

# 선형가속기 10 MV 광자선에서 산란판(Beam Spoiler) 사용 시 표면선량 변화

고신대학교 복음병원 방사선종양치료실

배성철 · 김준호 · 이철수

**목적:** 10 MV X-선의 선형가속기를 이용하여 두경부종양 및 임파선 전이 환자를 치료할 시 피부표면 종양에 균일한 선량을 부여하기 위하여 조직 등가물질로 산란판을 제작하였으며 팬텀을 이용한 피부선량을 측정하여 그 효과를 평가하였다.

**대상 및 방법:** 조직 등가 물질인 lucite로 산란판을 제작하여 가속기의 콜리메이터와 피부사이에 부착하였으며 조사면적의 크기 (5×5~30×30 cm<sup>2</sup>)와 산란판 두께 및 피부와 산란판 간의 거리에 따른 피부 및 체표 0.4 cm에서의 선량 변화를 측정하였다. 또한 자체 제작한 산란 판의 체표 선량 증강 효과를 평가하기 위해 볼루스를 이용한 체표 선량을 측정하여 그 효과를 비교하였다.

**결과:** 10 MV X-선 선형가속기와 피부 사이에 산란판을 설치하여 피부선량이 증가 되었으며 산란판의 위치에 따라 피부선량이 변화되었고, 0.4 cm 깊이의 선량과 최대선량점이 피부표면쪽으로 이동하였다. 산란판이 일정할 경우 조사면적이 커질 수록 표면선량이 증가하고 최대 선량점은 피부표면 방향으로 이동하였다. 또한 산란판의 두께가 두꺼울수록 표면선량이 증가하고 최대 선량점은 피부표면 방향으로 이동하였다.

**결론:** 10 MV X-선을 이용하여 두경부 종양 및 임파선 전이 암을 치료할 경우 산란판을 이용하여 이차산란 전자를 피부표면 앞에서 발생시킴으로써 표면근접부의 선량을 증가시켜 종양부위에 균일한 선량을 조사할 수 있었다. 본 연구에서는 조사면적에 따라 적정 산란판 조건을 찾아 임상에서 유용하게 사용하고자 하였으며, 1.2 cm, 1.8 cm 두께의 산란판을 피부로부터 7 cm에 위치시켰을 때 10×10 cm<sup>2</sup> 조사면적의 표면선량이 각각 60%, 64%로 측정되었고, 0.4 cm 깊이의 선량이 94%, 94%로 가장 이상적으로 관찰되었다.

**핵심용어:** 루사이트 산란판, 피부와 산란판까지의 거리, 두경부 암 치료, 10 MV X선

## 서 론

선형가속기(Linear accelerator)의 6~10 MV 고 에너지 광자선(photon)을 인체에 조사하면, 피부나 표면조직보다 표면에서 깊이 들어갈수록 선량이 점점 증가되어 최대선량점 영역(buildup region)<sup>1)</sup>은 심부 영역에서 형성되기 때문에 상대적으로 표피에는 적은 선량을 받게 된다. 이는 입사 방사선 에너지에 해당하는 2차 전자비정이 전방으로 향하게 됨에 따라 조직 내의 전자밀도가 이 비정에 도달할 때까지 차차로 증가되기 때문이다. 이와 같이 광자선 에너지가 높을수록 최대선량점(buildup)은 더욱 깊은 심부에서 형성되고 표면에 집적되는 선량은 줄어들게 되는 것이 가장 큰 특징이다. 방사선 조사 시 광자선이 표면에 입사되기 전에 콜리메이터(collimator), 평탄 여과판(flattening filter), 그림자 틀(shadow

tray) 등에 의하여 2차 전자가 생성되어 심하게 오염되거나 또한 드물게는 낮은 에너지의 광자선이 생성 되면 피부 보호 효과가 감소되거나 상실되어 피부 손상을 초래한다.<sup>2-18)</sup>

목과 머리의 종양 치료를 위해서 대항 2문 조사로 10 MV<sup>7)</sup> X선을 사용하면 심부선량이 증대되고, 표면으로부터 0.4 cm에서 0.6 cm까지의 깊이에(이하 표면근접부) 있는 임파선(lymph node)종양은 치료영역에서 제외 될 수 있어 전체 종양에 균등한 선량 조사가 어렵다.<sup>23,24)</sup> 따라서 종양이 표면 부근에 있다면 피부표면에 큰 장애 없이 2차 전자 방출을 인위적으로 발생 하게 하여 표면근접부의 방사선량을 증가시키고 심부에는 방사선량이 감소 되게 방사선 조사계획을 설정 하여야 한다. 이를 위해서는 다양한 깊이에 존재하는 종양에 전자선에너지를 선택하여 사용하거나, 400 KV 이하의 저에너지방사선 발생장치를 사용하거나, 조직등가 물질인 볼루스 등을 이용하기도 한다.<sup>25)</sup> 또한 볼루스 사용 효과와 피부보호 효과를 동시에 유지하는 조직보상 여과판(compensator filter)이 있으나 이는 단지 심부선량 분포를 개선 하는데 목적이 있다. 일반적으로 임상에서 사용되는 볼루스의 경우 등선량

