

동적 다엽콜리메이터의 Leaf gap이 전산화 치료계획에 미치는 영향

서울아산병원 방사선종양학과

김정미 · 윤인하 · 홍동기 · 백금문

목 적 : 최근 사용이 급증하고 있는 미국 베리안사의 이클립스 치료계획 시스템은 치료기에 설치되어 있는 다엽콜리메이터의 충돌 보호를 위해 존재하는 하드웨어적 제한성을 립 갭이라는 설정을 통하여 소프트웨어적으로 극복함으로써 정확한 치료계획을 구현 할 수 있도록 한다. 본 연구에서는 이클립스 치료계획 시스템에 설정되어 있는 립 갭이 치료계획에 미치는 영향을 분석하고 정확한 임상적용에 이용할 수 있도록 하고자 한다.

대상 및 방법 : 연구에 사용되어진 이클립스 치료계획 시스템의 버전은 11.0이다. 시스템에 설정되어 있는 립 갭은 각 치료기와 광자 에너지별로 측정되었다. 일반적으로 0.05~0.30 mm의 값을 가지고 있고, 다엽콜리메이터의 교정상태에 따라 다르므로 일괄되게 적용하지 않고 측정을 통하여 적용한다. 본 연구에서는 세기변조와 용적변조 치료계획을 측정된 각각의 립 갭을 적용하고, 립 갭이 달라질 때마다 치료계획의 영향을 Dmax, CI 등을 이용하여 평가하였다.

결 과 : 동일한 치료계획을 각각의 치료기에서 립 갭을 변화하며 평가하였을 때, 립 갭이 0.05 mm ~ 0.50 mm로 증가할수록 Dmax, CI 의 값이 2~5% 이상 증가하였다. 세기변조방사선치료계획과 용적변조방사선치료계획 모두 동일한 경향을 나타내었고 각 치료계획 간의 유의성은 찾아 볼 수 없었다.

결 론 : 치료기의 다엽콜리메이터의 립 갭 설정은 일반적으로 고유한 측정값을 가지고 있다. 하지만, 다엽콜리메이터의 노후, 교정, 수리 및 점검 후에 립 갭은 변할 수 있고, 이러한 값은 결국 치료계획에 영향을 미치기 때문에 반드시 확인 후 치료에 적용해야 한다. 경우에 따라 립 갭을 초기 설정값을 유지하는 할 수 있는데, 이는 치료계획에 미치는 영향을 무시할 수 있기 때문에 바람직하지 않다.

핵심용어 : 동적다엽콜리메이터, 립 갭, 세기변조방사선치료, 방사선 치료계획

서 론

방사선치료의 궁극적인 목적을 달성하기 위해 세기변조 방사선치료 및 용적변조방사선치료는 이제는 대중화가 되어가고 있다. 또한 치료법의 발전과 함께 많은 연구에서 정도관리의 필요성을 강조하고 있다^{1,2)}. 단순히 치료기의 정확성과 항상성을 점검하는 수준을 넘어서 이제는 치료 전반적인 모든 면을 점검해야 한다는 주장이다^{3,6)}. 그 중 다엽콜리메이터는 꾸준히 정도관리 항목을 차지하고 있다^{7,9)}. 역선량 계산을 이용한 세기변조방사선치료계획은 최적화를 통해 각 조사야의 방사선 유량을 만들고, 궁극적으로 동적 다엽콜리메이터로 선량을 구현하게 된다.

치료계획시스템에 따라 치료계획의 최적화 단계를 거치

고 나면 시스템은 알고리즘에 따라 실제 선량이 생성될 수 있도록 각각의 세그먼트에서 다엽콜리메이터를 만들어 내고 각 세그먼트의 다엽콜리메이터는 선량과 시간에 비례하여 방사선을 조사하게 된다. 이렇게 모인 다엽콜리메이터의 집합체가 동적 다엽콜리메이터로 만들어져 실제 선량을 만들어 낸다¹⁰⁾.

