

## Original Article    Gamma Camera에 있어 측면 산란선의 영향에 대한 평가

서울대학교병원 핵의학과

김재일 · 이은별 · 조성욱 · 노경운 · 강건욱

### The Evaluation of Lateral Scatter Ray of Gamma Camera

Jae-Il Kim, Eun-Byeol Lee, Seong-Wook Cho, Kyeong-Woon Noh and Keon-Wook Kang

Department of Nuclear Medicine, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

**Purpose** Generally, a collimator that installed in front of detector set a direction of gamma ray and remove a scatter ray. By the way, a lateral or oblique scatter ray is detected into crystal through collimator. At this study, we will evaluate a mount of count and spectrums of lateral scatter ray.

**Materials and Methods** We used the SKY LITE (philips, netherlands) as a gamma camera, and  $^{99m}\text{Tc}$ , 1.11 GBq point source as a phantom. we put this point source at backside 50 cm of detector. After acquiring this for 1 min, we turned a detector next 10 degrees. Likely this, we acquired images at every 10 degrees from  $0^\circ$  to  $360^\circ$ , analyzed images and spectrums. In case of patient study, we choose a 3 phase bone scan patient who had a hand disease, because scatter rays from body would detect on crystal. After acquiring blood flow and blood pool images, we analyzed images and spectrums. Additional, we put a lead gown on patient's hand, body. And then we compared and evaluated 3 type blood pool images (non lead gown, lead gown on a hand and on body).

**Results** In case of phantom study, scatter ray counts at backside ( $270^\circ$ - $90^\circ$ ) are same with a background count. By the way, counts of scatter ray of oblique side ( $0^\circ$ - $50^\circ$ ,  $220^\circ$ - $270^\circ$ ) are 100-600 cps, furthermore, counts at frontside are over 4 Mcps. In case of patient study, a counts of hand blood pool scan are 1510 cps. But counts of hand with lead gown on hands and on body are each 1554 cps, 1299 cps.

**Conclusion** Therefore, even though there is a collimator in front of detector, lateral scatter rays detect on crystal and affect to images and spectrums. Especially, if there is a high activity source at outside of detector when we examine low activity organs like hands or foot, we have to shield and remove the source at outside for a good image.

**Key Words** Gamma Camera, Scatter Ray, Collimator, Spectrum

## 서    론

1957년, 미국의 Hal Oscar Anger (May 20, 1920–October 31, 2005) 박사가 감마 카메라를 개발한 이후로 핵의학과와 장비가 많은 발전이 있어 왔다. 하지만 그때나 지금이나 기본적인 감마 카메라의 구조는 동일하다. 그 구조는 콜리메이터-섬광체-광전자 증배관-전기 회로의 형태로 되어 있다(Fig. 1).

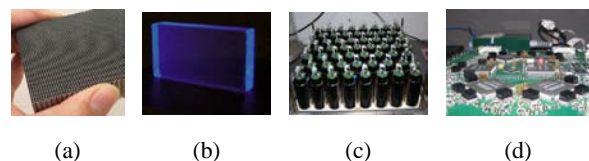


Fig. 1. Gamma camera consist of collimator (a), scintillator (b), PMT (c) and electronic circuit (d).

즉, 콜리메이터에서 산란선이 제거가 되고, 섬광체에서 감마선이 가시광선으로 바뀌고, PMT에서 전기적 신호로 바뀌면서 증폭이 이루어진다. 마지막으로 전기회로에서 전기적 신호의 위치와 강도가 계산되어 영상으로 만들어진다. 이렇게 구성이 된 감마카메라는 작은 감마선도 검출을 해야 하

· Received: April 14, 2018 Accepted: April 30, 2018  
· Corresponding author : Eun-Byeol Lee  
Department of Nuclear Medicine, Seoul National University Hospital, 28 Yeongon-dong, Jongno-gu, Seoul, 110-744, Korea  
Tel: +82-2-2072-3937, Fax: +82-2-747-0208  
E-mail: koogimienia@snuh.org

