

Analysis on Fluorine-18 Shielding Efficiency of Double Shield Apron using Acrylic

Gwon-Seong Lee¹, Yeo-Ryeong Jeon², Yong-Min Kim^{2*}

¹Department of Nuclear Medicine, Daegu Catholic Univ. Medical Center

²Department of Radiological Science, Daegu Catholic University

Received: December 07, 2021. Revised: December 27, 2021. Accepted: December 31, 2021

ABSTRACT

Fluorine-18 used in PET/CT scans is a radioactive isotope that emits positrons, and high energy annihilation gamma rays and beta rays cause exposure to radiation workers. In this study, as part of a plan to reduce the exposure dose of radiation workers working in the Department of Nuclear Medicine, the cause of the low shielding efficiency of Apron for F-18 was identified, and the effectiveness of the Apron double-shielded with acrylic was evaluated. L-Block, Apron+acrylic, Apron, Acrylic+Apron, and Acrylic five shields are used to measure the dose, and the tendencies were compared by performing a Monte Carlo simulation. As a result, it was found that the shielding rate of Apron double shielded with acrylic was about 4 to 8% higher than that of Apron single shielded. To the extent that it does not significantly affect the user's activity, double-shielded personal protective clothing with an appropriate acrylic thickness could help reduce radiation workers' exposure.

Keywords: PET/CT, F-18, Double-shielded Apron, Shielding efficiency, Dose reduction

I. INTRODUCTION

핵의학적 영상진단법은 1942년 Hamilton이 가이거물러 검출기를 이용하여 갑상선에 요오드가 섭취되는 것을 발견한 것을 계기로 갑상선 질환 환자의 진단 및 치료용으로 발전하였다. 현재는 CT, MRI 장치를 융합한 SPECT/CT, PET/CT, PET/MRI 등의 장비를 이용하여 질병의 조기진단, 치료 예후 평가 등을 진단할 수 있어 의료 영상진단 분야의 중요한 부분을 차지하고 있다^[1]. 핵의학 영상검사에 사용하는 방사성동위원소 중 F-18(Fluorine-18)은 양전자를 방출하며, 양전자와 주변 전자가 전기적으로 결합하여 발생하는 2개의 511 keV 소멸감마선이 영상을 획득하기 위한 신호로 활용된다^[2]. 이 과정에서 511 keV 소멸감마선과 633 keV 베타선은 PET/CT 센터에서 근무하는 방사선작업종사자의 외부피폭을 초래하는 원인이 된다. 특히, PET/CT 센

터 방사선작업종사자의 피폭은 분주 또는 주사 시에 가장 많이 발생하며^[3], 이는 바이알에 담겨 있는 방사성의약품의 비방사능이 높고 체적이 작아 권고용량을 분주하기 위한 작업시간이 오래 걸리는 것이 원인이 된다^[4]. ICRP 75에서는 L-Block과 같은 공학적 제어와 운영절차를 적용함에도 불구하고 방호의 최적화가 달성되지 않았다고 판단될 때, Apron과 같은 개인방호복을 사용하는 것이 필요하다고 언급하고 있다^[5]. 이러한 이유로 임상에서는 방사선작업종사자의 방사선 피폭을 최소화하기 위해 Apron을 착용할 것을 권고하고 있다. 그러나 50 keV 이하의 저에너지 방사선을 사용하는 영상의학 분야에서는 그 실효성이 입증되었지만, 관련 선행 연구에서는 F-18과 같이 비교적 높은 에너지 준위의 방사선을 방출하는 핵종에 대해서는 Apron의 차폐 효율이 좋지 못하다고 언급하고 있다^[6]. 이러한 선행연구에서는 F-18에서 방출되는 양전자나 소멸

* Corresponding Author: Yong-Min Kim

E-mail: ymkim17@cu.ac.kr

Tel: *** - **** - ****

감마선이 Apron과의 상호작용에서 제동복사를 일으키거나, 2차 전자 또는 산란선 발생이 원인인 것으로 결론짓고 있다^{16,7)}.

