

유리 선량계와 다이오드 측정기를 이용한 유방암 환자의 체표면 선량측정 비교

울산대학교 의과대학 *울산대학교병원, †서울아산병원 방사선종양학교실, ‡한국수력원자력(주) 방사선보건연구원

고영은* · 박성호† · 최병준* · 김희선‡ · 노영주*

다이오드 측정기(diode)와 유리 선량계(glass dosimeter)를 이용하여 체표면 선량측정을 시행하고 실제 방사선조사 영역에 조사되는 방사선량을 치료계획 시스템에서 계산된 방사선량과 비교하여 유리 선량계를 체표면 측정기로 활용할 수 있는 가능성을 확인하고자 하였다. 이를 위하여 유방암 치료로 방사선을 조사받는 환자 27명을 대상으로 다이오드 측정기와 유리 선량계를 같은 부위에 부착하여 각각의 위치에서 조사되는 방사선량을 측정하였다. 여기서 사용된 유리 선량계는 총 40개 중 재현성이 3% 이내인 28개의 소자만을 사용하였다. 환자의 치료 셋업 위치에 따라 네 부위에 각각 선량계를 부착하여 각 위치에서의 선량값을 측정하였다. 연구에 참여한 27명의 환자 모두에 대하여 180 cGy/fraction의 방사선을 조사하였다. 이때 같은 부위에 부착한 두 측정기가 나타내는 선량값의 차이는 최대 3.2%였으며, 치료계획 된 선량값과 비교했을 때 다이오드 측정기의 경우 평균 2.3%의 차이를 보였으며, 유리선량계의 경우 평균 3.4%의 차이를 나타내었다. 이로써 유리 선량계는 체표면 측정기로 활용할 수 있는 가능성을 보였다. 치료계획에서 계산된 선량값에 비해 두 종류 측정기로 측정된 선량값이 모두 적은 값을 나타내었으나, 이는 각각의 선량계가 가지고 있는 특성 오차의 영향과 선량계를 부착한 부위가 고정되기 쉽지 않고 움직이기 쉬운 부분이라는 신체적 특성의 영향에 따른 차이로 생각된다.

중심단어: 체표면 선량, 다이오드 측정기, 유리 선량계, 유방암

서 론

고에너지를 이용한 방사선 치료는 외과적 수술을 통한 종양 적출, 약물 요법과 더불어 종양을 치료하는 세 가지 방법 중의 하나로 최근 들어 이들 방법 중 가장 많은 발전을 이루고 있는 분야이다. 방사선 치료는 병소에 한 번 또는 여러 번 집중적으로 고선량의 방사선을 조사하여 치료하는 방법으로 방사선치료가 정확히 시행되었는지 치료 과정에서 보다 손쉽게 검증, 저장 관리할 수 있는 기술이 요구된다.

본 연구에서는 다이오드 측정기(diode detector), 유리 선량계(glass dosimeter)를 이용한 생체 내 측정법(in-vivo)을 시행하여 치료계획 시스템에서 계산된 방사선량을 조사 시 실제방사선조사 영역에 조사되는 방사선량이 치료계획 시

스템에서 계산된 방사선량과 일치하는지 측정하고자 하였다. 본 연구에서의 대상인 유방암을 가지고 있는 환자들은 치료부위가 단단하게 고정되거나 고정할 수 있는 부위가 아니라 환자의 셋업 시 오차가 발생할 확률이 높다.^{1,2)} 국내외의 연구에서도 환자의 셋업을 확인하는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이를 바탕으로 치료 부위에 조사되는 방사선량이 치료계획 된 선량과 일치하는 지를 확인하는 연구도 병행되고 있다. 이에 본 연구에서는 선량값을 확인하는데 있어서 기존에 주로 사용되던 다이오드측정기와 최근에 사용되고 있는 유리 선량계(GD-352M, ASAHI TECHNO GLASS CIRPORATION, Japan)를 병행하여 선량값을 확인하고자 하였다.

