

몬테칼로 전산모사를 이용한 원뿔대 투과형 타겟 모양의 근접치료용 소형 엑스선 선원에 대한 선량분포 평가

안우상^{1*}, 최원식¹, 신성수¹, 박철수², 허영철², 서정민³, 김기홍⁴

¹울산의대 강릉아산병원 방사선종양학과, ²한림 성심대학교 방사선학과

³대원대학교 방사선학과, ⁴춘해대학교 방사선학과

1. 서론

현재의 근접치료(내부방사선치료)는 주로 방사선을 발생시키는 방사성동위원소를 종양 또는 종양이 발생한 부위에 직접 삽입하여 방사선을 조사하게 된다. 최근 근접치료에서 방사성동위원소의 대안으로 인체 내부에 삽입할 정도의 크기를 지닌 소형 엑스선 튜브가 개발되어 상용화 중에 있다. 하지만 상용 중인 엑스선 튜브는 금속재질의 필라멘트를 이용한 열전자방출방식으로 1000°C 이상의 높은 열이 발생하기 때문에 인체에 사용하기 위해서는 반드시 별도의 냉각시스템이 필요하게 된다. 반면 나노소자를 이용한 전계발출원은 상온에서도 전자빔이 생성됨으로 전체 엑스선 튜브 시스템을 소형화하는데 유리하다.

2. 목적

본 연구에서는 기존의 개발한 탄소나노튜브 기반의 전계발출원을 이용한 소형 엑스선 튜브 주변의 균일한 선량분포를 획득하기 위하여 몬테칼로 전산모사를 이용한 최적화된 원뿔대 투과형 타겟으로 구성된 엑스선 튜브 주변의 선량분포를 평가하고자 한다.

3. 실험방법과 결과

최적화된 타겟 구성과 엑스선 튜브 주변의 선량분포를 모사하기 위해 MCNPX 2.8.0 (Monte Carlo N-Particle eXtended) 전산모사 코드를 사용하였다. 계산에 사용된 전자빔 에너지는 30-70 keV 영역에 대하여 원뿔대 투과형 타겟 주변의 각 계산 지점에서 발생하는 엑스선의 강도를 F5 tally를 이용하여 계산하였다. 각 지점에서 최대 엑스선이 발생하는 타겟 두께를 평가하여 최적화된 타겟 두께를 결정하였다. 최적화된 타겟 구성으로 구현된 소형 엑스선 선원 주변의 공간선량분포는 F6 tally 이용하여 계산하였다. 0°에서 발생하는 선량을 기준으로 공간선량의 균일성을 평가하였다.

원뿔대 투과형 타겟 주변에서 엑스선에 최대 발생하는 타겟 두께는 30 keV에서 0.5-0.6 μm , 40 keV에서 0.9-1.0 μm , 50 keV에서 1.2-1.3 μm , 60 keV에서 1.6-1.7 μm 그리고 70 keV에서 2.1-2.2 μm 이었다. 계산된 전자빔 에너지 영역 내 90°에서 발생하는 엑스선 강도는 0°에서 발생하는 엑스선 강도의 약 94% 수준이었다. 전자빔 에너지별 공간선량의 균일성은 30 keV에서 0.29, 40 keV에서 0.53, 50 keV에서 0.53, 60 keV에서 0.62 그리고 70 keV에서 0.73으로 전자빔 에너지가 증가할수록 균일성이 나빠지는 경향을 보였다.

4. 결론

원뿔대 형태의 투과형 타겟에서 엑스선이 최대 발생하는 최적의 두께를 전자빔 에너지별로 획득한 후, 최적의 타겟 두께로 구현된 소형 엑스선 튜브 주변의 공간선량 균일성을 확인하였다. 추후 최적화된 두께로 제작된 근접치료용 소형 엑스선 튜브를 제작하여 선량 특성을 검증할 예정이다.