

핵의학과 일반 의료폐기물에서의 방사능 오염에 관한 고찰

서울아산병원 핵의학과

유재숙 · 장정찬 · 이동훈 · 차민경 · 남기표

A Study on Medical Waste Contaminated by Radioactivity in Nuclear Medicine Department

Jae Sook Yoo, Jeong Chan Kim, Dong Hoon Lee, Min Kyeong Cha and Ki Pyo Nam

Department of Nuclear medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: In the Nuclear Medicine department of Asan Medical Center, radioactive waste has been disposed of by using several disposal boxes designed for nuclear waste. However, some quantity of radioactivity has been detected occasionally due to some radiologists' carelessness not only from radioactive waste, but also from medical waste such as uncontrolled radioactive waste related to patients, poly gloves or saline solution bottles from radiopharmaceuticals laboratory. Thus, this study is going to suggest a solution to maintain the medical wastes made from controlled areas that can be below maximum permissible surface dose limits by finding the cause of radioactive contamination. **Materials and methods:** This study was taken place in 17 different places-2 medical wastebaskets in the waiting room, 2 medical wastebaskets in the PET room, 5 medical wastebaskets in the in vitro laboratory and 6 medical wastebaskets in the radiopharmaceuticals laboratory of the East building, 2 medical wastebaskets in the waiting room of the New building of Nuclear Medicine Department in Asan Medical Center from April to August 2010. Mean radioactivity and its standard deviation of each place have been found by measuring surface contamination of medical wastebaskets and backgrounds twice a week, totaling 30 times. An independent t-test of SPSS (Ver. 12.0) statistic program has been used for statistical analysis. Swabs, saline solution bottles and poly gloves collected from each place also measured 30 times, respectively. **Results:** This study analyzed medical waste and the backgrounds of each place by using survey meter detectors that significant differences of five places did not exist, but existed statistically in twelve places ($p<0.05$). Also, swabs, saline solution bottles and poly gloves collected from each radioactive waste partly exceed the legal dose limit as a result of measuring by a gamma counter. **Conclusion:** Backgrounds and the surface doses of radioactive disposal box in all 17 places measured by the survey meter did not exceed the legal dose limit; however, it obviously showed that there were prominent differences in 12 places. Assuming that the cause of the differences was swabs, saline solution bottles and gloves, we examined them by gamma counter, and the results showed remarkably high doses of radioactivity. Consequently, swabs and poly gloves which are normally disposed in the general medical waste box should be disposed in the radioactive waste box furnished by radiopharmaceuticals laboratory. Also, saline solution discharged from radioactive pharmaceutical places is considered as radioactive liquid waste so that it should be disposed of by the septic tank specifically designed for radioactive liquid. (**Korean J Nucl Med Technol 2011;15(1):70-74**)

Key Words : Radioactive wastes, medical wastes, maximum permissible surface contamination degree

서 론

- Received: December 30, 2010. Accepted: March 7, 2011.
- Corresponding author: **Jae sook Yoo**
Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, Asanbyeongwon-gil
86, Songpa-gu, Seoul 138-736, Korea
Tel: +82-2-3010-2103, Fax: +82-2-3010-4588
E-mail: sldslddl@nate.com

서울 아산병원 핵의학과에서는 방사성폐기함을 다수 비치하여 방사성폐기물을 수집하고 있다. 그러나 이러한 계획된 방사성폐기물의 발생경로 외에 검사를 위하여 환자에게 방



Fig. 1. This pictures show the Inspector+ Handheld Digital Radiation Alert Detector and Cobra 5010.

사성의약품을 주사한 후 지혈을 위해 부착한 알코올솜을 환자가 임의로 폐기하는 등 방사성작업종사자에 의해 관리되지 못한 방사성폐기물이 일반 의료폐기함에서 발견되는 경우가 있다. 비단 환자로부터 발생되는 관리되지 않은 방사성 폐기물뿐만 아니라 방사성의약품 등에서 폐기되는 poly glove 나 생리식염수병 등에서도 간혹 예기치 못한 방사능이 측정되는 경우가 발생하고 있다.

