

유방암 방사선치료 시 최적의 방사선치료계획기법에 대한 고찰

고려대학교의료원 안암병원 방사선종양학과

김영범 · 이상록 · 정세영 · 권영호

목 적: 유방암 방사선치료 시 유방(breast), 흉벽(chest wall), 국부적 임파관(loco-regional lymphatics) 등에 적절한 선량을 조사하기 위하여 다양한 치료계획이 이루어지고 있는데 이에 따른 선량분포를 정성적, 정량적으로 분석하여 최적의 방사선치료계획 기법을 고찰해 보고자 한다.

대상 및 방법: 최적의 유방암 방사선치료계획 기법을 평가하기 위해 기존의 전통적인 방법(2D)과 전산화단층촬영 영상에서 각각 유방체적을 설정하여 3차원적으로 접근하는 방법인 입체조형치료방법(3-dimensional conformal radiotherapy, 3DCRT)과 강도조절방사선치료 방법(intensity modulated radiotherapy, IMRT)을 비교하였다. 이를 위해 인체팬텀에 유방(breast), 흉벽(chest wall), 국부적 임파관(loco-regional lymphatics), 폐(lung) 등의 관심영역을 정하여 표지한 후 전산화단층촬영(Volume, Siemens, USA)을 시행하였다. 획득한 전산화단층촬영영상을 이용하여 입체조형치료방법과 강도조절방사선치료 방법을 적용하여 방사선치료계획(XiO 5.2.1, FOCUS, USA)을 수립하였고, 이는 기존의 전통적인 방법과 비교하였다. 비교, 분석은 방사선치료계획 기법(2D, 3DCRT, IMRT)에 따른 방사선량분포와 선량-체적 간 히스토그램(dose-volume histogram, DVH) 및 관심영역의 점 선량 등을 분석하여 시행하였고, 또한 시간-노동력에 따른 치료효율성에 대해서도 평가하였다.

결 과: 유방체적을 설정하여 3차원 방사선치료계획 기법을 사용한 경우가 기존의 전통적인 방법에 비해 종양 설정과 빔 방향 및 조사면 경계 확인 등에 유용하다는 것을 알 수 있었다.

결 론: 유방암 방사선치료 시 방사선치료계획 기법에 따른 정성적, 정량적 분석을 통해 최적의 방사선치료계획 기법을 제시할 수 있었다. 그러나 3차원 방사선치료계획 시 치료계획종양용적(planning target volume, PTV) 설정과 유방 고정화의 어려움에 따른 환자자세 재현성에 대한 문제를 알 수 있어 이에 대한 추가 연구가 필요할 것이라 사료된다.

핵심용어: 유방체적, 선량분포분석, 치료계획종양용적

서 론

2002년도 보건복지부 통계에 의하면 여성의 원발 부위별 발생등록분율에서 유방암이 16.8%로 가장 높은 것으로 나타났다.¹⁾ 유방암은 현재 그 증가추세가 2000년 이후 급격히 증가하고 있는데 본원 또한 2000년 이후 지속적인 증가추세를 보이고 있다. 유방암치료의 방법으로는 외과적절제술과 방사선치료, 항암화학요법, 호르몬치료 등이 있으며 병기에 따라 치료방법의 차이가 있으며 조기(병기 I)인 경우, 소피절제술(lumpactomy)과 함께 방사선치료가 시행된다.²⁾

유방암의 방사선치료계획 시에는 반대쪽 유방(contralateral breast)과 흉벽 안쪽에 위치한 폐(lung)에 조사되는 방사선량과 환자자세의 재현성 및 환자고정 효과 등이 중요한

인자로 고려되어야 한다. 방사선치료 시 유방(breast), 흉벽(chest wall), 국부적 임파관(loco-regional lymphatics) 등에 적절한 선량을 조사하기 위해서는 치료 시 정확한 환자자세의 재현성 확보를 위한 환자고정기구의 사용이 요구된다.³⁾ 일반적으로 사용되고 있는 2차원적인 방사선치료계획 시에는 변수들이 존재하게 되는데 종양과 민감 조직의 경계(organ delineation)가 불분명하거나, 이에 의해 빔(beam)의 형태와 경계 문제, 생물학적인 고찰, 종양선량의 불균질성(heterogeneity) 및 환자자세와 움직임 등의 고려가 필요하다.⁴⁾ 또한, 2차원이나 3차원 방사선치료계획을 위해서는 유방체적의 묘사가 중요한 요소인데⁵⁾ 이를 위해서 CT (computed tomography)와 같은 정밀검사를 통해서 필요한 정보를 얻고 있으나⁶⁾ 술자의 주관적인 판단에 의존하는 경우가 대부분이어서 이에 대한 고찰도 필요할 것으로 생각한다.⁷⁾

