

Original Article

SPECT/CT에서 CT감쇠보정에 따른 영상의 질 평가

서울대학교병원 핵의학과

조성욱 · 김계환 · 성용준 · 이형진 · 김진의

Evaluation of Image Quality Using CT Attenuation Correction in SPECT/CT

Sung Wook Cho, Gye Hwan Kim, Yong Joon Sung, Hyung Jin Lee and Jin Eui Kim

Department of Nuclear Medicine, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

Purpose: SPECT/CT, a combination of SPECT and CT, is capable of expressing the results of attenuation correction on images biased by automatic program. As a result, this research evaluates the usefulness of images with CT attenuation correction, using various phantoms and images of patients. **Materials and Methods:** From July of 2012 to September of 2012, this research was conducted on the contrast, spatial resolution, and images of patients. We studied the contrast with IEC body phantom and Jaszczak phantom, while the spatial resolution was evaluated with NEMA triple line phantom. Further, a comparative study was carried out on the quality of the images, on the difference between the images before and after the CT attenuation correction. **Results:** Compared the differences between the contrast before and after the CT attenuation correction in IEC body phantom. The contrast was improved by 33.6% at minimum, 89.8% at maximum. In case of Jaszczak Phantom, the contrast was enhanced by 9.9% at minimum, 27.8% at maximum. In NEMA Triple line phantom, the resolution was raised by 4.5% in average: 4.4% in horizontal, 4.5% in vertical. In Anthropomorphic Torso Phantom, the perfusion score of the interior wall with the most severe attenuation was measured to be 29.4%. In the experiment carried out on myocardial perfusion SPECT/CT patients, 9% improvement was discovered in the interior wall, where the most dramatic attenuation occurred, after the CT attenuation correction. **Conclusion:** SPECT/CT proved its clinical usefulness by enabling the acquisition of images with enhanced contrast and spatial resolution compare to the ones resulted from SPECT. (Korean J Nucl Med Technol 2013;17(2):78-83)

Key Words : SPECT/CT, CT Attenuation Correction

서 론

핵의학 영상진단은 방사성동위원소를 표지한 방사성추적자(radiotracer)를 체내에 투여한 후 관심장기에서 방출되는 감마선의 위치를 감마카메라로 영상화하는 방법이다. 단일 광자단층촬영(Single Photon Emission Computed Tomography: SPECT)과 단층촬영장치(Computed Tomography: CT)를 결합한 SPECT/CT는 핵의학의 대표적인 영상진단 기기로 병소의

위치 및 범위를 정확히 평가할 수 있다. SPECT는 방사성의 약품을 환자에게 투여한 후 감마카메라로 환자 주위를 회전시키면서 여러 방향의 투사상(projection)으로부터 단층영상(Tomogram)을 재구성하여 체내의 생리적 기능영상(functional image)변화를 진단하는 방법이다. CT영상은 X선을 여러 방향에서 인체에 투사하여 감쇠와 산란의 물리적인 요소들을 보정하기 위한 정보를 제공하며 해부학적 구조영상(structural image)을 재구성하여 정확하게 진단할 수 있다. CT는 X선을 인체에 투과시켜 그 흡수차이를 컴퓨터로 재구성하여 단층영상을 구현하는데 “감쇠보정(attenuation correction)”을 통하여 정확한 영상을 비교 및 판독할 수 있고 투과선원으로 감쇠보정을 하는 SPECT에 비하여 시간적으로 빠르게 검사할 수 있다. 이 연구에서는 phantom 실험 및 환자의 영상을 이용하여 CT 감쇠보정 전후 영상의 질 차이를 평가하고자 하였다.

• Received: September 28, 2013. Accepted: October 2, 2013.
• Corresponding author : **Sung Wook Cho**
Department of Nuclear Medicine, Seoul National University Hospital,
28 Yongon-dong, Chongno-gu, Seoul 110-744, Korea
Tel: +82-2-2072-2748, Fax: +82-2-766-9083
E-mail: prism3000@hanmail.net

실험재료 및 방법

1. 실험 기기 및 재료

- GE (Discovery NM/CT 670 SPECT/CT Gamma Camera)
- Xeleris 3.0 Workstation Computer System
- Anthropomorphic Torso phantom
- IEC body phantom
- Jaszczak phantom
- triple line phantom

2. 실험방법

2012년 7월부터 9월 사이에 본원에 SPECT/CT 검사를



Fig. 1. Discovery NM/CT 670 SPECT/CT.

