

Original Article

심근 관류 SPECT에서 핵종에 따른 Uniformity correction map 설정을 통한 영상의 질 비교

서울아산병원 핵의학과

송재혁 · 김경식 · 이동훈 · 김성환 · 박장원

The difference of image quality using other radioactive isotope in uniformity correction map of myocardial perfusion SPECT

Jae hyuk Song, Kyeong Sik Kim, Dong Hoon Lee, Sung Hwan Kim and Jang Won Park

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

Purpose When the patients takes myocardial perfusion SPECT using ^{201}Tl , the operator gives the patients an injection of ^{201}Tl . But the uniformity correction map in SPECT uses $^{99\text{m}}\text{Tc}$ uniformity correction map. Thus, we want to compare the image quality when it uses $^{99\text{m}}\text{Tc}$ uniformity correction map and when it uses ^{201}Tl uniformity correction map.

Materials and Methods Phantom study is performed. We take the data by Asan medical center daily QC condition with flood phantom including ^{201}Tl 21.3 kBq/mL. After postprocessing with this data, we analyze CFOV integral uniformity(I.U) and differential uniformity(D.U). And we take the data with Jaszczak ECT Phantom by American college of radiology accreditation program instruction including ^{201}Tl 33.4 kBq/mL. After post processing with this data, we analyze spatial Resolution, Integral Uniformity(I.U), coefficient of variation(C.V) and Contrast with Interactive data language program.

Results In the flood phantom test, when it uses $^{99\text{m}}\text{Tc}$ uniformity correction map, Flood I.U is 3.6% and D.U is 3.0%. When it uses ^{201}Tl uniformity correction map, Flood I.U is 3.8% and D.U is 2.1%. The flood I.U is worsen about 5%, but the D.U is improved about 30% inversely. In the Jaszczak ECT phantom test, when it uses $^{99\text{m}}\text{Tc}$ uniformity correction map, SPECT I.U, C.V and contrast is 13.99%, 4.89% and 0.69. When it uses ^{201}Tl uniformity correction map, SPECT I.U, C.V and contrast is 11.37%, 4.79% and 0.78. All of data are improved about 18%, 2%, 13% The spatial resolution was no significant changes.

Conclusion In the flood phantom test, Flood I.U is worsen but Flood D.U is improved. Therefore, it's uncertain that an image quality is improved with flood phantom test. On the other hand, SPECT I.U, C.V, Contrast are improved about 18%, 2%, 13% in the Jaszczak ECT phantom test. This study has limitations that we can't take all variables into account and study with two phantoms. We need think about things that it has a good effect when doctors decipher the nuclear medicine image and it's possible to improve the image quality using the uniformity correction map of other radionuclides other than $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{201}Tl when we make other nuclear medicine examinations.

Key Words Uniformity correction map, contrast, uniformity, ^{201}Tl SPECT

서론

- Received: October 02, 2015 Accepted: October 13, 2015
- Corresponding author: **Jae Hyuk Song**
- Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, 388-1 Pung nap 2-dong Song pa gu, Seoul 138-736, Korea
Tel : (02) 3010-4608 Fax: +82-2-3010-5429
E-mail: songjaehyuk@hanmail.net

SPECT (Single photon emission computed tomography) 에서 Uniformity는 균일한 방사능을 갖는 선원에 대해서 균일한 영상을 제공하는 능력이다. SPECT에서는 다양한 이유로



Fig. 1. This is Ventrifield(General Electric Healthcare, USA)

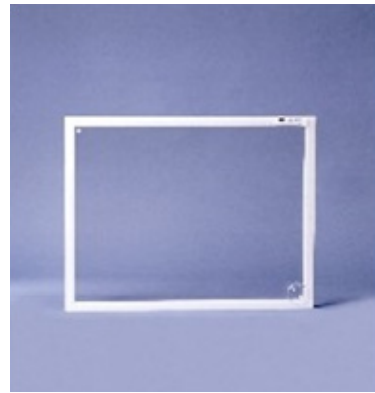


Fig. 2. This is Flood Phantom



Fig. 3. This is Jaszczak ECT Phantom (Data Spectrum, USA)

