

## 물리적 인형 모의피폭체와 수학적 모델에 기초한 하이브리드 체적소 인형 모의피폭체 개발

한양대학교 원자력공학과

조성구 · 최상현 · 안소현 · 민철희 · 서규석 · 김찬형

체적소 인형 모의피폭체는 방사선 관련 분야에서 다양하게 사용되고 있으며 최근 의료영상기술과 컴퓨터의 급속한 발전으로 더 많은 각광을 받고 있다. 하지만 현재까지 개발된 체적소 인형 모의피폭체는 환자 등 실제 인체의 영상을 이용하여 제작되었기 때문에 ICRP Reference Man (2002) 등의 표준 자료에 크게 벗어난다. 본 연구에서는 표준 성인 남성의 체형과 골격을 가진 물리적 인형 모의피폭체(ATOM Adult Male Phantom, CIRS, Virginia, USA)에 MIRD형 수학적 인형 모델의 장기들을 정의하여 표준의 체형과 장기를 가진 하이브리드 체적소 인형 모의피폭체를 개발한 후 몬테칼로 전산모사에 사용하였다.

중심단어: 물리적 인형 모의피폭체, MIRD형 수학적 인형 모델, 하이브리드

### 서 론

체적소 인형 모의피폭체는 1980년대 중반 Gibbs, Williams 등에 의해 처음 개발된 후<sup>1,2)</sup> 현재까지 방사선방호, 방사선 진단장치 최적화, 핵의학 영상장치 개발 등의 분야에서 다양하게 사용되고 있으며 최근 의료영상기술과 컴퓨터의 급속한 발전으로 점점 더 많은 각광을 받고 있다. 하지만, 현재까지 개발된 체적소 인형 모의피폭체들은 환자 등 실제 인체의 영상을 기초로 제작되었기<sup>3-6)</sup> 때문에 제작된 모의피폭체의 체형이나 장기의 무게 등이 ICRP Reference Man (2002) 등의 표준 자료로부터 크게 벗어난다.

따라서 본 연구에서는, 최근 세계적으로 널리 보급되고 있는 표준 성인 남성의 체형과 골격을 가진 물리적 인형 모의피폭체(ATOM Adult Male Phantom, CIRS, Virginia, USA)에 MIRD형 수학적 인형 모델<sup>7)</sup>의 장기들을 정의하여 표준의 체형과 장기를 가진 하이브리드 체적소 인형 모의피폭체(Hybrid Voxel Anthropomorphic Phantom, HVAP)를 개발하고자 한다.

### 재료 및 방법

물리적 인형 모의피폭체 내부에 MIRD형 수학적 인형 모델의 장기를 정의하기 위해서 먼저 ATOM 인형 모의피폭체의 CT 영상과 일치하도록 수학적 인형 모델을 일정한 단면으로 나누어 주었다. 나누어진 수학적 인형 모델의 단면에 표현되어 있는 장기들 중에서 ATOM 인형 모의피폭체에 표현되어 있는 뼈, 폐를 제외하고 중요도가 높은 생식기, 결장 등의 8개의 장

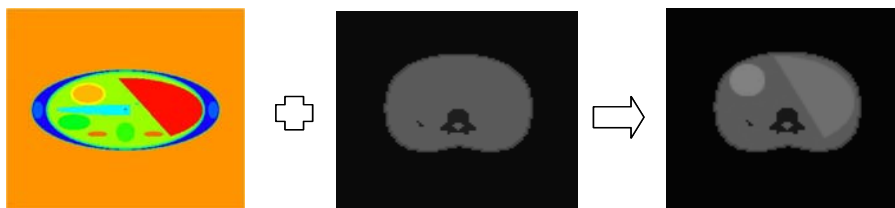


Fig. 1. MIRD형 수학적 인형 모델과 ATOM 인형 모의피폭체 영상의 결합.

기를 선택하여 Photoshop7.0<sup>TM</sup>으로 장기분할을 수행하였다.<sup>8)</sup> 분할된 장기는 ATOM 인형 모의피폭체의 CT 영상과 구분이 가능하도록 일정한 명암을 주었다. 다음으로 MIRD형 수학적 모델의 단면을 ATOM 인형 모의피폭체의 CT 영상과 겹치도록 하여 장기의 크기 및 위치를 조정한 후 두 영상을 합해서 하나의 영상으로 만들어 주었다. Fig. 1은 MIRD형 수학적 인형 모델의 단면과 ATOM 인형 모의피폭체의 CT 영상을 합하여 하나의 영상으로 만들어 주는 과정을 보여준다.

