

Effect of Patient Size on Image Quality and Dose Reduction after Added Filtration in Digital Chest Tomosynthesis

Geun-Seong Bok,¹ Sang-Hyun Kim^{2,*}

¹Department of Radiology, Seoul National University Hospital

²Department of Radiological Science, Shinhan University

Received: January 04, 2018. Revised: February 20, 2018. Accepted: February 28, 2018

ABSTRACT

To evaluate the effect of patient size on effective dose and image quality for Digital Chest Tomosynthesis(DTS) using additional 0.3 mm copper filtration. Eighty artificial nodules were placed in the thorax phantom("Lungman," Kyoto Kagaku, Japan), and Digital Chest Tomosynthesis(DTS) images of the phantom were acquired both with and without added 0.3 mm Cu filtration. To simulate patients of three sizes: small, average size and oversize, one or two 20-mm-thick layer of PMMA(polymethyl methacrylate) blocks were placed on the phantom. The Effective dose was calculated using Monte Carlo simulations. Two evaluations of image quality methods have been employed. Three readers counted the number of nodules detected in the lung, and the measured contrast-to-noise ratios(CNRs) were used. Data were analyzed statistically. The ED reduced 26 μ Sv in a phantom, 33 μ Sv in one 20-mm-thick layer of PMMA block placed on the phantom, and 48 μ Sv in two 20-mm-thick layer of PMMA blocks placed on the phantom. The Effective dose(ED) differences between DTS with and without filtration were significant($p < 0.05$). In particular, when we used two 20-mm-thick layer of PMMA blocks placed on the phantom, the ED was significantly reduced by 36% compared with those without additional filtration. Nodule detection sensitivities were not different between with and without added filtration. Differences of CNRs were statistically insignificant($p > 0.05$). Use of additional filtration allows a considerable dose reduction during Digital Chest Tomosynthesis(DTS) without loss of image quality. In particular, additional filtration showed outstanding result for effective dose reduction on two 20-mm-thick layer of PMMA blocks placed on the phantom. It applies to overweight patients.

Keywords: Digital Chest Tomosynthesis, Effective dose, copper filtration

I. INTRODUCTION

흉부에서의 단순검사(Chest X-ray Radiography, CXR)는 짧은 검사시간에 많은 정보를 얻을 수 있는 저 비용의 효율적인 검사로 일반적인 진단과 경과 관찰 등 광범위한 목적으로 유용하게 이용되고 있다.^[1] 그러나 낮은 민감도와 특이도를 가지는 단점이 있으며, 특히 심장뒤쪽 및 흉골과 종격동 부위, 여러 혈관들이 겹쳐서 지나가는 양측 폐문부 그리고 위장과 간에 가려진 구역 등은 영상의 사각

구역으로 많은 의사들이 진단에 어려움을 겪고 있다.^[2] 이러한 해부학적 구조물의 겹침으로 폐 결절 등 병리학적 진단에 많은 한계점으로 인하여 경우에 따라 작은 폐 결절까지 검출이 가능한 흉부 CT를 병행하고 있다.^[3-5] 하지만 상대적으로 높은 검사 비용과 높은 피폭선량의 CT는 환자에게 적지 않은 부담으로 작용 할 수 있다.^[6] 또한 CT로 인한 폐 영역에서 미세 결절 검출은 경우에 따라 매우 유용할 수 있지만 일반적으로 임상에서 클리어한 원형 또는 시트형과 같은 모양의 결절은 암으로 전이될 가

* Corresponding Author: Sang-Hyun Kim

E-mail: kbm0821@shinhan.ac.kr

Tel: +82-31-870-3417

능성은 매우 낮으며 최대 치수가 8 mm를 초과하는 경우에도 추적검사를 권고하고 있지 않다.^[7]