이 논문은 2006년 2월 1일 접수하여 2006년 2월 28일 채택되었음.  
책임저자 : 배성철, 고신대학교 복음병원 방사선종양치료실  
Tel: 051)990-6737, Fax: 051)990-3993  
E-mail: hansin9559@hanmail.net

분포가 표면으로 이동하여 고 에너지방사선에 의한 피부보호(skin sparing) 효과는 포기해야 한다. 그러나 산란판(beam spoiler)은 산란된 중급에너지의 전자와 광자선을 증가시켜 표면근접부의 선량을 증가시키고 산란판과 피부와의 거리를 변동시켜 표면선량을 조절할 수 있기 때문에 피부보호 효과를 유지할 수 있는 장점이 있다.<sup>19-22)</sup>

본 연구의 목표는 산란판을 이용하여 고에너지와 관련된 광자선의 투과력과 피부보호 효과를 유지하면서 최대선량점(bulldup) 영역에는 저에너지 광자선과 유사한 특징을 갖게 하는 것이다. 고에너지 광자선을 사용하는 경우, 저원자번호 흡수체인 루사이트(lucite)를 산란판으로 이용하여 피부 표면 선량은 적게 하고 표면근접부(0.4 cm에서 0.6 cm) 선량을 증가시키고자 한다. 아울러 본원에서 사용하는 10 MV 선형가속기에서 가장 이상적인 산란판의 두께, 표면과 산란판간의 거리, 조사면적의 크기에 대한 연구를 시행하고 그 결과를 실제 임상에 응용하고자 한다.

### 대상 및 방법

#### 1. 실험 장치

본 연구에는 10 MV X선 발생장치(NELAC-1018, NEC, Japan)가 사용되었다. 표면 및 최대선량점 영역 선량(buildup region dose)을 측정하기 위한 선량계는 평판형 전리함(Markus, PTW-Freiburg, Germany)과 전리조(TWUNIDOS, P-Freiburg, Germany)가 사용 되었다. 인체 대응으로 폴리스틸렌(Polyethylene) 팬텀(30×30×20 cm<sup>3</sup>)이 사용되었으며 팬텀의 중앙에 평판형 전리함이 위치하도록 하였다(Fig. 1).

#### 2. 실험 방법

피부선량을 조절하기 위한 방법으로 가속기의 콜리메터와 피부간에 산란판을 설치하고 산란판의 두께(0.5, 1.2, 1.8, 2.5

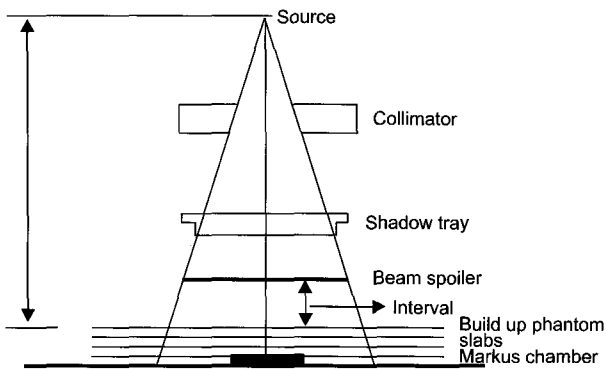


Fig. 1. Schematic diagram of skin dose measurement.

cm), 조사면적(5×5, 10×10, 15×15, 20×20, 25×25, 30×30 cm<sup>2</sup>), 피부표면과 산란판간의 거리(3, 5, 7, 9, 15, 20, 25 cm)를 변동시키면서 피부면과 다양한 피부하 깊이(0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0, 2.5, 2.8 cm)에서의 선량을 측정하였다. 또한 0.5, 1 cm의 볼루스를 사용하여 동일한 측정을 시행하여 그 결과를 비교했다. 10 MV 광자선에 대해서 SSD 100 cm 상태에서 open beam의 선량을 측정하고, 최대선량률은 분당 300 cGy으로 하였다. 피부의 선량은 임상적으로 피부반응이 발생하는 표면근접부 지점으로 정하였다.

### 결 과

#### 1. 조사면적별 산란판 두께 및 피부와 산란판의 거리의존성

10 MV X-선 선형가속기와 피부사이에 산란판을 설치하였을 경우 전체적으로 피부선량과 0.4 cm 깊이의 선량변화를 비교하여 조사면적별 산란판의 두께 및 피부와 산란판의 거리에 따라 영향이 있음을 알 수 있다.

##### 1) 조사면적별 표면선량 변화

조사면적이 15×15 cm<sup>2</sup>일 때 open beam의 표면선량은 24%였다. 피부와 산란판의 거리가 가까운 3 cm이고 2.5 cm 두께의 산란판에서는 4배가 많은 97% 선량이 측정되었다. 피부와 산란판의 거리가 먼 25 cm인 2.5 cm 두께의 산란판에서는 open beam보다 10% 증가한 34%로 표면선량이 증가되었다(Fig. 2).

