정도 즉 5분가량의 시간이 필요하다. 따라서 약제투여의 반응을 보는 등 빠른 속도로 변하는 상황에서는 좀더 빠른 검사법이 필요하게 되었고, RNAC는 30초내에 검사를 끝낼 수 있으므로, 이런 경우 사용할 수 있다. 또한 최근 심근혈류 영상화제제 중 ^{99m}Tc 제제가 많이 쓰이게 됨에 따라 이들 ^{99m}Tc 제제는 주사하면서 RNAC를 동시에 시행할 수 있게 되어 RNAC의 중요성이 다시 평가받게 되었다^{6,7)}. RNAC 역시 기능적영상화에 의해 도움을 받을 수 있을 것이나, 아직 이에 대한 보고는 많지 않으므로 본 연구에서는 RNAC에 의한 기능적영상화가 GBP에 의해 얻은 기능적영상과 같은 정도의 정보를 줄 수 있는 지에 대해 검토하였다.

심기능의 가장 기본이 되는 정보는 심박출계수이다. 그동안 심박출계수와 환자의 예후를 연결하는 많은 보고가 있었다^{8,9)}. 또한 국소심박출계수는 국소벽운동을 정량해주는 좋은 방법이다. 본 연구의 결과 방사성핵종 심혈관조영술은 심장풀스캔과 비교해 볼 때, 심박출계수는 매우 정확히 일치하고 있으며, 심첨부, 하벽, 전벽 및 심실중격의 하부에서는 국소심박출계수가 상관관계를 가지고 있었으나, 좌심실의 기저부에서는 상관관계를 인정할 수 없었다. 특기할 사실은 심첨부 및 하벽에 있어 RNAC로 얻은 수치가 GBP로 얻은 수치보다 유의하게 높지만 높은 상관관계를 가지고 있다는 사실이다. 즉, 이 부분에 있어 RNAC는 GBP 보다 일정하게 높은 수치를 기록한다는 점에 주의할 필요가 있다.

RNAC의 위상영상은 위상의 분포를 정확하게 나타내 주고 있으나, GBP에 비해 유의하게 낮은 위상을 보인다. GBP에 있어서는 전기적인 신호 즉 ECG의 R파와 동시에 심주기가 시작하나, RNAC에서는 좌심실의 방사능이 변하는 시점 즉, 좌심실이 수축하기 시작하는 순간부터 심주기가 시작하므로, 심장의 전기적신호가 물리적인 현상으로 연결될 때까지의 시간 때문에 RNAC에서의 위상이 GBP보다 더 늦다는 것은 당연하다. 본

연구에서는 RNAC로 계산한 좌심실 평균위상은 GBP로 계산한 것보다 75도가 늦었다.

RNAC의 진폭영상 및 박동영상은 가장 높은 부위가 중앙부에 나타나는 경향이 있어 GBP에서 심실외벽에 가장 높은 부위가 나타나는 것과는 다른 양상을 보였다. 그러나 패러독스 영상은 GBP의 영상과 같이 정상에서는 아무 신호를 보이지 않는 양상을 보여주었다. 진폭영상 및 박동영상의 차이는 방사선의 계수가 충분치 못하기 때문일 수도 있으나 그 외의 원인에 대해서도 생각해 볼 필요가 있을 것이다.

좌심실의 최대박출율과 최대충혈율은 좌심실기능 이상의 조기진단을 할 수 있는 지표로 인정받고 있다^{10,11}. 본 연구에서 RNAC로 구한 좌심실의 최대박출율과 최대충혈율은 GBP에서 계산한 수치와 매우 다르고 상관관계도 인정할 수 없었으므로, RNAC는 최대박출율과 최대충혈율을 구하는데 유용한 방법이라고 할 수 없을 것으로 사료되었다.

결론적으로, RNAC는 심박출계수, 심첨부 및 심실하부의 국소심박출계수, 위상영상 및 패러독스영상 등에서 GBP와 같은 기능적영상 정보를 줄 수 있었으며, RNAC 역시 이런 정보를 판독결과에 첨부할 경우 연속영상을 보지 않더라도 심기능을 파악할 수 있게 해 줄 수 있을 것으로 기대되었다.

