

Original Article

PET/CT 검사에서 방사선 종사자 피폭선량 저감에 대한 방안 연구

연세의료원 세브란스병원 핵의학과

조석원 · 박훈희 · 김정열 · 반영각 · 임한상 · 오기백 · 김재삼 · 이창호

A Study to Decrease Exposure Dose for the Radiotechnologist in PET/CT

Seok Won Cho, Hoon-Hee Park, Jung Yul Kim, Yung Kak Ban, Han Sang Lim, Ki Beak Oh,
Jae Sam Kim and Chang Ho Lee

Department of Nuclear Medicine, Severance Hospital, Yonsei University Health System, Seoul, Korea

Purpose: Positron emission tomography scan has been growing diagnostic equipment in the development of medical imaging system. Compare to ^{99m}Tc emitting 140 keV, Positron emission radionuclide emits 511 keV gamma rays. Because of this high energy, it needs to reduce radioactive emitting from patients for radiotechnologist. We searched the external dose rates by changing distance from patients and measure the external dose rates when we used shielder investigate change external dose rates. In this study, the external dose distribution were analyzed in order to help managing radiation protection of radiotechnologists. **Materials and Methods:** Ten patients were searched (mean age: 47.7 ± 6.6 , mean height: 165.5 ± 3.8 cm and mean weight: 65.9 ± 1.4 kg). Radiation were measured on the location of head, chest, abdomen, knees and toes at the distance of 10, 50, 100, 150 and 200 cm. Then, all the procedure was given with a portable radiation shielding on the location of head, chest and abdomen at the distance of 100, 150 and 200 cm and transmittance was calculated. **Results:** In 10 cm, head ($105.40 \mu\text{Sv/h}$) was the highest and foot ($15.85 \mu\text{Sv/h}$) was the lowest. In 200 cm, head, chest and abdomen showed similar. On head, the measured dose rates were $9.56 \mu\text{Sv/h}$, $5.23 \mu\text{Sv/h}$, and $3.40 \mu\text{Sv/h}$ in 100, 150 and 200 cm respectively. When using shielder, it shows $2.24 \mu\text{Sv/h}$, $1.67 \mu\text{Sv/h}$, and $1.27 \mu\text{Sv/h}$ in 100, 150 and 200 cm on head. On chest, the measured dose rates were $8.54 \mu\text{Sv/h}$, $4.90 \mu\text{Sv/h}$, $3.44 \mu\text{Sv/h}$ in 100, 150 and 200 cm, respectively. When using shielder, it shows $2.27 \mu\text{Sv/h}$, $1.34 \mu\text{Sv/h}$, and $1.13 \mu\text{Sv/h}$ in 100, 150 and 200 cm on chest. On abdomen, the measured dose rates were $9.83 \mu\text{Sv/h}$, $5.15 \mu\text{Sv/h}$ and $3.18 \mu\text{Sv/h}$ in 100, 150 and 200cm respectively. When using shielder, it shows $2.60 \mu\text{Sv/h}$, $1.75 \mu\text{Sv/h}$ and $1.23 \mu\text{Sv/h}$ in 100, 150 and 200 cm on abdomen. Transmittance was increased as the distance was expanded. **Conclusion:** As the distance was further, the radiation dose were reduced. When using shielder, the dose were reduced as one-fourth of without shielder. The Radio technologists are exposed of radioactivity and there were limitations on reducing the distance with Therefore, the proper shielding will be able to decrease radiation dose to the radiotechnologists. (*Korean J Nucl Med Technol* 2010;14(2):159-165)

Key Words : PET, Shielding, Dose rate

서 론

방사선 분야는 건강검진의 증가와 방사선 장치의 발달로 진단에서 치료까지 그 업무의 범위가 확대 및 급격히 증가하고 있다. 이에 따라 방사선 관련 종사자들이 방사선에 노출되는 빈도는 증가하고 종사자의 방사선 피폭 관리가 중요하게 대두되고 있다.¹⁾ 방사선이 인체에 조사되면 장해가 발생

• Received: August 13, 2010. Accepted: August 27, 2010.
• Corresponding author: **Seok Won Cho**
Department of Nuclear Medicine, Severance Hospital, Yonsei University Health System, 250 Seongsanno, Seodaemun-gu, Seoul, 120-752, Korea
Tel: +82-2-2228-6062, Fax: +82-2-2227-7062
E-mail: sw1224@yuhs.ac

