

^{99m}Tc 표지화합물을 사용한 심근 관류 SPECT 검사에서 심장과 타 장기와의 중첩 방지를 위한 자세 변화의 유용성

연세의료원 세브란스병원 핵의학과

이동혁 · 오신현 · 정 석 · 조석원 · 남궁혁 · 김재삼 · 이창호

Usefulness of Posture Change to Prevent Overlapping of Heart and Other Organs in Myocardial Perfusion SPECT using ^{99m}Tc Labeled Compound

Dong Hyuk Lee, Shin Hyun Oh, Seok Jeong, Seok Won Jo, Hyuk Namkoong,
Jae Sam Kim and Chang Ho Lee

Department of Nuclear Medicine, Severance Hospital, Yonsei University Health System, Seoul, Korea.

Purpose: The present study has an objective of effectively separating and making observations on a portion of radiopharmaceutical excreted via digestive organ to remain in the organ and invade a heart shadow. **Materials and methods:** When heart shadow is blocked by the organ in tests during a resting phase and a loaded phase, additional images were obtained using immobilization device. The immobilization devices were used to tilt the upper body forward from supine position. **Results:** In the reconstructed image for the separated case, as compared with the case where a part of organ is overlapped with heart, in terms of an overall mean value for each parameter, the end-diastolic volume increased by 2.75 mL, the end-systolic volume decreased by 3.16 mL, the left ventricle cardiac coefficient increased by 3.58%, and the area of defect region decreased by 3.58 and 3.92 cm for loading and resting phase, respectively. **Conclusions:** In the present study with myocardial perfusion SPECT, overlapped areas of heart and other organs could be effectively separated and visualization by the use of an immobilization device. (Korean J Nucl Med Technol 2012;16(1):62-69)

Key Words : ^{99m}Tc -labeled compound, Myocardial perfusion SPECT, Immobilization device

서 론

게이트 심근 관류 SPECT (Gated Myocardial Perfusion SPECT)는 심근관류를 평가하고 관상동맥질환을 진단하는 비침습적인 방법으로 매우 가치가 있는 검사이다.⁵⁾ 허혈성 심장 질환과 관상동맥 질환의 진단 및 심근의 생존 능력을 평가하고 경피적 관상동맥 풍선확장술이나 관상동맥 우회이식술의 효과를 분석하고 그 예후를 추정하는 등 여러 분야에

서 유용하게 사용되고 있다. 심장 및 관상동맥 질환의 진단에는 심혈관 조영술이나 CT 심혈관 조영술 등이 사용될 수도 있으나 조영제의 사용이 불가능한 상황이거나 침습적인 방법을 원하지 않는 경우에도 심근관류 SPECT가 고려되어 지기도 한다. 1970년대 초반에 ^{201}Tl 이 심근 관류 영상화 약제로 소개되었다.⁵⁾ 그리고 ^{99m}Tc 표지용 방사성의약품이 개발된 1980년대 중반까지 흔하게 사용되었다.⁵⁾ 그 이후부터 심근 관류의 영상화를 위해 ^{99m}Tc 이 표지된 방사성의약품을 사용하면서 시행되는 검사의 수가 기하급수적으로 증가하였다.⁵⁾ 과거부터 현재까지도 심근 관류 SPECT에서 발생하는 각종 인공물이나 검사의 정확도 및 특이도 향상을 위해 자세 변화를 통한 많은 연구들이 진행되어 왔다.^{1-3,6-7)} ^{99m}Tc 을 이용한 표지화합물들은 특성상 간과 담낭에 많이 농축되며 장으로 배설이 된다. 본 연구에서는 소화기관을 통해 배출되는

• Received: February 24, 2012. Accepted: April 6, 2012.

• Corresponding author : Dong Hyuk Lee

Department of Nuclear Medicine, Yonsei University Health System,
134 Shinchon-Dong, Seodaemun-Gu, Seoul 120-749, Korea
Tel: +82-2-2228-6052 (ext. 6070), Fax: +82-2-2227-7062
E-mail: LDH1308@yuhs.ac

