

Original Article

SPECT 검사에서 Onco Flash의 유용성과 질적 향상 평가

삼성서울병원 핵의학과

노익상·차은선·김 기·최춘기·석재동

Usability Research of Onco Flash in SPECT

Ik Sang Noh, Eun Sun Cha, Ki Kim, Choon Ki Choi, Jae Dong Suk

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

Purpose: Onco flash shortens a scan time with half and there is a possibility of getting the data which corresponds in existing. The experiment which makes the image whose Onco Flash is excellent OSEM tried, as changes parameter of time, iteration. After reconstituting an image, produces FWHM and executes an evaluation.

Materials and Methods: Siemens e.cam gamma camera, standard Jaszczak phantom and spatial resolution phantom was used. In order for the bubble not to enter, implants 2 mCi and volume 0.25 cc ^{99m}Tc respectively in line 3 to spatial resolution phantom. Put on that phantom on the table correctly, and acquires an image. 15 mCi putting in distilled water to mix ^{99m}Tc well in Jaszczak phantom and acquires image just like spatial resolution phantom. Reconstructs and converts the image to digital image as Sante program. Produce FWHM and evaluate by Amide. **Results:** The non-scattered image shows better FWHM value than scattered image. As time increases from 10 sec to 30 sec for 5sec interval, FWHM appeared to 30.1, 28.5, 24.5, 23.6, 23.4 mm. At the standard iteration value 4, OSEM FWHM shows 8.0 mm, and Onco Flash is 8.1 mm. As fade in iteration, FWHM value more and more decreased. **Conclusion:** When using Onco Flash, shortens a scan time, and enhances image quality. Also, user can adjust the parameters to improve resolution. Therefore, patient and user are satisfied with these merits. (Korean J Nucl Med Technol 2009;13(1):3-8)

Key Words : Onco flash, FWHM, Spatial resolution phantom, Jaszczak phantom

서 론

핵의학 검사에서 평면 촬영상은 동적, 정적인 촬영에는 유용하나 인체를 특정방향에서만 스캔하기 때문에 깊이에 대한 정보를 얻을 수가 없다. SPECT는 그러한 단점을 보완한 3차원 개념의 촬영 방법으로서, 꾸준히 발전되어 왔다.¹⁾ 그러나 지금까지의 SPECT 기기의 발전은 섬광검출기의 수를 늘리거나, 해상력과 예민도를 위한 기계적 장치의 개발이 주로 이루어져 왔다. Siemens사에서 제공하는 Onco Flash는 Pixon사에서 개발한 소프트웨어 향상 프로그램이다. 이 프로그램은 영상을 재구성하는 과정에서 산란선을 자체 보정하고 영상의

질을 향상시키는 기능을 갖추고 있다. 또한 상대적으로 적은 count로 기존의 영상에 상응하는 영상을 나타낼 수 있다. 재구성 시 필요한 count가 줄어들면서 환자에게 투여되는 방사성동위원소 양을 감소시킬 수 있으며, 결과적으로 피폭선량을 감소시키는 이득도 가져올 수 있는 것이다. 또한 subset과 iteration 등의 매개변수를 임의로 조절하여 사용자가 원하는 영상을 획득할 수 있다. Onco Flash 프로그램은 planar image에서 뿐만이 아니라, 심장을 제외한 Brain SPECT 등에서도 사용할 수 있는 장점을 가지고 있다.

본 연구는 Onco Flash 프로그램을 적용할 경우 시각적, 기계적으로 향상되는 영상의 질을 평가하고, 최적의 촬영조건을 찾아 기존의 OSEM 영상에 비교하여 유용성을 평가하였다.

• Received: February 20, 2009. Accepted: March 15, 2009.
• Corresponding author: Ik Sang Noh
Department of Nuclear Medicine, Samsung Medical Center,
Ilwon-dong, Gangnam-gu, Seoul, 135-710, Korea
Tel: +82-2-3410-6288, Fax: +82-2-3410-6284
E-mail: sunvereign.noh@samsung.com

실험재료 및 방법

1. 사용 장비와 주요재원

① Siemens e.cam gamma camera

Gantry의 Field-of-View (FOV)는 53.3×38.7 cm (21×15.25 inch)로 구성되어 있으며 진단학적으로 유효한 FOV는 63.5 cm (25 inch)이다.

Crystal은 59.1×44.5 cm (23×17.4 inch)의 크기를 가지고 있으며 두께는 9.5 mm (3/8 inch)이다.

Photo Multiplier Tube는 총 59개로 구성되어 있으며 직경은 5.3~7.6 cm (3 inch)이다.

