

Original Article **^{13}N -ammonia 심장 PET 검사에서 ECG gated scan의
유용성 평가**

서울대학교병원 핵의학과
김재일 · 이홍재 · 김진의

**Evaluation about a Usefulness of ECG-Gated Scan on
 ^{13}N -ammonia PET**

Jae-Il Kim, Hong-Jae Lee, Jin-Eui Kim

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

Purpose	Because of heart movement, PET image of heart is very blur. So, PET scan gated with ECG is necessary to improve a spatial resolution of heart PET image. In this study, we will evaluate a image quality of both gated ^{13}N -ammonia PET scan and non-gated one.
Materials and Methods	Before start a heart PET, we attached a ECG electrode on patients ($n = 5$, aged = 54 ± 17). And we started a list mode PET scan that used by a mCT40 PET/CT (siemens, germany) during 10 minute, injected ^{13}N -ammonia (378 ± 50 MBq) to a patients at same time. By using this list mode data, we reconstructed both gated PET image and non-gated PET image. Then we analysed a profiles of those images, performed a blind test, and subtracted a gated image on non-gated image.
Results	FWHM of a gated image is improved about 23% and there is a differency count distribution at a subtracted image from non-gated image to a gated image. But in case of blind test, everybody select the gated image as a better quality among each images.
Conclusion	As a result, we can find that image quality will improve by using gated PET scan. In additional, we can calculate a EF valve, apply QGS, QPS of PET. Therefore, the gated PET scan help improving an accuracy, applying a more information for a diagnosis.
Key Words	gated scan, ECG, ^{13}N -ammonia PET-CT

서 론

최근 들어 고령화가 식습관의 변화로 심장성 질환이 많이 증가하고 있다. 미국의 통계청 자료를 보면 심장 질환 사망률이 암성 신생물에 의한 사망률 보다 높았다(Fig. 1). 특히 고단백, 고칼로리와 같은 식습관은 관상 동맥 질환이나, 심장 근육의 부하 증가로 인한 사망률이 시간에 따라 높아지게 함을 알 수 있다. 한국의 경우 2013년 통계청 자료에서는 암성 질환에

의한 사망률이 가장 높았지만, 심장 질환 사망률의 경우 2위에 있을 정도로 심장질환은 사회적인 문제가 대두되고 있다(Fig. 2). 한국에서도 점점 서구식의 식습관으로 인해 심장 질환 사망률이 증가되고 있는 추세이다.

이처럼 점점 사회적 문제가 되고 있는 심장 질환의 경우, 크게 두 가지 원인이 있다. 첫 번째 원인은 관상동맥 폐쇄나 허혈성 질환과 같은 심혈관성 질환이고, 두 번째는 심근육의 괴사나 경색과 같은 심장근육성 질환이다.¹⁾ 심장핵의학의 경우 이러한 혈관성 질환과 심근육성 질환에 대한 기능적 평가를 통해 비침습적 진단을 하고 있다. 많은 종류의 방사성 의약품들이 핵의학 검사에 사용되고 있는데, 그 의약품의 특성에 따라 심장 기능적 평가에 많은 도움을 주고 있다(Table 1).²⁾

• Received: March 18, 2016 Accepted: April 15, 2016
• Corresponding Author: **Jae-Il Kim**
Department of Nuclear Medicine, Seoul National University
Hospital, 101 Daehangno, Jongno-gu, Seoul, 110-744, Korea
Tel: +82-2-2072-3937, Fax: +82-2-747-0208
E-mail: koogimania@snuh.org

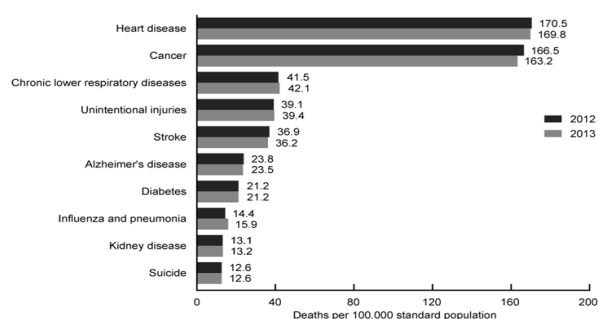


Fig. 1. Causes of death, united states, 2012 and 2013. Death rate of heart disease is ranked at first stage.