되는데 전리 방사선을 포유 동물세포에 조사하면 방사선 에너지가 조직에 흡수되어, 그 조직이 방사선에 대한 감수성과 방사선의 물질과 상호작용에 의하여 조직에 장해를 유발한다.^{2,3,4)} 그러므로 방사선을 이용할 때에는 인체가 적은 영향을 받도록 최소의 방사선량을 조사하여 최대의 이익을 얻도록 해야 하며 환자 및 방사선 관계 종사자의 방사선 피폭으로 인한 위해를 방지하고 방사선에 대하여 안전관리를 철저히 수행할 필요가 있다.⁵⁾ 핵의학 검사는 ^{99m}Tc 에 표지화합물을 표지하여 검사하는 전신 뼈 검사, 신장검사, 심장 검사, 뇌 검사 등이 있으며 또한 양전자를 이용한 양전자 방출 단층촬영 검사(Positron Emission Tomography, PET)가 있다. 방사성동위원소를 환자에게 투여하기 전에는 방사성동위원소가 방사선원이 되지만 투여 후에는 환자의 몸 전체가 방사선원이 된다.⁶⁾ 핵의학 검사에서 환자로부터 방출되는 방사선에 의한 외부선량률은 방사선작업종사자에 있어 피폭정도를 인지하는데 중요한 지표가 될 수 있고 핵의학 검사실 내에는 외부선량률이 존재하고 이로 인한 피폭을 받는다고만 생각해 온 것이 보편화 된 사실이다.⁷⁾ 양전자 단층촬영 장비는 1995년 국내에 처음 설치된 이후 최근 서울과 지방으로 급속히 확산되어 PET의 설치가 급격히 증가하고 있다. 또한 전산화 단층 촬영 장비(Computed Tomography, CT)를 부착한 융합 PET 영상의 실현으로 더욱 PET 검사건수는 증가되었다. 따라서 PET 검사에 이용되는 ^{18}F -FDG의 양전자방출 핵종의 사용이 급증하게 되었으며 양전자 방출핵종은 511 keV의 감마선을 방출하기 때문에 기존 140 keV의 ^{99m}Tc 에 비해 종사자의 방사선 피폭의 증가로 피폭선량 저감을 위한 노력이 요구된다.⁸⁾ 방사선 방호 활동 또는 그 계획의 수립에서 인체외부에 있는 방사선원에 의한 외부피폭과 인체 내부에 섭취된 방사성 핵종에 의한 내부피폭의 2가지로 분류하여 생각할 수 있다. 방사선 외부피폭의 방호를 위해서는 시간, 거리, 차폐의 중요한 3원칙이 있다.⁹⁾ 본 연구는 PET 검사에서 환자에게 방사성동위원소를 투여하는 시점부터 환자도 방사선원이 되기 때문에 환자에게로부터 일정거리 외부선량률을 측정하고 외부피폭 방호의 3원칙 중에서 거리에 따른 선량률 변화를 확인하고 차폐를 이용하여 외부선량률의 변화를 알아보았으며 환자 주변의 공간선량 분포에 대한 영향

을 분석하여 방사선 종사자의 피폭 관리에 도움이 되고자 하였다.

실험재료 및 방법

1. 환자정보

2009년 12월부터 2010년 1월까지 PET/CT 검사를 위해 내원한 10명의 환자를 대상으로 하였으며 대상의 평균연령은 47.7 ± 6.6 세였다. 환자의 평균키는 165.5 ± 3.8 cm이며 몸무게의 평균은 65.9 ± 1.4 kg으로 비슷한 몸무게의 환자를 대상으로 하였다.

2. 사용방사성동위원소

사이크로트론에서 H_2^{18}O 표적 : $^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$ 핵반응으로 생성된 ^{18}F 를 ^{18}F -FDG로 합성하여 검사에 사용하였다. ^{18}F 의 성질은 반감기는 109.7분이고 물속에서 최대비정온은 2.4 mm이다(Table 1).

3. 검사방법

1) 산란선에 대한 영향 평가

산란선의 영향을 확인하기 위하여 점 선원 199.8 MBq를 테이블 가운데에 위치시킨 후 이동식 방사선 차폐체를 설치하고 이동식 방사선 차폐체의 왼쪽, 중앙, 오른쪽 부분의 100 cm, 150 cm, 200 cm에서 총 12회 선량률을 측정하였다. 높이는 점 선원과 같은 높이에서 측정을 시행하였다(Fig. 1A, B).

2) 환자 선량률 측정

^{18}F -FDG 5.18 MBq/kg을 주사하고 1시간이 지난 후에 테이블에 눕힌 후 바닥에서 생식선 높이부분에서 선량이 안정되었을 때 즉시 1회를 측정하였다. 소변에 대한 선량을 최소화하기 위하여 테이블에 눕기 전에 소변을 보도록 하였다. 이동식 방사선 차폐체를 설치하기 전에 머리, 가슴, 복부, 무릎, 발끝 쪽의 위치에서 10 cm, 50 cm, 100 cm, 150 cm, 200 cm 위치로 총 80포인트에서 측정하였고 측정 후에 즉시 이

Table 1. Property of ^{18}F

반감기(분)	분해방법	E β -max [keV]	물속에서 최대 비정(mm)	최대비방사능 (GBq/mmol) [Ci/mmol]
109.7	β +(97%) EC(3%)	635	2.4	$6.3 \cdot 10^7$ ($1.7 \cdot 10^6$)

동형 방사선 차폐체를 설치한 후 머리와 가슴, 복부 부분에서 10 cm, 50 cm 거리는 측정하지 않고 100 cm, 150 cm, 200 cm 거리의 선량률을 측정하여 외부선량률을 확인하였다(Fig. 1C).