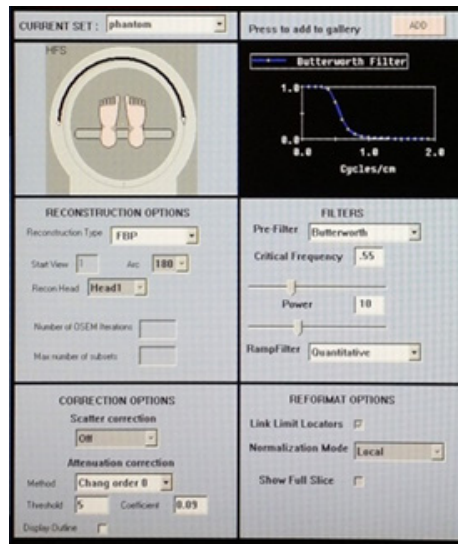


Fig. 4. This analysis tool is Xeleris ver 2.05 (General Electric Healthcare, USA)

영상에서 불균일이 발생하고 있으며, 이는 영상에 artifacts를 유발하여 임상적으로 진단에 악영향을 줄 수 있다. 이를 보정하기 위해 여러 보정 방법이 시행되고 있다. 이 중 Uniformity correction map은 검사에 사용하는 동위원소를 이용하여 Map을 설정하여, 이를 통해 불균등한 Image의 변동폭을 최소한으로 낮춰 주는 역할을 하고 있다¹⁻³⁾. 본원에서 시행되고 있는 Myocardial SPECT 검사는 Thallium을 이용하여 검사가 진행되고 있지만, ^{99m}Tc의 Uniformity correction map이 적용되어 있다. 따라서 본 논문은 ²⁰¹Tl로 심근 SPECT 검사 시 ^{99m}Tc과 ²⁰¹Tl 각각의 핵종으로 Uniformity correction map을 설정하였을 때, 영상의 질에 차이가 있는지 비교해보고 영상의 질을 향상시킬 수 있는 방안 에 대하여 모색해 보고자 한다.

실험방법 및 재료

1. 실험 기기 및 재료

실험 장비로 심장 검사 Gamma camera인 Ventrifield(General Electric healthcare, USA) 에 LEGP(Low Energy General Purpose) collimator를 장착하였다(Fig. 1). Phantom 실험을 위해 Flood phantom , Jaszczak ECT Phantom (Data Spectrum, USA) 이 사용하였다(Fig. 2) (Fig. 3). 그리고 영상 분석에는 Xeleris ver 2.05(General Electric Healthcare, USA) 와 Interactive Data Language(Exelis visual information solutions, USA) 프로그램을 이용하였다 (Fig. 4)(Fig. 5) .

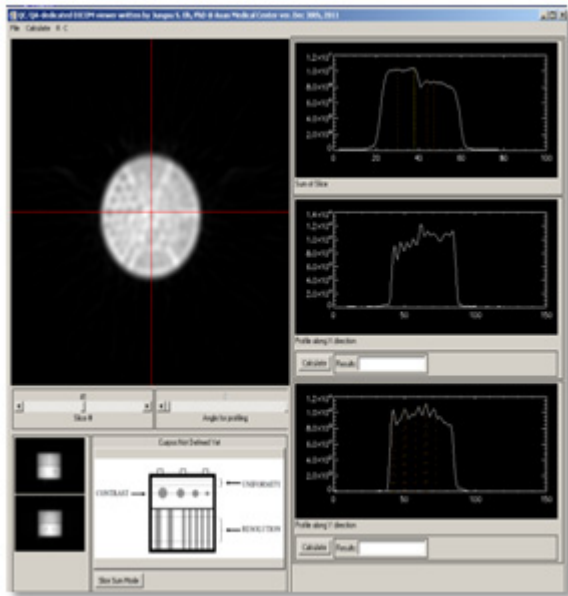


Fig. 5. This analysis tool is Interactive Data Language (Exelis visual information solutions, USA)

2. 실험방법

1) Uniformity Mapping

ACR에서 권고하는 방법으로 Collimator를 제거한 상태에서 Detector 표면 중심으로부터 2.5 m 떨어진 지점에 1 cc 주사기에 ^{99m}Tc 25.9 Mbq, ^{201}Tl 14.8 Mbq의 방사성 동위원소를 주입한 point source를 위치하였다. 영상 획득을 위한 Count는 장비사에서 권고하는 6×10^7 count로 Detector 1, Detector 2에 대하여 ^{99m}Tc 와 ^{201}Tl 각각의 방사성 동위원소로 Uniformity Mapping을 실시하였다⁴⁾.

