

Assessment of Entrance Surface Dose and Image Distortion in Accordance with Abdominal Obesity in the Chest Radiography

Boo Soon Kim, Jeong Kyu Park, Soon Mu Kwon

Department of Radiologic Technology, Daegu Health College

흉부 X-선 검사에서 복부비만에 따른 입사표면선량과 영상 왜곡도 평가

Abstract

Abdominal obesity is one of the most influential index to predict of insulin resistance syndrome/metabolic syndrome in social demographic characteristics. It is matter of fact that radiation dose are increasing with development of medical treatment and device. In this study, we estimated distortion between reference image and entrance surface dose when take a chest radiography forward chest phantom assumed abdominal obesity. When angle of chest phantom incline 5° forward, thoracic transverse and longitudinal diameter increase 1.22% and 0.44% each. Also cardiac transverse diameter increase 1.01% and cardio-thoracic ratio (CTR) decrease 0.27% in the same situation of incline to 5° forward. Thoracic transverse diameter shows the largest increase, and CTR was decreased. But entrance surface dose to phantom increase significantly 6.12% when angle of chest phantom incline 5° forward. In conclusion, we have to pay attention to accurate positioning, to prevent a distortion of image through incline, and make patients not to expose to additional radiation.

Key words : Abdominal obesity, Entrance surface dose(ESD), Chest radiography, Image deformity

요약

사회 인구학적 특성을 보정 하였을 때 대사 증후군의 예측에 가장 높은 연관이 남녀 모두에서 비만-복부 비만군이라고 보고되고 있으며, 의료기기의 발전과 더불어 방사선에 대한 피폭선량이 증가하고 있는 추세이다. 이에 흉부 X선 검사에서 복부의 비만정도를 가정하여 흉부팬텀에서 앞쪽방향(forward)으로 각도를 부여한 후 기준영상과 비교하여 입사표면선량과 영상의 왜곡 정도를 평가하였다. 흉부팬텀의 각도가 앞쪽방향으로 5° 증가할 때 마다 폐의 가로직경은 1.22%, 세로직경은 0.44% 증가하였다. 심장직경은 앞쪽방향으로 5° 증가할 때 마다 1.01% 증가, CTR은 0.27% 감소가 관찰되었다. 그 중 폐의 가로직경이 가장 큰 증가, 폐의 세로직경이 가장 작은 증가를 보였고 CTR은 작은 감소를 보였다. 그러나 팬텀에 입사하는 표면선량 측정의 경우, 흉부팬텀의 각도가 앞쪽방향으로 5° 증가할 때 마다 6.12%의 비교적 큰 증가를 보였다. 임상에서 흉부 X선 후전방향촬영을 시행하는 경우, 복부비만 등으로 인해 흉부의 각도가 기울어짐에 따라 영상의 왜곡뿐만 아니라 환자에게 노출되는 선량이 증가되고 재촬영으로 추가적인 방사선 피폭이 발

생될 수 있으므로 올바른 위치잡이에 주의를 기울여 환자의 방사선피폭 감소에 노력을 해야 할 것이다.

중심단어: 복부비만, 입사표면선량, 영상 왜곡, 흉부 X선 영상

I. INTRODUCTION

진단방사선 영역에서 흉부 X-선 전후방향(chest PA) 촬영은 가장 일반적으로 시행하는 검사이다^[1]. 흉부 X-선 영상은 적절한 source to image-receptor distance (SID)의 사용으로 가로막과 겹쳐지는 기도의 음영과 심장 후연의 좋은 시각성을 제공하여 임상 영상으로 사용하기에 적합한 높은 해상도를 제공한다^{[2],[3]}. 또한 다른 부위의 사진들보다도 해부, 병리학적으로 많은 진단적 정보를 포함 하고 있으며, 방사선 투과성이 매우 낮은 종격동 및 골성 흉곽조직이 함께 위치해 있어 X-선으로 검사될 수 있는 가장 복잡한 부위중 하나이다^[4]. 흉부 X-선 촬영이 이러한 중요한 위치에 있음에도 불구하고 통상적 검사(routine study)의 한 단계로서의 일반성 때문에 촬영과정이 신중이 다루어지지 않았던 일면이 있는 것이 사실이며, 가장 우수한 X-선 영상은 정확한 판독을 통해 치료에 이어지게 하는 것이 양질의 의료라 하겠다^[5].