4. 사용장비

PET/CT 장비는 Discovery 600 (GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) 장비와 외부 선량률 측정 장비는 Digital surveymeter (FH-40 G-L, ESM Eberline Instruments)를 사용하였으며, 측정범위는 10 nSv/h-100 mSv/h이다(Fig. 2A, B) (Table 2).

차폐체로는 900×1800 mm 10 T, 연당량 2.4 Pb 이동식 방사선 차폐체를 사용하였다.

5. 분석방법

산란선 측정에 대해서는 위치별로 거리에 따라 분산분석을 시행하였다. 납 차폐를 하지 않았을 때와 차폐를 했을 때의 등선량곡선을 그렸으며 100 cm, 150 cm, 200 cm에 대하여 두 집단간에 상관분석을 시행하였다(SPSS ver. 12). 또한 납의 투과율을 계산하기 위하여 납을 50 cm에 설치하고 100 cm, 150 cm, 200 cm에서 각각 납의 투과율을 측정하였다.

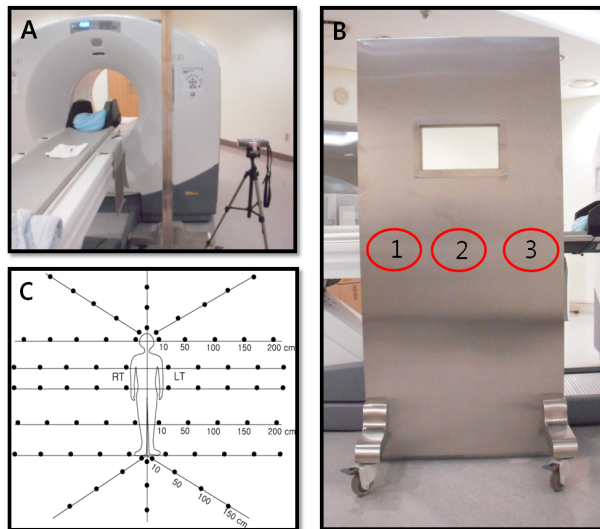


Fig. 1. The Point source located in the middle of the table, and then to install a lead mobile protect were measured (A). Lead mobile protect is 900 x 1800 mm 10 T, lead equivalent 2.4 Pb portable radiation shielding. Measurement Location is 1, 2, 3 areas (1. left part 2. center part 3. right part) (B). Schematic representation of measurement point of the external dose rates (C).

납의 투과율(%)은 납을 설치하기 전의 투과 선량은 A_t 그리고 납을 설치 후 투과 선량은 A_p 라고하면

$$\text{납 투과율}(\%) = \frac{A_p}{A_t} \times 100$$

로 산출할 수 있다.¹⁰⁾

결 과

1. 차폐체 측정 위치에 따른 선량률 측정

점 선원을 이용한 산란선 측정에서 100 cm에서는 중앙값

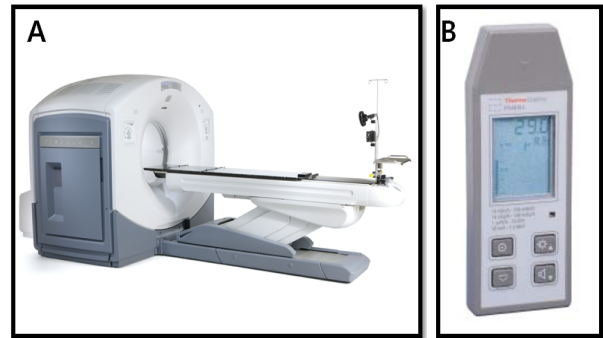


Fig. 2. Equipment is used to PET/CT Discovery 600 (GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) (A) and Digital surveymeter (FH-40 G-L, ESM Eberline Instruments) (B).

Table 2. Basics of digital surveymeter

내부검출기	비례 계수관
측정범위	10 nSv/h-100 mSv/h
에너지 범위	36 KeV-1 MeV
전원	1.5V cell×2 ea
크기	195×73×42 mm
무게	453 g(battery 포함)
작동온도	-22°F to 131°F (-30°C to 55°C)
보관온도	-40°F to 158°F (-40°C to 70°C)

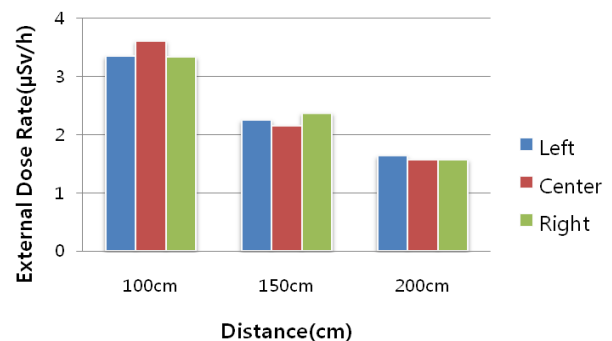


Fig. 3. Scatter dose measurements using a point source in the median of 100 cm and 150 cm high at the left and right sides were measured. In addition, the difference was not 200 cm.

