

The Measurement of Spatial Dose Rate by Gravity Ventilation after Technegas Scanning

Sung-Bin Kim,¹ Do-Yeon Won^{2,*}

¹Department of Nuclear Medicine, Keimyung University Dongsan Hospital

²Department of Radiological Science, Daegu Health College

Received: July 23, 2019. Revised: August 28, 2019. Accepted: August 31, 2019

ABSTRACT

Because examination with technegas produces images through simple diffusion accumulation, the examination room can become contaminated after scan. Therefore, radiation workers and patients awaiting examination will be affected by internal exposure from technegas inhalation. Before and after gravity ventilation, I am trying to find a way to reduce the exposure dose of waiting patients according to a comparative analysis of horizontal spatial dose rates over time. Spatial dose ratio were measured for 10 minutes from various distances and angles around ventilator's location before and after gravity ventilation. Then, mean values, standard deviation and reduction ratio were calculated. The highest reduction rate of gravity ventilation was 95.31% and the highest reduction ratio was 1 to 3 minutes. Therefore, the gravity ventilation could reduce the exposure dose of radiologic technologists, waiting patients, patient guardians and nurses. In conclusion, the reduction of the exposure dose during the technegas ventilation study through gravity ventilation will play a role in optimiging the protection and it is in accordance with the recommended reduction of the medical exposure by ICRP 103.

Keywords: technegas, internal exposure, spatial dose ratio, gravity ventilation, exposure dose

I. INTRODUCTION

임상핵의학은 1920년대 말 방사성핵종을 추적자로 사용하여 연구를 진행한 블룸가르트(Blumgart)로부터 시작되었다.^[1] 이후 지속적인 발전을 통해 방사성동위원소를 이용하여 질병을 치료와 진단하는 것은 현대의학에서 많은 부분을 차지하고 있다. 특히 개봉 선원을 사용하는 핵의학 검사에서는 방사선 피폭에 주의해야 한다.^[2] 여러 핵의학 검사 중 technegas를 이용한 폐검사는 ^{99m}Tc을 가스화하여 환자의 호흡을 통해 이를 흡입시키고 평면 촬영(planar scan)과 단일광자단층촬영(SPECT; Single Photon Emission Computed Tomography)을 시행한다.^[3] 하지만 단순확산에 의한 technegas 집적을 영상화하기 때문에 환자의 호흡에 따라 검사실이 오

염될 수 있다. 작업종사자나 타 환자에게 있어 잔여 technegas 흡입에 따른 내부 피폭이 발생할 수 있다. technegas의 경우 공기를 통한 피폭이므로 내부피폭 방지 3원칙 중 방사선원의 격납, 오염경로의 차단으로 방지하기에는 무리가 있다. 또한 실내 공기는 밀폐된 공간에서 오염된 공기가 계속 순환하므로 검사실 내부의 technegas로 인해 지속적인 방사선 피폭을 받을 수 있다. 국외의 경우, Vanbilloen HP et. al.^[4]에 따르면 검사하는 환자에게 mouse mask를 착용하여 검사 후 작업종사자 및 타 환자의 잔여 방사선 피폭에 따른 실내공기오염경로를 원천적으로 차단하고 있다. 하지만, 국내 핵의학과가 설치된 병원에서는 아직 이루어지고 있지 않다. 이에 대한 방안으로 농도의 희석, 즉 환기를 통하여 작업종사자와 타 환자들의 불필요한 피폭

* Corresponding Author: Do-Yeon Won

E-mail: dywon@dhc.ac.kr

Tel: +82-53-320-4503

을 줄여야 한다. 환기에 따른 실내의 라돈농도를 측정하는 연구에 의하면 환기가 라돈농도를 조절하는 큰 요인이라는 결과가 있다.^[5,6] 하지만 핵의학과에서 시행되는 technegas에 관한 선량측정 연구는 보고된 바가 없다. 환기의 종류에는 여러 종류가 있지만, 실내외의 온도와 습도 차이에 의한 중력환기를 통해 잔여 technegas 농도를 희석시켜 방사선 피폭을 얼마나 저감시킬 수 있는지를 연구하였다. technegas를 이용한 폐 스캔 후 중력환기를 통한 검사실 내부의 수평면 공간선량율을 측정과 분석하여 작업종사자와 환자의 방사선량을 최소화하고 최적의 환기시간에 대한 방안을 제시하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 감마카메라 및 technegas generator