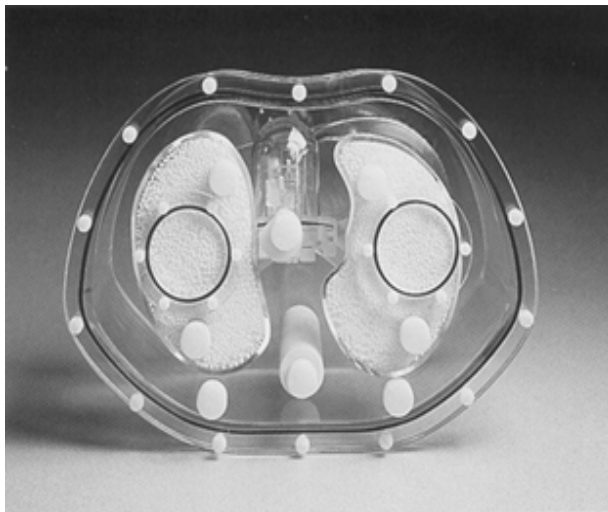


Fig. 2. Anthropomorphic Torso phantom.

하기 위해 내원한 환자(^{131}I SPECT/CT, Bone SPECT/CT, Myocardial SPECT/CT)를 대상으로 GE사의 Discovery NM/CT 670 SPECT/CT 감마카메라(Fig. 1)와 4가지 종류의 팬텀을 이용하여 영상의 대조도, 공간분해능, 심근의 관류 점수를 평가하였다. IEC body phantom (Fig. 4)과 Jaszczak phantom (Fig. 3)은 팬텀 내의 각 구에서의 대조도비를 분석 평가하였고 또한 NEMA triple line phantom (Fig. 5)과 Anthropomorphic Torso phantom (Fig. 2)은 수직방향과 수평방향의 공간분해능 평가 및 심근 중 가장 심부에 위치하여 감쇠가 심한 심근 하벽에



Fig. 3. Jaszczak phantom.



Fig. 4. IEC body phantom.

서의 관류 점수(Perfusion Score)를 평가하였다. SPECT/CT 감마카메라와 저에너지용 고분해능 평행 다공형 콜리메타(LEHR)를 이용하여 데이터를 획득한 후 GE사 Xeleris 3.0 Workstation을 이용하여 환자의 영상과 팬텀 모두 CT 감쇠보정 전후의 차이를 비교하여 분석하였다(Table 1).

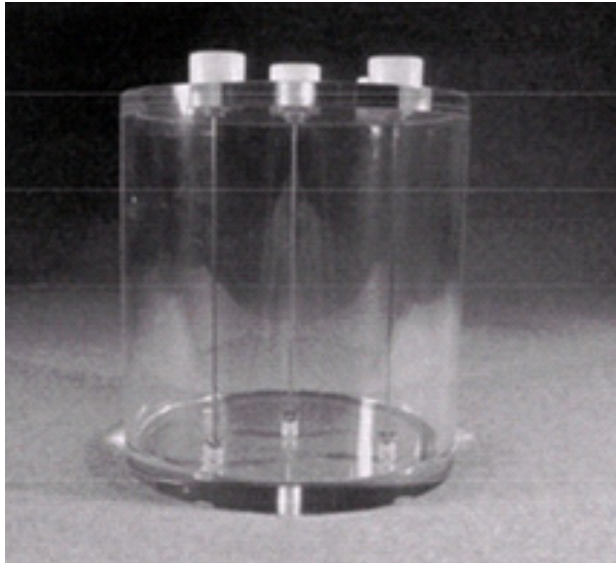


Fig. 5. triple line phantom.

결 과

IEC body phantom의 hot sphere의 ROI를 측정하여 대조도를 평가하였다(Fig. 6).

위의 식을 이용하여 hot sphere와 그 외의 대조도 비를 CT 감쇠보정 전후의 차이를 비교 분석하였다. CT 감쇠보정 후 영상의 대조도 비는 CT 감쇠보정 전 영상보다 최소 33.6%, 최대 89.8% 향상되었다(Table 2).

Jaszczak phantom에서도 cold sphere의 ROI를 측정하여 대조도를 평가하였다(Fig. 6). 위의 식을 이용하여 cold sphere와 그 외의 대조도 비를 CT 감쇠보정 전후의 차이를 비교 분석한 결과 CT 감쇠보정 후 영상의 대조도 비는 CT 감쇠보정 전 영상보다 최소 9.9%, 최대 27.8% 향상되었다(Table 3).

