

## PET검사 작업환경에 있어서 APRON의 방어에 대한 고찰

영남대학교병원 핵의학과

이성욱 · 김승현 · 지봉근 · 이동욱 · 김정수 · 김경목 · 장영도 · 방찬석 · 백종훈 · 이인수

### A Consideration of Apron's Shielding in Nuclear Medicine Working Environment

Seong-wook Lee, Seung-hyun Kim, Bong-geun Ji, Dong-wook Lee, Jeong-soo Kim,  
Gyeong-mok Kim, Young-do Jang, Chan-seok Bang, Jong-hoon Baek and In-soo Lee

*Department of Nuclear Medicine, Yeungnam University Hospital, Daegu, Korea*

**Purpose:** The advancement in PET/CT test devices has decreased the test time and popularized the test, and PET/CT tests have continuously increased. However, this increases the exposure dose of radiation workers, too. This study aims to measure the radiation shielding rate of  $^{18}\text{F}$ -FDG with a strong energy and the shielding effect when worker wore an apron during the PET/CT test. Also, this study compared the shielding rate with  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  to minimize the exposure dose of radiation workers. **Materials and Methods:** This study targeted 10 patients who visited in this hospital for the PET/CT test for 8 days from May 2nd to 10th 2013, and the  $^{18}\text{F}$ -FDG distribution room, patient relaxing room (stand by room after  $^{18}\text{F}$ -FDG injection) and PET/CT test room were chosen as measuring spots. Then, the changes in the dose rate were measured before and after the application of the APRON. For an accurate measurement, the distance from patients or sources was fixed at 1M. Also, the same method applied to  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 's Source in order to compare the reduction in the dose by the Apron. **Results:** 1) When there was only L-block in the  $^{18}\text{F}$ -FDG distribution room, the average dose rate was 0.32  $\mu\text{Sv}$ , and in the case of L-blockK+ apron, it was 0.23  $\mu\text{Sv}$ . The differences in the dose and dose rate between the two cases were respectively, 0.09  $\mu\text{Sv}$  and 26%. 2) When there was no apron in the relaxing room, the average dose rate was 33.1  $\mu\text{Sv}$ , and when there was an apron, it was 22.3  $\mu\text{Sv}$ . The differences in the dose and dose rate between them were respectively, 10.8  $\mu\text{Sv}$  and 33%. 3) When there was no APRON in the PET/CT room, the average dose rate was 6.9  $\mu\text{Sv}$ , and there was an APRON, it was 5.5  $\mu\text{Sv}$ . The differences in the dose and dose rate between them were respectively, 1.4  $\mu\text{Sv}$  and 25%. 4) When there was no apron, the average dose rate of  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  was 23.7  $\mu\text{Sv}$ , and when there was an apron, it was 5.5  $\mu\text{Sv}$ . The differences in the dose and dose rate between them were respectively, 18.2  $\mu\text{Sv}$  and 77%. **Conclusion:** According to the result of the experiment,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  injected into patients showed an average shielding rate of 77%, and  $^{18}\text{F}$ -FDG showed a relatively low shielding rate of 27%. When comparing the sources only,  $^{18}\text{F}$ -FDG showed a shielding rate of 17%, and  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 's was 77%. Though it had a lower shielding effect than  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ,  $^{18}\text{F}$ -FDG also had a shielding effect on the apron. Therefore, it is considered that wearing an apron appropriate for high energy like  $^{18}\text{F}$ -FDG would minimize the exposure dose of radiation workers. (*Korean J Nucl Med Technol 2014;18(1):110-114*)

**Key Words :** Apron, Dose rate, Shielding rate

## 서 론

• Received: March 28, 2014. Accepted: April 21, 2014.