Table 1. Various radio-pharmaceuticals can help a diagnosis about heart disease

	^{201}Tl	MIBI	tetrofosmin	$^{15}\text{O-H}_2\text{O}$	$^{13}\text{N-NH}_3$
1 st -pass EF	0.85	0.65	0.54	1.0	0.9
Linearity	Good	Fair	Fair	Excellent	Good
Energy	70 keV	140 keV	140 keV	511 keV	511 keV
Uptake Mechanism	Na/K ATPase	Mitochon. memb	Mitochon. memb	Free diffusion	Diffusion

이러한 방사성 의약품들 중에서 $^{15}\text{O-H}_2\text{O}$ (water)와 $^{13}\text{N-NH}_3$ (ammonia)의 경우 1회 추출율이 높고, 선형성이 좋아 혈관성 심장 질환의 진단에 많은 도움이 되고 있다. 하지만, $^{15}\text{O-H}_2\text{O}$ 의 경우 반감기가 2분으로 너무 짧아서 생산 및 운반, 사용에 현실적인 제한이 있다. 그래서 PET 검사중, 혈관성 질환을 보기 위해서는 $^{13}\text{N-NH}_3$ 가 많이 사용되고 있으며, 심근 질환의 경우 $^{18}\text{F-FDG}$ 가 많이 이용되고 있다. 이처럼 심장의 기능을 평가함에 있어 PET 검사가 기능적 정보를 많이 주고 있지만, 해부학적 정보에 대해서는 아직 많이 부족하다. 더불어 심장은 항상 운동을 하는 장기이기 때문에 해상도 저하는 부득이하다. 이에 본 논문에서는 $^{13}\text{N-NH}_3$ 를 이용한 PET scan 시, 공간 분해능을 증가시키기 위한 심전도와 동기 시킨 gated PET scan을 시행하여, 그 유용성에 대해 평가해 보겠다(Fig. 3).³⁾

실험재료 및 방법

1. 실험 장비 및 대상

PET-CT 장비로는 ECG가 연동되는 biograph Truepoint PET/CT (siemens, germany)를 사용하였다(Fig. 4). 환자는 본원에 내원한 심혈관 질환이 있어서 ^{13}N -ammonia PET 검사를 받은 5명을 대상으로 하였으며, 평균 나이는 54 ± 17 세였다.

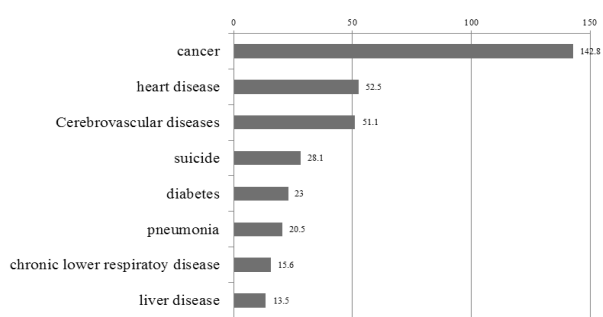


Fig. 2. Causes of death, Korea, 2013.

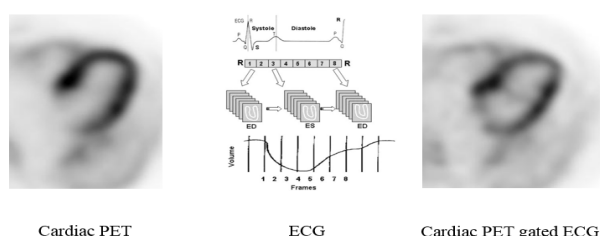


Fig. 3. A gated PET image was reconstructed by ECG interval gap.



Fig. 4. Biograph TruPoint PET/CT can acquired and gated with ECG from patient.

