

두경부암의 6MV 광자선 치료 시 표면선량 증가를 위한 Spoiler의 유용성 평가

한림대학교 성심병원 방사선종양학과

이강혁, 김원택, 이화중, 김대영

1. 목적

두경부암(head and neck Ca) 과 쇄골상부(Supraclavicular)에 6MV 광자선으로 치료 시 치료부위(Target volume)가 피부에서 대략 1~2mm정도 깊이에 위치할 경우, 6MV 광자선의 선량분포는 표면선량이 낮아서 치료에 적합하지 않기 때문에 Bolus와 같이 사용하지만 Skin Sparing(피부보호)효과의 손실로 피부의 손상이 발생할 수 있다. 이러한 이유로 피부의 보호와 치료 시 표면선량의 증가를 위해 Spoiler(산란판)를 제작하여 측정 후 그 특성을 이해하고 선량의 분포를 통하여 Bolus와 비교한 후에 Spoiler의 유용성에 대해 평가하고자 하였다.

2. 방법

Siemens사 선형가속기(PRIMUS)의 6MV 광자선을 사용하여 Spoiler의 사용여부 및 Spoiler의 사용 시에는 조사면의 크기를 5×5, 7×7, 10×10, 15×15, 20×20cm²로 하고 Spoiler와 표면과의 거리는 6, 10, 15cm로 바꾸어 가면서 물 팬텀(PTW, 독일)을 이용해 깊이와 측방에 따른 선량분포를 Markus 전리함(PTW, 독일)으로 측정하였으며 전리함의 방수를 위해 씌어진 방수 캡 때문에 표면선량을 별도의 고정 팬텀으로 측정하였다. 표면의 측정선량은 전리함의 측면 벽 등에 의한 선량 측정치의 증가 현상으로 과 반응을 보였으며 이를 교정하였다. 그리고 측정된 데이터를 치료 계획 시스템(Pinnacle 6.0m)으로 비교, 분석하였다.

3. 결과

Spoiler의 사용 시 3cm깊이 측정선량 백분율과 Spoiler를 사용하지 않은 해당 치료 조사면의 3cm깊이 선량의 백분율에 일치하도록 하여 가상의 치료 깊이인 2mm에서 측정값을 비교하여 본 결과 조사면 5×5, 10×10, 20×20cm²에서 OPEN시 62, 64, 70%, Bolus는 97, 97, 99%로 Spoiler의 사용 시 표면과의 거리가 6cm에서 82, 98, 103%, 10cm에는 72, 89, 101%, 15cm에 66, 79, 96%로 나타났으며 표면에서의 측정값을 비교하여 본 결과 OPEN시 11, 17, 27%, Bolus는 84, 84, 86%, Spoiler의 사용 시 6cm에서 40, 71, 93%, 10cm에는 25, 50, 81%, 15cm에 18, 36, 67%를 나타내었다. 또한 3cm깊이에서의 측방 선량분포에서 Spoiler의 거리변화(6, 10cm)는 심부선량의 변화에 영향을 주지 않는 것으로 확인할 수 있었다.

그리고 위의 실험측정치를 치료계획 시스템에 입력하여 선량분포를 확인한 결과 Spoiler를 사용하는 경우 OPEN에 비해 선량분포 영역을 표면으로 끌어 올릴 수 있으며 Bolus 보다 피부 보호효과는 어느 정도 유지가 되는 것을 보여 주었다.

4. 결론

이와 같이 Spoiler는 Bolus와 비교하여 6MV 광자선의 build up 영역을 표면으로 증가시키는 동시에 Skin Sparing(피부보호)효과를 유지할 수 있으며 두경부암의 치료에서 Spoiler의 사용이 가능한 조건으로는 조사면이 $5 \times 5 \text{cm}^2$ 에서 Spoiler와 표면과의 거리가 6cm일 때, $7 \times 7 \text{cm}^2$ 에서 6cm, 10cm였고 $10 \times 10 \text{cm}^2$ 에는 10cm, 15cm로, $15 \times 15 \text{cm}^2$ 는 15cm의 간격으로 평가되었다. 또한 $20 \times 20 \text{cm}^2$ 의 조사면, Spoiler가 6cm 간격인 경우 Bolus를 사용한 것 보다 더욱 높은 표면선량을 나타내었다. 그러나 Spoiler와 표면간의 거리를 다르게 함으로써 깊이에 따라 선량분포를 다양하게 나타낼 수 있기 때문에 표면선량의 증가와 피부의 보호를 위해 환자의 피부 두께, 실제 치료 부위의 깊이 등을 고려한다면 Spoiler를 사용하는 것이 bolus를 사용하는 것보다 더 유용하게 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

