

# Assessment of Dosimetric Leaf Gap According to Measuring Active Volume of Detector

Dae-Hyun Kim\*

Department of Radiation Oncology, Ulsan University Hospital

Received: November 27, 2022. Revised: December 27, 2022. Accepted: December 31, 2022.

## ABSTRACT

DLG (Dosimetric Leaf Gap) and transmission factor are important parameters of MLC modeling in treatment planning system. In this study, DLG and transmission factor of HD-MLC were measured using detector with different measuring volumes, and the accuracy of the treatment plans was evaluated according to the DLG values. DLG was measured using the dynamic sweeping gap method with Semiflux3D and MicroDiamond detectors. Then, 10 radiation treatment plans were generated to optimize the DLG value and compared with the measurement results. Photon energies 6, 8, 10 MV, the DLG measured by Semiflux3D were 0.76, 0.83, and 0.85 mm, and DLG measured by MicroDiamond were 0.78, 0.86, and 0.9 mm. All plans were measured by portal dosimetry and analyzed using Gamma Evaluation. In the 6 MV photon beams, the average gamma passing rate were 94.3% and 98.4% for DLG 0.78 mm and 1.15 mm. In the 10 MV photon beam, the average gamma passing rate were 91.2% and 97.6% for DLG 0.9 mm and 1.25 mm. HD-MLC needs accurate modeling in the treatment planning system. DLG could be used measured data using small volume detector. However, for better radiation therapy, DLG should be optimized at the commissioning stage of LINAC.

Keywords: Dosimetric Leaf Gap, HD-MLC, MicroDiamond Detector

## I. INTRODUCTION

방사선치료에서 다엽콜리메이터 (MLC; Multi Leaf Collimator)의 개발은 방사선의 세기를 조절할 수 있어 기존의 3차원 입체조형 방사선치료 기법을 대신하여 암을 더욱 정교하게 치료할 수 있는 세기 변조방사선치료 (IMRT; Intensity Modulated Radiotherapy) 기법으로 발전할 수 있게 하였다<sup>[1-3]</sup>. MLC로 인해 IMRT 뿐만 아니라 선형가속기 갠트리의 회전과 속도 등을 조절하여 체적세기조절회전방사선치료 (VMAT; Volumetric Modulated Arc Therapy) 기법과 외과적 절제술과 같은 정위방사선수술 (SRS; Stereotactic Radiosurgery), 정위체적방사선치료 (SBRT; Stereotactic Body Radiotherapy) 기법 등으로 발전하였다<sup>[4-6]</sup>.

특히, HD-MLC (High Definition MLC)는 이전 M-MLC (Milleninum MLC)에 비해 엽(Leaf)의 넓이가 좁아지고 MLC 끝의 곡률 반경이 증가하여 leaf 간 방사선 누출과 leaf 끝단에서의 기하학적 반응영역이 개선되었다<sup>[7,8]</sup>. 하지만 최근 방사선치료 기술의 발전으로 인해 MLC의 사용이 많아지고 더 복잡한 방법으로 방사선을 전달하기 때문에 MLC에서 발생하는 누설 방사선은 점차 증가하는 추세이다. 방사선 치료계획 시스템에서 leaf 사이에서의 누설 방사선을 정확히 모델링 할수록 환자에게 전해지는 누설 방사선의 계산 정확성을 높일 수 있다. 이를 위해 투과계수와 DLG (Dosimetric Leaf Gap)를 측정하여 방사선 치료계획 시스템의 매개변수로 설정해야 한다.