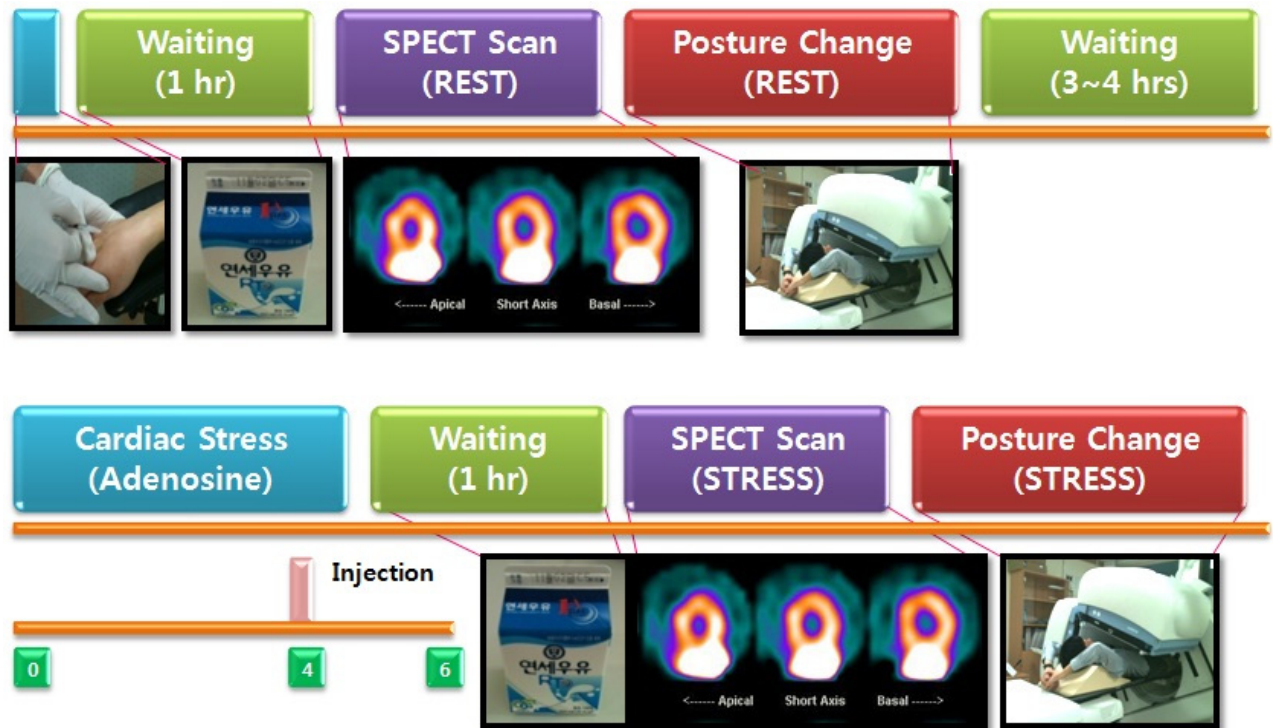


Fig. 1. The flow of overall examination is put into the form of a graph. Radiopharmaceuticals was injected in each time of relaxation and load, and 30 minutes after injection, a fat meal was provided. In the case the overlaps of a heart and internal organs was found after examination, another examination was done immediately after changing the posture using a fixing implement. Adenosine was used for the loading of heart and proper dosage was input through 30 minutes. Radiopharmaceuticals was injected at 4 minutes after in the process of the loading of heart.

방사성의약품의 일부가 장기 내에 남아 심장의 음영을 침범하는 경우 자세의 변화를 통해 영상의 획득 방법을 변형하여 효과적으로 분리 관찰할 수 있도록 하는데 그 목적을 두었다.

대상 및 방법

1. 대상

2011년 1월부터 8월 사이에 세브란스병원에서 심장관 및 심혈관계 질환이 의심되거나 이에 따른 시술 및 수술을 받은 20명의 환자를 대상으로 시행하였다. 대상 환자의 연령은 49세에서 79세 사이에 분포하였고 평균 연령은 64.9 ± 10.5 세였다. 모든 환자는 과거력이 있거나 심장 및 심혈관계 질환이 의심되는 환자를 대상으로 하였으며, 건강 검진을 목적으로 하는 경우는 제외하였다. 모든 환자는 부하를 시행해야 하므로 적어도 검사 전 4시간 이상의 금식이 이루어졌으며, 흡연자의 경우 검사 당일에는 금연을 하도록 지시하였고, 검사 2일 전부터 카페인 함유 식품의 섭취는 금하도록 하였다.

2. 검사방법

대상 군에 대하여 충분한 검사 설명 후 ^{99m}Tc -sestamibi 또는 ^{99m}Tc -tetrofosmin 370 MBq (10 mCi)을 정맥 주사 하였다. 주사 30분 후에 우유를 이용하여 지방식을 하도록 하였으며, 약 1시간 후에 휴식기 검사를 시행하였다. 기본적인 검사는 양와위 자세에서 양팔을 머리 위로 거상한 자세로 하였다. 휴식기 검사가 종료되면 약 3~4시간 후에 아데노신에 의한 약물부하를 시행하였다. 아데노신은 kg당 0.28 mL를 6분에 걸쳐 투여하였으며, 아데노신이 주입되기 시작하자마자 4분째에 다시 한번 방사성의약품을 주사하였다. 부하기 때의 방사성의약품은 1,110 MBq (30 mCi)을 주사 하였다. 그 후 휴식기 때와 마찬가지로 약 1시간 대기하며, 검사 30분전 지방식을 한 후에 부하기 영상을 획득하였다(Fig. 1).

검사는 dual-head gamma camera (Infinia functional imaging scanner/General Electric Healthcare, Milwaukee, Wis, USA)의 L mode를 기준으로 하였으며, 저 에너지 고 해상력 조준기를 사용하였다. 획득한 영상 자료는 Xeleris functional imaging workstation으로 전송하여 분석하였다. 영상 획득