이에 본 연구에서는 핵의학과에서 근무하는 방사선작업종사자의 피폭 저감방안의 일환으로, F-18에 대한 Apron의 낮은 차폐 효율의 원인을 규명하고, 아크릴로 이중 차폐한 Apron의 실효성을 평가하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 실험재료

임상에서 실제 분주 작업환경과 유사한 조건을 구현하기 위해 Fig. 1과 같이 방사선작업종사자가 분주하는 상황을 재현하였다. 선원과 차폐체간 거리와 차폐체와 선량계(작업종사자)간 거리를 20 cm로 정하여 실험을 진행하였다.



Fig. 1. Distance between source and shield and subject during manual distribution work.

방사선원은 F-18 방사성의약품 111 ± 0.74 MBq(3 ± 0.02 mCi)을 분주에 사용하는 주사기로 1 mL 용출하여 차폐하지 않은 상태에서 Fig. 2와 같이 지면으로부터 110 cm 높이의 Bipod assembly mount에 위치시켰다.

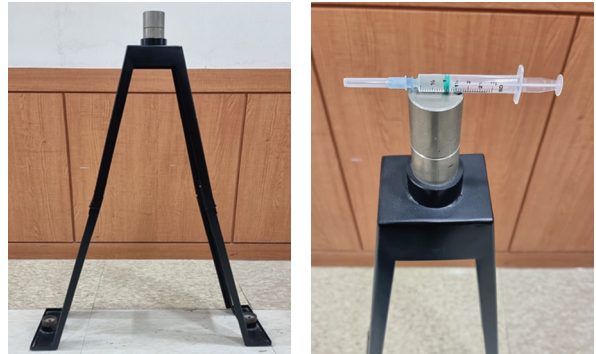


Fig. 2. A syringe containing a radiation source on top of bipod assembly mount.

실험군으로 설정한 차폐체는 Fig. 3과 같이 5 mm 아크릴과 0.5 mmPb Apron을 이용하였다.

먼저, 각 차폐체를 단독으로 사용하고 두 번째로, 제동복사의 가능성을 확인하기 위해 아크릴을 Apron 전, 후면에 부착하고 이중 차폐하여 실험하였다.

마지막으로, 두께에 따른 제동복사의 영향을 확인하기 위해 50 mm L-Block을 활용하였다. 선량측정은 독일 Thermo사의 공간선량계와 전자선량계를 사용하였으며, 선량계의 모델명, 측정 범위 등 구체적인 사양은 Table 1과 같다.



Fig. 3. Radiation Shields established in consideration of the possibility of Bremsstrahlung.

Table 1. Specification of dosimetry device

specification	Dosimetry device	
	Area monitor	Personal dosimeter
	Fisher 40G-L 10	TruDose BG
		Hp(10)
Measurement range	500 nSv/h to 100 mSv/h	1 μSv/ to ≥ 10 Sv
		Hq(0.07)
		500 μSv to 10 Sv
Linearity error	± 10%	± 10%
Type	Proportional Counter	Multiple PIN diode
Detected radiation	X, γ	β, γ
Measurement method	realtime dosimetry	realtime dosimetry, accumulated dose dosimetry
Manufacturer	Thermo(Germany)	Thermo(Germany)
Calibration date	June, 2020	June, 2020

2. 공간선량계를 이용한 공간선량을 측정

PET/CT 분주작업 시 차폐체 별 차폐율을 평가하기 위해 Fig. 4와 같이 공간선량을 측정하였다. 먼저, 백그라운드 공간선량을 측정한 후 F-18 방사성의약품을 기준으로 180도 방향의 동일한 거리에서 공간선량계를 위치하여 측정하였다. 이때, 한 쪽은 차폐하지 않은 상태로, 반대쪽에는 선원과 공간선량계 사이에 실험군으로 설정한 차폐체를 변화시키며 각각의 공간선량을 10회 반복 측정하였다. Eq. (1)의 공식을 활용하여 차폐체 별 차폐율을 계산하였다.



