

DR(Digital Radiography)에서 PCXMC 2.0을 이용한 Kerma와 다목적 선량계, 유리선량계의 선량비교를 통한 흡수선량 평가 시 유리선량계의 유용성에 관한 연구

A Study on the Usefulness of Glass Dosimeter in the Evaluation of Absorbed Dose
by Comparing the Doses of Multi-purpose Dosimeter and Glass Dosimeter Using
Kerma with PCXMC 2.0 in DR(Digital Radiography)

황준호, 이경배
경희대학교병원 영상의학과

Jun-Ho Hwang(kleenex0004@naver.com), Kyung-Bae Lee(yly7@hanmail.net)

요약

방사선 방호는 결정적 영향을 방지하고 확률적 영향을 최소화하는데 목적이 있다. 결정적 영향과 확률적 영향을 과대평가하면 미래에 일어날 위험성에 대해 잘못된 평가를 내릴 수 있기 때문에 이들의 기본량인 흡수선량의 정확한 평가가 특히 중요하다. 본 연구는 몬테카를로 시뮬레이션을 기반으로 한 PCXMC 2.0을 이용하여 Kerma를 측정하고, 다목적 선량계 및 유리선량계를 이용하여 나타난 선량을 비교하여 정확한 흡수선량을 평가하는 것에 목적을 두었다. 실험은 부위를 두개부, 복부, 골반부로 정하였고 Kerma는 몬테카를로 시뮬레이션을 기반으로 한 PCXMC 2.0로 측정하였다. 흡수선량은 다목적 선량계와 유리선량계로 측정하였다. 그 결과 PCXMC 2.0, 다목적 선량계, 유리선량계에서 두개부, 복부, 골반부 모두 PCXMC 2.0, 다목적 선량계, 유리선량계 순으로 선량 차이가 크게 났으며, 다목적 선량계는 Kerma에 더 가까운 값을 나타냈다. 결과적으로 실제 흡수선량 측정은 유리선량계가 가장 유리하다는 것을 알 수 있었다.

■ 중심어 : | DR(Digital Radiography) | PCXMC 2.0 | Kerma | 흡수선량 | 유리선량계 |

Abstract

Radiation protection aims to prevent a deterministic effect and minimize a stochastic effect. Overestimating a deterministic effect and a stochastic effect can result in an inaccurate assessment of the risks that will occur in the future, and thus accurate evaluation of the absorbed dose of these fundamental amounts is especially important. This study was intended to measure Kerma using PCXMC 2.0 based on Monte Carlo simulations and to assess the exact absorbed dose by comparing doses produced using multipurpose dosimeter and glass dosimeter. It has been decided to conduct experiments for skull, abdomen and pelvis, and Kerma measured PCXMC 2.0 based on Monte Carlo simulations. The absorbed dose was measured using muli purpose dosimeter and glass dosimeter. The results for the experiments conducted in skull, abdomen, pelvis show that the difference in dose appears great in the order of PCXMC 2.0, muli purpose dosimeter, and the glass dosimeter, and muli purpose dosimeter showed a value closer to that of Kerma. As a result, it has been found that the glass dosimeter was the most advantageous in measuring the actual absorbed dose.

■ keyword : | DR(Digital Radiography) | PCXMC 2.0 | Kerma | Absorbed Dose | Glass Dosimeter |

I. 서론

진단용 방사선 분야에서 방사선 피폭은 인공방사선을 사용한 영상의학검사가 대다수를 차지하고 있다. 보건 의료 빅데이터 개방시스템의 통계에 따르면 요양기관에서 청구한 요양급여비용 명세서에 대한 심사결정을 이용한 결과 방사선 단순검사의 건수는 2013년부터 2015년까지 1억5천2백만, 1억5천8백만, 1억6천5백만 건으로 증가하는 추세이다[1]. 이에 따라 방사선 검사를 통한 피폭 또한 증가하고 있기 때문에 환자의 선량 저감화를 위한 일환으로 피폭과 관련된 다양한 연구가 진행되고 있다[2-7].