NEMA triple line phantom을 통해 CT 감쇠보정에 따른 공

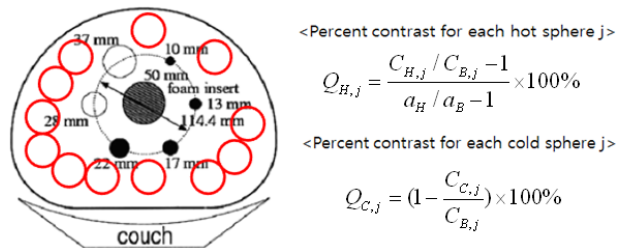


Fig. 6. ROI (Region of Interest) principle.

Table 1. Summary of image acquisition and parameters

Phantom		IEC body	Jaszczak	Triple line	Anthropomorphic Torso
^{99m}Tc		sphere 88.8 kBq BKG 11.1 kBq	BKG 111 kBq	Line 1.85 MBq BKG 7.4 MBq	cardiac: 278 kBq/mL liver: 48 kBq/mL Soft tissue 7.4 kBq/mL
SPECT	Collimator	LEHR	LEHR	LEHR	LEHR
	Frame/sec	120/25	120/25	120/25	60/25
CT	kV	100	100	100	120
	mA	60	60	60	20

Table 2. Percent contrast for each hot sphere of IEC Body phantom

	Non AC	AC
37 mm	61.5	96.5
28 mm	51.3	90.4
22 mm	54.9	76.6
17 mm	45.6	60.9
13 mm	11.1	21.0

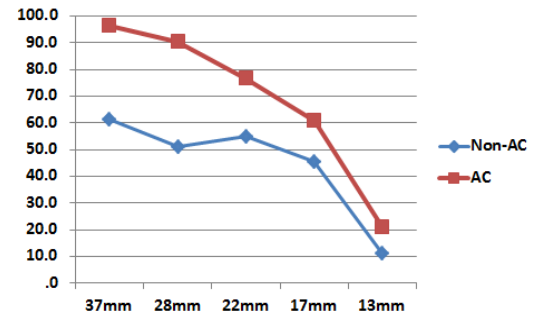
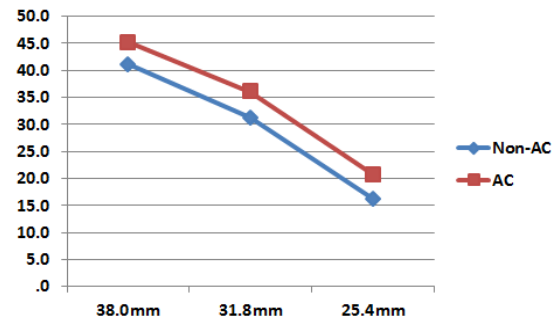
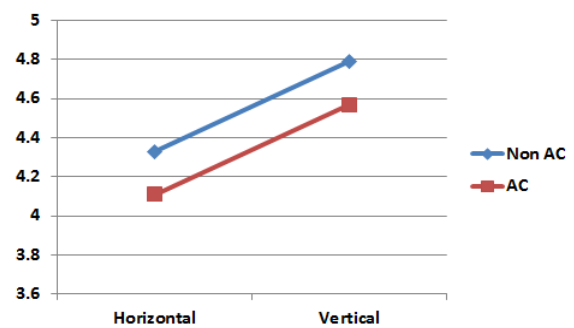


Table 3. Percent contrast for each cold sphere of Jaszczak phantom

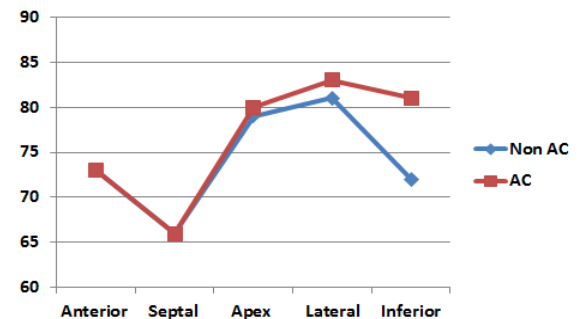
	Non AC	AC
38.0 mm	41.1	45.1
31.8 mm	31.1	36.0
25.4 mm	16.2	20.7

**Table 4.** Spatial Resolution of NEMA triple line phantom

	Non AC	AC
Horizontal	4.33	4.11
Vertical	4.79	4.57

**Table 5.** Segmental perfusion percentage of Anthropomorphic Torso Phantom

	Non AC	AC
Anterior	73	73
Septal	66	66
Apex	79	80
Lateral	81	83
Inferior	72	81



간분해능을 평가하였다. 수직방향과 수평방향에서 각각 측정한 결과, 수평방향에서 4.4%, 수직방향에서 4.6% 만큼 CT 감쇠보정 후 증가하여 평균 4.5%가 향상되었다(Table 4).