본 연구에서는 유방암 방사선치료계획 시 유방체적묘사(breast volume delineation)를 통해서 치료계획에 따른 선량분포를 정성적, 정량적으로 분석하여 유방조직에 최적의 선

이 논문은 2005년 12월 20일 접수하여 2006년 2월 10일 채택되었음.
책임저자 : 김영범, 고려대학교의료원 안암병원 방사선종양학과
Tel: 02)920-5509, Fax: 0303)0231-9198
E-mail: highdo1@hanmail.net

량을 조사하면서 폐나 심장, 반대쪽 유방에는 가능한 적은 양의 방사선을 조사할 수 있는 방사선치료계획 기법을 고찰해 보고자 한다.

대상 및 방법

인체팬텀(anthropomorphic rando phantom, alderson research laboratory)을 이용하여 전통적인 방법의 모의촬영(simulation)을 통해 유방의 관심영역(region of interest, ROI)을 설정하였다. 모의촬영을 통해 관심영역이 설정된 후 전산화단층촬영영상(computed tomography, Volume zoom, GE)을 획득하고 여기에서 얻은 영상을 이용하여 2차원적인 치료계획(Marx-plan)과 입체조형방사선치료계획(XiO, FOCUS), 세기변조방사선치료계획(CORVUS, NOMOS)을 수립하였다. 이

때 전산화단층촬영 영상에 유방체적을 설정하여 입체조형방사선치료계획과 세기변조방사선치료계획에 적용하였다(Fig. 1).

1. 방사선치료계획

장기설정은 계획용 표적체적(planning target volume, PTV)과 정상조직으로 나누어 정하였고, 각각의 허용선량을 설정하였다. 유방암 환자의 치료계획은 4MV 광자선을 이용하였고 30° 쉐기필터(wedge filter)를 삽입하여 계획용 표적체적에 일일 처방선량을 180 cGy씩, 총 4,000 cGy가 주어지도록 하였으며 폐와 척수에는 각각 2,000 cGy와 3,600 cGy 이하가 되도록 계획하였다. 빔 설정 및 방사선치료계획 기법은 2차원적인 전통적인 방법(half, full beam techniques)과 유방체적을 이용하여 3차원적으로 접근한 입체조형방사선치료계