다엽콜리메이터는 좌우측 각각 존재하며 중앙에서 만나게 되어있지만 서로 충돌은 하지 않는다. 그 만큼 사이가 벌어지는데 그 것을 립갭(Leaf gap)이라 정의한다. 사실 립갭은 그 정의보다 그 의미가 더욱 중요한데, 그 거리에 따라 선량의 구현이 달라질 수 있고, 치료계획시스템에서 그 값만큼 선량에 영향을 미치기 때문이다.

본 연구에서는 이클립스 치료계획 시스템에 설정되어 있는 립 갭이 치료계획에 미치는 영향을 분석하고 정확한 임상적용에 이용할 수 있도록 하고자 한다.

본 논문은 2014년 9월 30일 접수하여 2014년 12월 2일 채택되었음.
책임저자 : 김정미, 서울아산병원 방사선종양학과
서울시 송파구 올림픽로 43길 88, 138-736
Tel : 02) 3010-2785
E-mail : kimchongmi@hanmail.net

대상 및 방법

본 연구에 사용된 치료계획시스템은 미국 베리안사의 이클립스 치료계획 시스템(버전 11.0)이고, 적용한 치료계획은 두경부의 세기변조방사선치료와 뇌의 용적변조방사선치료이다. 3차원 입체조형치료는 조사야에서 반응영이 고려되어야 하기 때문에 연구에서 제외시켰다. 방사선치료기에 장착되어 있는 다엽콜리메이터는 각각 자신의 고유한 립 갭의 값을 가지고 있고, 이클립스 치료계획 시스템은 그 값을 고려하게 되어있다. 연구에 앞서 본 원에 설치되어 있는 각 치료기의 립 갭을 조사하였다. 입력 되어진 립 갭은 측정을 통하여 결정된 값이고, 만약 다엽콜리메이터의 점검이나 교정이 이루어지면 정도관리 프로그램에 따라 립 갭의 수치를 확인 한다. 조사된 여러 치료기의 립 갭을 토대로 기준 값을 정하고 값을 변화시키면서 치료계획에 적용하였다. 뇌의 용적변조방사선치료에서 립 갭의 변화는 기준 0.1176 mm에서 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.4, 0.5 mm로 변화 시켰고, 두경부의 세기변조방사선치료에서 립 갭의 변화는 기준 0.1513 mm에서 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7 mm

로 립 갭의 변화를 주었다. 각 치료계획은 본래의 립 갭으로 치료계획을 완성하고 나서, 립 갭을 바꾸어서 재 계산을 실시하였다. 이 때 최적화를 재 실시하지 않고 립 갭만 반영되어 계산 할 수 있도록 하였다. 즉, 치료계획에서 각 조사야의 유량(Fluence)는 변화를 주지 않고 그대로 사용하면서, 유량으로부터 동적 다엽콜리메이터로 구현되는 선량만이 영향을 줄 수 있도록 하였다. 따라서 최적화는 필요 없고, Leaf motion calculation 기능을 이용하였다.

요약하면, 치료계획을 완성 후에 립 갭을 변화 시키고, 동적 다엽콜리메이터를 새로 생성시켜 치료계획의 선량으로 만들었다. 각 립 갭의 변화에 따르는 선량은 최대 선량, 처방 용적 및 CI 값을 통하여 비교하였다.

결 과

본 원에 설치되어 있는 총 9대의 베리안사의 선형가속기 가운데, 7대의 선형가속기에 대하여 립 갭을 조사한 결과 최소 0.1176 mm에서 최대 0.16 mm에 이르기까지 다양한

Table 1. Variation of volumes according to leaf gap in VMAT.