콜리메터는 Low Energy High Resolution을 사용하였다.

② Spatial resolution phantom

외형을 이루는 재질은 아크릴로 구성되어 있으며 팬텀 안에는 stainless steel(직경 1 mm)의 튜브가 3개 위치하고 있다. 무게는 약 2 lb (=0.9 kg)이다(Fig. 1).

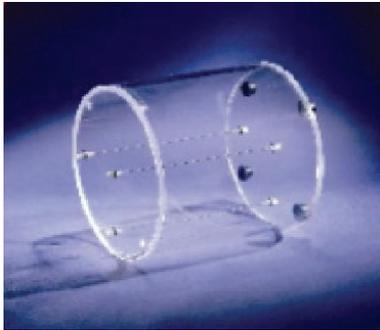


Fig. 1. spatial resolution phantom.

③ Jaszczak phantom

재질은 아크릴로 되어 있으며 높이는 12.7 cm, 부피는 약 6.9 L이다(Fig. 2).



Fig. 2. Jaszczak phantom.

2. Spatial resolution phantom 실험

Phantom에 기포가 들어가지 않도록 3개의 라인에 각각 2 mCi, volume 0.25 cc의 ^{99m}Tc을 주입한다. 팬텀을 테이블 위에 바르게 올려놓고, 디텍터 회전의 중심에 위치하도록 조절한 후 영상을 획득한다. 매개변수를 변화시키지 않았을 때의 기본적인 영상획득 조건은 다음과 같이 한다.

Matrix Size	128×128
Zoom	1.45
Detectors	Both
Rotation Direction	CW
Starting Angle	0
Degrees of Rotation	180
Number of Views	45
Time per View	20 sec
Detector Configuration	180

산란선의 영향을 평가하기 위해서 증류수를 채웠을 때와 채우지 않았을 때의 두 가지 경우로 나누어 동일한 조건에서 실험을 한다. 그리고 time per view를 변화시켜 시간의 변화에 따른 영상의 질을 평가해본다.

3. Jaszczak phantom 실험

Phantom에 증류수를 채우고 ^{99m}Tc을 15 mCi와 혼합시킨다. 팬텀을 테이블 위에 바르게 올려놓고, 디텍터 회전의 중심에 위치하도록 조절한 후 영상을 획득한다.²⁾ 매개변수를 변화시키지 않았을 때의 기본적인 영상획득 조건은 spatial resolution phantom으로 실험하였을 때와 동일하게 한다.

4. 매개변수 변화 실험

Spatial resolution phantom으로 실험할 때에는 산란선의 영향을 알아보기 위하여 증류수를 채웠을 때와 채우지 않았을 때의 두 가지 경우로 나누어 실험한다. Spatial resolution phantom과 Jaszczak phantom을 이용한 실험 모두 다른 매개변수를 변화시키지 않은 채 스캔시간만을 변화시켜 영상을 획득한다. 스캔시간은 각각 10, 15, 20, 25, 30 초로 나누어 실험한다. 영상을 OSEM으로 재구성할 때의 매개변수 iteration의 기본 설정 값은 4이다. 획득한 영상을 Onco Flash로 재구성할 때는 iteration 값을 4, 7, 10, 13, 17, 19로 다양하게 변화시켜 본다.

5. 영상 평가 방법

영상 평가하는 방법으로 다수의 Blind test를 이용한 시각적 평가와 FWHM (Full Width Half Maximum)을 이용한 객관적 평가를 실시하였다. 특히 영상에서 FWHM을 산출하기 위해서는 영상의 디지털 변환과 LSF (Line Spread Function)를 구하는 방법을 이용하여야 한다. Santesoft 사의 DICOM View 프로그램을 이용하여 영상을 디지털로 변환시킨다. 변환된 영상을 Amide 프로그램을 이용하여 각 실험에 따른 FWHM을 비교분석한다.

결 과

1. 산란선의 영향에 따른 결과

Spatial resolution phantom에 증류수 주입한 것을 제외하고 모든 조건을 동일하게 하여 영상을 획득하고 재구성하여 FWHM과 FWTM (Full Width Ten Maximum)을 비교하였다. 산란선의 영향이 있는 조건에서는 OSEM의 FWHM이 15 mm, Onco Flash가 7.3 mm으로 나타났으며, 산란선의 영향이 없는 조건에서는 각각 13.1 mm과 6.9 mm로 나타났다 (Table 1). OSEM과 Onco Flash를 이용하여 재구성한 영상 모두 산란선이 없는 쪽에서 영상의 질이 우수하게 평가되었다.

