

<원저>

PET/CT 업무 환경에서 선원 취급 시 Apron의 실효성 평가

- Evaluation of the Apron Effectiveness during Handling Radiopharmaceuticals in PET/CT Work Environment -

동남권 원자력의학원 핵의학과¹⁾·부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과조용인·예수영¹⁾·김정훈¹⁾

— 국문초록 —

핵의학 종사자는 PET/CT 업무 환경 중 방사성 의약품 취급 시 상당히 높은 피폭선량을 받는다고 알려져 있으며, 이를 최소화하기 위해 적절한 차폐기구의 사용이 요구된다. 이에 본 연구에서는 몬테카를로 기법을 기반으로 한 모의실험과 실측을 통해 ¹⁸F-FDG 선원 취급 시 Apron 착용에 대한 차폐효과에 대해 분석하였다. 그 결과, 모의실험의 경우 선원의 취급 위치에 따라 인체 장기별 선량 분포가 각각 다른 양상을 나타냈고, Apron 납 두께별 선량 감소율은 선원과 장기와의 위치가 근접할수록, 선원과의 접촉 거리가 멀수록 낮은 경향을 나타냈다. 선량 측정 장비를 통한 실측의 경우, 측정 장비간 특성으로 인해 평균 공간 선량률 분포는 상이한 결과를 보였으나, 거리별 납 당량의 증가에 따라 지수함수분포로 공간 선량률이 감소되었다.

중심 단어: 납 치마, 모의실험, 인체팬텀, 방사선 방호

I. 서 론

PET/CT(Positron Emission Tomography/Computed Tomography)검사는 양전자를 방출하는 방사성의약품을 이용하여 암의 조기진단, 치료반응 평가, 재발 유무 등을 진단하는 검사로 종양학에 있어 중요한 부분을 차지하고 있다¹⁾. 대표적으로 사용되는 방사성 의약품은 ¹⁸F-FDG(Fluorine-18 fluorodeoxyglucose)로 당대사가 높은 병변에 대해 민감도가 높은 특성을 나타낸다.

PET/CT 검사는 일반적인 핵의학 검사와는 달리 소멸 광자의 동시계수를 통해 영상을 획득하여 분해능과 정량성이 높다는 장점이 있지만, ¹⁸F와 같은 양전자 방출핵종은 정지 이후 511 keV의 소멸 광자를 방출하는 물리적 특성상 일반적인 핵의학 검사에 비해 종사자 및 피검자로 하여금 노출되는 피폭선량이 높다고 알려져 있다²⁾. 과거 연구에 따르면

핵의학 종사자의 PET/CT 업무 환경 중 방사성 의약품의 준비 및 주사 과정에서 상당히 많은 피폭선량을 받는다고 알려져 있으며³⁾, 각각의 의료기관의 업무환경이나 차폐기구의 사용 유무에 따라 광범위한 피폭선량을 나타낸다고 보고하고 있다⁴⁾. 이러한 이유로 핵의학 종사자는 방사성의약품 취급 시 노출되는 피폭선량을 최소화하기 위해 적절한 차폐기구의 사용이 요구된다. 그 중 Apron은 종사자의 전신을 방호하기 위한 차폐기구로서, 식품의약품안전청장의 고시 또는 산업표준화법에 의한 한국산업규격(KS)에서 규정하는 구조 및 재료를 갖춰야 하며, 시험방법에 따른 시험을 통해 적합한 것을 사용해야 한다^{5,9,11)}. 이러한 Apron은 주로 실효에너지 50 keV 이하의 저에너지를 사용하는 영상 의학 분야에서는 그에 대한 유효성이 입증되어 왔다⁶⁾. 그러나, 상대적으로 높은 에너지의 방사선원을 취급하는 핵의학 분야에서는 Apron의 차폐효과에 대한 의견은 상반된다. 기존

교신저자: 김정훈 (46252) 부산광역시 금정구 오륜대로 57

부산가톨릭대학교 방사선학과, Tel: 051-510-0583 / E-mail: donald@cup.ac.kr

접수일(2015년 06월 28일), 심사일(2015년 08월 07일), 확정일(2015년 09월 01일)

연구에 따르면 Apron 착용 시 차폐효과가 있으나, 업무의 효율성 저하로 인해 사용하지 않는다는 의견과, 양전자 방출 선원에서 방출하는 양전자 혹은 소멸광자가 Apron과의 상호작용으로 발생된 2차 전자 혹은 산란선으로 인해 차폐 효과가 없을 것이라는 의견이 있다⁶⁻⁹⁾.