2. 평가 방법

라인을 확보한 환자에게 ECG를 붙인 후, PET-CT 장비 위에 팔을 올리고 눕힌다. 환자 정보를 장비에 입력 후, CT 스캔을 하고, 테이블을 PET gantry로 이동 후, PET scan을 준비한다.

Cyclotron에 ^{13}N -ammonia 10 mCi를 받으면 주사와 동시에 PET scan을 시작한다. 10분 동안 PET data를 list mode 형태로 획득한 후, 환자는 귀가 시킨다. 저장된 sinogram을 ECG의 R-R interval을 100%로 reconstruction한 non-gated PET 영상을 만들고, R-R interval을 12.5% (1/8)로 reconstruction한 gated PET 영상을 만든다. 이 두 영상을 이용하여, short axis

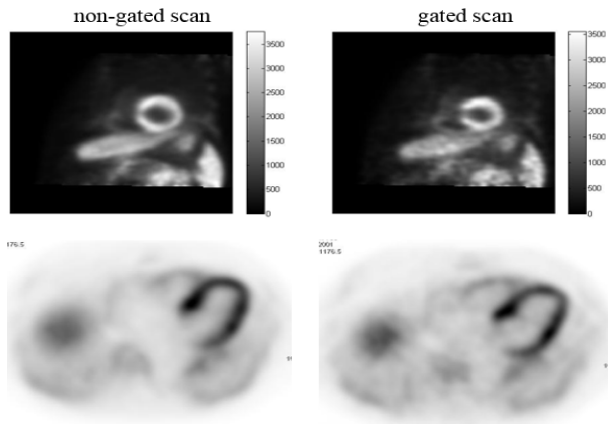


Fig. 5. Upper images is short-axis plan, bottom images is trans axial PET image. And left image is a non-gated images, right image is a PET gated with ECG.

heart 영상에서 line profile을 그려 FWHM을 측정 후 비교 평가하였으며, non-gated image에서 gated image를 감산법을 통해 두 영상간의 차이를 평가하였다. 그리고 PET 센터에 근무하는 방사선사 8명에게 두 영상에 대한 blind test를 하여 보다 우수하다는 영상에 대한 선별을 하였다.⁴⁾

결 과

1. 영상

좌측에 있는 영상은 ECG와 gate 하지 않은 영상이고, 우측 영상은 gate를 한 영상이다. 비록 동일한 PET sinogram을 이용하여, 동일한 parameter로 reconstruction 하였지만, 심근벽의 선예도는 gate 한 영상에서 우수해진 것을 알 수 있다(Fig. 5).

2. 공간 분해능

non-gated PET 영상과 gated PET 영상의 short-axis 영상에서 가장 긴 측에 line을 설정하고, count profile의 full width half maximum은 각각 12.4 ± 4 pixels, 9.3 ± 6 pixels 로 측정 되었다. 즉 +23.34% 공간 분해능이 증가되었음을 알 수 있다(Fig. 6).

3. Subtraction

non-gated 영상에서 non-gated 영상을 감쇄를 시키면 아무런 count를 찾을 수 없었다. 하지만 non-gated 영상에서 gated 영상을 감쇄 시키면 심근의 움직임에 의한 뚜렷한 차이를 알 수 있었다(Fig. 7).

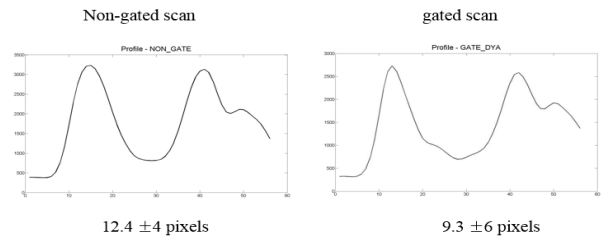


Fig. 6. FWHM of a gated PET is 23.34% higher than a non gated image.

