

Evaluation of Surface Dose for Field-in-Field (FIF) Technique in Breast Radiotherapy

Il-Hoon Cho^{1,2}, Daehong Kim^{3,*}

¹Department of Biomedical Laboratory Science, Eulji University

²Department of Senior Healthcare, Eulji University

³Department of Radiological Science, Eulji University

Received: December 10, 2022. Revised: December 22, 2022. Accepted: December 31, 2022.

ABSTRACT

The purpose of this study is to confirm the effect of reducing the surface dose around the radiation field in breast cancer radiotherapy using the Field-in-Field (FIF) technique. X-ray was exposed from a linear accelerator (Linac) was used for irradiation, and the surface dose was measured with a glass dosimeter. The source-to-surface distance (SSD) was 90 cm, the field size is $10 \times 10 \text{ cm}^2$, and the X-ray energy was 6 MV and 10 MV, respectively. The surface dose of the FIF was compared with the dose measured in the physical wedge (PW) and dynamic wedge (DW). Wedge angles of 15° and 30° were used in the PW and DW, respectively. Surface dose was measured at 1 cm, 3 cm, and 5 cm from the center of the field size, respectively. According to the results, FIF showed lower surface dose compared to PW and DW regardless of the energy of the X-ray beam, wedge angle, and dose measurement point. Since FIF could reduce the radiation dose in periphery of the field size in breast cancer treatment, it is expected to be able to reduce the secondary damage caused by the radiation beam as well as to obtain a uniform dose distribution on the target.

Keywords: Field-in-Field (FIF), Breast cancer, Surface dose

I. INTRODUCTION

방사선치료의 근본적인 목적은 종양을 제어하기 위해 적절한 선량을, 정상조직에는 합병증을 줄이기 위해 선량을 최소로 줄이는 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위해 암 발생 부위에 따른 다양한 방사선 치료기법이 시행되고 있다.

유방암 환자의 경우 접선조사 방식의 치료가 주로 이루어지고 있다. 이 방식은 금속썰기 (Physical Wedge, PW)를 사용하여 표적 용적에 균등한 선량 분포를 획득하기 위해 적용되었으나, 조사면 밖 산란선으로 인한 반대쪽 유방의 표면선량 증가의 위험이 있다. 이에 반해 동적썰기(Dynamic Wedge, DW)는 PW보다 다양한 썰기각도를 구성할 수 있으

며, 치료 부위와 근접한 피부의 표면선량을 줄일 수 있다. 한편, 다엽콜리메이터(Multi-leaf collimator, MLC)를 이용한 중속조사면 병합(Field-In-Field, FIF) 방식은 PW 및 DW 방식보다 표적 부위에 균등한 선량 분포를 유지하면서 결정 장기에 흡수선량을 최소화하는 것으로 보고되었다¹⁾.

방사선치료로 인한 2차 암 발생 확률 때문에 유방암 치료 방식에서 조사면 주위의 선량 감소에 대한 노력을 기울이고 있다²⁾. 기존 연구는 유방암 치료방법들의 선량 감소 효과에 대해서 기술하였다. 특히, 다양한 치료 파라미터에서 PW, DW, 또는 FIF의 선량 비교에 대한 연구가 이루어졌다³⁻⁸⁾. X-선은 인체에 입사할 때 피부에 가장 먼저 닿기 때문에 피부 부작용의 위험이 있다. 그러므로 FIF의

* Corresponding Author: Daehong Kim

E-mail: goldcollar011@gmail.com

Tel: +82-31-740-7494

조사면 주변 표면선량에 대해 더 조사할 필요가 있다. 따라서, 본 연구의 목적은 유방암 치료에서 FIF의 조사면 주변 표면선량 감소 가능성을 확인하는 것이며, 그 결과를 PW 및 DW의 결과와 비교하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 실험 재료 및 기구

