

# Reduction of Radiation Dose for Injection of Radioisotope using Shielding Device

Jong-Nam Lim,<sup>1</sup> Hyung-Tae Kim,<sup>1</sup> Kwon Su Chon<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiological Science, The Graduate School of Daegu Catholic University

<sup>2</sup>Department of Radiological Science, Daegu Catholic University

Received: January 31, 2019. Revised: April 26, 2019. Accepted: April 30, 2019

## ABSTRACT

Nuclear medicine have often used to diagnose cancers. The main absorbed dose from radiation to a radiation worker resulted from open radioisotopes. Methods for reducing the radiation dose to a radiation worker from radioisotopes injected to patients were studied. The shield device of 0.2 mmPb was manufactured as a size of 300 mm × 500 mm × 150 mm. By using dosimeters of Nanodot, the absorbed doses for thyroid, chest and genital organ were measured with and without a shielding device and with syringe shield and shielding device together. The highest absorbed dose of 0.908 mGy reduction of 20.8% as 0.719 mGy was in the genital organ by using the syringe shield and a shielding device together. A effective dose for a radiation worker during 1 year was expected to 1.223 mSv at the chest, which was decrease as 0.994 mSv by shielding device and syringe shield together. When open radioisotope is injected to a patient for examination, the only use of a shielding device results in the reduction of radiation dose to radiation workers.

Keywords: Radioisotope, Shielding Device, Radiation Dose

## I. INTRODUCTION

방사선을 이용한 진단 및 치료는 경제성과 편의성 등의 장점으로 임상에서 광범위하게 실시되고 있다. 그중 핵의학 검사는 방사성동위원소를 추적자로 인체의 형태학적, 생물학적, 기능적 정보를 획득하여 질병의 조기 진단 등에 활용하기 때문에 현대의학의 핵심으로 주목받고 있다.<sup>[1,2]</sup> 그러나 핵 의학을 이용한 진단 및 치료에 사용되는 방사선원은 주로 개봉선원 형태의 방사성동위원소이다. 이를 취급하는 종사자들은 방사성의약품의 합성, 분배, 주사 등의 업무 특성상 장기간에 걸친 방사선피폭에 노출된다.<sup>[3]</sup> 이러한 취급자는 방사선 작업종사자로 유효선량(Effective Dose)은 연간 50 mSv를 넘지 않는 범위에서 5년간 100 mSv를 초과하지 않고 손과 발의 등가선량(Equivalent Dose)은 500 mSv를

초과하지 않아야한다.<sup>[4]</sup> 방사선 작업종사자는 방사성동위원소를 취급할 때 법정선량계(필름벤티지, 열형광선량계, 유리형광선량계)를 착용하고 필름벤티지는 1개월, 열형광선량계와 유리형광선량계는 3개월마다 교체하여 피폭선량을 기록하고 방사선 작업종사자를 관리한다.

환자에게 방사성동위원소를 투여할 때 방사선 작업종사자의 피폭선량을 줄이기 위해서 Apron을 착용하고 차폐기구를 사용한다. 그러나 상당수의 의료기관에서 방사선 작업종사자가 중량감, 불편함 등의 이유로 차폐기구를 사용하지 않고 업무를 수행하는 경우가 많아 높은 방사선 피폭에 노출되고 있다.<sup>[5,6]</sup> 방사성동위원소의 분배 시 L-block Shield로 차폐할 수 있지만, 방사성동위원소의 방사능이 상대적으로 높은 핵종을 투여할 때 방사선 작업종사자와 환자의 피폭선량을 줄이는 차폐기구는 없다.

