

# PET 검사에서 작업종사자의 방사선 노출 선량을 줄이기 위한 자동 분주/주사 시스템의 유용성

## Efficacy of Automatic Dispensing/Injection System to Reduce Radiation Exposure of Nuclear Medicine Workers During PET Procedures

조영권

청주대학교 방사선학과

Young-Kwon Cho(petmen@hanmail.net)

### 요약

본 연구에서는 PET 검사 중에 핵의학과 방사선 작업 종사자들의 방사선 노출선량을 줄이기 위하여 도입된 자동 분주/주사 시스템의 유용성 평가를 목적으로 한다. 핵의학과 방사선 작업 종사자를 두 그룹으로 나누어 첫 번째 그룹은 기존의 방사선 차폐 설비를 이용하여 분주 및 주사 업무를 수행하고, 두 번째 그룹은 자동 분주/주사시스템을 활용하여 분주 및 주사 업무를 수행하였다. 그리고 각 그룹에 속한 방사선 작업 종사자들의 체부와 손 부위 방사선 노출 선량을 개인 선량계를 이용하여 측정하였다. 실험 결과 분주단계에서는 자동 분주/주사 시스템을 사용한 그룹이 사용하지 않은 그룹보다 크게 낮은 방사선 노출을 받은 것으로 나타났다. 또한 주사 단계에서도 손 부위의 경우 자동 분주/주사 시스템을 사용한 그룹이 사용하지 않은 그룹보다 낮은 방사선 노출을 받은 것으로 나타났다.

■ 중심어 : | 방사선노출 | ADIS | FDG PET |

### Abstract

In this study we assessed the efficacy of an automatic dispensing/injection system (ADIS) to reduce the radiation exposure of workers during PET procedures. NMW(Nuclear Medicine Workers) were classified into 2 groups, one of which used conventional method and the other used an ADIS. The radiation dose during injection were also measured in both groups, with another set of experiment. In dispensing step, ADIS imposed significantly less radiation dose than conventional method, both to finger and to whole body. In injection step, ADIS also imposed significantly less dose to finger, while the dose of whole body was somewhat larger in ADIS than in conventional method. Using ADIS, the radiation exposure of NMW during dispensing was markedly reduced. Also, the exposure of finger during injection was markedly reduced, although exposure of whole body was mildly increased.

■ keyword : | Radiation Exposure | ADIS | PET |

\* 이 논문은 2014학년도에 청주대학교 보건의료과학연구소가 지원한 학술연구조성비 (특별연구과제) 에 의해 연구되었음

접수일자 : 2014년 05월 08일

심사완료일 : 2014년 06월 17일

수정일자 : 2014년 06월 02일

교신저자 : 조영권, e-mail : petmen@hanmail.net

## I. 서론

1994년 국내 최초 PET(Positron Emission Tomography)이 도입된 이후 빠른 속도로 보편화되고 있다. FDG(Fludeoxyglucose)를 비롯한 많은 방사성의약품들이 PET 검사에 도입되었고, 현재 이용되고 있다. 특히 컴퓨터 전산화 단층촬영술(Computed Tomography: CT)과 결합된 PET/CT가 도입되면서 진단적 유용성과 활용도가 더욱 높아졌다. PET 검사는 비 침습적인 방법으로 암을 조기에 발견할 수 있는 장점이 있어 현재 전국적으로 장비 도입 및 검사 건수가 증가하고 있다.

이러한 PET 영상의 인기와 더불어 양전자 방출 방사성 동위원소의 사용량도 꾸준히 증가하고 있으며 방사선종사자 피폭 증가의 원인으로 보고되고 있다[1]. 방사선 작업 종사자는 방사성의약품을 표지, 분주 그리고 주사 시에 주로 방사선 노출을 받고 있다[2]. 특히 작업 종사자가 선원에 가까이 가는 경우 예를 들어 방사성 동위원소 분주, 주사 과정과 Scanner bed에 환자를 눕히는 과정, Scanner bed에서 환자를 내리는 과정 등 전 과정에 걸쳐 방사선 노출을 받고 있다. 체부 노출 선량은 PET 검사 과정 전반에 걸쳐 증가하고, 손 부위 노출은 분주와 주사 과정에서 특히 증가하는 것으로 보고되고 있다[3]. 그 이유는 분주와 주사 시 방사선 작업 종사자가 L-Bock 뒤에서 작업을 주로 시행하기 때문에 체부 방사선 노출은 상대적으로 손 부위보다 낮은 반면 손 부위는 방사선에 노출되는 시간이 길어 노출 선량이 높게 나타난다. 방사선 노출은 인체에 유해한 영향을 미칠 수 있어 국제 방사선방어위원회(ICRP)에서는 방사선 노출을 합리적으로 달성 가능한 낮게 유지할 수 있도록 최적의 방사선 방호 계획을 수립하고 이행하도록 권고하고 있다[4].

