

전자선 치료 시 차폐블록 두께 변화에 따른 블록 주변 선량에 관한 연구

전북대학교 병원 방사선종양학과¹⁾, 전북대학교 의과대학 방사선종양학과²⁾, 전북대학교 병원 의생명연구소³⁾

박시온¹⁾ · 박근탁¹⁾ · 박주경¹⁾ · 이승훈¹⁾ · 김양수¹⁾ · 김정수^{2,3)} · 권형철^{2,3)} · 이선영^{2,3)}

목 적: 전자선 치료에서 저 용융점 납합금과 순수 납을 이용한 차폐 시 두께증가에 따른 블록 가장자리의 산란선 영향을 알아보고자 한다.

대상 및 방법: 10×10 cm² 어플리케이션의 Insert Frame 절반을 차폐하도록 블록을 제작하였고, 두께는 각 재질당 3, 5, 10, 15, 20 (mm)로 하였다. 공통 조건을 에너지 6 MeV, 선량률 300 MU/Min, 갠트리 각도 0, 부여선량 100 MU으로 설정하였고, 블록의 위치와 측정점의 위치, 블록재질을 각각 달리하여 블록 두께증가에 따른 상대적인 산란비율을 평행평판형 전리함과 고체팬텀으로 측정하였다.

결 과: (측정 깊이 / 블록 위치 / 블록 재질) (표면 / 어플리케이션 / 순수 납)일 때 블록 두께가 3, 5, 10, 15, 20 (mm) 순으로 증가함에 따라 상대선량은 15.33 nC, 15.28 nC, 15.08 nC, 15.05 nC, 15.07 nC로 측정되었다. (표면 / 어플리케이션 / 합금 납)일 때 15.19 nC, 15.25 nC, 15.15 nC, 14.96 nC, 15.15 nC로 측정되었다. (표면 / 팬텀 위 / 순수 납)일 때 15.62 nC, 15.59 nC, 15.53 nC, 15.48 nC, 15.34 nC로 측정되었다. (표면 / 팬텀 위 / 합금 납)일 때 15.56 nC, 15.55 nC, 15.51 nC, 15.42 nC, 15.39 nC로 측정되었다. (심부 / 어플리케이션 / 순수 납)일 때 16.70 nC, 16.84 nC, 16.72 nC, 16.88 nC, 16.90 nC로 측정되었다. (심부 / 어플리케이션 / 합금 납)일 때 16.83 nC, 17.12 nC, 16.89 nC, 16.77 nC, 16.52 nC로 측정되었다. (심부 / 팬텀 위 / 순수 납)일 때 17.41 nC, 17.45 nC, 17.34 nC, 17.42 nC, 17.25 nC로 측정되었다. (심부 / 팬텀 위 / 합금 납)일 때 17.45 nC, 17.44 nC, 17.47 nC, 17.43 nC, 17.35 nC로 측정되었다.

결 론: 차폐블록을 이용하여 전자선 치료를 진행할 때 블록위치는 환자 체표면보다는 어플리케이션에 삽입하고 두께는 각 사용 에너지에 해당되는 최소 적정차폐두께로 제작해야 한다. 또한 블록 가장자리 경계선으로부터 떨어진 거리에 따라 변화하는 산란선의 영향을 충분히 고려하여 치료를 시행하는 것이 바람직하다고 사료된다.

▶ **핵심용어:** 전자선 치료, 산란선량, 순수 납, 저 용융점 납합금, 블록두께

서 론

고 에너지 전자선은 광자선과 달리 물리적으로 음 전하를 띤 입자선으로서 물질과의 상호작용이 활발하고 표면선량이 높으며, 각 에너지에 따라 실용비정만큼 선량을 전달한

후 급격히 감소하는 특징을 가지고 있다. 이에 전자선은 전신 또는 국소적 피부암, 유방암 흉벽조사 및 Boost 조사, 두경부암, 임파절암 등 깊이 5 cm 이내의 표재성 종양을 치료하는데 이용되며, 치료범위 외에 중요 장기나 주변 정상조직을 보호하기 위해 순수 납 또는 저 용융점 납합금으로 블록을 제작하여 차폐를 시행한다.⁽¹⁾

이 중 저 용융점 납합금은 용융점이 순수 납(327.46 °C)에 비해 약 70 °C로 훨씬 낮기 때문에 가공이 용이하여 임상에서 주로 이용되고 있으며,⁽²⁾ 어플리케이션에 삽입되는

책임저자: 박시온, 전북대학교병원 방사선종양학과
전북 전주시 덕진구 건지로 20
Tel: 063) 250-1188
E-mail: zion210340@naver.com

Insert Frame에 액화된 납을 붓고 그 양을 조절하여 블록 두께를 최대 20 mm까지 두껍게 제작할 수 있다.

