

진단용 방사성 의약품 주사 시 차폐기구의 재질 및 두께 분석 Shielding Analysis of the material and thickness of syringe shield in diagnostic radiopharmaceutical injection

조용인*, 김창수**, 강세식**, 김정훈**
부산가톨릭대학교 방사선학과 대학원*, 부산가톨릭
대학교 보건과학대학 방사선학과**

Yong-In Cho*, Chang-Soo Kim**, Se-Sik Kang**,
Jung-Hoon Kim**

Graduate school of Catholic University of Pusan*,
Dept. of Radiological Science, College of Health
Sciences, Catholic University of Pusan**

요약

몬테카를로 기법을 기반으로 한 모의실험을 통해 방사성 핵종별 주사기 차폐기구의 재질 및 두께에 대한 차폐분석 결과, 텅스텐, 납, 비스무스 경우 가장 높은 차폐효과를 보였다. 그러나 ^{18}F 선원의 경우, 차폐두께가 낮은 영역에서 저 원자번호 재질보다 더 높은 에너지를 나타냈으나, 이후 증가된 차폐두께에서는 더 낮은 에너지 분포를 나타냈다. 그 외 재질의 경우 구리, 철, 스테인리스 강, 황산바륨의 순서로 에너지가 낮은 분포를 나타냈고, 알루미늄, 플라스틱, 콘크리트, 물의 경우 핵종별로 각기 다른 양상을 나타냈으며, 상대적으로 감마선의 투과의 증가로 인해 전체적으로 차폐효과가 떨어지는 것으로 나타났다.

I. 서론

핵의학진단에 사용되는 방사성 핵종은 방출하는 방사선의 종류, 에너지(Energy), 반감기(Half life)등의 물리적인 성질이 다르며, 이에 따라 각 핵종의 물리적 특성에 따른 적절한 차폐기구의 설계 및 사용이 필요하다[1]. 국제방사선방호위원회에 따르면, 방사성 핵종 주사 시 주사기 차폐기구(Syringe shield)는 종사자의 피폭측면에서 중요한 요소라고 언급하고 있다[2]. 이러한 주사기 차폐기구는 현재 다양한 형태로 상용화되어 있으나, 사용 시 차폐기구의 재질 및 두께에 대해서 명확하게 규정되어 있지 않다.

이에 본 연구는 차폐기구로 사용할 수 있는 여러 가지 재질을 대상으로 하여 진단용 방사성 핵종의 물리적 특성에 따른 적절한 주사기 차폐재질 및 두께에 따른 에너지 분포를 파악하고자 모의실험을 진행하였다. 이를 통해 효율적인 차폐기구 연구를 위한 객관적인 자료를 제공하고자 한다.

II. 실험 대상 및 방법

본 연구에서는 방사성 핵종별 차폐재질 및 두께에 대한 차폐분석을 위해 MCNPX 프로그램(Ver.2.5.0)을 사용했다. 주사기는 반경 5 mm, 외벽의 두께 1 mm, 길이 7 cm 인 원기둥 형태의 폴리스틸렌(Polystyrene)재질로, 내부에는 일정한 체적을 가진 선원을 중앙에 위치시켰다. 차

폐기구는 주사기로부터 외부의 원기둥의 반경을 1 mm 씩 증가시켜 주사기 차폐기구의 형태를 단순화했다. 본 연구에서 사용한 방사성 핵종은 $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{18}F 선원으로 각 핵종에서 방출되는 γ 선 에너지와 발생비율을 고려하여 선원 정보로 사용했다. 주사기 차폐기구의 차폐재질은 텅스텐, 납, 구리, 알루미늄, 철, 비스무스, 물, 플라스틱, 황산바륨, 스테인리스 강, 차폐용 콘크리트를 선정하여 각각의 재질에 대한 성분과 밀도를 고려하여 차폐재질을 모사하였다. 선원이 있는 지점을 기준으로 모사한 1 ~ 30 mm 차폐기구의 두께에 대해서 각각의 tally를 지정하였고, Tally specification cards는 F6 Tally를 적용하여 단위 질량당 흡수된 에너지(MeV/g)로 획득했다. 계산의 통계적인 오차를 3% 이하로 줄이기 위해 반복실험 횟수는 1×10^8 번 모의 추정하였다. 획득한 핵종별 차폐재질 및 두께에 따른 에너지 흡수 분포를 통해 방사성 핵종 주사 시 필요한 차폐두께와 각 재질의 차폐정도에 대해 비교 평가하였다.

III. 결과

본 연구에서는 핵의학 진단에 사용되는 $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{18}F 선원에 대해서 주사기 차폐기구에 대한 재질변화 및 두께에 따른 에너지 흡수 분포를 분석한 결과, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 선원의 경우, 텅스텐 4 mm, 납 6 mm, 비스무스 7 mm 이후 두께에서는 10^{-10} MeV/g 이하의 에너지 분포를 나타내어 적절하게 차폐가 이루어진 것으로 보인다. 그 외 재질에 대해

