

## 몬테카를로 방법론을 이용한 일반방사선촬영에 의한 장기선량 및 유효선량 평가에 관한 연구

김광호<sup>†</sup> · 이재국<sup>†</sup> · 성동욱<sup>†</sup> · 이기남<sup>\*</sup> · 김윤현<sup>\*\*</sup> · 김혁주<sup>||</sup> · 김광표<sup>†</sup>  
경희대학교 원자력공학과<sup>†</sup>, 경희의료원 영상의학과<sup>\*</sup>, 전남대병원 영상의학과<sup>\*</sup>, 동아대병원  
영상의학과<sup>\*\*</sup>, 식품의약품안전평가원 방사선안전과<sup>||</sup>  
E-mail: kpkim@khu.ac.kr

중심어 (keyword) : 수학적 팬텀, MCNP, 장기선량, 유효선량, 일반방사선촬영

### 서론

현재 의료분야에서 일반방사선촬영은 전산화 단층촬영(CT), 자기공명영상(MRI) 및 투시방사선촬영 등 영상의학적 진단을 위하여 꼭 필요한 수단이다. 일반방사선촬영은 진단에 필요한 부위를 포함한 영상정보와 함께 불필요한 방사선에 의해 인체는 피폭 받게 되며, 이러한 피폭방사선량 계산은 입사표면선량(ESD)을 직접측정하여 선량계산 및 평가를 한다.

그러나 입사표면선량(ESD)의 직접측정은 실제로 인체의 장기선량 및 유효선량을 측정할 수 없으며 현재 상용화되어있는 프로그램들은 수학적팬텀을 사용하고 계산방법이 간단하여 장기선량 및 유효선량 평가에 적당하지 않다.

따라서 본 연구에서는 국제방사선방호위원회(ICRP) 103에서 권고한 체적소 팬텀과 몬테카를로 기법을 적용하여 일반방사선 촬영의 장기선량 및 유효선량 계산을 하였다. 이를 위하여 국내 300여개 병원에서 획득한 검사조건 및 측정된 입사표면선량을 사용하였으며, 몬테카를로 기법을 적용한 코드를 이용하여 일반방사선촬영에서 장기선량 평가 및 유효선량과 입사표면선량을 비교 평가 하였다.

### 재료 및 방법

본 연구에서 일반방사선촬영의 장기선량 및 유효선량을 평가하기 위하여 몬테카를로 코드 MCNPX v2.6 프로그램을 사용하였다. 몬테카를로 코드에 입력값으로 관전압은 IPEM에서 제공하는 SRS-78 프로그램을 사용하여 검사부위에 따른 각각의 관전압 스펙트럼을 획득하여 MCNPX v2.6에 입력하였다. 초점-필름간 거리(FFD)를 체적소 팬텀의 입사면으로 수정하여 초점-피부간 거리(FSD)를 입력하였으며, 스

크린 크기 또한 체적소팬텀의 입사면 면적으로 수정하여 입력하였다. 사용된 모의체는 국제방사선방호위원회(ICRP)에서 ICRP 103 권고에 포함된 체적소 팬텀을 사용하였다. 이 팬텀은 3차원의 수백만 체적소로 구성되어 졌으며, 다양한 골격 조직, 연골, 근육 및 주요 혈관을 포함하여 약 140개 장기와 조직들이 정의되어 졌다. 본 연구에서는 성인 기준남성의 팬텀을 사용하였다. 표-1은 일반방사선촬영의 7가지의 검사부위에 대하여 검사조건을 나타내었다.

표-1. 검사부위별 측정된 검사조건

검사부위	ESD mGy	관전압 kVp	FSD cm	입사점 면적	
				가로(cm)	세로(cm)
두부 AP	2.26	74	83	25.0	27.4
흉부 PA	0.47	100	148	33.4	36.8
복부 AP	3.06	77	78	28.8	32.6
골반 AP	3.07	76	78	31.8	28.8
경추 AP	1.61	71	78	22.7	25.0
흉추 AP	3.22	76	78	26.5	31.8
요추 AP	3.80	79	78	27.3	31.8

입력된 검사조건으로 MCNPX를 적용하여 결과값을 획득하였다. 그러나 결과값은 방사선 입자 하나에 대하여 나타내기 때문에 검사부위에 따른 장기선량을 구하기 위하여 실제 피폭방사선량값에 적용하기 위한 환산인자가 필요하다. 환산인자를 얻기위하여 MCNPX 프로그램에 입력된 데이터를 사용하였다. 방사선 입자 하나에 대한 입사표면선량(ESD)을 계산하였고, 결과값에 적용하여 장기선량을 구하였다. 또한, 각각의 검사부위에 따른 장기선량에 국제방사선방호위원회 ICRP 103 권고한 조직가중치를 적용하여 유효선량을 구하였다.

## 결과 및 고찰

표-1은 일반방사선촬영의 검사부위에 따른 장기선량을 나타내었다. 두부 (AP)에서는 침샘이 0.43 mSv 및 뇌 (AP)가 0.30 mSv로 높은 장기선량 값을 나타내었다. 흉부 (PA)에서는 폐가 0.21 mSv로 가장 높았으며, 간 0.14 mSv, 식도 0.13 mSv등이 높은 피폭군에 포함되었다. 복부 (AP)는 대장이 1.42 mSv를 높은 장기선량을 보였으며 유방, 위, 간, 대장 등에서 약 1 mSv의 장기선량 값을 보였다. 골반 (AP)에서는 방광이 5.79 mSv, 고환이 3.14 mSv 및 대장이 2.56 mSv로 다른 장기보다 높은 장기선량 값을 나타내었다. 경추 (AP)에서는 갑상선 (AP)이 1.30 mSv이었으며, 높은 피폭군으로 침샘 (AP)이 0.43 mSv, 식도 (AP) 0.32 mSv를 얻었다. 흉추 (AP)는 갑상선이 2.66 mSv 및 유방 2.42 mSv로 높은 장기선량을 가졌다. 간, 위, 폐, 식도에서 약 1 mSv의 장기선량 값을 나타내었다. 요추 (AP)에서의 장기선량은 대장 이 2.02 mSv로 가장 높았으며, 위와 방광이 약 1.5 mSv로 높은 장기선량으로 나타났다.

