

Effect of Gamma Rays Emitted by the ^{99m}Tc on the CT Image

Jae-Yoon Park,¹ Yong-Ki Lee^{2,*}

¹Department of Radiology, Incheon Christian Hospital

²Department of Radiological Technology, Dongnam Health University

Received: February 28, 2019. Revised: April 26, 2019. Accepted: April 30, 2019

ABSTRACT

This study examines the changes that ^{99m}Tc causes to CT(Computed Tomography) images quantitatively when CT scans were continuously performed using ^{99m}Tc . With the use of the CT, ^{99m}Tc 740MBq was injected into the Resolution Phantom and Water Phantom, and the tube voltage was changed with 80 kVp and 120 kVp, scanning before and after the injection. The result indicate, by comparing the Signal Intensity according to the presence or absence of the ^{99m}Tc injection with the tube voltage of 120 kVp and 80 kVp, a decrease of 0.173 and 0.241 was observed respectively and the spatial resolution increase of 0.090 and 0.109 was observed respectively. The order of the test should be considered because the gamma rays of the radiopharmaceutical used in the nuclear medicine test do not affect the CT while the effective half-life of the radiopharmaceuticals should be considered for the CT scan to reduce the influence of the gamma rays emitted after the nuclear medicine test, with the possibility to reduce the difference of the results.

Keywords: Computed Tomography, Nuclear medicine, ^{99m}Tc

I . INTRODUCTION

핵의학(Nuclear medicine)은 방사성 의약품을 체내에 투여한 후 이를 추적하여 체내분포를 영상화함으로써, 생리학적 기능 변화를 관찰하여 질병을 조기에 진단하고 정량적 기능 평가가 가능한 분자영상학(Molecular imaging)이다.^[1] 이러한 방사성 의약품을 이용한 핵의학 검사는 질병에 대한 진단, 치료 및 그 질환의 생리적, 생화학적 변화를 제공함으로써 보다 유용한 의료정보의 질을 향상 시켜 주고 있으며, 현재 새로운 의료장비와 방사성 의약품이 개발되면서 이용이 증가하고 있다.^[2]

그러나 낮은 공간분해능으로 인해 핵의학 하나의 검사만으로 병변의 위치를 정확하게 진단하기에는 부족함이 있다는 단점을 가지고 있다.^[3,4] 이러한 단점을 극복하고 검사의 정확도를 높이기 위해 임상에서는 높은 공간분해능과 빠른 영상 획득 속

도, 영상 재구성 등의 장점을 가지고 있는 전산화 단층촬영(Computed Tomography; CT)을 추가로 시행하고 있다.

이러한 과정에서 환자들은 여러 가지 검사를 최대한 하루에 시행하기를 원하지만 검사의 대기시간이 길어지는 불편을 겪고 있다. 이러한 환자의 불편을 줄이고 빠른 진단을 하기 위하여 최근 임상에서는 여러 종류의 검사를 하루에 받을 수 있는 환자 중심의 One Stop 의료서비스가 활발하게 이루어지고 있지만 여러 종류의 검사를 한 번에 받게 되면 각 검사의 인자가 다른 검사에 영향을 줄 수 있는 부작용이 생길수도 있을 것으로 사료되며,^[4-7] 실제로 CT와 MRI 검사에서 사용되는 조영제 등의 요인들이 핵의학 임상 영상에 영향이 있을 수 있다고 보고되었다.^[8,9]

CT와 ^{99m}Tc 의 에너지 영역은 각각 80~140 kVp와 140 keV로 광전효과(Photoelectric effect)와 컴프턴

* Corresponding Author: Yong-ki Lee

E-mail: yklee@dongnam.ac.kr

Tel: +82-31-249-6650

산란(Compton scattering)이 발생하는 30~130 keV의 에너지 영역과 겹치는 영역으로 인하여 핵의학 검사 후에 CT를 시행하게 되면 ^{99m}Tc 에서 방출되는 감마선이 CT의 디텍터에서 검출되어 CT 영상에 영향이 있을 것이다.^[10]

이에 ^{99m}Tc 을 주입하기 전·후의 팬텀의 CT 영상의 신호강도(SI; Signal Intensity)와 반치폭(FWHM; Full Width at Half Maximum)을 측정하고 이를 비교하여 CT 영상에 ^{99m}Tc 이 미치는 영향을 정량적으로 알아보려고 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 연구 장비

본 연구에서 사용된 연구장비는 64 MDCT(Multi Detector Computed Tomography, Aquilion MODEL TSX-101A, Toshiba, Otawara-shi, Tochigi, JAPAN)를 사용하였으며, Resolution phantom과 Water phantom (Nuclear Associates, PET / SPECT Phantom Source Tank, Model 76 - 823, S/N: 45694-021)을 사용하였으며, Fig. 1에 나타내었다.



