

Brain SPECT 영상의 Attenuation Correction 방법들에 대한 비교

인하대병원 핵의학과, 김천대학교 방사선학과¹, 동남보건대학 방사선과²
조진우 · 김창호 · 나수경¹ · 이귀원²

Comparison of Attenuation Correction Methods for Brain SPECT Images

Jo Jin U, Kim Chang Ho, Na Soo Kyung¹, Lee Gui Won²

Department of Nuclear Medicine, Inha University Hospital, Incheon, Korea

¹*Department of Radiological Science, Gimcheon University, Gimcheon, Korea*

²*Department of Radiological Technology, Dongnam Health College, Suwon, Korea*

Purpose : The purpose of this study was to compare count between Chang's method and CT-based attenuation correction (AC-CT) among the attenuation correction (AC) methods for non-attenuation correction (AC-non) images of Brain SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography). **Materials and Methods :** We injected ^{99m}Tc 37Mq in a Hoffman 3D phantom filled with distilled water in the phantom study, and injected intravenously ^{99m}Tc-HMPAO 740Mq in a normal volunteer in the patient study, and then obtained Brain SPECT images with Symbia T6 of Siemens and conducted quantitative brain analysis. Transverse images to which each method was applied were rebuilt at the same position, and 6 regions of interest (ROI) were drawn on each of Slice No. 10, 20 and 30 and then the counts of AC-non, AC-CT and Chang's method were compared. **Results :** The mean counts of AC-non, AC-CT and Chang's method were 4606.8 ± 511.3 , 16794.6 ± 2429.4 , and 8752.6 ± 896.5 , respectively, in the phantom study and 5460.8 ± 519.6 , 15320 ± 1171.6 and 12795 ± 1422.1 , respectively, in the patient study. In the phantom study, the ratio of AC-CT to AC-non was 3.70 and the ratio of Chang's method to AC-non was 1.92, and in the patient study, they were 2.85 and 2.38, respectively. **Conclusion :** From this study, we found that AC-CT makes higher AC than Chang's method. In addition, when Chang's method was used, AC in the patient study was higher than that in the phantom study. These results need to be considered also in other examinations. (**Korean J Nucl Med Technol 2012;16(2):120-125**)

Key Words : Brain SPECT, Attenuation correction(AC), Chang's method

서 론

최근 고령화 사회에 접어들면서 알츠하이머 병과 같은 뇌 신경계 질환이 사회 문제로 대두됨에 따라 Brain SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) 검사가 이에 대응되는 검사로 필요성이 강조되고 있다. SPECT는 방사

성 의약품을 환자에게 투여한 후 즉시 또는 일정 시간이 지난 후 감마카메라로 환자 주위를 회전시켜 획득된 여러 방향의 평면 영상을 단층영상으로 재구성 하여 방사성 추적자의 깊이 분포에 대한 정보를 제공한다. 깊이에 따른 광자의 감쇠정도가 다르기 때문에 감쇠보정이 필요하고 기존의 SPECT에서는 Chang's method를 감쇠 보정에 이용하였다.^{2,4)} 하지만 최근 SPECT/CT가 이용되면서 CT의 X-ray 감쇠정보를 이용한 감쇠보정이 사용되고 있고 이는 좀 더 정확한 감쇠 보정이 가능하다고 Kazunzri I 등은 보고 하였다.⁴⁾ 따라서 Brain SPECT/CT에서 CT의 역할은 perfusion image와의 Fusion을 위한 형태학적인 영상뿐만 아니라 획득된 SPECT영상의 정확한 감쇠 정보를 제공하는데 있다고 보고

• Received: October 15, 2012, Accepted: October 18, 2012.
• Corresponding author : Jo Jin U
Department of Nuclear Medicine, Inha University Hospital, 7-206 3rd ST, Jung-gu, Incheon, Korea
Tel: +82-32-890-3771, Fax: +82-32-890-3164
E-mail: perugia08@naver.com

되고 있다. 그리고 Masuo H 등은 CT 영상을 이용한 감쇠보정이 Chang's method를 이용한 감쇠보정보다 더 정확하다고 보고 하였다.³⁾ 이에 우리는 Brain SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography)의 Non-attenuation correction (AC-non) 영상에 대한 감쇠보정 방법 중 Chang's method와 CT based attenuation correction (AC-CT) 사이의 count를 비교하기 위해 이 연구를 진행하였다.