이와 더불어 선량 저감화의 일환으로 국내에서는 조사선량, 흡수선량, Kerma(Kinetic energy released in matter), 등가선량, 유효선량 등 방사선의 양과 관련된 다양한 연구 또한 진행되고 있다[8-10]. 체내에 방사선이 미치는 영향은 방사선에너지의 흡수정도로 결정이 되기 때문에 방사선 방호목적이 아니라면 등가선량과 유효선량보다는 흡수선량을 측정하여 인체의 선량을 평가하는 것이 유용하다고 할 수 있다[11].

흡수선량의 평가는 직접적으로 선량계를 이용하여 측정하거나 간접적으로 몬테카를로 시뮬레이션을 통한 측정법이 보편적으로 이용되고 있다. 선량계를 이용한 방법은 다목적 선량계를 이용하는 방법과 유리선량계를 이용한 방법 등이 대표적이며 몬테카를로 시뮬레이션은 PCXMC 2.0 Program을 이용하여 선량을 측정하는 방법을 사용하고 있다[9][12].

그러나 위의 방법들을 동원하여 선량을 평가한다 하여도 고려해야하는 변수는 다양하기 때문에 결과 값은 다르게 나타날 수 있다. 가장 대표적으로 다목적 선량계와 유리선량계로 선량을 평가했을 때의 연구가 있는데, 그 결과 값은 동일조건에서 다목적 선량계가 유리선량계보다 더 높은 선량을 나타냈으며 이는 다목적 선량계는 Kerma 선량, 유리선량계는 흡수선량을 나타냈기 때문이라고 보고한 바 있다[13]. 보통 DR (Digital Radiography) 환경에서 선량을 평가하는 경우 다목적 선량계로 입사표면선량을 그대로 사용하여 선량을 평가 하는 경우가 있으며, 이 경우는 모든 2차전자의 초기

운동에너지를 측정한 Kerma에 가까운 값을 흡수선량으로 측정한다는 의미이므로 실제 인체에 흡수되는 선량을 과대평가한 결과가 된다. 인체에 미치는 영향을 과대평가할 경우 방사선 방호의 관점에서 확률적 영향에 기인한 미래의 위험성에 대하여 잘못된 평가를 내릴 수 있다.

따라서 본 연구에서는 몬테카를로 시뮬레이션을 기반으로 한 PCXMC 2.0을 이용하여 측정된 Kerma 값과 다목적 선량계 및 유리선량계를 이용하여 나타난 선량을 비교평가해보고 장기흡수선량 평가 시 유리선량계의 유용성을 알아보고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 조사대상 및 실험기기

실험은 2017년 5월 1일부터 31일까지 A병원의 Siemens 사의 Fluorospot Compact Manual로 모델명 YSIO-2D의 방사선 발생장치를 이용하였다. 팬텀은 인체등가물질로 구성된 Rando Phantom(alderson research laboratories, USA)을 사용하였다[그림 1].



그림 1. 인체등가물질로 구성된 Rando Phantom

Kerma의 측정은 PCXMC 2.0 Program을 이용하여 측정하였다. 또한 Kerma 측정 시 필요한 X선 평균에너지 및 광자 수의 정보를 알기 위한 스펙트럼 분석에는 SRS-78 프로그램을 사용하였다[그림 2].

