

Original Article

고정식 초점형 SPECT에 있어, 선예도와 감도의 공간 균일성에 대한 평가

서울대학교병원 핵의학과

김재일 · 임정진 · 조성욱 · 노경운

Evaluation of Spatial Uniformity about Resolution and Sensitivity of a 'fixed focusing type SPECT'

Jaeil Kim*, Jeongjin Lim, Seongwook Cho and Kyeongwoon Noh

Dept. of Nuclear Medicine, Seoul National Univ. Hospital, Seoul, Korea

Purpose	At now, there are many kind of dedicated heart SPECT machine in clinical nuclear medicine. Among those, the fixed focusing type SPECT can make a good quality, quantity image because a detectors of this SPECT arranged forward a special ROI and didn't rotate around of body. So, in this paper, we will evaluate a spatial uniformity about resolution and sensitivity at a same plane of a fixed focusing type SPECT.
Materials and Methods	We used D-SPECT as a fixed focusing type SPECT and Cario MD as a rotated parallel type SPECT to comparing each other. We injected ^{99m} Tc(14.8MBq/1cc) to 10 capillary tube (diameter=1mm), and we set those line sources a tfield of view of each SPECT. And then we acquired SPECT date, we applied are construction by recommended methods. By using two tomography images, we calculated a full width of half maximum as a resolution and total counts as a sensitivity, and we compared a CV (coefficientofvariation) values between two images as a spatial uniformity.
Results	In case of D-SPECT, a CV of resolution and sensitivity are 7.45%, 12.34%. In case of Cario MD , an CV of resolution and sensitivity are 12.49%, 21.84%
Conclusion	As a results, CV of resolution and sensitivity of a fixed focusing type SPECT is 67.75%, 77.00% higher than ones of a rotated parallel type SPECT. It means that a fixed focusing type SPECT is more uniformed, because this new SPECT can reduce a motion blur artifact by rotating detector around body, also all of detector that made by semiconductor arrange forward a special FOV like heart.
Key Words	focus type SPECT, spatial resolution, sensitivity, spatial uniformity

서 론

최근 심장 전용 핵의학 장비들이 많이 개발되어 임상에 이용되고 있다. 특히 검출기를 기존의 회전시키는 형태가 아닌, 겐트리에 고정을 시키고, 광전자 증배관 대신 반도체 소자를 이용한 최신 심장 전용 장비가 개발 되었다. 이 장비의 경우 기존의 회전형 검출기에 비해 감도뿐만 아니라 선예도도 우수하다(Table 1).¹⁾

고정-초점형 SPECT가 기존의 회전-평행형 SPECT에 비해 장비 성능에서 우수한 이유는 반도체 소자를 사용한 것도 있지만, 고정식 검출기를 채택한 이유도 있다. 회전식 검출 방식의 경우 최초 획득한 영상과 마지막에 획득한 영상에서 시간적 차이가 난다. 예를 들면 영상획득시간이 프레임당 20초, 60프레임으로 설정을 하게 되면 첫 번째 프레임과 마지막 프레임간의 시간 차이는 20분이 된다. 그러므로 20동안의 피사체의 움직임이나 체내에서의 방사성 의약품의 운동성으로 인해 선예도는 떨어지게 된다 (Fig. 1). 하지만 고정식 검출 방식의 경우 전체 영상 획득시간을 단축시킬 수 있을 뿐만 아니라, 획득하는 전체 프레임을 동시에 함께 신호를 획

• Received: February 28, 2019 Accepted: March 2, 2019
• Corresponding author: **Jaeil Kim**
• Dept. of Nuclear Medicine, Seoul National Univ. Hospital, Seoul, Korea

득하기 때문에 첫 번째-마지막 프레임에서의 시간적 차이도 나질 않는다.²⁾

Table 1. Spatial resolution and sensitivity of 'fixed focusing SPECT' and 'rotated parallel SPECT'

	Spatial resolution			Sensitivity
	Center	Radial	Tangential	
Fixed focusing SPECT	9.47	11.32	9.45	195.83
Rotated parallel SPECT	15.76	16.9	16.47	52.83

