

<원저>

유방촬영 시 피폭선량을 줄이기 위한 압박대 재질의
PC, PMMA, Carbon에 대한 연구- A Study on Compression Paddle Materials to Reduce Radiation Exposure Dose
During Mammography; PC and PMMA and Carbon -극동대학교 방사선학과·¹⁾한서대학교 방사선학과홍동희·정홍량¹⁾

— 국문초록 —

유방의 피폭선량을 줄이기 위해 압박대의 재질을 연구하였으며, 재질로는 PC, PMMA, Carbon을 이용한 방사선 투과성 및 선질 등을 측정하였고, 영상을 통한 화질도 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

Unfors Xi dosimetry 사용 시 방사선 투과율은 압박대를 제거 후 측정된 결과 8.353 mGy가 나왔으며, PC 6.308 mGy, PMMA 6.223 mGy, Carbon 7.218 mGy가 측정되었다. 반가층은 PC 0.375 mmAl, PMMA 0.370 mmAl, Carbon 0.360 mmAl으로 Carbon, PC, PMMA 순으로 높은 선질과 투과도를 보였다.

InLight/OSL NanoDot™ dosimeters 사용 시 압박대를 제거 후 선량계를 위치시켜 측정된 결과 중심부위에서 1.143 mGy, 가장자리에서 12.56 mGy, PC 중심부위에서 8.990 mGy, 가장자리에서 10.291 mGy, PMMA 중심부위에서 8.391 mGy, 가장자리에서 9.654 mGy, Carbon 중심부위에서 9.581 mGy, 가장자리에서 11.313 mGy가 측정되어 Carbon, PC, PMMA 순으로 높은 투과도를 보였다.

Image J에서 Pixel 평균값은 압박대를 제거한 후 976.655, PC 831.032, PMMA 819.069, Carbon 897.118로 Carbon, PC, PMMA순으로 높게 측정되었다.

중심 단어: 유방촬영장치, 압박대, PC, PMMA, CARBON

I. 서 론

1. 연구 배경

유방암의 발생빈도는 미국이나 유럽 등이 높은 편이지만 그로인한 사망률은 낮은 편이다. 이는 유방암의 조기진단 결과이며 유방촬영술의 중요성을 나타내고 있다¹⁾.

우리나라 여성은 만 30세 이상이 되면 1년에 한번 씩 유방촬영을 통해 유방암 검진을 받게 된다. 이는 무증상 여성에 대한 Screening 유방촬영술에 해당되며 상하방향촬영과

내외사방향 촬영을 하게 된다²⁾.

유방촬영 시 유방의 고정과 높은 화질의 영상을 얻기 위해 압박을 시행하게 되는데 압박을 통한 유방 두께가 줄어들어 산란선이 감소되며, 방사선 노출시간이 짧아지게 되어 전체적인 피폭량을 줄일 수 있게 된다. 또한, 유방 내 구조의 겹침을 방지하여 유방 조직을 잘 나타나게 할 수 있는 장점이 있다^{3,4)}.

유방에 압박을 가하는 행위는 환자에게 고통을 야기 시키므로 압박에 의한 통증을 감소시키기 위한 연구가 활발히

* 이 연구는 2014년도 극동대학교 교내연구비 지원에 의하여 수행된 것임(FEU20142R11)

교신저자: 정홍량 (356-706) 충남 서산시 해미면 대곡리 360번지

한서대학교 방사선학과, Tel: 041-660-1056 / E-mail: hansound2@hanmail.net

접수일(2015년 05월 11일), 심사일(2015년 05월 11일), 확정일(2015년 06월 06일)

이루어지고 있다. 그러나 국내에서는 정작 압박을 시켜주는 물질인 압박대의 재질에 대한 고찰은 이루어지지 않고 압력과 두께에 대한 중요성만 강조하고 있는 실정이다. 그에 비해 외국에서는 압박대의 재질과 두께 등을 고려한 환자의 피폭선량과 화질 및 환자의 고통경감에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

현재 압박대 재질로 쓰이고 있는 폴리카보네이트(PC; Polycarbonate)는 플라스틱의 일종으로 내충격성, 내열성 및 투명성 등의 특징이 있고, 강화 유리의 150배 이상의 충격도와 유연성 및 가공성이 우수하다⁵⁾ (Table 1).

