

감마카메라 영상에서 분해능 향상을 위한 Xact-bone의 유용성 평가

서울시립 보라매병원 핵의학과
김종필 · 윤석환 · 임정진 · 우재룡

Usefulness of Xact-bone for the Resolution Advancement of Gamma Camera Image

Jong Pil Kim, Seok Hwan Yoon, Jung Jin Lim and Jae Ryong Woo
Department of Nuclear Medicine, SMG-SNU Boramae Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: The Boramae Hospital are currently using Wide beam reconstruction (WBR: UltraSPECT, Israel) to improve the resolution. The Xact-bone belongs to the WBR. It has been reported that Xact-bone helps us to improve image resolution and contrast. This study will be evaluated clinical usefulness of Xact-bone method. **Materials and Methods:** The usefulness evaluation of Xact-bone method was analyzed in resolution test and contrast ratio. The resolution test in Planar image were obtained from Full width at half maximum (FWHM) by using capillary tube. And the contrast ratio was obtained from Bone and Soft tissue (B/S) ratio values that were acquired from bone scan study of 50 patients before and after using the Xact-bone method. We prepared the Triple Line Source Phantom, NEMA IEC Body Phantom and Standard Jaszczak Phantom to acquire the FWHM and Contrast Ratio values of Single photon emission computed tomography (SPECT) image. Subsequently we compared among the Filtered backprojection (FBP), Ordered subset expectation maximization (OSEM) and Xact-Bone image. **Results:** The results of the planar Xact-bone data improved resolution about 20% by using capillary tube. In addition it was improved B/S ratio about 15%. When using Triple Line Source Phantom, SPECT Xact-bone data improved resolution for both FBP, OSEM methods about 20% and 10%, respectively. Contrast ratio in each spheres has also been increased for both methods that using NEMA IEC body Phantom and Standard Jaszczak Phantom. **Conclusion:** When we were using Xact-bone method, we could see to improve the resolution and Contrast ratio as compared to do not use the Xact-bone method. Accordingly, by using WBR's Xact-bone method is expected to improve the image quality. However, when introducing new software, it is needed to match the characteristics of the hospital protocol and clinical application. (**Korean J Nucl Med Technol 2011;15(2):30-35**)

Key Words : Xact-Bone, FBP, OSEM, Resolution, Contrast ratio

서 론

감마카메라의 시스템 해상도는 검출기에 의한 고유 분해능과 조준기(collimator)와 방출 선원과의 거리에 의해 결정되는 선 확산 함수(line spread function :LSF), 감마카메라의

기계적 안정성과 인체에서의 감약, 광자 산란 등에 의해 결정된다. 현재 주로 이용되고 있는 재구성 알고리즘으로는 역과 후 역 투사 방법(Filtered back projection :FBP)과 배열된 부분집합 기대 값 최대화 방법(Ordered subset expectation maximization :OSEM)알고리즘이 있다. 최근 핵의학 분야에서는 영상 획득 시간을 줄이면서도 영상의 질을 동등하게 하거나 획득시간을 동일하게 하면서 영상을 질을 월등히 향상시키는 다양한 하드웨어 및 소프트웨어의 개발이 활발히 진행되고 있다. 이런 목적으로 개발된 소프트웨어로 Ultra SPECT사의 Wide beam reconstruction (WBR: UltraSPECT,

• Received: June 27, 2011. Accepted: July 5, 2011.
• Corresponding author: **Jong Pil Kim**
Department of Nuclear Medicine, SMG-SNU Boramae Medical Center,
39 Boramae-gil, Dongjak-gu Seoul, 156-707, Korea
Tel: +82-2-870-2596, Fax: +82-2-870-2587
E-mail: rlawhdf1004@hanmail.net

