

유방암 절선조사 시 종속조사면 병합방법의 불균등한 선량분포 확인

— Verification of Non-Uniform Dose Distribution in Field-In-Field Technique for Breast Tangential Irradiation —

건국대학교병원 방사선종양학과 · 춘해보건대학 방사선과¹⁾

박병문 · 배용기 · 강민영 · 방동환 · 김연래¹⁾ · 이정우

— 국문초록 —

본 연구의 목적은 유방암 환자의 절선조사 시 종속조사면 병합(FIF) 치료방법을 2차원 이온전리함을 이용하여 불균등한 선량분포를 확인하고자하였다. 실험을 위해 2차원 이온전리함 배열(MatriXX, Wellhofer Dosimetrie, Germany)와 치료계획장치(Eclipse, ver 6.5, Varian, Palo Alto, USA)가 사용되었다. 불균등한 선량분포 확인을 위해 FIF 방법으로 치료계획 한 20명의 환자를 선택하여 각각 90 cGy를 처방하여 하이브리드 계획을 수행하였으며, 측정값과 비교를 위해 동일한 기하학적 조건에서 MatriXX를 이용해 측정하였다. 정량적인 분석을 위해 상용화된 분석 소프트웨어(OmniPro IMRT, ver, 1.4, Wellhofer, Dosimetrie, Germany)를 이용하여 분석하였다.

실험 결과로 기준점에 선량처방 시 계산값과 측정값이 평균 1.6% 차이를 보였고, 선형프로파일(Line-Profile)을 통해 분석한 결과 종단면에서는 1.3-5.5%(평균 : 2.4%), 횡단면에서는 0.9-3.9%(평균 : 2.5%)로 변동을 보였다. 감마인덱스 히스토그램(기준 : 3 mm, 3%)로 분석한 결과 90.23-99.69%(평균 : 95.11%, 표준편차 : 2.81) 범위를 나타냈다(유효범위 ; γ -index ≥ 1).

본 실험에서는 MatriXX 이용하여 측정한 결과 치료계획 선량과 측정값이 오차범위 이내로 일치하였으며, 향후 다양한 종양치료에 있어 FIF방법의 활용도를 높이는 연구가 필요하다고 생각한다.

중심 단어: 종속조사면병합방법(Field-In-Field), 2차원 이온전리함배열(MatriXX), 감마인덱스

I. 서 론

최근 통계청자료에 2005년 자료에 의하면 유방암은 여

성에 있어서 갑상선암 다음으로 발병률이 높았다.

서구화된 식습관 및 유전학적인 이유 등으로 유방암은 다른 암에 비해 그 발생 빈도수가 급속하게 증가하고 있다. 최근에는 웰빙(well-being)바람과 더불어 암에 대한 인식의 변화와 조기 검진의 활성화로 유방암이 초기에 발견되는 확률이 높아졌고, 전체유방을 절제하는 수술요법을 탈피하고, 부분 절제하는 수술과 더불어 방사선 치료를 각광을 받고 있다.

컴퓨터의 발전과 더불어 방사선치료 기술도 날로 발전하고 있다.

*접수일(2010년 7월 21일), 심사일(2010년 8월 9일), 확정일(2010년 8월 30일)
-본 연구는 교육과학기술부 및 한국연구재단의 지원을 받아 2010년도 원자력연구개발사업을 통해 수행됨(원자력기반확충사업, 인력양성분야, 3N연구자 육성, 과제번호: 2010-0017479).

교신저자: 이정우, (143-729) 서울시 광진구 화양동 4-12
건국대학교병원 방사선종양학과
TEL: 02-2030-5393, FAX: 02-2030-5383
E-mail: polirain@kuh.ac.kr

특히 현재는 보존적 유방암 환자의 방사선 치료에 있어 금속썰기 및 동적썰기를 이용해 목적부위 내 선량분포를 균등하게 조사하던 방식을 뛰어 넘어 3차원 입체조형 치료(3 Dimensional Radiation Therapy, 3DCRT), 다엽 콜리메이터(Multi-Leaf Collimator, MLC)를 이용한 세기조절방사선치료(Intensity Modulated Radiation Therapy, IMRT) 등의 치료방법이 이용되면서 목적부위에는 보다 정확한 처방선량을 전달하고, 중요장기 조사되는 선량은 최소화하는 방법들이 이용되고 있었다.

