

핵의학 체내검사 업무 단계 별 피폭선량 측정 및 분석을 통한 피폭선량 감소 방안

양산부산대학교병원 핵의학과, 부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과¹

길상형 · 임영현 · 박광열 · 조경남 · 김정훈¹ · 오지은¹ · 이상엽¹ · 이수정¹ · 전지탁¹ · 정의호¹

The Plan of Dose Reduction by Measuring and Evaluating Occupationally Exposed Dose *in vivo* Tests of Nuclear Medicine

Sang Hyeong Kil, Yeong Hyeon Lim, Kwang Youl Park, Kyung Nam Jo, Jung Hun Kim¹, Ji Eun Oh¹,
Sang Hyup Lee¹, Su Jung Lee¹, Ji Tak Jun¹ and Eui Ho Jung¹

Department of Nuclear Medicine, Pusan National University Yangsan Hospital, Department of Radiological Science,
College of Health Sciences, Catholic University of Pusan¹, Busan, Korea

Purpose: It is to find the way to minimize occupationally exposed dose for workers *in vivo* tests in each working stage within the range of the working environment which does not ruin the examination and the performance efficiency. **Materials and Methods:** The process of the nuclear tests *in vivo* using a radioactive isotope consists of radioisotope distribution, a radioisotope injection (^{99m}Tc, ¹⁸F-FDG), and scanning and guiding patients. Using a measuring instrument of RadEye-G10 gamma survey meter (Thermo SCIENTIFIC), the exposure doses in each working stage are measured and evaluated. Before the radioisotope injection the patients are explained about the examination and educated about matters that require attention. It is to reduce the meeting time with the patients. In addition, workers are also educated about the outside exposure and have to put on the protected devices. When the radioisotope is injected to the patients the exposure doses are measured due to whether they are in the protected devices or not. It is also measured due to whether there are the explanation about the examination and the education about matters that require attention or not. The total exposure dose is visualized into the graph in using Microsoft office excel 2007. The difference of this doses are analyzed by wilcoxon signed ranks test in using SPSS (statistical package for the social science) program 12.0. In this case of $p < 0.01$, this study is reliable in the statistics. **Results:** It was reliable in the statistics that the exposure dose of injecting ^{99m}Tc-DPD 20 mCi in wearing the protected devices showed 88% smaller than the dose of injecting it without the protected devices. However, it was not reliable in the statistics that the exposure dose of injecting ¹⁸F-FDG 10 mCi with wearing protected devices had 26% decrease than without them. Training before injecting ^{99m}Tc-DPD 20 mCi to patient made the exposure dose drop to 63% comparing with training after the injection. The dose of training before injecting ¹⁸F-FDG 10 mCi had 52% less then the training after the injection. Both of them were reliable in the statistics. **Conclusion:** In the examination of using the radioisotope ^{99m}Tc, wearing the protected devices are more effective to reduce the exposure dose than without wearing them. In the case of using ¹⁸F-FDG, reducing meeting time with patients is more effective to drop the exposure dose. Therefore if we try to protect workers from radioactivity according to each radioisotope characteristic it could be more effective and active radiation shield from radioactivity. (Korean J Nucl Med Technol 2010;14(2):26-32)

Key Words : Occupationally exposed dose, working stage, radioisotope characteristic, radiation shield

- Received: August 23, 2010. Accepted: September 10, 2010.
- Corresponding author: Sang Hyeong Kil
Department of Nuclear Medicine, Pusan National University Yangsan Hospital, Beomeo-ri, Mulgeum-eup, Yangsan, Gyeongnam, 626-770, Korea
Tel: +82-55-360-1900, Fax: +82-55-360-1915
E-mail: rlf1007@hanmail.net

서 론

세계적으로 약 150여 종 이상의 방사성동위원소가 의료, 산업, 농업, 비파괴 및 연구용으로 사용되고 있다. 진단용 핵

중으로는 ^{99m}Tc 이 가장 많이 이용되는 핵종으로 80% 이상을 차지하며 다음으로 ^{18}F -Fluorodeoxyglucose (^{18}F -FDG)를 이용한 양전자방출단층촬영(Positron Emission Tomography: PET)이 10%를 차지하는 것으로 추정된다. 방사성동위원소를 이용한 질병의 진단 및 치료기술은 단층촬영법과 컴퓨터 응용기술의 개발이 진일보하여 이루어진 신용합기술로서 괄목할 만한 성장을 이루어 내고 있으며 컴퓨터전산화단층촬영(Computed Tomography: CT)이 결합된 PET이 등장하여 진단효율이 30% 이상 향상되어 세계적으로 연간 300만 건 이상의 검사가 이루어지는 것으로 추정되고 있다.¹⁾

