

# 치료계획 시스템을 이용한 Varian Standard Couch 모델링의 유용성 평가

삼성서울병원 방사선종양학과

양용모, 송용민, 김진만, 최지민, 최병기

**목 적 :** 방사선 치료 시 Carbon Fiber Couch에 의한 감약이 일어난다. 본 연구에서는 치료계획 시스템(Treatment Planning System: TPS)을 이용해 Varian사의 Varian Standard Couch(VSC)를 모델링 하여 유용성을 평가하고자 한다.

**대상 및 방법 :** 선형가속기(Clinac IX, VARIAN, USA)의 CBCT(Cone Beam Computed Tomography)를 이용하여 VSC의3가지 조건Side Rail Out Grid(SROG), Side Rail InGrid(SRIG), Side Rail In OutSpine Down Bar(SRIOS)로 스캔 한 후 TPS(Pinnacle9.8, Philips, USA)로 전송하여 Side Rail, Side Bar Upper, Side Bar Lower, Spine Down Bar를 Automatic Contouring하여 모델링 하였다. 전산화 단층촬영(Light Speed RT 16, GE, USA)으로 스캔 한 Cheese Phantom(Middelton, USA) 을 TPS로 전송하여 모델링 한 VSC를 적용하였다. 측정 점은 Cheese Phantom내의 Ion Chamber(A1SL, Standard imaging, USA)이며 Isocenter에 위치시켜 Energy(4, 10MV), Gantry Angle(5°간격으로 측정), Field Size(3X3cm<sup>2</sup>, 10X10cm<sup>2</sup>)에 변화를 주어 각 100MU의 동일한 조건에서 얻은 계산 값과 측정값을 비교하였으며 Side Bar Upper에 의한 감약을 비교하기 위해 SRIG조건에서 127°를 포함하였다.

**결 과 :** CBCT를 이용해 얻은 VSC의 Density를 TPS에서 확인한 결과 0.9g/cm<sup>3</sup> 였으며 Spine Down Bar의 경우 0.7g/cm<sup>3</sup>로 나타났다.Side Rail, Side Bar Upper, Side Bar Lower, Spine Down Bar에서 각 17.49%, 16.49%, 8.54%, 7.59%의 감약이 일어났으며모델링의 정확성을 평가 하기 위해 계산 값과 측정값을 비교한 결과 평균 1.13%의 오차가 보였으며 Spine Down Bar를 지나는 170°beam에서 1.98%로 가장 많은오차를 보였다.

**결 론 :** TPS이용해 모델링 한 VSC의 유용성을 평가하기 위해계산 값과 측정값을 비교한 결과 최대1.98%의 오차를 보였다. 방사선 치료계획 시 VSC를 모델링 하여 적용한다면선량에 대한 예측이 가능해 더욱 정확한 치료를 하는데 도움이 될 것으로 사료된다.

**핵심용어 :** Varian Standard Couch, Beam Attenuation, Model Based Segmentation

## 서 론

현대의 방사선 치료는Carbon FiberCouch(CFC)가 사용되고 있다. 이는 Carbon 재질이 Wood, Plate 등 다른 재질보다 기계적인 강도가 우수하고 밀도가 낮고 방사선 투과성이 좋아 에너지의 감약이 거의 없기 때문이다.<sup>1)</sup> Meara와 Langmack는 방사선 치료에서 통상적으로 쓰이는 Carbon, Copolyester, PMMA(polymethylmethacrylate)의 세가지 재질을 비교하였는데 Carbon 재질이 다른 두 종류의 재질보

다 우수한 방사선 투과율을 보였다고 보고하고 있으며 고 에너지 방사선 치료에서는 Carbon 재질을 사용하자고 제안하고 있다.<sup>2)</sup> 이러한 특성은 높은 선량을 암 조직에 정확하게 전달해야 하는 방사선 치료에 매우 이상적이라고 여러 논문에서 보고하고있다.<sup>3)</sup> 하지만 이러한 이상적인 치료를 가능하게 하기 위해서는 환자를 기하학적으로 움직임 없이 안전하게 지지해야 하는데, 이를 위해 CFC는 Side Rail, Side Bar,Spine Down Bar와 같은 지지대로 구성되어 있다.<sup>4,5)</sup> 지지대로 인해 방사선 치료 시 환자의 Set up에서는 안정성을 얻었지만 다른 부분에 비해 높은 밀도가 높아Posterior과 Posterior Oblique 방향에서 조사되는 방사선 에너지의 감약을 일으켰다.<sup>6)</sup> McCormack et al.의 연구에서는 여러 Gantry Angle에서의 CFC의 지지대로 인한 방사선 에너지

본논문은 2016년5월27일접수하여 2016년 6월 23일채택되었음.