이 같은 단점의 대안으로 CT에 비해 저렴한 비용과 낮은 선량으로 폐 결절 검출이 가능한 흉부 단층 합성검사(Chest Digital Tomosynthesis, DTS)에 대한 연구가 진행되고 있다.^[8] 최근 개발되어 상용화된 DTS는 제한된 각도에서 투사각을 달리하여 비교적 낮은 선량으로 투사영상을 수집하여 이미지화된 물체의 단면을 재구성하는 새로운 기술로 CXR보다 해부학적 결침이 적고 높은 해상력으로 폐 실질 내 조직 병변의 위치 파악에 있어 보다 더 정확한 평가를 얻을 수 있다.^[9] 최근 연구에 의하면 평균 성인 남성 기준 DTS시 유효 선량은 120 μ Sv ~ 200 μ Sv, CXR 후전, 측방향 검사 시 유효선량은 각각 17 μ Sv, 39 μ Sv이다.^[10,11] 앞서 제시한 연구 결과에 따르면 DTS 유효선량은 CXR 후전, 측방향 검사를 함께 시행 시 보다 약 3~4배, CXR 후전 방향 촬영 단독 시행 시 보다는 10배 높은 선량임을 알 수 있다. 이러한 DTS는 비교적 최신 기술로 이와 관련된 선량 최적화 및 감소에 관한 연구가 아직 많지 않은 실정이다.^[12]

본 연구는 DTS시 환자 체형에 따른 구리필터의 적용 및 Auto Exposure Control(AEC)의 감도 변화에 의한 선량감소 효과와 폐 결절 검출능력을 평가하여 선량 최적화 조건을 평가하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 흉부 팬텀 및 인공결절

인체팬텀은 Lungman phantom (Kyoto Kagaku, Japan)을 사용하였으며, 인공 폐 결절 인체팬텀 폐 영역에 삽입하였다.

인공 폐 결절은 밀도HU +100(지름 5 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm), HU -630(지름 5 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm) 각각 4개씩 총 8개를 사용하였으며 위치는 Fig. 1과 같다. 환자 사이즈에 따라 나누어진 세 그룹(small, average size and oversize)간의 선량 및 화질평가를 위해 small size에는 Lungman phantom이 단독으로 사용되었으며 Average size에는 한 개의 polymethyl methacrylate(PMMA)를

Oversize는 두 개의 PMMA를 Lungman phantom 후방에 밀착하여 위치시켰다.

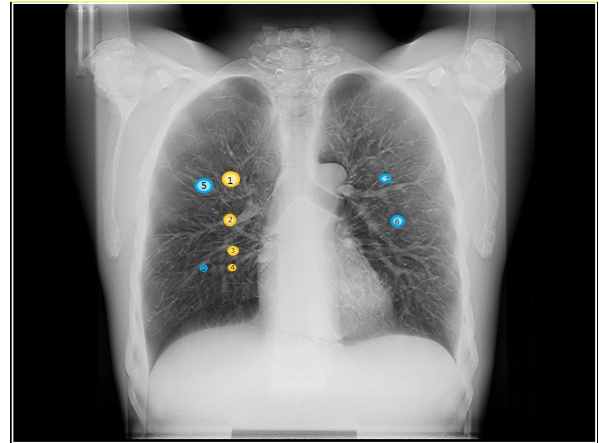


Fig. 1. Eight artificial nodules placed in the lung.

2. 영상획득

디지털 흉부단층합성 검사(DTS)는 CsI/a-Si 평판형 검출기가 장착된 GE사의 Volume RAD(GE healthcare, Chalfont St Giles, UK)장비를 사용하였으며, 본 장비는 X선관이 -17.5°에서 17.5°까지 수직 방향으로 회전하여 고정된 디텍터를 향해 약 11초 간 60회 연속 촬영하게 된다. 획득된 로우 데이터는 재구성처리 되어 5 mm 간격으로 약 40장의 흉부 관상면 영상을 획득한다. 노출조건은 dose ratio 1:10, 관전압 120 kVp, SID 180 cm에서 촬영하였다. 팬텀 사이즈로 분류한 세 그룹에서 그룹별 감도(Speed)설정은 이온챔버에서의 입사선량이 5 uGy와 2.5 uGy를 의미하는 speed 200과 speed 400, 필터조건은 필터를 사용하지 않았을 때와 0.3 mm 구리 필터를 사용하였을 때로 번갈아 가며 각각 3회씩 반복 촬영하였다.

