

# Halcyon™ 선형가속기 6MV-FFF 에너지의 표재 선량에 대한 고찰: Phantom Study

서울아산병원 방사선종양학과

최성훈·엄기천·유순미·박제완·송흥권·윤인하

**목 적:** 본 연구는 Halcyon™과 TrueBeam™에서 사용하는 6MV-FFF(Flattening Filter Free) 에너지를 이용하여 전산화치료계획시스템(Treatment Planning System, TPS)에서 계산된 선량과 광자극형광선량계(Optically Stimulated Luminescence Dosimeter, OSLD)로 측정된 표재 선량(Superficial dose)을 비교하고자 한다.

**재료 및 방법:** 팬텀연구를 위해 인체모형 팬텀(Human Phantom)의 CT 영상을 이용하여 치료계획시스템에서 성문암(Glottic cancer)과 유사한 치료계획용적(Planning Target Volume, PTV)과 두경부위의 등 중심점(Iso-center) 위치에 측정을 위한 Point(M), Point(R), Point(L)의 구조물을 설정하고 체표윤곽(Body contour)에 5mm Bolus를 적용하였다. 그 후 전산화치료계획은 Halcyon™과 TrueBeam™의 6MV-FFF 에너지를 이용하여 정적(Static) 세기변조방사선치료(Intensity Modulated Radiation Therapy, IMRT)와 용적변조회전치료(Volumetric Modulated Arc Therapy, VMAT)계획을 각각 수립하였다. 전산화치료계획과 동일하게 재현하기 위해 OSLD를 등 중심점에 위치시키고 5mm Bolus를 적용하여 선량 전달 후 오차율을 비교하였다.

**결 과:** 인체모형 팬텀을 사용한 실험 결과 Halcyon™의 전산화치료계획시스템에서의 점 선량과 OSLD를 이용한 선량 측정의 오차율의 절댓값의 평균은 VMAT, IMRT 각각  $1.7\pm 1.2\%$ ,  $4.0\pm 2.8\%$ 로 확인되었으며, TrueBeam™의 오차율의 절댓값의 평균은 VMAT, IMRT 각각  $2.4\pm 0.4\%$ ,  $8.6\pm 1.8\%$ 로 확인되었다.

**결 론:** 실험결과 Halcyon™을 기준으로 TrueBeam™에서 VMAT과 IMRT 각각 2.4배, 3.6배 더 큰 오차가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구의 결과를 토대로 표재 선량에 대한 정확한 선량평가가 이루어져야 하는 경우, TrueBeam™보다 Halcyon™에서 정확한 선량 평가가 이루어질 수 있을 것으로 사료된다.

▶ **핵심용어:** 표재 선량, Halcyon™, TrueBeam™, 광자극형광선량계, 전산화치료계획시스템

## 서 론

최근 전산화단층촬영(Computed Tomography, CT), 자기공명영상(Magnetic Resonance Image, MRI), 초음파 등 진단영상장비의 발전으로 종양의 진단 및 치료

가 정확해졌다. 중앙암등록본부의 2017년 국가암등록통계에 따르면 5년간 암 생존율은 70.4%에 도달하였고, 10년간 암 생존율이 16.7% 향상되었다.<sup>(1)</sup> 이러한 암 생존율의 향상은 수술과 항암요법 등의 발전과 더불어 방사선치료의 발전으로 가능하게 되었다. 특히, 방사선치료의 발전은 표적의 여지(Margin)를 줄이게 되어 정상조직과 장기에 는 최소한의 선량을 전달함으로써 보다 정확한 방사선량을 전달할 수 있게 되었다. 방사선치료 전 내부 종양의 영상을 획득하고 치료계획을 위해 획득한 영상과의 오차를

책임저자: 최성훈, 서울아산병원 방사선종양학과  
서울특별시 송파구 올림픽로 43길 88  
Tel: 02)3010-4415  
E-mail: dirnrhd11@naver.com

보정하여 치료하는 영상유도방사선치료(Image Guided Radiation Therapy, IGRT)를 기반으로 자세잡이 여지(Set-up Margin, SM)를 줄일 수 있게 되었으며, 일정 주기 또는 위상에서 방사선을 조사하는 호흡동조방사선치료(Respiratory Gated Radiation Therapy, RGRT)를 기반으로 내부여지(Internal Margin, IM)를 줄일 수 있게 되었다. 또한, 세기변조방사선치료(Intensity Modulated Radiation Therapy, IMRT)와 용적변조회전치료(Volumetric Modulated Arc Therapy, VMAT)는 다엽콜리메이터(Multi Leaf Collimator, MLC)를 이용하여 종양 모양과 조금 더 가까운 선량분포를 만들 수 있게 되었다.