유방암 치료용 X-선을 발생시킬 수 있는 선형가속기(Clinac iX, Varian Medical Systems, Palo Alto, CA)를 사용하였다. 본 연구에서 사용된 X-선 에너지는 6 MV와 10 MV였고, PW와 DW의 썬기 각도는 15°와 30°였다. 표면선량의 측정을 위해 인체 등가 물질인 고체 팬텀(MultiCube, IBA dosimetry, Germany)을 사용하였다. 고체 팬텀의 제원은 31.4 × 34 × 22 cm³ 이다. 고체 팬텀의 표면에 유리 선량계(Dose Ace, AGC techno Glass, Japan)를 설치하여 선량을 측정하였다. PW, DW, FIF 방식의 방사선 빔을 조사하기 위해 전산화치료계획시스템(Eclipse ver. 8.9, Varian Medical Systems, Palo Alto, CA)을 이용하였다. PW, DW, FIF 방식으로 팬텀 표면에서 선량이 동일하게 측정되는 선량지시치(Monitor Unit, MU)를 산출하여 치료계획을 수행하였다.

2. 선량 측정 방법

Fig. 1은 선량 측정에 대한 지오메트리를 보여주고 있다.

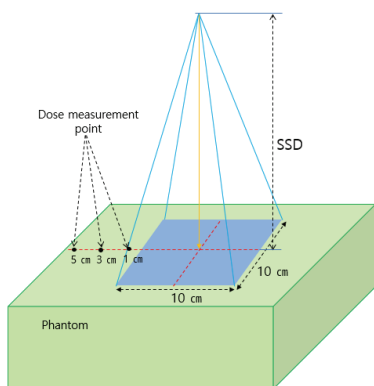


Fig. 1. Geometry for surface dose measurement. SSD is 90 cm and field size is 10 × 10 cm²

선량을 측정하기 위한 조사면 크기는 10 × 10 cm²,

선원-표면간 거리(Source-to-surface distance, SSD)는 90 cm로 설정하였다. 6 MV 및 10 MV X-선 빔은 10 × 10 cm² 조사면에서 각각 최대선량지점에 1 MU 당 1 cGy가 흡수되도록 설정되었다. SSD는 유방암 환자를 치료할 때 보편적으로 사용되는 거리이다. 방사선은 PW, DW, FIF 방식으로 팬텀 표면에 조사되었다. 팬텀 표면의 선량은 조사면 중심의 경계부에서 1 cm, 3 cm, 5 cm 떨어진 지점에서 측정되었다.

III. RESULT

Fig. 2-(a), (b)는 각각 6 MV와 10 MV에서 PW, DW, FIF 방식으로 측정된 표면선량이다.

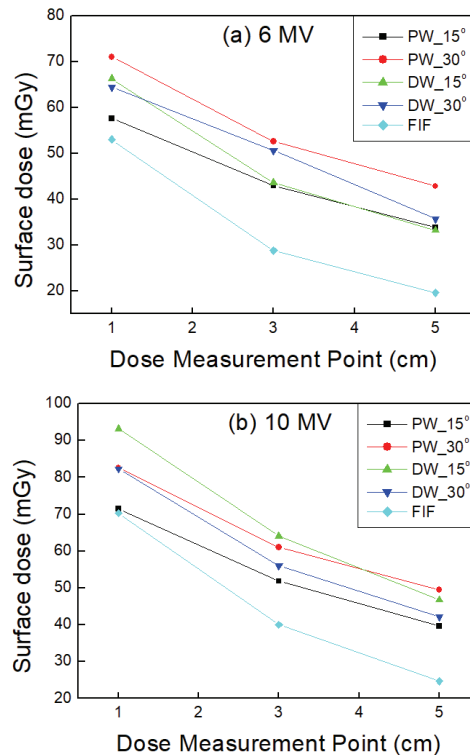


Fig. 2. The surface dose measured at (a) 6 MV and (b) 10 MV for PW, DW, and FIF, respectively.

Fig. 2-(a)에서 PW, DW, FIF의 표면선량은 조사면으로부터 멀어질수록 감소하는 경향을 보인다. FIF는 PW 및 DW 방식보다 동일한 선량 측정 위치 기준에서 선량이 감소한 것을 확인할 수 있었다. Fig. 2-(b)에서도 PW, DW, FIF의 표면선량은 조사면으로부터 멀어질수록 감소하는 경향을 보여주고

있다. FIF는 PW 및 DW 방식보다 동일한 선량 측정 위치 기준에서 선량이 감소한 것을 확인할 수 있었다. 다만, 1 cm 지점에서 FIF는 15° PW와 거의 비슷하지만 약간 낮은 선량값을 보였다.