Fig. 4. Spatial dose rate measurements by radiation shield.

$$\text{차폐율}(\%) = \frac{\text{차폐를 하지 않은 경우} - \text{차폐를 한 경우}}{\text{차폐를 하지 않은 경우}} \times 100 \quad (1)$$

3. 전자선량계를 이용한 누적선량 측정

공간선량계는 시간에 따른 선량율의 변화가 크므로 차폐체 별 차폐율을 보수적으로 평가하기 위하여 앞서 동일한 실험조건에서 전자선량계를 이용하여 Fig. 5와 같이 1시간 동안 누적선량을 측정하였다. 측정한 값은 공간선량계 측정값 계산과 동일한 방법으로 Eq. (1)의 공식을 활용하여 차폐체 별 차폐율을 구하였다.



Fig. 5. Cumulative dosimetry by radiation shield.

4. MonteCarlo Simulation(MCNP)

선량계로 측정한 측정값과 경향성을 비교하기 위하여 MCNP6(MonteCarlo N-Particle Extended) 사용하여 모의실험을 수행하였다. 실측 실험과 유사한 조건을 맞추기 위해 선원은 주사바늘을 고려하지 않은 플라스틱 재질의 원기둥 모양으로 설정하였고, Fig. 6과 같이 길이 1.8 cm, 두께 0.1 cm, 직경 0.8 cm 원기둥 선원을 구성하여 111 MBq(3 mCi) F-18과 동일한 물리적 특성을 가지는 방사선이 발생하도록 모사하였다. 시뮬레이션을 통해 시간 당 누적선량(micro Sv/ hour)을 구했으며, 단위변환에 사용한 DCF(Dose Conversion Factor)는 ICRP 60의 값을 적용하였다. Fig. 7에 차폐체 별 모의실험을 수행한 개념도를 나타내었다.

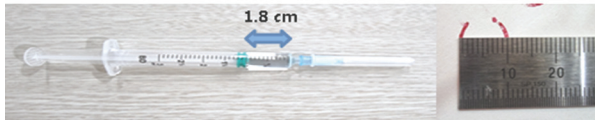


Fig. 6. A syringe containing a radiation source.

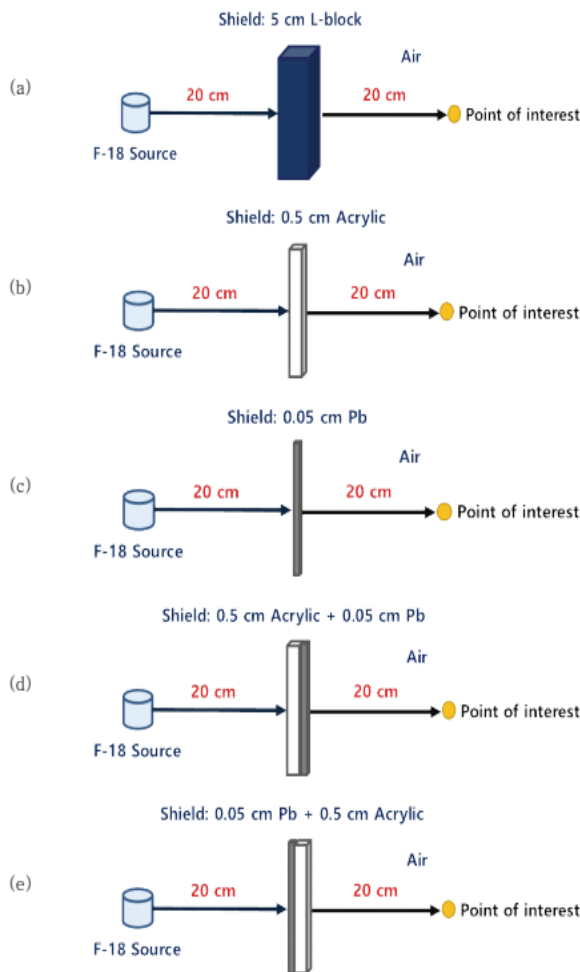


Fig. 7. The Geometries used in MCNP simulation by shielding materials.