하지만 전자선 치료에서 이용되는 차폐블록 구성물질의 종류와 두께, 조사야 크기, 전자선의 에너지, 선량률, 치료 각도 등 여러 가지 치료변수와 관련하여 차폐블록으로부터 2차 산란전자 및 제동복사선이 발생하고, 이는 치료의 정확성을 감소시킴과 동시에 정상조직과 중요장기에 피폭량을 증가시킬 수 있다.⁽¹²⁾

Pohlit W. 등은 물 팬텀 위에 5 mm 이하의 얇은 순수 납 판을 조사야 절반만 차폐하도록 위치시킨 후 25 MeV의 전자선을 조사했을 때 납판 가장자리의 산란선량이 최대선량을 기준으로 27 %까지 증가함을 보고하였고,⁽³⁾ 김정화 등은 차폐블록 면적변화에 따른 출력인자변화 실험을 통해 팬텀 산란인자는 일정한 조건에서 블록면적만 증가시켰을 때, 그에 따른 출력인자가 비례함을 확인하여 저 용융점 납합금 차폐물로 인한 부가적인 산란선 영향을 입증하였다.⁽⁴⁾

또한 Prasad S, Guru 등은 빔 에너지와 차폐물질의 원자번호 및 두께에 비례하여 그 산란전자와 제동복사선의 영향이 최대선량을 기준으로 14 %까지 증가함을 보고하였다.⁽⁶⁾

이와 같이 차폐블록을 사용하여 전자선 치료를 시행할 때 치료조건, 변수에 따라 산란선이 발생하고 그 중에서도 블록 두께에 의존한 조사야 경계부 및 블록 가장자리 부분의 부가적인 산란선 영향을 고려해야 한다.⁽¹¹⁾

따라서 본 저자는 전자선 치료 시 블록 두께가 증가할수록 변화하는 블록 가장자리 부분의 산란선 영향에 대해 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

차폐블록의 가장자리 부분에 영향을 미치는 산란비율을 측정하기 위해서 실제 임상조건과 같이 전자선 어플리케이터 10×10 cm² 조사야를 절반만 차폐하도록 블록을 Insert frame 모양으로 제작하였고, 블록두께는 각 재질당 3, 5, 10, 15, 20 mm로 하였다. 저 용융점 납합금 블록의 경우 각 블록의 두께를 정확히 하기 위해 3D 프린터를 사용하여 각 두께에 맞는 틀을 따로 만들었고(Fig. 1), 이



Fig. 1. Frame of low melting point alloy lead



Fig. 2. Blocks shaped in mold frame



Fig. 3. Clinac iX(Varian, PaloAlto, California, USA)

틀에 액화된 납합금을 부어 블록을 제작하였다. 순수납의 경우 3 mm, 5 mm 납판을 주문하여 저 용융점 납합금 블록과 마찬가지로 동일한 두께와 모양이 되도록 제작하였다 (Fig. 2).

선량측정은 의료용 선형가속기(Clinac iX, Varian, PaloAlto, California, USA)와 폴리스티렌 팬텀(RW3, PTW, Freiburg, Baden Wurttemberg, Germany), 평행평관형 전리함(Exradin P11, Middleton, Wisconsin,



Fig. 4. RW3 Phantom(PTW, Freiburg, Baden Wurttemberg, Germany), Exradin P11 ion chamber(Middleton, Wisconsin, USA), Unidos electrometer(PTW, Freiburg, Baden Wurttemberg, Germany)

USA), 전위계(Unidos, PTW, Freiburg, Baden Wurttemberg, Germany)를 이용하여 시행하였다(Fig. 3,4).

2. 실험 방법

차폐블록 유무와 블록두께 증가로 인해 변화하는 상대적인 산란비율을 측정하기 위해서 블록이 없는 개조사야 상태의 기준값을 먼저 측정하였다. 이후 블록으로 조사야 절반을 차폐하고 블록두께를 변화시키면서 상대적인 산란비율을 측정하였다. 공통적인 측정조건은 전자선 에너지 6 MeV, 조사야 10×10 cm², 선량률 300 MU/Min, SSD 100 cm, 갠트리 각도 0, 부여선량 100 MU, 후방산란제거를 위한 전리함 아래 5 cm의 팬텀 등으로 동일하게 설정하였다.