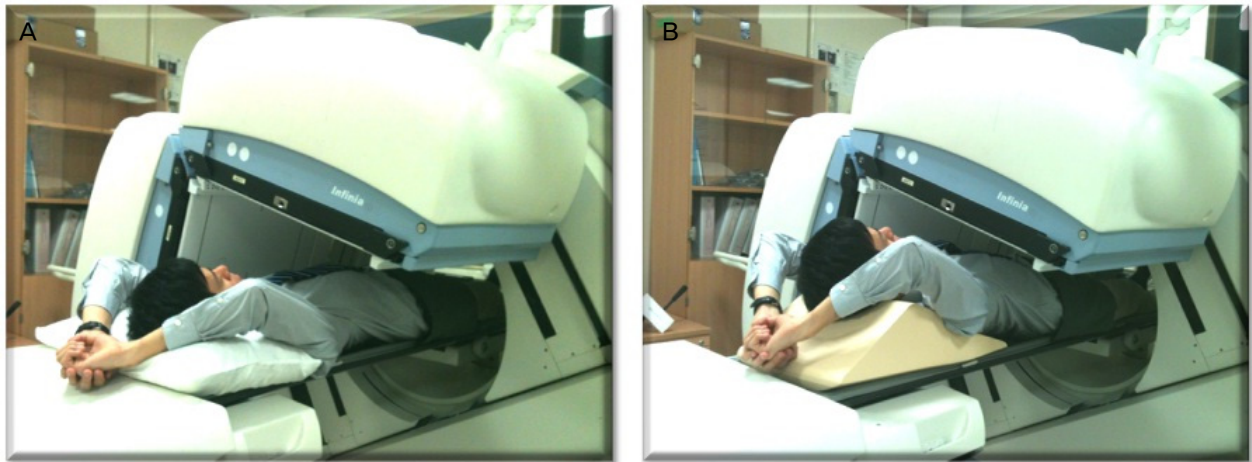


Fig. 2. In principle, both rest and stress scans were examined in supine position. (A) When heart shadow is blocked by the organ in tests during a resting phase and a loaded phase, additional images were obtained using immobilization device. The immobilization devices were used to tilt the upper body forward from supine position. (B) The immobilization devices has an approximately 25° angle.

방식은 휴식기와 부하기 때 모두 가로, 세로 64×64 행렬방식을 사용하였고, 특히 부하기 영상 획득 시에는 심전도를 연결하여 심전도상의 R 파를 시작 신호로 하여 R-R 간격 내에 16개의 단위 영상을 얻는 방식이 사용되었다. 또한 심전도를 분석하여 적절한 심박주기와 이에 대한 20%의 식별영역을 정하여 이에 해당되는 심박주기의 영상만을 획득하였다.

휴식기와 부하기 검사에서 심장과 장기의 중첩이 발생한 경우에는 곧바로 앙와위 자세에서 고정 용구를 사용하여 상체를 거상시켜 환자 자세를 변화시키고 그 이외의 다른 조건들은 동일하게 하여 영상을 다시 한번 획득하였다(Fig. 2).

3. 분석방법

영상의 분석은 Xeleris functional imaging workstation, Ver 2.1220 computer에서 기본적인 앙와위 자세와 고정 용구를 사용하여 상체를 거상한 두 가지의 방법으로 획득한 영상을 바탕으로 QGS/QPS (Quantitative Gated SPECT/Quantitative Perfusion SPECT) 프로그램을 사용하여 분석하였다. 영상을 획득한 두 가지 방법 모두 동일한 조건으로 분석하였으며, 재구성 영상으로부터 좌심실의 확장기말 용적, 수축기말 용적, 심박출 계수, 결손 부위의 면적의 각각의 수치를 비교하고, 전체적인 평균 차이에 대해서도 알아보았다. 또한 환자 대상 군은 휴식기 검사에서 심장과 장기의 중첩이 일어난 그룹과 부하기 검사에서 중첩이 일어난 그룹으로 나누어 비교하였다. 통계적 처리는 SPSS, Ver. 12를 이용하여 paired *t*-test를 시행 하였으며, *p*-value는 0.05 미만을 통계적으로 의미있는 것으로 하였다.

결 과

기본적인 검사 자세인 앙와위 자세에서 획득한 영상과 고정 용구를 사용하여 상체를 거상시켜 자세를 변화한 후 획득한 영상을 비교하였다. 기존의 앙와위 자세에서는 횡격막 이하 장기의 일부가 심장과 중첩이 일어났으나 고정 용구를 사용한 환자 자세의 변화로 심장과 중첩되었던 타 장기들의 대부분이 신체의 아래쪽으로 내려가 심장과 충분히 분리 되는 모습을 육안적으로 관찰할 수 있었다(Fig. 3, 4).

대상 군 총 20명의 환자들 중 휴식기 검사 때 심장과 타 장기의 중첩이 일어났던 경우를 rest group으로, 부하기 검사 때 중첩이 일어났던 경우를 stress group으로 분류 하였으며, 각각 8명과 12명으로 구성되었다. 각 그룹 별로 확장기말 용적, 수축기말 용적, 심박출 계수, 결손 부위의 면적을 수치화하여 비교 분석하였다(Fig. 5-8). 장기의 일부가 심장에 중첩된 경우에 비해 분리된 경우의 재구성 영상에서 각각 전체 평균의 차이는 확장기말 용적이 2.75 mL 증가, 수축기말 용적은 3.16 mL 감소, 심박출 계수는 3.58% 증가하였고, 결손 부위의 면적은 부하기에서 3.58 cm² 감소, 휴식기에서 3.92 cm² 감소하였다. 또한 각각의 수치들을 토대로 시행한 대응 표본 *t*-검정에서는 *p*>0.05로 유의한 차이는 없었다.

