

게이트심장혈액풀 스캔과 게이트심장혈액풀 SPECT를 이용한 심실기능의 평가

단국대학교 의과대학 핵의학교실
박 석 건

Assessment of Ventricular Function Using Gated Blood Pool Scan and Gated Blood Pool SPECT

Seok Gun Park, M.D.

Nuclear Medicine Department, Dankook University Medical college, Cheonan, Korea

Non-invasive evaluation of cardiac function by nuclear medicine technologies are one of the major contribution of nuclear medicine. Gated cardiac blood pool scan was once a novel and robust technique which enabled evaluation of ventricular function. Concept of EKG gating was one of the major breakthrough in nuclear cardiology. According to the evolution of echocardiographic techniques, and as the evaluation of myocardial perfusion by perfusion SPECT became feasible, number of gated blood pool study done in nuclear medicine laboratory is declining. And recently, evaluation of ventricular function with gated perfusion SPECT further decreased the use of gated blood pool scan. In this article, assessment of ventricular function using gated blood pool scan is discussed including some insight about the role of gated blood pool SPECT. (Korean J Nucl Med 39(2):100-106, 2005)

Key Words: gated blood pool scan, gated blood pool SPECT, cardiac function

서 론

심장의 기능을 평가하기 위한 방사성동위원소 심실조영술은 전통적으로 게이트심장혈액풀 스캔과 일회통과 스캔(first-pass study)이 있었고, 최근에는 관류와 동시에 심실의 기능까지 평가할 수 있는 게이트심근관류 SPECT가 주류를 이루고 있다. 여기에서는 주로 게이트심장혈액풀 SPECT를 포함한 게이트심장혈액풀 스캔을 살펴보고자 한다.

게이트심장혈액풀 스캔은 한 때 활발하게 시행이 되었던 검사이다. 고에 따르면 당시 서울대학교 병원 한 곳에서만 연간 400례 정도가 시행이 되었다고 하며, 임상적 적응은 구역 및 전체 심실벽 운동의 평가와 심박출계수(ejection fraction)의 측정, 심실 용적의 측정, 수축률(ejection velocity), 이완율(filling rate), 역류지수(regurgitation fraction)의 측정 등 다양한 기능을 수행하였다.¹⁾ 많을 때는 전체 심혈관계

검사의 23%까지 차지하던 게이트심장혈액풀 스캔은 현재는 TI 혹은 MIBI 관류 SPECT에 자리를 내 주고, 2000년부터는 시행건수가 줄어들기 시작하고 있다(Table 1).²⁾

본 론

1. 비 영상용 섬광계측기(non-imaging probe)

방사성동위원소를 이용한 심장기능의 평가는 순환시간의

Table 1. Change of number of gated blood pool scan performed vs total number of cardio-respiratory study. Modified from 40 years history of Korean Nuclear Medicine Society table 3-5, p.86.

Year	Number of gated blood pool scan (%)	Number of total cardio-respiratory study
1970	0 (0)	28
1973	0 (0)	73
1976	0 (0)	65
1979	0 (0)	547
1982	1 (0)	2,142
1988	208 (3.0)	6,876
1991	2,329 (22.8)	10,222
1994	4,388 (21.0)	20,912
1997	5,189 (13.3)	38,969
2000	3,342 (8.5)	39,352

• Received: 2005. 3. 8. • Accepted: 2005. 4. 10.
• Address for reprints: Seok Gun Park, MD, Nuclear Medicine Department, Dankook University Medical college, #29 Anseodong, Cheonan, Chungnam 330-715, Korea.
Tel: 82-41-550-6952, Fax: 82-41-550-6955
E-mail: seokgun@dkuh.co.kr

측정으로부터 시작된다. 비 영상용 섬광계측기를 이용한 심박출계수의 측정도 가능하였는데, 우리나라에서는 이 등이 1970년에 1인치짜리 NaI 크리스탈 섬광검출기를 가슴에 부착시키고, ^{131}I -Hippuran을 정맥주사 한 다음 방사능곡선 아래에 있는 면적을 이용하여 심박출량을 계산하였고, 이것이 방사능표지된 HSA를 이용해서 희석법으로 계산해 낸 심박출량과 좋은 상관관계가 있다는 것을 보고하고 있다.³⁾

순환시간의 측정이나 심박출량의 측정은 더 이상 임상에서 심장기능을 평가하기 위한 방법으로 사용이 되지 않지만, 비 영상용 섬광계측기를 이용하는 방법은 환자가 활동을 하고 있는 동안 계속해서 심박출계수를 측정할 수 있는 nuclear VEST로 이어지고 있다.⁴⁾ Nuclear VEST는 Holter 처럼 착용을 하고 다니는 장치로, 약물의 효과, 스트레스의 효과, 치료 후 경과의 추적 등에 이용할 수 있다.⁵⁻⁷⁾

비 영상용 섬광계측기는 공간해상도가 극히 낮을 수밖에 없고, 좌심실에 정확하게 위치시키지 못하면 제대로 된 값을 얻을 수 없는 단점이 있다.