본 연구는 의료폐기물에서 측정되는 방사성폐기물의 발생 원인을 파악하여 “방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙 제 3조”에서 규정하는 바와 같이 방사선관리구역으로부터 배출되는 물품 표면의 방사성물질의 오염도가 허용표면 오염도의 10분의 1을 초과하지 않거나¹⁾ 교육과학기술부에서

고시하는 액체폐기물이 방사성 자체 폐기한도를 초과하지 않도록 하기 위한 대책을 제시하고자 한다.²⁾

실험 재료 및 방법

1. 대상 및 사용기기

2010년 4월부터 8월까지 서울아산병원 동관 핵의학과에서 환자들이 주사를 맞은 후 부착해 두었던 알코올솜을 폐기하기 쉬운 의료폐기함을 기준으로 S.E. International, Inc.사의 Inspector+ Handheld Digital Radiation Alert Detector를 이용해 동관 핵의학과 검사 대기실 2개 구역(심장 검사 출입문 앞, 3영상실 앞), 동관 PET 검사실 2개 구역(접수 앞, 3영상실 출입문 앞), 신관 핵의학과 2개 구역(접수 앞, 주사실 내부의 화장실 앞)을 선정하였고, 의료폐기함으로 분류되어 폐기되는 곳을 기준으로 방사성의약품 6개 구역(생리식염수 폐기함, 의료폐기함, A사의 Tl-201 폐기함, B사의 Tl-201 폐기함, C사의 Tl-201 폐기함, I-131 폐기함), 체외 실험실 5개 구역(GFR 테이블, 건진 검사 테이블, 갑상선 검사 테이블, 방사선 계측실, BF 분리실)을 대상으로 방사능을 측정하였다. 또한 Packard사의 Cobra 5010 감마카운터를 이용해 17개 구역에서 알코올솜, poly glove, 생리식염수를 무작위로 각각 30개의 표본을 추출하여 방사능을 측정, 분석했다.



Fig. 2. This picture shows the measurement by using survey meter detectors.

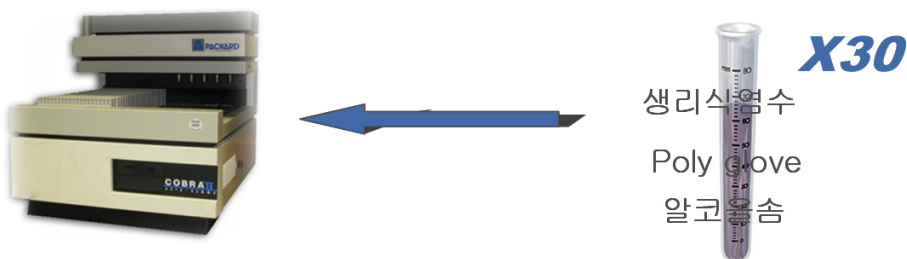


Fig. 3. This picture shows the measurement by using gamma camera.

2. 측정 방법

측정은 각 구역 별 검사자를 지정하여 검사 건수가 가장 많은 월요일과 주중의 중간인 수요일에 일과가 끝나는 오후 5:30~6:00 사이에 방사능과 배후방사능을 각각 세 번씩 측정하여 그의 평균을 입력하였고 총 30회 측정했다.

측정 방법은 측정자가 쓰레기통이 현재 있는 위치에서 바닥을 기준으로 10 cm 떨어진 곳에서 측정장치를 바닥에 세워두고 측정했으며 측정 시 방사성동위원소를 주사 맞은 환자는 전방 10 m 내에 없도록 하였다.³⁾

배후방사능은 쓰레기통의 방사능을 측정 후 바로 시행했으며 측정장치를 쓰레기통에서 1 m 거리에서 쓰레기통의 반대측의 방향으로 바닥에 세워 두고 측정했다. 측정 시에는 방사성동위원소를 주사 맞은 환자와 또 다른 휴지통이 전방 10 m 내에 없도록 했다. 또한, 보다 정확한 측정을 위하여 17개 구역의 의료폐기함에서 알코올솜, 장갑, 생리식염수를 무작위로 각각 30개의 표본을 추출하여 Packard사의 Cobra 5010 감마카운터로 방사능을 1분 간 측정했다. 용량은 1회 측정 당 생리식염수 4 mL, 알코올솜 1장, 1개의 장갑을 측정했다.