3. 선량평가

디지털 흉부단층합성검사(DTS)에서 팬텀 사이즈 및 감도(Speed)를 변화시켜 각 조건에서 0.3 mm Cu 필터의 사용 유무에 따른 유효선량을 비교 분석하였다. 유효선량 평가를 위해 장비에서 측정된 단위면적당 흡수선량 (Dose Area Product, DAP)을 Monte Carlo software (PCXMC, version 2.0; STUK, Helsinki, Finland)를 이용하여 계산하였다. DTS 시 각각의 투사 각도에 따른 선량 합산값은 PCXMC

2.0에서 팬텀 후방 수직입사조건의 선량값으로 입력하여 계산하였다.

4. 영상평가

4.1 정량적 평가

영상의 정량적 평가를 위하여 검사조건 변화에 따라 얻은 재구성된 모든 팬텀 영상에서 각각의 인공결절이 뚜렷하게 잘 보이는 관상면 영상을 Image J 프로그램을 이용하여 분석하였고, Fig. 2에서와 같이 인공 결절(ROI₁)과 그 주변부위(ROI₂)를 관심 영역(region of interest)으로 설정하였다.

관심영역의 화소(pixel) 신호 강도의 평균값(Mean)과 표준편차(Standard deviation)를 각각 측정 한 후 다음과 같은 식(1)과 식(2)을 사용하여 대조도 대 잡음비(Contrast-to-noise ratio, CNR)와 신호 대 잡음비(Signal-to-noise ratio, SNR)를 계산하였다. 각 영상에 대한 평균 및 표준 편차값은 오차범위를 최소한으로 줄이기 위해 3명의 측정자에 의해 측정되었다.

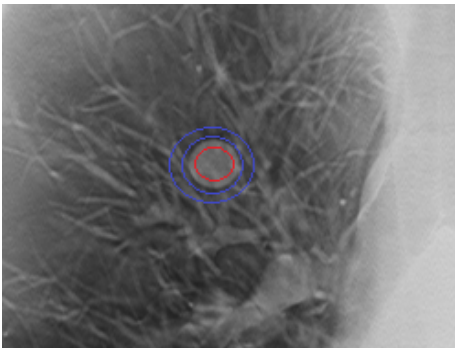


Fig. 2. Regions of interest to measure the CNR and SNR.

$$CNR = \frac{SI_{ROI_1} - SI_{ROI_2}}{\sqrt{1/2(SD_{ROI_1}^2 + SD_{ROI_2}^2)}} \quad (1)$$

$$SNR = \frac{SI_{ROI_1} - SI_{ROI_2}}{SD_{ROI_1}} \quad (2)$$

SI ROI₁ = Mean Value of ROI₁ (Bone)
 SI ROI₂ = Mean Value of ROI₂ (soft tissue)
 SD ROI₁ = Standard deviation of ROI₁ (Bone)
 SD ROI₂ = Standard deviation of ROI₂ (soft tissue)

4.2 정성적 평가

영상의 정성적 분석을 위하여 영상의학과 전문의 1명, 10년 이상 경력의 방사선사 2명이 팬텀 사이즈에 따른 세 그룹에서의 감도변화와 0.3 mm 구리 필터 유무에 따라 얻은 각각의 영상에서 인공결절의 검출 수를 평가하였다. 평가에 필요한 시간은 제한 없이 독립적으로 시행되었고 회상 치우침(recall bias)을 피하기 위해 하루 간격을 두고 평가하였다.

5. 통계 분석

각 팬텀 사이즈에 따른 구리 필터에 의한 선량감소 효과를 유효선량(Effective dose)을 통해 비교하였다. 영상에 대한 정량평가는 인공결절 HU +100, HU -630 두 그룹으로 나누어 CNR과 SNR에 대해 각각 Mann-Whitney U test를 시행하여 분석하였다. 정성평가는 각 팬텀 사이즈에서 구리 필터 사용 여부에 따라 인공결절의 수와 민감도를 McNemar test 시행하여 분석하였다. 모든 분석은 통계 프로그램(SPSS, version 22, SPSS Inc., IBM Company)를 사용하였다.