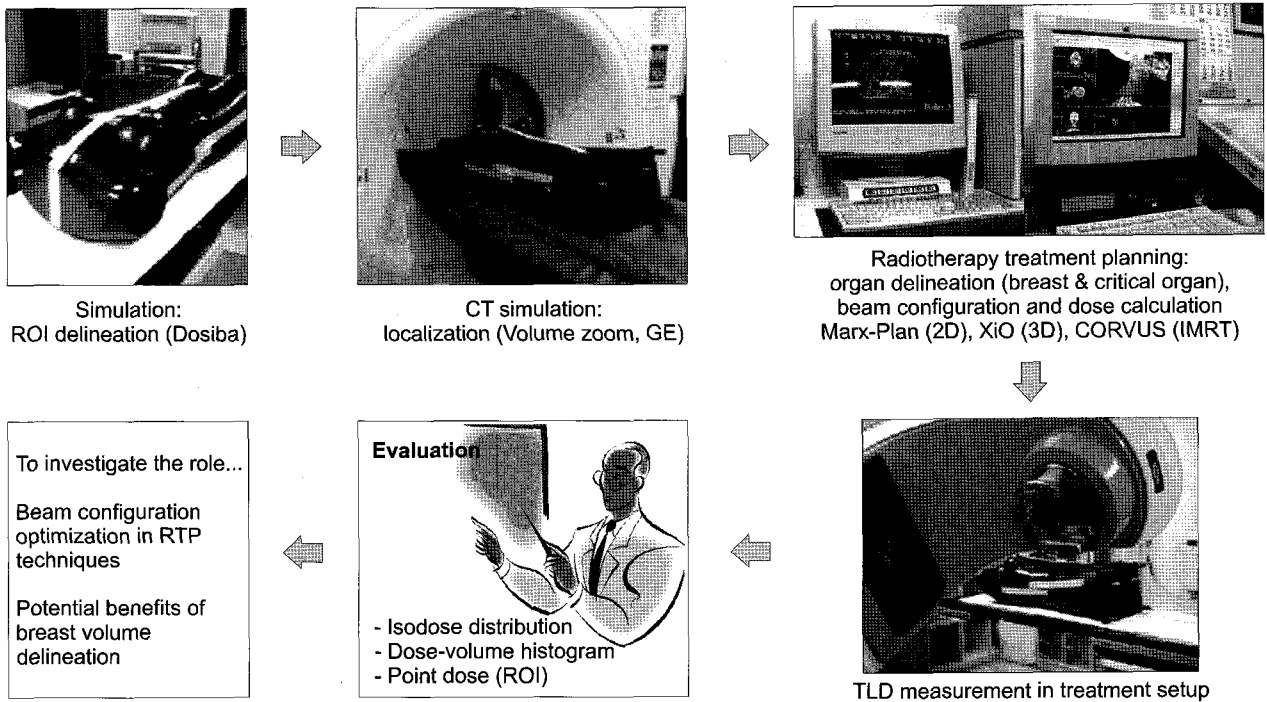


Fig. 1. It shows that illustration of experimental process.

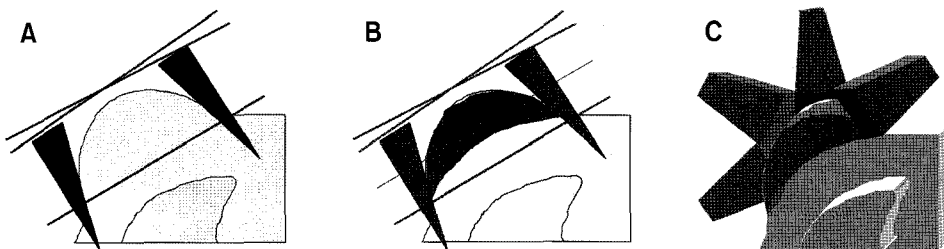


Fig. 2. It shows that three beam arrangements, (A) conventional RT (B) 3DCRT (C) IMRT.

획과 세기변조방사선치료계획을 각각 비교하였다(Fig. 2).

2. 방사선치료계획의 비교, 분석

방사선치료계획의 비교, 분석은 크게 정성적, 정량적 분석을 시행하였다. 정성적 분석으로는 등선량분포곡선(isodose distribution)을 이용하였고, 정량적 분석으로는 선량-체적간 히스토그램(dose volume histogram, DVH)과 열형광선량계(TLD)를 이용한 관심영역의 점 선량(point dose)을 측정하여 평가하였다. 점 선량 측정은 광자선(4MV, CL600C, Varian)을 이용하여 Fig. 3에서 보는 바와 같이 방사선치료계획에 따른 치료를 시행하여 측정하였다. 방사선치료계획 기법에

따른 관심영역에서의 점 선량 비교를 위해 인체팬텀의 중심 축선상면에 측면 위치,²⁾ 흉부위치,¹¹⁾ 조사면 경계위치 등⁴⁾ 총 17개의 위치를 정하였다. 이후, 방사선치료 계획장치에서 얻은 값과 각 위치에 열형광선량계를 표지한 후 실제 치료 상황을 재현하여 선량측정 한 값을 비교하였다.

결 과

1. 등선량분포곡선(Isodose distribution)

