

Original Article

## 저용량 I-131 투여시 Apron 착용여부에 따른 차폐효과에 대한 고찰

가톨릭대학교 서울성모병원 핵의학과<sup>1</sup>, 동남보건대학 방사선과<sup>2</sup>

김일수<sup>1</sup> · 김호신<sup>1</sup> · 류형기<sup>1</sup> · 강영직<sup>1</sup> · 박수영<sup>1</sup> · 김승찬<sup>1</sup> · 이귀원<sup>2</sup>

## Consideration on Shielding Effect Based on Apron Wearing During Low-dose I-131 Administration

Ilsu Kim<sup>1</sup>, Hosin Kim<sup>1</sup>, Hyeonggi Ryu<sup>1</sup>, Yeongjik Kang<sup>1</sup>, Suyoung Park<sup>1</sup>, Seungchan Kim<sup>1</sup> and Guiwon Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Nuclear Medicine, Seoul St. Mary's Hospital, Catholic Medical Center

<sup>2</sup>Department of Radiological Technology, Dongnam Health College

**Purpose**

In nuclear medicine examination, <sup>131</sup>I is widely used in nuclear medicine examination such as diagnosis, treatment, and others of thyroid cancer and other diseases. <sup>131</sup>I conducts examination and treatment through emission of  $\gamma$  ray and  $\beta$  ray. Since <sup>131</sup>I (364 keV) contains more energy compared to <sup>99m</sup>Tc (140 keV) although it displays high integrated rate and enables quick discharge through kidney, the objective of this study lies in comparing the difference in exposure dose of <sup>131</sup>I before and after wearing apron when handling <sup>131</sup>I with focus on 3 elements of external exposure protection that are distance, time, and shield in order to reduce the exposure to technicians in comparison with <sup>99m</sup>Tc during the handling and administration process. When wearing apron (in general, Pb 0.5 mm), <sup>99m</sup>Tc presents shield of over 90% but shielding effect of <sup>131</sup>I is relatively low as it is of high energy and there may be even more exposure due to influence of scattered ray (secondary) and bremsstrahlung in case of high dose. However, there is no special report or guideline for low dose (74 MBq) high energy thus quantitative analysis on exposure dose of technicians will be conducted based on apron wearing during the handling of <sup>131</sup>I.

**Materials and Methods**

With patients who visited Department of Nuclear Medicine of our hospital for low dose <sup>131</sup>I administration for thyroid cancer and diagnosis for 7 months from Jun 2014 to Dec 2014 as its subject, total 6 pieces of TLD was attached to interior and exterior of apron placed on thyroid, chest, and testicle from preparation to administration. Then, radiation exposure dose from <sup>131</sup>I examination to administration was measured. Total procedure time was set as within 5 min per person including 3 min of explanation, 1 min of distribution, and 1 min of administration. In regards to TLD location selection, chest at which exposure dose is generally measured and thyroid and testicle with high sensitivity were selected. For preparation, 74 MBq of <sup>131</sup>I shall be distributed with the use of 2 ml syringe and then it shall be distributed after making it into dose of 2 ml though dilution with normal saline. When distributing <sup>131</sup>I and administering it to the patient, 100 ml of water shall be put into a cup, distributed <sup>131</sup>I shall be diluted, and then oral administration to patients shall be conducted with the distance of 1m from the patient. The process of withdrawing 2ml syringe and cup used for oral administration was conducted while wearing apron and TLD. Apron and TLD were stored at storage room without influence of radiation exposure and the exposure dose was measured with request to Seoul Radiology Services.