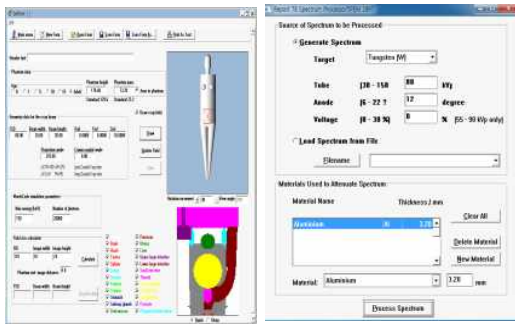


그림 2. PCXMC 2.0과 SRS-78 프로그램

선량 값을 비교평가하기 위해 다목적 선량계(Unfors, Sweden)를 사용하였고 유리선량계(AGC Techno Glass Co, Japan)는 SC-1 모델로 크기는 가로 40 mm × 세로 30 mm × 폭 9 mm의 사각형 모형의 것을 사용하였다[그림 3]. 유리선량계의 판독은 FGD-202(AGC Techno Glass Co, Japan)을 사용하였다.



그림 3. 다목적 선량계인 Unfors Xi meter와 유리선량계

2. 실험방법

2.1 PCXMC 2.0을 이용한 두개부, 복부, 골반부의 Kerma 측정

PCXMC 2.0을 사용하는 경우 각 부위 별로 다양한 변수를 입력하여 Kerma값을 측정하게 되며 실험부위는 두개부, 복부, 골반부로 정하였다. 이때 PCXMC 2.0에 입력되어야 하는 변수는 방사선 측면에서 촬영조건, 최대에너지, 광자 수, SID(Source Image Distance), Field Size이다. 그리고 두 가지의 조건으로 변수를 결정하여 선량을 측정하였다[표 1].

표 1. PCXMC 2.0에 입력되는 방사선 측면의 변수

부위	노출	SID 와 Field Size (cm)	조건 (kVp, mAs)	최대에너지 및 광자 수(KeV, 개)
두개부	수동	100, 31 × 31	73, 25	73, 9733
			80, 25	80, 10666
복부	수동	100, 42 × 42	73, 25	73, 9733
			80, 25	80, 10666
골반부	수동	100, 42 × 42	75, 25	75, 10000
			80, 25	80, 10466

장비 측면에서 입력되어야 할 변수는 방사선 발생장치의 양극각도와 재질 그리고 부위 별 사용된 총 여과이다. 그리고 총 여과 사용 시 각 부위 별 X선의 평균에너지는 SRS-78 프로그램을 이용하여 측정하였다. 그 후 다목적 선량계를 통해 얻은 입사표면선량을 입력하여 Kerma를 평가하였다[표 2].

표 2. PCXMC 2.0에 입력되는 장비 측면의 변수

각도 (°) 및 재질	부위	조건 (kVp, mAs)	평균 에너지 (KeV)	총 여과 (mmAl, mmCu)
12° 텅스텐	두개부	73, 25	42.3	3.4
		80, 25	44.9	
	복부	73, 25	42.3	3.4
		80, 25	44.9	
	골반부	75, 25	46.9	3.4 + 0.1
		80, 25	48.9	

2.2 다목적 선량계를 이용한 두개부, 복부, 골반부의 선량측정

선량은 부위 별로 30번 촬영한 영상의 평균으로 구하였다. Wall 검출기에서 팬텀을 두개부, 복부, 골반부 모두 전후방향으로 위치시켰으며 노출은 광자 수가 선량에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 수동노출을 사용하였으며, 두개부 선량은 팬텀 3번 전면에 부착하여 얻은 평균과 동일한 위치의 후면에 선량계를 부착하여 얻은 평균의 차이를 통해 얻어내었다. 촬영조건은 25 mAs로 고정하고 관전압을 73 kVp와 80 kVp로 변화시켜 실험하였다. Field Size는 31 × 31 cm로 SID는 100 cm이다. 이때 총 여과는 3.4 mmAl이었다. 복부의 선량은 팬텀 23번 전면에 부착하여 얻은 평균과 동일한 위치의 후면에 선량계를 부착하여 얻은 평균의 차이를 통해 얻어내었다. 촬영조건은 25 mAs로 고정하고 관전압

을 73 kVp와 80 kVp로 변화시켜 실험하였다. Field size는 42 × 42 cm이고 SID는 100 cm이다. 이때 총 여과는 3.4 mmAl이었다. 골반부의 선량은 31번 전면에 부착하여 얻은 평균과 동일한 위치의 후면에 선량계를 부착하여 얻은 평균의 차이를 통해 얻어내었다. 촬영 조건은 25 mAs로 고정하고 관전압을 75 kVp와 80 kVp로 변화시켜 실험하였다. Field size는 42 × 42 cm이고 SID는 100 cm이다. 이때 총 여과는 3.4 mmAl + 0.1 mmCu이었다[표 3][그림 4].