이 높았으며 150cm 에서는 왼쪽과 오른쪽에서 측정값이 높았다. 또한 200 cm에서는 차이가 없었다(Fig. 3). 각각 거리에 따른 측정 위치는 $p>0.05$ 로 유의한 차이가 없었다.

2. 거리에 따른 선량을 변화

평균 10 cm 거리에서는 머리 부분이 105.40 $\mu\text{Sv/h}$ 로 높게 나타났으며 발 부분에서 15.85 $\mu\text{Sv/h}$ 와 12.49 $\mu\text{Sv/h}$ 로 낮게 나타났다. 200 cm 거리에서는 머리, 가슴, 복부 부분에서 비슷한 선량률이 나타났으며 무릎, 발 부분에서 상대적으로 낮은 선량률이 측정되었다(Table 3).

평균적으로 10 cm에서 50 cm으로 거리가 증가될 때 1/2.57 -1/4.51의 선량이 감소되었으며 10 cm 에서 200 cm는 측정부

위에 따라 1/6.63-1/40.90이었다(Table 4).

50 cm에서 100 cm로 증가될 때 1/2.00-1/2.77 의 선량이 감소되었고 50 cm에서 200 cm로 거리가 증가될 때 1/3.78 - 1/10.36의 선량이 감소되었다. 100 cm 측정선량과 거리 변화에 따른 선량 감소는 1/1.31-1/4.00이고 150 cm와 200 cm의 선량비교는 1/1.26-1/7.80의 선량이 감소되었다(Table 5).

3. 차폐체에 따른 선량을 변화

선량률이 가장 높은 머리, 가슴, 복부 부분에 대하여 이동형 방사선 차폐체를 이용하여 100 cm, 150 cm, 200 cm에서 측정한 결과 머리 부분에서 차폐 전 100 cm에서 9.56 $\mu\text{Sv/h}$, 150 cm에서 5.23 $\mu\text{Sv/h}$, 200 cm에서 3.40 $\mu\text{Sv/h}$ 이며 차폐 후

Table 3. Dose rate measured by distance

	10 cm	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm
머리90도	95.49±9.26	21.14±4.16	9.10±0.91	4.16±0.80	2.66±0.49
머리45도	90.88±7.40	22.91±5.70	8.84±0.87	3.68±0.39	2.21±0.58
머리	105.40±9.91	24.51±4.07	9.56±1.71	5.23±0.58	3.40±0.31
가슴	76.93±6.18	23.72±2.72	8.54±0.73	4.90±0.73	3.44±0.62
복부	74.56±3.81	19.68±2.61	9.83±1.62	5.15±1.01	2.61±0.27
무릎	39.96±4.41	10.03±1.30	6.68±1.01	3.81±0.37	2.61±0.27
발	15.85±1.22	6.55±0.71	4.14±0.38	3.03±0.32	2.39±0.21
발45도	13.53±2.38	5.26±0.75	2.73±0.34	2.08±0.23	1.39±0.20
발90도	12.49±1.18	3.45±0.25	2.01±0.36	1.30±0.40	0.73±0.34

Unit: $\mu\text{Sv/h}$

Table 4. Comparison of change distance for 10 cm

	10 cm/50 cm	10 cm/100 cm	10 cm/150 cm	10 cm/200 cm
머리90도	4.51	10.49	22.95	35.89
머리45도	3.96	10.28	24.69	40.98
머리	4.30	11.02	20.15	31.00
가슴	3.24	9.00	15.54	22.36
복부	3.78	7.58	14.47	23.44
무릎	3.98	5.98	10.48	15.31
발	2.41	3.82	5.23	6.63
발45도	2.57	4.95	6.50	9.70
발90도	3.62	6.21	9.60	17.10

Table 5. Comparison of change distance for 50, 100, 150 cm

	50 cm/100 cm	50 cm/150 cm	50 cm/200 cm	100 cm/150 cm	100 cm/200 cm	150 cm/200 cm
머리90도	2.32	5.08	7.94	2.18	3.42	1.56
머리45도	2.59	6.22	10.36	2.40	4.00	1.66
머리	2.56	4.68	7.20	1.82	2.81	1.53
가슴	2.77	4.68	7.12	1.72	2.48	1.43
복부	2.00	3.82	6.18	1.90	3.09	1.61
무릎	1.50	2.63	3.84	1.75	2.55	1.45
발	1.58	2.16	2.74	1.36	1.73	1.26
발45도	1.92	2.52	3.78	1.31	1.96	1.49
발90도	1.71	2.65	4.72	1.54	2.75	1.78

