

6 MV X선의 주변선량분포

최 두호 · 김 일한 · 하 성환 · 박 찬일
서울대학교 의과대학 치료방사선과학 교실

요 약

방사선 치료시 조사면 밖의 신체부위에도 소량의 방사선이 흡수되며 이러한 소량의 방사선은 치료부위에 따라서는 백내장, 생식기능장애, 태아에 대한 영향등으로 나타날 수 있다. 조사면 밖에서 흡수되는 방사선량인 주변선량의 양과 분포양상 및 이에 영향을 주는 요인을 규명하기 위하여 자동식 제어장치에 의해 제어되는 실리콘 다이오드 측정기를 이용 6MV X선을 조사하면서 주변선량을 물팬텀내에서 측정하였다. 조사면의 크기, 콜리메이터의 위치, 쉐기필터의 존재여부 및 쉐기필터의 각도가 주변선량에 미치는 영향을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 주변선량은 조사면의 경계선에서 멀어질수록 감소하지만 15cm 떨어진 부위에서도 최대 흡수선량의 2.4%~5%에 이른다.
2. 주변선량은 수표면으로부터 깊이 2-3mm 근처까지 선량증가 현상이 나타나 수표면보다 0~0.3%까지 높아지며 이후 급격히 감소하여 1.5cm 근처에서 0.5~5%의 최소치에 도달한 후 다시 3~8%로 증가한다.
3. 주변선량은 조사면의 크기가 클수록 증가하여 조사면 경계선에서 10cm깊이 5cm거리에서 조사면 5×5cm²인 경우와 20×20cm²인 경우 각각 3.5%와 8.2%로서 조사면의 크기에 따라 2배이상의 증가를 보인다.
4. 상부 콜리메이터 방향의 주변선량이 하부 콜리메이터 방향의 주변선량에 비하여 높으며 그 차이는 1% 미만이다.
5. 쉐기 필터를 사용시에는 개방조사면의 경우에 비하여 주변선량이 증가되었으며 특히 얇은 방향의 주변선량이 높아 각도가 60°이고 조사면의 크기가 15×15cm²일때 조사면 경계선으로부터 5cm 거리에서는 3%정도의 주변선량의 차이를 보인다.
6. 쉐기필터의 각도가 틀수록 주변선량이 증가하여 쉐기필터의 각도가 60°일때에는 개방조사면에 비하여 약 2배 정도로 주변 선량이 증가한다.

서 론

각종 악성 종양환자의 방사선 치료에 가장 흔히 이용되는 X선 및 γ 선 조사시 피조사물에 흡수되는 방사선량은 두가지로 구분된다. 즉, 첫째는 방사선원으로부터 직접 피조사체에 조사되는 방사선에 의한 것으로 이는 조사면 내에 국한된다. 둘째는 방사선원

으로부터 조사된 방사선이 각종 주변 물체 및 피조사체 내에서 산란된 후 피조사체에 흡수되는 방사선량으로서 이는 조사면은 물론 조사면 주변의 피조사체에도 기인된다.

조사면 주변에 흡수되는 방사선량 즉, 주변선량은 조사면내에 흡수되는 선량에 비해서는 매우 적으나 각종 악성 종양의 치료성적이 향상됨에 따라 주변선

량에 의한 부작용 또는 후유증이 점차 문제가 되고 있다.

소량의 방사선에 의해 나타날 수 있는 백내장[1], 생식기능장애[2-9], 태아 피폭에 의한 선천성 기형 및 출생후 암 발현[10] 등이 문제시 되며 방사선에 의해 유발되는 것으로 알려진 백혈병[11], 유방암[12-13], 갑상선암[14-15]의 발생에 주변선량이 기여할 수 있다.

이러한 주변선량은 방사선의 종류, 에너지, 치료기기와 부속물, 조사면의 크기등에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있으므로 각기 별로 주변선량을 측정할 필요가 있다. 따라서 저자는 현재 방사선 치료에 사용되고 있는 6MV 선형 가속기를 이용한 X선 조사시 조사면 주변에 흡수되는 주변선량을 측정함으로써 향후 각종 환자 치료시 발생할 수 있는 주변선량에 의한 부작용 또는 후유증의 발생 정도를 예견하고 이를 감소시키기 위한 방법을 강구하기 위한 기본자료를 마련하고자 본 실험을 시행하였다.

