

<원저>

유방엑스선검사 시 유방, 갑상샘, 안구 피폭선량 감소를 위한 차폐체 비교

안세정¹⁾·안성민²⁾¹⁾가천대길병원 영상의학과·²⁾가천대학교 방사선학과

Comparison of Shield of Breast, Thyroid, Eyes for Exposure Dose Reduction in Mammography

An Se-Jeong¹⁾·Ahn Sung-Min²⁾¹⁾Department of Radiology, Gachon University Gil Medical Center²⁾Department of Radiological Science, Gachon University

Abstract This study was conducted to reduce the exposure dose to the breast and adjacent organs as the number of Mammography increased. Therefore, it has been designed a shield in lead, bismuth + tungsten, and bismuth that does not require to be equipped by the patient, in which each type of shield was compared and analyzed of radiation exposure dose to breast, thyroid, and eye. Using a mammography machine, optically stimulated luminescent dosimeter(OSLD) was inserted to bilateral breast, thyroid, and eye of a dosimetry phantom to measure dose radiated onto the phantom. Shielding device was made in different thickness of 2mm, 3mm, and 5mm and dose evaluation was performed by measuring the dose while using lead, bismuth, and bismuth + tungsten prosthesis. When each shields combined with shielding device, were compared of dose, all showed similar does reduction in the dose to breast, thyroid, and eye in both cranialcaudal and mediolateraloblique view. Based on the current study, bismuth and bismuth + tungsten can replace conventional lead shield and it is anticipated to safely and conveniently reduce radiation exposure to breast, thyroid, and eye with the shield that does not require to be equipped.

Key Words: Mammography, X-ray Shielding, Exposure dose, Shielding Device, Bismuth, Tungsten

중심 단어: 유방엑스선검사, 엑스선 차폐, 피폭선량, 차폐 보조기구, 비스무스, 텅스텐

1. 서론

유방암은 전 세계적으로 가장 흔한 여성암으로 발생률이 빠르게 증가하고 있어 이에 따른 조기 검진율이 증가하여 수검자의 의료방사선 피폭에 대한 관심도 높아지고 있다[1]. ICRP 103에 따르면 유방암의 위험성이 증가하여 유방의 조직가중치가 증가하였고, 유방엑스선검사 시 인접한 수정체와 갑상샘은 방사선 감수성이 높은 결정 장기이므로 방사선의 영향이 나타나기 쉽다고 하였다[2,3]. 대부분의 진단 방사선영상 검사 시 40-150 kVp의 고에너지를 사용하여 납

으로 차폐가 가능하지만, 유방엑스선검사는 27-32 kVp의 저 에너지를 사용한다는 점에서 작업 중 노출이나 체내 흡수의 위험성이 적은 비스무스와 텅스텐을 사용하여 주변 장치의 선량 감소를 기대해 볼 수 있었다[4-6]. 유방엑스선검사 시 수검자는 옷을 입지 않고 장비에 몸을 밀착시켜 검사한다. 병원에서 일반적으로 사용하는 의복형 차폐복은 직접 피부에 닿아 비위생적이고, 유방을 압박하고 있는 상태에서 차폐복이 유방을 가리지 않도록 정리하는 시간이 길어지면 수검자가 고통받는 시간도 길어지게 된다[7,8]. 따라서 기존의 의복형 차폐복을 대체 할 수 있는 보조기구를 개발하

This thesis is the master's thesis of Gachon University's Graduate School of Public Health in February 2021 by An Se-jeong.

Corresponding author: Sung-Min Ahn, Department of Radiological Science, Gachon University, 191, Hambangmoe-ro, Yeonsu-gu, Incheon, 21936, Republic of Korea / Tel: +32-820-4363 / E-mail: sman@gachon.ac.kr

Received 16 June 2021; Revised 23 June 2021; Accepted 28 June 2021

Copyright ©2021 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

고자 하였고, 유방엑스선장치에서 환자 얼굴이 영상에 겹치는 것을 방지하는 Face Block이 아크릴로 구성되어 있고 중재적 방사선 시술에서 사용하는 천장걸이 스크린이 임상 작업을 방해하지 않고 종사자 방호에 사용되고 있다는 점을 착안하였다[9,10].