Fig. 3-(a), (b)는 각각 6 MV와 10 MV에서 FIF 방식 대비 PW 및 DW 방식의 표면선량 증가율을 보여주고 있다. FIF 방식으로 1 cm, 3 cm, 5 cm에서 측정된 표면선량을 0%로 설정했을 때, 동일한 위치에서 측정된 PW 및 DW의 표면선량을 백분율로 나타내었다.

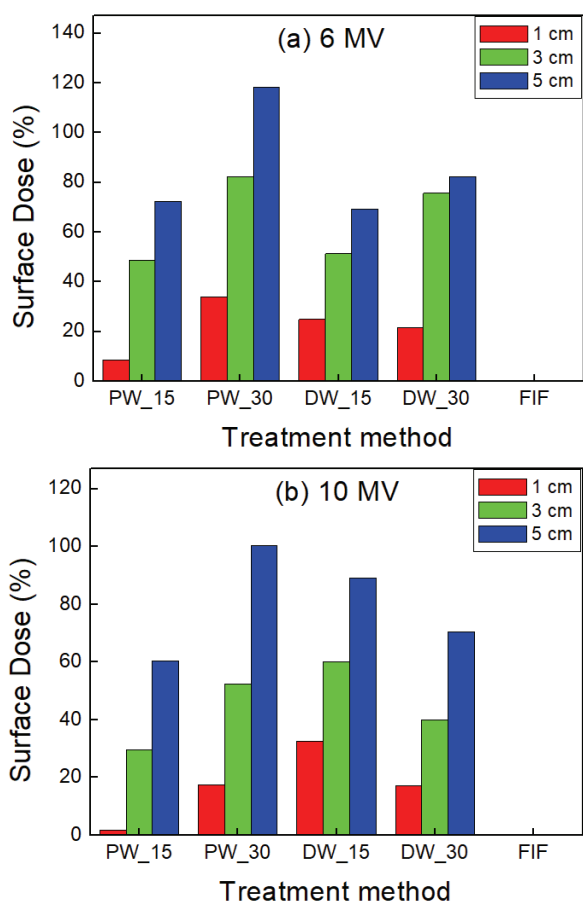


Fig. 3. Percentage dose at the surface of PW, DW, and FIF for (a) 6 MV and (b) 10 MV, respectively.

Fig. 3-(a)는 6 MV 빔에서 15°, 30°의 PW 및 DW의 표면선량과 FIF의 표면선량을 비교한 것이다. 같은 위치에서 FIF에 비해 PW 및 DW의 표면선량은 모두 증가하였다. 표면선량은 조사면으로부터 멀어질수록 증가하는 경향을 보인다. 특히, 가장 높은 표면선량 증가율은 5 cm 지점, 30° PW이었고,

표면선량은 FIF 보다 118.4% 증가하였다. 가장 낮은 표면선량 증가율은 1 cm 지점, 15° PW였고, 표면선량은 FIF 보다 8.7 % 증가하였다. Fig. 3-(b)는 10 MV에서 표면선량의 변화를 보여주고 있다. 10 MV에서도 FIF의 표면선량은 조사면으로부터 멀어질수록 증가하는 경향을 보인다. 5 cm 지점, 30° PW에서 가장 높은 표면선량 증가율을 보였고, FIF 보다 표면선량이 100.3% 증가하였다. 가장 낮은 표면선량 증가율은 1 cm 지점, 15° PW였다. 15° PW는 FIF보다 표면선량이 1.7 % 증가하였다.

IV. DISCUSSION

유방암처럼 조사면 경계에 인접한 거리에 방사선에 민감한 장기가 위치한 경우 방사선에 의한 2차 암 발생 가능성이 있다. 또한, 산란선에 의한 표면선량 증가에 따른 피부장해의 가능성도 존재한다. 그러므로 유방 내 표적 용적의 선량 분포를 균등하게 하는 동시에 2차 암 발생률 및 피부장해를 감소하는 것이 주요 관심사다^[9]. FIF는 PW나 DW에 비해 표적 용적에 선량 분포가 균질하게 개선될 뿐만 아니라 폐나 심장 등 방사선 민감 장기에 흡수되는 선량도 줄일 수 있다고 알려져 있다^[10].

