

방사성 의약품 자동 분주장치의 유용성 및 최적화된 분주방법에 관한 고찰

서울아산병원 핵의학과

이정은 · 김호성 · 류재광 · 정우영

A Study on the Usefulness of Auto Dispenser and Optimized Dispensing Method

JeoungEun Lee, Hosung Kim, Jaekwang Ryu and Wooyoung Jung

Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: Recently, there is an increase of the number of hospitals using auto dispenser to reduce occupational radiation exposure when drawing up of the ^{18}F -FDG dose (5.18 MBq/kg) in a syringe from the dramatic high activity of ^{18}F -FDG multidose vial. The aim of this study is to confirm that using auto dispenser actually reduces the radiation exposure for technologists. Also we analyzed the reproducibility of auto dispenser to find optimized dispensing method for the device. **Materials and Methods:** We conducted three experiments. Comparison of radiation exposure on chest and hands: The chest and hands exposure dose received by technologists during the injection were measured by electronic personal dosimeter (EPD) and ring TLD respectively. Reproducibility of dispensed volume: We draw up the normal saline into 5 and 2 mL syringe using auto dispenser by changing the volume from 1 to 15 mm for 5 times in the same setting of the volume. The weight of 5 normal saline dispensed from the device at same volume was measured using micro balance and calculated standard deviation and coefficient of variation. Reproducibility of dispensed radioactivity: We dispensed 362.6 MBq \pm 10% of ^{18}F -FDG in 5 and 2 mL syringes from the multidose vial of different specific activity. In the same setting of volume, we repeated dispensing for 4 times and compared standard deviation and coefficient of variation of radioactivity between 5 syringes. **Results:** There was significant difference in the average of chest exposure dose according to the dispensing methods ($P<0.05$). Also, when dispensing ^{18}F -FDG in manual method, exposure dose was 11.5 times higher in right hand and 4.8 times higher in left hand than in auto method. In the result of reproducibility of dispensed volume, standard deviation and coefficient of variation shows decline as the dispensing volume increases. As a result of reproducibility of dispensed radioactivity, standard deviation and coefficient of variation increases as the specific activity increases. **Conclusion:** We approved that the occupational radiation exposure dose of technologists were reduced when dispensing ^{18}F -FDG using auto dose dispenser. Secondly, using small syringes helps to increase reproducibility of auto dose dispense. And also, if you lower the specific activity of ^{18}F -FDG in multidose vial below 915-1,020 MBq/mL, you can use auto dispenser more effectively keeping the coefficient of variation lower than 10%. (*Korean J Nucl Med Technol* 2013;17(2):59-66)

Key Words : Auto dispenser, Radiation exposure, Specific activity (MBq/mL)

서 론

핵의학 검사를 수행하는 과정 중 환자에게 투여하기 위해 고방사능의 방사성 의약품이 담겨있는 바이알에서 환자별 단위 방사능으로 분주할 때 주로 방사선 작업종사자의 외부 피폭이 발생한다.¹⁾ 이를 감소시키기 위한 노력으로 방사성 의약품 자동 분주장치를 사용하는 병원이 증가하는 추세이다.

• Received: September 2, 2013. Accepted: November 4, 2013.
• Corresponding author : **Jeoung Eun Lee**
Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, 88
Olympic-ro 43-gil, Songpa-gu, Seoul 138-736, Korea
Tel: +82-2-3010-5421, Fax: +82-2-3010-7940
E-mail: jane7020@naver.com

하지만 국내 장비의 설계 특성 상 분주하고자 하는 방사성 의약품의 용량을 cc 혹은 mL 단위가 아닌 주사기의 피스톤을 잡아당기는 거리(mm)로 조절하여 분주하기 때문에 정확한 용량을 분주할 수 없고 장비에 장착된 바이알 내 방사성 의약품의 비방사능이 높을수록 적은 용량의 차이에도 방사능의 변화가 크기 때문에 원하는 방사능량을 분주하기 어렵다.

본 연구의 목적은 방사성 의약품 자동 분주장치를 사용한 ¹⁸F-FDG 분주 시 방사선 작업종사자의 피폭감소에 유용함을 증명하고 자동 분주장치의 방사성 의약품 분주 재현성의 평가 및 최적화된 분주방법을 제시하고자 함이다.

실험재료 및 방법

1. 실험재료 및 방사성 의약품 자동 분주방법

1) 실험재료

실험에 사용된 장비는 Hi-PET care auto dispenser (Uniteko, Gyeonggi, Korea)이며, 내장된 dose calibrator는 CRC-25PET (CAPINTEC, New Jersey, USA)이다(Fig. 1). 실험에 사용된 방사성 의약품은 전신 PET/CT 검사에 주로 사용되는 ¹⁸F-FDG 이다.



Fig. 1. Auto dispenser and Dose calibrator system.