조사면적이 30×30 cm<sup>2</sup>일 때 open beam의 표면선량은 38%였다. 그러나 피부와 산란판의 거리가 3 cm이고 2.5 cm

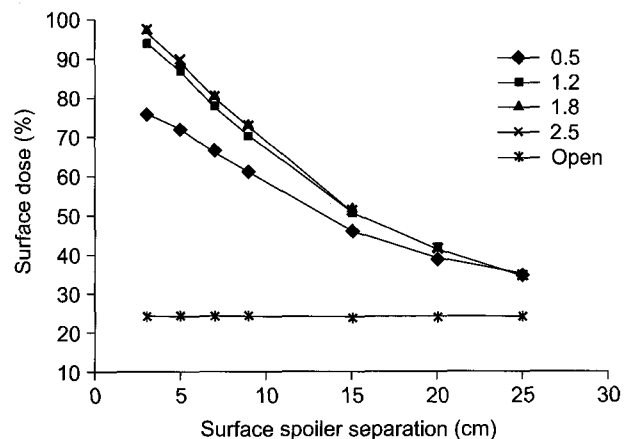


Fig. 2. Variation of skin dose according to change of skin spoiler separation and spoiler thickness at 15×15 cm<sup>2</sup> field size.

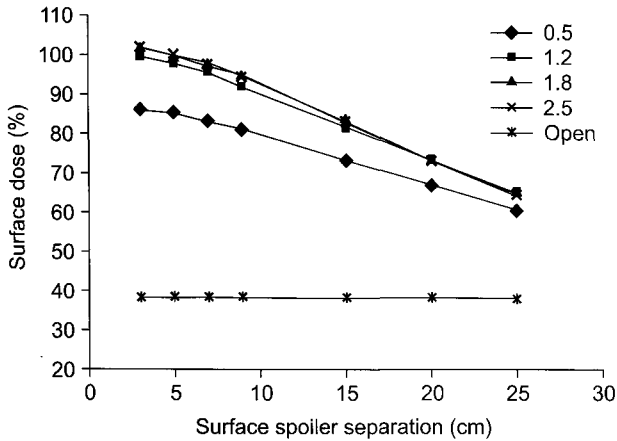


Fig. 3. Variation of skin dose according to change of skin spoiler separation and spoiler thickness at 30x30 cm<sup>2</sup> field size.

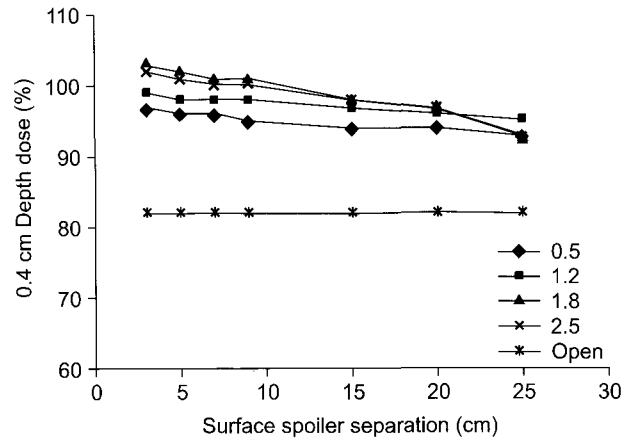


Fig. 5. Dose variation at 0.4 cm depth according to change of skin spoiler separation and spoiler thickness with 30x30 cm<sup>2</sup> field size.

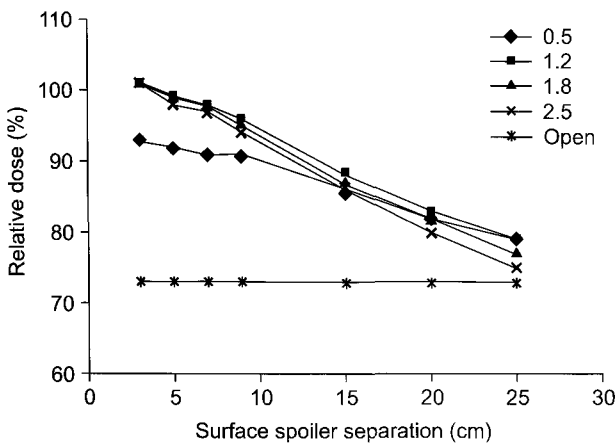


Fig. 4. Dose variation at 0.4 cm depth according to change of skin spoiler separation and spoiler thickness with 15x15 cm<sup>2</sup> field size.

두께의 산란판에서는 2.7배가 많은 102%선량이 측정되었고, 피부와 산란판의 거리가 25 cm인 2.5 cm 두께의 산란판에서는 open beam보다 26%가 증가한 64%로 표면선량이 증가되었다(Fig. 3).

10 MV X-선 선형가속기와 피부사이에 산란판을 설치하였을 경우 전체적으로 피부선량이 증가됨을 알 수 있다. 따라서 조사면적별 산란판과 피부와의 거리가 가까울수록, 산란판의 두께가 증가할수록 표면선량은 증가하였다.

#### 2) 조사면적별 0.4 cm 깊이에서의 선량 변화

Fig. 4, 5는 표피조직(superficial)과 임파관의 치료를 위한 0.4 cm 깊이의 선량을 나타낸다. 조사면적이 15x15 cm<sup>2</sup>일 때 open beam의 0.4 cm 깊이의 선량은 73%였다. 피부와 산란판의 거리가 가까운 3 cm이고 2.5 cm 두께의 산란판에서

는 28%가 증가한 101% 선량이 측정되고, 피부와 산란판의 거리가 먼 25 cm인 2.5 cm 두께의 산란판에서는 open beam과 동일하게 75% 선량이 나왔다. 피부와 산란판의 거리가 3~9 cm일 경우 1.8 cm 산란판의 0.4 cm 깊이에서 가장 높게 측정이 되었고, 피부와 산란판의 거리가 15 cm 이상 1.2 cm 산란판 두께에서는 0.4 cm 깊이에서 가장 높게 측정이 되었다.

