

Evaluation of Scattered Rays of Jelly Type Shielding Body by L-spine AP using X-ray

Hui-Min Jang, Do-Gwon Kim, Hyeong-Bin Kim, Joon Yoon*

Department of Radiological Science, Dongnam University

Received: December 01, 2020. Revised: December 24, 2020. Accepted: December 31, 2020.

ABSTRACT

There have been continuous controversies on medical X-ray protection and numerous researchers have been trying to prevent unnecessary exposure to radiation. As X-ray passes through the patient and obtains an image, it creates scattered ray due to interactions such as photoelectric effect and Compton scattering with the subject.

As a result, both medical radiation staff and patient are exposed to unnecessary radiation on areas other than the target area. In response, this study will be assuming a body of a female, radiating X-ray on the phantom under the conditions of lumbar spine AP test, and measuring scattered ray around breasts and thyroid glands. Then, The experiment results were as follows. After application of non-shielding material, the average of scattered ray was 0.88 mR in thyroid measurement, 3.34 mR, Lt Axillary 3.54 mR, and Rt Axillary 3.03 mR in mammary measurement but, After application of shielding material, the average of scattered ray was 0.16 mR in thyroid measurement, 0.60 mR, Lt Axillary 0.64 mR, and Rt Axillary 0.54 mR in mammary measurement showing average scattered ray protection effect of about 82%. This study suggested the manufacturing method of a Jelly-type shielding material, identified the possibilities of researches on mixing various substances with radiology field, and verified the usability of the Jelly-type shielding material as a substitute for existing protection tools.

Keywords: Radiation shielding, scattering rays, jelly type shielding, Lumbar spine AP examination

I. INTRODUCTION

현대의학 분야에서 X선은 질병의 진단 및 치료에 있어서 방사선학적 검사에 많이 이용되고 있다. 하지만 전리 방사선인 X선은 환자 및 보호자, 방사선 작업 종사자 등에게 방사선 피폭을 야기하고 있다^[1-3].

질병의 진단에 필요한 1차 X선에 의한 피폭은 어쩔 수 없으나 조사야 외 인체부위에 산란선에 의한 저 선량 피폭이 발생하고 있으며 이 피폭이 체내에 누적될 경우 무시할 수준이 아닌 방사선에 노출될 가능성이 크다. 저 선량의 방사선피폭을 지속적으로 받는다면 방사선 피폭의 확률적 영향으로

발암의 가능성을 높인다^[4,5]. 특히, 요추가 위치한 인체 허리 부분이나 골반 등 비교적 두꺼운 인체부에서 발생하는 산란선은 그 양이 소량일지라도 여성의 경우에는 방사선 감수성이 높은 유선조직이나 갑상선, 액와의 림프절에서 발암의 가능성이 더욱 높아질 위험이 있다^[6].

하지만 일반촬영에서의 X선 차폐 현실은 소아생식선과 반드시 필요할 경우 임신부에 차폐를 실시하는 정도이다. 그리고 차폐체는 고형의 금속성 차폐체가 대부분이라 인체의 굴곡에 밀착이 어려워 차폐체면과 인체 사이의 공간으로 산란선이 침투하여 방사선성 감수성이 높은 유방, 갑상선, 액와 림프절에 불필요한 피폭에 따른 위험 요소가 크다.