Israel)은 조준기에 의한 선 확산 함수의 영향을 제거하고 잡음을 억제시켜 영상 해상도를 향상시켜주고 영상획득시간도 짧게 할 수도 있어 영상의 질 향상에 크게 기여한다고 소개되어 있다. 이 WBR기법에는 half time 이나 half dose 를 적용하는 Xpress cardiac, quarter time을 적용하는 Xpress3 cardiac, half time을 적용하는 Xpress bone, 그리고 동일한 시간으로 영상을 획득하지만 분해능은 2배 이상 향상시켜주는 Xact-bone 기법이 있고, 이 기법 중 Xact-bone 기법이 현재 본원에 도입됨에 따라 소프트웨어를 무분별 하게 사용하기 보다는 여러 가지 팬텀 실험등을 통해 기존에 사용하던 FBP, OSEM 기법 보다 분해능이나 Contrast 가 얼마만큼 향상이 되고, 또한 임상적으로는 얼마만큼의 유용성이 있는지에 대해 알아보기 위해 본 연구를 시행하게 되었다.

실험 재료 및 방법

1. 실험 기기 및 재료

- GE (Infinia Hawkey4 SPECT/CT Gamma Camera)



Fig. 1. Capillary tube

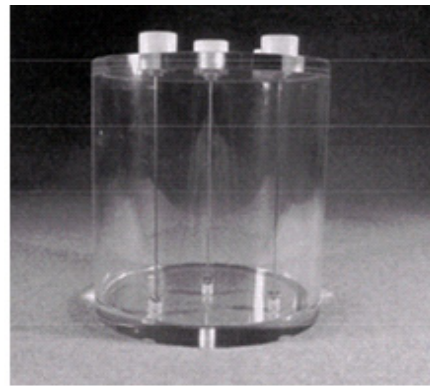


Fig. 2. Triple line source phantom



Fig. 3. Jaszczak Phantom



Fig. 4. IEC body phantom

- Xeleris 2.1 Workstation Computer System
- Capillary tube
- Triple line source phantom
- Jaszczak Phantom
- IEC body phantom

2. 실험방법

1) Planar 영상에서의 유용성 평가

① Capillary tube를 100 uCi 의 1 L 물통 속에 고정 시킨 후 50 uCi를 capillary tube에 주입하여 정적 영상을 촬영하였다. 250 kcounts 를 획득한 후 X, Y축의 profile을 이용하여 Full width at half maximum (FWHM) 을 통해 분해능을 비교 하였다.

② 2010년 1월부터 10월까지 본원을 내원하여 전신 뼈 스캔을 시행 받은 환자 50명을 대상으로 ^{99m}Tc-HDP 1110 MBq (30 mci) 투여하고 3-4시간 후 15cm/min 검사 속도로 2000 kcounts 영상을 획득하였다. 그리고 Xact-Bone의 사용 전 후 영상에서 Bone and Soft tissue (B/S) ratio 값을 비교

평가하였다.

2) SPECT 영상에서의 유용성 평가

① Triple line source phantom을 이용하여 BKG (background)에 200 uCi를 주입하고 Line에는 50 uCi를 주입하였다. 하나의 투사영상당 3도 간격으로 30초 동안 얻어졌고 총 프레임 수는 120프레임을 획득하였다. 획득한 영상에 대하여 FBP, OSEM, Xact-Bone 기법을 적용하여 영상을 재구성하였다.

② Jaszczak Phantom 을 이용하여 BKG에 0.5 uCi/cc 의 비율로 6 L를 채웠다. 역시 하나의 투사영상당 3도 간격으로 30초 동안 얻어졌고 총 프레임 수는 120프레임을 획득하였다. 획득한 영상에 대하여 FBP, OSEM, Xact-Bone 기법을 적용하여 영상을 재구성하였다.

③ IEC body phantom 을 이용한 실험에서는 BKG에 0.3 uCi/cc, Sphere에는 2.4 uCi/cc로 1:8의 비율로 9.7 L를 채웠다. 마찬가지로 하나의 투사영상당 3도 간격으로 30초 동안 얻어졌고 총 프레임 수는 120프레임을 획득하였다. 획득한 영상에 대하여 FBP, OSEM, Xact-Bone 기법을 적용하여 영상을 재구성하였다.

