

## 영상 재구성 방법에 따른 Bone SPECT 영상의 질과 검사시간에 대한 실효성 비교

서울아산병원 핵의학과

김우현 · 정우영 · 이주영 · 류재광

### Comparison of Effectiveness about Image Quality and Scan Time According to Reconstruction Method in Bone SPECT

Woo Hyun Kim, Woo Young Jung, Ju Young Lee, Jae Kwang Ryu

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

**Purpose:** Nowadays in the nuclear medicine, many studies and efforts are being made to reduce the scan time, as well as the waiting time to be needed to execute exams after injection of radionuclide medicines. Several methods are being used in clinic, such as developing new radionuclide compounds that enable to be absorbed into target organs more quickly and reducing acquisition scan time by increase the number of Gamma Camera detectors to examine. Each medical equipment manufacturer has improved the imaging process techniques to reduce scan time. In this paper, we tried to analyze the difference of image quality between FBP, 3D OSEM reconstruction methods that commercialized and being clinically applied, and Astonish reconstruction method (A kind of Iterative fast reconstruction method of Philips), also difference of image quality on scan time.

**Material and Methods:** We investigated in 32 patients that examined the Bone SPECT from June to July 2008 at department of nuclear medicine, ASAN Medical Center in Seoul. 40sec/frame and 20sec/frame images were acquired that using Philips' PRECEDENCE 16 Gamma Camera and then reconstructed those images by using the Astonish (Philips' Reconstruction Method), 3D OSEM and FBP methods. The blinded test was performed to the clinical interpreting physicians with all images analyzed by each reconstruction method for qualitative analysis. And we analyzed target to non target ratio by draws lesions as the center of disease for quantitative analysis. At this time, each image was analyzed with same location and size of ROI. **Results:** In a qualitative analysis, there was no significant difference by acquisition time changes in image quality. In a quantitative analysis, the images reconstructed Astonish method showed good quality due to better sharpness and distinguish sharply between lesions and peripheral lesions. After measuring each mean value and standard deviation value of target to non target ratio with 40 sec/frame and 20sec/frame images, those values are Astonish (40 sec-13.91±5.62 : 20 sec-13.88±5.92), 3D OSEM (40 sec-10.60±3.55 : 20 sec-10.55±3.64), FBP (40 sec-8.30±4.44 : 20 sec-8.19±4.20). We analyzed target to non target ratio from 20 sec and 40 sec images. And we analyzed the result, In Astonish ( $t=0.16, p=0.872$ ), 3D OSEM ( $t=0.51, p=0.610$ ), FBP ( $t=0.73, p=0.469$ ) methods, there was no significant difference statistically by acquisition time change in image quality. But FBP indicates no statistical differences while some images indicate difference between 40 sec/frame and 20 sec/frame images by various factors. **Conclusions:** In the circumstance, try to find a solution to reduce nuclear medicine scan time, the development of nuclear medicine equipment hardware has decreased while software has marched forward at a relentless. Due to development of computer hardware, the image reconstruction time was reduced and the expanded capacity to restore enables iterative methods that couldn't be performed before due to technical limits. As imaging process technique developed, it reduced scan time and we could observe that image quality keep similar level. While keeping exam quality and reducing scan time can induce the reduction of patient's pain and

- Received: October 21, 2009. Accepted: November 15, 2009.
- Corresponding author: **Woo Young Jung**  
Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center 388-1  
Pungnap 2-dong, Songpa-gu, Seoul, 138-736, Korea  
Tel: +82-2-3010-4604, Fax: +82-2-3010-4588  
E-mail: wyjung@amc.seoul.kr

## 서 론

최근 핵의학 분야에서는 단층 촬영 장비의 발전과 프로그램의 개발로 병소에 대한 보다 정확한 위치를 찾아낼 수

sensory waiting time, also accessibility of nuclear medicine exam will be improved and it provide better service to patients and clinical physician who order exams. Consequently, those things make the image of department of nuclear medicine be improved. \* Concurrent Imaging - A new function that setting up each image acquisition parameter and enables to acquire images simultaneously with various parameters to once examine. (Korean J Nucl Med Technol 2009;13(1):9-14)