고 찰

심근 관류 SPECT는 특히 심장 및 심혈관계 질환이 있는 환자들에게 있어서 관상동맥질환의 진단과 치료 효과의 예후 등을 알 수 있기에 중요하다. 심근 관류 SPECT 영상을

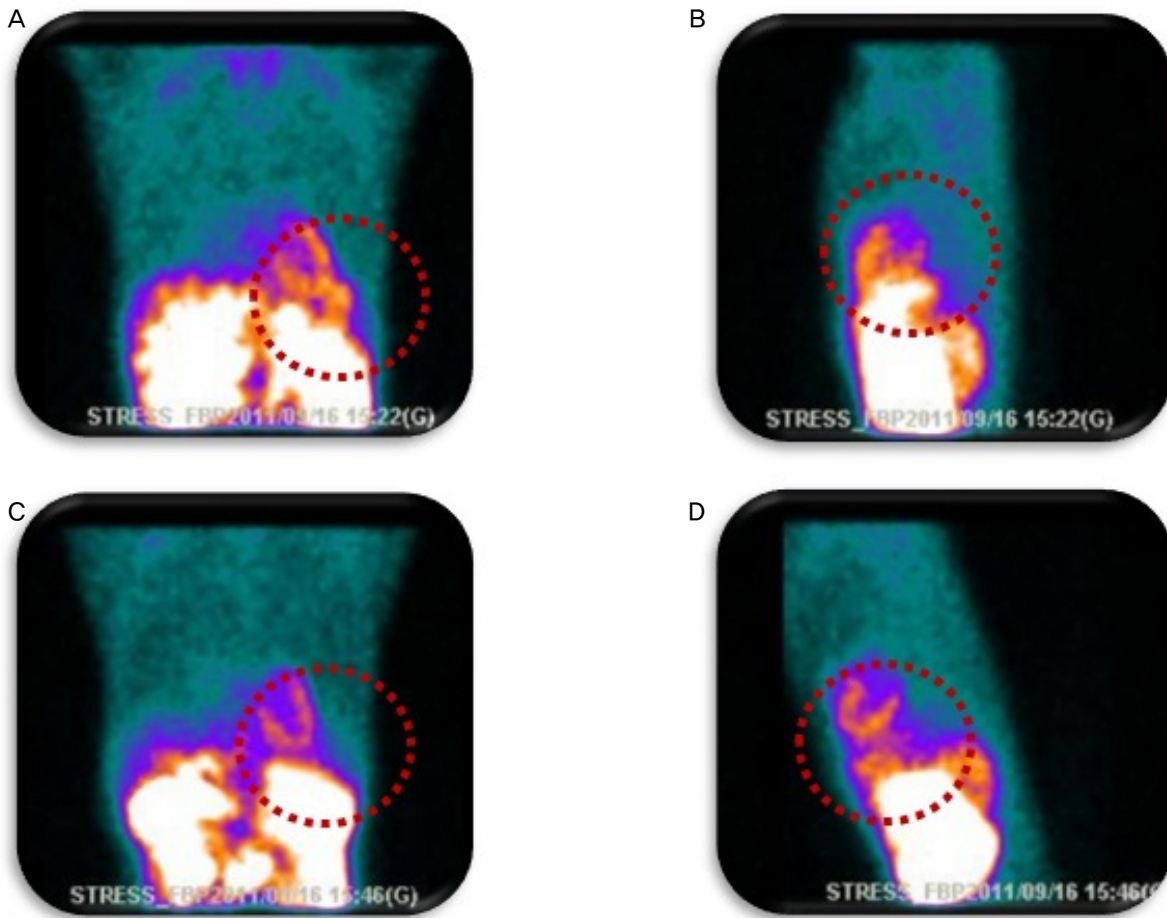


Fig. 3. The overlapping of the internal organs with the part of a heart is observed from front and side view to the image taking the case of basic posture of supine (Red circle in a and b). Quite separation is observed in the overlapping part from the front and side view to the image taking the case of lifted upper body using a fixing implement (Red Circle in c and d).

분석하는 지표로는 좌심실의 용적, 심근의 결손 부위, 좌심실의 벽 운동 및 박출 계수 등이 있다.⁴⁾ 최근에는 심장 CT가 많이 발달하였으나, 조영제 주입을 위한 혈관 확보가 어려운 경우 및 크레아틴 수치가 높거나 조영제 자체의 부작용 등으로 조영제의 사용이 불가능한 경우에는 검사를 할 수 없는 단점이 있다. 이에 반해 심근 관류 SPECT는 조영제에 대한 부담감도 없으며, 비침습적으로 검사할 수 있는 방법이다. 심근 관류 SPECT는 초기에 ^{201}Tl 이 주로 사용되었으나, 근래에는 ^{99m}Tc 표지용 방사성의약품과 함께 사용되고 있다.⁵⁾ ^{99m}Tc 표지용 방사성의약품은 ^{201}Tl 에 비해 감마카메라 영상을 얻기 위한 이상적인 140 keV의 순수 감마선을 방출하며 물리학적 반감기도 6시간으로 짧아서 많은 양의 투여가 가능하기에 보다 우수한 영상을 얻을 수 있어 주로 사용이 되고 있다. 본 연구에서 사용된 방사성의약품인 sestamibi와 tetrofosmin은 심근섭취 백분율 및 일회통과 추출률은 비슷한

수준이며, 미토콘드리아 막전하를 통해 심근 세포 내에 포획되고 두 약제 모두 재분포 현상이 거의 일어나지 않기 때문에 한번 더 재주사해야 한다.