2. 게이트심장혈액풀 스캔의 기술적인 측면

1) 게이트링

핵의학 영상 검사에서 관심영역 안에 들어오는 카운트와 공간적 혹은 시간적 해상도는 비례한다. 움직이지 않는 기관의 정적인 영상에서는 채집하는 시간을 연장함으로써 카운트수를 높일 수 있다. 그러나 심장 검사의 경우에는 채집하는 시간을 충분히 연장할 수 없는 문제가 있다. 일회통과 스캔은 방사성동위원소가 심장을 통과하는 동안에만 한 번, 혹은 몇 개의 심장 사이클만을 수집을 할 수 있을 뿐이다. 또한 심장혈액풀 스캔 역시 한 개의 심장 사이클만으로는 충분한 카운트를 얻지 못한다. 그렇다고 해서 카운트를 계속 겹치면 심장의 운동을 관찰 할 수 없다.

Strauss는 1971년 여러 개의 심장 사이클 겹쳐서 충분한 데이터를 얻는 방법을 제시하였다. 즉 생리적인 신호를 게이트로 사용하여 심장 안에 있는 혈액풀 데이터를 여러 개의 간격으로 나누고, 각각의 분절에서 나오는 데이터들을 따로 중첩시키는 방법으로 좌심실의 심박출계수를 측정하는 방법을 소개하였다. 게이트에 사용이 된 생리적 신호는 심전도였으며, 당시 사용이 된 방사성동위원소표지화합물은 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HSA였다. 확장기말 이미지와 수축기말 이미지를 데이터를 겹쳐 놓으면 심장의 국소적인 벽운동을 평가할 수 있다(Fig. 1).

2) 적혈구 표지

게이트심장혈액풀 스캔을 위해서는 거의 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -RBC를 사용한다. 어느 방법으로 표지를 하든지 표지율이 높기 때문

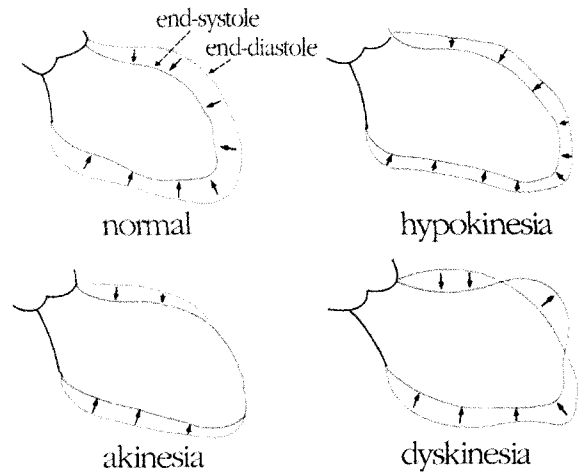


Fig 1. Wall motion of the left ventricle. End-diastolic and end-systolic contours are interposed.

에 큰 문제가 되지는 않는다. 한 번 표지를 하여 4~6시간 정도 촬영이 가능하기 때문에, 원한다면 휴지기과 운동부하 게이트심장혈액풀 스캔을 한 번의 표지로 모두 얻을 수 있다. 게이트관류 SPECT에서는 휴지기과 운동부하 후의 영상을 얻기 위해서는 각각 주사를 해야 한다.

적혈구에 표지를 하는 가장 전통적인 방법은 채혈을 해서 주사기 안에서 표지를 한 다음 표지가 된 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -RBC를 다시 환자에게 주사하는 체외표지법이다. 체외표지법의 표지율은 98%에 달한다. 그러나 손이 많이 가며, 채혈량이 많고, 오염이 되지 않도록 매우 조심해야 한다.

체내표지법은 1 mg 가량의 주석 피로인산염(stannous pyrophosphate)을 주사한 다음 적어도 15분이 지난 이후에 테크네튬을 주사하여 체내에서 적혈구에 테크네튬이 표지되도록 하는 방법이다. 2 mg 이상을 주사하면 오심 등 독성이 나올 수 있다. 체외표지법에 비해서 간편하지만 표지율은 70~90%로 체외표지법보다 낮다. 특별히 표지율이 떨어지는 경우들은 테프론 카테터를 통하여 주석 피로인산염을 정맥 주사를 한 경우, 해파린이나 항암치료를 하고 있는 경우, 고령, 심한 질환 특히 폐혈증이 있는 경우 등이라고 한다.⁸⁾ 빈혈이나 대량 수혈을 받은 환자에서도 표지율이 낮을 수 있다 따라서 이런 경우에는 체외표지법을 권장한다.

체외표지법의 번거로움을 피하고 체내표지법의 낮은 표지율을 향상시키기 위해서 두 방법을 결합한 방법이 많이 쓰이는데, 즉 환자에게 먼저 주석 피로인산염을 주사 한 다음 기다렸다가 2~3 ml의 혈액을 채혈을 하되, 주사기 안에서 테크네튬과 적혈구를 표지하여 이를 다시 환자에게 주사하는 방법이다. 표지를 하는 동안에 혈액이 응고되지 않도록 주사기에는 미리 소량의 해파린 혹은 acid-citrate-dextrose

를 채워놓아야 한다. 표지율은 90~95%로 체외법과 체내법의 사이에 있다.