조사면적이 30x30 cm<sup>2</sup>일 때 open beam의 0.4 cm 깊이에서의 선량은 82%였다(Fig. 5). 피부와 산란판의 거리가 가까운 3 cm이고 2.5 cm 두께의 산란판에서 20%가 증가한 102% 선량이 측정되고, 피부와 산란판의 거리가 먼 25 cm인 2.5 cm 두께의 산란판에서 open beam보다 11% 증가한 93% 선량이 나왔다. 피부와 산란판의 거리가 3~20 cm일 경우 1.8 cm 산란판이 0.4 cm 깊이에서 가장 높게 측정이 되었고, 피부와 산란판의 거리가 25 cm일 경우 1.2 cm 산란판의 0.4 cm 깊이에서 가장 높게 측정이 되었다.

이상과 같이 Fig. 4, 5를 살펴볼 때 10 MV X-선 선형가속기와 피부사이에 산란판을 설치하였을 경우 전체적으로 open beam보다 0.4 cm 깊이선량이 증가됨을 알 수 있다. 조사면적별 산란판과 피부와의 거리가 가까울수록, 산란판의 두께가 증가할수록 표면선량은 증가하였으나 0.4 cm 깊이선량은 산란판과 피부와의 거리가 가까울수록 증가하였으며, 또한 조사면적과 산란판의 두께에 따라 약간의 차이를 보였다.

#### 2. 조사면적별 최적 산란판 선택

Table 1, 2는 조사면적 15x15 cm<sup>2</sup>일 때 표면선량과 0.4 cm 깊이의 선량을 측정된 것이다. 피부표면과 산란판의 거리가 5 cm 이하이고, 산란판의 두께가 0.5, 1.2, 1.8, 2.5 cm일 경우 목적하는 0.4 cm 깊이에 선량이 90% 이상이지만 표면

**Table 1.** The change of surface dose by surface spoiler separation and spoiler thickness at 15×15 cm<sup>2</sup> field size

SSS (cm)	Spoiler thickness (cm)					Unit (%)
	0.5	1.2	1.8	2.5	10 MV open	
3	76	94	97	97	24	
5	72	87	89	89	24	
7	<b>66</b>	78	80	80	24	
9	<b>61</b>	<b>66</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	24	
15	46	52	51	51	24	
20	39	42	41	41	24	
25	34	35	35	34	24	

**Table 2.** The change of 0.4 cm depth dose by surface spoiler separation and spoiler thickness at 15×15 cm<sup>2</sup> field size

SSS (cm)	Spoiler thickness (cm)					Unit (%)
	0.5	1.2	1.8	2.5	10 MV open	
3	93	101	102	101	73	
5	92	99	100	100	73	
7	<b>91</b>	98	99	97	73	
9	<b>90</b>	<b>93</b>	<b>95</b>	<b>95</b>	73	
15	86	88	87	87	73	
20	82	83	82	80	73	
25	79	79	77	75	73	

선량이 75% 이상 측정이 되어 피부보호효과를 기대할 수 없다. 피부표면과 산란판의 거리가 15 cm 이상이고, 산란판의 두께가 0.5, 1.2, 1.8, 2.5 cm일 경우 표면선량은 50%보다 적게 측정되어 피부보호효과는 기대할 수 있으나 목적하는 0.4 cm 깊이에서의 선량이 88% 이하로 측정되어 좋은 효과를 기대할 수 없다. 피부표면과 산란판의 거리가 7 cm이고 두께가 0.5 cm일 경우 표면선량과 0.4 cm 깊이의 선량은 각각 66%, 91%이고, 피부표면과 산란판의 거리가 9 cm이고, 두께가 0.5 cm일 경우는 61%, 90%, 두께가 1.2 cm일 경우는 66%, 93%, 두께가 1.8 cm일 경우는 68%, 95%이고, 두께가 2.5 cm일 경우는 68%, 95%로 가장 좋은 것으로 나타났다.

