

Evaluation of Absorbed Dose according to the Use of Bolus in Opposite Breast during Radiation Therapy of Breast Cancer using VMAT

Jong-Bo Kim,¹ Sang-Hwa Shin^{2,*}

¹Department of Radiation Oncology, Dongnam Ins. of Radiological & Medical Science

²Department of Radiological Science, Catholic University of Pusan

Received: October 25, 2018. Revised: November 26, 2018. Accepted: November 31, 2018

ABSTRACT

Although the development of radiation therapy techniques has made the treatment more precise, exposure by radiation is unavoidable beyond the treatment site. In this study, we wanted to evaluate the absorbed dose according to the thickness of the bolus on the opposite side of the treatment in radiation treatment for breast cancer and to analyze the effect of dose reduction. An experiment was conducted on Rando phantom using VMAT treatment methods. Five points of A, B, C, D, and E were selected for the breast opposite the treatment, and when the dosimeters of 5, 10, 15, and 20 mm were used. The highest absorbed dose at point D closest to the treatment point was measured and lowest at point B furthest from the treatment point. The mean absorbed dose was 8.61 cGy When the bolus is not used and 8.10, 7.94, 8.06, and 8.10 cGy Depending on the thickness of the bolus. In this study, bolus was intended to be used to analyze the dose-reducing effects of breasts on the other side of the treatment. The results of the study showed the effect of dose reduction and the appropriate bolus thickness should be set up to reduce the dose in normal tissues.

Keywords: Breast Cancer, Bolus, Glass Dosimeter, VMAT, Absorbed Dose

I. INTRODUCTION

국가 암 정보센터 보고에 의하면 유방암은 2015년 기준 19,142명으로 여성암 발생환자 중 18.9%를 차지하는 대표적인 여성 암으로써 국내 유방암 환자 발생률은 16년째 지속적으로 증가하고 있는 추세이다.^[1] 최근에는 진단 장비의 발전에 따라 유방암의 조기 진단이 가능해졌으며, 이로 인해 생존율 또한 증가하고 있다.^[2]

유방암 치료는 외과적 수술, 방사선치료, 호르몬요법 등이 있으며 선형가속기(Linear Accelerator; LINAC)를 이용한 방사선치료에는 접선조사(Tangential Radiation Therapy), 세기변조방사선치료(Intensity Modulated Radiation Therapy; IMRT)와 입체세기조절회전방사선치료(Volumetric Modulated Arc Therapy;

VMAT) 등이 이용되고 있다.^[3]

유방암 방사선치료는 접선조사가 많이 시행되고 있으나 최근에는 IMRT, VMAT와 같은 복잡하고 정밀한 방법 또한 이용되고 있다.^[3,4] 이와 같은 치료 방법은 불규칙한 형태의 종양이나 정상조직이 인접해 있을 때 그 장해를 최소화하기 위해 이용되며 접선조사에 비해 더욱 정밀한 선량 분포를 나타낼 수 있다는 장점이 있다.^[5,6]

방사선치료 기법의 발전으로 유방암 치료가 더욱 정밀해졌음에도 불구하고 치료 부위 외에도 방사선에 의해 피폭되는 것은 피할 수 없다.^[4] 원영진^[5] 등의 연구에 의하면 유방암의 방사선치료에 있어서 반대 측 유방에 대한 평균 선량은 약 268 cGy가 측정되었고 그 중 가장 많이 측정된 부위의 선량은 954.3 ± 28.4 cGy로 나타났다. 치료 반대 측

* Corresponding Author: Sanghwa Shin

E-mail: sanghwashin@cup.ac.kr

Tel: +82-10-4548-2941

유방이 피폭되는 원인으로 콜리메이터 및 다엽콜리메이터에 의한 산란선 때문인 것으로 보고하고 있다.

방사선 치료에서 치료부위 외의 방사선 피폭은 치료 후에도 다른 암의 재발확률을 증가시킬 수 있다.^[7-10] 특히 유방과 같이 치료부위와 인접하거나 방사선 치료계획 수립에 있어서 반대편 유방이 간접할 수 있는 경우 적은 선량으로도 2차 암 발생확률을 높일 수 있다.^[8] 그러나 유방암 치료시 반대편 유방에 대한 선량평가관련 연구는 미비한 실정이다.