3. 분석 방법

1) Survey meter를 이용한 각 구역 별 방사능 측정값과 배후방사능 측정값

매 회 측정 시, 측정하고자 하는 의료폐기함과 배후방사능을 각각 세 번 측정하여 그 평균을 기록하였고, 총 30회를 기록하였으며 cpm으로 측정된 값을 Bq로 변환하였다. 본 논문에서 사용된 survey meter의 측정효율은 Tc-99m (140 keV): 180%, F-18 (511 keV): 100%, Tl-201 (68.9 keV, 70.8 keV, 80.3 keV): 400%, 380%, 320%, I-131 (364 keV, 637 keV, 284 keV)은 각각 90%, 100%, 90%임을 참고하였다.

Tc-99m, F-18, Tl-201, I-131은 각각 다음의 식과 같이 계산했다.

$$Tc-99m (Bq) = cpm \times \left(\frac{\text{radiation}}{1.8 \text{ count}} \times \frac{1 \text{ transformation}}{0.89 \text{ radiation}} \right)$$

$$F-18 (Bq) = cpm \times \left(\frac{\text{radiation}}{1 \text{ count}} \times \frac{1 \text{ transformation}}{1.93 \text{ radiation}} \right)$$

$$Tl-201 (Bq) = cpm \times \left(\frac{\text{radiation}}{4 \text{ count}} \times \frac{1 \text{ transformation}}{0.27 \text{ radiation}} \times \frac{Bq \cdot \text{sec}}{\text{transformation}} \right. \\ \left. + \frac{\text{radiation}}{3.8 \text{ count}} \times \frac{1 \text{ transformation}}{0.47 \text{ radiation}} \times \frac{Bq \cdot \text{sec}}{\text{transformation}} \right. \\ \left. + \frac{\text{radiation}}{3.2 \text{ count}} \times \frac{1 \text{ transformation}}{0.20 \text{ radiation}} \times \frac{Bq \cdot \text{sec}}{\text{transformation}} \right)$$

$$I-131 (Bq) = cpm \times \left(\frac{\text{radiation}}{0.9 \text{ count}} \times \frac{1 \text{ transformation}}{0.81 \text{ radiation}} \times \frac{Bq \cdot \text{sec}}{\text{transformation}} \right. \\ \left. + \frac{\text{radiation}}{1 \text{ count}} \times \frac{1 \text{ transformation}}{0.07 \text{ radiation}} \times \frac{Bq \cdot \text{sec}}{\text{transformation}} \right. \\ \left. + \frac{\text{radiation}}{0.9 \text{ count}} \times \frac{1 \text{ transformation}}{0.06 \text{ radiation}} \times \frac{Bq \cdot \text{sec}}{\text{transformation}} \right)$$

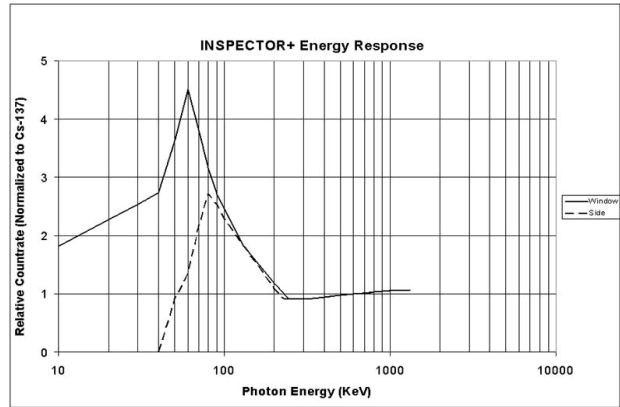


Fig. 4. This graph shows the Energy response of Inspector+.

측정치를 토대로 각 구역 별 의료폐기함의 평균값과 표준편차를 계산하고 그 측정치가 최대허용표면오염도의 10분의 1, 혹은 자체 폐기한도를 초과하는지의 여부를 기록하였으며,¹⁾ 의료폐기함의 측정치와 배후방사능 측정치의 유의성 검증을 위하여 SPSS ver 12.0로 독립표본 t 검정으로 분석했다.