• Corresponding author : **Seong-wook Lee**

Department of Nuclear Medicine, Yeungnam University Hospital,

170 Hyeonchung-ro, Daegu 705-703, Korea

Tel: +82-53-620-3125, Fax: +82-53-625-3126

E-mail: supersia@hanmail.net

양전자 단층촬영은 각종 생화학적 물질의 생체 내 분포를 영상화하여 인체 내의 생리적 지표들을 정량적으로 측정할 수 있어 생화학 또는 병리현상의 규명과 질병 진단, 치료

후 예후판정, 치료계획 등에 유용하게 이용되고 있으며 그 중요성에 대한 인식이 최근 매우 높아지고 있다. 그러나 상대적으로 영상의 해상도가 낮고 해부학적 위치와 주변 조직과의 관계를 평가하기 어려운 단점이 있어 이러한 단점을 보완하기 위하여 CT를 결합한 기기가 널리 사용되고 있다. 이러한 PET/CT 기기는 촬영시간을 단축하고 더욱 선명한 영상을 얻을 뿐 아니라, PET과 CT와의 융합영상을 얻어 생화학적 영상과 해부학적 영상을 함께 분석하고 있다. 이러한 장점으로 PET/CT는 단독 PET을 빠르게 대처하고 있고 검사건수가 점차 증가하고 있는 추세이며,<sup>1)</sup> 종양학 분야는 물론 심장, 신경 등 여러 가지 분야에서 널리 활용되고 있다.<sup>2)</sup> 하지만 최근 방사선 피폭이 의료계뿐만 아니라 사회적으로 하나의 화두가 되면서 국민의 관심이 높아진 상태이다. 비록 Radiation hormesis 이론에 따라 인간에게 있어 적은양의 방사선은 인체에 이롭다는 관점에서 볼

수도 있지만 최근 적은 방사선량에도 암 발생률이 증가한다는 여러 연구들이 발표되고 있다. 이러한 학설들이 뒤집어지기 전까지는 ALARA에 따라 방사선 피폭의 수준을 합리적으로 달성 가능한 한 감소시켜야 할 것이다.<sup>3)</sup> 이에 따라 본 연구에서는 PET/CT 검사 시 에너지가 강한 <sup>18</sup>F-FDG의 차폐효과를 중점에 두고 <sup>99m</sup>Tc을 비교하여 apron을 착용했을 때 차폐정도의 수치를 비교 분석하여 근무 중 최대한 방사선 작업 종사자의 선량을 줄이는데 목적이 있다.

## 실험재료 및 방법

### 1. 대상

대구 경북지역의 Y병원을 내원한 환자 10명을 대상으로 <sup>18</sup>F-FDG를 주사 후 정확한 거리와 높이선량을 측정하기 위해 줄자와 선량계를 사용하였으며(Figs. 1, 2) 무거운 납치마를 흔들리지 않고 정확히 측정하기 위해 폴대를 이용하였고 정확한 지점을 마킹하기 위해 검은 테이프를 사용하였다(Figs. 3, 4). 또한 <sup>99m</sup>Tc을 측정하기 위해 각 syringe에 activity가 다른 source를 넣고 볼륨을 조절하여 5-50 mCi의 source를 10번으로 나누어 그림과 같은 방법으로 하였으며 기준은 높이 110 cm, 거리 1 m로 하였다(Fig. 5).

### 2. 실험방법

첫 번째 실험은 분배실에서 back ground를 측정한 후 L-block만 있는 상태와 납치마로 차폐한 상태에서 각각 10번 측정하였다(거리 1 m, 높이 1.2 m). 또한 Y병원 PET/CT



Fig. 1. 줄자.



Fig. 2. 선량계(Rad-Eye G10).



Fig. 3. 폴대를 이용한 선량측정.

검사로 내원한 환자 10명을 대상으로  $^{18}\text{F}$ -FDG 주사 후 안정실에서 앞치마가 없는 상태와 있는 상태에서 각각 10번



Fig. 4. 검은 테이프를 이용한 마킹.

측정하였고(거리 1 m, 높이 70 cm) PET/CT검사가 들어가기 직전 테이블 위에서 앞치마가 없는 상태와 있는 상태에서 각각 10번 측정하였다(거리 1 m 높이 1.1 m). 이때 선량을 재는 기준은 환자의 심장높이로 하였다(Fig. 6).

## 결 과

### 1. 차폐평균과 차폐율

L-block만 있는 경우 평균  $0.32 \mu\text{Sv}$ 였고 L-block+apron의 경우  $0.23 \mu\text{Sv}$ 이었으며 두 경우의 선량과 선량율의 차이는 각각  $0.09 \mu\text{Sv}$ , 26%로 나타났다(Table 1). 안정실에서 apron이 없는 경우 평균  $33.1 \mu\text{Sv}$ 였고 apron이 있는 경우 평균  $22.3 \mu\text{Sv}$ 였다. 두 경우의 선량과 선량율의 차이는 각각  $10.8 \mu\text{Sv}$ , 33%로 나타났다(Table 2).