표 3. 실험방법 및 촬영조건

부위	노출 방식	조건 (kVp, mAs)	SID 및 Field Size (cm)	총 여과 (mmAl, mmCu)
두개부	수동	73, 25	100,	3.4
		80, 25	31 × 31	
복부	수동	73, 25	100,	3.4
		80, 25	42 × 42	
골반부	수동	75, 25	100,	3.4 + 0.1
		80, 25	42 × 42	



그림 4. 두개부, 복부, 골반부의 다목적 선량계 전면 및 후면 부착

2.3 유리선량계를 이용한 두개부, 복부, 골반부의 선량측정

선량은 부위 별로 30번 촬영한 영상의 평균으로 구하였다. 2.2의 실험방법과 동일하게 두개부는 3번, 복부는

23번, 골반부는 31번에 유리선량계를 전면과 후면에 부착하여 얻은 평균값의 차이로 장기흡수선량을 구하였다[그림 5].



그림 5. 두개부, 복부, 골반부의 유리선량계 전면 및 후면 부착

조사된 유리선량계는 전처리각열 70°에서 1시간을 유지한 후 측정하였으며 남아있는 잔존선량을 감산하여 선량을 평가하였다.

2.4 PCXMC 2.0, 다목적 선량계, 유리선량계의 두개부, 복부, 골반부의 선량비교

PCXMC 2.0, 다목적 선량계, 유리선량계로 얻은 두개부, 복부, 골반부의 선량의 비교를 통해서 부위별, 선량계별로 측정된 Kerma와 장기흡수선량의 차이를 분석하였다.

III. 결과

1. PCXMC 2.0을 이용한 두개부, 복부, 골반부의 선량측정 결과

PCXMC 2.0을 이용하여 두개부, 복부, 골반부의 선량을 평가한 결과 두개부 선량은 73 kVp, 25 mAs일 때 0.674 mGy, 80 kVp, 25 mAs일 때 0.856 mGy로 나타났고 복부 선량의 합은 73 kVp, 25 mAs일 때 0.685 mGy, 80 kVp, 25 mAs일 때 0.811 mGy였으며 골반부 선량의 합은 75 kVp, 25 mAs일 때 0.399 mGy, 80 kVp, 25 mAs일 때 0.546 mGy로 나타났다[표 4].

표 4. PCXMC 2.0를 통한 선량측정 결과

촬영 부위	조건 (kVp, mAs)	선량 (mGy)
두개부	73, 25	0.674
	80, 25	0.856
복부	73, 25	0.685
	80, 25	0.811
골반부	75, 25	0.399
	80, 25	0.546

2. 다목적 선량계를 이용한 두개부, 복부, 골반부의 선량측정 결과

Unfors Xi meter의 두개부 전면선량의 평균은 73 kVp, 25 mAs일 때 0.645 mGy, 80 kVp, 25 mAs일 때 0.814 mGy, 복부는 73 kVp, 25 mAs일 때 0.617 mGy, 80 kVp, 25 mAs일 때 0.784 mGy, 골반부는 75 kVp, 25 mAs일 때 0.340 mGy, 80 kVp, 25 mAs일 때 0.461 mGy로 나타났다. 그리고 부위 별 후면선량의 평균은 두개부 73 kVp, 25 mAs일 때 0.007 mGy, 80 kVp, 25 mAs일 때 0.01 mGy, 복부는 73 kVp, 25 mAs일 때 0.016 mGy, 80 kVp, 25 mAs일 때 0.1 mGy, 골반부는 75 kVp, 25 mAs일 때 0.017 mGy, 80 kVp, 25 mAs일 때 0.03 mGy로 나타났으며 그 차는 차례로 0.638 mGy, 0.813 mGy, 0.601 mGy, 0.684 mGy, 0.323 mGy, 0.431 mGy로 나타났다[표 5].