III. RESULT

1. 선량 평가

팬텀 크기, speed, 부가필터 유무에 따른 유효선량은 Table 1과 같다.

설정된 6가지의 모든 조건에서 부가필터를 적용하였을 때 유효선량이 감소하였다. Small size일 때 speed 200조건에서 부가필터를 적용하였을 때의 유효선량은 적용하지 않았을 때의 비해 39 uSv, speed 400 조건에서는 33 uSv 감소하였다. Average size일 때 speed 200조건에서 필터 적용 시 70 uSv, speed 400조건에서는 33 uSv 감소하였고, Large size일 때 speed 200조건에서 필터 적용 시 133 uSv, speed 400조건에서는 48 uSv 감소하였다.

특히 Large size, speed 200, 0.3 mm Cu 부가필터를 적용하였을 때 두드러진 유효선량 감소효과를 볼 수 있다.

Table 1. Effective Dose of Non-filter and 0.3 mm Cu filter

Size	Speed	Effective Dose (uSv)		Difference Filter < Non-filter
		0.3 mmCu Filter	Non-filter	
Small	200	68	107	36.4%
	400	33	66	50%
Average	200	104	174	40.2%
	400	53	86	38.4%
Large	200	133	266	50%
	400	86	134	35.8%

2. 영상 평가

2.1 정량적 평가

인공 폐 결절 HU+100을 이용하여 팬텀 크기, speed, 부가필터 유무에 따른 CNR, SNR 측정 결과는 Table 2와 같다.

small size일 때 speed 200조건에서 부가필터 유무에 따른 CNR은 0.3 mm Cu filter일 때 3.22 ± 0.18 , Non-filter일 때 3.27 ± 0.18 , SNR은 0.3 mm Cu filter일 때 7.32 ± 0.25 , Non-filter일 때 7.26 ± 0.25 였고, speed 400조건에서 CNR은 2.61 ± 0.14 과 2.72 ± 0.14 , SNR은 9.06 ± 0.93 과 9.28 ± 0.98 로 모든 그룹에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다. Average size일 때 speed 200 조건에서 CNR은 3.11 ± 0.17 과 3.27 ± 0.17 , SNR은 7.24 ± 0.25 과 7.19 ± 0.23 , speed 400조건에서 CNR은 2.12 ± 0.15 과 2.22 ± 0.15 였고, SNR은 13.36 ± 1.29 과 13.70 ± 1.39 로 모든 그룹에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다. Large size일 때 speed 200조건에서 CNR은 2.65 ± 0.14 과 2.75 ± 0.15 , SNR은 9.50 ± 1.03 과 9.17 ± 0.95 , speed 400조건에서 CNR은 1.36 ± 0.12 과 1.31 ± 0.13 , SNR은 13.12 ± 1.32 과 12.56 ± 1.25 로 모든 그룹에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

인공 폐 결절 HU -630을 이용하여 팬텀 크기, speed, 부가필터 유무에 따른 CNR, SNR 측정 결과는 Table 3과 같다. Small size일 때 speed 200조건에서 부가필터 유무에 따른 CNR은 0.3 mm Cu filter일 때 1.21 ± 0.05 , Non-filter일 때 1.24 ± 0.05 , SNR은 0.3 mm Cu filter일 때 7.46 ± 0.18 , Non-filter일 때 7.50 ± 0.18 였고, speed 400조건에서 CNR은 각각 1.40 ± 0.13 , 1.39 ± 0.12 , SNR은 각각 10.52 ± 0.82 , 17.48 ± 0.97 로 모든 그룹에서 통계적으로 유의한 차

이가 없었다.