Anthropomorphic Torso phantom에서 CT 감쇠보정에 따른 심근 관류를 평가하였다. ^{99m}Tc 은 간 섭취가 상대적으로 높고, 간 조직이 가까이에 위치해 있는 경우 하위벽(inferior wall)에서 인위적인 관류 결손이 종종 관찰된다. 심근 전면, 측면, 첨부, 심근벽, 하벽을 각각 측정한 결과 다른 부위에선 감쇠가 크게 일어나지 않아 비슷하게 나온 반면, 심근 하벽에서 차이가 있었고 CT 감쇠보정 후 29.4%의 향상을 보였다(Table 5).

환자를 통한 임상 실험에서 ^{131}I 홍부 SPECT/CT (Fig. 7)와 Myocardial Perfusion SPECT/CT의 심근관류영상(Fig. 8), 뼈 L-Spine SPECT/CT의 영상(Fig. 9)을 비교 분석한 결과 CT 감쇠보정 후 영상이 CT 감쇠보정 전 영상보다 영상의 질이 향상됨을 알 수 있었다. 영상 평가는 핵의학과 교수 1명, 전문의 3명, 5년 이상 근무한 방사선사 5명이 평가한 결과 양호하다는 결과를 얻었다.

고찰 및 결론

SPECT/CT가 나오기 전에도 감쇠된 영상을 보정하기 위한

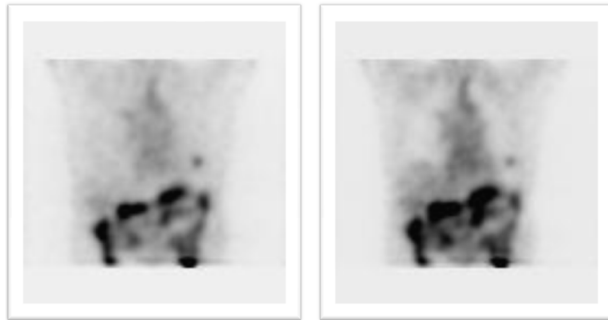


Fig. 7. ^{131}I Chest SPECT/CT (Non AC & AC).

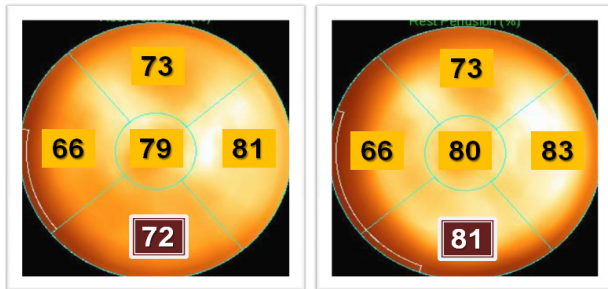


Fig. 8. Myocardial Perfusion SPECT/CT (Non AC & AC).

방법인 Transmission scan을 이용한 영상의 감쇠보정법이 있었다. 그러나 검사시간을 단축할 수 있고 감쇠보정 후 영상의 질을 좀 더 향상시킬 수 있으며 또한 발달된 소프트웨어 (Software)로 기기학적 문제가 해결되어 검사부위의 고해상도 진단용 CT영상을 가능하게 해주고 있다. IEC Body, Jaszczak, NEMA triple line, Anthropomorphic Torso phantom, 환자 데이터를 통하여 대조도와 공간 분해능을 평가한 결과 모두 CT 감쇠보정한 영상의 질이 향상됨을 보였다. 영상의 공간 분해능은 비록 적은 양이 향상되었지만, 대조도는 많은 향상을 보였다. 그리고 감쇠량이 많은 심근 하벽쪽에선 다른 부위에 비해 많은 관류 점수의 변화량을 보여줌으로써, 영상의 질적 향상에 큰 영향을 미치는 것이 관찰되었다. 결론적으로 기능적인 영상을 얻기 유리한 기존의 SPECT에 해부학적 영상을 얻기 유리한 CT를 결합하여 영상을 얻은 SPECT/CT기기에서 대조도와 분해능이 모두 향상되었으므로 영상의 질에 대한 유용성을 확인하였다.