(a) CT scanner



(b) Resolution & Water phantom

Fig. 1. CT scanner & phantom

2. 연구 방법

2.1 Phantom의 준비

^{99m}Tc 주입 전의 신호강도를 측정하기 위하여

Water phantom 안에 생리식염수를 가득 채워 Air가 생기지 않도록 고르게 교반하여 준비하였으며, 완성된 팬텀의 생리식염수의 용량은 총 8 ℓ가 되도록 하였다. 또한 ^{99m}Tc 주입 후의 신호강도를 측정하기 위하여 Water phantom안에 생리식염수 3/4를 넣고 ^{99m}Tc 740 MBq를 넣은 후 생리식염수로 나머지를 채워 Air가 생기지 않도록 고르게 교반하여 준비하였으며, 완성된 팬텀의 생리식염수의 용량은 총 8 ℓ가 되도록 하였다.

^{99m}Tc 주입 전의 반치폭을 측정하기 위하여 Resolution phantom의 3 × 3의 형태로 배열된 1.5 mm 크기의 직경을 가진 Hole에 생리식염수를 주입하여 준비하였다. 또한 ^{99m}Tc 주입 후의 반치폭을 측정하기 위하여 동일한 Hole에 740 MBq의 ^{99m}Tc 을 주입하여 준비하였다.

2.2 영상획득 방법 및 조건

관전압을 80 kVp와 120 kVp로 변화시키고 ^{99m}Tc 을 주입하기 전과 후의 Resolution phantom과 Water phantom을 각각 20회 CT Scan 하였다. 모든 영상은 DICOM 형식으로 저장하였으며, 촬영조건은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. CT scan parameters.

Parameters	Water phantom	Resolution phantom
kVp	80/120	80/120
mA	150	150
Filter	Middle	Small
Rotation Time	0.75s	0.75s
Slice Thickness	0.5mm	0.5mm
Range	330.0mm	40.0mm
pitch	PF0.828/HP53.0	PF0.828/HP53.0
DFOV	240	130.3
Algorithm	Standard	Standard

2.3 영상평가

영상분석 프로그램인 Vinci software (version 2.54, Max Planck Institute for Neurological Research, Cologne, Germany)를 통하여 영상을 분석하였다.^[11]

Water phantom을 Scan한 영상 중 30, 45, 60번 영상의 중앙에 관심영역(ROI; Region Of Interest)을 70%로 설정하여 신호강도를 측정하고, Resolution

phantom을 CT Scan한 영상에서 1.5 mm 크기의 직경을 가진 Hole에 Profile을 지정하여 반치폭을 측정하였으며, Fig. 2에 나타내었다.

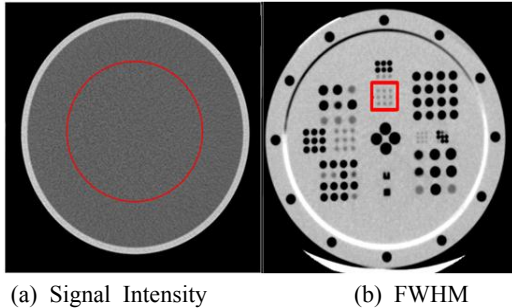


Fig. 2. Measuring of ROI Resolution & Water phantom.

3. 통계 분석

통계 분석 방법으로 SPSS(version 24.0, Statistical Package for the Social Sciences, IBM Co, Chicago, USA)를 이용하여 측정된 반치폭과 신호강도의 정규성 검정을 시행한 결과 정규분포가 성립하여 모수적 통계방법인 대응표본 t검정(paired t test)을 사용하여 신뢰구간을 95 %로 정하여 p-value가 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판정하였다.

III. RESULT

1. 정규성 검정

반치폭과 신호강도의 데이터의 정규성 검정을 시행한 결과 정규분포가 성립하였으며, Table 2에 나타내었다.

