

시스템 개선을 통한 핵의학 검사실의 공간 선량률 감소방안

Solution to Decrease Spatial Dose Rate in Laboratory of Nuclear
Medicine through System Improvement

■ **문재승, 신민용, 안성철, 유문곤, 김수근**

Jae-seung Moon, Min-yong Shin, Seong-cheol Ahn, Mun-gon Yoo, Su-geun Kim

■ **가톨릭대학교 성빈센트병원 핵의학과**

Department of Nuclear Medicine, St Vincent's Hospital, Catholic University

■ **교신저자 : 문 재 승**

주소 : 경기도 수원시 팔달구 중부대로 93 (지동) 가톨릭대학교 성빈센트병원 핵의학과

전화 : 031-249-7580

전자우편주소 : mjs5624@cmcnu.or.kr

Correspondence : Jae-seung Moon

Address : 93, Jungbu-daero, Paldal-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, Korea

Tel : +82-31-249-7580

E-mail : mjs5624@cmcnu.or.kr

Funding : None

Conflict of Interest : None

Received : Feb. 19. 2014

Revised : . May. 7. 2014

Accepted : Jun. 2. 2014

2 Case Report

시스템 개선을 통한 핵의학 검사실의 공간 선량률 감소방안

Abstract

Objectives: This study aims at decreasing spatial dose rate through work improvement whilst spatial dose rate is the cause of increasing personal exposure dose which occurs in the process of handling radioisotope.

Methods: From February 2013 until July 2013, divided into “before” and “after” the improvement, spatial dose rate in laboratory of nuclear medicine was measured in gamma image room, PET/CT-1 image room, and PET/CT-2 image room as its locations. The measurement time was 08:00, 12:00 and 17:00, and SPSS 21.0 USA was opted for its statistical analysis.

Result: The spatial dose rate at distribution worktable, injection table, the entrance to the distribution room, and radioisotope storage box, which had showed high spatial dose rate, decreased by more than 43.7% a monthly average. The distribution worktable, that had showed the highest spatial dose rate in PET/CT-1 image room, dropped the rate to 42.3% as of July. The injection table and distribution worktable in the PET/CT-2 image room also showed the decline of spatial dose rate to 89% and 64.4%, respectively.

Conclusion: By improving distribution process and introducing proper radiation shielding material, we were able to drop the spatial dose rate substantially at distribution worktable, injection table, and nuclide storage box. However, taking into account of steadily increasing amount of radioisotope used, strengthening radiation related regulations, and safe utilization of radioisotope, the process of system improvement needs to be maintained through continuous monitoring.

Key words

Laboratory of nuclear medicine, System improvement, Spatial dose rate

I. 서론

방사성 동위원소를 사용하는 의료기관에서는 원자력 안전법 및 관련규정에 의거하여 방사선적 안전성을 유지하고 방사선 관리구역에서 근무하는 작업종사자의 건강과 안전을 최우선적으로 확보되어야 한다. 이를 위하여 관련규정에서 정하는 선량한도의 법적기준에 만족하는지 확인하고 이상사태의 발생을 사전에 방지하여 작업방법에 대한 개선책 수립에 필요한 안전관리를 수행해야 한다[1]. 또한 외부 방사선량을 등이 관련규정을 초과할 우려가 있는 장소에 대해서는 사람의 출입을 관리하고 출입자에 대한 방사선의 장해를 방지하기 위해 방사선 관리구역으로 지정하여 구별하고 있다.

현재 의료기관에서의 방사선 관리구역은 방사선을 안전하게 사용할 수 있도록 기본적인 방호대책이 설계된 공간으로 최초 개설시 규제기관으로부터 시설검사 승인을 받도록 되어 있다. 방사선 관리구역의 적용대상은 개봉선원을 사용하는 핵의학과와 밀봉선원 및 방사선치료기가 설치되어 있는 방사선 중앙학과이며 방사선 안전관리규정에 의거하여 작업종사자의 지시나 허락 없이 환자 및 일반인의 출입을 제한시키고 있다[2,3].

최근 핵의학 영상기술의 발전으로 방사성 동위원소를 이용한 진단과 치료의 빈도와 규모가 증가됨에 따라 방사성 동위원소를 취급하는 방사선 작업종사자의 직무상 피폭이 증가되고 있으며 특히 개봉선원 형태의 방사성 동위원소를 주로 취급하고 있기 때문에 종사자들의 내부피폭 및 외부피폭에 대한 증가 가능성을 배제시킬 수 없다[4]. 이러한 방사선 관리구역에서 근무하는 방사선 작업종사자는 방사성 물질 등의 사용, 취급, 저장, 보관, 처리, 배출, 처분, 운반 기타 관리 또는 오염제거 등 방사선에 피폭되거나 그 우려가 있는 업무에 종사하는 자로서 작업분배실 및 주사실에서 방사성 동위원소를 환자에게 정맥주사하고 일정시간이

경과된 후 영상검사업무를 담당하고 있는 방사선사와 간호사 및 핵의학 진료관련 의사가 이에 속한다[5].

방사선 작업종사자가 핵의학 검사실에서 주로 취급하는 방사성 동위원소는 건강보험의 확대 적용과 PET/CT 기기 개발로 인하여 방사성 의약품의 사용량이 급속도로 증가하고 있는 18F-FDG와 에너지가 비교적 낮고 반감기가 짧아 방사선학적 진단과 치료에 많이 이용되고 있는 99mTc 및 131I핵종이다. 방사선 작업종사자가 작업공간에서 방사성 동위원소를 취급할 때 발생하는 공간 선량률을 방사선 측정기로 측정하는 것은 작업환경의 안전성을 확보하고 작업종사자의 개인별 피폭선량을 추정하는데 매우 중요한 사항이다[6]. 특히 방사성 동위원소가 보관되어 있거나 방사성 동위원소를 분배작업 및 주사하는 공간 뿐 만 아니라 검사가 이루어지고 있는 영상실에서의 선량 변화를 정기적 또는 수시로 확인하는 과정들은 반드시 필요하다. 그러므로 현재의 작업과정을 분석 및 개선하여 개인피폭선량에 영향을 미칠 수 있는 공간 선량률을 최소화하고자 본 연구 활동을 진행하게 되었다.