* Corresponding Author: Yoon Joon

E-mail: gmlals815@naver.com

Tel: +82-7449-1815

따라서 본 연구에서는 인체의 곡면을 따라 차폐가 가능한 차폐체를 액상실리콘, 산화납, 황산바륨과 혼합하여 일반촬영에 산란선 피폭저감을 위한 Jelly type의 방사선 차폐체를 제작하고 산란선의 저감을 확인하고자 한다. 황산바륨은 무색의 결정으로 물에 잘 녹지 않으며, X선의 흡수력이 크고 임상에서 조영제로 사용되는 인체에 무해한 재료이며,^[7] 산화납은 원자번호가 높고 분말 형태인 관계로 효과적인 방사선차폐를 기대할 수 있으며 액상실리콘과 잘 교반 되어 실리콘의 물성을 가지면서도 동시에 납의 차폐효과를 그대로 가질 수 있는 물질이다. 또한 무독성 액상실리콘을 베이스(matrix)로 사용하고 비교적 가격이 저렴한 PbO 분말과 BaSO₄를 사용함으로써 차폐체 생산가격을 획기적으로 낮출 수 있는 보급성이 우수한 것이 특징이며, 전술한 바와 같이 실리콘의 물성을 그대로 가지고 있어 인체의 굴곡을 따라 방사선차폐가 필요한 부위에 원하는 두께로 성형이 가능하다는 것 역시 장점이 될 수 있다.

이에 본 연구에서는 여성의 인체를 대신할 팬텀에 요추정면의 검사 조건으로 X선을 조사한 후, 유방, 갑상샘, 액와 림프절 부위 근처의 산란선을 측정하고, 이 측정치를 jelly type 차폐체의 적용 전후와 비교 분석하여 요추정면 검사 시 조사야 이외의 부위에서 불필요한 피폭을 일으키는 산란선 차폐효과를 확인하는 것이 목표이다.

II. MATERIAL AND METHODS

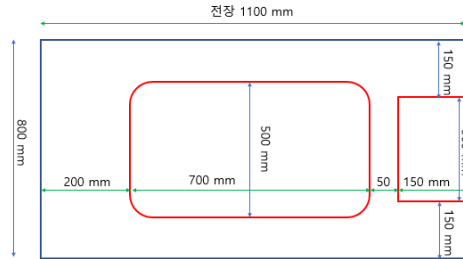
2.1 차폐체 제작을 위한 아크릴틀 제작

가로 1100 mm * 세로 800mm, 두께 3mm 아크릴 판 2장을 겹쳐 1장의 아크릴판 중심을 700 mm * 500 mm 만큼의 면적을 만들고, Fig. 1-(a)의 도면을 설계하여 Fig. 1-(b)와 같은 아크릴판 틀을 제작하였다.

2.2 차폐체 제작

차폐체 제작을 위해 Fig. 1-(b)의 틀에 액상실리콘 700g, 황산바륨(BaSO₄) 100 g, 산화납(PbO) 200 g, 액상실리콘 경화제 15 g을 Table 1의 비율처럼

혼합하여 틀에 도포한 뒤 경화를 위해 24시간 동안 건조시켜 Fig. 2와 같은 차폐체를 제작하였다.



(a) acrylic floor plan



(b) acrylic frame

Fig. 1. acrylic frame fabrication.

Table 1. Mixed of materials

Materials	Value (%)
Silicone	70
PbO	20
BaSO ₄	10



Fig. 2. Jelly type shielding sheet.

3. 연구대상

여성 요추정면 촬영 조사야 외의 산란선을 측정하기 위해 인체모형 팬텀을 이용하여 갑상선, 유방, 왼쪽, 오른쪽 겨드랑이를 10회씩 측정하여 방사선 조사 중 발생하는 산란선을 측정하였다.

4. 선량의 측정

제작된 Jelly type의 차폐성능을 확인하기 위해 X선 발생장치(E7252X Toshiba, Japan), 선량측정용 전리함(ASM 990, Fluke, USA)을 이용하여 요추정면 촬영의 Digital radiography 방식의 일반 X선 촬영 검사조건으로 82 kVp, 32 mAs로 X선을 조사하였으며 X선원과 차폐체의 거리를 100 cm, 차폐체와 전리함 중심과의 거리를 50 mm 이상, 전리함 중심에서 뒤쪽 벽면 또는 바닥면까지의 거리를 70 cm 이상으로 하여 각 Fig 3의 그림처럼 각 부위의 산란선을 측정하고 선량의 평균치를 구하였다.