실험재료 및 방법

1. 실험 재료

장비는 Symbia T6 SPECT/CT (Siemens Medical Solution, USA)를 사용하였으며(Fig. 1), collimator는 LEHR (Low energy high resolution) collimator를 사용하여 실험 하였다. phantom study에서는 hoffman 3D brain phantom (Data Spectrum Corporation, USA)를 사용하였다(Fig. 2).

2. Phantom Study

증류수로 채워진 hoffman 3D brain phantom에 ^{99m}Tc 37 Mbq (1 mCi)을 투여하고 phantom을 scanner bed의 head holder위에 올려놓은 후 dual head 감마 카메라를 이용하여 SPECT를 시행하였다(step & shoot mode, 20sec/60view, zoom 1.45, 128×128 matrix).

3. Patient study

안정된 상태의 52세 남자 정상 지원자를 대상으로 scanner

bed위에 supine position 상태에서 눈을 감고 ^{99m}Tc-HMPAO 740 Mbq(20 mCi) 투여한 뒤 10분 뒤에 SPECT Phantom study와 같은 조건으로 SPECT를 시행 하였다.

4. CT scan

CT의 조건은 130kVp, 250 ref. mAs(CAREdose 4D), rotation cycle 1.5 sec, pitch 0.4로 설정 하였으며 reconstruction 조건은 kernel H31 medium smooth, window setting은 cerc-

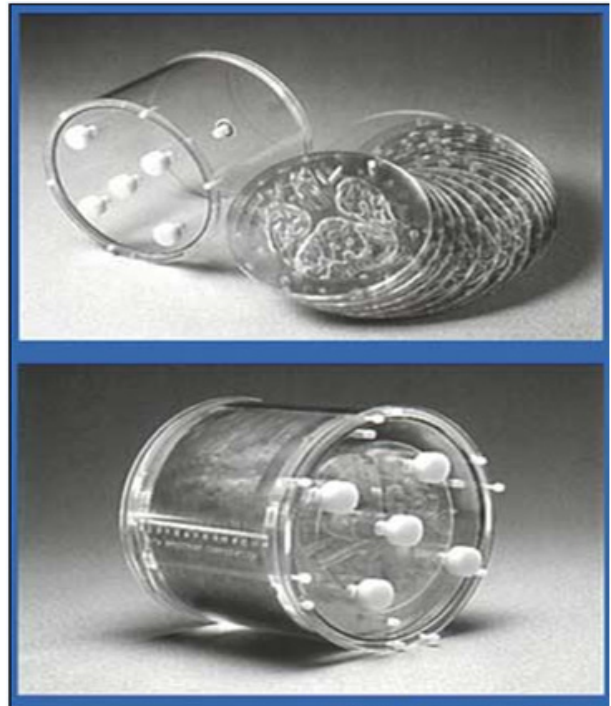


Fig. 2. Hoffman 3D Brain Phantom (Data Spectrum Corporation, USA).

