

KMIRD 수학적 모의피폭체를 이용한 전신계측기 교정효율 평가

김정인 · 박은상 · 이병일 · 임영기
한국수력원자력(주) 방사선보건연구원
E-mail: neogen21@khnp.co.kr

중심어 (keyword) : KMIRD, 표준한국인, 전신계측기, MCNP

서론

수학적 모의피폭체는 피폭체를 3차원 공간을 구성하는 수학적식으로 표현하여 방사선의 수송과정을 통해 물질과 방사선의 상호작용 확률 값으로서 특정 공간에서의 방사선량률이나 물질 내에서의 흡수선량 등을 계산하기 위한 수단이다. 인체를 이처럼 모의피폭체로 구성한 수학적 인체 모의피폭체(phantom)를 이용할 경우 실측이 불가능한 값의 이론적인 계산이나 계측기의 계측 예상 값 계산이 가능하며, 대표적으로 인체 주요 장기의 등가선량이나 유효선량 평가, 인체 내부의 방사능 오염에 따른 in-vivo 계측이 이에 해당한다.

수학적 인체 모의피폭체는 크게 stylized phantom과 voxel phantom으로 구분할 수 있는데 stylized phantom의 경우 인체를 구와 타원체 등으로 구성하여 실제 계산 속도가 빠른 장점이 있으나 인체를 단순화 하여 표현함으로써 계산 값과 실제 값의 차이가 커질 수 있는 반면 voxel phantom은 인체를 미소체적소(voxel)로 구성하여 실제 인체와 거의 유사하나 계산수행 속도가 느린 단점이 있다. 이러한 인체 모의피폭체는 인종이나 체형에 따라 각각의 특성을 반영하여 다양한 모델들이 개발되어 왔으며 국내의 경우에도 한국인의 대표체형을 이용하여 stylized phantom인 KMIRD phantom과 voxel phantom인 KTMAN이 개발되었다.[1]

본 연구에서는 KMIRD phantom을 이용하여 전신계측기의 교정효율을 평가함으로써 교정용 phantom

으로서의 적용가능성과 한국인의 신체 특성에 따른 전신계측의 효율 영향을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

모의피폭체의 교정 특성 평가를 위한 전신계측기는 Canberra에서 제작한 ACCUSCAN (Bed type)으로서 HPGe(GC4019) 계측기가 중심부에 설치되어 있다. KMIRD phantom의 적용을 위해 전신계측기와 상업용 교정 phantom인 RMC-II phantom을 이용하여 교정환경을 모델링하고 실측결과와 모델링 결과를 비교하여 모델링의 검증을 수행하고 이후 같은 교정환경에서 교정 phantom을 KMIRD phantom으로 대체하여 평가하였다. 또한 기존 모델과의 차이점을 평가하기 위해 MIRD-V phantom에 대한 교정평가를 수행하였다.

몬테카를로 계산은 MCNP-X 2.6 코드로 수행되었다.[2] 전신계측의 경우 머리끝에서 발끝까지 연속적으로 스캔을 하게 되지만 MCNP의 경우는 연속적인 움직임을 직접 모사하는 것이 불가능하므로 일반적으로 일정간격으로 여러 지점에 대한 값을 각각 계산하여 평균하게 된다. 따라서 전체 효율 값과 차이가 나지 않는 최대 간격인 10 cm 간격으로 총 21개의 지점에서 효율을 평가한 후, 이를 평균하여 해당 에너지의 전체 효율 값으로 산정하였다. RMC-II phantom의 경우 122keV ~ 1332keV까지 총 8개 방사선에너지 구간에 대해 평가하고 KMIRD와 MIRD-V phantom에 대해서는 각각 392keV~1332keV까지 총

4개 방사선에너지구간에 대해 갑상선과 폐 영역에서의 효율을 평가하였다.