과거 심근 관류 SPECT가 처음 시행되었던 때부터 여러 가지 요인들에 의한 인공물들이 영상 획득에 있어서 문제가 되어 왔다.^{1-3,6-7)} 그 중 많은 연구가 이루어졌던 부분이 있다면 횡격막에 의한 좌심실 하측 벽의 감쇄에 관한 내용일 것이다. 일반적으로 심근 관류 SPECT는 주로 환자가 바로 누운 앙와위 자세에서 시행되어 왔다. 하지만 이 경우 횡격막에 좌심실의 하측 벽의 감쇄가 인공물로 주로 나타나게 된다.^{1-3,6)} 이를 방지 하기 위한 여러 방안들이 모색되었는데 그 중 대표적인 방법이 환자의 자세 변화이다. 많은 연구들에서 사용된 방법은 이전부터 사용되었던 앙와위 자세를 변형하여 복와위 자세로 검사를 함으로써 좌심실 하측 벽에 감쇄로 인한 인공물을 효과적으로 감소시켰다. 이러한 복와위 자세

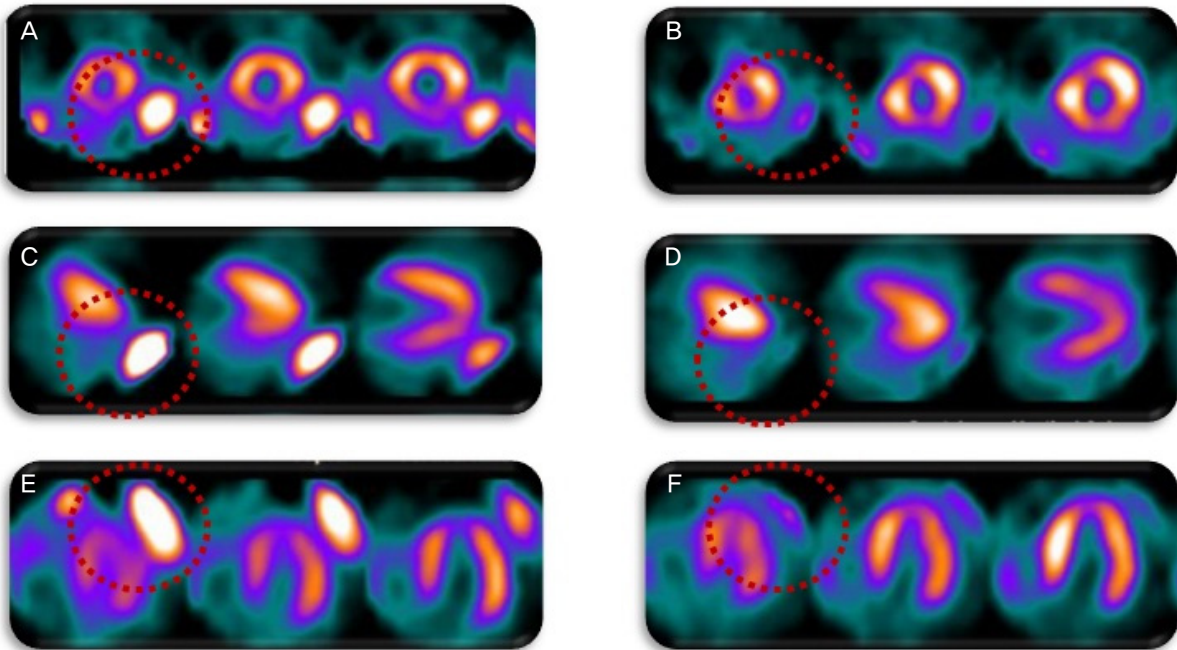


Fig. 4. Short, vertical long, horizontal long axis were acquired from the reconfiguration of the image. The image A, B and C, which were acquired from the posture of basic position, shows a very high counts coming out from other internal organs with close adjacency to the heart (Red circle in a, b and C). The image d, e and f, which were acquired from the posture of lifted upper body using a fixing implement, shows high counts detected around a heart and enough separation of internal organs from the adjacent heart (Red circle in D, D, and F).

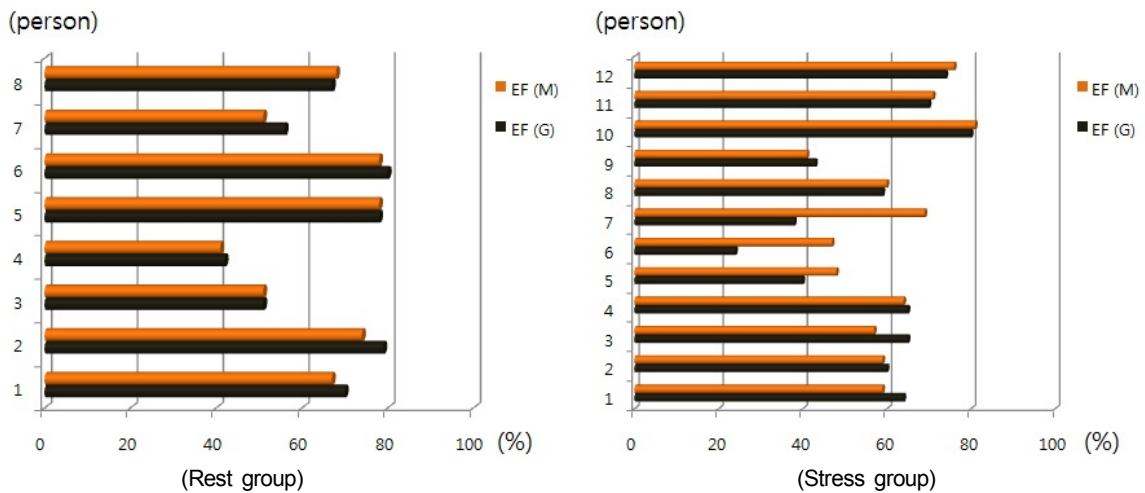


Fig. 5. The measurement figure of cardiac ejection fraction of rest and stress groups is expressed in the graph of horizontal bar. The top of graph indicates the figure of cardiac ejection fraction from the changed posture of the patient, and down of graph indicates the figure of cardiac ejection fraction from the basic posture.

