

<원저>

Digital Radiography 시스템을 사용하여 전 척추검사 시 차폐체 두께에 따른 유방피부선량 측정

남순권¹⁾·최준호^{1,2)}¹⁾강원대학교 물리학과·²⁾강원대학교병원 영상의학과

Measurement of Breast Skin Dose According to Shield Thickness During Whole Spine Scanography Using Digital Radiography System

Nam Soon-Kwon¹⁾·Choi Joon-Ho^{1,2)}¹⁾Department of Physics, Kangwon National University²⁾Department of Radiology, Kangwon National University Hospital

Abstract Whole Spine Scanography (WSS) using the Digital Radiography (DR) system is an examination that requires whole body X-ray exposure, which involves more exposure to radiation for patients than other general radiographies. This can affect the occurrence of breast cancer. This research measured radiation dose when breasts were shield and not shield using the Auto Exposure Control (AEC) mode. The radiation dose without a shield was 1,540 mGy, and that using a collimator was measured 0,506 mGy. Moreover, 0,733 mGy was measured when 1 shield (0,3 mm) was used, and 0,523 μ Gy when 5 of them (1,5 mm) were used. The results showed that the radiation dose with 5 shields and the radiation dose with a collimator were similar. Moreover, 0,233 mGy was measured when 8 shields (2,4 mm) were used. The standard deviation were 0,081 when using collimator and 0,014 when 5 shields were used. Also, when 8 shields were used, it was found to be 0,002. Most patients who go under a scoliosis test are children or young people who are highly sensitive to radiation. In the research results, the case where the organs sensitive to radiation, women's breasts, were shielded showed more distinct differences compared to without shields. It is considered that using shields can provide more constant shield than using a collimator and lower the risk of breast cancer caused by exposure to radiation.

Key Words: Digital Radiography, Whole Spine Scanography, Auto Exposure Control, Collimator, Source Skin Distance(SSD)

중심 단어: 디지털 라디오그래피, 전 척추검사, 자동노출제어, 조리개, 선원피부간 거리

I. 서 론

전 척추검사(Whole Spine Scanography; WSS)는 전신에 X선을 조사하는 검사이며, 치료기간 동안 자주 반복되는 검사로 다른 일반영상의학검사 보다 환자에 대한 방사선 피폭이 많은 검사이다[1]. 치료 경과에 따라 3년간 척추 측만증의 진단과 치료를 하는 과정에서 순차적으로 22회의 방사선검사가 이루어지기도 한다[2]. 뿐만 아니라 척추 측만

증의 진단을 받기 위해 전 척추검사를 시행하는 환자의 상당수는 방사선에 민감도가 높은 소아나 청년층이다[3,4]. 전리 방사선에 대한 노출은 유방암의 위험 요소로 알려져 있지만, 초기 유방이 발달되는 동안 저선량의 분할 노출로 인한 잠재적 위험은 완전히 평가되지 않았다. 척추 측만증을 가진 청소년기의 여성은 진단을 위한 X선에 노출될 때 방사선으로 인하여 유방의 발달에 영향을 미칠 수 있다[5, 6]. 2002년 국가암등록사업 연례보고서에서 유방암 발생분

Corresponding author: Joon-Ho Choi, Department of Radiology, Kangwon National University Hospital, 156, Baengnyeong-ro, Chuncheon-si, Gangwon-do, 24289, Republic of Korea / E-mail: jhchoi928@nate.com

