

# 유방전절제술을 시행한 환자에서 치료기법에 따른 피부선량 평가

삼성서울병원 방사선종양학과

송용민 · 최지민 · 김진만 · 권동열 · 김종식 · 조현상 · 송기원

**목 적** : 방사선 치료 시 치료기법에 따라 피부에 흡수되는 선량은 달라진다. 본 연구에서는 유방전절제술을 시행한 환자의 방사선 치료 시 치료 기법에 따른 표면선량 및 깊이에 따른 피부선량을 평가하고자 한다.

**대상 및 방법** : 조직등가물질로 구성된 팬텀(ImRT, IBA)을 이용하여 전산화단층촬영을 시행 한 후 치료계획시스템에 의해 인체의 흉벽과 같이 가상의 표적과 정상조직을 설정하였다. 총 5가지의 치료계획(Wedged Tangential technique, 4-field IMRT, 7-field IMRT, TOMO DIRECT, TOMO HELICAL)에 대해 6MV 광자선을 이용해 최적의 치료계획을 수립하였다. 흉벽의 표면선량을 측정하기 위해 Gafchromic EBT3필름 이용하여 팬텀의 표면에 밀착 시킨 후 내측(0~4 cm), 중심측(4~12 cm), 외측(12~16 cm)으로 구분하여 분석 하였고, 깊이에 따른 피부선량을 측정하기 위해 팬텀 단면 사이에 필름을 삽입 후 측정하여 흉벽의 내측(3지점), 중심측(4지점), 외측(3지점)에 대해서 1~6 mm 깊이 별로 측정하여 분석하였다.

**결 과** : 흉벽의 표면선량 측정결과 처방선량 기준으로 TOMO DIRECT에서 47~70%로 가장 높게 측정 되었으며, 7-field IMRT의 경우 35~46%로 가장 낮은 선량을 보였다. 깊이에 따른 피부선량 측정결과 TOMO DIRECT와 TOMO HELICAL에서 다른 치료기법에 비해 1 mm, 2 mm, 5 mm 깊이에서 처방선량의 75%, 80%, 90% 이상으로 모든 영역에서 상대적으로 높은 선량이 측정 되었으며, 특히 TOMO DIRECT의 경우 접선인자 영향에 의해 중심 측의 1 mm, 2 mm깊이에서 처방선량의 80%, 90%이상의 선량이 측정 되었다.

**결 론** : 유방전절제술을 시행한 환자의 방사선 치료 시 선형 가속기를 이용한 치료 기법에 비해 TOMO DIRECT와 TOMO HELICAL에서 표면 및 피부선량이 높게 나타났으며, 표면으로부터 1 mm깊이의 피부영역에서 75% 이상의 충분한 선량을 전달 할 수 있었다.

**핵심용어** : 유방전절제술, 피부선량, Gafchromic EBT3필름

## 서 론

유방전절제술을 시행한 환자의 방사선 치료는 국소 재발률을 최소화 하기위해 시행된다.<sup>1)</sup> 2005년에 발표된 연구에 따르면 유방 전 절제술 후 흉벽에 방사선 치료를 받은 환자에서 재발률이 21%에서 7.8%로 감소된다고 보고되고 있어, 흉벽에 충분한 선량을 전달하는 것은 암의 재발률을 감소시키는 데 매우 중요하다.<sup>2)</sup>

인체의 피부는 보통 표피층, 진피층, 피하조직으로 구성된다. 특히 진피층의 경우 잠재적인 암세포를 포함하는 림프관이 존재하기 때문에, 국소적으로 재발 가능성이 높은 영역이다.<sup>3)</sup> 그렇기 때문에 유방전절제술을 시행한 환자에서 국소 재발률이 높은 피부영역은 표면으로부터 약 1-5

mm깊이 이며<sup>4)</sup>, 방사선 치료 시 충분한 선량 즉 처방선량의 75~90%가 권고 된다.<sup>5)</sup> 치료 방법으로는 보통 선형가속기를 이용한 이문 접선조사를 이용 되며, 피부영역의 선량을 높이기 위해 볼루스를 적용한다. 그러나, 이러한 볼루스의 적용은 피부에 흡수되는 선량 정도에 따라 홍반, 건성 또는 습성바리 등의 피부 부작용을 야기하는 문제가 있기 때문에 각 기관별로 두께 및 적용횟수를 고려하여 적용하고 있다.<sup>6)</sup> 최근에는 폐와 심장의 선량을 감소시키고, 흉벽에 선량을 균일하게 전달할 수 있는 세기조절방사선치료(intensity modulated radiation therapy, IMRT)와 토모테라피가 소개되어 임상적으로 많이 응용 되고 있으며, 특히 토모테라피의 경우 물리적 특성을 바탕으로 볼루스를 사용하지 않고도 피부영역에 충분한 선량을 전달할 수 있다는 가능성이 제시되어 많은 연구들이 진행 되었다.<sup>8-11)</sup>

이처럼 유방전절제술 후 방사선 치료를 받는 환자에 대해 다양한 치료 기법들이 시도 되고 있지만, 흉벽은 인체 중에서도 매우 얇은 부분이고 바로 밑에 상대적으로 낮은 농도