Fig. 5. 각 source의 activity에 따른 선량 측정 모습.

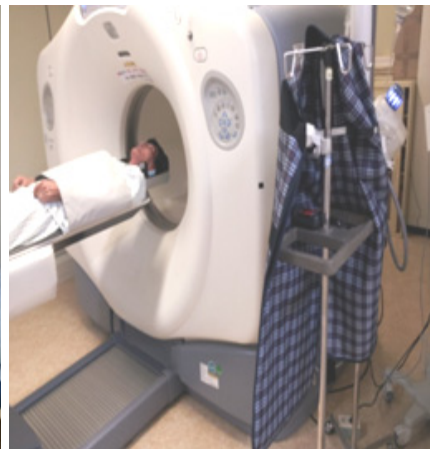


Fig. 6. 환자의 심장높이에 따른 측정 모습.

**Table 1.** L-block만 있을 때와 앞치마가 같이 있는 경우(거리 1 m, 높이 1.2 m)

시행 횟수	L-block	시행 횟수	L-block+Apron+(차폐물)
1차	0.38 $\mu$ Sv	1차	0.21 (44%)
2차	0.30 $\mu$ Sv	2차	0.27 (10%)
3차	0.37 $\mu$ Sv	3차	0.27 (27%)
4차	0.28 $\mu$ Sv	4차	0.25 (11%)
5차	0.25 $\mu$ Sv	5차	0.19 (24%)
6차	0.35 $\mu$ Sv	6차	0.23 (34%)
7차	0.40 $\mu$ Sv	7차	0.19 (52%)
8차	0.26 $\mu$ Sv	8차	0.22 (15%)
9차	0.34 $\mu$ Sv	9차	0.22 (35%)
10차	0.30 $\mu$ Sv	10차	0.24 (20%)
Aver.	0.32 $\mu$ Sv	Aver.	0.23
Aver gap.	0.09	Aver gap (%)	26%

**Table 2.** 안정실에서 차폐평균과 차폐물(거리 1 m, 높이 70 cm)

시행 횟수	Apron (X)	시행 횟수	Apron(O)+(차폐물)
1차	33.4 $\mu$ Sv	1차	25.0 (25%)
2차	20.0 $\mu$ Sv	2차	13.6 (32%)
3차	43.4 $\mu$ Sv	3차	34.0 (21%)
4차	25.2 $\mu$ Sv	4차	18.3 (27%)
5차	41.0 $\mu$ Sv	5차	29.0 (29%)
6차	41.2 $\mu$ Sv	6차	29.2 (29%)
7차	37.8 $\mu$ Sv	7차	23.2 (37%)
8차	30.2 $\mu$ Sv	8차	16.2 (46%)
9차	29.8 $\mu$ Sv	9차	17.6 (40%)
10차	28.7 $\mu$ Sv	10차	16.7 (42%)
Aver.	33.1 $\mu$ Sv	Aver.	22.3
Aver gap.	10.8	Aver gap (%)	33%

PET/CT실에서의 APRON이 없는 경우 평균 6.9  $\mu$ Sv였고 apron이 있는 경우 평균 5.5  $\mu$ Sv였다. 두 경우의 선량과 선량율의 차이는 각각 1.4  $\mu$ Sv, 25%로 나타났다(Table 3).  $^{99m}$ Tc apron이 있는 없는 경우 평균 23.7  $\mu$ Sv였고 apron이 있는 경우 평균 5.5  $\mu$ Sv였다. 두 경우의 선량과 선량율의 차이는 각각 18.2  $\mu$ Sv, 77% 나타났다(Table 4).

10 mci를  $^{99m}$ Tc과  $^{18}$ F-FDG를 환자에게 투여하지 않고 source  $^{99m}$ Tc은 77%를,  $^{18}$ F-FDG는 17%의 차폐효과를 나타내었다. 또한 수정을 거치면서 5-50 mci의  $^{99m}$ Tc을 5 mci의 단위로 10번 측정된 결과 10 mci와 같은 차폐율을 나타내었다(Table 5).