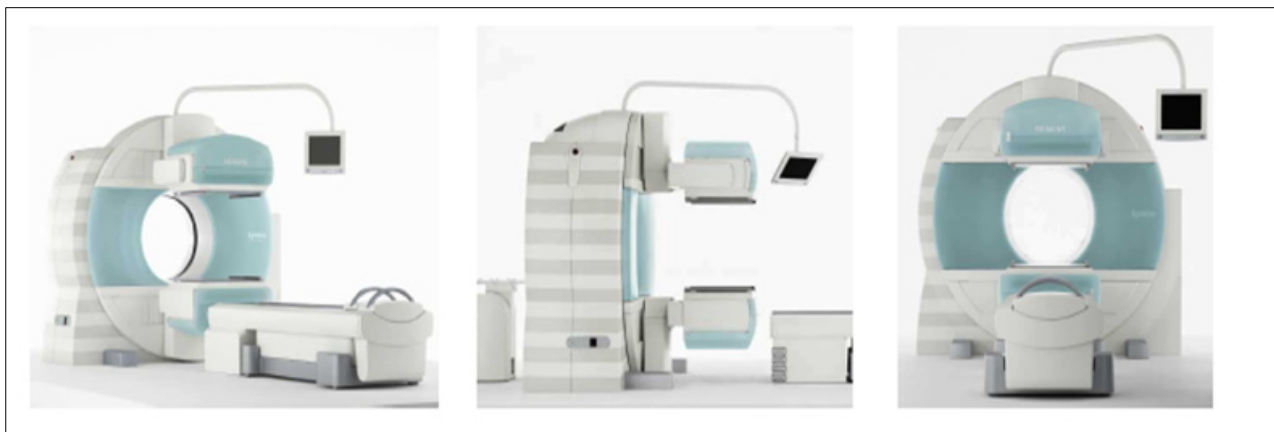


Fig. 1. Symbia T6 SPECT/CT (Siemens Medical Solution, USA).

brum으로 설정 하여 CT scan을 시행하였다.

5. 감쇠 보정

Chang's method를 이용한 감쇠 보정은 Attenuation coefficient 값을 0.15cm^{-1} 을 적용하였다. Filterd backprojection 으로 재구성되었고 butterworth filter를 사용하여 cutoff 0.40, order 5를 적용하였다.

CT를 이용한 감쇠 보정은 μ -map으로 변환된 CT image를 이용하였고 SPECT 영상의 재구성은 3D OSEM방법을 이용하여 subset 15, iteration 7, gaussian FWHM 8을 적용하였다.

phantom study와 patient study에서 획득된 data를 뇌 정량 분석을 하였으며 각각의 방법들을 적용한 transverse image는 같은 위치에서 재구성되었고 각각 10, 20, 30번째 slice에서

Fig. 3.에서 보이는 것처럼 6개의 region of interest (ROI)를 그려 AC-non과 AC-CT 그리고 Chang's method의 count를 비교하였다(Fig. 4).

결 과

획득된 영상의 10, 20, 30번째 영상에서 AC-NON, Chang's method, AC-CT ROI의 count값은 Table 1. 2. 3.과 같이 나타났다.

1. Phantom study 결과

10번째 영상의 ROI count 평균은 AC-NON일 때 4900 ± 485 , Chang's method를 이용하였을 때 9574 ± 840 , AC-CT

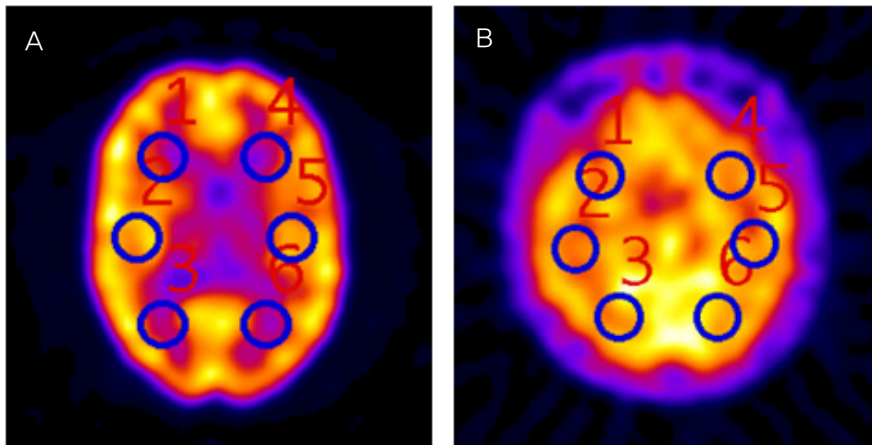


Fig. 3. ROI of phantom study (A), ROI of patient study (B).