Received 09 January 2019; Revised 15 February 2019; Accepted 25 February 2019

Copyright ©2019 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

율은 15.5%로 1위를 차지하였다[7]. 그러나 2004년 국가암 등록사업 연례보고서에서는 갑상샘암(15%) 유방암(14.9%) 순으로 변경되었으며, 2015년 국가암등록 연례보고서에서도 유방암이 갑상샘암에 이어 발생분율 2위를 차지하였다[8,9]. 연령별 발생분율은 2002년도와 2015년도 모두 15-34세에서는 유방암이 갑상샘암 다음으로 2위를 차지하였으며, 35-64세에서는 유방암이 1위, 갑상샘암이 2위를 차지하고 있다[8,9]. 원자폭탄 생존자에 대한 연구에 따르면 방사선량이 높을수록 유방암 발병의 위험이 더 높았으며 유년기 또는 청소년기에 노출된 여성은 특히 이 위험에 취약했다[10]. 척추 측만증과 관련된 여러 번의 방사선검사를 받는 여성에서도 유방암의 유의한 증가가 분명히 보고되었다[11]. 1977년 0.15에서 1990년 0.05로 감소한 유방조직의 방사선량을 결정하는 가중치는 예측된 방사선 민감도의 증가로 인해 2007년 0.12로 증가했다[12-14]. Digital radiography는 검출기에 도달하는 X선의 양을 수치로 표시하여 X선 흡수를 정량화하는 방법으로서 이러한 정보를 전산처리하여 적합한 영상을 얻는 방법이다[15,16]. DR 시스템을 이용한 전체 척추 이미지는 자동 이미지 붙여넣기 방법을 사용한다. 자동 이미지 붙여넣기 방법 (Auto Image Paste Method; AIPM)은 스캐닝하기 전에 위에서 아래까지의 높이를 설정하고 검출기와 X선관을 움직여 이미지를 얻은 다음 획득한 이미지를 붙여 넣는 방식이다[17]. 임상에서 전 척추검사 시 조준기(collimator)를 이용한 차폐를 하는 경우도 있는데 어느 정도의 넓이로 collimator를 열어야 정확한 검사가 이루어질지 알지 못한다. 그래서 본 실험에서는 유방을 차폐하지 않았을 때의 선량을 측정하였고, collimator를 열었을 경우와 연당량 0.3 mm의 납으로 차폐하였을 때 유방선량을 측정하였다.

II. 대상 및 방법

1. 대상 및 장비

본 실험에 사용된 장비는 Fig. 1과 같이 방사선발생장치로서, Digital Radiography(DR) 시스템(DigitalDiagnost, Philips, Germany, 장비규격은 150 KV, 812 mA)과 선량계(Dosimeter, Unfors 578 PMS Multi-o-Meter, Sweden), 그리고 인체조직 등가물질로 구성된 Rando Phantom (alderson research laboratories, USA)을 사용하였다. 선량계의 External size는 10×21×73 mm이고, Signal dynamic range는 5,000 : 1이다. 그리고 Pressure와 Temperture

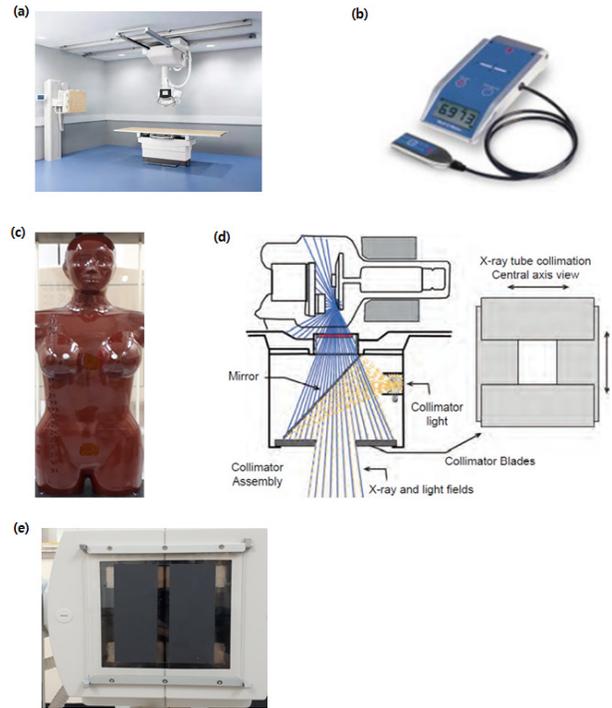


Fig. 1. Figure shows the equipment used in the experiment, (a) radiation generator, (b) dosimeter and (c) Rando phantom. (d) collimator, The collimator is attached to the x-ray tube be below the glass window where the useful beam is emitted. Lead collimator blade define both x-ray and light fields. Figure (e) shows that a shield is attached to the acrylic plate

dependence는 0.1% 미만이고, Back scattering dependence는 1% 미만이다. 선량계의 교정 날짜는 2018년 5월 3일이다. X-ray tube 헤드에 포함되어 있는 collimator는 x-ray field의 사이즈와 모양을 조절할 수 있다. 연당량 0.3 mm의 차폐체를 사용하였다.