3) 데이터 수집

데이터를 채집하는 시간 동안에 심장의 기능은 변하지 않는다고 하는 것이 기본적으로 가지고 있는 가정이다. 게이트 심장혈액풀 스캔이나 심장초음파검사가 모두 심장벽의 운동을 관찰하지만, 실은 게이트심장혈액풀 스캔에서 보는 이미지는 그때그때의 심장벽의 실제 운동이 아니라 검사기간 동안 채집한 데이터를 평균한 운동이라는 점이 다르다. 심방세동이나 조기수축이 있으면 게이팅이 어려워진다.

하나하나의 심방동이 이렇게 변이가 있을 경우에는 심전도의 R-R 피크의 10~15% 안에 들어 온 심방동에서 나온 데이터를 받고 그 밖으로 나간 심방동에서 온 데이터는 제외함으로써 보다 일정한 데이터를 얻을 수 있는 프로그램을 사용하기도 한다.

심전도의 R-R 간격은 8개나 16개 정도 간격으로 나누는데, 수축기 지표들을 계산하기 위해서는 보다 잦은 간격(24개)로 게이팅을 하거나, 16개 간격으로 하여 얻은 커브를 플리에 변환을 한다.

좌심실을 다른 구조와 구별하고 심실벽운동을 관찰하기 위해서 여러 각도에서 이미지를 얻는다. 심박출계수를 구할 때는 심장주변에 관심영역을 설정하여 배경방사능을 제외해 주어야 한다.

데이터를 저장하는 방법은 프레임 모드가 있고, 리스트 모드는 데이터를 다 얻은 다음 분석을 하는 방법으로 이론적으로는 심장 사이클에 변화가 있을 경우 프레임 모드에 비해서 보다 정확한 분석을 할 수 있는 장점이 있지만, 분석상의 기술적인 문제 때문에 일상적으로 사용하지는 않는다.

4) 게이트심장혈액풀 SPECT

게이트심장혈액풀 SPECT는 비교적 일찍 소개가 되었다.⁹⁾ 그렇지만 그 적용은 그렇게 활발하지는 않았다.

이론상 SPECT를 하면 좌심실과 우심실이 분리가 되기 때문에, 이 방법으로 좌심실 뿐 아니라 우심실의 심박출계수와 용적, 벽운동 이상을 평가할 수 있다. 그리고 배후방사능의 교정도 할 필요가 없기 때문에 어디에 배후 방사능의 관심영역을 설정하느냐에 대한 고민도 해소가 된다.¹⁰⁾

그런데도 게이트심장혈액풀 SPECT가 일상적으로 적용이 되지 못하고 있는 이유 중의 하나는 좌심실과 우심실의 심박출계수를 구하는 완전히 믿음만한 자동화된 정량화 알고리즘이 아직은 없기 때문이다.¹¹⁾

Pieter 등이 게이트심장혈액풀 SPECT를 분석하는 프로

그램들인 QBS, QUBE, 4D-SPECT, BP-SPECT의 네 가지 소프트웨어를 사용하여 좌심실 및 우심실의 심박출계수를 계산해 낸 것을 보면, 좌심실의 심박출계수는 게이트심장혈액풀 스캔이나 게이트심장혈액풀 SPECT가 서로 좋은 상관관계를 보이기는 하지만, 양자에서 나온 값을 교차해서 사용할 수는 없는 상황이고, 우심실 심박출계수의 경우에는 프로그램마다 서로 잘 일치하지 않는다고 한다.¹²⁾

좌심실은 비교적 단순한 뿔 형태로 모델링을 할 수 있기 때문에, 게이트심장혈액풀 SPECT를 이용하여 측정된 좌심실의 심박출계수는 다른 방법들 즉 게이트심장혈액풀 스캔, 조영증강 혈관촬영술, 심장초음파로 측정된 좌심실 심박출계수와 비교적 잘 맞는 것으로 알려져 있다.¹³⁻¹⁷⁾ 또한 게이트심근관류 SPECT와 게이트심장혈액풀 SPECT로 측정된 좌심실 심박출계수도 서로 일치한다고 한다.¹⁸⁾

게이트심장혈액풀 SPECT의 이론적인 장점은 우심실의 용적을 게이트심장혈액풀 스캔보다 더 확실하게 계산할 수 있다는 것이다. 따라서 우심실의 심박출계수 측정, 역류지수의 계산, 벽운동 이상의 평가, 우심실 심근 경색증의 진단 등에 있어서 게이트심장혈액풀 스캔보다 우수하다고 주장한다.¹⁹⁻²²⁾ 그렇지만 우심실의 경우에는 모양이 단순하지 않을 뿐만 아니라, 폐동맥 판막의 위치를 정하는 합의된 방법이 없기 때문에, 우심실 심박출계수에 관한 연구들은 결과가 일정하지가 않다.