표 5. 다목적 선량계를 통한 선량측정 결과

촬영 부위	조건 (kVp, mAs)	선량(mGy)		
		전면선량	후면선량	전면 - 후면
두개부	73, 25	0.645	0.007	0.638
	80, 25	0.814	0.01	0.813
복부	73, 25	0.617	0.016	0.601
	80, 25	0.784	0.1	0.684
골반부	75, 25	0.340	0.017	0.323
	80, 25	0.461	0.03	0.431

3. 유리선량계를 이용한 두개부, 복부, 골반부의 선량측정 결과

유리선량계의 잔존선량은 0.001 mGy이며 두개부 전면선량의 평균은 73 kVp, 25 mAs일 때 0.579 mGy, 80 kVp, 25 mAs일 때 0.784 mGy, 복부는 73 kVp, 25 mAs

일 때 0.597 mGy, 80 kVp, 25 mAs일 때 0.661 mGy, 골반부는 75 kVp, 25 mAs일 때 0.259 mGy, 80 kVp, 25 mAs일 때 0.296 mGy로 나타났다. 후면선량의 평균은 두개부 73 kVp, 25 mAs일 때 0.003 mGy, 80 kVp, 25 mAs일 때 0.012 mGy, 복부는 73 kVp, 25 mAs일 때 0.009 mGy, 80 kVp, 25 mAs일 때 0.008 mGy, 골반부는 75 kVp, 25 mAs일 때 0.012 mGy, 80 kVp, 25 mAs일 때 0.01 mGy로 나타났으며 잔존선량을 고려한 차는 차례로 0.575 mGy, 0.771 mGy, 0.587 mGy, 0.652 mGy, 0.246 mGy, 0.285 mGy로 나타났다[표 6].

표 6. 유리선량계를 통한 선량측정 결과

촬영 부위	조건 (kVp, mAs)	전면선량	선량(mGy)	
			후면선량 + 잔존선량	전면 - 후면
두개부	73, 25	0.579	0.004	0.575
	80, 25	0.784	0.013	0.771
복부	73, 25	0.597	0.010	0.587
	80, 25	0.661	0.009	0.652
골반부	75, 25	0.259	0.013	0.246
	80, 25	0.296	0.011	0.285

4. PCXMC 2.0, 다목적 선량계, 유리선량계의 두개부, 복부, 골반부의 선량비교결과

PCXMC 2.0, 다목적 선량계, 유리선량계로 선량을 측정 한 결과는 모두 차이를 보였다. PCXMC 2.0은 air Kerma모드로 Kerma를 측정하였고 다목적 선량계와 유리선량계는 부위 별 30번의 평균으로 흡수선량을 측정하였다. 두개부는 73 kVp, 25 mAs에서 PCXMC 2.0, 다목적 선량계, 유리선량계의 선량은 차례로 0.674 mGy, 0.638 mGy, 0.575 mGy였고, 80 kVp, 25 mAs에서는 차례로 0.856 mGy, 0.813 mGy, 0.771 mGy, 복부는 73 kVp, 25 mAs에서 0.685 mGy, 0.601 mGy, 0.587 mGy였고 80 kVp, 25 mAs에서 0.811 mGy, 0.684 mGy, 0.652 mGy였으며 골반부는 75 kVp, 25 mAs에서 차례로 0.399 mGy, 0.323 mGy, 0.246 mGy였고 80 kVp, 25 mAs에서 0.546 mGy, 0.431 mGy, 0.285 mGy로 PCXMC 2.0, 다목적 선량계, 유리선량계 순으로 선량 차이가 크게 나타났다[표 7].