최근에는 유방암치료에 있어 역방향 세기조절방사선치료에 문제점으로 인식되었던 긴 치료시간 및 움직임에 의한 표적용적(Planning Target Volume, PTV) 내의 선량분포변화를 감소시켜 줄 수 있는 전방향 세기조절(Forward Field-In-Field IMRT, FIF) 방사선치료가 소개되었다¹⁻⁵⁾.

FIF치료방법은 MLC를 이용해 선량분포를 균등하게 하는 방법으로 PTV내의 균등한 선량분포 만들고 중요장기(Organs At Risk, OAR) 및 고선량점(Hot spot)을 감소시킬 수 있는 방법이다. 또한 Torre 등⁶⁾과 박병문 등⁷⁾은 FIF 사용 시 썰기를 이용하는 방법에 비해 반대측 유방에 조사되는 선량을 현저히 줄일 수 있다고 보고하였다.

그러나 FIF 방법은 치료계획 컴퓨터를 이용한 선량학인은 이루어졌지만, 실제 측정을 통한 비교는 이루어지지 않았다.

이정우 등⁸⁾은 2차원 이온전리함 배열을 이용한 선형가속기의 품질관리에 있어 유용성을 입증했으며, Poppe 등⁹⁾은 729개의 이온전리함배열을 통해 IMRT 치료계획 선량을 확인하였고, 강민영 등¹⁰⁾은 1,020개의 평판형 전리함이 배열된 MatriXX를 통해 IMRT 품질관리에 있어 유용성을 입증하였다.

본 연구의 목적은 보존적 유방암 치료에 있어 이미 유용성이 검증된 FIF 방법으로 치료계획값과 측정값을 비교하고, 종축 및 횡축에서의 선량분포의 변화도 측정, 감마인덱스 히스토그램(γ -index histogram)¹¹⁾을 이용하여 FIF 치료방법의 유용성을 확인하고자 한다.

II. 재료 및 방법

팬텀을 이용한 하이브리드 치료계획을 만들기 위해 폴리스티렌 팬텀(PMMA ; Muscle equivalent material, 1.18 g/cm³)과 2차원 이온전리함 배열(MatriXX, Wellhofer Dosimetrie, Germany)을 이용하여 전산화 단층촬영장치

(Multi-Slice CT, Light speed 16, GE)로 데이터를 획득하였고, 치료계획장치(Treatment Planning System, Eclipse, ver 6.5, Varian)를 이용하여 20명의 유방암환자를 무작위로 추출하여 하이브리드 치료계획을 수행하였다. 측정값을 얻기 위해 선형가속기(CL21EX, Varian, Palo Alto, USA)의 6 MV 광자선과 MatriXX를 이용하여 측정하였고, 정량분석을 위하여 IMRT분석프로그램(OmniPro-IMRT, ver, 1.4, Wellhofer, Dosimetrie, Germany)을 이용하였다.

Table 1. Comparison of profiles on the central axis from twenty patients

Cross-plane and in-plane stand for the transverse plane the longitudinal plane, respectively. The differences were shown maximum 3.9% (average; 2.4%) for cross-plane and maximum 5.5% (average; 2.5%) for in-plane profiles

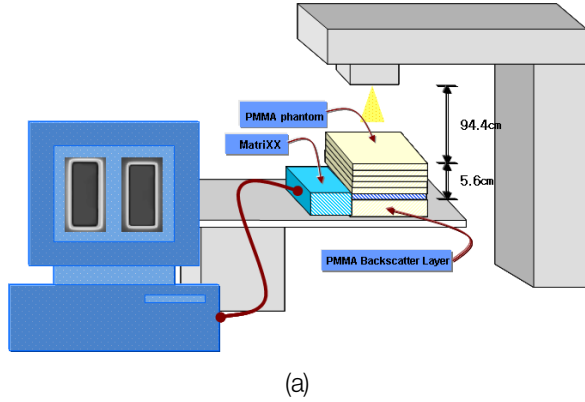
Unit: %

Cases	Cross-plane	In-plane	Cases	Cross-plane	In-plane
1	1.2	1.7	11	2.9	2.4
2	1.4	3.1	12	3.6	2.0
3	1.8	1.9	13	2.0	2.8
4	3.2	5.5	14	3.5	3.0
5	3.1	2.7	15	0.9	2.0
6	3.7	2.5	16	3.6	2.5
7	3.9	2.2	17	0.8	1.3
8	1.9	3.8	18	3.8	2.3
9	1.3	2.5	19	1.7	1.5
10	1.7	1.8	20	1.9	1.7

