

Original Article

동적 심근관류 SPECT에서 심장의 위치 측정방법에 대한 고찰

서울아산병원 핵의학과

성지혜 · 이동훈 · 김은혜 · 정우영

An Optimization Method of Measuring Heart Position in Dynamic Myocardial Perfusion SPECT with a CZT-based camera

Ji Hye Seong, Dong Hun Lee, Eun Hye Kim and Woo Young Jung

Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea

Purpose Cadmium-zinc-telluride (CZT) camera with semiconductor detector is capable of dynamic myocardial perfusion SPECT for coronary flow reserve (CFR). Image acquisition with the heart positioned within 2 cm in the center of the quality field of view (QFOV) is recommended because the CZT detector based on focused multi-pinhole collimators and is stationary gantry without rotation. The aim of this study was to investigate the optimal method for measuring position of the heart within the center of the QFOV when performing dynamic myocardial perfusion SPECT with the Discovery NM 530c camera.

Materials and Methods From June to September 2018, 45 patients were subject to dynamic myocardial perfusion SPECT with D530c. For accurate heart positioning, the patient's heart was scanned with a mobile ultrasound and marked at the top of the probe where the mitral valve (MV) was visible in the parasternal long-axis view (PLAX). And, the marked point on the patient's body matched with the reference point indicated CZT detector in dynamic stress. The heart was positioned to be in the center of the QFOV in rest. The coordinates of dynamic stress and rest were compared statistically.

Results The coordinates of the dynamic stress using mobile ultrasound and those taken of the rest were recorded for comparative analysis with regard to the position of the couch and analyzed. There were no statistically significant differences in the coordinates of Table in & out, Table up & down, and Detector in & out ($P > 0.05$). The difference in distance between the 2 groups was measured at 0.25 ± 1.00 , 0.24 ± 0.96 and 0.25 ± 0.82 cm respectively, with no difference greater than 2 cm in all categories.

Conclusion The position of the heart taken using mobile ultrasound did not differ significantly from that of the center of the QFOV. Therefore, The use of mobile ultrasound in dynamic stress will help to select the correct position of the heart, which will be effective in clinical diagnosis by minimizing the image quality improvement and the patient's exposure to radiation.

Key Words Coronary flow reserve, CZT camera, QFOV, D530c

서 론

관상동맥 혈류예비능(Coronary flow reserve : CFR)은 관상동맥 협착에 대한 기능적 평가를 하는데 중요한 지표로 사용되고, 허혈성 심장질환(Ischemic heart diseases : IHD)의 발생을 조기에 진단할 수 있다.¹⁾ 관상동맥 혈류예비능을 측정하는 비침습적인 방법 중에서 양전자 방출 단층촬영

• Received: February 28, 2019 Accepted: March 2, 2019
• Corresponding author: Ji Hye Seong
Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, 388-1
Pungnap-2 dong, Songpa-gu, Seoul, 138-736, Korea
Tel: +82-10-7105-9909, Fax: +82-2-3010-4588
E-mail: gromi33@naver.com

(PET)이 표준적인 절대값을 제공해주는 것으로 알려져 있지만, 비용 및 복잡한 과정으로 인해 임상에서 반복 사용하기에 많은 제한이 있다. 단일 광자 방출 단층촬영(SPECT)을 이용하여 측정된 심근 혈류 및 관상동맥 혈류예비능은 상대적인 값이고 정확성이 떨어지는 문제가 있으며, 미만성 관동맥 심질환(balanced triple disease)에 대한 진단 성능이 떨어지는 단점이 있다.²⁾

최근 도입된 심근 전용 감마카메라인 Discovery NM 530c (D530c)의 cadmium-zinc-telluride (CZT) 반도체 검출기는 감마선을 전기신호로 직접 변환하는 역할을 하므로 기존 감마카메라에 비해 공간분해능과 감도가 높은 것으로 알려져 있다.³⁾ D530c는 다중 핀홀 콜리메이터(multi-pinhole collimators)를 기반으로 19개의 CZT 검출기가 고정되어 있어, 심장을 중심으로 회전 없이 촬영이 가능하다.⁴⁾ 기존 SPECT의 단점을 보완한 D530c 장비의 구조적 특성으로 인해 동적인 영상 획득이 가능해졌고, 심근 혈류 및 관상동맥 혈류예비능의 측정을 할 수 있게 되었다. 19개 CZT 검출기의 FOV가 교차되는 영역을 quality field of view (QFOV)라고 하며, 영상의 질을 위해 QFOV 중앙으로부터 2 cm 이내 심장을 위치시키고 촬영할 것을 권고하고 있다(Fig. 1).⁴⁾