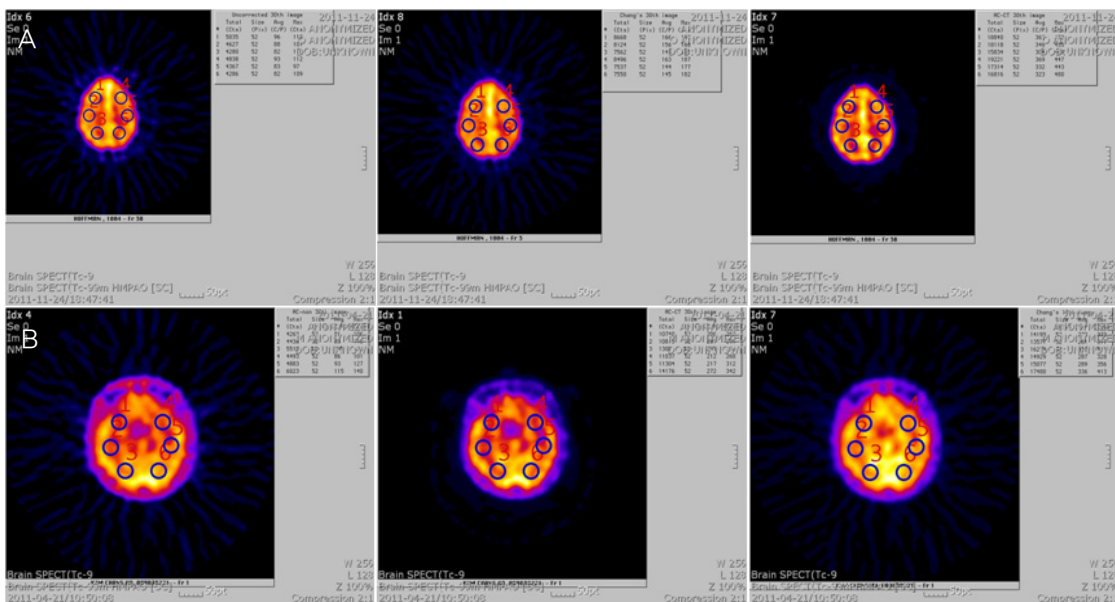


Fig. 4. ROI and count number of phantom study (A), ROI and count number of patient study (B).

Table 1. ROI count number of AC-NON

	slice	ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 4	ROI 5	ROI 6
phantom study	10th	5179	4848	4573	4170	5554	5081
	20th	3864	3803	5462	5060	4153	3743
	30th	5035	4838	4627	4367	4280	4286
patient study	10th	4263	4493	4436	4883	5510	6023
	20th	4341	4932	5668	6108	5712	5531
	30th	5872	6060	6341	5986	6331	5804

Table 2. ROI count number of Chang's method

	slice	ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 4	ROI 5	ROI 6
phantom study	10th	10474	9949	8548	8645	10379	9452
	20th	7423	8080	10382	10398	8089	7790
	30th	8668	8496	8124	7537	7562	7550
patient study	10th	14198	14929	13577	15077	16274	17480
	20th	13302	15107	16062	17559	14755	14535
	30th	15358	16180	15967	15596	15472	14334

Table 3. ROI count number of AC-CT

	slice	ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 4	ROI 5	ROI 6
phantom study	10th	19056	16497	17654	14857	19938	17550
	20th	12226	11707	21344	19493	13482	12355
	30th	18840	19221	18118	17314	15834	16816
patient study	10th	10740	11037	10815	11304	13071	14176
	20th	9647	11322	14069	14959	13420	13423
	30th	13170	13403	15159	13551	14341	12717