책임저자 : 양용모, 삼성서울병원 방사선종양학과  
서울특별시 강남구 일원로81  
Tel : 02) 3410-2597  
E-mail : yymsdg@naver.com

의 감약에 대해 6MV의 방사선을 사용할 경우 보통의 조건에서는 2%가감약 되지만 지지대의 영향을 받는 Posterior Oblique방향에서 조사되는 방사선에 대해서는 최대 9%까지 감약된다고 보고하고 있다.<sup>7)</sup>

최근에는 Image Guided Radiation Therapy(IGRT)의 발전과 함께Stereotactic Body Radiation Therapy(SBRT), Intensity-Modulated Radiation Therapy (IMRT), Volumetric-Modulated Arc Therapy (VMAT)의 치료가 증가하고 있어 더 높은 정확성이요구되고 있다.<sup>8)</sup>

하지만 대부분의 치료계획 시스템(Treatment Planning System: TPS)을 통한 계획은 CFC를 고려하지 않고 세워지고있어 방사선 에너지의 감약을 피하기 위해 치료방사선사들은 Beam Pathways를 확인하고 있다. 이런 부정확성을 낮추고 치료시간을 줄이기 위해서는 이를 TPS상에서 확인할 수 있어야 한다.

이에 본 연구에서는 Varian Standard Couch(VSC)에 의한 감약을 Energy, Gantry Angle, Field Size에 변화를 주어 확인하고 TPS를 이용해 VSC를 모델링 하여 유용성을 평가하고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 실험재료

- 전산화 단층촬영(light speed RT 16, GE, USA)
- TPS(Pinnacle 9.8, Philips, USA)
- LINAC(Clinac IX, VARIAN, USA)
- Cheese phantom(Middelton, USA)
- Electrometer(PTW, Germany)
- Ion chamber(A1SL, Standard imaging, USA)
- 온도계(Lufft, Germany)
- 기압계(Lufft, Germany)

### 2. 계획방법

선형가속기의 CBCT(Cone Beam Computed Tomography)를 이용하여 VSC의 3가지 조건 Side Rail OutGrid(SROG), Side Rail In Grid(SRIG), Side Rail In OutSpine Down Bar(SRIOS)에서 2.5mm로 스캔 한 후 TPS

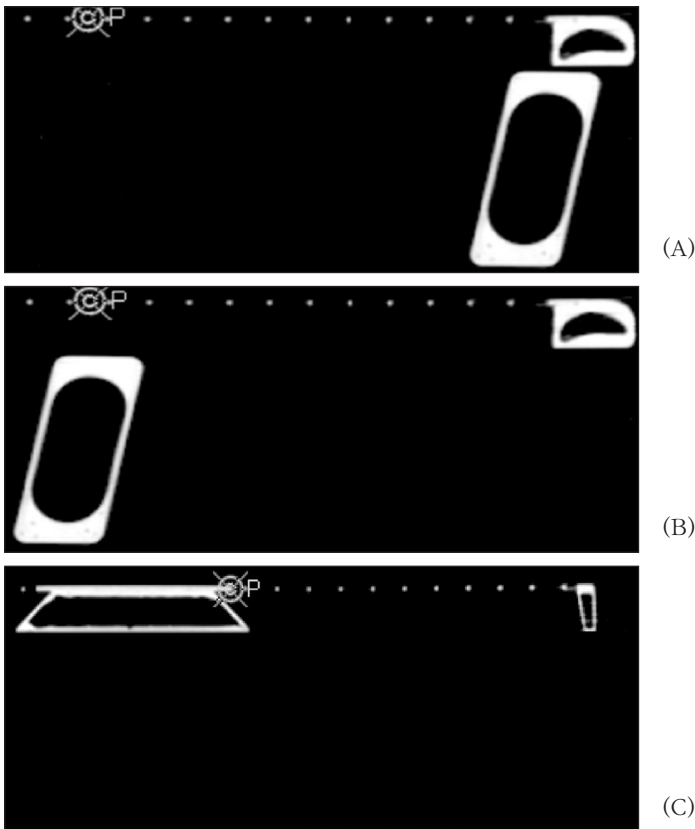


Fig 1.  
CBCT scans to the three conditions of the VSC  
(A)Side Rail Out · Grid Insert(SROG)  
(B)Side Rail In · Grid Insert(SRIG)  
(C)Side Rail In Out · Spine Down Bar(SRIOS)

으로 전송하였다.(Fig.1)

전송된 3가지 조건의 VSC에서 Carbon의 밀도가 높은 Side Rail, Side Bar Upper, Side Bar Lower, Spine Down Bar를 Automatic Contouring 하여 모델링 하였다. 전산화 단층촬영으로 2.5mm로 스캔 한 Cheese Phantom을 TPS로 전송한 후 모델링 한 VSC를 적용하였다. 전산화 단층촬영의 Couch는 Conoutring하여 Density를 Air로 설정하였다.(cf. top panel of Fig.2) 측정 점은 Cheese Phantom의 Ion Chamber위치이며 Isocenter에 위치시켜 Energy(4, 10MV), Gantry Angle(120°~180°, 5° 간격으로 측정), Field Size(3X3cm<sup>2</sup>, 10X10cm<sup>2</sup>)에 변화를 주었고 각 100MU를 전달하여 계산값과 측정값을 얻어 비교하였다. Side Bar

Upper에 의한 감약을 비교하기 위해 SRIG조건에서 127°를 포함하였고 Side Bar Lower와 Spine Down Bar에 의한 감약을 비교하기 위해 SRIOS조건에서 120°~145°는 Side Rail In, 150°~180°는 Side Rail Out으로 하였다.