동적 촬영을 위하여 방사성동위원소가 투여되지 않은 상태의 심장을 QFOV 중앙에 위치시키는 방법을 다양하게 모색하였다. 국외의 선행 연구에 의하면 동적 촬영 시 대략적인 위치 확인을 위해 소량의 방사성동위원소를 투여하지만, 이는 실제 영상이나 정량 분석에 영향을 줄 수 있고, 환자의 방사선 피폭문제도 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 동적 심근관류 SPECT 시에 심장의 위치를 선정하기 위한 최적화된 방법을 연구하고자 하였다.

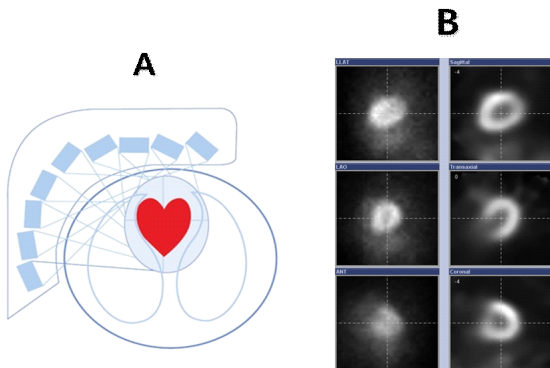


Fig. 1. A: Pinhole collimation strategically positioned to focus on the quality field of view (QFOV). B: Image acquisition with the heart positioned in the center of the QFOV.

실험재료 및 방법

1. 연구대상

2018년 6월부터 9월까지 서울아산병원 핵의학과에서 동적 심근관류 SPECT를 시행한 45명(남: 41명, 여: 4명; 평균 나이 67 ± 14세)의 환자를 대상으로 하였다.

2. 장비 및 도구

검사 장비는 GE 사의 Discovery NM 530c (General Electric Healthcare, Israel)를 사용하였다(Fig. 2). 심장의 위치를 측정하기 위한 도구로 이동형 초음파인 Vscan with Dual Probe (General Electric Healthcare, Norway)를 사용하였다(Fig. 3).



Fig. 2. GE Discovery NM 530c scanner was used for dynamic myocardial perfusion SPECT.



Fig. 3. GE Vscan with Dual Probe was used as a tool for measuring the position of the heart.

3. 검사방법

1) 초음파를 이용한 환자의 심장 위치 표시

좌측 폐로 인한 초음파의 투과 방해를 방지하기 위하여 환자는 좌측으로 누운 자세(lateral decubitus position)로 하

였고, parasternal long-axis view (PLAX) 스캔을 하였다.^{5,6)} 흉골 좌측의 3-4번째 늑간사이(intercostal space)로 초음파의 탐촉자(probe)를 위치시키고, 탐촉자의 방향 표지(marker)를 환자의 머리쪽으로 향하도록 한 후, 심장의 장축을 따라 주사하여 심장의 구조물을 관찰하였다. 이때 우심실, 심실중격, 좌심실, 좌심실 후벽, 관정맥동, 대동맥판을 포함한 기시부, 좌심방 및 승모판 전후 판엽 등의 심장 내 구조물이 잘 보이는 지점에 위치를 표시하였다(Fig. 4,5).^{5,7)}

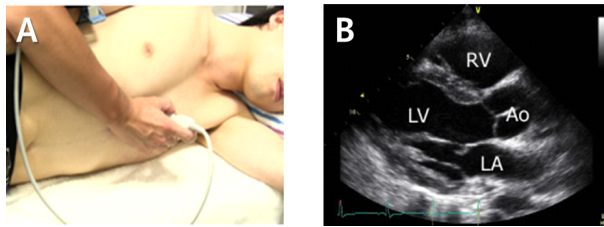


Fig. 4. A: The probe located approximately on the 3rd and 4th intercostal space left parasternal. The probe's index mark is directed towards the patient's right shoulder. B: The right (RV) and the left ventricle (LV), as well as the aortic bulb (Ao) and the left atrium (LA) can be displayed.

