

유방암 접선조사에서 PBC 알고리즘과 AAA에 따른 Field-in-Field Intensity Modulated Radiation Therapy와 Conventional Radiation Therapy 전산화 치료계획에 대한 고찰

서울아산병원 방사선종양학과

염미숙 · 배성수 · 김대섭 · 백금문

목 적: Anisotropic Analytical Algorithm (AAA)는 Pencil Beam Convolution (PBC) 알고리즘에 비하여 2차선과 조직 불 균질에 대한 영향에 보다 더 정확한 선량계산을 제공한다. 본 연구는 유방암 접선조사 치료계획에서 PBC 알고리즘과 AAA의 선량계산 알고리즘에 따른 선량분포의 차이를 분석하고자 한다.

대상 및 방법: 선형가속기(CL-6EX, VARIAN, USA)의 6 MV 에너지를 이용한 유방암 환자 10명을 대상으로 Eclipse treatment planning system (Version 8.9, VARIAN, USA)을 사용하여 전산화 치료계획을 수립하였다. Conventional Radiation Therapy plan (Conventional plan)과 Field-in-Field Intensity Modulated Radiation Therapy plan (FiF plan)을 PBC 알고리즘을 이용하여 치료계획을 수립한 후 Monitor Unit (MU)를 고정시키고 AAA로 변경하여 선량계산하고, Dose Volume Histogram (DVH)을 이용하여 치료계획을 비교 분석하였다.

결 과: 첫 번째, Conventional plan의 PBC 알고리즘과 AAA에 따른 차이를 평가한 결과 치료용적에 대한 평균 Conformity Index (CI) 값의 차이는 PBC 알고리즘에서 0.295 높게 평가 되었다. 동측 폐에 대한 선량을 평가한 결과 V_{47Gy} 과 V_{45Gy} 는 PBC 알고리즘에서 각각 5.83%, 4.04% 높게 평가되었고, Mean dose, V_{20Gy} , V_{5Gy} , V_{3Gy} 는 AAA에서 각각 0.6%, 0.29%, 6.35%, 10.23% 높게 평가되었다. 두 번째, FiF plan의 경우 치료용적에 대한 평균 CI 값의 차이는 PBC 알고리즘에서 0.165 높게 평가되었고, 동측 폐에 대한 선량은 V_{47Gy} , V_{45Gy} , Mean dose는 PBC 알고리즘에서 각각 6.17%, 3.80%, 0.15% 높게 평가되었고, V_{20Gy} , V_{5Gy} , V_{3Gy} 는 AAA에서 각각 0.14%, 4.07%, 4.35% 높게 평가되었다.

결 론: 유방암 접선조사에서 AAA로 계산했을 때, PBC 알고리즘에 비해 치료용적에 대한 Conformity가 Conventional plan, FiF plan 각각 0.295, 0.165 낮게 평가되며, 동측 폐의 고 선량 영역의 선량은 적게 나타나며, 저 선량 영역의 선량은 많게 나타나므로 폐에 대한 선량을 평가하는 데 선량계산 알고리즘에 따른 특징을 고려해야 할 것으로 사료된다.

핵심용어: pencil beam convolution (PBC), anisotropic analytical algorithm (AAA), dose volume histogram (DVH), conformity index (CI)

서 론

현재 방사선치료에서 임상적으로 선량 분포를 정확하게 모델링 하는 것은 필수적이다.¹⁾

방사선치료에서 종양제어(Tumor control)를 달성시키고 정상조직 합병증(Normal tissue complication)을 최소화하기 위해서는 흡수선량을 정확하게 전달하는 것이 요구된다.²⁾ 이러한 요구는 치료계획 계산(Treatment planning calculation)에서의 불확실성이 최소화 되어져야 하며 특히 폐, 뼈와 같은 heterogenous tissue의 경우 더 정확한 치료계획 계산이 필요