Table 3, 4는 조사면적 30×30 cm<sup>2</sup>일 때 표면선량과 0.4 cm 깊이의 선량을 측정한 것이다. 피부표면과 산란판의 거리가 20 cm 이하이고, 산란판의 두께가 0.5, 1.2, 1.8, 2.5 cm일 경우 목적하는 0.4 cm 깊이에 선량이 95% 이상이지만 표면선

**Table 3.** The change of surface dose by surface spoiler separation and spoiler thickness at 30×30 cm<sup>2</sup> field size

SSS (cm)	Spoiler thickness (cm)					Unit (%)
	0.5	1.2	1.8	2.5	10 MV open	
3	86	100	102	102	38	
5	85	98	100	100	38	
7	83	96	98	98	38	
9	81	92	98	97	38	
15	73	82	83	83	38	
20	<b>67</b>	73	73	73	38	
25	<b>61</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>64</b>	38	

**Table 4.** The change of 0.4 cm depth dose by surface spoiler separation and spoiler thickness at 30×30 cm<sup>2</sup> field size

SSS (cm)	Spoiler thickness (cm)					Unit (%)
	0.5	1.2	1.8	2.5	10 MV open	
3	97	99	103	102	82	
5	96	98	102	101	82	
7	96	98	101	100	82	
9	95	98	101	100	82	
15	94	97	98	98	82	
20	<b>94</b>	96	97	97	82	
25	<b>93</b>	<b>95</b>	<b>93</b>	<b>93</b>	82	

량이 73% 이상 측정이 되어 피부보호효과를 기대할 수 없다. 피부표면과 산란판의 거리가 20 cm이고 두께가 0.5 cm일 경우 표면선량과 0.4 cm 깊이의 선량은 67%, 94%이고, 피부표면과 산란판의 거리가 25 cm이고 두께가 0.5 cm일 경우는 61%, 93%이고, 두께가 1.2 cm일 경우는 65%, 95%이고, 두께가 1.8 cm일 경우는 65%, 93%이고, 두께가 2.5 cm일 경우는 65%, 93%로 가장 좋은 것으로 나타났다.

3. 산란판 사용 시 조사면적과 피부와 산란판의 거리 의존성

Fig. 6은 최적의 산란판인 1.2 cm 두께에 조사면적(5×5 cm<sup>2</sup>에서 30×30 cm<sup>2</sup>까지)과 피부와 산란판간의 거리(3, 5, 7, 9, 15, 20, 25 cm)를 변화시키면서 측정된 표면선량을 보여준다. open beam 경우 조사면적 5×5 cm<sup>2</sup>에서 30×30 cm<sup>2</sup>까지의 표면선량은 12%에서 38%이고, 3 cm일 경우 표면선량은

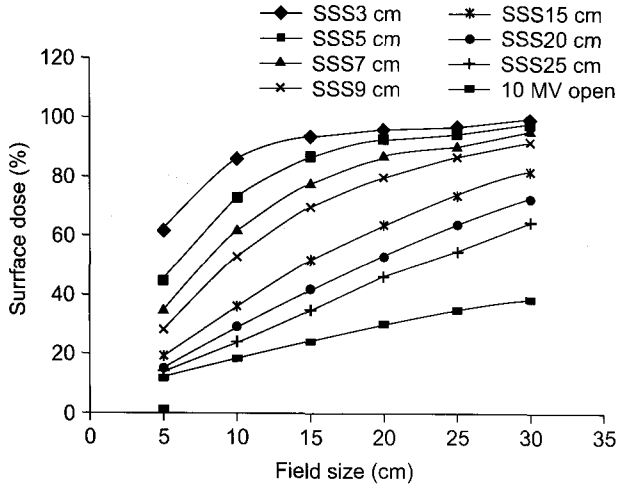


Fig. 6. The change of surface dose with variation of field size and surface spoiler separation at 1.2 cm spoiler.

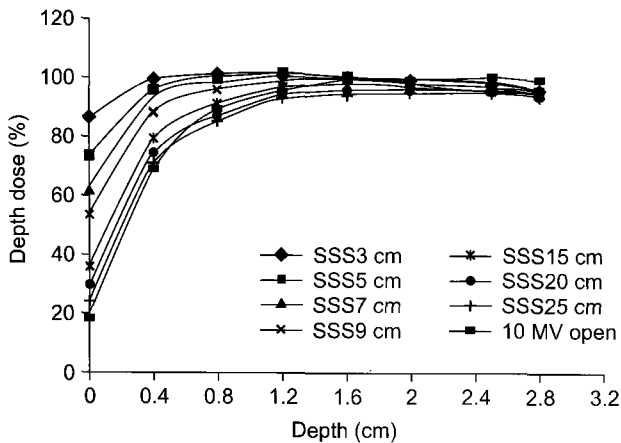


Fig. 7. Percent depth dose by surface spoiler separation at  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  field size with 1.2 cm beam spoiler.

62%에서 100%로 증가하였고, 5 cm일 경우는 45에서 98%로 증가하였다. 이후 조사면적이 크면 클수록, 피부와 산란판의 거리가 가까울수록 표면선량이 증가하였다.

#### 4. 최대선량지점의 변화

에너지 10 MV의 X-선은 체표하 2.5 cm 깊이에서 최대선량이 투여되나 산란판을 사용하였을 경우 최대 선량점이 피부 표면 방향으로 이동되었다. Fig. 7은 조사면적이  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 이고, 산란판 두께가 1.2 cm일 때 피부표면과 산란판의 거리에 따른 선량변화이다. open beam일 경우 2.5 cm에서 최대 선량점이 발생하였으나 피부표면과 산란판의 거리가 3 cm일 경우 1.2 cm이고, 거리가 25 cm일 경우 2.0 cm에서 발생되어 최대선량점이 표면으로 이동되었다. 조사면적이  $30 \times$