에는 100 cm, 150 cm, 200 cm에서 각각 2.24 $\mu\text{Sv/h}$, 1.67 $\mu\text{Sv/h}$, 1.27 $\mu\text{Sv/h}$ 로 측정되었다. 100 cm에서 차폐 전, 후 유의한 차이가 나타났지만($p < 0.05$) 150 cm과 200 cm에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$). 가슴 부분에서 차폐 전 100 cm에서 8.54 $\mu\text{Sv/h}$, 150 cm에서 4.90 $\mu\text{Sv/h}$, 200 cm에서 3.44 $\mu\text{Sv/h}$ 이며 차폐 후에는 100 cm, 150 cm, 200 cm에서 각각 2.27 $\mu\text{Sv/h}$, 1.34 $\mu\text{Sv/h}$, 1.13 $\mu\text{Sv/h}$ 로 측정되었다. 100 cm에서는 유의한 차이가 나타났으며($p < 0.05$), 150 cm, 200 cm에서 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$). 복부 부분에서 차폐 전 100 cm에서 9.83 $\mu\text{Sv/h}$, 150 cm에서 5.15 $\mu\text{Sv/h}$, 200 cm에서 3.18 $\mu\text{Sv/h}$ 이며 차폐 후에는 100 cm, 150 cm, 200 cm에서 각각 2.60 $\mu\text{Sv/h}$, 1.75 $\mu\text{Sv/h}$, 1.23 $\mu\text{Sv/h}$ 로 측정되었다. 100 cm에서 유의한 차이가 나타났지만($p < 0.05$) 150 cm과 200 cm에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$) (Fig. 4A, B, C).

또한 납 투과율을 측정한 결과 머리, 가슴, 복부 부분에서 거리가 증가함에 따라 투과율이 커졌다(Fig. 4D).

등선량 곡선에서 차폐 전(Fig. 5A)에는 머리 부분과 흉부와 복부 부분에 높은 선량 분포와 머리와 흉부, 복부 부분에서 차폐 후에는 선량 분포가 감소하였다(Fig. 5B, C).

고 찰

방사선 장치의 발달과 이용의 증가로 종사자의 방사선 피

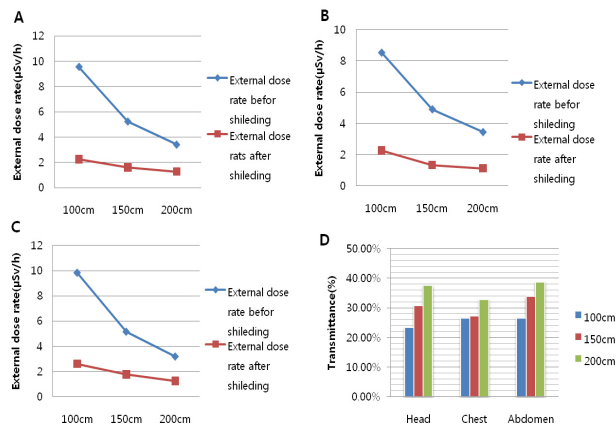


Fig. 4. The head, chest and abdomen shielded from 100, 150, 200 cm at the before and after dose were measured. Each dose was reduced in the area after shielding. In addition, the increased transmittance with increasing distance. Head part to external dose rate shielding ago, after the external dose rate (A) Chest part to Shielding to ago, after the external dose rate (B) Abdomen part to Shielding to ago, after the external dose rate (C) Transmittance of distance and area (D).

폭 관리가 중요하게 대두되고 있으며, 의학적 이용이 증가하므로 근무자의 직무상 피폭도 점차로 증가하고 있다. 1928년에 결성된 국제방사선방어위원회(International Commission on Radiological Protection, ICRP)에서는 직업상 피폭을 연간 50 mSv에서 5년간 100 mSv를 초과하지 않는 범위 내에서 연간 최대 20 mSv로 선량한도를 권고하고 있다⁽¹⁾. 핵의학 검사에는 ^{99m}Tc 에 표지화합물을 결합하여 DMSA를 이용한 신장스캔, HMPAO를 이용한 뇌, HDP, MDP를 이용한 뼈 스캔 등 ^{99m}Tc 에 표지화합물을 이용한 검사와 ^{67}Ga 를 이용한 염증검사, ^{201}Tl 을 이용한 심근 검사, ^{18}F -FDG를 이용한 PET 검사가 이루어지고 있다. 핵의학 검사에 사용하는 방사성의약품의 물리적 조건은 적당한 반감기(6시간)와 에너지(140 keV)는 보통 체외검사에서 80-500 keV가 적당하고 고 에너지의 감마선을 이용하면 영상의 분해능이 저하되며 계수측정에서도 검출효율이 저하된다. 반대로 저 에너지 감마선일 경우 조직 내에 흡수되는 방사선이 증가되므로 측정이 어려워지며 검출효율이 저하된다. 에너지가 짧고 낮은 감마선을 방출하기 때문에 ^{99m}Tc 는 핵의학 검사에 널리 이용되고