2) 자동 분주방법

방사성 의약품이 담긴 바이알을 바이알 차폐체에 넣고 장비에 장착한 후 주사기 pig (팅스텐 20 mm로 구성된 주사기 차폐체)에 주사기를 끼워 선반에 장착하고 home 버튼을 눌러 주사기의 위치를 0점으로 조정한다. 분주하고자 하는 용량을 주사기의 피스톤을 잡아당기는 거리(mm)로 조절하여 설정한 후 사용하는 주사기의 크기 5 mL와 2 mL 버튼을 선택하면 자동 분주가 시작된다. 분주가 끝나면 자동으로 장비에 내장된 dose calibrator에서 방사능을 측정하고 원하는 방사능량으로 분주된 것이 확인되면 end 버튼을 눌러 자동 분주를 완료한다. 분주된 방사성 의약품이 담긴 주사기 pig를 장비에서 분리한 후 환자에게 투여한다.

2. 자동 분주장치 사용여부에 따른 방사선 작업종사자의 흉부와 손의 피폭선량 비교

2013년 3월 1일부터 29일까지 본원에서 ¹⁸F-FDG 전신 PET/CT 검사를 시행한 환자 60명에게 투여하기 위해 ¹⁸F-FDG 분주 시 30명은 수동으로 30명은 자동 분주장치를 이용하여 분주 후 환자에게 투여하였다. 이 때 방사선 작업종사자의 흉부와 손의 피폭선량을 electronic personal dosimeter (EPD)와 ring TLD로 각각 측정하였다. EPD는 왼쪽 흉부에서, ring TLD는 양손의 검지에서 측정하여 독립표본 t-검정으로 각각의 평균을 비교하였고 통계 프로그램은 SPSS version 12.0을 사용하였다.

3. 자동 분주장치의 분주 용량 재현성 평가

자동 분주장치에 ¹⁸F-FDG 대신 생리식염수가 담긴 바이알을 장착하였다. 임상에서 자주 사용하게 되는 분주 용량 1 mm

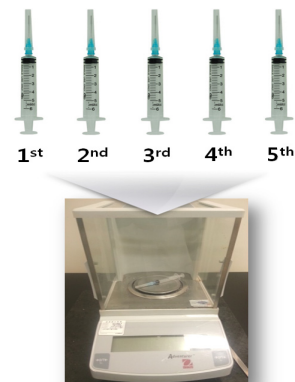


Fig. 2. The weight of dispensed normal saline without syringe was measured by micro balance.

부터 15 mm까지 1 mm씩 증가시키면서 동일 용량에서 5 mL 주사기와 2 mL 주사기를 이용하여 각각 5회씩 분주하고 주사기를 뺀 생리식염수의 무게를 마이크로 저울로 측정 후 표준편차와 변동계수를 비교하였다(Fig. 2).

4. 자동 분주장치의 분주 방사능 재현성 평가

분주 방사능의 재현성 평가를 하기 이전에 장비에 내장된 dose calibrator의 방사능 측정 신뢰도를 평가하기 위하여 직선성(Linearity)과 용적(Volume) 의존성에 관련된 성능을 먼저 평가하였다.

1) 직선성 평가

5 mL 주사기와 2 mL 주사기에 각각 370 MBq (10 mCi)의 ¹⁸F-FDG를 용량 0.5 mL와 1.0 mL로 맞춰 분주하여 준비하였다. 그 후 주사기의 방사능을 15분 간격으로 측정하여 방사능 붕괴 식에 따라 계산된 이론값과 실제 dose calibrator로 측정한 측정값과의 차이를 비교하였다.

2) 용적(Volume) 의존성 평가

5 mL 주사기와 2 mL 주사기에 각각 370 MBq (10 mCi)의 ¹⁸F-FDG를 분주 후 생리식염수를 이용하여 용적을 0.5 mL, 1.0 mL씩 증가시키면서 dose calibrator에서 방사능을 측정하여 용적이 증가함에 따른 방사능의 차이를 비교하였다.

3) 자동 분주장치의 분주 방사능 재현성 평가

장비에 장착된 바이알 내 ¹⁸F-FDG의 비방사능이 5 mL 주사기 사용 시 368.9 (10.0), 452.0 (12.2), 608.4 (16.4), 719.1 (19.4), 798.9 (21.6), 910.6 (24.6), 1,064.7 (28.8) MBq/mL (mCi/mL), 2 mL 주사기 사용 시 385.2 (10.4), 427.0 (11.5), 540.3 (14.6), 634.8 (17.2), 841.0 (22.7), 937.2 (25.3), 1025.9 (27.7) MBq/mL (mCi/mL)로 다를 때 각각 다른 비방사능의 ¹⁸F-FDG 바이알에서 70 kg의 환자를 기준으로 kg당 51.8 MBq (0.14 mCi)인 362.6 MBq (9.8 mCi)±10%를 주사기에 분주하였다. 그 후 분주했던 동일 용량으로 재설정하여 4회씩 더 분주하고 총 5회에 걸쳐 분주된 ¹⁸F-FDG의 방사능을 시간 감쇠보정한 후 표준편차와 변동계수를 계산하여 비방사능이 달라짐에 따른

차이를 비교하였다.