하게 된다.²⁻⁵⁾

최신의 Treatment planning system (TPS)에서는 다양한 알고리즘으로 선량계산 구현이 가능하다. Eclipse treatment planning system (Version 8.9, VARIAN, USA)에서는 Anisotropic Analytical Algorithm (AAA)과 Pencil Beam Convolution (PBC) 알고리즘 선량계산이 가능하다.^{6,7)} AAA가 PBC 알고리즘에 비해서 2차선과 조직 불 균질에 대한 영향에 보다 더 정확한 선량계산을 제공한다고 알려져 있다.⁶⁾ 이러한 점은 PBC 알고리즘 대신 AAA를 이용하는 것이 임상적으로 유용하다고 볼 수 있을 것이다.⁸⁾ 그러나 과거의 PBC 알고리즘으로 계산된 임상 경험들을 모아서 선량계산 알고리즘을 바꾸어 계산하게 되면 다른 종양제어확률(Tumor Control Probability, TCP)과 정상조직 합병증 발생률(Normal Tissue

이 논문은 2012년 1월 19일 접수하여 2012년 3월 9일 채택되었음.
책임저자 : 염미숙, 서울아산병원 방사선종양학과
Tel: 02)3010-2784, Fax: 02)3010-6950
E-mail: dualtnr@hanmail.net

Complication Probability, NTCP)을 평가해 볼 수 있다. 따라서 PBC 알고리즘과 AAA에 따른 치료계획의 특징을 비교하는 것은 바람직하다.⁶⁾

유방암 접선조사는 치료용적이 피부표면까지 포함하고, 유방, 폐, 심장 등 조직 불 균질 부를 포함하고 있기 때문에 build up region의 흡수선량과 조직 불 균질에 대한 영향, 그리고 2차선에 대한 정확한 선량계산이 중요하다.⁹⁾

유방암 접선조사에서 AAA와 PBC 알고리즘에 대한 차이를 연구한 타 연구에서는 Maximum dose, MU, 폐와 심장에 대한 Mean dose, Maximum dose, Minimum dose의 차이에 대해 연구된 바 있다.^{6,8,12)} 본 연구에서는 유방암 접선조사 치료계획에서 Conventional Radiation Therapy와 Field-in-Field Intensity Modulated Radiation Therapy 전산화 치료계획을 수립할 때 PBC 알고리즘과 AAA의 선량계산 알고리즘에 따른 선량분포의 차이를 치료용적에 대한 Conformity를 평가하고, 동측 폐에 대한 선량을 고 선량 영역, 저 선량 영역 그리고 평균선량으로 평가하기 위하여 Dose Volume Histogram (DVH)을 이용하여 Mean dose, V_{47Gy} , V_{45Gy} , V_{20Gy} , V_{5Gy} , V_{3Gy} 로 평가하여 전체적인 선량분포 양상의 차이를 분석하고자 한다.

대상 및 방법

선형가속기(CL-6EX, VARIAN, USA)의 6 MV 에너지를 이용한 유방암 환자 10명을 대상으로 Eclipse treatment planning system (version 8.9, VARIAN, USA)을 사용하여 전산화 치료계획을 수립하였다. 치료계획은 반대쪽 유방과 폐에 들어가는 선량을 최소화하기 위하여 접선 조사면 기법을 사용하였으며 처방선량은 1일 2.0 Gy 조사되도록 하였다. 치료계획은 Conventional Radiation Therapy plan (Conventional plan)과 Field-in-Field Intensity Modulated Radiation Therapy plan (FiF plan)을 각각 PBC 알고리즘을 이용하여 치료계획을 수립한 후 MU를 고정시키고 AAA로 변경하여 선량계산하였다.

이후 PBC 알고리즘과 AAA에 따른 선량분포의 차이를 비교하기 위하여 Dose Volume Histogram (DVH)을 이용하여 치료 용적에 대한 Conformity Index (CI) 값을 분석하였고, 동측 폐에 대한 선량을 각각 Mean dose, V_{47Gy} , V_{45Gy} , V_{20Gy} , V_{5Gy} , V_{3Gy} 로 평가하였다.¹⁰⁻¹²⁾

첫 번째, 치료용적에 대한 Conformity를 평가하기 위하여 Dose Volume Histogram (DVH)을 이용하였으며 (식1)을 이용하여 Conformity Index (CI)값을 평가하여 비교 하였다.