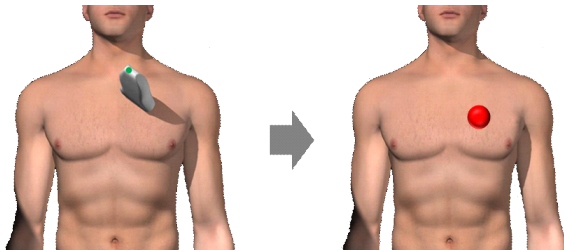


Fig. 5. The location of the probe was marked the point after the PLAX scan.

2) 영상획득

환자의 신체에 표시한 지점과 D530c 검출기에 표시된 기준점을 서로 일치시킨 상태에서 약물부하(stress)를 하였고, 3분 후에 Tl^{201} 1.2 mCi (성인 70kg 기준)를 순간주사(bolus injection) 하면서 동적(dynamic) 촬영을 시행하였다. 3시간 경과 후, 휴지기(rest) 촬영 시 QFOV 중앙에 심장이 위치하도록 조정하였다(Fig. 6,7). 이때, dynamic stress와 rest 촬영 시에 검사 창에 표시된 테이블 이동 거리(Table in & out), 테이블 높이(Table up & down), 검출기 이동 거리(Detector in & out)에 대한 각각의 위치 좌표를 기록하였다(Fig. 8).

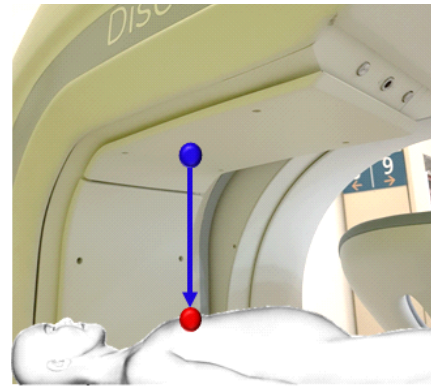


Fig. 6. The points marked on the patient's body and the reference points marked on the D530c detector were matched.

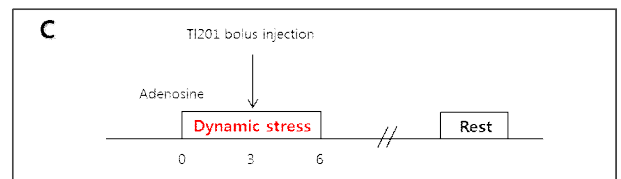
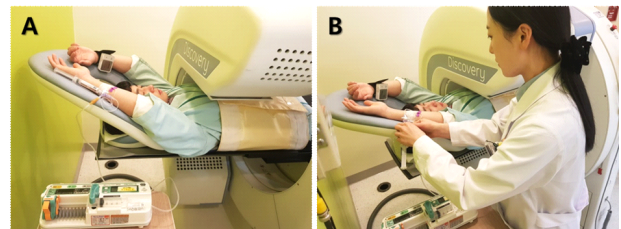


Fig. 7. A: The patient was performed in the supine position using adenosine. B: Dynamic images were obtained by through bolus injection using Tl^{201} . C: The test protocol of this study.

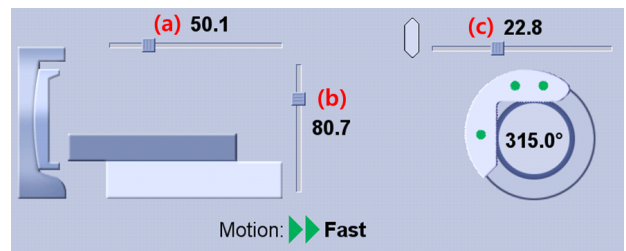


Fig. 8. The coordinates of Table in & out (a), Table up & down (b) and Detector in & out (c) shown in the acquisition monitor are recorded.