Table 2. Parameter for Dose measurement

Parameter	Value
Tube voltage (kVp)	83
Tube current (mAs)	32
Exposure time (msec)	100
filter (mmAl)	2.33

4.1 차폐율 평가

차폐체의 차폐율 공식은 Eq. (1)식 과 같이 계산하였다.

$$\text{Shielding Rate (\%)} = \frac{(D_A - D_a)}{D_A} * 100 \quad (1)$$

D_A is radiation dose and dose rate as measured at the shielding

D_a is radiation dose and dose rate as measured at the non-shielding



(a) Thyroid



(b) Mammary



(c) Lt. Axillary



(d) Rt. Axillary

Fig. 3. Dose measurement by region.

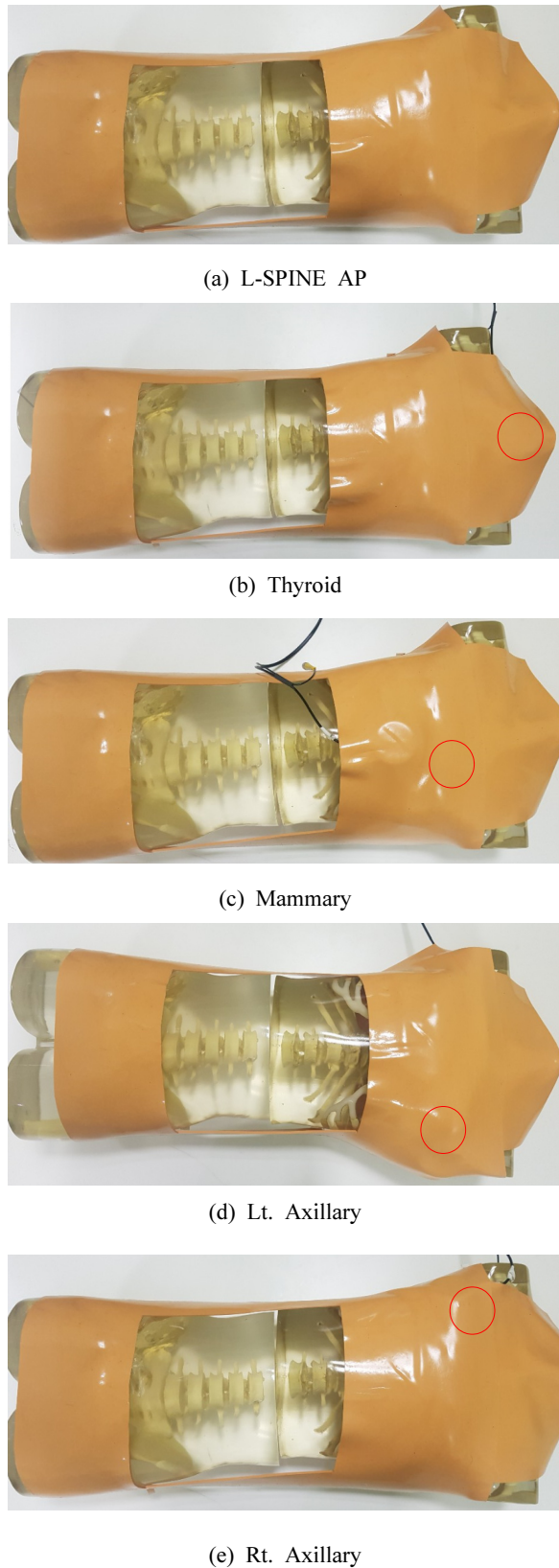


Fig. 4. Dose measurement by region of shield.

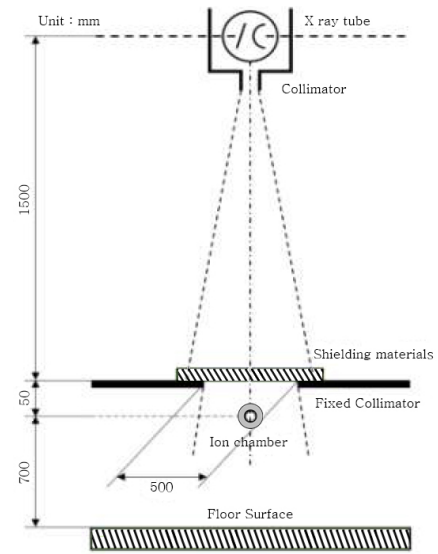


Fig. 5. Measuring arrangement for radiation shielding sheet.