우리나라의 방사선 및 방사성동위원소 이용은 1913년 의료목적의 진단용 X-선 발생장치에서 시작되었다. 본격적인 이용은 국내에서 방사성동위원소 등 사용에 대한 인·허가 제도가 제정된 1963년 이후부터 시작되었으며, 1963년 당시 국내의 방사선 및 방사성동위원소 이용기관은 2개에 불과했으나, 2008년 말 현재 방사성동위원소 등 이용기관은 3,824개이며 매년 10% 이상 꾸준히 증가하는 추세이다. 방사선 작업종사자 현황은 2007년 말 기준으로 우리나라에서 방사성동위원소 및 방사선 이용 분야에서 근무하는 방사선 작업종사자는 21,135명으로 2006년 말의 20,040명에 비해 5.5%가 증가하였다.²⁾

진단 및 치료에 방사선을 활용하는 첨단의료 장비가 증가함으로써 보다 정확하고 적절한 진단과 치료가 가능해진 반면 방사선 피폭사고의 가능성이 증가하고 있으며 제대로 관리되지 않은 방사선의 이용은 예기치 않은 방사선 피폭을 일으켜 인체에 유해한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 국제방사선방어위원회(ICRP)에서는 방사선 피폭을 사회적, 경제적 인자들을 고려하여 합리적으로 달성 가능한 한도 내에서 낮게 유지할 수 있도록 최적의 방사선 방호 계획을 수립하고 이행하도록 권고하고 있다.³⁾

이에 본 연구의 목적은 핵의학 체내검사 업무 단계 별 작업종사자의 피폭선량을 측정 및 분석하여 환자 검사 및 업무 효율 저하를 발생시키지 않는 범위 내에서 작업종사자의 피

폭선량을 최소로 줄일 수 있는 방법을 알아보고자 하였다.

실험재료 및 방법

1. 업무 단계 별 피폭선량 측정 및 분석

방사성동위원소를 이용한 핵의학 체내검사 업무는 방사성동위원소 분배, 방사성동위원소 주사(^{99m}Tc , ^{18}F -FDG), 환자 안내 및 검사로 이루어진다. 각 업무 단계 별 피폭선량을 1주일 동안 측정한 결과는 다음과 같다(Table 1).

업무 단계 별 피폭선량 분포를 비교 분석한 결과 방사성동위원소 주사 시 ^{99m}Tc 은 60.04 μSv , ^{18}F -FDG는 30.57 μSv 로 Fig. 1과 같이 전체 피폭선량의 76%를 차지하였다.

따라서 방사성동위원소를 환자에게 주사하는 과정에서 많은 피폭이 발생하므로 피폭선량을 최소로 줄일 수 있는 방법이 연구되어야 할 것이다.

2. 방사성동위원소 주사 시 피폭선량 저감 방안

방사선 작업종사자의 외부피폭 저감 방안은 방호 원칙의

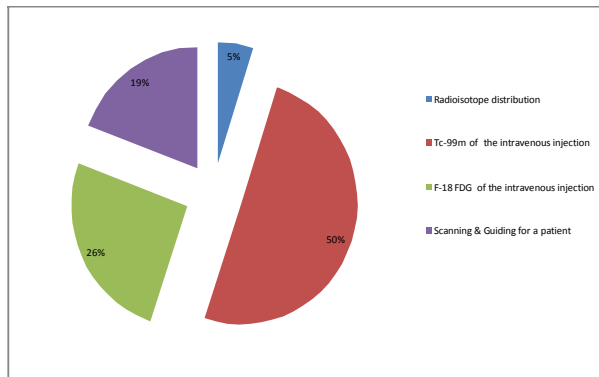


Fig. 1. It is occupationally exposed dose in each stages for the radioisotope distribution 5%, the intravenous injection of 50% ^{99m}Tc , the intravenous injection of 26% ^{18}F -FDG, scanning and guiding a patient 19%.

Table 1. Occupationally exposed dose in each stages for the examination

| | Radioisotope distribution | ^{99m}Tc of the intravenous injection | ^{18}F -FDG of the intravenous injection | Scanning & Guiding for a patient |
|-------|---------------------------|--|---|----------------------------------|
| day1 | 0.88 | 14.88 | 4.63 | 3.8 |
| day2 | 1.22 | 11.16 | 7.38 | 3.6 |
| day3 | 1.1 | 14.16 | 3.66 | 5.3 |
| day4 | 0.89 | 12.71 | 6.89 | 4.1 |
| day5 | 1.86 | 7.13 | 8.01 | 6.3 |
| total | 5.95 | 60.04 | 30.57 | 23.1 |

3가지 인자(거리, 시간, 차폐)를 잘 지키는 것이다. 따라서 환자 검사 및 업무효율 저하를 발생시키지 않는 범위 내에서 환자와의 대면시간을 최소화하고 거리를 가급적 멀리하여 대화하며 방사성동위원소 주사 시 보호구를 착용하도록 하였고 주사 전 검사에 대한 설명 및 주의사항을 교육하여 주사 후 환자와의 대면시간을 단축하여 피폭선량을 줄이도록 하였다.