2) Flood phantom test

Flood Phantom에 ^{201}Tl 을 21.3 kBq/mL를 주입하여 Phantom을 제작하였다. 이 Phantom을 이용하여 본원에서 사용되는 Daily QC 조건에 의하여 총 4×10^6 count의 데이터를 획득한 후 CFOV Integral uniformity, Differential uniformity의 두 항목에 대하여 비교 평가하였다.

3) Jaszczak ECT Phantom test

Jaszczak ECT Phantom (Data Spectrum, USA)에 ^{201}Tl 을 33.4 kBq/mL를 주입하여 Phantom을 제작하였다. 이 Phantom을 이용하여 Matrix size는 128 x 128, 이중 에너지를 이용하였고(70 keV \pm 15%, 167 keV \pm 10%), ACR (American college of Radiology) acquisition time equation에 따라 sec를

계산하여 총 Count가 3.2×10^7 count가 되도록 60 views를 ^{99m}Tc 와 ^{201}Tl 각각에 대하여 데이터를 획득하였다⁵⁾(Fig. 6). 영상 재구성으로는 Xeleris ver 2.05(General Electric Healthcare, USA) 프로그램으로 모든 영상에 동일한 SPECT 옵션으로 FBP, Butterworth filter (critical frequency; 0.55 power; 10)를 적용하고 scatter correction (chang's order; 0 threshold; 5 coefficient; 0.09)을 적용하였다. 획득한 데이터에 대하여 Integral uniformity, Contrast, Coefficient of variation, Spatial resolution의 네 항목에 대하여 비교 평가하였다.

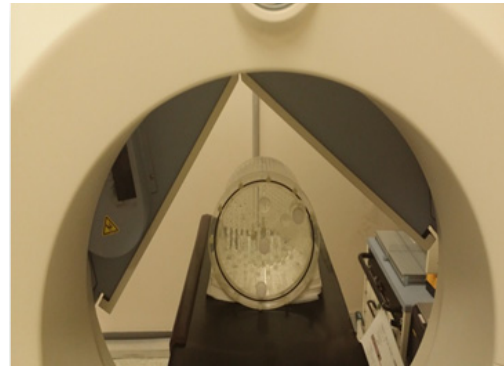


Fig. 6. Jaszczak ECT phantom including ^{201}Tl image acquisition

4) 영상 비교 분석

$$\text{Integral Uniformity} = \frac{\text{Max cts/pixel} - \text{min cts/pixel}}{\text{Max cts/pixel} + \text{min cts/pixel}} \times 100$$

Flood Phantom으로 획득된 데이터는 Xeleris ver 2.05 (General Electric Healthcare, USA) 프로그램으로 아래와 같은 식에 의해서 Integral uniformity, Differential uniformity를 산출하였다.⁶⁻⁷⁾

$$\text{Differential Uniformity} = \frac{\text{High} - \text{Low}}{\text{High} + \text{Low}} \times 100$$

Jaszczak ECT Phantom으로 획득된 데이터를 본원에서 자체 개발한 Interactive Data Language (Exelis visual information solutions, USA) 프로그램에 입력하여 아래와 같은 식에 의해서 Integral uniformity, Contrast, Coefficient of variation을 산출하였다.⁸⁾

$$\text{SPECT I.U} = \frac{\text{Max} - \text{min}}{\text{Max} + \text{min}} \times 100$$

$$\text{Contrast} = \frac{\text{Mean counts} - \text{Min counts}}{\text{Mean counts}}$$

$$\text{Coefficient of Variation} = \frac{\text{Standard Deviation}}{\text{Mean}} \times 100$$

Table. 1. Flood integral uniformity and differential uniformity value (%) with Flood phantom

	CFOV Flood I.U.(%)	CFOV Flood D.U.(%)
^{99m} Tc	3.6	3.0
²⁰¹ Tl	3.8	2.1

Table. 2. SPECT Integral uniformity, coefficient of variation (%) and contrast with Jaszczak ECT phantom