**Results**

With the result of monthly accumulated exposure dose of TLD worn inside and outside of apron placed on thyroid, chest, and testicle during low dose <sup>131</sup>I examination during the research period divided by number of people, statistics processing was conducted with Wilcoxon Signed Rank Test using SPSS Version. 12.0K. As a result, it was revealed that there was no significant difference since all of thyroid ( $p = 0.345$ ), chest ( $p = 0.686$ ), and testicle ( $p = 0.715$ ) were presented to be  $p > 0.05$ . Also, when converting the change in total exposure dose during research period into percentage, it was revealed to be -23.5%, -8.3%, and 19.0% for thyroid, chest, and testicle respectively.

**Conclusion**

As a result of conducting Wilcoxon Signed Rank Test, it was revealed that there is no statistically significant difference ( $p > 0.05$ ). Also, in case of calculating shielding rate with accumulate exposure dose during 7 months, it was revealed that there is irregular change in exposure dose for inside and outside of apron. Although the degree of change seems to be high when it is expressed in percentage, it cannot be considered a big change since the unit of accumulated exposure dose is in decimal points. Therefore, regardless of wearing apron during high energy low dose <sup>131</sup>I administration, placing certain distance and terminating the administration as soon as possible would be of great assistance in reducing the exposure dose. Although this study restricted <sup>131</sup>I administration time to be within 5 min per person and distance for oral administration to be 1m, there was a shortcoming to acquire accurate result as there was insufficient number of N for statistics and it could be processed only through non-parametric method. Also, exposure dose per person during low dose <sup>131</sup>I administration was measured with accumulated exposure dose using TLD rather than through direct-reading exposure dose thus more accurate result could be acquired when measurement is conducted using electronic dosimeter and pocket dosimeter.

**Key Words**

<sup>131</sup>I, TLD, Apron, Wilcoxon Signed Rank Test

• Received: March 18, 2016      Accepted: April 15, 2016  
• Corresponding author: IL SU KIM  
Department of Nuclear Medicine, Seoul St. Mary's Hospital,

Catholic Medical Center, Banpo 4-dong, Seocho-gu, Seoul,  
137-701, Korea  
Tel: +82-2-2258-1562, Fax: +82-2-2258-1583  
E-mail: rladlftn@naver.com

## 서 론

핵의학 검사에서  $^{131}\text{I}$ 은  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 와 함께 높은빈도로 사용하며, 갑상선검사, Uptake등과 같은 갑상선암 및 질환의 진단, 치료 등 핵의학 검사에서 여러 용도로 사용하고 있다.<sup>1)</sup>  $^{131}\text{I}$ 은  $\gamma$ 선과  $\beta$ 선을 방출하여 검사와 치료를 할 수 있고, 높은 집적율과 신장을 통한 빠른 배설이 용이하지만,  $^{131}\text{I}$ (364keV)은  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (140keV)보다 고에너지이기 때문에 작업을 수행 시 조작 및 투여 과정에서  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 보다 술자가 더 많은 피폭을 받을 수 있는 단점이 있다. 따라서  $^{131}\text{I}$ 을 조작함에 있어서 술자의 피폭을 줄이기 위해 여러 가지 방법을 취할 수 있는데, 외부피폭방어의 3요소인 거리, 시간, 차폐 중 차폐에 주안점을 두어  $^{131}\text{I}$  조작 시 차폐체 착용 전과 후의 피폭선량 차이를 비교하고자 한다.

각 병원마다 일반적으로 비치되어 있는 Apron(보통 Pb 0.5 mm)은  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 은 90%이상이 차폐가 되지만,<sup>2)</sup> 고에너지인  $^{131}\text{I}$ 은 차폐효과가 비교적 낮고, 고용량의 경우 산란선(2차)과 제동방사선의 영향으로 오히려 더 피폭을 받을 수 있다고 선행 연구에서 보고된바 있다.<sup>3)</sup> 하지만, 저용량(74 MBq)의 경우 이에 대한 특별한 보고나 Guide Line이 마련되어 있지 않아 본 연구에서는 저용량  $^{131}\text{I}$  조작 시 Apron착용 유무에 따른 술자의 피폭선량을 개인선량계로 측정하여 정량적으로 분석하고자 한다.