이에 본 연구에서는 모의실험을 통해 PET/CT 업무환경 내 선원 취급 시 Apron 착용에 따른 종사자의 인체 장기별 선량 분포를 측정하고, 임상적으로 사용하는 공간선량 측정 장비를 통한 실측과의 경향성을 분석하여, Apron 사용에 대한 실효성과 핵의학 종사자의 피폭 저감화에 대해 논의하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 모의실험을 이용한 방법

본 연구에서는 모의실험 내 선원 취급 시 Apron 사용에 따른 인체 장기 내 선량분포를 파악하고자, MCNPX(Monte Carlo N-Particle Extended)-code를 사용하였다. MCNPX-code는 통계적 문제를 난수(random number)를 사용한 무작위적인 표본 추출을 이용하여 해결하는 몬테카를로 기법으로¹⁰⁾, 로스알라모스 국립연구소에서 개발되었다.

모의실험 내 실험 모델링을 위해 과거 ORNL(Oak Ridge National Laboratory)에서 제작한 MIRD형 인체팬텀을 사용하였고, 이는 ICRP 89와 ICRU 46을 근거로 총 22개의 구성성분으로 표현되었다¹²⁾. Apron은 직육면체 형태로 단순화하여, 인체 팬텀 전면에 최대한 밀착시켜 위치하였으며, 내부 구성은 납(Lead)으로 원자번호 82, 밀도 11.34 g/cm³이다. 방사선원과 주사기 차폐기구에 대한 모델링은 원기둥 모양으로 된 텅스텐(Tungsten, W)과 내부에는 일정한 체적의 선원이 위치하도록 단순화했다. 주사기 차폐기구의 내부 구성은 실측을 통한 방법에서 사용될 원자번호 74, 밀도 19.25 g/cm³, 두께 2.34 mm의 차폐기구로 동일하게 모사했다. 시뮬레이션 시 선원의 에너지는 ¹⁸F의 양전자 소멸 이후 방출하는 511 keV(196.0%) 광자에 대해서 선원정보(SI), 선원확률(SP)를 이용하여 정의하였다.

선원 취급 시 Apron 착용에 따른 장기 선량 평가를 위해 선원이 포함된 주사기 차폐기구(Tungsten 2.34 cm)의 위치는 가슴(Chest), 상복부(Upper abdomen), 하복부(Lower abdomen)의 3가지 위치를 선정하였다. Apron은 KS P 6023규정에 의거한 납 당량 0.25, 0.5 mmPb 을 고려하여¹¹⁾, 납 두께 non, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 mm를 사용하였고,

선원과 Apron의 거리는 0 ~ 200 cm 까지 설정했다(Fig. 1). 선원의 위치별 거리에 따른 인체 내 장기 선량평가를 위해 갑상선(Thyroid), 유방(Breast), 폐(Lung), 간(Liver), 생식선(Testis), 피부(Skin)에 대해 관심지점(Tally)을 지정했다. Tally specification cards는 F6 Tally를 이용하여 단위 질량당 흡수된 에너지(MeV/g)로 획득하였고, ¹⁸F-FDG 370 MBq(10 mCi)의 방사능량을 고려하여 시간당 흡수선량(uGy/h)으로 환산했다. 모의실험 내 통계적 불확도(Uncertainty)를 3 %이내로 하기 위해 반복횟수는 1×10⁸번 모의추정하였다.

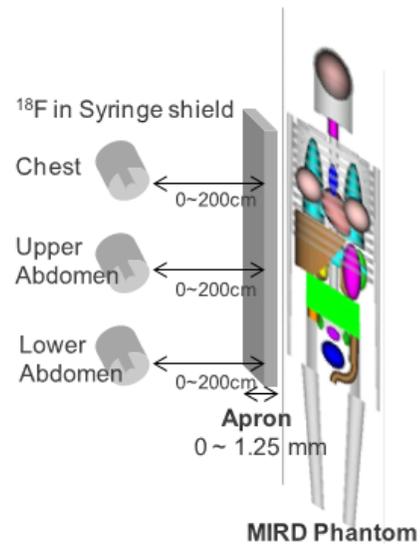


Figure 1 Simulation of using MIRD phantom

2. 선량 측정 장비를 통한 실측방법

실측을 통해 PET/CT 업무 환경 내 선원 취급 시 Apron 사용에 따른 공간 선량률 평가를 위해, 임상적으로 현재 사용되고 있는 선량 측정 장비를 사용하였으며, 각 선량 측정 장비의 모델명, 측정범위, 검출기 크기등의 세부사항은 Table 1과 같다.