재료 및 방법

주변선량의 측정은 서울대학교 병원 치료방사선과에 설치되어있는 선형가속장치 (Clinac 6/100, 미국 Varian사 제품)에서 발생하는 6MV X선을 대상으로 하였다. 흡수선량은 물팬텀형 물 팬텀내에서의 흡수선량을 측정하였으며, 측정장치로는 실리콘 다이오드 측정기(pn type, 스웨덴 Therados사 제품)를 사용하였고 측정기는 이차원적인 자동제어장치(BDS-2 type, 스웨덴 Therados사 제품)를 이용하여 위치를 조절하였다. 흡수선량 측정시에는 두개의 측정기 즉, 기준측정기와 주사측정기를 사용하였으며 기준측정기는 선형가속기 직하부의 조사면내에 그 위치를 고정하였으며, 주사측정기는 필요에 따라 제어장치를 이용하여 위치를 변화시켰다.(Fig. 1 참조). 임의의 지점에서의 흡수선량은 다음과 같이 계산하였다. 기준측정기의 측정치와 주사측정기의 측정치의 비율을 계산하고 이를 선축상 최대 흡수선량(Dm, 선축상 수

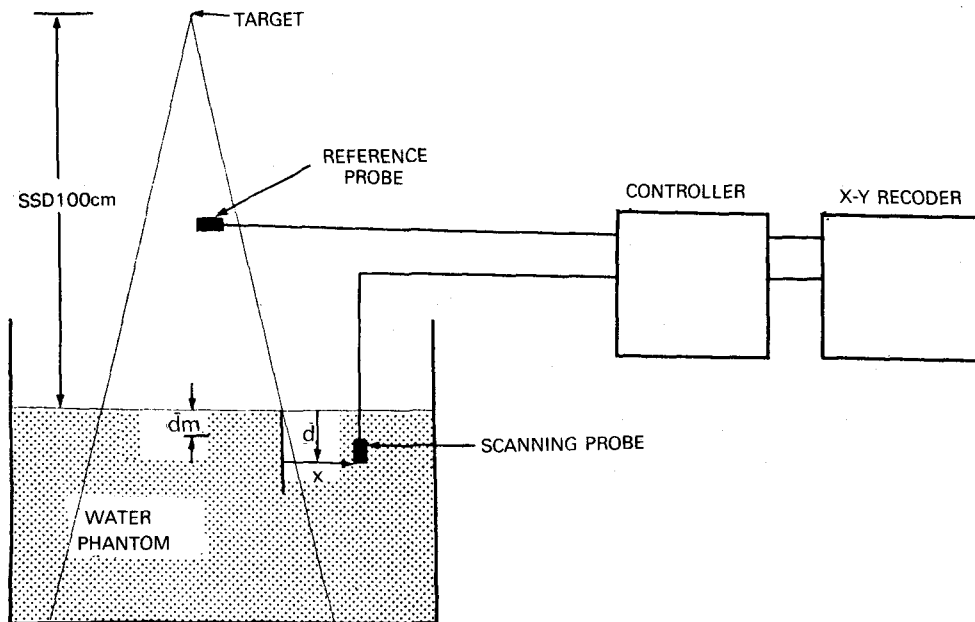


Fig. 1. Schematic diagram showing experimental set up

SSD : source to surface distance
 d : depth from water surface

dm : depth of maximum dose on beam axis
 x : distance from field margin

표면하 1.5cm에서의 흡수선량)에 대한 백분율로 환산하였다.

방사선원-수표면의 거리는 통상적인 방사선 치료 시 이용되는 거리인 100cm로 하였으며 이때 방사선원에서 상부 및 하부 콜리메이터까지의 거리는 각각 27.5cm 및 37.5cm이었다. 방사선원-설상필터(wedge filter)의 거리는 각각 42.5cm이었고 사용한 췌기 필터의 각도는 15°, 30°, 45°, 및 60°의 4가지 이었으며 췌기필터의 경사면이 아래쪽을 향하도록 하였다.

췌기필터의 각도는 선축의 직각 방향과 50% 등선량곡선의 접선이 이루는 각도를 말한다.

개방조사면(open field) 조사시의 주변선량은 5×5cm², 10×10cm², 15×15cm² 및 20×20cm² 크기의 정사각형 조사면에 대하여 각각 측정하였다.

수표면하 1.5cm(선축상 최대선량점 깊이, dm에 해당), 5cm 및 10cm 깊이에서 수평축을 따라 측정하였고, 수면상 조사면의 경계선으로부터 15cm거리까지 측정하였으며 또한 각 조사면 크기 별로 조사면 경계선으로부터 5cm, 10cm 및 15cm거리에서 수면으로부터 15cm 깊이까지 수직축을 따라 측정하였다.

이상의 측정시 서로 직각으로 위치한 상부 및 하부 콜리메이터에 의한 영향을 비교하기 위하여 서로 직각인 두 방향에서 각각 측정하였다.

췌기필터 사용시의 주변선량의 측정은 조사면 5×5cm², 10×10cm² 및 15×15cm²에 대하여 측정하였으며 이는 설상필터의 폭이 100cm 거리에서 15.7cm에 해당하기 때문이다. 설상필터에 의한 영향은 췌기필터의 얇은 방향(blade side)과 두꺼운 방향(ridge side)에 대하여 각각 측정하였으며 이상의 두 방향은 상부 콜리메이터와 수직인 방향에 해당하였다.