기존의 연구들은 선량값을 확인하는데 주로 필름이나, 다이오드 측정기, 열형광선량계(TLD) 등을 이용하였으나, 이들에 대한 연구는 10년 전에 여러 연구에서 이미 그 특성과 장·단점을 보고한 바 있다.^{1,2)} 본 연구에서는 근래에 들어 다시 그 유용성을 재평가 받고 있는 유리 선량계를 기존에 주로 사용되었던 다이오드 측정기와 병행하여 측정함으로써 두 가지 측정기로 측정된 선량값과 치료계획 시스템(Eclipse v6.5, Varian, USA)에서 계획된 선량값을 비교

이 논문은 2006년 울산대학교 연구비에 의하여 연구되었음.
이 논문은 2007년 11월 29일 접수하여 2008년 3월 11일 채택되었음.
책임저자 : 노영주, (682-714) 울산시 동구 전하동 290-3
울산대학교병원 방사선종양학과
Tel: 052)250-8719, Fax: 052)201-8799
E-mail: radonc@hanmail.net

하고자 하였다. 또한 유리 선량계를 체표면 측정기로 활용할 수 있는 가능성을 확인하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 유리 선량계의 특징

유리 선량계(GD-352M, ASAHI TECHNO GLASS CIRPORATION, Japan)는 방사선에 조사된 유리소자가 자외선에 의한 여기로 주황색 형광을 발하는 현상(Radio-Photo Luminescens: RPL)을 이용한 고체 선량계이며, 방사선조사로 생긴 RPL 중심은 판독조작 등으로 소멸되지 않으며 여러 번에 걸쳐 반복하여 판독할 수 있는 적산형 고체선량계이다.³⁾ 일반적으로 TLD와 비슷한 용도로 사용되며, 취급사항 또한 비슷하나 TLD와는 다르게 판독조작에 의해 신호가 소멸되지 않으므로 반복 판독이 가능하고, 취급상 용이하다는 특징이 있다. 유리소자의 균질성으로 인하여 소자 상호간의 편차가 작고, RPL 중심은 안정성이 높아서 감쇄(fading)현상이 거의 없으며, 주변환경의 온도에 좌우되지

않는다. 또한 인식번호가 새겨진 소자이기 때문에 소자간의 식별이 가능하다는 편리성도 있다.

본 연구에서 사용한 유리 선량계는 직경이 1.5 mm, 길이가 12 mm인 원통형 측정기로 저에너지용 보상필터가 들어 있는 종류의 유리 선량계를 사용하였다(Fig. 1). 이 유리 선량계는 측정 선량범위가 10 μ Gy ~ 500 Gy까지로 넓은 선량영역에서의 측정이 가능하고, 3% 이내의 에너지 특성을 가지고 있으며, 5% 이내의 방향 특성을 나타내었다.⁴⁾

유리 선량계의 판독은 FGD-1000 판독기(ASAHI TECHNO GLASS CIRPORATION, Japan)를 이용하였으며, 한번에 20 개의 소자에 대해 판독이 가능하였다.

2. 유리 선량계의 교정

본 연구에서 사용할 유리 선량계 소자들의 교정을 위해 유리 선량계 소자를 고체팬텀(Solid phantom Type 29672, PTW, German) 내 2 cm 깊이에 위치시키고(Fig. 2) 선형가속기(CL21EX, Varian, USA)의 6 MV 에너지, 10 \times 10 cm² 조사면으로 1회에 200 cGy 조사하였으며, 이를 3회 반복하였

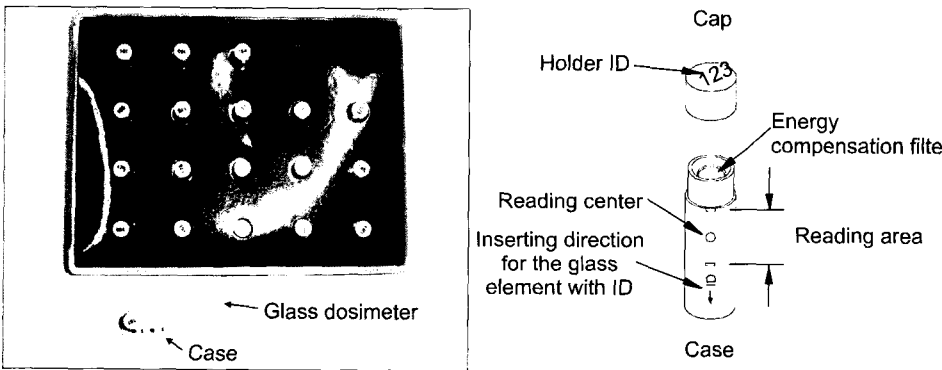


Fig. 1. Glass dosimeter.