II. 연구방법

1. 대상

2013년 2월부터 3월까지 핵의학 검사실내에 배치된 감마 영상실, PET/CT-1 영상실, PET/CT-2 영상실을 대상으로 공간 선량률을 측정하였다. 감마 영상실의 측정지점은 백그라운드(방사성핵종에 영향이 없는 일반구역), 핵의학 검사실 입구, 영상실 1, 영상실 2, 주사실 입구, 주사 테이블, 분배실 입구, 분배작업대, 핵종보관함이었으며 PET/CT-1 영상실 및 PET/CT-2 영상 실에서의 측정지점은 백그라운드(방사성핵종에 영향이 없는 일반구역), 영상실, 주사실, 분배작업대, 환자안정실이었다(Figure 1,2).

2 Case Report

시스템 개선을 통한 핵의학 검사실의 공간 선량률 감소방안

Figure 1. 핵의학 검사실내에 배치된 감마 영상실 및 PET/CT-1 영상실이며 방사선 측정기를 이용하여 공간 선량률을 측정한 지점을 표시한 사진이다.

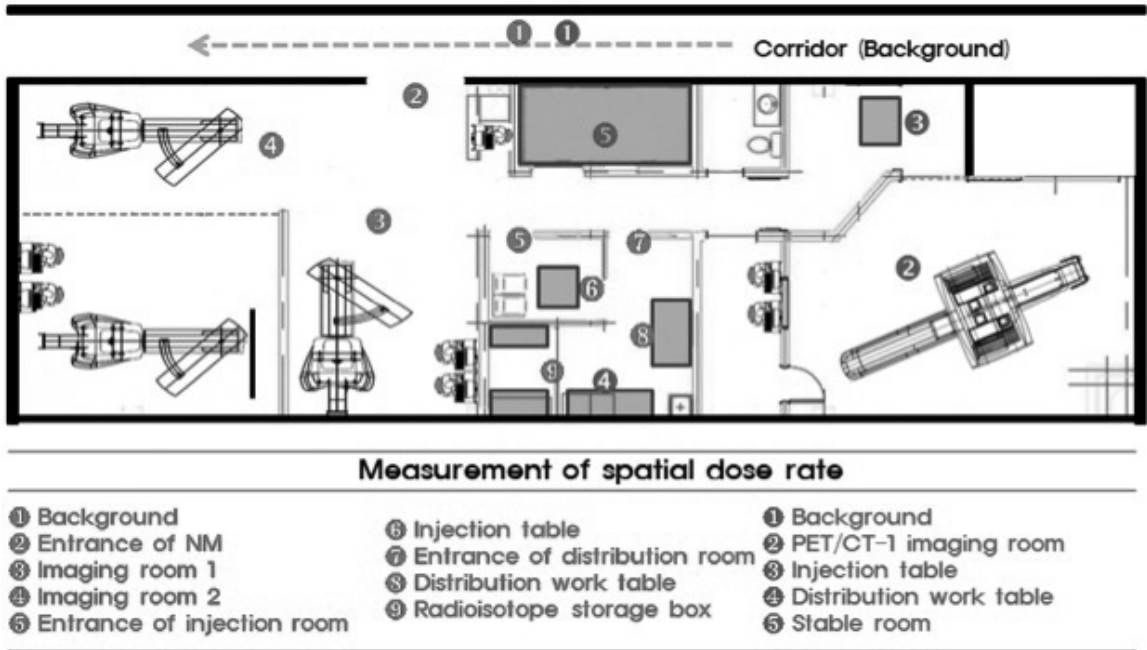
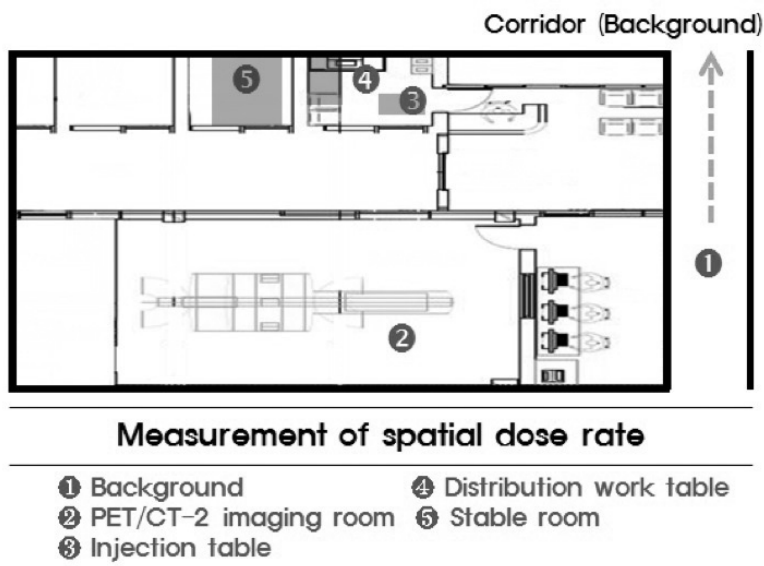


Figure 2. 핵의학 검사실내에 배치된 PET/CT-2 영상실이며 방사선 측정기를 이용하여 공간 선량률을 측정한 지점을 표시한 사진이다.



2. 방법

핵의학 검사실내에 배치된 감마 영상실, PET/CT-1 영상실, PET/CT-2 영상실의 공간 선량율을 측정하기 위해 사용된 방사선 측정기는 Inspector EXP (External probe only)RAP-RSI Probe이며 측정기의 검출면적은 15cm²이고 정확도(accuracy)는 ± 15%이다. 측정시간은 업무 전 08:00, 업무 중 12:00, 업무 종료 후 17:00 으로 측정횟수는 각각 3회이며 측정된 값을 일평균으로 합산하였다. 방사선 측정기에서 측정되는 모든 값은 백그라운드를 제외한 후 교정 지수를 곱하여 공간 선량률의 단위인 μ Sv/h로 나타냈으며 영상검사실의 항목별 비교분석은 SPSS 21.0 USA를 이용하여 빈도분석 및 One-Way ANOVA TEST(SPSS 21.0 USA)를 사용하였으며 $p < 0.05$ 를 통계적 유의수준으로 정하였다.

