Pencil beam scanning 양성자 치료를 위한 섬광판 기반 투과 검출기 시스템 효용성 연구

고려대학교 바이오융합공학과¹, 삼성서울병원 방사선종양학과², 국립암센터 양성자치료센터³

서재현^{1,2}, 정성훈³, 문선영¹, 정광주², 안성환^{2,*}, 윤명근^{1,*}

목적:

Pencil beam scanning 양성자 치료는 종양의 위치, 모양 및 크기에 따라 맞춤형 양성자 패턴을 생성하여 정상 조직에 낮은 선량으로 종양을 정밀하게 치료할 수 있지만 사소한 불확실성에도 선량 분포가 민감하게 변할 수 있다. 따라서 환자의 선량 전달을 확인하기 위해 환자 품질보증 (quality assurance)이 이뤄지며 이를 통해 심각한 오류를 감지 할 수 있다. 하지만 대부분 치료된 한 번만 이루어지기 때문에 모든 분할 치료 동안 계획된 치료 기기의 기계적 조건 등에 의해 발생하는 오류를 확인할 수 없는 한계가 있다. 따라서 본 연구팀은 양성자 치료 중 치료 시스템과는 독립적으로 입사 선량을 확인하기 위한 섬광판 기반 투과 검출기 (transmission detector) 시스템을 개발하고 효용성 연구를 진행하였다.

대상 및 방법:

섬광판 기반 투과 검출기 시스템은 양성자 빔의 이미지를 얻기 위한 섬광판, 섬광판의 빛을 반사하는 거울, 빛을 기록하는 CMOS 카메라로 구성되었으며 검은색 커버를 통해서 주변의 빛을 차단하도록 제작하였다. 우선 카메라의 감도, 화이트 밸런스를 최적화하기 위해 양성자빔 spot 을 측정하여 측방선량분포를 EBT3 필름, pinpoint chamber 와 비교하였다. 그리고 시스템의 선량 선형성, 에너지 의존성, 선량률 의존성에 대한 선량측정 (dosimetric) 특성을 측정하였다. 이때 카메라에 의해 측정된 각각의 프레임은 배경을 제거하고 hot pixel 을 제거하기 위해 메디안 필터 처리 후 합산된다.

결과:

카메라의 화이트 밸런스가 낮고 감도가 높을수록 신호가 더 강해지고 양성자빔 spot 의 lateral full width at half maximum (FWHM)이 증가하는 경향을 보였으며, 화이트 밸런스와 감도는 pinpoint chamber 의 측방선량분포와 비교를 통해 최적화했다. 그리고 이 시스템은 양성자 빔 에너지 및 선량률에 독립적이고 선량률에 선형성을 보이는 것을 확인하였다.

결론:

CMOS 카메라를 방사선 선량 측정으로 사용하도록 카메라의 매개 변수가 최적화되었으며 제안된 시스템의 선량 측정 특성을 평가하였다. 이 시스템을 통해 치료 시스템과는 독립적으로 양성자 치료 중 입사 선량을 섬광판을 통해 고해상도 2 차원 분포를 확인할 수 있다. 에너지 레이어 별로 확인이 가능하기 때문에 특정 에너지나 위치에서의 오류를 확인할 수 있다. 향후 실제 환자 치료 계획에 대한 연구가 이루어질 예정이다.

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2019R1F1A1063910).

주요어:

Pencil beam scanning 양성자치료, 섬광판, 투과 검출기