1. 치료계획 선량과 측정선량의 비교

하이브리드 치료계획을 통한 선량평가를 위하여 MatriXX 상방에 폴리스티렌 팬텀을 위치시켜 전산화단층촬영장치를 이용해 스캔 한 후 치료계획장치에 영상을 입력하였다. 본원에서 FIF방법으로 치료를 받은 20명의 환자를 무작위 선출하였으며, 폴리스티렌 팬텀이 삽입된 MatriXX에 하이브리드 치료계획(갠트리 각도 0°)을 시행하였다. 각각의 환자에 대한 처방선량은 90 cGy로 하였고, IMRT 분석프로그램으로 전송시켰다. 치료계획값과 측정값의 비교를 위한 MatriXX는 측정하기 전 30분의 warm-up 시간을 주었으며, 선원-표면간 거리는 94.4 cm으로 하였고, 6 MV 방사선을 90 cGy 조사하여 조사면의 중심축 및 기준점(Reference point : 고체팬텀 5 cm, MatriXX의 고유 두께 : 0.6 cm)에서의 선량을 비교하였

다. 이때 후방산란을 고려하기 위하여 5 cm의 고체 팬텀을 MatriXX 하단에 위치시켰다(Fig. 1).



(a)



(b)

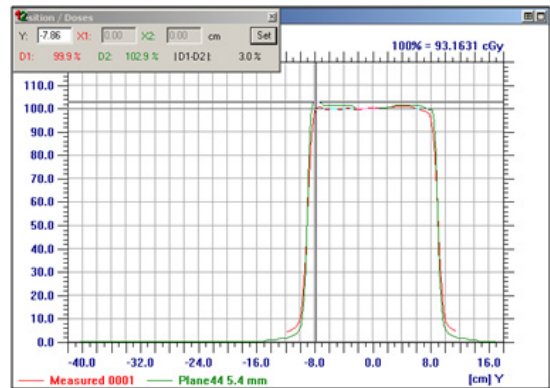
Fig. 1. Schematic diagram of measurement setup (a) and two-dimensional ionization chamber array (MatriXX) (b). Solid phantom used in the experiment was PMMA solid slabs (Model: SP33)

2. 종축방향과 횡축방향에서의 선량분포 비교

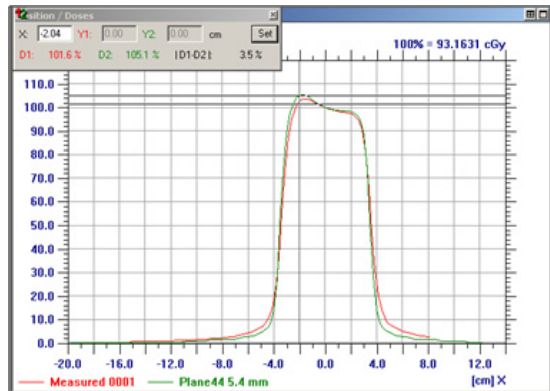
IMRT 분석프로그램으로 전송된 환자의 하이브리드 치료계획 데이터와 90 cGy를 조사하여 MatriXX를 통해 측정된 데이터를 각각의 조사면에 대해 중심축을 기준으로 종축의 선량분포곡선(In-plane profile)과 횡축의 선량분포 곡선(Cross-plane profile)을 각각 비교하였다(Fig. 2).