Average size일 때 speed 200조건에서 CNR은 각각 1.21 ± 0.05 , 1.28 ± 0.05 , SNR은 각각 7.42 ± 0.17 , 7.45 ± 0.18 , speed 400조건에서 CNR은 각각 1.20 ± 0.12 , 1.25 ± 0.12 였고, SNR은 각각 14.37 ± 1.19 , 14.14 ± 1.23 으로 모든 그룹에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

Large size일 때 speed 200조건에서 CNR은 각각 1.36 ± 0.11 , 1.39 ± 0.11 , SNR은 각각 11.52 ± 0.97 , 10.78 ± 0.85 , speed 400조건에서 각각 CNR은 0.66 ± 0.06 , 0.65 ± 0.06 , SNR은 각각 8.54 ± 0.22 , 8.20 ± 0.19 으로 모든 그룹에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

Table 2. Result of artificial nodule(HU+100) on Non-filter and 0.3 mm Cu filter.

Size	Speed	Filter	CNR	SNR	P-value
Small	200	0.3 mmCu	3.22 ± 0.18	7.32 ± 0.25	0.358
		Non- filter	3.27 ± 0.18	7.26 ± 0.25	
	400	0.3 mmCu	2.61 ± 0.14	9.06 ± 0.93	0.358
		Non- filter	2.72 ± 0.14	9.28 ± 0.98	
Average	200	0.3 mmCu	3.11 ± 0.17	7.24 ± 0.25	1
		Non- filter	3.27 ± 0.17	7.19 ± 0.23	
	400	0.3 mmCu	2.12 ± 0.15	13.36 ± 1.29	1
		Non- filter	2.22 ± 0.15	13.70 ± 1.39	
Large	200	0.3 mmCu	2.65 ± 0.14	9.50 ± 1.03	0.358
		Non- filter	2.75 ± 0.15	9.17 ± 0.95	
	400	0.3 mmCu	1.36 ± 0.12	13.12 ± 1.32	0.066
		Non- filter	1.31 ± 0.13	12.56 ± 1.25	

Table 3. Result of artificial nodule(HU-630) on Non-filter and 0.3 mm Cu filter.

Size	Speed	Filter	CNR	SNR	P-value
Small	200	0.3 mmCu	1.21 ± 0.05	7.46 ± 0.18	1
		Non- filter	1.24 ± 0.05	7.50 ± 0.18	
	400	0.3 mmCu	1.40 ± 0.13	10.52 ± 0.82	0.066
		Non- filter	1.39 ± 0.12	17.48 ± 0.97	
Average	200	0.3 mmCu	1.21 ± 0.05	7.42 ± 0.17	1
		Non- filter	1.28 ± 0.05	7.45 ± 0.18	
	400	0.3 mmCu	1.20 ± 0.12	14.37 ± 1.19	1
		Non- filter	1.25 ± 0.12	14.14 ± 1.23	
Large	200	0.3 mmCu	1.36 ± 0.11	11.52 ± 0.97	0.358
		Non- filter	1.39 ± 0.11	10.78 ± 0.85	
	400	0.3 mmCu	0.66 ± 0.06	8.54 ± 0.22	0.066
		Non- filter	0.65 ± 0.06	8.20 ± 0.19	

2.2 정성적 평가

팬텀 크기, speed, 부가필터 유무에 따른 총 8개

의 인공 폐 결절(HU+100, HU-630)의 검출 민감도는 Table 4와 같다. Small size일 때 speed 200조건에서 부가필터 유무에 따른 폐 결절 검출 민감도는 0.3 mm Cu filter일 때 88%, Non-filter일 때 88%였고 speed 400조건에서는 각각 83%, 88%로 두 조건에서 관찰자 간 검출 민감도는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. Average size일 때 speed 200조건에서 검출 민감도는 각각 83%, 83%였고 speed 400조건에서는 각각 83%, 79%로 두 조건에서 관찰자 간 검출 민감도는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. Large size일 때 speed 200조건에서 검출 민감도는 각각 83%, 83%였고 speed 400조건에서는 각각 79%, 79%로 두 조건에서 관찰자 간 검출 민감도는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

Table 4. Mean number of Detected nodules and Detection sensitivity on Non-filter and 0.3 mm Cu filter.