이에 본 연구는 조직등가 보상체인 bolus를 이용하여 유방암의 방사선치료 시 치료부위 반대편 유방의 선량을 평가하고, 이를 바탕으로 선량 저감화 방안에 대해 제안하고자 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 실험 재료

본연구의 선량 평가를 위해 방사선치료 시 처방선량의 안전과 신뢰성 확보위해 널리 이용되고 있는 란도팬텀(Rando phantom, The Phantom Laboratory, USA)을 사용하였다.^[11]

기존 란도팬텀의 유방 용적은 최대 약 1200 ml로 국내 여성의 평균 유방용적인 200~300 ml와 큰 차이가 있기 때문에 본 연구에서는 Fig. 1과 같이 팬텀의 단면의 일부를 제외하고 유사한 용적을 적용하여 실험을 진행하였다.^[12,13]

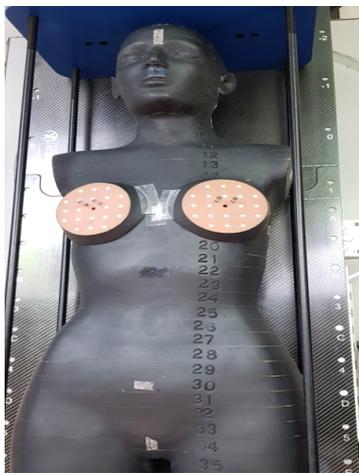


Fig. 1. Rando phantom.

반대편 유방의 선량차폐효과 분석을 위해 사용된 bolus는 air-gap 효과를 최소화하기 위해 최대한 표면과 밀착시켜 실험을 진행하였으며, 선량측정을 위해 사용된 유리선량계는 GD-302M(Asahi Techno Glass Co., JAPAN) 소자를 이용하였다.

2. 실험 방법

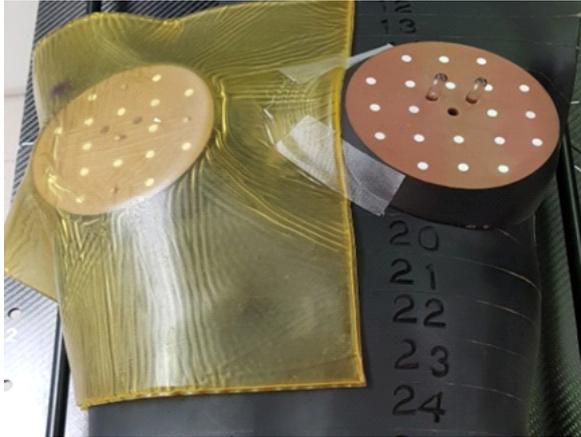
2.1 치료 계획

먼저 치료 계획을 수립하기 위해 조직등가물질로 구성된 란도팬텀을 모의 전산화 단층촬영(Simulation Computed Tomography; CT, Light speed RT16, General Electric, USA)을 실시하였다. 이때 절편 두께(slice thickness)는 2.5 mm 로 설정 하였으며 좌우 유방 조직이 모두 포함되도록 영상을 획득하였다. 획득한 영상은 치료계획 프로그램(monaco v5.12, SWEDEN)으로 전송하여 VMAT 방법으로 치료계획을 수립하였다. 이때 치료계획은 좌측 유방을 타겟(target)으로 하여 실제 임상에서 VMAT 치료계획 시 사용하는 것과 같은 방식을 적용하였으며 폐 조직은 최대한 제외시키고 유방조직은 충분히 포함하여 수립하였다. 또한 Diwanji, T. C. et al.^[14]의 연구에 따르면 1회 처방 선량을 높이고 치료 횟수를 줄이는 hypo-fraction 방사선치료 시 재발율이 줄어드는 장점이 있다고 보고하고 있다. 일반적인 유방암의 방사선치료 시 총 처방선량 5000 cGy를 25 ~ 30회로 나누어 치료하는 반면에 hypo-fraction 치료 방법은 약 4000 cGy를 15 ~ 16회 정도로 치료 횟수를 줄여 치료하고 5회 추가치료를 통해 약 5000 cGy를 조사하게 된다. 최근 이러한 hypo-fraction 치료가 많이 늘어나고 있는 추세이며 본 연구에서도 이 치료 방법을 이용하여 6 MV 에너지를 사용하여 1회 조사 시 267 cGy로 처방되도록 치료계획을 수립하였다.