감마카메라와 technegas generator는 Fig. 1과 같이 국내병원에서 사용하는 SIEMENS사의 E CAM 감마카메라와 ^{99m}Tc을 가스화하는 장비는 VECCSA사의 technegas generator를 사용하였다.



Fig. 1. SIEMENS company's E CAM gamma camera and VECCSA company's technegas generator.

2. 선량계

공간선량율은 시간에 따른 선량율의 변화가 크므로 동일한 시간에 동시 측정하기 위하여 Fig. 2와 같이 선량계 5대를 사용하여 동시 측정하였다.



Fig. 2. Dosimeters used in the experiment.

선량계는 전문기관에서 검·교정한 것으로 선량계의 모델과 교정인자는 Table 1과 같다.

Table 1. Dosimeters model and calibration factors used in the experiment

Model	Calibration factor
inspector	1.01
thermo	1.01
thermo	1.03
radiagem 2000	1.02
radico	1.01

3. 자연방사선량을 측정

검사실내 자연방사선량율은 Fig. 3과 같이 5곳을 측정하였다. 검사실내 모서리 측정값은 각각 0.11, 0.14, 0.09, 0.10 μ Sv/h이며, 중앙값은 0.15 μ Sv/h이었다.



Fig. 3. Measurement of natural radiation dose rate in inspection room.

4. 폐 모형에 technegas 주입

Technegas 주입은 폐 모형에 Fig. 4, 5와 같이 technegas 2,000 counts의 방사능을 주입하고 일반적인 technegas 검사와 동일하게 폐 모형에 600 counts를 남기고 1,400 counts를 공기 중에 방출한 다음 공간선량율을 측정하였다.



Fig. 4. Connection of technegas generator and lung model.



Fig. 5. Image of technegas infused into lung model.

5. 중력환기 조건

중력환기 조건은 Fig. 6와 같이 실외온도 18 ~ 19°C, 실외습도 40 ~ 45%이며, 실내온도는 25 ~ 25.5°C, 실내습도 29 ~ 32%를 유지한 상태에서 측정하였다.



Fig. 6. Conditions of gravity ventilation.

6. 공간선량율 측정 및 계산

공간선량율 측정은 감마카메라에서 환자의 검사 이후 호흡기 위치를 중심으로 각도는 Fig. 7와 같이 검출기 부분을 제외한 0 ~ 150°, 210 ~ 360°의 범위 안에서 30° 단위로 측정하였다. 거리는 각 각도별로 30 cm 간격으로 0 ~ 120 cm 까지 측정하였다. 공간선량율의 측정높이는 Fig. 2와 같이 작업 종사자 및 타 환자의 호흡기 높이인 150 cm 높이에서 측정하였다. 측정은 검사 후 중력환기를 하지 않은 상태에서 0, 1, 3, 5, 10분 후 공간선량율을 각 지점마다 5회씩 측정하였다. 아울러, 검사 후 중력환기를 한 상태에서도 위와 동일한 방법으로 측정하였다. 중력환기 전후의 수평면 공간선량율을 측정하여 평균값, 표준편차, 감소율을 계산하였다.

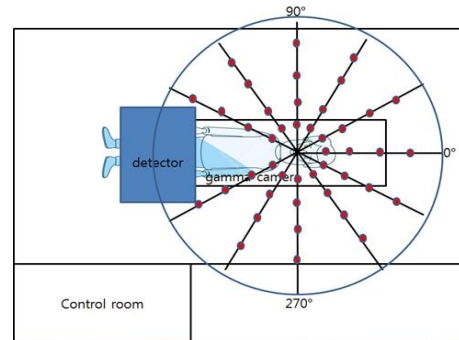


Fig. 7. Measurement of spatial dose rate.