플라스틱은 열경화성과 열가소성으로 나뉘며, 열가소성은 결정성과 비결정성으로 나뉜다. 폴리카보네이트는 비결정성으로 높은 투명성을 갖고, 낮은 변형률과 수축률을 갖고 우리 생활 곳곳에 쓰이고 있다⁶⁾.

유방의 피폭선량을 줄이기 위해 사용되는 압박대가 오히려 압박대의 재질과 두께에 의해 피폭선량이 증가를 한다면 새로운 재질에 대한 제고가 필요하며 단 1%의 선량이라도 줄일 수 있는 재질을 연구하여야 한다.

이에 현재 사용되는 폴리카보네이트와 가장 유사한 투명성과 변형률을 갖는 PMMA와 탄소계열로써 방사선투과율이 좋아 방사선촬영장치의 그리드로 쓰이고 있는 카본(Carbon)을 비교하여 새로운 재질을 제안하고자 한다.

2. 연구 목적

현재 유방촬영장치의 압박대로 사용되고 있는 폴리카보네이트와 비결정성 플라스틱 계열인 PMMA, 탄소 계열인 Carbon의 방사선 투과율과 선질을 측정하여 새로운 압박대 재질에 대한 제안을 하고자 한다.

II. 연구 장비 및 방법

1. 연구 장비

새로운 압박대 재질을 연구하기 위해 각 재질별 방사선 투과선량과 화질을 비교하였다. 영상 획득과 선량측정을 위한 촬영장비는 디지털 X선 유방촬영장치(Alpha ST, GE, Germany)를 사용하였고, 장치의 Target/Filter 조합은 Mo/Mo이며, FOV 18×24 cm의 CR (Computed Radiography) type 장비를 사용하였다(Figure. 1).

압박대의 재질은 PC, PMMA, Carbon을 사용하였으며, 2014년 7월 정기교정을 받은 반도체 선량계(Xi prestige, Unfors, Sweden)와 InLight/OSL NanoDot™ dosimeters (Landauer, Inc., Glenwood, IL, USA)가 사용되었고 재질의 방사선 투과선량 및 선질을 측정하였다(Figure 2) (Figure 3) (Figure 4).

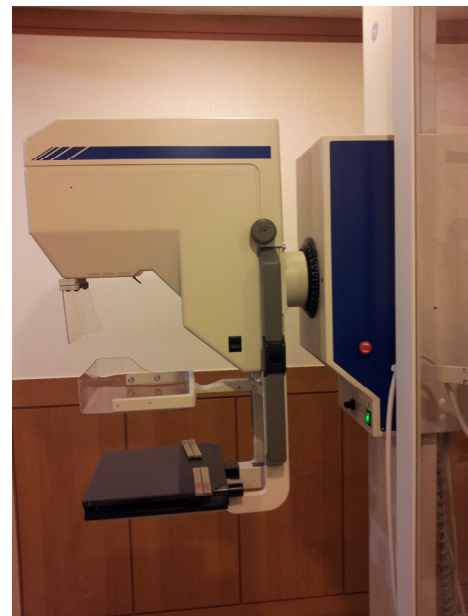


Figure 1 CR type mammography

Table 1 Physical properties of materials

Materials	Specific gravity	Tensile strength	Flexural strength	Light trans.
		(MPa)	(MPa)	(%)
		D638	D790	D1003
PMMA	1.19	72.5	123	92.6
PC	1.20	67.3	95.2	89
CARBON	1.5~2.1	2040	1970	99



Figure 2 Unfors Xi prestige Dosimetry



Figure 3 InLight/OSL NanoDot™ dosimeters



Figure 4 InLight™ microStar reader

획득한 영상에 대한 평가는 미국 국립보건원(National Institutes of Health;NIH)에서 제공하는 디지털 영상 분석 프로그램인 Image J를 사용하였다.

2. 연구 방법

기존에 사용되고 있는 폴리카보네이트와 PMMA, Carbon을 측정 비교하였다.