\* Corresponding Author: Kwon Su Chon

E-mail: kschon@cu.ac.kr

Tel: +82-53-850-2521

핵의학 검사 시 피폭선량과 관련된 연구는 다수 보고 되어 있으나,<sup>[7,8]</sup> 투여 시 방사선 작업종사자의 피폭 저감에 대한 연구는 미진하다.<sup>[9,10]</sup> 본 연구는 방사성동위원소를 환자에게 투여할 때 방사선 작업종사자와 환자가 받는 피폭선량을 줄이기 위해 편리한 차폐기구를 제작하여 차폐기구의 사용 유무와 제작된 차폐기구와 함께 주사기 차폐기구인 Syringe Shield를 사용했을 때의 피폭선량을 비교하여 방사선 작업종사자의 피폭선량 감소 효과를 연구하였다.

## II. MATERIAL AND METHODS

### 1. 실험 기기

핵의학 진단에서 사용되고 있는 방사성동위원소는 여러 가지가 있으나 <sup>99m</sup>Tc이 전체 사용량의 대부분을 차지한다. 의료방사선안전연구센터에서 발표한 진단참고수준에서는 Bone Scan 시 <sup>99m</sup>Tc 방사성동위원소 925 MBq을 최적 사용량으로 제시하고 있다.<sup>[11]</sup>

<sup>99m</sup>Tc 방사성동위원소 925 MBq를 1 cc 주사기에 넣고 팔 인체팬텀(PBU-60) 가운데에 위치시켰다. Fig. 1은 방사선 작업종사자를 구현하기 위해 인체 모형인 Torso Mannequin을 사용하고 피폭선량을 측정하기 위해 광자극형광선량계인 Nanodot Dosimeter를 갑상선, 가슴, 생식선에 부착한 것을 나타낸다. Nanodot Dosimeter에서 측정한 값을 리더기(LANDAUER)로 변환하여 흡수선량을 측정하였다.



Fig. 1. Torso Mannequin and positions of nanodots for measuring radiation dose.

임상에서 방사성동위원소 분배 시 사용하는 L-block Shield 차폐기구를 투여 시 사용하는 경우가 있다. 그러나 차폐기구의 앞과 뒤가 막혀있지 않아 방사성동위원소 투여 시 방사선 작업종사자와 환자가 방사선 피폭에 노출된다.

방사성동위원소 투여 시 앞과 뒤가 차폐가 가능하도록 차폐기구를 제작하였다.

Fig. 2는 팔 인체팬텀 위에 제작된 차폐기구를 위치시켜 팔의 앞과 뒤를 차폐하도록 한 것을 나타낸 것이다. 연당량 0.2 mmPb의 차폐기구는 앞과 뒷면을 위해 300 mm × 150 mm로, 옆면은 300 mm × 500 mm로 제작하였다.

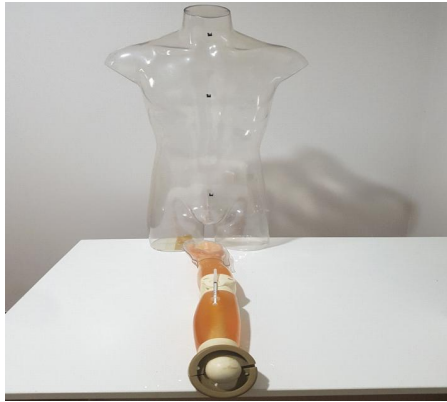


Fig. 2. Shielding device for protection of radiation from arm phantom.

### 2. 실험 방법

방사선 작업종사자를 고려하여 한쪽 방향으로만 측정하였다. 방사성동위원소 투여 시 한 명 당 30초가 소요되고 하루에 10명의 환자가 검사한다고 설정하였다. 1개월 동안 받은 피폭선량을 1시간으로 설정하여 실험시간을 1시간 동안 받은 흡수선량을 측정하였다.