2) 감마카운터를 이용한 각 구역 별 샘플 방사능 측정

cpm으로 측정된 각 표본값을 Bq로 변환하여 일반 의료폐기물로서 폐기되는 알코올솜과 poly glove에서의 방사능 측정치가 허용표면오염도의 10분의 1을 초과하는 빈도수와 생리 식염수의 방사능 측정치가 자체폐기한도를 초과하는 빈도수를 기록했다.

4. 통계 분석

각각의 의료폐기함 측정 값과 배후방사능 측정값의 유의성 검증을 위하여 SPSS ver 12.0로 독립표본 t 검정을 사용했다.

결 과

1. Survey meter를 이용한 각 구역 별 방사능 측정값과 배후방사능 측정값

Survey meter를 이용하여 17개 구역에서 의료폐기함의 방사능과 배후방사능을 측정된 결과 17개 구역 모두에서 법적

Table 1. Radioactivity measurements for medical wastes and the backgrounds of 17 segments by using survey meter detectors.

| 장소 | 측정값(Bq) | | 배후방사능(Bq) | | t |
|--------------------|---------|-------|-----------|------|---------|
| | Mean | SD | Mean | SD | |
| 동관 핵의학과 심장검사 출입문 | 1.01 | 0.24 | 0.78 | 0.21 | 3.855* |
| 동관 핵의학과 3영상실 | 1.12 | 0.43 | 0.84 | 0.18 | 3.275* |
| 신관 핵의학과 접수 앞 | 1.54 | 0.33 | 1.18 | 0.15 | 5.400* |
| 신관 핵의학과 3영상실 | 8.34 | 2.65 | 1.71 | 1.83 | 11.264* |
| 동관 PET 검사실 접수 앞 | 1.29 | 0.75 | 1.03 | 0.65 | 1.446 |
| 동관 PET 검사실 주사실 | 1.19 | 0.25 | 1.03 | 0.20 | 2.707* |
| 실험실 GFR 테이블 | 0.51 | 0.07 | 0.50 | 0.06 | 0.431 |
| 실험실 건진 검사 테이블 | 0.49 | 0.07 | 0.52 | 0.06 | -2.059 |
| 실험실 갑상선 검사 테이블 | 0.51 | 0.06 | 0.51 | 0.06 | 0.084 |
| 실험실 방사선 계측실 | 0.51 | 0.06 | 0.55 | 0.07 | -1.816 |
| 실험실 BF 분리실 | 0.54 | 0.07 | 0.52 | 0.06 | 1.280 |
| 방사약실 의료폐기함 | 27.65 | 12.76 | 6.87 | 3.61 | 8.581* |
| 방사약실 A사 Tl-201 폐기함 | 1.46 | 0.23 | 0.81 | 0.15 | 13.016* |
| 방사약실 B사 Tl-201 폐기함 | 2.07 | 0.73 | 0.81 | 0.15 | 9.260* |
| 방사약실 C사 Tl-201 폐기함 | 1.39 | 0.19 | 0.81 | 0.15 | 13.150* |
| 방사약실 I-131 폐기함 | 47.97 | 22.49 | 2.74 | 0.50 | 11.015* |
| 방사약실 생리식염수 폐기함 | 60.11 | 28.52 | 6.87 | 3.61 | 10.141* |

*: $p < 0.05$

Table 2. Radioactivity measurements for each sample by using gamma counter

| | 생리식염수 | 알코올솜 | Poly glove |
|------------|-------------|------------------------------|---------------------------|
| 최대측정값 | 45,898 Bq/g | 89,294,161 Bq/m ² | 968,492 Bq/m ² |
| 최소측정값 | 3 Bq/g | 105,964 Bq/m ² | 239 Bq/m ² |
| 허용선량초과(빈도) | 25개 | 30개 | 17개 |
| 허용선량 | 100 Bq/g | 4,000 Bq/m ² | 4,000 Bq/m ² |

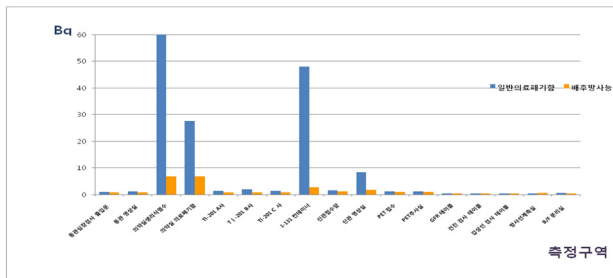


Fig. 5. This graph shows radioactivity of medical waste and the backgrounds of each place by survey meter detectors.