표-1. 일반방사선촬영의 검사부위에 따른 장기선량 값

장 기	장기선량 (mSv)						
	두부 AP	흉부 PA	복부 AP	골반 AP	경추 AP	흉추 AP	요추 AP
뇌	0.30	-	-	-	0.10	0.01	-
침샘	0.43	0.02	-	-	0.42	0.10	-
갑상선	0.03	0.09	0.02	-	1.30	2.66	0.01
식도	0.01	0.13	0.19	-	0.32	0.96	0.07
유방	-	0.04	1.23	0.01	0.05	2.42	0.05
폐	-	0.21	0.38	-	0.15	1.11	0.06
간	-	0.14	1.03	0.03	0.01	1.11	0.97
위	-	0.11	1.34	0.05	-	1.19	1.45
대장	-	0.04	1.42	2.56	-	0.17	2.02
방광	-	-	0.14	5.79	-	-	1.54
고환	-	-	0.02	3.14	-	-	0.30
피부	0.09	0.07	0.34	1.06	0.09	0.31	0.39

표-2는 일반방사선촬영의 22개의 검사부위에 대한 유효선량 (mSv)을 나타내었다. 유효선량은 골반 (AP)에서 0.96 mSv로 가장 높게 나타났으며, 흉추 (AP) 0.88 mSv 및 복부 (AP), 요추 (AP), 요추(OBL)이 각각 0.66 mSv로 높은 유효선량 값을 보였다. 발목 (AP) 0.0003 mSv로 가장 낮은 유효선량 값을 보였으며, 손목 (AP) 및 무릎 (AP)는 각각 0.0008 mSv로 낮은 유효선량 값을 나타내었다. 입사면선량과 비교해보면 입사면선량이 8.32 mGy로 가장 높은 요추 (OBL)는 유효선량이 0.66 mSv로 선량평가 되었으며, 입사면선량이 3.07 mGy인 골반 (AP)가 유효선량이 0.96 mSv로 요추 (OBL)보다 높았다. 복부 (AP) 및 요추 (AP)의 유효선량은 0.66 mSv로 요추 (OBL)과 같았으나, 입사면선량 값이 요추 (OBL)보다 낮았다. 일반적으로 유효선량은 입사

면선량에 비례적으로 증가하였지만 피폭되는 부위 및 그 부위의 조직이 갖는 방사선감수성등에 따라 큰 영향을 준다는 것을 알았다.

표-2. 일반방사선촬영의 검사부위에 따른 유효선량 값

검사부위	유효 선량 (mSv)	ESD (mGy)	검사부위	유효 선량 (mSv)	ESD (mGy)
두부 AP	0.03	2.26	요추 AP	0.66	3.80
두부 LAT	0.05	4.35	요추 LAT	0.57	4.15
흉부 PA	0.09	0.48	요추 OBL	0.66	8.32
흉부 AP	0.40	1.36	쇄골 AP	0.26	1.56
흉부 LAT	0.36	5.37	어깨 AP	0.13	1.47
복부 AP	0.66	3.06	상완골 AP	0.0038	0.57
골반 AP	0.96	3.07	팔꿈치 AP	0.0017	0.29
경추 AP	0.13	1.61	손목 AP	0.0008	0.24
경추 LAT	0.03	0.86	고관절 AP	0.27	2.93
흉추 AP	0.88	3.22	무릎 AP	0.0008	0.51
흉추 LAT	0.52	3.78	발목 AP	0.0003	0.33

## 결론

본 논문에서는 일반방사선촬영의 22개의 대표적인 촬영법에 대한 입사면선량 (ESD) 및 기타 검사조건을 MCNP 프로그램에 적용하여 유효선량을 얻었다. 입사면선량이 높은 촬영부위에서 대부분 유효선량이 높았지만, 골반 (AP)처럼 피폭되는 부위에 따라 입사면선량이 낮더라도 상대적으로 유효선량은 높았다. 상완골, 팔꿈치, 손목, 무릎, 발목등이 유효선량이 타 장기보다 크게 낮은 것은 입사면선량이 작고, 조직가중치가 다른 장기에 비하여 작기 때문이다. 장기선량은 두부 (AP), 경추 (AP)의 경우 수정체가 가장 높은 장기선량을 보였으며, 흉부 (AP)는 비장이 흉추 (AP)의경우는 갑상선이 높았다. 요추 (AP) 및 골반 (AP)는 방광 및 대장의 장기선량이 높았으며, 복부 (AP)는 간, 위, 쓸개, 소장, 대장 등 복부에 위치한 모든 장기에서 장기선량이 높았다. 이와같이 장기선량은 피폭되는 부위, 입사표면선량 및 검사조건에 의하여 크게 영향을 받는다.

### 감사의 글

본 연구는 2011년도 식품의약품안전청 용역연구개발과제의 연구개발비 지원(11172방사선524)에 의해 수행 되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고 문헌

1. ICRP, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP 103; 2007