본 논문은 2014년 9월 30일 접수하여 2014년 12월 2일 채택되었음.  
책임저자 : 송용민, 삼성서울병원 방사선종양학과  
서울시 강남구 일원동 50번지, 135-710  
Tel : 02) 3410-2600  
E-mail : ymin.song@samsung.com

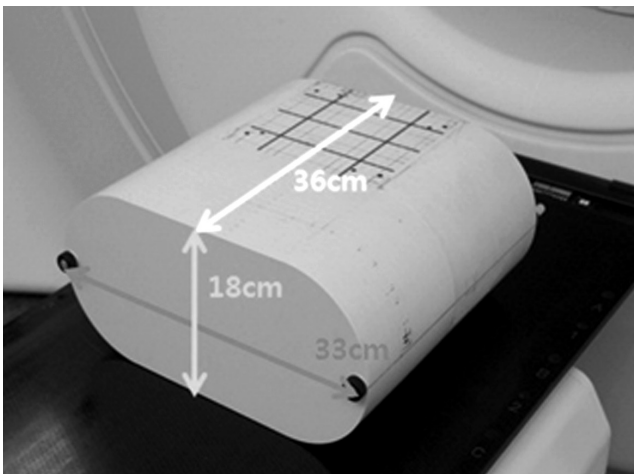


Fig 1. Tissue equivalent material I<sup>125</sup>mRT Phantom : 36cm(Lenth) × 33cm(With) × 18cm(Height)

의 폐가 위치하고 있어 치료계획시스템에서 계산한 선량값과 실제 측정값이 다르게 나타나 치료계획 시 피부선량을 예측하기란 쉽지 않다.<sup>12)</sup> 또한 흉벽과 같이 굴곡진 부위의 경우 치료 기법에 따라 피부영역에 흡수되는 선량이 다르게 나타나기 때문에 피부선량에 대한 정확한 평가가 필요하다.<sup>13)</sup>

본 연구에서는 조직등가물질로 구성된 팬텀에 인체의 흉벽을 가정(hypothesis)하였으며, 선량 측정도구로서 Gafchromic EBT3 필름을 이용하여, 치료 기법에 따른 흉벽의 표면선량과 깊이에 따른 피부선량을 측정해 평가해보고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 장비 및 팬텀

방사선 치료 장비로서 60쌍의 다엽 콜리메이터가 장착된 선형가속기(6EX, Varian, USA)와 64쌍의 다엽 콜리메이터가 장착된 토모테라피(TomoTherapy Inc., Madison, WI)를 이용하였으며, 6MV 엑스선 에너지가 동일하게 적용되었다. 치료계획시스템으로는Pinnacle3(version 9.2, Philips Medical Systems, USA)와 토모테라피 전용 치료계획시스템(TomoTherapy<sup>®</sup> Planning Station 4.2.2.4)을 이용하였으며, 인체의 흉벽을 가정하기 위해 크기가 33(W)×36(L)×18(H) cm<sup>3</sup>, 평균 농도가 1.045 g/cm<sup>3</sup>인 I<sup>125</sup>mRT 팬텀(IBA, Germany)이 사용 되었다.(Fig. 1)

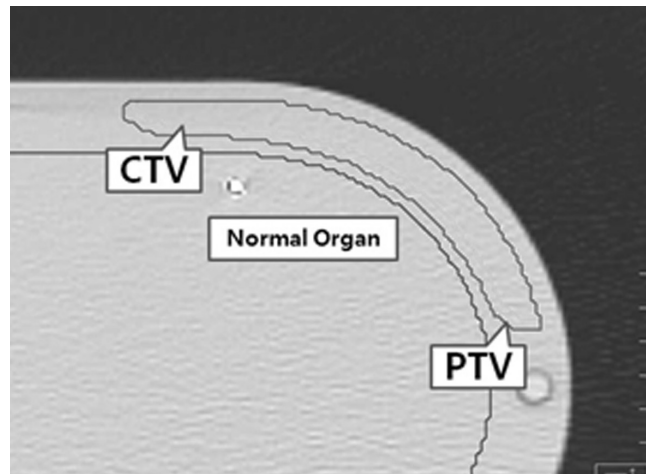


Fig 2. The phantom axial image, which displays the hypothetical target structures and the normal organ