Size	Speed	Observer	Sensitivity		p*	
			0.3 mmCu	Non-filter		
Small	200	OB1	88%	(7)	88%	(7)
		OB2	88%	(7)	88%	(7)
		OB3	75%	(6)	75%	(6)
		Average	83%	(6.6)	83%	(6.6)
	400	OB1	88%	(7)	88%	(7)
		OB2	88%	(7)	88%	(7)
		OB3	75%	(6)	88%	(7)
		Average	83%	(6.6)	88%	(7)
Average	200	OB1	88%	(7)	88%	(7)
		OB2	88%	(7)	88%	(7)
		OB3	75%	(6)	75%	(6)
		Average	83%	(6.6)	83%	(6.6)
	400	OB1	88%	(7)	88%	(7)
		OB2	88%	(7)	75%	(6)
		OB3	75%	(6)	75%	(6)
		Average	83%	(6.6)	79%	(6.3)
Large	200	OB1	88%	(7)	88%	(7)
		OB2	88%	(7)	88%	(7)
		OB3	75%	(6)	75%	(6)
		Average	83%	(6.6)	83%	(6.6)
	400	OB1	75%	(6)	75%	(6)
		OB2	88%	(7)	88%	(7)
		OB3	75%	(6)	75%	(6)
		Average	79%	(6.3)	79%	(6.3)

0.99

IV. DISCUSSION

흉부 단층 합성검사 (Chest Digital Tomosynthesis, DTS)는 기존의 흉부 방사선 검사 (Chest X-ray Radiography, CXR)의 낮은 민감도와 특이도를 극복하고 흉부 CT의 높은 선량과 고비용의 문제점을 보완할 수 있는 새로운 검사이다. DTS의 유효선량은 120 μ Sv ~ 200 μ Sv로 CXR 후전, 측방향 검사를 함께 시행하였을 때 보다 약 3~4배, CXR 후전 방향 촬영을 단독으로 시행하였을 때 보다 10배 높은 선량이지만 폐 조직에 높은 민감도를 가진 흉부 CT검사 보다는 1/10정도로 낮은 선량이다.

이전에 CXR에서 0.3 mm Cu 필터를 적용하여 유효선량 감소효과와 화질 관계에 관한 연구들은 다양하게 진행되어 왔다. 저에너지 영역의 광자를 제거하는 Cu 필터의 사용은 영상 품질 면에서는 대조도를 감소시키는 단점이 있지만 유효선량 감소에 매우 유용하다. Hamer 등은 CXR에서 0.3 mm Cu 필터를 적용하였을 때 30%의 선량감소 효과와 동시에 주관적 화질평가에서 동일한 연구 결과를 얻었다.^[13] 또한 AEC 모드를 사용하는 디지털 영상 검사에서 감도 설정과 환자의 체형은 피폭선량과 화질에 큰 영향을 미치는 매우 중요한 요소이며, 적정 감도 기준은 국가마다 권고하는 설정 값에 차이가 있다. 이와 같은 배경으로 본 연구에서는 팬텀사이즈와 감도변화에 따른 0.3 mm Cu필터의 유효선량 감소효과를 알아보기 위해 단위면적당 흡수선량 (Dose Area Product, DAP)을 Monte Carlo software (PCXMC, version 2.0; STUK, Helsinki, Finland)에 적용하여 비교, 평가하였다.

영상의 화질평가를 위해서 CNR과 SNR 측정을 통한 정량 평가를 시행하였고, 3명의 평가자의 인공결절 검출수를 통한 검출 민감도로 정성평가를 시행하였다. 본 연구에는 몇 가지 제한점이 존재한다. 첫 번째로 인체팬텀을 사용함으로써 폐 혈관과 심장 등에 의한 구조물 겹침이 단순하여 실제 임상환경의 다양한 병변 및 해부학적 구조물의 겹침을 반영하기에는 한계가 있다. 두 번째로 정성적 화질평가를 위해 두 종류의 밀도(HU+100, HU_630)와 네 가지 크기(5, 8, 10, 12 mm)의 인공 폐 결절을 사용하였고 결

질 검출에 대한 평가만 진행함으로써 임상 환경의 더 다양한 병리학적 진단을 반영하는 데에는 한계가 있었다.

