

Changes in Exposure Dose and Image Quality due to Radiation Shielding in Pediatric Patients

Young-Hee Lee,¹ Yong-Ki Lee^{2,*}

¹Department of Nursing, Dongnam Health University

²Department of Radiologic Technology, Chungbuk Health & Science University

Received: November 16, 2020. Revised: December 24, 2020. Accepted: December 31, 2020.

ABSTRACT

This study was conducted to observe the changes in radiation exposure dose and image quality of pediatric patients according to the presence and size of the gonadal shield when using the AEC system. X-ray equipment was used to measure the radiation exposure dose in the abdominal and gonads of the pediatric phantom when no shielding body was used and when three different sizes of shielding body were used, and SNR and CNR were measured through the obtained images. As a result of the study, the radiation exposure dose to the gonads decreased in proportion to the size of the radiation shield, but the radiation exposure dose to the abdomen was rather increased, and the image quality did not change. It is recommended to use a shield with a size optimized for the age, weight, and body size of the pediatric patient so as not to be overexposed by the increased radiation due to the radiation shield due to the use of the AEC System. For this purpose, information about the pediatric patient with the nurse It is believed that exchange is necessary.

Keywords: AEC system, Pediatric patients, DAP, Radiation shield, Exposure dose

I. INTRODUCTION

세계 여러 나라에서는 이러한 방사선 피폭을 우려하여 진료의 이득을 손상하지 않는 범위 내에서 가능한 피폭선량을 최소화하여 환자와 방사선 종사자들의 방사선으로 인한 확률적 영향을 최소화하기 위한 여러 가지 노력들을 강구하고 있다^{1,2}. 그러나 실제 임상에서는 방사선 촬영조건을 감소시킬수록 영상이 선명하지 않고 잡음이 증가하기 때문에 상대적으로 높은 방사선 촬영 조건으로 검사를 하는 경향이 있다³. 실제로 EU 또는 OECD에서 수행된 연구에 따르면, 환자 노출선량은 같은 방사선 촬영에서도 병원에 따라 평균적으로 10~20배 이상 달라질 수 있으며, 최고 약 50배까지 차이가 났다고 밝혔다^{4,5}.

병원마다 각기 다른 방사선 촬영조건으로 인한 방사선 피폭을 방지하고 영상의 질을 일정하게 유지하고 노출의 적정화를 통하여 환자의 피폭선량을 감소시키고자 현재 자동선량노출제어장치(Auto Exposure Control ; AEC)를 이용하여 검사하고 있다⁶. 그러나 AEC를 사용한 상태로 환자에게 방사선 차폐체나 조영제 등의 방사선비투과물질을 적용하게 되면 검출되는 방사선량의 감소로 인하여 화질이 감소되는 것을 보상해주기 위하여 촬영조건이 증가하게 되어 환자의 피폭은 증가하게 된다^{7,8}.

이러한 방사선 차폐체는 성인보다는 소아환자에게 많이 사용되고 있으며 소아 환자의 신체 크기에 따라 적용되는 방사선 차폐체의 크기도 다양하다. 이에 촬영실마다 여러 가지 크기의 방사선 차폐체를 구비하고 사용하고 있다. 그러나 앞서 말했듯이 차폐체가 커지게 되면 검출되는 방사선량의 감소

* Corresponding Author: Yong-Ki Lee

E-mail: yklee@chsu.ac.kr

Tel: +82-10-4463-1980

로 이어지게 되고 이는 화질의 보상을 위해 촬영조건이 증가되어 소아 환자의 피폭이 증가되는 결과로 이어지게 된다.

이에 본 연구에서는 소아 팬텀을 사용하여 차폐체가 없을 때와 다양한 크기의 차폐체를 사용했을 때의 방사선 피폭량과 신호대잡음비와 대조도대잡음비를 측정하고 평가하여 AEC 사용으로 인한 생식선 차폐체의 적용 유무와 크기 변화에 따른 소아 환자의 표면선량과 화질의 변화를 알아보기 위하여 실시하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 연구 장비

Ceiling Digital X-ray GC70(Samsung, Korea)를 사용하였으며, 인체등가물질로 만들어진 Pediatric Phantom(Model 706-G, CIRS, Norfolk, Virginia)을 사용하였다. OSLD nanoDot(Landauer Co., Glenwood, IL, USA)을 사용하여 피폭선량을 측정하였으며, OSL Microstar Reading System(Landauer Co., Glenwood, IL, USA)과 OSL ANNEALING System (Serial NO : HA-ONH001, Hanil Nuclear Co., Korea)을 이용하여 선량을 판독 및 소거하였다. 또한 1 mm 두께의 납을 3개의 크기(60×65, 70×80, 90×110 cm)의 사이즈로 차폐 제작하여 사용하였다.