DLG 측정 방법으로는 방사선 조사면과 MLC의 기하학적 조사면의 끝단 사이의 거리를 측정하는

\* Corresponding Author: Dae-Hyun Kim E-mail: mp.danny.kim@gmail.com  
Address: 877 Bangeojinsunhwando-ro, Dong-gu, Ulsan, Rep. of Korea

Tel: +82-52-250-8722

방법과 MLC 간격 사이의 측방 선량 분포 값과 일치시키는 방법이 있다<sup>11,9)</sup>. 마지막으로, 다양한 leaf 간격을 가지는 슬라이딩 MLC를 이용한 DSG (Dynamic Sweeping Gap) 측정 방법 등이 있다<sup>8,10)</sup>. DSG 방법을 이용한 DLG 측정 연구는 지속적으로 진행되고 있다. 이전 연구에서는 farmer 타입과 Thimble 타입의 이온전리함으로 측정된 연구 결과가 있었다. 많은 연구들이 용적이 큰 Farmer 타입의 이온전리함을 이용하여 DLG를 측정하고 있지만 leaf의 두께가 얇은 HD-MLC에서는 측정하여 계산된 DLG 값과 물리적인 leaf의 넓이의 차이가 있다고 보고하고 있다<sup>11-14)</sup>.

본 연구에서는 용적이 작은 2개의 검출기를 통해 HD-MLC의 DLG 값을 측정하고 이를 분석하고자 한다. 또한 DLG 값에 따른 방사선치료계획 시스템과 실 측정값의 비교를 위해 품질검사(QA; Quality Assurance)를 수행하고 방사선치료계획 시스템에 모델링된 DLG 값의 정확도를 평가하고자 한다.

## II. MATERIALS AND METHODS

### 1. DLG 측정

본 연구에서는 DLG 측정을 위해 TrueBeamSTx 선형가속기와 HD-MLC (Varian medical system, Palo Alto, Ca, USA)를 사용하였다. HD-MLC는 120개의 leaf로 구성되어 있으며 선원-표면 간 거리 100 cm의 Iso-center에서 투사된 폭의 넓이가 2.5 mm인 64개의 leaf와 5.0 mm인 56개의 leaf로 구성되어 전체 22 cm의 조사면을 치료할 수 있다. HD-MLC의 특징은 Table 1과 같다.

본 연구에서는 HD-MLC의 DLG를 측정하였다. 측정은 용적이 다른 검출기를 이용하여 물속에서 측정하였다. 사용된 검출기는 Semiflux3D 이온전리함 검출기와 MicroDiamond 검출기(PTW, Freiburg GmbH, Germany)를 사용하였다. 각 검출기의 용적은 Semiflux3D는 70 mm<sup>3</sup>, MicroDiamond는 0.004 mm<sup>3</sup>로 상세 제원은 Table 2에 나타내었다.

MicroDiamond 검출기는 용적이 작아 SRS, SBRT와 같은 작은 치료 조사야를 사용하는 치료 기법에 필요한 검출기이다. 본 기관에서는 TrueBeamSTx의

임상 사용 준비 및 빔데이터 측정을 Semiflux3D와 MicroDiamond 검출기를 사용하였다.

Table 1. Specifications of the High-Definition MLC

Specification	HD-MLC	
Leaf width	2.5 mm x 32 (inner leaf)	5.0 mm x 28 (Outer leaf)
Max. Field Size	22 x 40 cm <sup>2</sup> (Static)	22 x 32 cm <sup>2</sup> (IMRT)
Leaf height	6.9 cm	
Leaf end radius	16 cm	
Leaf end angle	6 °	
Leaf material	95% Tungsten alloy	
Density	18.0 - 18.7 g/cm <sup>3</sup>	
Penumbra (20-80%)	< 3.0 mm (6MV, 10x10, SAD-100)	

Table 2. Nominal characteristic of two detectors

	Semiflux3D	MicroDiamond
Type	Ionization Chamber	Synthetic Diamond
Active Volume	70 mm <sup>3</sup>	0.004 mm <sup>3</sup>
Sensitive Material	Air	Diamond
Detector Orientation	Axial, Radial	Axial
Chamber Voltage	400 V	0 V
Materials	PMMA, Graphite	Diamond
Nominal Response	2 nC/Gy	1 nC/Gy
Radiation Quality	<sup>60</sup> Co - 50 MV	100 keV - 25 MV