먼저 선원은 지면으로부터 1 m 높이에서 주사기 차폐기구(Tungsten 2.34 cm, Uniteck Inc.)내에 차폐된 ¹⁸F-FDG 370±18.5 MBq(10±0.5 mCi)를 위치시켰다. 먼저 Apron 미 착용 시 공간선량률 측정을 위해 선원과 동일한 높이에 3가지의 선량 측정 장비를 각각 고정하고, 선원과의 거리는 모의실험과 동일하게 0 ~ 200 cm 까지 설정하여 거리에 따른 공간 선량률을 Fig. 2과 같이 10회 이상 반복 측정하였다. 이후 Apron의 납 당량 증가에 따른 공간 선량률 평가를 위해 선원과 Apron과의 거리는 동일한 조건에서 0.25, 0.5, 0.75(0.25+0.5), 1(0.5+0.5), 1.25(0.25+0.5+0.5) mmPb

Apron을 위치시킨 후 동일하게 측정하였다. 모든 측정은 공간 선량률이 안정된 상태에서의 수치를 기록하였고, 변동계수(CV)를 5% 이하로 유지하여 측정값의 신뢰도를 확보했다.

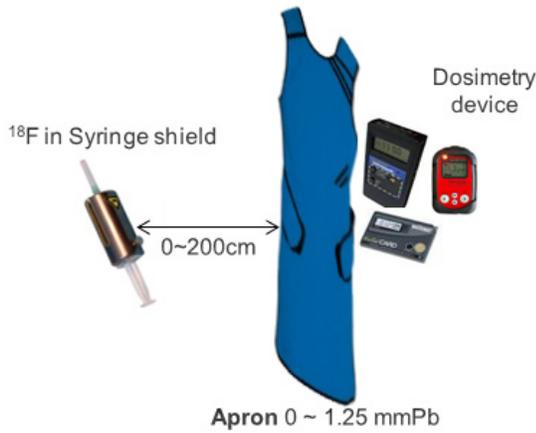


Figure 2 Measurement of using dosimetry device

III. 결 과

1. 모의실험을 통한 인체 장기 선량 평가

1) 하 복부(Lower abdomen) 위치에서 Apron 납 두께에 따른 장기별 선량분포

모의실험을 통해 선원의 위치와 Apron 납 두께별 접촉 거

리에 따른 인체팬텀 내 장기 선량 분포는 x축은 거리(cm), y축은 시간당 흡수선량(uGy/h)에 대한 그래프로 나타내었다.

하 복부 위치에서 선원 취급 시, 갑상선, 유방, 폐, 간의 경우 선원과 Apron과의 접촉 거리가 0 ~ 40 cm 내 초기 흡수선량 분포의 증가를 나타냈고, 이후 거리가 증가함에 따라 지수함수 분포로 감소되는 경향을 보였다. 전체적인 선량분포는 생식선, 피부, 유방, 간, 폐, 갑상선의 순서로 높은 선량 분포를 나타냈다. Apron 납 두께별 거리 증가에 따른 선량 감소율은 갑상선의 경우 1.6 ~ 58.2 %, 유방 2.4 ~ 78.3 %, 폐 3.6 ~ 49.0 %, 간 3.4 ~ 40.3 %, 생식선 1.9 ~ 19.9 %, 피부 2.1 ~ 29.3 %로 나타났다(Fig. 3).

2) 상 복부(Upper abdomen) 위치에서 Apron 납 두께에 따른 인체 장기별 선량분포

상 복부 위치에서 선원 취급 시, 갑상선, 유방, 폐, 생식선의 경우 선원과 Apron의 접촉 거리가 0 ~ 20 cm 내 초기 흡수선량 분포의 증가를 보였고, 이후 거리가 증가함에 따라 지수함수 분포로 감소되는 경향을 나타냈다. 전체적인 선량분포는 간, 생식선, 유방, 피부, 폐, 갑상선의 순서로 높은 선량 분포를 나타냈다. Apron 납 두께별 거리 증가에 따른 선량 감소율은 갑상선의 경우 -0.3 ~ 45.1 %, 유방 2.1 ~ 58.1 %, 폐 3.4 ~ 31.1 %, 간 1.9 ~ 22.7 %, 생식선 2.3 ~ 43.9 %, 피부 2.1 ~ 32.1 %로 하 복부 위치에서의 결과와 다소 상이한 결과를 보였다(Fig. 4).