3. 분석 및 해석

2013년 2월부터 3월까지 수집된 개선활동 전 데이터는 감마 영상실 16건, PET/CT-1 영상실 10건, PET/CT-2 영상실 6건이었다. 방사성 동위원소 사용에 영향이 없는 백그라운드(0.2-0.4 μ Sv/h)값을 기준으로 비교하여 분석한 결과 감마 영상실과 PET/CT 영상실 모두 방사성 동위원소를 직접 취급하는 분배작업대, 주사테이블, 분배실 입구, 핵종보관함에서 공간 선량률이 높게 나타났다($p < 0.05$). 핵의학 검사실에서 사용되는 방사성 동위원소는 액체로 되어 있어 취급할 때 부주의에 의해 발생하는 방사성 오염(Contamination)이 공간 선량률을 증가시키는 가장 큰 원인으로 파악되었다. 또한 사용하고 남은 방사성 폐기물을 핵종보관함에 불필요하게 보관함으로 인해 공간 선량률(3.86 μ Sv/h)이 증가되어 방사성 동위원소 취급, 사용, 폐기과정 등의 시스템 개선이 필요한 것으로 나타났다(Table 1,2).

Table 1. 감마 영상실의 개선 전 공간 선량률 비교

| | Mean ± S.D | Max | Min | Sig. |
|----------------|-------------|------|------|------------|
| Background | 0.41 ± 0.10 | 0.71 | 0.15 | |
| EODNM | 0.46 ± 0.14 | 0.84 | 0.16 | |
| Imaging room 1 | 0.39 ± 0.42 | 0.7 | 0.17 | |
| Imaging room 2 | 0.37 ± 0.11 | 0.67 | 0.17 | |
| EOIR | 0.78 ± 0.22 | 2.13 | 0.13 | |
| IT | 1.59 ± 0.93 | 6.64 | 0.71 | $p < 0.05$ |
| DWT | 2.57 ± 0.87 | 4.4 | 0.93 | $p < 0.05$ |
| RSB | 3.86 ± 1.24 | 7.44 | 1.16 | $p < 0.05$ |
| EODR | 1.09 ± 0.24 | 2.29 | 0.37 | $p < 0.05$ |

*Unit : Spatial dose rate (μ Sv/h)

†EODNM : Entrance of Dept nuclear medicine

‡EOIR : Entrance of Injection room

§ IT : Injection table

|| DWT : Distribution work table

* RSB : Radioisotope storage box

**EODR : Entrance of distribution room

2 Case Report

시스템 개선을 통한 핵의학 검사실의 공간 선량률 감소방안

Table 2. PET/CT-1 영상실, PET/CT-2 영상실의 개선 전 공간 선량률 비교

| | | Mean ± S.D | Max | Min | Sig. |
|--------------------------|------------|-------------|------|------|--------|
| PET/CT-1 imaging room | Background | 0.20 ± 0.05 | 0.38 | 0.11 | |
| | IR | 0.18 ± 0.04 | 0.32 | 0.11 | |
| | IT | 0.23 ± 0.05 | 0.37 | 0.15 | p<0.05 |
| | DWT | 1.11 ± 0.28 | 1.71 | 0.41 | p<0.05 |
| | SR | 0.23 ± 0.06 | 0.40 | 0.12 | |
| PET/CT-2 imaging room | Background | 0.22 ± 0.08 | 0.47 | 0.1 | |
| | IR | 0.23 ± 0.09 | 0.61 | 0.1 | |
| | IT | 1.74 ± 1.47 | 6.20 | 0.1 | p<0.05 |
| | DWT | 1.80 ± 1.39 | 4.40 | 0.18 | p<0.05 |
| | SR | 0.22 ± 0.36 | 0.43 | 0.1 | |

*Unit : Spatial dose rate (μ Sv/h)

†IR : Imaging room

‡IT: Injection table

§ DWT : Distribution work table

‡SR : Stable room

4. 개선전략활동

방사성 동위원소를 취급하는 의료기관에서 영상검사 건수가 늘어날수록 주사 및 분배작업 시간이 증가하고 있으므로 숙련된 작업자가 아닌 신규작업자인 경우에 업무수행에 따른 능력부족으로 인해 공간 선

량률이 더욱 증가될 수 있다. 또한 기존의 방사선 작업종사자라 할지라도 방사성 동위원소 취급 및 사용에 대한 인식이 부족할 경우 공간 선량률이 증가될 수 있으므로(5) 주요 원인들을 분석하고 개선전략을 수립하여 아래내용과 같이 활동하였다(Figure 3-8).