DTS에 부가필터를 적용한 본 연구 결과에서는 전체 그룹에서 0.3 mm Cu필터를 적용하였을 때 최소 35% 이상의 유효선량 감소효과를 얻을 수 있었다. 또한 Small, Average, Large size 전체 그룹에서 0.3mm Cu필터에 의한 그룹별 유효선량 감소율(%)은 유사하지만 팬텀 사이즈가 커짐에 따라 유효선량(uSv) 감소 정도는 두드러지게 증가하였다.

정량적 화질 평가에서는 0.3 mmCu필터 사용 시 CNR은 소폭 감소하였으며 반면 SNR은 소폭 증가하나 CNR과 SNR 모두 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 또한 정성적 화질평가에서도 3명의 평가자에 의한 결절 검출 민감도는 정량평가와 마찬가지로 팬텀 사이즈별 전체 그룹에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

V. CONCLUSION

DTS에서 0.3 mmCu필터의 사용은 0.5 mm이상의 폐 결절 검출에서 진단적 가치를 유지하면서 환자 피폭선량 감소효과를 기대할 수 있었다.

이는 폐암에 대한 고 위험 환자와 암 전이 확인을 위해 추적검사를 시행하는 환자에게 40%가량의 유효선량이 감소됨으로써 불필요한 피폭선량을 줄여 보다 나은 결과를 제시할 수 있다.

또한 실험에서 Large size 그룹의 경우 유효선량 감소 정도가 두드러진 점으로 보아 실제 체형이 큰 환자의 경우 0.3 mm Cu필터 사용은 더 높은 유효선량 감소 효과를 기대 할 수 있다.

DTS에서 팬텀 사이즈 그룹별로 진행한 이번 실험은 실제 다양한 환자 체형이 존재하는 임상적 환경을 반영하고 두 종류의 감도에 따른 실험을 통해 범국가적으로 적용 가능성을 고려할 수 있도록 하여 추가적인 관련 임상연구 와 환자선량 저감화에 도움을 줄 수 있는 의미 있는 연구이다.

Reference

[1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2006 report, Annex

A. Epidemiological studies of radiation and cancer, United Nations, New York, 2008.

- [2] M. Ceyhan, M. Danaci, M. Elmali, Z. Ozmen, "Leiomyosarcoma of the inferior vena cava," *Diagn Interv Radiol*, Vol. 13, No. 3, pp. 140-143, 2007.
- [3] Galea A, Dubbins P, Riordan R, Adlan T, Rovottom C, Gay D, "The value of digital tomosynthesis of the chest as a problem-solving tool for suspected pulmonary nodules and hilar lesions detected on chest radiography," *European journal of radiology*, Vol. 84, No. 5, pp. 1012-1018, 2015.
- [4] Aberle DR, Adams AM, Berg CD, Black WC, Clapp JD, Fagerstrom RM, et al. "Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening," *New England Journal of Medicine*, Vol. 365, No. 5, pp. 395-409, 2011.
- [5] Håkansson M, Båth M, Börjesson S, Kheddache S, Johnsson, Månsson LG, "Nodule detection in digital chest radiography: effect of system noise," *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 114 No. 1-3, pp. 97-101, 2005.
- [6] John M Sabol, "A Monte Carlo estimation of effective dose in chest tomosynthesis," *Medical Physics*, Vol. 36, No. 12, pp. 5480-5487, 2009.
- [7] Takashima S, Sone S, Li F, Maruyama Y, Hasegawa M, Kadoya M. "Indeterminate solitary pulmonary nodules revealed at populations-based CT screening of the lung: using first follow-up diagnostic CT to differentiate benign and malignant lesions," *American Journal Roentgenology*, Vol. 180, No. 5, pp. 1255-1263. 2003.
- [8] Dobbins JT 3rd, Godfrey DJ. "Digital x-ray tomosynthesis: current state of the art and clinical potential," *Physics Medicine Biology*, Vol 48, No.19, pp. 65-106, 2003.
- [9] Vikgren J, Zachrisson S, Svalkvist A, Johnsson AA, BoijesenM, Flinck A, et al., "Comparison of chest tomosynthesis and chest radiography for detection of pulmonary nodules: human observer study of clinical cases," *Radiology*, Vol. 249, No. 3, pp. 1034-1075, 2008.
- [10] Quايا E, Baratella E, Cioffi V, Bregant P, Cernic S, Cuttin R, et al, "The value of digital tomosynthesis in the diagnosis of suspected pulmonary lesions on