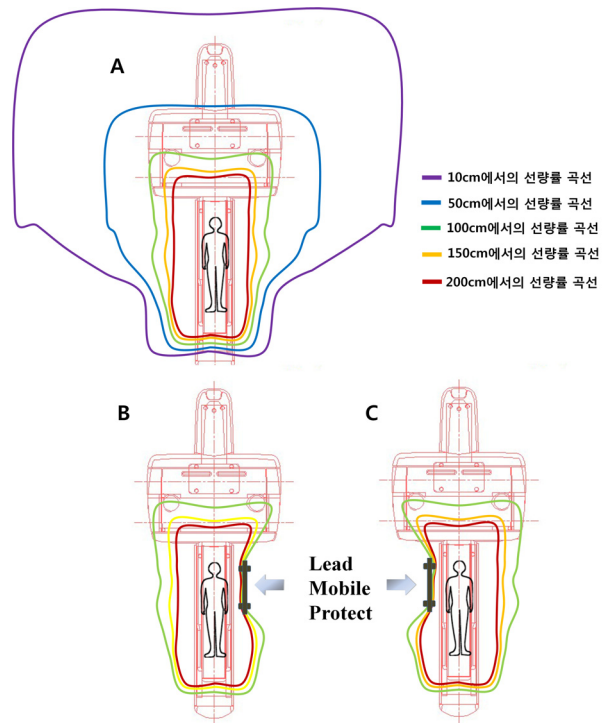


Fig. 5. The equal dose curve from head, chest and abdomen was show for high-dose as before shielded and that the head, chest and abdominal was show for dose decreased as after shielding. Equal dose curve of external dose rates from patient. Equal dose curve ago shielding (A) Equal dose curve after 100 cm, 150 cm, 200 cm shielding (Left) (B) Equal dose curve after 100 cm, 150 cm, 200 cm shielding (Right) (C).

있다. PET 검사에 사용되는 대표적인 방사성 동위원소는 사이크로트론에서 생산되는 ^{18}F 를 사용하고 있다. ^{18}F 의 방사성물리학 성질은 양전자(640 keV)를 방출하고 양전자의 운동에너지를 모두 잃으면 주변의 정지 전자와 결합하여 180도 방향으로 방출되는 소멸방사선(감마선 511 keV)을 방출한다. 최근 방사선 근무자의 피폭선량이 핵의학과 0.32 ± 0.41 mSv, 심장혈관 0.29 ± 0.6 mSv, 영상의학 0.20 ± 0.47 mSv, 종양학과 0.11 ± 0.25 mSv, 기타학과 0.13 ± 0.37 mSv로 핵의학과가 높게 나타났다.¹²⁾ 또한 핵의학과 방사선사의 연 평균 방사선 조사선량은 5.07 ± 3.13 mSv이고 감마카메라 근무자의 조사선량은 4.15 ± 2.26 mSv이며, PET 근무자의 조사선량은 7.41 ± 3.04 mSv로 PET 근무자의 선량이 높게 나타난 것을 알 수 있다. 감마카메라 검사실은 대부분 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$ 에 표지화합물을 표지하여 검사를 시행하고 있으며 그 에너지가 140 keV로 비교적 낮은 감마에너지를 사용하고 PET 검사실에는 양전자 방출핵종에서 발생하는 511 keV의 비교적 높은 소멸방사선을 이용하기 때문에 방사선에 대한 피폭이 높아진다. 방사성동위원소를 환자에게 투여하기 전에는 방사성동위원소가 방사선원이 되지만 방사성동위원소를 투여 후에는 환자의 몸 전체가 방사선원이 된다.⁶⁾ 환자에게 방사성동위원소를 투여하는 시점부터 환자도 방사선원이 되기 때문에 근무자의 외부 피폭관리가 중요하다. 방사선 외부방어의 3원칙은 시간, 거리, 차폐로 나누어서 설명할 수 있으며 방사선 피폭시간이 길어질수록 선량은 누적된다. 방사선선량률이 일정한 장소에 있는 사람이 받는 선량은 그 장소에 머무르고 있는 시간에 직접 비례한다. 즉, 선량=선량률×시간 이므로 방사선 작업시간을 단축하면 선량도 줄어든다. 작업시간의 단축은 선량률이 높은 작업에서 더욱 중요하다. 또한 외부 선원으로부터 방사선피폭은 선원과의 거리가 멀어질수록 낮아지며 거리의 제곱에 반비례한다. 선원에서의 거리를 2배로 하면 선량률은 1/4, 3배로 하면 1/9로 감소한다. 필요 시 일정한 거리를 확보하는 것이 중요하며 일정 거리를 유지하기 힘들 시 차폐체를 두어서 차폐를 하도록 한다. 감마선의 차폐는 일반적으로 투과력이 크기 때문에 밀도가 높은 납이나 콘크리트, 철을 이용한다. 본 연구에서 거리에 따른 선량률 변화와 차폐체에 따른 선량률 변화를 확인하였다. 10 cm 거리에서 측정하였을 때에는 머리 부분이 $105.4 \mu\text{Sv/h}$ 로 다른 부분보다 높게 나타났다. 그 뒤로 가슴이 $76.9 \mu\text{Sv/h}$, 복부 부분이 $74.56 \mu\text{Sv/h}$ 로 나타났다. 대부분의 측정값은 가슴 부분이 복부 부분보다 높게 측정이 되었지만 두 명의 측정값에서 복부 부분이 가슴 부분보다 높게 나타났다. 그 이유는 방광에 있는 소