2. 연구 방법

Fig. 1과 같이 Pediatric Phantom의 복부와 생식선 위치에 각 2개의 OSLD nanoDot를 부착한 뒤 차폐체가 없을 때와 3가지 크기의 차폐체로 차폐했을 때 72kVp, SID(110cm), Radiation Field (14*14 Inch), AEC (used)의 촬영 조건으로 실험의 재현성을 위하여 10회 반복 촬영하였다. 촬영 후 OSLD를 Reading System을 이용하여 선량을 측정하였고, 이 측정값을 실험 전 측정한 OSLD nanoDot의 Background Dose를 제외하고 10으로 나누어 평균값을 데이터로 사용하였다. 20회 반복 실험하였으며, 촬영된 모든 영상은 DICOM 파일로 저장하였다.

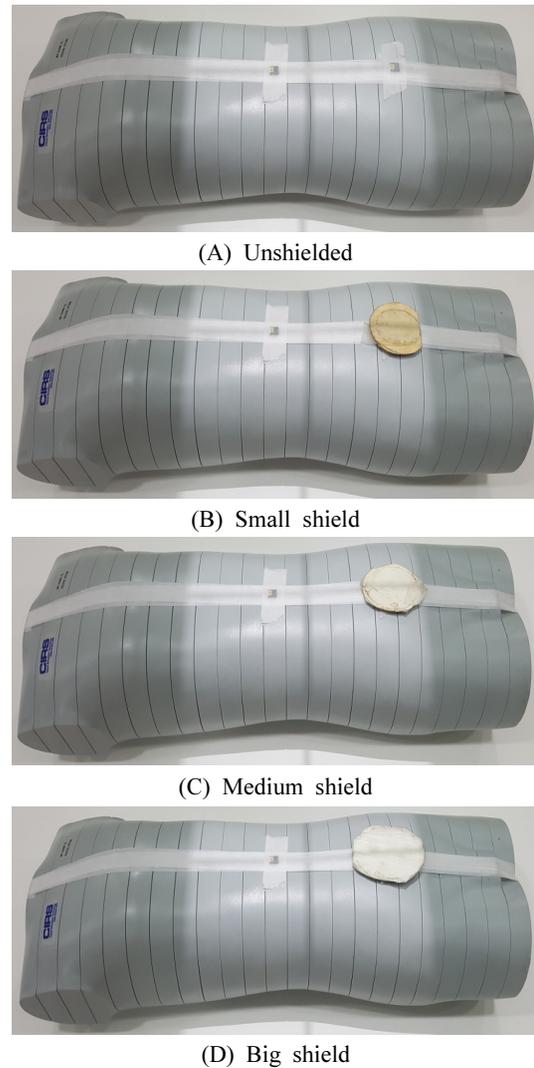


Fig. 1. Phantom image according to shield.

Fig. 2와 같이 얻어진 팬텀 영상에서 Image J를 이용하여 100 mm²의 크기의 관심영역을 양쪽 상단에 지정하여 백그라운드 신호의 평균과 표준편차를 측정하였으며, 동일한 크기의 관심영역을 팬텀의 3번 요추 높이의 양측 중앙에 2개의 관심영역을 지정하여 신호의 평균값과 표준편차를 측정하였다. 측정된 관심영역의 신호의 평균과 표준편차를 이용하여 SNR과 CNR을 측정하였다.

통계방법으로 SPSS ver.23.0 (IBM Co, Chicago, USA)을 이용하여 차폐체의 유무와 크기에 따른 표면선량과 화질의 변화를 원배치 분산분석(One Way Analysis of Variance; ANOVA)을 이용하여 통계적 유의성을 검증하였으며, 신뢰구간을 95%로 정하여

p-value가 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판정하였다.