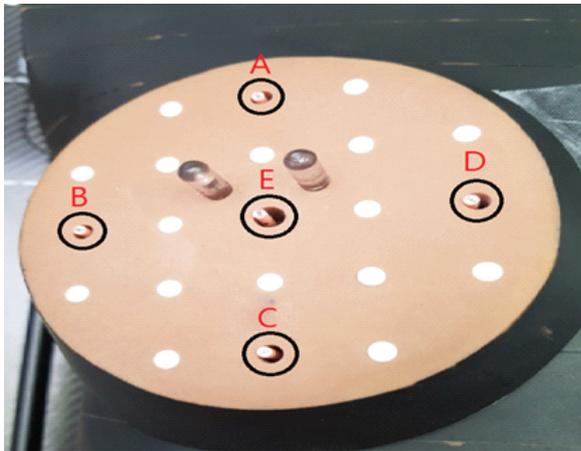
2.2 방사선 조사

치료계획 수립 후 정확한 빔 전달을 위해 방사선 조사 전 콘빔 전산화 단층촬영(Cone Beam Computed Tomography; CBCT)를 사용하여 3차원적으로 영상을 확인한 후 팬텀의 위치를 정확히 교정하여 조사하였다. 선량계는 치료 반대편 유방의 중심과 그로부터 각각 상, 하, 좌, 우 4 cm 간격으로 A, B, C, D,

E의 5개 지점을 선정하여 삽입하였다. Bolus는 유방을 전체를 충분히 포함하여 non-bolus, 5, 10, 15, 20 mm로 두께를 변화시켜가며 그에 따른 선량을 평가하였으며 Fig. 2와 같이 위치시킨 후 실험을 진행하였다.



(a) Bolus attached on rando phantom



(b) Measuring spots of glass dosimeter on the contralateral breast

Fig. 2. Bolus(5 mm) and glass dosimeter(measuring point A, B, C, D, E).

2.3 선량계의 교정 및 판독

투과방사선의 선량을 측정하기 위해서는 선질 교정이 필요하다.

방사선 조사 전 실험에 사용되는 선형가속기를 대상으로 유리선량계의 교정을 시행하였다. 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency; IAEA)의 TRS-398 프로토콜에 따르면 고에너지 광자선에 대한 output 측정 시 5 cm 이상 깊이에서 측

정하는 것을 권고하고 있다. 이에 따라 본 실험에서도 6 MV 에너지의 X선을 대상으로 field size 10 × 10 cm², 선원 표면간 거리(Source Surface Distance; SSD) 100 cm 의 조건으로 5 cm 깊이에서의 선량을 측정하여 교정값으로 사용하였다.

방사선 조사 후 유리선량계의 판독은 형광량 판독 시스템인 FGD-1000(Asahi Techno Glass Co., JAPAN)를 사용하였으며 소자 당 10회씩 반복 판독하여 그 평균치를 판독값으로 이용하였다. 이때 측정 결과값에 대한 오차율은 0.2~0.4%이다.

III. RESULTS

유리선량계를 이용하여 1회 처방선량 267 cGy를 조사하였을 때 치료 반대편 유방의 선량을 측정 한 결과 각 측정 지점과 bolus 사용에 따른 유방 전체의 평균 흡수선량의 분포는 Fig. 3과 같이 나타났으며 흡수선량의 수치는 Table 1과 같이 나타났다.