블록 두께변화에 따른 산란선이 블록 가장자리의 표면과 심부에 미치는 영향을 비교하기 위해 측정점의 깊이를 표면(깊이 0 cm)과 심부(1.3 cm, 6 MeV 최대선량깊이) 두 지점으로 설정하였고, 모든 실험에서 평면상 측정점의 위치는 전리함의 유효체적 지름 20 mm과 체적 외곽부분 window 길이 12 mm를 고려하여 블록 경계선과 전리함 경계선 안쪽이 서로 맞닿는 지점으로 하였다(Fig. 5, 6). 또한 블록의 위치가 실제 임상과 같이 어플리케이터(Insert Frame)에 있는 경우와 그렇지 않고 팬텀 표면 바로 위에 있는 경우, 두께변화에 따른 산란비율을 비교해보고자 블록 위치를 어플리케이터와 팬텀표면 위로 구분하였고, 블록재질을 순수 납과 저 용융점 납합금으로 분류하여 실험을 진행하였다(Fig. 7,8). 모든 실험의 측정값은 5회 조사 평균값으로 하였다.



Fig. 5. Position of ion chamber at zero depth in the phantom



Fig. 6. Position of ion chamber at depth of dose maximum under the phantom

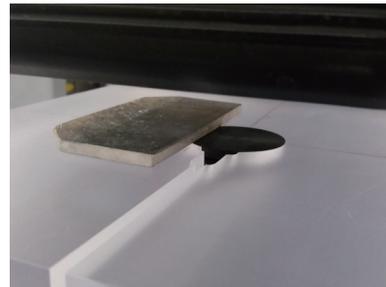


Fig. 7. Position of block on the phantom surface

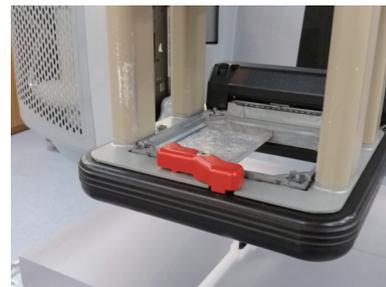


Fig. 8. Position of block on the mold frame of applicator cone

결 과

1. (측정 깊이 / 블록 위치 / 블록 재질)이 (표면 / 어플리케이터 / 순수 납)일 때 두께증가에 따른 산란비율 결과

표면에서 차폐블록이 없는 개조사야의 기준값은 평균 15.28 nC 으로 측정되었고(Table 1), 블록 두께가 3, 5, 10, 15, 20 (mm) 순으로 증가함에 따라 상대값(산란비율)은 15.33 nC(+0.33 %), 15.28 nC(0 %), 15.08 nC(-1.31 %), 15.05 nC(-1.51 %), 15.07 nC(-1.37 %)로 각각 측정되었다(Table 2). 블록 두께가 15 mm까지 증가할수록 표면 산란 비율은 감소하다가 20 mm에서 다시 증가하였다(Fig. 9).

2. (측정 깊이 / 블록 위치 / 블록 재질)이 (표면 / 어플리케이터 / 합금 납)일 때 두께증가에 따른 산란비율 결과

블록 두께가 3, 5, 10, 15, 20 (mm) 순으로 증가함에 따라 상대값(산란비율)은 15.19 nC(-0.59 %), 15.25 nC(-0.20 %), 15.15 nC(-0.85 %), 14.96 nC(-2.09 %), 15.15 nC(-0.85 %)로 각각 측정되었다(Table 3). 블록 두께가 증가할수록 표면 산란비율은 증가와 감소를 반복하였다(Fig. 9).

Table 1. Standard value in case of non block open field

Num. of time	1	2	3	4	5	Average(nC)
Surface	15,28	15,28	15,27	15,28	15,28	15,28
D _{max}	18,74	18,74	18,75	18,75	18,74	18,74

Table 2. Relative scattering ratio with increasing block thickness in case of (depth of measurement/location of block/block composition) is (Surface/Applicator/Pure Pb)

Num. of time	3 mm (nC)	5 mm (nC)	10 mm (nC)	15 mm (nC)	20 mm (nC)
1	15,33	15,29	15,08	15,05	15,07
2	15,33	15,29	15,08	15,06	15,08
3	15,34	15,28	15,08	15,06	15,07
4	15,33	15,28	15,08	15,05	15,07
5	15,33	15,28	15,07	15,05	15,08
Average(nC)	15,33	15,28	15,08	15,05	15,07
Scatter percentage	+0,33 %	0 %	-1,31 %	-1,51 %	-1,37 %

3. (측정 깊이 / 블록 위치 / 블록 재질)이 (표면 / 팬텀 위 / 순수 납)일 때 두께증가에 따른 산란비율 결과

블록 두께가 3, 5, 10, 15, 20 (mm) 순으로 증가함에 따라 상대값(산란비율)은 15.62 nC(+2.23 %), 15.59 nC(+2.03 %), 15.53 nC(+1.67 %), 15.48 nC(+1.31 %), 15.34 nC(+0.39 %)로 각각 측정되었다(Table 4). 블록 두께가 증가할수록 표면 산란비율은 감소하였고, 모든 두께의 표면 산란비율은 블록 위치가 어플리케이터일 때보다 평균 2.30 % 높게 측정되었다(Fig. 9).