결 과

1. 개방조사면 조사시의 주변선량

상부 콜리메이터에 의한 주변선량이 하부 콜리메이터에 의한 영향보다 다소 높았으며 다음의 여러 측정치는 상부 콜리메이터의 영향에 의한 주변선량으로 비교하였다.

주변선량은 조사면 경계선으로부터 거리가 증가함

에 따라 점차 감소하였다. 수면하 10cm에서의 주변선량은 조사면 크기 5×5cm²인 경우 조사면 경계선에서 2cm 거리에서는 5.6%, 5cm 거리에서는 3.6%, 15cm 거리에서는 2.7%이었고 조사면 크기 20×20cm²인 경우에는 조사면 경계선에서 2cm 거리에서 12.5%, 10cm 거리에서 5.1%, 15cm 거리에서 3.7%로 조

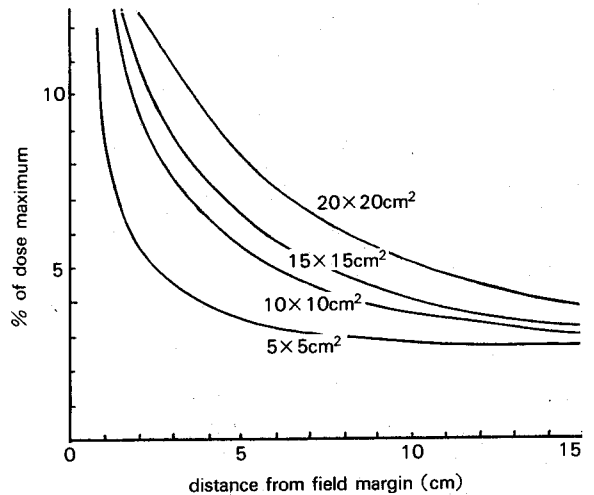


Fig. 2. Comparison of peripheral doses by 4 different field sizes at 10cm depth from the water surface

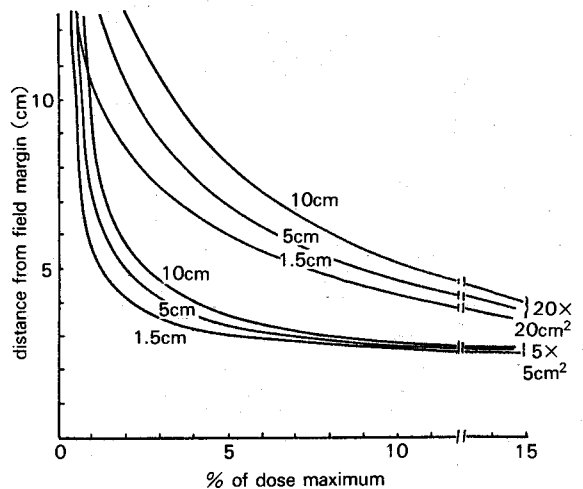


Fig. 3. Comparison of peripheral doses at different depths from the water surfaces (1.5cm, 5cm, 10cm) by 20×20cm², 5×5 cm² fieldsize.

사면 크기에 따라 5~10cm 거리까지 비교적 급격히 감소하였고, 그 이상의 거리에서는 서서히 감소하는 경향을 보였으며, 조사면 크기가 클수록 주변선량이 높은 것으로 나타났다.(Fig.2, Fig.3).

주변선량은 일정 지점에서 깊이가 증가함에 따라 수표면 근처에서는 선량증가 현상을 보이고 이후 급격히 감소하다가 서서히 증가하는 양상을 보였다. 조사면 경계선에서 5cm 떨어진 곳의 주변선량은 조사

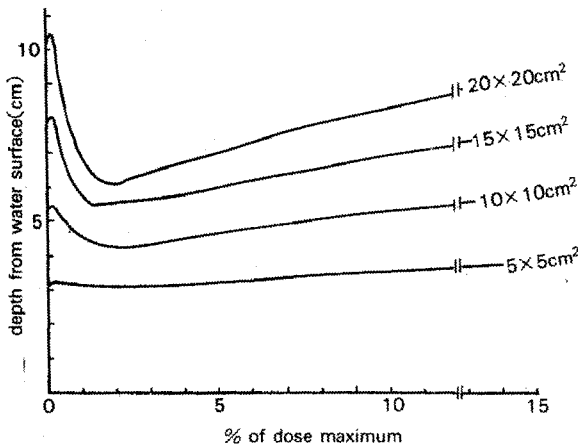


Fig. 4. Comparison of peripheral doses by 4 different field sizes at 5cm distance from the field margin.