DLG 측정은 DSG 방법을 사용하여 물펜텀 (Beam Scan, PTW, Freiburg GmbH, Germany)에서 측정하였다. 선원-표면 간 거리 95 cm, 검출기의 측정 위치는 5 cm 깊이에서 측정하였고 Fig. 1에 측정 모식도를 나타내었다. DSG 조사면에서만 기여하는 방사선량을 측정하기 위해 10×10 cm<sup>2</sup>의 열린 조사면과 0×0 cm<sup>2</sup>의 닫힌 조사면에서의 투과계수를 측정하였다. 평균 투과도 RT는 MLC의 A, B बैं크에서의 평균 측정값으로 계산하였다.

$$R_T = \frac{R_{T, Abank} + R_{T, Bbank}}{2} \quad (1)$$

DSG 측정은 MLC 간격을 2, 4, 6, 10, 14, 16, 그리고 20 mm 간격으로 각각 설정하고 간격의 위치가 X축 -60 mm에서 + 60 mm 까지 일정한 속도로

움직이며 측정하였다. 각 DSG 간격에 따른 평균 투과도( $R_gT$ )는 다음 식으로 계산하였다.

$$R_{gT} = R_T \times \left(1 - \frac{g [mm]}{D [mm]}\right) \quad (2)$$

$g$ 는 MLC의 간격,  $D$ 는 MLC의 이동 거리이다. 검출기로 측정된  $R_g$ 는 평균 투과도 값으로 교정하기 위해 다음의 식으로 계산하였다.

$$R_g' = R_g - R_{gT} \quad (3)$$

각 DSG 간격에 따라 측정된  $R_g'$ 값은 선형회귀분석을 적용하여 함수의 절대 절편값을 계산하여 얻어졌다. 모든 DSG 측정은 100 MU를 400 MU/min으로 조사하여 측정하였고, 동일한 조건에서 3회 반복 측정하여 평균값을 취하였다. 사용된 광자 에너지는 6, 8, 10 MV를 사용하였다.

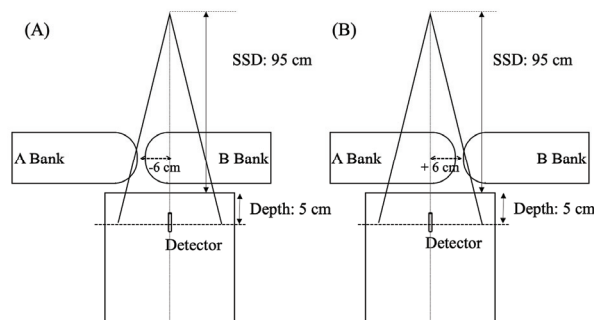


Fig. 1. Schematic diagram for measuring of DLG of HD-MLC using dynamic sweeping gap technique. (A) Starting position of the MLC and (B) end position of the MLC.

## 2. 임상적 DLG 최적화

방사선치료계획 시스템 Eclipse Ver. 15.6 (Varian Medical System, Palo, Alto, Ca, USA)에 검출기로 측정된 DLG 값을 기반으로 MLC를 모델링하였다. DLG 값의 정확성을 평가하기 위해 방사선 치료계획을 생성하고 QA를 진행하였다. 치료계획은 Photon Optimizer와 Anisotropic Analytical 알고리즘을 사용하여 VMAT 기법으로 생성하였다.

임상에서 더욱 최적화된 매개변수를 사용하기

위해 DLG 값을 변화시켜 방사선 치료계획을 생성하였다. QA 측정은 TrueBeamSTx의 EPID를 이용한 portal dosimetry를 이용하여 방사선 치료계획의 품질 평가를 진행하였다. 평가는 감마분석 (Gamma analysis evaluation)을 통한 2차원적 선량 분포를 비교 분석하였고, 감마분석의 조건은 각각 3 mm/3%와 2 mm/2%를 기준으로 적용하였으며 감마분석의 psss-fail 기준은 95%로 적용하였다.

## III. RESULTS AND DISCUSSION

### 1. 투과계수와 DLG 측정 비교

Fig. 2는 2개의 용적이 다른 검출기를 사용해 광자선 6, 8, 10 MV에서 측정된 투과계수를 나타내고 있다. 모든 광자 에너지에서 용적이 작은 MicroDiamond 검출기의 투과계수가 작게 측정되었다. DLG 값은 측정된 투과계수값들의 선형 함수 피팅을 통해 함수의 절대 절편값을 계산하여 얻어졌다.