### 2. 치료 계획

I<sup>125</sup>mRT 팬텀을 이용해 2.5 mm의 두께로 전산화 단층 촬영 (GE, Ultra Light Speed16, USA)을 하여 영상을 획득하였다. 획득된 단면 영상에서 치료계획시스템을 이용해 흉벽의 두께를 2 cm로 가정 하여 묘사(contouring) 하였고, 가상의 임상표적체적(Clinical Target Volume, CTV)과 정상조직을 설정하였다. 환자의 움직임과 셋업시 오차를 고려해 모든 방향으로 동일하게 5 mm차이(margin)를 더하여 계획 표적체적(Planning Target Volume, PTV)을 생성하였으며, 표층 영역(superficial region)에서 고 에너지에 대한 치료계획시스템의 선량증강(build-up)문제로 표면방향으로는 피부에서 5 mm안쪽으로 묘사하였다.<sup>14)</sup>(Fig. 2) 총 5가지의 치료계획(Wedged Tangential technique, 4-field IMRT, 7-field IMRT, TOMO DIRECT, TOMO HELICAL)에 대해 본원에서와 같이 1회 치료 선량인 200cGy를 처방하였으며, 계획표적체적을 대상으로 RTOG(Radiation Therapy Oncology Group)가이드 라인에 따라 처방선량의 100%가 받는 계획표적체적이 최소한의 체적의 90%이상일 수 있도록 하였으며, 정상조직의 경우 처방선량의 30%가 받는 정상조직의 체적이 총 체적의 25% 이하가 될 수 있도록 치료 계획을 세웠다.

Wedged Tangential technique의 치료계획의 경우 흉벽의 내측 및 외측 이문 3000, 1200의 접선 조사방식을 적용하였으며, 선량분포를 균일하게 하기에 위해 가상 췌기필터를 사용하였다. 4-field IMRT와 7-field IMRT는 역방향 치료계획(inverse plan)이 적용 되었으며, 4-field IMRT의 경우 조사 각도를 2950, 3200, 950, 1250그리고 7-field IMRT에서

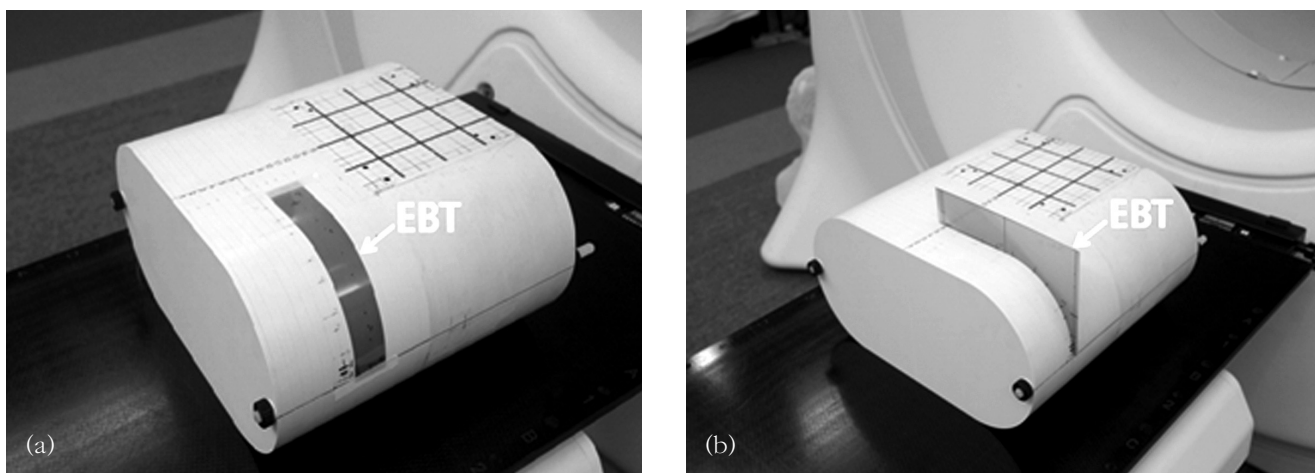


Fig 3. (a) EBT film strips with size of  $3 \times 20$  cm were spread onto the phantom surface for the dose measurement (b) EBT film pieces cut into  $20 \times 20$  cm<sup>2</sup> squares were used for the measurements inside the phantom for skin dose

는 2950, 3200, 3500, 300, 700, 1000, 1250를 적용해 계획 표적체적에 최적화(optimization) 하였다. TOMO DIRECT와 TOMO HELICAL의 치료 계획에서 조사영역 폭(field width)은 2.5 cm, 피치는 0.287로 동일하게 적용했으며, TOMO HELICAL의 경우 Modulation Factor를 2.0으로 하였다. TOMO DIRECT의 경우 Wedged Tangential technique과 동일한 내측 및 외측의 이문 3000, 1200의 접선 조사방식을 사용했다.

### 3. 필름 측정

흉벽에 대한 2차원 선량분포를 측정하기 위해 Gafchromic

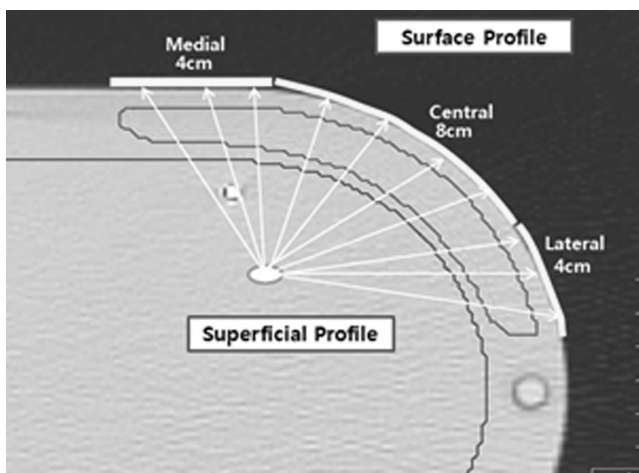


Fig 4. The surface and skin parts of the chestwall were divided into three regions (medial, central and lateral) in the isocentre plane are illustrated.