3. 감마인덱스 히스토그램을 이용한 불균등한 선량분포 비교

조사면내의 불균등한 선량분포를 정량적으로 비교하기 위하여 감마인덱스 히스토그램을 분석하였다. 감마인덱스 히스토그램에서 선량분포의 일치성은 γ 값이 1 이하일 때는 치료계획값과 측정값이 허용범위 내에서 일치하는 것을 나타내고, γ 값 1보다 크면 일치성이 낮음을 의미한다. 본 실험에서는 IMRT의 선량분포를 분석하기 위한 허용 기준은 Dose difference(DD)는 3%, Distance-To-Agreement(DTA)는 3 mm였으며, 치료계획의 선량분포와 측정된 20명 데이터를 분석하였다(Fig. 3).

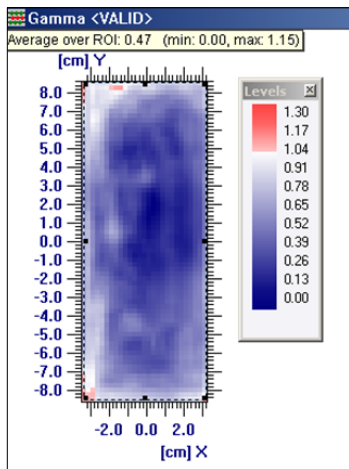


(a)

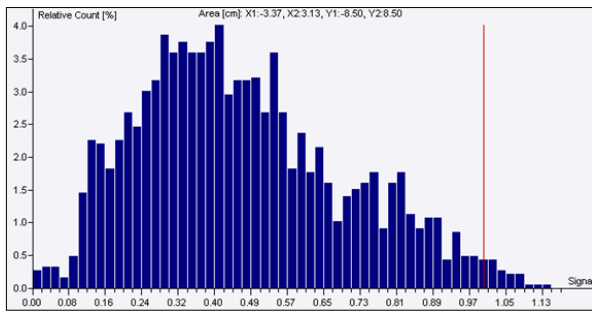


(b)

Fig. 2. Comparison of line profiles at the in-plane (a) and the cross-plane (b) on the central axis. Red and green lines are the measured and the planned dose profiles respectively



(a)



(b)

Fig. 3. The quantitative evaluation of dose distributions (a) by gamma index histogram (b). It was shown good agreements in the whole fields except field edges ($\gamma \leq 1$)

III. 실험결과

1. 치료계획 선량과 측정선량의 비교

기준점에서의 계산값과 측정값을 비교하기 위하여 변동값을 비교하였다.

환자 20명의 치료계획값과 측정값의 차이는 Fig. 4에 나타나 있다. 20명의 환자 중 Case 4번과 Case 16번에서 각각 2.82%, 2.86%의 선량 변동을 보였으며, 평균 변동값은 1.6%으로 치료계획값이 20명 환자에 모두에서 측정값보다 낮게 나타났다(Fig. 4).

2. 종축방향과 횡축방향에서의 선량프로파일 비교

MatriXX로 측정한 20명의 선량분포를 각각 비교하기 위하여 IMRT 분석프로그램을 이용하여 중심축을 기준으로 종단면과 횡단면을 측정하였다.

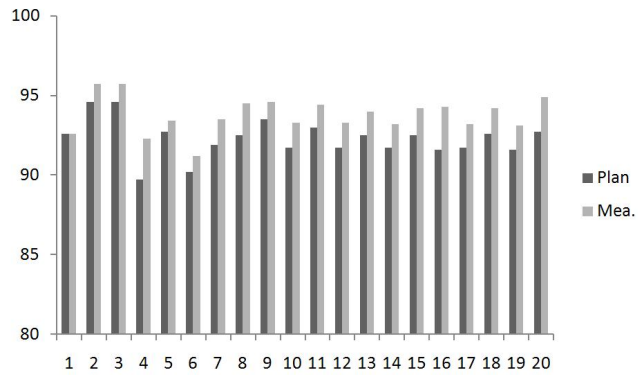


Fig. 4. Dose variations in the twenty patients were evaluated the planned values as compared to the measured values at the center of field size

그 결과 종단면의 경우 Case 4번과 Case 8번을 제외하고 3% 이하(평균 : 2.5%)의 변화를 보였고, 횡단면의 경우 Case 4, 5, 6, 7, 11, 14, 16, 18번에서 3%의 이상의 변화를 보였으나 평균 변동값은 2.4%로 종단면보다 낮았다.