### 3. 측정

측정 전 온도계와 기압계를 이용해 Cheese Phantom 내의 Ion Chamber위치의 온도와 치료실 내의 기압을 측정하였으며 모든 측정은 계산 값을 얻을 때와 같은 조건에서 각 5회 실시하여 평균값과 표준편차를 얻었다.(cf. bottom panel of Fig.2)

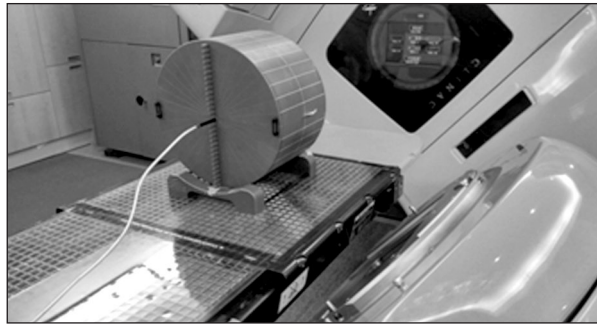
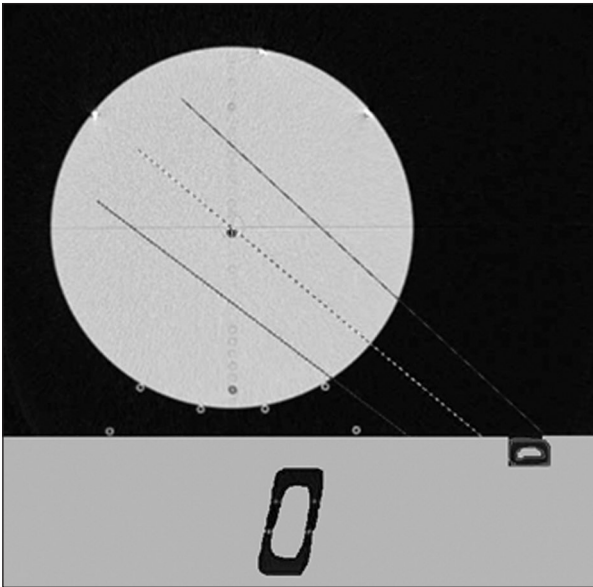


Fig 2.

We scanned the Cheese Phantom using and transfer the data to TPS, and apply three conditions VSC by modeling with TPS. Dose was measured at the isocenter of Ion Chamber in Cheese Phantom.

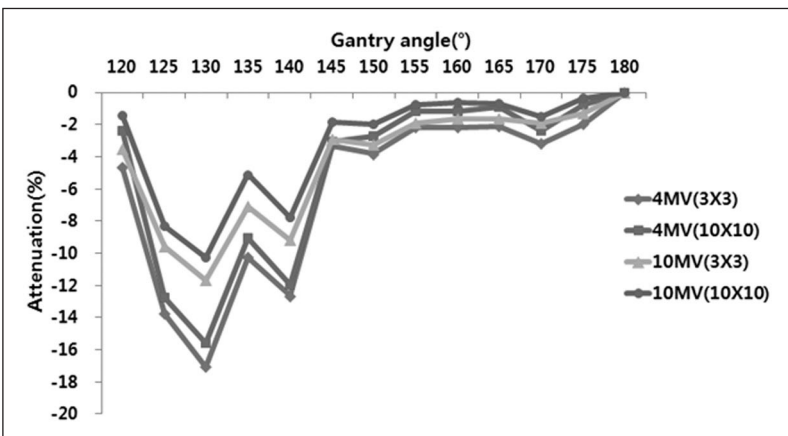


Fig 3.

Beam attenuations of VSC SROG insert measured with energies of 4 and 10MV, field size of 3x3 and 10x10 with various gantry angles. The measured dose attenuation(%) is with respect to the dose measured with a gantry angle of 0°

**Table 1.** Comparison between measured and computed doses by the Varian Standard Couch(SROG). The measurements and calculations are performed for various angles for available photon energies. A field size 3X3cm<sup>2</sup>(A), 10X10cm<sup>2</sup>(B) was used for the results presented in the table. Each portal was irradiated 5times with 100MU. The reported measured doses are averages from the multiple measurements.