Halcyon™ 선형가속기의 다엽콜리메이터는 1.0cm 폭으로 이중으로 포개져 쌓여있는 형태로 방사선의 누설(Leakage) 및 투과(Transmission)가 적어 세기변조방사선치료와 회전세기변조방사선치료에 최적화된 방사선치료 장비이다. 특히, O-ring 형태의 선형가속기로 보어(Bore) 안에 갠트리가 위치하고 충돌 위험이 없어 갠트리의 회전속도를 4RPM(Rotation Per Minute)까지 증가시킬 수 있게 되었다. 또한, 다엽콜리메이터는 5cm/s의 속도로 기존의 선형가속기보다 빠르게 선량 전달이 가능하여 치료 중 오차(Intra-Fraction Error)를 최소화할 수 있는 장점이 있다.<sup>(2,3)</sup> 더불어, 평탄화여과기(Flattening Filter, FF)를 사용하지 않는 무평탄화여과기(Flattening Filter Free, FFF)로 800MU/s의 고 선량률을 사용하므로 치료시간을 더욱 감소시킬 수 있으며, 조사 외 선량(Out of field)을 낮출 수 있다.<sup>(4,5)</sup>

또한 평탄화된 고에너지를 사용할 경우 피부에 축적되는 선량이 상당히 낮을 수 있지만,<sup>(6)</sup> 평탄화여과기를 사용하지 않는 Halcyon™의 경우에는 선속 경화현상이 작고 전자오염 또한 증가하여 표면에 전달되는 선량이 높다는 특징을 가지고 있다.<sup>(7)</sup> 이러한 특징을 이용해 변형 근치 유방 절제술(Modified Radical Mastectomy, MRM) 환자의 방사선치료 시 Bolus와 같은 조직 등가 보상체를 사용하지 않고도 표면에 충분한 선량을 전달할 수 있다는 연구가 진행되었다.<sup>(8)</sup> 이처럼 Halcyon™의 경우에는 표면에 충분한 선량전달이 가능하지만, 치료계획시스템(Treatment Planning System, TPS)에서 선량계산 시 빌드업 구간(Build-up region)의 정확도는 ±15%인 것으로 알려져 있기 때문

에 치료계획시스템에서 계산된 선량과 실제 측정시의 표재 선량(Superficial dose)에 대한 차이를 알아보고자 한다.<sup>(9)</sup>

이에 본 연구에서는 방사선치료 시 빌드업 구간에서의 오차로 인해 방사선 피부화상(Skin burn) 등의 부작용을 초래할 수 있는 두경부위에 대해 인체모형 팬텀(Human Phantom)과 광자극형광선량계(Optically Stimulated Luminescence Dosimeter, OSLD)를 이용하여 Halcyon™과 TrueBeam™의 6MV-FFF의 에너지의 빌드업 구간 즉, 표재 선량에 대한 특성을 고찰하고자 한다.

## 재료 및 방법

- CT simulator (Lightspeed RT16 CT, General Electric Co, USA)
- Eclipse (Treatment planning System, Varian, Palo Alto, version 15.6, USA)
- Human Phantom (Anderson Research Laboratories Inc., RANDO phantom, USA)
- Optically Stimulated Luminescence Dosimeter (OSLD, InLight system, Landauer, USA)
- Halcyon™ (Varian Medical System, Palo Alto, CA, Version 3.0 USA)
- TrueBeam™ (Varian Medical System, Version 2.7, Palo Alto, CA, USA)
- InLight MicroStar reader (Landauer, Inc., Glenwood, IL, USA)

### 1. 인체모형 팬텀의 전산화 단층촬영

본 실험을 위해 본원에 설치된 입체모의치료기(CT simulator)를 이용하여 인체모형 팬텀을 전산화단층촬영을 하였다. 조건은 관전압 120kVp, 관전류 250mA, 슬라이스 두께 2.5mm, 0.56 Pitch, Helical scan type, rotation time 0.5sec로 하였고, 인체모형 팬텀의 두경부 스캔 범위는 머리끝에서부터 기관분기부(Carina)까지 포함될 수 있도록 스캔하였다(Fig. 1).