선량율의 계산은 Eq. (1)과 같은 방법으로 측정하였다.

$$E = \frac{\sum_{i=1}^5 E_i \times C_\lambda}{i} \tag{1}$$

- E : 선량율
- E_i : 실계측치
- C_λ : 교정인자(1.01 ~ 1.03)

III. RESULT

1. 중력환기 전 technegas 공간선량율 및 감소율

감마카메라실 내에서 중력환기 전에 technegas의 공간선량율을 시간에 따른 거리별 평균값은 Table 2와 각도별 평균값은 Fig. 8과 같다. 중력환기 전에 가장 높은 선량율을 나타낸 것은 검사 직후인 0분, 가장 가까운 거리(0 cm)에서 측정되었다. 이후 시간의 변화와 거리에 따라 수평면 공간선량율은 점차 감소하였다.

Table 2. The horizontal spatial radiation rate measured at time before gravity ventilation (Unit : μSv/hr)

time (min) dist. (cm)	0	1	3	5	10
0	5.50 ± 0.06	4.12 ± 0.05	3.28 ± 0.08	2.82 ± 0.09	2.43 ± 0.13
30	4.90 ± 0.09	2.68 ± 0.09	2.02 ± 0.25	1.85 ± 0.10	1.79 ± 0.09
60	4.01 ± 0.16	1.60 ± 0.16	1.07 ± 0.09	1.01 ± 0.06	0.95 ± 0.04
90	2.49 ± 0.54	0.72 ± 0.54	0.68 ± 0.08	0.61 ± 0.07	0.60 ± 0.07
120	1.08 ± 0.16	0.35 ± 0.16	0.36 ± 0.09	0.34 ± 0.07	0.33 ± 0.07

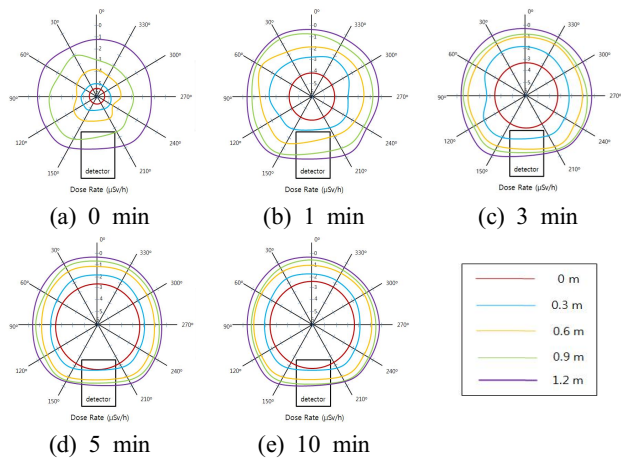


Fig. 8. The horizontal spatial radiation rate measured at time before gravity ventilation.

중력환기를 하기 전 technegas의 시간에 따른 감소율은 Table 3, Fig. 9와 같다. 최초 수평면 공간선량율을 기준으로 최저 25.15%, 최고 76.45%의 감소율을 나타내고 있다. 감소율은 0 ~ 1분 사이에 크게 감소하였으며, 3분까지는 꾸준히 감소하고 있다. 3분 이후부터는 비슷한 수준을 유지하였다.