Energy(MV)	Angle (°)	MU	Calculated dose (cGy)	Measured dose (cGy)	Difference (%)	
(A)	4	120	100	44.50	44.72 ±0.07	0.49
	4	125	100	40.40	40.48 ±0.04	0.20
	4	130	100	39.60	38.91 ±0.05	1.77
	4	135	100	41.70	42.10 ±0.03	0.95
	4	140	100	40.80	40.99 ±0.04	0.46
	4	145	100	44.70	45.38 ±0.02	1.50
	4	150	100	44.50	45.13 ±0.03	1.40
	4	155	100	45.20	45.91 ±0.04	1.55
	4	160	100	45.20	45.91 ±0.04	1.55
	4	165	100	45.20	45.93 ±0.03	1.59
	4	170	100	44.90	45.44 ±0.03	1.19
	4	175	100	45.30	45.99 ±0.03	1.50
	4	180	100	46.30	46.93 ±0.05	1.34
	10	120	100	60.50	61.50 ±0.08	1.36
	10	125	100	57.00	57.64 ±0.05	1.11
	10	130	100	56.20	56.32 ±0.04	0.21
	10	135	100	58.20	59.21 ±0.05	1.71
	10	140	100	57.50	57.91 ±0.04	0.71
	10	145	100	60.80	61.89 ±0.07	1.76
	10	150	100	60.60	61.69 ±0.04	1.77
10	155	100	61.40	62.53 ±0.04	1.81	
10	160	100	61.70	62.72 ±0.04	1.63	
10	165	100	61.80	62.70 ±0.06	1.44	
10	170	100	61.50	62.53 ±0.05	1.65	
10	175	100	61.80	62.90 ±0.04	1.75	
10	180	100	62.60	63.75 ±0.04	1.80	
(B)	4	120	100	57.90	58.52 ±0.17	1.06
	4	125	100	53.00	52.29 ±0.05	1.36
	4	130	100	51.50	50.60 ±0.04	1.78
	4	135	100	53.60	54.53 ±0.31	0.17
	4	140	100	53.30	52.79 ±0.04	0.97
	4	145	100	57.30	58.10 ±0.04	1.38
	4	150	100	57.80	58.31 ±0.03	0.87
	4	155	100	58.50	59.22 ±0.07	1.22
	4	160	100	58.60	59.24 ±0.04	1.08
	4	165	100	58.50	59.39 ±0.04	1.50
	4	170	100	58.10	58.49 ±0.04	0.67
	4	175	100	58.70	59.46 ±0.03	1.28
	4	180	100	59.90	59.94 ±0.03	0.07
	10	120	100	75.80	75.52 ±0.07	0.37
	10	125	100	71.60	70.26 ±0.04	1.91
	10	130	100	70.10	68.79 ±0.45	1.90
	10	135	100	72.30	72.72 ±0.06	0.58
	10	140	100	72.00	70.69 ±0.05	1.85
	10	145	100	75.50	75.24 ±0.02	0.35
	10	150	100	75.80	75.12 ±0.08	0.91
10	155	100	76.50	76.04 ±0.03	0.60	
10	160	100	76.60	76.14 ±0.05	0.60	
10	165	100	76.60	76.12 ±0.06	0.63	
10	170	100	76.30	75.48 ±0.05	1.07	
10	175	100	76.70	76.34 ±0.04	0.47	
10	180	100	77.50	76.64 ±0.08	1.12	

**Table 2.** Comparison between measured and computed doses by the Varian Standard Couch(SRIG). The measurements and calculations are performed for various angles for available photon energies. A field size 3X3cm<sup>2</sup>(A), 10X10cm<sup>2</sup>(B) was used for the results presented in the table. Each portal was irradiated 5times with 100MU. The reported measured doses are averages from the multiple measurements.