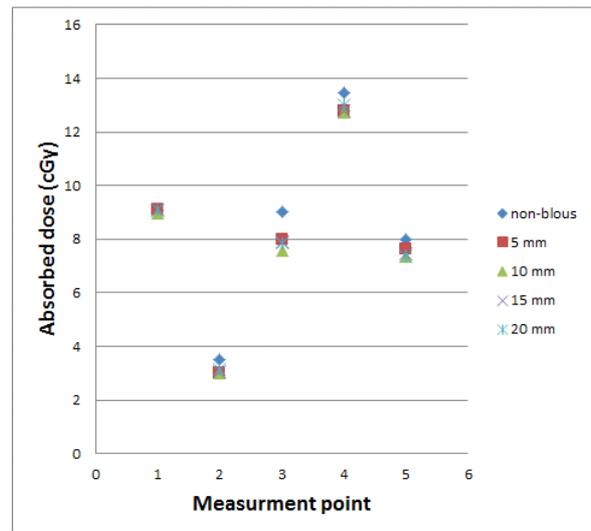


Fig. 3. Absorbed dose at measurement point.

이를 세부적으로 살펴보면 치료부위와 가장 가까운 D지점에서 가장 높게 측정되었고 치료부위와 가장 먼 B지점이 가장 낮게 측정 되었다. 유방 전체의 평균 흡수선량은 bolus가 없을 때 8.61 cGy, bolus의 두께가 증가함에 따라 각각 8.10, 7.94, 8.06, 8.09 cGy 로 나타났다.

Bolus를 사용하지 않았을 때보다 사용하였을 때 흡수선량이 점차 감소하였으며 15 mm 이상의 두께

에서는 소폭 증가하는 것으로 나타났다. 또한 bolus를 사용하였을 때 두께에 따라 각각 5.8, 7.7, 6.3, 5.9%씩 선량이 감소하는 것으로 나타났다.

다음으로 측정된 흡수선량을 일반적인 유방암 방사선치료의 총 처방선량인 5000 cGy 와 비교하였을 때 각 측정 지점과 유방 전체의 평균 흡수선량은 Table 2와 같이 나타났다.

유방 전체의 평균 흡수선량은 bolus가 없을 때 161.2 cGy, bolus의 두께가 증가함에 따라 각각 151.6, 148.6, 150.8, 151.6 cGy 로 계산되었다. 이는 치료하고자 하는 유방의 처방선량과 비교하였을 때 각각 3.22, 3.03, 2.97, 3.01, 3.03%에 해당하는 것으로 분석되었다

Table 1. Dose comparison according to bolus thickness by 1 fraction dose [Unit : cGy]

| Glass dosimeter \ Thickness | Non Bolus | 5 mm | 10 mm | 15 mm | 20 mm |
|-----------------------------|-----------|------|-------|-------|-------|
| A | 9.07 | 9.10 | 9.00 | 9.09 | 9.11 |
| B | 3.49 | 3.02 | 3.00 | 3.04 | 3.13 |
| C | 9.02 | 7.98 | 7.61 | 7.91 | 7.86 |
| D | 13.5 | 12.8 | 12.7 | 12.8 | 13.0 |
| E | 7.98 | 7.62 | 7.35 | 7.47 | 7.38 |
| Mean absorbed dose | 8.61 | 8.10 | 7.94 | 8.06 | 8.10 |

Table 2. Dose comparison according to bolus thickness by total prescription dose [Unit : cGy]

| Glass dosimeter \ Thickness | Non Bolus | 5 mm | 10 mm | 15 mm | 20 mm |
|-----------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| A | 169.8 | 170.5 | 168.5 | 170.3 | 170.6 |
| B | 65.4 | 56.6 | 56.2 | 57.0 | 58.6 |
| C | 169.0 | 149.4 | 142.4 | 148.1 | 147.3 |
| D | 252.2 | 239.6 | 238.7 | 239.6 | 243.4 |
| E | 149.4 | 142.6 | 137.7 | 139.8 | 138.3 |
| Mean absorbed dose | 161.2 | 151.6 | 148.6 | 150.8 | 151.6 |

IV. DISCUSSION

현재 임상에서는 방사선치료 기술의 혁신적인 발전에 의해 2D치료나 단순 접선조사를 벗어나 IMRT, VMAT 등 치료계획이 복잡하고 정교하며 치료부위와 정상조직을 효율적으로 제어하는 방법이 많이 이용되고 있는 추세이다. 하지만 이러한 치료계획의 발전에도 정상조직에 방사선이 피폭되는 것을 피할 수 없으며, 국외의 경우 산란선으로 인한 2차 암의 발생에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.

