

흉부영역에서 디지털 토모신테시스의 유용성 평가

Evaluation of the Usefulness of Digital Tomosynthesis in the Chest

장동혁*, 심성신*, 최재욱**, 최준구***

이대목동병원 영상의학과*, 고려대학교 예방의학과**, 극동대학교 방사선학과***

Dong-Hyuk Jang(jdhyuk@korea.ac.kr)*, Sung-Shine Shim(sinisim@ewha.ac.kr)*,
Jae-Wook Choi(shine@korea.ac.kr)**, Jun-Gu Choi(rslaser@hanmail.net)***

요약

흉부영역에서 토모신테시스 검사의 유용성 평가를 위하여 흉부단순검사와 저 선량 CT, 토모신테시스를 실시하여 흡수선량을 비교하고 영상을 평가하였다. 흉부단순검사의 흡수선량은 0.33 ± 0.27 mGy 이었으며, 저 선량 CT는 1.26 ± 0.56 mGy, 토모신테시스는 0.55 ± 0.02 mGy로 검사별 흡수선량 간에 유의한 차이를 보였다($p<0.001$). 영상의 평가결과 단순검사 점수는 각각 1.66 ± 0.72 , 1.61 ± 0.63 , 1.57 ± 0.73 이었으며 저 선량 CT는 2.92 ± 0.26 , 2.91 ± 0.29 , 2.88 ± 0.32 이었고, 토모신테시스는 2.69 ± 0.51 , 2.76 ± 0.43 , 2.66 ± 0.61 로 검사에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으나($p<0.001$), 저 선량 CT와 토모신테시스 사이에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 토모신테시스는 흉부영역의 검사 시 환자의 피폭선량을 최소화하고 진단의 효과를 높일 수 있는 유용한 검사라고 생각된다.

■ 중심어 : | 흡수선량 | 저 선량 전산화단층촬영 | 흉부단순검사 | 토모신테시스 |

Abstract

To evaluate the usefulness of tomosynthesis in the chest area, simple radiograph, low-dose CT, and tomosynthesis examinations were performed, and their absorbed doses were compared, and finally the images were evaluated. The absorbed dose recorded with the simple Radiograph examination was 0.33 ± 0.27 mGy, that of low-dose CT 1.26 ± 0.56 mGy, and that of tomosynthesis 0.55 ± 0.02 mGy, which indicate significance differences in absorbed doses among the examinations($p<0.001$). Based on the evaluations of the images, The simple radiograph scores were 1.66 ± 0.72 , 1.61 ± 0.63 , and 1.57 ± 0.73 , respectively; low-dose CT scores were 2.92 ± 0.26 , 2.91 ± 0.29 , and 2.88 ± 0.32 , respectively; and tomosynthesis scores were 2.69 ± 0.51 , 2.76 ± 0.43 , and 2.66 ± 0.61 , respectively. That is, there were statistically significant differences among the examinations($p<0.001$), although there was no significant difference between low-dose CT and tomosynthesis examinations. Therefore, tomosynthesis is judged to be a useful examination that can minimize radiation doses to patients during chest examinations and enhance diagnostic efficacy.

■ keyword : | Absorbed Dose | Low-dose Computed Tomography | Chest Simple Radiograph | Tomosynthesis |

I. 서론

흉부에서의 단순검사는 짧은 검사시간에 많은 정보를 얻을 수 있는 저 비용의 효율적인 검사로 일반적인 진단과 경과관찰 등 광범위한 목적으로 유용하게 이용되고 있다. 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 사각구역으로 많은 의사들이 진단에 어려움을 겪고 있다[1][2].

최근에는 컴퓨터와 디지털 영상시스템의 도입으로 우수한 양자효율과 넓은 관용도를 가진 향상된 화질의 영상을 얻을 수 있으나 단순검사로서의 한계를 넘지 못하고 있으며 필름-스크린 시스템에 비하여 피폭선량이 많아져서 선량관리의 필요성이 제기되고 있다[3].

이와 같이 흉부검사에서 단순검사만으로는 진단에 어려움이 많으므로 최근에는 해부학적 구분이 명확하고 높은 민감도를 가지고 있는 CT(Computed Tomography)의 이용이 점차 증가 되어가고 있는 추세이다. 그러나 CT 검사는 진단에 효율적인 검사임에도 불구하고 피검자에 대한 높은 피폭선량과 고비용이 문제가 되고 있다[4][5].