Energy(MV)	Angle (°)	MU	Calculated dose (cGy)	Measured dose (cGy)	Difference (%)	
(A)	4	120	100	44.50	44.73 ±0.02	0.51
	4	125	100	40.40	40.18 ±0.03	0.55
	4	127	100	39.40	39.19 ±0.04	0.54
	4	130	100	43.70	44.37 ±0.02	1.51
	4	135	100	45.00	45.64 ±0.02	1.40
	4	140	100	45.20	45.71 ±0.03	1.12
	4	145	100	45.10	45.70 ±0.03	1.31
	4	150	100	44.50	45.19 ±0.02	1.53
	4	155	100	45.20	45.90 ±0.05	1.53
	4	160	100	45.40	45.61 ±0.06	0.46
	4	165	100	40.00	40.53 ±0.02	1.31
	4	170	100	39.10	38.72 ±0.04	0.98
	4	175	100	42.10	41.35 ±0.03	1.81
	4	180	100	46.30	46.87 ±0.03	1.22
	10	120	100	60.50	61.61 ±0.04	1.80
	10	125	100	57.00	57.64 ±0.05	1.11
	10	127	100	56.10	56.90 ±0.04	1.41
	10	130	100	59.90	60.99 ±0.06	1.79
	10	135	100	61.10	62.14 ±0.07	1.67
	10	140	100	61.00	62.12 ±0.06	1.80
10	145	100	61.20	62.12 ±0.04	1.48	
10	150	100	61.10	61.79 ±0.04	1.12	
10	155	100	61.40	62.51 ±0.06	1.78	
10	160	100	62.00	62.12 ±0.04	0.19	
10	165	100	56.80	57.81 ±0.04	1.75	
10	170	100	56.20	56.67 ±0.04	0.83	
10	175	100	59.80	59.01 ±0.07	1.34	
10	180	100	62.60	63.71 ±0.07	1.74	
(B)	4	120	100	57.90	58.61 ±0.03	1.21
	4	125	100	53.10	52.51 ±0.03	1.12
	4	127	100	52.00	51.68 ±0.05	0.62
	4	130	100	56.50	56.91 ±0.11	0.72
	4	135	100	58.10	58.51 ±0.05	0.70
	4	140	100	58.40	58.92 ±0.04	0.88
	4	145	100	58.20	58.65 ±0.08	0.77
	4	150	100	57.80	58.22 ±0.05	0.72
	4	155	100	58.40	59.16 ±0.06	1.28
	4	160	100	58.10	58.07 ±0.16	0.05
	4	165	100	52.00	52.66 ±0.05	1.25
	4	170	100	51.00	50.40 ±0.04	1.19
	4	175	100	54.80	53.85 ±0.04	1.76
	4	180	100	59.70	59.89 ±0.05	0.32
	10	120	100	75.80	75.63 ±0.06	0.22
	10	125	100	71.70	70.40 ±0.04	1.85
	10	127	100	70.70	69.55 ±0.07	1.65
	10	130	100	74.70	75.01 ±0.05	0.41
	10	135	100	76.10	75.48 ±0.05	0.82
	10	140	100	76.30	75.58 ±0.06	0.95
10	145	100	76.20	75.71 ±0.07	0.65	
10	150	100	75.90	75.23 ±0.03	0.89	
10	155	100	76.40	76.01 ±0.09	0.51	
10	160	100	74.50	75.24 ±0.07	0.98	
10	165	100	70.90	72.25 ±0.07	1.87	
10	170	100	70.10	70.62 ±0.11	0.74	
10	175	100	72.81	73.04 ±0.04	0.31	
10	180	100	77.50	76.61 ±0.04	1.16	

**Table 3.** Comparison between measured and computed doses by the Varian Standard Couch(SRIOG). The measurements and calculations are performed for various angles for available photon energies. A field size 3X3cm<sup>2</sup>(A), 10X10cm<sup>2</sup>(B) was used for the results presented in the table. Each portal was irradiated 5times with 100MU. The reported measured doses are averages from the multiple measurements.

Energy(MV)	Angle (°)	MU	Calculated dose (cGy)	Measured dose (cGy)	Difference (%)	
(A)	4	120	100	44.50	44.70 ±0.03	0.45
	4	125	100	44.60	44.90 ±0.04	0.67
	4	130	100	42.70	42.92 ±0.04	0.51
	4	135	100	45.00	45.19 ±0.03	0.42
	4	140	100	44.80	45.07 ±0.06	0.60
	4	145	100	45.10	45.70 ±0.04	1.31
	4	150	100	44.50	45.21 ±0.04	1.57
	4	155	100	45.20	45.91 ±0.04	1.55
	4	160	100	45.20	45.87 ±0.03	1.46
	4	165	100	44.30	43.63 ±0.03	1.54
	4	170	100	44.20	43.37 ±0.06	1.91
	4	175	100	44.60	44.08 ±0.04	1.18
	4	180	100	45.70	44.85 ±0.04	1.90
	10	120	100	60.50	61.47 ±0.05	1.58
	10	125	100	60.60	61.60 ±0.02	1.62
	10	130	100	59.00	59.43 ±0.04	0.72
	10	135	100	61.10	62.19 ±0.04	1.75
	10	140	100	61.00	62.17 ±0.04	1.88
	10	145	100	61.20	62.30 ±0.04	1.77
	10	150	100	61.10	61.95 ±0.04	1.37
10	155	100	61.40	62.53 ±0.04	1.81	
10	160	100	61.70	62.77 ±0.04	1.70	
10	165	100	60.80	60.68 ±0.04	0.20	
10	170	100	60.90	60.53 ±0.06	0.61	
10	175	100	61.10	61.20 ±0.04	0.02	
10	180	100	62.00	61.94 ±0.05	0.10	
(B)	4	120	100	58.00	58.73 ±0.08	1.24
	4	125	100	57.90	58.78 ±0.03	1.50
	4	130	100	55.80	55.96 ±0.03	0.29
	4	135	100	58.10	58.53 ±0.04	0.73
	4	140	100	58.40	58.12 ±0.04	0.48
	4	145	100	58.20	58.91 ±0.05	1.21
	4	150	100	57.80	58.33 ±0.05	0.91
	4	155	100	58.50	59.22 ±0.07	1.22
	4	160	100	58.50	59.21 ±0.06	1.20
	4	165	100	57.20	56.40 ±0.04	1.42
	4	170	100	57.30	56.19 ±0.04	1.98
	4	175	100	57.90	56.94 ±0.06	1.69
	4	180	100	59.20	58.12 ±0.04	1.86
	10	120	100	75.90	75.55 ±0.07	0.46
	10	125	100	75.90	75.54 ±0.17	0.75
	10	130	100	74.20	73.58 ±0.04	0.84
	10	135	100	76.10	75.53 ±0.10	0.75
	10	140	100	76.30	74.95 ±0.04	1.80
	10	145	100	76.20	75.83 ±0.07	0.49
	10	150	100	75.80	75.24 ±0.04	0.74
10	155	100	76.50	76.02 ±0.06	0.63	
10	160	100	76.60	76.05 ±0.04	0.72	
10	165	100	75.50	74.05 ±0.03	1.96	
10	170	100	75.60	74.15 ±0.08	1.96	
10	175	100	76.00	74.65 ±0.07	0.18	
10	180	100	76.90	75.63 ±0.04	1.68	

