

Original Article

PET 검사에서 Iterative 재구성 방법과 True X 재구성 방법에 따른 영상의 균일성 및 대조도 비교 평가

서울아산병원 핵의학과

최재민 · 남궁창경 · 박승용 · 남기표 · 임기천

Performance Test of the Iterative Method and Newly Developed True X Method

Jae Min Choi, Chang Kyeong Nam kung, Seung yong Park, Ki Pyo Nam, Ki Cheon Lim

Department of Nuclear Medicine Asan Medical Center, Seoul, Korea

Objective: In this study, the differences between two reconstruction methods were analyzed by comparing image uniformity and contrast according to Iteration and Subset, which were altered through the Iterative method and True X method, used in Siemens' PET/CT studies. **Methods:** The Phantom images were obtained by exposure for two minutes per one bed. To determine the image uniformity, the Coefficient of variance was used. Also, in order to compare the contrast value, we measured and analyzed the ratio of the SUV mean of Phantom image's hot spheres and the background. **Results:** Under the same reconstruction conditions (Iteration and Subset) of CV, the Iterative method was higher than the True X method. In the comparison of the SUV mean ratio of the background and hot sphere, the True X method had a closer rate than the Iterative method. **Conclusion:** The newly developed True X reconstruction method is better than the previously used Iterative method in terms of uniformity and contrast. However, the data for this study was only obtained using the Phantom device. In order to obtain more accurate and useful information from the experiment, further research should be conducted. Also, it is necessary to find the appropriate standards for Iteration and Subset for further experimentation. (**Korean J Nucl Med Technol 2009;13(1):20-24**)

Key Words : PET/CT, Iterative reconstruction, Uniformity, Contrast

서 론

¹⁸F-FDG를 이용한 PET/CT 검사는 종양의 조기 진단과, 병기 결정 그리고 다양한 종류의 종양을 감별하는데 중요한 역할을 하고 있다.^{1,2)} PET/CT 장치가 개발된 이후, 빠르고 정확한 진단을 위한 하드웨어의 개발이 꾸준히 이루어졌으며, 영상의 질을 향상시키기 위한 영상 재구성 기법 또한 점차 발전되어 왔다. 현재까지 다양한 재구성 기법을 비교하여 임상적으로 가장 정확한 진단 정보를 제공하는 기법이 무엇인가

에 대한 연구가 꾸준히 이루어지고 있다.³⁻⁵⁾ 본 연구에서는 Siemens Biograph 40 True-point를 이용하여 영상 재구성 방법에 주로 쓰이는 Iterative 재구성 방법과 새로 개발된 영상 재구성 방법인 True X method를 이용하여 균일성과 대조도를 비교 평가하였다. True X 재구성 방법은 본래 점 선원을 이용하여 시스템의 응답률을 평가하는 Point Spread Function (PSF)을 이용하여 세밀한 병변을 나타낼 수 있게 하였다. 고식적인 PET 시스템에서는 검출기의 기하학적 형태를 고려하지 않았고, 이에 따른 LOR의 mis-positioning은 불가피했다. 그 결과 FOV의 중심에서 멀어 질수록 왜곡 되고 흐릿한 영상을 만들어 냈다. True X 재구성 방법은 미리 측정해 놓은 PSF 데이터를 재구성 알고리즘에 적용시켜 영상의 흐림 짐과 왜곡을 줄였다. 본 연구에서는 PSF 데이터를 이용한 True X와 Iterative 재구성 조건에 변화를 주어 모형 영상의

• Received: October 17, 2008, Accepted: November 13, 2008.

• Corresponding author: **Jae Min Choi**

Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, 388-1

Pungnap 2-dong, Songpa-gu, Seoul, 138-736, Korea

Tel: +82-2-3010-5421, Fax: +82-2-3010-4588

E-mail: choijaemin@gmail.com

Table 1. Hardware specification of Siemens Biograph 40 True-point

Crystal: LSO (Lutetium Oxyorthosilicate)	Crystal Size: 4.0×4.0×20 mm
Crystal array: 13×13	Number of Detector blocks: 192
Detector ring diameter: 842 mm	Number of detector rings: 52
Total number of crystals: 32448	Axial FOV: 216 mm
No. of image planes: 109	Plane spacing: 2 mm
Gantry cooling: Air	Patient port: 70 cm

Table 2. CT and PET scan parameters for Phantom image acquisition

CT	120 kVp, 100mAs, Rotation time=0.5 Detector collimation=0.75
PET	PET: Scan Duration=2 min, FWHM=4.0 mm, Image size=168×168, Zoom=1.0

균일성과 대조도를 비교·평가하였다.