를 이용한 연구들에서는 공통적으로 앙와위 자세에서는 횡격막에 의한 감쇄의 결과로 좌심실 하측 벽이 결손 된 것 같은 인공물이 나타났다고 밝혔다.^{1-3,6)} 인공물이 나타난 경우는 ²⁰¹Tl이나 ^{99m}Tc를 사용했을 때 혹은 두 종류의 동위원소를 모두 사용한 경우에 관계없이 발생하였다.³⁾ 한 연구에서

는 복와위 자세에서의 영상 획득은 관상동맥 질환을 발견하기 위한 심근 관류 SPECT의 육안적 분석의 특이도 향상의 결과를 보였다고 밝혔다.⁷⁾ 또 다른 연구에서는 복와위 자세에서의 심근 관류 SPECT는 앙와위 자세가 힘든 환자에게 있어 움직임을 감소시켜줄 뿐만 아니라 좌심실 하측 벽의 계

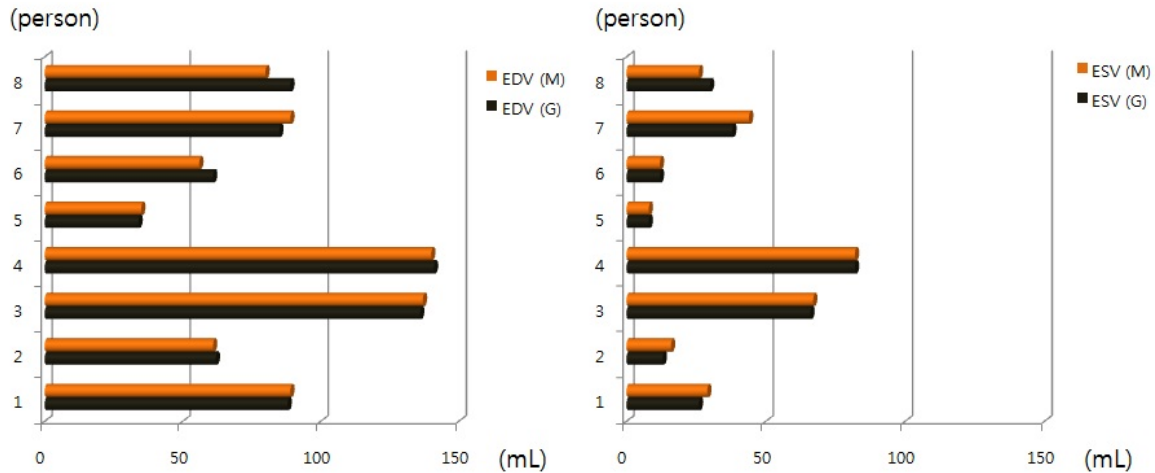


Fig. 6. The measurement figure of end diastolic, end systolic volume of rest group is expressed in the graph of horizontal bar. The top of graph indicates the figure of end diastolic, end systolic volume from the changed posture of the patient, and down of graph indicates the figure of end diastolic, end systolic volume from the basic posture.

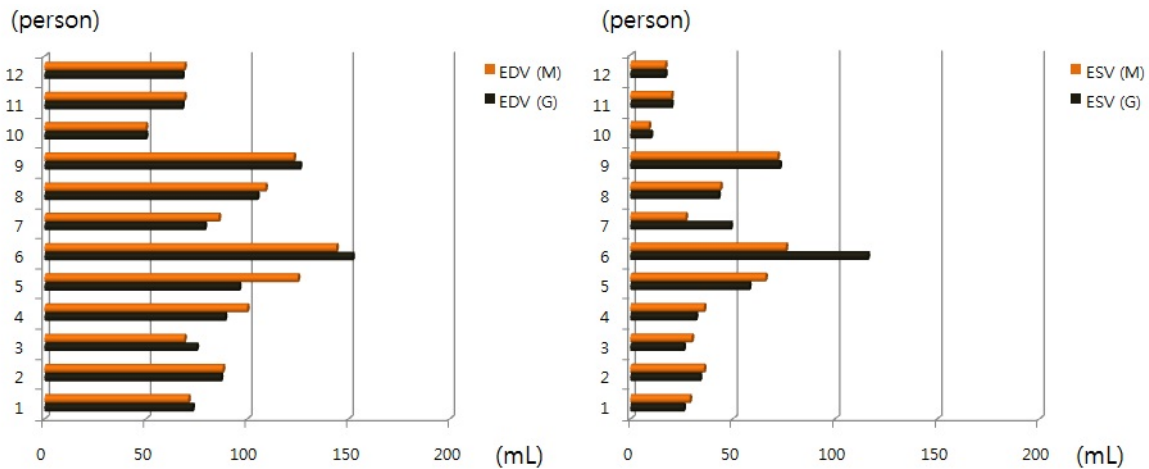


Fig. 7. The measurement figure of end diastolic, end systolic volume of stress group is expressed in the graph of horizontal bar. The top of graph indicates the figure of end diastolic, end systolic volume from the changed posture of the patient, and down of graph indicates the figure of end diastolic, end systolic volume from the basic posture.