이러한 단점을 보완하기 위하여 최근에는 100 mAs 이하의 조건을 사용하는 흉부 저 선량 CT를 이용하여 폐암의 조기검진 등에 활용되고 있으나 CT 검사로 인한 의료피폭선량 문제는 계속해서 제기되고 있다[6-8].

1938년 Ziedses des Plantes에 의하여 원리가 발표된 토모신테시스(Tomosynthesis)는 1971년 Miller등에 의해 영상증배관(Image intensifier) 장착 시스템으로 임상의학에 적용되어 널리 이용되었다[9][10]. 그러나 영상증배관의 입력형광면이 곡면인 특성으로 인한 화상의 변형과 TV 카메라의 좁은 명암 비에 의한 흐린 영상이 단점이었으며, MRI(Magnetic Resonance Image) 및 Multi slice CT의 보급과 이에 따른 3 차원 및 MPR(Multiplanar reformation)영상기술의 발전으로 인하여 이용이 급격히 감소되었다[11].

최근에는 X선 검출기(Image detector)의 발달로 고감도, 고분해능을 갖춘 직접방식 17 인치 FPD(Flat

panel detector)가 투시장치에 장착됨으로써 1회의 연속촬영으로 여러 장의 선명한 단층촬영영상을 얻을 수 있는 저 선량의 디지털 토모신테시스가 가능해졌다[12].

디지털 토모신테시스는 영상의 재구성처리 방식이 기존의 시프트 가산법(Shift-and Add method)에서 발전된 필터역투영법(Filtered Back Projection; FBP)이 적용되어 금속물 등과 같은 장애영역이 제거된 영상을 얻을 수 있는 장점을 가지게 되었다. 또한 CT 검사에 비하여 적은 X선량으로 검출이 가능하게 되었고, 영상의 재구성처리가 가능해지게 됨에 따라 정형외과 영역 등에서 활용이 늘어나고 있으며 검사의 적용과 관련된 연구가 빠르게 진행 되고 있다[13].

이와 같은 적용영역은 흉부영역까지 넓어져서 최근 KIM 등은 마이코박테리아(Mycobacteria)에 감염된 폐 질환 환자를 대상으로 토모신테시스를 시행한 결과 민감도가 98%로 흉부단순검사의 86% 보다 높다고 하였으며 폐질환을 진단하는데 도움을 줄 수 있을 것이라고 하였다[14].

본 연구에서는 흉부영역에서 단순검사와 저 선량 CT, 토모신테시스를 시행하여 피검자의 흡수선량을 비교하고 동일한 구역의 영상을 비교함으로써 흉부검사 에서 토모신테시스의 유용성에 대하여 평가해 보고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

2011년 4월부터 9월까지 한 병원의 호흡기내과를 내원하여 진료를 받고 있는 42명을 연구대상으로 하였다. 나이는 평균 58 ± 16 세 이었으며 남자가 19명 이었고 여자는 23 명 이었다.

먼저 연구대상에게 연구에 대한 설명을 한 후 동의를 얻어 흉부단순촬영, 저 선량 흉부 CT, 그리고 흉부 토모신테시스를 실제로 시행하고 있는 조건과 동일한 조건으로 각각 시행하였다[Fig. 1].

2. 연구방법

흉부단순촬영에 사용된 장비는 DR System 으로 Definium 8000, GE, Milwaukee, USA를 사용하였으며, 조사조건은 120 kVp, 320 mA를 고정으로 하고 조사시간은 AEC(Automatic exposure control)에 의하여 자동 노출이 되도록 하였다.

저 선량 CT는 64채널 Somatom sensation 64, SIEMENS, Munich, Germany를 사용하였으며 120 kVp, 50 mAs를 고정조건으로 설정하였고, 스캔한 영상을 2 mm MPR 영상으로 재구성 하였다.

토모신테시스는 Digital R/F System으로 (Sonialvision Safire II, SIMADZE, Kyoto, Japan)을 사용하였으며 120 kVp, 0.04 mAs를 고정조건으로 74 frame으로 4.85 간 얻은 영상을 필터 역투영법으로 2 mm 영상 재구성 하였다[Table 1].