3. 측정기기

Portable Dose and Dose Rate Meter RadEye-G10 측정기기(Thermo SCIENTIFIC)를 이용하여 교정 유효기간을 확인한 후 측정 시 reset을 통한 자동보정을 시행하고 피폭선량을 측정하였다. RadEye-G10 (Fig. 2)은 마이크로프로세서 기반으로 저 전압에서 동작하도록 설계되어 있으며 자동으로 기능 점검을 수행 할 수 있도록 제작되었다. GM-tube를 사용하며 중/저준위 방사선을 검출 할 수 있으며 기술 사양은 Table 2와 같다.

4. 측정 방사성동위원소 및 측정 방법

핵의학 체내검사 시 사용빈도가 가장 높은 ^{99m}Tc-DPD 20 mCi와 ¹⁸F-FDG 10 mCi를 선정하였으며, 주사 횟수는 1일 7회로 5일 동안 Fig. 3과 같이 측정기기를 착용하고 이동식 차폐체를 이용하였으며 측정 오차를 최소화하여 주사 시 보호구 착용 유무에 따른 피폭선량과 주사 전 검사에 대한 설명 및 주의사항 교육 유무에 따른 피폭선량을 측정하였다.



Fig. 2. Portable Dose and Dose Rate Meter RadEye-G10

Table 2. RadEye-G10 Technical data

| | |
|-------------------|---------------------------------------|
| Detector | Energy compensated GM-tube |
| Radiation type | Gamma and X-ray radiation |
| Measured quantity | Ambient equivalent dose and dose rate |
| Measuring range | 0.05 μSv/hr-50 mSv/hr |
| Energy range | 45 keV-1.3 MeV (±30%) |
| Operating voltage | 1.8-4 V (DC) |
| Size | 96×61×31 mm |
| Weight | 160 g |

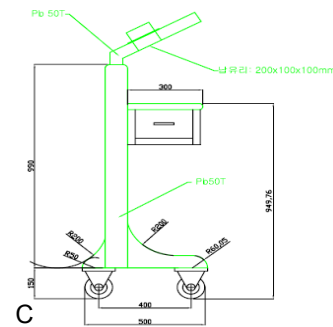
5. 자료 분석

방사성동위원소 주사 시 보호구 착용 유무, 주사 전 검사에 대한 설명 및 주의사항 교육 유무에 따른 총 피폭선량은 Microsoft office Excel 2007을 이용하여 그래프로 나타내었으며 피폭선량의 차이는 SPSS (Statistical Package for the Social Science) program 12.0을 이용하여 wilcoxon signed ranks test로 분석 하였다. 이 때 p값이 0.01 이하인 경우 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

결 과

1. 방사성동위원소 주사 시 보호구 착용 유무에 따른 피폭선량

전신 뼈 검사(whole body bone scan) 시 사용되는 ^{99m}Tc-DPD 20 mCi를 환자에게 주사 시 피폭되는 선량을 5일 동안 보호



| | |
|-------------|--------------------------|
| Size | 510×500×1,390 mm |
| Lead shield | 50 mmPb (L-Block shield) |
| Lead glass | 200×100×100 mm |

Fig. 3. (A) It is without wearing protective equipments during injection. (B) It is with wearing protective equipments during injection. (C) A shield cart for injection

구 착용 유무에 따른 측정값은 Table 3과 같다. 총 피폭선량은 보호구 미착용 시 78.23 μSv , 보호구 착용 시 9.4 μSv 였다. Fig. 4와 같이 $^{99\text{m}}\text{Tc-DPD}$ 20 mCi를 보호구를 착용하고 주사 시 피폭되는 선량은 보호구를 착용하지 않고 주사 시 피폭되는 선량보다 88% 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$).

양전자방출단층촬영(PET/CT) 시 사용되는 $^{18}\text{F-FDG}$ 10

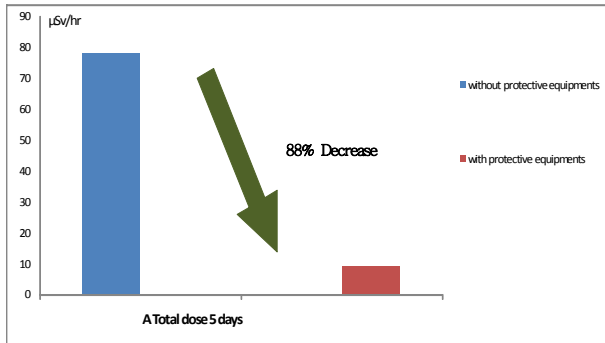


Fig. 4. It was reliable in the statistics that the exposure dose of injecting $^{99\text{m}}\text{Tc-DPD}$ 20 mCi in wearing the protected devices showed 88% smaller than the dose of injecting it without the protected devices ($p < 0.01$).