결과 및 고찰

RMC-II phantom을 이용한 bed type 전신계측기의 교정에 있어 MCNP의 결과와 실측결과를 비교해 볼 때, 전체적으로 MCNP의 결과가 실제 교정효율보다 최대 10%정도 높은 것으로 평가되었으나 실제로 계측기의 경우 시간이 경과할수록 여러 요인에 의하여 측정효율이 저감되므로 이론적인 계산결과인 MCNP 결과 값이 실제 측정값보다 크게 나타나므로 이러한 요인을 고려하면 전신계측기의 MCNP 모델링은 실측 결과와 잘 일치한다고 판단되었다.

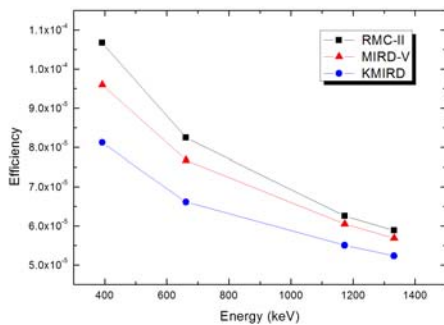


그림 1. MCNP모사에 의한 피폭체별 전신계측 갑상선 효율

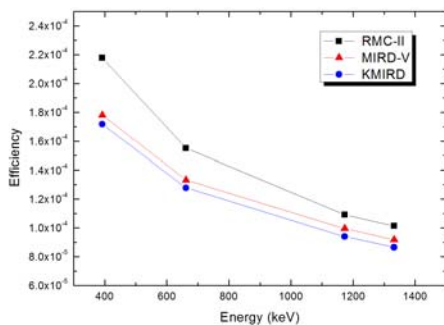


그림 2. MCNP모사에 의한 피폭체별 전신계측 폐 효율

그림 1과 그림 2에 각각 갑상선과 폐의 RMC-II, MIRD-V, KMIRD phantom의 전신계측 효율의 MCNP계산 결과 값을 비교하였다. 전체적으로 RMC-II phantom이 MIRD-V phantom에 비해 약

10%정도 상대적으로 높은 효율을 나타냈으며, KMIRD phantom의 경우 MIRD-V phantom 보다도 최대 약 10%정도 낮은 효율 계산 값을 보였다.

KMIRD phantom의 경우 갑상선의 위치가 MIRD-V phantom 보다 목에 가깝도록 구성되어 MIRD-V의 평가 값보다 효율이 낮음을 확인할 수 있다. 폐의 경우도 KMIRD phantom의 경우 MIRD-V 비해 상하의 거리가 작기 때문에 계산된 효율 값이 더 작게 나오는 것으로 판단된다. RMC-II phantom은 ANSI reference phantom과 전신계측 실측자료를 비교했을 때 폐에 대한 교정 값이 더 작은 것으로 평가되는데 MIRD-V와 KMIRD와 비교했을 때는 오히려 높은 교정 값을 갖는 것으로 나타났다. MIRD 형태의 phantom은 실제 인체를 단순화하여 형태의 왜곡이 심하고 전신계측 교정 목적으로 설계된 것은 아니기 때문에 이러한 차이가 나타나는 것으로 생각되며 이에 대한 평가를 위해서는 보다 더 인체와 유사한 형태의 phantom이 사용이 고려되어야 한다고 판단된다.

결론

KMIRD 수학적 인체 모의피폭체를 대상으로 전신계측 효율을 모사함으로써 전신계측 교정용 피폭체로서의 적용가능성과 한국인 체형이 전신계측 효율에 미치는 영향을 평가하였다. MIRD-V phantom과의 상대적인 평가에서 KMIRD phantom이 최대 10%정도 낮은 효율을 갖는 것으로 평가되었지만 RMC-II 결과와 비교했을 때 MIRD형 phantom이 형태적으로 실물 피폭체를 특성을 충분히 반영하지는 못하는 것으로 평가되었다. 따라서 향후 연구에서는 KMIRD phantom에서 확장하여 KTMAN에 대한 평가 및 다양한 위치에서의 상대효율을 분석할 계획이다.

참고 문헌

1. S. Park, C. Lee and J. Lee, "Construction of MIRD-type Korean reference adult male and female phantoms," *Health phys.*, 84, 164 (2003).
2. Denise B. Pelowitz, editor, *MCNPX user's manual.*, LA-CP-07-1473, 2008.