Table 3은 검출기에 따른 투과계수와 DLG 값이다. 용적이 작은 MicroDiamond 검출기의 DLG 값은 각 에너지에서 0.78, 0.86, 0.9 mm 였다. 반면 용적이 상대적으로 큰 Semiflux3D 검출기는 0.76, 0.83, 0.85 mm 였다. 10 MV 광자선에서 DLG 값이 5.9%로 가장 큰 차이를 보였고, 에너지가 커질수록 그 차이가 컸다. 이는 좁은 MLC 사이에서 나오는 누설 방사선이 넓은 용적의 검출기에서 더 많은 이온화가 일어났기 때문이다. 또한 높은 에너지에서 반응량의 증가로 인해 용적이 큰 검출기에서 부피효과 (volume effect)로 인해 분해능이 감소되고 측정값이 높아질 수 있다. 이에 따라 DLG 값은 Semiflux3D에서 낮게 계산되었다. 하지만, 두 검출기로 측정하여 계산된 DLG 값의 크기는 선량계산 차이에 큰 영향이 없었다.

Table 3. The measured DLG and MLC transmission factor value for each energy using two detectors

Energy	Semiflux3D		MicroDiamond	
	DLG	TF	DLG	TF
6 MV	0.76	0.009	0.78	0.006
8 MV	0.83	0.011	0.86	0.007
10 MV	0.85	0.012	0.9	0.008

TF: Transmission Factor

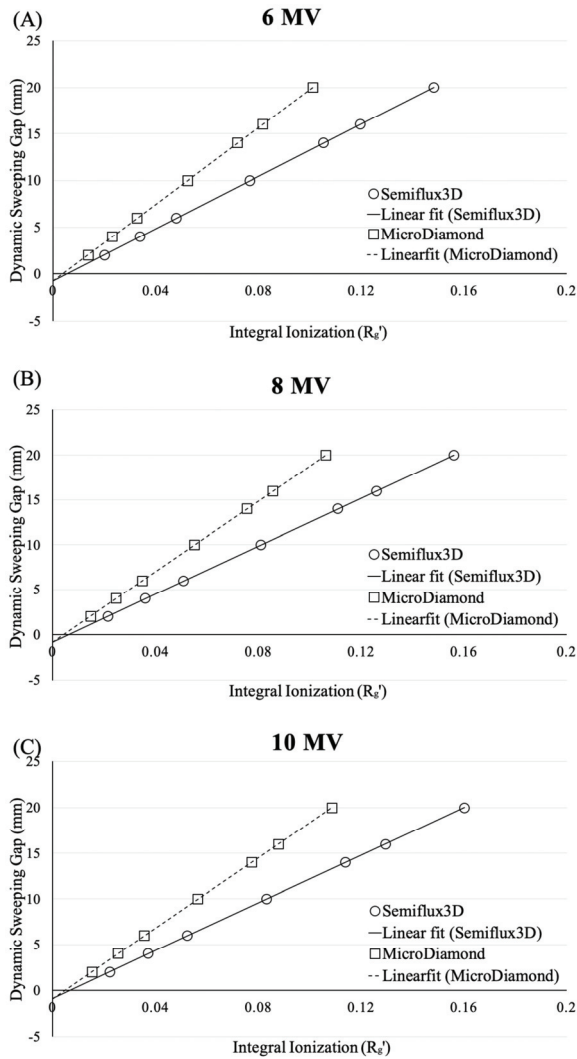


Fig. 2. Linear regression analysis enlargement for difference photon energies using various detector volume.