mCi를 환자에게 주사 시 피폭되는 선량을 5일 동안 보호구 착용 유무에 따른 측정값은 Table 4와 같다. 총 피폭선량은 보호구 미착용 시 14.64 μSv , 보호구 착용 시 10.8 μSv 였다. Table 5와 같이 $^{18}\text{F-FDG}$ 10 mCi를 보호구를 착용하고 주사 시 피폭되는 선량은 보호구를 착용하지 않고 주사 시 피폭되는 선량보다 26% 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는

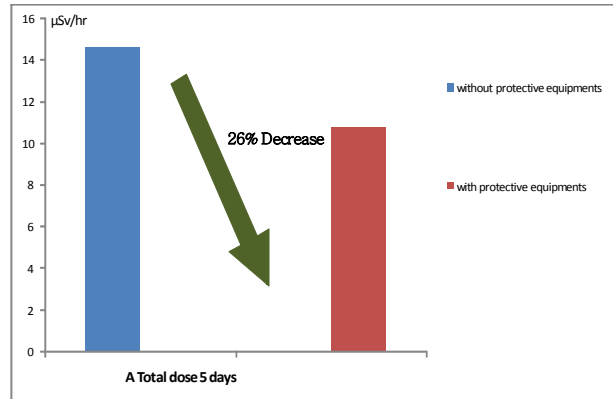


Fig. 5. It was not reliable in the statistics that the exposure dose of injecting $^{18}\text{F-FDG}$ 10 mCi in wearing the protected devices showed 26% smaller than the dose of injecting it without the protected devices ($p > 0.01$).

Table 3. Exposed dose during injection of 20 mCi $^{99\text{m}}\text{Tc-DPD}$ depending on whether protective equipments are put on or not. (unit: $\mu\text{Sv/hr}$)

| | Day 1 | | Day 2 | | Day 3 | | Day 4 | | Day 5 | |
|--------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| | without | with | without | with | without | with | without | with | without | with |
| Measurements | 2.52 | 0.41 | 2.23 | 0.21 | 2.84 | 0.28 | 1.77 | 0.24 | 2.34 | 0.21 |
| | 2.13 | 0.29 | 2.1 | 0.25 | 1.59 | 0.24 | 2.63 | 0.25 | 1.91 | 0.27 |
| | 2.31 | 0.22 | 2.43 | 0.22 | 2.34 | 0.35 | 2.58 | 0.33 | 2.35 | 0.32 |
| | 1.72 | 0.20 | 2.82 | 0.38 | 2.05 | 0.22 | 1.7 | 0.27 | 2.26 | 0.26 |
| | 2.4 | 0.26 | 2.5 | 0.25 | 2.6 | 0.29 | 2.1 | 0.32 | 2.62 | 0.26 |
| | 1.56 | 0.26 | 2.46 | 0.36 | 2.16 | 0.14 | 2.02 | 0.28 | 2.24 | 0.24 |
| | 2.22 | 0.23 | 2.15 | 0.24 | 1.76 | 0.33 | 2.42 | 0.31 | 2.4 | 0.21 |
| Total dose | 14.86 | 1.87 | 16.69 | 1.91 | 15.34 | 1.85 | 15.22 | 2.0 | 16.12 | 1.77 |

Table 4. Exposed dose during injection of 10 mCi $^{18}\text{F-FDG}$ depending on whether protective equipments are put on or not. (unit: $\mu\text{Sv/hr}$)

| | Day 1 | | Day 2 | | Day 3 | | Day 4 | | Day 5 | |
|--------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| | without | with | without | with | without | with | without | with | without | with |
| Measurements | 0.52 | 0.31 | 0.23 | 0.31 | 0.84 | 0.28 | 0.77 | 0.34 | 0.34 | 0.31 |
| | 0.33 | 0.31 | 0.21 | 0.35 | 0.59 | 0.24 | 0.63 | 0.35 | 0.39 | 0.27 |
| | 0.31 | 0.29 | 0.43 | 0.32 | 0.34 | 0.35 | 0.58 | 0.33 | 0.33 | 0.32 |
| | 0.72 | 0.31 | 0.82 | 0.38 | 0.55 | 0.32 | 0.27 | 0.27 | 0.32 | 0.36 |
| | 0.4 | 0.26 | 0.25 | 0.25 | 0.26 | 0.29 | 0.21 | 0.32 | 0.26 | 0.26 |
| | 0.56 | 0.36 | 0.46 | 0.36 | 0.21 | 0.34 | 0.22 | 0.28 | 0.38 | 0.24 |
| | 0.22 | 0.33 | 0.35 | 0.24 | 0.76 | 0.33 | 0.24 | 0.31 | 0.34 | 0.31 |
| Total dose | 3.06 | 2.17 | 2.75 | 2.21 | 3.55 | 2.15 | 2.92 | 2.2 | 2.36 | 2.07 |

없었다($p>0.01$).