**Key Words** : Reconstruction method, Astonish, 3D OSEM, FBP

있어 과거 평면 영상에서 확인할 수 없었던 진단적 정보까지 제공 할 수 있게 되어 임상적 진단에 활용도가 높아졌다. 그러나 핵의학 검사를 시행하기 위해서는 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 타 검사에 비해 검사를 시행하기 위한 대기 시간이 길고 검사시간 또한 길어 검사를 받는 사람으로 하여금 불편함이 있었다. 이를 줄이고자 방사성의약품 투여 후 검사를 시행하기까지의 대기시간 및 검사시간 단축을 위한 연구와 노력이 진행 되고 있다. 그 일환으로, 체내 집적액 빠른 표지화합물을 개발하여 대기시간을 줄이고 감마카메라의 검출기 수를 늘려 영상 획득시간을 줄임으로써 검사시간을 단축하는 등의 방법을 임상에서 사용하고 있다. 그러나 현재 삼중헤드 감마카메라는 그 수가 점점 줄어들고 있어 단층 촬영 시 검사시간 단축을 위한 역할이 줄어들고 있는 상황이다. 이에 각 장비 제조회사들은 영상 처리 기법을 개선하여 검사시간을 단축시키면서 영상의 질은 유지할 수 있는 여러 가지 방법을 개발하였다.

최근 발표된 문헌에는 단층 촬영을 시행할 때 영상 획득시간을 줄여서 검사하더라도 영상 재구성 방법의 개선에 의해 영상의 질에는 영향을 주지 않는다는 내용이 보고되고 있다. 단층 촬영 영상을 재구성함에 있어 보편적으로 사용하고 있는 분석법보다 반복법을 사용함으로써 이러한 단점을 보완하였다.

이 중 Astonish (Philips 사의 새로운 영상 재구성 방법(반복법), 3D OSEM (3-dimensional Ordered-Subsets Expectation Maximization), FBP (Filtered Back Projection, 여과 후 역투영법)을 이용해 Phantom과 환자를 대상으로 획득한 영상을 재구성하여 영상 획득시간에 따른 영상의 질이 차이가 있는지 비교하였다. 또한 동일한 영상 획득시간으로 얻은 영상을 각각의 재구성 방법으로 분석하여 임상적 실효성에 관한 연구를 하였다.

2008년 6월부터 7월까지 서울아산병원 핵의학과에서 Bone SPECT를 시행한 환자 32명(남:여=13:19, 평균 나이: 34.9±12.4)을 대상으로 하였다.

## 2. 사용 기기

- 1) PRECEDENCE 16 감마 카메라(Philips)
- 2) 저에너지 고분해능 콜리메이터(Low Energy High Resolution, LEHR)
- 3) 영상 재구성 방법: Astonish, 3D OSEM, FBP
- 4) Jetstream Workspace - Ver. 3.0 (Software-Multiviewer)
- 5) IEC (International Electrotechnical Commission) phantom

## 3. 방법

40초/Frame와 20초/Frame로 동시에 획득한 자료\*를 Astonish, 3D OSEM, FBP의 방법으로 영상을 재구성하였다. 정성적 분석으로 각각의 재구성 방법에 따라 분석된 영상을 임상 판독의에게 blind test를 시행하여 영상 획득시간이 다른 두 영상 간에 영상의 질이 차이가 있는지 확인하고, 동일한 시간으로 획득한 영상을 비교하였을 때 영상의 질이 가장 좋은 재구성 방법은 무엇인지 확인하였다. 또한 정량적 분석을 위해 병변을 중심으로 표적 대 비표적의 비율을 측정하여 비교하였다. 이때 각각의 영상은 동일한 위치에 같은 크기로 관심영역을 설정하여 분석하였다.

\* Concurrent Imaging : 각각의 영상 획득 인자를 서로 달리 설정하여 한 번의 검사로 다양한 조건의 영상을 동시에 획득할 수 있는 기능(예, 화소수 : 256×256과 128×128, 검사 시간: 40초/Frame와 20초/Frame 영상 등을 동시에 획득할 수 있음)

## 실험재료 및 방법

### 1. 대상

## 결 과

### 1. IEC phantom으로 획득한 영상의 비교 분석

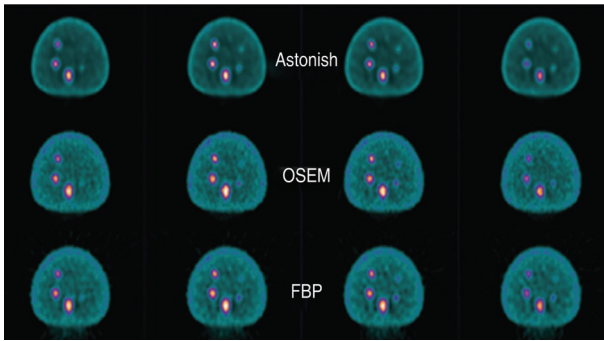


Fig. 1. IEC phantom reconstructions - with Astonish (top), OSEM (middle), FBP (bottom).