1) Unfors Xi dosimetry 사용 시

일반적인 유방영상검사 시 조건을 사용하기 위해 정도관리에 사용되는 4.5 cm의 ACR Phantom을 수용부 중앙에 위치시켜 압박대를 Phantom 바로 위에 밀착 시킨 후 AEC mode에서 최적의 mAs와 kVp값을 얻은 후 동일한 조건으로 연속 조사하였다. 그리고 각 재질의 두께를 임상에서 사용되고 있는 압박대 두께와 비슷한 2 cm으로 하였으며, 모든 재질에서 동일한 위치와 동일한 선량으로 3번씩 측정하여 평균값을 도출해냈다. 또한 방사선 노출 시 각 재질은 ACR phantom 중앙에 위치시키고 선량계 검출부위는 검사 manual에 따라 수용부 위 중앙에 위치시킨 후 측정하였다 <Figure 5>.



Figure 5 Radiolucency measurement by Unfors Xi dosimetry

각 재질에 따른 방사선 투과선량과 반가층 측정 시 얻은 영상은 Image J 프로그램에서 분석하기 위하여 JPEG 파일과 DICOM 파일 영상으로 획득하였고, 획득한 영상은 각 재질에 따라 3번씩 노출한 영상이며 각 영상마다 Image J에서 평균 Pixel값을 얻어 평가하였다.

2) InLight/OSL NanoDot™ dosimeters 사용 시

Unfors Xi dosimetry 사용 시와 동일조건으로 측정하기 위해 4.5 cm의 ACR Phantom을 수용부 중앙에 위치시켜 압박대 바로 밑에 Phantom을 밀착시킨 후 AEC mode에서 조사하여 얻어낸 mAs와 kVp값으로 연속 조사하였다. 그리고

각 재질 역시 Unfors Xi dosimetry 사용 시와 동일한 2 cm의 두께를 사용하였으며, 모든 재질에서 동일한 위치와 동일한 선량으로 3번씩 측정하여 평균값을 도출해냈다. 측정을 위한 OSLD의 위치는 빔의 중심과 빔의 가장자리에 놓았으며, 1회 조사 시 빔의 중심과 가장자리를 함께 측정하였다 (Figure 6).

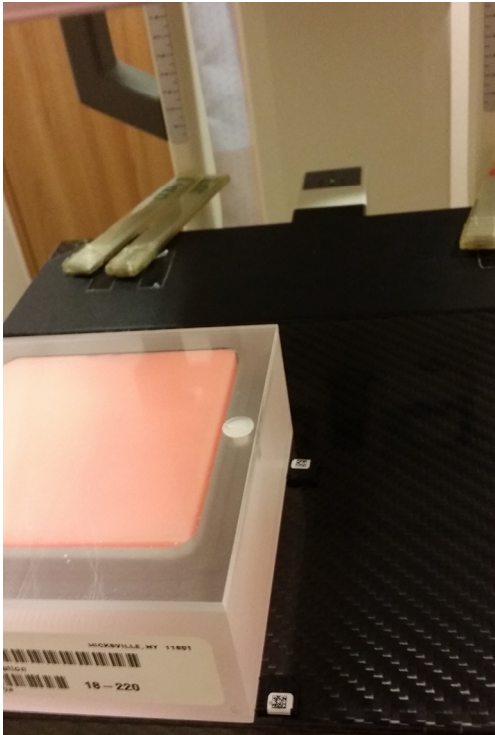


Figure 6 Radiolucency measurement by OSLD

III. 결 과

1. Unfors Xi dosimetry 사용 시

AEC 조건에서 ACR Phantom을 놓고 노출 한 조건인 28 kVp, 80 mAs에서 실험을 진행하였고, 동일조건의 실험을 위해 Manual 에서 시행하였다. 압박대 재질에 따른 방사선 투과성과 반가층을 측정 한 값은 다음과 같이 나타났다.

압박대에 의한 감약없이 압박대를 제거 후 선량계를 위치 시켜 측정 한 결과 8.353 mGy가 나왔으며, 각 재질에 따라 투과된 선량은 PC 6.308 mGy, PMMA 6.223 mGy, Carbon 7.218 mGy가 측정되었다.

방사선 투과율을 비교해보면 기존의 재질인 PC는 약 73%를 보인 반면 PMMA 72%, Carbon 86%를 보여 Carbon이 가장 높게 측정되었고 그 다음으로 PC, PMMA 순으로 보였다.