2. 방사성동위원소 주사 전 검사에 대한 설명 및 주의 사항 교육 유무에 따른 피폭선량

전신 뼈 검사 시 사용되는 ^{99m}Tc -DPD 20 mCi를 환자에게 주사 후 검사에 대한 설명 및 주의사항 교육 시 피폭되는 선량과 주사 전 검사에 대한 설명 및 주의사항 교육 시 피폭되는 선량을 5일 동안 측정값은 Table 5와 같다. 총 피폭선량은 주사 후 교육 시 9.4 μSv , 주사 전 교육 시 3.48 μSv 였다. Fig. 6과 같이 ^{99m}Tc -DPD 20 mCi를 주사 전 검사에 대한 설명 및

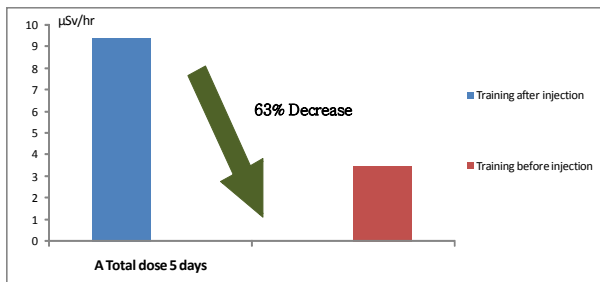


Fig. 6. It was reliable in the statistics that training before injecting ^{99m}Tc -DPD 20 mCi to patient made the exposure dose drop to 63% comparing with training after the injection ($p<0.01$).

주의사항 교육 시 피폭되는 선량은 주사 후 검사에 대한 설명 및 주의사항 교육 시 피폭되는 선량보다 63% 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.01$).

PET/CT 검사 시 사용되는 ^{18}F -FDG 10 mCi를 환자에게 주사 후 검사에 대한 설명 및 주의사항 교육 시 피폭되는 선량과 주사 전 검사에 대한 설명 및 주의사항 교육 시 피폭되는 선량을 5일 동안 측정값은 Table 6과 같다. 총 피폭선량은 주사 후 교육 시 10.8 μSv , 주사 전 교육 시 5.14 μSv 였다. Fig. 7과 같이 ^{18}F -FDG 10 mCi를 주사 전 검사에 대한 설명 및 주의사항 교육 시 피폭되는 선량은 주사 후 검사에 대한 설명 및 주의사항 교육 시 피폭되는 선량보다 52% 감소하였으

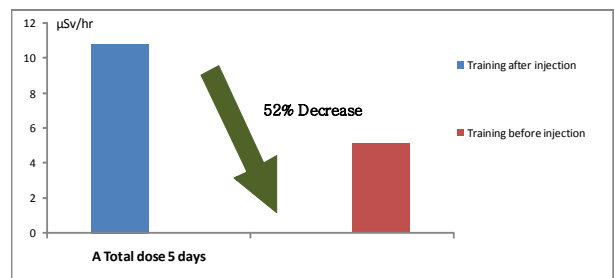


Fig. 7. It was reliable in the statistics that training before injecting ^{18}F -FDG 10 mCi to patient made the exposure dose drop to 51% comparing with training after the injection ($p<0.01$).

Table 5. Exposed dose depending on training before or after injection of 20 mCi ^{99m}Tc -DPD

(unit: $\mu\text{Sv/hr}$)

| | Day 1 | | Day 2 | | Day 3 | | Day 4 | | Day 5 | |
|--------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | after | before | after | before | after | before | after | before | after | before |
| Measurements | 0.41 | 0.14 | 0.21 | 0.12 | 0.28 | 0.19 | 0.24 | 0.07 | 0.21 | 0.07 |
| | 0.29 | 0.11 | 0.25 | 0.11 | 0.24 | 0.07 | 0.25 | 0.05 | 0.27 | 0.05 |
| | 0.22 | 0.16 | 0.22 | 0.12 | 0.35 | 0.08 | 0.33 | 0.11 | 0.32 | 0.08 |
| | 0.2 | 0.16 | 0.38 | 0.16 | 0.22 | 0.07 | 0.27 | 0.16 | 0.26 | 0.07 |
| | 0.26 | 0.11 | 0.25 | 0.13 | 0.29 | 0.06 | 0.32 | 0.12 | 0.26 | 0.06 |
| | 0.26 | 0.08 | 0.36 | 0.11 | 0.14 | 0.08 | 0.28 | 0.09 | 0.24 | 0.05 |
| Total dose | 1.87 | 0.88 | 1.91 | 0.84 | 1.85 | 0.61 | 2.0 | 0.71 | 1.77 | 0.44 |