	SPECT I.U.(%)	C.V.(%)	Contrast
^{99m} Tc	13.99	4.89	0.69
²⁰¹ Tl	11.37	4.79	0.78

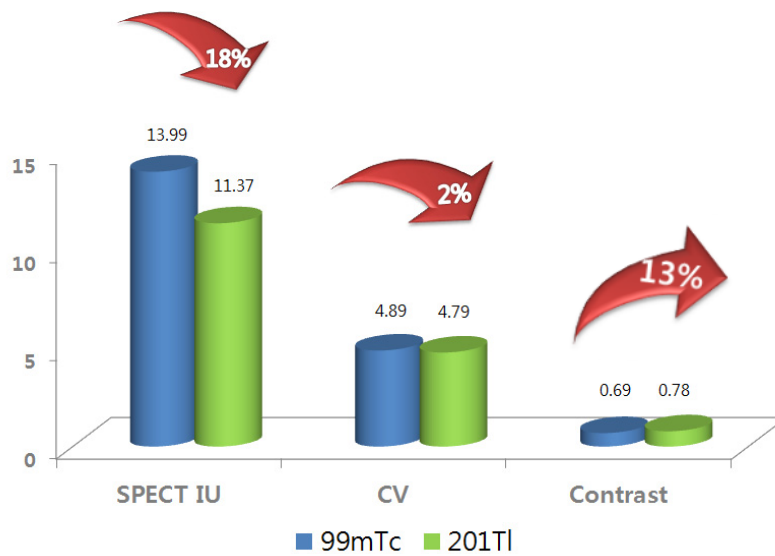


Fig. 7. The comparison with other radionuclide uniformity correction map of Jaszczak ECT phantom test value

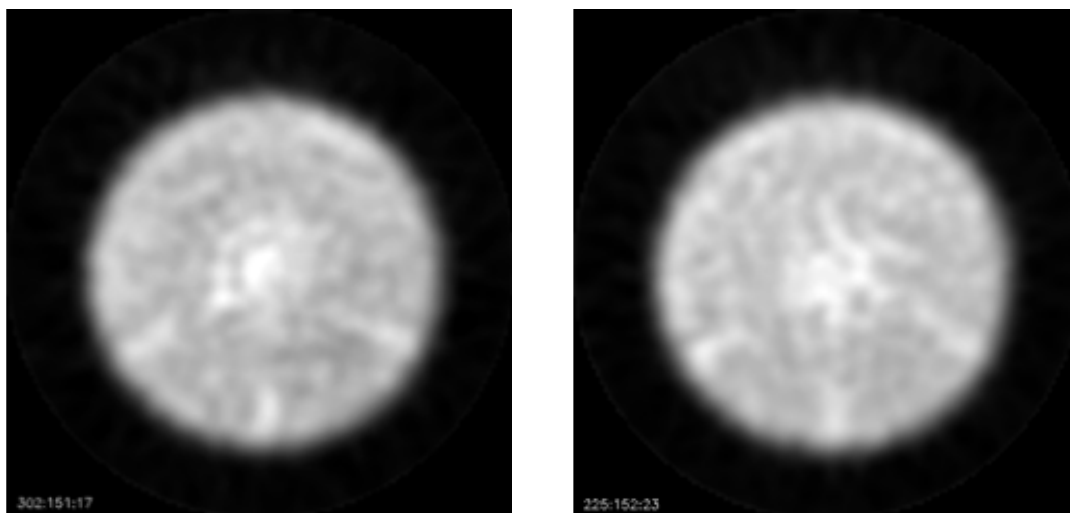


Fig. 8. (A) Jaszczak ECT phantom spatial resolution using ^{99m}Tc uniformity correction map
 (B) Jaszczak ECT phantom spatial resolution using ²⁰¹Tl uniformity correction map

결 과

1. Flood phantom test

^{99m}Tc 에서의 Flood I.U값은 3.6%, Flood D.U값은 3.0%으로 나타났고, ^{201}Tl Flood I.U값은 3.8%, Flood D.U값은 2.1%으로 나타났다. ^{201}Tl 으로 uniformity map을 설정하였을 때, Flood I.U값은 5% 감소하였으나, Flood D.U 값은 30% 향상된 수치를 나타내었다(Table 1).