**Table 3.** PET-CT실에서의 차폐평균과 차폐물(거리 1 m, 높이 1.1 m)

시행 횟수	Apron (X)	시행 횟수	Apron(O)+(차폐물)
1차	9.3 $\mu$ Sv	1차	6.1 (34%)
2차	8.0 $\mu$ Sv	2차	4.6 (42%)
3차	8.9 $\mu$ Sv	3차	6.4 (28%)
4차	7.6 $\mu$ Sv	4차	5.8 (24%)
5차	6.8 $\mu$ Sv	5차	5.8 (15%)
6차	6.1 $\mu$ Sv	6차	5.3 (12%)
7차	6.1 $\mu$ Sv	7차	4.9 (19%)
8차	6.9 $\mu$ Sv	8차	4.8 (31%)
9차	7.4 $\mu$ Sv	9차	5.7 (22%)
10차	7.8 $\mu$ Sv	10차	5.9 (25%)
Aver.	6.9 $\mu$ Sv	Aver.	5.5
Aver gap.	1.4	Aver gap (%)	25%

**Table 4.**  $^{99m}$ Tc의 차폐평균과 차폐물(거리 1 m, 높이 1.1 m)

Dose (mci)	Apron (X)	시행 횟수	Apron(O)+(차폐물)
5 mci	4.3 $\mu$ Sv	5 mci	1.1 (74%)
10 mci	11.3 $\mu$ Sv	10 mci	2.7 (77%)
15 mci	14.2 $\mu$ Sv	15 mci	3.3 (77%)
20 mci	15.8 $\mu$ Sv	20 mci	3.8 (76%)
25 mci	17.0 $\mu$ Sv	25 mci	4.1 (76%)
30 mci	27.3 $\mu$ Sv	30 mci	5.3 (80%)
35 mci	30 $\mu$ Sv	35 mci	6.6 (78%)
40 mci	33.2 $\mu$ Sv	40 mci	8.2 (75%)
45 mci	37.6 $\mu$ Sv	45 mci	9.2 (75%)
50 mci	46.4 $\mu$ Sv	50 mci	10.2 (75%)
Aver.	23.7 $\mu$ Sv	Aver.	5.5 (78%)
Aver gap.	18.2	Aver gap (%)	77%

## 결론 및 고찰

최근 많은 매체를 통해 방사선의 심각성이 대두되면서 피폭감소를 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 악성종양, 간질, 알츠하이머, 치매를 비롯한 각종질환의 진단에 활용되고 있는  $^{18}$ F-FDG의 차폐효과에 중점을 두고  $^{99m}$ Tc의 비교를 통해 apron의 차폐효과를 알아보려고 하였다. 실험을 시작하기 앞서  $^{18}$ F-FDG 차폐효과의 무용론과 apron의 제조회사마다 차이가 있는 논문 2편을 참고하여 실험을 시작하였다. 실험결과  $^{18}$ F-FDG는 강한 에너지로 인해 이차전자와 산란선을 발생시켜 APRON을 착용하면 더 많은 피폭을 받을 수도 있을 것이라는 예상과는 달리 환자에게  $^{18}$ F-FDG를 투여한 후의 측정에서의 분배실, 안정실,

**Table 5.** <sup>18</sup>F-FDG와 <sup>99m</sup>Tc의 Source 자체의 차폐율 비교(10 mci 기준 거리 1 m, 높이 1 m)

Dose (mci)	Apron (X)	시행 횟수	Apron(O)+(차폐율)
10 mci ( <sup>18</sup> F-18)	34.9 μSv	10 mci	28.7 μSv (17%)
10 mci ( <sup>99m</sup> Tc)	11.3 μSv	10 mci	2.7 μSv (77%)
5-50 mci ( <sup>99m</sup> Tc)			(77%)

PET/CT실에서 25-33%의 선량감소율을 나타내었고 평균 27%의 선량감소율을 나타내었다. <sup>99m</sup>Tc의 경우 이미 알고 있는 이론과 비슷한 평균 77%의 선량감소율을 나타내었으며 <sup>18</sup>F-FDG에 비해 3배 가까운 차폐효과를 보이고 있음을 알 수 있었다. 또한 <sup>18</sup>F-FDG를 환자에게 투여하지 않고 source 자체를 비교하였을 경우 17%의 차폐율을 보여 환자를 상대하는 시간과 주사를 하는 시간이 동일할 경우에는 주사를 하는 시간이 더 많은 피폭을 받을 수 있을 것이라고 여겨진다. 이러한 이유로 <sup>18</sup>F-FDG를 이용한 검사에는 <sup>18</sup>F-FDG와 같은 고에너지에 맞는 APRON을 착용한다면 방사선 작업종사자의 피폭선량을 최소화할 수 있을 것으로 사료된다.