등선량분포곡선의 변화는 전통적인 기법(half, full beam techniques)과 입체조형방사선치료계획 기법을 비교했을 때

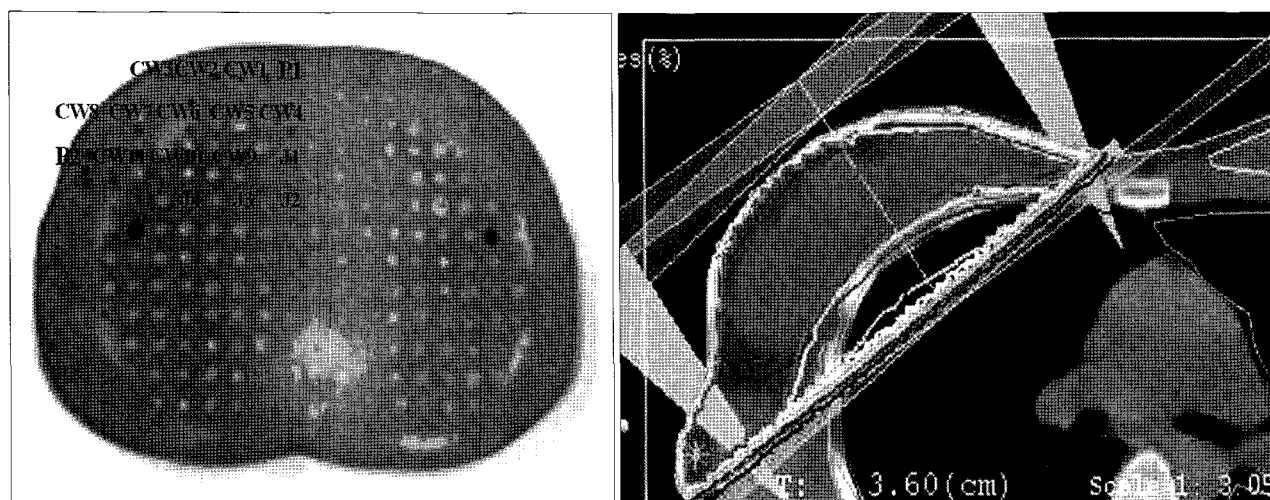


Fig. 3. An axial CT and the dose distribution from the plan. The measurement point were peripheral, chest wall, junction position (P: peripheral, CW: chest wall, J: junction).

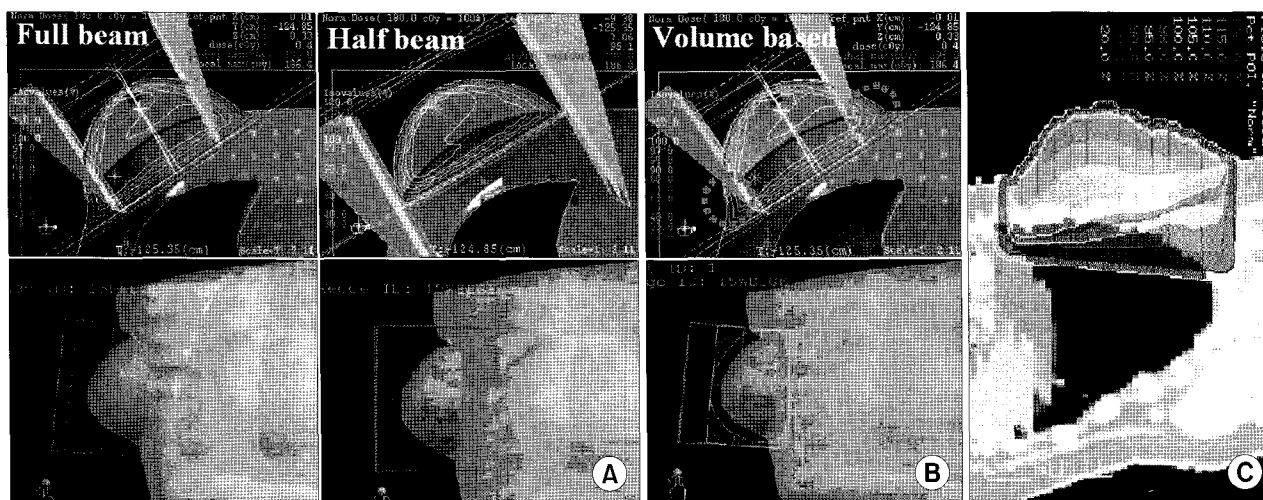


Fig. 4. Comparison of the dose distributions of the conventional RT, 3DCRT and IMRT, (A) conventional RT (B) 3DCRT (C) IMRT.