2. Jaszczak ECT Phantom test

^{99m}Tc 에서의 SPECT I.U값은 13.99%, Coefficient of variation값은 4.89%, contrast값은 0.69로 나타났고, ^{201}Tl 에서의 SPECT I.U값은 11.37%, Coefficient of variation값은 4.79%, contrast값은 0.78로 나타났다(Table 2). ^{201}Tl 으로 uniformity map을 설정하였을 때, SPECT I.U값은 18%, Coefficient of variation값은 2%, contrast값은 13% 향상된 수치를 나타냈으며(Fig. 7), 육안 분석을 실시한 Spatial Resolution 항목에서는 육안으로 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 8).

결론 및 고찰

SPECT에서 Uniformity 값이 허용 가능한 수치 이상으로 나타나게 될 경우에 획득된 영상은 정확한 판독에 영향을 끼칠 가능성이 있다. 부정확하게 획득된 영상은 재구성 시에 오차 범위가 커질 우려가 있기 때문에 SPECT 검사 시에 Planar uniformity check가 Daily Quality Control 항목에 있을 정도로 최적의 uniformity를 유지하는 것에 대한 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않는다⁹⁻¹⁰. 검사자는 매번 측정된 uniformity값을 확인하여 영상에서 불균일이 나타날 경우 검사에 사용되는 방사성 동위원소를 이용하여 uniformity correction map을 설정하여 uniformity값을 검사에 맞게 최적화 시켜줄 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 ^{201}Tl 을 이용한 Myocardial SPECT에서 ^{201}Tl 과 ^{99m}Tc 두 가지 핵종으로 Uniformity correction map을 각각 설정하여 영상의 질을 비교함으로써, 심근 SPECT에서의 영상의 질을 최적화 시킬 수 있는 방법에 대해서 논의해보고자 본 논문을 발표하게 되었다. 앞서 실험결과를 통해 Flood phantom test에서는 Flood I.U값은 감소하였으나 Flood D.U은 향상되어 Flood 영상에서는 크게 영상의 질이 개선되었는지는 알 수 없었다. 반면

Jaszczak ECT Phantom test에서는 SPECT I.U, Coefficient of variation, Contrast값은 각각 18%, 2%, 13%의 향상된 수치를 보였기 때문에 영상의 질이 개선되었음을 알 수 있었다. 본 연구는 환자가 아닌 Phantom 실험으로 진행되었기 때문에 임상에서의 환자의 다양성과 여러 변수들을 충분히 반영할 수 없다는 한계점을 지니고 있다. 그러나 영상의 질이 개선되었다는 점에서 이것이 임상적으로 진단에 영향을 주는지에 대한 연구가 필요하다. 이와 더불어 다른 핵의학 검사에서 ^{99m}Tc 과 ^{201}Tl 이외의 다른 방사성 동위원소에 대해서도 uniformity correction map이 영상의 질 개선에 도움을 주는지에 관하여 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

요 약

SPECT에서 Uniformity는 균일한 방사능을 갖는 선원에 대하여 균일한 영상을 제공하는 능력이다. 영상에서 다양한 이유로 불균일이 발생하게 되고, 불균일은 artifacts를 발생시켜 임상적으로 진단하는데 영향을 줄 수 있다. Uniformity correction map은 검사에 사용되는 방사성 동위원소를 이용하여 영상에서 Uniformity의 변동폭을 최소화 시켜주는 역할을 한다. 본원에서 시행되고 있는 ^{201}Tl 을 이용한 심근 SPECT에서는 ^{99m}Tc 으로 기본 설정되어 있는 Uniformity correction map을 사용하고 있으며, 이에 따라 본 연구에서는 ^{201}Tl 과 ^{99m}Tc 두 가지 핵종으로 Uniformity correction map을 각각 설정하였을 때 영상의 질에 차이가 있는지 비교 분석하고, 영상의 질을 최적화할 수 있는 방법에 대하여 모색해 보고자 한다. 장비는 GE Ventri Gamma camera, Flood phantom, Jaszczak ECT phantom을 이용하였다. 실험에 앞서 Collimator를 제거한 상태에서 Detector 표면 중심으로부터 2.5 m 떨어진 지점에 1 cc 주사기에 ^{99m}Tc 25.9 Mbq, ^{201}Tl 14.8 Mbq의 방사성 동위원소를 주입한 point source를 이용하여 장비사에서 권고하는 6×10^7 count로 ^{99m}Tc 와 ^{201}Tl 각각의 방사성 동위원소로 Uniformity Mapping을 실시하였다. Flood phantom에는 ^{201}Tl 21.3 kBq/mL, Jaszczak ECT phantom에는 ^{201}Tl 33.4 kBq/mL를 주입하여 phantom을 제작하였다. Flood Phantom으로 획득된 데이터는 Xeleris ver 2.05 프로그램을 이용하여 Integral uniformity, Differential uniformity을 두 가지 항목에 대하여 분석하였다. Jaszczak ECT Phantom으로 획득된 데이터를 본원에서 자체 개발한 Interactive Data Language 프로그램에 입력하여 Integral uniformity, Contrast, Coefficient of variation, Spatial Resolution을 4가지 항목에 대하여 분석하였다. Flood phantom test에서는 ^{99m}Tc 에서의 Flood I.U값은 3.6%, Flood