III. RESULT

1. 공간선량율에 따른 차폐체 별 차폐율

백그라운드 공간선량율을 제외하고 기기의 교정 인자를 적용하여 측정된 결과, Table 2와 Fig. 8에 나타난 바와 같이 본 연구에서 설정한 차폐체 모두 공간선량율을 감소시키는 결과를 보였다. 아크릴을 Apron 전면에서 이중 차폐한 실험군이 19.69%로 실험군으로 설정한 개인방호복 중 가장 높은 차폐율을 보였다, 아크릴을 Apron 후면에 이중 차폐한 실험군이 9.71%, Apron 단독 차폐한 실험군이 14.4%, 아크릴 단독 차폐한 실험군이 9.71%로 가장 낮은 차폐율을 보였다. 또한, 50 mm 두께의 L-Block으로 차폐하였을 때 평균 99.5%로 백그라운드 수준의 차폐율을 나타내었다.

실험군으로 설정한 개인방호복 중 가장 높은 차폐율을 보였다, 아크릴을 Apron 후면에 이중 차폐한 실험군이 17.32%, Apron 단독 차폐한 실험군이 14.4%, 아크릴 단독 차폐한 실험군이 9.71%로 가장 낮은 차폐율을 보였다. 또한, 50 mm 두께의 L-Block으로 차폐하였을 때 평균 99.5%로 백그라운드 수준의 차폐율을 나타내었다.

Table 2. Shielding rate calculated using spatial dose rate

	N	차폐 X (μSv/h)	차폐 O (μSv/h)	차폐율 (%)
L-Block	10	112.21 ± 2.52	0.06 ± 0.04	99.50
Acrylic	10	112.42 ± 2.93	101.50 ± 4.25	9.71
Apron	10	110.97 ± 3.21	94.91 ± 4.05	14.4
Acrylic + Apron	10	112.31 ± 2.79	90.17 ± 2.26	19.69
Apron + Acrylic	10	112.43 ± 1.63	92.94 ± 1.4	17.32

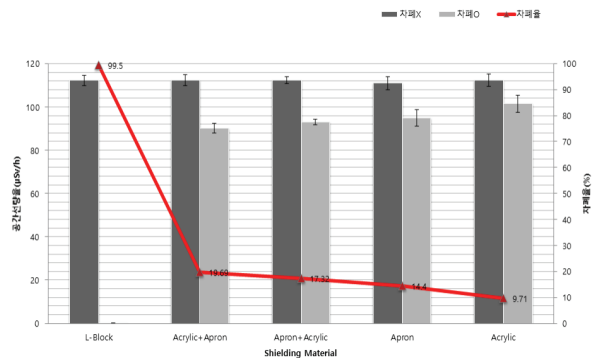


Fig. 8. Comparison of shielding rates by spatial dose rate.

2. 누적선량에 따른 차폐체 별 차폐율

전자선량계를 이용하여 1시간 동안의 누적선량을 측정된 결과, Table 3와 Fig. 9에 나타난 바와 같이 누적선량 역시 모두 감소시키는 결과를 보였다. 아크릴을 Apron 전면에서 이중 차폐한 실험군이 8.46%로 실험군으로 설정한 개인방호복 중 가장 높은 차폐율을 보였다, 아크릴을 Apron 후면에 이중 차폐한 실험군이 평균 7.94%, Apron 단독 차폐한 실험군이 5.02%, 아크릴 단독 차폐한 실험군이

4.66%로 가장 낮은 차폐율을 보였다. 또한, 50 mm 두께의 L-Block으로 차폐하였을 때 99.84%로 공간선량률로 산출한 차폐율 보다 높은 차폐율을 보였고, 그 외에는 누적선량으로 산출한 차폐율이 대체적으로 낮은 결과를 나타내었다.