Table 1. Result of estimates FWHM by scatter, non-scatter influence

Nosscatter	Iteration	FWHM	FWTM
OSEM	8	13.1	23.9
ONCO FLASH	10	6.9	12.6
Scatter	Iteration	FWHM	FWTM
OSEM	8	15.0	27.3
ONCO FLASH	10	7.3	13.4

2. 시간 변화에 따른 결과

Time per View의 시간만을 변화시켜 영상을 획득하고 FWHM을 산출하여 분석하였다. 시간을 10, 15, 20, 25, 30초로 증가시켜 실험한 결과 FWHM의 값은 30.1, 28.5, 24.5, 23.6, 23.4 mm를 나타내었다. 데이터를 수집 시간이 증가할수록 FWHM의 값이 감소하였다(Table 2).

Table 2. FWHM value by acquisition time changing

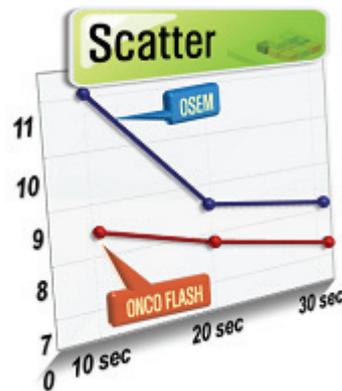


Time	10 sec	15 sec	20 sec	25 sec	30 sec
FWHM	30.1	28.5	24.5	23.6	23.4

3. Parameter 변화에 따른 OSEM과 Onco Flash의 결과

시간의 변화에 따른 영상을 scatter와 non-scatter로 나누어 재구성한 후 FWHM을 산출하여 분석하였다. 각 실험의 시간 설정을 10, 20, 30 sec로 변경하여 영상을 획득하고 재구성한 결과 OSEM은 11.0, 8.5, 8.0 mm의 FWHM 값을, Onco Flash는 8.4, 7.8, 7.3 mm을 나타내었다(Table 3).

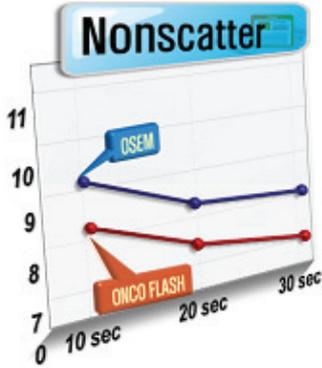
Table 3. FWHM value by parameter changing in scatter



Scatter	10 sec	20 sec	30 sec
OSEM	11.0	8.5	8.0
OCO FLASH	8.4	7.8	7.3

non-scatter에서 OSEM은 9.0, 8.2, 8.0 mm, Onco Flash에서 8.1, 7.4, 7.1 mm의 FWHM 값을 나타내었다(Table 4).

Table 4. FWHM value by parameter changing in non-scatter



Nonscatter	10 sec	20 sec	30 sec
OSEM	9.0	8.2	8.0
ONCO FLASH	8.1	7.4	7.1

Scatter보다 non-scatter에서, Time per View의 영상 획득시간이 증가할수록 영상의 질이 향상되었다. 이 결과는 OSEM과 Onco Flash 두 가지 재구성 방법 모두에서 비슷한 경향을 나타내었다. 또한 같은 실험 조건에서는 전체적으로 Onco Flash가 OSEM보다 높은 분해능을 나타내었다.

4. Iteration 변화에 따른 결과

현재 Siemens e.cam 장비에서 사용되고 있는 표준 iteration 값은 OSEM의 경우 4로 설정되어 있다. 동일한 조건에서 영상을 획득하고 Onco Flash를 이용하여 iteration의 값을 변화시켜 영상을 재구성하여 평가하였다.³⁾ Iteration이 4, 7, 10, 13, 16, 19로 증가함에 따라 FWHM의 값은 8.1, 7.6, 6.9, 6.8, 6.7, 6.6 mm으로 나타났다(Table 5).

Table 5. FWHM value by iteration, compared with a few iteration



	4	7	10	13	16	19
OSEM	8.0	7.6	6.9	6.8	6.7	6.6
ONCO FLASH	8.1	7.6	6.9	6.8	6.7	6.6

5. Jaszczak phantom을 이용한 실험 결과

Jaszczak phantom을 이용하여 동일한 조건에서 영상을 획득하고 OSEM과 Onco Flash를 이용하여 재구성하였다. 다수의 인원이 Onco Flash를 이용하여 재구성한 영상이 시각적으로 더 우수하다고 평가하였다(Fig. 3, 4).