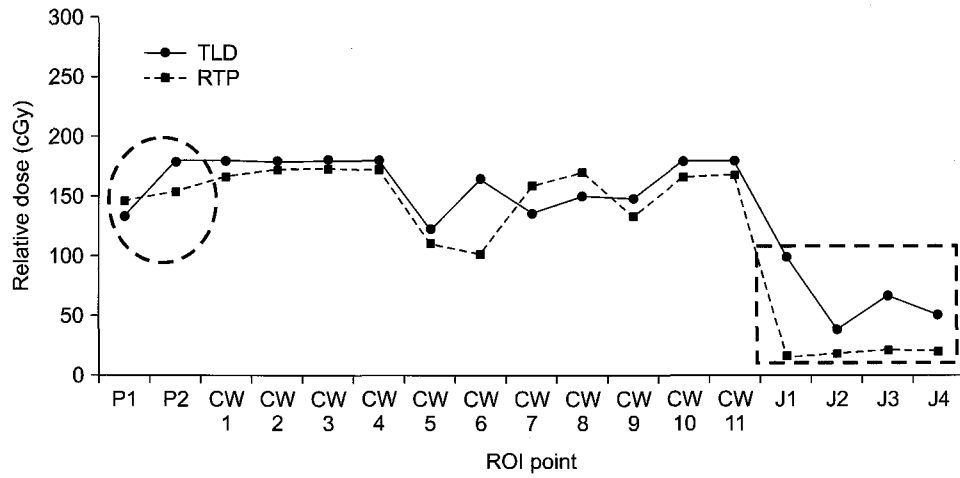


Fig. 5. The differences between the RTP and TLD point dose. The diamond indicate the TLD value and the square represent the RTP value (P: peripheral, CW: chest wall, J: junction).