Table 3. Shielding rate calculated using cumulative dose

	N	차폐 X (μSv)	차폐 O (μSv)	차폐율 (%)
L-Block	10	109.02 ± 0.75	0.18 ± 0.02	99.84
Acrylic	10	109.76 ± 1.56	104.63 ± 0.58	4.66
Apron	10	109.96 ± 1.06	104.43 ± 0.73	5.02
Acrylic + Apron	10	109.56 ± 1.38	100.28 ± 0.99	8.46
Apron + Acrylic	10	109.28 ± 1.24	100.59 ± 1.66	7.94

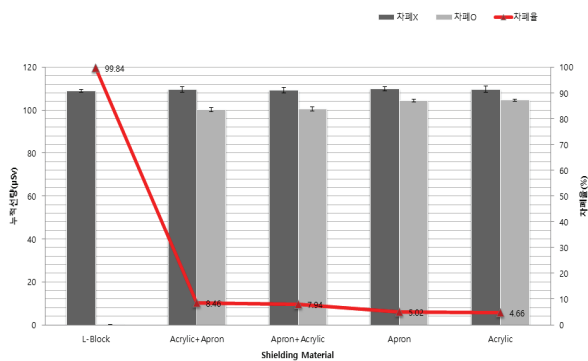


Fig. 9. Comparison of shielding rates by cumulative dose.

3. MonteCarlo Simulation Result

시뮬레이션 결과, 각각 L-Block으로 차폐한 실험군이 $0.57 \pm 2.34 \mu\text{Sv}$, 아크릴을 Apron 후면에 이중 차폐한 실험군이 $109.09 \pm 0.2 \mu\text{Sv}$, Apron 단독 차폐한 실험군이 $119.04 \pm 0.89 \mu\text{Sv}$, 아크릴을 Apron 전면에 이중 차폐한 실험군이 $175.04 \pm 0.63 \mu\text{Sv}$, 아크릴 단독 차폐한 실험군이 $201.14 \pm 1.02 \mu\text{Sv}$ 의 누적선량을 나타냈다. 전자선량계를 이용한 실측값과 비교하였을 때, 전반적으로 높게 나타났으며, 차폐체의 두께 혹은 종류에 따른 차이가 뚜렷이 나타났다. Fig. 10에 전자선량계로 측정된 누적선량과 시뮬레이션으로 도출된 값을 나타내었다.

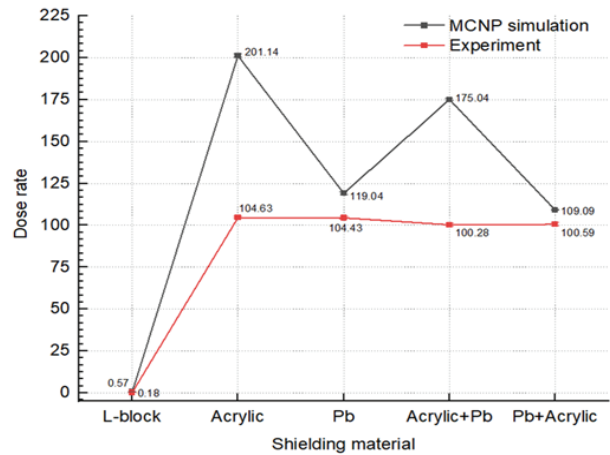


Fig. 10. Dose rate according to the shielding materials.

IV. DISCUSSION

저에너지 영역의 광자와 물질과의 상호작용에서는 광전효과가 주된 작용을 하므로, 광자의 흡수를 통한 감소로 차폐가 이루어진다. 반면, 고에너지 영역의 광자와 물질과의 상호작용에는 콤프턴 산란과 전자쌍생성의 확률이 높아지면서 1차선과 2차전자 혹은 산란선 발생확률도 높아진다^[8]. 이러한 원인으로 얇은 두께를 가진 납 차폐체의 차폐 효율은 다소 높지 않으며, 선행연구 또한 이러한 결과를 뒷받침하고 있다^[6-9].