요 약

SPECT/CT는 SPECT와 CT를 결합하여 감약에 의한 왜곡된 영상을 CT의 감쇠보정을 이용하여 구현할 수 있는 장점이 있다. 감쇠보정을 이용한 SPECT/CT 영상은 우수한 의료 영상 정보를 제공하며 정확한 영상을 비교 및 판독할 수 있

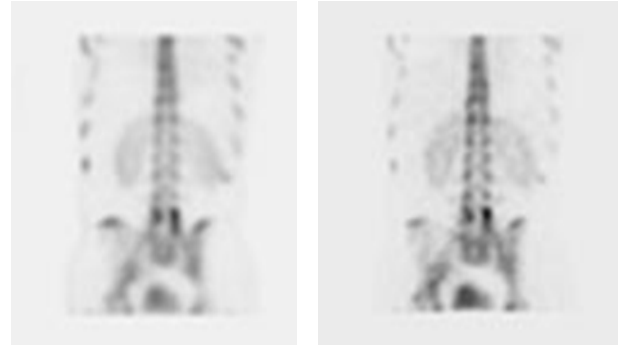


Fig. 9. Bone L-Spine SPECT/CT (Non AC & AC).

어서 영상의 진단적 가치가 높은 것으로 평가된다. 이 연구에서는 phantom 실험 및 환자의 영상을 이용하여 CT 감쇠보정 전후의 차이를 살펴보고자 한다. 2012년 7월부터 9월까지 본원 핵의학과에서 검사를 시행한 환자와 phantom을 이용하여 영상의 대조도와 공간분해능, 심근의 관류 점수를 연구하였다. NEMA IEC, Jaszczak phantom으로 영상의 대조도, triple line phantom으로 영상의 공간분해능, anthropomorphic torso phantom을 사용하여 심근의 관류 점수를 평가하였다. 또한 환자들의 검사 영상을 통하여 CT 감쇠보정 전후를 핵의학 전공의 3명, 5년 이상 근무한 방사선사 5명의 blind test를 통하여 영상을 평가해 보았다. IEC phantom에서 각 구별로 CT 감쇠보정 전후의 대조도 분석 결과 감쇠보정 전보다 최소 33.6%, 최대 89.8% 향상되었고, Jaszczak phantom의 경우 대조도가 최소 9.9%, 최대 27.8%, triple line phantom에서 수평의 경우 분해능이 4.4%, 수직의 경우 분해능이 4.6%로 평균 약 4.5%, anthropomorphic torso phantom의 경우 심근 하벽에서의 관류 점수가 29.4%로 향상된 것을 알 수 있었다. 그리고 환자를 대상으로 한 실험에서는 ^{131}I , bone SPECT/CT의 blind test 결과 감쇠보정 후 영상의 질이 향상되었음을 알 수 있었다. CT 감쇠보정을 통한 SPECT/CT 영상의 질을 평가한 결과 SPECT 영상에서 대조도와 공간분해능이 향상됨을 알 수 있었다. 따라서 CT를 이용한 감쇠보정은 병소의 해부학적 위치를 정확히 검출할 수 있고, 보다 나은 영상을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. 고창순 외. 제3판 핵의학. 고려의학 2008.
2. Wagner A, Schicho K, Glaser C, et al. SPECT-CT for topographic mapping of sentinel lymph nodes prior to gamma probe-guided biopsy in head and neck squamous cell carcinoma. J Craniomaxillofac Surg 2004;32:343-349.
3. Sandler MP, Patton JA, Ben-Haim S, Coleman RE, Goldsmith

- SJ, Vidan E, Shwartz SC, Wide beam reconstruction method for half SPECT scan time: a multi-center clinical evaluation. EANM 2005.
4. Ruf J, Lehmkuhl L, Bertram H, Sandrock D, Amthauer H, Humplik B, et al. Impact of SPECT and integrated low-dose CT after radioiodine therapy on the management of patients with thyroid carcinoma. Nucl Med Commun 2004;25:1177-1182.
5. Bocher M, Balan A, Krausz Y, Shrem Y, Lonn A, Wilk M, Chisin R. Gamma camera-mounted anatomical X-ray tomography: technology, system characteristics and first images. Eur J Nucl Med 2000;27:619-627.