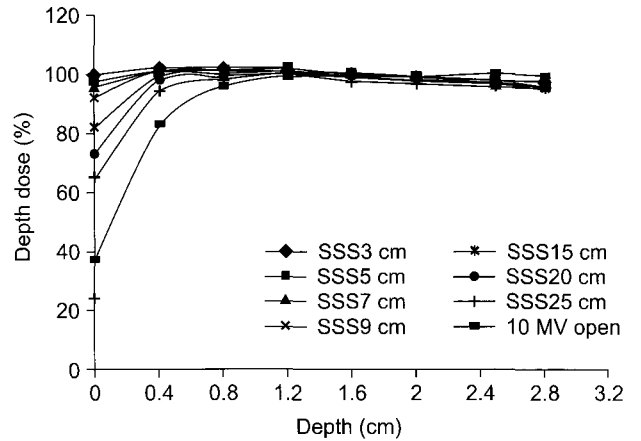


Fig. 8. Percent depth dose by surface spoiler separation at  $30 \times 30 \text{ cm}^2$  field size with 1.2 cm beam spoiler.

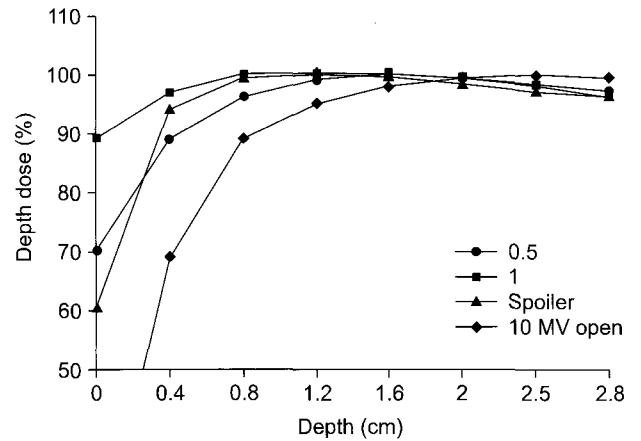


Fig. 9. Percent depth dose for open beam, bolus (0.5 and 1 cm thick) and spoiler (7 cm surface to spoiler separation) with  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  field size.

$30 \text{ cm}^2$ 에서도 동일한 현상이 관찰되었다(Fig. 8).

또한 피부표면과 산란판의 거리가 가까울수록 최대선량점은 피부표면으로 이동하였다.

#### 5. 볼루스 사용 시 피부선량 측정

Fig. 9은 조사면적  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 에서 0.5, 1 cm 볼루스 사용과 최적 산란판 조건인 피부표면과 산란판의 거리가 7 cm, 1.2 cm 두께의 산란판을 사용한 경우의 심부 선량 백분율을 보여준다. 0.5 cm와 1 cm 볼루스 사용 시 표면선량은 70%, 89%이고, 0.4 cm 깊이의 선량은 89%, 97%였으며, 1.2 cm 산란판 사용 시, 표면선량은 62%, 0.4 cm 깊이의 선량은 93%로 환자 치료 시 볼루스의 사용보다 산란판의 사용이 피부보호와 피하조직 치료 측면에서 더 유용한 것으로 나타났다.

**Table 5.** Relative dose table with surface dose and 0.4 cm depth dose optimal spoiler in the various field size

Field size (cm)	Spoiler thickness (cm)	Surface spoiler separation (cm)	Surface dose (%)	0.4 cm depth dose (%)	buildup depth (cm)
5×5	1.2	3	62	92	1.2
	1.8	3	65	93	1.2
	2.5	3	64	92	0.8
10×10	0.5	5	60	90	1.2
	1.2	7	60	94	1.2
	1.8	7	64	94	1.2
	2.5	7	64	92	1.2
15×15	0.5	7	66	91	1.6
	0.5	9	61	90	1.6
	1.2	9	66	93	1.2
	1.8	9	68	95	1.2
	2.5	9	68	95	1.2
20×20	0.5	15	58	90	1.2
	1.2	15	64	94	1.2
	1.8	15	65	93	1.2
	2.5	15	65	93	0.8
25×25	0.5	15	67	92	1.2
	0.5	20	59	91	1.2
	1.2	20	64	94	1.2
	1.8	20	64	92	1.2
	2.5	20	64	92	0.8
30×30	0.5	20	67	94	1.2
	0.5	25	61	95	1.2
	1.2	25	65	95	1.2
	1.8	25	65	93	1.2
	2.5	25	64	93	1.2

**고찰 및 결론**

최근 고에너지 X-선의 피부보호 효과와 더불어 심부 종양 치료에 상당한 이익을 주기 때문에 고에너지 가속기의 설치가 보편화 되고 있다. Leung 등<sup>27)</sup>은 cobalt 60 원격치료장치에서 피부표면선량이 평균 65%로 측정보고 하였으며, Purdy<sup>28)</sup>는 6 MV 선형가속기에 대한 피부선량이 50%로 감소한다고 보고하였다. 이상과 같은 고에너지 광자선의 낮은 체표선량은 피부보호 효과는 우수하나 체표에 위치한 종양의 치료에는 큰 단점으로 작용한다. 따라서 다양한 치료부위를 모두 만족하기 위해서는 여러에너지를 보유하는 것이 바람직하다. 그러나 연구소마다 저에너지와 고에너지등 여러기종의 가속기를 설치하기에는 재정상 문제가 많고 택일할 경우 고에너