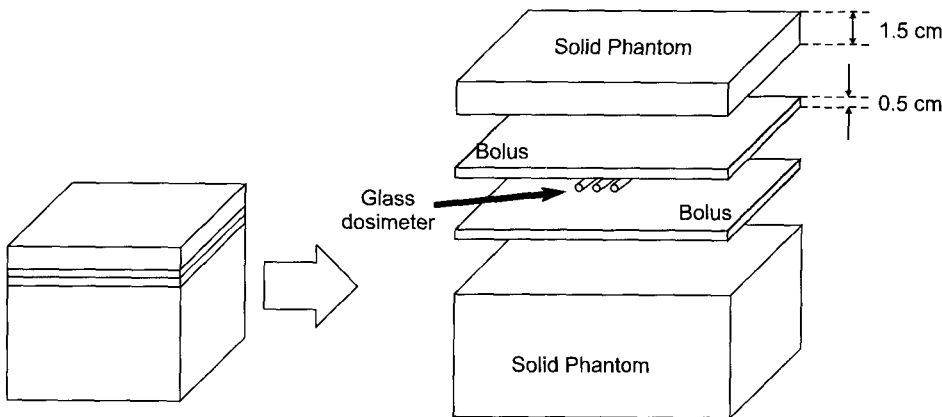


Fig. 2. Setup for the calibration of glass dosimeters.

다. 측정에 사용된 유리선량계는 총 40개 소자 중에서 재현성이 3% 이내인 선량계만을 선별하여 측정에 사용하였다 (Fig. 3).

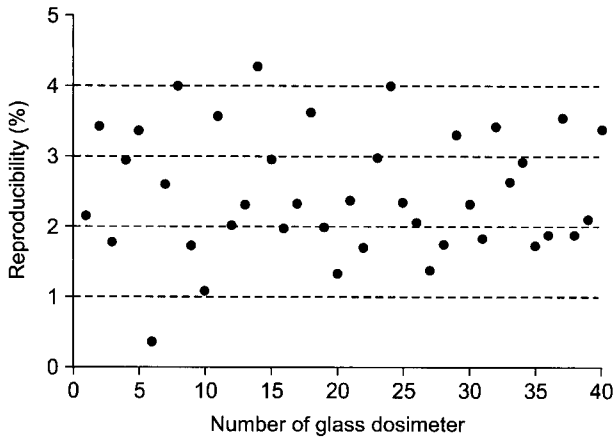


Fig. 3. Reproducibility of glass dosimeters.

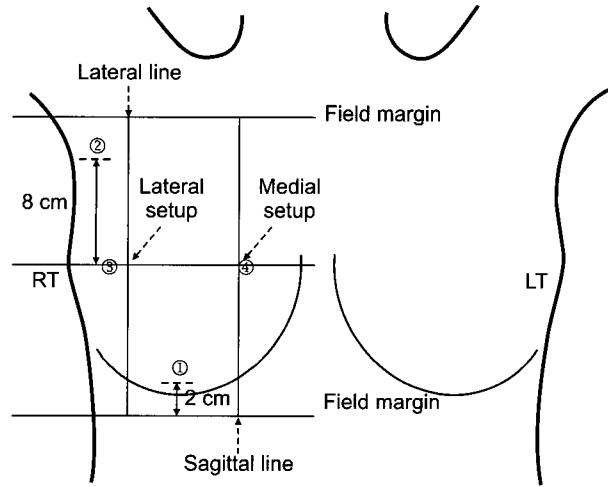


Fig. 4. Locations of dose measurements where the glass dosimeters and diodes were attached: (1) infra-mammary, (2) axillary, (3) lateral setup line, and (4) medial setup line.

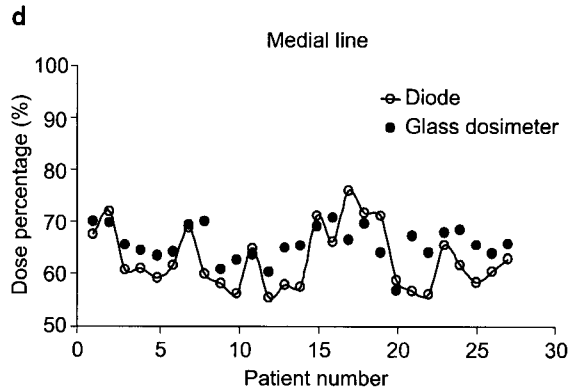
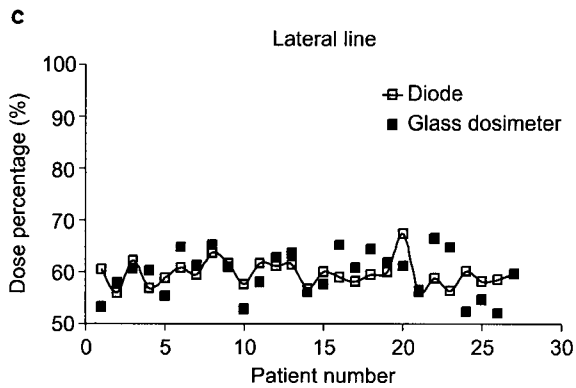
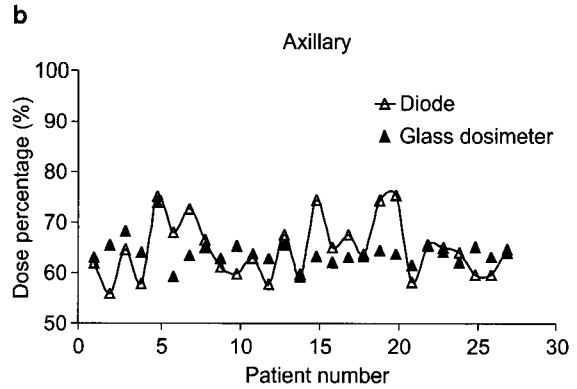
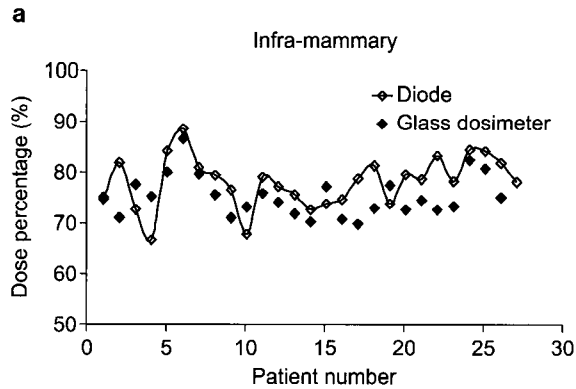