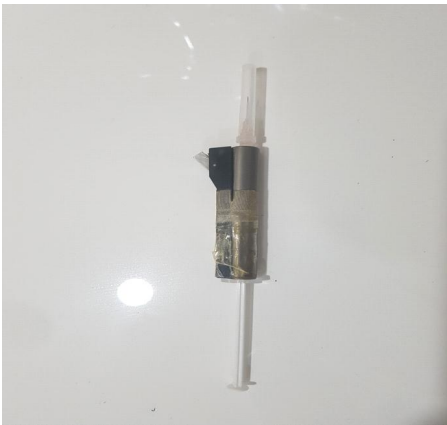
<sup>99m</sup>Tc 방사성동위원소 925 MBq를 1시간 동안 3가지 방법으로 실험하였다. 첫 번째 실험방법은 Fig. 3(a)와 같이 차폐기구를 사용하지 않고 흡수선량을 측정하였고 두 번째(b)는 제작된 차폐기구를 사용하고 세 번째(c)는 Syringe Shield와 제작된 차폐기구를 함께 사용하여 흡수선량을 측정하였다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 3. Instruments for using experiments. (a) no shield, (b) shielding device, (c) syringe shield.

### III. RESULT

#### 1. 흡수선량 측정

9개의 Nanodot Dosimeter를 Torso Mannequin의

갑상선, 가슴, 생식선에 부착하여 1시간 동안 누적 흡수선량을 측정하였다. Table 1(a)는 제작된 차폐기구를 사용하지 않고 측정한 흡수선량, (b)는 제작된 차폐기구를 사용하여 측정한 흡수선량, (c)는 Syringe Shield로 주사기를 차폐하고 제작된 차폐기구를 함께 사용하여 측정한 흡수선량이다.

차폐기구를 사용하지 않았을 때는 생식선 0.908 mGy로 가장 높았고 그다음이 가슴, 갑상선이었다. 제작된 차폐기구를 사용했을 경우 흡수선량은 갑상선위치에서 12.5%, 가슴위치에서 15.4%, 생식선에서 14.3% 감소하였다. 제작된 차폐기구와 함께 Syringe Shield를 사용했을 경우 흡수선량은 갑상선위치에서 13.7%, 가슴위치에서 18.7%, 생식선에서 20.8% 감소하였다. 제작된 차폐기구만 사용했을 때보다 차폐기구와 Syringe Shield를 함께 사용했을 경우 흡수선량은 갑상선위치에서 1.3%, 가슴위치에서 3.8%, 생식선에서 7.5% 감소되었다.

Table 1. Absorbed dose for 1 hour: no shield (a), shielding device (b) and shielding device with syringe shield (c).

Location	a (mGy)	b (mGy)	c (mGy)
Thyroid	0.749	0.655	0.646
Chest	0.849	0.718	0.69
Genital organ	0.908	0.778	0.719

#### 2. 1년 유효선량 변환

1개월 동안  $^{99m}\text{Tc}$  방사성동위원소를 환자에게 투여 할 때 방사선 작업종사자가 받는 흡수선량 (Table 1)을 1시간으로 설정하고 12개월을 곱하고 방사선 가중치 및 조직 가중인자를 곱하여 1년 동안 받는 예상 유효선량을 Table 2에 나타내었다. 방사선 조직 가중인자는 ICRP 103에서 제시한 갑상선 0.04, 가슴 0.12, 생식기 0.08을 사용하였다.<sup>[12]</sup>

조직 가중치에 의해 조직이 받는 유효선량의 정도가 Table 1의 경향과 다르다. 차폐가 없을 때 가장 많은 유효선량을 받는 곳은 가슴이었다. 두 가지 방법으로 차폐를 했을 때도 가슴이 가장 높은 유효선량을 보였다. 가슴이 갑상선보다 3배 이상 높았고 생식선은 가슴의 69.2% 정도였다.

Table 2. Effective dose for 1 year: no shield (a), shielding device (b), shielding device with syringe shield (c).