Table 2. Normality Test

	kVp	^{99m} Tc	DF	Kolmogorov-Smirnova		Shapiro-Wilk	
				Statistic	p-value	Statistic	p-value
FWHM	120	Pre	40	0.162	0.200	0.200	0.161
		Post	40	0.194	0.133	0.133	0.028
	80	Pre	40	0.162	0.200	0.200	0.702
		Post	40	0.233	0.028	0.028	0.217
SI	120	Pre	20	0.115	0.200	0.966	0.665
		Post	20	0.158	0.200	0.958	0.496
	80	Pre	20	0.138	0.200	0.945	0.298
		Post	20	0.099	0.200	0.959	0.531

(DF: degree of freedom)

2. 반치폭(FWHM)

^{99m}Tc을 주입하기 전과 후에 측정된 반치폭은 120 kVp에서 각각 1.340±0.099, 1.430±0.054로 측정되어 반치폭이 0.090 증가하였다. 80 kVp에서는 각각 1.329±0.110, 1.438±0.056으로 측정되어 반치폭이 0.109 증가하였으며, Table. 3과 Fig. 3에 나타내었다.

Table 3. Comparison of FWHM

kVp	^{99m} Tc	FWHM				
		N	Mean	SD	t	p
120	Pre	15	1.340	0.099	-3.926	0.002
	Post	15	1.430	0.054		
80	Pre	15	1.329	0.110	-3.669	0.003
	Post	15	1.438	0.056		

(SD: Standard Deviation, N: Number)

* p<0.05

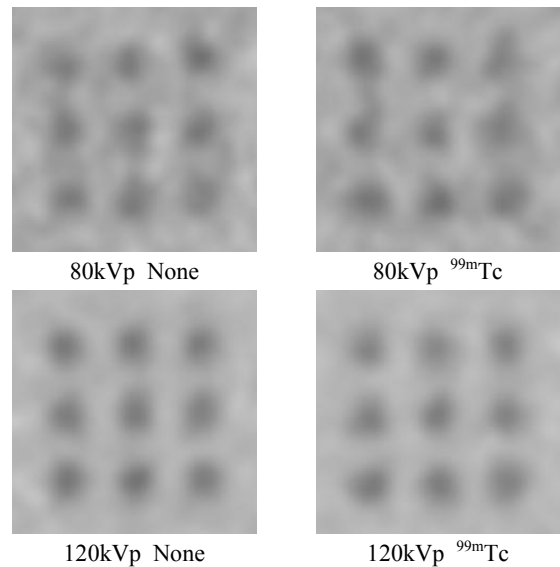


Fig. 3. Measuring of ROI Resolution & Water phantom.

2. 신호강도(Signal Intensity)

^{99m}Tc을 주입하기 전과 후에 측정된 신호강도는 120 kVp에서 각각 -1.785±0.152, -1.958±0.193로 측정되어 신호강도가 0.173 감소하였다. 80 kVp에서는 각각 -5.168±0.255, -5.409±0.252로 측정되어 신호강도가 0.241 감소하였으며, Table 4와 Fig. 4에 나타내었다.

Table 4. Comparison of Signal Intensity

kVp	^{99m}Tc	N	Signal Intensity			
			Mean	SD	t	p
120	Pre	20	-1.785	0.152	3.420	0.003*
	Post	20	-1.958	0.193		
80	Pre	20	-5.168	0.255	3.579	0.002*
	Post	20	-5.409	0.252		

(SD: Standard Deviation, N: Number)

* p<0.05

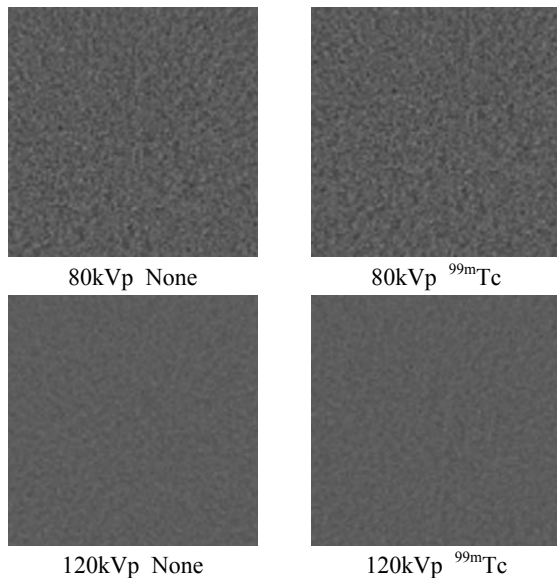


Fig. 4. Measuring of ROI Resolution & Water pantom.