Table 3. Reduction ratio of technegas over time before gravity ventilation (Unit : %)

time (min) dist. (cm)	0	1	3	5	10
0	0	25.15	40.41	48.73	55.78
30	0	45.36	58.73	62.18	63.45
60	0	60.04	73.42	74.93	76.45
90	0	70.96	72.56	75.43	75.96
120	0	67.88	67.02	68.67	69.19

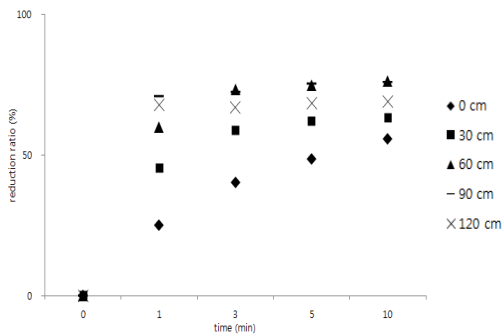


Fig. 9. Reduction ratio of technegas over time before gravity ventilation.

2. 중력환기 후 technegas 공간선량율 및 감소율

감마카메라실 내에서 중력환기 후에 technegas의 공간선량율을 시간에 따른 거리별 평균값은 Table 4와 각도별 평균값은 Fig. 10과 같다. 중력환기 후에 가장 높은 선량율을 나타낸 것은 환기 직후인 0분, 가장 가까운 거리(0 cm)에서 측정되었다. 이후 시간의 변화와 거리에 따라 수평면 공간선량율은 점차 감소하였으며, 5분 이후부터는 거의 자연방사선량율에 가까운 수치를 나타내었다.

Table 4. The horizontal spatial radiation rate measured at time after gravity ventilation (Unit : $\mu\text{Sv/hr}$)

time (min) dist. (cm)	0	1	3	5	10
0	5.35 ± 0.01	2.82 ± 0.06	0.56 ± 0.05	0.38 ± 0.04	0.32 ± 0.04
30	3.75 ± 0.10	1.83 ± 0.09	0.40 ± 0.05	0.31 ± 0.02	0.23 ± 0.02
60	1.73 ± 0.12	0.97 ± 0.14	0.32 ± 0.03	0.30 ± 0.02	0.20 ± 0.01
90	0.82 ± 0.09	0.65 ± 0.04	0.27 ± 0.03	0.28 ± 0.02	0.18 ± 0.02
120	0.44 ± 0.08	0.40 ± 0.06	0.26 ± 0.02	0.24 ± 0.04	0.16 ± 0.02

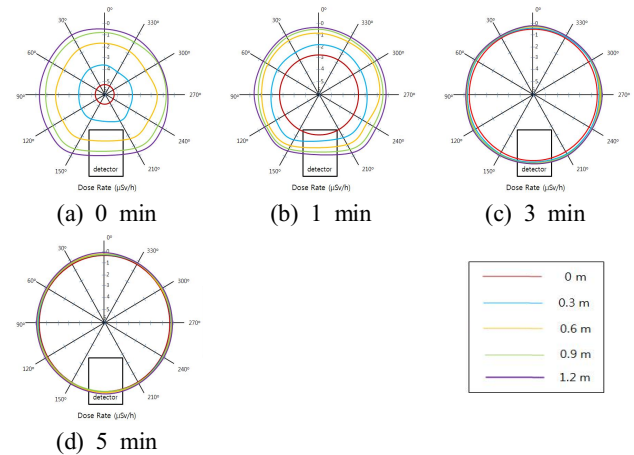


Fig. 10. The horizontal spatial radiation rate measured at time after gravity ventilation.

중력환기를 한 후에 technegas의 시간에 따른 감소율은 Table 5, Fig. 11과 같다. 중력환기 후에 최초 수평면 공간선량율을 기준으로 최저 9.14%, 최고 93.99%의 감소율을 나타내고 있다. 감소율은 1 ~ 3분 사이에 크게 감소하였다.