EBT3필름(ISP, International Specialty Products, Wayne, NJ, USA)이 사용되었다. Gafchromic EBT필름은 조직등가물질로 구성되어 있고, 방사선 에너지 의존성이 적으며 높은 공간분해능과 화학적 현상과정이 필요 없다는 특성이 있어 최근에 2차원적인 선량분포를 확인하는 측정도구로 많이 이용되고 있다.<sup>15)</sup>

Gafchromic EBT3 필름을 이용해 흡수선량을 평가하기 위해서는 선량-광학 교정 곡선을 얻는 것이 우선적으로 필요하다. 이를 위해 필름을 고체 물팬텀  $40(W) \times 40(L) \times 10(H)$  cm<sup>3</sup>사이에 각각 위치 시켰다. 선량 교정 시 선원-팬텀 표면간 거리를 100 cm로 했으며, 팬텀 표면으로부터 5 cm깊이, 그리고  $5 \times 5$  cm<sup>2</sup> 조사면을 사용했다. 선형가속기(6EX, Varian, USA)의 6MV의 광자선을 이용하여 0.2~3.2Gy를 0.2Gy 간격으로 조사 하였고, 선량 분석 시스템을 이용해 선량-광학 교정 곡선을 얻었다.

본 연구에서 사용된 모든 필름에 대한 측정은 같은 날에 수행 되었으며, 측정된 필름은 방사선 조사 후 24시간이 지나서 VIDAR 스캐너(VXR-16 Dosimetry Pro, Vidar System Corporation, USA)를 통해 디지털 화 하였다. 디지털 화 된 측정 정보는 선량 분석 시스템(RIT113 Version 5.0, Radiological Imaging Technology, USA)을 이용하여 분석 하였다.

#### 1) 측정

팬텀 표면에  $3 \times 25$  cm<sup>2</sup>으로 자른 필름을 정중면에 밀착시켜 표면선량을 측정하였다. 양측 가장자리는 팬텀의 정중면을 따라 테이프를 이용해 고정시켰으며, 팬텀의 내측에서 외측으로 총 16 cm 길이를 내측(0~4 cm), 중심 측(4~12

cm), 외측(12~16 cm)으로 구분해 영역별로 분석하였다.(Fig. 3(a))

흉벽의 깊이에 따른 피부선량 측정을 위해 20x20 cm<sup>2</sup> 크기의 필름을 팬텀의 정중면의 단면 사이에 삽입 후, 최대한 밀착 시켜 고정 시켰다.(Fig. 3(b)) 측정 전 3300~1050사이에서 150간격으로 isocneter와 연결 짓는 내측 3지점, 중심측 4지점, 외측 3지점에 각각의 각도 별로 미리 표시를 해두었다. 영역별로 총 10개 지점에서 1~6 mm지점까지의 깊이 별로 선량 분포를 측정하여 깊이에 따른 피부선량을 분석하였다.(Fig. 4)

## 2) 불확도

Gafchromic EBT3을 이용한 선량측정은 필름 고유의 정확도와 치료기의 선량 전달 및 팬텀의 셋업 정확도에 영향을 받는다. 따라서 측정값의 신뢰도를 높이기 모든 측정은 치료기법 별로 각각 3회씩 측정하며 평균값을 구하였다. 표면선량 측정 결과 모든 치료기법에서 편차는 2%이내였으며, 깊이에 따른 피부선량 측정결과에서는 각 치료기법에 대해 2.5%이내의 편차를 보였다.

# 결 과

## 1. 표면선량

Gafchromic EBT3 필름을 이용한 흉벽의 표면선량 측정 결과, TOMO DIRECT에서 처방선량의 47~71%로 5가지 치료기법 중 가장 높게 측정 되었다. TOMO HELICAL의 경우 처방선량의 43~55%, Wedged Tangential technique의 경우 38~64%, 4-field IMRT의 경우 38~56%, 측정되었으며, 7-field IMRT의 경우에 처방선량의 35~46%로 가장 낮게 측정 되었다.(Fig. 5)

특히, TOMO DIRECT의 경우 처방선량 기준으로 내측에서 53~58%, 중심 측에서 56~70%, 외측에서 47~56%로 다른 치료 방법에 비해 모든 영역에서 가장 표면선량이 가장 높게 측정되었다. 반면, 7-field IMRT는 내측에서 35~41%, 중심 측에서 41~44%, 외측에서 40~45%로 평균적으로 가장 낮게 측정 되었다.

Wedged Tangential technique과 TOMO DIRECT의 경우 내측에서 중심 측 방향으로 각각 평균 약 14%, 9%로 크게 증가하였다. 4-field IMRT 경우 내측에서 중심 측 방향으로 약 6%가 증가하였으며, 7-field IMRT와 TOMO HELICAL에서 각각 약 3%, 2%로 상대적으로 균등한 선량분포를 보였다.