표 7. PCXMC 2.0, 다목적 선량계, 유리선량계의 두개부, 복부, 골반부의 선량비교 결과

촬영 부위	조건 (kVp, mAs)	선량(mGy)		
		PCXMC 2.0	다목적 선량계	유리선량계
두개부	73, 25	0.674	0.638	0.575
	80, 25	0.856	0.813	0.771
복부	73, 25	0.685	0.601	0.587
	80, 25	0.811	0.684	0.652
골반부	75, 25	0.399	0.323	0.246
	80, 25	0.546	0.431	0.285

IV. 고찰 및 결론

현대 의학에서 영상의학검사의 증가는 환자의 피폭 선량을 증가시키는 주요한 원인으로 여겨진다. 따라서 피폭선량을 감소시키는 것은 중요쟁점으로 논의되고 있는 부분이다[14]. 이때의 피폭선량은 의료피폭에 해당되며 계획된 피폭임에도 불구하고 검사를 시행함으로써 얻을 수 있는 이익이 더 크다는 판단아래 선량한도의 적용을 받지 않게 된다. 무분별한 의료피폭을 줄이기 위해 국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection, ICRP)에서는 진단참조준위(Diagnostic Reference Level, DRL)를 설정하여 선량을 조절하고 있다[15].

그래서 방사선에 대한 위험성을 평가하는 것이 중요하며, 생물학적 관점에서 볼 때 방사선의 가장 대표적인 영향은 세포의 전리와 여기라고 할 수 있다. 보통 전리와 여기가 일어나는 비는 방사선이 흡수되는 비율로 결정이 된다. 방사선이 인체에 흡수된다하더라도 방사선의 종류 및 조직이 가지는 방사선 감수성에 따른 민감도에 따라 전리와 여기가 일어나는 반응은 다르게 된다. 따라서 상대적으로 저에너지 X선을 이용한 선량의 평가는 방사선 방호측면에서 방사선 가중치를 고려한 등가선량, 조직의 민감도를 고려한 유효선량을 설정하여 결정적 영향을 방지하고 확률적 영향을 최소화하는 방사선방호에 그 목적을 두고 이루어진다고 할 수 있다[11][15][16]. 그리고 등가선량과 유효선량에 근간이 되는 방사선방호의 기본량은 흡수선량인데 이때 흡수선량은 굉장히 작은 체적에 대해서 정의가 되기 때문에

방사선 방호 목적에서는 인체장기에 흡수된 에너지에 대한 인체 장기의 질량으로 그 개념을 정의하여 장기흡수선량으로 선량을 평가하게 된다[11][15]. 따라서 적절한 방사선방호와 방사선에 의한 위험성을 제대로 평가하기 위해서는 정확한 흡수선량을 측정하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 방사선으로 인한 위험도를 정확하게 예측하기 위해서는 흡수선량 또한 과대평가해선 안된다는 점에 착안해 연구를 진행하였다.

PCXMC 2.0, 다목적 선량계, 유리선량계를 통해 각각의 선량을 비교했을 때 값은 조건별, 부위별로 차이를 보였으며 다목적 선량계가 유리선량계보다 PCXMC 2.0을 통해 측정된 Kerma 값에 가까운 선량을 나타낸다는 점을 알 수 있었다. 이는 다목적 선량계를 통해 선량을 평가하는 경우 실제 흡수되는 선량보다 더 높은 값을 흡수선량으로 측정한다는 의미이다. 즉 다목적 선량계를 통한 선량측정치는 유리선량계를 통한 선량측정치보다 높은 선량을 나타냈으며 방사선 영향을 과대평가하고 있다는 것을 알 수 있었다. 이를 통해 인체의 등가선량과 유효선량을 평가하는 경우 방사선의 위험성 또한 과대평가하게 된다는 것이다. 그리고 다목적 선량계, 유리선량계의 73 kVp와 80 kVp의 골반부의 흡수선량은 PCXMC 2.0과 비교했을 때 유리선량계는 PCXMC 2.0, 다목적 선량계의 두개부와 복부에 비해 비교적 낮은 선량값을 나타내었다. 이는 방사선 발생장치에 내장된 구리필터를 사용하여 고에너지 광자를 제거하여 나타난 결과로 여겨진다. 요약하자면 흡수선량을 평가할 때 다목적 선량계를 이용하는 경우 유리선량계를 이용하는 경우보다 흡수선량과 방사선 위험도를 과대평가한다는 것이다.