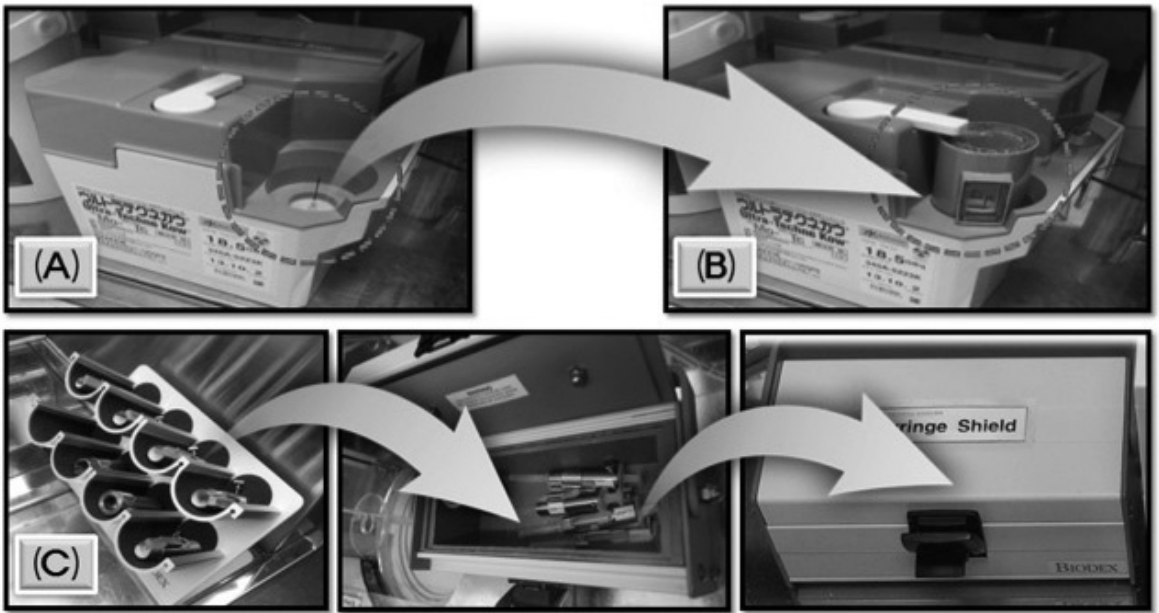
1)분배작업대안의 주사기 보관함 교체 및 방사선 차폐체 위치변경

Figure 3. 주사기 보관함을 작은 것으로 교체하여 공간을 확보한 후(A) 앞쪽에 있던 휴대용 핵종 보관함을 뒤쪽으로 이동시켜 작업자와 방사성 동위원소가 들어 있는 핵종 보관함과의 거리를 최대한 멀게 유지하였다(B).



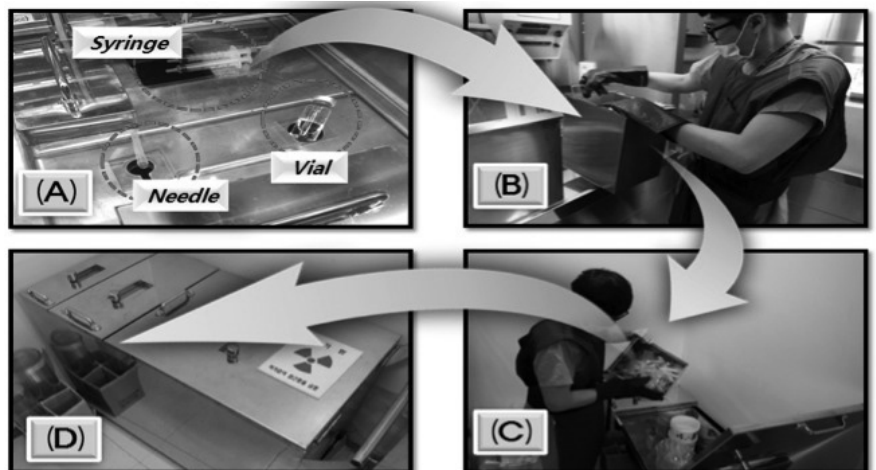
2) 팀원과의 유기적인 협조를 통한 분배작업시간 단축

Figure 4. 여러 번 시행했던 방사성 동위원소의 용출작업(Milking)을 최초 작업자가 오전 1회로 줄여 시행하였으며(A) (B) 같은 종류의 검사에 사용되는 방사성 동위원소는 미리 적정용량을 채운 5-6개의 주사기를 차폐체(Syringe shield)로 커버링한 후 휴대용 핵중보관함에 보관한 다음 팀원과의 의사소통을 통해 분배시간을 단축시켰다(C).



3) 방사성 동위원소가 묻은 주사기, 주사바늘, 바이알(vial)의 처리방식 변경

Figure 5. 사용한 주사기, 주사바늘, 바이알은 1주일 정도 보관이 가능한 분배작업대 하단에 제작된 폐기물 보관함에 즉시 넣고(A)(B) 방사성 동위원소가 충분히 감쇄되는 매주 월요일 업무 시작 전에 3개월 정도 보관이 가능한 대용량 폐기물 보관함에 옮겨(C) 공간 선량률을 최소화하였다(D).