Fig. 6. Dosimeter tool.

III. RESULT

1. 차폐체 미적용시 조사야 외 산란선 차폐율 결과

차폐시트를 적용하지 않은 요추정면촬영 외의 산란되는 부위를 측정된 결과는 Table 3과 같았다.

83 kVp, 32 mAs에서 각각의 부위를 10회씩 측정된 결과. 갑상선 측정시 0.88 mR. 유방 측정시 3.34 mR. 왼쪽 겨드랑이 측정시 3.54 mR, 오른쪽 겨드랑이 측정시 3.03 mR의 산란선 평균값을 나타내었다.

Table 3. The results of the radiation dose with non shielding sheet tests (83 kVp, 32 mAs)

ROI	Thyroid	Mammary	Lt. Axillary	Rt. Axillary
1	0.975	3.97	3.60	3.01
2	0.987	3.28	3.58	3.01
3	0.975	3.27	3.58	3.03
4	0.987	3.29	3.57	3.00
5	0.994	3.32	3.56	3.06
6	0.983	3.32	3.57	3.04
7	0.990	3.25	3.57	3.08
8	0.994	3.33	3.57	3.03
9	0.996	3.20	3.45	3.06
10	0.985	3.21	3.44	3.03
average (mR)	0.88 mR	3.34 mR	3.54 mR	3.03 mR

2. 차폐체 적용시 조사야 외 산란선 차폐율 결과

제작한 차폐시트를 적용하여 동일한 조건으로 측정된 결과는 Table 4와 같았다. 갑상선 측정시 평균 0.16 mR, 오른쪽, 왼쪽 유방 측정 시 평균 0.60 mR, 왼쪽 겨드랑이 0.63 mR, 오른쪽 겨드랑이 0.54 mR의 산란선 평균을 Table 4와 같이 나타내었으며 약 82%의 산란선 차폐효과를 확인 할 수 있었다.

Table 4. The results of the radiation dose with jelly type shielding sheet tests (83 kVp, 32 mAs)

ROI	Thyroid	Mammary	Lt. Axillary	Rt. Axillary
1	0.175	0.71	0.648	0.54
2	0.177	0.59	0.644	0.54
3	0.175	0.58	0.644	0.54
4	0.177	0.59	0.642	0.54
5	0.179	0.60	0.640	0.55
6	0.176	0.60	0.642	0.54
7	0.178	0.58	0.642	0.55
8	0.179	0.50	0.642	0.54
9	0.180	0.57	0.621	0.55
10	0.177	0.57	0.619	0.54
average (mR)	0.16 mR	0.60 mR	0.63 mR	0.54 mR

차폐체를 적용하였을 때와 하지 않았을 때를 비교한 결과 차폐체를 적용하였을 때의 선량이 확실히 감소되었다는 것을 Fig. 7과 같이 확인할 수 있다.