Table 1 Specification of dosimetry device

Specifications	Dosimetry device		
	Area monitor		Personal dosimeter
	Rad-Eye G-10	Inspector	DKG-21(EPD)
Measurement range	5 uSv/h ~ 100 mSv/h	0.01 ~ 1000 uSv/hr	0.1 uSv/h ~1 Sv/h
Linearity error	± 10 %	± 10 %	± 15 %
Energy range	50 keV ~ 1.3 MeV	α - 2 MeV ↑ β - 0.16 MeV ↑ γ - 10 keV ↑	0.15 ~ 1.2 MeV
Type	Compensated G-M Tube (space scattered dose)	Compensated G-M Tube (surface dose)	Compensated G-M Tube
Detected radiation	X, γ	α, β, X, γ	γ
Measurement method	realtime dosimetry	realtime dosimetry	realtime dosimetry, accumulated dose dosimetry
Size	96×61×31 mm	150×80×30 mm	86×54×9 mm
Manufacturer	Thermo scientific (USA,UK,Germany)	S.E.international, INC(USA)	ECOTEST (Ukraine)
Calibration date	Dec. 1, 2014	July. 21, 2014	.

3) 가슴(Chest) 위치에서 Apron 납 두께에 따른 인체 장기별 선량분포

가슴 위치에서 선원 취급 시, 생식선의 경우 선원과 Apron과의 접촉 거리가 0 ~ 25 cm 내 초기 흡수선량 분포의 증가

를 나타냈고, 이후 거리가 증가함에 따라 지수함수 분포로 감소되는 경향을 보였다. 전체적인 선량분포는 유방, 폐, 간, 피부, 갑상선, 생식선의 순서로 높은 선량 분포를 나타냈다. Apron 납 두께별 거리 증가에 따른 선량 감소율은 갑

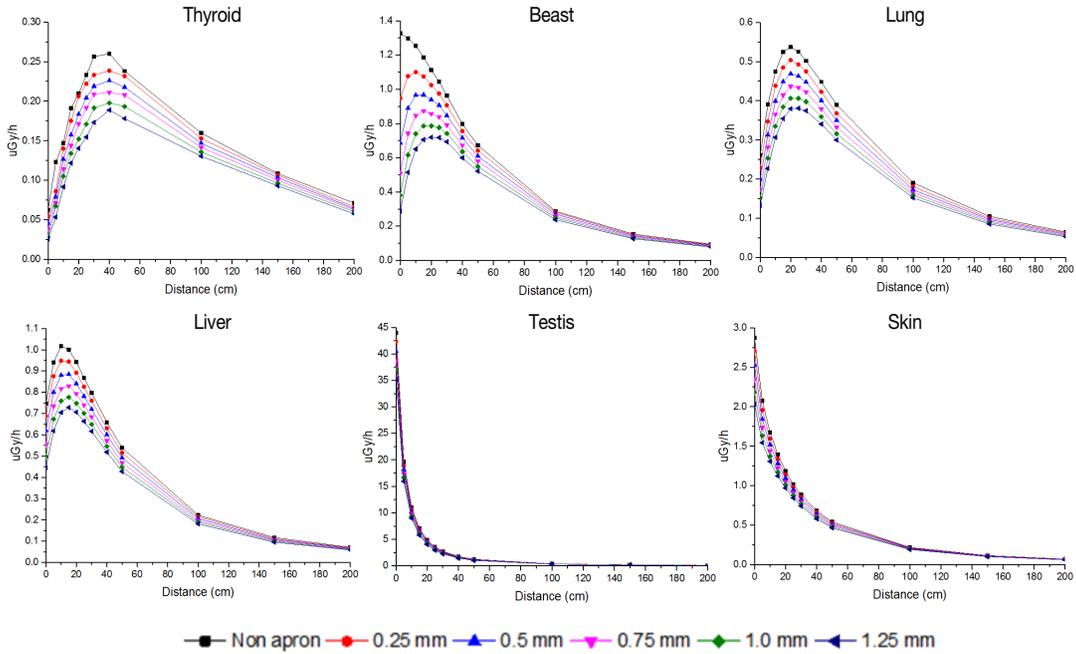


Figure 3 Organ dose according to lead thickness of apron and distance when handling a source in the lower abdomen position