3. 감마인덱스 히스토그램을 이용한 불균등한 선량분포 비교

감마인덱스 히스토그램 분석결과, Case 4, 8, 14번에서 평균에 미치지 못했다. 20명의 데이터의 감마인덱스 히스토그램 변동범위는 90.23~99.69%의 범위를 나타냈고 평균값과 표준편차는 각각 95.11%, 2.81를 나타냈다 (Fig. 5).

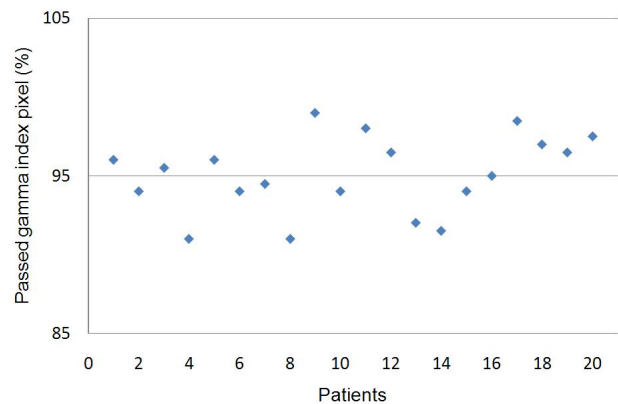


Fig. 5. Analyses of non-uniform dose distribution using the gamma index histogram (DTA : 3 mm, DD : 3%) in the twenty cases. The acceptable proportions were ranging from 90.23% to 99.69% (average : 95.11%) and standard deviation is 2.81%

IV. 고찰 및 결론

컴퓨터와 더불어 하드웨어적인 발전이 뒷받침되어 과거 단순한 금속썰기, 동적썰기를 사용하는 방법을 탈피해 목적부위에만 집중해서 방사선을 조사하는 3DCRT와 MLC를 이용하여 선택적으로 방사선을 조사하는 IMRT등이 유방암 방사선 치료에 이용되고 있다. 그러나 유방암의 경우 해부학적인 구조로 인해 움직임이나 놓는 위치에 따라 치료부위가 변하기 쉽고, 호흡으로 인해 정확한 환자의 위치잡이가 어렵게 되어 3DCRT나 IMRT와 같이 정밀한 치료가 통상적으로 이루어지기 어렵게 된다.

유방암 치료에 있어 FIF치료 방법의 경우 일반적으로 열린조사면 약 90%, MLC를 이용한 선량보상이 약 10%로 불균등한 조직에 선량조절을 하게 됨으로 3DCRT와 IMRT에 비해 환자의 치료자세와 호흡에 의한 영향이 상대적으로 적게 된다.

이정우 등¹⁻⁵⁾은 최근연구에서 FIF방법을 이용하여 PTV 내에 균등한 선량분포를 형성하면서도 OAR에 조사되는 선량을 현저히 줄일 수 있다고 보고하였다.

본 연구에서는 이정우 등⁸⁾과 강민영 등¹⁰⁾에 의해 유용성이 검증된 MatriXX를 이용해 FIF방법으로 치료를 시행한 20명의 환자 데이터를 기반으로 기준점에서의 처방 선량값을 비교하고, IMRT 분석프로그램을 이용하여 선량 프로파일과 감마인덱스 히스토그램을 분석함으로써 계산 값과 측정값의 정성적, 정량적인 분석이 가능하였다.

본 연구를 통해서 FIF 방법의 유용성을 확인하였으며 향후 다양한 치료부위에 적용되는 연구가 필요하다고 생각된다.