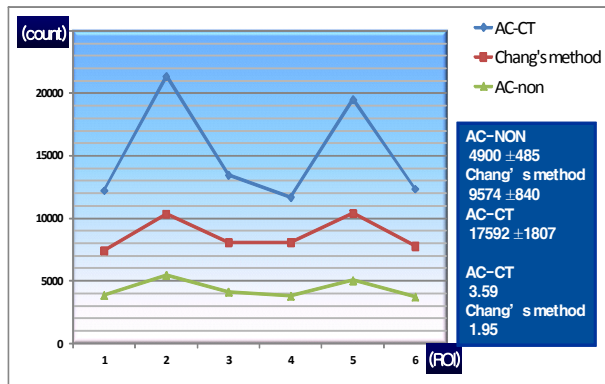


Fig. 5. ROI count number of 10th slice regarding Phantom study.

일 때 17592 ± 1807 이었다(Fig. 5).

20번째 영상의 ROI count 평균은 AC-NON일 때 4347 ± 732 , Chang's method를 이용하였을 때 8693 ± 1336 , AC-CT일 때 15101 ± 4200 이었다(Fig. 6).

30번째 영상의 ROI count 평균은 AC-NON일 때 4572 ± 315 , Chang's method를 이용하였을 때 7989 ± 512 , AC-CT일 때 17690 ± 1280 이었다(Fig. 7).

AC-CT의 경우 AC-NON보다 10번째 영상, 20번째 영상, 30번째 영상에서 각각 3.59, 3.47, 3.86배의 감쇠 보정을 하였

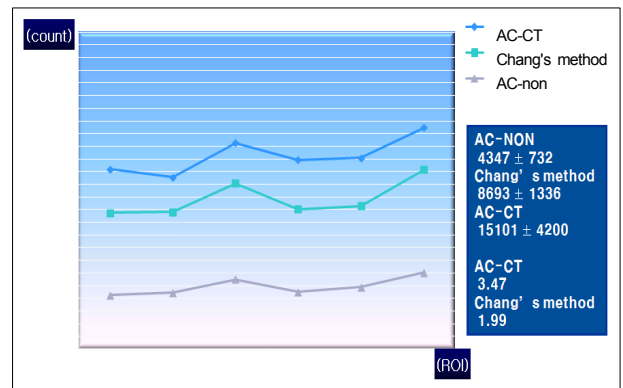


Fig. 6. ROI count number of 20th slice regarding Phantom study.

으며, Chang's method의 경우 AC-NON보다 1.95, 1.99, 1.74배의 감쇠 보정을 해주었다.

2. Patient study 결과

10번째 영상의 ROI count 평균은 AC-NON일 때 4934 ± 694 , Chang's method를 이용하였을 때 11857 ± 1425 , AC-CT일 때 15255 ± 1418 이었다(Fig. 8).

20번째 영상의 ROI count 평균은 AC-NON일 때 $5382 \pm$

636, Chang's method를 이용하였을 때 12806 ± 1958 , AC-CT 일 때 15220 ± 1453 이었다(Fig. 9).

30번째 영상의 ROI count 평균은 AC-NON일 때 6065 ± 227 , Chang's method를 이용하였을 때 13723 ± 882 , AC-CT 일 때 15484 ± 643 이었다(Fig. 10).

AC-CT의 경우 AC-NON보다 10번째 영상, 20번째 영상, 30번째 영상에서 각각 3.08, 2.82, 2.55배의 감쇠 보정을 하였으며, Chang's method의 경우 AC-NON보다 2.40, 2.37, 2.26 배의 감쇠 보정을 해주었다.