인 허용선량을 초과하지는 않았으나, 그 중 11개 구역에서 의료폐기함과 배후방사능 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 유의한 차이를 보인 구역은 체내 영상실 4개 구역(동관 핵의학과 심장 검사 출입문 앞과 3영상실 앞, 신관 핵의학과 과 접수 앞과 3 영상실 출입문 앞), 동관 PET 주사실, 방사약실 6개 구역(의료폐기함, A사의 Tl-201 폐기함, B사의 Tl-201 폐기함, C사의 Tl-201 폐기함, I-131 폐기함, 생리식염수 폐기함)이었다.

반면 유의한 차이를 보이지 않은 구역은 동관 PET 접수의 의료폐기함과 체외 실험실 5개 구역(GFR 테이블, 건진 검사

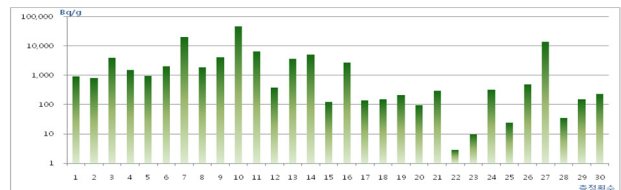


Fig. 6. This graph shows radioactivity measurements for the 30 saline samples.

테이블, 갑상선 검사 테이블, 방사선 계측실, BF 분리실의 의료폐기함)이었다.

2. 감마카운터를 이용한 각 구역 별 샘플 방사능측정

감마카운터를 이용하여 유의한 차이가 있는 11개 구역을 기준으로 생리식염수, 알코올솜, poly glove를 무작위로 각각 30개 표본 추출하여 방사능을 측정된 결과 총 30개의 표본 중 생리식염수는 25개, 알코올솜은 30개, poly glove는 17개에서 법적인 허용선량을 초과하였다. 또한 각 표본의 최대, 최소값은 생리식염수에서 각각 45,898 Bq/g, 3 Bq/g이었고, 알코올솜은 각각 89,294,161 Bq/m², 105,964 Bq/m²이었으며,

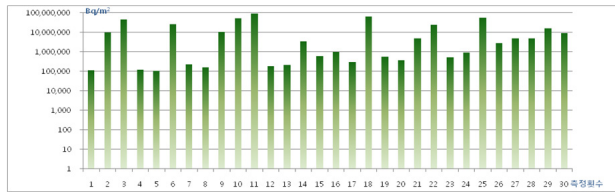


Fig. 7. This graph shows radioactivity measurements for the 30 swabs samples.

poly glove는 각각 968,492 Bq/m², 239 Bq/m²였다.

결론 및 고찰

본 논문은 핵의학과 내의 17개 구역을 선정해 survey meter로 일반 의료폐기함의 표면오염도 및 배후방사능을 측정된 결과 법적인 허용치를 초과하지는 않았지만, 이 중 11개 구역에서 의료폐기함과 배후방사능이 통계적으로 유의한 차이를 보여 실제 방사능이 존재함을 알 수 있었다. 본 연구에서는 이의 원인을 수검자가 주사 시 부착해 두었던 알코올 솜을 임의로 의료폐기함으로 폐기하거나, 혹은 검사자가 방사성의약품을 취급하는 과정에서 생리식염수나 poly glove가 오염되었을 것이라 추론하였다. 이에 좀 더 정확한 방사능을 측정하고자 감마카운터를 이용하여 각각의 의료폐기함으로부터 알코올솜, poly glove, 방사성의약품에서 배출되는 생리식염수에서 각각 30개씩 표본 추출하여 측정된 결과, 높은 수준의 방사능이 측정되었으며, 일부는 법적 허용치를 초과했다. 따라서 의료폐기함으로 폐기되는 알코올솜과 poly glove는 각 영상실과 방사성의약품에 구비된 방사성폐기함에 폐기하고 방사성의약품실에서 발생하는 생리식염수는 액체폐기물로서 RI정화조에 폐기하거나 또는 방사성 자체 폐기절차에 따라 일정기간 보관하여 충분히 감쇄시킨 후 폐기해야 할 것이라 사료된다.