이에 서울대학교병원 핵의학과는 방사선 작업종사자들의 체부, 손 부위 노출선량을 줄이고 업무 능률 향상을 목적으로 ADIS(Automatic Dispensing/Injection System)을 도입하여 활용하고 있다. 본 연구의 목적은 새로이 도입된 ADIS를 사용하기 전과 후 체부와 손 부위에 받는 노출선량을 측정 분석하여 ADIS의 유용성

을 평가하기 위함이다. PET/CT 검사에서 많이 이용되는 방사성의약품인  $^{18}\text{F}$ -FDG에 대한 노출선량 측정을 위주로 하였으며, ADIS 도입 이전에 방사선 차폐에 사용되던 차폐 설비와 직접 비교를 통하여 방사선 차폐 성능을 측정하였다

## II. 재료 및 방법

본 실험에서는 2013년 9월에 서울대병원에 설치된 ADIS(UG-05, Universal Giken, Japan)을 사용하여 기존 차폐체와 비교 분석하였다. 새로이 설치된 ADIS는 텅스텐과 납으로 차폐되어 있고 시스템에 내재된 vial에서 syringe 또는 작은 vial로 분주가 가능하고 연속적으로 환자에게 주사도 가능하다. ADIS(Automatic Dispensing Injection System)의 구성은 [Figure 1]과 같다.



Figure 1. Automatic dispensing injection system(UG-05, japan)

ADIS는 최대 저장 가능한 방사능 용량은 500 mCi까지 가능하며, Injection speed는 0.2~0.8 mL/sec 조절이 가능하고 오차범위는  $\pm 5\%$ 이다.

ADIS의 technical data는 [Table 1]과 같다.

Table 1. Automatic dispensing/injection system Technical data

Specification	
Dimensions Weight	490W x 260D x 920H
Max activity	500 mCi
Inj.Vol	3.5-15 mL
Inj.Vol	0.2-0.8 mL/sec
Flushing Vol Max	30 mL
Dose equivalent at surface 10 $\mu$ Sv/h at 500 mCi FDG in the crude vial	

기존에 사용되던 방사선 차폐체는 내부는 약 5cm 두께의 납이 들어 있고 작업 종사자가 서서 납유리로 차폐된 창으로 환자를 주시하면서 주사할 수 있는 구조로 제작되었으며 외형은 [Figure 2]와 같다.



Figure 2. L-Block for <sup>18</sup>F-FDG injection

<sup>18</sup>F-FDG 분주 시에 방사선 작업 종사자가 받는 노출 선량을 측정하기 위하여 2그룹으로 나누었다. 첫 번째 그룹은 기존 차폐체를 활용하여 분주 작업하는 그룹이며 두 번째 그룹은 ADIS를 활용하여 분주 작업을 하는 그룹으로 나누어 개인 선량계를 이용하여 노출선량을 측정하였다. 측정에 사용되는 개인 선량계는 감마선 등가선량과 등가선량율을 측정할 수 있는 간편한 측정계이며 형태는 [Figure 3]과 같다.

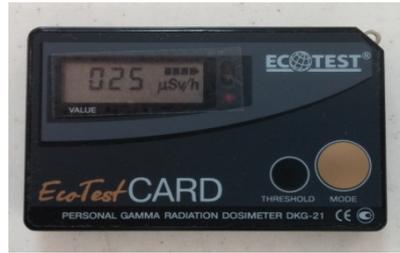


Figure 3. Personal gamma radiation dosimeter (DKG-21, Ukraine)

<sup>18</sup>F-FDG 370 MBq(10 mCi)를 분주할 경우의 작업종사자가 받을 노출 선량을 손 부위와 체부로 나누어 각각 30회씩 측정하였다.