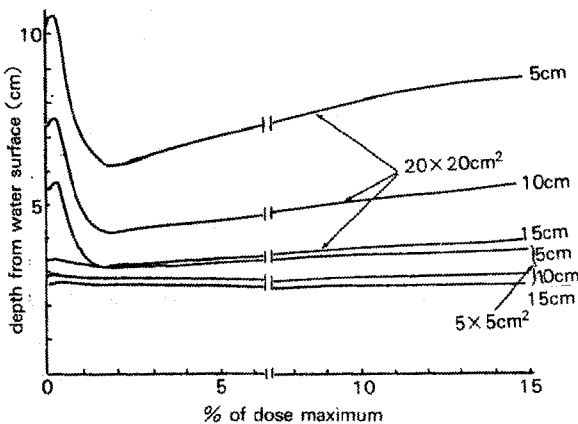


Fig. 5. Comparison of peripheral doses according to distance from the field margin(5cm, 10cm, 15cm) by 20x20cm², 5x5cm² field size.

면 크기 20x20cm²인 경우 표면선량은 다이오드의 차폐 두께를 무시한 상태에서 10.2%, 2mm 깊이에서 최대치인 10.5%이었으며 이후 급격히 감소하여 1.5cm에서 최저치 6.0%이었고 다시 점차 증가하여 15cm 깊이에서 8.9%이었다. 이러한 양상은 그 정도의 차이는 있으나 조사면의 크기별로 매우 유사하였다 (Fig.4, Fig.5).

조사면 경계선으로 부터의 거리와 수표면하의 깊이가 동일할 경우 주변선량은 조사면 크기에 따라 큰 차이를 보였다. 5cm거리 5cm깊이에서는 조사면의 크기가 5x5cm²에서 20x20cm²으로 증가함에 따라 3.2%에서 6.9%로 2배 이상으로 증가하였으며 10cm거리, 10cm깊이에서는 2.8%에서 5.1%로 1.5배 이상으로 증가하였다.(Table 1).

서로 직각으로 위치한 상하 콜리메이터가 주변선량에 미치는 영향은 상부 콜리메이터에 의한 영향이 다소 큰 것으로 나타났다. 조사면의 크기 20x20cm²인 경우 조사면 경계선에서 5cm 거리에서의 주변선량은 상부 및 하부 콜리메이터와의 수직 방향에 따라 각각 수표면에서는 10.2% 및 9.4%, 최저치에 달하는 1.5cm 깊이에서는 6.0% 및 5.2%, 10cm 깊이에서는 8.2% 및 7.4%로 나타나 콜리메이터에 따른 차이는 1%미만이며 수표면으로 부터의 깊이가 증가함에 따라 차이가 감소하는 경향을 보였다. 조사면의 크기가 5x5cm²인 경우에는 수표면에서 3.3% 및 3.1%, 최저치에 달하는 1.5cm깊이에서 3.0% 및 2.8%, 10cm깊이에서 3.5% 및 3.3%로서 조사면의 크기 20x20cm²에 비하여 콜리메이터의 위치에 따른 영향이 아주 작음을 알 수 있었다(Fig. 6).

2. 췌기필터를 사용시의 주변선량

주변선량은 췌기필터의 각도가 클수록 증가하였다. 15x15cm² 크기의 조사야에서 얇은 방향으로 조사면 경계선 10cm거리에서 수표면하 10cm의 주변선량은 췌기필터의 각도 15°, 30°, 45°, 60°에 대해 각각 5.0%, 5.4%, 6.6%, 8.0%로 60° 췌기필터의 경우 개방조사면 일때 같은 점의 3.9%에 비하여 2배 이상의 주변선량 증가를 볼 수 있었다 (Fig.7)

조사면의 크기가 작을수록, 췌기필터의 각이 작을

Table 1. Peripheral doses of 6MV X-ray via open field from the position of upper and lower collimators

Field size	Depth (cm)	Distance from Field Margin					
		5cm		10cm		15cm	
		upper*	lower**	upper	lower	upper	lower
5×5cm ²	1.5	3.0%	2.8%	2.6%	2.5%	2.5%	2.4%
	5	3.2	2.9	2.7	2.6	2.6	2.5
	10	3.5	3.3	2.8	2.7	2.7	2.6
10×10cm ²	1.5	4.3	3.7	3.1	2.9	2.6	2.5
	5	4.7	4.3	3.3	3.1	2.8	2.7
	10	5.4	4.9	3.6	3.3	2.9	2.8
15×15cm ²	1.5	4.8	4.2	3.3	3.0	2.7	2.6
	5	5.6	5.0	3.6	3.3	2.8	2.7
	10	6.5	5.9	3.9	3.6	3.0	2.9
20×20cm ²	1.5	6.0	5.2	4.0	3.4	3.1	2.7
	5	6.9	6.1	4.6	3.9	3.4	3.0
	10	8.2	7.4	5.1	4.6	3.7	3.4