일회순환 스캔을 기준으로 했을 때 게이트심장혈액풀 SPECT가 게이트심장혈액풀 스캔보다 더 우수하다는 결과 보고가 있는가 하면, 좌심실 심박출계수는 정확하게 측정하지만 우심실 심박출계수는 떨어진다는 보고들도 있고, MRI로 측정된 용적과 게이트심장혈액풀 SPECT의 결과가 잘 일치한다는 보고도 있다.²³⁻²⁸⁾

특별한 경우, 즉 선천기형으로 대혈관전위(transposition of great vessel)이 있어서 baffling procedure로 교정한 환자들의 그룹에서는 비교적 우심실을 확인하기가 쉽고, 게이트심장혈액풀 SPECT에 의한 우심실의 기능평가 용이하다. 이때 게이트심장혈액풀 SPECT로 확인한 우심실 심박출계수는 자기공명으로 측정된 우심실 심박출계수와 좋은 상관관계를 가진다고 한다.²⁹⁾

심실용적의 측정 외에도 벽운동의 관찰 및 위상분석을 통한 심근경색 후의 대동맥류의 진단과 대동맥류절제후의 좌심실 기능의 예측에 있어서 매우 정확한 성적을 보였다고 하며, 부정맥 환자에서 부전도로(accessory pathway)를 용해(ablation)한 후 치료효과를 판정하는 데에도 우수한 성능을 보였다는 보고가 있다.^{30,31)}

용적을 알고 있는 팬텀을 이용하여 게이트심장혈액풀

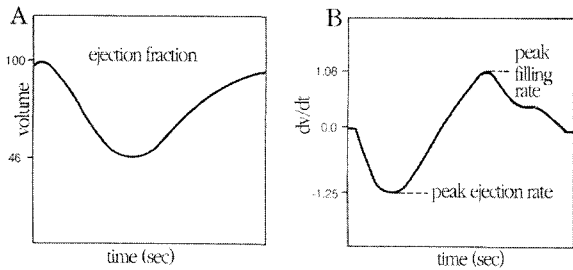


Fig 2. Time-activity curve of left ventricle.

Table 2. Cardiac indexes derived from gated cardiac blood pool scan

Ejection fraction	left ventricle(global, regional) right ventricle
Regional wall motion analysis	
Systolic indexes	peak ejection rate average ejection rate time to peak ejection rate
Diastolic indexes	peak filling rate average filling rate time to peak filling rate
Left ventricle end diastolic volume	
stroke volume	
Phase analysis	
Regurgitation fraction	

SPECT 방법으로 좌심실 및 우심실의 심박출계수를 측정할 실험들이 있는데, 실제 용적과 측정값이 매우 잘 맞았다고 하였다.³²⁻³³⁾ 이것은 게이트심장혈액풀 SPECT를 잘 해석할 수 있는 적절한 소프트웨어가 개발이 되면, 임상에서 환자에 대한 적응이 확장될 수도 있다는 의미가 된다.

5) 데이터 분석

게이트심장혈액풀 스캔에서 얻은 데이터는 육안분석과 시간-방사능 곡선으로부터 얻은 정량적인 지표들을 사용한다.

전면상에서는 좌심실의 전벽과 심첨부, 측벽을, 좌전사위상에서는 심실중격, 심첨부, 측벽을 관찰할 수 있다. 측면상에서는 전벽과 하벽의 심장벽운동을 관찰할 수 있다.

시간-방사능 곡선으로부터 구하는 대표적인 지표는 심박출계수이다. 좌심실의 심박출계수 계산은

$$\frac{\text{확장기말 카운트} - \text{수축기말 카운트}}{\text{확장기말 카운트}}$$

와 같이 한다. 물론 주변에서 나오는 카운트를 보정해야 한다. 좌심실의 시간-방사능 곡선을 미분하여 좌심실기능을 표현하는 다른 지표들을 얻을 수 있다(Fig. 2, Table 2).

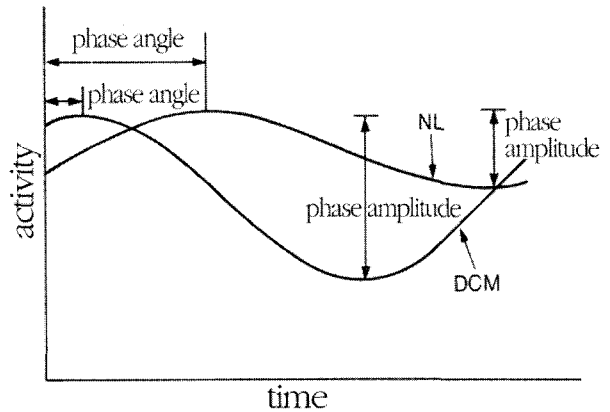


Fig 3. Fourier transformation of time-activity curve of patient with dilated cardiomyopathy (DCM) for phase analysis.