이에 본 연구에서는 납을 대신할 수 있는 비스무스+텅스텐 또는 비스무스를 차폐 재료로 사용하는 보조기구를 개발하여 유방, 갑상샘, 안구의 피폭선량을 측정하고 효과가 우수한 차폐 재료를 비교하여 안전하고 간편한 피폭선량 감소 효과를 기대한다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구 장비 및 재료

유방엑스선검사 장치는 Hologic 사의 3Dimensions mammography system과 유방표준팬텀(ACR Phantom, ZV-456)을 사용하였고, 피폭선량을 측정하기 위해 Ten-Year Old Phantom (706-D & 706-G, CIRS, USA)과 OSLD nanodot 선량계를 사용하였다. 보조기구는 아크릴을 팬텀의 유방에서부터 머리까지의 높이를 세로로 하고 검출기의 가로축 최대범위를 가로로 하여 320 x 300 mm²로 하였고, 2 mm, 3 mm, 5 mm 두께별로 제작하였다. 차폐 재료는 2 mm 두께의 납 (Pb), 비스무스+텅스텐(Bi + W) 0.125 mmPb, 비스무스 (Bi) 0.06 mmPb을 사용하였다[Fig. 1].



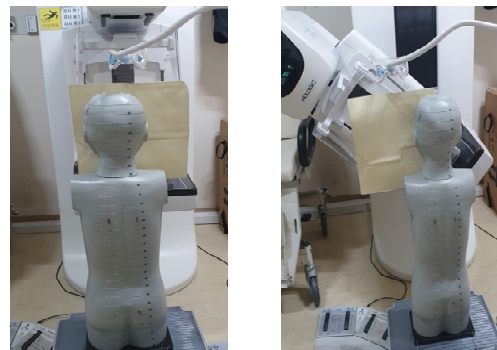
(a) Pb (b) Bi+W (c) Bi

Fig. 1. Shield Type

2. 연구 방법

유방엑스선검사 조건은 Manual Mode에서 30 kVp, 120 mAs로 일정하게 하여 ACR Phantom을 검출기 위에 올려 놓고 10 lbs로 압박하여 유방의 선량을 재현하였다. OSLD 소자는 Dosimetry Phantom의 양쪽 안구, 양쪽 갑상샘, 양쪽 유방의 각각 해당하는 위치에 넣고, 세 가지 재료에 따른 선량 변화를 알아보기 위하여 동일한 위치의 2 mm, 3 mm, 5 mm 아크릴에 Pb, Bi, Bi+W을 각각 고정하였다. Fig. 2

와 같이 Phantom의 오른쪽 유방을 기준으로 하여 상하촬영 (CranialCaudal View; CC View), Tube의 각도를 50°로 돌린 내외 사방향 촬영 (MedioLateralOblique View; MLO View)을 시행하였고, 각 실험은 모두 동일한 조건으로 5회 씩 반복 측정하였다. OSLD 소자는 Annealing 후 Reader 기에서 Background 값을 측정하였고, 실험 후에 측정된 선량에서 Background 값을 뺀 값으로 각 위치의 실제 선량을 구하였다.



(a) CC View (b) MLO View

Fig. 2. Experiment by shield type- Bismuth

3. 통계 분석

Jamovi (Ver. 1.2.27 solid) 프로그램을 사용하여 통계를 진행하였다. 통계는 Two-way ANOVA 검정을 진행하였고, F검정이 유의할 경우 Post Hoc Comparisons는 Tukey 검정을 하였다. 모든 분석에서 p값이 0.05 이하인 경우 유의하다고 판단하였다.

III. 연구 결과

1. 아크릴 보조기구 두께별로 결합한 세 가지 재료의 선량 비교

오른쪽 CC View를 기준으로 하여 재료에 따른 선량을 비교한 Table 1의 통계 분석 결과, 아크릴 보조기구의 두께별 (2 mm, 3 mm, 5 mm)로 차폐 재료(Pb, Bi, Bi + W)들을 결합하여 측정된 선량의 유의한 차이는 없었고($P=0.886$), 각 재료별 선량값의 유의한 차이도 존재하지 않았다($P=0.771$). 오른쪽 MLO View를 기준으로 하였을 때의 통계 분석 결과 아크릴 보조기구의 두께별 차폐 재료를 결합하여 측정된 선량의 유의한 차이가 없었고($P=0.624$), 각 재료별 선량 값의 유의한 차이도 없었다($P=0.199$).