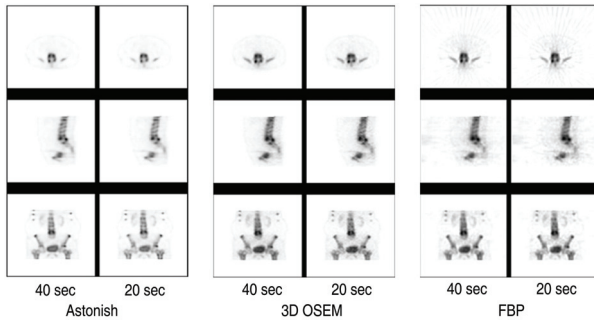


Fig. 2. Comparison of 40 sec and 20 sec image by each methods (Astonish, 3D OSEM, FBP).

IEC phantom으로 획득한 영상을 각각의 방법으로 재구성하여 비교한 결과, Astonish에 의해 재구성 된 영상이 다른 방법에 의해 재구성한 영상보다 해상력이 우수한 것을 확인하였고(Fig. 1), 표적 대 비표적 비율 값을 비교한 결과 역시 Astonish에 의해 재구성 된 영상이 가장 높았다(Table 1).

## 2. 재구성 방법에 따른 40초 영상과 20초 영상의 정성적 비교

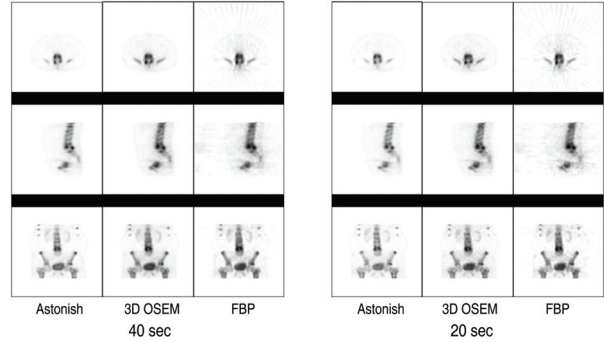


Fig. 3. Comparison of each methods (Astonish, 3D OSEM, FBP) by 40 sec and 20 sec image.

### 1) 영상 획득시간에 따른 영상의 비교

임상 관독의에게 blind test를 시행한 결과, 각각의 재구성 방법에 의해 분석한 40초 영상과 20초 영상 간의 질적인 차이가 거의 없는 것을 확인하였다(Fig. 2).

### 2) 영상 재구성 방법에 따른 영상 비교

영상 획득시간이 동일한 영상을 비교하였을 때 Astonish로 재구성한 영상이 선예도가 우수하여 병소 부위와 주변 부위간 구별이 가장 좋은 것으로 확인되었다(Fig. 3).

## 3. 40초와 20초 영상에서의 영상 재구성 방법에 따른 표적 대 비표적 비율의 분석

### 1) 영상 획득시간에 따른 영상의 분석

40초와 20초의 영상으로 영상 재구성 방법을 다르게 하여 각각의 표적 대 비표적 비율에 대해 분석한 결과(Table 2, Fig. 4), Astonish는 평균과 표준편차가 40초 영상에서  $13.91 \pm 5.62$ , 20초 영상에서  $13.88 \pm 5.92$ 로 통계적으로 유의한 차이가 없었

Table 1. Comparison of target to non target ratio for the five visible spheres in an IEC phantom, using three different reconstruction methods

Method	L1	L2	L3	L4	L5
Astonish	26	51	33	22	12
3D OSEM	17	27	22	12	8
FBP	14	28	28	10	8

Table 2. Comparison of 40 sec and 20 sec image by each methods (Astonish, 3D OSEM, FBP)