본 연구는 유방암 치료의 방사선 방호 측면에서 FIF의 조사면 주변부의 표면선량을 측정하고 기존 PW 및 DW 방법과 비교 및 평가한 것이다. 췌기의 종류, 치료 빔의 에너지, 췌기 각도, 선량 측정 위치에 따른 조사면 밖의 표면선량을 측정하였다. 실험 결과에 따르면, FIF는 췌기의 종류, 치료 빔의 에너지, 췌기 각도, 선량 측정 위치에 관계없이 모두 낮은 표면선량 값을 보였다. 다만, 10 MV 빔에서 1 cm 지점, 15° PW의 표면선량과 FIF의 표면선량은 거의 비슷하였다. 이는 본 연구에서 FIF의 치료계획에 의해 시간에 따라 변하는 콜리메이터에 의해 방출되는 방사선의 양이 1 cm 지점, 15° PW의 셋업에 의해 방출되는 방사선량과 비슷하게 측정된 것으로 생각된다.

FIF는 방사선 빔이 조사되는 동안 치료 중심부를 MLC로 가리지 않는다. 반면, PW나 DW는 방사선 빔이 나오는 동안 췌기 두께에 의해 치료 중심부 선량의 감쇠가 있고 이로 인한 산란선이 증가하게

된다. 이러한 이유로 FIF는 open field와 유사한 효과를 얻을 수 있으므로 MU의 증가가 없다. 이는 FIF가 PW 및 DW보다 더 적은 산란선을 발생시키고 반대편 유방에 입사하는 산란선의 양도 줄일 수 있다. 기존 연구결과에 따르면, FIF는 open field 방식에 비해 더 적은 표면선량을 보인다고 보고 되고 있다. FIF는 MLC를 이용해 단계별로 선량 불균등을 제거하므로 유효 조사면이 감소하는 것에 기인하여 산란선을 감소시킨다. 이 원리에 따라 표면선량도 줄어든다.

유방암 접선조사에서 표적 반대쪽에 존재하는 유방에 들어가는 산란선은 치료 장치와 표적 유방 쪽 모두에서 발생된다. 본 연구는 조사면 바깥쪽 지점의 표면선량을 측정함으로써 치료 장치에서 발생하는 산란선이 피부 선량의 주요 인자로 생각된다. 따라서, 차후 연구는 표적 반대측 유방 선량에 관계되는 치료 장치와 표적 유방에서 발생하는 산란선을 고려한 실험이 필요할 것으로 사료된다.

V. CONCLUSION

본 연구는 유방암 치료에서 FIF의 조사면 주변부 선량에 대해 평가하였다. 유방암 치료에서 FIF는 PW 및 DW에 비해 조사면 주변부 선량을 낮출 수 있으므로 표적에 균등한 선량 분포 획득뿐만 아니라 방사선 범에 의한 2차 장애를 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgement

이 논문은 2022년 정부(산업자원통상부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0018665).

Reference

[1] J. W. Lee, S. Hong, K. S. Choi, Y. L. Kim, B. M. Park, J. B. Chung, D. H. Lee, T. S. Suh, "Performance Evaluation of Field-In-Field Technique for Tangential Breast Irradiation", *Japanese Journal of Clinical Oncology*, Vol. 38, No. 2, pp. 158-163, 2008. <https://doi.org/10.1093/jjco/hym167>

[2] B. A. Fraass, P. L. Roberson, A. S. Lichter, "Dose

to the contralateral breast due to primary breast irradiation", *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, Vol. 11, No. 3, pp. 485-497, 1985.

[https://doi.org/10.1016/0360-3016\(85\)90179-8](https://doi.org/10.1016/0360-3016(85)90179-8)