VI. DISCUSSION

핵의학 검사는 공간분해능과 해상도가 떨어져 병변의 정확한 모양과 위치를 파악하기 어렵다는 단점을 가지고 있는 반면 CT는 병변의 모양과 위치를 정확하게 파악할 수 있지만, 병변의 기능적인 영상을 제공할 수 없는 단점을 상호보완하기 위해 두 가지 검사를 함께 시행하고 있으나, 영상에 어떠한 영향이 있는지에 대한 연구는 미비한 실정이다.^[12]

선행연구에서 이은혜 등은 CT 촬영 시 ^{99m}Tc 의 감마선이 영상의 신호 강도를 변화시킬 수 있음을 보고하였으며,^[13] 표성재 등은 CT 조영제로 인한 감마선 계수율(Count rate)에 영향이 있다는 것을 보고하였으며,^[9] Mueller B 등은 ^{99m}Tc 를 주입받은 환자를 대상으로 골밀도 검사를 시행한 결과 환자의 골밀도(BMD; Bone mineral densitometry)가 약 1.7% 낮아졌다고 보고하였다.^[14] 또한 김가중 등은 ^{18}F 에 사용

량에 비례하여 CT number와 Pixel 값이 감소하였다고 보고하였으며,^[15] 차상영 등은 PET/CT에서 MRI와 CT 조영제로 인하여 감쇠보정(Attenuation correction)에 영향을 미치게 되어 표준 섭취화 계수(SUV; Standard Uptake Value)에 영향이 있다고 보고하였다.^[4] 본 연구결과에서도 ^{99m}Tc 이 CT 영상의 신호강도와 반치폭에 영향 주는 것으로 나타나 정량적 분석이 요구되는 CT 검사에서 정확한 결과를 얻지 못할 것이다.

또한 평균 10.00 mSv의 피폭선량의 복부 CT와 평균 5.27 mSv의 피폭선량의 전신 뼈 검사(WBBS; Whole Body Bone Scan)를 같은 날에 시행하게 되면 환자는 하루에 15.27 mSv라는 과도한 선량을 받게 되어 환자의 방사선 피폭을 단기간에 과중시킬 수 있다.^[16] 응급상황이 아니라면 환자를 위해서 핵의학 검사 시행 시 최소 다음날 CT 검사를 진행해야만 영상의 변화를 줄일 수 있을 것이다.

본 연구의 제한점으로는 신호강도와 반치폭의 측정을 위하여 20회 실험하였지만 5회의 반치폭 측정 결과를 도출해 내지 못하였다. 또한 임상실험이 아닌 팬텀실험을 진행하여 인체의 생리 화학적 변화에 의한 평가가 이루어지지 않았으며, 다양한 방사성 의약품 중에서 ^{99m}Tc 만을 실험하여 심도 있는 분석을 하지 못하였다. 추후 핵의학 검사에 사용되는 다양한 방사성 의약품에 대한 연구가 진행되어야 할 것이라 사료된다.

V. CONCLUSIONS

^{99m}Tc 의 감마선이 CT 영상에 영향을 미치지 않도록 유효 반감기를 고려하여 최소한 핵의학 검사 시행 시 CT 검사를 24시간이 지난 다음날 진행한다면 영상의 변화를 줄일 수 있을 것이다. 본 연구는 ^{99m}Tc 으로 인한 CT 영상의 변화에 대한 기초 자료로서 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

Reference

- [1] Y. G. Kang, "TEXTBOOK of Nuclear Medicine," 1st edition. Chung-ku Publisher, pp. 13-16, 2013.
- [2] M. C. Lee, "Statistical data on radioisotope use, Korean Nuclear Medicine Society," pp. 1-119, 2011.