이에 본 연구에서는 유방암의 VMAT을 이용한 방사선치료 시 치료 반대편 유방의 위험도를 평가

하고자 하였으며 조직등가물질인 bolus를 이용하여 선량 감소 효과에 대해 연구 하였다.

실험 결과 bolus를 사용하지 않았을 때보다 사용하였을 때 선량이 소폭 감소하는 것으로 나타났으며 이는 기존에 연구된 원영진^[5] 등의 연구 결과와 유사하게 bolus에 의한 선량감소 효과가 있는 것으로 나타났다. 이 연구에서는 bolus의 두께가 증가함에 따라 선량 감소폭 또한 증가하였으며 감소율은 치료 방법과 측정 지점에 따라 18.4%에서 51.9%로 큰 폭으로 감소하는 것으로 보고하고 있다. 그러나 본 연구에서는 bolus 두께에 큰 영향을 받지 않고 비슷한 수준으로 감소하는 것으로 나타났고 감소율은 약 5.8%에서 7.7%로 소폭 감소하는 것으로

나타났다. 이는 실험에 사용된 치료 장비, 치료계획의 종류 및 방법, 선량계의 측정 위치 등에 의해 차이가 나는 것으로 판단된다.

Bolus의 선량 감소 효과는 실험을 통해 확인하였으나 실제 방사선치료 시 환자에게 bolus를 사용할 때, 불편함과 이물감으로 인한 움직임이 발생할 수 있으며 bolus를 놓는 위치에 따라서 선량 분포가 달라질 수 있다. 이로 인해 환자의 치료효과에 영향을 줄 수 있다. 따라서 환자에게 bolus 적용 시 충분한 주의가 필요할 것이며 본 연구결과를 바탕으로 bolus 사용 시 적절한 두께의 설정과 bolus 사용의 재현성에 주의를 기울여야 할 것으로 사료된다.

V. CONCLUSION

본 연구에서는 bolus를 사용하여 유방암의 VMAT 방사선치료 시 치료 반대편 유방의 피폭 저감화 방안에 대해 연구하고자 하였다. 연구 결과 bolus에 의한 선량 저감 효과를 확인할 수 있었으며 그 효과가 약 5~7%로 나타났다. 그러나 선량 감소효과가 작다 할지라도 정상조직의 선량을 최소화 하는데 노력해야 할 것이다. 또한 치료하고자 하는 부위의 치료 효과에 영향을 주지 않는 선에서 적절한 두께의 bolus 사용이 필요할 것으로 판단된다.