## 대상 및 방법

본원 핵의학과에서 2014년 6월부터 2014년 12월까지 7개월 동안 갑상선암 치료 및 진단을 위한 저용량  $^{131}\text{I}$ 을 투여하기 위해 방문한 갑상선암 환자를 대상으로 준비과정부터 투여시 까지 TLD를 이용하여 매일 누적선량을 측정하였다.<sup>4)</sup> 방사선 피폭선량의 측정은 열형광 선량계(Thermoluminescent Dosimeter, TLD)를 이용하였으며, 본 연구에서 사용된 선량계는 Tm를



(a) Inside TLD

(b) Outside TLD

Fig. 1. The location of TLD that is placed at the Thyroid, Testis and Left chest (in and out of the apron).

미량으로 첨가한  $\text{CaSO}_4$ 와 Cu를 미량으로 첨가한  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 등의 결정 분말을 작은 셀에 충전한 열형광 선량계(UD-802AT)를 이용하여 선량을 측정하였다. 대상자는 총 146명(남자 45명, 여자 101명)이었다(Table 1).

연구기간 동안 갑상선, 가슴, 고환 3곳에 Apron 안쪽과 바깥쪽 각각 1개씩 총 6개의 TLD를 부착한 뒤 저용량  $^{131}\text{I}$  검사 준비과정부터 투여시까지의 방사선 피폭선량을 측정하였다(Fig. 1). 총 작업시간은 설명시간 3분, 분배시간 1분, 투여시간 1분으로 각각 1인당 5분 이내로 설정하였다. TLD 위치설정은 일반적으로 피폭선량을 측정하는 가슴과 방사선 감수성이 높은 갑상선 및 고환으로 설정하였다(Table 2).<sup>5)</sup> 착용한 Apron은 0.5 mm 두께의 납 성분이 들어간 JPI-A(Coat Type) Apron이며, Apron과 TLD는 방사선 피폭이 미치지 않는 보관실에 따로 보관 하였고, 서울방사선 서비스에 의뢰하여 피폭선량을 측정하였다.

Table 1. Patients of  $^{131}\text{I}$  Uptake

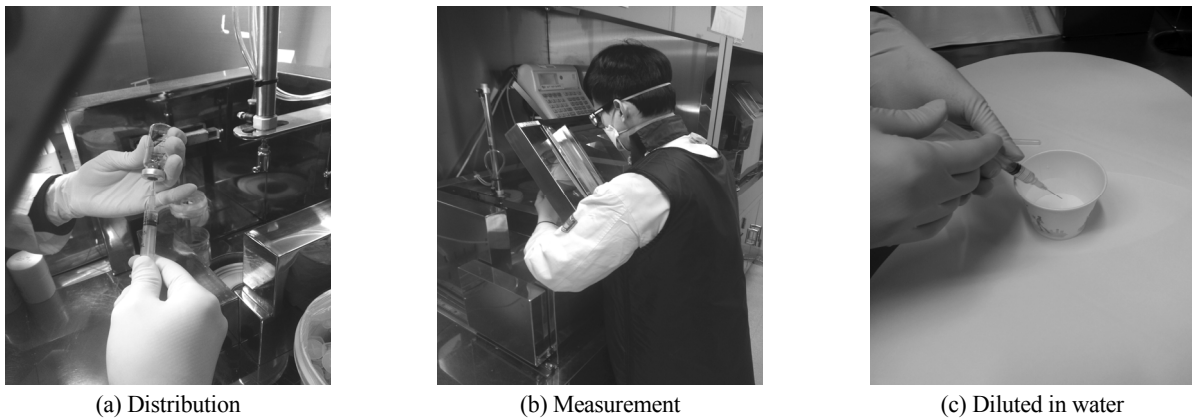
	Total	Male	Female
June	32	12	20
July	29	6	23
September	14	7	7
October	26	5	21
December	21	6	15