I. 서론

두경부(head and neck) 와 쇄골상부(Supraclavicular)에서 발생하는 종양은 경우에 따라 피부의 표면에서 거의 수 mm까지 근접할 수 있으며¹⁾ 치료에는 4MV의 광자선을 사용하는 것이 일반적이지만 신체의 다른 부위에서 발생하는 심부종양의 치료에는 높은 에너지의 광자선을 필요로 하게 된다. 6MV 광자선은 최대 선량 깊이(d_{max}) 1.5cm의 선량분포의 특성을 갖고 있기 때문에 치료영역이 피부에서 1.5cm보다 가까울수록 충분한 선량을 주지 못하는 점이 있기에²⁾ Bolus와 같이 사용하지만 피부의 처음 1~2mm정도에서는 필요하지 않는 전체의 선량을 받게 되어 Skin Sparring(피부보호)효과의 손실로 인한 피부의 손상을 발생할 수 있다.

Spoiler(산란판)는 광자선이 지나가는 위치에 놓여져 발생하는 저 에너지의 산란선을 이용하는 것으로 산란선은 전자선과 감약된 광자선으로 구성되어 표면선량을 증가시키는 요인이 되며 처음 광자선의 에너지와 조사면의 크기, Spoiler 판과 조사 표면과의 거리($STSD$: Spoiler to Surface Distance 이후 사용함)에 영향을 받는 것으로 알려져 있다.³⁾ 이러한 Spoiler의 특성은 10MV 광자선을 적당한 산란의 이용으로 6MV선의 선량분포 특성으로 조절하여 사용하는 것도 가능하다고 한다.⁴⁾ 치료에 필요한 선량이 전부 들어가지 못한 상태에서 피부 층의 손상은 두경부일 경우 외관상으로 보이는 동시에 환자에게 고통을 유발하게 되며 이후 치료계획에 영향을 미치게 된다. 이러한 이유로 치료 시 표면선량의 증가와 환자 피부의 보호를 위해서 Spoiler를 제작하였으며 측정 후 그 특성을 이해하고 선량의 분포를 이용해 Bolus와 비교하여 Spoiler에 대한 유용성을 평가하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

- Primus (Siemens 미국)
- Water Phantom (PTW 독일)
- Solid Phantom
- Electrometer (PTW 독일)
- Markus Chamber (PTW 독일)
- Pinnacle 6.0m (ADAC 미국)

1. 제작된 Spoiler의 구조

제작된 Spoiler는 장착을 하기 위한 철제구조 이외에는 1cm두께의 아크릴로 제작되었다.

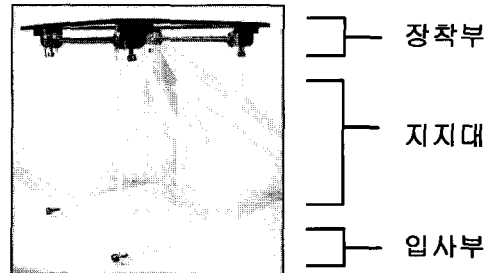


fig.1 제작한 spoiler의 구조

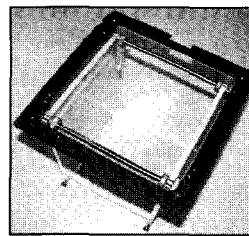


fig.1-a 장착부

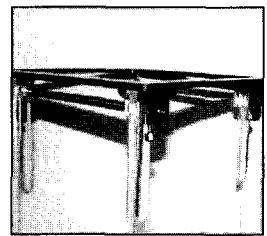


fig.1-b 지지대

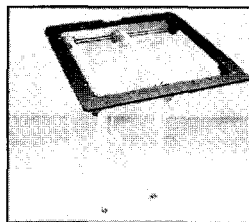


fig.1-c 입사부의 조절

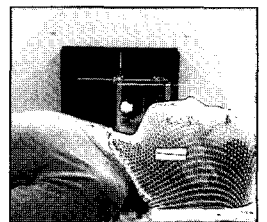


fig.1-d Spoiler의 장착

fig.1은 제작된 전체의 모습을 나타내고 있으며 fig.1-a와 같이 기기와 장착이 가능하도록 납 블록제작시의 틀을 이용하여 환자의 자세에 관계없이 조사가 가능하도록 제작되었다.

fig.1-b는 Spoiler를 지지할 수 있는 아크릴판 구조로 광자선의 입사부와 조사표면과의 거리를 조절할 수 있도록 좌우에 새겨진 눈금에 맞추어 상하로 이동이 가능하게 제작하였다. fig.1-c는 두경부의 측면 조사에서 신체의 구조상 근접해있는 어깨걸림을 방지하도록 조절이 가능하게 하였다.