수를 향상시킬 수 있다고 하였다.⁶⁾ 또한 이 연구에서는 복외 위 자세에서의 문제점도 지적하며, 다른 방안으로 오른쪽 모로 누운 자세에 대한 능력도 평가하였다.⁶⁾

본 연구에서는 ^{99m}Tc 표지용 방사성의약품을 사용하였을 때를 기준으로 하였다. 사용된 방사성의약품들이 장을 통해 배설되는 특징을 갖기 때문에 이에 따라 발생할 수 있는 인공물을 대상으로 연구의 목표를 정하였다. 장기에 남아있는 방사성의약품이 심장의 음영을 침범하는 인공물의 경우는 주로 의약품의 배설 속도가 정상에 비해 늦거나 환자가 비만 체형일 경우 더 많이 발생하였다. 심장과 장기의 음영이 일부 중첩된 경우는 대부분이 창자와의 겹침이었

으나 간의 좌엽 부분과 겹치는 경우도 발생했다. 하지만 본 연구에서 사용한 상체를 거상하는 자세만으로는 간과 심장과의 분리 정도는 미미한 차이를 보였기에 대상에서 제외하였다. 사용된 고정 용구는 감마선의 감쇄가 적은 재질이나 본 연구는 이에 대한 감쇄는 물론 고정 용구의 사용으로 인한 거리상의 감쇄에 대한 영향 또한 감안하고 진행되었다. 몇몇 경우에서 하측 벽의 카운트가 감소하는 경향을 보였던 경우도 그 차이가 크지 않아 무시되었다. 또한 심장과 장기의 중첩이 발생한 환자들에 있어서 다양한 각도의 고정 용구를 사용하여 분리를 시도하지 못한 것은 단점으로 생각된다.

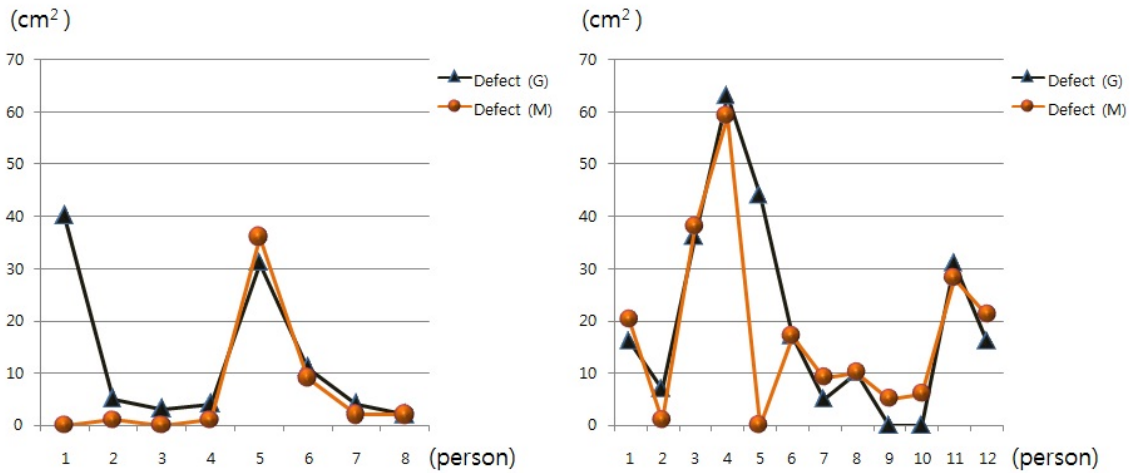


Fig. 8. The measurement figure of defect area of rest group and stress group is expressed in the line graph. The triangle form of the graph indicates the measurement figure of defect area in the case of basic posture of supine, and circle form of graph indicates the measurement figure of defect area in the case of changed posture of the patients.

이전까지 지연 검사가 필요한 경우에는 충분한 수분 섭취와 함께 시간을 지연시켜 검사를 시행하였으나, 본 연구에서는 환자의 불편 및 당일 검사실 상황 등을 고려하였을 때 단 시간 내에 지연검사를 시행할 수 있는 방법을 제시하였다. 앞서 언급하였던 고정 용구와 관련된 문제와 더불어 다양한 각도를 이용한 연구가 함께 이루어진다면 더욱 효율적인 검사가 이루어질 수 있을 것으로 사료된다.

결 론

본 연구에서는 심근 관류 SPECT에서 심장과 타 장기와의 중첩된 부분을 고정 용구를 사용함으로써 효과적으로 분리시켜 영상화할 수 있었다. 고정 용구의 사용으로 심장과 장기의 중첩이 충분히 분리된 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 검사 결과의 과소, 과대 평가를 최소화할 수 있을 것이라 생각된다. 장기 내에 남아 있는 의약품이 충분히 내려갈 때까지 대기한 후 지연 검사를 시행하는 경우는 환자의 불편함이 증가할 수 있으므로 이에 대한 꾸준한 연구가 필요할 것이며, 또한 사람의 장기의 모양 및 형태, 위치는 각각 차이가 있으므로 지연 검사가 필요한 경우 적절한 고정 용구를 사용하게 된다면 보다 더 효율적인 검사가 이루어질 수 있을 것이라 사료된다.