실험재료 및 방법

ACR (America College of Radiology)의 PET Phantom Instructions for Evaluation of PET Image Quality를 참고로 하여 모형을 제작하였다.⁶⁾ 모형은 Data Spectrum Corporation사의 Flangeless Esser PET PhantomTM을 사용하였다.

Phantom의 덮개는 직경이 25,16,12,8 mm가 되는 열소 (Hot Sphere)와 공기와 물을 채울 수 있는 25 mm 직경의 실린더로 구성되어 있다. 열소와 배후방사능에 ¹⁸F-FDG를 각각 0.8 mCi, 1.2 mCi씩 투여하여 열소와 배후방사능의 평균섭취 계수비가 4:1이 되도록 모형을 제작하였으며 실제 방사능비는 3.89:1로 제작되었다.⁶⁾ 영상의 획득은 Siemens Biograph 40 True-point를 이용하였다. Biograph 40 True-point의 재원은 다음과 같다.

영상의 CT와 PET의 획득 조건은 다음과 같다.



Fig. 1. Data spectrum corporation flangeless esser PET phantomTM and siemens biograph 40 true-point.

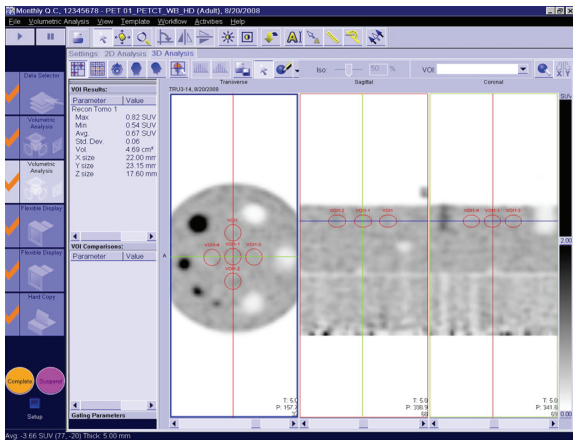


Fig. 2. Coefficient calculation on the background region.

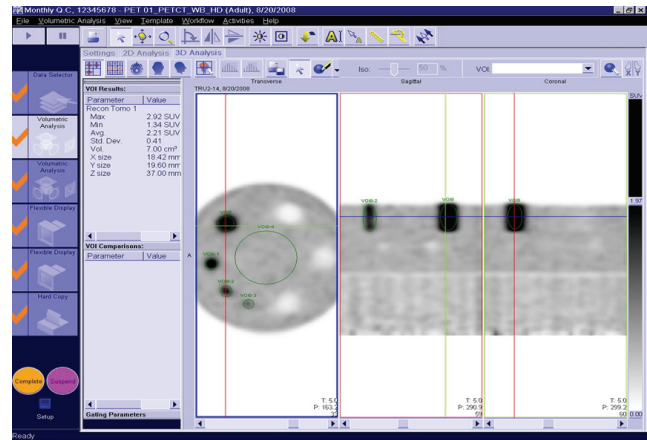


Fig. 3. Comparison of standardized uptake value of hot spheres and background.