그리고 fig.1-d와 같이 Spoiler는 테이블 및 어깨걸림에 영향을 받지 않고 환자의 조준 된 모습을 보여주고 있다.

2. 물 팬텀을 이용한 깊이와 측방에 따른 선량분포의 측정

Spoiler의 사용에 따른 선량분포의 변화를 알아 보기 위해 선형가속기의 6MV 광자선을 사용하여 물 팬텀에서 SSD를 100cm으로 하고 Spoiler의 사용여부 및 STSD를 6, 10, 15cm로 바꾸어 가면서 대칭된 조사면의 크기는 5×5, 7×7, 10×10, 15×15, 20×20cm²로 하여 깊이 에 따른 선량의 분포(PDD : Percent Depth Dose-수직이동)를 평판형 전리함인 Markus chamber(PTW, 독일)를 이용하여 측정하였다. (fig.2)

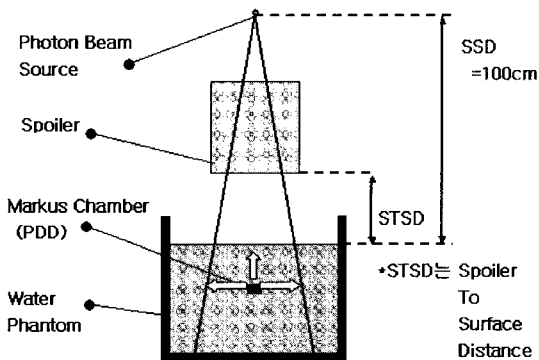


fig.2 물 팬텀을 이용한 깊이와 측방선량의 측정

그리고 Bolus의 측정치는 Bolus를 물 등가 물질로 가정하여 Spoiler의 미사용(OPEN) 시 측정된 데이터가 0.5cm 수직이동하여 표현 되었다. 그리고 아크릴 1cm 두께의 Spoiler의 사용에 따른 빔 선질의 변화는 무시할 수 있을 것으로 보고 3cm깊이까지 측정 한 후, Spoiler를 사용하지 않는 조건의 해당 치료 조사면에서 3cm깊이의 선량백분율과 일치하도록 하였다.

Spoiler에서 발생된 산란선은 입사 에너지가 큰 관계로 빔의 중심부에 밀집되는 경향을 가지기 때문에(3) 중심축의 선량분포 특성만으로는 치료면 전체가 균일하게 되는지 알 수가 없으므로 측방선량분포(profile-수평이동)를 함께 측정하여 확인하였다.

3. 고형 팬텀을 이용한 표면선량의 측정

Markus 전리함의 경우, 수중에서 측정 시 방수 캡을 씌워야 하기 때문에 표면선량을 측정할 수가 없었다. 따라서 고형 팬텀내에서 방수 캡을 씌우지 않은 상태의 표면선량을 측정하였으며 3cm깊이의 선량측정을 병행하였다. 측정에는 Bolus(0.5cm), Spoiler의 사용여부 및 조사면을 5×5, 10×10, 20×20cm²에 따라서 STSD를 6, 10, 15cm으로 하였다.

Markus 전리함을 사용하여 측정된 광자선의 표면선량은 Rawlinson등이 다른 전리함을 통한 비교 실험결과,

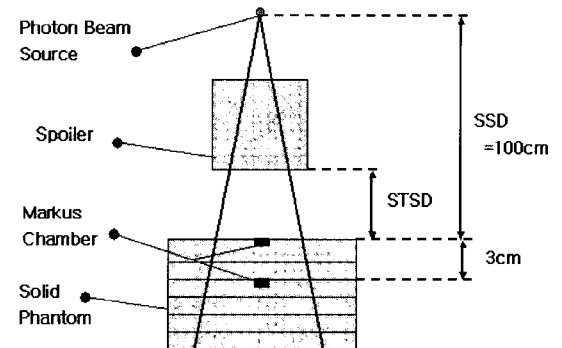


fig.3 고형 팬텀을 이용한 표면선량의 측정

전리함의 측면 벽 등에 의한 선량증가 현상으로 약10% 이상의 과 반응을 보이는 것으로 알려져⁹⁾ 측정값에 적절한 교정을 하였다.(fig.3)

4. 전산화 치료계획 시스템에서 선량분포의 비교

Spoiler를 이용한 치료가 치료계획 과정에서 적절히 사용될 수 있게 하기 위해서 두경부의 CT(Computed Tomography)영상에 측정된 결과를 바탕으로 전산화 치료계획 장치인 Pinnacle 6.0에 입력을 하고 OPEN, Bolus(0.5cm), Spoiler에 대한 빔 모델링을 시행하였다.