chest radiography: analysis of diagnostic accuracy and confidence," *Academic Radiology*, Vol. 17, No. 10, pp. 1267-1274, 2010.

- [11] Bath M, Svalkvist A, von Wrangel A, Rismyhr-Olsson H, Cederblad A, "Effective dose to patients from chest examinations with tomosynthesis," *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 139, No. 1-3, pp. 153-158, 2010.
- [12] Svalkvist A, Bath M, "Simulation of dose reduction in tomosynthesis," *Medical Physics*, Vol. 37, No. 1, pp. 258-269, 2010.
- [13] Okka W Hamer, Claude B Sirlin, Michael Stotzer, et al, "Chest radiography with a flat-panel detector: image quality with dose reduction after copper filtration," *Radiology*, Vol. 237, No. 2, pp. 691-700, 2005.

부가필터를 적용한 디지털 흉부단층합성검사에서 환자 체형에 따른 화질 평가와 선량감소 효과

복근성,¹ 김상현^{2,*}

¹서울대학교병원 영상의학과

²신한대학교 방사선학과

요 약

흉부 단층 합성검사(Chest Digital Tomosynthesis, DTS)시 환자 체형에 따른 0.3 mm 구리 필터의 적용 및 AEC의 감도 변화에 의한 유효선량감소 효과와 폐 결절 검출능력을 평가하여 선량 최적화 조건을 평가하고자 한다. 8개의 인공 결절을 인체 팬텀 폐 영역내에 삽입하고 0.3 mm 구리 필터 적용 유무, 감도 변화에 따라 팬텀의 DTS 영상을 각각 획득하였다. 환자 체형에 따른 비교를 위해 팬텀 사이즈를 세 그룹으로 분류하여 small size에서는 결절이 삽입된 인체 팬텀을 단독으로 사용하였고 Average size에서는 한 개의 PMMA를, Large size에서는 두 개의 PMMA를 인체팬텀 후방에 밀착하여 위치시켰다. 유효선량은 몬테카를로 시뮬레이션을 이용하여 계산 되었고 영상의 화질평가를 위해서 CNR과 SNR 측정을 통한 정량 평가와 인공 결절 검출 수를 통한 검출민감도로 정성평가를 시행하였다. 모든 데이터는 통계학적으로 분석하였다. 유효선량은 Small size일 때 26 μ Sv, Average size 70 μ Sv, Large size 133 μ Sv 감소하였다. 유효선량은 0.3mm 구리 필터의 적용 여부에 따라 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 정량적 화질 평가에서는 0.3mmCu필터 사용 시 CNR과 SNR 모두 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$). 또한 정성적 화질평가에서도 결절 검출 민감도는 팬텀 사이즈별 전체 그룹에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). DTS에서 0.3 mmCu필터의 사용은 폐 결절 검출에서 진단적 가치를 유지하면서 환자 피폭선량 감소효과를 얻을 수 있다. 또한 실험에서 Large size 그룹의 경우 유효선량 감소 정도가 두드러진 점으로 보아 실제 체형이 큰 환자의 경우 0.3 mm Cu필터 사용은 더 높은 유효선량 감소 효과를 기대 할 수 있을 것이라 사료된다

중심단어: 흉부 단층 합성검사, 유효선량, 구리 필터.