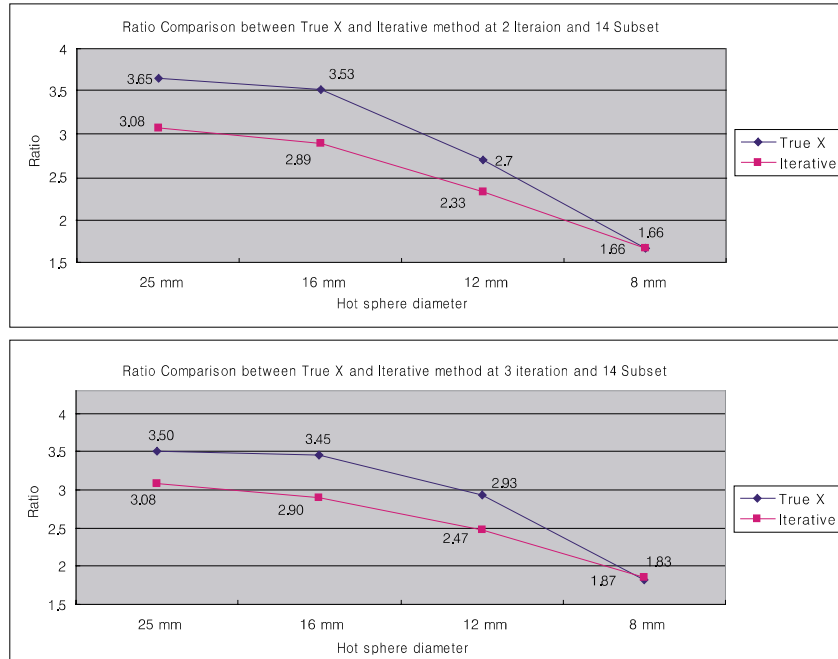


Fig. 4. Ratio comparison between 2 Iteration 14 Subset and 3 Iteration 14 Subset on True X method and Iterative method.

PET 재구성 조건을 Subset은 2,3으로 변경하고 Iteration 14 Subset으로 설정하여 비교·평가하였다.

1. 균일성 측정

영상 재구성 방법의 균일성의 비교 평가를 위해 변이계수 (Coefficient of Variance “CV”)를 이용하였다. 변이계수는 통계학에서 실험의 정밀도를 가늠하는데 사용하는데, 변이

계수는 산포도, 즉 데이터의 퍼짐 정도를 보여준다. 평균이 같은 집단의 경우 표준편차의 차이를 통해 산포도를 비교할 수 있지만, 평균이 다른 집단끼리의 산포도 정도를 비교하고자 할 때에는 변이계수를 사용한다. 본 연구에서 변이 계수를 비교 평가하기 위하여 동일한 모형 단면 영상에 X, Y, Z 축 각각 22.00×23.15×17.60 mm 크기의 관심영역을 설정하였다. Siemens e-soft를 이용하여 관심영역의 표준 편차와 평균섭취 계수를 구하고 변이계수를 계산하여 비교·평가하였다.

Table 3. Standard Deviation, ROI SUV mean, CV and Volume of the SUV on Iterative method and True X method

True X	SD	mean	CV	Iterative	SD	mean	CV
2Itex14Sub	0.05	0.65	7.69	2Itex14Sub	0.08	0.6	13.3
3Itex14Sub	0.06	0.66	9.09	3Itex14Sub	0.12	0.6	20.0

(X,Y,Z=21.97×23.12×17.60)

Table 4. Standardized Uptake Values (SUVs) of Hot spheres and Background on Iterative method

Iterative	25 mm	16 mm	12 mm	8 mm	BKG
2Itex14Sub	2.96	2.78	2.24	1.6	0.962
3Itex14Sub	3.02	2.85	2.42	1.83	0.98

Table 5. Standardized Uptake Values (SUVs) of Hot spheres and Background on True X method

True X	25 mm	16 mm	12 mm	8 mm	BKG
2Itex14Sub	2.92	2.82	2.16	1.33	0.8
3Itex14Sub	2.99	2.95	2.5	1.56	0.854

2. 대조도의 측정

모형 영상의 열소와 배후방사능의 평균 섭취계수를 비교하여 대조도를 비교, 측정하였다. 25,16,12,8 mm의 열소와 배후방사능에 동일한 크기 4.07×4.07×3.00 mm의 관심영역을 설정하고 평균 섭취계수를 비교·평가하였다.