변에 대한 영향으로 환자가 검사 전 소변을 못보고 측정을 시작하였으며 방사선의약품의 대부분은 소변으로 배설이 되기 때문에 방광에 남아있던 잔뇨에 대한 방사선 선량이 더 높게 측정되었다고 사료된다. 머리 부분과 발 끝부분에서는 선량률이 1/1.42-1/6.67배 정도 차이가 나타났으며 거리에 따라서 선량률이 측정 부위에 따라 1/6-1/40배 정도까지 차이가 발생하였다. 또한 선량률이 가장 높게 나온 머리, 가슴, 복부 부분은 100 cm, 150 cm, 200 cm에서는 평균선량이 비슷하였다.

점 선원을 이용한 차폐체 측정 부위와 거리에 따라서는 100 cm에서는 중간 부분이 높게 왼쪽과 오른쪽 보다 높게 측정되었다. 150 cm에서는 산란선의 영향으로 차폐체의 양 끝 쪽이 중앙보다 높게 측정되었다고 사료된다. 200 cm 이상에서는 차이가 나타나지 않았으며 차폐체 측정 부위에 따른 유의한 차이점이 없었다.

차폐체를 50 cm 거리에 놓고 각각 100 cm, 150 cm, 200 cm를 측정하였다. 머리 부분에서 차폐 전 100 cm에서 평균 $9.56 \mu\text{Sv/h}$, 150 cm에서 $5.23 \mu\text{Sv/h}$, 200 cm에서 $3.4 \mu\text{Sv/h}$ 이며 차폐 후 100 cm에서 평균 $2.24 \mu\text{Sv/h}$, 150 cm에서 $1.61 \mu\text{Sv/h}$, 200 cm에서 $1.27 \mu\text{Sv/h}$ 로 거리가 증가하면서 차폐에 대한 효과는 큰 차이가 없었다. 또한 투과율에서 머리 부분에서 100 cm일 때 23.43%, 150 cm에서 30.86%, 200 cm에서 37.6%로 거리가 증가함에 따라 투과율이 증가하고 있다. 100 cm일 때 76%의 차폐효과를 볼 수 있으며 거리가 증가하면서 차폐효과가 낮아졌다. 거리가 증가함에 따라 선량률이 감소되기 때문에 차폐에 대한 효과가 낮아졌다.

결 론

외부 피폭의 방어에는 거리, 시간, 차폐의 3가지 법칙이 있다. 방사성동위원소를 투여하는 시점부터 환자도 방사선원이 되기 때문에 방사선 종사자의 피폭이 중요하게 생각되어 왔다. 이 논문에서는 Digital surveymeter를 이용하여 거리와 차폐에 따라 선량률의 변화를 확인하였다. 거리가 멀어질수록 선량률이 낮아지는 것을 확인할 수 있었으며 100 cm에서 선량률이 가장 높게 측정된 머리 부분에서 10 cm에서 측정 한 값보다 1/10 이하로 떨어졌다. 머리 부분이 가장 높은 선량률이 측정되었고 발 부분으로 갈수록 선량률이 떨어졌다. 또한 차폐를 하였을 경우 차폐를 하지 않았을 때보다 낮아졌으며 100 cm에서 유의한 차이가 나타났지만 150 cm, 200 cm에서는 유의한 차이가 없었다. 피폭을 줄이기 위해서는 방

선원에서 거리를 멀리하거나 적당한 차폐체를 이용하는 것이 피폭저감에 도움을 준다. 하지만 핵의학 검사에서는 환자의 몸에 방사성 동위원소를 주입하기 때문에 환자가 방사성 선원이 되며, 직접 검사실에서 검사를 진행하는 근무자는 환자와 거리를 멀리할 수 없기 때문에 방사선 피폭이 증가한다. 따라서 근무자의 동선을 파악하여 적당한 차폐체를 이용한다면 방사선 종사자의 방사선 피폭을 줄일 수 있을 것이다.