반가층은 PC 0.375 mmAl, PMMA 0.370 mmAl, Carbon 0.360 mmAl 으로 Carbon이 가장 선질이 좋으며 높은 투과도를 보였고, 그 다음으로 PC, PMMA 순으로 높은 선질과 투과도를 보였다 (Table 2).

Table 2 Comparison of radiolucency dose value in 3 materials

Materials	Radiolucency(mGy)	HVL(mmAl)
NO-PADDLE	8.353	0.342
PC	6.308	0.375
PMMA	6.223	0.370
CARBON	7.218	0.360

각 재질에 따라 획득한 영상을 ACR phantom의 모조병소가 없는 영역을 확인하기 위해 JPEG파일에서 ROI 설정 후 DICOM파일의 같은 ROI 영역을 Image J에서 방사선 투과 선량의 Pixel 평균값을 비교 분석하였다.

방사선 감약없이 압박대를 제거한 후 측정된 영상은 976.655이며, 각 재질에 따른 Pixel값은 PC 831.032, PMMA 819.069, Carbon 897.118로 Carbon, PC, PMMA순으로 높게 측정되었다 (Table 3).

Table 3 Comparison of pixel mean value in 3 materials

Materials	Min	Max	Mean \pm SD
NO-PADDLE	939	1022	976.655 \pm 11.497
PC	793	864	831.032 \pm 10.864
PMMA	777	855	819.069 \pm 10.615
CARBON	864	929	897.118 \pm 10.928

2. InLight/OSL NanoDot™ dosimeters 사용 시

Unfors Xi dosimetry를 이용한 측정에서와 동일한 노출 조건인 28 kVp, 80 mAs에서 실험을 진행하였고, 이전의 실험과 동일하게 Manual 에서 시행하였다. 각 재질에 따른 방사선 투과성을 중심X선상의 중심부분과 가장자리부분에 OSLD를 위치시켜 측정 한 값은 다음과 같이 나타났다.

압박대에 의한 감약없이 압박대를 제거 후 선량계를 위치 시켜 측정 한 결과 중심부위에서 1.143 mGy, 가장자리에서 12.56 mGy가 나왔으며, 각 재질에 따라 투과된 선량은 PC 중심부위에서 8.990 mGy, 가장자리에서 10.291 mGy, PMMA 중심부위에서 8.391 mGy, 가장자리에서 9.654 mGy, Carbon 중심부위에서 9.581 mGy, 가장자리에서 11.313 mGy가 측정되었다.

방사선 투과율을 비교해보면 기존의 재질인 PC는 중심부

위에서 약 78%, 가장자리부위에서 81%를 보인 반면 PMMA 중심부위에서 73%, 가장자리부위에서 76%, Carbon 중심부위에서 83%, 가장자리부위에서 90%를 보여 Carbon이 가장 높게 측정되었고 그 다음으로 PC, PMMA 순으로 나타났다 <Table 4>.

Table 4 Comparison of radiolucency dose value in 3 materials (center and margin)

Materials	Radiolucency	Radiolucency
	(mGy)	(mGy)
	Center	Margin
NO-PADDLE	11.43	12.56
PC	8.990	10.291
PMMA	8.391	9.654
CARBON	9.581	11.313

3. 유의성 평가

압박대 재질에 따른 방사선 투과도 검사와 압박 면적의 유효면적에 따른 유의성 평가를 위해 SPSS(ver. 22, Chicago, IL, U.S.A) 프로그램을 이용하였다.

재질에 따른 분석은 모수 검정인 ANOVA의 비모수 검정에 해당하는 Kruskal - Wallis 검정을 시행하였고, 검정결과 매우 유의한 결과가 나왔다($\chi^2=16.596, p=0.005$), <Table 5>.

Table 5 Kruskal-Wallis of statistical analysis

Materials	Mean	χ^2	P - Value
Non-paddle	8.552	16.596	0.005
PC	6.308		
PMMA	6.223		
CARBON	7.218		

사후분석으로는 쌍대비교(Pairwise comparison)를 통해 세부적인 평가를 하였으며, 그룹들은 차이가 없게 나타났다. 따라서, PMMA와 CARBON 재질은 PC 대응으로 적합할 것으로 사료된다.

