

표준한국인 voxel 모의피폭체를 이용한 전신계측 특성평가

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

중심어 (keyword) : 내부선량평가, 전신계측, 표준한국인, KTMAN

서론

내부피폭의 정확한 선량평가를 위해서는 섭취 또는 흡입한 방사성동위원소의 양을 평가하는 것이 가장 중요한 문제이다. 일반적으로 200keV 이상의 감마선 에너지를 갖는 방사성동위원소에 대하여 인체 내 잔존 핵종의 종류 및 선원의 강도를 평가하기 위한 목적으로 전신계측기가 사용되는데 실제 계측에 앞서 정확한 교정작업이 선행되어야 한다. 전신계측기의 교정에는 인체를 대표하는 다양한 형태의 실물 표준팬텀들이 사용되는데 대표적으로 ANSI N13.30에서 제시하는 표준팬텀에 근거하는 단순형태의 RMC 팬텀이 교정의 편이성으로 인해 국내에서 널리 사용되고 있다.

수학적 모의피폭체는 피폭체를 3차원 공간을 구성하는 수학적 표현하여 방사선의 수송과정을 통해 물질과 방사선의 상호작용 확률 값으로서 특정 공간에서의 방사선량률이나 물질 내에서의 흡수선량 등을 계산하기 위한 수단이다. 인체를 이처럼 모의피폭체로 구성된 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.

이러한 인체 팬텀은 인종이나 체형에 따라 각각의 특성을 반영하여 다양한 모델들이 개발되어 왔으며 국내의 경우에도 한국인의 대표체형을 이용하여

voxel 팬텀인 KTMAN이 개발되었다.[1]

본 연구에서는 표준한국인의 voxel 모델인 KTMAN을 이용하여 전신계측기의 교정효율을 평가함으로써 교정용 팬텀으로서의 적용가능성과 한국인의 신체 특성에 따른 전신계측의 효율 영향을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

교정용 팬텀의 특성 평가를 위한 전신계측기는 Canberra에서 제작한 ACCUSCAN (Bed type)으로서 HPCGe(GC4019) 계측기가 중심부에 설치되어 있다. KTMAN의 적용을 위해 전신계측기와 RMC-II phantom을 이용하여 교정환경을 모델링하고 이후 같은 교정환경에서 교정 팬텀을 KTMAN으로 대체하여 평가하였다.

몬테카를로 계산은 MCNP-X 2.6 코드로 수행되었다.[2] 전신계측의 경우 인체를 연속적으로 스캔하지만 MCNP는 연속적인 움직임을 직접 모사하는 것이 불가능하므로 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. (그림 1)

KTMAN을 내부선량평가에 적용하기 위해서는 각각의 장기에 선원을 배치해야 하는데, 이 경우 적게는 수백 개에서 많게는 수십만 개에 해당하는 장기 미소 체적소에 선원을 하나씩 배치해야 한다.

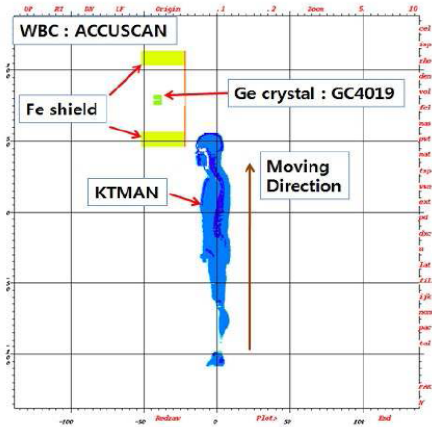


그림 1. KTMAN의 전신계측 MCNP 모델링

KTMAN의 경우 폐에 해당하는 영역은 약 150,000개의 미소체적소로 구성이 되므로 인체 전체를 추출영역으로 지정하였을 경우 성공확률은 약 1%에 불과하다. 따라서 이를 개선하기 위해 KTMAN을 세로로 4개영역으로 분할하여 폐를 포함하는 영역을 최소화하였으며 이를 통해 성공확률을 약 7%로 증가시켰다. 외부선량환산인자 산출 목적의 KTMAN은 하나의 장기를 대표하는 영역이 MCNPX에서 하나의 셀(cell)로 정의되지만 본 연구에서처럼 영역을 분할할 경우 장기가 영역에 의해 나누어지게 되면 이를 인식할 수 없으므로 새롭게 생성된 영역에 대해서는 이를 다른 셀로 재 지정해 주어야 한다. 갑상선의 경우는 전체 미소체적소가 490개 이므로 영역을 분할한다 하더라도 그 추출에 대한 성공확률이 1%를 넘지 않기 때문에 이 경우에는 해당 미소체적소를 전부 추출하여 무작위 추출 대상영역으로 지정하여 계산을 수행하였다.

결과 및 고찰

그림 2는 KTMAN과 RMC-II phantom을 이용한 WBC 효율 계산 값 비교결과를 보여준다. KTMAN은 갑상선과 폐 영역에서 최대 약 10%정도 RMC-II phantom 보다 낮은 효율 값을 나타내는데 voxel 모델의 경우 실제 인체와 기하학적 구조가 거의 일치하기 때문에 효율 평가결과에서 기존 피폭체와의 주된 차이

는 형태적 요인이며 이는 표준한국인 모델의 특성이라고 판단된다. 즉 기존의 피폭체의 참고 모델인 LLNL torso phantom의 경우 서양인 중 상대적으로 큰 체구를 대상으로 하고 있고 표준한국인의 경우는 이 모델에 비해서는 상대적으로 작은 체구이므로 전신계측기에 누워있을 경우 장기의 위치가 상대적으로 계측기로부터 멀기 때문에 이에 의한 효과로 보인다.

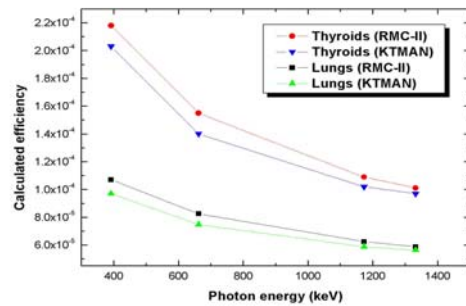


그림 2. KTMAN과 RMC-II phantom을 이용한 계측효율

결론

KTMAN 수학적 인체 모의피폭체를 대상으로 전신계측 효율을 모사함으로써 전신계측 교정용 피폭체로서의 적용가능성과 한국인 체형이 전신계측 효율에 미치는 영향을 평가하였다. KTMAN을 이용한 교정 효율 모사결과 기존 RMC-II 보다 약 10%정도 낮은 효율 값을 갖는 것으로 평가되었으며 이는 한국인의 신체 특성을 반영하는 결과라고 판단된다. 전신계측에서의 다른 불확도 요인들은 고려할 때 10% 수준의 차이는 큰 값이라고 볼 수는 없으나 상대적으로 고선량일 경우나 선량평가의 정확도 향상을 위해서는 이러한 측정대상의 신체적 특성도 충분히 고려되어야 할 것이다.

참고 문헌

1. C. Lee, C. Lee, S. Park, and J. Lee, *Development of the two Korean adult tomographic computational phantoms for organ dosimetry*. Medical Physics, 33, 280 (2006).
2. Denise B. Pelowitz, editor, *MCNPX user's manual*, LA-CP-07-1473, 2008.