Table 1. The examination conditions for comparing the absorbed doses to patients

	Simple Radiograph	Low-dose CT Scan	Tomosynthesis
X-ray Condition (unit:kVp/mAs)	120/1.16*	120/50	120/0.04

* Automatic exposure control mode

연구대상에 대한 검사별 선량 평가를 위하여 흉부단순검사와 저 선량 CT는 42 명 각각에서 실제 검사 후

장치에서 측정되어 선량정보로 표기된 흡수선량을 조사하였다. 또한 토모신테시스는 항시 고정조사조건을 사용하고 장치로부터 흡수선량을 구할 수 없는 점을 고려하여 연구대상에서 실제의 영상을 얻은 검사조건과 동일한 고정조사 조건으로 흉부팬텀(PH-1, Kyoto Kagaku, Kyoto, Japan)의 중심부에 선량계(Dosimeter: Unfors ThinX Intra, Billdal, Sweden)를 부착하고 20 회 반복 측정하여 평균 흡수선량을 측정하였다.

영상의 평가구역 설정과 평가는 영상의학과 흉부전문문의 2 인이 시행하였으며, 흉부영상의학 분야에서 판독 시 어려움이 많은 구역으로 알려진 폐문부(Rt hilar structure), 간 뒷쪽부(Retrohepatic area), 위 뒷쪽부(Retrogastric area)로 평가구역을 설정하였다. 각각의 연구대상에서 흉부단순촬영, 저 선량 CT, 토모신테시스의 3 가지 검사 영상의 비교를 위한 동일한 해부학적 위치와 구역을 선정하고 평가부위 영상의 정상구조물 판독 가능정도에 따라 평가 하였으며, 평가점수는 영상 점수의 등간척도 폭에서 발생하는 편향과 겹침 소견에 따른 오류를 감소시키기 위하여 심사기준에 따라 3 단계의 점수로 구분 하였다[Table 2].

영상의 평가는 전문의 2 인이 동시에 영상을 판독하여 의견의 일치를 본 후 최종점수를 부여하였으며, 점수부여 기준에 근거한 동일한 해부학적 위치의 판독평가소견을 제시하도록 하였다.

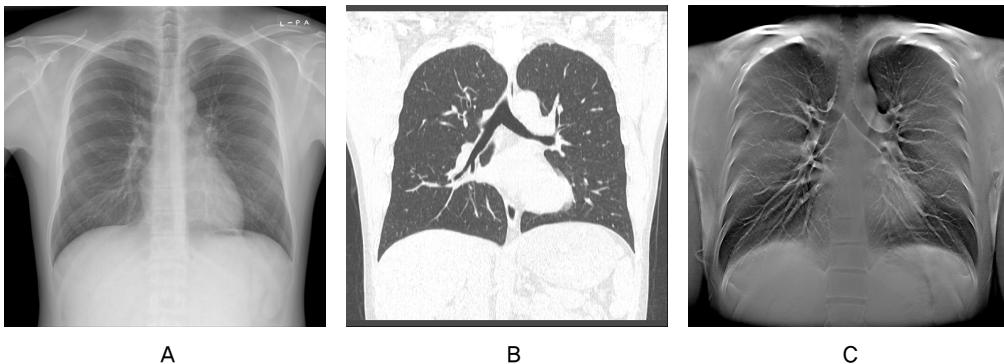


Fig. 1 Simple radiograph(A), Low-dose CT(B) and Tomosynthesis(C) images taken for evaluations of chest examinations.

Table 2. The screening criteria and the scoring standard for the areas of interest for image evaluations

Area	Image Evaluation index Structures	Image Assesment scale		
		poor	detectable	excellent
Rt hilar area	Main and lobar pulmonary arteries and veins	1	2	3
Retrohepatic area	Rt lower lobar segmental branches of pulmonary arteries and veins	1	2	3
Retrogastric area	Lt lower lobar segmental branches of pulmonary arteries and veins	1	2	3

Table 3. A comparison of the absorbed doses by examination

	Modality			p-value*
	Simple Radiograph (n = 42)	Low-dose CT Scan (n = 42)	Tomosynthesis (n = 20)	
Absorb Dose (unit:mGy)	0.33±0.27 ^A	1.26±0.56 ^B	0.55±0.02 ^C	<0.001

* Statically significant (0.05, by one-way analysis of variances among group. The same letter indicate non-significant difference between groups based on Tukey's multiple comparison test.

3. 통계분석

조사와 측정을 통하여 수집된 흉부의 단순검사와 저 선량 CT, 토모신테시스에서 환자에 대한 각각 흡수선량의 차이를 비교하였으며, 부위별 영상의 평가로 얻어진 점수를 검사별로 비교하였다.