2. 상하방향 촬영법에서 양쪽 선량과 차폐 재료 종류별 선량 비교

Table 2의 통계 분석 결과, 유방은 오른쪽과 왼쪽의 선량 차이가 있었고($P < .001$), 갑상샘($P=0.863$)과 안구($P=0.270$)

는 양쪽 선량의 유의한 차이가 없었다. 차폐 재료 종류별 피폭선량을 비교하였을 때 유방, 갑상샘, 안구 모두 유의한 차이가 있었다($P < .001$).

차폐 재료 종류별 Table 3의 사후검정을 비교하였을 때 유방, 갑상샘, 안구에서 None과 각각의 차폐 재료는 유의한

Table 1. Two-way ANOVA analysis - according to the shield type

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
CC View	Thickness	16.48	2	8.24	0.121	0.886
	Type	35.26	2	17.63	0.26	0.771
	Thickness * Type	34.66	4	8.66	0.128	0.972
	Residuals	17709.98	261	67.85		
MLO View	Thickness	95.95	2	47.98	0.473	0.624
	Type	330.01	2	165	1.626	0.199
	Thickness * Type	17.34	4	4.34	0.043	0.997
	Residuals	26490.16	261	101.49		

Table 2. Two-way ANOVA analysis- CC View

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Breast	Breast_RL	465.55	1	465.55	52.28	< .001
	Type	617.94	3	205.98	23.13	< .001
	Residuals	819.19	92	8.9		
Thyroid	Thyroid_RL	0.08	1	0.08	0.03	0.863
	Type	298.13	3	99.38	38.11	< .001
	Residuals	239.93	92	2.61		
Eyes	Eyes_RL	4.17	1	4.17	1.234	0.27
	Type	662.08	3	220.69	65.347	< .001
	Residuals	310.71	92	3.38		

Table 3. Post Hoc Test - CC View

		Comparison		Mean Difference	SE	df	t	p _{Tukey}
Type	Type							
Breast	None	Pb		7.945	1.09	92	7.291	< .001
		Bi+W		4.852	1.09	92	4.453	< .001
		Bi		7.91	1.09	92	7.26	< .001
	Pb	Bi+W		-3.092	0.77	92	-4.017	< .001
		Bi		-0.034	0.77	92	-0.045	1
		Bi+W	Bi	3.058	0.77	92	3.969	< .001
Thyroid	None	Pb		5.815	0.59	92	9.862	< .001
		Bi+W		5.783	0.59	92	9.807	< .001
		Bi		5.656	0.59	92	9.591	< .001
	Pb	Bi+W		-0.032	0.417	92	-0.078	1
		Bi		-0.16	0.417	92	-0.383	0.981
		Bi+W	Bi	-0.127	0.417	92	-0.305	0.99
Eyes	None	Pb		8.345	0.671	92	12.436	< .001
		Bi+W		9.001	0.671	92	13.414	< .001
		Bi		8.152	0.671	92	12.149	< .001
	Pb	Bi+W		0.656	0.475	92	1.383	0.513
		Bi		-0.193	0.475	92	-0.407	0.977
		Bi+W	Bi	-0.849	0.475	92	-1.789	0.285

선량 차이가 있었고($P < .001$), 유방에서 Pb과 Bi+W, Bi와 Bi+W 관계에서 선량의 유의한 차이가 있었다($P < .001$).

3. 내외사방향 촬영법에서 양쪽 선량과 차폐 재료 종류별 선량 비교

Table 4의 통계 분석 결과, 유방($P < .001$)과 갑상샘 ($P=0.001$)은 오른쪽과 왼쪽의 유의한 선량 차이가 있었고, 양쪽 안구는 선량의 유의한 차이가 없었다($P=0.733$). 차폐 재료 종류별 통계 분석 결과 유방, 갑상샘, 안구 모두 유의한 차이가 있었다($P < .001$).

차폐 재료 종류별 Table 5의 사후검정 결과 유방 위치에서 None과 Pb만 유의한 선량 차이가 있었고($P < .001$), 갑상샘과 안구 위치에서 None과 각각의 차폐 재료는 유의한 선량 차이가 있었다($P < .001$). Pb는 모든 위치에서 Bi, Bi+W 과 F 값이 0.05 이하인 유의한 선량 차이가 있었다.