결 과

1. Planar 영상에서의 유용성 평가

- Capillary tube를 이용한 분해능 평가 결과 FBP기법을 적용하였을때 보다 Xact-Bone 기법을 적용하였을때 분해능

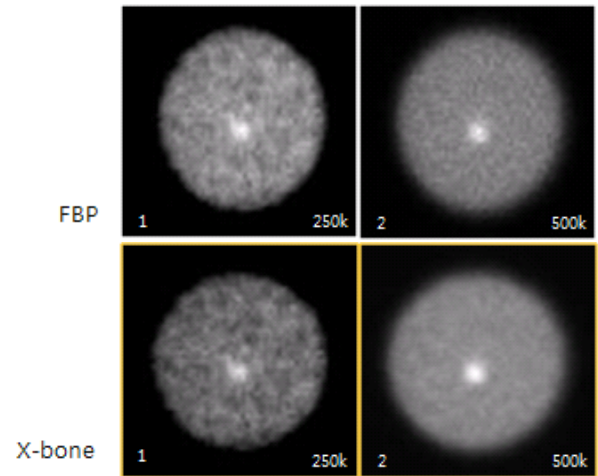


Fig. 5. FBP and Xact-Bone Image of Capillary tube

Table 1. Reconstruction Parameter

	FBP	OSEM	Xact-Bone
Filter	Butterworth	Butterworth	-
Matrix size	128 × 128	128 × 128	128 × 128
Cutoff/Power	0.5/10	0.5/10	-
Iteration	-	2	-
Subset	-	10	-

Table 2. B/S ratio (B: Bone scan, X: Xact-bone)

B	X	Ratio	B	X	Ratio	B	X	Ratio
2.55	2.9	13.73	2.64	2.88	9.09	2.54	2.88	13.39
2.45	2.7	10.20	2.11	2.64	25.12	2.52	2.64	4.76
2.65	3.02	13.96	2.31	2.75	19.05	2.45	2.87	17.14
3.21	3.44	7.17	26.1	3.02	15.71	2.64	2.84	7.58
3.35	3.64	8.66	2.87	2.99	3.02	2.35	2.74	16.60
2.64	2.93	10.98	2.25	2.47	2.87	2.74	3.02	10.22
2.85	2.99	4.91	2.85	3.51	23.16	2.66	3.12	17.29
2.65	3.02	13.96	2.31	2.84	22.94	2.2	2.84	29.09
2.88	3.11	7.99	2.34	2.64	12.82	2.65	2.94	10.94
2.45	2.85	16.33	2.54	3.05	20.08	3.01	3.44	14029
2.15	2.65	23.26	2.41	2.75	14.11	2.47	2.84	14.98
2.46	3.02	22.76	3.01	3.45	14.62	2.33	2.78	16.23
2.57	3.11	21.01	2.55	2.81	10.20	2.28	2.65	16.23
2.31	2.87	24.24	2.36	2.61	10.59	2.53	2.84	12.25
2.84	3.25	14.44	2.77	3.21	15.88	2.34	2.6	11.11
2.64	2.93	10.98	2.25	2.47	2.87	2.74	3.02	10.22
2.4	2.84	18.33	2.64	3.05	15.53			

이 약 20% 향상되었다(Fig. 5).

- 전신 뼈 스캔을 시행받은 50명 환자의 뼈 대비 연부조직 섭취비 비교결과, Xact-Bone 기법을 적용한 영상이 Standard 영상보다 B/S Ratio가 약 15% 향상되었다(Table 2).

2. SPECT 영상에서의 유용성 평가

- Triple line source phantom 을 이용한 분해능 평가 결과

Xact-Bone 기법을 적용하였을때, FBP 기법보다는 약20%, OSEM 기법보다는 10%의 분해능이 향상되었다(Fig. 6).

- Jaszczak Phantom을 이용한 대조도 실험결과는 Xact-Bone 기법을 적용하였을때, FBP 기법보다는 약90%, OSEM 기법보다는 50%의 대조도가 향상되었다(Fig. 7).

- IEC body phantom 을 이용한 대조도 실험결과에서는 Xact-Bone 기법을 적용하였을때, FBP 기법보다는 약20%, OSEM 기법보다는 10%의 대조도가 향상되었다(Fig. 8).