Fig. 5. Comparison of skin dose measurement using glass dosimeters and diodes: (a) infra-mammary, (b) axillary, (c) lateral setup line, and (d) medial setup line.

3. 연구 방법

본 연구는 방사선치료를 받는 27명의 유방암 환자를 대상으로 하였다. 각 환자의 치료부위 내에 4부위를 설정(Fig. 4)하여 유리 선량계와 다이오드 측정기를 부착하여 선량값을 측정하였다. 환자들의 치료부위에 1회 치료 시 180 cGy의 방사선을 조사하였으며, 치료 시작 이틀째 되는 날 측정하였다. 측정은 각 환자당 한번 시행하였으며, 유리 선량계 소자는 각 부위에 2개씩 부착하여 사용하였다. 여기서 측정된 유리 선량계와 다이오드 측정기의 측정값들을 치료계획(Eclipse v6.5, Varian, USA)에서의 선량값과 비교하였다.

결 과

27명의 유방암 환자의 측정된 결과 Fig. 5에서 보여지는 것과 같이 각각의 부위에서 다른 선량이 측정되었다. 전체적으로 측정된 평균 체표면 선량은 69%였으며, 선량계를 부착시킨 각각의 위치에 따라 차이를 보였다(Table 1). 다이오드 측정기를 부착시킨 1번 위치(유방하부, infra-mammary)에서는 평균 78% 선량이 조사됐으며, 2번(겨드랑이, Axillary)에서는 65%, 3번(lateral setup line)에서는 60%, 4번(medial setup line)의 위치에서는 64%의 선량을 나타내었다. 상대적으로 1번과 2번의 위치에서 선량이 3번과 4번 위치에서의 선량보다 높게 나왔다. 치료계획에 의한 선량과 다이오드 측정기로 측정된 선량값은 평균 2.3%의 차이를 보였으며 최대 3.5%의 차이를 보였다. 같은 위치에서 유리 선량계로 측정된 선량값은 1번에서 78%, 2번에서 63%, 3번에서 59%, 4번에서 64%의 결과를 나타내어 다이오드 측정기로 측정된 선량값의 특성과 유사한 결과를 보였다. 특히 유방하부와 겨드랑이에서 다른 부위보다 선량이 보다 높게 나왔다. 유리 선량계로 측정된 선량값은 계획된 선량값과 비교했을 때 평균 3.6%의 차이를 나타냈으며 최대 6.0%를 넘지 않았다. 두 측정기로 측정된 선량값이 치료계획에 의

해 계산된 선량값보다 작은 경향을 나타내었다. 또한 선량계를 부착 시킨 위치에 따라 체표의 굴곡이 상대적으로 많은 겨드랑이에서 다이오드 측정기와 유리 선량계의 선량값의 차이가 크게 측정되었다.