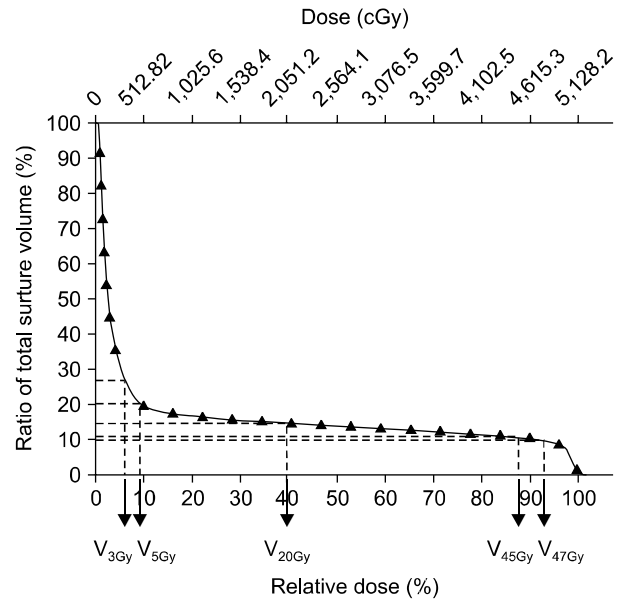


Fig. 1. Evaluation of ipsilateral lung dose (V_{47Gy} , V_{45Gy} , V_{20Gy} , V_{5Gy} , V_{3Gy}).

$$CI_{(ICRU62)} = \frac{V_{TV}}{V_{PTV}} \quad (1)$$

두 번째, 동측 폐에 대한 선량을 고 선량 영역, 저 선량 영역 그리고 평균선량을 평가하기 위하여 Dose Volume Histogram (DVH)을 이용하여 Mean dose, V_{47Gy} , V_{45Gy} , V_{20Gy} , V_{5Gy} , V_{3Gy} 로 평가하였다(Fig. 1).

결 과

첫 번째, Conventional plan의 PBC 알고리즘과 AAA에 따른 차이를 평가한 결과 치료용적에 대한 평균 CI 값의 차이는 PBC 알고리즘에서 0.295 높게 평가 되었다. 동측 폐에 대한 선량을 평가한 결과 V_{47Gy} 과 V_{45Gy} 는 PBC 알고리즘에서 각각 5.83%, 4.04% 높게 평가되었고, Mean dose, V_{20Gy} , V_{5Gy} , V_{3Gy} 는 AAA에서 각각 0.6%, 0.29%, 6.35%, 10.23% 높게 평가되었다. 두 번째, FiF plan의 경우 치료용적에 대한 평균 CI 값의 차이는 PBC 알고리즘에서 0.165 높게 평가 되었고, 동측 폐에 대한 선량은 V_{47Gy} , V_{45Gy} , Mean dose는 PBC 알고리즘에서 각각 6.17%, 3.80%, 0.15% 높게 평가되었고, V_{20Gy} , V_{5Gy} , V_{3Gy} 는 AAA에서 각각 0.14%, 4.07%, 4.35% 높게 평가 되었다.