IV. 고 찰

본 연구에서는 유방촬영 시 사용되는 압박대 재질에 따른 방사선 투과선량을 알아보기 위하여 Solid-state detector인 Unfors Xi와 Optically Stimulated Luminescent Dosimeter

(OSLD)를 이용한 측정을 실시하였다.

C J Hourdakis 등은 3개의 Ionization chamber와 4개의 Solid-state detector를 이용하여 선량측정의 유용성을 알아보았는데, 이 중 Unfors Xi는 Solid-state detector로써 $\pm 2\%$ 에너지의존성을 보여 측정기로써의 유용성을 나타냈다⁷⁾.

또한, 방사선 방호에서 광범위하게 이용되고 있는 OSLD는 방사선 물질로써 Al₂O₃:C를 이용하며 TLD와 유사하다⁸⁾¹¹⁾. 김정미 등은 OSLD의 에너지의존성을 $\pm 2\%$ 로 측정기로써의 유용성을 나타냈다¹²⁾.

연구에 이용된 재질 중 PMMA는 현재 압박대 재질로 이용되고 있는 PC와 같은 플라스틱 계열의 비결정성 수지이다. 이러한 비결정성 수지는 불규칙한 형태의 배열로 투명성을 갖고 유연성이 뛰어나다¹³⁾. 본 연구에서 방사선 투과성을 측정한 결과 기존의 PC보다 떨어진다는 것을 알 수 있었고 임상에서 막연하게 압박대 재질이 아크릴이라고만 알고 있던 기존의 상식에 오류가 있음을 알리고 재질에 관한 기초자료로 제시할 수 있을 것이다.

방사선 촬영장치의 Grid로 쓰이는 Carbon은 탄소계열의 물질로써 방사선 투과성이 90%로 기존의 재질인 PC보다 훨씬 높은 측정값을 나타냈다¹⁴⁾. 비록 Carbon은 불투명하여 일반적인 압박대의 재질에는 부적합하지만 유방영상의 Localization에 쓰이는 특수한 압박대 재질에는 큰 효과가 있으리라 여겨진다. Caroline E. Blane 등은 Localization에 쓰이는 압박대를 Mesh 형태로 만들어 방사선 감쇠는 최소한으로 하면서 Localization 할 수 있는 영상을 획득하는데 주력하였다¹⁵⁾. 이때 압박대는 불투명하여도 무방하며 Mesh 형태의 Wire재질을 Carbon으로 이용한다면 더 낮은 선량으로 동일한 영상을 얻을 수 있으리라 여겨진다.

V. 결 론

유방촬영 시 피폭선량을 줄이기 위하여 압박두께를 줄이는 등의 끊임없는 노력이 이루어지고 있다. 그러나, 압박대 재질에 관한 연구는 전무한 실정이며 단 1%의 선량이라도 줄이기 위해서는 고려해 보아야 한다. 본 연구에서는 PC, PMMA, Carbon의 방사선 투과성 및 선질 등을 측정하였고, 영상을 통한 화질도 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Unfors Xi dosimetry 사용 시 방사선 투과율은 압박대를 제거 후 측정한 결과 8.353 mGy가 나왔으며, PC 6.308 mGy, PMMA 6.223 mGy, Carbon 7.218 mGy가 측정되었다. PC는 약 73%, PMMA 72%, Carbon 86%

- 를 보여 Carbon, PC, PMMA 순으로 높은 투과도를 보였다.
2. Unfors Xi dosimetry 사용 시 반가층은 PC 0.375 mmAl, PMMA 0.370 mmAl, Carbon 0.360 mmAl으로 Carbon, PC, PMMA 순으로 높은 선질을 보였다.
 3. InLight/OSL NanoDot™ dosimeters 사용 시 압박대를 제거 후 선량계를 위치시켜 측정된 결과 중심부위에서 1.143 mGy, 가장자리에서 12.56 mGy, PC 중심부위에서 8.990 mGy, 가장자리에서 10.291 mGy, PMMA 중심부위에서 8.391 mGy, 가장자리에서 9.654 mGy, Carbon 중심부위에서 9.581 mGy, 가장자리에서 11.313 mGy가 측정되어 Carbon, PC, PMMA 순으로 높은 투과도를 보였다.
 4. Image J에서 방사선 투과 선량의 Pixel 평균값을 비교 분석한 결과 압박대를 제거한 후 측정된 영상은 976.655이며, PC 831.032, PMMA 819.069, Carbon 897.118로 Carbon, PC, PMMA 순으로 높게 측정되었다.