* : upper collimator position

** : lower collimator position

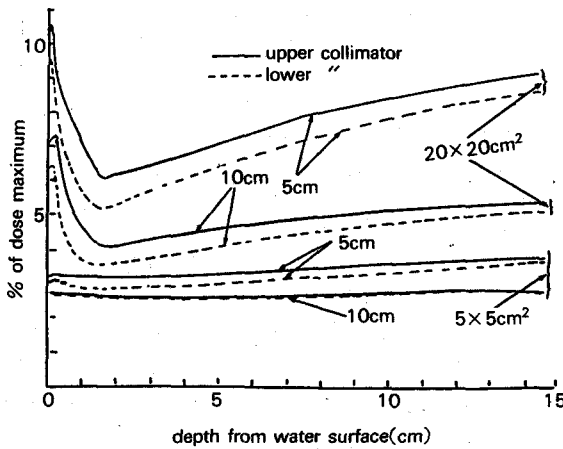


Fig. 6. The peripheral doses from upper and lower collimator positions by 5×5cm², 20×cm² field sizes at 5, 10cm distance from field margin

수록, 주변선량의 증가폭은 조금씩 줄어드나 가장 작은 측정치의 크기인 5×5cm², 15°, 에서도 0.5% 정도로 췌기필터에 의한 주변선량 증가가 관찰되었

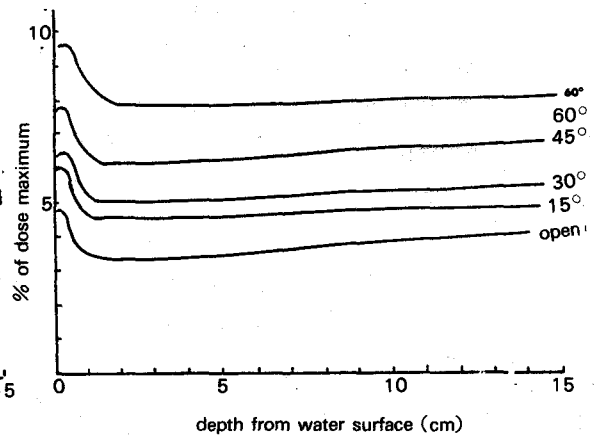


Fig. 7. The peripheral doses from open and 4 different wedge filter angles by 15×15cm² field size (blade side) at 10cm distance from field margin.

으며 15×15cm² 크기의 조사면에서 60°, 췌기필터로 5cm 깊이에서는 10% 이상의 주변선량이 관찰되었다 (Table 2).

Table 2. Comparison of peripheral doses between open and wedge filter(blade side) at 5cm depth from the upper collimator position.

Field size	Wedge filter angle	Distance from Field Margin		
		5cm	10cm	15cm
5×5cm ²	open	3.2%	2.7%	2.6%
	15	3.7	3.3	3.1
	30	3.9	3.5	3.2
	45	4.8	4.0	3.9
	60	5.7	5.0	4.7
10×10cm ²	open	4.7	3.3	2.8
	15	5.5	4.0	3.5
	30	5.7	4.3	3.7
	45	7.1	5.3	4.6
	60	8.2	6.3	5.6
15×15cm ²	open	5.6	3.6	2.8
	15	7.0	4.9	4.0
	30	7.3	5.2	4.2
	45	9.3	6.4	5.4
	60	10.5	7.7	6.2

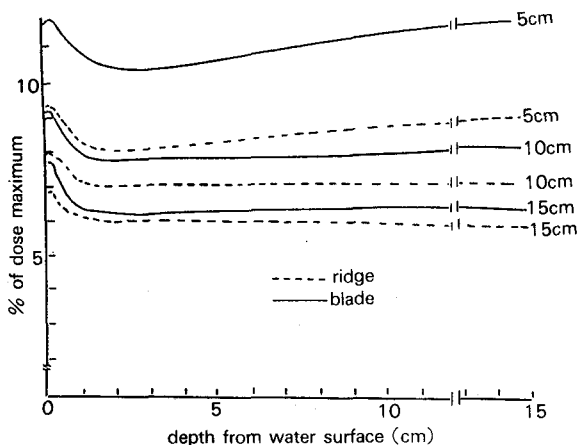


Fig. 8. Peripheral doses between blade and ridge side of wedge filter (60°) by 15×15cm² size at 5, 10, 15cm distance from field margins

췘기필터는 얇은 방향의 주변선량이 두꺼운 방향보다 높게 나타났다. 췘기필터의 각이 60°, 일때 조사면 크기 15×15cm²에서 거리에 따른 변화는 조사면 경계선으로부터 5cm거리에서 주변선량은 얇은 방향이 3% 정도 더 높았고 10cm거리에서는 1% 정도 더 높았다. 그리고 깊이에 따른 변화는 10cm 거리에서는 1.5cm이상의 깊이에서 거의 동일하였으나 얇은 방향의 5cm거리에서는 10.5%에서 11.9%로 약간 증가하였으며 두꺼운 방향의 15cm거리에서는 6.1%에서 5.7%로 약간 감소하였다.(Fig. 8)

두 방향간의 변화는 조사면의 크기에도 영향을 받았다. 췘기필터의 각도가 45°, 일때 1.5cm에서 거리에 따른 변화를 보면 두 방향간의 측정치의 최대 차이는 5×5cm², 10×10cm², 15×15cm²에서 각각 0.3%, 1.1%, 2.5%로 조사면이 클수록 차이가 많고 거리가 멀수록 차이가 감소하여 15cm떨어진 거리에서는 거의 동일하였다.(Fig. 9)