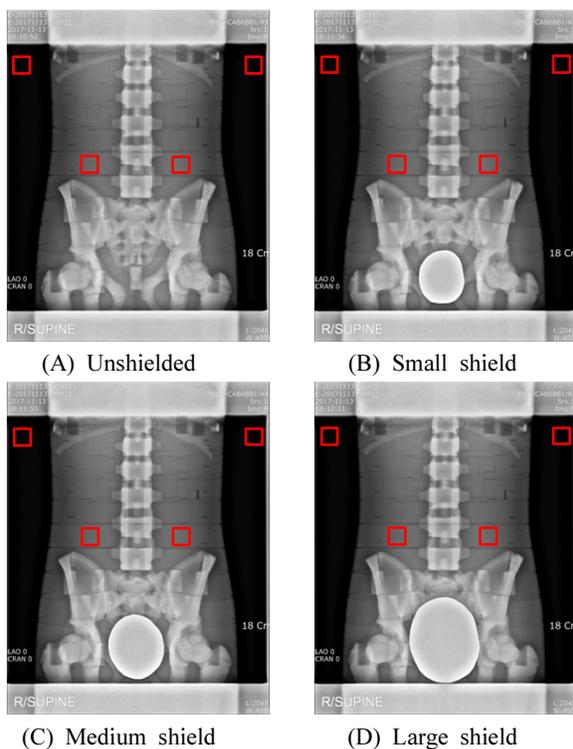


Fig 2. Radiation image according to shield size

$$SNR = \frac{ROISIAvg - BackgroundSIAvg}{BackgroundROISD} \quad (1)$$

$$CNR = \frac{ROISIAvg - BackgroundSIAvg}{\sqrt{(ROISDAvg^2 + BackgroundSDAvg^2)}} \quad (2)$$

III. RESULT

1. 표면선량 변화

Table 1과 같이 차폐체가 없을 때와 3가지 크기의 차폐체로 차폐했을 때 표면선량의 변화는 통계적으로 유의성이 있는 것으로 평가되었다(p<0.05).

Table 1. Results of ESD measurement (Unit : μSv)

	Shield	N	Mean	SD	p	Tukey
Abdomen	none ^a	40	2102.48	283.66	0.000	a<b<c, d
	small ^b	40	2140.35	241.55		
	middle ^c	40	2182.46	108.98		
	large ^d	40	2190.58	214.24		
Gonad	none ^a	40	1610.40	448.91	0.000	d<c<b<a
	small ^b	40	198.59	151.40		
	middle ^c	40	148.10	87.38		
	large ^d	40	91.28	45.53		

2. 면적선량 변화

Table 2와 같이 차폐체가 없을 때와 3가지 크기의 차폐체로 차폐했을 때 면적선량의 변화는 통계적으로 유의성이 있는 것으로 평가되었다(p<0.05).

Table 2. Results of DAP measurement (Unit : mGy·cm²)

	Shield	N	Mean	SD	p	Tukey
DAP	none ^a	40	3.21	.01	0.000	a<b,c<c,d
	small ^b	40	3.23	.01		
	middle ^c	40	3.24	.01		
	large ^d	40	3.25	.03		

3. 화질 변화

Table 3과 같이 차폐체가 없을 때와 3가지 크기의 차폐체로 차폐했을 때 화질의 변화는 통계적으로 유의성이 없는 것으로 평가되었다(p<0.05).

Table 3. Results of image quality (Unit : μSv)

	Shield	N	Mean	SD	p
SNR	none	40	24.33	0.94	0.054
	small	40	24.01	0.80	
	middle	40	24.47	0.53	
	large	40	23.97	0.68	
CNR	none	40	22.24	0.70	0.070
	small	40	22.10	0.71	
	middle	40	22.52	0.50	
	large	40	22.05	0.78	

IV. DISCUSSION

방사선 촬영으로 인하여 받게 되는 방사선 피폭 선량의 축적은 미량이라도 암 발생의 원인이 될 수 있기 때문에 이를 최소화시키는 것이 중요하다고 보고되었다⁹⁾. 특히 소아환자의 경우 방사선감수성이 성인보다 높기 때문에 이러한 방사선 피폭 경감에 대한 노력은 중요하다. 방사선 검사 중에서도 복부(Abdomen), 골반(Pelvis), 고관절(Hip joint) 부위의 방사선 촬영을 하게 되면 남자와 여성은 골반강 안쪽에 위치해 있는 고환의 정소와 난소에 직접적으로 방사선 피폭을 받게 된다. 특히 소아 환자는 방사선 감수성이 성인보다 더욱 예민하기 때문에 각별한 피폭 관리가 필요하여 생식선 피폭의 영향을 최소화하기 위해 생식선 차폐체를 적극적으로 사용하고 있다¹⁰⁾.