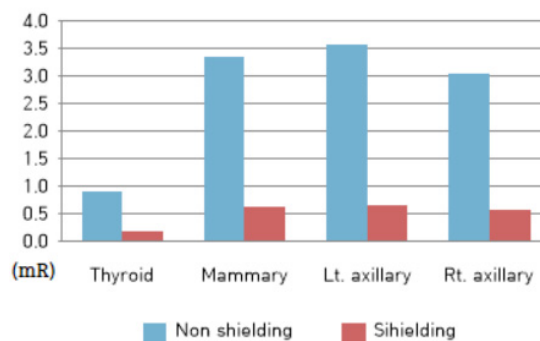


Fig. 7. Comparative Evaluation of Shielding System with Non-shielding

IV. DISCUSSION

의료용 X선 방호는 끊임없이 논쟁이 되고 불필요한 피폭을 막으려는 노력은 많은 연구자들의 관심사였다. X선은 환자를 투과하고 영상을 얻기까지 피사체와 광전효과, 콤프턴산란 등의 상호작용을 하여 산란선을 만든다⁸⁾. 이 때문에 의료방사선 종사자뿐만 아니라 검사를 받는 환자도 환부 외 영역에 불필요한 산란선 피폭을 받게 된다. 하지만 방사선 촬영시 조사야 이외의 부위는 차폐를 전혀 하지 않고 2차 산란선에 그대로 노출되어 왔다. 그렇지만 피폭 선량을 1%라도 줄이고자 하는 노력에도 불구하고 일반촬영 시 특히, 선량이 비교적 높은 요추 등의 촬영에는 조사야 외 부위를 차폐하지 않고 있다. 또한 피폭을 줄이기 위한 선행연구가 진행되어 왔지만 비스무스, 텅스텐 또는 실리콘 재질의 차폐체 제작의 제작과정이 까다롭고 제작비용이 고가인 제한점을 가지고 있으며^{9,10)}, 종래의 금속형 차폐체들은 굴곡이 있는 유방이나 림프절이 많이 집중된 겨드랑이 같은 부위를 차폐하기에는 제한이 있었다. 또한 선량과 함께 필수적인 영상평가를 하지 않아 제한점이 따랐다. 이에 본 연구에서는 제작된 차폐체의 특성인 담요와 같이 인체를 따라 밀착되는 점과 기존 방호도구의 제한점을 보완할 수 있으며, 종래 납 방사

선 차폐체가 가진 갈라짐, 유해성, 무거움 등을 해결할 수 있는 Jelly type이 차폐체를 고안함과 동시에 Jelly type의 차폐체를 적용하였을 때와 하지 않았을 때의 산란선 차폐율을 측정하여 차폐체의 유용성 평가를 수행하고자 하였다. 실험 결과 차폐체를 적용하지 않고 조사야 외의 10회 평균 산란선을 측정한 결과로는 갑상선 0.88 mR, 유방 3.34 mR, 왼쪽 겨드랑이 3.54 mR, 오른쪽 겨드랑이 3.03 mR의 산란선 평균을 구하였으며 동일한 조건으로 차폐체를 적용한 결과로는 갑상선 0.16 mR, 유방 0.60 mR, 왼쪽 겨드랑이 0.63 mR, 오른쪽 겨드랑이 0.54 mR의 산란선 평균을 구하였으며 82% 이상 차폐율을 확인할 수 있었다. 향후 기존 방호도구와 비교하여 Jelly type의 차폐체와의 요추 정면, 측면, 경사면 검사뿐만 아니라 일반촬영에서 발생하는 산란선 피폭을 방어하는 훌륭한 도구가 될 수 있으며 일반촬영에도 불필요한 피폭은 막아야한다는 경각심을 불러일으켜 좀 더 안전한 진단용 방사선사용을 기대할 수 있을 것이다.

V. CONCLUSION

본 연구를 통해 Jelly type 차폐체의 제작 방법을 제시하였으며 제작된 차폐체의 특성으로 밀착되는 점과 기존 방호도구의 제한점을 보완할 수 있어, 굴곡이 있는 Mammary나 림프절이 많이 집중된 Axillary 같은 부위에 적용하여 발생하는 산란선 발생률을 감소시킬 수 있음을 확인하였다.