#### 4. 비교 및 분석

SROG조건에서 Energy 4MV, 10MV, Field Size 3x3cm<sup>2</sup>, 10x10cm<sup>2</sup>에서 측정된 각 180°의 평균값을 기준으로 Gantry Angle, Energy, Field Size의 변화에 따른 감약을 비교 분석하였고 TPS에서 모델링 한 VSC의 정확성을 평가하기 위해서 계산 값과 실제 측정값을 비교 하였다.

### 결 과

CBCCT를 통해 얻은 Side Rail, Side Bar Upper, Side Bar Lower, Spine Down Bar의 Density를 TPS를 통해 확인한 결과 각 0.9 g/cm<sup>3</sup>, 0.9 g/cm<sup>3</sup>, 0.7 g/cm<sup>3</sup>로 나타났다.

온도와 기압은 각 21.1°, 1026.4hPa로 측정 되었다.

#### ■ Side Rail OutGrid(SROG)

SROG 측정 결과 Side Rail과 Side Bar Upper를 동시에 지나는 130° beam 4MV(3X3cm<sup>2</sup>)에서 -17.09%로 가장 많은 감약이 일어났고 1.77%의 오차를 보였으며 4MV(10X10cm<sup>2</sup>)의 경우 -15.58%, 1.78%, 10MV(3X3cm<sup>2</sup>)의 경우 -11.65%, 0.21%, 10MV(10X10cm<sup>2</sup>)의 경우 -10.24%, 1.90%의 감약과 오차를 보였다.(Fig.3)(Table.1)

#### ■ Side Rail InGrid(SRIG)

SRIG 측정 결과 Side Rail을 지나는 170° beam 4MV(3X3cm<sup>2</sup>)에서 -17.49%로 가장 많은 감약이 일어났고 0.98%의 오차를 보였으며 4MV(10X10cm<sup>2</sup>)의 경우 -15.92%, 1.19%, 10MV(3X3cm<sup>2</sup>)의 경우 -11.11%, 0.83% 10MV(10 X 10cm<sup>2</sup>)의 경우 -7.85%, 0.74%로 감약과 오차를 보였다. Side Bar Upper를 지나는 127° beam에서 4MV(3X3cm<sup>2</sup>)

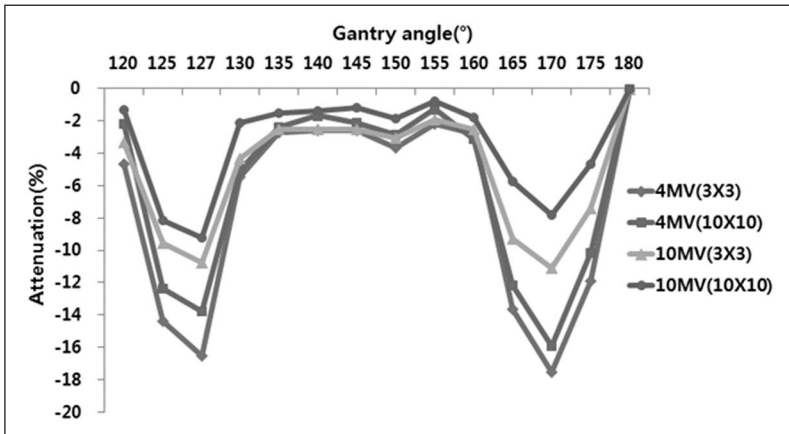


Fig 4. Beam attenuations of VSC SRIG insert measured with energies of 4 and 10MV, field size of 3x3 and 10x10 with various gantry angles. The measured dose attenuation(%) is with respect to the dose measured with a SROG insert gantry angle of 0°

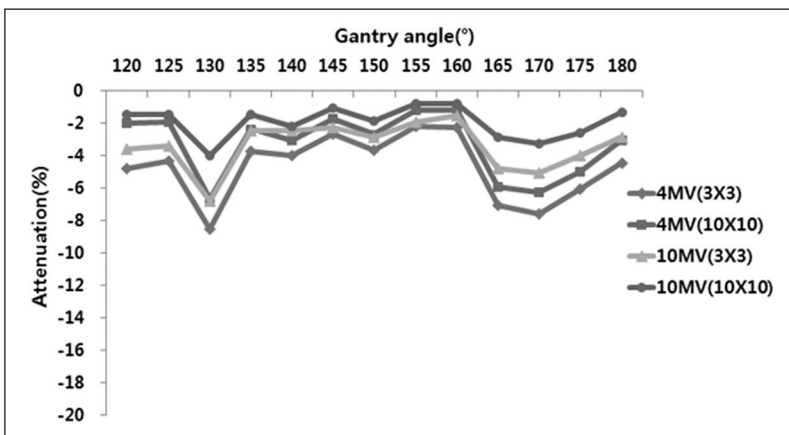


Fig 5. Beam attenuations of VSC SRIOG insert measured with energies of 4 and 10MV, field size of 3x3 and 10x10 with various gantry angles. The measured dose attenuation(%) is with respect to the dose measured with a SROG insert gantry angle of 0°