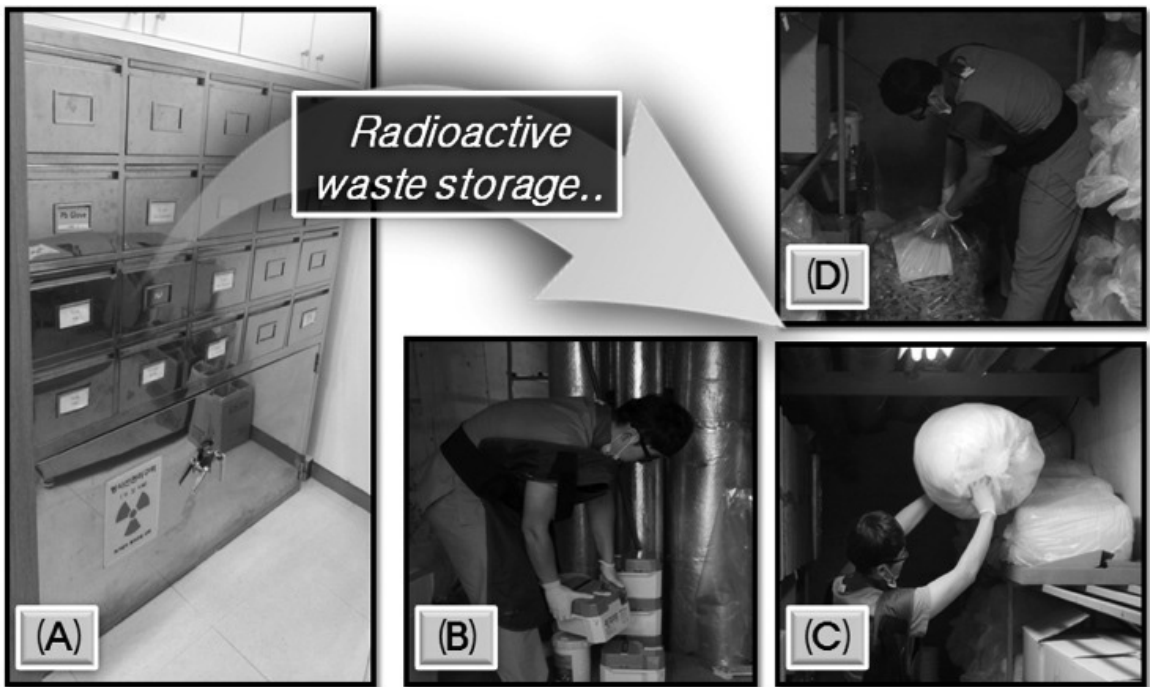


2 Case Report

시스템 개선을 통한 핵의학 검사실의 공간 선량률 감소방안

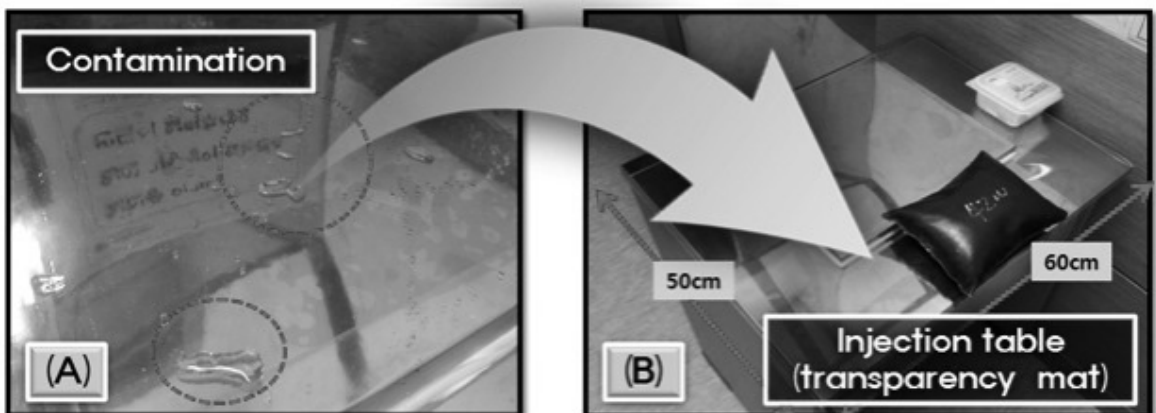
4) 핵종보관함에 저장된 방사성 폐기물의 처리방식 변경

Figure 6. 핵종보관함(A)에 보관된 방사성 폐기물(B),(C),(D)은 발생 즉시 폐기물창고로 옮겨 핵종보관함 주위의 공간 선량률을 최소화하였다.



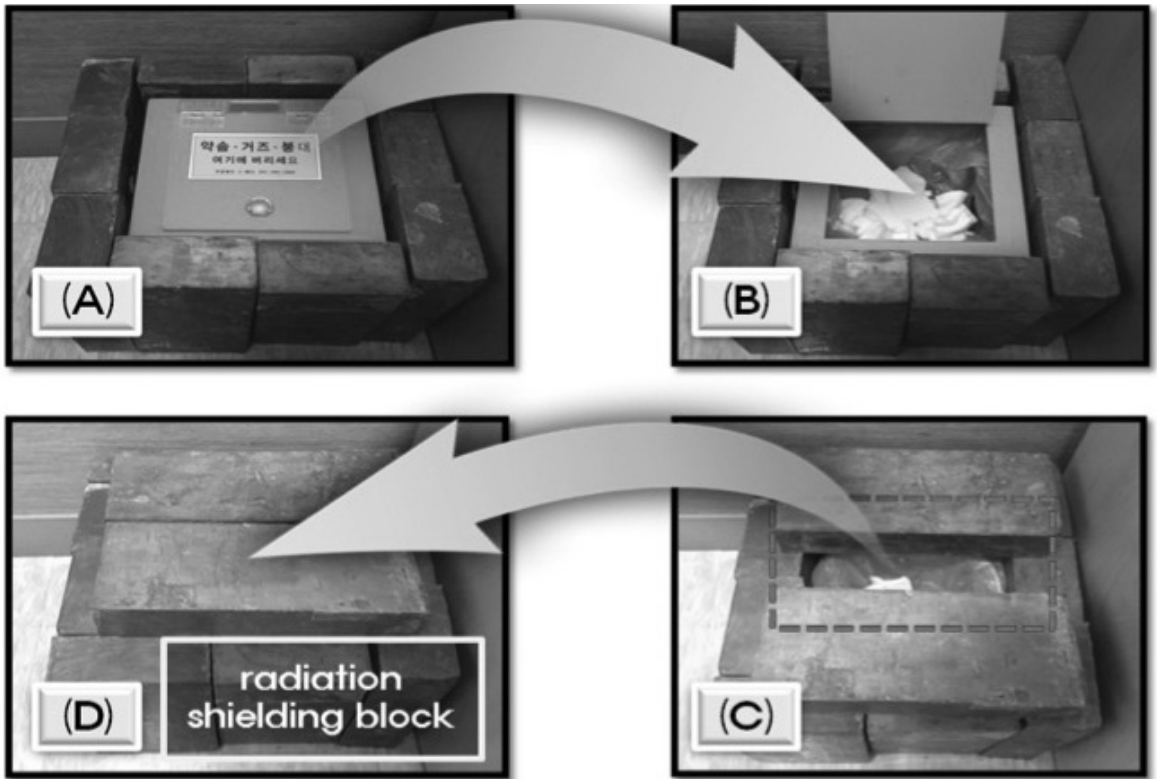
5) 주사테이블의 투명매트 제작 및 사용

Figure 7. 방사성 동위원소 취급에 따른 분배작업대 및 주사테이블에 방사성 오염 발생시(A) 투명매트를 즉시 교체하여 공간 선량률을 최소화하였다(B).



6) 방사성 동위원소가 묻은 알콜솜의 처리방식 변경

Figure 8. 알콜솜을 넣는 플라스틱 보관함 뚜껑을 제거하고(A)(B) 납 블럭(방사선 차폐체)을 이용하여 보관함 전체를 차폐하여 사용 시에만 개봉하였다(C)(D).



III. 연구결과

개선활동 전/후에 대한 영상검사실의 공간 선량을 측정시간은 업무 전 8시, 업무 중 12시, 업무 종료 후 17시로 동일한 지점에서 측정하여 일평균으로 합산하였다. 개선 전/후 활동의 비교분석은 SPSS 21.0 USA의 빈도분석 및 Kruskal-Wallis TEST를 사용하였으며 p-value가 0.05미만인 경우 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 정하였다(Table 3).