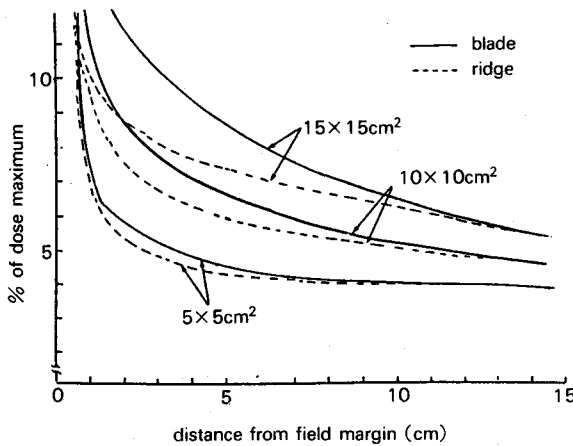


Fig. 9. Peripheral doses between blade and ridge sides of wedge filter (45°) at 1.5cm depth by 5×5cm², 10×10cm², 15×15cm² field sizes.

고 찰

주변선량은 피조사체에서 산란되는 방사선에 의한 선량과 치료장치 및 공기에 의한 산란선, 반발전자에 의한 선량 및 콜리메이터에서 생성되는 산란선으로 근처에 중요한 장기가 있을 경우에 큰 영향을 미칠 수 있다.

조사면이 커지면 피조사체에서의 산란선량이 증가하여 주변선량이 커진다. 조사면 경계선에서 멀어짐에 따라 피조사체에서 나오는 산란선량이 감소되고 콜리메이터에서 나오는 산란선도 감소하므로 주변선량은 급격히 감소하다가 먼거리에서는 피조사체에서 오는 산란선의 비율이 적어져서 다소 완만하게 감소한다. 치료장치에서 나오는 누출선량은 저자가 측정 한 조사면 경계선에서 15cm까지에서는 주변선량에 미치는 비율이 극히 적다[16]

조사면의 경계선에 가까울 경우에는 물탱크에서 오는 산란선이 대부분이므로 수표면으로 부터의 깊이가 증가함에 따라 총 주변선량이 증가된다. 그러나 조사면 경계선에서 멀어질수록 콜리메이터의 산란선과 치료장치의 누출선량의 기여도가 높아지며[17]

이들은 깊이의 증가시 물에 의한 감소로 인하여 그 양이 감소되므로 총 주변선량의 증가율은 매우 완만하게 된다. 조사면의 크기, 조사면 경계선에서의 거리, 수표면에서의 깊이에 따른 변화는 다른 저자들의 측정결과와도 정성적으로 일치하였다[18-23].

강등[23]이 보고한 ⁶⁰Co γ선과 10MV X선을 저자의 6MV X선과 비교시 조사면 경계선에서 5cm거리, 수표면에서 5cm 깊이인 점에서 조사면의 크기 10×10cm², 15×15cm², 20×20cm²인 경우 ⁶⁰Co γ선과 10MV X선의 주변선량이 각각 4.0%, 6.5%, 7.2%와 3.3%, 4.5%, 5.8%로서 저자가 6MV X선으로 측정 한 같은 점의 주변선량인 4.7%, 5.6%, 6.9%는 대체로 ⁶⁰Co γ선보다 낮고 10MV X선보다 높았다. 이 3가지 치료장치에서 ⁶⁰Co γ선의 주변선량이 가장 높고 10MV X선의 주변선량이 가장 낮은 수치를 나타내는 것은 Fraass등[18]이 서로 다른 에너지를 가지는 여러 가지 치료장치중 6MV X선의 주변선량에도 적은 조사야(6×6cm²)는 본 실험보다 적었으며 조사면이 클수록 같은 양상을 보는데 같은 에너지라도 기기의 종류에 따라 달라 Fraass등[18]의 Clinac 18과 Mevatron XII의 차이보다 본 실험의 Clinac 6/100과 Fraass [18]의 Mevatron VI에서 더 차이가 났다. 수표면 2-3 mm 깊이에서 선량증가 현상이 나타나는 것은 주로 산란된 전자선에 의한 것으로 Starkshall등[21]은 선축상 최대 선량점 깊이에 비해 20%정도 주변선량이 증가한다고 보고하였으며 본 실험에서도 20×20cm² 크기의 조사야에서 18% 정도 높게 나타났다.