결 과

1. 자동 분주장치 사용여부에 따른 방사선 작업종사자의 흉부와 손의 피폭선량 비교

주사과정에서 방사선 작업종사자가 받는 평균 흉부 피폭선량은 ¹⁸F-FDG의 수동 분주와 자동 분주에 따라 각각 0.41±0.09 μSv, 0.36±0.10 μSv로 자동 분주장치를 사용하였을 때 더 낮았다. 독립표본 t-검정 결과, t=2.06, P=0.04으로 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 30명의 환자에게 투여한 평균 투여선량은 수동 분주일 때 314.38±54.87 MBq (8.5±1.5 mCi), 자동 분주일 때 311.05±38.40 MBq (8.4±1.0 mCi)이었다. 투여선량 당 방사선 작업종사자의 흉부 피폭선량은 수동 분주와 자동 분주 모두 0.001±0.00 μSv/MBq로 소수점 셋째 자리까지 차이가 없었다(Table 1, Fig. 3).

30명의 환자를 주사하는 과정에서 오른손잡이를 기준으로 방사선 작업종사자의 손의 누적선량을 ring TLD로 측정해 본 결과, 오른손 검지의 피폭선량은 ¹⁸F-FDG의 수동 분주 시 3.22 mSv, 자동 분주 시 0.28 mSv로 수동 분주 시 11.5배 더 높게 측정되었다. 또한 왼손 검지의 피폭선량은 수동 분주 시 2.26 mSv, 자동 분주 시 0.47 mSv로 수동 분주 시 4.8배 더 높게 측정되었다. 투여선량 당 손의 피폭선량은 오른손 검지에서 수동 분주 시 0.34 μSv/MBq, 자동 분주 시 0.03 μSv/MBq

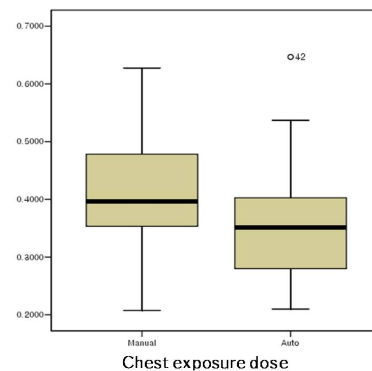


Fig. 3. The average of chest exposure dose was higher in manual method than auto method.

Table 1. Chest exposure dose

	Average injection dose (MBq)	Average chest dose (μSv)	Chest dose per injection dose (μSv/MBq)	t	p
Manual (n=30)	314.38±54.87	0.41±0.09	0.001±0.00	2.06	0.04
Auto (n=30)	311.05±38.40	0.36±0.10	0.001±0.00		

Table 2. Hands exposure dose

	Right index finger		Left index finger	
	Hand accumulated dose (mSv)	Hand dose per injection dose ($\mu\text{Sv}/\text{MBq}$)	Hand accumulated dose (mSv)	Hand dose per injection dose ($\mu\text{Sv}/\text{MBq}$)
Manual (n=30)	3.22	0.34	2.26	0.24
Auto (n=30)	0.28	0.03	0.47	0.05

Table 3. The Linearity of Dose calibrator

	Time [min]									
	15	30	45	60	75	90	120	150	195	
2 mL syringe, 0.5 mL	0.11	0.55	0.10	0.05	0.04	0.09	0.15	0.47	0.37	
2 mL syringe, 1.0 mL	1.04	1.45	1.00	1.27	0.64	1.47	0.48	0.82	0.58	
5 mL syring, 0.5 mL	0.46	0.32	0.43	0.04	0.48	0.07	1.32	0.21	0.65	
5 mL syringe, 1.0 mL	0.44	0.17	0.12	0.32	0.16	0.28	0.33	0.36	0.37	

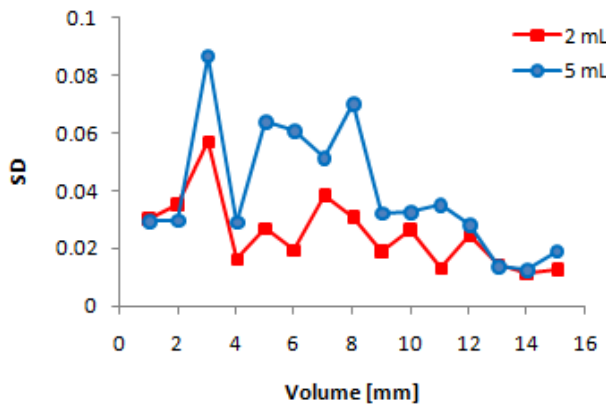


Fig. 4. Standard deviation (SD) of dispensed volume was irregular as the volume increases. And SD was low in smaller syringe.