Fig. 1. CT scan for Human Phantom

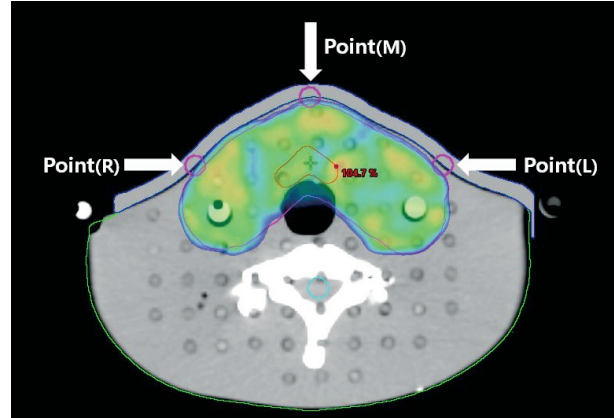


Fig. 2. Measurement Point in Treatment Planning System



Fig. 3. LINAC for Study (A. Halcyon™, B. TrueBeam™)

## 2. 전산화 치료계획 수립

### 1) 인체모형 팬텀의 구조물 설정 및 처방

전산화단층촬영을 이용하여 획득된 인체모형 팬텀의 CT 영상에 체표 윤곽(Body contour), 척수, 이하선, 뇌, 렌즈 등 두경부위의 손상위험장기(Organ At Risk, OAR)를 설정하였고, 성문암(Glottic cancer)과 유사한 종양 체적용적(Gross Tumor Volume, GTV)과 임상표적체적(Clinical Target Volume, CTV)을 설정한 후 5mm margin을 두고 치료계획용적(Planning Target Volume, PTV)을 설정하였다. 또한, OSLD를 이용한 측정을 위해

등 중심점(Iso-center) 위치에 측정 지점에 대한 구조물 Point(M), Point(R), Point(L)을 설정하고, 5mm 지점의 빌드업 구간에 OSLD를 위치하고자 Body contour 위에 5mm Bolus를 적용하였다(Fig. 2).<sup>(10)</sup> 처방선량은 PTV 용적에 1회 200cGy가 전달되도록 설정하였다.

### 2) TrueBeam™과 Halcyon™의 치료계획 수립

10mm 폭의 상부 58개 하부 56개가 5mm 폭으로 이 중으로 포개져 총 114개의 MLC를 가진 O-ring 형태의 Halcyon™과 중심부에 2.5mm 폭의 32쌍과 바깥쪽 5mm 폭의 28쌍으로 총 120개의 단일 MLC를 가진 C-

arm 형태의 TrueBeam™을 이용하여 치료계획을 수립하였다(Fig. 3). 선량률(Dose rate)의 변화에 따른 OSLD의 측정값의 오차는 미비하지만, 변수를 최소화하기 위해 두 장비 모두 6MV-FFF, Dose rate 800 MU/s로 동일하게 적용하였다.<sup>(11)</sup> Eclipse Treatment Planning System의 Photon Optimization(PO) Algorithm을 이용하여 7개의 field를 적용한 정적(Static) 세기변조방사선치료(Intensity Modulated Radiation Therapy, IMRT)계획과 2개 방향의 Arc(179°~181°의 시계방향과 반시계방향)를 적용한 용적변조회전치료(Volumetric Modulated Arc Therapy, VMAT)계획을 수립하였다.

### 3) 선량계산

선량계산을 위한 조건으로 2.5 mm의 grid size와 Anisotropic Analytical Algorithm(AAA)을 이용하였으며, 각 방사선치료 장비의 변수를 최소화하기 위해 동일한 제한(Constrain)을 적용하여 선량 최적화(Dose optimization)를 하였다.