Table 6. Exposed dose depending on training before or after injection of 10 mCi ^{18}F -FDG

(unit: $\mu\text{Sv/hr}$)

| | Day 1 | | Day 2 | | Day 3 | | Day 4 | | Day 5 | |
|--------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | after | before | after | before | after | before | after | before | after | before |
| Measurements | 0.31 | 0.14 | 0.31 | 0.22 | 0.28 | 0.19 | 0.34 | 0.17 | 0.31 | 0.07 |
| | 0.31 | 0.21 | 0.35 | 0.21 | 0.24 | 0.17 | 0.35 | 0.15 | 0.27 | 0.15 |
| | 0.29 | 0.16 | 0.32 | 0.12 | 0.35 | 0.18 | 0.33 | 0.11 | 0.32 | 0.08 |
| | 0.31 | 0.16 | 0.38 | 0.16 | 0.32 | 0.17 | 0.27 | 0.16 | 0.36 | 0.07 |
| | 0.26 | 0.21 | 0.25 | 0.13 | 0.29 | 0.16 | 0.32 | 0.12 | 0.26 | 0.12 |
| | 0.36 | 0.18 | 0.36 | 0.11 | 0.34 | 0.08 | 0.28 | 0.09 | 0.24 | 0.15 |
| Total dose | 2.17 | 1.18 | 2.21 | 1.14 | 2.15 | 1.11 | 2.2 | 0.91 | 2.07 | 0.8 |

며 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$).

고 찰

방사성동위원소 또는 방사성의약품을 인체에 주사하여 인체 내의 생태-병리적 현상을 외부에서 진단하거나 병소에 특이적으로 집적되는 방사성동위원소 또는 방사성의약품을 이용하여 치료가 어려운 질환을 치료하는 핵의학적 진료기술은 최근 첨단 분자영상기술과 결합하여 난치성 질환의 극복을 위한 방법으로 새로이 부각되고 있다.⁴⁾ 이와 같은 전리방사선은 의료인에게 환자의 진단과 치료에 필수적인 것으로 인식되는 이면에 방사선 피폭이라는 직업 상 잠재적 위험 대상으로 간주되어 왔다.^{3,5)} 이런 이유로 방사선 관계 종사자들은 방사선 피폭 계측기 착용을 통해 정기적으로 방사선 피폭의 정도를 평가 및 관리 받고 있다.⁶⁻⁹⁾ 핵의학과에서 사용되는 방사선원은 저선량이지만 지속적으로 방사선에 피폭되는 경우 암 발생 및 유전자 변형 등 여러 가지 합병증이 발생할 수 있어,¹⁰⁾ 국제적으로 한계선량을 정하여 방사선 피폭량을 관리하려는 노력을 많이 하고 있다. 국제방사선방어위원회(ICRP)에서는 권고안인 'ICRP 60'을 발표하여 직업 상 방사선 노출 시 개인의 방사선 피폭선량이 연간 50 mSv 및 5년간 100 mSv 미만으로 유지되도록 권고하고 있다.³⁾ 또한 Braun과 Skiendzielewski¹¹⁾가 환자의 안전이나 진단의 정확성을 훼손하지 않는 범위에서 방사선에 피폭될 상황들을 최소화할 것을 권고하였다. Ciraulo 등¹²⁾도 환자 치료 시 방사선 피폭량은 적지만 지속적인 방사선 피폭 노출이 발생함으로 적어도 납 가운 등의 기본적인 방어 장비만이라도 필요하다고 하였다. 이에 본 연구는 핵의학 체내검사의 업무 단계 별 피폭선량을 측정 및 분석하여 환자 검사 및 업무효율 저하를 발생시키지 않는 범위 내에서 작업종사자의 피폭선량을 최소로 줄일 수 있는 방법을 마련하는데 의의가 있다. 핵의학 체내검사는 방사성동위원소 분배, 방사성동위원소 주사(^{99m}Tc, ¹⁸F-FDG), 환자 안내 및 검사로 이루어진다. 업무 단계 별 피폭선량 분포를 비교 분석한 결과 방사성동위원소 주사 시 ^{99m}Tc는 60.04 μ Sv, ¹⁸F-FDG는 30.57 μ Sv로 전체 피폭선량의 76%를 차지하였다(Fig. 1). 따라서 방사성동위원소를 환자에게 주사하는 과정에서 많은 피폭이 발생하므로 작업종사자의 피폭선량을 최소로 줄일 수 있는 방법을 연구하였다. 방사선원과 거리를 가능한 멀리하고 방사선 노출 시간을 짧게 하며 보호 장비 등을 착용하면 효과적으로 방사선 피폭을 예방 할 수 있다.^{3,13)} Niklason 등⁶⁾은 납으로 된 가운 및 목 보호대를 철저히 착용하는 경우 연간 방사선 조사량의