지 가속기의 설치가 불가피하다. 따라서 이러한 피부 및 체표면의 선량을 높이기 위하여 산란판을 사용하게 되었다. Mc Kenna 등<sup>29)</sup>은 polysthylene plate와 beam spoiler는 고에너지의 광자선을 사용할 경우 build-up 부위의 선량에 변화를 일으킨다고 하였다. 많은 연구발표에 의하면 조사야의 크기가 클수록, 산란판과 피부간의 거리가 짧을수록 build-up 부위의 선량이 증가된다고 하였다. Monte Carlo simulation에서 산란판으로부터의 이차산란 전자는 광자선의 에너지와 관계가 있으며, 상대적으로 조사야의 크기와 산란판의 두께와는 관계가 없고 산란판과 표면간의 거리와는 약간 관계가 있다고 하였다. 이차산란 전자의 표면선량에 대한 영향은 조사야의 크기와 산란판의 두께가 커질수록 표면선량이 증가된다. 이 실험에 따르면 두경부종양의 치료에서는 산란판과 피부간의 거리는 5~15 cm가 가장 적당하다고 하였다. Doppke 등은 피하조직의 경부 림프절의 선량을 증가시키기 위한 산란판을 사용하여 10 MV X-선으로 특정한 두경부 암환자 치료에 대해 논의하기도 하였다. Eric 등<sup>30)</sup>은 18 MV 고에너지 광자선에 대해 lucite 산란판을 사용하여 산란판과 피부까지의 거리가 22 cm인 경우 1.8 cm 산란판의 두께가 가장 적절하다고 하였다. Doppke 등은 외피부위의 병변이 제대로 치료가 되기 위해서는 0.5 cm 깊이에서의 선량이 적어도 최대선량값의 90%는 되어야한다고 하였다.

본 연구에서도 10 MV 고에너지 X-선에 산란판을 사용할 시 피부보호 효과를 유지하면서 0.4 cm 깊이에 90% 이상 선량을 조사할 수 있었다. 아울러 6 MV 에너지와 흡사한 1.2 cm 깊이에 최대선량점이 도달할 수 있는 산란판은 조사면적이 커질수록 피부표면과 산란판의 거리도 커짐을 알 수 있었다.

본 연구에서는 10 MV X-선의 체표 선량을 증가시킬 목적으로 선속 중심에 산란판을 삽입하였으며 조사면적과 산란판의 두께, 산란판과 체표간 거리를 변화 시키면서 측정된 체표 선량으로부터 최적의 조건을 얻을 수 있었다. 아울러 각각의 측정치를 Table화시킴으로서 양질의 치료효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다(Table 5).

**참고문헌**

1. Saylor WL, Ames TE: Dosage caculation in radiation therapy, 5-6, Urban. Schwarzen berg, Baltimore-Munich, 1979
2. Ibbot GS, Hendee WR: Beam-shaping platforms and the skin sparing advantage of co-60radiation. AM J Roentgenol 1970; 108:193-196
3. Kahn FM, Moore VC, Levitt SH: Effects of various atomic number absorbers on skin dose for 10 MV Xrays. Radiol 1973; 109:209-212
4. Liegner LM, Michaud NJ: Skin and subcutaneous reactions