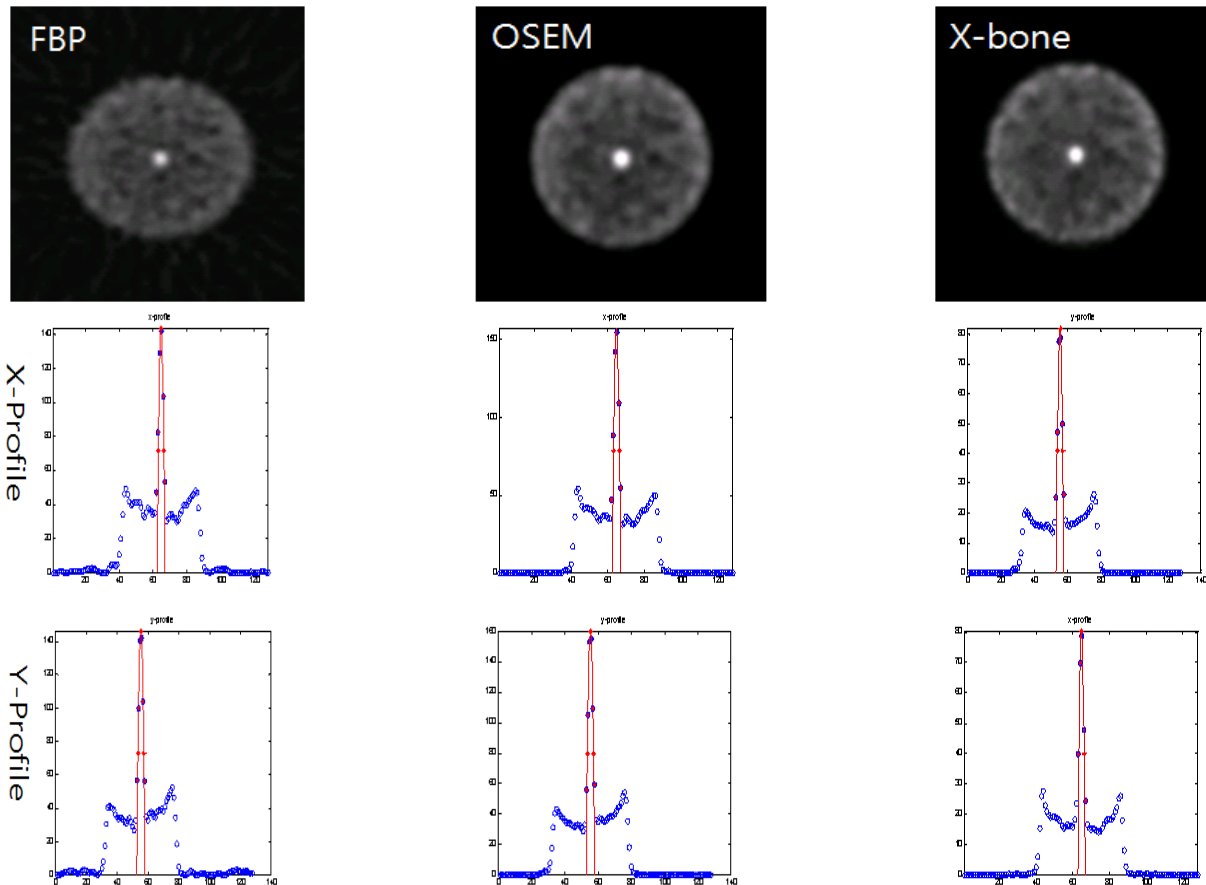


Fig. 6. X,Y-profile gaussian curve of FBP ,OSEM and Xact-Bone

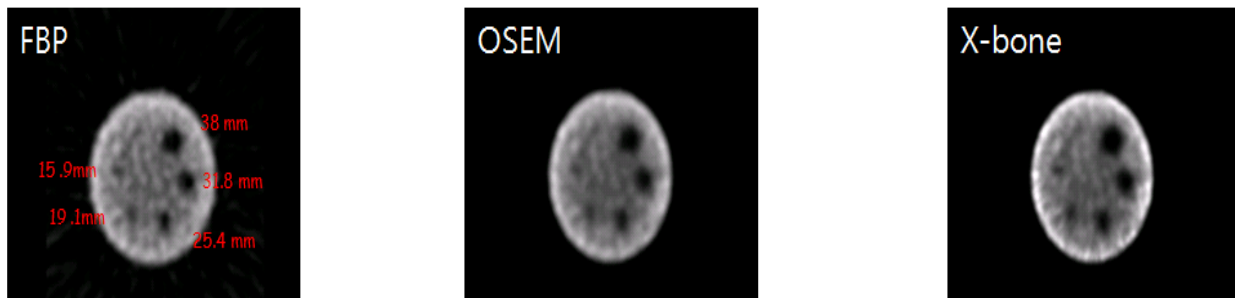


Fig. 7. FBP, OSEM and Xact-Bone Image of Jaszczak Phantom

결론 및 고찰

본 연구는 Wide beam reconstruction (WBR: UltraSPECT, Israel) 기법중 하나인 Xact-bone이 본원에 도입됨에 따라 소프트웨어를 무분별 하게 사용하기 보다는 여러 가지 팬텀 실험을 통해 기존에 사용하던 FBP, OSEM 기법 보다 분해능이나 Contrast 가 얼마만큼 향상이 되고, 또한 임상적으로는 얼마만큼의 유용성이 있는지에 대해 알아보기 위해 논문을 발표하게 되었다.

지금까지의 여러 실험결과를 통해 Xact-bone 기법을 적용하였을 때 UltraSPECT사에서 소개되어진 2배의 분해능 향상까지는 확인 할수 없었지만 기존에 사용하던 FBP, OSEM 기법보다 분해능, Contrast 가 확실히 향상됨을 알 수 있었다.

하지만, Xact- bone 기법을 시행하기 위해서는 획득한 data를 Xact-bone 하드웨어 플랫폼으로 전송하고 이 데이터를 다시 사용자 Xeleris 워크스테이션으로 전송받아야 하기 때문에 그만큼의 지연 시간이 발생한다는 단점이 있었다. 또한 병원마다 검사 시 적용하는 parameter 값이 틀리므로 이에 따른 결과 값도 변할 것으로 예상되기에 각 병원의 실정에 맞는 프로토콜의 적용이 필요할 것으로 사료된다.

요 약