4. 통계적 분석

테이블 및 검출기의 위치에 대하여 이동형 초음파를 이용한 dynamic stress의 좌표와 QFOV 중앙에 심장을 위치시킨 rest의 좌표를 측정하였다. Dynamic stress와 rest의 위치 좌표, 각 군간의 평균과 표준편차를 기술통계로 분석하였

다. 두 군간의 차이를 비교하기 위해 SPSS ver. 12(IBM company, USA)을 이용하여 차이 검증을 시행하였고(독립 표본 t 검정), P값이 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의성이 있는 것으로 간주하였다.

결 과

이동형 초음파로 심장 위치를 측정된 후 영상을 획득한 dynamic stress와 방사성동위원소가 투여된 상태에서 QFOV 중앙에 위치시킨 rest의 위치 좌표를 비교 분석하였다. 검사 창에 표시된 테이블 이동 거리, 테이블 높이, 검출기 이동 거리 항목에 대하여, 두 군간의 거리 별 차이는 각각 0.25 ± 1.00 , 0.24 ± 0.96 , 0.25 ± 0.82 cm로 측정되었다. 측정된 거리 별 차이는 2 cm 미만이므로 권고되는 기준치 범위 이내였다.

두 군간의 차이 검증을 위해 독립표본 t 검정을 시행한 결과, 테이블 이동 거리는 통계적으로 유의한 차이가 없었고($t=-1.73$, $P=0.09$), 테이블 높이 또한 통계적으로 유의한 차이가 없었다($t=-1.70$, $P=0.10$). 또한, 검출기 이동 거리 역시 통계적으로 유의한 차이가 없었다($t=-1.33$, $P=0.19$). 세 항목 모두에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 1).

Table 1. Comparison of coordinates in dynamic stress and rest.

	Group	Mean SD (cm)	Difference (cm)	t	P-value
Table in & out	Dynamic stress	49.832.27	0.251.00	-1.73	0.09
	Rest	49.602.14			
Table up & down	Dynamic stress	81.27	0.24	-1.70	0.10
	Rest	81.05			
Detector in & out	Dynamic stress	22.18	0.25	-1.33	0.19
	Rest	21.98			

고 찰

심장의 위치 선정에 대한 정확도를 높이기 위해 PACS (Picture Archiving and Communication System)를 이용하여 흉부 X선 촬영(chest X-ray) 영상을 확인하였고, 초음파 외 추가적인 위치 측정 도구로 활용하였다. 영상의 주변 구조물을 참고하고 PACS의 ruler 기능을 사용한 계측을 통해

대략적인 테이블 이동 거리 정보는 얻을 수 있었지만, 테이블 높이와 검출기 이동 거리에 대한 정보는 제한적이었다. 또한, 선 자세의 PA (postero-anterior) view와 누운 자세의 AP (antero-posterior) view로 촬영된 흉부 X선 영상에 따라서 심장 확대, 폐야의 크기, 횡격막 높이 등의 차이가 발생하였다. 본 연구에서 시행한 심근관류 SPECT는 누운 자세로, 흉부 X선 촬영 영상을 통한 심장 위치 계측의 상관관계에 대해서는 추후 연구할 필요성이 있다고 사료된다.

초음파 스캔 시 보고자 하는 심장 내 구조물을 재현하고 탐촉자의 각도에 따른 깊이를 고려한 위치 측정 작업은 검사자의 숙련도에 따라 정확도의 차이가 있을 것으로 추측된다. 또한, 여성 환자의 경우 유방의 음영이 방해요소로 작용하여 위치 측정에 제약이 있었고, 남자와 측정 방법이 다를 것으로 예상된다. 따라서, 앞서 언급되었던 초음파를 이용한 위치 측정의 한계를 보완하고 검사 방법에 대해 좀 더 체계적인 방식으로 접근한다면, 검사에 대한 정확도가 높아질 것으로 판단된다. 또한, 동적 촬영 시 심장의 위치 측정을 위한 도구 개발 및 활용 방안을 모색하여야 할 것이라고 생각된다.