본 연구의 결과에 따르면, 공간선량계와 전자선량계의 측정값의 차이는 있었지만, 실험군 간의 차폐율 경향은 일치하였다. 선량계를 통한 실측값에서는 Apron으로 단독 차폐하는 것보다 아크릴을 이용한 이중 차폐한 Apron이 약 3~4% 높은 차폐율을 보였으며, 이는 F-18에 대한 차폐효율을 높일 수 있는 하나의 가능성을 제시하였다. 그러나 실험군으로 설정한 차폐체 간의 차이가 미미한 수준이고, 아크릴의 위치에 따른 차이가 뚜렷하게 나타나지 않아 전자에 대한 아크릴의 차폐효과에 의한 것인지 아니면 추가 차폐체로 인해 차폐체 두께가 증가한 것으로 인한 차폐효과가 나타난 것인지 확인하는 것에는 한계가 있었다. 또한, 백그라운드 수준으로 차폐했던 L-Block과의 차폐율과 비교하였을 때, 개인 방호복의 차폐 한계를 확인할 수 있었다.

일반적으로, 측정을 통한 실험의 경우 차폐체의

Build-up Factor, 외부 환경적인 요인, 측정장비의 기하학적 구조 등 여러 가지 요인에 의해 결과값에 대한 변동이 크며^[10], 그 결과값이 과대 혹은 과소 평가될 수 있다는 것을 고려해야 한다^[11]. 이러한 이유로 측정 결과에 신뢰를 더하기 위하여 측정환경과 유사한 조건에서 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하여 전자선량계를 이용한 누적선량과 비교하였다. 그 결과, 실측값과는 달리 차폐체 별 누적선량의 차이가 뚜렷하게 나타났으며, L-Block, Apron+아크릴, Apron, 아크릴+Apron, 아크릴 순으로 누적선량이 낮게 측정되어 경향성도 일치하지 않는 것을 확인하였다. 이러한 원인에는 실제 측정환경과 모의실험에 반영한 Geometry의 차이에 의한 것으로 생각되며, 측정실험 환경에서 후방산란을 고려하지 않은 점도 이러한 결과 차이에 영향을 미쳤을 것이라 생각된다. 또한, 단독 차폐한 Apron 보다 아크릴을 전면에 부착하여 이중 차폐한 Apron의 누적선량이 더 높게 나타났는데, 이는 F-18에서 방출되는 소멸감마선과 아크릴과의 상호작용에서 극히 일부분이 반응하여 방출된 전자에 의한 결과로 추가적인 피폭의 가능성을 시사한다. 이를 명확하게 규명하기 위해서는 핵종분석기를 이용한 연구가 동반되어야 할 것이다.

측정 장비를 이용한 실험 결과를 토대로 단순히 생각하였을 때, 단독 차폐한 Apron과 아크릴의 각각의 차폐율을 합산한 값이 아크릴을 부착하여 이중 차폐한 Apron의 차폐율의 값과 비슷하게 나타날 것이라는 예상과는 달리, 차폐율의 차이가 나타난 점에 대해서는 후방산란을 고려하지 않은 환경적인 요소와 이중 차폐로 인한 추가적인 상호작용의 결과물로 생각된다. 아크릴을 Apron의 전면이나 후면에 부착하여도 두께는 같으므로 그 결과값이 유사할 것이라는 예상과는 달리, 시뮬레이션 결과값의 차이가 있었다는 점도 이와 같은 맥락으로 생각할 수 있다.