## 3. OSLD를 이용한 선량 측정

### 1) OSLD

표재 선량의 측정을 위해 사용된 OSLD는 지름 7mm, 두께 0.2mm의 크기로 방사선에 민감한 AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C 물질로 구성되어 있으며, 가로 10mm, 세로 10mm, 두께 2mm인 디스크에 동봉되어 있다(Fig. 4). OSLD는 방사선 측정기 중 비교적 작은 크기로 조사면이 작은 정위체부방사선치료

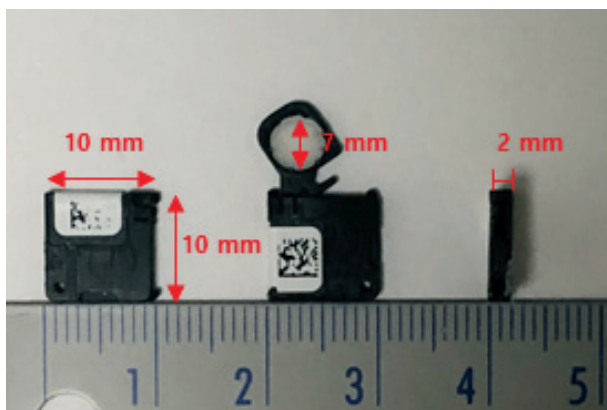


Fig. 4. nanoDot OSLD

(Stereotactic Body Radiation Therapy, SBRT)나 세기변조방사선치료의 선량측정이 용이한 장점이 있다.<sup>(12,13)</sup> 하지만, OSLD의 정확도는  $\pm 5\%$  이내라고 알려져 있으며, 본 연구에서는 측정 편차를 최소화하기 위해 OSLD 판독기를 사용하여 교정(Calibration) 1회당 5회의 판독(Reading)을 하였고(Fig. 5), 총 3회 교정을 통해 획득한 교정 상수(Calibration Factor)를 사용하였다. 교정 시 획득한 선량과 치료계획시스템 상에서의 선량을 비교하였을 때 측정에 사용된 OSLD의 오차율의 범위는 1.8% 이내로 확인되었다.<sup>(14)</sup>



Fig. 5. OSLD Reader

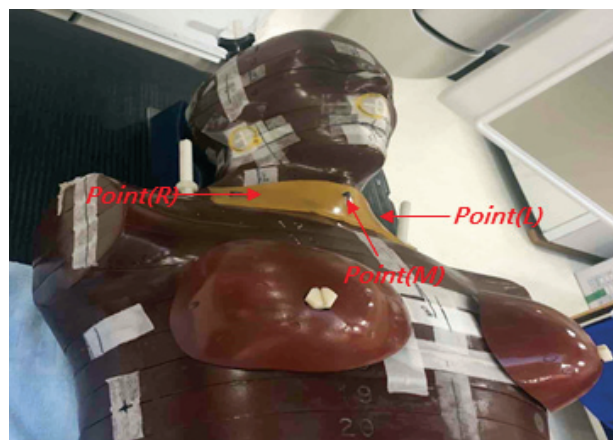


Fig. 6. 5mm Bolus Apply on Human Phantom

## 2) 선량 측정

치료계획시스템에서 설정한 구조물 Point(M), Point(R), Point(L)의 위치(등 중심점 위치)에 OSLD를 위치시킨 후 5mm Bolus를 밀착하여 선량전달 후 관독하였다(Fig. 6). Point(M), Point(R), Point(L) 위치의 점 선량(Point Dose)과 OSLD의 측정값의 오차율을 확인하였다[식 1]. 또한, OSLD의 측정 오차를 줄이기 위해 총 5회 반복 측정하였고 오차율이 가장 큰 값과 작은 값은 제외하였다.

$$\text{DIFF}(\%) = \frac{D_{\text{actual}} - D_{\text{TPS}}}{D_{\text{actual}}} \times 100 \text{ ---- [식 1]}$$

DIFF(%): 실제 측정된 값을 기준으로 TPS에서와의 차이, Difference(%)

$D_{\text{actual}}$ : OSLD를 이용하여 측정된 선량 값

$D_{\text{TPS}}$ : TPS에서 Point(M), Point(R), Point(L) 위치의 점 선량 값

## 결 과

### 1. 전산화치료계획시스템에서의 점 선량

TPS상에서 Halcyon™의 point(M), point(R), point(L) 지점의 점 선량은 VMAT에서 각각 177.7cGy, 179.6cGy, 161.2cGy이며, IMRT에서 각각 178.3cGy, 174.3cGy, 166.5cGy로 확인되었다.

TPS상에서 TrueBeam™의 point(M), point(R), point(L) 지점의 점 선량은 VMAT에서 각각 174.8cGy, 175.5cGy, 146.7cGy이며, IMRT에서 각각 182.6cGy, 185.9cGy, 171cGy로 확인되었다.