심실의 용적 측정도 가능하다. 평형을 이룬 혈액풀에서 나오는 카운트 수는 용적과 비례하기 때문에, 표준이 되는 혈액샘플을 측정된 카운트와 비교하면 좌심실의 용적을 계산할 수 있다. 이 방법은 좌심실의 모양에 영향을 받지 않고 정확한 혈액 양을 계산할 수 있다고 하는 장점이 있다. 환자의 경과에 따라 좌심실의 모양이 달라질 때 유용한 측정법이 될 수 있다.

실제 임상에서 좌심실의 심박출계수를 측정하는 방법으로는 조영제증강 심혈관촬영술, 심장초음파, 방사성동위원소 심혈관촬영술, 게이트심근관류 SPECT, CT와 MRI 등이 있을 수 있다. 심장판막에 기능 이상이 있는 경우는 심장초음파가 가장 우수하다. 그러나 비만이나 심한 폐기종 등으로 acoustic window가 불량한 경우에는 심박출계수의 계산이 불가능하다. 이런 경우 게이트혈액풀 스캔이 가장 안정적이고 반복측정으로 경과를 추적하는 데도 용이하다.³⁴⁾

심근관류 SPECT를 하면서 ^{99m}Tc-표지 심근관류제제 주사를 할 때 심박출계수도 구하고, 관류영상도 본다고 하는 아이디어가 소개되었으나 널리 채택되지는 않았다. 그보다는 오히려 게이트심근관류 SPECT 쪽으로 발전하였다. 게이트심근관류 SPECT와 게이트심장혈액풀 스캔에 의한 좌심실 심박출계수는 서로 직선적인 상관관계를 갖는 것으로 알려져 있다.³⁵⁾ 재현성도 높다고 한다.³⁶⁾

좌심실의 시간-방사능 곡선을 푸리에 함수 변환을 한 코사인 곡선으로 표현할 수 있다(Fig. 3). 이렇게 하면 심실벽 운동에 이상이 있는 부분은 위상각이 늦어진다. 역행성 벽운동이나 운동이상증(dyskinesia)는 위상각이 180도 지연이 된다. 심실내의 전도 장애도 국소적인 위상각의 이상을 보인다.³⁷⁾ 조기흥분(pre-excitation)이 있는 환자들에서 부전도를 용해(ablation)하기 전후에 게이트혈액풀심장 스캔과 게

이트혈액풀심장 SPECT를 모두 시행하여 위상분석을 한 결과 게이트혈액풀심장 스캔보다는 게이트혈액풀심장 SPECT에서 진단율이 높았다는 보고가 있었다.³⁸⁾

3. 게이트심장혈액풀 스캔의 임상 적용

1) 허혈성심장질환

관상동맥의 혈류가 저하되면 국소적인 관류가 떨어지고, 심실벽운동의 장애가 뒤따른다. 심전도의 변화는 이보다 늦다. 게이트심장혈액풀 스캔은 심실벽 운동의 장애를 예민하게 평가할 수 있고 따라서 관상동맥 질환의 진단과 예후 추적에 사용되어왔다. 심실벽운동의 이상, 심박출계수의 감소가 대표적인 지표이다.

관상동맥 질환이 있는 환자에서 안정시에 측정된 좌심실 심박출계수는 중요한 예후인자이다. 또한 관상동맥 질환을 가진 환자 중 운동부하시 좌심실 심박출계수가 50%이상인 환자들은 뛰어난 예후를 보이며, 35%이하이면 이면 예후가 급격히 나빠진다고 한다.

운동부하를 하면 정상적으로 좌심실 심박출계수가 증가해야 하는데, 증가되는 정도가 안정시에 비해서 5% 미만인 경우에는 관상동맥 질환을 의심한다. 이때 예민도는 89%, 특이도는 79% 정도이다.³⁹⁾ 심박출계수와 관련하여 얻을 수 있는 지표는 안정시 좌심실 심박출계수, 운동시 심박출계수, 운동-안정시 심박출계수와 차이의 세 가지가 있다.

심박출계수뿐 아니라 좌심실 벽운동도 관상동맥질환을 진단하는 데 매우 예민하다. 운동부하후에 벽운동이상이 나타나거나 악화되는 경우 관상동맥 질환의 진단 특이도는 93%로 좌심실 심박출계수를 지표로 했을 때 보다 훨씬 높다. 다만 예민도는 매우 낮았는데 그것은 운동부하시에는 단일한 방향에서 하나의 영상밖에 얻을 수가 없고, 게이트심장혈액풀 스캔의 공간해상력이 떨어지기 때문이다.

부하 게이트심장혈액풀 스캔과 관련된 데이터는 거의 모두 운동부하에서 나온 것이다. 운동부하 게이트심장혈액풀 스캔은 운동을 하는 중에 촬영을 한다. 자전거 운동기(bicycle ergometer)를 사용하는 경우를 예를 들면, 누운 상태에서 운동을 하도록 하고, 검출기를 좌우심실을 분리하기 위해 좌전사위 30~45도를 유지한다.⁴⁰⁾ 이것은 운동부하를 하면서 심근관류 스캔을 위해 ^{99m}Tc-표지 심근관류제제를 주사한 다음에, 1시간 이상을 기다렸다가 촬영을 하는 게이트심근관류 SPECT와는 다르다.