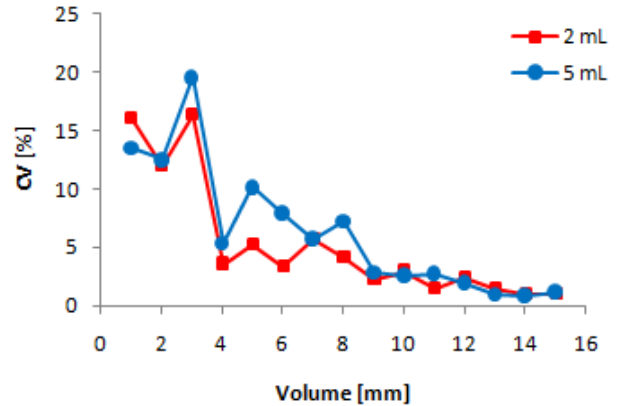


Fig. 5. Coefficient of variation(CV) of dispensed volume decreases as the volume increases. And CV was low in smaller syringe.

이었고, 왼손 검지에서 수동 분주 시 0.24 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$, 자동 분주 시 0.05 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$ 로 자동 분주장치를 사용하였을 때 손의 피폭이 감소되었다(Table 2).

2. 자동 분주장치의 분주 용량 재현성 평가

^{18}F -FDG 대신 생리식염수가 장착된 자동 분주장치에서 1.0 mm부터 15.0 mm까지 1.0 mm씩 증가시키면서 각각 5회씩 분주하였을 때 주사기의 무게를 뺀 분주 된 생리식염수만의 무게를 측정해 본 결과, 표준편차는 2 mL 주사기와 5 mL 주사기에서 모두 불규칙하게 나타났지만 주사기의 크기가 작을 때 편차가 작게 나타났다(Fig. 4). 변동계수는 분주하고자 하는 용량이 증가할수록 점점 감소하였으며 주사기의 크기

가 작을 때 분주 용량의 재현성이 향상되었다(Fig. 5). 또한 분주 용량 6 mm 이후부터는 2 mL 주사기와 5 mL 주사기에서 모두 변동계수 10% 미만을 유지하였다.

3. 자동 분주장치의 분주 방사능 재현성 평가

1) 직선성 평가

^{18}F -FDG 370 MBq (10 mCi)를 2 mL 주사기와 5 mL 주사기에 0.5 mL와 1.0 mL로 분주하여 15, 30, 45, 60, 75, 90, 120, 150, 195 분에 방사능을 측정하고 방사능 붕괴 식에 따라 계산된 이론값과 비교해 본 결과, 모두 정상 오차범위 5.0% 미만으로 본 실험에서 무시할 수 있는 수치로 측정되었다 (Table 3, Fig. 6).

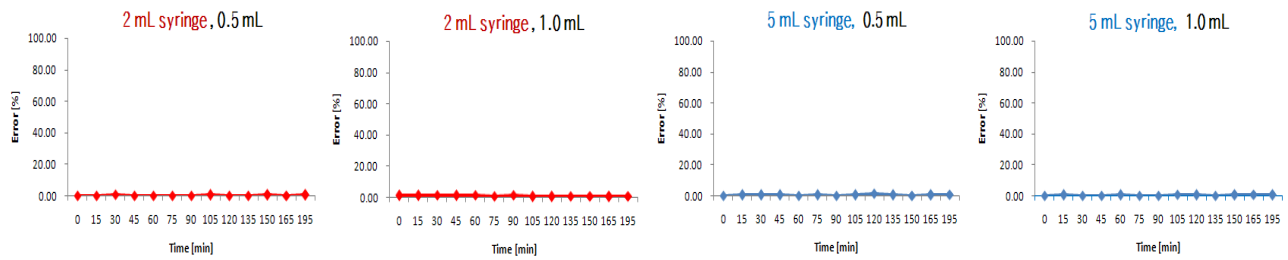


Fig. 6. The error from the linearity of dose calibrator can be denied.

Table 4. Volume dependency of dose calibrator

2 mL Syringe			5 mL Syringe		
Volume (mL)	Measured activity (MBq)	Error (%)	Volume (mL)	Measured activity (MBq)	Error (%)
0.3	373.7	0.00	0.4	402.9	0.00
0.5	371.5	0.10	1.0	400.3	0.74
1.0	368.9	0.60	2.0	397.8	1.40
1.5	368.9	1.11	3.0	392.9	2.35
2.0	364.5	1.62	4.0	390.4	2.94
2.5	362.2	1.94	5.0	388.1	3.15

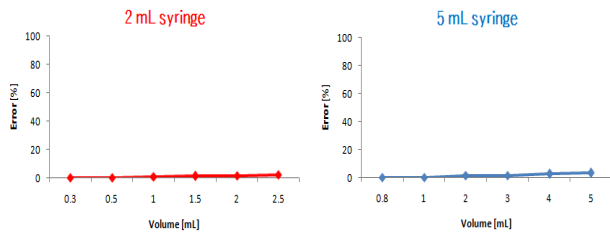


Fig. 7. The error caused by differences in volume can be denied.