### 2. OSLD를 이용한 선량 측정

Halcyon™의 point(M), point(R), point(L) 지점의 측정 선량은 VMAT에서 각각  $179.6 \pm 2.0$  cGy,  $181.0 \pm 3.6$  cGy,  $155.9 \pm 3.1$  cGy이며, IMRT에서 각각  $174.2 \pm 1.1$  cGy,  $179.5 \pm 2.5$  cGy,  $169.7 \pm 1.6$  cGy로 확인되었다.

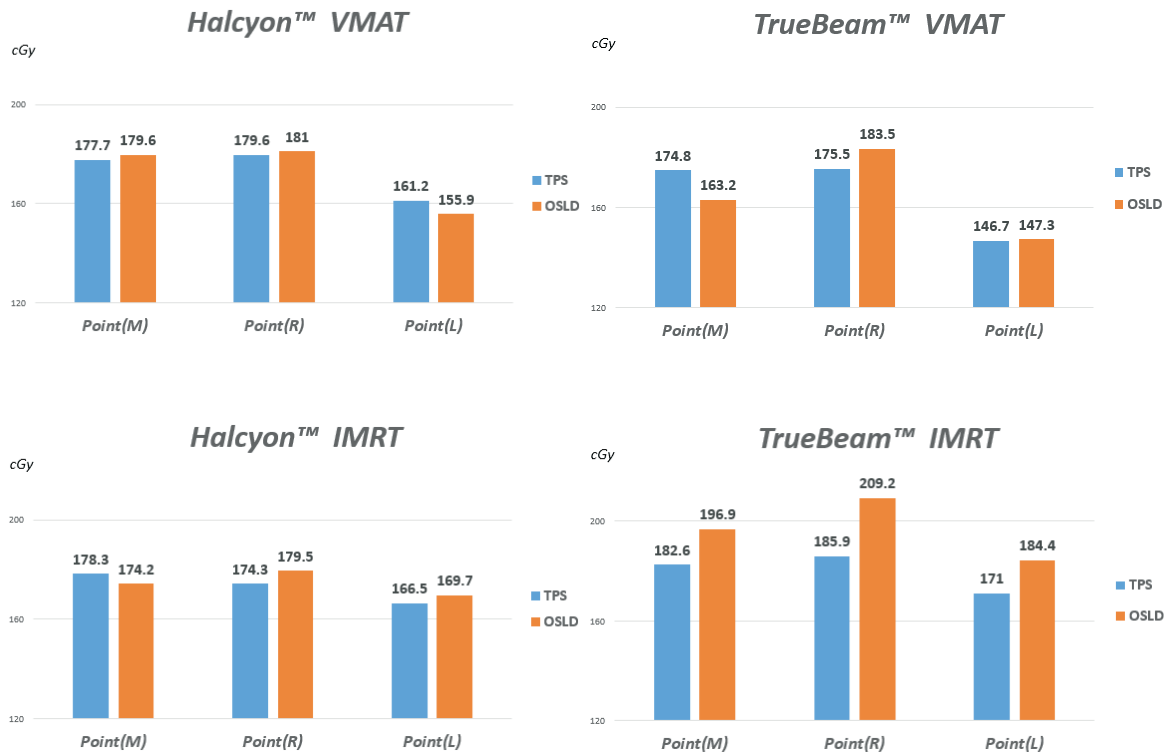


Fig. 7. Comparison of Measurement and TPS Superficial Dose in Halcyon™ and TrueBeam™

(A. Halcyon™ VMAT Comparison of TPS and OSLD Average Dose, B. TrueBeam™ VMAT Comparison of TPS and OSLD Average Dose, C. Halcyon™ IMRT Comparison of TPS and OSLD Average Dose, D. TrueBeam™ IMRT Comparison of TPS and OSLD Average Dose)