참 고 문 헌

1. Jeong-Woo Lee, Semie Hong, Kyoung-Sik Choi *et al.* : Performance Evaluation of Field-In-Field Technique for Tangential Breast Irradiation, Japanese Journal of Clinical Oncology, 38(2), 158-163, 2008
2. Gillian C. Barnett, Jennifer Wilkinson, Anne M. Moody *et al.* : A randomised controlled trial of forward planned radiotherapy(IMRT) for early breast cancer: Baseline characteristics and dosimetry results, Radiotherapy and Oncology, 92, 34-41, 2009

3. Charles Mayo, Y.C. Lo, Thomas J. Frtzgerand, Marcia Urie: Forward-planned, multiple-segment, tangential fields with concomitant boost in the treatment of breast cancer, Medical Dosimetry, 29(4), 265-270, 2004
4. Matthew L. Cavey, John E. Bayouth, Eugene J. Endres, John M. Pena, Martin Coltin, Sandra Hatch: Dosimetric comparison of conventional and forward-planned intensity-modulated techniques for post mastectomy left breast cancers, Medical Dosimetry, 30(2), 107-116, 2005
5. Kerth J. Stelzer, Beau Bailey, Mark Davidson, Steven Dugick, Mark Mullins: Determination of critical dosimetric parameters for breast radiation using forward-planned segmented fields for intensity modulation, Medical Dosimetry, 32(1), 23-32, 2007
6. Ninet De La Torre, Carmen T. Figueroa, Krystal Martinez, Stacey Riley, Jane Chapman: A comparative study of surface dose and dose distribution for intact following irradiation with field-in field technique vs. the use of conventional wedges, Medical Dosimetry, 29(2), 109-114, 2004
7. 박병문, 방동완, 배용기, 이정우, 김유현: 보존적 유방절제 환자의 방사선치료 시 종속조사면 병합에 따른 반대편 유방의 표면선량평가, 대한방사선과학회, 31(4), 401-406, 2008
8. 이정우, 홍세미, 박병문, 강민영, 김유현, 서태석: 선형가속기의 품질관리를 위한 2차원 이온전리함 배열의 유용성, 대한방사선과학회, 31(2), 183-188, 2008
9. Bjoern Poppe, Arne Blechschmidt, Armand Djouguela *et al.* : Two-dimensional ionization chamber arrays for IMRT plan verification, Medical Physics, 33(4), 1005-1015, 2006
10. 강민영, 김연래, 박병문, 배용기, 방동완: 세기조절방사선치료의 품질관리를 위한 이온전리함 매트릭스의 유용성 고찰, 대한방사선치료학회, 19(2), 91-97, 2007
11. Low D. Harms W, Sasa M. Purdy J *et al.* : A technique for the quantitative evaluation of dose distribution, Medical Physics, 25, 656-661, 1998

• Abstract

Verification of Non-Uniform Dose Distribution in Field-In-Field Technique for Breast Tangential Irradiation

Byung-Moon Park · Yong-Ki Bae · Min-Young Kang ·
Dong-Wan Bang · Yon-Lae Kim¹⁾ · Jeong-Woo Lee

Department of Radiation Oncology, Konkuk University Medical Center ·

¹⁾Department of Radiologic Technology, Choonhae Health College

The study is to verify non-uniform dose distribution in Field-In-Field (FIF) technique using two-dimensional ionization chamber (MatriXX, Wellhofer Dosimetrie, Germany) for breast tangential irradiation. The MatriXX and an inverse planning system (Eclipse, ver 6.5, Varian, Palo Alto, USA) were used. Hybrid plans were made from the original twenty patients plans. To verify the non-uniform dose distribution in FIF technique, each portal prescribed doses (90 cGy) was delivered to the MatriXX. The measured doses on the MatriXX were compared to the planned doses. The quantitative analyses were done with a commercial analyzing tool (OmniPro IMRT, ver. 1.4, Wellhofer Dosimetrie, Germany).

The delivered doses at the normalization points were different to average 1.6% between the calculated and the measured. In analysis of line profiles, there were some differences of 1.3–5.5% (Avg: 2.4%), 0.9–3.9% (Avg: 2.5%) in longitudinal and transverse planes respectively. For the gamma index (criteria: 3 mm, 3%) analyses, there were shown that 90.23–99.69% (avg: 95.11%, std: 2.81) for acceptable range (γ -index ≥ 1) through the twenty patients cases.

In conclusion, through our study, we have confirmed the availability of the FIF technique by comparing the calculated with the measured using MatriXX. In the future, various clinical applications of the FIF techniques would be good trials for better treatment results.

Key Words : Field-In-Field (FIF), 2D Array Ionization chamber (MatriXX), γ -index