운동부하 게이트심장혈액풀 스캔에서는 운동 후 5%이상 좌심실 심박출계수가 증가하지 않으면 관상동맥 질환을 의심한다. 게이트심근관류 SPECT에서는 운동부하 후 영상에서 좌심실 심박출계수가 안정시보다 5% 이상 감소하는 것

은 허혈성 심질환의 정도를 암시하는 주요한 지표가 된다고 한다.⁴¹⁾

허혈성심장질환의 예후는 증상이 있거나 없거나 비슷한 것으로 알려져 있다. 일상생활 중에 나타나는 허혈을 평가하는 목적이나 연구목적으로 nuclear VEST를 사용할 수 있을 것이다.⁵⁾

2) 심장판막질환

심장판막질환에서 게이트심장혈액풀 스캔의 주된 용도는 좌심실 심박출계수의 변동을 추적하는 것이다.

폐쇄부전증 환자에서 역류의 정도를 정량 할 수도 있지만, 도플러 심장초음파가 간편하고 우수하기 때문에 역류 정도를 정량하기 위해서 게이트심장혈액풀 스캔을 이용하는 것은 더 이상 실용적이지는 않다. 좌우심실의 심박출계수를 게이트심장혈액풀 스캔으로 구하여 비율을 비교하고자 하는 경우, 특히 우심실은 우심방, 대동맥, 폐동맥의 일부가 겹치는 것이 문제가 된다. 또한 좌심실 심박출계수가 30% 이하인 중증의 경우 정확도가 많이 떨어진다.⁴²⁾

대동맥판막 폐쇄부전에서는 좌심실의 심박출계수가 주된 예후인자중 하나이며, 증상이 없더라도 좌심실 심박출계수가 비정상이면 수술의 적응이 된다. 또한 안정시의 심박출계수가 정상이라도 운동부하시의 심박출계수가 비정상이면 예후가 다르다고 한다.

승모판 폐쇄부전의 경우는 우심에 부하가 많이 걸리므로 우심실의 심박출계수 측정이 중요하다. 이론적으로는 게이트심장혈액풀 스캔보다 게이트심장혈액풀 SPECT가 우심실의 심박출계수를 측정하는 데 우수할 수 있지만, 앞에서 설명한 것과 같은 문제로 아직 확정적인 데이터는 없다.

3) 아드리아마이신(독소루비신) 치료시 좌심실 심박출량의 측정

아드리아마이신의 심장 독성은 투여한 용량에 비례하는 것으로 알려져 있다. 따라서 전체 용량이 400~450 mg/m²을 넘기 시작하면 투여를 하기 전에 좌심실의 심박출계수를 측정 한 다음 투여 여부를 결정하도록 한다. 그러기 위해서는 비교를 할 수 있도록 미리 게이트혈액풀 스캔으로 좌심실의 심박출계수를 측정해 두어야 한다. 좌심실 심박출계수가 45% 이하가 되거나, 이전보다 10~15% 이상 감소하는 경우 의미가 있는 것으로 간주한다.

4) 기타

기타 심장 질환 환자에서 좌심실의 심박출계수를 이용한 예후의 계층화, 울혈성심부전증에서 좌우심실의 기능평가

를 통한 원인감별, 우심실 심박출계수 측정을 통한 만성폐질환에 합병되는 폐성고혈압의 평가 등이 게이트심장혈액풀 스캔의 적응증이 된다. 이론상 우심실의 용적과 심박출계수를 정확하게 구해낼 수 있는 게이트심장혈액풀 SPECT를 분석하는 기술이 좀 더 안정적으로 되면 게이트심장혈액풀 스캔의 응용도가 더 넓어질 수도 있을 것이다.

결 론

비관혈적인 방법으로 심장기능을 평가하는 일은 핵의학이 가지는 강점 중 하나이다. 게이트심장혈액풀 스캔은 심실의 기능을 평가하는 강력한 도구였다. 심전도에서 나오는 신호를 게이트로 이용하여 심장 혈액풀의 영상을 만든다고 하는 것은 심장핵의학 검사의 발전에 있어서 획기적인 계기의 하나였다. 오늘날 심장초음파 기술의 발달과 심근관류 SPECT의 보급으로 게이트심장혈액풀 스캔의 역할은 많이 줄어들었다. 최근에는 심근관류 SPECT에 심전도 게이팅을 결합한 게이트심근관류 SPECT 방법이 소개되어 게이트심장혈액풀 스캔의 사용빈도는 더욱 줄어들었다. 현재 게이트심장혈액풀 스캔과 SPECT 기술을 결합시킨 게이트심장혈액풀 SPECT는 아직 평가가 끝나지 않은 기술로 그 용도가 어떻게 정해질지는 미지수이다. 게이트심장혈액풀 SPECT를 포함한 게이트심장혈액풀 스캔의 기술적인 측면과 임상 적용에 관하여 살펴보았다. 게이트심장혈액풀 SPECT를 보다 적절하게 분석할 수 있는 프로그램이 나오게 되면, 특히 정확한 우심실의 심박출계수와 용적 측정을 기대해 볼 만 하다.