기존의 연구들 또한 다양한 방법으로 정확한 흡수선량 및 방사선 위험도를 평가하기 위한 연구를 진행하였으며[8-10][13], 그 중 방사선 측면에서의 변수와 장비 측면에서의 변수가 동일함에도 불구하고 다목적 선량계와 유리선량계를 이용한 결과는 다른 반응성을 보이는 경우가 있었다. 이를 Kerma와 흡수선량의 차이라고 보고한 바가 있다[13]. 보통 방사선 분야에서 Kerma와 흡수선량이 차이가 나는 이유는 하전입자평형이 이루어지지 않고 계동방사선으로 관심체적에서 벗어나는

에너지 손실이 존재하기 때문인데[11][15][17][18], 다목적 선량계와 유리선량계만을 통해 정확한 흡수선량을 평가하는 것은 하전입자평형과 제동방사선이라는 변수를 고려하지 못한 결과가 된다. 그래서 본 연구에서는 다목적 선량계와 유리선량계로는 앞선 변수를 통제할 수 없다는 부분에 착안하여 PCXMC 2.0을 이용한 시뮬레이션을 통해 체적에 대한 관심영역과 광자 수를 제한하여 Kerma를 측정하고 다목적 선량계와 유리선량계를 통해 얻은 선량을 비교분석을 통해 정확한 흡수선량을 평가했다는 점은 기존 연구와는 다르게 괄목할만한 부분이다.

그럼에도 불구하고 Kerma를 PCXMC 2.0을 통한 몬테카를로 시뮬레이션으로 간접적으로 측정하였다는 것은 본 연구의 제한점이라고 할 수 있다. 본래 PCXMC 2.0은 흡수선량을 평가하기 위해 설계된 시뮬레이션인데 이를 통해 Kerma값을 추정했다는 것은 사실상 Kerma와 흡수선량이 동일하다는 가정 하에 실험을 진행하였다는 의미이며 이는 PCXMC 2.0 또한 정확한 Kerma 값을 나타내지는 못한다는 것이다.

이러한 제한점을 종합했을 때 PCXMC 2.0이 정확한 Kerma 값을 나타내지는 않았다는 점에서 어느 정도 차이는 존재할 수 있다. 그럼에도 몬테카를로 시뮬레이션을 기반으로 한 PCXMC 2.0을 통해 Kerma 값을 측정하고 다목적 선량계, 유리선량계를 사용하여 나타난 흡수선량을 비교하여 정량화된 선량 값을 제시했다는 점과 흡수선량 평가 시 유리선량계를 이용하는 것이 유용하다는 점을 입증한 것은 학술적으로 큰 의미가 있다.