Table 3. Relative scattering ratio with increasing block thickness in case of (depth of measurement/location of block/block composition) is (Surface/Applicator/Cerrobend)

Num. of time	3 mm (nC)	5 mm (nC)	10 mm (nC)	15 mm (nC)	20 mm (nC)
1	15,19	15,24	15,15	14,96	15,14
2	15,19	15,24	15,15	14,96	15,15
3	15,20	15,25	15,16	14,98	15,14
4	15,19	15,25	15,14	14,96	15,15
5	15,19	15,25	15,15	14,96	15,15
Average(nC)	15,19	15,25	15,15	14,96	15,15
Scatter percentage	-0,59 %	-0,20 %	-0,85 %	-2,09 %	-0,85 %

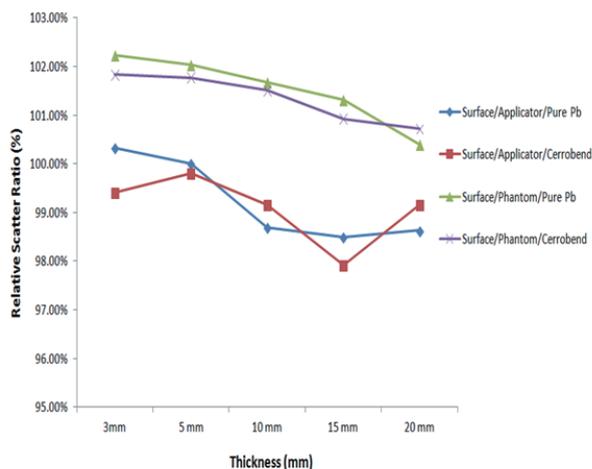


Fig. 9. The graph of relative scattering ratio according to increasing block thickness in case of block position is on the phantom surface

Table 4. Relative scattering ratio with increasing block thickness in case of (depth of measurement/location of block/block composition) is (Surface/On the phantom/Pure Pb)

Num. of time	3 mm (nC)	5 mm (nC)	10 mm (nC)	15 mm (nC)	20 mm (nC)
1	15,63	15,59	15,52	15,47	15,34
2	15,62	15,59	15,53	15,47	15,34
3	15,62	15,60	15,52	15,48	15,35
4	15,63	15,59	15,53	15,48	15,34
5	15,62	15,59	15,53	15,48	15,35
Average(nC)	15,62	15,59	15,53	15,48	15,34
Scatter percentage	+2,23 %	+2,03 %	+1,67 %	+1,31 %	+0,39 %

Table 5. Relative scattering ratio with increasing block thickness in case of (depth of measurement/location of block/block composition) is (Surface/Applicator/Cerrobend)

Num. of time	3 mm (nC)	5 mm (nC)	10 mm (nC)	15 mm (nC)	20 mm (nC)
1	15,56	15,55	15,51	15,43	15,38
2	15,56	15,55	15,51	15,43	15,39
3	15,57	15,55	15,52	15,42	15,39
4	15,57	15,56	15,51	15,42	15,39
5	15,56	15,55	15,52	15,42	15,39
Average(nC)	15,56	15,55	15,51	15,42	15,39
Scatter percentage	+1,83 %	+1,77 %	+1,51 %	+0,92 %	+0,72 %

4. (측정 깊이 / 블록 위치 / 블록 재질)이 (표면 / 팬텀 위 / 합금 납)일 때 두께증가에 따른 산란비율 결과

블록 두께가 3, 5, 10, 15, 20 (mm) 순으로 증가함에 따라 상대값(산란비율)은 15.56 nC(+1.83 %), 15.55 nC(+1.77 %), 15.51 nC(+1.51 %), 15.42 nC(+0.92 %), 15.39 nC(+0.72 %)로 각각 측정되었다(Table 5). 블록 두께가 증가할수록 표면 산란비율은 감소하였고, 모든 두께의 표면 산란비율은 블록 위치가 어플리케이터일 때보다 평균 2.27 % 높게 측정되었다(Fig. 9).

5. (측정 깊이 / 블록 위치 / 블록 재질)이 (심부 / 어플리케이터 / 순수 납)일 때 두께증가에 따른 산란비율 결과

심부에서 차폐블록이 없는 개조사야의 기준값은 평균 18.74 nC으로 측정되었고(Table 1), 블록 두께가 3, 5, 10,

Table 6. Relative scattering ratio with increasing block thickness in case of (depth of measurement/location of block/block composition) is (dm/Applicator/Pure Pb)