Recon. Method	N	Acq. time	Mean	SD	t	p
Astonish	32	40 sec	13.91	5.62	0.16	0.872
		20 sec	13.88	5.92		
3D OSEM	32	40 sec	10.60	3.55	0.51	0.610
		20 sec	10.55	3.64		
FBP	32	40 sec	8.30	4.43	0.73	0.469
		20 sec	8.19	4.19		

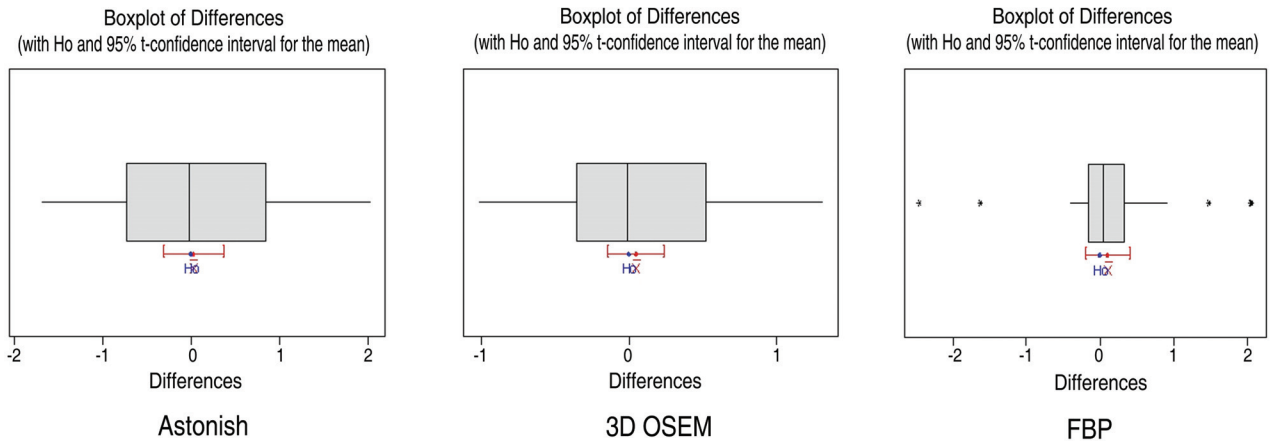


Fig. 4. Comparison of 40 sec and 20 sec image by each methods (Astonish, 3D OSEM, FBP).

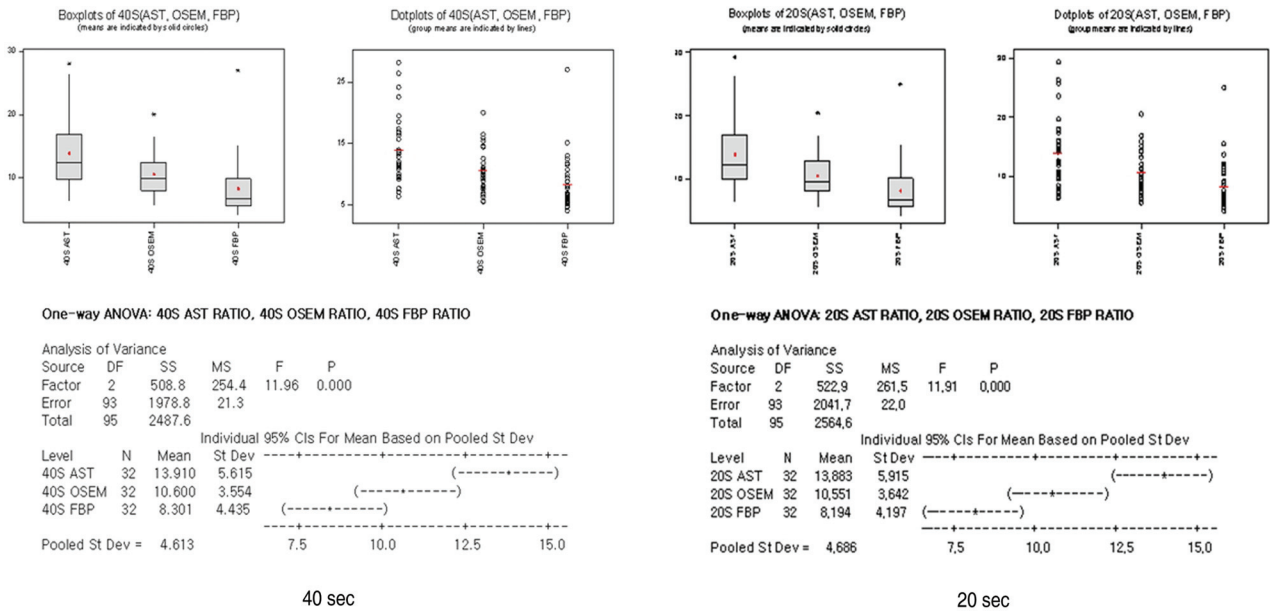


Fig. 5. Comparison of each methods (Astonish, 3D OSEM, FBP) by 40 sec and 20 sec image.