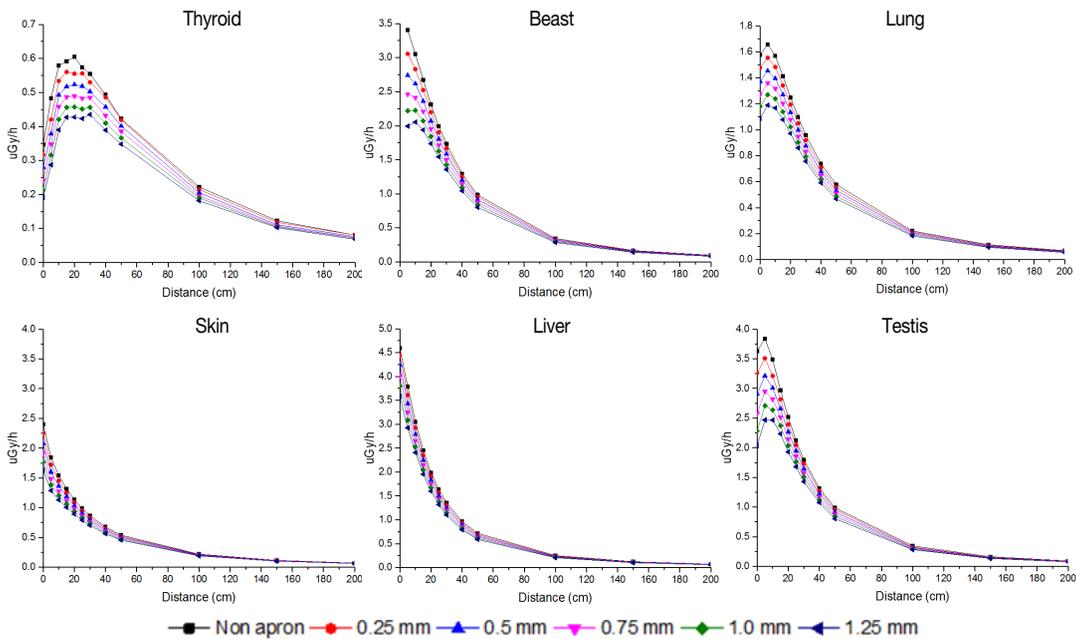


Figure 4 Organ dose according to lead thickness of apron and distance when handling a source in the upper abdomen position

상선의 경우 -1.1 ~ 23.9 %, 유방 2.6 ~ 36.1 %, 폐 1.9 ~ 20.5 %, 간 2.2 ~ 22.8 %, 생식선 1.2 ~ 62.6 %, 피부 2.3 ~ 35.5 % 로 하 복부, 상 복부에서 위치에서의 결과와 다소 상이한 결과를 보였다(Fig. 5). 그러나 피부 선량의 경우, 예외적으로 인체 팬텀의 전체적인 표면에 해당하는 부위이므로 선원의 위치에 따른 선량 분포의 차이는 미미한 것으로 나타났다.

2. 실측을 통한 Apron 납 당량에 따른 공간 선량률 분포

현재 의료기관에서 사용하는 공간 선량률 측정 장비(Inspector, Rad-Eye G-10)와 보조 선량계(EKG-21)를 사용하여 Apron의 납 당량별 거리에 따른 선량률을 반복 측정 한 결과, 세

가지 선량 측정장비 모두 납 당량이 증가할수록, 선원과의 거리가 멀어질수록 평균 공간선량률은 감소하는 경향을 나타냈다. 그러나, Inspector의 경우 0.25 mmPb 사용 시 0 cm 지점에서 Apron 미 사용 시 보다 약 22.2% 선량률이 증가된 경향을 보였다. 이는 Apron과 선원이 접촉하고 있는 0 cm 지점에서 0.25 mmPb Apron 내에서 발생한 2차 전자 혹은 산란 광자가 Apron 미 사용 시 보다 더 증가되어 검출기 내에 입사된 것으로 보인다. 동일 조건 내 선량 측정 장비별 평균 공간선량률 수치는 Inspector, Rad-Eye G-10, EPD의 순서로 높은 양상을 나타냈으며, 이러한 차이는 측정기의 크기, 측정기 자체 내 오차 범위 차이로 인한 것으로 보인다(Fig. 6).