D.U값은 3.0%으로 나타났고, ^{201}Tl Flood I.U값은 3.8%, Flood D.U값은 2.1%으로 나타났다. 이를 통해 ^{201}Tl 으로 Uniformity correction map을 설정하였을 때, Flood I.U값은 감소하였으나 Flood D.U은 향상되어 Flood 영상에서는 크게 영상의 질이 개선되었는지는 알 수 없었다. 반면 Jaszczak ECT Phantom test에서는 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 에서의 SPECT I.U값은 13.99%, Coefficient of variation값은 4.89%, contrast값은 0.69, ^{201}Tl 에서의 SPECT I.U값은 11.37%, Coefficient of variation값은 4.79%, contrast값은 0.78로 나타났으며, 육안 분석을 실시한 Spatial Resolution 항목에서는 육안으로 큰 차이를 보이지 않았다. 이를 통해 ^{201}Tl 으로 Uniformity correction map을 설정하였을 때, Spatial Resolution 을 제외한 SPECT I.U, Coefficient of variation, Contrast 세 항목에서 각각 18%, 2%, 13%의 향상된 수치를 보였다는 점에서 영상의 질이 개선되었음을 알 수 있었다. Uniformity correction map이 영상의 질을 크게 좌우할 수 없으나, 개선의 효과를 가져다 준다는 점에서 임상적으로 진단에 영향을 주는지 또한 다른 검사에서 또 다른 방사성 동위원소로 Uniformity correction map을 설정했을 경우 영상의 질을 개선시킬 수 있는지에 관하여 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- Jennifer prekeges. Nuclear medicine instrumentation. 2nd ed. Jones & Bartlett Learning. 2013 p99-100
- 고창순. 핵의학. 제 3판. 고려의학. 2008 p.73-74
- Bernard E, Oppenheim, C.Robert Appledorn. Uniformity correction for SPECT using a mapped cobalt-57 sheet source. J Nucl Med. 1985;26:409-415
- NEMA standards publication NUI - 1994 (P.2) performance measurements of scintillation camera Washington, DC National Electrical Manufacturers Association, 1994.
- ACR Nuclear Medicine Accreditation Program : Site scanning instruction for the ACR Nuclear Medicine Phantom(American College of Radiology, Reston, VA. 2010)
- Anna Larsson. Corrections for improved quantitative accuracy in SPECT and planar scintigraphic imaging. Print & media 2015. P24-26
- Uddin, M. F, Islam, S. M., Khan, M. N., Chakraborty, R. K., Rima S. Z., Ara R, et al. Measurement of Uniformity and Multiple Head Registration (MHR)/Centre of Rotation (COR) of a Newly Installed Hybrid SPECT/CT At INMAS, Mymensingh. Bangladesh Journal of Nuclear Medicine 2015;17(1):67-74
- Jungsu S. Oh, Jae Min Choi, Ki Pyo Nam, Sun Young Chae, Jin Sook Ryu, Dae Hyuk Moon, et al. Software development for ACR-approved phantom-based nuclear medicine tomographic image quality control with cross-platform compatibility. J Korean Phys Soc. 2015;67:323-328
- Salah F.A, Ziada G, Hejazy M.A, Khalil W.A. Evaluation of different physical parameters that affect the clinical image quality for gamma camera by using different radionuclides. Available at: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/40/103/40103788.pdf. Accessed Oct. 19-24, 2008.
- Halama JR, Henkin RE. Quality assurance in SPECT imaging. Applied Rad. 41-50, 1987.