검사별 흡수선량과 영상별 평가점수의 유의성 검정은 One-way ANOVA를 이용하였다. 분산의 동질성 검정은 levene의 등분산 검정을 실시하였고, 다중비교는 Tukey's의 B 방법을 이용하였으며, 모든 p값이 0.05 이하인 경우 통계적으로 유의한 것으로 하였다.

자료의 처리는 통계프로그램 SPSS Vs 18(SPSS Inc., Chicago, USA)을 이용하였다.

III. 결 과

연구 결과에 따른 분산의 동질성 검정 결과 모든 p값이 유의수준 0.05 이상으로 등분산성이 성립하였다.

연구대상에게 시행된 흉부단순검사와 저 선량 CT의 흡수선량을 조사한 결과 흉부단순검사는 0.33 ± 0.27 mGy 이었으며, 흉부 저 선량 CT는 1.26 ± 0.56 mGy 이었다. 또한 흉부 토모신테시스와 동일한 고정조건의 흉부팬텀 측정결과 흡수선량은 0.55 ± 0.02 mGy로 검

사별 흡수선량 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다 (p<0.001)[Table 3].

영상의 평가결과 폐문부, 간 뒷쪽, 위 뒷쪽의 단순검사 점수는 각각 1.66 ± 0.72, 1.61 ± 0.63, 1.57 ± 0.73 이었으며 저 선량 CT는 2.92 ± 0.26, 2.91 ± 0.29, 2.88 ± 0.32 이었고, 토모신테시스는 2.69 ± 0.51, 2.76 ± 0.43, 2.66 ± 0.61로 검사에 따라 유의한 차이를 보였다 (p<0.001).

검사별 다중비교를 위하여 Tukey의 B 방법을 시행한 결과 폐 문부, 간 뒷쪽, 위 뒷쪽부위 모두 흉부단순검사와 저 선량 CT 그리고 흉부단순검사와 토모신테시스 사이에는 통계적으로 유의한 차이를 보였으나 (p<0.001), 저 선량 CT와 토모신테시스 사이에는 유의한 차이를 보이지 않았다[Table 4].

검사의 유용성 평가를 위하여 동일한 해부학적 위치를 평가기준에 따라 비교한 전문의 소견에서 여러 가지 해부학적 구조가 겹쳐 흉부단순검사로 영상을 구분하기에 어려움이 있는 폐문부의 폐혈관(pulmonary vessels)들을 토모신테시스에서 명확히 구분하여 관찰할 수 있었으며, 간 뒷쪽부, 위 뒷쪽부의 폐혈관 또한 장기의 겹침을 제거하고 관찰 할 수 있음을 확인할 수 있었다[Fig. 2-4].

Table 4. A comparison between the evaluation scores of images by examination

	Modality (n = 42)			p-value*
	Simple Radiograph	Low-dose CT Scan	Tomosynthesis	
Rt hilar area	1.66±0.72 ^A	2.92±0.26 ^B	2.69±0.51 ^B	<0.001
Retro hepatic area	1.61±0.63 ^A	2.91±0.29 ^B	2.76±0.43 ^B	<0.001
Retro gastric area	1.57±0.73 ^A	2.88±0.32 ^B	2.66±0.61 ^B	<0.001

* Statically significant (<0.05, by one-way analysis of variiances among group. The same letter indicate non-significant difference between groups based on Tukey's multiple comparison test.

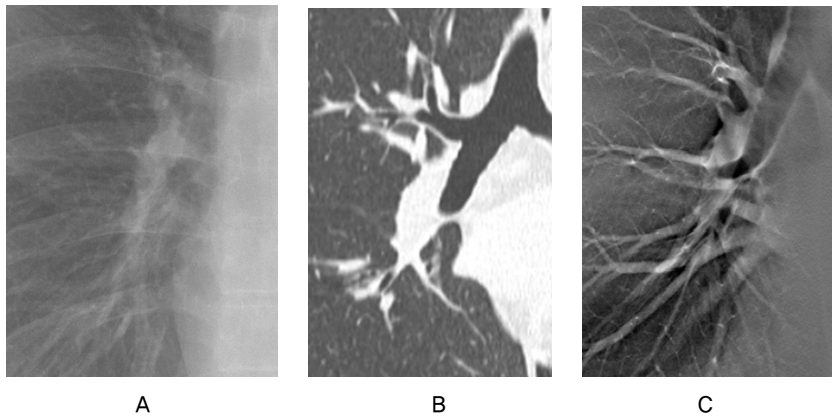


Fig. 2 A comparison between the main and lobar pulmonary arteries and veins in the Rt hilar area. Simple Radiograph(A), Low-dose CT(B), Tomosynthesis(C).