Table 3. 영상 검사실의 개선 전/후에 대한 빈도분석

| | Gamma imaging room | PET/CT-1 imaging room | PET/CT-2 imaging room |
|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| Before improvement | 16 | 10 | 6 |
| After improvement | 76 | 82 | 55 |

2 Case Report

시스템 개선을 통한 핵의학 검사실의 공간 선량률 감소방안

1. 감마 영상실의 개선 전/후에 대한 공간 선량률 비교

공간 선량률이 높게 나타났던 분배 작업대(2.57 μ Sv/h), 주사 테이블(1.59 μ Sv/h), 분배실 입구(1.09 μ Sv/h), 핵종보관함(3.86 μ Sv/h)이 개선활동을 통해 4월 35.6%, 5월 44.1%, 6월 46.4%, 7월 48.7%로 월평균 44% 감소되었으며($p < 0.05$) 특히 방사성 동

위원소를 직접 취급하는 분배작업대, 핵종보관함, 주사테이블에서 각각 60.4%, 38.6%, 69.6% 감소되었다($p < 0.05$)(Table 4). 또한 방사성 오염(Contamination)으로 인해 주사테이블의 공간 선량률(1.59 μ Sv/h)이 높게 나타났으나 방사성 오염 발생 즉시 교체 가능한 투명매트의 사용으로 공간 선량률(0.48 μ Sv/h)이 69.6% 감소되었다($p < 0.05$).

Table 4. 감마 영상실의 개선 전/후에 대한 공간 선량률 비교

| Division | | BI | AI | | | |
|------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | April | May | June | July |
| Background | Mean \pm S.D | 0.41 \pm 0.10 | 0.22 \pm 0.50 | 0.20 \pm 0.04 | 0.19 \pm 0.32 | 0.20 \pm 0.03 |
| | Max | 0.71 | 0.34 | 0.31 | 0.27 | 0.25 |
| | Min | 0.15 | 0.10 | 0.11 | 0.15 | 0.12 |
| EODNM | Mean \pm S.D | 0.46 \pm 0.14 | 0.28 \pm 0.12 | 0.25 \pm 0.51 | 0.24 \pm 0.70 | 0.25 \pm 0.07 |
| | Max | 0.84 | 1.00 | 0.38 | 0.52 | 0.63 |
| | Min | 0.16 | 0.10 | 0.17 | 0.15 | 0.17 |
| Imaging Room 1 | Mean \pm S.D | 0.39 \pm 0.42 | 0.26 \pm 0.71 | 0.25 \pm 0.52 | 0.21 \pm 0.43 | 0.22 \pm 0.03 |
| | Max | 0.70 | 0.49 | 0.41 | 0.34 | 0.28 |
| | Min | 0.17 | 0.10 | 0.17 | 0.11 | 0.15 |
| Imaging Room 2 | Mean \pm S.D | 0.37 \pm 0.11 | 0.26 \pm 0.07 | 0.24 \pm 0.45 | 0.23 \pm 0.48 | 0.23 \pm 0.03 |
| | Max | 0.67 | 0.50 | 0.38 | 0.49 | 0.34 |
| | Min | 0.17 | 0.10 | 0.16 | 0.16 | 0.17 |
| EOIR ($p < 0.05$) | Mean \pm S.D | 0.78 \pm 0.22 | 0.62 \pm 0.24 | 0.48 \pm 0.20 | 0.51 \pm 0.21 | 0.48 \pm 0.25 |
| | Max | 2.13 | 1.50 | 1.05 | 1.37 | 1.90 |
| | Min | 0.13 | 0.30 | 0.21 | 0.20 | 0.28 |
| IT ($p < 0.05$) | Mean \pm S.D | 1.59 \pm 0.93 | 1.29 \pm 0.52 | 1.15 \pm 0.36 | 1.05 \pm 0.31 | 1.02 \pm 0.24 |
| | Max | 6.64 | 3.50 | 2.10 | 2.00 | 2.00 |
| | Min | 0.71 | 0.47 | 0.50 | 0.19 | 0.44 |
| DWT ($p < 0.05$) | Mean \pm S.D | 2.57 \pm 0.87 | 0.71 \pm 0.23 | 0.55 \pm 0.12 | 0.53 \pm 0.13 | 0.48 \pm 0.15 |
| | Max | 4.40 | 1.50 | 0.88 | 0.89 | 0.91 |
| | Min | 0.93 | 0.10 | 0.34 | 0.27 | 0.28 |
| RSB ($p < 0.05$) | Mean \pm S.D | 3.86 \pm 1.24 | 3.06 \pm 1.04 | 2.62 \pm 1.06 | 2.55 \pm 0.95 | 2.37 \pm 0.78 |
| | Max | 7.44 | 6.00 | 5.42 | 5.50 | 4.44 |
| | Min | 1.16 | 0.60 | 0.47 | 0.27 | 1.02 |

| | | | | | | |
|------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| EODR (p<0.05) | Mean ± S,D | 1.09 ± 0.24 | 0.68 ± 0.29 | 0.58 ± 0.21 | 0.57 ± 0.24 | 0.49 ± 0.17 |
| | Max | 2.29 | 2.00 | 1.32 | 2.00 | 1.17 |
| | Min | 0.37 | 0.30 | 0.22 | 0.21 | 0.28 |

*Unit : Spatial dose rate (μ Sv/h)

†RSB : Radioisotope storage box

†EODNM : Entrance of Dept nuclear medicine

**EODR : Entrance of distribution room

†EOIR : Entrance of Injection room

††BI : Before improvement

§ IT : Injection table

††AI : After improvement

‡DWT : Distribution work table

2. PET/CT-1 영상실의 개선 전/후에 대한 공간 선량률 비교

영상실 및 환자 안정실에서 방사성 동위원소를 분배하거나 환자에게 주사하지 않기 때문에 개선 전 활

동과 비교했을 때 유의한 차이가 나타나지 않았으나 (p<0.05) 방사성 동위원소를 직접 취급하여 공간 선량률이 가장 높았던 분배작업대(1.11 μ Sv/h)를 개선 전 활동과 비교한 결과 4월 24.3%, 5월 27%, 6월 35.1%, 7월 42.3% 감소되었다(p<0.05)(Table 5).