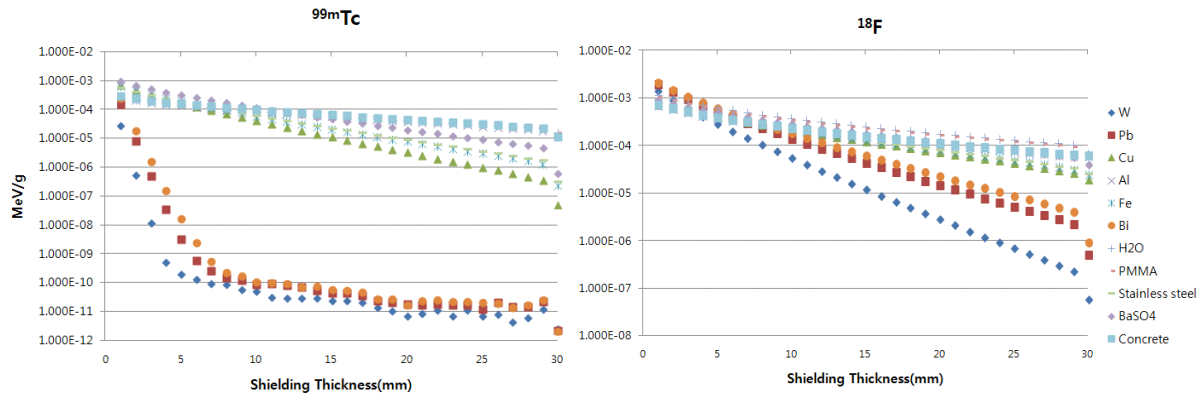


그림 1. The energy distribution according to shield material and thickness of ^{99m}Tc , ^{18}F

서는 $10^{-8} \sim 10^{-4}$ MeV/g 범위 내에서 구리, 철, 스테인리스강, 황산바륨, 알루미늄, 콘크리트, 플라스틱, 물의 순서로 일정한 비율로 감소되는 에너지 분포를 나타냈다. ^{18}F 선원에서 방출되는 소멸 광자의 경우, 1~8 mm 이내 두께의 텅스텐, 납, 비스무스 재질에서 상대적으로 원자번호가 낮은 차폐재질보다 더 높은 에너지 분포를 보였으나, 이후 차폐두께에서는 투과되어 도달하는 감마선이 감소하여, 더 낮은 에너지 분포를 나타냈다(그림 1).

IV. 고찰

본 연구에서는 모의실험을 통해 핵의학 진단영역에서 사용하는 ^{99m}Tc , ^{18}F 선원 주사 시 주사기 차폐기구의 효율적인 사용을 위해 여러 가지 차폐재질 및 두께에 따른 에너지 분포를 파악하고자 하였다. 위의 결과에 따르면 방사성 핵종별 각기 다른 물리적 특성으로 인해 핵종을 취급함에 있어서 한 가지의 주사기 차폐재질 및 두께에 대해 명확하게 규정하기는 어렵다. 이에 각 핵종별 차폐재질의 에너지 분포 특성을 고려하여 적절한 차폐 모델링이 이루어져야 할 것이라고 사료된다. ORAMED Project Work package 4 제안에 따르면 핵의학 분야에서 가장 빈번하게 사용하는 ^{99m}Tc , ^{18}F 선원의 최소 허용 가능한 주사기 차폐기구의 두께는 각각 텅스텐 2 mm, 5 mm 로 언급하고 있으나[3], 그에 반해 본 연구결과에 따르면 ^{99m}Tc 선원의 경우 텅스텐 4 mm, ^{18}F 선원의 경우 텅스텐 30 mm 이상으로 증가된 차폐기구의 사용이 필요할 것으로 보여 상이한 결과를 나타냈다. 이는 모의실험 내 모델링된 방사성 핵종의 물리적 특성과 차폐기구 그 외 에너지 흡수 평가 지점에 대한 차이점으로 인한 것으로 생각되며, 추후 부가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 본 연구는 방사성 핵종별 주사기 차폐재질 및 두께에 따른 에너지 분포 경향을 파악함으로써 여러 가지 차폐물질의 모델링을 위한 객관적인 자료를 제공한다는 것에 의미가 있으며, 추후 더 향상된 차폐효율을 갖춘 차폐기구 제작을 위한 기초자료를 제공할 것이라 사료된다.

V. 결론

방사성 핵종별 주사기 차폐재질 및 두께에 따른 에너지 분포를 비교 분석한 결과, 텅스텐, 납, 비스무스의 경우 두께에 따른 에너지 감소 비율이 가장 높게 나타나 차폐효과가 가장 뛰어난 것으로 나타났고, 그 외 재질의 경우 구리, 철, 스테인리스강, 황산바륨의 순서로 차폐효과를 나타냈으며, 알루미늄, 플라스틱, 콘크리트, 물의 경우 핵종별로 다른 양상을 나타냈다. 이에 따라 방사성 핵종별 물리적 특성으로 인해 여러 핵종을 사용함에 있어서 한 가지의 주사기 차폐재질 및 두께에 대해 명확하게 규정하기는 어려우며, 핵종별 차폐재질의 에너지 분포 특성을 고려하여 적절한 차폐 모델링이 이루어져야 할 것이라고 사료된다. 향후 본 연구를 토대로 각 핵종별 차폐재질의 에너지 분포를 고려한 여러 가지 재질의 혼합을 통해 향상된 차폐효율을 갖춘 차폐기구의 모델링이 필요할 것으로 생각된다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] Chiesa C, De Sanctis V and Crippa F, "Radiation dose to technicians per nuclear medicine procedure: comparison between technetium-99m, gallium-67, and iodine-131 radiotracers and fluorine-18 fluorodeoxy -glucose." Eur. J. Nucl. Med. Vol. 24., pp.1380-1389, 1997.
- [2] ICRP, "Radiation Dose to Patients from Radio-pharmaceuticals," - Addendum 3 to ICRP Publication 53. ICRP Publication 106. Ann. ICRP Vol. 38, No. 1-2, Annex E 2008.
- [3] Ferrari P, Sans-Merce M and Carnicer A, "Main results of the monte carlo studies carried out for nuclear medicine practices within the ORAMED project." Radiat. Meas. Vol. 46, No. 11, pp.1287-1290, 2011.