참 고 문 헌

- [1] <http://opendata.hira.or.kr/home.do>
- [2] 한재복, 최남길, 성호진, “입사 표면 선량 계산에 따른 진단용 X-선 촬영시 피폭선량 비교 연구,” 한국콘텐츠학회논문지, 제11권, 제12호, pp.357-363, 2011.
- [3] 이종석, 권대철, 유병규, “흉부 및 복부에서 AEC 적용에 따른 MDCT의 선량 감소 효과,” 한국콘텐츠학회논문지, 제9권, 제3호, pp.225-231, 2009.
- [4] 김기원, 손진현, “복부팬텀을 이용한 SID 변화와 부가필터 유무에 따른 피폭선량에 관한 연구,” 방사선기술과학, 제39권, 제3호, pp.407-414, 2016.
- [5] 김계선, 김성철, “Digital Chest Tomosynthesis에서 부가필터에 따른 화질 및 유효선량,” 방사선기술과학, 제38권, 제4호, pp.347-353, 2015.
- [6] 김기원, 권용락, 서승원, 권경태, 오주영, 손순룡, 손진현, 민정환, “복부 전후 방향 검사의 자동노출 제어 사용 시 선량 비교 연구,” 방사선기술과학, 제38권, 제3호, pp.205-211, 2015.
- [7] 강인석, 안성민, “방사선 개인피폭선량계를 이용한 피폭선량 측정 및 유용성 평가,” 한국콘텐츠학회논문지, 제14권, 제11호, pp.864-870, 2014.
- [8] 이진수, 박형후, “디지털 흉부 측와위 후전방향 검사 시 Ion chamber조합 설정과 관전압 변화에 따른 장기선량 및 화질 평가,” 한국콘텐츠학회논문지, 제15권, 제1호, pp.316-323, 2015.
- [9] 강병삼, 박민주, 김승철, “CR 환경에서 흉부촬영 시 Duke Phantom과 부가여과를 이용한 유효선량 및 장기선량 평가,” 방사선기술과학, 제37권, 제1호, pp.7-14, 2014.
- [10] 김재겸, 김정구, “유리선량계를 이용한 요추검사의 장기선량 및 영상의 평가,” 방사선기술과학, 제39권, 제1호, pp.1-11, 2016.
- [11] 김현기, 박태진, 백민, 이재성, 이화형, 장재권, 장한기, 조건우, 한은옥, *방사선 이론과 실제(개정 7판)*, 2015.
- [12] 신성규, “골반촬영 시 내장된 필터를 이용한 환자선량 감소,” 한국콘텐츠학회논문지, 제12권, 제8호, pp.233-239, 2012.
- [13] 손진현, 민정환, 김현수, 유광열, 임현수, 김정민, 정희원, “Piranha 657의 Internal Detector를 이용한 저에너지에서 유리선량계의 선량 특성에 관한 연구,” 방사선기술과학, 제35권, 제2호, pp.119-124, 2012.
- [14] 식품의약품안전처, 복부, 골반, 요추 영상의학 검사에서의 환자선량 권고, 2011.

- [15] ICRP, *ICRP Report 103*, 2007.
- [16] 홍선숙, 김호철, "Digital Radiography System에서 X선 광자 검출 방식에 따른 선량 및 화질 특성에 관한 연구," 전자공학회논문지, 제50권, 제12호, pp.247-253, 2013.
- [17] B. Nilson and A. Brahme, "Relation between kerma and absorbed dose in photon beams," *J. of Acta radiologica*, Vol.22, No.1, pp.77-85, 1983.
- [18] J. G. P. Peixoto and P. Andreo, "Determination of absorbed dose to water in reference conditions for radiotherapy kilovoltage x-rays between 10 and 300 kV : a comparison of the data in the IAEA, IPEMB, DIN and NCS dosimetry protocols," *J. of Physics in medicine & biology*, Vol.45, No.3, pp.563-575, 2000.

저 자 소 개

황 준 호(Jun-Ho Hwang)

준회원



- 2016년 2월 : 신구대학교 방사선학과(방사선학사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 병원 영상의학과

<관심분야> : 방사선학, 의료기기, 영상정보학

이 경 배(Kyung-Bae Lee)

정회원



- 2011년 8월 : 가톨릭대학교 생명 의과학과(이학석사)
- 2014년 8월 : 가톨릭대학교 생명 의과학과(이학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 병원 영상의학과

<관심분야> : 자기공명영상학, 방사선학, 영상정보학