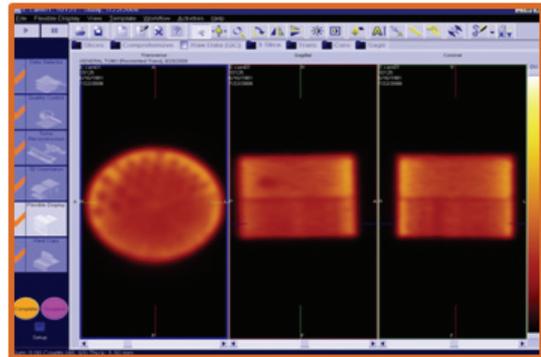


Fig. 3. Jaszczak phantom image reconstructed by OSEM. generally cold spots appeared indistinctly.

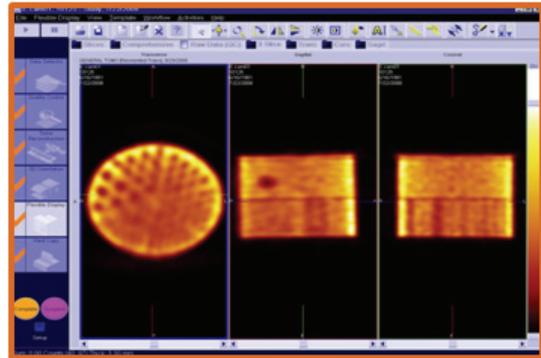


Fig. 4. Jaszczak phantom image reconstructed by Onco Flash. cold spots more clear than fig. 1. relatively.

고 찰

핵의학 검사를 시행함에 있어 산란선이나 데이터 획득 시간, 재구성 방법, 매개변수의 설정 등은 결코 무시할 수 없는 변수이다. 이는 영상의 왜곡을 일으킬 수 있고, 나아가 사용상 오류나 판독의 부정확성을 초래할 수 있기 때문이다. 따라서 다양한 조건의 여러 가지 가능성을 고려하여 최상의 검사가 진행될 수 있도록 해야 한다.

OSEM과 Onco Flash를 이용한 재구성 방법 모두 산란선의 영향을 받는 조건에서는 우수한 영상을 구성해낼 수 없다는 것을 알 수 있었다. 동일한 조건에서 산란선의 영향과 관계

없이 Onco Flash는 OSEM보다 우수한 영상을 나타낼 수 있었다. Time per View의 acquisition time을 증가시키면 획득하는 데이터가 증가하므로 편차가 더 작고 안정적인 평균 값을 구할 수가 있고, FWHM의 값도 감소하여 질적으로 향상된 영상을 획득할 수 있었다.

영상을 획득하는 과정에서 시간을 증가시킨다거나, 재구성하는 과정에서 iteration과 같은 매개변수를 증가시키면 질적으로 점점 향상되는 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 매개변수의 증가와 영상의 질 향상이 선형적인 관계를 가지고 있지는 않았다. 검사시간을 늘려 데이터 획득을 증가시키면 영상의 질은 개선되지만 검사시간의 증가라는 결과를 가져오게 되어있다. 또한 iteration을 증가시켜도 영상은 우수해지지만 일정한 범위를 넘어서면 전체적으로 smooth 되는 양면성을 지니고 있다. 따라서 영상을 획득하고 구성하는 모든 과정에서 적절한 매개변수를 적용해야 한다고 사료된다.

결 론

핵의학 영상의 발전을 위한 노력으로 섬광검출기를 늘리거나 PM tube 크기를 조절하고 재배치하는 등 물리적이고 기기적인 연구가 주를 이루어왔다. 하지만 근래에는 급속히 발달하는 컴퓨터 기술력으로 소프트웨어의 측면에서 핵의학 발전의 변화를 이끌고 있다. 핵의학 장비와 관련된 여러 분야에서는 최소의 시간으로 최소의 피폭을 주며, 최상의 영상을 창출하기 위한 소프트웨어의 개발을 위해 노력하고 있다. Onco Flash도 그러한 프로그램 중의 하나이며, 적은 count로 우수한 영상을 만들어내는 것을 목표로 하고 있다. 프로그램 자체가 가지고 있는 scan time을 절반으로 줄이는 기능, 영상의 질을 증강시키는 기능 외에도 사용자가 임의로 매개변수를 설정하여 분해능을 향상시킬 수 있다. 그러나 signal과 noise를 구별하여 영상을 나타내는 부분에서는 저하되는 경향이 있어 배후 방사능이 다소 높게 관찰되는 경우도 있었다. 그러나 영상획득 시간 증가나 iteration 등의 매개변수 조절로 충분히 극복이 가능하였다. 전체적인 검사시간 감소에도 불구하고 기존의 영상과 비슷하거나 우수한 분해능을 가진 영상을 생산해냄으로써, 환자와 사용자에게 만족감을 더해줄 수 있는 프로그램으로 생각되어진다. 그러나 환경적인 요소나 기타 특이사항으로 기기에 적용되는 매개변수가 다를 수 있으므로, 평소 기기의 상태를 정확히 파악하고 특성에 맞는 설정을 적용해야 최상의 영상을 창출할 수 있을 것이다.