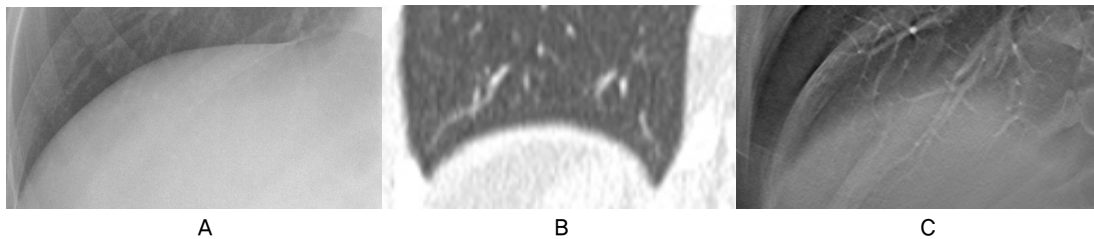


Fig. 3 A comparison between the Rt lower lobar segmental branches of pulmonary arteries and veins in the retrohepatic area. Simple Radiograph(A), Low-dose CT(B), Tomosynthesis(C).

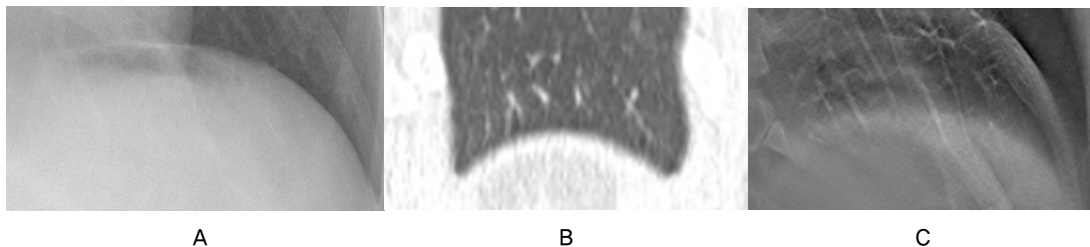


Fig. 4 A comparison between the Rt lower lobar segmental branches of pulmonary arteries and veins in the Retrogastric area. Simple Radiograph(A), Low-dose CT(B), Tomosynthesis(C).

IV. 고 찰

세계보건기구(WHO)는 일반인에게 있어서 의료피폭이 연간 방사선피폭 총량의 20%라고 발표하였으며 이는 인공방사선 피폭 중 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 또한 국제방사선방호위원회(ICRP)에서도 의료용 방사선 피폭에 대하여 확률적 영향에 대한 문턱 값에 대한 유해성 보다 환자의 진단에 필요한 선량임을 인정하고 있다[15].

그러나 최근에는 일반인들의 의료 및 보건에 대한 의식수준이 높아지면서 의료피폭에 대한 관심이 높아져 가고 있고 방사선방어관련 국제기구 및 각 국가별로 진단용 방사선검사에 대하여 환자피폭선량 권고치를 확립하여 권고하고 있는 추세이다[16].

그러므로 환자를 진단하고 치료를 시행하는 의료인을 비롯한 의료관계종사자들은 각자의 분야에서 환자의 피폭을 최소한으로 줄이며 검사의 효과를 극대화하는데 최선의 노력을 기울여야 할 것으로 생각 된다.

흉부단순검사는 저비용과 짧은 검사시간에 많은 정보를 얻을 수 있어 진단용 방사선 검사의 기본검사로 많은 건수를 차지하고 있다. 최근 디지털영상시스템의 발전으로 관용도가 높은 영상을 얻고 있으나, 장기의 겹침이 많은 흉부에서 단순영상들만으로 진단하기에는 어려움이 많아 CT 검사에 의존도가 높아지고 있다[4].

그러나 You 등은 CT 검사의 시행이 필요이상으로 증가되어 검사의 30%는 불필요하며 유용한 정보를 주지 못 한다고 하였고, Brenner 등이 미국에서 발생한 암의 1.5% - 2.0%가 CT에 의한 방사선노출이 원인이라고 주장하면서 CT에 대한 방사선피폭의 위험성에 관심을 갖게 되었다[17][18].