## 요 약

PET/CT기기의 발달로 인한 검사시간의 단축과 대중화로 인해 검사건수도 꾸준히 증가하고 있다. 이는 방사선 작업종사자의 피폭선량도 함께 증가시키는 결과를 초래한다. 본 연구는 PET/CT 검사에 있어서 에너지가 강한 <sup>18</sup>F-FDG를 apron을 착용 시 방사선 차폐율을 측정하고 차폐효과를 알아보려고 하였다. 또한 <sup>99m</sup>Tc과의 차폐율을 비교하여 방사선 작업종사자의 피폭선량을 최소화하는 것에 목적을 두고 진행하였다. 실험방법은 2013년 5월 2일부터 5월 10일까지 8일간 PET/CT 검사를 위해 본원을 방문한 10명의 환자를 대상으로 하였고 PET/CT 주요 작업공간인 <sup>18</sup>F-FDG 분배실, 환자 안정실(<sup>18</sup>F 주사 후 환자 대기장소), PET/CT 검사실 모두 3곳을 선정하여 Apron장착 전과 apron장착 후로 나누어 선량을 변화를 측정하였다. 정확한 측정을 위해서

환자 또는 Source부터의 거리는 1 m로 고정하였다. 또한 Apron의 선량감소율을 비교하고자 <sup>99m</sup>Tc의 source에도 같은 방법을 적용하여 측정하였다. 측정결과 <sup>18</sup>F-FDG 분배실에서 L-BLOCK만 있는 경우 평균 0.32 μSv였고 L-block+apron의 경우 0.23 μSv이었으며 두 경우의 선량과 선량율의 차이는 각각 0.09 μSv, 26%로 나타났다. 안정실에서 apron이 없는 경우 평균 33.1 μSv였고 apron이 있는 경우 평균 22.3 μSv였다. 두 경우의 선량과 선량율의 차이는 각각 10.8 μSv, 33%로 나타났다. PET/CT실에서의 apron이 없는 경우 평균 6.9 μSv였고 apron이 있는 경우 평균 5.5 μSv였다. 두 경우의 선량과 선량율의 차이는 각각 1.4 μSv, 25%로 나타났다. <sup>99m</sup>Tc은 apron이 없는 경우 평균 23.7 μSv였고 apron이 있는 경우 평균 5.5 μSv였다. 두 경우의 선량과 선량율의 차이는 각각 18.2 μSv, 77%나타났다. 실험결과 환자에게 투여한 후의 <sup>99m</sup>Tc의 경우 평균 77%의 차폐율을 나타내었고 <sup>18</sup>F-FDG의 경우 평균 27%의 비교적 낮은 차폐율을 보였다. source 자체만을 비교하였을 때에 <sup>18</sup>F-FDG는 17%의 차폐율을 보였고 <sup>99m</sup>Tc은 77%의 차폐율을 보였다. <sup>99m</sup>Tc에 비해 낮은 차폐효과이지만 <sup>18</sup>F-FDG 역시 apron에 대한 차폐효과가 있음을 알 수 있었다. 그러므로 PET/CT 검사에 있어서 <sup>18</sup>F-FDG와 같은 고에너지에 맞는 apron을 착용한다면 방사선 작업종사자의 피폭선량을 최소화 할 수 있을 것으로 사료된다.

## REFERENCES

1. 서울의대 핵의학 교실 교육 연구. 핵의학 길잡이. 고려의학; p. 22-24.
2. Ortuño JE, Kontaxakis G, Rubio JL, Guerra P, Santos A. Efficient methodologies for system matrix modelling in iterative image reconstruction for rotating high-resolution PET. *Phys Med Biol* 2010;55:1833-1861.
3. Livingstone RS, Pradip J, Dinakran PM, Srikanth B. Radiation does during chest examinations using does modulation techniques in multislice CT scanner. *Indian J Radiol Imaging* 2010; 20:154-157.