동일한 방법으로 <sup>18</sup>F-FDG 주사 시에 방사선 작업 종사자가 받는 노출선량을 측정하기 위하여 작업 종사자를 2그룹으로 나누었다. 첫 번째 그룹은 기존 차폐체를 활용하여 주사하는 그룹이며 두 번째 그룹은 ADIS를 활용하여 주사 하는 그룹으로 나누어 개인 선량계를 이용 노출선량을 측정하였다. <sup>18</sup>F-FDG 370 MBq(10 mCi)를 주사할 경우의 선량을 손 부위와 체부로 나누어 각각 30회씩 측정하였다. 결과적으로 분주하는 경우와 주사 시에 방사선 작업 종사자가 받는 노출 선량은 손 부위와 체부 각각 30회씩 측정하고 결과는 평균값을 구하여 비교 분석하였다.

### III. 결 과

실험의 결과는 [Table 2]와 같이 나타났다. 모든 결과는 평균  $\pm$  표준편차로 표시하였고, 변동계수를 계산하여 변동량의 크기를 알아보았다. ADIS를 사용하여 분주 작업 단계에서 손 부위에 받는 노출선량은  $0.09 \pm 0.02 \mu\text{Sv/hr}$ 로 기존 차폐체를 이용하여 작업 시 받는 노출선량  $21 \pm 8 \mu\text{Sv/hr}$ 보다 크게 감소하는 것을 나타내고 있다. 체부에 받는 노출선량 역시 ADIS를 사용할 때  $0.09 \pm 0.02 \mu\text{Sv/hr}$ 으로 사용하지 않았을 때  $0.36 \pm 0.08 \mu\text{Sv/hr}$ 보다 크게 감소하였다. 결과적으로 ADIS는 분주 시 방사선 작업 종사자가 받는 노출선량을 기존 차폐 시스템보다 감소시켜주는 것으로 나타났다. 주사

단계 역시 ADIS를 사용하면 손 부위에 받는 노출선량은  $0.5 \pm 0.1 \mu\text{Sv/hr}$ 로 기존 차폐체를 이용하여 작업 시 받는 노출선량  $9.2 \pm 3.1 \mu\text{Sv/hr}$ 보다 크게 감소하는 것을 나타내고 있다. 체부에 받는 노출선량은 ADIS를 사용할 때  $0.5 \pm 0.1 \mu\text{Sv/hr}$ 로 사용하지 않았을 때  $0.38 \pm 0.1 \mu\text{Sv/hr}$ 보다 오히려 소폭 증가하였는데 그 이유는 ADIS에서 주사침까지 가는 주사선으로 연결되어 있는데 차폐가 되지 않아 노출선량이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 주사 시 개인의 작업 속련도에 따라 피폭선량의 차이가 크지만 ADIS를 사용하면 [Table 3]과 같이 변동폭이 감소한다.

Table 2. Results of radiation exposure with & without ADIS

Procedures	Without ADIS ( $\mu\text{ Sv/hr}$ )		With ADIS ( $\mu\text{ Sv/hr}$ )	
	Hands	Wholebody	Hands	Wholebody
Dispensing step	$21 \pm 8$	$0.36 \pm 0.1$	$0.09 \pm 0.02$	$0.09 \pm 0.02$
Injection step	$9.2 \pm 3.1$	$0.38 \pm 0.1$	$0.5 \pm 0.1$	$0.5 \pm 0.1$

Table 3. The coefficients of variations for with & without ADIS variabilities

Procedures	Without ADIS (%)		With ADIS (%)	
	Hands	Wholebody	Hands	Wholebody
Injection step	33	26	20	20

#### IV. 결론 및 고찰

방사성의약품을 인체에 주입하여 병소에 특이적으로 집적되는 생리, 생화학적 기전을 진단 및 치료에 이용하는 핵의학 진단기술은 최근 눈부신 발전을 거듭하고 있다. 하지만 핵의학 기술의 발전과 보편화와 더불어 방사선 노출이라는 잠재적 위험성도 함께 증가하고 있다[5]. 방사선 노출에 대하여 1928년에 결성된 국제방사선방어위원회(International Commission Radiological Protection, ICRP)에서는 직업상 노출을 연간 최대 20 mSv, 5년간 100 mSv를 초과하지 않는 범위로 선량한도를 권고하고 있다[6]. 직종에 따른 직무 별 연간평균

노출선량이 방사선사는 PET 주사실, PET 영상검사실, 감마카메라실 업무 순으로 높게 나타났다는 보고가 있다[7]. PET 검사에 이용되는 방사선 동위원소는 511 keV라는 비교적 높은 에너지를 가지고 있고 양전자가 피부 노출 선량을 증가시켜 지난 수년간 방사선 방호 정책에서 주요한 관심사였다. 이에 수많은 방사선 방호 제품이 개발되어 사용되고 있으나 검사 빈도수 증가와 함께 더욱 효율적인 방사선 차폐가 요구되고 있다. 서울대병원에서도 기존에 L-Block 납 차폐체를 이용하여 방사선 차폐를 하고 있었으나 최근 급격한 검사 건수 증가와 함께 효과적으로 방사선 작업 종사자들의 노출 선량을 줄일 수 있는 방안을 모색하게 되었다.