Location	a (mSv)	b (mSv)	c (mSv)
Thyroid	0.359	0.314	0.31
Chest	1.223	1.034	0.994
Genital organ	0.871	0.747	0.69

#### IV. DISCUSSION

핵의학 검사에서 기존의 방사선 차폐기구는 무겁고 착용이 불편하여 대부분 사용되지 못하였다. 제작된 차폐기구는 가볍고 이동이 가능해 방사성 동위원소 투여 시 방사선 작업종사자가 편리하게 사용할 수 있다. 본 연구를 통해 앞면과 뒷면을 차폐한 차폐기구가  $^{99m}\text{Tc}$  방사성동위원소 초기 투여 시 차폐효과가 있음을 확인하였다.

제작된 차폐기구와 함께 Syringe Shield를 사용했을 경우 1시간 동안의 흡수선량은 생식선에서 20.8%로 가장 크게 감소하였다.  $^{99m}\text{Tc}$  방사성동위원소 주입 시 팔 인체팬텀의 위치가 팬텀의 생식선에 가장 가깝기 때문에 차폐기구에 의한 방사선 차폐효과가 크게 나타난 것으로 평가할 수 있다. 그리고 Syringe Shield를 사용하지 않고 제작된 차폐기구만 사용했을 때도 생식선에서 흡수선량이 14.3% 감소하여 그 효과가 크다. 이는 제작된 차폐기구의 앞과 뒤를 차폐한 효과에 의한 것으로 평가할 수 있다.

핵의학 검사를 위해 환자에게  $^{99m}\text{Tc}$  방사성동위원소를 투여할 때 방사선 작업종사자가 받는 1년 유효선량은 가슴위치에서 차폐기구와 Syringe Shield를 함께 사용하면 18.7% 차폐된다. 하지만 차폐가 없는 경우에도 가슴의 유효선량이 1.223 mSv로 작업종사자에게 1년간 허용된 20 mSv보다 매우 낮기 때문에 문제가 되지 않는다. 하지만 사소한 방사선이라도 차폐하는 것이 바람직하다.

본 실험에서는  $^{99m}\text{Tc}$  방사성동위원소 한 종류만 실험하였으나 다른 방사성동위원소를 사용해도 비슷한 효과가 있을 것으로 기대된다.

#### V. CONCLUSION

핵의학 검사 시  $^{99m}\text{Tc}$  방사성동위원소를 환자에게 투여 할 때 방사선 작업종사자가 받는 방사선피폭을 줄이는 방법에 대해 연구하였다. 차폐기구를 사용하지 않았을 때보다 앞과 뒤를 차폐하도록 제작된 차폐기구와 함께 Syringe Shield를 사용하였을 때 생식선 위치에서 흡수선량이 20.8%로 가장 크게 감소하였다.

가장 높은 유효선량을 보이는 가슴에서 제작된 차폐기구만 사용했을 때 흡수선량이 15.4% 감소하였다. 제작된 차폐기구와 Syringe Shield를 함께 사용하였을 때는 추가적으로 3.3% 정도 감소하여 제작된 차폐기구만 사용해도 차폐효과가 크다는 것을 확인하였다.

차폐기구에 사용된 차폐재의 납 당량을 0.2 mmPb보다 높은 것을 사용하면 상대적으로 무게는 증가하지만 차폐효과는 증가할 것이다. 방사성동위원소 투여 시 제작된 차폐기구와 여러 가지 차폐기구를 함께 사용하면 차폐효과는 더욱 증가될 것이다. 비록 핵의학 검사에서 방사선 작업종사자가 받은 1년 예상 유효선량이 가슴에서 1.223 mSv로 법적 한도보다 낮지만 방사선 차폐를 위한 차폐기구의 사용을 생활화 할 필요가 있다.