Table 4. The measured DLG and MLC transmission factor value for each energy using two detectors

Energy	Semiflux3D		MicroDiamond	
	DLG	TF	DLG	TF
6 MV	0.76	0.009	0.78	0.006
8 MV	0.83	0.011	0.86	0.007
10 MV	0.85	0.012	0.9	0.008

TF: Transmission Factor

## 2. 환자 QA 분석

측정된 DLG 값과 임의의 DLG 값으로 생성된 VMAT 치료계획을 portal dosimetry를 통해 QA를

하였다. Fig. 3은 임상에서 주로 사용하고 있는 6, 10 MV 광자선에서 DLG 변화에 대한 감마분석 결과이다. 6 MV 광자선은 DLG 값을 0.78 mm 로 설정하여 치료계획을 생성했을 때 3 mm/3% 기준에서 감마 분석 결과는 99.2%, 99.5% 결과를 나타내었다. 하지만 2 mm/2% 기준에서는 Plan 1에서 85.3%의 결과를 나타내었다.

DLG 값을 변화시키면서 생성된 방사선 치료계획을 모두 QA 하여 분석한 결과 3 mm/3% 기준에서는 모두 99% 이상의 좋은 결과를 보였지만, 2 mm/2% 기준에서는 DLG 값이 1.15 mm 일 때 가장 좋은 결과값을 보였다. 10 MV 광자선도 6 MV 광자선과 동일하게 3 mm/3% 기준에서는 98% 이상 좋은 결과를 보였다. 하지만 2 mm/2% 기준에서는 DLG 값이 1.25 mm 일 때 95% 이상의 결과값을 보였다.

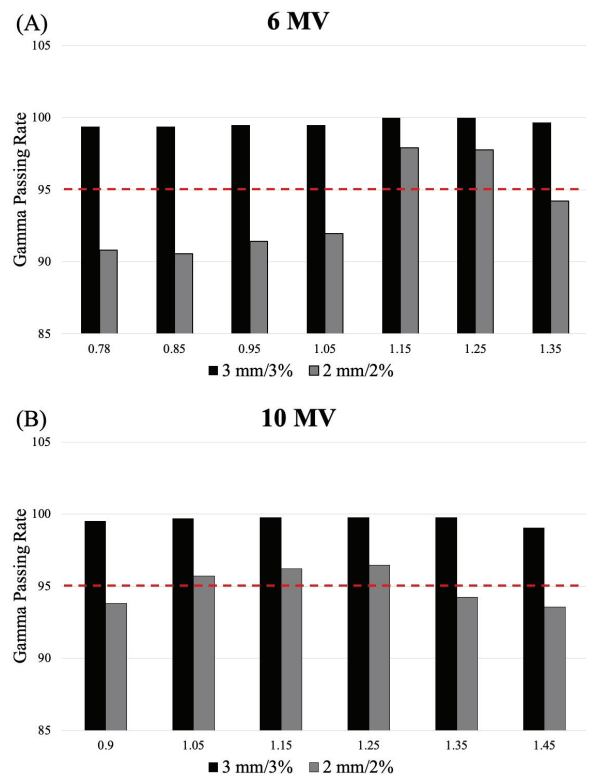


Fig. 3. The percentage of gamma passing rate for various DLG values. The criteria of gamma passing rate were 95% and plotted the red dashed line.

Table 5는 광자선 6, 10 MV에서 각 10개 치료계

획에 대한 감마분석 결과이다. 측정된 DLG 값으로 생성된 치료계획은 3 mm/3% 기준에서는 각 에너지에서 평균 99.6%, 99.2%였고, 2 mm/2% 조건에서는 94.3%, 91.2%였다. DLG 값을 각 에너지에서 1.15, 1.25 mm로 변경했을 때 감마분석 결과는 3 mm/3% 기준에서 99.8%, 99.4%로 약 0.2% 증가하였다. 하지만 2 mm/2% 조건에서는 98.4%, 97.6%로 각각 4.25%, 6.6% 증가하였다.

TrueBeamSTx와 HD-MLC는 작은 크기의 암에 높은 선량을 조사하는 SRS와 SBRT 기법의 치료에 사용되는 장비이기 때문에 감마분석 결과의 기준을 더 높게 설정하고 분석해야 한다<sup>[15]</sup>.