고찰 및 결론

본 연구에서 다이오드 측정기와 유리 선량계를 이용하여 유방암 환자의 체표면 선량을 측정하여 비교하고자 하였다. 다이오드 측정기와 유리 선량계 모두 치료계획 된 선량과 비교했을 때 5% 이내의 측정 오차를 나타내었다. 이로써 체표면 선량측정에 자주 사용되지 않았던 유리선량계도 체표면 선량측정에 유용하게 사용할 수 있으리라 생각된다. 또한 선량측정기를 부착한 네 부위 중 1번 위치인 유방하부 부위에서 가장 많은 양의 선량값이 측정되었으며, 상대적으로 3번 위치인 측면 셋업라인이나 4번 위치인 중심 셋업라인에서는 적은 양이 측정되었다. 또한 2번 위치에서는 겨드랑이 부위에서는 두 선량계의 측정값의 차이가 크게 나타났는데, 이는 겨드랑이 부위가 체표면의 굴곡이 가장 심하기 때문에 측정기를 부착시키는 것이 불안정하였고, 한정된 좁은 부위에 측정기를 부착시켰어야 하므로 환자의 자세가 조금만 변해도 측정값에 영향을 미쳤으리라 생각된다. 따라서 최근에 개발되어 크기가 좀 더 작고 특성 오차가 1% 이하인 측정기로 측정한다면 보다 좋은 정확한 측정 결과를 기대할 수 있으리라 생각된다. 이번 연구를 통해서 유리선량계를 체표면 선량측정에 유용하게 사용할 수 있으리라 생각되며, 이번 연구의 대상인 유방암 환자의 경우 체표면의 굴곡이 심하고, 유동성이 크기 때문에 유방에서의 체표면선량은 환자의 자세가 조금만 변하거나 측정하고자 하는 위치가 약간만 달라져도 그 부위에서 선량값의 차이가 크게 달라진다는 것을 알 수 있었다. 유방암 치료 환자의 경우 단순한 셋업으로 치료를 하지만, 환자의 자세를 편안하고 재현성 있게 안정적으로 고정시켜주는 것이

Table 1. Comparison of skin dose measurement using glass dosimeters and diodes with the planned dose from the treatment planning system.

	Planned dose	Measured by diodes	Measured by glass dosimeters
Infra-mammary	79.4±6.2%	77.9±5.1%	78.4±4.8%
Axillary	66.4±5.5%	65.1±6.1%	62.6±7.6%
Lateral setup line	60.8±4.5%	59.7±2.7%	58.9±4.3%
Medial setup line	65.9±3.2%	63.7±6.1%	63.5±3.8%

중요하며, 앞으로 이를 확인하는 과정에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

참 고 문 헌

1. Van Der Laan H, Dolsma WV, Vant't Veld AA, et al: Comparison of normal tissue dose with three-dimensional conformal techniques for breast cancer irradiation including the internal mammary nodes. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 63: 1522-1530 (2005)
2. Venablesa K, Milesa EA, Aird EGA, et al: The use of in vivo thermoluminescent dosimeters in the quality assurance programme for the START breast fractionation trial. *Radiother Oncol* 71:303-310 (2004)
3. 라정은, 서원섭, 신동오, 김희선 서태석: "유리선량계를 이용한 감마나이프의 출력인자 결정". *의학물리* 18:13-19 (2007)
4. **Technical Report**: Explanation Material of RPL Glass Dosimeter. Small Element System. Asahi Techno Glass Corporation (2000)

Comparison of Skin Dose Measurement Using Glass Dosimeter and Diode for Breast Cancer Patients

Young Eun Ko*, Sung Ho Park[†], Byoung Joon Choi*, Hee-Sun Kim[‡], Young Ju Noh*

Department of Radiation Oncology, *Ulsan University Hospital, [†]Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, [‡]Radiation Health Research Institute, Korea Hydro & Nuclear Power Corporation

The purpose of this study was to measure the skin dose using the glass dosimeter and diode and to compare those measurements to the planned skin dose from the treatment planning system. For the reproducibility of the glass dosimeter (ASAHI TECHNO GLASS CORPORATION, Japan), the same dose was irradiated to 40 glass dosimeters three times, among which 28 with the reproducibility within 3% were selected for the use of this study. For each of 27 breast cancer patients, the glass dosimeters and diodes were attached to 4 different locations on the skin to measure the dose during treatment. All the patients received one fraction of 180 cGy each. The maximum difference of measurements between the glass dosimeter and diode at the same location was 3.2%. Comparing with the planned skin dose from the treatment planning system (Eclipse v6.5, Varian, USA), the dose measured by the glass dosimeter and the diodes showed on an average 3.4% and 2.3% difference, respectively. The measured doses were always less than the planned skin dose. This may be due to the specific errors of both detectors. Also, the difference may be caused by the fact that since the skin where the detectors were attached is pretty moveable, it was not fix the detectors on the skin.

Key Words: Skin dose, Diode, Glass dosimeter, Breast cancer