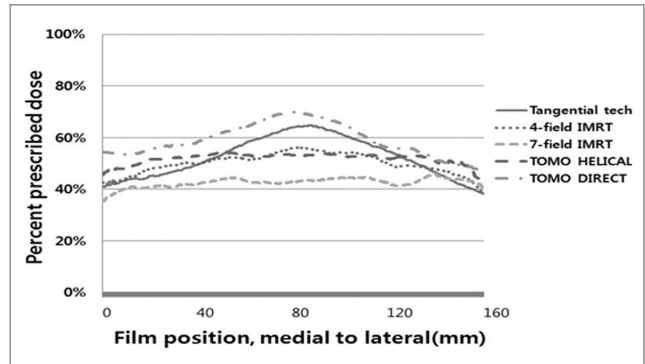


Fig 5. The surface dose measured with Gafchromic EBT3 film at various locations and different treatment techniques. The abscissa covers the distance in the isocenter plane from the medial field edge to the lateral field edge. The central region extends from position 40 mm to position 120 mm.

## 2. 깊이에 따른 피부선량

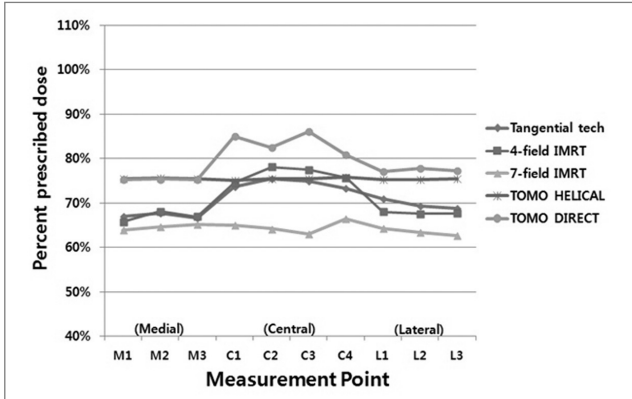
각 치료기법에 대해 내측 3지점, 중심 측 4지점, 외측 3지점 총 10지점의 프로파일에 대한 깊이에 따른 피부선량을 1~6 mm깊이 별로 측정 했으며, 모든 치료 기법에서 처방선량의 90% 이상의 선량이 6 mm 깊이에서 측정되었다.(Fig. 6)

Wedged Tangential technique의 경우 1 mm깊이에서 처방선량의 내측과 외측에서 처방선량의 65% 이상의 선량이 측정 되었고, 중심 측에서 처방선량의 70% 이상의 선량이 측정 되었다. 2 mm깊이에서는 내 외측에서 처방선량의 70% 이상이 나타났으며, 중심 측에서 80%의 선량이 측정되었다. 3-5 mm깊이에서는 모든 지점에서 처방선량의 80% 이상, 6 mm지점에서 처방선량의 90% 이상의 선량이 측정 되었다. 4-field IMRT의 경우 1 mm깊이에서 내 외측에서 처방선량의 65% 이상, 중심 측에서는 처방선량의 70% 이상의 선량이 측정 되었다. 2 mm깊이에서는 내측, 중심 측에서 처방선량의 75%로 나타났으며, 3 mm와 6 mm깊이에서는 모든 지점에서 처방선량의 80%, 90% 이상의 선량이 각각 측정 되었다. 7-field IMRT에서는 4-field IMRT와 거의 비슷하게 측정 되었으며, 표면으로부터 1mm, 2 mm, 4 mm, 6 mm 깊이에서 각각 처방선량의 60%, 70%, 80%, 90% 이상으로 각각 측정 되었으며, 모든 측정 영역에서 균일한 선량분포를 보였다.

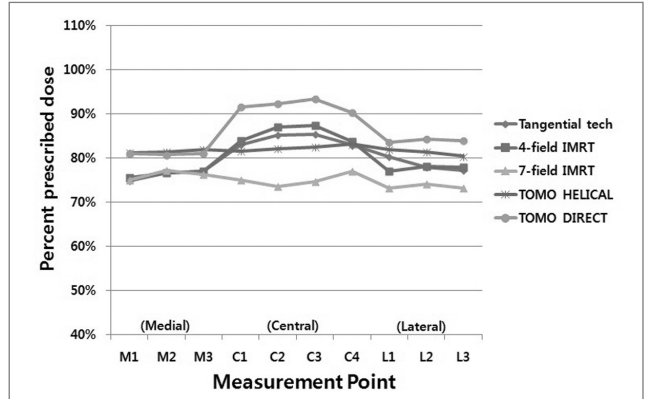
TOMO HELICAL과 TOMO DIRECT 경우 1 mm깊이에서 처방선량의 75% 이상의 높은 선량이 모든 영역에서 측정되었으며, 2 mm, 5 mm 깊이에서 처방선량의 80%, 90%이상으로 위 세 가지 치료 기법에 비해 상대적으로 높게 측정 되었다. 그리고 7-field IMRT와 비슷하게 TOMO HELICAL 또