Table 5. The percentage of gamma passing rate for measured and optimized DLG values using 6 and 10 MV energies

6 MV		0.78 mm		1.15 mm	
No	3 mm/3%	2 mm/2%	3 mm/3%	2 mm/2%	
1	98.9	93.4	99.6	96.0	
2	99.7	95.3	100.0	99.0	
3	99.5	92.2	99.9	99.1	
4	100.0	92.0	100.0	99.5	
5	99.9	94.7	99.9	99.2	
6	99.8	93.6	100.0	98.5	
7	99.3	94.6	99.5	97.3	
8	99.5	97.3	99.9	98.8	
9	100.0	92.0	100.0	99.6	
10	99.4	97.5	99.4	97.4	
Average	99.6	94.3	99.8	98.4	

10 MV		0.9 mm		1.25 mm	
No	3 mm/3%	2 mm/2%	3 mm/3%	2 mm/2%	
1	99.7	97.6	99.9	99.3	
2	99.7	89.4	99.9	98.8	
3	99.5	88.2	99.9	97.8	
4	99.9	84.8	100.0	98.3	
5	100.0	78.8	100.0	98.9	
6	99.2	91.6	99.7	98.1	
7	97.6	94.3	97.4	92.3	
8	100.0	99.4	100.0	100.0	
9	99.5	97.6	99.8	99.1	
10	96.8	89.9	97.8	93.4	
Average	99.2	91.2	99.4	97.6	

측정 기반의 DLG를 적용하여 방사선 치료계획

을 생성하는 경우 일반적인 VMAT 치료에 대한 QA 결과는 임상에서 사용할 수 있는 수준으로 평가되었다. 하지만, SRS와 SBRT 같은 특수치료의 경우 그 허용오차가 작아지기 때문에 DLG 값의 최적화가 반드시 선행되어야 한다. 특히 라운드 leaf를 사용하는 HD-MLC의 경우 치료계획시스템의 투과계수와 DLG의 변화로 인해 선량계산 모델의 정확성에 변화가 생기기 때문에 최적화를 통해 선량계산의 정확성을 높일 수 있다. HD-MLC의 DLG 측정 연구 중 0.6 cm<sup>3</sup>의 용적을 가지는 Farmer 타입 이온선량계를 이용한 결과는 0.6 - 1.125 mm의 결과를 보여준다<sup>[11-14]</sup>. 또한 0.13 cm<sup>3</sup>의 용적을 가지는 이온선량계에서는 0.3 - 0.72 mm의 결과를 보여주고 있다<sup>[13,15-17]</sup>. 하지만 이들 연구에서도 임상에 사용하기 전 최적화를 거쳐 모델링에 보다 좋은 매개변수를 찾아야 한다고 설명하고 있다.

현재까지 MLC의 DLG 측정에서 표준화된 검출기의 사용을 제시하지 못하고 있다. 본 연구에서는 용적이 작은 2개의 검출기로 측정하여 DLG 값을 비교했지만, 더 다양한 용적의 검출기로 DLG 값을 분석하여 표준화된 검출기의 제시가 필요할 것이다. 이는 MLC 종류에 따른 DLG 값의 최적화를 통해 방사선치료에서 양질의 치료를 환자에게 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

#### IV. CONCLUSION

본 연구에서는 HD-MLC의 투과 계수 및 DLG 값을 검출기 용적을 달리하여 측정하였고 환자 QA를 통해 DLG 값을 최적화하였다. 방사선치료계획 시스템의 임상사용 시에는 측정을 통한 DLG 값 모델일 뿐만 아니라 더 나아가 최적화된 DLG 값을 찾는 연구가 선행되어야 한다. 이를 통해 최신 방사선치료의 복잡한 선량계산의 정확성을 높이고 에러를 줄여 환자에게 최적의 방사선치료를 전달할 수 있을 것으로 사료된다.