최근에는 환자의 방사선피폭 선량을 감소시키기 위하여 AEC 자동노출을 활용하고 있고, 흉부영역에서는 저 선량 CT가 이용되고 있으나, 방사선에 의한 암의 발생은 에너지의 전자가 DNA 끈을 직접 파괴하거나 암을 유발하는 자유 산화물을 발생시켜 일어나는 것으로 저 선량의 방사선에서도 심각한 문제를 일으킬 수 있는 것으로 알려져 있다[18][19].

본 연구에서는 최근 새로운 개념의 FPD가 장착된 방

사선투시장치에서 적용이 되고 있는 토모신테시스를 흉부에 적용하고 이를 흉부단순검사 그리고 흉부 저 선량 CT 와 비교함으로써 흉부단순검사의 적은 피폭선량과 민감도가 높은 CT 검사의 장점을 살릴 수 있는 유용한 검사인지 평가해 보고자하였다.

디지털 토모신테시스는 FPD를 이용하여 1회의 조사로 얻어진 영상정보를 디지털 재구성 처리하여 여러 장의 단층영상을 얻는 것을 말한다. 디지털 재구성 처리 가운데 가장 일반적인 시프트 가산법(Shift-and Add method)은 입장에서 Tomography로 불리어지던 기존의 방식으로 초점에서 떨어진 해부구조에 대해서는 옮겨서 가산하게 되어 영상이 선명하지 않게 된다.

반면 FPD가 장착된 시스템에서는 평행평면식 단층 주사가 가능해짐으로써, 얻을 수 있는 투영된 화상을 기하학적으로 변환하여 Cone beam CT 주사의 투영데이터로 변환되고, 푸리에변환(Fourier transform)으로 얻어진 데이터는 공간주파수 영역에서 제한된 나비벡타이모양의 영역으로 대응하게 된다. 즉, 필터역투영에서 투영각도마다 보정단계(Convolution)의 주파수대역을 제한함으로써 영상의 재구성이 실현되며, 이에 따라 재구성화상에서 깊이 방향의 해상도-실효두께는 어느 정도 희생되나 재구성상에서 중첩되는 장애음영의 저감이 가능하게 된다.

직접변환방식 FPD는 X-선 변환층(Amorphous-selenium; a-Se)에 입사된 X-선이 전기신호로 직접 변환하여 화소전극에 직접 수집됨으로 빛의 확산이 없어지게 된다. 이에 따라 17 인치 직접방식 FPD를 이용한 투시는 공간분해능의 지표인 공간주파수 변조전달함수(Modulation Transfer Function; MTF) 및 양자검출효율(Detective Quantum Efficiency; DQE)이 매우 우수하여, 적은 방사선량으로 변형이 없는 고해상도의 영상을 얻을 수 있다[20].

본 연구에서도 이러한 토모신테시스를 흉부에 적용하여 2 mm로 재구성한 고화질의 영상을 얻을 수 있었으며, 이와 동일한 조사조건에서 흉부팬텀을 이용한 흡수선량은 0.55 ± 0.02 mGy로 흉부 저 선량CT의 1.26 ± 0.56 mGy보다 적게 측정되었고 흉부단순검사의 0.33 ± 0.27 mGy와는 통계적으로는 유의하였으나 많은 차이

를 보이지 않았다.

우리나라의 의료피폭선량 실태조사에서 흉부단순검사 시 환자의 선량은 0.30 mGy로 IAEA의 권고수치인 0.40 mGy 보다 낮다고 하였으며, IAEA에서는 흉부단순 측면촬영의 권고 선량을 1.5 mGy로 규정하고 있다 [16][21].

본 연구의 결과에서도 흉부단순검사가 IAEA의 권고치를 넘지는 아니하였으나 흉부단순검사의 특성상 장기의 겹침 부위 또는 병변의 깊이를 진단하기 위하여 후전방향과 측면촬영을 동시에 하는 경우가 많으므로 두 검사의 흡수선량의 합은 토모신테시스의 흡수선량보다 많다고 말할 수 있고, 토모신테시스가 1회의 조사로 CT와 같은 단층영상을 얻을 수 있는 장점을 가진 검사임을 볼 때 매우 유용한 검사임을 알 수 있었다.