으며( $t=0.16$ ,  $p=0.87$ ), 3D OSEM은 평균과 표준편차가 40초 영상에서  $10.60\pm 3.55$ , 20초 영상에서  $10.55\pm 3.64$ 로 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $t=0.51$ ,  $p=0.61$ ). 또한, FBP는 평균과 표준편차가 40초 영상에서  $8.30\pm 4.44$ , 20초 영상에서  $8.19\pm 4.20$ 로 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $t=0.73$ ,  $p=0.469$ ). 40초와 20초 영상의 표적 대 비표적 비율의 차이를 분석한 결과, 세 가지 방법 모두에서 영상 획득시간에 따른 영상의 질은 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 2). 하지만 FBP는 통계적 차이는 없었으나 여러 요인에 의해 일부 영상에서 극단치가 나타나는 등 40초와 20초 영상에서 차이가 있는 것으로 분석되었다(Fig. 4).

2) 영상 재구성 방법에 따른 영상 분석  
40초로 획득한 영상을 각각의 방법으로 재구성하여 분석한 결과(Fig. 5), 통계적으로 유의한 차이가 있었고( $F=11.96$ ,  $p=0.000$ ), 20초로 획득한 영상을 40초 영상과 동일하게 분석한 결과 역시 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $F=11.91$ ,  $p=0.000$ ).

## 고 찰

핵의학 검사에서 단층 촬영의 비중은 점차 증가되고 있으며 좀더 정확한 진단적 정보를 얻기 위해 해상력이 좋은 영상이 요구된다. 해상력이 좋은 영상을 얻기 위해 영상 획득시간

을 늘리는 방법을 많이 사용하였으나 전체 검사시간이 길어진다는 단점이 있었다. 이와 같은 단점을 보완하기 위해 단층 촬영 장비들은 영상 재구성 방법을 개선하여 영상 획득시간을 줄여서 검사하더라도 영상의 질은 저하되지 않고 우수한 영상을 유지할 수 있도록 개발되고 있다. 발표된 문헌에 따르면 심근 단층 촬영에 있어 분석법에 의한 영상보다 반복법에 의한 영상으로 진단을 하였을 때 비정상 부분을 찾아내는데 있어 약 5% 정도 우수한 것으로 보고되었다.<sup>2)</sup> 본 연구에서도 분석법과 반복법에 의한 영상 재구성 방법으로 Phantom과 실제 환자를 비교한 결과, 반복법에 의해 재구성된 영상의 질이 더 우수한 것을 확인하였다. 40초와 20초로 검사하여 획득한 영상을 비교한 결과, 영상 획득 시간에 따른 영상의 질은 차이가 크지 않았지만 재구성 방법에 따른 영상의 질은 차이가 있음을 확인하였다. 10개의 의료기관에서 Bone SPECT 검사에 사용 중인 영상 재구성 방법 및 검사 소요시간 등을 조사한 결과(Table 3), 대부분의 의료기관에서 영상 재구성 방법으로 FBP를 주로 사용하고 있었다. 의료기관마다 단층 촬영의 영상 재구성 방법이 다르므로 보다 향상된 영상 획득을 위한 표준화된 지침을 설정하는데 반복법에 의한 재구성 방법이 도움이 될 것으로 판단된다.