III. 결과

1. 깊이와 측방 선량분포의 측정결과

각 조건에서의 선량분포를 조사면이 5×5, 10×10, 20×20cm²일 때 OPEN, Bolus, Spoiler로 구분하면 측정된 깊이에 따른 선량분포 곡선에서 STSD가 짧아질수록 Bolus의 특성에 가까워지는 것을 알 수 있었으며 조사면이 작아질수록 표면선량이 작아지고 조사면이 20x20cm²의 경우 먼 거리에서 Spoiler를 장착하더라도 피부보호 효과를 기대할 수 없었다. (fig.4)

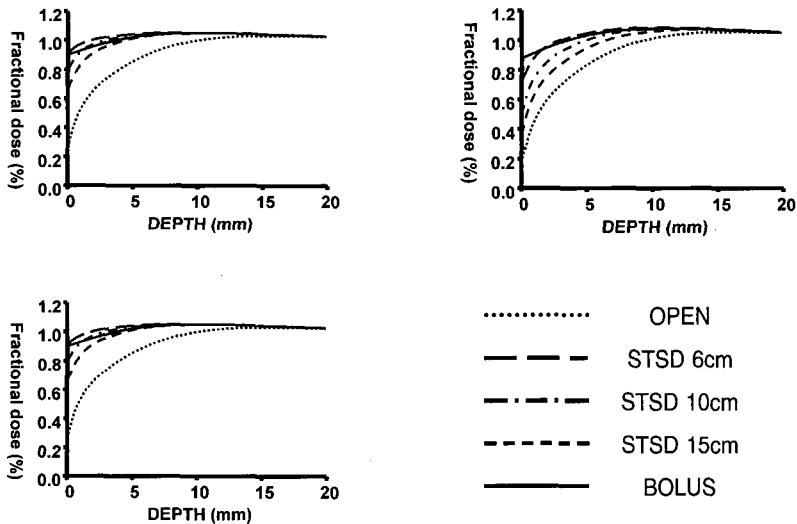


fig.4 Spoiler와 표면간의 거리 및 조사면 크기에 따른 6MV 광자선의 PDD 곡선

a) 5x5cm² b) 10x10cm² c) 20x20cm²

: 그림에서 Bolus(두께5mm)의 PDD곡선은 물 등가물질 5mm가 수면에 위치해 있는 것으로 가정하여 Open의 PDD곡선을 수면쪽으로 5mm 수직이동 하여 얻은 것임.

또한 STSD(6, 10cm)에 대한 측방 선량분포 곡선의 비교에서 STSD를 변화하는 것은 심부선량의 분포에 영향을 주지 않는 것으로 확인할 수 있었으며 (fig.5) 이를 통해 3cm의 측정량을 기준으로 표면에서 2mm깊이의 백분율(%)을 나타내었다. (Table.1)

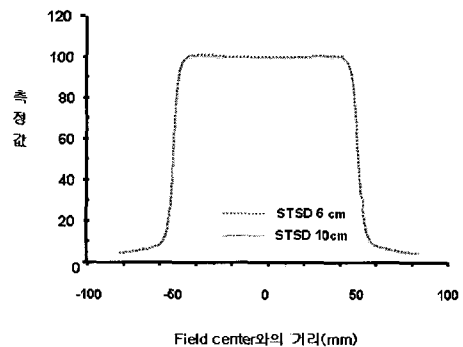


fig.5 3cm 깊이에서의 STSD의 변화에 따른 측방 선량의 분포

Table.1 표면 2mm 깊이에서 측정기준별 백분율 (3cm깊이 치료기준, %)

: 치료의 깊이를 3cm으로 가정할 때, 표면에서 2mm깊이에서의 치료 조건별 선량의 백분율 크기.