이러한 생식선 차폐로 인하여 고환에 대한 피폭 선량을 약 95%까지 감소시킬 수 있으며, 난소에 대한 피폭선량을 약 50%까지 매우 효과적으로 감소시킬 수 있다고 보고되었다¹¹⁾. 본 연구 결과에서도 생식선 차폐체 유무에 따라 생식선의 표면선량이 각각 87.66, 90.80, 94.33%로 감소하였으며, 차폐체의 사용 유무와 크기 변화로 인한 화질 차이는 나타나지 않아 차폐체의 뛰어난 차폐효과를 확인할 수 있었으나, 사용된 방사선 차폐체 크기만큼 진단 정보가 소실되어 나타나 판독 의사의 업무에 지장을 줄 수 있다고 사료 된다. 실제로 또한 방사선 차폐체가 소아의 골수염 병변을 가려 진단에 영향을 끼쳤다고 보고하였으며¹²⁾, 정확한 생식선의 차폐를 시행하기 위해서는 환자의 신장과 연령, 체중에 따라 차폐체를 제작하고 사용해야 한다고 보고하였다^{13,14)}. 이러한 환자의 정보는 간호사가 가장 정보를 많이 접하고 있어 방사선 촬영실에 갈 때는 이러한 환자의 신장과 연령, 체중에 대한 정보를 방사선사에게 제공하는 것도 한 방법이라고 생각된다. 또한 생식선은 성적으로 민감한 부위이기 때문에 측정이 어렵고 육안으로 확인이 불가능하여 방사선사는 대략적인 위치를 추정하여 차폐체를 위치시키고 검사를 진행하고 있어 생식선 부위를 정확하게 차폐하지 못한다는 문제점이 있다¹⁵⁾.

본 연구결과 차폐체를 사용하지 않았을 때보다 사용했을 때 생식선의 피폭선량이 감소하는 것을 확인할 수 있었으나, 차폐체의 크기가 커짐에 따라 복부에서의 표면선량이 차폐체의 크기에 비례하여 0.02, 0.04, 0.04% 소폭으로 증가하였다.

이와 관련된 선행연구로 자동선량노출장치(AEC)로 인하여 방사선 피폭선량이 감소될 수 있으나 이와 반대로 증가할 수 있다고 보고되었으며¹⁶⁾, AEC 사용으로 인한 생식선의 방사선 피폭을 줄이기 위하여 환자의 머리 방향을 바꾼 상태에서 방사선 촬영을 시행한 결과 생식선의 방사선량은 감소되었으나, 갑상선과 유방의 피폭선량은 오히려 증가하였다고 보고하였다¹⁷⁾. 이상의 결과를 보았을 때 우리는 가능한 방사선 영상의 진단 정보가 손실되지 않으며, 방사선 피폭까지 고려된 최적화된 적절한 크기의 방사선 차폐체를 사용해야 한다.

V. CONCLUSION

AEC를 사용했을 때 생식선의 표면선량이 차폐체의 크기에 비례하여 87.66, 90.80, 94.33%로 감소하여 차폐체의 크기가 커질수록 차폐효과가 뛰어난 것을 알 수 있었다. 그러나 복부의 표면선량이 차폐체의 크기에 비례하여 각각 1.80%, 3.80%, 4.19%로 소폭으로 증가하였다. 그러나 차폐체로 인한 화질의 변화는 없었다. 이에 검사에 불필요한 부위와 방사선에 민감한 부위에 피폭을 최소화 할 수 있는 방사선 차폐체는 적극 사용되어야 하지만 불필요한 방사선이 증가되지 않도록 환자마다 최적화된 크기의 차폐체를 사용하는 것이 효과적이라는 것을 확인할 수 있었다.

Acknowledgement

본 연구는 2020년도 동남보건대학교 교내연구비의 지원에 의해 수행되었다.

Reference

- [1] ICRP, "Radiological Protection and Safety in Medicine," Pergamon Press, Oxford., 1996.
- [2] ICRP, "Recommendations of International Commission