- [3] J. H. Jung, Y. Choi, K. J. Hong, B. J. Min, W. Hu, J. H. Kang, "Recent Advances in Nuclear Medicine Imaging Instrumentation," *Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, Vol. 42, No. 2, pp. 98-111, 2008.
- [4] S. Y. Cha, Y. K. Cho, Y. K. Lee, J. N. Song, N. K. Choi, "The Effectiveness of CT and MRI Contrast Agent for SUV in 18F-FDG PET/CT Scanning," *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 10, No. 4, pp. 255-261, 2016.
- [5] K. J. Jang, D. C. Kweon, "Case study of quality assurance for MDCT image quality evaluation using AAPM CT performance phantom," *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 7, No. 7, pp. 114-123, 2007.
- [6] S. W. Yoon, S. B. Kim, "The Effects of Waiting Time on Service Quality Evaluation and Goodwill at Medical Service Encounter," *Marketing Journal*, Vol. 5, No. 1, pp. 1-22, 2003.
- [7] J. W. Kwon, J. H. Jeong, K. W. Jang, J. K. Lee, "Medical exposure of Korean by diagnostic radiology and nuclear medicine examinations," *Journal of Radiation Protection and Research*, Vol. 30, No. 4, pp. 185-196, 2005.
- [8] J. I. Kim, I. S. Kim, H. J. Lee, J. E. Kim, "Effect of MRI Media Contrast on PET/MRI," *Journal of Nuclear Medicine Technology*, Vol. 18, No. 1, pp. 19-25, 2014.
- [9] S. J. Pyo, Y. H. Cho, J. H. Choi, "Effects of Use of the Iodine Contrast Medium on Gamma Camera Imaging," *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 39, No. 4, pp. 557-564, 2016.
- [10] S. J. Kim, J. I. Kim, T. Y. Kim, S. M. Kim, J. R. Woo, J. S. Lee, H. Y. Lee, "Accuracy evaluation of CT-based attenuation correction in SPECT with different energy of radioisotopes," *Journal of Nuclear Medicine*, Vol. 53, No. 1, pp. 2533-2533, 2012.
- [11] E. J. Choi, Y. D. Son, Y. Noh, H. Lee, Y. B. Kim, K. H. Park, "Glucose Hypometabolism in Hippocampal Subdivisions in Alzheimer's Disease: A Pilot Study Using High-Resolution 18F-FDG PET and 7.0-T MRI," *Journal of Clinical Neurology*, Vol. 14, No. 2, pp. 158-164, 2018.
- [12] H. J. Verberne, W. Acampa, C. Anagnostopoulos, J. Ballinger, F. Bengel, P. De Bondt, M. Hacker, "EANM procedural guidelines for radionuclide myocardial perfusion imaging with SPECT and SPECT/CT: 2015 revision," *European journal of nuclear medicine and molecular imaging*, Vol. 42, No. 12, pp. 1929-1940, 2015.
- [13] E. H. Lee, Y. S. Lee, G. J. Kim, J. G. Choi, "The Effects of Diagnostic Radiology Image on Radiopharmaceutical Testing," *Korean Journal of Digital Imaging in Medicine*, Vol. 12, No. 2, pp. 113-117, 2010.
- [14] B. Mueller, M. K. O'connor, "Effects of radioisotopes on the accuracy of dual-energy X-ray absorptiometry for bone densitometry," *Journal of Clinical Densitometry*, Vol. 5, No. 3, pp. 283-287, 2002.
- [15] G. J. Kim, S. H. Bae, K. J. Kim, H. K. Oh, "Effect of Gamma Energy of Positron Emission Radionuclide on X-Ray CT Image," *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol. 12, No. 10, pp. 4418-4424, 2011.
- [16] J. W. Kwon, J. H. Jeong, K. W. Jang, J. K. Lee, "Medical exposure of Korean by diagnostic radiology and nuclear medicine examinations," *Journal of Radiation Protection and Research*, Vol. 30, No. 4, pp. 185-196, 2005.

^{99m}Tc 에서 방출되는 감마선이 CT 영상에 미치는 영향

박재윤,¹ 이용기^{2,*}

¹인천기독병원 영상의학과

²동남보건대학교 방사선과

요 약

^{99m}Tc 을 이용하는 검사를 받고 CT 검사를 진행했을 때 CT 영상에 ^{99m}Tc 이 미치는 변화에 대하여 정량적으로 알아보려고 하였다. Resolution phantom과 Water phantom에 ^{99m}Tc 740 MBq를 주입 전·후 80 kVp와 120 kVp로 관전압을 변화시켜 CT Scan하였다. 연구결과 ^{99m}Tc 주입 전·후 신호강도는 각각 0.173, 0.241의 감소하였으며, 공간분해능은 각각 0.090, 0.109로 증가하였다. CT 촬영을 ^{99m}Tc 의 유효 반감기를 고려하여 ^{99m}Tc 의 감마선이 CT에 영향을 미치지 않도록 일정한 시간 후 진행함으로써 영상의 변화를 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

중심단어: 전산화단층촬영, 핵의학, ^{99m}Tc

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	박재윤	인천기독병원 영상의학과	방사선사
(교신저자)	이용기	동남보건대학교 방사선과	교수