따라서 유방암 접선조사의 Conventional plan과 FiF plan에서 PBC 알고리즘과 AAA에 따른 특징은 치료용적에 대한 Conformity는 AAA로 계산했을 때 Conventional plan, FiF

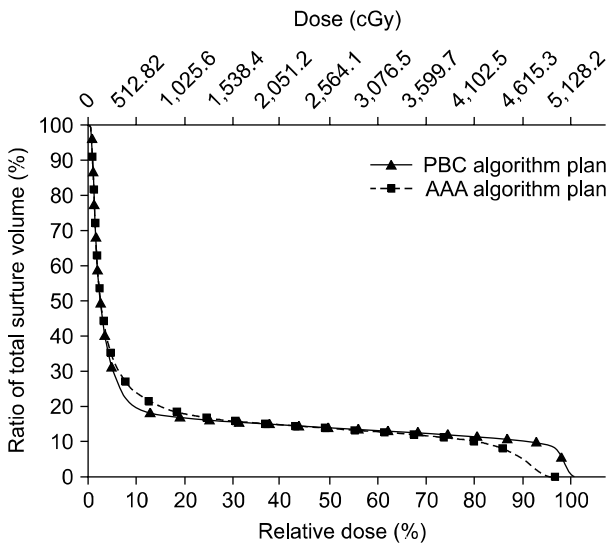


Fig. 2. DVH of ipsilateral lung dose between conventional plan and FiF plan.

plan 각각 0.295, 0.165 낮게 평가되었으며, 동측 폐의 고 선량 영역의 선량(V_{47Gy} , V_{45Gy})은 적게 나타나며, 저 선량 영역의 선량(V_{5Gy} , V_{3Gy})은 많게 평가되었다(Fig. 2).

고안 및 결론

유방암 접선조사에서 PBC 알고리즘과 AAA에 따른 선량 분포의 차이는 AAA가 PBC 알고리즘에 비해 치료용적에 대한 Conformity가 낮게 평가되었으나 임상적으로 큰 차이를 보이지는 않았다. 그러나 폐에 대한 선량은 동측 폐의 고 선량 영역의 선량은 적게 나타나며, 저 선량 영역의 선량은 많게 나타났다.

이를 AAA가 PBC 알고리즘에 비해서 2차선과 조직 불 균질에 대한 영향에 보다 더 정확한 선량계산을 제공한다는⁶⁾ 관점에서 보면 유방암 접선조사 치료계획에서 PBC 알고리즘으로 계산 되었을 때, 치료용적에 대한 Conformity가 더 높게 평가되었으며, 동측 폐에 들어가는 선량이 고 선량 영역에서의 선량은 과대평가되며, 저 선량 영역에서의 선량은 과소평가 될 수 있다.

이는 선량계산 알고리즘에 의하여 치료계획에서 선량분포의 차이가 있다. 또한 종양제어확률(TCP)과 정상조직 합병증 발생률(NTCP)에 영향을 미칠 수 있고, 폐에 대한 선량을 평가하는 데 영향을 미칠 수 있다.⁶⁾

따라서 유방암 접선조사는 치료용적이 피부표면까지 포함

하고, 유방, 폐, 심장 등 조직 불 균질 부를 포함하고 있기 때문에 build up region의 흡수선량과 조직 불 균질에 대한 영향, 그리고 2차선에 대한 정확한 선량계산이 필요하므로⁹⁾ 치료계획을 세울 때 선량계산 알고리즘에 따른 치료용적과 폐에 대한 선량분포 차이를 고려하여야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- Breitman K, Rathee S, Newcomb C, et al.: Experimental validation of the Eclipse AAA algorithm. *Medical Physics* 2007;8
- Brahme A: Dosimetric precision requirements in radiation therapy. *Acta Radiation Oncology* 1984;23:379-391
- Metcalfe PE, Wong TP, Hoban PW: Radiotherapy X-ray beam inhomogeneity corrections: the problem of lateral electronic disequilibrium in lung. *Australas Phys Eng Sci Med* 1993;16:155-167
- International Commission on radiation Units and Measurements (ICRU). Determination of absorbed dose in a patient irradiated by beams of X or gamma rays in radiotherapy procedures. ICRU report 24. Washington (DC): ICRU, 1976;67
- Marie Gagne I, Zavgorodni S: Evaluation of the analytical anisotropic algorithm in an extreme water-lung interface phantom using Monte Carlo dose calculations. *Medical Physics* 2007;8
- Sassowsky M, Frauchiger D, Born E, Mini R: Comparison of breast cancer treatment plan properties using two different dose calculation algorithms. *Medical Physics*
- Sievinen J, Ulmer W, Kaissl W: AAA photon dose calculation model in Eclipse. Palo Alto (CA): Varian Medical Systems, 2005:1-18 [RAD#7170B]
- Basran P, Zavgorodni S, Berrang T, et al.: The impact of dose calculation algorithms on partial and whole breast radiation treatment plans. *Radiation Oncology* 2010;5-120
- Panettieri V, Barsoum P, Westermarck M, et al.: AAA and PBC calculation accuracy in the surface build-up region in tangential beam treatments. Phantom and breast case study with the Monte Carlo code penelope. *Radiotherapy and Oncology* 2009;94-101
- 유순미, 염미숙, 김대섭 등: 유방암의 접선조사 시 field-in-field intensity modulated radiation therapy와 conventional radiation therapy의 전산화 치료계획에 관한 고찰. *대한방사선치료기술학회지* 2010;22:41-45
- Feuvret L, Noel G: Conformity index: a review. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 2006;64:333-342
- Yoo S, Wu Q, O'Daniel J, et al.: Breast cancer radiation treatment planning: a comparison of anisotropic analytical algorithm (AAA) and pencil beam convolutions (PBC) algorithm. *Astro 2010. virtual poster library*