References

- Koh CS. The historical background and current status of nuclear cardiology in Korea. *Korean J Nucl Med* 1986;20:1-7.
- Jung JK. 40 year history of Korean nuclear medicine society. *Korean Society of Nuclear Medicine* 2001. p86.
- Lee AK, Kil KS, Park JY, Kim DS, Kim JI, Koh CS. A comparative study of the cardiac output measurement with RIHSA and 131I-hippuran. *Korean J Nuc Med* 1970;4:143-148.
- Mohiuddin I H, Kambara H, Ohkusa T. Clinical evaluation of cardiac function by ambulatory ventricular scintigraphic monitoring (VEST): validation and study of the effects of nitroglycerin and nifedipine in patients with and without coronary artery disease. *Am Heart J* 1992;123:386-394.
- Ferro A, Savatore M, Guocioio A. Radionuclide monitoring of left ventricular function after sublingual nifedipine administration at rest and during moderate physical activity. *J Nucl Cardiol* 2001;8: 669-76.
- Legault SE, Langer A, Armstrong PW, Freeman MR. Usefulness of ischemic response to mental stress in predicting silent myocardial ischemia during ambulatory monitoring. *Am J Cardiol* 1995;15: 1007-11.
- Verma A, Newman D, Geist M, Greenhut S, Lasiop J, DeBellis L, et al. Effects of rhythm regularization and rate control in improving left ventricular function in atrial fibrillation patients undergoing arrioventricular nodal ablation. *Can J Cadiol* 2001;17:437-45.
- Hamnye AS, Vandermeiren R. Failure to label red blood cells adequately in daily practice using in vivo method: methodological and clinical consideration. *Eur J Nucl Med* 1995;22:61-7.
- Underwood SR, Walton S, Ell PJ, Jarritt PH, Emanuel RW, Swanton RH. Gated blood-pool emission tomography: a new technique for the investigation fo cardiac structure and function. *Eur J Nucl Med* 1985;10:332-7.
- Bartlett ML, Srinivassan G, Barker WC, Kitsiou AN, Dilsizian V, Bacharach SL. Left ventricular ejection fraction: comparison of results from planar and SPECT gated blood-pool studies. *J Nucl Med* 1996;37:1795-9.
- Germano G, Berman DS. The right stuff. *J Nucl Cardiol* 2002;9: 226-8.
- Pieter DB, Oliver DW, Johanan DS, Ruddi AD. Agreement between four available algorithm to evaluate global systolic left and right ventricular function from tomographic radionuclide ventriculography and comparison with planar imaging. *Nuclear Medicine Communications* 2005;28:351-9.
- Underwood SR, Walton S, Laming PJ, Jarritt PH, Ell PJ, Emanuel RW, Swanton RH. Left ventricular volume and ejection fraction determined by gated blood pool emission tomography. *Br Heart J* 1985;53:216-22.
- Van Krieking SD, Berman DS, Germano G. Automatic quantification of left ventricular ejection fraction from gated blood pool SPECT. *J Nucl Cardiol* 1999;6:498-506.
- Groch MW, DePeuy EG, Belzberg AC, Erwin WD, Kamran M, Barnett CA, et al. Planar imaging versus gated blood-pool SEPECT for the assessment of ventricular performance: a multicenter study. *J Nucl Med* 2001;42:1773-9.
- Stadius ML, Williams SL, Harp G, Cerqueria M, Caldwell JH, Stratton JR, Ritchie JL. Left ventricular volume determination using single photon emission computed tomography. *Am J Cardiol* 1985;55:1185-91.
- Murano K, Narita M, Kurihara T. Left ventricular function assesses by multigated blood pool single photon emission computed tomography with 99mTc. *J Cardiol* 1992;22:245-53.
- Paul AK, Hasegawa S, Yoshioka J, Yamaguchi H, Tsujimura E, Nishimura T. Assessment of left ventricular function by gated myocardial perfusion and gated blood-pool SPECT: can we use the same reference database? *Ann Nucl Med* 2000;14:75-80.
- Cerqueira MD, Harp GD, Ritchie JL. Quantitative gated blood pool tomographic assessment of regional ejection fraction: definition of normal limits. *J Am Cardiol* 1992;20:934-41.
- Ishino Y. Assessment of cardiac function and left ventricular regional wall motion by 99mTc multigated cardiac blood-pool emission computed tomography. *Kaku Igaku* 1992;29:1069-81.
- Ohtake T, Nishikawa J, Machida K, Momose T, Masudo M, Serizawa T, et al. Evaluation of regurgitation fraction of the left ventricle by gated cardiac blood-pool scanning using SPECT. *J Nucl Med* 1987;28:19-24.
- Takahashi M. Assessment of right ventricular function using gated blood pool single photon emission computed tomography in inferior myocardial infarction with or without hemodynamically significant right ventricular infarction. *Kaku Igaku* 1991;29:221-311.
- Nakajo H, Kumita S, Cho K, Mizumura S, Toba M, Fukushima Y, Oshina T, Kumazaki T. Assessment of biventricular function using gated blood pool SPECT with QBS software: comparison with planar radionuclide ventriculography. *Kaku Igaku* 2002;38:469-76.
- Mariano-Goulart D, Piot C, Boudousq V, Raczka F, Eberie MC,