## 결 론

핵의학 검사의 시간 단축을 위해 다양한 방법이 모색되고 있는 상황에서 장비의 하드웨어적인 측면에서의 개발은 줄어드는 반면 소프트웨어 측면에서 많은 발전이 되고 있다. 특히, 단층 촬영을 시행하는 검사에서는 영상 재구성 방법을 개선하여 영상의 질적인 면은 향상시키고 검사 소요시간은 감소시키는 방법이 대두되고 있다. 현재까지 보편적으로 사용하고 있는 영상 재구성 방법 중 FBP 방식은 영상의 질은 다소 저하

되나 영상을 재구성하기 위한 시간이 짧은 장점이 있었다. 하지만 영상 재구성 시간이 길다는 이유로 사용되지 않았던 반복법에 의한 영상 재구성 방법이 컴퓨터의 발전으로 임상적 적용이 가능해짐으로써 영상 재구성 방법에 대한 선택의 폭이 넓어졌다. 검사의 질을 유지하면서 검사시간을 단축하는 것은 거동이 불편한 환자의 고통 감소와 체감 대기시간을 단축할 수 있고, 또한 핵의학 검사에 대한 환자들의 접근성이 용이해져 환자와 검사를 의뢰하는 임상 의에게 보다 나은 서비스를 제공하여 핵의학과에 대한 이미지 또한 쇄신할 수 있을 것으로 판단된다.

## 요 약

최근 영상 처리 기법의 발전으로 영상의 질은 저하시키지 않고 검사 소요시간을 단축시키는 방법들이 개발되고 있다. 특히 단층 촬영의 경우 영상 재구성 방법을 개선하여 영상의 질이 우수한 영상을 획득할 수 있게 되었다. Philips사의 PRECEDENCE 16 감마카메라를 이용해 보편적으로 시행하고 있는 분석법에 의한 FBP 방법과 반복법에 의한 Astonish, 3D OSEM 방법을 이용해 각각 영상을 재구성하여 정성적인 분석과 정량적인 분석을 통해 영상 획득시간을 다르게 한 영상 간의 비교와, 동일한 시간으로 획득한 영상을 비교하여 영상의 질이 우수한 재구성 방법에 대해 연구 하였다. 정성적인 분석을 위해 blind test를 한 결과, 영상 획득시간에 따른 영상의 질은 거의 차이가 없는 것을 확인할 수 있었다. 또한 정량적인 분석을 통해서도 영상 획득시간에 따른 영상의 질은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 하지만 영상 획득시간이 동일한 영상을 재구성 방법에 따라 분석한 결과는 통계적으로 유의한 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 영상의 질은 반복법을 이용하는 Astonish에 의해 재구성된 영상이 해상력이 좋

**Table 3.** Use condition of Reconstruction Method at nationwide medical center

Name	Recon. Method	Acq. Parameter	No. Detector	Scan time
A	FBP	20 sec/frame, 60 frame, 3°	2	20 min
B	FBP	25 sec/frame, 60 frame, 3°	2	25 min
C	FBP	40 sec/frame, 40 frame, 3°	3	27 min
D	FBP	30 sec/frame, 45 frame, 4°	2	23 min
E	FBP	30 sec/frame, 45 frame, 4°	2	23 min
F	3D OSEM	30 sec/frame, 45 frame, 4°	2	23 min
G	Flash 3D	35 sec/frame, 32 frame, 5.6°	2	19 min
H	FBP	30 sec/frame, 64 frame, 2.8°	2	32 min
I	Flash 3D	20 sec/frame, 45 frame, 4°	2	15 min
J	FBP	30 sec/frame, 30 frame, 4°	3	15 min

고 임상적으로 진단적 정보를 제공하는데 우수한 영상으로 판단된다. 영상을 재구성하기 위한 소요시간이 길고 저장 공간의 부족 등으로 현재까지 많이 사용되지 않던 반복법에 의한 재구성 방법이 영상의 질은 향상시키고 검사시간은 단축할 수 있는 방법이 될 수 있음을 확인하였다.

## REFERENCES

1. Jinghan Ye, Xiyun Song, Mary K. Durbin, Margaret Zhao, Ling Shao, Jody Garrard, and F. David Rollo, "SPECT Image Quality Improvement with Astonish Software", Philips Medical Systems, Nuclear Medicine Business Line, Milpitas, CA.
2. Hudson HM and Larkin RS 1994 Accelerated image reconstruction using ordered subsets of projection data IEEE Trans. Med. Imag. 13: 601-609.
3. Lange K and Carson R. 1984 EM reconstruction algorithm for emission and transmission tomography J. Comput. Assist. Tomogr 8: 306-316.
4. Seyed Rasoul Zakavi, Amin Zonoozi, "Image Reconstruction Using Filtered Backprojection and Iterative Method: Effect on Motion Artifacts in Myocardial Perfusion SPECT", J Nucl Med 2006; 222-223.