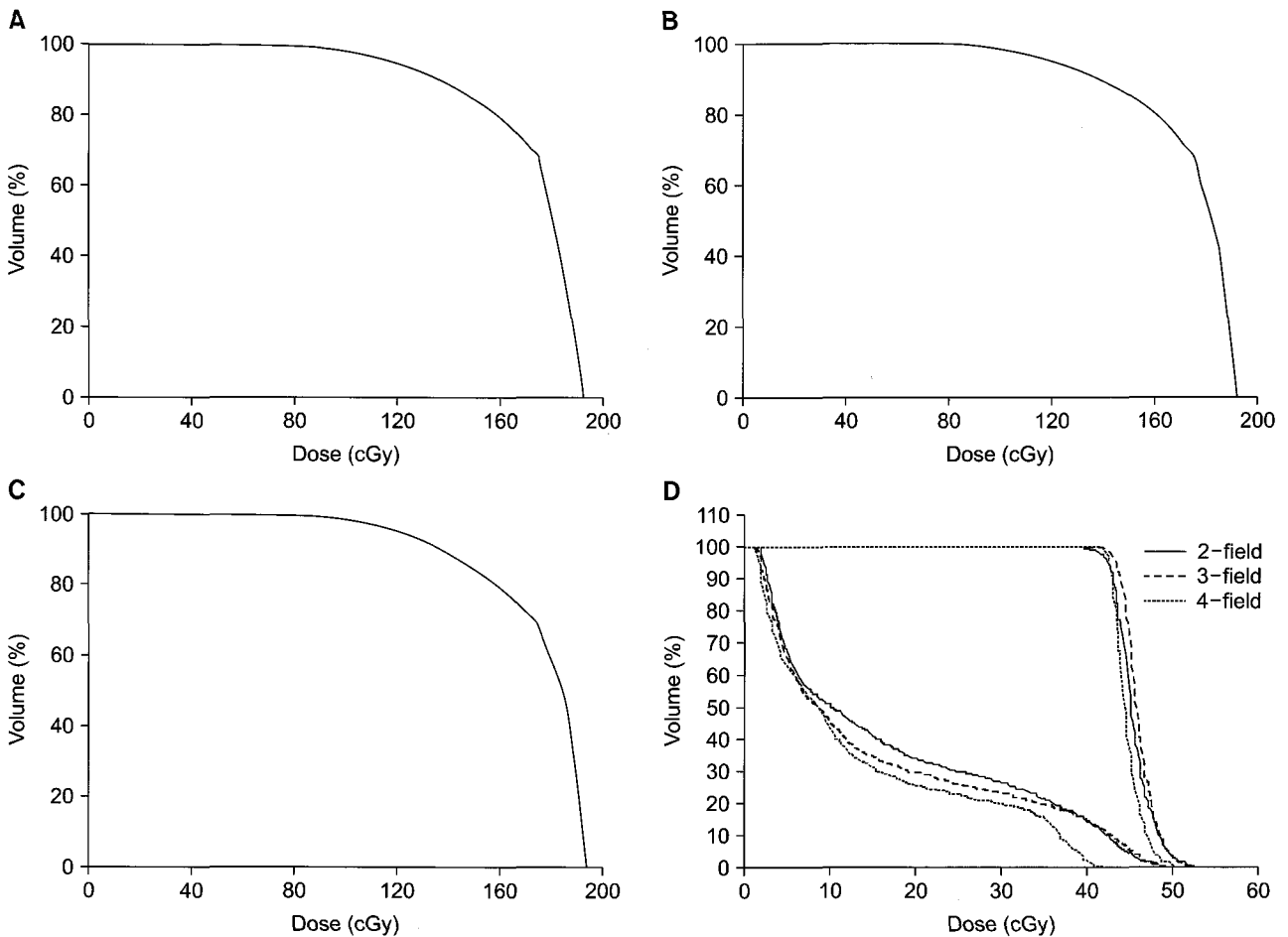


Fig. 6. Cumulative DVH of PTV (breast) of the primary tumor and the lung of conventional RT and 3DCRT plan of humanoid phantom and one patient for IMRT, (A) conv. RT (full beam), (B) conv. RT (half beam), (C) 3DCRT (volume based), (D) IMRT.

유방의 중심부에 주어지는 선량에는 큰 차이가 없으나 전통적인 방법에 비해 3DCRT가 최대선량점(maximum dose point)이 깊이 위치하고 선량 분포에 있어서 유방의 주변부(peripheral)에 좀더 넓게 분포함을 알 수 있었다(Fig. 4).

2. 점 선량 측정(Point dose measurement)

치료범위 내에 관심영역을 3곳(peripheral point, chest wall point, junction point)으로 구분하여 방사선치료계획 장치로부터 계산한 선량값과 실제 열형광선량계를 이용하여 측정된 선량값을 비교한 결과 Fig. 5에서 보는 바와 같이 조사면 주변부에서는 $13 \pm 1.1\%$ 이었고, 흉부에서는 $7.7 \pm 0.5\%$ 로 나타났다. 점 선량의 측정은 치료계획에 따른 선량분포의 변화를 보기위한 각 치료계획별 비교, 분석을 위해 전통적인 기법(full beam techniques)의 경우만을 대상으로 치료계획상의 관심영역과 실제 인체팬텀내의 같은 지점에서의 계획선량과 실제선량만을 비교하였다.

3. 선량-체적 간 히스토그램(Dose volume histogram, DVH)

인체팬텀을 이용한 방사선치료계획 시 치료계획별 DVH를 비교해본 결과, 전통적인 방법과 3DCRT의 차이는 미미하게 나타났고, IMRT에서는 향상된 선량분포를 나타내었다(Fig. 6). DVH의 비교에서는 환자의 움직임이나 형태의 변화에 대한 요소를 포함하지 않았으므로 그 차이가 미미한 것으로 나타났다.

다양한 유방의 형태에 따른 등선량분포곡선의 변화는 인체팬텀의 특성상 재현이 어려워 실제 환자를 대상으로 한 치료계획은 적은 수의 환자만을 대상으로 하여 추후 더 많은 고찰이 필요할 것으로 사료된다.

4. 임상적용(Clinical application)

유방의 체적을 근거로 하는 3DCRT 계획의 경우 전통적인 방법의 2D 치료계획에 비해 주변부를 포함한 유방의 체적에 적절한 선량을 줄 수 있는 것으로 나타났으나, 흉벽과 안쪽 폐부위의 선량을 줄이지는 못하였다(Fig. 7). 유방의 치료 시