성인의 일반적인 흉부 CT 검사 시 환자의 피폭선량은 5-7 mGy로 알려져 있으며, 최근에는 100 mAs 이하의 선량을 이용한 저 선량 흉부CT를 활용하여 불필요한 피폭을 줄인 가운데 검진분야에 활용이 증가되고 있다[22].

본 연구에서는 50 mAs의 저 선량을 이용하여 연구대상에게 흉부 CT를 시행하여 얻은 영상을 토모신테시스와 같은 두께인 2 mm MPR 영상으로 재구성하여 비교 평가하였다.

그 결과 흉부단순검사의 사각지대로 불리어지는 폐문부, 간 뒷쪽부, 위 뒷쪽부에서 저 선량 CT와 토모신테시스 모두 흉부단순검사와 통계적으로 유의한 점수차를 보였으나, 저 선량 CT와 토모신테시스 사이에는 유의한 점수 차이를 보이지 않았다.

이와 같은 결과는 흉부 토모신테시스에서 기관지염 등을 진단하는데 92%의 민감도를 보였다고 발표한 Kim 등의 결과를 뒷받침하는 것으로 향후 흉부검사서 토모신테시스가 유용하게 이용될 수 있는 검사임을 확인할 수 있었다[14].

따라서 흉부영역에서의 토모신테시스는 환자의 피폭선량이 흉부단순검사에 가까운 반면 검사영상의 질은 흉부 저 선량 CT에 근접한 검사로 조기검진분야 또는 특정 질환의 흉부 CT 후 경과의 관찰 등에 효과적으로 적용될 수 있으며, 저비용으로 진단의 효과를 높일 수

있는 유용한 검사인 것으로 생각된다.

V. 결 론

흉부영역의 진단에서 토모신테시스 검사의 유용성평가를 위하여 흉부단순검사와 저 선량 CT, 토모신테시스를 동일한 대상에게 실시하여 평가한 결과, 토모신테시스는 저 선량 흉부 CT에 근접한 영상평가 점수를 얻었으며, 세 가지 검사의 흡수선량 조사에서도 저 선량 CT 보다 적으며 흉부단순검사에 가깝게 유의함을 확인할 수 있었다.

그러므로 토모신테시스는 흉부영역의 검사 시 환자의 피폭선량을 최소화하고 진단의 효과를 높일 수 있는 유용한 검사라고 생각되며, 항 후 폐암 등의 조기검진 분야에 이용되거나 CT 검사를 여러 차례 시행해야 하는 정기추적검사에 활용되기에 유용한 검사인 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] J. T. Geituing, L. M. Skjaerstad, and J. H. Gothlin, "Clinical utility of chest roentgenograms," *Eur Radiol*, Vol.9, pp.721-723, 1999.
- [2] M. Elmali, A. Baydin, and M. S. Nurai, "Lung parenchymal injury and its frequency in blunt thoracic trauma: the diagnostic value of chest radiography and thoracic CT," *Diagn Interv Radiol*, Vol.13, pp.179-182, 2007.
- [3] M. J. Chung, K. Y. Lee, and B. Y. Lee, "Diagnostic reference level of patient dose during a plain chest radiography examination in korea," *J korean soc radiol*, Vol.62, pp.245-247, 2010.
- [4] J. R. Mayo, J. Aldrich, and N. L. Muller, "Radiation exposure at chest CT: a statement of the Fleischner Society," *Radiology*, Vol.228,