요 약

방사선 분야는 건강검진의 증가와 방사선 장치의 발달로 진단에서 치료까지 그 업무의 범위가 확대 및 급격히 증가하고 있으며 방사선 종사자의 방사선 피폭 관리가 중요하게 대두되고 있다. PET 검사에 이용되는 양전자 방출핵종은 511 keV의 감마선을 방출하기 때문에 종사자의 방사선 피폭의 증가로 피폭선량 저감을 위한 노력이 요구된다. 본 연구는 환자에게로부터 일정거리 외부선량을 측정하고 거리에 따른 선량을 변화를 확인하고 차폐를 이용하여 외부선량의 변화를 알아보았다. 2009년 12월부터 2010년 1월까지 PET/CT 검사를 위해 내원한 10명의 환자를 대상으로 하였다. Digital surveymeter를 이용하여 선량을 측정하였다. 산란선에 대한 영향을 평가하기 위해서 이동식 방사선 차폐체를 설치하고 왼쪽, 중앙, 오른쪽 부분의 100 cm, 150 cm, 200 cm에서 총 12회 선량을 측정하였다. 환자 선량 측정에는 ^{18}F -FDG 5.18 MBq/kg을 주사하고 1시간이 지난 후에 선량이 안정되었을 때 즉시 1회를 측정하였다. 이동식 방사선 차폐체를 설치하기 전에 머리, 가슴, 복부, 무릎, 발끝 쪽의 위치에서 10 cm, 50 cm, 100 cm, 150 cm, 200 cm 위치로 총 80 포인트에서 측정하였고 이동형 방사선 차폐체를 설치한 후 머리와 가슴, 복부 부분에서 100 cm, 150 cm, 200 cm 거리의 선량을 측정하여 외부선량을 확인하였다. 산란선에 대해서는 위치별로 거리에 따라 분산분석을 시행하였다. 남 차폐를 하지 않았을 때와 차폐를 했을 때의 등선량곡선을 그렸으며 100 cm, 150 cm, 200 cm에 대하여 두 집단간에 상관분석을 시행하였다(SPSS ver. 12). 점 선원을 이용한 산란

선 측정에서 100 cm, 150 cm, 200 cm에서는 $p>0.05$ 로 유의한 차이가 없었다. 거리가 멀어질수록 선량률이 낮아졌으며 머리 부분이 가장 높은 선량률이 나타났고 발 부분으로 갈수록 선량률이 떨어졌다. 또한 차폐를 하였을 경우 차폐를 하지 않았을 때보다 선량률이 낮아졌으며 100 cm에서 유의한 차이가 있었고($p<0.05$) 150 cm, 200 cm에서는 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 피폭을 줄이기 위해서는 방사선원에서 거리를 멀리하거나 적당한 차폐체를 이용하는 것이 피폭저감에 도움을 준다. 근무자의 동선을 파악하여 적당한 차폐체를 이용한다면 방사선 종사자의 방사선 피폭을 줄일 수 있을 것이다.

REFERENCES

1. 권달관. 의료방사선 피폭관리 개선방향. *대한방사선사협회지* 2000;26(1):9-40
2. 정준기, 이명철. 고창순 핵의학. 고려의학. 2008. 3th. p. 168-176
3. 이운실. 방사선의 인체 영향 연구. 과학기술부 2000. p. 263-265
4. 김경민, 임상무. 방사선 내부흡수선량의 의학적 이용. *Nucl Med Mol Imaging* 2008;42(2):164-165
5. ICRP. Radiological Protection and Safety in medicine, Annals of the ICRP, 1996;26(2):1-31
6. Germain JS. The radioactive patient. *Semin Nucl Med* 1986;16:179-183
7. 오현주, 김성수, 김영일, 임한영, 김홍태, 이후민, 김학성, 이상석. X-선 촬영실내에서의 공간산란선량 변동에 관한 연구. *대한방사선기술학회지* 1994;17(2):21-27
8. 유광열. 양광자방출핵종의 사용에 따른 핵의학검사실에서의 방사선안전관리. 핵의학기술. 2000; 5(2):280-287
9. Michael Shymko, Tina Marie Shymko. Radiation safety. *AORN Journal* 1998;68(4):596
10. soung ock Park. ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$ Generator의 감마선량 분포에 관한 연구. *한방기학지* 2001; 24(1):50
11. ICRP : Recommendation of the International Commission on Radiological Protection. *Annals of the ICRP* 1990; 21(1-3):42-49
12. 동경래, 김창복, 박용순, 지연상, 김치년, 원종욱, 노재훈. 방사선 취급 작업종사자의 개인 피폭선량에 관한 연구. *한국실내환경학회지* 2009; 6(1):38-47