2. 측정방법

환자의 체형 및 두께를 고려하여 자동으로 관전압(kVp)과 관전류(mAs)를 조절할 수 있는 자동노출제어(Auto Exposure Control; AEC)mode를 이용하였다. 일반적으로 자동노출제어 장치의 사용은 영상화질을 일정하게 유지하고, 노출 조건을 적정하게 유지하여 피폭선량을 감소시키기 위해 사용된다[18]. 선원과 피부와의 거리(Source Skin Distance; SSD)는 260 cm로 하였고, 입사피부선량(Entrans Skin Dose; ESD)을 mGy 단위로 측정하였다. 그리고 차폐체 두께에 따른 관전류도 측정하였다. Fig. 2와 같이 Dosimeter detector를 유방에 부착하고, 유방을 차폐하지 않았을 때와 아크릴판에 차폐

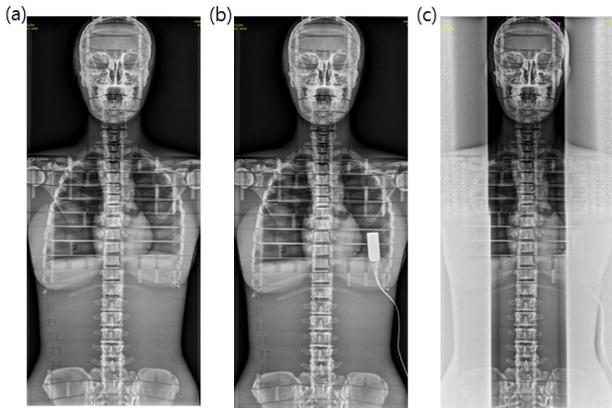


Fig. 2. The figure is a Rando phantom image exposed to radiation,(b) before shielding the breast, (c) is the image when the breast is shielded.

체를 붙여 전체 척추만 보이게 하고 유방을 차폐하였을 때로 나누어 측정하였다. collimator의 넓이는 Fig. 2의 (c)에서와 같은 넓이로 열고 측정하였다. 두께를 0.3 mm(차폐체 1개)에서 2.4 mm(차폐체 8개)까지 늘려가면서 5회 반복 조사하여 평균을 구하였다.

III. 결 과

1. 차폐체 두께에 따른 유방의 입사피부선량

Table 1과 Fig. 3은 전 척추검사 시 유방이 받는 선량을 측정 한 것으로서 차폐체를 사용하지 않았을 때의 선량은 1.540 mGy이었으며, collimator를 사용하였을 경우는 0.506 mGy로 측정되었다. 또한 차폐체 1개(0.3 mm)를 사용하였을 경우는 0.733 mGy, 5개(1.5 mm)를 사용하였을 때는 0.523 mGy로 측정되었다. 차폐체 5개를 사용하였을 때의 선량과 collimator를 사용하였을 때의 선량이 유사함을 알

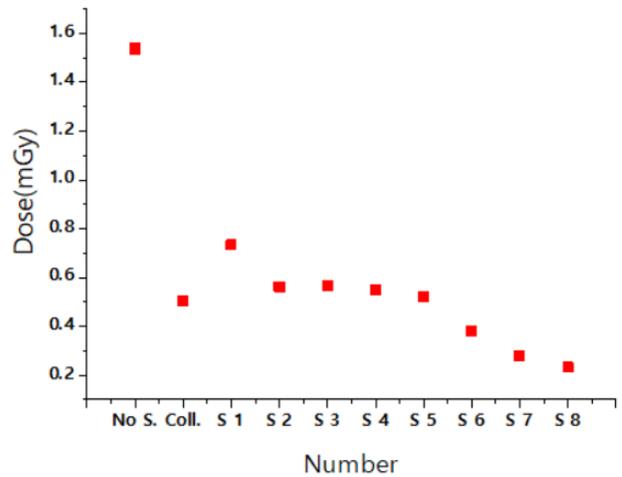


Fig. 3. This shows the breast dose when not shielding and when increasing the thickness of the shield. No s., Indicates no shield and colli., indicates when collimator is used, S1 shows the case where one shield (0.3 mm lead) is used.