결 론

D530c에 관련된 선행 연구에 의하면 QFOV 중앙에 심장을 위치시키는 것을 권고하고 있다. 동적 촬영 시 심장의 위치 측정을 위한 도구로 이동형 초음파를 이용하였고, 초음파 스캔 후 동적으로 촬영된 심장의 위치는 실제 QFOV 중앙의 위치와 유의한 차이가 없었다. 이동형 초음파의 이용은 비교적 사용이 간편하면서 시간 단축과 함께 공간의 제약이 없었고, 심장의 정확한 위치 선정에 도움이 되었다. 이는 영상의 질 향상과 환자의 불필요한 방사선 피폭을 최소화하고, 심근 혈류 및 관상동맥 혈류예비능의 정량적 평가에 도움을 줌으로써 임상적 진단에 효과적일 것으로 사료된다.

요 약

관상동맥 혈류예비능(CFR)은 관상동맥 협착에 대한 기능적 평가를 하는데 중요한 지표로 사용되고, 허혈성 심장 질환(IHD)의 발생을 조기에 진단할 수 있다. 최근 도입된 Discovery NM 530c (D530c) 장비의 구조적 특성으로 인해 동적인 영상 획득이 가능해졌고, 심근 혈류 및 관상동맥 혈류예비능의 측정을 할 수 있게 되었다. D530c 19개 CZT

검출기의 FOV가 교차되는 영역을 QFOV라고 하며, 영상의 질을 위해 QFOV 중앙으로부터 2 cm 이내 심장을 위치시키고 촬영할 것을 권고하고 있다. 동적 심근관류 SPECT 시에 심장의 위치를 선정하기 위한 최적화된 방법을 연구하였다. 심장의 위치를 측정하기 위한 도구로 이동형 초음파를 이용하였다. 환자는 parasternal long-axis view (PLAX) 스캔하였고, 심장 내 구조물이 잘 보이는 탐촉자 지점에 위치를 표시하였다. 환자의 신체에 표시한 지점과 D530c 검출기에 표시된 기준점을 서로 일치시킨 상태에서 약물부하(stress)를 하였고, 방사성동위원소를 순간주사(bolus injection) 하면서 동적 촬영을 시행하였다. 3시간 경과 후, 휴지기(rest) 촬영 시 QFOV 중앙에 심장이 위치하도록 조정하였다. 테이블 및 검출기 위치에 대하여 이동형 초음파를 이용한 dynamic stress와 QFOV 중앙에 위치시킨 rest의 좌표를 비교 분석한 결과, 모든 항목에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$). 이동형 초음파의 이용은 비교적 사용이 간편하면서 시간 단축과 함께 공간의 제약이 없었고, 심장의 정확한 위치 선정에 도움이 되었다. 이는 영상의 질 향상과 환자의 불필요한 방사선 피폭을 최소화하고, 심근혈류 및 관상동맥 혈류예비능의 정량적 평가에 도움을 줌으로써 임상적 진단에 효과적일 것으로 사료된다.

REFERENCE

1. Gloud KL, Kirkeeide RL, Buchi M. *Coronary flow reserve as a physiologic measure of stenosis severity. J Am Coll Cardiol* 1990;15:459-74.
2. 이병일, 범희승. 양전자방출단층촬영을 이용한 심근혈류 및 관상동맥 혈류예비능 평가. *대한핵의학회지* 2005; 39: 118-123
3. Yasuyuki Takahashi, Masao Miyagawa, Yoshiko Nishiko Nishiyama, Hayato Ishimura, Teruhito Mochizuki. Performance of a semiconductor SPECT system: comparison with a conventional Anger-type SPECT instrument. *Ann Nucl Med* 2013;27:11-16
4. Masao Miyagawa, Yoshiko Nishiyama, Rami Tashiro, Hayato Ishimura, Yasuyuki Takahashi, Teruhito Mochizuki. Novel Cardiac SPECT Technology with Semiconductor Detectors: Emerging Trends and Future Perspective. *Ann Nucl Med* 2015;1:18-26
5. 한국심초음파학회. 임상 심초음파학. 제2판. 대한의학서적; 2008. p. 81-82
6. Standard scanning method : Transthoracic Echocardiography. Japanese Society of Sonographers Web site. Available at: http://www.jss.org/english/standard/standardization_ca/index.html. Accessed March 19, 2019.
7. Derliz Mereles. Transthoracic examination. Echobasics Web site. Available at: <http://www.echobasics.de/tte-en.html>. Accessed April 7, 2019.