상부 콜리메이터에 의한 주변선량이 하부 콜리메이터에 의한 주변선량보다 높은 이유는 피조사체에서 나오는 산란선량은 같으나 콜리메이터가 방사선원에 가깝게 있을때 방사선원을 대하는 각이 커서 X선과 상부 콜리메이터의 충돌이 하부 콜리메이터보다 많아 투과율이 높기 때문이며 Fraass등[18]은 상부 콜리메이터에 의한 산란선량이 하부 콜리메이터에서 보다 2배 정도 높다고 보고하고 있다. 본 실험에서 20×20cm² 크기의 조사면에서 두 콜리메이터 방향간의 차이에 의한 주변선량은 1%정도 차이를 보였고 조사면 경계선에서 멀어질수록 차이가 작아 Fraass등[18]의 실험과 정성적으로 일치하였으며 강

등[23]의 10MV X선으로 측정된 1.5% 차이보다 약간 낮았다.

췌기필터를 사용시에는 다음과 같은 4가지 영향을 더 고려할 수 있다.

1. 췌기필터는 산란선의 다른 원천이 된다.
2. 췌기필터는 콜리메이터에서 오는 산란선의 일부를 차단시킬 수 있다.
3. 피조사체에 들어가는 방사선의 스펙트럼과 각 분포를 변화시켜 피조사체에 의한 산란선에 영향을 준다.

4. 개방조사면에서와 같은 선량을 조사하기 위하여 췌기필터가 있을시 더 많은 양의 방사선이 필요하여 이것은 콜리메이터의 산란선량을 증가시킨다.

이상과 같은 4가지 영향의 합계로 인하여 췌기필터를 사용시에는 주변선량이 더욱 증가하게 된다.

췌기필터 사용시 얇은 방향에서의 주변선량이 더 높은 것은 두꺼운 방향보다 두께가 작아서 췌기필터 자체에서 생기는 산란선량은 더 적게 되지만 콜리메이터에서 나오는 산란선에 대한 차폐효과가 적어 두꺼운 방향보다 주변선량에 대한 기여도가 커진다. 동시에 얇은 방향의 피조사체에 도달하는 방사선이 더 많아 그 쪽 피조사체에서 나오는 주변선량이 더 많아지기 때문이다. 이러한 양상은 Kang et al[24]의 실험 결과와 정성적으로 일치하였으며 췌기 필터의 각도가 60°이고 조사면의 크기가 10×10cm²일때 조사면 경계선에서 5cm거리 수표면에서 10cm깊이인 점의 주변선량의 차이는 저자의 6MV X선에서 1.5% 이었고 Kang et al[24] ⁶⁰Co γ선에서는 1.4%이었다.

결 론

6MV X선 조사시의 주변선량을 물캔통에서 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 주변선량은 조사면의 경계선에서 멀어질수록 감소하지만 15cm 떨어진 부위에서도 최대 흡수선량의 2.4%~5%에 이른다.
2. 주변선량은 수표면으로부터 깊이 2~3mm 근처까지 선량증가 현상이 나타나 수표면보다 0~0.3%까지 높아지며 이후 급격히 감소하여 1.5cm 근처에서 0.

5~5% 최소치에 도달한 후 다시 3~8%로 증가한다.

3. 주변선량은 조사면의 크기가 클수록 증가하여 조사면 경계선에서 10cm 깊이 5cm 거리에서 조사면 5×5cm²인 경우와 20×20cm²인 경우 각각 3.5%와 8.2%로서 조사면의 크기에 따라 2배 이상의 증가를 보인다.

4. 상부 콜리메이터 방향의 주변선량이 하부 콜리메이터 방향의 주변선량에 비해 높으며 그 차이는 1% 미만이다.

5. 췌기필터를 사용시에는 개방조사면의 경우에 비하여 주변선량이 증가되었으며 특히 얇은 방향의 주변선량이 높아 각도가 60°이고 조사면의 크기가 15×15cm일때 조사면 경계선으로부터 5cm거리에서는 3% 정도의 주변선량의 차이를 보인다.

6. 췌기필터의 각도가 클수록 주변선량이 증가하여 췌기필터의 각도가 60°일 때에는 개조사면에 비하여 약 2배 정도로 주변선량이 증가한다.

이상과 같은 결과로서 주변선량은 치료계획선량에 비하여는 적은 선량이나 5cm 정도 떨어진 부위에서도 여러 조건에 따라 치료계획 선량의 3~10%의 주변선량이 흡수됨으로 근처에 중요한 장기가 있을 때 임상적으로 여러가지의 영향을 미칠 수 있는 선량이므로 차폐가 가능한 부분은 차폐가 필요하리라 생각 된다.