Num. of time	3mm (nC)	5 mm (nC)	10 mm (nC)	15 mm (nC)	20 mm (nC)
1	16,70	16,84	16,71	16,88	16,91
2	16,70	16,83	16,71	16,88	16,90
3	16,72	16,85	16,72	16,88	16,91
4	16,70	16,84	16,72	16,88	16,90
5	16,70	16,84	16,72	16,88	16,90
Average(nC)	16,70	16,84	16,72	16,88	16,90
Scatter percentage	-10,87 %	-10,12 %	-10,78 %	-9,93 %	-9,82 %

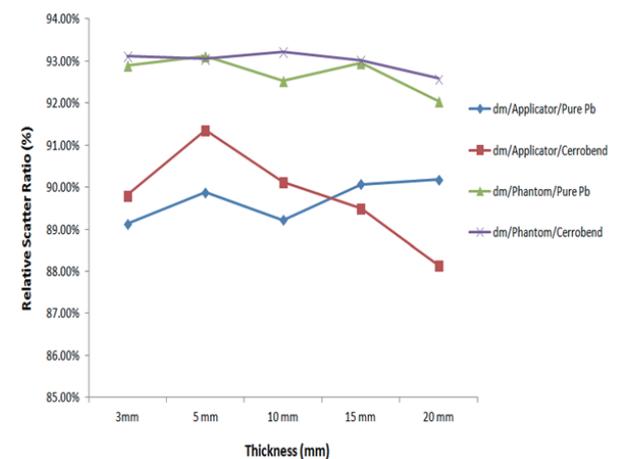


Fig. 10. The graph of relative scattering ratio according to increasing block thickness in case of block position is on the phantom surface

15, 20 (mm) 순으로 증가함에 따라 상대값(산란비율)은 16.70 nC(-10.87 %), 16.84 nC(-10.12 %), 16.72 nC(-10.78 %), 16.88 nC(-9.93 %), 16.90 nC(-9.82 %)로 각각 측정되었다(Table 6). 블록 두께가 증가할수록 심부 산란비율은 대체로 증가하는 양상을 보였고, 모든 두께의 상대값은 심부 기준값보다 평균 10.30 % 낮게 측정되었다(Fig. 10).

6. (측정 깊이 / 블록 위치 / 블록 재질)이 (심부 / 어플리케이터 / 합금 납)일 때 두께증가에 따른 산란비율 결과

블록 두께가 3, 5, 10, 15, 20 (mm) 순으로 증가함에 따라 상대값(산란비율)은 16.83 nC(-10.19 %), 17.12 nC(-8.64 %), 16.89 nC(-9.87 %), 16.77 nC(-10.51 %), 16.52

Table 7. Relative scattering ratio with increasing block thickness in case of (depth of measurement/location of block/block composition) is (dm/Applicator/Cerrobend)

Num. of time	3 mm (nC)	5 mm (nC)	10 mm (nC)	15 mm (nC)	20 mm (nC)
1	16,83	17,12	16,89	16,77	16,52
2	16,83	17,12	16,87	16,76	16,51
3	16,82	17,12	16,89	16,76	16,53
4	16,83	17,12	16,89	16,77	16,52
5	16,83	17,12	16,89	16,77	16,52
Average(nC)	16,83	17,12	16,89	16,77	16,52
Scatter percentage	-10,19 %	-8,64 %	-9,87 %	-10,51 %	-11,85 %

Table 8. Relative scattering ratio with increasing block thickness in case of (depth of measurement/location of block/block composition) is (dm/On the phantom/Pure Pb)

Num. of time	3 mm (nC)	5 mm (nC)	10 mm (nC)	15 mm (nC)	20 mm (nC)
1	17,40	17,45	17,35	17,42	17,25
2	17,42	17,45	17,34	17,42	17,25
3	17,41	17,45	17,34	17,41	17,25
4	17,41	17,44	17,34	17,42	17,25
5	17,41	17,45	17,35	17,41	17,25
Average(nC)	17,41	17,45	17,34	17,42	17,25
Scatter percentage	-7,10 %	-6,88 %	-7,47 %	-7,04 %	-7,95 %

Table 9. Relative scattering ratio with increasing block thickness in case of (depth of measurement/location of block/block composition) is (dm/On the phantom/Cerrobend)

Num. of time	3 mm (nC)	5 mm (nC)	10 mm (nC)	15 mm (nC)	20 mm (nC)
1	17,45	17,43	17,46	17,43	17,35
2	17,45	17,43	17,47	17,42	17,36
3	17,45	17,44	17,46	17,42	17,35
4	17,44	17,44	17,47	17,43	17,35
5	17,45	17,44	17,47	17,43	17,35
Average(nC)	17,45	17,44	17,47	17,43	17,35
Scatter percentage	-6,88 %	-6,94 %	-6,78 %	-6,99 %	-7,42 %

nC(-11,85 %)로 각각 측정되었다(Table 7). 블록 두께가 증가할수록 심부 산란비율은 증가하다 감소하였고, 모든 두께의 상대값 역시 순수 납과 마찬가지로 심부 기준값보다 평균 10,21 % 낮게 측정되었다(Fig. 10).