Table 5. Reduction ratio of technegas over time after gravity ventilation (Unit : %)

time (min) dist. (cm)	0	1	3	5	10
0	0	47.33	89.47	92.87	93.99
30	0	51.22	89.34	91.65	93.92
60	0	44.15	81.25	82.62	88.65
90	0	21.57	67.56	66.59	78.47
120	0	9.14	42.22	46.79	63.21

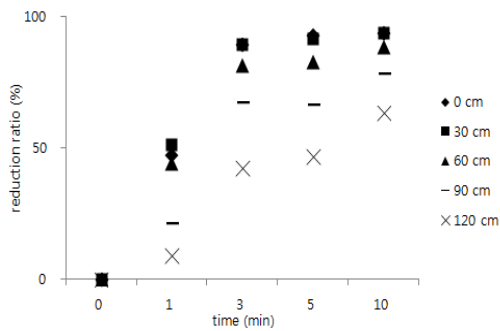


Fig. 11. Reduction ratio of technegas over time after gravity ventilation.

3. 중력환기 전후 technegas 감소율 비교

동일한 시간대에서 중력환기 전후의 technegas 감소율은 Table 6과 Fig. 12와 같다.

시간에 따른 감소율은 최저 2.73%, 최고 87.15%의 감소율을 나타내고 있다. 감소율은 1 ~ 3분 사이에 가장 많이 감소하였으며, 3분 이후부터는 거의 비슷한 수준으로 감소하였다.

Table 6. Technegas reduction ratio before and after gravity ventilation at the same time (unit : %)

time (min) dist. (cm)	0	1	3	5	10
0	2.73	31.55	82.93	86.52	86.83
30	23.47	31.72	80.20	83.24	87.15
60	56.86	39.38	70.09	70.30	78.95
90	67.07	9.72	60.29	54.10	70.00
120	59.26	-14.3	27.78	29.41	51.52

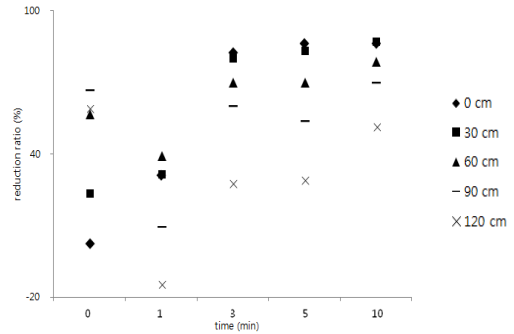


Fig. 12. Technegas reduction ratio before and after gravity ventilation at the same time.

중력환기 전 0분을 기준으로 하여 중력환기 후 시간에 따른 technegas 감소율은 Table 7과 Fig. 13과 같다. 시간에 따른 감소율은 최저 2.73%, 최고 95.31%의 감소율을 나타내고 있다. 감소율의 폭은 0 ~ 1분 사이에 크게 감소하였지만 검사실내에 자연방사선량을보다는 높은 선량에 있다. 1 ~ 3분 사이에도 크게 감소하였고, 3분 이후부터는 자연방사선량과 거의 비슷한 수준으로 감소하였다.

Table 7. Technegas reduction ratio according to time after gravity ventilation at 0 min before gravity ventilation (Unit : %)

time (min) dist. (cm)	0	1	3	5	10
0	2.73	48.73	89.82	93.09	94.18
30	23.47	62.65	91.84	93.67	95.31
60	56.86	75.81	92.02	92.52	95.01
90	67.07	73.90	89.16	88.76	92.77
120	59.26	62.96	75.93	77.78	85.19

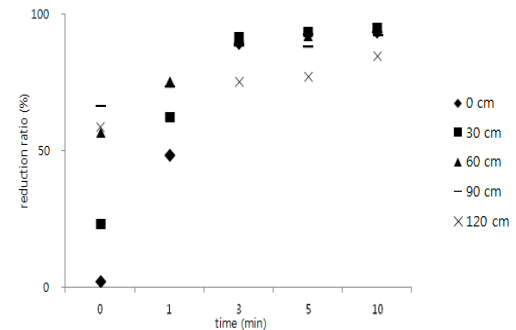


Fig. 13. Technegas reduction ratio according to time after gravity ventilation at 0 min before gravity ventilation.