\*Except for Aug, Nov (No patients)

**Table 2.** Tissue Weighting Factor (ICRP 2008)

Tissue	WT
Redbone marrow, Colon, Lung, Stomach, Remainder Organization *	0.12
Gonads	0.08
Bladder, Esophagus, Liver, Thyroid	0.04
Bone Surface, Brain, Salivary, Skin	0.01

\* Remainder Organization : Kidney, Gallbladder, Heart, Lymph node, Muscle, Oral mucosa, Pancreas, Prostate, Spleen, Thymus, Uterus/Cervical cannal (Female)



**Fig. 2.** Distribution process of <sup>131</sup>I Low-dose (74MBq)

**Table 3.** The exposure dose (mSv) measured with TLD

Month	Organ TLD	Thyroid (mSv)	Chest (mSv)	Testis (mSv)
June	Outside	0.05	0.05	0.05
	Inside	0.07	0.07	0.05
July	Outside	0.05	0.02	0.05
	Inside	0.07	0.04	0.04
September	Outside	0.07	0.03	0.01
	Inside	0.05	0.04	0.03
October	Outside	0.04	0.07	0.06
	Inside	0.09	0.05	0.04
December	Outside	0.05	0.05	0.08
	Inside	0.06	0.04	0.05

준비과정은 <sup>131</sup>I을 2 ml 주사기를 이용해 74 MBq을 분배한 뒤 생리식염수와 희석해 2 ml의 용량으로 분배한다. <sup>131</sup>I을 분배 후 환자에게 투여시 컵에 물을 100 ml담고 분배한 <sup>131</sup>I을 희석하여 환자와 1 m정도 거리를 두고, 경구투여 한다. 경구투여한 2 ml 주사기와 컵을 폐기하는 과정까지 Apron과 TLD를 착용한 상태에서 시행하였다(Fig. 2).

## 결 과

연구기간 동안 저용량 <sup>131</sup>I 검사시 갑상선, 가슴, 고환 부위의 Apron 안과 밖에 착용한 TLD의 결과는 아래의 표와 같다 (Table 3). 매월 누적선량을 인원수로 나눈 결과를 이용하여, SPSS Version. 12.0K를 통해 Wilcoxon Signed Rank Test를 사

Table 4. Wilcoxon Signed Rank Test Result

	Thyroid (Out-In)	Chest (Out-In)	Testis (Out-In)
Significant Probability (p-Value)	0.345	0.686	0.715

Table 5. Radiation Shielding Rate

	Thyroid	Chest	Testis
Out	0.26	0.22	0.25
In	0.34	0.24	0.21
Radiation Shielding Rate(%)	-23.5%	-8.3%	19%

용하여 통계를 시행하였다. 그 결과 갑상선( $p=0.345$ ), 가슴( $p=0.686$ ), 고환( $p=0.715$ )은 모두  $p>0.05$  으로 유의한 차이가 없음을 알 수 있었다(Table 4). 그리고 연구기간 동안의 총 누적선량의 변화를 백분율로 환산하였을 때, 갑상선 -23.5%, 가슴 -8.3%, 고환 19.0%로 나타났다(Table 5).

## 결론

Wilcoxon Signed Rank Test를 사용한 결과 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $p>0.05$ ). 또한 7개월간의 누적선량으로 차폐율을 계산(Table 5) 했을 때에는 Apron 안 쪽과 바깥쪽의 피폭선량의 변화가 불규칙적으로 나타나는 결과를 보였다. 이 결과는 백분율로 표현 시 변화폭이 커 보이지만, 누적 피폭선량이 소수점 이하이므로 큰 변화라고 보기 어렵다. 그러므로 고에너지 저용량  $^{131}\text{I}$  투여 시 Apron을 착용유무와 상관없이 일정한 거리를 두고 최대한 빠른 시간 내에 투여를 종료하는 것이 피폭선량을 줄이는 데 도움이 될 것이다.