요 약

목적 : Onco Flash를 이용하여 영상을 재구성하여 OSEM과 비교하고 유용성을 평가해본다. 검사시간을 절반으로 줄여도 기존의 영상에 상응하는 분해능을 가진 영상을 나타낼 수 있는지 실험해보았다.

실험재료 및 방법 : Spatial resolution phantom을 이용하여 scattering과 non-scattering 상황에서 수집시간을 10, 20, 30 sec/frame으로 영상을 획득하였다. 영상을 OSEM, Onco Flash로 각각 재구성하고 FWHM을 구하여 평가하였다. Onco Flash 재구성 최적의 조건 설정을 찾아내기 위하여 iteration 값을 4, 7, 10, 13, 16, 19로 변화시켜 영상을 획득하고, FWHM을 구하여 평가하였다. 또한 Jaszczak phantom을 이용하여 scattering과 non-scattering 상황에서 영상을 획득하고, OSEM과 Onco Flash 프로그램으로 재구성하여 평가를 실시하였다.

결과 : Spatial resolution phantom을 이용한 평가 중 scattering에서 OSEM으로 재구성한 10, 20, 30 sec/frame의 FWHM이 11.09, 8.51, 8.02 mm로, Onco Flash로 재구성하였을 경우 8.35, 7.82, 7.38 mm로 나타났다. 또한 non-scattering에서 OSEM으로 재구성한 10, 20, 30 sec/view의 FWHM이 9.08, 8.28, 8.04 mm로, Onco Flash로 재구성하였을 경우 8.12, 7.46, 7.11 mm로 나타났다. 최적의 Onco Flash 매개변수를 찾기 위한 실험에서 iteration을 변화시켜본 결과, 각각의 FWHM이 8.17, 7.62, 6.91, 6.85, 6.74, 6.67 mm로 나타났다. Blind test에서도 다수의 인원이 Onco Flash 영상이 우수하다고 평가하였다.

결론 : Onco Flash를 적용하면 같은 조건이 주어졌을 경우 질적으로 더욱 향상된 영상을 얻을 수 있거나, 또는 검사시간을 단축시켜서도 OSEM에 상응하는 결과를 도출할 수 있다. 즉, 일정한 범위 내에서는 time per view나 iteration과 같은 매개변수를 임의로 조절하여도 질적으로 향상된 영상을 얻을 수 있다. 그러나 Onco Flash를 적용함에 있어 불가피하게 약간의 데이터 손실이 발생하므로, 각 장비와 프로그램에 적절한 조건을 파악하여야 한다. 또한 최상의 조건에서 검사가 이루어질 수 있도록 권장되는 지침 안에서 상황에 맞는 매개변수를 적용하여야 할 것이다.

REFERENCES

1. 고창순, 핵의학 2판, 1997.
2. The University of KANSAS Hospital homepage.
(<http://www.rad.kumc.edu/nucmed>)

3. Philippe P. Bruyant, Analytic and Iterative Reconstruction Algorithms in SPECT. *J Nucl Med* 43:1343-1358.
4. Mark T. Madsen, Recent Advances in SPECT Imaging. *J Nucl Med* 48:661-673.
5. Akihiro Kojima, Masanori Matsumoto, Mutsumasa Takahashi, Yoshihisa Hirota, and Hideteru Yoshida, Effect of Spatial Resolution on SPECT Quantification Values. *J Nucl Med* 30:508-514.
6. Carey E. Floyd, Jr., Ronald J. Jaszcak, Kim L. Greer, and R. Edward Coleman, Deconvolution of Compton Scatter in SPECT. *J Nucl Med* 26:403-408.
7. Akihiro Kojima, Masanori Matsumoto, Mutsumasa Takahashi, Yoshihisa Hirota, and Hideteru Yoshida, Effect of Spatial Resolution on SPECT Quantification Values. *J Nucl Med* 30:508-514.