약 97%를 차단할 수 있다고 하였고, Bae 등¹⁴⁾은 납으로 된 가운은 평균 72.8%의 방사선 차폐 효과가 있다고 하여 보호장비의 중요성을 강조하였다. 본 연구에서는 외부피폭 방어를 위한 교육과 방사성동위원소 주사 시 보호구를 착용하도록 하였으며 주사 전 검사에 대한 설명 및 주의사항을 교육하여 주사 후 환자와의 대면시간을 단축하여 피폭선량을 줄이도록 하여 다음과 같은 결과를 얻었다. ^{99m}Tc-DPD 20 mCi를 보호구를 착용하고 주사 시 피폭되는 선량은 보호구를 착용하지 않고 주사 시 피폭되는 선량보다 88% 감소하였으며(Fig. 4), 주사 전 검사에 대한 설명 및 주의사항 교육 시 피폭되는 선량은 주사 후 검사에 대한 설명 및 주의사항 교육 시 피폭되는 선량보다 63% 감소하였다(Fig. 6). ¹⁸F-FDG 10 mCi를 보호구를 착용하고 주사 시 피폭되는 선량은 보호구를 착용하지 않고 주사 시 피폭되는 선량보다 26% 감소하였으며(Fig. 5), 주사 전 검사에 대한 설명 및 주의사항 교육 시 피폭되는 선량은 주사 후 검사에 대한 설명 및 주의사항 교육 시 피폭되는 선량보다 52% 감소하였다(Fig. 7). 따라서 방사성동위원소 ^{99m}Tc를 이용하는 검사에서는 보호구 착용이 피폭선량을 줄이는데 더 효과적이고, ¹⁸F-FDG를 이용하는 검사에서는 방사성동위원소 주사 후 환자와의 대면시간을 단축하는 것이 피폭선량을 줄이는데 더 효과적이다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 연구기간이 짧고 측정횟수가 적었으며 방사성동위원소 분배, 환자 안내 및 검사 시 피폭선량을 줄일 수 있는 방법에 대해 연구가 이루어지지 않았다는 점이다. 둘째, 측정 방사성동위원소를 ^{99m}Tc-DPD 20 mCi와 ¹⁸F-FDG 10 mCi로 국한하여 환자에게 주사하는 과정에서 피폭되는 선량만을 측정하였다. 셋째, 한정된 병원에서만 시행했으므로 전체적 파악과는 약간의 오차가 있을 수 있다. 이에 향후 핵의학과 작업종사자의 업무단계 별 피폭선량을 전향적 다기관 연구를 통해 작업종사자의 피폭선량을 최소로 줄일 수 있는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결 론

작업종사자의 외부피폭 방어를 위해 환자 검사 및 업무효율 저하를 발생시키지 않는 범위 내에서 환자와의 대면시간을 최소화하고 거리를 가급적 멀리하여 대화하며 이동 가능한 방어 차폐체를 최대한 활용하여야 할 것이다. 또한 불필요한 방사선 피폭을 줄이기 위해 반드시 방사성동위원소를 이용하는 작업 시에는 보호구를 착용하고, 모의훈련을 통해 작업시간을 최소화 시킬 수 있는 방안을 강구해야한다. 한편 방사성동위원소 ^{99m}Tc를 이용하는 검사에서는 보호구 착용

이 피폭선량을 줄이는데 더 효과적이고, $^{18}\text{F-FDG}$ 를 이용하는 검사에서는 방사성동위원소 주사 후 환자와의 대면시간을 단축하는 것이 피폭선량을 줄이는데 더 효과적이다. 그러므로 이러한 방사성동위원소의 특성에 따라 차폐 방안을 모색한다면 더욱더 효과적이고 적극적인 방사선 차폐가 될 것으로 사료된다. 그리고 무엇보다도 중요한 것은 방사선 작업 종사자 스스로 외부피폭 방어를 위한 노력을 충실히 수행하여 방사선 피폭을 최소화 시켜야 할 것이다.

요 약

핵의학 체내검사 업무 단계 별 작업종사자의 피폭선량을 측정 및 분석하여 환자 검사 및 업무효율 저하를 발생시키지 않는 범위 내에서 종사자의 피폭선량을 최소로 감소할 수 있는 방법을 알아보고자 하였다.