Reference

- [1] Seo Goo Jang, Su Chul Han, Sung Jin Kang, Sungwook Lim, Sung Soo Lee, "Preliminary Study for Development of Low Dose Radiation Shielding Material Using Liquid Silicon and Metallic Compound, Vol. 40, No. 3, pp. 461-467, 2017. <http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2017.40.3.14>
- [2] S. R. Do, P. G. Cho, S. J. Kim, D. K. Jung, "Measurement of Spatial Scattered Dose Distribution According to Presence or Absence of Radiation Shielding in the Operating Room", Journal of Radiological Science and Technology, Vol. 40, No. 4, pp. 549-556. 2017. <http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2017.40.4.03>
- [3] Hiroshige Mori, Kichiro Koshida, Osamu Ishigamori, Kosuke Matsubara, "Evaluation of the effectiveness of X-ray protective aprons in experimental and practical fields", Radiological Physics and Technology, Vol. 7, No. 1, pp. 158-166, 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/s12194-013-0246-x>
- [4] Kyung Hyun Do, "The health effects of low-dose radiation exposure", Vol. 54, No. 12, pp. 1253-1261, 2011. <http://dx.doi.org/G704-002228.2011.54.12.006>
- [5] Yong-In Cho Kim, Jung Hoon Kim, "Evaluation of the Effectiveness of 3D Printing Shielding Devices using Monte Carlo Simulation in Plain Radiography", Vol. 14, No. 3, pp. 303-311, 2020. <http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2020.14.3.303>
- [6] Jae yong Je, Ho won Jang, "A Study on the Reduction of Scattered Ray in Outside Radiation Field. Journal of the Korean Society of Radiology", Vol. 10, No. 7, pp. 539-554, 2016. <http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2016.10.7.539>
- [7] Seon Chil Kim, Myeong Hwan Park, "Development of Radiation Shield with Environmentally-Friendly Materials; I : Comparison and Evaluation of Fiber, Rubber, Silicon in the Radiation Shielding Sheet", Vol. 33, No. 2, pp. 121-126, 2010, <http://dx.doi.org/G704-001962.2010.33.2.006>
- [8] Sung Kwan Choi. "Change of the Scattered Dose by Field Size in X-ray Radiography", Vol. 13, No. 3, pp. 198-203, 2013. <http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2013.13.03.198>
- [9] H. H. Park, "The Evaluation of Performance and Usability of Bismuth, Tungsten Based Shields," Journal of Radiological Science and Technology", Vol. 41, No. 6, pp. 611-616, 2018. <http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2018.41.6.611>
- [10] Tae-Jin Choi, Young-Kee Oh, Jin-Hee Kim, Ok-Bae Kim, "Development of Lead Free Shielding Material for Diagnostic Radiation Beams", Vol. 21, No. 2, pp. 232-237, 2010. <http://dx.doi.org/G704-001446.2010.21.2.001>

L-Spine X-선 촬영에서의 Jelly type 차폐체의 산란선 차폐평가

장희민, 김도권, 김형빈, 윤 준*

동남보건대학교 방사선학과

요 약

의료용 X선 방호는 끊임없이 논쟁이 되고 불필요한 피폭을 막으려는 노력은 많은 연구자들의 관심사였다. X선은 환자를 투과하고 영상을 얻기 까지 피사체와 광전효과, 콤프턴산란 등의 상호작용을 하여 산란선을 만든다. 이 때문에 의료방사선 종사자뿐만 아니라 검사를 받는 환자도 환부 외 영역에 불필요한 산란선 피폭을 받게 된다. 이에 본 연구는 본 연구에서는 여성의 인체를 가정하여, 요추정면 검사 조건으로 X선을 팬텀에 조사한 후 유방근처의 산란선과 갑상샘 근처의 산란선을 측정하였다. 이후 jelly type의 차폐체를 제작하여 산란선 차폐 및 방사선감수성이 높은 부위에서 차폐효과를 확인하는 것이 목표이다, 실험결과 차폐체를 적용하였을 때의 갑상선 측정시 평균 0.16 mR, 왼쪽, 오른쪽 유방 측정 시 평균 0.6 mR, 왼쪽 겨드랑이 0.64 mR, 오른쪽 겨드랑이 0.54 mR의 산란선 평균을 나타내었으며 약 82%의 산란선 차폐효과를 확인 할 수 있었다. 향후 기존 방호도구와 비교하여 Jelly type의 차폐 체와의 요추 검사에서 발생하는 피폭의 차폐율을 비교하여 기존 방호도구를 대체할 방안으로 제시 될 수 있을 것으로 사료된다.

중심단어: X선 차폐, 산란선, Jelly type 차폐체, 허리뼈 AP 검사

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	장희민	동남보건대학교 방사선과	학부생
(공동저자)	김도권	동남보건대학교 방사선과	학부생
	김형빈	동남보건대학교 방사선과	학부생
(교신저자)	윤 준	동남보건대학교 방사선과	교수