수 있었다. 그리고 차폐체 8개(2.4 mm)를 사용하였을 경우는 0.233 mGy로 측정되었다. 차폐체를 사용하지 않았을 때 대비 collimator를 사용하였을 선량이 67% 감소함을 알 수 있었다. 또한 차폐체를 사용하지 않았을 때보다 8개를 사용하였을 때 85% 감소함을 알 수 있었다. 그리고 collimator 대비 차폐체 8개를 사용하였을 때 선량이 54% 감소함을 알 수 있었다. collimator를 사용하였을 때의 표준편차는 0.081 그리고 차폐체 5개를 사용하였을 때는 0.014이었음을 알 수 있었다. 또한 차폐체 8개를 사용하였을 때는 0.002이었음을 알 수 있었다.

2. 차폐체 사용 유무에 따른 유방의 관전류 측정

Fig. 4는 유방을 차폐하였을 때와 하지 않았을 때의 관전

Table 1. It shows the breast dose(mGy) when shielding is not applied and when the shielding is from 0,3 mm(Lead x 1) to 2,4 mm(Lead x 8)

	Before shield	Using Collimator	Shield (Lead1)	Shield (Lead2)	Shield (Lead3)	Shield (Lead4)	Shield (Lead5)	Shield (Lead6)	Shield (Lead7)	Shield (Lead8)
1	1.535	0.667	0.694	0.557	0.557	0.539	0.532	0.431	0.293	0.233
2	1.574	0.453	0.709	0.587	0.580	0.566	0.537	0.370	0.286	0.232
3	1.521	0.469	0.764	0.551	0.589	0.564	0.523	0.383	0.283	0.229
4	1.551	0.484	0.752	0.563	0.542	0.545	0.527	0.370	0.268	0.234
5	1.517	0.457	0.745	0.553	0.56	0.534	0.496	0.356	0.269	0.236
stDev	0.021	0.081	0.027	0.013	0.017	0.013	0.014	0.026	0.010	0.002

*stDev.:Standar Deviation

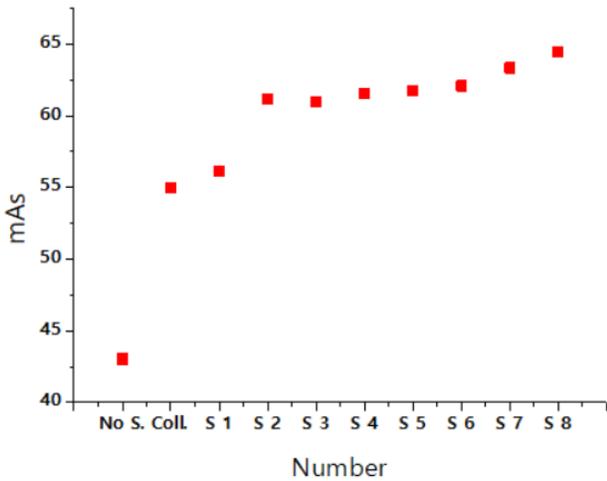


Fig. 4. This shows the mAs when not shielding and when increasing the thickness of the shield. No s. Indicates no shield and coil, indicates when collimator is used. S1 shows the case where one shield (0.3 mm lead) is used.

류(mAs)를 측정하는 것으로 차폐하였을 때는 43.04 mAs이었으며, collimator를 사용하였을 경우는 54.96 mAs로 측정되었다. 그리고 차폐체를 1개 사용하였을 경우는 56.12 mAs로 측정되었고, 8개를 사용하였을 경우에는 64.46 mAs로 측정되었다. 차폐체를 사용하지 않았을 때와 collimator를 사용했을 때를 비교해보면 collimator를 사용했을 때 28% 관전류가 증가하였다. 또한 차폐체를 사용하지 않았을 때와 차폐체 8개를 사용했을 때를 비교해보면 8개를 사용했을 때 50% 증가함을 알 수 있었다. 그리고 차폐체 1개보다 8개 사용했을 때 관전류가 15% 증가함을 알 수 있었다.