Leaf gap	(Vtv & Vptv)	Vtv	Vptv	CI	Dmax
0.1176	1182.64	1204.64	1249.5	0.964098	108.8
0.15	1181.01	1202.37	1249.5	0.962281	108.7
0.2	1194.45	1221.35	1249.5	0.977471	109.2
0.25	1203.24	1236.99	1249.5	0.989988	109.6
0.3	1215.38	1260.25	1249.5	1.008603	111
0.4	1225.06	1283.42	1249.5	1.027147	112.4
0.5	1235.64	1319.36	1249.5	1.05591	113.8

Table 2. Variation of volumes according to leaf gap in IMRT.

Leaf gap	(Vtv & Vptv)	Vtv	Vptv	CI	Dmax
0.1513	546.36	616.9	591.88	1.042272	105.4
0.2	545.24	614.62	591.88	1.03842	105.3
0.25	545.58	616.09	591.88	1.040904	105.3
0.3	545.69	617.08	591.88	1.042576	105.7
0.35	546.3	618.28	591.88	1.044604	105.8
0.4	547.88	621.3	591.88	1.049706	107
0.5	551.15	628.04	591.88	1.061093	108.4
0.6	556.89	639.98	591.88	1.081266	110.6
0.7	562.63	654.37	591.88	1.105579	112.3

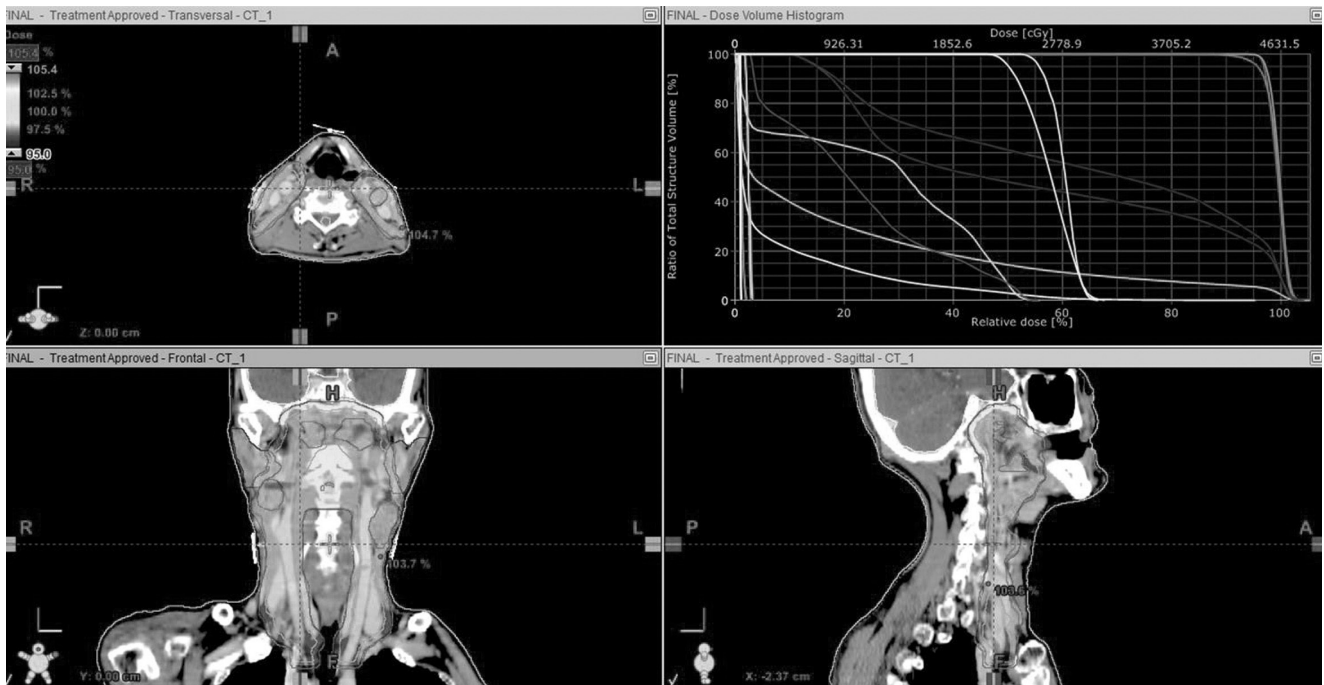


Fig 1. The plan have 0.1513 mm leaf gap in Head and Neck IMRT plan.