일반적으로 X-선 영상의 형성과 평가과정은 피사체 정보, X선 정보, 농도분포, 투과광 강도, 시각, 인식, 사진평가의 순서로 이루어지고 있다. 피사체 정보는 피사체 특징의 파악과 오리엔테이션, 위치 잡이 등이 관여가 된다^{[6],[7]}. 흉부 X-선 촬영의 경우, 심장확대를 방지하고 폐와 심장의 겹침을 최소화하고 선예한 영상을 획득하기 위해 원거리 촬영과 흉부-영상수용체(image receptor, IR) 간의 거리 최소화를 권고하고 있다^{[8],[9]}.

2009년 한국 보건사회 연구원 자료조사에 의하면 20세 이상 성인 남성의 비만 유병율은 37.7%, 성인 여성의 비만 유병율은 25.6%이며, 성인 남성의 복부 비만 유병율은 25.6%, 성인 여성의 복부비만 유병율은 42%로 나타났다^[10]. 이와 관련하여 피사체의 특징으로 복부 비만 환자가 흉부 X-선 촬영을 실시하는 경우, 복부비만 정도를 가정한 각도를 부여하고 흉부 X-선 영상을 획득한 후 기준영상과 비교하여 영상의 왜곡 정도와 입사표면선량의 변화를 측정하였다.

II. MATERIAL AND METHOD

1. 영상시스템 및 기기

본 연구에는 진단용 방사선발생장치의 안전관리에 관한 규칙에 의한 성능검사에서 적합 판정을 받은 3상 전과정류방식의 X-선 촬영장치(FDR D-Evo DR-ID 60 0)를 이용하였다. 장치의 용량은 630 mA/150 kVp, 여과(filtration)는 0.2 mmAl+1 mmCu를 사용하였다. SID는 180 cm로 설정하였으며 자동노출제어장치(automatic exposure control device, AECD)가 적용되었다. 노출조건(exposure parameter)은 관전압 125 kVp, 관전류 320 mA, 조사시간 20 msec이다.

인체모형팬텀(anthropomorphic phantom)은 KYOTO KAGAKU사의 PBU-60 흉부팬텀을 사용하였다. 입사표면선량(entrance surface dose, ESD) 측정을 위한 선량계로는 광자극형광선량계(optical stimulated luminescence dosimeter, OSLD)를 사용하였다. OSLD는 nanoDotTM (Landauer Inc, www.landauerinc.com)과 판독장치인 In Light microStar system (Landauer Inc, www.landauerinc.com)으로 구성되어 있고 측정소자의 선량측정 범위는 0.01 mSv~10 Sv, 진단영역에서의 재현성은 ±5% 미만이다[Fig. 1].



Fig. 1. Optically stimulated luminescence dosimeter and reading system.

2. 입사표면선량과 영상 왜곡도 평가

흉부팬텀을 Fig. 2의 A와 같이 IR 앞에 위치시키고 복부 비만 정도를 가정하여 앞쪽방향으로 5단계의 각도(0°, 5°, 10°, 15°, 20°)로 팬텀을 기울여 영상을 획득하였다. 획득한 영상은 0°영상을 기준영상(reference image)으로 하여 5°, 10°, 15°, 20° 각도에서 획득한 영상의 왜곡도와 이때의 입사표면선량을 평가하였다. 각도 증가에 따른 팬텀과 IR 사이의 공간은 인체등가물질인 water pad를 위치시켰다.

흉부 X-선 영상의 왜곡도 평가는 폐 가로직경(thoracic transverse diameter, TTD), 폐 세로직경(thoracic longitudinal diameter, TLD), 심장 직경(cadiac transverse diameter, CTD), 심장흉곽비(cardio-thoracic ratio, CTR)로 비교, 평가하였다. CTD는 a+b로 a는 정중시상면(Midsagittal plane)에서 심장우연에 이르는 최대직경, b는 정중선에서 심장좌연에 이르는 최대 직경이고 CTR은 $\frac{a+b}{c}$ 이다. 여기서 c는 폐의 가로직경으로 우측 가로막의 정점 높이에서의 양측 갈비뼈 내연까지의 거리이다^{[11],[12]}. 폐의 세로직경 d는 우측 가로막 정점에서 폐첨부(apex)까지의 거리이다[Fig. 2-(B)].