기 때문에 감도가 매우 우수하다. 그래서 카메라의 외부에서 입사되는 감마선의 경우, 완전 차폐가 되게끔 설계가 되고 있고, 더불어 에너지 윈도우를 설정하여 산란선을 제거를 하고 있다. 하지만 외부에 강한 방사능을 내는 선원이 존재할 경우, 차폐체를 투과하여 심광체에 입사를 하고 전기적 신호를 띄게 된다. 이것이 영상의 배후 방사선으로 작용을 하여 영상에 영향을 미치게 된다. 그래서 본 논문에서는 검출기의 360° 방향에서 들어오는 방사선을 검출을 하고, 그 양과 선질을 평가하여 실제 영상에서 영향이 되는 정도를 살펴 볼 것이다.

### 실험재료 및 방법

이 실험에 사용한 장비는 SKY LITE(philips, netherlands) 이고(Fig. 2), Low energy high resolution collimator를 사용하였다.



Fig. 2. SKY LITE (philips, netherlands).

#### 1. Phantom study

선원으로는  $^{99m}\text{Tc}$ , 1.11 GBq를 주사기에 분주를 하여 점선원으로 사용하였다. 검출기의 후면을 0° 로 하여 우측으로 10° 간격으로 검출기를 돌리면서 데이터를 획득하였다(Fig. 3).



Fig. 3.  $^{99m}\text{Tc}$  (1.11 GBq) was put at around detector.

데이터는 각 각도마다 60초씩 획득하였으며 영상으로 저장하였으며, 획득 중의 스펙트럼 데이터도 저장하였다. 1분간 획득한 계수를 cps로 평균하여 각 각도의 계수율을 평가하였으며, 각 각도에서 저장된 스펙트럼을 분석하여 산란선 및 배후 방사선의 영향을 평가하였다(Fig. 4).

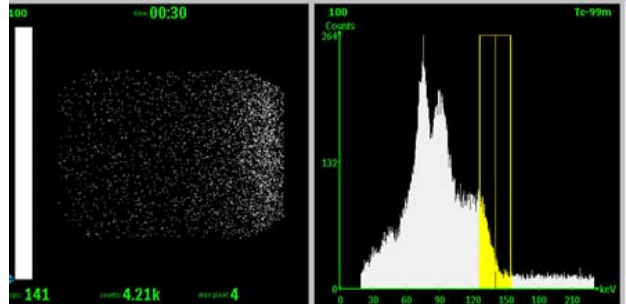


Fig. 4. In a images and spectrums of  $^{99m}\text{Tc}$ , scatter counts was shown and acquired.

#### 2. Patient study

손에 질환이 있는 환자로 3-phase bone scan을 시행하는 환자를 대상으로 blood flow 영상, blood pool 영상과 bone 영상을 획득하였다(Fig. 5). Blood flow는 프레임 당 3초씩 데이터를 획득하였으며, blood pool은 100 kcps를 얻었고, bone scan도 100 kcps 만큼 데이터를 획득하였다. 그리고 영상과 스펙트럼을 분석하였다.

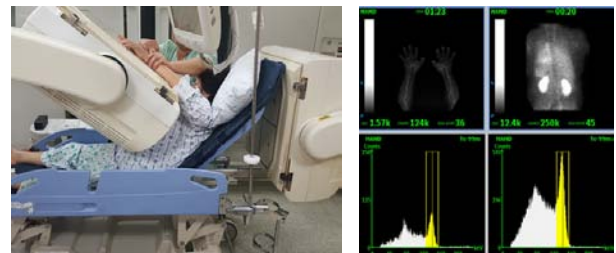


Fig. 5. In case of blood flow and blood pool of hand, counts of body are very high, but those of hands are very low. So, scatter rays from body are acquired on the detector.