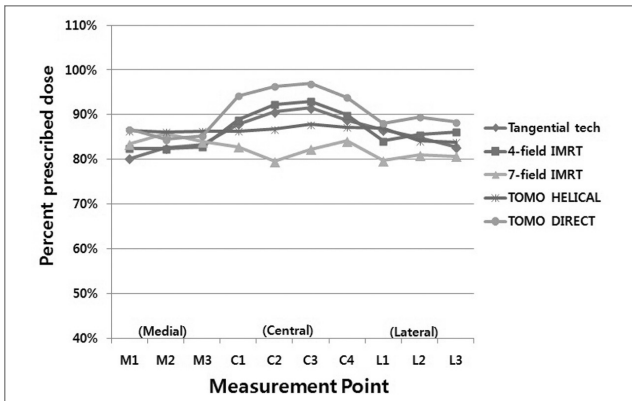
(a) 1mm



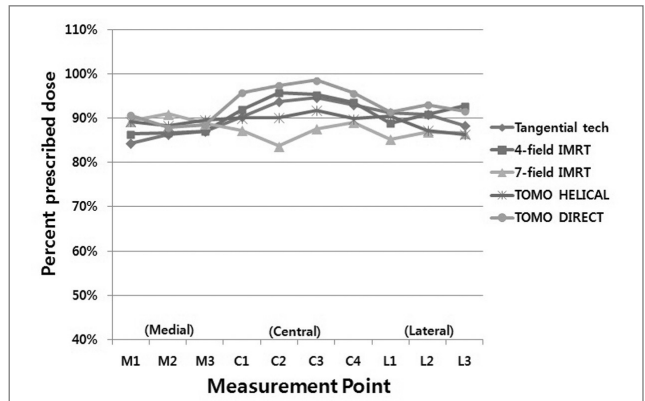
(b) 2mm



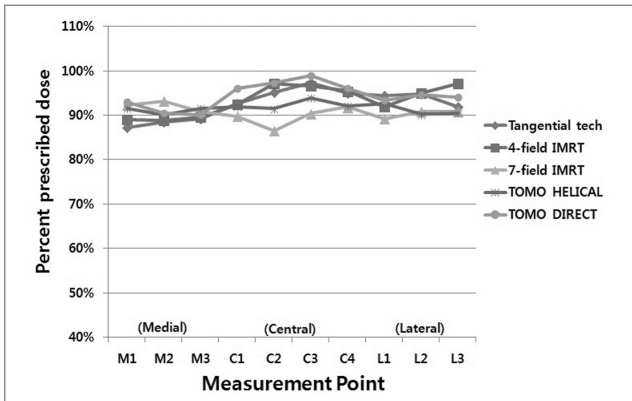
(c) 3mm



(d) 4mm



(e) 5mm



(f) 6mm

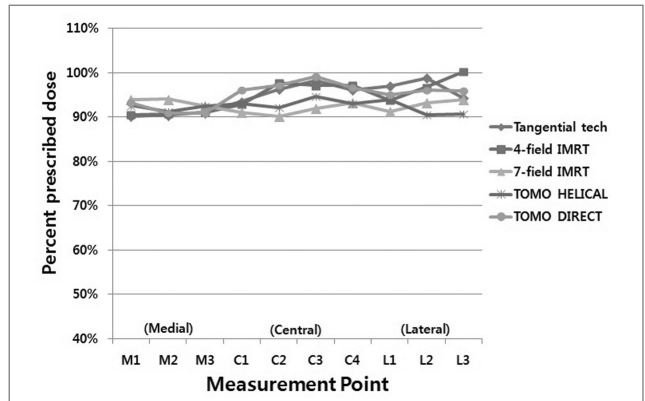


Fig 6. The measured dose profiles at depths for the different treatment technique. Dose profiles at (a) 1 mm, (b) 2 mm, (c) 3 mm, (d) 4 mm, (e) 5 mm, (f), 6 mm depth are shown. From point of medial(M1, M2, M3), central(C1, C2, C3, C4), lateral(L1, L2, L3)

한 다른 치료기법에 비해 상대적으로 모든 측정 영역에서 균일한 선량분포를 보였다. 특히 TOMO DIRECT의 경우 중심 측 4지점에서 표면으로부터 1 mm 깊이에서 처방선량의 80% 이상의 선량이 나타났으며, 2 mm 깊이에서는 처방선량의 90% 이상으로 상당히 높게 측정 되었다.