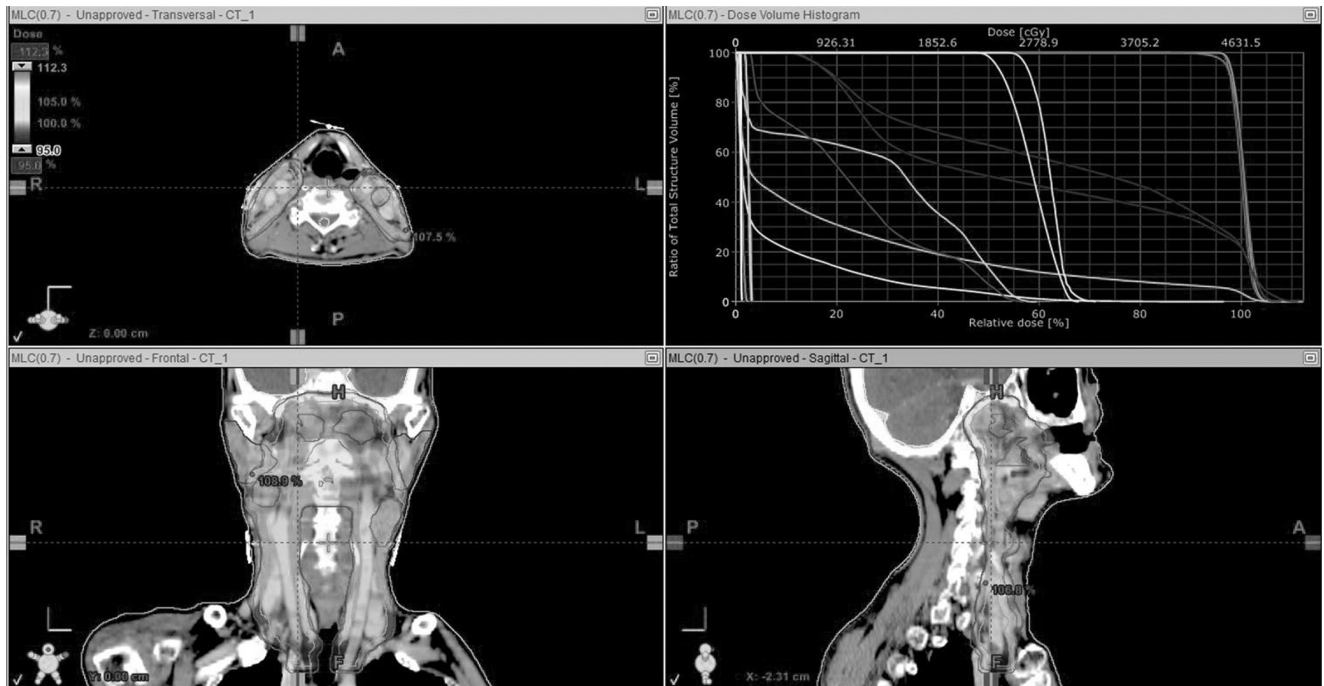


Fig 2. The plan have 0.7 mm leaf gap in Head and Neck IMRT plan.

립 갭을 가지고 있었다. 평균 0.1468 ± 0.014 mm의 값이 적용되었다[표1,2].

모든 방사선 치료계획의 처방은 D95를 기준으로 실시하였고 정상장기의 보호 선량은 QUANTEC를 기준으로 삼았다.

두경부의 세기변조방사선치료[그림1,2] 및 뇌의 용적변조 방사선치료[그림 3] 모두 립 갭이 증가 할수록 최대선량, 처방선량 용적 및 CI 값은 증가 되었다[표1,2]. 특히 그림 3에서 보면 립 갭이 증가할 수록 처방 선량 용적이 두드러지게 높아졌다.