입사표면선량을 평가하기 위한 OSLD의 위치는 흉부팬텀 후면의 흉추 7번 위치에서 선량 변화를 측정하였다. 기준영상(0°) 획득 후 각도를 변화시켜 5°, 10°, 15°, 20° 영상을 촬영하여 흉부팬텀에 입사하는 선량을 비교, 측정하였다.

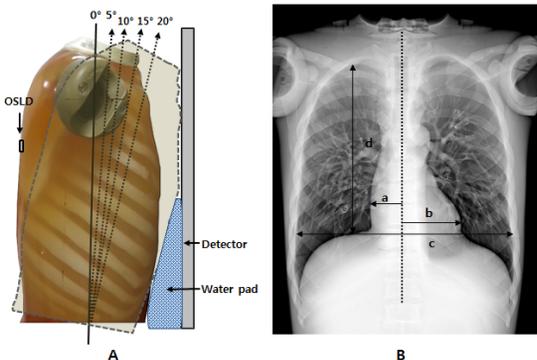


Fig. 2. Phantom of the angle and the reference line setting for the experiment.

III. RESULT

1. 각도 변화에 따른 입사표면선량의 변화

흉부팬텀의 각도 변화에 따라 0°, 5°, 10°, 15°, 20° 영상을 각각 3회씩 촬영 후 ESD를 측정된 결과이다[Table 1]. 0°에서 104.47 μGy, 5°에서 113.71 μGy, 10°에서는 121.57 μGy, 15°에서는 129.18 μGy, 20°에서는 130.07 μGy로 나타났다. 각도 증가에 비례하여 입사 선량도 증가하여 각도가 5° 증가할 때 마다 평균 6.12% (6.4 μGy) 증가가 관찰되었다.

Table 1. variation of entrance surface dose according to angle changes

Angle	0°	5°	10°	15°	20°
ESD (μGy)	102.13	111.64	120.38	128.88	128.21
	107.15	115.76	124.66	126.83	132.72
	104.11	113.73	119.67	131.82	129.26
Average	104.47	113.71	121.57	129.18	130.07
Standard deviation	2.52	2.06	2.70	2.51	2.36
Standard error	1.46	1.19	1.56	1.45	1.36

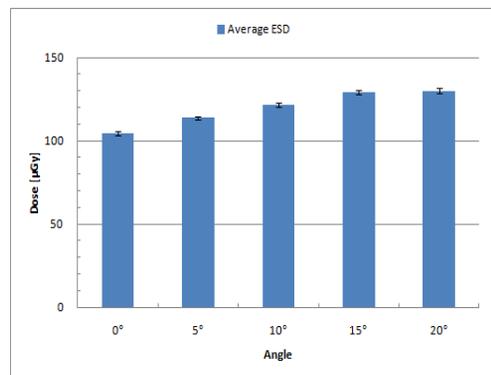


Fig. 3. variation of entrance surface dose according to angle changes.

2. 각도에 따른 영상 왜곡도 평가

각도변화에 따른 영상의 왜곡 정도를 폐가로직경, 폐세로직경, 심장직경, 심흉곽비로 평가한 결과이다[Table 2].

폐의 가로직경(TTD)은 0°에서 294.75mm, 5°에서는 299.4 mm, 10°에서는 302.25 mm, 15°에서는 305.25 mm, 20°에서는 309.15 mm였다. 각도가 증가할수록 폐의 가로직경도 증가하였다. 각도가 5° 증가할 때 마다 평균 1.22% 정도 증가가 관찰되었다.

폐의 세로직경(TLD)은 0°에서 222.3 mm, 5°에서는 227.7 mm, 10°에서는 227.1 mm, 15°에서는 228 mm, 20°에서는 226.2 mm였다. 각도가 증가할수록 폐의 세로직경도 증가하였다. 각도가 5° 증가할 때 마다 가로직경의 변화보다 작은 평균 0.44% 정도 증가가 관찰되었다.