마지막으로 본 논문에서는 방사성의약품 납 컨테이너의 표면오염도를 survey meter로는 측정했지만 샘플 추출의 어려움으로 감마카운터로는 측정하지 않았고, 의료폐기물이 핵의학과에서 외부로 반출되는 시간대의 방사능은 고려하지 않았다. 또한 감마카운터 측정을 위한 샘플 추출 시, 방사능 측정치가 작업종사자 별로 영향이 있는지의 여부는 확인하지 않아 추후 이에 대한 연구가 좀더 필요할 것이라 사료된다.

요 약

서울 아산병원 핵의학과에서는 방사성폐기함을 다수 비치하여 방사성폐기물을 수집하고 있으나 이러한 방사성폐기물

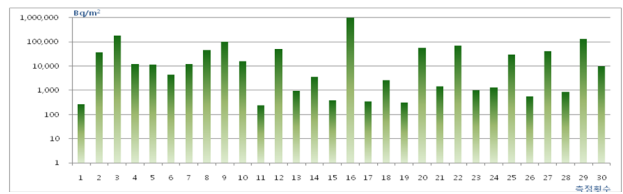


Fig. 8. This graph shows radioactivity measurements for the 30 poly gloves samples.

이 일반 의료폐기함에서 발견되는 경우가 있다. 이에 본 연구에서는 의료폐기물에서 측정되는 방사성폐기물의 발생 원인을 파악하여 방사선관리구역으로부터 배출되는 물품 표면의 방사성물질의 오염도가 허용표면오염도의 10분의 1을 초과하지 않거나 교육과학기술부에서 고시하는 액체폐기물이 방사성 자체 폐기한도를 초과하지 않도록 하기 위한 대책을 제시하고자 하였다.

우선 먼저 survey meter를 이용하여 본원 핵의학과 17개 구역의 방사능 측정값과 배후방사능 측정값을 비교한 결과 법적인 허용치를 초과하지는 않았지만, 이 중 11개 구역에서 의료폐기함과 배후방사능이 통계적으로 유의한 차이를 보여 실제 방사능이 존재함을 알 수 있었다. 이에 좀 더 정확한 방사능을 측정하고자 감마카운터를 이용하여 각각의 의료폐기함으로부터 알코올솜, poly glove, 방사성의약품에서 배출되는 생리식염수에서 각각 30개씩 표본 추출하여 측정된 결과, 높은 수준의 방사능이 측정되었으며, 일부는 법적 허용치를 초과했다.

따라서 의료폐기함으로 폐기되는 알코올솜과 poly glove는 각 영상실과 방사성의약품에 구비된 방사성폐기함에 폐기하고, 방사성의약품실에서 발생하는 생리식염수는 액체폐기물로서 RI정화조에 폐기하거나 또는 방사성 자체 폐기절차에 따라 일정기간 보관하여 충분히 감쇄시킨 후 폐기해야 할 것이라 사료된다.

REFERENCES

1. 방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙 제3조 ‘방사선관리구역’, 제 94조 ‘표면오염도’
2. 교육과학기술부 고시 제 08-64호 ‘방사성 폐기의 자체처분에 관한 규정’
3. 방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙 제 9조, 10조
4. Hiroshi Watanabe, Hiroaki Nagaoka, Ichiro Yamaguchi, Shoji Horiuchi, Atsushi Imoto. Investigation of Actual Condition of Management and Disposal of Medical Radioactive Waste in Korea *JSRT* 2009; 25:7 952-957.
5. 박민수, 정석, 박훈희, 이민혜, 임한상, 오기백 외. 방사성 오염 폐기물의 처리 방안. *Korean J Nucl Med* 2008;2:25 119-122.