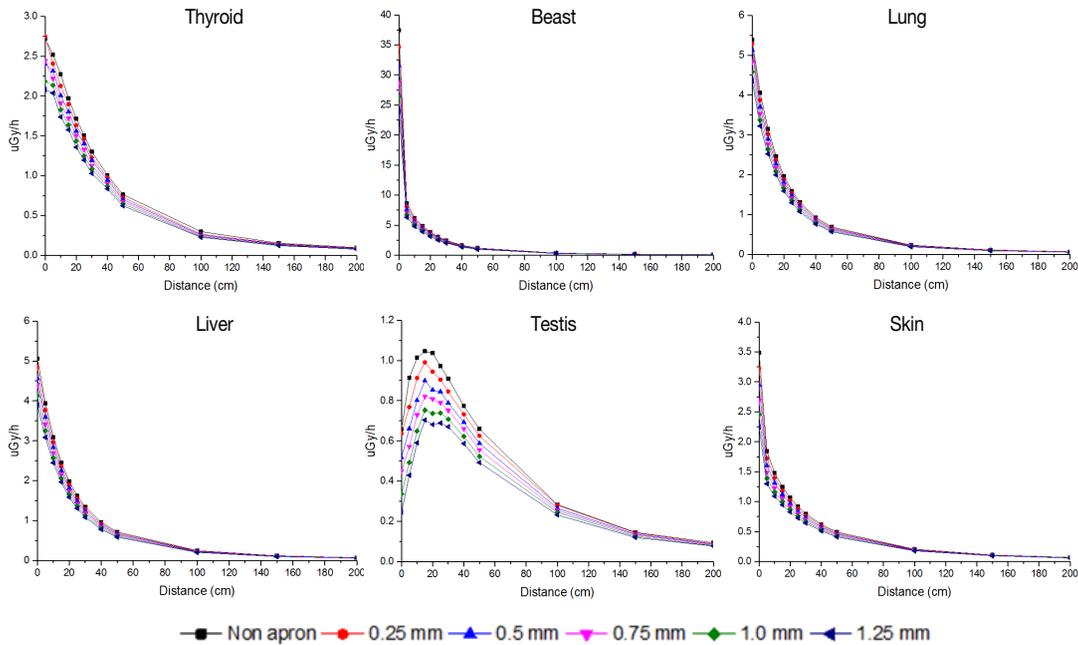


Figure 5 Organ dose according to lead thickness of apron and distance when handling a source in the chest position

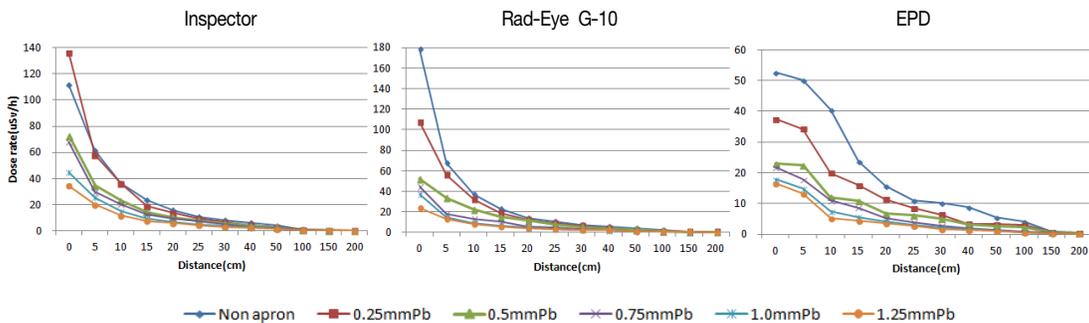


Figure 6 Spatial dose rate according to the lead equivalent in each distance using the dosimetry devices

III. 고찰

일반적으로 진단 X선 분야에서의 Apron 사용은 저에너지 영역에서 우세적인 광전효과(Photoelectric effect)를 이용한 원리를 통한 광자의 감쇠로 차폐가 이루어지며, 상대적으로 높은 에너지를 사용하는 핵의학 분야에서는 광전효과뿐만 아니라 콤프턴효과(Compton effect) 혹은 전자쌍생성(pair production)의 발생확률의 증가로 인해 투과되는 1차선과 2차 전자 혹은 산란선의 비율이 증가하게 된다.

이에 본 연구에서는 핵의학 분야 내 PET/CT 작업 환경에서 선원 취급 시 Apron 착용에 대한 실효성을 평가하고자 몬테카를로 기법을 기반으로 한 모의실험과 선량 측정 장비를 통한 실측과의 경향성을 비교 분석하고자 하였다. 본 연구에 결과에 따르면, Apron 납 두께에 따른 장기별 선량 감소율은 선원의 취급 위치가 인체 장기에 근접할수록, 접촉하는 거리가 멀어질수록 낮은 양상을 나타냈다. 또한 일부 장기 내 초기 선량 분포의 증가는 선원의 위치와 Apron과의 접촉 거리가 가까운 지점에서 원거리에 위치한 장기에 기여되지 않은 광자 또는 2차 전자가 표면지점보다 일부 증가하여, 장기 내 선량 분포가 미약하게 증가된 것으로 생각되며, 선원과의 취급 위치로부터 원거리인 장기일수록 더 넓은 범위 내에서 초기 선량 증가 영역이 나타난 것으로 판단된다. 이는 장동근 등⁷⁾의 Gate를 이용한 모의실험 연구 결과에서 언급한 것과 같이 Apron과 상호작용 이후 발생한 2차 전자 혹은 콤프턴 전자의 요동이나 산란에 기인한 결과일 것으로 생각된다. 임상적으로 사용되는 선량 측정 장비를 통한 실측 결과, Inspector의 경우, 다른 측정 장비에 비해 측정부의 크기가 가장 크고, 계측 가능한 방사선의 종류가 다양한 특성으로 Apron과 부착된 0 cm 지점에서 비정비 짧은 β 선과 2차 전자에 기인한 영향으로 상이한 결과를 나타낸 것으로 추론된다.