#### Acknowledgment

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (2022R1F1A106529311)

## Reference

- [1] T. LoSasso, C. S. Chui, C. C. Ling, "Physical and dosimetric aspects of a multileaf collimation system used in the dynamic mode for implementing intensity modulated radiotherapy", *Medical Physics*, Vol. 25, No. 10, pp. 1919-1927, 1998. <https://doi.org/10.1118/1.598381>
- [2] G. A. Ezzell, J. M. Galvin, D. Low, J. R. Palta, I. Rosen, M. B. Sharpe, P. Xia, Y. Xiao, L. Xing, C. X. Yu, "Guidance document on delivery, treatment planning, and clinical implementation of IMRT: Report of the IMRT subcommittee of the AAPM radiation therapy committee", *Medical Physics*, Vol. 30, No. 8, pp. 2089-2115, 2003. <https://doi.org/10.1118/1.1591194>
- [3] E. Bakiu, E. Telhaj, E. Kozma, F. Ruci, P. Malkaj, "Comparison of 3D CRT and IMRT Treatment Plans", *Acta Information Medica*, Vol. 21, No. 3, pp. 211-212, 2013. <https://doi.org/10.54555%2Faim.2013.21.211-212>
- [4] D. Wolff, F. Stieler, G. Welzel, F. Lorenz, Y. A. Madyan, S. Mai, C. Herskind, M. Polednik, V. Steil, F. Wenz, F. Lohr, "Volumetric modulated arc therapy vs. serial tomotherapy, step-and-shoot IMRT and 3D-conformal RT for treatment of prostate cancer", *Radiation Oncology*, Vol. 93, No. 2, pp. 226-233, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2009.08.011>
- [5] J. A. Tanyi, C. M. Kato, Y. Chen, Z. Chen, M. Fuss, "Impact of the high-definition multileaf collimator on linear accelerator-based intracranial stereotactic radiosurgery", *The British Journal of Radiology*, Vol. 84, No. 1003, pp. 629-638, 2011. <https://doi.org/10.1259/bjr/19726857>
- [6] J. A. Tanyi, P. A. Summers, C. L. McCracken, Y. Chen, L. C. Ku, M. Fuss, "Implications of a high-definition multileaf collimator on treatment planning techniques for stereotactic body radiation therapy: a planning study", *Radiation Oncology*, Vol. 4, No. 22, pp. 1-7, 2009. <https://doi.org/10.1186/1748-717x-4-22>
- [7] A. Dhabaan, E. Elder, E. Schreibmann, I. Crocker, W. J. Curran, N. M. Oyesiku, H. K. Shu, T. Fox, "Dosimetric performance of the new high-definition multileaf collimator for intracranial stereotactic radiosurgery", *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, Vol. 11, No. 3, pp. 197-211, 2010. <https://doi.org/10.1120/jacmp.v11i3.3040>
- [8] K. N. Kielar, E. Mok, A. Hsu, L. Wang, G. Luxton, "Verification of dosimetric accuracy on the TrueBeam STx: Rounded leaf effect of the high definition MLC", *Medical Physics*, Vol. 39, No. 10, pp. 6360-6371, 2012. <https://doi.org/10.1118/1.4752444>
- [9] C. Y. Lin, A. C. Shiau, J. H. Ji, C. J. Lee, T. H. Wang, S. H. Hsu, J. A. Liang, "A simple method for determining dosimetric leaf gap with cross-field dose width for rounded leaf-end multileaf collimator systems", *Radiation Oncology*, Vol. 13, No. 222, pp. 1-7, 2018. <http://doi.org/10.1186/s13014-018-1164-1>
- [10] I. Chauvet, A. Petitfils, C. Lehobey, J. Y. Kristner, Y. Brunet, R. Lembrez, G. Gaboriaud, A. Mazal, S. Zefkili, J. C. Rosenwald, "The sliding slit test for dynamic IMRT: a useful tool for adjustment of MLC related parameters", *Physics in Medicine & Biology*, Vol. 50, No. 4, pp. 563-580, 2005. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/50/4/001>
- [11] K. H. Chang, Y. Ji, J. Kwak, S. W. Kim, C. Jeong, B. Cho, J. Park, S. M. Yoon, S. D. Ahn, S. Lee, "Clinical implications of high definition multileaf collimator dosimetric leaf gap variations", *Progress in Medical Physics*, Vol. 27, No. 3, pp. 111-116, 2016. <https://doi.org/10.14316/pmp.2016.27.3.111>
- [12] J. Kim, J. S. Han, A. T. Hsia, S. Li, Z. Xu, S. Ryu, "Relationship between dosimetric leaf gap and dose calculation errors for high definition multi-leaf collimators in radiotherapy", *Physics and Imaging in Radiation Oncology*, Vol. 5, pp. 31-36, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.phro.2018.01.003>
- [13] W. Yao, J. B. Farr, "Determining the optimal dosimetric leaf gap setting for rounded leaf-end multileaf collimator systems by simple test fields", *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, Vol. 16, No. 4, pp. 65-77, 2015. <http://doi.org/10.1120/jacmp.v16i4.5321>
- [14] J. Mullins, F. DeBlois, A. Syme, "Experimental characterization of the dosimetric leaf gap", *Biomedical Physics & Engineering Express*, Vol. 2, No. 6, pp. 65013, 2016. <http://doi.org/10.1088/2057-1976/aa51e4>
- [15] Y. Xia, J. Adamson, Y. Zlateva, W. Giles,