현재 분해능 향상을 위한 프로그램인 Wide beam reconstruction (WBR: UltraSPECT, Israel) 을 사용하고 있다. WBR에 속해있는 Xact-Bone은 Planar영상과 Single photon emission computed tomography (SPECT) 영상의 분해능과 대조도를 향상시켜 상당한 영상의 질 향상에 도움을 준다고 보고 되어있다. 본 연구는 Xact-Bone의 임상적용에 대한 유용성을 알아보려고 한다. Xact-Bone에서의 유용성 평가는 분해능 평가와 Contrast Ratio를 비교분석하였다. Planar영상에서의 분해능 평가는 capillary tube를 이용하여 Full width at half maximum (FWHM)을 구하였고, Contrast Ratio분석은 2010년1월부터 2010년 10월까지 bone scan 검사를 위해 본원에 내원한 50명의 환자 Xact-Bone의 사용 전 후 영상에서 Bone and Soft tissue (B/S) ratio 값을 비교 평가하였다. SPECT영상에서의 분해능 평가는 Triple Line Source Phantom 을 이용하여 FWHM을 구하였고, Contrast Ratio 비교 분석은 NEMA IEC Body Phantom과 Standard Jaszczak Phantom을 이용하여 획득한 영상을 각각 Filterd backprojection (FBP), Orderd subset expectation maximization (OSEM), Xact-Bone 으로 재구성하여 비교하였다. Planar영상에서의 유용성 평가

Table 3. Percent contrast for each cold sphere of Jaszczak Phantom

	FBP	OSEM	Xact-Bone
38mm	35.35	47.83	52.66
31.8mm	22.01	26.51	39.04
25.4mm	15.45	19.78	35.39
19.1mm	10.57	12.26	26.48
15.9mm	8.87	11.64	21.32