**Table 1.** VMAT superficial dose comparison of TPS and OSLD measurement

Machine	Technique	Point	Measurement			TPS <sup>†</sup>	Difference				
			OSLD* (cGy)	Average (cGy)	SD <sup>†</sup>	Point dose (cGy)	cGy	%			
Halcyon™	VMAT <sup>§</sup>	Point(M)	178.1	179.6	2.0	177.7	1.9	1.1			
			178.4								
			182.4								
		Point(R)	181.7	181.0	3.6						
			176.2								
			185								
		Point(L)	158.9	155.9	3.1				161.2	-5.3	-3.4
			157.2								
			151.7								
TrueBeam™	VMAT <sup>§</sup>	Point(M)	167.5	163.2	3.2	174.8	-11.6	-7.1			
			161.9								
			160.1								
		Point(R)	182.9	183.5	0.7						
			183.2								
			184.5								
		Point(L)	149.3	147.3	5.3				146.7	0.6	0.4
			152.5								
			140.1								

\*Optically Stimulated Luminescence Dosimeter(OSLD), †Standard Deviation(SD), ‡Treatment Planning System(TPS), § Volumetric Modulated Arc Therapy(VMAT)

**Table 2.** IMRT superficial dose comparison of TPS and OSLD measurement

Machine	Technique	Point	Measurement			TPS <sup>†</sup>	Difference				
			OSLD* (cGy)	Average (cGy)	SD <sup>†</sup>	Point dose (cGy)	cGy	%			
Halcyon™	IMRT <sup>§</sup>	Point(M)	175.5	174.2	1.1	178.3	-4.1	-2.3			
			174.3								
			172.9								
		Point(R)	176.3	179.5	2.5						
			179.9								
			182.4								
		Point(L)	167.6	169.7	1.6				166.5	3.2	1.9
			170.2								
			171.4								
TrueBeam™	IMRT <sup>§</sup>	Point(M)	192.7	196.9	3.2	182.6	14.3	7.2			
			197.3								
			200.6								
		Point(R)	205.0	209.2	3.0						
			211.2								
			211.4								
		Point(L)	183.2	184.4	1.1				171.0	13.4	7.3
			184.2								
			185.8								

\*Optically Stimulated Luminescence Dosimeter(OSLD), †Standard Deviation(SD), ‡Treatment Planning System(TPS), § Intensity Modulated Radiation Therapy(IMRT)

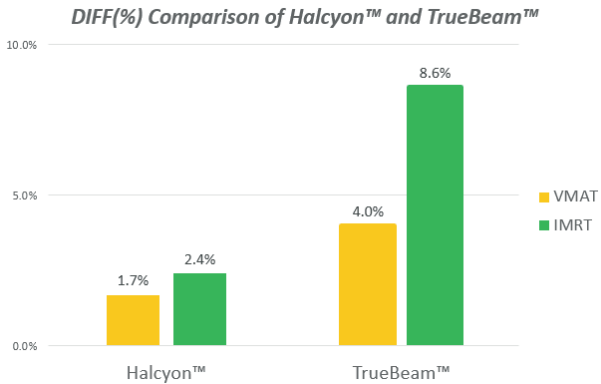


Fig. 8. Comparison of Measurement and TPS Calculation Difference Mean Absolute Error rates in Each Machine

TrueBeam™의 point(M), point(R), point(L) 지점의 측정 선량은 VMAT에서 각각 163.2±3.2cGy, 183.5±0.7cGy, 147.3±5.3cGy이며, IMRT에서 각각 196.9±3.2cGy, 209.2±3.0cGy, 184.4±1.1cGy로 확인되었다(Fig. 7).

### 3. DIFF(%)

Halcyon™의 VMAT에서 DIFF(%)는 1.1%, 0.8%, -3.4%로 절댓값의 평균은 1.7±1.2%로 확인되었으며, TrueBeam™의 VMAT에서 DIFF(%)는 -7.1%, 4.4%, 0.4%로 절댓값의 평균은 4.0±2.8%로 확인되었다. Halcyon™의 IMRT에서 DIFF(%)는 -2.3%, 2.4%, 1.9%로 절댓값의 평균은 2.4±0.4%로 확인되었으며, TrueBeam™의 VMAT에서 DIFF(%)는 7.2%, 11.1%, 7.3%로 절댓값의 평균은 8.6±1.8%로 확인되었다(Table 1, 2, Fig. 8).

## 고찰 및 결론

본 연구에서 O-ring 형태의 Halcyon™과 C-arm 형태의 TrueBeam™의 Jaw tracking, MLC의 형태, Bore의 형태 등 장비 자체의 기계적 변수는 조절할 수 없었으나, 3회의 OSLD 교정, 5회의 측정을 통해 측정값의 최대값과 최소값을 제외하는 등의 통계적 변수를 최소화하고자 하였다.