- [3] G. F. Mohammadi, F. Falahati, F. Zakeri, S. M. Motevalli, E. Mihandoost, "Dosimetric parameters comparison of four-Field and Field-in-Field Radiotherapy planning in Treatment of Prostate Cancer", *Frontiers in Biomedical Technologies*, Vol. 9, No. 4, pp. 351-357, 2022. <https://doi.org/10.18502/fbt.v9i4.10427>
- [4] Y. S. Kim, S. W. Kim, S. C. Yoon, J. S. Lee, S. H. Son, I. B. Choi, "Comparison of virtual wedge versus physical wedge affecting on dose distribution of treated breast and adjacent normal tissue for tangential breast irradiation", *The Journal of the Korean society for therapeutic radiology and oncology*, Vol. 22, No. 3 pp. 225-233, 2004.
- [5] S. K. Kim, S. M. Yun, "A Study on Dose Distribution using Virtual Wedge in Breast Cancer", *Progress in Medical Physics*, Vol. 18, No. 1 pp. 7-12, 2007.
- [6] S. Saminathan, R. Manickam, S. S. Supe, "Comparison of dosimetric characteristics of physical and enhanced dynamic wedges", *Reports of Practical Oncology and Radiotherapy*, Vol. 17, No. 1 pp. 4-12, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.rpor.2011.06.007>
- [7] M. L. Cavey, J. E. Bayouth, E. J. Endres, J. M. Pena, M. Colman, S. Hatch, "Dosimetric comparison of conventional and forward-planned intensity-modulated techniques for comprehensive locoregional irradiation of post-mastectomy left breast cancers", *Medical Dosimetry*, Vol. 30, No. 2, pp. 107-116, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.meddos.2005.02.002>
- [8] G. C. Barnett, J. Wilkinson, A. M. Moody, C. B. Wilson, R. Sharma, S. Klager, A. C. Hoole, N. Twyman, N. G. Burnet, C. E. Coles, "A randomised controlled trial of forward-planned radiotherapy (IMRT) for early breast cancer: baseline characteristics and dosimetry results", *Radiotherapy & Oncology*, Vol. 92, No. 1, pp. 34-41, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2009.03.003>
- [9] W. B. Warlick, J. H. O'Rear, L. Earley, J. H.

Moeller, D. K. Gaffney, D. D. Leavitt, "Dose to the contralateral breast: a comparison of two techniques using the enhanced dynamic wedge versus a standard wedge", *Medical Dosimetry*, Vol. 22, No. 3, pp. 185-191, 1997.
[https://doi.org/10.1016/s0958-3947\(97\)00015-0](https://doi.org/10.1016/s0958-3947(97)00015-0)

- [10] S. Kim, Y. Choi, "Dosimetric advantages of the Field-in-Field plan compared with the Tangential Wedged Beams plan for Whole-breast Irradiation", *Progress in Medical Physics*, Vol. 25, No. 4, pp. 199-204, 2014.
<http://dx.doi.org/10.14316/pmp.2014.25.4.199>

유방암 방사선치료에서 Field-in-Field (FIF) 기법의 조사면 주변 선량 분석

조일훈^{1,2}, 김대홍^{3,*}

¹을지대학교 임상병리학과

²을지대학교 시니어헬스케어학과

³을지대학교 방사선학과

요약

본 연구의 목적은 종속조사면 병합 (Field-in-Field, FIF) 방식을 이용하여 유방암 방사선 치료에서 조사면 주변 표면선량 감소 효과를 확인하는 것이다. 방사선 조사를 위해 선형가속기를 사용했으며, 조사면 주변 선량은 유리 선량계로 측정하였다. SSD는 90 cm, 조사면은 10 × 10 cm², X-선 에너지는 각각 6 MV와 10 MV를 사용했다. FIF 방식의 표면선량과 비교를 위해 금속썰기(Physical Wedge, PW)와 동적썰기(Dynamic Wedge, DW) 방식에서 선량을 측정하였다. PW와 DW 방식에서 각각 15°와 30°의 썰기 각도를 사용하였다. 표면선량은 조사면 중심부에서 각각 1 cm, 3 cm, 5 cm 지점에서 측정하였다. 표면선량 분석 결과 FIF는 PW와 DW와 비교하여 치료 빔의 에너지, 썰기 각도, 선량 측정 위치에 관계없이 모두 낮은 표면선량 값을 보였다. FIF는 유방암 치료에서 조사면 주변부 선량을 낮출 수 있으므로 표적에 균등한 선량 분포 획득뿐만 아니라 방사선 빔에 의한 2차 장애를 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다.

중심단어: 종속조사면 병합, 유방암, 표면선량

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	조일훈	을지대학교 임상병리학과	교수
(교신저자)	김대홍	을지대학교 방사선학과	교수