IV. 고 찰

환자선량 권고량(Diagnostic Reference Level; DRL)은 진단 영상의학검사 시 환자가 받는 방사선량을 측정하고, 평가하여 진단에 참고할 수 있도록 권고하는 선량준위를 말한다. 식품의약품안전청에서 2012년도에 발표한 일반영상의학검사의 환자선량 권고량 가이드라인에 따르면 자동노출제어 mode 사용 시 흉추의 환자선량 권고량은 3.01 mGy이고, 요추는 3.63 mGy이다[19,20]. 본 실험에서 실시한 유방의 입사피부선량 측정부위도 흉추 부위와 비슷한 부위라고 할 수 있으며, 환자선량 권고량이 실험값보다 더 높게 측정된 이유는 선원 피부간 거리(SSD)의 차이 때문일 것이다. 실제 흉추나 요추검사에서 선원 피부간 거리는 100 cm이고,

전 척추검사 시 선원 피부간 거리는 260 cm로 차이가 발생한다. 그리고 차폐체를 사용하지 않았을 때보다 사용하였을 때 관전류가 증가하는 이유는 자동노출제어 방식에서 적절한 농도값을 찾기 위해 관전류가 증가하기 때문이다[21]. Mekis N. 등은 Lumbar spine 검사에서 열 형광 선량계(Thermoluminescence Dosimeter; TLD)를 이용하여 유방의 입사피부선량을 측정하였다. 이 실험에서 납 차폐체를 팬텀의 유방위에 올려 차폐하지 않았을 때의 선량과, 차폐하였을 때의 선량을 측정하였다. 차폐하지 않았을 때의 선량은 0.45 mGy로 측정되었고, 차폐하였을 때의 선량은 0.09 mGy로 측정되었다[22]. Daniel A. Hoffman 등은 전 척추검사 시 유방이 받는 선량을 감소하기 위하여 전후면 자세(Anterior-Posterior position)가 아닌 후전면(Posterior-Anterior position) 자세에서 실험을 시행하였고, Jung-su Kim 등은 전 척추검사 시 전후면 자세와 후전면 자세에서 유방이 받는 선량을 측정하여 비교하였다[5, 17, 23]. 하지만 본 실험에서는 차폐체를 사용하여 전후면 자세에서 실험을 진행하였으며, 후전면 자세에서보다 유방이 받는 선량이 더 많이 감소할 것으로 생각된다.

V. 결 론

Digital Radiography 시스템을 이용한 전 척추검사 시 유방이 받는 입사피부선량을 자동노출제어 mode를 이용하여 유방을 차폐했을 때와, 차폐하지 않았을 때의 선량을 측정하였다. 차폐체를 사용하지 않았을 때(1.540 mGy) 대비 collimator를 사용하였을 때(0.506 mGy) 선량이 67% 감소함을 알 수 있었다. 또한 차폐체를 사용하지 않았을 때보다 8개를 사용하였을 때 85% 감소함을 알 수 있었다. 그리고 collimator 대비 차폐체 8개를 사용하였을 때 선량이 54% 감소함을 알 수 있었다.