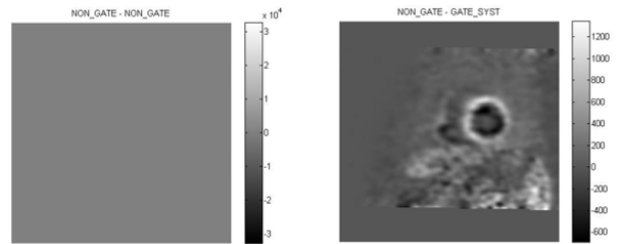


Fig. 7. Left image is a subtracted image at same one, Right image is a subtracted image that subtracted a gated image on a non-gated image.

4. Blind test

8명의 방사선사에 gated 영상과 non-gated 영상에 대해 blind test를 하니, 8명 모두 gated 영상이 우수하다고 하였다. 추가적으로 gated 영상에 대해서 high frequency가 너무 강조 되었다는 의견도 있었으며, count 감소에 대한 의견도 있었다.

결론 및 고찰

본 실험을 통해 심전도와 동기화한 심장 PET 영상은 움직임에 의한 흐림이 많이 감소하여 공간 분해능이 향상됨을 알 수 있었다. 이를 통해 보다 정확한 진단에 도움이 되며, 더불어 EF value, QGS, QPS와 같은 다양한 정보도 제공됨을 알 수 있었다(Fig. 8).^{5,6)}

요 약

심장 질환에 의한 사망률의 점차적으로 증가하므로 heart PET 검사가 많이 활용되고 있다. 하지만 static mode의 경우 심장 움직임으로 인해 흐림이 많이 발생하므로 심전도와 동기화 검사를 통해 보다 공간 분해능을 향상시킬 수 있을 겁니다. 5명의 내원 환자에 대해 10 mCi의 ¹³N-ammonia를 주입하면서

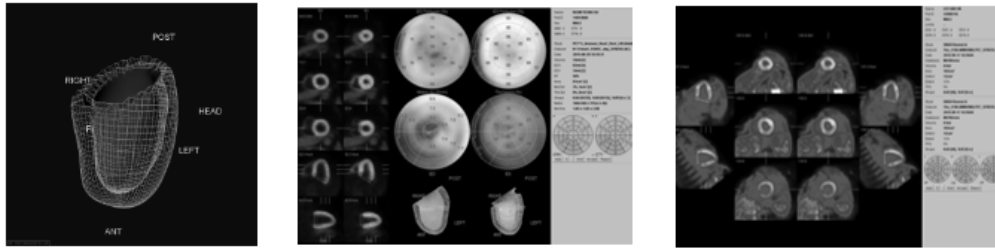


Fig. 8. In addition, by using gated PET scan, we can apply a wall motion, QPS, QGS that can provide a various information about heart.

ECG와 gate 한 list mode 획득하고, non-gate영상과 gated 영상을 재구성 후, 비교 평가하였다. 반치폭은 23.34% 증가하였고, 두 영상간의 감쇠 영상은 많은 차이가 남을 알 수 있었으며, 눈 가림 실험에서도 8명 모두가 gated PET 영상이 우수함을 말해주었다. 심전도와 동기화를 통해 심장 PET 영상의 공간 분해능이 우수해졌으며, EF value, wall motion, QPS, QGS와 같이 다양한 정량적 평가에 시행할 수 있어서, 보다 많은 정보를 환자에 제공해줄 수 있었다.

REFERENCES

1. 고창순, **핵의학** 제3판, 고려의학 2008.
2. 박성옥 외, **핵의과학** 개정 3판. 보문서원. 2009.
3. Ray Wery, Jack Hill and Howard J. Dworkin, A method for the determination of ECG gate signal delay. *J Nucl Med.* 1981;22:546-548.
4. Siemens user guide and reference.
5. Andreas Kjar, etc. Estimation of right ventricular ejection fraction using first-pass FDG-PET imaging. *Master of science in Engineering.* 2012;27.
6. Aliasghar Khorsand etc. Gated cardiac ^{13}N -NH₃ PET for assessment of left ventricular volumes, mass, and ejection fraction: comparison with electrocardiography -gated ^{18}F -FDG PET. *J Nucl Med.* 2005;46:2009-2013.