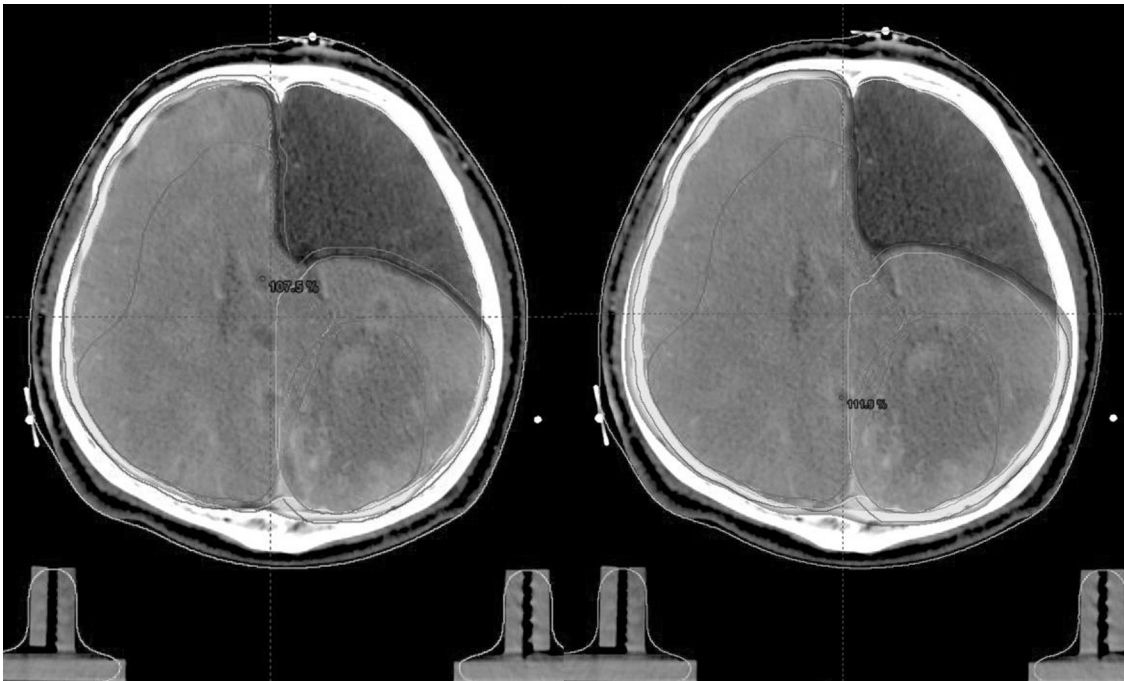


Fig 3. The different dose coverage in brain plan.

고안 및 결론

동적 다엽콜리메이터를 이용하여 선량을 구현하는 역선량 계산법은 세기변조 및 용적변조방사선 치료의 필수 조건이다. 이러한 선량 계산 및 구현 알고리즘은 선량의 정확성을 대변하기 때문에 매우 중요한 항목이다. 다엽콜리메이터는 방사선 차폐체의 역할을 뛰어넘어 이제는 다양한 선량을 구현하기 위한 도구로 사용되기 때문에 많은 연구에서도 그 관리의 중요성을 강조하고 있다.

립 갭은 어쩌면 특정 시스템에 적용되는 사항일 지라도 그 중요성은 선량의 변화로써 본 연구에서 증명될 수 있다. 물론 일반적인 경우에서 립 갭의 변화는 매우 적고, 그 선량적 영향 또한 매우 적다. 하지만, 다엽콜리메이터의 교정이나 점검 후에 립 갭을 점검하지 않는다면, 그 차이 만큼 선량의 차이를 초래할 수 있다. 본 연구의 두 사례에서 보듯이 어느 치료계획이든 동적 다엽콜리메이터를 사용하면, 립 갭의 영향을 받고 수 밀리 단위의 변화가 있으면 반드시 중앙용적 및 정상 장기 용적에 미치는 선량이 있기 때문에 우리는 이러한 영향을 간과해서는 안 된다.