3. 감쇠 보정 비교

Phantom study에서 AC-NON에 대한 AC-CT의 비는 3.70, Chang's method에 대한 비는 1.92로 나타났으며 patient study에서 AC-NON에 대한 AC-CT의 비는 2.85, Chang's method에 대한 비는 2.38로 나타났다(Table 4). AC-CT로 감

쇠보정 하였을 때 AC값이 Chang's method를 이용한 AC값보다 높게 나타났으며 이는 AC-CT를 이용하였을 때는 scatter correction을 같이 해주었기 때문에 나타난 결과이다.³⁾

결론

우리는 이 연구를 통하여 AC-CT와 Chang's method 사이에 감쇠 보정값이 다르다는 것을 알 수 있었고 AC-CT가 Chang's method보다 더 높은 감쇠보정을 해준다는 것을 알 수 있었다. 이는 scatter correction에 의한 결과라고 앞서 말한 바 있다. 그리고 Chang's method는 patient study에서의 감쇠 보정 값이 phantom study에서의 감쇠 보정 값보다 더 높다는 것을 알 수 있었다. 이는 Skull bone에 의한 감쇠가 Chang method에서는 저평가된 것이다.⁴⁾ 따라서 brain SPECT/CT를 시행하는 경우 scatter correction을 같이 시행하고 bone에 의한 감쇠 정보를 반영할 수 있는 AC-CT가

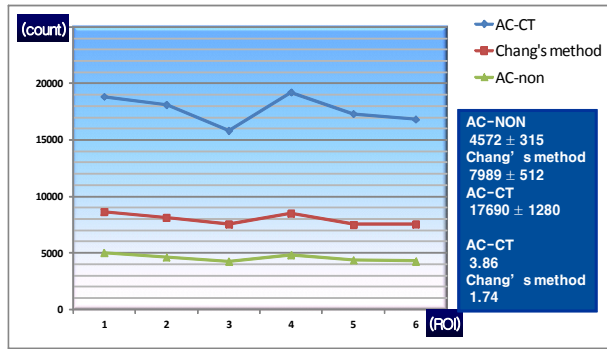


Fig. 7. ROI count number of 30th slice regarding Phantom study.

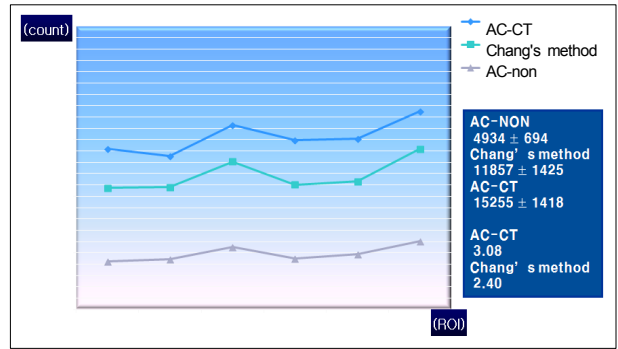


Fig. 8. ROI count number of 10th slice regarding Patient study.

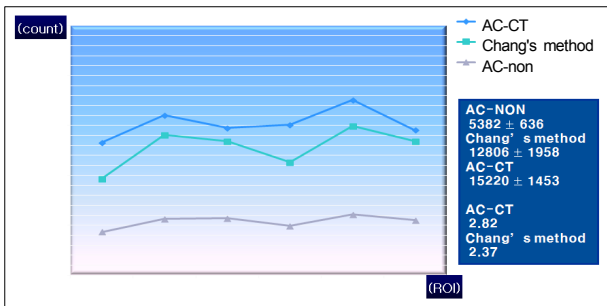


Fig. 9. ROI count number of 20th slice regarding Patient study.

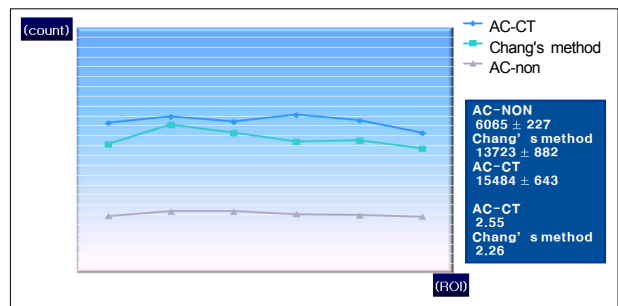


Fig. 10. ROI count number of 30th slice regarding Patient study.