참고문헌

1. Sung-Soo Kim: Status and countermeasures of patient exposure during mammography journal of health science & medical technology, 31(1), 118-121, 2005
2. Cardenosa: 유방영상학(Breast Imaging), 한미의학, 2005
3. Eklund GW, Cardenos A: The art of mammographic position, RCNA 30(1), 21-53, 1992
4. Dae-Cheol Kweon, Eun-Mi Lee, Sung-Man Hong, *et al.*: analysis of the compression force and thickness in the screening mammography korean institute of industrial engineer, 606-610, 2002
5. 현춘수: 과학용어사전, 뉴턴코리아, 2010
6. <http://starletzzang.blog.me/120165887326>
7. C J Hourdakias, ABoziari, E Koumbouli: The effect of a compression paddle on energy response, calibration and measurement with mammographic dosimeters using ionization chambers and solid-state detectors. Physics in Medicine and Biology, 54, 1047-1059, 2009
8. Gray JE: OSL : Dosimetry for the Twenty-First Century. First RCM on Development of Procedures for in-vivo Dosimetry in Radiotherapy. IAEA, Trieste, 2005
9. Yukihara EG, *et al.*: High-precision dosimetry for radiotherapy using the optically stimulated luminescence technique and thin dosimeters. Phys Med Biol, 50, 5619-5628, 2005
10. Aznar MC, *et al.*: Real-time optical-fibre luminescence dosimetry for radiotherapy, Physical characteristics and applications in photon beams. Phys Med Biol 49, 1655-1669, 2004
11. Andersen CE, Marckmann CJ, Aznar MC: An algorithm for real-time dosimetry in intensity-modulated radiation therapy using the radioluminescence signal from. Radiat Prot Dosim, 120, 7-13, 2006
12. Jung-Mi Kim, Su-Dong Jun, Keum-Moon Baek, *et al.*: Characteristic Evaluation of Optically Stimulated Luminescent Dosimeter (OSLD) for Dosimetry. Koean Society for Radiation Therapy, 22(2), 123-129, 2010
13. 김근형외 5명: 플라스틱 이론과 응용. 문운당, 2010
14. 과학나눔연구회: 다양한 형태와 천의 얼굴을 가진 탄소재료 탄소섬유. 일진사, 2010
15. Caroline E. Blane, MD, Mitchell M. Goodsitt, PhD, Jeffrey C. Grimm, *et al.*: New compression paddle for wire localization in mammography. Academic Radiology, 17(2), 142-145, 2010

•Abstract

A Study on Compression Paddle Materials to Reduce Radiation Exposure Dose During Mammography; PC and PMMA and Carbon

Dong-Hee Hong·Hong-Ryang Jung¹⁾

Dept. of Radiological Science, Far east University

¹⁾*Dept. of Radiological Science, Hanseo University*

This study was designed the band material in order to reduce the exposure pressure of the breast and the material was measured of Radiolucent and radiation properties with a radiation materials of PC, PMMA, Carbon. Also the image quality by image analysis to obtain the following results are below:

Unfors Xi dosimetry using radiation transmittance when the results of 8.353mGy is measured after removal of the cuff, the PC 6.308mGy, PMMA 6.223mGy, Carbon 7.218mGy were measured respectively. Semi-layer PC 0.375mmAl, PMMA 0.370mmAl, with Carbon 0.360mmAl Carbon, PC, PMMA was higher radiation properties and transparency in order.

InLight / OSL NanoDot™ dosimeter was used in the cuff and then removed by placing the dosimeter measured results center on 1.143mGy, at the edge 12.56mGy, on the central PC 8.990mGy, at the edge 10.291mGy, PMMA center on 8.391mGy, the edge 9.654mGy, on Carbon center 9.581mGy, 11.313 mGy were measured at the edge of Carbon, PC, PMMA showed a high permeability in order.

Image Pixel average J is then removed from the cuff 976.655, PC 831.032, PMMA 819.069, Carbon 897.118 Carbon, PC, PMMA was measured by high order.

Key Words : Mammography, Compression paddle, PC, PMMA, CARBON