REFERENCES

1. Meriam GR, Focht EF, "A clinical study of radiation cataracts and the relationship to dose," *Am. J. Roentgenol.*, 77, 759-785(1957).
2. Sandeman TF, "The effect of X irradiation on male human fertility," *Br. J. Radiol.*, 39, 901-907 (1966).
3. Speiser B, Rubin P, Casarett G, "Aspermia following low truncal irradiation in Hodgkin's disease," *Cancer*, 32, 693-698(1973).
4. Hahn EW, Feingold SM, Nisce J, "Aspermia and recovery of spermatogenesis in cancer patients following incidental gonadal irradiation during

- treatment. A progress report," *Radiology*, 119, 223-225(1976).
5. Lushbauch CC, Casarett GW, "The effects of gonadal irradiation in clinical radiation therapy A review," *Cancer*, 37, 1111-1120(1976).
 6. Shalet SM, Beardwell CG, Morris Jones PH, et al., "Ovarian failure following abdominal irradiation in childhood," *Br. J. Cancer*, 33, 655-658(1976).
 7. Hall EJ, *Radiobiology for the Radiologist*, 2nd ed., pp. 357-382, Harper Row. Hagerstown, Maryland. (1978)
 8. Horning SJ, Hopper RT, Kaplan HS, et al., "Female reproductive potential after treatment for Hodgkin's disease," *N. Engl. J. Med.*, 304, 1377-1382(1981).
 9. Fossa SD, Almaas B, Jetne V, et al., "Paternity after irradiation for testicular cancer," *Acta. Radiol. Oncol.*, 25, 33-36(1986).
 10. Griem ML, Meier P, Dobben GD, et al., "Analysis of the morbidity and mortality of children irradiated in fetal life," *Radiology*, 88, 347-349(1967).
 11. Linos A, Gray JE, Orvis AL, et al., "Low-dose radiation and leukemia," *N. Engl. J. Med.*, 302, 1101-1109(1980).
 12. Mole RH, "The sensitivity of the human breast to cancer induction by ionizing radiation," *Br. J. Radiol.*, 51, 401-405(1978).
 13. Boice JD, Land CE, Shore RE, et al., "Risk of breast cancer following low-dose radiation exposure," *Radiology*, 131, 589-597(1979).
 14. Favus MJ, Schneider AB, Stochura ME, et al., "Thyroid cancer occurring as a late consequence of head and neck irradiation," *N. Engl. J. Med.*, 294, 1019-1025(1976).
 15. Modan B, Ron E, Werner A, et al., "Thyroid cancer following scalp irradiation," *Radiology*, 123, 741-744(1977).
 16. Capone J, Karzmark CJ, "Measurement of 6 MV X ray, III," *Br. J. Radiol.*, 41, 227-230(1968).
 17. Kase KR, Svensson GK, Wolbast AB, et al., "Measurements of dose from secondary radiation outside a treatment field," *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 9, 1177-1183(1983).
 18. Fraass BA, van de Geijn J., "Peripheral dose from megavolt beams," *Med. Phys.*, 10, 809-818(1983).
 19. Bhatnagar JP, "Secondary radiation from super-voltage accelerators-its implication in patient protection," *Br. J. Radiol.*, 50, 449-450(1977).
 20. Mackie TR, Scrimger JW, "Contamination of a 15 MV photon beam by electrons and scattered photons," *Radiology*, 144, 403-409(1982).
 21. Starkshall G, St. George FJ, Zeller DL. et al., "Surface dose for megavoltage photon beams outside the treatment field (Abstract)," *Med. Phys.*, 9, 632 (1982).
 22. Horton JL, "Dose in the build-up region outside the primary beam," *Med. Phys.*, 11, 331-334(1984)
 23. 강위생, 허승재, 하성환, "⁶⁰Co γ 선과 10MV X선의 조사면 밖의 선량분포에 관한 연구," 대한 치료방사선과 학회지, 2, 271-280(1984).
 24. Kang WS, Kim IH, Park CI, "A study on the effects of wedge filter in peripheral dose distribution," *J. Korean Soc. Ther. Radiol.*, 3, 145-151(1985).

A Study on the Peripheral Dose of 6MV X-ray Beam

Doo Ho Choi, Il Han Kim,
Sung Whan Ha, Charn Il Park

*Department of Therapeutic Radiology,
College of Medicine, Seoul National University.*

ABSTRACTS

The peripheral dose, defined as the dose outside therapeutic photon fields, was estimated for 6MV X-ray linear accelerator. The measurements were performed using silicon diode detectors controlled by automatic controlled water phantom.

The effects of field size, collimator position, presence or absence of wedge filter, and wedge angle were analyzed.

The results were as follows

1. The peripheral dose decreases as the distance from field margin increases and it is more than 2.4% of central axis maximum dose even at 15cm distance from field margin.
2. Maximum build-up of peripheral dose is at 2-3 mm from the water surface and drops to a minimum at 1.5cm depth and then the dose increase again.
3. The peripheral dose increases as the field size increases. At the short distance from field margin, the difference of peripheral dose between 5x5cm² and 20x20cm² field size reaches more than 2 fold.
4. The peripheral dose is higher along the upper collimator than along the lower collimator. The differences is less than 1%.
5. The presence of wedge filter increases peripheral dose. And the peripheral dose is higher along the blade side of wedge filter than along the ridge side. The difference is about 3% at 5cm distance from the field margin for 15x15cm² field size and 60° wedge filter.
6. The peripheral dose of wedge filter increases as the wedge filter angle increases and the increasing ratio is about 2 fold in 60° wedge filter compared with open field.