요 약

게이트 심근 관류 SPECT는 심근관류를 평가하고 관상동

맥질환을 진단하는 비침습적인 방법으로 매우 가치가 있는 검사이다. ^{99m}Tc를 이용한 표지화합물들은 특성상 간과 담낭에 많이 농축이 되며 장으로 배설이 된다. 본 연구에서는 소화기관을 통해 배출되는 방사성의약품의 일부가 장기 내에 남아 심장의 음영을 침범하는 경우 자세의 변화를 통해 영상의 획득 방법을 변형하여 효과적으로 분리 관찰할 수 있도록 하는데 그 목적을 두었다.

2011년 1월부터 8월 사이에 심장과 심혈관계 질환이 의심되거나 이에 따른 시술 및 수술을 받은 20명의 환자들을 대상으로 시행하였다. 대상 군에 대하여 ^{99m}Tc-sestamibi 또는 ^{99m}Tc-tetrofosmin 370 MBq (10 mCi)을 정맥 주사하였다. 주사 30분 후에 지방식을 하도록 하였으며, 약 1시간 후에 검사를 시행하였다. 기본적인 검사는 양와위 자세에서 양팔을 머리 위로 거상한 자세로 하였다. 휴식기 검사가 종료되면 약 3~4시간 후에 아테노신에 의한 약물부하를 시행하였다. 부하는 6분간 실시 하였으며, 아테노신이 주입되기 시작한지 4분째에 다시 한번 방사성의약품을 주사하였다. 부하기 때의 방사성 의약품은 1,110 MBq (30 mCi)을 주사 하였으며, 지방식 및 검사 시간은 휴식기 때와 동일하게 하였다. 휴식기와 부하기 검사에서 심장과 장기의 중첩이 발생한 경우에는 곧바로 양와위 자세에서 고정 용구를 사용하여 상체를 거상시켜 환자 자세를 변화시키고 그 이외의 다른 조건들은 동일하게 하여 영상을 다시 한번 획득하였다.

기존의 양와위 자세에서는 횡격막 이하 장기의 일부가 심장과 중첩이 일어났으나 고정 용구를 사용한 환자 자세의 변화로 심장과 중첩되었던 타 장기들의 대부분이 신체의 아래

쪽으로 내려가 심장과 충분히 분리되는 모습을 육안적으로 관찰할 수 있었다. 장기의 일부가 심장에 중첩된 경우에 비해 분리된 경우의 재구성 영상에서 각각 전체 평균의 차이는 확장기말 용적이 2.75 mL 증가, 수축기말 용적은 3.16 mL 감소, 심박출 계수는 3.58% 증가하였고, 결손 부위의 면적은 부하기에서 3.58 cm² 감소, 휴식기에서 3.92 cm² 감소하였다. 또한 각각의 수치들을 토대로 시행한 대응표본 *t*-검정에서는 *p*>0.05로 유의한 차이는 없었다.

본 연구에서는 심근 관류 SPECT에서 심장과 타 장기와의 중첩된 부분을 고정 용구를 사용함으로써 효과적으로 분리시켜 영상화할 수 있었다. 이와 같이 지연 검사가 필요한 경우 적절한 고정 용구를 사용하게 된다면 보다 더 효율적인 검사가 이루어질 수 있을 것이라 사료된다.

REFERENCES

1. George M. Segall, Michael J. Davis. Prone Versus Supine Thallium Myocardial SPECT: A Method to Decrease Artifactual Inferior Wall Defects. *J Nucl Med* 1989;30:548-555.
2. Wolfgang M. Schaefer, Claudia S.A. Lipke, Dirk Standke, et. al. Quantification of Left Ventricular Volumes and Ejection Fraction from Gated ^{99m}Tc -MIBI SPECT: MRI Validation and Comparison of the Emory Cardiac Tool Box with QGS and 4D-MSPECT. *J Nucl Med* 2005;46:1256-1263.
3. Sean W. Hayes, Andrea De Lorenzo, Rory Hachamovitch, et. al. Prognostic Implications of Combined Prone and Supine Acquisitions in Patients with Equivocal or Abnormal Supine Myocardial Perfusion SPECT. *J Nucl Med* 2003;44:1633-1640.
4. Wolfgang M. Schaefer, Claudia S.A. Lipke, Harald P. Kuhl, et. al. Prone Versus Supine Patient Positioning During Gated ^{99m}Tc -Sestamibi SPECT: Effect on Left Ventricular Volumes, Ejection Fraction, and Heart Rate. *J Nucl Med* 2004;45: 2016-2020.
5. Syed Sajid Husain. Myocardial Perfusion Imaging Protocols: Is There an Ideal Protocol? *J Nucl Med Technol* 2007;35:3-9
6. Sherif I. Heiba, Nasser J. Hayat, Hani S. Salman, et. al. Technetium-99m-MIBI Myocardial SPECT: Supine Versus Right Lateral Imaging and Comparison with Coronary Arteriography. *J Nucl Med* 1997;38:1510-1514.
7. Hidetaka Nishina, Piotr J. Slomka, Aiden Abidov, et. al. Combined Supine and Prone Quantitative Myocardial Perfusion SPECT: Method Development and Clinical Validation in Patients with No Known Coronary Artery Disease. *J Nucl Med* 2006;47:51-58.