2) 용적(Volume) 의존성 평가

^{18}F -FDG 370 MBq (10 mCi)를 2 mL 주사기와 5 mL 주사기로 분주 후 생리식염수를 이용하여 5 mL 주사기는 1.0 mL씩, 2 mL 주사기는 0.5 mL씩 용적만 증가시키면서 자동 분주장치에 내장된 dose calibrator에서 방사능을 측정해 본 결과, 모두 정상 오차범위 5.0% 미만으로 용적의 차이에 따른 방사능의 차이는 본 실험에서 무시할 수 있는 수치로 측정되었다 (Table 4, Fig. 7).

3) 자동 분주장치의 분주 방사능 재현성 평가

각각 다른 비방사능의 ^{18}F -FDG 바이알에서 동일 용량으로 5회씩 분주한 ^{18}F -FDG의 방사능량의 표준편차는 2 mL 주사기와 5 mL 주사기 모두 장비에 장착된 바이알 내 ^{18}F -FDG의 비방사능이 증가할수록 증가하는 추세를 보였다. 바이알 내 ^{18}F -FDG의 비방사능이 증가함에 따른 표준편차의 증가를 추세선으로 나타냈을 때 2 mL 주사기에서 $y=0.0008$, $x=0.1765$,

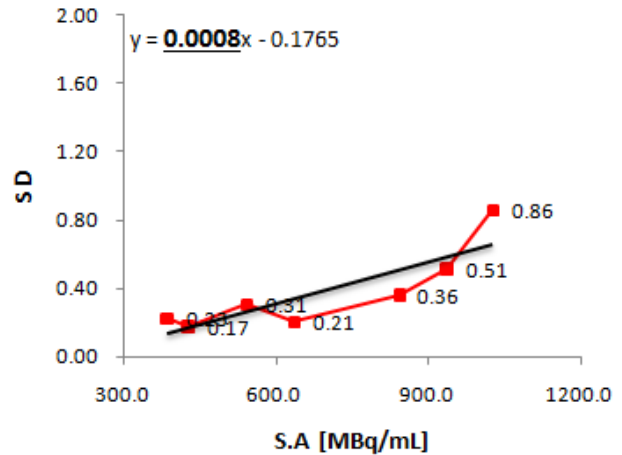


Fig. 8. Standard deviation of dispensed radioactivity using 2 mL syringe was increased as the specific activity of ^{18}F -FDG in vial increases.

5 mL 주사기에서 $y=0.0017$, $x=0.4957$ 이었다. 그 기울기가 2 mL와 5 mL 주사기에서 각각 0.0008, 0.0017로 작은 주사기에서 편차가 더 작게 나타났다(Fig. 8, 9).

변동계수도 마찬가지로 2 mL 주사기와 5 mL 주사기에서 모두 장비에 장착된 바이알 내 ^{18}F -FDG의 비방사능이 증가할수록 증가하는 추세를 보였다. 바이알 내 ^{18}F -FDG의 비방사능이 증가함에 따른 변동계수의 증가를 추세선으로 나타냈을 때 2 mL 주사기에서 $y=0.0097$, $x=2.431$, 5 mL 주사기에서 $y=0.0185$, $x=5.5836$ 이었다. 그 기울기가 2 mL와 5 mL 주

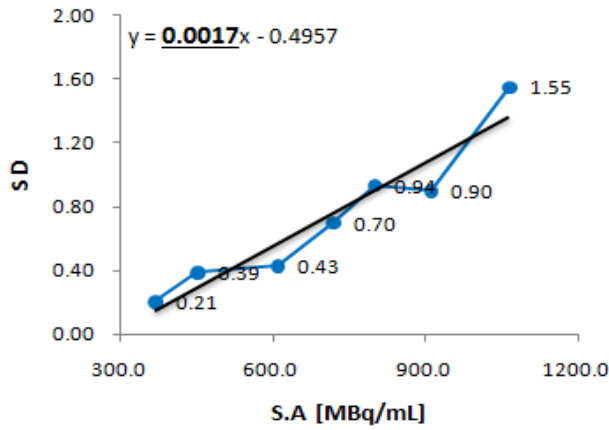


Fig. 9. Standard deviation of dispensed radioactivity using 5 mL syringe was increased as the specific activity of ¹⁸F-FDG in vial increases.