조사야	OPEN	Spoiler와 표면과의 거리			Bolus
		15cm	10cm	6cm	
5×5cm	62	66	72	82	97
7×7cm	62	72	80	91	96
10×10cm	64	79	89	98	97
15×15cm	67	89	97	102	98
20×20cm	70	96	101	103	99

2. 표면선량의 측정결과

Markus 전리함의 과 반응을 교정 후 3cm깊이를 기준으로 6cm인 경우 Bolus를 사용한 것 보다 더욱 높은 표면선량으로 한 표면선량에서 조사면이 20×20cm²이고 STSD가 6cm인 경우를 나타내었으며 (Table.2)

Table.2 표면선량의 측정결과 (3cm깊이의 측정량을 기준, %)

조사야	OPEN	Spoiler와 표면과의 거리			Bolus
		15cm	10cm	6cm	
5×5cm	62	66	72	82	97
7×7cm	62	72	80	91	96
10×10cm	64	79	89	98	97
15×15cm	67	89	97	102	98
20×20cm	70	96	101	103	99

임상적으로 많이 사용하는 조사면과 Spoiler의 장착조건을 감안할 때 Spoiler와 표면이 10, 15cm 일 때가 가장 적절하게 나타났다. (fig.6)

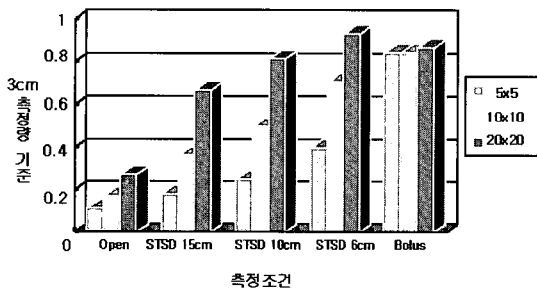


fig.6 표면선량의 측정결과

3. 전산화 치료계획 시스템에서 선량분포의 결과

실험측정치를 전산화 치료계획 시스템에 입력하여 선량분포를 확인한 결과 Spoiler를 사용하는 경우 그림들의 좌측하단부위에서와 같이 OPEN때보다 피부표면으로 build up 영역의 선량을 끌어 올릴 수 있으며 좌측상단의 모습처럼 Bolus 보다 Spoiler가 Skin Sparing효과는 어느 정도 유지가 되는 것을 보여주었다. (fig.7-a, b, c)



a) Open b) Bolus (0.5cm) c) Spoiler

fig.7 전산화 치료계획 시스템에서의 선량분포

IV. 고찰 및 결론

Spoiler는 6MV 광자선의 build up 영역을 표면으로 증가시키는 동시에 Skin Sparing(피부보호)효과를 유지할 수 있어야 하는 두 가지의 목적을 가지고 있다. Kassae 등은 Spoiler와 피부표면과의 거리가 6cm보다 짧거나 조사면이 $5 \times 5 \text{cm}^2$ 보다도 작을 경우에 Spoiler의 장점을 잃어버린다고 하였으며⁸⁾ 실제 측정의 결과에서도 6cm보다 짧은 경우에서 피부보호의 효과의 감소를, 작은 조사면의 경우에는 표면선량의 감소를 보여주었다. 그리고 실제 치료에서는 표면적(조사면)의 제한이 발생할 수가 있지만 Spoiler와 표면간의 거리를 다르게 함으로써 깊이에 따라 선량분포를 다양하게 할 수가 있기 때문에 신체의 요철부위 및 치료목적부위(Target volume)의 깊이 등을 고려한다면 Bolus 보다 Spoiler를 사용하는 것이 더 유용할 것이다.

참고 문헌

1. Wang, C.C., editor. Radiation Therapy for head and neck neoplasm. New York: Wiley-Liss ; 1997
2. McKenna M.G, Chen X.G, Altschuler M.D, et al.: Calculation of the dose in the build-up region for high energy photon beam. Treatment planning when beam spoilers are employed. Radiotherapy and Oncology 1995; Vol 34: 63-68
3. Kassae A, Bloch P, Yorke E, et al.: Beam spoilers versus bolus for 6MV photon treatment of head and neck cancers. Medical Dosimetry 2000; Vol. 25, No (3): 127-131
4. Niroomand-Rad A, Khoslow J, Rodgers J.E, et al.: Effects of beam spoiler on radiation dose for head and neck irradiation with 10MV photon beam. Radiation Oncology 1997; Vol. 37, No (4): 935-940
5. Rawlinson J.A, Arlen D, Newcombe D, et al.: Design of parallel plate ion chambers for buildup measurements in megavoltage photon beams. Medical Physics 1992; Vol. 19, No (3): 641-648