이렇게 만들어진 영상을 이용하여 하이브리드 체적소 인형 모의피폭체를 개발하였으며 개발된 체적소 인형 모의피폭체의 장기들이 정확하게 구현되었는지 확인하기 위해서 MIRD형 수학적 인형 모델의 장기 무게와 개발된 체적소 인형 모의피폭체에 구현된 장기의 무게를 상호 비교하여 검증하였다. 다음 그림은 개발된 하이브리드 체적소 인형 모의피폭체를 3D-DOCTOR<sup>TM</sup> 소프트웨어를 이용하여 3차원 영상으로 표현한 것이다.<sup>9)</sup>

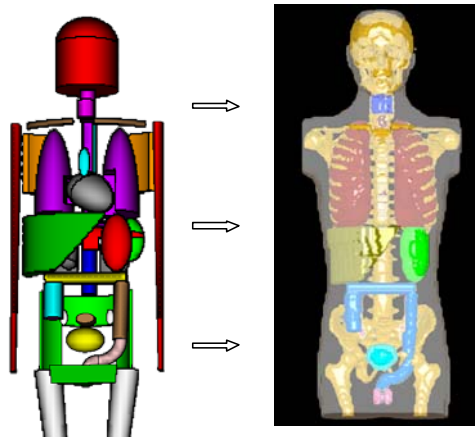


Fig. 2. 개발된 하이브리드 체적소 인형 모의피폭체.

### 결 과

본 연구에서 개발된 체적소 인형 모의피폭체를 MCNPX 코드 내에 구현하고 몬테칼로 전산모사방법을 통하여 각 장기의 평균선량과 대표선량을 계산한 후 서로 비교하여 보았다.<sup>10)</sup> Fig. 3은 0.662 MeV 광자빔을 모의피폭체의 정면에서 입사할 때 각 장기에 대한 평균선량과 대표선량을 보여준다. 비교 결과 평균선량과 대표선량의 차이가 9% 이내에서 발생하는 것을 알 수 있었다.

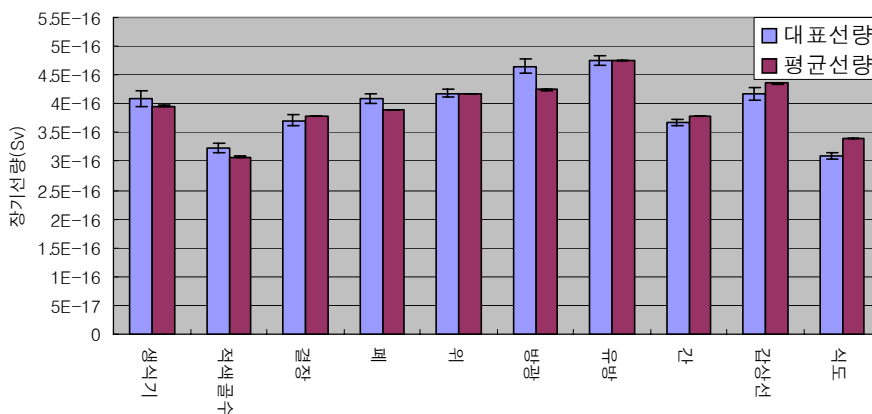


Fig. 3. 대표선량과 평균선량으로 계산된 장기선량 비교.

## 결 론

본 연구에서는 물리적 인형 모의피폭체(ATOM Adult Male Phantom)와 MIRD형 수학적 인형 모델을 이용하여 표준 남성 성인의 체형과 장기를 가진 하이브리드 체적소 인형 모의피폭체(HVAP)를 개발하였다. 개발된 체적소 인형 모의피폭체는 방사선 방호뿐만 아니라 치료방사선, 진단방사선, 핵의학, 의공학 등 다양한 의학 분야에서 선량을 정밀하게 계획하고 평가하는 기술의 개발 및 환자의 선량을 최적화하는 진단장치 개발 등에 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 한양대학교 방사선안전기술연구센터(ITRS)의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

## 참 고 문 헌

1. Gibbs SJ, Pujoi A, Chen TS, Malcolm AW, James AE: Patient risk from interproximal radiography. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol* 58:347-54 (1984)
2. Williams G, Zankl M, Abmayr W, Veit R, Drexler G: The calculation of dose from external Photon exposures using reference and realistic human phantoms and Monte Carlo methods. *Phys Med Biol* 31:449-52 (1986)
3. Petoussi-Hens N, Zankl M: Voxel anthropomorphic models as a tool for internal dosimetry. *Radiat Prot Dosim* 79:415-8 (1998)
4. Zankl M, Wittmann A: The adult male voxel 'Golem' segmented from whole-body CT patient data. *Radiat Environ Ciophys* 40:153-62 (2001)
5. Xu XG, Chao TC, Bozkurt A: VIP\_MAN: An image-based whole-body adult male model constructed from color photographs of the Visible Human Project for multi-particle Monte Carlo calculations. *Health Phys* 78:476-86 (2000)
6. 이춘식, 이재기: 한국인 남성 단층영상을 이용한 고해상도 체적소 모델 개발. 대한방사선방어학회 Proceeding 31:229-33 (2003)
7. 박찬웅, 황선하: Photoshop 7.X. 디지털 북스 (2003)
8. Cresty M, Eckerman KF: Specific Absorbed Fractions of Energy at Various Ages from internal Photon Source. I. Methods. ORNL, TM-8381, VI (1987)
9. Able Software Corp., 3D-DOCTOR for Windows User's Manual (2003)
10. Waters LS, ed: MCNPX User's Manual, Version 2.3.0. LA-UR-02-2607 (2002)