Abstract

Study on Computerized Treatment Plan of Field-in-Field Intensity Modulated Radiation Therapy and Conventional Radiation Therapy according to PBC Algorithm and AAA on Breast Cancer Tangential Beam

Mi Suk Yeom, Seong Soo Bae, Dae Sup Kim, Geum Mun Back

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

Purpose: Anisotropic Analytical Algorithm (AAA) provides more accurate dose calculation regarding impact on scatter and tissue inhomogeneity in comparison to Pencil Beam Convolution (PBC) algorithm. This study tries to analyze the difference of dose distribution according to PBC algorithm and dose calculation algorithm of AAA on breast cancer tangential plan.

Materials and Methods: Computerized medical care plan using Eclipse treatment planning system (version 8.9, VARIAN, USA) has been established for the 10 breast cancer patients using 6 MV energy of Linac (CL-6EX, VARIAN, USA). After treatment plan of Conventional Radiation Therapy plan (Conventional plan) and Field-in-Field Intensity Modulated Radiation Therapy plan (FiF plan) using PBC algorithm has been established, MU has been fixed, implemented dose calculation after changing it to AAA, and compared and analyzed treatment plan using Dose Volume Histogram (DVH).

Results: Firstly, as a result of evaluating PBC algorithm of Conventional plan and the difference according to AAA, the average difference of CI value on target volume has been highly estimated by 0.295 on PBC algorithm and as a result of evaluating dose of lung, V_{47Gy} and V_{45Gy} has been highly evaluated by 5.83% and 4.04% each, Mean dose, V_{20Gy} , V_{5Gy} , V_{3Gy} has been highly evaluated 0.6%, 0.29%, 6.35%, 10.23% each on AAA. Secondly, in case of FiF plan, the average difference of CI value on target volume has been highly evaluated on PBC algorithm by 0.165, and dose on ipsilateral lung, V_{47Gy} , V_{45Gy} , Mean dose has been highly evaluated 6.17%, 3.80%, 0.15% each on PBC algorithm, V_{20Gy} , V_{5Gy} , V_{3Gy} has been highly evaluated 0.14%, 4.07%, 4.35% each on AAA.

Conclusion: When calculating with AAA on breast cancer tangential plan, compared to PBC algorithm, Conformity on target volume of Conventional plan, FiF plan has been less evaluated by 0.295, 0.165 each. For the reason that dose of high dose region of ipsilateral lung has been showed little amount, and dose of low dose region has been showed much amount, features according to dose calculation algorithm need to be considered when we evaluate dose for the lungs.

Key words: pencil beam convolution (PBC), anisotropic analytical algorithm (AAA), dose volume histogram (DVH), conformity index (CI)