박명환 등⁶⁾, 이성욱 등¹³⁾의 Apron에 대한 연구에 따르면, 선량 측정 장비를 통해 거리 1 m 지점에서의 PET/CT 작업 환경 내에서 Apron 사용 시 각각 0.8 ~ 2.8 %, 17 %의 선량 감소를 나타냈다고 보고하고 있으나, 본 연구의 실측 방법을 통한 동일한 조건 내에서는 45.5 %의 선량 감소를 나타내어 기존의 연구와 비교하여 더 높은 선량감소율을 나타냈다. 이는 측정 당시 환경적인 차이와 선원의 차폐기구 재질이나 두께의 차이로 인한 것으로 판단되며, 이처럼 실측을 통한 실험의 경우 외부적인 변수 요인이 많다는 것을 의미한다. 또한 선량 평가를 위한 여러 측정 장비의 경우 에너지 및 방향의존성 등에 의해 결과 값에 대한 신뢰성을 확보하기 어려우며¹⁴⁾, 선량계의 위치와 종류에 따라서 선량의 과

대 혹은 과소평가 등의 여러 가지 오차가 발생할 수 있다¹⁵⁾. 이러한 이유로 실측만으로는 정확한 경향을 판단하기에는 무리가 있다고 생각되며, 여러 오차를 보완하기 위한 방법으로 이상적인 환경인 컴퓨터 가상공간에서 시행한 모의실험은 여러 가지 오류를 줄일 수 있는 유용한 도구로 평가되어지고 있다¹⁶⁾. 그러나, 모의실험의 경우 실험에 대한 정확한 시나리오 구성 또한 신뢰성을 위해 중요한 부분이며, 잘못된 모델링의 경우 실제적인 선량 데이터와 차이가 발생할 수도 있다¹⁷⁾.

본 연구에서는 모의실험을 통해 종사자가 선원 취급 시 취급 위치와 거리별 Apron 납 당량에 따른 장기별 선량분포의 경향을 파악함으로써, 실제 측정을 통해 파악할 수 없는 정보를 얻을 수 있다는 것에 의미가 있다. 본 연구를 통해 모의실험과 실측의 상호간의 경향성을 통해 Apron 사용에 대한 실효성을 평가한 결과, 적절하게 증가된 납 당량의 Apron 사용과 장기별 선량 분포를 고려한 선원 취급 위치 선정과 적정 접촉 거리를 유지하여 업무를 수행한다면, 종사자의 피폭을 감소할 수 있으리라 생각된다. 그러나 납 당량의 증가에 따른 업무 피로도 누적과 경제성 등의 여러 가지 문제로 인해 무한정 증가시키기에는 한계가 있다¹⁸⁾. 추후 본 연구를 통해 핵의학 종사자의 피폭 저감화를 위해 적합한 납 당량의 증가와 동시에 Apron 경량화에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