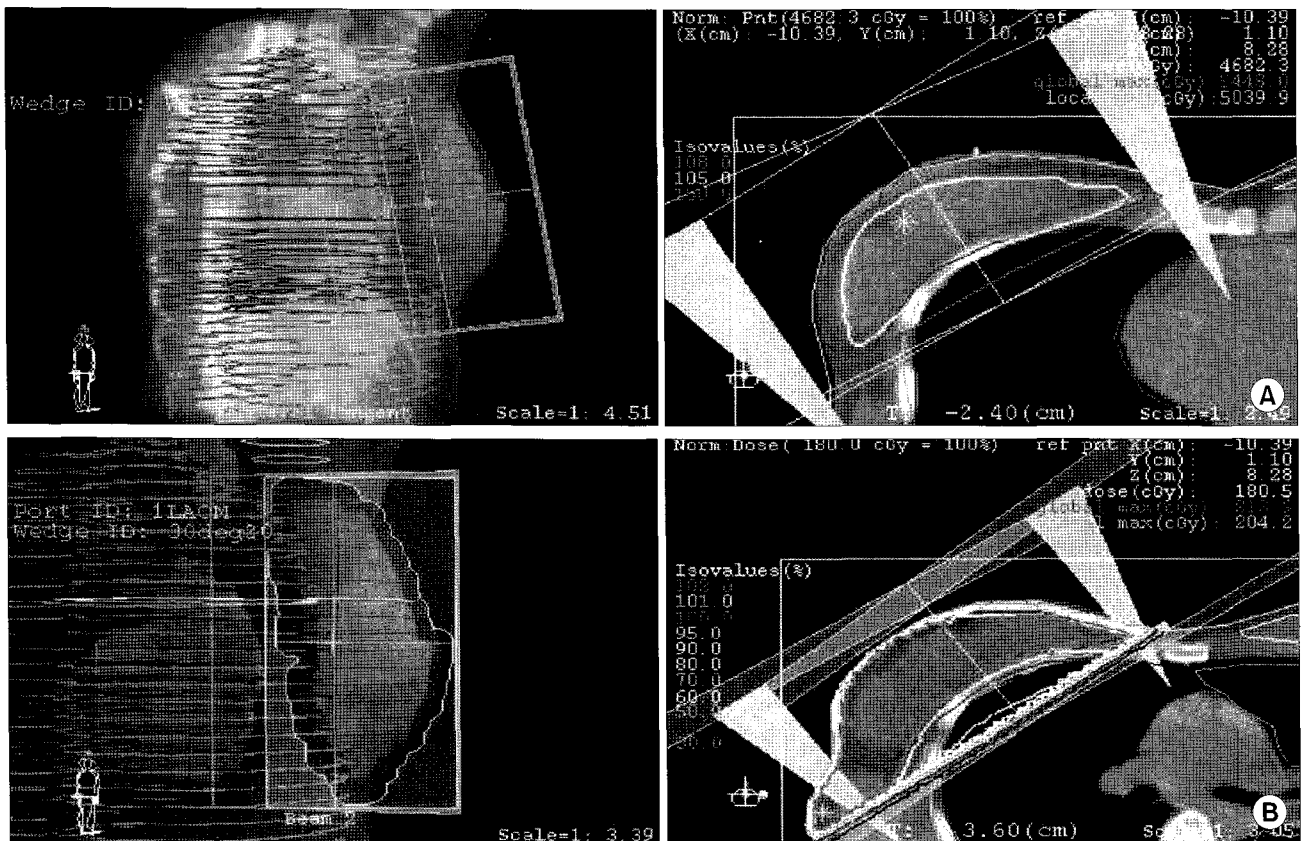


Fig. 7. Comparison of the field shape and isodose distribution differences between the open and volume based techniques, (A) conventional RT technique, (B) volume based RT technique.

유방체적의 적절한 선량의 분포와 함께 중요시되는 정상조직인 폐와 심장의 선량을 줄여주기 위해서는 IMRT가 가장 유효한 것으로 나타났다.

결론 및 고찰

유방암의 방사선치료 시 방사선치료기법에 따른 정성적, 정량적 분석을 통해 유방체적을 설정하여 3차원 방사선치료 계획 기법을 사용한 경우가 기존의 전통적인 방법에 비해 종양선정과 빔의 방향 및 조사면 경계 확인 등에 유용함을 알 수 있었다. 하지만 선행연구에서 나타났듯이 유방의 체적을 정확하게 묘사하는 것은 술자의 주관적 판단에 의존하고 이를 객관적으로 증명할 수 없는 어려움이 있는 것이 사실이다. 이에 대한 연구가 많이 진행되고는 있으나 아직도 많은 부분에서 개인의 주관적 판단에 의존함으로써 유방체적을 명확히 할 수 있는 프로토콜의 개발이 필요한 것으로 사료된다. 또한 세기변조방사선치료 방법이 유방 내 선량분포나 원하는 장기별 선량을 주는데 유효한 것으로 나타났으나 치료 계획 시 치료계획용 표적체적 설정과 유방고정의 어려움에 따른 환자자세 재현성, 환자자세에 소요되는 시간에 대한 문제를 알 수 있어, 이에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