결 과

1. 변이 계수의 측정치 비교

변이 계수는 Iterative 재구성 방법에서 재구성 조건을 2 Iteration, 14 Subset으로 설정하였을 때 13.3% 3 Iteration, 14 Subset에서 20.0%로 나타났다. True X 재구성 방법에서는 2 Iteration, 14 Subset에서 7.69%, 3 Iteration, 14 Subset에서 9.1%로 나타났다. 두 재구성 방법 모두 Iteration 횟수가 증가함에 따라 변이 계수가 증가하는 것으로 나타났다. 변이 계수는 Iterative 재구성 방법이 True X 재구성 방법보다 2 Iteration, 14 Subset에서 5.61%, 3 Iteration, 14 Subset에서는 10.91% 높게 나타났다.

2. 대조도 측정치 비교

가. 대조도 평가에서 재구성 방법을 Iterative, 2 Iteration, 14 Subset으로 설정했을 때 열소의 크기 25, 16, 12, 8 mm에서 평균섭취 계수비는 각각3.08:1, 2.89:1, 2.32:1, 1.66:1로 나타났고 평균 비율은 2.458:1이었다. True X에서는 25, 16, 12, 8 mm에서 각각 3.65:1, 3.53:1, 2.7:1, 1.66:1이었고 평균 비율은 2.882:1로 나타났다.

실제의 방사능비인 3.89:1에는 True X가 Iterative 재구성 방법보다 10.2% 근접하게 나타났다.

나. 재구성 조건을 3 Iteration, 14 Subset으로 변경하였을 때 Iterative에서는 25, 16, 12, 8mm에서 각각 3.08:1, 2.90:1, 2.47:1, 1.87:1로 평균 비율은 2.596:1이었고 True X는 25, 16, 12, 8 mm에서 각각 3.5:1, 3.45:1, 2.93:1, 1.83:1로 평균 비율은 3.33:1이었다.

실제의 방사능비인 3:891에는 True X가 Iterative 재구성 방법보다 18.9% 근접하게 나타났다.

다. Iterative 재구성 방법과 True X 모두 Iteration 횟수가

증가함에 따라 실제 방사선비 3.89:1에 가까운 수치를 보였다. Iteration 횟수가 2에서 3으로 증가함에 따라 Iterative 재구성 방법은 2.458:1에서 2.596:1로, True X는 2.882:1에서 3.33:1로 각각 5.4%, 13.46%씩 증가하였다.

결론 및 고찰

균일성 비교 평가에서 Iterative 재구성 방법과 True X 모두 2 Iteration 14 Subset이 3 Iteration, 14 Subset보다 균일한 영상을 형성하였으며, 두 재구성 방법 모두 Iteration이 증가하면 변이 계수 역시 증가하는 것으로 나타났다. 대조도는 Iterative 재구성 방법, True X 모두 3 Iteration 14 Subset에서 2 Iteration 14 Subset보다 실제와 가까운 평균섭취 계수비를 나타냈다. Siemens Biograph 40 True-point와 Flangeless Esser PET 모형을 이용하여 Iterative 재구성 방법과 True X 재구성 방법에 따른 영상의 균일도 및 대조도를 비교 평가해 보았다. 본 연구로 구해진 데이터는 PET모형만을 이용한 방법이므로 실제 임상에서 가장 정확하고 유용한 진단적 정보를 제공하기 위한 연구를 더 해야 하며, 임상 검사에 맞는 최적의 Iteration 과 Subset 조건을 찾아야 할 필요성이 있다고 사료된다.

요 약

목적 : 최근 기존의 PET 영상에 비하여 신호 대 잡음비를 높이고, 전체 가지영역에서 우수한 공간분해능을 보이는 새로운 영상 재구성 방법이 소개되었다. 본 연구는 Siemens PET/CT장비에 새롭게 적용된 True X 재구성 방법의 임상 적용에 대한 유용성 평가를 위해 현재 일반적으로 사용되고 있는 Iterative 재구성 방법과의 차이를 모형시험을 통해 영상의 균일성과 대조도를 비교·평가하였다.