의 경우 -16.49, 0.54%, 4MV(10X10cm<sup>2</sup>)의 경우-13.78%, 0.62% 10MV(3X3cm<sup>2</sup>)의 경우-10.75%, 1.41%, 10MV(10 X 10cm<sup>2</sup>)의 경우 -9.25%, 1.65%의 감약과 오차를 보였다.(Fig.4)(Table.2)

■ Side Rail In OutSpine Down Bar(SRIOG)

SRIOS측정 결과 Side Bar Lower를 지나는 130° beam 4MV(3X3cm<sup>2</sup>)에서-8.54%로 가장 많은 감약이 일어났고 0.51%의 오차를 보였으며 4MV(10X10cm<sup>2</sup>)의 경우 -6.64%, 0.29%, 10MV(3X3cm<sup>2</sup>)의 경우-6.78%, 0.72%, 10MV(10 X 10cm<sup>2</sup>)의 경우 -3.99%, 1.98%의 감약과 오차를 보였다.Spine Down Bar를 사선으로 지나는 170° beam에서도 4MV(3X3cm<sup>2</sup>)의 경우 -7.59%, 1.91%, 4MV(10X10cm<sup>2</sup>)의 경우-6.26%, 1.98%, 10MV(3X3cm<sup>2</sup>)의 경우 -5.05%, 0.61%, 10MV(10X10cm<sup>2</sup>)의 경우-3.25%, 1.96%의 감약과 오차를 보였다.(Fig.5)(Table.3)

측정 결과 Energy가 낮을수록 Field Size가 작을수록 더 많은 감약을 보였으며 VSC모델링의 정확성을 평가하기 위해 계산 값과 측정값을 다음 식을 통해 비교한 결과 평균 1.13%, 최대 1.98%의 오차를 보였다.(식.1)

$$\text{Difference} = \frac{\text{measured} - \text{computed}}{\text{measured}} \times 100 \text{ ---- [식. 1]}$$

**고안 및 결론**

Side Bar Upper를 지나는 127° beam에서 4MV(3X3cm<sup>2</sup>)에서 최대 -16.49%, Side Bar Lower를 지나는 130° beam 4MV(3X3cm<sup>2</sup>)에서 최대 -8.54%의 감약을 보였다. 이는 VSC에서 가장 많은 감약을 보여준 Side Rail을 지나는 170° beam 4MV(3X3cm<sup>2</sup>)의 -17.49%와 큰 차이가 나지 않는다. Side Rail의 경우 In · Out을 이용하여 Beam Pathway를 피할 수 있지만Side Bar의 경우는 그렇지 않다. 만약 이를 간과한다면 Target에 정확한 선량을 전달할 수 없게 될 것이다. 예를 들어 Lung 3D CRT시, Side Bar Upper를 지나는 3 문 조사로 각 동일한 선량을 준다고 할 때 최대 5.82%의 선량 오류가 일어난다. 이러한 오류는 조직의 지역반응에 있어 큰 변화를 가져온다. Sanchez-Nieto and Nahum 연구 따르면Target Volume에서 5~20%의 선량이 감약 될 경우

Tumor Control Probability가 18% 줄어든다고 보고하고 있다.<sup>9)</sup>

VSC모델링의 정확성을 평가하기 위해 계산 값과 측정값을 비교한 결과 평균 1.13%, 최대 1.98%의 오차를 보였다. S. C. Vieira, R. S. Kaatee 연구에서는 모델링 한 CFC를 TPS에 적용하여 2% 내의 오차를 보이면 Density와 Contouring이 적합하다고 보고하고 있으며 I. B. Mihaylov, P. Corry, Y. Yan 연구에서도 2% 내의 오차를 보이면 TPS에서 치료 계획 시 모델링 한 CFC를 적용해도 된다고 보고하고 있다.<sup>10,11)</sup> Mijnheer BJ 연구에서는 ICRU에서 전달되는 선량의 정확성이±3.5% 이내로 권고하기를 바라면서 결론을 내렸다.<sup>12)</sup>

Field Size와 Energy에 변화를 주어 측정한 결과 Energy와Field Size가 작을수록 더 많은 감약이 일어났다.IGRT의 발전과 함께 SBRT, IMRT, VMAT의 증가로 이전보다 Field Size가 작아지고 있어 VSC에 의한 선량의 감약을 간과해서는 안 된다.