"Application of TG-218 action limits to SRS and SBRT pre-treatment patient specific QA", *Journal of Radiosurgery and SBRT*, Vol. 7, No. 2, pp. 135-147, 2020.

- [16] S. S. Lee, S. H. Choi, C. K. Min, W. C. Kim, Y. H. Ji, S. Park, H. Jung, M. S. Kim, H. J. Yoo, K. B. Kim, "Assessment for the utility of treatment plan QA system according to dosimetric leaf gap in multileaf collimator", *Progress in Medical Physics*, Vol. 26, No. 3, pp. 168-177, 2015.  
<https://doi.org/10.14316/pmp.2015.26.3.168>
- [17] A. Raj, D. Khanna, V. T. Hridya, S. Padmanabhan, P. Mohandass, "Evaluation of Dosimetric Effect of Millennium and High Definition Multi Leaf Collimator Using 6 MV Photon Beams", *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, Vol. 22, No. 12, pp. 3883-3888, 2021.  
<https://doi.org/10.31557/apjcp.2021.22.12.3883>

## 검출기 측정 용적에 따른 Dosimetric Leaf Gap 변화와 정확성 검증에 대한 연구

김대현\*

울산대학교병원 방사선종양학과

### 요 약

DLG (Dosimetric Leaf Gap)와 투과계수는 방사선치료계획 시스템에서 MLC 모델링의 중요 매개변수이다. 본 연구에서는 측정 용적이 다른 검출기를 이용하여 HD-MLC의 DLG와 투과계수를 측정하였고, DLG의 최적화를 통해 방사선 치료계획의 정확성을 평가하였다. 용적이 작은 Semiflux3D, MicroDiamond 검출기로 Dynamic Sweeping Gap 방법을 통해 DLG를 측정하였다. 측정된 DLG 값을 최적화할 수 있도록 10개의 방사선 치료계획을 생성하고 QA결과와 비교하였다. 6, 8, 10 MV에서 Semiflux3D로 측정한 DLG는 0.76, 0.83, 0.85 mm 였고, MicroDiamond로 측정한 DLG는 0.78, 0.86, 0.9 mm 였다. 방사선치료계획 시스템에서 검출기로 측정한 DLG와 최적화된 DLG 값으로 생성한 10개의 치료계획을 Postal dosimetry로 QA하여 감마분석 하였다. 6 MV 광자선의 감마분석결과 2 mm/2% 기준에서 DLG 0.78 mm는 평균 94.3%였고, DLG 1.15 mm는 평균 98.4%였다. 10 MV 광자선에서도 DLG 0.9 mm는 평균 91.2%, DLG 1.25 mm는 97.6%였다. HD-MLC의 사용은 방사선치료계획 시스템에 정확한 모델링이 완성되어야 한다. DLG 값을 검출기로 측정하여 임상에 사용할 수 있지만, DLG 값의 최적화가 이루어진다면 환자에게 더 유용한 방사선 치료를 전달할 수 있을 것이다.

중심단어: 도시메트릭립갭, HD-다엽콜리메이터, 마이크로다이아몬드검출기

### 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	김대현	울산대학교병원 방사선종양학과	임상조교수