7. (측정 깊이 / 블록 위치 / 블록 재질)이 (심부 / 팬텀 위 / 순수 납)일 때 두께증가에 따른 산란비율 결과

블록 두께가 3, 5, 10, 15, 20 (mm) 순으로 증가함에 따라 상대값(산란비율)은 17,41 nC(-7,10 %), 17,45 nC(-6,88 %), 17,34 nC(-7,47 %), 17,42 nC(-7,04 %), 17,25 nC(-7,95 %)로 각각 측정되었다(Table 8). 블록 두께가 증가할수록 심부 산란비율은 증가와 감소를 반복하였고, 모든 두께의 상대값 또한 심부 기준값보다 낮게 측정되었지만 블록 위치가 어플리케이터에 있는 경우보다는 높게 측정되었다(Fig. 10).

8. (측정 깊이 / 블록 위치 / 블록 재질)이 (심부 / 팬텀 위 / 합금 납)일 때 두께증가에 따른 산란비율 결과

블록 두께가 3, 5, 10, 15, 20 (mm) 순으로 증가함에 따라 상대값(산란비율)은 17,45 nC(-6,88 %), 17,44 nC(-6,94 %), 17,47 nC(-6,78 %), 17,43 nC(-6,99 %), 17,35 nC(-7,42 %)로 각각 측정되었다(Table 9). 블록 두께가 증가할수록 심부 산란비율은 대체로 감소하였고, 모든 두께의 상대값은 순수 납과 마찬가지로 심부 기준값보다 낮게 측정되었지만 블록 위치가 어플리케이터에 있는 경우보다는 높게 측정되었다(Fig. 10).

고찰 및 결론

본 연구는 전자선 치료에서 차폐블록을 사용할 때 블록 두께 증가에 따라 변화하는 블록 가장자리의 산란선 영향에 대해 알아보려고 하였다. 실험결과와 블록 가장자리 표면 측정에서 두께 증가에 따라 측정된 상대적인 표면 산란비율은 블록위치와 블록재질에 의한 차이를 보였다.

차폐블록의 위치가 어플리케이터 Insert Frame에 있을 때 순수 납 두께가 3 mm(0,33 %)와 5 mm(0 %)인 경우를 제외하고는 순수 납이든 납합금이든 블록두께가 증가할

수록 상대적인 표면 산란비율이 모두 음수값(최소 -2 %)으로 측정되었다(Table 2,3, Fig. 9).

차폐블록의 위치가 팬텀 위에 있는 경우는 모든 상대적인 표면 산란비율 값이 양수값(최대 2.23 %)으로 측정되었다(Table 4,5, Fig. 9).

James A. 등은 각 에너지에 대한 저 용융점 납합금 블록의 전자선 감약비율과 적정차폐 두께를 알아보는 과정에서 전자선의 에너지를 증가시킬 경우, 차폐블록의 위치가 어플리케이션에 있을 때는 전자선의 블록 투과율이 5 % 미만이고 팬텀 표면 바로 위에 있을 때는 동일 조건에서 투과율이 최대 12 %까지 증가한다고 보고하였다.⁽⁷⁾ 또한 Navitha N 등은 차폐블록의 물질, 사용 에너지, 블록의 위치 등을 변화시키면서 동일한 어플리케이션 상에서 블록과 팬텀사이의 거리가 가까울수록 전자선의 블록 투과율이 증가한다고 보고하였다.⁽⁸⁾ 본 연구에서도 차폐블록이 어플리케이션에 있는 경우, 블록과 표면 측정점사이의 공기층으로 인해 블록에서 발생한 산란선이 공기층과 작용하여 상쇄되고 블록이 팬텀 바로 위에 있는 경우는 블록과 표면 측정점 사이에 공기층이 존재하지 않기에 산란선이 측정점에 직접 영향을 주어 측정결과가 앞선 연구들과 동일한 경향을 보였다. 또한 차폐블록이 팬텀 표면 위에 있는 경우, 납합금보다 순수 납의 표면 산란비율이 다소 높았는데(Fig. 9), 이는 순수 납이 납합금보다 전자밀도가 높아 투과율은 낮지만 고 에너지 전자들과의 상호작용이 더 활발하여 나타난 결과라고 볼 수 있었다.⁽⁸⁾