- Zanca M, et al. Routine measurement of left and right ventricular output by gated blood pool emission tomography in comparison with thermodilution measurements: a preliminary study. *Eur J Nucl Med* 2001;28:506-13.
25. Katohno E, Ono K, Owada K, Fujino A, Watanabe N, Sata M, et al. Ventricular volumes determined by single-photon emission computed tomography. *J Cardiol* 1987;17:329-39.
 26. Bartlett ML, Seaton D, McEwan L, Fong W. Determination of right ventricular ejection fraction from reprojected gated blood pool SPECT: comparison with first-pass ventriculography. *Eur J Nucl Med* 2001;28:608-13.
 27. Daou D, Van Kriekinge SD, Coaguila C, Lebtahi R, Fourme T, Sitbon O, et al. Automatic quantification of right ventricular function with gated blood pool SPECT. *J Nucl Cardiol* 2004;11:293-304.
 28. Nichols K, Saouaf R, Ababneh AA, Barst RJ, Rosenbaum MS, Groch MW, et al. Validation of SPECT equilibrium radionuclide angiographic right ventricular parameters by cardiac magnetic resonance imaging. *J Nucl Cardiol* 2002;9:153-60.
 29. Hornung TS, Anagnostopoulos C. Comparison of equilibrium radionuclide ventriculography with cardiovascular magnetic resonance for assessing the systemic right ventricle after mustard or senning procedure for complete transposition of the great arteries. *Am J Cardiol* 2003;92:640-3.
 30. Tsuda T, Kubota M, Nakata T, Endoh A, Kumaoka K, Tanaka S, et al. Scintigraphic diagnosis of postinfarction left ventricular aneurysm and the prediction of the residual left ventricular function after aneurysmectomy using ECG gated blood pool SPECT. *Kaku Igaku* 1991;28:617-27.
 31. Chevalier P, Bontemps L, Fatemi M, Velon S, Bonnefoy E, Kikorian G, et al. Gated blood-pool SPECT evaluation of changes after radiofrequency catheter ablation of accessory pathways: evidence for persistent ventricular preexcitation despite successful therapy. *J Am Coll Cardiol* 1999;15:1839-46.
 32. De Bondt P, Nichols K, Vandenberghe S, Segers P, De Winter O, Van de Wiele C, et al. Validation of gated blood-pool SPECT cardiac measurements tested using a biventricular dynamic physical phantom. *J Nucl Med* 2003;44:967-72.
 33. Caputo GR, Graham MM, Brust KD, Kennedy JW, Nepl WB. Measurement of left ventricular volume using single-photon emission computed tomography. *Am J Cardiol* 1985;56:781-6.
 34. Rumberger JA, Behrenbeck T. Determination of ventricular ejection fraction: a comparison of available imaging methods. *Mayo Clin Proc* 1997;72:860-70.
 35. Yang K-TA, Chen HD. Evaluation of global and regional left ventricular function using technetium-99m-sestamini ECG-gated single photon emission tomography. *Eur J Nucl Med* 1998;25:515-21.
 36. Germano G., Berman DS. On the accuracy and reproducibility of quantitative gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Med* 1999;40:810-2.
 37. Bahk YW, Kim EE. *Nuclear Imaging of the Chest*. Springer. 1998. p270-2.
 38. Chevalier P, Bontemps L. Gated blood-pool SPECT evaluation of changes after radiofrequency catheter ablation of accessory pathways: evidence for persistent ventricular preexcitation despite successful therapy. *J Am Cardiol* 1999;34:1839-46.
 39. Sandler MP, Coleman RE, Patton JA, Wackers FJT, Cottschalk A. *Diagnostic nuclear medicine*. Lippincott-Williams & Williams. 4th ed. 2002. p.261-71.
 40. Lee MC. *Nuclear medicine technical manual*. Korean Nuclear Medicine Society: 1993. p.5-4-12.
 41. Shin JK, Ryu HM, Lee JH, Chang BJ, Kwon YS, Lee HS et al. The clinical significance of the difference in left ventricular ejection fraction between rest and stress on gated myocardial perfusion SPECT. *Korean J of Medicine* 2005;68:277-83.
 42. Shin SH, Chung JK, Lee MC, Cho BY, Seo JD, Lee YW al. Measurement of the left ventricular regurgitation by gated cardiac blood pool scan before and after valvular replacement surgery. *Korean J Nucl Med* 1982;16:29-36.