추가적으로 blood pool 영상을 획득한 후, 환자에게 납 가운을 입히고, 영상을 획득한다. 그리고 검출기 위에 올려진 환자의 손을 납가운으로 덮고 다시 영상을 획득하고, 각 영상과 스펙트럼을 비교 분석하였다(Fig. 6).



Fig. 6. A lead gown was used to remove scatter ray from body (a)–(c).

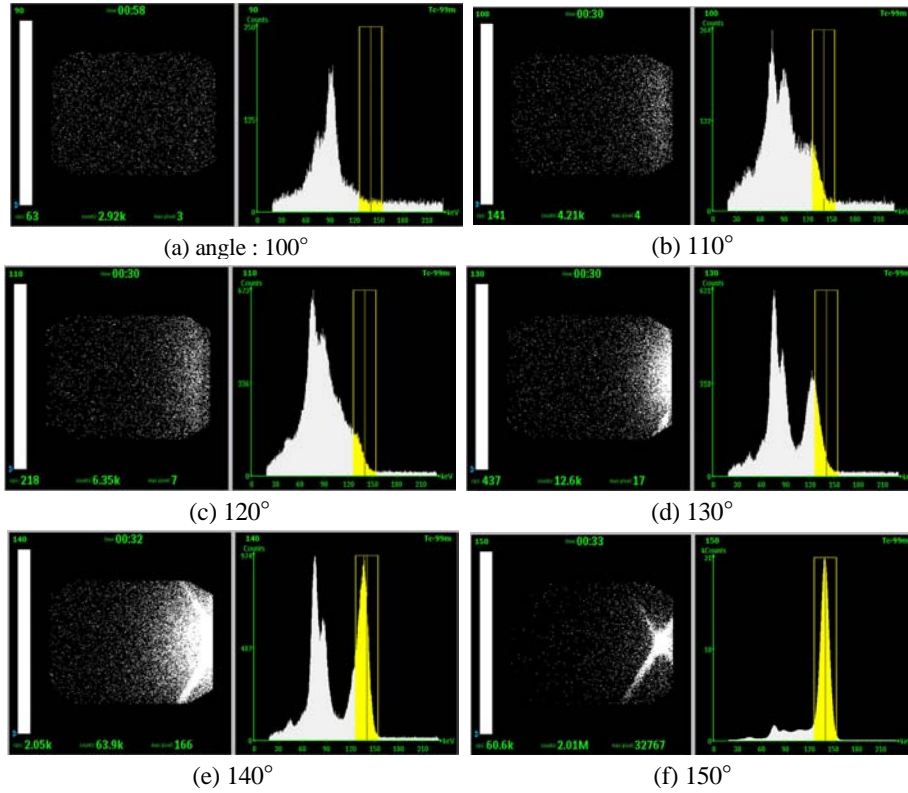


Fig. 7. Because of interact between gamma ray and collimator, a scatter ray was made and detected at lateral, oblique side of detector (a)–(f).

## 결 과

### 1. Phantom study

검출기의 후면 ( $270^\circ - 90^\circ$ )에서는 배후방사선 정도의 계수만 측정되었다(Table 1).

Table 1. A count of back side of detector is same with background count

각도(°)	270	300	330	0	30	60	90	bkg
cps	50	45	55	47	50	48	51	45

검출기의 전면에서는 collimator의 조사야에서는 높은 계수가 측정되었다. 그리고 collimator의 조사야가 아닌 부분 ( $90^\circ - 140^\circ$ ,  $220^\circ - 270^\circ$ )에서도 다소 높은 계수가 측정되었다(Table 2).

Table 2. A scatter ray was detected at out of field of collimator

각도(°)	90	100	110	120	130	140	150	160	170
cps	51	136	206	79	425	1990	33477	39455	41889
각도(°)	190	200	210	220	230	240	250	260	270
cps	45686	38624	36290	1483	609	118	164	318	57

그리고 영상과 스펙트럼을 보면, 비록 영상적으로 만들어지지 않지만, 많은 수의 산란선이 검출기에 입사 하였다 (Fig. 7).