차폐블록이 어플리케이션에 있는 경우 블록 두께증가에 따른 블록 가장자리의 표면 산란비율은 경향성을 보이지 않았지만 팬텀 위에 있는 경우는 블록 두께증가에 따라 표면 산란비율이 감소하는 경향을 보였다(Fig. 9). 이는 두께증가에 따른 표면 산란비율이 비례적 증가율을 보이는 기존의 연구들과 상반된 결과라고 볼 수 있다.^(6,9,11) 이러한 상반된 결과가 나타난 이유는 본 연구의 차폐블록 가장자리와 전리함 측정 중심점 사이 거리가 기존 연구들의 사이 거리와 다르기 때문이며, 그 상대적인 산란비율의 경향성이 James C L Chow 등의 빔 프로파일 연구결과와 일치함을 확인할 수 있었다.⁽⁵⁾

블록 가장자리 심부 측정점에서 블록두께 증가에 따라 측정된 상대적인 심부 산란비율은 블록위치와 블록재질에

의한 경향성이나 차이를 보이지 않았다(Fig. 10). 다만 표면 산란비율 측정과 마찬가지로 블록 위치가 팬텀 표면위에 있는 경우가 어플리케이션에 있는 경우보다 전체적으로 심부 산란비율이 높았다(Fig. 10). 또한 심부 측정점에서는 모든 심부 산란비율이 음수값(최소 -11.85 %)을 나타내어 차폐블록 두께증가로 인한 산란선의 영향이 미치지 않는 것으로 나타났다(Table 6,7,8,9).

본 연구결과에서 알 수 있듯이 차폐블록으로 인한 블록 가장자리의 산란선 영향은 분명히 존재하지만 블록을 환자 체표면 위에 직접 올려서 사용하지 않고 어플리케이션에 삽입하여 사용하는 한 표면이든 심부든 3 mm 납(최대 0.33 %)을 제외하고는 블록두께 증가에 따른 블록 가장자리의 산란선 영향은 매우 미미하다고 볼 수 있다. 또한 기존 연구들과 비교하여 볼 때도 측정 중심점이 블록 가장자리 경계선과 떨어진 거리가 짧을수록 블록두께 증가에 따른 표면 산란비율이 비례하여 감소함을 확인하였다.

국제 방사선 단위 및 측정 위원회(International Commission on Radiation Units and Measurements, ICRU)에 따르면 모든 방사선 치료에서 방사선 투여선량의 5 % 증감은 치료 성패에 직접적인 관계가 있기 때문에 투여선량의 정확도는 ± 3 %를 넘지 않아야 한다고 권고하고 있다.⁽¹⁰⁾

따라서 차폐블록을 이용하여 전자선 치료를 진행할 때 블록위치는 환자 체표면보다는 어플리케이션에 삽입하고 두께는 각 해당되는 사용 에너지의 최소 적정차폐두께로 제작해야 한다.⁽¹⁾ 또한 블록 가장자리로부터 떨어진 거리에 따라 변화하는 산란선의 영향을 충분히 고려하여 치료를 시행하는 것이 바람직하다고 사료된다.

참고문헌

1. 심재구, 김종식, 주상규 등 : 전자선 치료 시 에너지에 따른 적정차폐에 관한 고찰. 대한방사선치료학회지, 1998;10(1):122-124
2. Cristina Di Venanzio, Marco Marinelli, Alessia Tonnetti, et al.: Comparison between small radiation therapy electron beams collimated by Cerrobend and tubular applicators. Medical Physics, 2015;16(1):329-335
3. Pohlit W, Manegold KH.: Electron beam dose distribution in inhomogeneous media. In: Kramer S, Suntharalingam N, Zininger GF, eds. High energy photons and electrons. New York: John Wiley & Sons, 1976;243.
4. 김정화, 이두현, 이강현 등: 차폐면적 변화에 따른 전자선 출력인자 변화. 대한방사선치료학회지, 1990;16(15):43-46
5. James C L Chow, Grigor N Grigorov.: Dosimetric dependence of the dimensional characteristics on a lead shield in electron radiotherapy: a Monte Carlo study. Journal of Applied Clinical Medical Physics, 2009;10(2):75-91
6. Prasad S. Guru, K parthasaradhi, W.D Bloomer, et al.: Aluminum, copper, tin and lead as shielding materials in the treatment of cancer with high-energy electrons. Radiation Physics and Chemistry, 1998;53(4):361-366
7. James A. Purdy, Myung C. Choi.: Lipowitz metal shielding thickness for dose reduction of 6-20MeV electrons. Medical Physics, 1980;7(3):251-253
8. Navitha M, Jitendra N, Silambarasan N S, et al.: Comparison of electron beam transmission of different energies with two different block materials at different placement position within the applicator. SRMS medical science, 2016;1(2):73-76
9. 이승훈, 차석용, 이선영 등: 6 MeV 전자선 치료 시 차폐 물질로서 알루미늄, 구리, 납. 한국콘텐츠학회논문지, 2014;14(2):457-466
10. ICRU Report No. 21: Radiation dosimetry, Electrons with initial energy between 1 and 50 MeV, Washington D, C, International Commission on Radiation Units and Measurements, 1972:16-21
11. Frank Verhaegen, Francesca M Buffa, Charles Deehan: Quantifying effects of lead shielding in electron beams: a Monte Carlo study. Phys Med Biol 2001;46:757-769
12. Kun Yue, Wenyun Luo, Xiaoqing Dong, et al.: A new lead free radiation shielding material for radiotherapy. Radiation Protection Dosimetry 2009;133(4):256-60