## 고찰 및 한계점

핵의학 영역에서는  $^{131}\text{I}$  및 PET 등 고에너지 핵종에 대한 연구가 많이 진행되고 있으나, 저용량 고에너지 핵종 사용에 대한 연구가 국내에서 아직 보고된 바가 없다. 또한 방사선 피폭선량의 신체손상은 고선량에 의한 급성 손상보다는 저선량의 방사선에 지속적으로 노출될 때 유전자 변형과 암발생을 유발할 수 있어 주의를 기울여야 한다. 본 논문의 결과가 모든 병원에서 똑같이 적용할 수 있다고 가정할 수는 없지만 저용량 고에너지를 사용할 경우 참고적인 사항으로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는  $^{131}\text{I}$  투여시간을 1인당 각 5분 이내로 투여할 수 있도록 제한하고, 거리를 1 m로 일정하게 하여 작업할 수 있도록 하였으나 통계 시 N수가 적어서 비모수적인 방법으로 통계를 시행함으로써 정확한 결과를 얻기에 부족한 부분이 있었다. 또한 저용량  $^{131}\text{I}$  투여 시 각 1인당 피폭선량을 직독식 선량으로 측정하지 못하고, TLD를 이용한 누적선량으로 측정된 결과 값이므로 전자선량계 및 포켓선량계를 이용한 측정이 이루어진다면 더 효과적인 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

## 요약

핵의학검사에서  $^{131}\text{I}$ 은 갑상선암 및 질환의 진단, 치료등 핵의학 검사에서 많이 사용되고 있다.  $^{131}\text{I}$ 은  $\gamma$ 선과  $\beta$ 선을 방출하여 검사와 치료를 할 수 있고, 높은 집적율과 신장을 통한 빠른 배설이 용이 하지만,  $^{131}\text{I}$ (364 keV)은  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (140 keV)보다 고에너지이기 때문에 작업을 수행 시 조작 및 투여 과정에서  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 보다 술자의 피폭을 줄이기 위해 외부피폭 방어의 3요소인 거리, 시간, 차폐 중에 차폐에 주안점을 두어  $^{131}\text{I}$  조작 시 차폐체 착용 전과 후의 피폭선량의 차이를 비교하고자 한다. Apron(보통 Pb 0.5 mm) 착용 시  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 은 90%이상이 차폐가 되지만,  $^{131}\text{I}$ 은 고에너지이기 때문에 차폐효과가 비교적 낮고, 고용량의 경우 산란선(2차) 및 제동방사선의 영향으로 오히려 더 피폭을 받을 수 있다. 하지만 저용량(74 MBq) 고에너지의 경우 이에 대한 특별한 보고나 Guide Line이 마련되어 있지 않아,  $^{131}\text{I}$  조작 시 Apron 착용 유무에 따른 술자의 피폭선량을 정량적으로 분석하고자 한다.

본원 핵의학과에서 2014년 6월부터 2014년 12월까지 7개

월 동안 갑상선암 치료 및 진단을 위한 저용량<sup>131</sup>I을 투여하기 위해 방문한 갑상선암 환자를 대상으로 준비과정부터 투여 시 까지 연구기간 동안 갑상선, 가슴, 고환 3곳에 Apron 안쪽과 바깥쪽 각각 1개씩 총 6개의 TLD를 부착한 뒤 <sup>131</sup>I검사 과정부터 투여 시 까지의 방사선 피폭선량을 측정하였다. 총 작업시간은 설명시간 3분, 분배시간 1분, 투여시간 1분으로 각각 1인당 5분 이내로 설정하였다. TLD 위치설정은 일반적으로 피폭선량을 측정하는 가슴과 방사선 감수성이 높은 갑상선 및 고환으로 설정하였다. 준비과정은 <sup>131</sup>I을 2 ml 주사기를 이용해 74MBq을 분배한 뒤 생리식염수와 희석해 2 ml의 용량을 만들어 분배한다. <sup>131</sup>I을 분배 후 환자에게 투여 시 컵에 물을 100 ml 담고 분배한 <sup>131</sup>I을 희석하여 환자 1 m 정도 거리를 두고, 경구 투여 한다. 그리고 경구투여 한 2 ml 주사기와 컵을 폐기하는 과정을 Apron과 TLD를 착용한 상태에서 시행하였다. Apron과 TLD는 방사선 피폭이 미치지 않는 보관실에 따로 보관하였고, 서울방사선 서비스에 의뢰하여 피폭선량을 측정하였다.