## 고안 및 결론

유방전절제술을 시행한 환자의 방사선 치료 시 치료기법에 따른 표면선량 및 깊이에 따른 피부선량을 측정하여 분석하였다. 흉벽의 표면 선량 측정 결과 TOMO DIRECT에서

표면선량이 처방선량의 47~71%로 가장 높게 측정 되었으며, 가장 낮게 측정된 7-field IMRT에 비해 약 15%의 선량 증가를 보였다. Quach et al.의 연구에서 동일한 방법으로 Gafchromic EBT필름을 이용해 표면선량 측정이 선행되어 졌으며, 이문 접선조사 방식에서 본 연구의 표면선량 측정 값과 유사하였다.<sup>16)</sup> 또한 Yuichi Akino et al.와 Almberg et al.의 연구에서는 Gafchromic EBT 필름을 이용하여 부분절제를 시행한 유방암 환자를 대상으로 본 연구와 동일한 방법으로 펜톤의 표면선량에 대해 이문 접선 조사와 세기조절 방사선 치료를 비교 측정하였다. 그 결과 방사선 조사 범의 개수가 많은 세기조절 방사선치료(7-field)에서 이문접선조사방식에 비해 표면선량이 낮게 측정되어 본 연구와 비슷한 결과를 보여 준다.<sup>17-18)</sup>

흉벽의 깊이에 따른 피부선량 측정 결과 표면으로부터 1 mm지점에서 TOMO DIRECT와 TOMO HELICAL에서 처방 선량의 75%이상의 선량이 측정 되었다.(Fig. 6(a)) 보통 유방전절제술을 시행한 환자에서 피부 및 흉터에 충분한 선량을 전달하기 위해 각 기관 마다 다른 방법으로 조직 보상체를 적용하고 있다. 하지만 본 연구에서와 같이 6MV 에너지의 토모테라피는 볼루스를 사용하지 않고도 1 mm깊이의 피부영역에 권고 선량인 75%이상의 충분한 선량을 전달 할 수 있었다. 반면, 7-field IMRT의 경우 1 mm지점에서 처방 선량의 약 62~63%로 가장 낮은 선량이 측정되었다, 이러한 결과는 예를 들어 피부에 암세포를 포함하지 않은 경우 표적외 피부에서 일정 거리만큼 떨어져 있을 시 다양한 (multiple) 조사 빔을 사용한 IMRT에서 피부 보호 효과를 기대할 수 있을 것이다.<sup>18)</sup>

유방전절제술을 시행한 환자의 흉벽은 굴곡진 부위이므로 접선조사 시 접선 인자(obliquity factor, OF)의 영향을 받는다.<sup>19)</sup> 표면선량 측정결과에서 접선 인자의 영향에 의해 Wedged Tangential technique과 TOMO DIRECT, 4-field IMRT 의 경우 내측에서 중심 측 방향으로 각각 약 14%, 9%, 6%로 증가 하였으며, 7-field IMRT 와 TOMO HELICAL 에서 각각 약 3%, 2%로 상대적으로 균등한 선량분포를 보인다.(Fig. 5) 또한 깊이 에 따른 피부선량에서 접선 조사 빔을 적용한 4-field IMRT, Wedged Tangential technique과 TOMO DIRECT가 내 외측 보다 중심 측에서 평균적으로 높은 선량이 측정 되었으며, 특히 TOMO DIRECT경우 1 mm 깊이에서 처방선량의 80%이상의 선량이 나타났으며, 2mm 깊이에서는 처방선량의 90% 이상으로 상당히 높게 측정 되었다. 반면 7-field IMRT 와 TOMO HELICAL의 경우 각 깊이에서 표면선량결과와 비슷한 양상으로 균등한 선량분포를 보였다. 이는 조사 빔이 중심 측으로 이동 할수록 접선인자의 영향이 감소함을 알 수 있었다.

본 연구에서는 유방전절제술을 시행한 환자를 대상으로 표면선량 및 깊이에 따른 피부선량을 분석하였다. 그 결과 TOMO DIRECT와 TOMO HELICAL에서 선형 가속기를 이용한 치료 기법에 비해 상대적으로 높게 측정되었으며, 표면으로부터 1 mm깊이인 흉벽의 피부영역에서 권고 선량(75%) 이상의 충분한 선량을 전달 할 수 있었다. 또한 흉벽과 같이 굴곡지고 깊지 않은 영역을 치료 할 경우 치료기법 및 조사 방향에 따라 피부영역에 흡수되는 선량이 다르게 나타나기 때문에 적절한 치료 계획이 필요할 것이라 생각된다.

## 참고문헌

- Whelan TJ, Julian J, Wright J, Jadad AR, Levine ML : Does locoregional radiation therapy improve survival in breast cancer A meta-analysis. *Journal Clinical Oncology* 2000;18:1220-1229
- Clarke M, Collins R, Darby S, et al. Collaborative Group (EBCTCG) : Effects of radiotherapy and of differences in the extent of surgery for early breast cancer on local recurrence and 15-year survival: an overview of the randomised trials. *Lancet* 2005;366(9503):2087-2106.
- ICRU. The biological basis for dose limitation in the skin. Oxford: Pergamon; 1992.
- Javedan K, Zhang G, Mueller R, Harris E, Berk L, Forster K : Skin dose study of chest wall treatment with tomotherapy. *Japan Journal Radiology.* 2009;27:355-362.
- Chao KSC, Perez CA, Brady LW. Breast: locally advanced (T3 and T4), inflammatory, and recurrent tumors. In: Chao KSC, Perez CA, Brady LW, eds. *Radiation oncology management decisions*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2002;367-375.
- Uschold, G.M. Breast cancer. In: Charles M, Dennis T, eds. *Principles and practice of radiation therapy*. 2nd ed. St. Louis: C.V. Mosby. 2004;843-874.
- Vu TT, Pignol JP, Rakovitch E, et al. : Variability in radiation oncologists' opinion on the indication of a bolus in post-mastectomy radiotherapy: an international survey. *Clinical Oncology* 2007;19(2):115-119.
- Bo Yang, Xian-ding Wei, Yu-tian Zhao, Chang-Ming Ma : Dosimetric evaluation of integrated IMRT treatment of the chestwall and supraclavicular region for breast cancer after modified radical mastectomy.