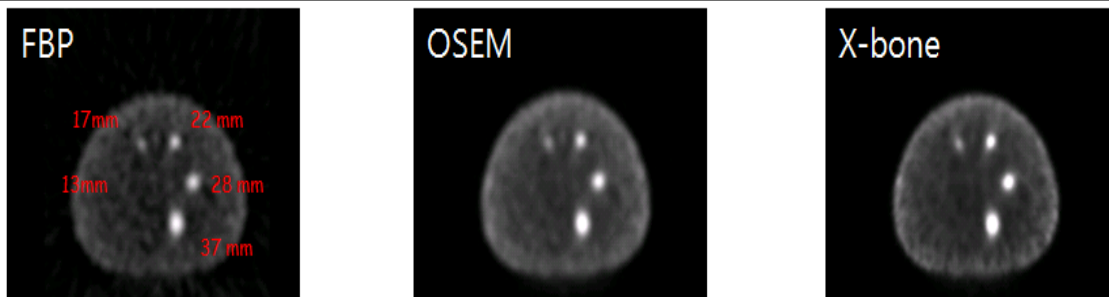


Fig. 8. FBP, OSEM and Xact-Bone Image of IEC body phantom

Table 4. Percent contrast for each hot sphere of IEC body phantom

	FBP	OSEM	Xact-Bone
37mm	17.5	18.4	23.45
28mm	9.49	10.48	12.00
22mm	3.85	4.47	4.42
17mm	2.33	2.53	1.32
13mm	0.57	1.78	0.11

는 capillary tube를 이용한 실험결과, FWHM은 기존의 Planar영상보다 WBR의 Xact-Bone 프로그램을 이용한 재구성 영상에서 약 20% 향상되었으며, B/S ratio값도 약 15% 향상되었다. SPECT영상의 유용성 평가는 Triple line Source Phantom을 이용한 실험결과, FWHM은 Xact-Bone이 FBP, OSEM 기법보다 각각 20%, 10% 향상되었다. 또한 NEMA IEC body Phantom을 이용한 Contrast Ratio 비교분석결과 각각 20%, 10% 향상되었고, Standard Jaszczak Phantom을 이용한 Contrast Ratio 비교분석 결과는 각각 90%, 50% 향상되었다. WBR의 Xact-bone 프로그램을 이용한 Planar 영상에서는 사용하지 않은 경우와 비교하였을 경우 상당한 영상의 분해능과 Contrast Ratio가 향상됨을 알 수 있었고, SPECT영상에서 기존의 FBP, OSEM 영상재구성 방법보다 분해능, Contrast Ratio가 향상됨을 알 수 있었다. 이에 WBR의 Xact-Bone을 이용함으로써 영상의 질적 향상이 기대되는 바이다. 하지만, 새로운 소프트웨어 도입시 병원의 특성에 맞

는 protocol 과 임상적용이 필요하다고 사료된다.

REFERENCES

1. 고창순 외. 제3판 핵의학. 고려의학. 2008
2. M. P. Sandler, J. A. Patton, S. Ben-Haim, R. E. Coleman, S. J. Goldsmith, E. Vidan, S. C. Shwartz, Wide Beam Reconstruction Method for Half SPECT Scan Time: a Multi-Center Clinical Evaluation. *EANM* 2005.
3. O. Zoccarato¹, R. Campini, C. Marcassa, P. Calza. ¹S. Maugeri Fnd. Sc. Inst. Veruno, Veruno, Italy. A comparison between filtered back projection SPECT reconstruction and a new iterative reconstruction algorithm: a phantom study. *EANM* 2007.
4. UltraSPECT R&D Team, Haifa, Israel. Wide beam reconstruction: Technology and applications (White paper). 2009 www.ultraspect.com
5. Depuy G, Bommireddipalli S, et al. Quarter-time myocardial perfusion SPECT wide beam reconstruction. *J NUCL Cardiol* 2008.