유방암의 방사선치료 시 적절한 방사선치료계획기법의 선택은 방사선치료계획의 결과에 있어 매우 중요한 역할을 하므로 방사선치료계획 시 선량계산 시간 및 치료효율을 고려

해서 결정해야 한다. 그리고 팬텀 연구 시 유방체적의 설정 유무에 무관하게 조사면 범위 내에 모두 들어오므로 종양 선량의 변화가 없으나, 실제 환자 치료 시에는 수술유무나 유방의 모양에 따라 차이가 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 한국중앙암등록사업연례보고서, 2002
2. Carlos AP, Luther WB, Edward CH, Rupert K: Principles and practice of radiation oncology. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2003;1381-1388
3. 김영곤, 조현상, 송기현: 유암환자 치료 시 정확한 재현성을 위한 Set-up에 관한 고찰. 대한방사선치료기술학회지 1998;10:151-153
4. Buchholz TA, Gurgoze E, Bice WS, et al.: Dosimetric analysis of intact breast irradiation in off-axis planes. Int J Radiation Oncology Biol Phys 1997;39:261-267
5. Gyenes G, Gagliardi G, Lax I, et al.: Evaluation of irradiated heart volumes in stage I breast cancer patients treated with postoperative adjuvant radiotherapy. J Clin Oncol 1997;15:1348-1353
6. Bente G, Marks LB, Hardenbergh P, et al.: Variability of the location of internal mammary vessels and glandular breast tissue in breast cancer patients undergoing routine CT-based treatment planning. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1999;44:1017-1025
7. Coen W, Hurkmans MSc, Jacques H, et al.: Variability in target volume delineation on CT scans of the breast. Int J Radiation Oncology Biol Phys 2001;50:1366-1372

Abstract

Study of the Optimize Radiotherapy Treatment Planning (RTP) Techniques in Patients with Early Breast Cancer; Inter-comparison of 2D and 3D (3DCRT, IMRT) Delivery Techniques

Young Bum Kim, Sang Rok Lee, Se Young Chung, Young Ho Kwon

Department of Radiation Oncology, Anam Hospital, Korea University Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: A various kind of radiotherapy treatment plans have been made to determine appropriate doses for breasts, chest walls and loco-regional lymphatics in the radiotherapy of breast cancers. The aim of this study was to evaluate the optimum radiotherapy plan technique method by analyzing dose distributions qualitatively and quantitatively.

Materials and Methods: To evaluate the optimum breast cancer radiotherapy plan technique, the traditional method (two dimensional method) and computed tomography image are adopted to get breast volume, and they are compared with the three-dimensional conformal radiography (3DCRT) and the intensity modulated radiotherapy (IMRT). For this, the regions of interest (ROI) such as breasts, chest walls, loco-regional lymphatics and lungs were marked on the humanoid phantom, and the computed tomography (Volume, Siemens, USA) was conducted. Using the computed tomography image obtained, radiotherapy treatment plans (XiO 5.2.1, FOCUS, USA) were made and compared with the traditional methods by applying 3DCRT and IMRT. The comparison and analysis were made by analyzing and conducting radiation dose distribution and dose-volume histogram (DVH) based upon radiotherapy techniques (2D, 3DCRT, IMRT) and point doses for the regions of interest. Again, treatment efficiency was evaluated based upon time-labor.

Results: It was found that the case of using 3DCRT plan techniques by getting breast volume is more useful than the traditional methods in terms of tumor delineation, beam direction and confirmation of field boundary.

Conclusion: It was possible to present the optimum radiotherapy plan techniques through qualitative and quantitative analyses based upon radiotherapy plan techniques in case of breast cancer radiotherapy. However, further studies are required for the problems with patient setup reproducibility arising from the difficulties of planning target volume (PVT) and breast immobilization in case of three-dimensional radiotherapy planning.

Key words: breast volume, analyzing dose distribution, planning target volume