Reference

- [1] <https://www.cancer.go.kr/lay1/S1T639C641/contents.do>, 2018.
- [2] W. K. Chung, M. J. Chung, D. O. Shin, D. W. Kim, "Impact of Respiratory Motion on Breast Cancer Intensity-modulated Radiation Therapy," *Korean Journal of Medical Physics*, Vol. 27, No. 2, pp. 93-97, 2016.
- [3] S. S. Kang, I. H. Ko, S. H. Kim, Y. S. Kim, W. Y. Kim, C. H. Yoon, S. J. Eun, S. J. Lee, J. O. Lee, J. K. Jo, Y. S. Ji, J. W. Choi, *Radiation Therapeutics*, Chung Koo Publishing Co., pp. 212-220. 2007.
- [4] K. M. Heo, "Usefulness Evaluation on the Treatment Plan of Tomography and VMAT in the Radiotherapy for Prostate Cancer," Department of Radiology, The graduate school of Dongshin University, 2016.
- [5] Y. J. Won, J. W. Kim, J. H. Kim, "Bolus Effect to Reduce Skin Dose of the Contralateral Breast During Breast Cancer Radiation Therapy," *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 40, No. 2, pp. 289-295, 2017.
- [6] J. N. Song, Y. J. Kim, S. I. Hong, "The Usability Analysis of 3D-CRT, IMRT, Tomography Radiation Therapy on Nasopharyngeal Cancer," *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 6, No. 5, pp. 365-367, 2012.
- [7] K. S. Lee, J. M. Seo, W. K. Son, Y. J. Kim, H. J. Ko, "The comparison of dose distribution on radiation therapy between IMRT and VMAT in breast cancer," *The Journal of Korean Society for Radiation*, Vol. 8, No. 1, pp. 89-90, 2014.
- [8] J. W. Kim, H. Woo, H. H. Jeong, K. A. Kim, C. Y. Kim, S. H. Yoo, "The evaluation of contralateral breast's dose and shielding efficiency by breast size about breast implant patient for radiation therapy," *The Journal of Korean Society for Radiation*, Vol. 26, No. 2, pp. 329-330, 2014.
- [9] H. H. Lee, U. K. Ko, M. K. Yoon, "Study on the incidence of secondary cancer according to treatment method after breast cancer radiation therapy," *Korean Association For Radiation Protection*, Vol. 2012, No. 11, pp. 176-177, 2012.
- [10] M. S. Kim, "Discussion about destructive mechanisms of irradiated salivary gland and current therapeutic approaches to regain its function," Department of Dendistry, The graduate school of Seoul National University, 2015.
- [11] http://ri.hallym.ac.kr/sri/sri_3/102-1. PDF, 2018.
- [12] <http://sizekorea.kr/>, 2018.
- [13] S. M. Jo, "Difference of Set up Margin between 2D versus 3D CT Planning in Patients with Early Breast Cancer," Department of Medical Sciences, The graduate school of Ajou University, 2010.
- [14] T. P. Diwanji, J. K. Molitoris, A. M. Chhabra, J. W. Snider, S. M. Bentzen, K. H. Tkaczuk, P. Y. Rosenblatt, S. B. Kesmodel, E. C. Bellavance, R. J. Cohen, "Utilization of hypofractionated whole-breast radiation therapy in patients receiving chemotherapy: a National Cancer Database analysis," *Breast Cancer Research and Treatment*, Vol. 165, No. 2, 2017.

VMAT를 이용한 유방암 방사선치료 시 반대편 유방의 Bolus 사용에 따른 흡수선량 평가

김종보,¹ 신상화^{2,*}

¹동남권원자력의학원 방사선종양학과

²부산가톨릭대학교 방사선학과

요약

방사선치료 기법의 발전으로 치료가 더욱 정밀해졌음에도 불구하고 치료 부위 외에도 방사선에 의해 피폭되는 것은 피할 수 없다. 이에 본 연구에서는 유방암의 방사선치료 시 치료 반대편 유방의 bolus 두께에 따른 흡수선량을 평가하고 선량 저감 효과에 대해 분석하고자 하였다. 실험 및 방법으로 Rando phantom을 대상으로 VMAT 치료방법을 이용하여 실험을 진행하였다. 치료 반대편 유방에 A, B, C, D, E의 5개 지점을 선정하여 bolus를 사용하지 않았을 때와 5, 10, 15, 20 mm의 bolus를 사용하였을 때의 선량을 유리선량계를 사용해 평가하였다. 그 결과, 치료지점과 가장 가까운 지점에서 높은 흡수선량이 측정되었으며 치료지점과 가장 먼 B 지점에서는 가장 낮게 측정되었다. 평균 흡수선량은 bolus를 사용하지 않았을 때 8.61 cGy 그리고 두께에 따라 8.10, 7.94, 8.06, 8.10 cGy로 나타났다. 연구 결과 선량 저감 효과를 확인할 수 있었으며, 본 연구를 바탕으로 적절한 bolus 두께를 설정하여 정상조직의 선량 저감화를 위해 노력해야 할 것이다.

중심단어: 유방암, bolus, 유리선량계, VMAT, 흡수선량

연구자 정보 이력

| | 성명 | 소속 | 직위 |
|--------|-----|-------------------|------|
| (제1저자) | 김종보 | 동남권원자력의학원 방사선종양학과 | 방사선사 |
| (교신) | 신상화 | 부산가톨릭대학교 방사선학과 | 교수 |