연구기간 동안 저용량 <sup>131</sup>I 검사 시 갑상선, 가슴, 고환 부위에 Apron 안과 밖[착용한 TLD의 매월 누적선량을 인원수로 나눈 결과를 가지고, SPSS Version. 12.0K를 이용해 Wilcoxon Signed Rank Test를 사용하여 통계를 시행하였다. 그 결과 갑상선( $p = 0.345$ ), 가슴( $p = 0.686$ ), 고환( $p = 0.715$ )은 모두  $p > 0.05$ 으로 유의한 차이가 없음을 알 수 있었다. 그리고 연구기간 동안의 총 누적선량의 변화를 백분율로 환산하였을 때, 갑상선 -23.5%, 가슴 -8.3%, 고환 19.0%로 나타났다.

Wilcoxon Signed Rank Test를 사용한 결과 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $p > 0.05$ ). 또한 7개월간의 누적선량으로 차폐율을 계산 했을 때에는 Apron 안쪽과 바깥쪽의 피폭선량의 변화가 불규칙적으로 나타나는 결과를 보였다. 이 결과는 백분율로 표현 시 변화폭이 커보이지만, 누적 피폭선량이 소수점 이하이므로 큰 변화라고 보기 어렵다. 그러

므로 고에너지 저용량 <sup>131</sup>I 투여 시 Apron을 착용유무와 상관 없이 일정한 거리를 두고 최대한 빠른 시간 내에 투여를 종료 하는 것이 피폭선량을 줄이는 데 도움이 될 것이다.

본 연구는 <sup>131</sup>I 투여시간을 1인당 각 5분 이내로 투여 할 수 있도록 제한하고, 거리를 1 m로 일정하게 하여 작업 할 수 있도록 하였으나 통계 시 N수가 적어서 비모수적인 방법으로 통계를 시행함으로써 정확한 결과를 얻기에 부족한 부분이 있었다. 또한 저용량 <sup>131</sup>I 투여 시 각 1인당 피폭선량을 직독식 선량으로 측정하지 못하고, TLD를 이용한 누적선량으로 측정할 결과 값이므로 전자선량계 및 포켓선량계를 이용한 측정이 이루어진다면 더 효과적인 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료 된다.

## REFERENCES

1. 고창순, 핵의학, 제3판, **고려의학**, 2008;710-725.
2. The effectiveness of lead aprons in reducing radiation exposures from specific radionuclides. *Nucl Med*. May 1, 2007 vol. 48, Syeda Ahmed, A. Zimmer, N. McDonald and S. Spies.
3. A study on the shielding of Iodine 131 using Monte Carlo Simulation. *Journal of the Korean Society of Radiological Technology*. v.37(2); p. 143-150, Jang Dong Gun, Yang Seoung Oh, Kim Jung Ki, Lee Sang Ho, Choi Hyung Seok, and Bae Cheol Woo (Dongnam Institute of Radiological and Medical Sciences Cancer Center, Busan (Korea, Republic of)).
4. **원자력 안전법 시행규칙**, 개인피폭방사선량의 평가 및 관리에 관한 규정. 7월, 2013.
5. 고창순, **핵의학**, 제3판, 고려의학, 2008;180.