참고문헌

1. Klein EE, Hanley J, Bayouth J, et al. Task Group 142 report: Quality assurance of medical accelerators. *Med Phys*. 2009;36(9):4197-212.
2. Feygelman V, Zhang G, Stevens C, Nelms BE. Evaluation of a new VMAT QA device, or the “X” and “O” array geometries. *J Appl Clin Med Phys*. 2011;12(2):146-68.
3. Ling CC, Zhang P, Archambault Y, et al. Commissioning and quality assurance of RapidArc radiotherapy delivery system. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2008;72(2):575-81.
4. Masi L, Casamassima F, Doro R, Francescon P. Quality assurance of volumetric modulated arc therapy: evaluation and comparison of different dosimetric systems. *Med Phys*. 2011;38(2):612-21.
5. Van Esch A, Huyskens DP, Behrens CF, et al. Implementing RapidArc into clinical routine: a comprehensive program from machine QA to TPS validation and patient QA. *Med Phys*. 2011;38(9):5146-66.
6. Van Esch A, Bohsung J, Sorvari P, et al. Acceptance tests and quality control (QC) procedures for clinical

- implementation of intensity modulated radiotherapy (IMRT) using inverse planning and the sliding window technique: experience from five radiotherapy departments. *Radiother Oncol.* 2002;65(1):53-70.
7. Graves MN, Thompson AV, Martel MK, McShan DL, Frass BA. Calibration and quality assurance for rounded leaf-end MLC systems. *Med Phys.* 2001;28(11):2227-33.
 8. Rangel A and Dunscombe P. Tolerances on MLC leaf position accuracy for IMRT delivery with a dynamic MLC. *Med Phys.* 2009;36(7):3304-09.
 9. Mei X, Nygren I, Villarreal-Barajas JE. On the use of the MLC dosimetric gap as quality control tool for accurate dynamic IMRT delivery. *Med Phys.* 2011;38(4):2246-55.
 10. Eclipse algorithms reference guide. Palo Alto, CA: Varian Medical Systems, Inc.; 2010.

Abstract

The dosimetric impact on treatment planning of the Dynamic MLC leaf gap

Department of Radiation Oncology, Asan Medical Center

Chong Mi Kim · In Ha Yun · Dong Gi Hong · Geum Mun Back

Purpose : The Varian's Eclipse radiation treatment planning system is able to correct radiation treatment thought leaf gap which is limitation MLC movement for collision with both MLC. In this study, I'm try to analyze dosimetric effect about the leaf gap in treatment planning system, And then apply to clinical implement.

Materials and Methods : The Eclipse version is 10.0. In general, the leaf gap set to 0.05~0.3 mm and must measurement each leaf gap. The leaf gap measured by each LINACs and photons. We applied to measured each leaf gap in IMRT and VMAT. Changing the leaf gap, we evaluated treatment plans by Dmax, CI, etc.

Results : When the same plan was evaluated with changing the leaf gap, an increase of 2-5% over the value Dmax, CI increases mm to 0.05 ~ 0.50 mm leaf gap. Volumetric modulated and intensity modulated radiation therapy plans all showed the same trend was not found significant between each radiation treatment planning.

Conclusion : Generally, the leaf gap setting has a unique measure of the Multileaf collimator. However, the aging of the Multileaf collimator, calibration, and can be changed, after inspection and repair of the lip gap should eventually because these values affect the treatment plan must be applied to the treatment after confirmation. In some cases, may be to maintain the initial setting value of the lip gap, which is undesirable because it can override the influence on the treatment plan.

Keyword : Dynamic Multileaf collimator, leaf gap, Intensity Modulated Radiation Therapy, radiation treatment planning