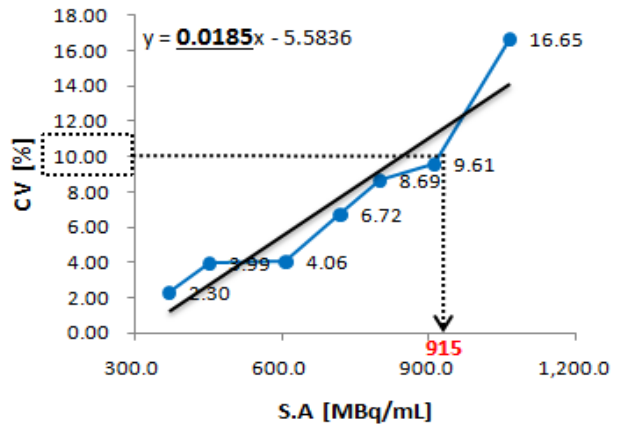


Fig. 11. Coefficient of variation of dispensed radioactivity using 5 mL syringe was increased as the specific activity of ¹⁸F-FDG in vial increases.

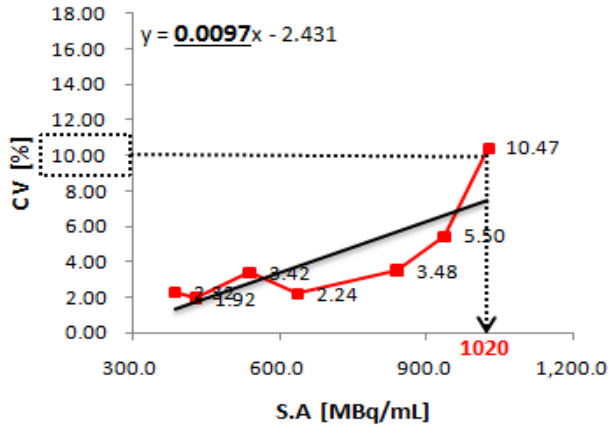


Fig. 10. Coefficient of variation of dispensed radioactivity using 2 mL syringe was increased as the specific activity of ¹⁸F-FDG in vial increases.

사기에서 각각 0.0097, 0.0185로 작은 주사기에서 분주 방사능의 재현성이 향상되었다(Fig. 10, 11).

또한 바이알 내 ¹⁸F-FDG의 비방사능이 2 mL 주사기를 사용할 때 약 1,020 MBq/mL (27.6 mCi/mL) 이하, 5 mL 주사기를 사용할 때 약 915 MBq/mL (24.7 mCi/mL) 이하에서 변동 계수가 10% 미만으로 유지되었다.

고 찰

ICRP에서는 연간 개인이 받는 총 피폭선량을 대중의 경우 1 mSv, 작업종사자의 경우 20 mSv로 제한하고 피폭은 정당성과 최적화 원칙 즉, 합리적으로 달성 가능한 한 감소시킨다는(ALARA) 원칙에 부합해야 함을 권고하고 있다.¹⁾

전신 PET/CT 검사에서 사용되는 ¹⁸F-FDG의 경우 양전자

방출 동위원소를 이용한 방사성 의약품으로써 511 keV의 감마선을 방출하며 이는 다른 핵의학 검사에서 사용되는 방사성 의약품이 방출하는 방사선의 에너지보다 높은 수치로 방사선 작업종사자의 피폭을 더욱 가중시킨다.¹⁻³⁾ 따라서 PET 검사실에서 종사하는 방사선 작업종사자에게 외부피폭 방호의 3원칙인 시간, 거리, 차폐의 준수가 더욱 더 중요하다.

이러한 방호개념에서 방사성 의약품 자동 분주장치의 사용은 권장할 만한 것이다. 방사성 의약품이 분주되는 동안 방사선 작업종사자가 직접 방사성 의약품을 만질 필요가 없으며 멀리 떨어져 다른 업무가 가능하고 이는 피폭을 받는 시간과 거리를 함께 감소시킨다.³⁾ 또한 자동 분주장치 자체가 납과 텅스텐으로 차폐가 되어있기 때문에 차폐의 원칙까지 부합한다. 본원에서 사용하고 있는 장비의 경우 방사성 의약품이 담긴 바이알 차폐체는 텅스텐 30 mm로 되어있으며 자동 분주장치의 하우징 또한 20 mm의 납으로 구성되어 있다.

본 논문에서 자동 분주장치의 차폐 정도를 수동 분주할 때와 비교 분석해 본 결과, 흉부 피폭선량은 평균 0.41±0.09 μSv에서 0.36±0.10 μSv로 감소했다. 손의 피폭선량은 오른손잡이 방사선 작업종사자를 기준으로 30명의 환자 주사 시 누적선량으로 평가하였다. 수동 분주 시 오른손은 3.22 mSv, 왼손은 2.26 mSv 측정되었으며, 자동 분주 시 오른손은 0.28 mSv, 왼손은 0.47 mSv로 측정되었다.