심장직경(CTD)은 0°에서 115.8 mm, 5°에서는 117.6 mm, 10°에서는 118.5 mm, 15°에서는 119.55 mm, 20°에서는 120.45 mm였다. 각도가 증가할수록 심장직경은 증가하였다. 각도가 5° 증가할 때 마다 평균 1.01% 정도 증가가 관찰되었다.

심장흉곽비(CTR)의 경우 0°에서 39.39, 5°에서는 39.45, 10°에서는 39.21, 15°에서는 39.16, 20°에서는 38.96 이었다. relative CTR(%)에서 0° 영상을 기준으로 각도가 5° 증가할 때 마다 평균 0.27% 정도 감소가 관찰되었다. 기준영상과 앞쪽방향으로 20° 기울어진 영상은 Fig. 4에서 확인할 수 있다.

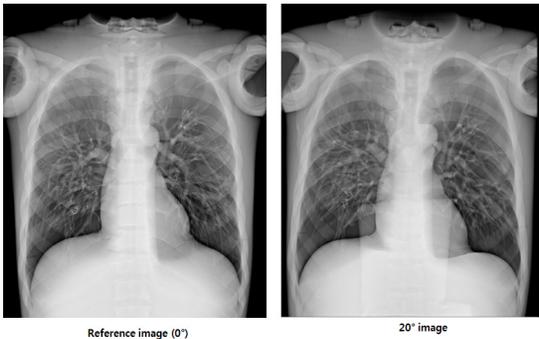


Fig. 4. Reference image and distortion image(20°).

Table 2. Deformity of chest radiograph according to angle changes

Angle	0°	5°	10°	15°	20°	
TTD	mm	294.75	299.4	302.25	305.25	309.15
	%	100.00	101.58	102.54	103.56	104.89
TLD	mm	222.3	227.7	227.1	228	226.2
	%	100.00	102.43	102.16	102.56	101.75
CTD	mm	115.8	117.6	118.5	119.55	120.45
	%	100.00	101.55	102.33	103.24	104.02
CTR(%)	39.39	39.45	39.21	39.16	38.96	
Relative CTR(%)	100.00	100.14	99.53	99.43	98.91	

IV. DISCUSSION

보건복지부와 질병관리본부의 국민건강영양조사 자료에 의하면 비만인구는 전체의 31.8%(2013년)이며 2020년에는 39%까지 증가할 것으로 예상하고 있다. 비만은 그 자체로 삶의 질을 저하시키고 심장병, 뇌졸중, 당뇨병, 암 등 각종 심각한 질병의 원인질환으로 작용한다. 흉부 X-선 촬영은 computed tomography (CT)의 진단적 우수성에 따른 검사 증가에도 불구하고 흉부 영상 검사의 대부분을 차지하고 있다. 이러한 흉부 X-선 촬영은 영상획득과 판독의 신속성, 낮은 방사선 노출과 저비용이라는 장점을 가지고 있다¹³⁾.

따라서 본 연구는 인체팬텀을 이용하여 최근 증가하고 있는 복부비만의 정도를 가정하여 인체에 각도변화를 부여한 후 흉부영상을 획득하고 각도변화에 따른 입사표면선량의 변화와 영상의 왜곡정도를 알아보고자 하였다.

복부비만의 경우 흉부-IR간의 거리 최소화하기 위해서는 본 연구에 적용한 각도의 방향으로 인체의 중심축이 기울어지게 되고 특히, 고도 복부비만의 경우가 각도는 더 증가하게 된다. 본 연구에서 각도변화에 따른 입사표면선량은 0° 영상에서 104.47 μGy 였으나 각도를 20°로 증가시킨 경우 130.07 μGy로 증가하였다. 이는 복부비만의 정도가 증가하여 인체의 각도가 5°