IV. DISCUSSION

Technegas 검사는 눈에 보이지 않는 technegas로 인한 실내공기오염의 정도를 쉽게 파악할 수가 없다. 본 연구는 방사선사 및 의료진과 범위 내 환자들의 피폭선량 저감화 방법을 모색하기 위해 실행되었다.

연구결과 검사실 내 중력환기를 하지 않을 때는 최초공간선량율에서 감소율은 25.15 ~ 76.45%에 불과하였고, 10분이 지나도 자연방사선량율보다 높은 선량을 나타냈다. 하지만 중력환기를 하였을 때는 동일한 시간대를 비교했을 시에는 최고 87.15%의 감소와 중력환기 전 0분에서의 공간선량율보다 최고 95.31%라는 감소율을 나타내었고, 3분 후에는 자연방사선량율과 거의 비슷한 수준으로 감소하였다. 아울러, 중력환기 후 공간선량율은 1 ~ 3분에서 높은 감소율을 보였다. 이는 핵의학 검사실 내에서 환자를 검사한 후 다음 대기환자를 검사하기 위해서는 바로 검사하는 것보다 검사실 내를 1 ~ 3분 정도 환기를 시킨 후 검사를 시행한다면 의도치 않게 받는 방사선 피폭을 효과적으로 감소시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

의료에서 방사선 방호의 대상이 되는 환자, 의료인, 의료기사, 일반인, 간병인, 보호자 등이 핵의학 검사 중 technegas 검사로 인하여 불필요하게 받는 피폭은 ICRP publication 103 권고에 반하여 정당화되어 있지도 않을뿐더러 본인이 모르는 사이에 받을 수 있는 피폭이므로 최적화될 수 있도록 하는 노력이 필요할 것이다. 따라서 본 연구를 통하여 중력환기를 통한 피폭선량의 감소 결과는 방어의 최적화를 이룰 수 있는 역할을 할 것이며 ICRP publication 103에서 권고한 피폭선량 감소대책에 적합하다고 사료된다.

방사선은 이득과 손해라는 양면성을 가지고 있다. 치료와 진단이라는 이익을 가지고 있는 반면 아무리 낮은 선량이라 하더라도 확률적 영향으로 인해 방사선 위해를 일으킬 수 있다. 따라서 본 연구는 경감이 가능한 피폭에 대한 방안을 모색하여 적용하는 것으로서 방어의 최적화를 달성시키고 방사선으로 인한 미지의 위험을 감소시킬 수 있는

모범적인 방안이 될 것으로 생각된다.

의료방사선의 관리에서 가장 중요한 사항은 진료의 적정성을 확보하면서 방사선위해를 최소화하는 것이다. 국제원자력기구는 진단방사선 분야의 선량 감소 방법에 대한 지침서를 만들어 환자피폭 선량을 측정하여 각 국가에 사용하도록 권고하고 있다. 또한 국내에서도 우리나라의 실정에 맞게 각 촬영마다 환자 피폭 선량값을 연구하여 진단참고 준위를 제시하였다.^[7]

환자의 질병 때문에 방사선 검사를 받는 것은 방사선 때문에 일어날 수 있는 위해보다 그것으로 얻어지는 이익이 크기 때문이다. 따라서 환자의 의료피폭은 의도적인 것으로 의료절차의 정당화와 방호의 최적화는 고려되지만 환자에 대한 선량을 제한할 경우 진단이나 치료 효율성이 저감되어 선량한도를 적용하지 않는다. 하지만 핵의학 검사 중 technegas 검사와 같이 자신의 질병과 무관하게 방사선에 노출되는 환자 및 보호자들의 피폭을 줄이기 위해서는 방사선사, 의사 및 의료기관의 노력이 가장 중요하다.

V. CONCLUSION

본 연구에서는 대기환자 및 보호자들의 피폭을 줄이기 위한 개선방안의 일환으로 핵의학 검사 중 technegas 검사에 대한 문제점을 제시하고 이 문제점을 근거로 하여 실내공기 중에 있는 technegas의 예상되는 공간선량율을 분석하였다. 핵의학 검사실 내 중력환기를 통해 환기 전후의 시간별 공간선량율을 측정하여 그 감소율을 분석하였다.