IV. 고 찰

유방엑스선검사 장비는 일반 X선관의 구조와는 다르게 SID가 고정되어 있어 미세석회화를 확인하기 위한 확대 촬

Table 4. Two-way ANOVA analysis- MLO View

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Breast	Breast_RL	492.99	1	493	37.31	< .001
	Type	325.51	3	108.5	8.21	< .001
	Residuals	1215.47	92	13.2		
Thyroid	Thyroid_RL	39.87	1	39.87	11.07	0.001
	Type	522.19	3	174.06	48.35	< .001
	Residuals	331.18	92	3.6		
Eyes	Eyes_RL	0.3	1	0.302	0.117	0.733
	Type	370.16	3	123.388	47.779	< .001
	Residuals	237.59	92	2.582		

Table 5. Post Hoc Test - MLO View

		Comparison		Mean Difference	SE	df	t	P _{Tukey}
Type	Type							
Breast	None	Pb		5.483	1.327	92	4.131	< .001
		Bi+W		2.066	1.327	92	1.556	0.409
		Bi		2.075	1.327	92	1.563	0.405
	Pb	Bi+W		-3.417	0.938	92	-3.641	0.002
		Bi		-3.408	0.938	92	-3.631	0.003
		Bi+W	Bi	0.009	0.938	92	0.01	1
Thyroid	None	Pb		8.342	0.693	92	12.04	< .001
		Bi+W		6.347	0.693	92	9.161	< .001
		Bi		6.385	0.693	92	9.216	< .001
	Pb	Bi+W		-1.995	0.49	92	-4.072	< .001
		Bi		-1.957	0.49	92	-3.994	< .001
		Bi+W	Bi	0.038	0.49	92	0.078	1
Eyes	None	Pb		7.022	0.587	92	11.966	< .001
		Bi+W		5.334	0.587	92	9.09	< .001
		Bi		5.416	0.587	92	9.23	< .001
	Pb	Bi+W		-1.688	0.415	92	-4.067	< .001
		Bi		-1.606	0.415	92	-3.87	0.001
		Bi+W	Bi	0.082	0.415	92	0.198	0.997

영에서 검출기를 환자와 가깝게 하여야 하고, 내외사방향 촬영(MLO View) 시 갱트리의 각도를 50° 이상 돌려 사용하기 때문에 X선관에서 멀리하는데 한계가 있다[11]. 또한, 저관전압과 고관전류를 사용하여 검사 부위에 대한 피폭선량이 증가한다. 이는 일반적인 방어외 최적화 원리를 적용하는데 한계가 있어 차폐를 위한 도구를 사용하여 환자의 피폭선량을 저감하기 위해 노력하여야 한다.

아크릴은 소재가 가볍고 투명하여 간단한 출력 선량을 측정할 때 빠르고 간편하게 이용할 수 있고, 방사선이 흡수되고 산란 되는 특성이 인체 조직과 같은 구조의 물질로 이루어져 있어[12,13] 보조기구에 사용하였고, 선행연구[9]에서 AI Face Block을 사용하여 유방엑스선검사 시 갑상샘의 피폭선량을 측정하였다면 본 연구에서는 AI Face Block처럼 직접 착용하지 않는 보조기구를 만들어 유방, 갑상샘, 안구의 피폭선량을 측정하였다.

세 가지 종류의 보조기구를 활용하였을 때 상하방향 촬영 시 보조기구가 없을 때보다 유방, 갑상샘, 안구의 피폭 선량 감소 효과가 나타났고, 유방에서는 갑상샘, 안구와 다르게 Pb이 Bi와 Bi+W보다 더 높은 차폐효과가 나타났다. 내외사방향 촬영 시 유방의 위치에서 Pb에만 선량감소 효과가 나타났고, 갑상샘과 안구에서는 세 가지 재료의 선량 감소 효과가 나타났다. 또한, Pb은 모든 위치에서 Bi와 Bi+W보다 선량 감소의 차이가 더 크게 나타났다. 이는 Tube의 각도가 50°로 회전됨에 따라 신체를 통과하는 방사선 경로의 길이가 늘어나 더 두꺼운 조직을 통과해야 하기 때문에 AEC로 방사선 출력을 조절하는 장비의 방사선량은 자동으로 증가하게 되어 이에 차폐 재료 중 가장 두꺼운 2 mm 두께의 납에서만 선량 감소 효과가 더 크게 나타난 것으로 추정된다[10]. 하지만 전체적으로 보조기구 차폐 재료에 따른 피폭선량 감소는 비슷하게 나타나 선량 감소에 효과적임을 알 수 있었다.