#### Reference

- [1] K. B. Park, Y. D. Hong, H. S. Han, "Study on the Promotion of International Cooperation through the Technical Exhibition on RI Production and Application," Korea Atomic Energy Research Institute, No. KAERI/RR-2130, pp. 1-12, 2001.
- [2] T. Bayram, "Radiation Dose to Technologists per Nuclear Medicine Examination and Estimation of Annual Dose," Journal of Nuclear Medicine Technology, Vol. 39, No. 1, pp. 55-59, 2011.
- [3] F. Vanhavere, E. Carinou, L. Donadille, "An Overview on Extremity Dosimetry In Medical Applications," Radiation Protection Dosimetry, Vol. 129, No. 1-3, pp. 350-355, 2008.
- [4] ICRP, "Recommendation of the International Commission on Radiological Protection," Publication

26, 1977.

- [5] J. C. Park, S. J. Pyo, "Study of External Radiation Expose Dose on Hands of Nuclear Medicine Workers," *Journal of the Korean Society of Radiological Technology*, Vol. 35, No. 2, pp. 141-149, 2012.
- [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] S. G. Cho, J. H. Kim, H. C. Song, "Radiation Safety in Nuclear Medicine Procedures", *Nuclear Medicine Molecular Imaging*, Vol. 51, No. 1, pp. 11-16, 2017.
- [8] C. S. Lim, S. H. Kim, "A Study on the Radiation Dose Managements in the Nuclear Medicine Department", *The Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 10, No. 7, pp. 1760-1765, 2009.
- [9] W. H. Lee, S. M. Ahn, "Evaluation of Reductive Effect of Exposure Dose by Using Air Gap Apron in Nuclear Related Work Environment", *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 14, No. 12, pp. 845-853, 2014.
- [10] J. K. Pakr, E. H. Cho, "Measurement of the spatial dose rate for distribution room in department of nuclear medicine", *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 13, No. 2, pp. 151-157, 2012.
- [11] J. W. Kwon, J. H. Jeong, K. W. Jang, J. K. Lee, "Medical Exposure of Korean by Diagnostic Radiology and Nuclear Medicine Examinations", *Korean Association for Radiation Protection*, Vol. 30, No. 4, pp. 185-196, 2005.
- [12] ICRP, "The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection," *Publication 103*, 2007.

## 방사성동위원소 투여 시 차폐기구를 이용한 방사선 피폭 저감

임종남,<sup>1</sup> 김형태,<sup>1</sup> 천권수<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>대구가톨릭대학교 일반대학원 방사선학과

<sup>2</sup>대구가톨릭대학교 방사선학과

### 요 약

현대의학에서 핵의학 검사는 암의 진단에 많이 이용된다. 방사선 작업종사자가 개봉 방사성동위원소를 사용할 때 방사선 피폭에 노출된다. 환자에게 방사성동위원소를 투여할 때 방사선 작업종사자가 받는 피폭 선량을 감소시키는 방법을 연구하였다. 납 차폐소재를 이용하여 연당량 0.2 mmPb, 300 mm × 500 mm × 150 mm 크기로 차폐기구를 제작하였다. 차폐기구의 사용 유무, 실린더를 차폐기구와 함께 사용하였을 때 3가지 실험방법으로 갑상선, 가슴, 생식선의 흡수선량을 나노닷으로 측정하였다. 생식선 위치에서 0.908 mGy가 측정되었고, 실린더와 제작한 차폐기구를 함께 사용하였을 때 20.8% 감소한 0.719 mGy로 가장 큰 피폭 저감이 나타났다. 방사선 작업종사자가 받는 1년 예상 유효선량은 1.223 mSv로 가슴부위가 가장 높았으며 실린더와 차폐기구를 함께 사용하였을 때 0.994 mSv로 감소하였다. 방사성동위원소를 환자에게 투여할 때 제작된 차폐기구만을 사용하여도 방사선 작업종사자의 피폭을 감소시킬 수 있음을 확인하였다.

중심단어: 방사성동위원소, 차폐기구, 방사선 피폭

### 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	임종남	대구가톨릭대학교 일반대학원 방사선학과	대학원생
(공동저자)	김형태	대구가톨릭대학교 일반대학원 방사선학과	대학원생
(교신저자)	천권수	대구가톨릭대학교 방사선학과	교수