The study on the scattering ratio at the edge of the block according to the increasing block thickness in electron therapy

Department of Radiation Oncology, Chonbuk National University Hospital¹⁾,

Department of Radiation Oncology, Institute for Medical Sciences, Chonbuk National University Medical School²⁾,
Institute of Clinical Medicine, Chonbuk National University-Biomedical Research Institute, Chonbuk National University
Hospital³⁾, Jeonju, Korea

**Park Zi On¹⁾, Gwak Geun Tak¹⁾, Park Ju Kyeong¹⁾, Lee Seung Hun¹⁾, Kim Yang Su¹⁾, Kim Jung Soo^{2,3)},
Kwon Hyung Cheol^{2,3)}, Lee Sun Young^{2,3)}**

Purpose: The purpose is to clarify the effect of additional scattering ratio on the edge of the block according to the increasing block thickness with low melting point lead alloy and pure lead in electron beam therapy.

Methods and materials: 10×10 cm² Shielding blocks made of low melting point lead alloy and pure lead were fabricated to shield mold frame half of applicator. Block thickness was 3, 5, 10, 15, 20 (mm) for each material. The common irradiation conditions were set at 6 MeV energy, 300 MU / Min dose rate, gantry angle of 0°, and dose of 100 MU. The relative scattering ratio with increasing block thickness was measured with a parallel plate type ion chamber(Exradin P11) and phantom(RW3) by varying the position of the shielding block(cone and on the phantom), the position of the measuring point(surface and depth of D_{max}), and the block material(lead alloy and pure lead).

Results: When (depth of measurement / block position / block material) was (surface / applicator / pure lead), the relative value(scattering ratio) was 15.33 nC(+0.33 %), 15.28 nC(0 %), 15.08 nC(-1.31 %), 15.05 nC(-1.51 %), 15.07 nC(-1.37 %) as the block thickness increased in order of 3, 5, 10, 15, 20 (mm) respectively. When it was (surface / applicator / alloy lead), the relative value(scattering ratio) was 15.19 nC(-0.59 %), 15.25 nC(-0.20 %), 15.15 nC(-0.85 %), 14.96 nC(-2.09 %), 15.15 nC(-0.85 %) respectively. When it was (surface / phantom / pure lead), the relative value(scattering ratio) was 15.62 nC(+2.23 %), 15.59 nC(+2.03 %), 15.53 nC(+1.67 %), 15.48 nC(+1.31 %), 15.34 nC(+0.39 %) respectively. When it was (surface / phantom / alloy lead), the relative value(scattering ratio) was 15.56 nC(+1.83 %), 15.55 nC(+1.77 %), 15.51 nC(+1.51 %), 15.42 nC(+0.92 %), 15.39 nC(+0.72 %) respectively. When it was (depth of D_{max} / applicator / pure lead), the relative value(scattering ratio) was 16.70 nC(-10.87 %), 16.84 nC(-10.12 %), 16.72 nC(-10.78 %), 16.88 nC(-9.93 %), 16.90 nC(-9.82 %) respectively. When it was (depth of D_{max} / applicator / alloy lead), the relative value(scattering ratio) was 16.83 nC(-10.19 %), 17.12 nC(-8.64 %), 16.89 nC(-9.87 %), 16.77 nC(-10.51 %), 16.52 nC(-11.85 %) respectively. When it was (depth of D_{max} / phantom / pure lead), the relative value(scattering ratio) was 17.41 nC(-7.10 %), 17.45 nC(-6.88 %), 17.34 nC(-7.47 %), 17.42 nC(-7.04 %), 17.25 nC(-7.95 %) respectively. When it was (depth of D_{max} / phantom / alloy lead), the relative value(scattering ratio) was 17.45 nC(-6.88 %), 17.44 nC(-6.94 %), 17.47 nC(-6.78 %), 17.43 nC(-6.99 %), 17.35 nC(-7.42 %) respectively.

Conclusions: When performing electron therapy using a shielding block, the block position should be inserted applicator rather than the patient's body surface. The block thickness should be made to the minimum appropriate shielding thickness of each corresponding using energy. Also it is useful that the treatment should be performed considering the influence of scattering dose varying with distance from the edge of block.

▶ **Key words:** Electron shielding, Scattering dose, Block thickness, Low melting point alloy lead, Pure lead