본 연구에서는 TPS를 이용해 VSC를 모델링 하였다.방사선 치료계획 시 VSC 모델링을 적용한다면감약되는 Gantry Angle을 알 수 있어선량에 대한 예측이 가능해 더욱 정확한 치료를 하는데 도움이 될 것으로 사료된다.

**참고문헌**

1. De Mooy LG. The use of carbon fibers in radiotherapy. Radiother Oncol. 1991;22(2):140-142.
2. Meara SJ, Langmack KA. An investigation into the use of carbon fibre for megavoltage radiotherapy applications. Phys Med Biol. 1998;43(5):1359-66.
3. W. Kenji Myint. Investigating treatment dose error due to beamattenuation by a carbon fibertabletop. Medical Physics. 2006;3(7):21-27
4. Meyer J, Mills JA, Haas OC, Burnham KJ, Parvin EA. Accommodation of couch constraints for coplanar intensitymodulated radiation therapy. Radiother Oncol. 2001;61(1):23-32.



5. Myint WK, Niedbala M, Wilkins D, Gerig LH. Investigating treatment dose error due to beam attenuation by a carbon fiber tabletop. *J Appl Clin Med Phys.* 2006;7(3):21-27.
6. Muthuswamy MS, Lam KL. A method of beam-couch intersection detection. *Med Phys.* 1999;26(2):229-235.
7. McCormack S, Diffey J, Morgan A. The effect of gantry angle on megavoltage photon beam attenuation by a carbon fiber couch insert. *Med Phys.* 2005;32(2):483-87.
8. Jan K.H, seppala, Jarmo A.J, Kulmala. Increased beam attenuation and surface dose by different couch inserts of treatment tables used in megavoltage radiotherapy. *Med Phys.* 2011;12(4):15-23
9. Sanchez-Nieto B, Nahum AE. The delta-TCP concept: A clinically useful measure of tumor control probability. *Int J Rad Oncol Biol Phys.* 1999;44(2):369-380.
10. S. C. Vieira, R. S. Kaatee, M. L. Dirkx, and B. J. Heijmen, "Twodimensionalmeasurement f photon beam attenuation by the treatmentcouch and immobilization devices using an electronic portal imaging device," *Med. Phys.* 30\_11\_, 2981-2987 \_2003\_.
11. Mihaylov IB, Corry P, Yan Y, Ratanatharathorn V, Moros EG. Modeling of carbon fiber couch attenuation properties with a commercial treatment planning system. *Med Phys.* 2008;35(11):4982-88.
12. Mijnheer BJ, Battermann JJ, Wambersie A. What degree of accuracy is required and can be achieved in photonand neutron therapy. *Radiother Oncol.* 1987;8(3):237-252.

---

Abstract

## The evaluation for the usability of the Varian Standard Couch modeling using Treatment Planning System

Samsung Medical Center, Department of Radiation Oncology

Yang yong mo, Song yong min, Kim jin man, Choi ji min, Choi byeung gi

---

**Purpose** : When a radiation treatment, there is an attenuation by Carbon Fiber Couch.

In this study, we tried to evaluate the usability of the Varian Standard Couch(VSC) by modeling with Treatment Planning System (TPS)

**Materials and Methods** : VSC was scanned by CBCT(Cone Beam Computed Tomography) of the Linac(Clinac IX, VARIAN, USA), following the three conditions of VSC, Side Rail OutGrid(SROG), Side Rail InGrid(SRIG), Side Rail In OutSpine Down Bar(SRIOS). After scan, the data was transferred to TPS and modeled by contouring Side Rail, Side Bar Upper, Side Bar Lower, Spine Down Bar automatically.

We scanned the Cheese Phantom(Middelton, USA) using Computed Tomography(Light Speed RT 16, GE, USA) and transfer the data to TPS, and apply VSC modeled previously with TPS to it.

Dose was measured at the isocenter of Ion Chamber(A1SL, Standard imaging, USA) in Cheese Phantom using 4 and 10 MV radiation for every 5° gantry angle in a different field size(3X3cm<sup>2</sup>, 10X10cm<sup>2</sup>) without any change of MU(=100), and then we compared the calculated dose and measured dose. Also we included dose at the 127° in SRIG to compare the attenuation by Side Bar Upper.

**Results** : The density of VSC by CBCT in TPS was 0.9g/cm<sup>3</sup>, and in the case of Spine Down Bar, it was 0.7g/cm<sup>3</sup>. The radiation was attenuated by 17.49%, 16.49%, 8.54%, and 7.59% at the Side Rail, Side Bar Upper, Side Bar Lower, and Spine Down Bar. For the accuracy of modeling, calculated dose and measured dose were compared. The average error was 1.13% and the maximum error was 1.98% at the 170° beam crossing the Spine Down Bar.

**Conclusion** : To evaluate the usability for the VSC modeled by TPS, the maximum error was 1.98% as a result of comparison between calculated dose and measured dose. We found out that VSC modeling helped expect the dose, so we think that it will be helpful for the more accurate treatment.

---

**Keyword** : Varian Standard Couch, Beam Attenuation, Model Based Segmentation