증가할 때 마다 평균 6.12%의 입사표면선량이 증가하였다. 그러므로 흉부촬영 시 잘못된 위치잡이나 복부비만으로 인해 인체의 각도가 부여되는 경우 동일한 영상의 대조도를 얻기 위해서는 더 많은 선량이 부여되고 환자피폭 또한 증가하게 된다는 것을 의미한다. 최근 각 국가들은 주기적으로 환자선량 평가를 실시하여 흉부 X-선 촬영에 대해 영국은 0.15 mGy^[14], 미국은 0.13 mGy (ESE)^[15]까지 diagnostic reference level (DRL) 권고를 하향 조정하고 있다. 2011년 국내의 연구 결과, 흉부X-선 촬영에서 ESD가 0.4 mGy로 이들 국가보다 높은 선량을 나타냈다고 보고 했다^[16].

본 연구에서는 0° 영상에서 평균 선량은 약 104 μ Gy로 기존 연구에 비해 낮으나 이는 인체가 아닌 팬텀의 사용과 장비 특성에 기인한 것으로 판단된다.

인체 각도 변화에 따른 영상의 왜곡도 평가 중 흉부의 가로직경(ITD)의 변화는 정중관상면(Midcoronal plane)과 IR의 각도가 5° 증가할 때 마다 평균 1.22% 정도 증가시켜 영상판독 시 부정적인 영향을 끼치게 된다. 흉부의 세로직경(ILD) 또한 증가하였으나 0.44% 정도로 가로직경의 변화에 비해서는 작은 변화를 보였다.

흉부촬영에서는 심장확대를 방지하고 폐와 심장의 겹침을 최소화하기 위해 원거리 촬영을 권고하고 있다. 본 연구에서 흉부팬텀의 심장직경(CTD)은 0°에서 115.8 mm, 20°에서는 120.45 mm로 각도 비례하여 증가하였으며 5° 증가할 때 마다 평균적으로 1.01% 정도 증가하였다. 인체를 대상으로 한 흉부 X선 영상에서 성인 남자의 경우, 심장직경은 15.5 cm이하, 여성의 경우는 15 cm 이하이다^[17].

실제 임상에서 심혈관 질환 진단의 정량적 지표로 사용하는 CTR의 정상 범위는 50% 이하이다^[18]. 본 연구에 사용한 Phantom의 0° 영상에서 39.39, 20° 영상에서는 38.96으로 5° 증가할 때 마다 0.27% 정도의 작은 감소를 보였다. 이는 각도변화에 따라 폐와 심장이 같이 확대되기 때문이고 동일한 비율로 확대되더라도 상대적으로 크기가 큰 폐가 더 많이 확대되기 때문에 증가가 아니라 감소를 보이게 된 것으로 판단된다.

본 연구의 제한점으로 인체가 아닌 인체팬텀을 사용하여 시행하였으므로 실제 임상 흉부 X-선 검사에 적용하는데 무리가 있을 수 있으며 1대의 디지털 X-선

촬영장치에 국한된 검사로 다양한 장치특성에 따른 차이가 있을 수 있다.

V. CONCLUSION

본 연구에서는 흉부 X-선 후전방향촬영에서 최근 증가하고 있는 복부비만을 가정하여 흉부에 각도를 부여하고 획득한 영상과 기준영상을 비교하여 영상의 왜곡과 입사표면선량의 변화를 알아보았다.

흉부팬텀의 각도가 앞쪽방향으로 5° 증가할 때 마다 폐의 가로직경은 1.22%, 세로직경은 0.44% 증가하였다. 심장직경은 앞쪽방향으로 5° 증가할 때 마다 1.01% 증가, CTR은 0.27% 감소가 관찰되었다. 따라서 임상에서 흉부X-선 검사에 적용되는 고관전압촬영, 원거리촬영, 단시간노출, 자동노출장치, 여과판 적용 등의 일반적인 기술을 적용한 경우, 흉부영상의 왜곡은 1% 정도의 변화를 보였다. 그 중 폐의 가로직경이 가장 큰 증가, 폐의 세로직경이 가장 작은 증가를 보였고 CTR은 작은 감소를 보였다. 그러나 팬텀에 입사하는 표면선량 측정의 경우, 흉부팬텀의 각도가 앞쪽방향으로 5° 증가할 때 마다 6.12%의 비교적 큰 증가를 보였다.