전산화치료계획시스템의 점 선량과 OSLD를 이용한 선

량 측정을 비교한 결과 Halcyon™의 VMAT과 IMRT에서 평균 DIFF(%)는 각각 1.7±1.2%, 2.4±0.4%였으며, TrueBeam™의 VMAT과 IMRT에서는 평균 DIFF(%)가 각각 4.0±2.8%, 8.6±1.8%로 확인되었다. Halcyon™을 기준으로 TrueBeam™에서 VMAT과 IMRT 각각 2.4배, 3.6배 더 큰 오차가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 표재 선량의 측정 오차는 MLC 투과율, 일차선, 치료기 Head부의 산란, 필드사이즈를 포함한 여러 원인들이 복합적으로 작용해 직접적인 영향을 미친다.<sup>(15)</sup> 특히 기하학적 구조 특성으로 인해 조절할 수 없는 변수 중 비교적 큰 영향을 미치는 MLC의 경우 Halcyon™은 상부, 하부로 MLC가 이중으로 겹쳐져 있기 때문에 MLC의 투과율은 0.7%, 엽 사이 간 누설(Interleaf Leakage)은 0.01%이며, TrueBeam™은 단일 MLC형태로 MLC의 투과율은 1.5%, 엽 사이 간 누설은 0.9%로 알려져 있다. 그렇기 때문에 단일 MLC를 사용하는 TrueBeam™은 MLC 투과율과 누설이 더욱 크며, 이러한 요소들은 전자 오염의 발생 확률에 영향을 미침으로써 치료계획상에서 표재 선량을 계산하는데 어려움을 겪는 주요 요인들이 된다.<sup>(16)</sup>

본 연구의 결과를 토대로 표재 선량에 대한 정확한 선량 평가가 필요한 경우, TrueBeam™보다 Halcyon™에서 정확한 표재 선량 평가가 이루어질 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 두경부암 환자의 방사선치료계획 평가 시 표재 선량에 대한 평가 자료로써 임상적으로 기여할 수 있을 것으로 사료되며, 향후 유방암, 직장암 등 방사선치료 시 피부나 표재 장기에 영향이 큰 사례(Case)를 선별하여 추가적인 연구가 이루어진다면, 방사선치료계획 평가 시 유의한 정보를 제공해 줄 것이다.

## 참고문헌

1. Korea central cancer Registry, National cancer center. Annual report of cancer statistics in korea in 2017, Ministry of Health and welfare (2020).
2. Steven Michiels, Kenneth Poels, Wouter Crijns et al.: Volumetric modulated arc therapy of head-and-neck cancer on a fast-rotating O-ring linac: plan