## 2. Patient study

Hand를 ROI로 잡기 위해서는 I.V. route를 발에 확보를 한다. 그리고  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP를 순간 주사를 하고, 2번 검출기의 영상을 보면서  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP가 심장까지 올라 왔을 때 scan을 시작한다. 그렇기 때문에 blood flow의 경우 환자의 체강에 있는 높은 방사선이 1번 검출기의 측면을 통해 검출이 되고 이것이 영상에 나타나게 된다. 그리고 시간이 지남에 따라 이 산란선은 점점 줄어드는 것을 알 수 있다(Fig. 8).

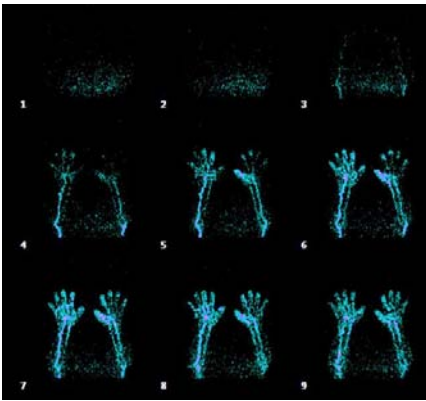


Fig. 8. A scatter ray come from body trunk is detected at early phase of blood flow study.

Blood flow 검사가 끝나고 바로 blood pool 검사를 시행을 하더라도 여전히 체강에는 높은 방사능이 존재하기 때문에 영상의 하단부분에 측면 산란선이 검출된다 (a). 그래서 환자의 손 위에 납가운을 덮어준다고 하더라도 산란선은 쉽게 제거되지 않는다 (b). 하지만 환자의 몸에 납가운을 입히게 하면 산란선은 거의 없어짐을 알 수 있었다 (c) (Fig. 9).

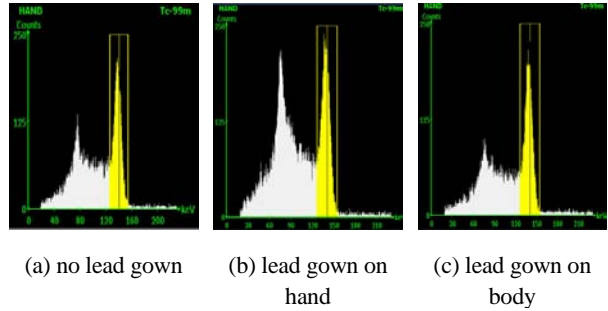
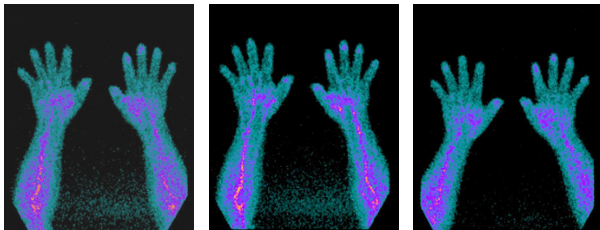


Fig. 9. The lead gown can remove a scatter ray that emitted from body to detector.

3시간이 지나고 난 다음, hand bone scan 영상을 보면 측면 산란선은 없음을 알 수 있었다(Fig. 10).

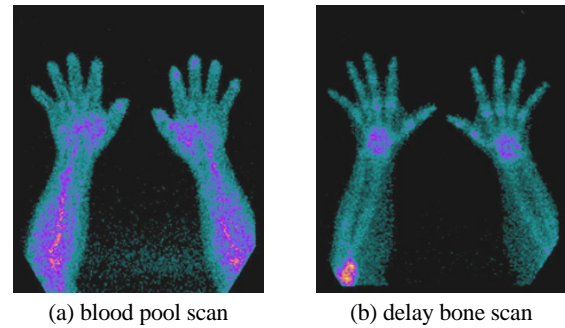


Fig. 10. After 3hours later, because count of body decrease, lateral scatter ray decrease, too.