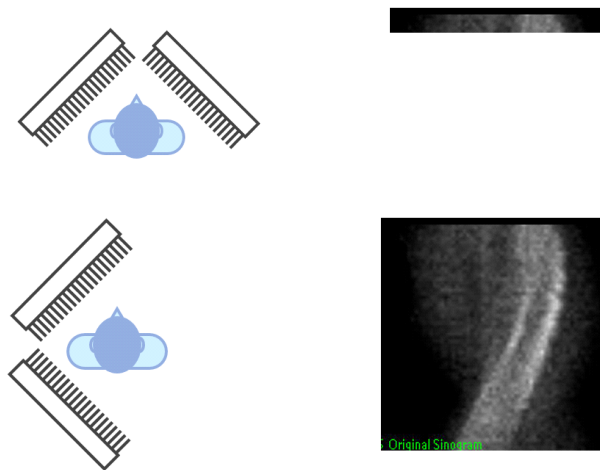


Fig. 1. There is a temporal difference between the first frame and the last frame in rotated SPECT.

그리고 고정식-초점형 SPECT의 경우 각 검출기의 획득 방향이 특정 장기로 지향을 하고 있다(Fig. 2). 이를 통해 검출-조사야에서의 감도를 높여줄 뿐만 아니라 균일도도 향상 시켜준다. 이러한 특성은 심장 SPECT와 같이 피사체가 크고, 체내에 여러 장기가 있어 관심영역 밖에서 들어오는 신호가 많은 검사에 특히 유용하다고 할 수 있다.



Fig. 2. Direction of each detector is directed to one place at focused SPECT.

그래서 본 논문에서는 동일한 조사야에 있어, 회전형-평행 SPECT 장비에 비교한 고정식-초점형 SPECT의 감도와 선예도의 공간 균일도에 대해 비교 평가 해보겠다.

실험재료 및 방법

이 실험에 사용한 장비는 회전식-평행 SPECT 장비로는 Cardio MD (PHILIPS, NORTHLAND)를 사용하였고, 고정식-초점형 SPECT 장비로는 D-SPECT (Spectrum Dynamics, Israel)를 사용하였다(Fig. 3).



Fig. 3. D-SPECT has fix 9 detectors that is directed to heart in gantry.

Phantom study를 위해 직경 1.2mm capillary tube를 사용하였다. Capillary tube 10개를 5 cm 동일한 간격으로 위치를 시키고, 각 tube 에는 ^{99m}Tc 14.8 MBq/cc 의 농도로 채웠다 (Fig. 4).

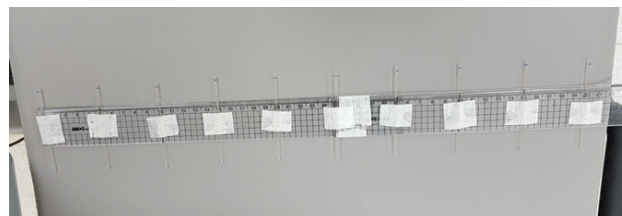


Fig. 4. 10-Capillary tubes was used as line phantom source with ^{99m}Tc.

이렇게 제작된 10의 capillary tube를 고정식-평행 SPECT의 조사야에 위치시키고, 실제 환자 검사를 위한 프로토콜로 데이터를 획득하였다 (Fig. 5).

Matrix size : 64×64

Number of projection : 64

Orbit type : non-circular

Time per projection : 20 sec

Pixel depth : 16bits
 Horizontal, vertical scaling : 0.64 cm/pixel

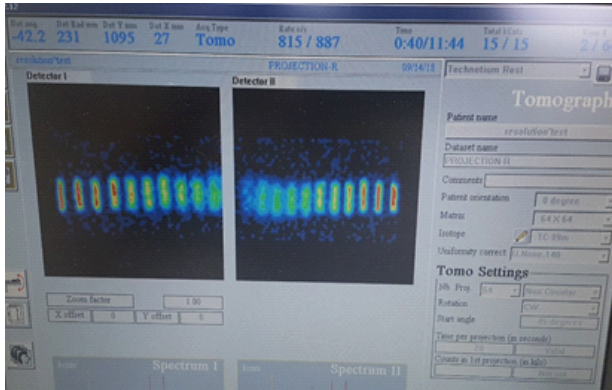
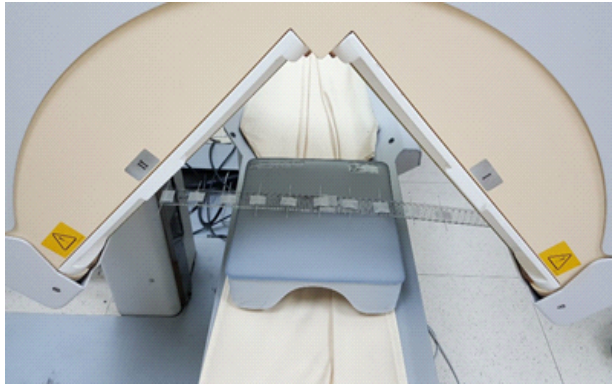