척추측만증 검사를 시행하는 환자의 상당수는 방사선에 민감도가 높은 소아나 청년층이다. 본 연구의 결과에서 방사선에 민감한 장기인 여성의 유방을 차폐하여 검사하였을 경우 두드러진 차이를 나타내고 있다. 차폐체를 사용할 경우 collimator를 사용할 때보다 더 일정하게 차폐를 할 수 있으며, 방사선에 노출로 인한 유방암의 위험 요소를 감소할 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] Geijer H, Verdonck B, Beckman KW, Andersson T, Persliden J. Digital radiography of scoliosis with a scanning method, radiation dose optimization. *Eur Radiol*. 2003;13(3):543-51.
- [2] Nash CL, Gregg EC, Brown RH, Pilai K. Risks of exposure to X-rays in patients undergoing longterm treatment for scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 1979;61(3):371-4.
- [3] Report No 80 : National Council on Radiation Protection and Measurements. Induction of thyroid cancer by ionizing radiation : National Council on Radiation Protection and Measurements; 1985.
- [4] ICRP Publication 60 : 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP. Elsevier Health Sciences; 1991.
- [5] Hoffman DA, Lonstein JE, Morin MM, Visscher W, Harris BSH, Boice JD. Breast Cancer in Women With Scoliosis Exposed to Multiple Diagnostic X Rays. *J of the National Cancer Institute*. 1989;81(17):1307-16.
- [6] Ronckers CM, Doody MM, Lonstein JE, Stovall M, Land CE. Multiple Diagnostic X-rays for Spine Deformities and Risk of Breast Cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2008;17(3):605-13.
- [7] Annual report of cancer statistics in Korea in 2002, National cancer center, Korea central cancer registry; 2007.
- [8] Annual report of cancer statistics in Korea in 2004, National cancer center, Korea central cancer registry; 2008.
- [9] Annual report of cancer statistics in Korea in 2010, National cancer center, Korea central cancer registry; 2010.
- [10] Land CE, Tokunaga M, Koyama K, Soda M, Preston DL, Nishimori I, Tokunaga S. Incidence of female breast cancer among atomic bomb survivors, Hiroshima and Nagasaki, 1950-1990. *Radiat Res*. 2003;160:707-17.
- [11] Doody MM, Lonstein JE, Stovall M, Hacker DG, Luckyanov N, Land CE. Breast cancer mortality after diagnostic radiography: findings from the U.S. Scoliosis Cohort Study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25:2052-63.
- [12] Mekis N, Zontar D, Skrk D. The effect of breast shielding during lumbar spine radiography. *Radiol Oncol*. 2013;47(1):26-31.
- [13] No authors listed. The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP*. 2007;37:1-332.
- [14] Wrixon AD. New ICRP recommendations. *J Radiol Prot*. 2008;28:161-8.
- [15] Busch HP, Faulkner K. Image Quality And Dose Management In Digital Radiography: A New Paradigm For Optimisation. *Radiation Protection Dosimetry*. 2005;117(1-3):143-7.
- [16] Busch HP, Krankenhaus der Barmherzigen Brüder. Need for new optimization strategies in CR and direct Digital radiography. *Radiation Protection Dosimetry*. 2000;90(1-2):31-3.
- [17] Kim JS, Yoon SW, Seo DN, Nam SR, and Kim JM. Evaluation of the Patient Effective Dose in Whole Spine Scanography Based on the Automatic Image Pasting Method for Digital Radiography. *Iran J Radiol*. 2016;13(1):1-7.
- [18] Hwang JH, Lee KB. A Study on the Quantitative Analysis Method through the Absorbed Dose and the Histogram in the Performance Evaluation of the Detector according to the Sensitivity Change of Auto Exposure Control(AEC) in DR(Digital Radiography). *The Journal of the Korea Contents Association*. 2018;18(1):232-40.
- [19] Guidelines for patient dose recommendations for general radiology examination, Ministry of Food and Drug Safety. 2012:1-47.
- [20] Investigation of patient dose for Diagnostic Reference Levels(DRL) in radiographic examination: National Survey in Korea. Ministry of Food and Drug Safety. 2011:14-28.
- [21] Kim KW, Son JH. Study on Exposure Dose According to Change of Source to Image Distance and Additional Filter Using Abdomen Phantom. *J of Radiological Science and Technology*. 2016;39(3):407-14.

- [22] Mekis N, Zontar D, Skrk D. The effect of breast shielding during lumbar spine radiography. *Radio Oncol.* 2013;47(1):26-31.
- [23] Kim JS, Seo DN, Kwon SM, Kim JM. Patient

Radiation Exposure Dose Evaluation of Whole Spine Scanography due to Exposure direction. *J of Radiological Science and Technology.* 2015; 38(1):1-6.