Table 4. The ratio of AC-CT to AC-NON and Chang's method to AC-NON

	Phantom study		Patient study	
	AC-CT	Chang's method	AC-CT	Chang's method
Count (mean)	16794.6 ± 2429.4	8752.6 ± 896.5	15320 ± 1171.6	12795 ± 1422.1
AC-NON (mean)	4606.8 ± 511.3		5460.8 ± 519.6	
Ratio	3.70	1.92	2.85	2.38

chang's method보다 정확하다 할 수 있겠다. 추후 더 많은 정상 지원자의 brain SPECT/CT 감쇠보정 data와 질병군과 비교 연구가 필요할 것으로 사료된다.

요 약

이 연구의 목적은 Brain SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography)의 Non-attenuation correction (AC-non) 영상에 대한 attenuation correction(AC) 방법 중 Chang's method와 CT based attenuation correction(AC-CT) 사이의 count를 비교하기 위함이다. phantom study는 증류수로 채워진 hoffman 3D phantom에 ^{99m}Tc 37MBq을 투여하였고, patient study는 normal volunteer에 ^{99m}Tc -HMPAO 750MBq를 정맥주입하고 Siemens사의 Symbia T6로 Brain SPECT 영상을 획득하였고 뇌 정량 분석을 하였다. 각각의 방법들을 적용한 transverse image는 같은 위치에서 재구성되었으며 각각 10, 20, 30번째 slice에서 6개의 region of interest(ROI)를 그려 AC-non 과 AC-CT 그리고 Chang's method의 count를 비교하였다. phantom study에서 AC-non, AC-CT, Chang's method의 각각 평균 count는 4606.8 ± 511.3 , 16794.6 ± 2429.4 , 8752.6 ± 896.5 이었으며 patient study에서 5460.8 ± 519.6 , 15320 ± 1171.6 , 12795 ± 1422.1 이었다. phantom study에서 AC-CT와 AC-non 사이의 비는 3.70이고 Chang's method와 AC-non 사이의 비는 1.92였으

며 patient study에서는 각각 2.85, 2.38이었다. 우리는 이 연구를 통하여 AC-CT가 Chang's method보다 더 높은 AC을 해준다는 걸 알 수 있었다. 그리고 Chang's method는 patient study에서의 AC 값이 phantom study에서의 AC값보다 더 높다는 것을 알 수 있었다. brain SPECT/CT를 시행하는 경우 scatter correction을 같이 시행하고 bone에 의한 감쇠 정보를 반영할 수 있는 AC-CT가 chang's method보다 정확하다 할 수 있겠다.

REFERENCES

1. Hee-jeong Kim. Current status of imaging physics & instrumentation in nuclear medicine. Nucl Med Mol Imaging 2008;42:83-87
2. Bohdan Bybel, Richard C. Brunken, Frank P. DF, Donald R. Neumann, Guiyun Wu, Manuel D. Cerqueira. SPECT/CT Imaging : Clinical utility of an emerging technology. Radio Graphics 2008;28:1097-1113.
3. Masuo H Jun D, Keita U, Makoto Y, Tsuyoshi K, Masayasu T, Kenesi K, Isamu N. Comparison of methods of attenuation and scatter correction in brain perfusion SEPCT. J Nucl Med Technol 2005;33:224-229.
4. Kazunari I, Kohei H, Masahiro O, Seishi K, Yoshihiro K, Norio T, Makoto H, Takamichi M. Impact of CT attenuation correction by SPECT/CT in brain perfusion images. Ann Nucl Med 2012;26:241-247.