본 연구의 제한점은 본 연구에서 사용된 차폐 재료들의 연당량 차이가 있어 납에서 선량감소율이 크게 나타났지만 추후 30 kVp인 저에너지에 적용할 수 있는 같은 연당량으로 하여 추가적인 연구가 필요하다. 또한, 실험에 사용된 팬텀은 10-year-old 소아 팬텀으로 흉부의 치수는 17 cm × 20 cm이고 전자밀도는 $4.878 \cdot 10^{23}$ cc이다. 성인 팬텀의 흉부 치수는 20 cm × 25 cm이고 전자밀도는 $5.030 \cdot 10^{23}$ cc 이므로 성인 여성 팬텀으로 실험한다면 갑상샘과 안구의 선량 감소 차이가 좀 더 크게 나타날 것으로 추정된다[14].

V. 결론

본 연구를 통하여 비스무스와 비스무스+텅스텐 중금속으로 인체에 유해한 납을 대체 할 수 있는 소재로 확인되었다. 또한, 기존에 사용하는 의복형 차폐복을 입지 않고 간단하게 본 연구에서 제작한 보조기구를 사용하는 것만으로도 유방, 갑상샘, 안구의 선량 감소 효과가 있다는 것을 확인하였다. 따라서 임상에서 비스무스와 비스무스+텅스텐 소재를 적용한 보조기구를 통해 안전하고 간편하게 환자의 방사선 방어외 최적화에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] Yoo KY, Noh DY, Lee ES. National guidelines for breast cancer screening. J Korean Med Assoc. 2002; 45(8):992-1004.
- [2] ICRP. The 2007 Recommendations of the international commission on radiological protection: ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37,2007:2-4.
- [3] Cho YI. Evaluation of the usefulness of 3D printed shielding materials using monte carlo simulation during mammography. Journal of Radiological Science and Technology. 2020;14(3):295-301.
- [4] Park HH. The evaluation of performance and usability of bismuth, tungsten based shields. Journal of Radiological Science and Technology. 2018;41(6): 611-6.
- [5] Jung MY, Kweon DC, Kweon SI. Effectiveness of bismuth shield to reduce eye lens radiation dose using the photoluminescence dosimetry in computed tomography. Journal of Radiological Science and Technology. 2009;32(3):307-12.
- [6] Choi WJ, Kim DH. A study on the shielding of orbit by 3D printed filament in brain CT. Journal of Radiological Science and Technology. 2021;15(2): 101-8.
- [7] Sechopoulos I, Hendrik E. Mammography and the risk of thyroid cancer. American Journal of Roentgenology. 2012;198(3):705-7.
- [8] Koo BY, Kim JW. A study on the usefulness of breast shielding apron for reducing exposure dose in mammography. Journal of Radiological Science and

- Technology. 2019;42(2):99-104.
- [9] Hong E, Lee IJ. The usefulness of Al face block fabrication for reducing exposure dose of thyroid glands in mammography. Journal of Radiological Science and Technology. 2013;36(1):11-7.
- [10] Clement CH, Rehani MM, Ciraj-Bjelac O, Va E, Miller DL, Walsh S, et al. Radiological protection in fluoroscopically guided procedures performed outside the imaging department. Annals of the ICRP 2010;40(6):1-102.
- [11] Kim HS, Kim HS, Moon HS, Park JB, Oh JH, Woo WH, et al. Radiography imaging. Seoul: Daihaks; 2009;492-500.
- [12] Kang BS, Kim YL, Kim WY, Kim YH, Kim JH, Na SK, et al. Radiation therapy. Seoul: Daihaks; 2010;161-171.
- [13] Kim DS, Ahn SM. Evaluation of the fetal dose during prophylactic placement of internal iliac artery balloon occlusion catheters in placenta accreta. Journal of Radiological Science and Technology. 2016;39(3):313-21.
- [14] ATOM Dosimetry phantoms Models 701 - 706. CIRS, 2013 : 4.

구분	성명	소속	직위
제1저자	안세정	가천대길병원	방사선사
교신저자	안성민	가천대학교	정교수