Fig. 5. 10 line source was set at center of field in rotated-parallel SPECT.

검사를 마치면 바로 고정식-초점형 SPECT의 조사야에 위치시키고, 환자 프로토콜과 같은 방식으로 데이터를 획득하였다(Fig. 6).

Acquisition time : 8 min
 Protocol : standard
 Low dose mode : on

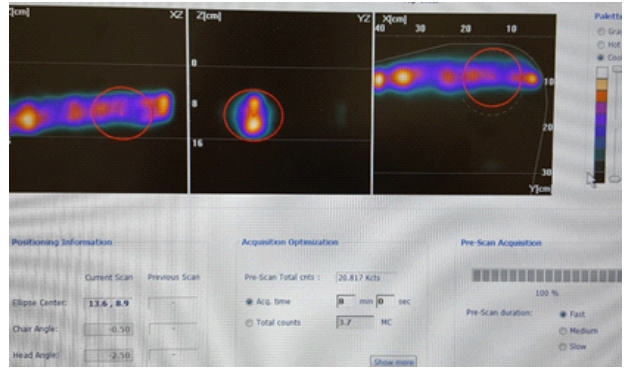


Fig. 6. 10 line source was set at surface of gantry in fixed-focus SPECT.

각 장비에서 획득한 projection 데이터를 이용하여, 임상에 이용되는 재구성 기법을 통해 영상을 만들고, 10개의 선 선원에 대한 반치폭과 계수를 계산한다(Fig. 7).

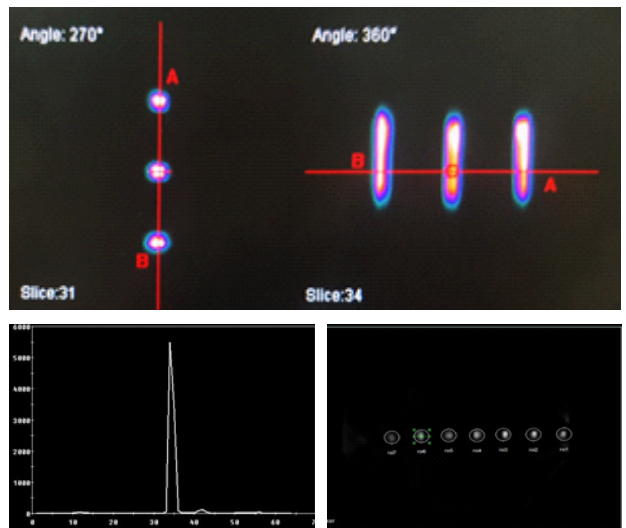


Fig. 7. After reconstruction, full width half maximum and count of each 10 line source was calculated.

측정된 데이터를 이용하여 각 장비에 대한 반치폭과 계수의 변동계수를 산출하여 각 선원의 공간 균일도를 평가한다(Fig. 8).

$$C.V(\text{변동계수}) = \frac{\sigma(\text{표준편차})}{\bar{\chi}(\text{평균})} \times 100(\%)$$

Fig. 8. The coefficient of variation means uniformity.

결 과

두 장비 모두 10개의 선-선원 중에 오른쪽에 위치한 8번, 9번, 10번 선원의 데이터가 측정되지 않았다. 두 장비 모두 심장 전용 장비이기 때문에 왼쪽의 선-선출은 검출이 되지만 오른쪽의 선-선원들은 조사야를 벗어나 측정이 되지 않았다.