하지만 이와 같은 피폭절감의 이점에도 불구하고 실제 임상에서 본 장비를 사용 할 때 원하는 단위 방사능량의 ¹⁸F-FDG를 주사기에 분주하기 위해 용량의 증감을 반복하면서 몇 가지 불편함이 발생하였다. 용량을 조절하는 과정에서 ¹⁸F-FDG가 바이알 밖으로 새어나와 dose calibrator를 오염시

키는 일이 빈번히 발생하였으며 환자의 주사시간이 증가하고 다음 환자의 대기시간을 증가시켰다. 또한 ^{18}F -FDG의 비방사능이 너무 높은 경우에는 수동으로 다시 조절해야 되면서 방사선 작업종사자의 추가 피폭까지 발생하였다. 이러한 문제점은 바이알 내 ^{18}F -FDG의 비방사능이 너무 높아 주사기의 주사바늘 끝에 묻은 소량의 ^{18}F -FDG에도 방사능의 변화가 매우 크기 때문에 발생한다. 따라서 본 연구는 이러한 문제를 해결하면서 피폭절감의 효과까지 받을 수 있도록 본 장비의 최적화된 분주방법을 찾는 것을 목적으로 하고 있으며 연구 결과, 분주 용량을 증가시키고, 작은 크기의 주사기를 사용하며 바이알 내 ^{18}F -FDG의 비방사능을 915-1,020 MBq/mL (24.7-27.6 mCi/mL) 이하로 유지시킬 때 분주 재현성이 향상되었다.

본 논문의 제한 점으로는 첫 번째, 장비에 장착된 ^{18}F -FDG 바이알의 진공상태를 고려하지 않았다는 점이다. 바이알의 진공상태에 따라 주사기에 분주되는 공기의 양이 달라지며 공기의 양이 증가할수록 분주되는 ^{18}F -FDG의 양은 감소하게 된다. 하지만 모든 바이알의 진공정도를 동일하게 맞추는 데는 한계가 있으며 바이알 내 ^{18}F -FDG의 비방사능을 낮출수록 이 오차도 함께 감소될 것이라 생각된다. 두 번째, 본원의 cyclotron실에서 사용하는 한 가지 종류의 10 mL 바이알만 사용하였다는 점이다. 병원에 따라 사용하는 바이알의 크기와 모양, 그리고 진공정도가 다르지만 이에 따른 오차는 고려하지 못하였다. 세 번째, 분주 방사능량의 재현성 평가 시 2 mL 주사기와 5 mL 주사기에서 각각 바이알 내 ^{18}F -FDG의 비방사능이 달라 동일 비방사능에서의 재현성을 비교하는데 제한점이 있었다. 네 번째, 사용하는 주사기 자체가 불균일하다는 점이다. 주사기의 내경과 피스톤에 부착 된 고무에 의한 압력이 일정하지 않아 같은 거리(mm)만큼 피스톤을 잡아당겨도 분주되는 용량의 차이가 발생한다. 하지만 이것 역시 바이알 내 ^{18}F -FDG의 비방사능을 낮출수록 용량의 차이에 따른 방사능량의 오차는 감소할 것이다. 다섯 번째, 병원마다 dose calibrator의 내장여부, 사용할 수 있는 주사기의 크기 등 장비의 셋팅 시 선택사항이 다르기 때문에 본 연구의 결과를 적용하는 데 한계가 있을 수 있다.

결 론

본 연구를 통해 방사성 의약품 자동 분주장치의 사용은 방사선 작업종사자의 피폭감소에 유용함을 확인하였다. 또한 자동 분주장치를 사용 시 분주하고자 하는 용량을 증가시키고 ^{18}F -FDG의 비방사능이 낮은 바이알을 장비에 장착하여

사용하며 작은 크기의 주사기를 사용한다면 분주 재현성이 향상될 수 있을 것이다. 특히 바이알 내 ^{18}F -FDG의 비방사능을 915-1,020 MBq/mL (24.7-27.6 mCi/mL) 이하로 유지한다면 변동계수 10% 미만의 높은 재현성을 유지하며 임상에서 불편함 없이 유용하게 사용될 것이다.