방사성동위원소를 이용한 핵의학 체내검사 업무는 방사성동위원소 분배, 방사성동위원소 주사($^{99\text{m}}\text{Tc}$, $^{18}\text{F-FDG}$), 환자 안내 및 검사로 이루어진다. RadEye-G10 측정기기(Thermo SCIENTIFIC)를 이용하여 각 업무 단계 별 피폭선량을 측정 및 분석 하였다. 방사성동위원소를 환자에게 주사하는 과정에서 많은 피폭이 발생하므로 작업종사자의 피폭선량을 최소로 줄일 수 있도록 외부피폭 방어에 대한 교육과 방사성동위원소 주사 시 보호구를 착용하도록 하였으며 주사 전 검사에 대한 설명 및 주의사항을 교육하여 주사 후 환자와의 대면시간을 단축하여 피폭선량을 줄이도록 하였다. 방사성동위원소 주사 시 보호구 착용 유무에 따른 피폭선량과 주사 전 검사에 대한 설명 및 주의사항 교육 유무에 따른 피폭선량을 측정하였다. 총 피폭선량은 Microsoft office Excel 2007을 이용하여 그래프로 나타내었으며 피폭선량의 차이는 SPSS program 12.0을 이용하여 wilcoxon signed ranks test로 분석 하였다. 이 때 p 값이 0.01 이하인 경우 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

$^{99\text{m}}\text{Tc-DPD}$ 20 mCi를 보호구를 착용하고 주사 시 피폭되는 선량은 보호구를 착용하지 않고 주사 시 피폭되는 선량보다 88% 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$). $^{18}\text{F-FDG}$ 10 mCi를 보호구를 착용하고 주사 시 피폭되는 선량은 보호구를 착용하지 않고 주사 시 피폭되는 선량보다 26% 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p > 0.01$). $^{99\text{m}}\text{Tc-DPD}$ 20 mCi를 주사 전 검사에 대한 설명 및 주의사항 교육 시 피폭되는 선량은 주사 후 검사에 대한 설명 및 주의사항 교육 시 피폭되는 선량보다 63% 감소하였

으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$). $^{18}\text{F-FDG}$ 10 mCi를 주사 전 검사에 대한 설명 및 주의사항 교육 시 피폭되는 선량은 주사 후 검사에 대한 설명 및 주의사항 교육 시 피폭되는 선량보다 52% 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$).

방사성동위원소 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 을 이용하는 검사에서는 보호구 착용이 피폭선량을 줄이는데 더 효과적이고 $^{18}\text{F-FDG}$ 를 이용하는 검사에서는 주사 후 환자와의 대면시간을 단축하는 것이 피폭선량을 줄이는데 더 효과적이다. 그러므로 이러한 방사성동위원소의 특성에 따라 차폐 방안을 모색한다면 더욱더 효과적이고 적극적인 방사선 차폐가 될 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. 원자력 연감. 한국원자력산업회의 2008
2. 원자력 안전백서. 한국원자력안전기술원 2009
3. International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP* 1991;21:1-201
4. 김경민, 임상무. 방사선 내부흡수선량의 의학적 적용. *대한핵의학회* 2008;42:164-171
5. Mettler FA Jr, Wiest PW, Locken JA, Kelsey CA. CT scanning: patterns of use and dose. *J Radiol Prot* 2000;20:353-359
6. Niklason LT, Marx MV, Chan HP. Interventional radiologists: occupational radiation doses and risks. *Radiology* 1993;187:729-733
7. Vano E, Gonzalez L, Fernandez JM, Alfonso F, Macaya C. Occupational radiation doses in interventional cardiology: a 15-year follow-up. *Br J Radiol* 2006;79:383-388
8. Hellawell GO, Mutch SJ, Thevendran G, Wells E, Morgan RJ. Radiation exposure and the urologist: what are the risks? *J Urol* 2005;174:948-952
9. Jeong TS, Shin BC, Moon CW. The analysis of radiation exposure of hospital radiation workers. *J Korean Soc Ther Radiol Oncol* 2000;18:157-166
10. Ron E. Cancer risks from medical radiation. *Health Phys* 2003;85:47-59
11. Braun BJ, Skindzielewski JJ. Radiation exposure of emergency physicians. *Ann Emerg Med* 1982;11:535-540
12. Ciraulo DL, Marini CP, Lloyd GT, Fisher J. Do surgical residents, emergency medicine physicians, and nurses experience significant radiation exposure during the resuscitation of trauma patients? *J Trauma* 1994;36:703-705
13. Kase KR. Radiation protection principles of NCRP. *Health Phys* 2004;87:251-257
14. Bae SY, Kim JO, Yoo JD, Yoon SY, Jang JW. Radiation exposure from fluoroscopy during orthopaedic surgical procedures. *J Korean Fracture Soc* 2001;14:792-798