- pp.15-21, 2003.
- [5] J. T. Payne, "CT radiation dose and image quality," *Radiol Clin North Am*, Vol.43, pp.953-962, 2005.
- [6] M. Gartenschlager, F. Schweden, and K. Gast, "Pulmonary nodules: detection with low dose vs conventional-dose spiral CT," *Eur Radio*, Vol.8, pp.609-614, 1998.
- [7] C. I. Henschke, D. F. Yankelevitz, and D. I. McCauley, "Guidelines for the use of spiral computed tomography in screening for lung cancer," *Eur Respir J*, Vol.39, pp.45-51, 2003.
- [8] C. H. Lee, J. M. Goo, and S. J. Ye, "Radiation dose modulation techniques in the multidetector CT era: from basics to practice," *Radiographics*, Vol.28, pp.1451-1459, 2008.
- [9] Zieses dss plantes BG, "Serieskopie Eine röntgenographische Methode welche ermöglicht mit Hilfe einiger Aufnahmen eine unendliche reihe paralleler Ebenen in Reihenfolge gesondert zu betrachten," *Fortschr Röntgenstr*, Vol.57, pp.605-616, 1938.
- [10] E. R. Miller, E. M. McCurry, and B. Hruska, "An infinite number of laminagrams from a finite number of radiographs," *Radiology*, Vol.98, pp.249-255, 1971.
- [11] Horichi Hiros, "Tomosynthesis use experience and clinical application," *Medical now*, No.54, pp.32-37, 2004.
- [12] D. J. Godfrey, A Rader, and J. T. Dobbins III, "Practical strategies for the clinical implementation of matrix inversion tomosynthesis," *Proc. SPIE 5030*, pp.379-390, 2003.
- [13] A. A. Johnson, J. Vikgren, and A. Svalkvist, "Overview of two years of clinical experience of chest tomosynthesis at Sahlgrenska University Hospital," *Radiat Prot Dosimetry*, Vol.139, pp.124-129, 2010.
- [14] E. Y. Kim, M. J. Chung, and H. Y. Lee, "Pulmonary mycobacterial disease: diagnostic performance of low-dose digital tomosynthesis as compared with chest radiography," *radiology*, Vol.257, pp.269-277, 2010.
- [15] I. Turai, K. Veress, and B. Gunalp, "Major radiation exposure," *N Engl J Med*, Vol.347, pp.944-947, 2002.
- [16] 정명진, 이광용, 이병영, "우리나라의 흉부엑스선 검사에서의 환자선량 권고량", *대한영상의학회지*, Vol.62, pp.523-528, 2010.
- [17] J. J. You, W. Levinson, and Laupacis, "Attitudes of family physicians, specialists and radiologists about the use of computed tomography and magnetic resonance imaging in Ontario," *Healthc Policy*, Vol.5, pp.54-65, 2009.
- [18] D. J. Brenner and E. J. Hall, "Computed tomography an increasing source of radiation exposure," *N Engl J Med*, Vol.957, pp.2277-2248, 2007.
- [19] 이종석, 권대철, 유병규, "흉부 및 복부에서 AEC 적용에 따른 MDCT의 선량감소효과", *한국콘텐츠학회지*, Vol.9, No.3, pp.225-231, 2009.
- [20] S. Sone, T. kasuga, and F. Sakai, "Development of a high-resolution digital tomosynthesis system and its clinical application," *RadioGraphics*, Vol.11, No.5, pp.807-822, 1991.
- [21] "International Basic Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources," IAEA Safety Series No.115, 1996.
- [22] F. A. Jr. Mettler, W. Huda, and T. T. Yoshizumi, "Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog," *Radiology*, Vol.248, pp.254-263, 2008.

저 자 소 개

장 동 혁(Dong-Hyuk Jang)

정회원



- 2006년 8월 : 고려대학교 보건대학원졸업(보건학석사)
- 2008년 3월 : 고려대학교 대학원 박사과정 수료
- 1993년 8월 ~ 현재 : 이대목동병원 영상의학과

▪ 2011년 3월 ~ 현재 : 극동대학교 방사선학과 외래교수
 <관심분야> : 의료영상콘텐츠, 환경보건콘텐츠

심 성 신(Sung-Shine Shim)

정회원



- 1997년 2월 : 이화여자대학교 의과대학 졸업
- 2001년 8월 : 이화여자대학교 대학원졸업
- 2008년 3월 : 고려대학교 의과대학 박사과정 수료

▪ 2006년 3월 ~ 현재 : 이화여자대학교 의과대학 영상 의학과 교수
 <관심분야> : 의료영상콘텐츠, 보건콘텐츠

최 재 욱(Jae-Wook Choi)

정회원



- 1988년 2월 : 고려대학교 의과대학 졸업
- 1991년 8월 : 서울대학교 보건대학원졸업
- 1996년 3월 : 고려대학교 의과대학 대학원졸업(의학박사)

▪ 1996년 5월 ~ 현재 : 고려대학교 의과대학 예방의학 교실 교수
 <관심분야> : 콘텐츠응용(보건), 환경보건콘텐츠

최 준 구(Jun-Gu Choi)

정회원



- 2008년 : 단국대학교 대학원 의학레이저(이학박사)
- 1996년 ~ 2005년 : 단국대학교 병원 영상의학과
- 2005년 ~ 2008년 : 건국대학교 병원 영상의학과

▪ 2008 ~ 현재 : 극동대학교 방사선학과 교수
 <관심분야> : 방사선 의료영상, 의료영상정보, 방사선 생물학, 의학레이저