- induced by supervoltage irradiation. *Am J Roentgenol* 1961; 85:533-549
5. Richardson JE, Kermam HD, Bruzer M: Skin dose from a cobalt-60 teletherapy unit. *Radiol* 1954;63:25-36
  6. Saylor WL, Quillin RM: Methods for the enhancement of skin sparing in cobalt-60 teletherapy. *Am J Roentgenol* 1971;111:174
  7. 유명진: 6 MV 전자선형가속기 광자선의 전자오염에 관한 연구. 이학석사논문, 부산대학교, 1988
  8. Gagnon WF, Grant W: Surface dose from megavoltage therapy machines. *Radiol* 1975;117:705-708
  9. Kahn FM: Use of electron filter to reduce skin dose in cobalt therapy. *Am J Roentgenol* 1971;111:180-181
  10. Orton CG, Seibert JB: Depth dose in skin for obliquely incident Co-60 radiation. *Br J Radiol* 1972;45:271-275
  11. Rao PS, Pillai K, Gregg EC: Effect of shadow trays on surface dose and build-up for megavoltage radiation. *Am J Roentgenol* 1973;117:168-174
  12. Saylor WL, Quillin RM: Methods for the enhancement of skin sparing in cobalt-60 teletherapy. *Am J Roentgenol* 1971;111:174-179
  13. Gray L: Relative Surface doses from supervoltage radiation. *Radiol* 1973;109:437-442
  14. Hughes HA : Measurements of superficial absorbed dose with 2 MV X-rays used at glancing angles. *Br J Radiol* 1959;2:255-258
  15. Jackson W: Surface effects of high-energy X-rays at oblique incidence. *Br J Radiol* 1971;44:109-115
  16. Jacobsen A, Birkhead BM, Scott RM: Correlation of Physical characteristics of 4 MV X-ray beams with skin reactions of patients undergoing radiation therapy. *Radiol* 1974;112:203-207
  17. Andrew WU: Effect of an acrylic resin tray on relative surface doses for 10MV X-ray beams. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 6;1257-1260
  18. Hine GD: Scattering of secondary electrons produced by gamma rays in materials of various atomic numbers. *Phys Rev* 1951;82:755
  19. Chu JCH, Coia LR, Aziz D, Stafford PM: Dose to superficial node for patients with head and neck cancer treated with 6 MV and 60Co Photon. *Radiother Oncol* 1991;21:257-260
  20. Doppke K, Novack D, Wang CC: Physical consideration in the treatment of advanced carcinomas of the larynx and pyriform sinus using 10 MV X-rays. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1980; 6:1251-1255
  21. Khan FM, Moore VC, Levitt SH: Effect of various atomic number absorbers on skin dose for 10 MeV X-rays. *Radiology* 1973;109:209-212
  22. Kubo H, Russel MD, Wang CC: Use of 10 MV spoiled X-ray beam for treatment of head and neck tumor. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1982;8:1795-1798
  23. Faiz M. Khan, Vaughn C, Moore, Seymour H, Levitt: Effect of various atomic number absorbers on skin dose 10 MV x-ray. *Radiology* 1973;109:209-212
  24. Aljreza Kassae, Peter Bloch, Ellen Yorke, Martin D. Altschuler, David I. Rosenthal. Beam spoiler versus bolus for 6 MV photon treatment of head and neck cancers. *Medical Dosimetry* 2000;25:127-131
  25. 박순옥, 정인표: 6 MV X선을 이용한 두경부 방사선치료시 흡수선량분포에 관한 연구. *대한방사선기술학회지* (5)
  26. Hideo Kubo, Michael D, Russell BS, Wang CC: Use of 10 MV spoiled x ray beam for treatment of head and neck tumors. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 1982;8:1795-1798
  27. Leung PMK, Sontag MR, Maharaj H, Chenery S: Dose measurements in the buildup region for Co-60 therapy units. *Med Phys* 1976;3:169-172
  28. Purdy JA: Buildup surface dose and exit dose measurements for a 6 MV linear accelerator. *Med Phys* 1986;13:259-262
  29. Mc Kenna MG, Chan XG, Altschuler MD, Block P: Calculation of the dose in the build-up region for high energy photon beam. *Treatment planning when beam spoiler are employed. Radiother Oncol* 1995;34:63-68
  30. Eric E, Klein MS, Martha Michalek-Lorenz CM, Marie E, Taylor: Use of a lucite beam spoiler for high-energy breast irradiation. *Medical Dosimetry* 1995;20:89-94

Abstract

## The Variation of Surface Dose by Beam Spoiler in 10 MV Photon Beam from Linear Accelerator

Seong-Cheol Bae, Jun Ho Kim, Choul Soo Lee

Department of Radiation Oncology, Kosin University Gospel Hospital, Busan, Korea

**Purpose:** The purpose of this study is to find a optimal beam spoiler condition on the dose distribution near the surface, when treating a squamous cell carcinoma of the head and neck and a lymphatic region with 10 MV photon beam. The use of a optimal spoiler allows elivering high dose to a superficial tumor volume, while maintaining the skin-sparing effect in the area between the surface to the depth of 0.4 cm.

**Materials and Methods:** The lucite beam spoiler, which were a tissue equivalent, were made and placed between the surface and the photon collimators of linear accelerator. The surface-dose, the dose at the depth of 0.4 cm, and the maximum dose at the  $d_{max}$  were measured with a parallel-plate ionization chamber for  $5 \times 5 \text{ cm}^2$  to  $30 \times 30 \text{ cm}^2$  field sizes using lucite spoilers with different thicknesses at varying skin-to-spoiler separation (SSS). In the same condition, the dose was measured with bolus and compared with beam spoiler.

**Results:** The spoiler increased the surface and build-up dose and shifted the depth of maximum dose toward the surface. With a 10 MV x-ray beam and a optimal beam spoiler when treating a patient, a similer build-up dose with a 6 MV photon beam could be achieved, while maintaining a certain amount of skin spring. But it was provided higher surface dose under SSS of less than 5 cm, the spoiler thickness of more than 1.8 cm or more, and larger field size than  $20 \times 20 \text{ cm}^2$  provided higher surface dose like bolus and obliterated the spin-sparing effect. the effects of the beam spoiler on beam profile was reduced with increasing depths.

**Conclusion:** The lucite spoiler allowed using of a 10 MV photon beam for the radiation treatment of head and neck caner by yielding secondary scattered electron on the surface. The dose at superficial depth was increased and the depth of maximum dose was moved to near the skin surface. Spoiling the 10 MV x-ray beam resulted in treatment plans that maintained dose homogeneity without the consequence of increased skin reaction or treat volume underdose for regions near the skin surface. In this, the optimal spoiler thickness of 1.2 cm and 1.8 cm were found at SSS of 7 cm for  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  field. The surface doses were measured 60% and 64% respectively. In addition, It showed so optimal that 94% and 94% at the depth of 0.4 cm and  $d_{max}$  respectively.

---

**Key words:** lucite spoiler, spoiler-to-skin separation, head and neck RT, 10 MV X-ray