Table 5. PET/CT-1 영상실의 개선 전/후에 대한 공간 선량률 비교

| Division | | BI | AI | | | |
|-----------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | April | May | June | July |
| Background | Mean ± S,D | 0.20 ± 0.05 | 0.15 ± 0.05 | 0.19 ± 0.04 | 0.19 ± 0.03 | 0.13 ± 0.03 |
| | Max | 0.38 | 0.29 | 0.28 | 0.27 | 0.32 |
| | Min | 0.11 | 0.10 | 0.10 | 0.15 | 0.07 |
| IR | Mean ± S,D | 0.18 ± 0.04 | 0.14 ± 0.04 | 0.14 ± 0.04 | 0.19 ± 0.04 | 0.14 ± 0.02 |
| | Max | 0.32 | 0.24 | 0.23 | 0.41 | 0.21 |
| | Min | 0.11 | 0.09 | 0.02 | 0.11 | 0.09 |
| IT | Mean ± S,D | 0.23 ± 0.05 | 0.22 ± 0.12 | 0.22 ± 0.05 | 0.25 ± 0.13 | 0.19 ± 0.05 |
| | Max | 0.37 | 0.75 | 0.40 | 0.74 | 0.43 |
| | Min | 0.15 | 0.10 | 0.12 | 0.12 | 0.09 |
| DWT (p<0.05) | Mean ± S,D | 1.11 ± 0.28 | 0.84 ± 0.36 | 0.81 ± 0.39 | 0.72 ± 0.45 | 0.64 ± 0.23 |
| | Max | 1.71 | 1.50 | 2.43 | 2.56 | 1.45 |
| | Min | 0.41 | 0.22 | 0.34 | 0.16 | 0.24 |
| ST | Mean ± S,D | 0.23 ± 0.06 | 0.22 ± 0.08 | 0.22 ± 0.04 | 0.21 ± 0.04 | 0.20 ± 0.04 |
| | Max | 0.40 | 0.70 | 0.29 | 0.34 | 0.32 |
| | Min | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.11 | 0.12 |

*Unit : Spatial dose rate (μ Sv/h)

‡ST : Stable table

†IR : Imaging room

†BI : Before improvement

†IT: Injection table

** AI : After improvement

§ DWT : Distribution work table

2 Case Report

시스템 개선을 통한 핵의학 검사실의 공간 선량률 감소방안

3. PET/CT-2 영상실의 개선 전/후에 대한 공간 선량률 비교

PET/CT-1 영상실처럼 영상실 및 환자 안정실에서 방사성 동위원소를 분배하거나 환자에게 주사하지 않기 때문에 개선 전 활동과 비교했을 때 유의한 차

이가 나타나지 않았으나($p < 0.05$) 방사성 동위원소를 직접 취급하여 다른 장소보다 높게 나타났던 주사실($1.74 \mu\text{Sv/h}$) 및 분배작업대($1.80 \mu\text{Sv/h}$)가 개선 활동을 통하여 주사실($0.23 \mu\text{Sv/h}$) 86.7%, 분배작업대($0.57 \mu\text{Sv/h}$) 68.3% 감소효과를 얻을 수 있었다($p < 0.05$)(Table 6).

Table 6. PET/CT-2 영상실의 개선 전/후에 대한 공간 선량률 비교

| Division | | BI | AI | | | |
|-----------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | April | May | June | July |
| Background | Mean \pm S.D | 0.22 ± 0.08 | 0.16 ± 0.06 | 0.17 ± 0.07 | 0.20 ± 0.04 | 0.19 ± 0.33 |
| | Max | 0.47 | 0.28 | 0.50 | 0.30 | 0.30 |
| | Min | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| IR | Mean \pm S.D | 0.23 ± 0.09 | 0.16 ± 0.05 | 0.15 ± 0.11 | 0.20 ± 0.02 | 0.17 ± 0.07 |
| | Max | 0.61 | 0.24 | 0.80 | 0.30 | 0.80 |
| | Min | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.20 | 0.10 |
| IT ($p < 0.05$) | Mean \pm S.D | 1.74 ± 1.47 | 0.29 ± 0.19 | 0.33 ± 0.30 | 0.51 ± 0.38 | 0.23 ± 0.09 |
| | Max | 6.20 | 1.00 | 1.50 | 1.50 | 1.50 |
| | Min | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.20 | 0.10 |
| BWT ($p < 0.05$) | Mean \pm S.D | 1.80 ± 1.39 | 0.80 ± 0.45 | 0.37 ± 0.26 | 0.42 ± 0.20 | 0.57 ± 0.34 |
| | Max | 4.40 | 2.00 | 1.20 | 0.80 | 2.00 |
| | Min | 0.18 | 0.20 | 0.10 | 0.20 | 0.10 |
| ST | Mean \pm S.D | 0.22 ± 0.36 | 0.22 ± 0.06 | 0.14 ± 0.07 | 0.22 ± 0.57 | 0.19 ± 0.69 |
| | Max | 0.43 | 0.40 | 0.50 | 0.30 | 0.50 |
| | Min | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |

*Unit : Spatial dose rate ($\mu\text{Sv/h}$)

†IR : Imaging room

‡IT : Injection table

§ DWT : Distribution work table

||ST : Stable table

¶BI : Before improvement

** AI : After improvement

IV. 고찰 및 결론

원자력 안전 법에 의거하여 방사선 관리구역으로 지정된 핵의학 검사실의 공간 선량률을 측정하고 관리하는 궁극적인 목적은 방사성 동위원소를 보관, 취급, 사용, 폐기 등의 업무를 수행하면서 발생하는 방사선

량을 기준치 이하로 유지시킴으로서 방사선 작업종사자와 환자 및 일반인들에게 방사선으로부터의 영향을 최소화하기 위함이다. 공간 선량률의 존재는 핵의학 검사실에서 근무하는 방사선 작업종사자의 개인피폭 선량에 큰 영향을 미치기 때문에 방사성 동위원소를 사용하는 의료기관에서는 방사선 관리의 기본지표로

이용되고 있으며 공간선량률의 관리기준치가 초과할 경우에는 작업을 일시적으로 제한하거나 차폐를 하는 등의 지속적인 선량측정과 모니터링을 실시하여 원자력 안전 법에서 제시하고 있는 법적 수준($10 \mu \text{ Sv/h}$ 이하)을 유지시키고 있다[7,8].

