

## 고해상도 컬러해부영상을 이용한 표준한국인 성인여성 복셀팬텀 개발 (Development of Reference Korean Female Phantom Based on High-resolution Color Slice Images)

염연수<sup>1</sup> · 정종휘<sup>1</sup> · 김찬형<sup>1\*</sup> · 황성배<sup>2</sup> · 함보경<sup>3</sup> · 조건우<sup>3</sup>  
한양대학교<sup>1</sup> · 경북전문대학교<sup>2</sup> · 한국원자력안전기술원<sup>2</sup>  
E-mail: chkim@hanyang.ac.kr

중심어 (keyword) : 여성 복셀팬텀, 컬러해부영상, 표준한국인, 몬테칼로, 유효선량

### 서 론

유효선량은 남성과 여성의 장기별 등가선량을 평균한 값에 각 장기의 조직가중치( $w_T$ )를 곱한 값의 합으로 나타내어진다. ICRP 103 권고[1]를 통해 조직가중치가 0.05에서 0.12로 크게 증가한 유방은 그 크기가 남녀 간에 확연한 차이를 보이는 장기이다. 이러한 크기차이는 유방자체의 선량뿐만 아니라 유방의 차폐효과로 인하여 인체내부 다른 주요장기들의 선량에도 영향을 미칠 수 있다. 또한 조직가중치 0.08에 해당하는 생식기, 즉 남성의 정소와 여성의 난소는 서로 전혀 다른 위치와 형태를 지닌다. 이러한 차이와 더불어 전체 장기 전반적으로 남녀 간 약간의 밀도차이가 존재함을 고려할 때, 유효선량을 그 정의에 따라 정확하게 계산하기 위해서는 반드시 남녀 한 쌍의 인체팬텀이 필요하다.

본 연구에서는 한국인 여성사체에 대한 고해상도 연속절단면 컬러해부영상을 이용하여 한국인 성인여성을 대표할 수 있는 복셀팬텀 HDRK-Woman (High-Definition Reference Korean-Woman)을 개발한다.

### 재료 및 방법

이주대학교 해부학교실에서는 2008년 말부터 2년에 걸쳐 한국인 여성사체에 대한 연속절단면 컬러해부영상(0.1 mm × 0.1 mm)을 제작 완료하였다. 연속절단에 사용된 사체는 2007년 사망당시 연령이 26세였으며 키 160 cm, 몸무게 52.35 kg의 신체크기를 가진다. 연속절단 간격은 0.2 mm이지만 허반신 일부분은 1 mm 간격으로 절단되었다.

본 연구에서는 전신 1 mm 간격의 컬러해부영상을 이용하여 장기분할을 수행하였으며, Photoshop CS4 extended (Adobe Systems, Inc., San Jose, CA)를 이용하여 분할한 장기를 레이어 형태로 저장하였다. 대부분의 장기는 Screen Digitizer CINTIQ 15X (WACOM Co., Ltd, Japan)를 이용하여 수동으로 분할하였으나, 근육, 혈관과 같이 전신에 분포하여 작업량이 많으면서도 색깔이 뚜렷하게 구분이 되는 장기에 대해서는 Photoshop<sup>®</sup>CS4의 '색상범위 선택' 기능을 이용하여 자동으로 분할하였다. 특별히 뼈의 경우 컬러해부영상과 함께 제공된 동일 사체에 대한 CT영상을 이용하여 자동으로 분할하였고 이를 컬러해부영상에 정합하였다.

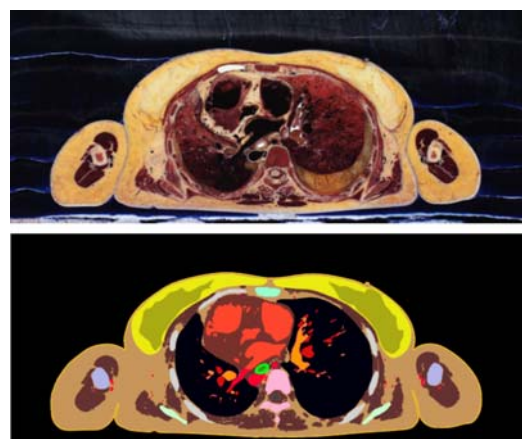


그림 1. 한국인 여성사체 컬러해부영상과 장기분할영상

장기분할 완료 후 일차적으로 복셀 해상도를 2 mm × 2 mm × 2 mm로 조정하였고, 이를 이용하여 키, 몸무게 및 장기무게를 표준한국인 자료[2]에 맞게 조정하였다. 먼저 z축 해상도를 2.0747 mm로

늘려 키를 161 cm로 조정하였고, x, y해상도를 2.1218 mm × 2.1218 mm로 늘려 뼈 무게를 7.2 kg으로 조정하였다. 복셀크기가 확정된 뒤에는 각 장기들의 복셀수를 줄이거나 늘려줌으로써 무게를 표준한국인 자료에 맞게 조정하였다. 이를 위해 3차원 기반 무게 조정용 C++ 프로그램을 개발하였고, 일부 무게 조정이 불가능한 장기를 제외한 모든 장기의 무게를 표준무게에 완벽하게 일치시켰다. 장기무게 조정을 마친 후 전체 몸무게를 표준한국인 여성 몸무게에 맞추기 위해 주로 허반신의 바깥쪽의 지방을 조정하는 방법을 사용하였으며 이를 통해 몸무게를 표준한국인 여성의 몸무게 54 kg에 맞추었다.