결 론

본 연구에서는 RNAC의 기능적영상화가 GBP에서 얻은 기능적영상과 같은 결과를 내주는지를 알아보고자 하였다. 23명의 심질환자에서 같은 자세(LAO 45°)로 동시에 RNAC와 GBP를 시행하였으며, 각각의 자료로부터 심박출계수, 국소심박출계수, 진폭영상, 위상영상, 박동영상, 패러독스영상, 최대박출율 및 최대충혈율을 구하여 서로 비교하였다.

두 검사법으로 계산한 심박출계수는 매우 정확히 일치하고 있었으며, 심첨부, 하벽, 전벽 및 심실중격의 하부에서는 국소심박출계수가 서로 유의한 상관관계를 보였으나, 좌심실의 기저부에서는 국소심박출계수에 유의한 차이가 있었다. 좌심실의 위상막대그래프의 반치폭은 서로 차이가 없었으나, 방사선택중 심혈관조영술에서 얻은 위상영상의 좌심실 평균위상은 심장풀스캔에 비해 유의하게 늦었다. 진폭영상 및 박동영상은 두 검사간에

차이가 있었으나, 패러독스영상은 차이를 인정할 수 없었다. 그러나 최대박출율 및 최대충혈율은 서로간에 유의한 차이가 있었다.

따라서, RNAC에서 얻은 심박출계수, 위상영상 및 패러독스영상은 GBP에서와 같이 유용하게 사용할 수 있다고 판단되며, 국소심박출계수는 심첨부, 하벽, 전벽 및 심실중격의 하부에서 심장풀스캔과 같은 결과를 얻을 수 있으나, 진폭영상, 박동영상, 최대박출율, 최대충혈율 등은 GBP의 결과와 같이 유용하게 사용하기는 힘들 것으로 사료되었다.

REFERENCES

- 1) Pavel DG, Sychra JJ, Olea E: *Functional (parametric) imaging of dynamic cardiac studies*. In: Gelfand MJ and Thomas SR (Eds): *Effective use of computers in nuclear medicine*. McGraw-Hill Book Company, New York, pp 161-205, 1988
- 2) Sophy Computer Operator Manual. Sophy medical co., 1990
- 3) Lee KL, Pryor DV, Perper KS, et al: *Prognostic value of radionuclide angiography in medically treated patients with coronary artery disease*. *Circulation* 83:1707-1717, 1990
- 4) Jones RH: *Use of radionuclide measurements of left ventricular function for prognosis in patients with coronary artery disease*. *Semin Nucl Med* 17:95-103, 1987
- 5) Borges-Neto S, Coleman E, Potts JM, Jones RH: *Combined exercise radionuclide angiocardiology and single photon emission computed tomography perfusion studies for assessment of coronary artery disease*. *Semin Nucl Med* 21:223-229, 1991
- 6) Bom HS, Kim JY, chung MH, et al: *Assessment of left ventricular regional wall motion by radionuclide angiocardiology in ischemic heart disease*. *Chonnam Med Science (in press)*.
- 7) Jengo JA, Freeman R, Brizendine M, Mena I: *Detection of coronary artery disease: comparison of exercise stress radionuclide angiocardiology and thallium stress perfusion scanning*. *Am J Cardiol* 45:535-541, 1980
- 8) Rozanski A, Berman D, Grapy R, et al: *Preoperative prediction of reversible myocardial asynergy by post-exercise radionuclide ventriculography*. *N Eng J Med* 307:212-216, 1982

- 9) Schiepers C, Almasi JJ: *Equilibrium gated blood pool imaging at rest and during exercise. In: Gelfand MJ and Thomas SR (Eds): Effective use of computers in nuclear medicine. McGraw-Hill Book Company, New York, pp. 136-160, 1988.*
- 10) Bhargava V, Slutsky R, Costello D: *Peak rate of left-ventricular ejection by a gated radionuclide technique: Correlation with a contrast angiography. J Nucl Med 22:506-509, 1981*
- 11) 정명호, 박상진, 김승관, 박종춘, 강정채, 박옥규, 범회승, 김지열 : 본태성 고혈압환자의 좌심실 이완기 기능의 평가. 순환기 17:401-409, 1987