(1) 선예도의 공간 균일도 평가

고정식-초점형 SPECT의 경우 평균 반치폭은 2.69 mm, 표준편차는 0.20 mm 로 계산되어 변동계수는 7.45%로 평가되었다. 회전식-평형 SPECT의 경우, 반치폭의 평균값은 2.51 mm, 표준편차는 0.31로 계산되었으며, 변동계수는 12.50%이다. 즉 고정식-초점형 SPECT 장비의 반치폭이 회전식-평형 SPECT에 비해 1.68배 정도 더 균일함을 알 수 있다(Table 2).

Table 2. The resolution of fixed-focus SPECT is 1.68 times more uniform than rotated-parallel SPECT in the acquisition field of view

ROI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D-SPECT	2.38	2.58	2.52	2.74	2.86	2.83	2.92	n/c	n/c	n/c
Cadio MD	2.28	2.09	2.31	2.44	2.81	2.95	2.69	n/c	n/c	n/c
	S.D.		Avg.		C.V. [%]					
D-SPECT	0.20		2.69		7.45					
Cardio MD	0.31		2.51		12.50					

(2) 계수의 공간 균일도 평가

고정식-초점형 SPECT의 경우 평균 계수는 24992, 표준편차 계수는 2559 로 계산되어 변동계수는 10.24%로 평가되었다. 회전식-평형 SPECT의 경우, 계수의 평균값은 8842, 표준편차는 1904로 계산되었으며, 변동계수는 21.53%이다. 즉 고정식-초점형 SPECT 장비의 계수가 회전식-평형 SPECT에 비해 2.10배 정도 더 균일함을 알 수 있다 (Table 3).

ROI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D-SPECT	28157	24132	28552	23349	21461	25130	24164	n/c	n/c	n/c
Cadio MD	9534	5377	9668	10024	8977	8841	9474	n/c	n/c	n/c

Table 3. The count of fixed-focus SPECT is 2.1 times more uniform than rotated-parallel SPECT in the acquisition field of view

	S.D.	Avg.	C.V. [%]
D-SPECT	2559	24992	10.24
Cardio MD	1904	8842	21.53

결 론

반도체 소자를 사용하는 고정식-초점형 SPECT의 감도와 선예도는 광전자증배관을 사용하는 회전식-평형 SPECT에 비해 우수하다. 그리고 본 실험을 통해 감도와 선예도의 공간 균일도 역시 고정식-초점형 SPECT가 보다 균일함을 알 수 있었다. 왜냐하면 고정식-초점형 SPECT의 경우 gantry 안에 고정되어 있는 검출기가 검사 시작과 동시에 모든 검출기가 동시에 신호를 검출하기 때문에 환자의 움직임이나 체내의 방사성의약품의 운동성에 많은 영향을 받지 않기 때문이다. 그리고 높은 감도로 인해 검사시간을 줄일 수 있어서 검출 조사야 내에서 선예도는 균일해 질 수 있다.

그리고 감도 균일도의 경우 고정식-초점형 SPECT 장비는 검출기의 방향이 심장으로 향해 있고 그 조준기의 폭이 좁기 때문에 검출-조사야 내에서의 감도가 회전식-평형 SPECT에 비해 균일함을 알 수 있었다.

이를 통해, 심장 SPECT 검사처럼 여러 구역에서의 정량적 평가가 이루어지는 핵의학과 검사를 시행할 때, 기존의 회전식-평형 SPECT에 비해 고정식-초점형 SPECT 장비가 보다 신뢰도를 높일 수 있으리라 사료된다.

요 약

Capillary tube 10개를 ^{99m}Tc로 채워서 고정식-초점형 SPECT와 회전식-평형 SPECT 장비를 이용하여 선예도와 감도를 평가하였다. 그리고 이 데이터를 이용하여 검출-조사야 내에서의 평균값과 표준편차를 이용하여 균일도를 나타내는 변동계수를 평가하였다. 고정식-초점형 SPECT의 선예도 균일도와 감도 균일도는 회전식-평형 SPECT에 비해 각각 68%, 110% 높게 평가되었다.

REFERENCES

1. Yeong Kwak Ban. Compared Performance of Semiconductor SPECT in Myocardial Perfusion SPECT: Phantom study. KSNMT. 2016;2:49-53.
2. Brian Hutton, Performance evaluation of D-SPECT – a novel dedicated cardiac SPECT scanner. J Nucl Med. 2008; 49:124.
3. SPECTRUM, D-SPECT user manual
4. Jun Key Jung Nuclear Medicine. Korea Medical Book Publisher Co.