또한, 기존에 알려진 제동복사의 차폐방법은 원자번호가 낮은 물질로 1차 차폐를 하고, 납과 같이 원자번호가 높은 물질로 2차 차폐하는 것이 일반적인 방법이지만, 시뮬레이션 결과는 반대로 나타났다. 이는 양전자와 Apron과의 직접적인 상호작용

확률보다 소멸감마선과 Apron과의 상호작용 확률이 더 높은 것을 반증하는 것이고, 이로 인해 발생한 2차전자를 Apron 뒷면에 배치한 아크릴이 차폐함으로써 누적선량이 낮게 나온 것으로 생각된다.

본 연구는 다양한 시각에서 접근한 실험 결과를 활용하여 PET/CT 센터에서 근무하는 방사선작업종사자의 외부피폭을 감소시키기 위한 방안으로, ‘아크릴’이라는 실용적인 차폐물질을 제시하였다는 점에서 그 의미가 있다고 생각된다. 다만, 표본 수가 통계평가를 수행할 정도로 많지 않고, 실험 결과에서 실측값과 모의실험값의 경향이 일치하지 않아 이를 객관화시키기에는 한계가 있었다. 이러한 차이를 줄일 수 있는 방안에 대해서 아크릴의 두께 변화, 후방산란 등을 고려한 추가적인 실험을 통해 아크릴을 이용한 개인 방호복의 유용성을 입증할 수 있는 후속 연구를 수행할 필요가 있을 것이다.

V. CONCLUSION

본 연구에서는 아크릴로 이중 차폐한 Apron의 차폐 후 선량을 측정하고 Apron으로 단독 차폐한 경우와의 차폐율을 비교분석하여, 차폐효율을 평가하고 PET/CT 센터에서 근무하는 방사선작업종사자의 피폭저감 방안을 제시하였다.

측정 장비를 이용한 실측값과 MCNP를 이용한 모의실험 결과, 아크릴로 이중 차폐한 Apron의 차폐율이 Apron 단독 차폐한 경우보다 약 4-8%의 차폐효과가 있는 것으로 나타났다. 그 수준은 미미하지만, 방사선 방호의 최적화 원칙에 따라 사용자의 활동성에 크게 영향이 가지 않는 범위 안에서 적절한 두께의 아크릴로 이중 차폐한 개인방호복은 방사선 작업종사자의 피폭저감화에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다. 다만, F-18과 Apron과의 상호작용에서 제동복사의 가능성을 명확히 입증하기 위해서는 고성능 핵종분석기를 이용하여 아크릴의 두께, 위치, 후방산란 등의 다양한 요소를 추가하여 후속연구가 필요할 것으로 생각된다.

Reference

- [1] G. S. Pant, S. Senthamizhchelvan, "Radiation Exposure to Staff in a PET/CT Facility", Indian