- on Radiological Protection," Pergamon Press, Oxford, 1991.
- [3] S. E. Peters, P. C. Brennan, "Digital radiography are the manufactures setting too high? Optimization of the Kodak digital radiography system with aid of the computed radiography dose index," *Eur, Radio.*, Vol. 12, No. 9, pp. 2382-2387, 2002. <https://doi.org/10.1007/s00330-001-1230-0>
- [4] UNSCEAR 2000 report, "Sources and effects of ionization radiation," Annex D Medical Radiation Exposure, NewYork., 2000.
- [5] G. Compagnone, "Comparison of radiation doses to patients undergoing standard radiographic examinations with conventional screen-film radiography computed radiography and direct digital radiography," *Br J Radiol.*, Vol. 79, No. 947, pp. 899-904, 2006. <https://doi.org/10.1259/bjr/57138583>
- [6] J. S. Lee, S. J. Ko, S. S. Kang, J. H. Kim, H. H. Park, D. Kim, C. Kim. "Evaluation of image quality for diagnostic digital chest image using ion chamber in the total mastectomy," *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 13, No. 3, pp. 204-210. 2013. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2013.13.03.204>
- [7] H. Bak, J. S. Jeon, Y. W. Kim, S. J. Jang. "Dose assessment according to Differences in the Content of Iodine in Contrast Media used in Interventional Procedure," *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 14, No. 3, pp. 337-345. 2014. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2014.14.03.337>
- [8] H. J. Yang, D, K, Han. "A Study on the Usefulness of VGR (Virtual Grid Role) Algorithm for Elevation of Image Quality in DR System," *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 14, No. 6, pp. 763-772. 2020. <https://doi.org/10.7742/jksr.2020.14.6.7630>
- [9] NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII phase 2. National Academies Press, 2006.
- [10] M. Sikand, S. Stinchcombe, P. J. Livesley, "Study on the use of gonadal protection shields during .opaediatric pelvic X-rays," *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, Vol. 85, No. 6, pp. 422-425, 2003. <https://doi.org/10.1308/003588403322520852>
- [11] ICRP. Protection of the Patient in Diagnostic Radiology, ICRP Publication 34. *Annals of the ICRP*, 9. 2/3, 1982.
- [12] M. J. Frantzen, S. Robben, A. A. Postma, J. Zoetelief, J. E. Wildberger, G. J. Kemerink. "Gonad shielding in paediatric pelvic radiography: disadvantages prevail over benefit," *Insights into imaging*, Vol. 3, No. 1, pp. 23-32. 2012. <https://doi.org/10.1007/s13244-011-0130-3>
- [13] S. H. Chui, J. E. Park, W. K. Chun, Y. J. Ju, N. H. Yang, K. R. Dong. "Usability evaluation through gonad shielding production of pediatric patients by gender and age rating," *Journal of Radiation Industry*, Vol. 9, No. 2, pp. 69-75, 2015.
- [14] J. H. Kwak, C. H. Park, D. H. Moon. "Pelvic Measurement Indicators to Produce the Gonad Protection of Female Infants," *J. Korean Soc. Radiol.*, Vol. 10, No. 2, 100-107. 2016. <https://doi.org/10.7742/jksr.2016.10.2.101>
- [15] S. L. Fawcett, S. J. Barter. "The use of gonad shielding in paediatric hip and pelvis radiographs," *BJR* Vol. 82, No. 977, pp. 363-370. 2009. <https://doi.org/10.1259/bjr/86609718>
- [16] H. Bak, J. S. Jeon, Y. W. Kim, S. J. Jang. "Dose assessment according to Differences in the Content of Iodine in Contrast Media used in Interventional Procedure," *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 14, No. 3, pp. 337-345. 2014. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2014.14.03.337>
- [17] K. K. Fung, W. B. Gilboy, "Anode heel effect on patient dose in lumbar spine radiography," *Br J Radiol* Vol. 73, No. 869, pp. 531-536, 2000. <https://doi.org/10.1259/bjr.73.869.10884750>

소아 환자에서 방사선 차폐체로 인한 피폭선량과 화질의 변화

이영희,¹ 이용기^{2,*}

¹동남보건대학교 간호학과

²충북보건과학대학교 방사선과

요 약

본 연구는 자동노출선량장치를 사용했을 때 생식선 차폐체의 유무와 크기 변화에 따른 소아 환자의 방사선 피폭선량과 화질의 변화를 관찰하기 위하여 수행되었다. X-ray 장비를 이용하여 소아 팬텀의 복부와 생식선에서 차폐체가 없을 때와 3가지 크기의 차폐체를 사용했을 때의 방사선 피폭선량을 측정하였으며, 얻어진 영상을 통하여 SNR과 CNR을 측정하였다. 연구 결과 방사선 차폐체의 크기에 비례하여 생식선의 방사선 피폭선량은 감소하였으나 복부의 방사선 피폭선량은 오히려 증가되는 것으로 나타났으며 화질의 변화는 나타나지 않았다. AEC System 사용으로 인하여 방사선 차폐체로 인하여 증가된 방사선으로 인하여 과 피폭되지 않도록 소아 환자의 연령과 몸무게, 신체 크기에 최적화된 크기의 차폐체를 사용하는 것이 효과적이라는 것을 확인할 수 있었다.

중심단어: 자동선량조절, 소아환자, 면적선량, 방사선차폐체, 피폭선량

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	이영희	동남보건대학교 간호학과	교수
(교신저자)	이용기	충북보건과학대학교 방사선과	교수