최종 완성된 HDRK-Woman 복셀팬텀은 ICRP 103에 제시된 28개의 여성장기 및 기타 관심장기 12개를 포함한다. 전체 복셀의 갯수는 (261 × 109 × 825)개이며 복셀의 크기는 2.0747 × 2.1218 × 2.1218 mm<sup>3</sup>이다.

HDRK-Woman 여성팬텀을 MCNPX2.5.0 코드에 입력하여 외부 광자 빔 조사에 따른 장기선량을 계산하였고, 남성팬텀 HDRK-Man[3]의 결과를 함께 사용함으로써 유효선량을 계산하였다. 이 결과를 ICRP 110 보고서의 표준남녀 복셀팬텀의 계산결과와 ICRP 74 보고서에 수록된 MIRD 팬텀들로 계산된 결과와 함께 비교하였다. 비교결과, ICRP 110 표준남녀팬텀과의 차이는 AP방향과 LLAT방향 각각 최대 5%, 9%(0.015 MeV 제외)로 큰 차이를 보이지 않았으나, PA방향에서 표준한국인의 유효선량이 전반적으로 높은 결과를 보였다(0.03 MeV에서 최대 49%).

## 결과 및 고찰

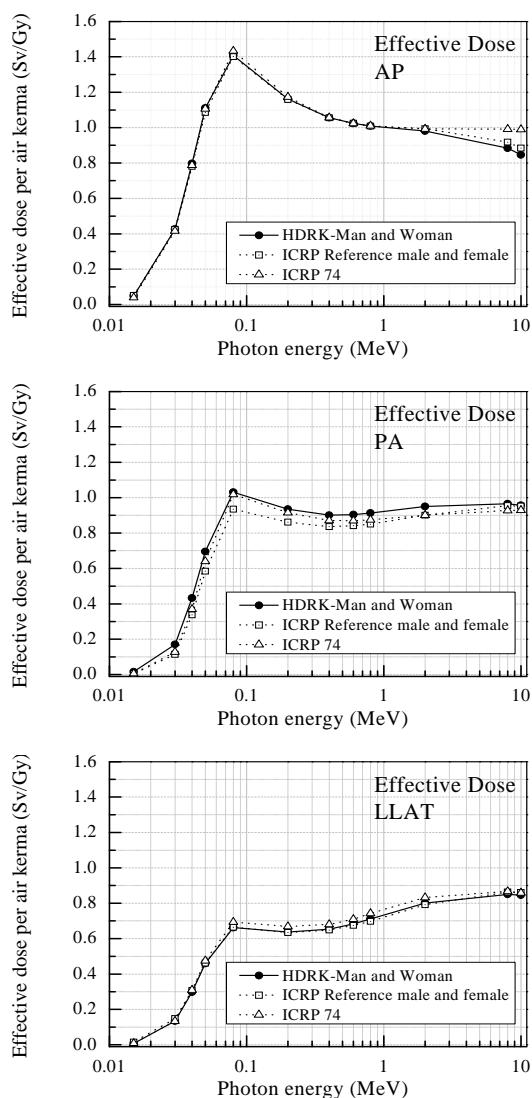


그림 2. 표준한국인 및 ICRP 표준팬텀의 유효선량 비교

## 결론

본 연구를 통해 개발된 HDRK-Woman은 고해상도 컬러해부영상을 이용하였기 때문에 CT/MR영상 기반의 다른 복셀팬텀들과는 달리 해부학 구조물들이 객관적이고 정확하게 분할되어 있다. HDRK-Woman은 기존에 개발되었던 HDRK-Man과 함께 표준한국인 성인남녀에 대한 유효선량을 그 정의에 맞게 계산할 수 있는 계기를 마련하였다. 향후 추가 연구를 통하여 다양한 종류의 방사선 선원과 피폭조건에 대한 표준한국인의 유효선량을 계산하고 발표할 계획이다.

## 참고 문헌

1. ICRP, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, (2007).
2. Park S *et al*, In vivo organ mass of Korean adults obtained from wholebody magnetic resonance data, *Radiat Prot Dosim* 118:275-279, (2005).
3. Kim C H *et al*, HDRKMan: a whole-body voxel model based on high-resolution color slice images of a Korean adult male cadaver, *Phys Med Biol* 53:4093-4106, (2008).