최종적으로 이 자료들을 종합하여 중력환기를 통해서 작업종사자, 환자 및 보호자를 의도치 않는 방사선 노출로부터 보호하는데 의의가 있다. 이는 정량적인 평가와 개선방안을 통해 피폭저감에 대한 적합성과 이로 인해 더 나은 의료서비스 환경이 개선될 것으로 사료된다.

Reference

- [1] J. Y. Kim, "Radiopharmaceuticals and Their Applications," Journal of Yakhak Hoeji, Vol. 41, No.

6, pp. 673-691, 1997.

- [2] ICRP publication 103, "The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection," Ann. ICRP, Vol. 37, No. 2-4, pp. 1-332, 2007.
- [3] J. S. Moon, M. Y. Shin, S. C. Ahn, M. G. Yoo, S. G. Kim, "Solution to Decrease Spatial Dose Rate in Laboratory of Nuclear Medicine through System Improvement," Department of Nuclear Medicine, St Vincent's Hospital, Catholic University Case Report, pp. 61-73, 2014.
- [4] H. P. Vanbilloen, J. Bauwens, L. Mortelmans, A. M. Verbruggen, "Reduction of contamination risks during clinical studies with technegas," European Journal of Nuclear Medicine, Vol. 26, No. 10, pp. 1349-1352, 1999.
- [5] J. C. Park, "A Study on the Improvement of Indoor Air Quality in Residential Buildings," Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 19, No. 6, pp. 129-137, 2003.
- [6] S. A. Kim, N. W. Paik, "A Study on Indoor Radon Concentrations in Urban Area," Journal of Environmental Health Sciences, Vol. 28, No. 2, pp. 89-98. 2002.
- [7] Y. H. Kim, J. H. Choi, S. S. Kim, Y. H. Oh, C. H. Lee, P. K. Cho, D. H. Kang, Y. B. Lee, H. C. Kim, C. M. Kim, "Patient exposure doses from medical x-ray examinations in Korea," Journal of radiological science and technology, Vol. 28, No. 3, pp. 241-248, 2005.

Technegas 스캐닝 후 중력환기에 의한 공간선량율 측정

김성빈,¹ 원도연^{2,*}

¹계명대학교 동산병원 핵의학과

²대구보건대학교 방사선과

요 약

Technegas를 사용한 검사는 단순 확산 누적을 통해 폐 영상을 이미지화하기 때문에 검사를 마친 후에 검사실이 오염될 수 있다. 따라서 방사선 작업 종사자와 검사를 기다리는 환자는 technegas 흡입으로 인한 내부 피폭의 영향을 받게 된다. 이에 중력환기 전후의 시간경과에 따른 공간선량율 분포를 비교, 분석함에 따라 방사선사, 의료진, 대기 환자의 피폭선량 저감화 방법을 모색하고자 한다. 중력환기 전후 환자의 호흡기 위치에서 거리별, 각도별로 공간선량율을 10분 동안 측정하고 평균값, 표준 편차 및 감소율을 계산하였다. 실험 결과, 중력 환기 전후 감소율은 최고 95.31%였고 가장 높은 감소율은 1 ~ 3분 사이에서 나타났다. 중력환기를 통해서 방사선 작업종사자, 대기환자, 환자 보호자 및 간호사의 피폭선량을 감소시킬 수 있다. 결론적으로 중력환기를 통한 피폭선량 감소 결과는 방호 최적화를 이루는 역할을 할 것이며 ICRP 103에서 권고한 의료 피폭 저감화에 부합된다.

중심단어: technegas, 내부 피폭, 공간선량율, 중력환기, 피폭

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	김성빈	계명대학교 동산병원 핵의학과	방사선사
(교신저자)	원도연	대구보건대학교 방사선과	교수