- Journal of Nuclear Medicine, Vol. 21, No. 4, pp. 100-103, 2006.
- [2] M. D. Harpen, "Positronium: Review of symmetry, conserved quantities and decay for the radiological", Medical Physics, Vol. 31, No. 1, pp. 57-61, 2004. <https://doi.org/10.1118/1.1630494>
- [3] S. Zargan, P. Ghafarian, A. Shabestani Monfared, A. A. Sharafi, M. Bakhshayeshkaram, M. R. Ay, "Evaluation of Radiation Exposure to Staff and Environment Dose from [18F]-FDG in PET/CT and Cyclotron Center using Thermoluminescent Dosimetry", Journal of Biomedical Physics and Engineering, Vol. 7, pp. 1-12, 2017.
- [4] M. G. Yo, J. S. Mon, S. G. Kim, M. Y. Shin, S. C. Kim, T. H. Lee S. H. Ahn, "Effectiveness Evaluation of 18F-FDG Auto Dispenser (RIID: Radiopharmaceutical Intelligent Dispenser)", The Korean Journal of Nuclear Medicine Technology, Vol. 22, No. 2, pp. 79-83, 2018.
- [5] ICRP, General Principles for the Radiation Protection of Workers, ICRP Publication 75. 1997.
- [6] M. H. Park, D. M. Kwon, "Measurement of Apron Shielding Rate for X-ray and Gamma-ray", Journal of radiological science and technology, Vol. 30, No. 3, pp. 245-250, 2007.
- [7] D. G. Jang, S. H. Lee, H. S. Choi, et al., "A Study on The Apron Shielding Ratio According to Electromagnetic Radiation Energy", Journal of Korean Society of Radiological Technology, Vol. 37, No. 4, pp. 247-252, 2014.
- [8] L. S. Fog, P. Collins, "Monte Carlo simulation of the dose to nuclear medicine staff wearing protective garments", Australasian Physics & Engineering Sciences in Medicine, Vol. 31, No. 4, pp. 307-316, 2008. <https://doi.org/10.1007/bf03178600>
- [9] Y. I. Cho, S. Y. Ye, J. H. Kim, "Evaluation of the Apron Effectiveness during Handling Radiopharmaceuticals in PET/CT Work Environment", Journal of radiological science and technology, Vol. 38, No. 3, pp. 237-244, 2015. <http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2015.38.3.07>
- [10] M. Sans-Merce, N. Ruiz, I. Barth, A. Carnicer, L. Donadille, P. Ferrari, M. Fulop, M. Ginjaume, G. Gualdrini, S. Krim, F. Mariotti, X. Ortega, A. Rimpler, F. Vanhavere, S. Baechler, "Recommendations to reduce hand exposure for standard nuclear medicine procedures", Radiation Measurements, Vol. 46, No. 11, pp. 1330-1333, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2011.07.011>
- [11] A. Carnicer, M. Ginjaume, M. A. Duch, F. Vanhavere, M. Sans Merce, S. Baechler, I. Barth, L. Donadille, P. Ferrari, M. Fulop, G. Gualdrini, S. Krim, M. Mariotti, X. Ortega, A. Rimpler, N. Ruiz, P. Olko, "The Use of Different Types of Thermoluminescent Dosimeters to Measure Extremity Doses in Nuclear Medicine", Radiation Measurements, Vol. 46, No. 12, pp. 1835-1838, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2011.06.047>

아크릴을 활용한 이중 차폐 Apron의 F-18 차폐 효율 분석

이권성¹, 전여령², 김용민^{2*}

¹대구가톨릭대학교병원 핵의학과

²대구가톨릭대학교 방사선학과

요 약

PET/CT 검사 시 사용되는 F-18은 양전자를 방출하는 방사성동위원소이며, 높은 에너지의 소멸감마선과 베타선은 방사선작업종사자의 피폭을 초래하는 원인이 된다. 본 연구에서는 핵의학과에서 근무하는 방사선작업종사자의 피폭선량 저감방안의 일환으로, F-18에 대한 Apron의 낮은 차폐 효율의 원인을 규명하고, 아크릴로 이중 차폐한 Apron의 실효성을 평가하였다. L-Block, Apron+아크릴, Apron, 아크릴+Apron, 아크릴 다섯 개의 차폐체를 이용하여 선량을 측정하고, 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하여 경향성을 비교하였다. 그 결과, 아크릴로 이중 차폐한 Apron의 차폐율이 Apron 단독 차폐한 경우보다 약 4~8% 높은 차폐효과가 있는 것으로 나타났다. 사용자의 활동성에 크게 영향이 가지 않는 범위 안에서 적절한 두께의 아크릴로 이중 차폐한 개인방호복은 방사선 작업종사자의 피폭저감화에 도움을 줄 수 있을 것이다.

중심단어: PET/CT, F-18, 이중 차폐 Apron, 차폐효율, 피폭저감

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	이권성	대구가톨릭대학교병원 핵의학과	방사선사
(공동저자)	전여령	대구가톨릭대학교 방사선학과	박사후연구원
(교신저자)	김용민	대구가톨릭대학교 방사선학과	부교수