임상에서 흉부 X-선 후전방향촬영을 시행하는 경우, 복부비만 등으로 인해 흉부의 각도가 기울어짐에 따라 영상의 왜곡뿐만 아니라 환자에게 노출되는 선량이 증가되고 재촬영으로 추가적인 방사선 피폭이 발생할 수 있으므로 올바른 위치잡이에 주의를 기울여 환자의 방사선피폭 감소에 노력을 해야 할 것이다.

Reference

- [1] D. Hart, D.G. Jones, B.F. Wall, "Coefficients for estimating effective dose from pediatric x-ray examinations", NRPB, 1996.
- [2] CEC European Commission, "European Guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images", EUR, 16260, 1996.
- [3] M. Hirotsu, K. Ito, T. Ishigaki, S. Sakuma, "Considerations for standard chest radiography: the long film-focus distance technique", Nagoya J Med. Sci., Vol. 55, No. 1-4, pp.33-39, 1993.
- [4] H.W. Kang, J.C. Park, H.S. Kang, I.J. Lee, H.S. Sin, J. Heo, "The Evaluation of Chest Radiographic Systems", Journal of Radiological science and technology, Vol. 10, No. 1, pp.31-35, 1987.

- [5] P.K. Cho, "How to improve image Quality for the chest PA and the simple abdomen X-ray examinations", Journal of Korean Society of radiology, Vol. 7, No. 3, pp.165-173, 2013.
- [6] K.Y. Lee, D.S. Kang, E.Y. Kang. "Thoracic Radiology X-ray", pp.1-22, KOONJA publishing company, 2012.
- [7] Department of Radiology, college of medicine, The CATHOLIC University, Textbook of Radiology, KOONJA publishing company, pp.29-31, 2010.
- [8] KRTA, "Normal scan of the patient dose recommendation amount of radiology guidelines", Radiation Safety Management Series No. 30, 11-1470550-000299-01, 2012.
- [9] S.M. Kwon, C.H. Park, J.K. Park, W.H. Song, J.E. Jung, "The Effect of Source to Image-Receptor Distance(SID) on Radiation Dose for Digital Chest Radiography", Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 8, No. 4, pp.203-210, 2014.
- [10] H.R. Kim, Y.H. Kang, N.S. Kwak, E.J. Kang, E.N.J. Kim, "Trends in obesity and comprehensive policy strategy to prevent obesity in Korea", Seoul: Korea Institute for Health and Social Affairs, 2009.
- [11] T. Kono, M. Suma, H. Handa, Y. Hirota, K. Kawamura, "Clinical significance of normal cardiac silhouette in dilated cardiomyopathy", Evaluation based upon echocardiography and magnetic resonance imaging Japanese Cir J, No. 56, pp.359-365, 1992.
- [12] C.S. Danzer, "The cardiothoracic ratio. An index of cardiac enlargement", Am J Med. Sci, 157 Cited by Cowan, pp.513-521, 1964.
- [13] C. Schaefer-Prokop, U. Neitzel, H.W. Venema, M. Uffmann, M. Prokop. "Digital chest radiography: an update on modern technology, dose containment and control of image quality", European radiology, Vol. 18, No. 9, pp.1818-1830, 2008.
- [14] HPA(2012), "Doses to Patients from Radiographic and Fluoroscopic X-ray Imaging Procedures in the UK", 2010.
- [15] Nationwide Evaluation of X-ray Trends(NEXT) : <http://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/RadiationSafety/NationwideEvaluationofX-rayTrendsNEXT/default.htm>
- [16] S.L. Hwang, H.R. Jung, C.H. Lim, "A Study on Radiation Dose for General Radiography Examination at First Medical Institution (Around the Radiology Clinic of National Capital Region)", Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 5, No. 5, pp.245-253, 2011.
- [17] Department of Radiology, college of medicine, "The CATHOLIC University, Textbook of Radiology", KOONJA publishing company, pp.49, 2010.
- [18] E.N. Obikili, I.J. Okoye, G.E. Anyanwu, "Aortic and heart dimensions of children and adolescents in a Nigerian population", Biomedical Research Vol. 21, No. 2, pp.195-198, 2010.