서울대병원에서 도입한 ADIS은 일본에서 상업용으로 개발된 상품으로 사이클로트론에서 생산된 방사성 동위원소를 최대 500 mCi까지 저장이 가능하고 자동으로 분주 및 주사가 가능한 시스템이다. 기존 차폐체를 활용하여 분주/주사 하는 그룹과 ADIS을 활용하여 분주/주사 하는 그룹 간의 방사선 노출 선량 비교 실험 결과에서 ADIS의 차폐 효율이 상당히 높다는 것이 입증되었다. 물론 방사선동위원소 주사 시 개인적 습관과 환자의 상태 등 여러 요인에 의해 방사선 노출 선량 측정치의 오차가 커진다는 보고[8]도 있지만 본 연구의 경우는 두 그룹의 측정치 차이가 상당히 커 오차는 큰 의미를 가지지는 않는다. 납 차폐체를 이용하여 방사성 동위원소 주사 시 손 부위의 방사선 노출 선량이 크게 증가하는 요인 중에는 손 부위에 방사능 오염이 간혹 발생하는 경우가 해당된다는 보고[9]도 있으나 ADIS은 시스템 특성상 작업 중 예기치 않은 방사능 오염이 발생할 가능성이 거의 없다.

이번 실험 결과는 PET 업무 중 발생하는 방사선 작업 종사자의 방사선 노출 선량을 줄이기 위한 새로운 방안을 강구하고 있는 의료기관에서 참고할만한 자료가 될 것이다.

본 연구에서는 PET 검사 과정에서 기존의 방사선 차폐체와 비교하여 ADIS의 방사선 차폐 효율을 알아보기 위함이다. 분주와 주사 단계에서 상당한 차폐 효과를 보였고 업무의 효율성도 크게 향상되었다. 다만 주사 단계에서 체부 방사선 노출선량이 소폭 증가하였으

나 장치 내부에서 연결된 주사선의 차폐가 미비하여 발생한 것으로 유추되며 추가 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다. 하지만 ADIS이 뛰어난 차폐 성능을 가지는 것으로 입증되어 향후 많은 병원에서 도입, 이용 시 핵의학과 방사선 작업 종사자들의 노출 선량을 줄여 줄 수 있을 것으로 판단된다.

[9] C. Wernli and A. Fiechtner, "The direct ion storage dosimeter for the measurement of photon, beta and neutron dose equivalents," Radiat. Prot. Dosim, Vol.84, No.1-4, pp.331-334, 1999.

**참 고 문 헌**

[1] 나수경, 박병섭, "PET/CT 종사자의 방사선 피폭에 대한 연구", 디지털정책연구, Vol.10, pp.449-457, 2012.

[2] Methe and M. Brian, "Shielding Design of a PET Imaging Suite," Health Physics, Vol.87, pp.S37-39, 2004.

[3] P. Covens, "The introduction of automated dispensing and injection during PET procedures," Radiation Protection Dosimetry, pp.1-9, 2010.

[4] International Commission on Radiological Protection, "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection," Ann ICRP, Vol.21, pp.1-201, 1991.

[5] F. A. Jr. Mettler, P. W. Wiest, J. A. Locken, and C. A. Kelsey, "CT scanning: patterns of use and dose," J Radiol Prot, Vol.20, pp.353-359, 2000.

[6] International Commission on Radiological Protection, "Recommendation of the International Commission on Radiological Protection," Publication, Vol.26, 1977.

[7] C. G. kang, "A study on the individual radiation exposure of medical facility nuclear workers by job," J Nucl Med Techol, Vol.14, pp.9-15, 2010.

[8] N. L. McElroy, "Worker dose analysis based on real time dosimetry," Health Phys, Vol.74, No.5, pp.608-609, 1998.

**저 자 소 개**

조 영 권(Young-Kwon Cho)

정회원



- 2013년 3월 : 전북대학교 수의학  
과(수의학박사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 청주대학  
교 방사선학과 교수

<관심분야> : 핵의학, 수의영상의학