요 약

최근 방사선 작업종사자의 외부피폭을 감소시키기 위하여 방사성 의약품 자동 분주장치를 사용하는 병원이 증가하는 추세이다. 방사성 의약품 자동 분주장치는 주사기의 피스톤을 잡아당기는 거리(mm)를 조절하여 방사성 의약품을 자동 분주 하도록 설계되어 있어 장비에 장착한 바이알 내 방사성 의약품의 비방사능이 클 때 소량의 원하는 단위 방사능의 방사성 의약품을 분주하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 방사성 의약품 자동 분주장치의 방사능 차폐능력을 평가하고 장비의 분주 재현성을 극대화하는 최적화된 분주방법을 찾고자 세 가지 실험을 진행하였다. 첫 번째 실험은 자동 분주장치의 사용여부에 따른 방사선 작업종사자의 손과 흉부의 피폭 비교 실험이다. 환자에게 ^{18}F -FDG 투여 시 30명은 자동 분주로, 30명은 수동으로 분주하여 투여하고 주사과정에서 방사선 작업종사자가 받는 손과 흉부의 피폭선량을 측정하여 비교하였다. 흉부 피폭선량은 독립표본 t-검정 결과, 분주방법에 따라 유의한 차이가 있었고 손의 피폭선량은 자동 분주 시 오른손 검지에서 11.5배 왼손 검지에서 4.8배 낮게 측정되었다. 두 번째 실험은 자동 분주장치의 분주 용량 재현성 평가이다. 생리식염수가 담긴 바이알을 장비에 장착하고 분주하고자 하는 용량을 1부터 15 mm까지 1 mm씩 증가시키면서 5회씩 분주하였을 때 주사기의 무게를 뺀 분주된 생리식염수만의 무게를 마이크로 저울로 측정하여 표준편차와 변동계수를 비교하였다. 그 결과, 표준편차는 분주하고자 하는 용량의 크기가 커짐에 따라 불규칙하게 나타났지만 변동계수는 감소하는 추세를 나타냈다. 또한 작은 크기의 주사기를 사용하였을 때 더 낮은 표준편차와 변동계수를 나타냈다. 세 번째 실험은 자동 분주장치의 분주 방사능 재현성 평가이다. 장비에 장착된 바이알 내 ^{18}F -FDG의 비방사능이 다를 때 70 kg 환자를 기준으로 kg당 5.17 MBq (0.14 mCi)인 362.6 MBq (9.8 mCi)±10%를 분주 후 동일 용량에서 4회 더 분주 하여 dose calibrator에서 방사능을 측정하고 그 표준편차와 변동계수를 비교 분석하였다. 그 결과, 장비에 장착된 바이알 내 ^{18}F -FDG의 비방사능이 증가할수록 표준편차와 변동계수 모두 증가하는 추세를 보였으며 작은 크기의 주사기를 사용할

때 더 낮은 편차를 보였다. 또한 바이알 내 ^{18}F -FDG의 비방사능이 2 mL 주사기를 사용할 때에는 약 1,020 MBq/mL (27.6 mCi/mL) 이하, 5 mL 주사기를 사용할 때에는 약 915 MBq/mL (24.7 mCi/mL) 이하일 때 변동계수를 10% 미만으로 유지시키며 더욱 유용하게 사용할 수 있음을 확인하였다.

REFERENCES

1. A Robert Schleipman, Victor H Gerbaudo. Occupational radiation dosimetry assessment using an automated infusion device for positron-emitting radiotracers. *J Nucl Med Technol* 2012; 40:246-247.
2. 박성옥, 안성민, 양한준, 유광렬, 이경성, 이만구, 장상섭, 김희중. 핵의과학 Nuclear Medicine Science. 개정3판. 보문서원 2008.
3. Benjamin Guillet, Pierre Quentin, Serge Waultier, Marc Bourrelly, Pascale Pisano, Olivier Mundler. Technologist radiation exposure in routine clinical practice with ^{18}F -FDG PET. *J Nucl Med Technol* 2005;33:175-179.
4. Mustafa Demir, Bayram Demir, Doğan Yaşar, Haluk B Sayman, Metin Halac, Asm Sabbir Ahmed, Kazım Özcan, İlhami Uslu. Radiation doses to technologists working with ^{18}F -FDG in a PET center with high patient capacity. *NUKL-EONIKA* 2010;55:107-112.
5. Arnold F Jacobson, Robert Centofanti, Olakiitan I Babalola, Brian Dean. Research and development, GE healthcare, princeton, new jersey, and arlington heights, illinois survey of the performance of commercial dose calibrators for measurement of ^{123}I activity. *J Nucl Med* 2011;302-306.
6. JO Park, H Lee, YS Shin, YH Shin, KHo Jin, YS Choe, BT Kim. Simple devices for dispensing [^{18}F]FDG. *Applied Radiation Isotopes* 2005;62:605-607.
7. Zimmer AM; Professor of Radiology Northwestern University Medical School Northwestern Memorial Hospital Chicago, IL. Measurement of system reproducibility and measurement of sample volume characteristics of a BIODEx A500 Dose calibrator.
8. Ronald Boellaard. Department of Nuclear Medicine and PET Research, VU University Medical Center, Amsterdam, The Netherlands. Standards for PET Image Acquisition and Quantitative Data Analysis. *J Nucl Med* 2009;50:11S-20S.