- Medical Dosimetry 2014;39:185-189
9. Krueger EA, Fraass BA, McShan DL, Marsh R, Pierce LJ : Potential gains for irradiation of chestwall and regional nodes with intensity modulated radiotherapy. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics 2003.;56:1023-1037.
10. Tournel K, Verellen D, Duchateau M, et al. : An assessment of the use of skin flashes in helical tomotherapy using phantom and in-vivo dosimetry. Radiotherapy Oncology 2007;84:34-39.
11. Smith KS, Gibbons JP, Gerbi BJ, Hogstrom KR : Measurement of superficial dose from a static tomotherapy beam. Medical Physics 2008;35:769-774.
12. Panettieri V, Barsoum P, Westermark M, Brualla L, Lax I : AAA and PBS calculation accuracy in the surface build-up region in tangential beam treatments. Phantom and breast case study with the Monte Carlo code PENELOPE. Radiotherapy Oncology 2009;93:94-101
13. A.C. Shiau, M.C. Chiu, T.H. Chen, et al : Surface and superficial dose dosimetric verification for postmastectomy radiotherapy. Medical Dosimetry 2012;37 :417-424
14. Hong L, Hunt M, Chui C, et al : Intensity modulated tangential beam irradiation of the intact breast. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics 1999;44:1155-1164
15. Fuss M, Sturtewagen E, De Wagter C, Georg D : Dosimetric characterization of GafChromic EBT film and its implication on film dosimetry quality assurance. Physics in Medicine and Biology 2007;21:4211-4225
16. Quach KY, Morales J, Butson MJ, Rosenfeld AB, Metcalfe PE : Measurement of radiotherapy X-ray skin dose on a chest wall phantom. Medical Physics 2000;27:1676-1680.
17. Akino Y, Das IJ, Bartlett GK, Zhang H, Thompson E, Zook JE : Evaluation of superficial dosimetry between treatment planning system and measurement for several breast cancer treatment techniques. Medical Physics 2013;40:011714(1-6)
18. S. Almberg, T. Lindmo, and J. Frengen : Superficial doses in breast cancer radiotherapy using conventional and IMRT techniques : A film-based phantom study. Radiotherapy Oncology 2011;100:259-264
19. B.J Gerbi, A.S Meigooni, F.M. Khan : Dose buildup for obliquely incident photon beams. Medical Physics 1987;14:393-399.

---

Abstract

## Evaluation of superficial dose for Postmastectomy using several treatment techniques

Department of Radiation Oncology, Samsung Medical Center, Seoul, Korea

Yong Min Song · Ji Min Choi · Jin Man Kim · Dong Yeol Kwon · Jong Sik Kim · Hyun Sang Cho · Ki Won Song

---

**Purpose** : The purpose of this study was to evaluate the surface and superficial dose for patients requiring postmastectomy radiation therapy(PMRT) with different treatment techniques.

**Materials and Methods** : Computed tomography images were acquired for the phantom(1mRT, IBA) consisting of tissue equivalent material. Hypothetical chestwall and lung were outlined and modified. Five treatment techniques(Wedged Tangential; WT, 4-field IMRT, 7-field IMRT, TOMO DIRECT, TOMO HELICAL) were evaluated using only 6MV photon beam. GafChromic EBT3 film was used for dose measurements at the surface and superficial dose. Surface dose profiles around the phantom were obtained for each treatment technique. For superficial dose measurements, film were used inside the phantom and analyzed superficial region for depth from 1-6mm.

**Results** : TOMO DIRECT showed the highest surface dose by 47~70% of prescribed dose, while 7-field IMRT showed the lowest by 35~46% of prescribed dose. For the WT, 4-field IMRT and 7-field IMRT, superficial dose were measured over 60%, 70%, and 80% for 1mm, 2mm, and 5mm depth, respectively. In case of TOMO DIRECT and TOMO HELICAL, over 75%, 80%, and 90% of prescribed dose was measured, respectively. Surface and superficial dose range were uniform in overall chestwall for the 7-field IMRT and TOMO HELICAL. In contrast, Because of the dose enhancement effect with oblique incidence, The dose was gradually increased toward the obliquely tangential angle for the WT and TOMO DIRECT.

**Conclusion** : For PMRT, TOMO DIRECT and TOMO HELICAL deliver the higher surface and superficial doses than treatment techniques based linear accelerator. It showed adequate dose(over 75% of prescribed dose) at 1mm depth in skin region.

---

**Keyword** : Postmastectomy, skin dose, Gafchromic EBT3