## 결론 및 고찰

$^{99m}\text{Tc}$  point 선원을 이용한 phantom study를 통해, 측면에서 들어오는 감마선과 collimator 간의 상호 작용으로 산란선이 만들어지고, 그 산란선이 섬광체에 입사됨을 알 수 있었다. 특히 collimator의 ROI에 포함되지 않는 측면에서 전방  $50^\circ$  에서의 위치에서도 산란선은 많이 검출되었다. 이러한 phantom study를 기본으로 patient study에서도 동일한 양상이 나타났다. 산란선은 hand blood flow나 blood pool 영상을 얻을 때처럼 검출기 외부에 강한 선원이 있을 경우 영상에서 배후방사능으로 나타났다. 특히 검사 장기의 계수율이 낮을 경우 산란선에 의한 영향이 더 큼을 알 수 있었다. 따라서, 검출기 외부에서 들어오는 산란선을 줄이기 위해서는 선원에서 나오는 감마선 자체를 차단하는 것이 필요하며, 이를 통해 보다 양질의 영상을 만들 수 있으리라 사료된다.

## 요 약

검출기 외부에 강한 선원은 collimator와 상호 작용으로 산란선이 만들어지게 되는데, 그 산란선이 영상에 얼마나 영향을 주는지 평가하고자 한다. SKY LITE를 사용하여, phantom study의 경우,  $^{99m}\text{Tc}$  1.11 GBq를 점선원으로 만들어 검출기 주변을  $10^\circ$  간격으로 돌아가면서 측정하여 각 각도에서의 산란선의 정도를 계수율과 스펙트럼으로 분석을 하였다. Patient study의 경우, 3-phase bone scan을 하는 환자를 대상으로, blood flow와 blood pool 영상을 획득하면서 산란선의 양과 스펙트럼을 분석하였다. 추가로 blood pool 검사 시, 환자의 손위에 납가운을 올려놓고 영상을 획득하였고, 환자의 몸에 납가운을 입히고 영상을 획득하여 각 영상에서의 산란선과 스펙트럼을 비교, 평가하였다. 그 결과, phantom study의 경우, 후방에서는 산란선의 없었지만, 측면부터 전방  $50^\circ$  까지는 산란선이 많이 검출되었다. patient study의 경우 blood flow 영상과 blood pool 영상에서 환자 몸에서 나온 감마선으로 인해 생긴 산란선이 입사됨을 알 수 있었다. 그리고 납가운은 손 위를 차폐하는 것 보다, 환자 몸을 차폐 하는 것이 산란선이 많이 줄었다. 그러므로 외부에 강한 선원이 존재하고, hand blood flow, blood pool 검사처럼 계수 자체가 낮을 검사를 할 경우, 몸에서 나오는 선원 자체를 차폐하는 것이 산란선을 줄이는데 보다 효과가 있으며, 영상에서도 배후 방사선을 줄이는데 효과가 있음을 알 수 있었다.

## REFERENCES

1. Powell MR., H. O. Anger and his work at the donner laboratory. *Semin Nucl Med.* 1978;9:164-8.
2. Tapscott E., Nuclear medicine pioneer: Hal O. Anger, Firstscintillation camera is foundation for modern imaging systems. *J Nucl Med.*, 1998; 39(3):15N, 19N, 26N-27N.
3. Hideo Murayama, Hal Oscar Anger, D.Sc. hon. 1920-2005: a pioneer in nuclear medicine instrumentation. *Radiol Phys Technol.*, 2014;7:1-4.
4. Jun Key Jung, Nuclear medicine, Korea medical book publisher co.