- quality and delivery time comparison with a C-arm linac. *Radiotherapy and Oncology*. Vol 128(3) 2018:479-484
3. H.Kim, M.S.Huq, C.J. Houser et al: Early clinical experience with varian halcyon V2 linear accelerator: Dual-isocenter IMRT planning and delivery with portal dosimetry for gynecological cancer treatments. *Int J Radiation Oncol Biol Physics*, Vol 125(1) 2019:E705
  4. Michele M, Kim, Douglas Bollinger, Chris Kennedy et al: Dosimetric Characterization of the Dual Layer MLC system for an O-Ring Linear Accelerator. *Technology in Cancer Research & Treatment*. Vol 18 2019:1-7
  5. Mikoto Tamura, Kenji Matsumoto, Masakazu Otsuka et al: Plan complexity quantification of dual-layer multi-leaf collimator for volumetric modulated arc therapy with Halcyon linac. *Phys Eng Sci Med*. Vol 43(3) 2020:947-957
  6. Molham M, Eyadeh, Marcin Wierzbicki, Kevin R, Diamond: Measurements of superficial dose distributions in radiation therapy using translucent cryogel dosimeters. *J. Appl. Clin. Med. Phys.*, Vol 18(3) 2017:153-162
  7. Cashmore J.: The characterization of unflattened photon beams from a 6MV linear accelerator. *Phys. Med. Biol*. Vol 53(7) 2008:1933-1946
  8. Fionnbarr O'Grady, Andrew R Barsky, Shibu Anamalyil.: Increase in Superficial Dose in Whole-Breast Irradiation With Halcyon Straight-Through Linac Compared With Traditional C-arm Linac With Flattening Filter: In vivo Dosimetry and planning Study. *Advances in Radiation Oncology*. Vol 5(1) 2020:120-126
  9. An-Cheng Shiau M,S, Tung-Ho Chen M,S, Jeng-Fong Chiou M,D,: Surface and superficial dose dosimetric verification for postmastectomy radiotherapy. *Medical Dosimetry*. Vol 37(4) 2012:417-424
  10. S Mutic, D A Low: Superficial doses from serial tomotherapy delivery. *Med Phys*. Vol 27(1) 2000:163-165
  11. Tien C.J., R.Ebeling, Hiatt J.R., Curran B et al: Optically Stimulated Luminescent Dosimetry for High Dose Rate Brachytherapy. *frontiers in Oncology*. Vol 9(2) 2012:1-7
  12. Audrey H Zhuang, Arthur J Olch: Validation of OSLD and a treatment planning system for surface dose determination in IMRT treatments. *Med Phys*. Vol 41(8) 2014: 081720-1-081720-8
  13. Zhenia Gopalakrishnanm, Raghuram K, Nair, Saju Bhasi et al: Verification of treatment planning algorithms using optically stimulated luminescent dosimeters in a breast phantom. *J med Phys*. Vol 43(4) 2018:264-269
  14. Su Chul Han, Kum Bae Kim, Sang Hyoun Choi et al: Changes of Optically Stimulated Luminescence Dosimeter Sensitivity with High Dose. Vol 27(2) 2016:98
  15. Ugur AKBAS, Nazmiye DONMEZ KESEN, Canan KOKSAL et al: Investigation of Surface Dose Using Film Dosimetry and Commercial Treatment Planning System for Larynx Cancer Treatment with Intensity-Modulated Radiotherapy and Volumetric Modulated Arc Therapy. *Turk J Oncol*. Vol 33(1) 2018:12-17
  16. Taoran Li, Alexander Lin, Wei Zou et al: Impact of Multi-leaf Collimator Parameters on Head and Neck Plan Quality and Delivery: A Comparison between Halcyon™ and Truebeam™ Delivery Systems. *Cureus*. Vol 10(11) 2018:3648



# A Study on Superficial Dose of 6MV-FFF in Halcyon™ LINAC: Phantom Study

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

**Choi Seong Hoon, Um Ki Cheon, Yoo Soon Mi, Park Je Wan, Song Heung Kwon, Yoon In Ha**

**Purpose:** The aims of this study were to compare the superficial dose with Optically Stimulated Luminescence Dosimeter(OSLD) measurement and Treatment Planning System(TPS) calculation for 6MV-Flattening Filter Free(FFF) energy using Halcyon™ and TrueBeam™.

**Materials and methods:** Phantom study was performed using the CT images of human phantom. In the treatment planning system, the Planning Target Volume(PTV) was contoured which is similar to Glottic cancer. Furthermore, Point(M), Point(R), and Point(L) were contoured at the iso-center of head and neck region and 5mm bolus was applied to the body contour. Each treatment plans using 6MV-FFF energy from Halcyon™ and TrueBeam™ with static Intensity Modulated Radiation Therapy(IMRT) and Volumetric Modulated Arc Therapy(VMAT) were established with eclipse. To reproduce the same position as the TPS, OSLDs were placed at the iso-center point and 5mm bolus was applied to compare the error rate after the dose delivery.

**Result:** The results of the study using human phantom are as follows. In case of Halcyon™, the mean absolute error rates of the point dose using the treatment planning system and the dose measured by OSLD were  $1.7\% \pm 1.2\%$  for VMAT and  $4.0 \pm 2.8\%$  for IMRT. Also TrueBeam™ was identified as  $2.4 \pm 0.4\%$  and  $8.6 \pm 1.8\%$  respectively for VMAT and IMRT.

**Conclusion:** Through the results of this study, TrueBeam™ confirmed that the average error rate was 2.4 times higher for VMAT and 3.6 times higher for IMRT than Halcyon™. Therefore, based on the results of this study, If we need a more accurate dose assessment for the superficial dose, It is expected that using Halcyon™ would be better than TrueBeam™.

► **Key words:** Superficial dose, Halcyon™, TrueBeam™, OSLD, TPS