방사성 동위원소의 의학적 이용이 증가되고 있는 상황 속에서 핵의학 검사실에 근무하는 방사선 작업종사자는 원자력 안전위원회가 지정하여 고시하는 기관에서 방사성 동위원소의 취급 및 관리에 관한 신규교육을 이수한 후 매년 정기교육을 받고 있으며[9] 자체 직무교육 및 관리점검을 실행하여 환자로부터 거리를 멀리하거나 방사능이 감소된 이후의 시간부터 접촉하며 불가피한 접촉이 필요할 경우에는 핵의학 검사실에 비치된 납 가운을 착용하여 공간 선량률의 변화에 따라 방사선 작업종사자의 개인피폭선량이 높아지지 않도록 노력하고 있다[10].

본 연구에서는 방사선 작업종사자가 방사성 동위원소를 취급하는 과정 속에서 작업자의 인식부족과 방사선 안전관리 미흡으로 핵종을 보관하고 분배하는 작업분배실 및 주사실에서 공간 선량률이 높은 것이 확인되어 구체적인 개선활동을 실시함으로써 핵의학 검사실내의 시간별 구역별 선량분포에 대하여 포괄적이고 객관적인 의미를 부여할 수 있었다. 특히 환자를 검사하는 영상실의 경우에는 방사성 동위원소에 영향을 받지 않는 백그라운드 선량률과 비교하였을 때 유의한 차이가 나타나지 않아 방사선 관리구역임에도 불구하고 방사선으로부터의 안전성을 확인할 수 있었다($p>0.05$).

또한 방사성 동위원소에 대한 노출빈도를 줄이기 위하여 모든 작업자가 의사소통을 통해 작업하였으며 최초 작업자가 방사성 동위원소의 용출작업과 적정용량을 채운 주사기를 휴대용 핵종보관함에 보관한 후 주변 작업자에게 알리어 불필요한 출입을 최소화하면서 분배작업시간을 단축시킴과 동시에 새로 설치된

방사선차폐 보관함을 통하여 분배작업대와 핵종보관함 및 주사테이블에서 대폭적인 공간 선량률을 감소시킬 수 있었다. 그 결과로 2013년도 핵의학과에 근무하는 방사선 작업종사자들의 평균 개인피폭 선량률이 0.91 mSv 에서 0.79 mSv 으로 13.2%의 감소효과가 나타났다.

그러나 이번 연구에서 공간 선량률이 가장 높게 나타났던 구역들을 개선과정을 거쳐 평균 58.5%의 대폭적인 감소효과를 얻음에도 불구하고 개인피폭선량 감소폭이 상대적으로 적었던 이유로는 방사성 동위원소가 투여된 환자로부터 산란되어 발생하는 방사선량에 방사선 작업종사자가 영상검사 과정 중에서 영향을 받은 것으로 판단되어진다. 이는 방사선 작업종사자가 검사를 진행하기 위하여 잠시 기다리는 환자와 접촉하거나 또는 방사성 동위원소와의 접촉횟수에 따른 증감이 공간 선량률과 비례관계에 있다고 Benatar 등의 연구에서 보고하고 있으며[11] 핵의학 검사를 진행할 경우 환자와의 접촉을 최대한 줄이고 방사선에 대한 차폐가 철저히 이루어질 경우 작업자의 외부피폭선량을 줄일 수 있다고 Roberts 등의 연구에서 보고하고 있다[12].

그러므로 의료기관에서 점차 증가되는 방사성 동위원소의 사용량과 강화되는 방사선 관련 규제대비 및 안전한 방사성 동위원소를 사용을 위해서는 추후 지속적 모니터링을 통한 시스템 개선 프로세스의 유지가 무엇보다 중요할 것으로 사료된다.

V. 참고문헌

1. Kang CG, Oh KB, Park HH, Oh SH, Park MS, Kim JY, et al. A Study on the Individual Radiation Exposure of Medical Facility Nuclear Workers by Job. The Korean Journal of Nuclear Medicine Technology 2010;14(2):9-16.

2 Case Report

시스템 개선을 통한 핵의학 검사실의 공간 선량률 감소방안

- Lim CS, Kim SH, A Study on the Radiation Dose Managements in the Nuclear Medicine Department, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society 2009;10(7):1760-5.
- Cho YG, Kim SC, Ahn SM, Measuring External Radiation Dose Ratio by Traits of Patients during Positron Emission Tomography(PET), The Journal of the Korea Contents Association 2013;13(12):860-8.
- ICRP, ICRP Publication 78: Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers: Annals of the ICRP Volume 27/3-4, Replacement of ICRP Publication 54, 1998.
- 원자력안전법, May of 2014, Pub. L. No.12666, Article 2, Paragraph 21.(March 23, 2013)
- Moon JS, Jeong HS, Kim SG, Kim HK, Kim HS, Lee HN, et al. A Study on the Surface Contamination Level and Spatial Dose Rate Measured from NM Patients-Only Bathroom, The Korean journal of nuclear medicine technology 2012;16(1):38-43.
- 원자력안전법, May of 2014, Pub. L. No.12666, Article 2, Paragraph 16.(March 23, 2013)
- 방사선 안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙, December of 2008, 교육과학기술부령 제24호, Article 3.(March 4, 2008)
- 원자력안전법 시행령, May of 2014, 대통령령 No.24689, Article 148.(August 16, 2013)
- Kim SJ, Han E, Changes in External Radiation Dose Rate for PET-CT Test Patients, Journal of radiation protection June 2012;37(2):103-7.
- Benatar NA, Cronin BF, O' Doherty MJ, Radiation dose rates from patients undergoing PET: implication for technologists and waiting areas, Eur J Nucl Med 2000;27(5):583-9.
- Roberts FO, Gunawardana DH, Pathmaraj K, Wallace A, U PL, Mi T, Berlangieri SU, O'Keefe GJ, Rowe CC, Scott AM, Radiation dose to PET technologists strategies to lower occupational exposure, J Nucl Med Technol 2005;33(1):44-7.