IV. 결론

PET/CT 작업 환경 내 선원 취급 시 Apron의 납 당량이 증가할수록, 선원과의 취급 거리가 멀어질수록 선량률이 지수함수 분포로 감소되었다. 또한 각 장기별 피폭 저감화를 위해 증가된 Apron 납 당량의 사용과 더불어 적절한 선원 취급 위치선정과 접촉 거리를 유지하여 업무를 수행한다면, 종사자의 피폭 저감화에 도움을 줄 수 있으리라 생각된다. 그러나 Apron 납 당량 증가에 따른 업무 피로도 누적과 경제성 또한 고려되어야 하며, 추후 본 연구를 기초자료로 하여 핵의학 분야 내에서 선원 취급 시 피폭 저감화를 위해 Apron 납 당량 증가와 동시에 경량화에 대한 연구가 이루어져야 될 것으로 사료된다. 나아가 PET/CT 업무환경 내 불가피한 피폭을 최소화하기 위해 각 의료기관의 환경 개선과 정확한 업무절차에 따른 차폐기구의 착용의 의무화가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Pant, G. S., Senthamizhchelvan S. : Radiation Exposure to Staff in a PET/CT Facility, *Indian Journal of Nuclear Medicine*, 21(4), 100-103, 2006
2. Roberts, F. O., Gunawardana, D. H., Pathmaraj, K., et al.: Radiation Dose to PET Technologists and Strategies to Lower Occupational Exposure, *Journal of Nuclear Medicine Technology*, 33(1), 44-47, 2005
3. Oramed Project, Version : 18, Guidelines for Reducing Dose to The Hands during Standard Nuclear Medicine Procedures, 2011
4. Junchul Park, Sungjae Pyo : Study of External Radiation Expose Dose on Hands of Nuclear Medicine Workers, *Journal of Korean Society of Radiological Technology*, 35(2), 141-149, 2012
5. 전자의료기기기준규격 : 식품의약품안전청고시 제 2007-83호, 2007
6. Myeonghwan Park, Deokmoon Kwon: Measurement of Apron Shielding Rate for X-ray and Gamma-ray, *Journal of Korean Society of Radiological Technology*, 30(3), 245-250, 2007
7. Smart, Richard : Task-specific Monitoring of Nuclear Medicine Technologists' Radiation Exposure, *Radiation Protection Dosimetry*, 109(3), 201-209, 2004
8. Leide-Svegborn, S. : Radiation Exposure of Patients and Personnel from a PET/CT Procedure with ¹⁸F-FDG, *Radiation Protection Dosimetry*, 139(1-3), 208-213, 2010
9. Donggun Jang, Sangho Lee, Hyungseok Choi, et al : A Study on The Apron Shielding Ratio According to Electromagnetic Radiation Energy, *Journal of Korean Society of Radiological Technology*, 37(4), 247-252, 2014
10. Yonghyun Chung, Cheolha Beak, and Seungjae Lee : Monte Carlo Simulation Codes for Nuclear Medicine Imaging, *Nucl. Med. Mol. Imaging*. 42(2), 127-136, 2008
11. KS P 규격 : 진료용 X선 방호 앞치마, KS 6023, 2007
12. Dongyeon Lee : Dose Evaluation of Childhood Leukemia Using The Compensators in The TBI, Master's degree, Majoring in Radiological Science, Graduate School of Life Science, Catholic University of Pusan, 2014
13. Seongwook Lee, Seunghyun Kim, Bonggeun Ji et al.: A Consideration of Apron's Shielding in Nuclear Medicine Working Environment, *Korea Society of Nuclear medicine Technology*, 18(1), 110-114, 2014
14. Sans-Merce, M., Ruiz, N., Barth, I., et al.: Recommendations to Reduce Hand Exposure for Standard Nuclear Medicine Procedures, *Radiation Measurements*, 46(12), 1330-1333, 2011
15. Carnicer, A., Ginjaume, M., Duch, M.A., et al.: The Use of Different Types of Thermoluminescent Dosimeters to Measure Extremity Doses in Nuclear Medicine, *Radiation Measurements*, 46(12), 1835-1838, 2011
16. Blunck, C., Becker, F. and M. Urban : Simulation of Beta Radiator Handling Procedures in Nuclear Medicine by Means of a Movable Hand Phantom, *Radiation Protection Dosimetry*, 144(1-4), 497-500, 2011
17. Boram Lee : Dose Evaluation of Selective Collimation Effect in Cephalography by Measurement and Monte Carlo Simulation, Master's degree, Majoring in Radiological Science, Graduate School of Korea University, 2010
18. Wanghui Lee, Sungmin Ahn : Evaluation of Reductive Effect of Exposure Dose by Using Air Gap Apron in Nuclear Medicine Related Work Environment, *The Korea Contents Association*, '14, 14(12), 2014

•Abstract

Evaluation of Apron Effectiveness during Injection Radiopharmaceuticals in PET/CT Work Environment

Yong-In Cho·Soo-Young Ye¹⁾·Jung-Hoon Kim¹⁾

Dept. of Nuclear Medicine, Dongnam Institute of Radiological & Medical Sciences Cancer Center

¹⁾Dept. of Radiological Science, College of Health Science, Catholic University of Pusan

Health professionals in nuclear medicine were known that they get high radiation exposure. To reduce radiation exposure, using shielding materials is needed. In this study, we analyzed the shielding effect about apron during ¹⁸F-FDG treatment by using simulation based on Monte Carlo techniques and actual measurement.

As a result, absorbed dose distribution of organ varies with handling position of the source. Dose reduction ratio by lead thickness of apron tended to decrease, when handling position of the source come close to organ and away from radiation source for simulation.

In the case of actual measurement with the dosimetry device, It showed that mean spatial dose distribution was different due to characteristics of dosimetry device. However, spatial dose rate was exponentially reduced according to distance with increasing lead content.

Key Words : Apron, Simulation, Body phantom, Radiation protection