실험재료 및 방법 : 본 연구를 위한 모형의 제작은 열소와 배후방사능의 비율이 4:1이 되도록 F-18을 물에 혼합하여 모형에 채웠다. 영상의 획득시간은 Bed당 2분으로 하였고 영상의 재구성 조건은 Iteration은 2,3 Subset은 14로 변경하여 재구성하였다. 재구성 방법의 차이에 따른 영상의 균일성을 평가하기 위해 Iterative와 True X로 재구성한 영상에 각각 관심영역을 설정하여 관심영역의 변이 계수를 측정·비교하였고, 대조도 평가는 열소와 배후방사능에 관심영역을 설정하여 평균 섭취 계수를 측정·비교하였다.

결과 : 균일성을 평가하기 위한 변이계수는 Iterative, 2 Iteration 14 Subset에서 13.84%, 3 Iteration 14 Subset에서는

19.04%로 측정되었다. True X, 2 Iteration 14 Subset에서 6.06%, 3 Iteration 14 Subset에서는 10.76%로 측정되었다. 대조도 평가에서 재구성 방법을 Iterative, 2 Iteration, 14 Subset으로 설정했을 때 열소의 크기 25, 16, 12, 8 mm에서 평균섭취 계수비는 각각 3.08:1, 2.89:1, 2.32:1, 1.66:1로 나타났고 평균 치는 2.458:1이었다. True X에서는 25, 16, 12, 8 mm에서 각각 3.65:1, 3.53:1, 2.7:1, 1.66:1이었고 평균값은 2.882:1로 나타났다. 재구성 조건을 3Iteration, 14 Subset으로 변경하였을 때 Iterative에서는 25, 16, 12, 8 mm에서 각각 3.08:1, 2.90:1, 2.47:1, 1.87:1로 평균치는 2.596:1이었고 True X는 25, 16, 12, 8 mm에서 각각 3.5:1, 3.45:1, 2.93:1, 1.83:1로 평균 비율은 3.33:1이었다.

결론 : 균일성 비교 평가에서 True X와 Iterative 재구성 방법 모두 2 Iteration, 14 Subset이 3 Iteration, 14 Subset 보다 균일한 영상을 형성하였으며, 전반적으로 True X가 Iterative 재구성 방법보다 균일성이 고르게 나타났다. 대조도는 Iterative 재구성 방법, True X 모두 3 Iteration, 14 Subset에서 2 Iteration, 14 Subset보다 실제와 가까운 평균섭취 계수비를 나타냈다. 그러나 이러한 데이터는 모형만을 이용한 방법이므로 실제 임상에서 가장 정확하고 유용한 진단적 정보를 제공하기 위한 연구를 더 해야 하며, 임상 검사에 맞는 최적의 Iteration과 Subset 조건을 찾아야 할 필요성이 있다고 사료된다.

REFERENCES

1. rystal D. Botkin, CNMT, PET1 and Medhat M. Osman2. Prevalence, Challenges, and Solutions for ^{18}F -FDG PET Studies of Obese Patients: A Technologist's Perspective. *J Nucl Med Technol* Vol. 35, No. 2. June 2007.
2. Gopal B. Saha, PhD. Basic of PET Imaging Physics, Chemistry, and Regulations. Dept. of Molecular and Functional Imaging, The Cleveland Clinic Foundation, Cleveland, Ohio.
3. Karin Kneigaurek, Josef Machac, Shankar Vallabhajosula, Monte S. Buchsbaum. A new iterative reconstruction technique for attenuation correction in high-resolution positron emission tomography. *Eur J Nucl Med* 1996;23:656-661.
4. Seyed Rasoul Zakavi1, Amin Zonoozi, NMT1, Vahidreza Dabbagh Kakhkil, Mohsen Hajizadeh2, Mehdi Momennezhad1, and Kamran Ariana1 Image Reconstruction Using Filtered Backprojection and Iterative Method: Effect on Motion Artifacts in Myocardial Perfusion SPECT. *J Nucl Med Technol* 2006;34:220-223.
5. Cliff X. Wang, Wesley E. Snyder, Griff Bilbro, Pete Santago. Performance evaluation of filtered backprojection reconstruction and iterative reconstruction methods for PET images. *Compu. In Bio and Med* 1998;28:13-25.
6. American College of Radiology. PET Phantom Instructions for Evaluation of PET Image Quality.