

다엽 콜리메이터와 제작차폐물의 동시 사용시 표면선량 변화

동아대학교 의과대학, 방사선종양학교실, 이화여자대학교 의과대학, 방사선종양학교실*

양 광 모 · 서 현 숙 *

최근 설치된 선형가속기는 다엽 콜리메이터를 장착하고 있다. 기본적으로 다엽 콜리메이트의 사용은 기존의 차폐블럭을 대체하는 역할을 한다. 그러나 다엽 콜리메이터는 폭 1 cm의 콜리메이터가 각각 움직여서 방사선 조사 범위를 만들어 정교한 조사범위를 만들기 어려운 경우가 있을 수 있다. 따라서 조사야를 보다 정밀하게 만들기 위해 다엽 콜리메이터 아래 추가 차폐물을 사용하게 된다. 다엽 콜리메이터 아래 추가 차폐물을 사용할 경우 차폐물과 환자의 피부표면과의 거리가 짧아져 피부표면 선량이 증가하게 되며 최대 선량점(D_{max})이 변할 수 있다. 이와 같은 변화는 조사야의 크기와 방사선의 에너지에 따라 영향을 받을 수 있다. 따라서 본 연구는 다엽 콜리메이터 아래 추가 차폐물을 사용할 때 조사야와 방사선 에너지에 따라 표면선량과 최대 선량점의 변화를 측정하여 이들 값이 증가함을 확인하였고 다엽 콜리메이터 아래 추가 차폐물을 사용함으로써 증가한 표면선량은 전자 흡수판으로 2-3 mm 두께의 납판을 사용하여 효과적으로 감소시킬 수 있음을 확인하였다.

중심단어 : 다엽 콜리메이터, 표면선량, 전자흡수판

서 론

최근 방사선 치료 분야에 소개된 다엽 콜리메이터는 기존의 차폐블럭을 대체할 수 있어 블럭제작에서 중금속을 취급 할 필요가 없고 치료과정이 간단해지며 치료면을 컴퓨터에 등록하여 다시 이용할 수 있어 시간이 절약될 뿐 아니라 치료의 정도 관리에도 큰 도움을 주고 있다. 또한 isocenter와 다엽 콜리메이터와의 거리가 길어져 비동일평면(non-coplanar) 방사선 치료시 치료 테이블의 회전 각도의 범위를 넓혀주는 기능도 가능하여 3차원 조영치료, dynamic arc therapy, intensity modulation 등과 같은 특수 치료에 응용이 가능하여 많은 관심을 끌고 있다.¹⁻⁵⁾ 상업적으로 제작된 다엽 콜리메이터를 환자치료에 이용하기 위해 다엽 콜리메이터의 적정성에 관한 많은 연구가 이루어졌고 장점과 단점들이 밝혀져 있다.⁶⁻⁹⁾ 연구의 결과에 논란의 여지가 있는 부분도 있지만 특수한 경우를 제외하면 대체적으로 환자치료에 있어서 다엽 콜리메이터 사용

은 적절하다고 평가되고 있다. 본원에서 사용되는 다엽 콜리메이터는 폭이 1 cm의 콜리메이터 각각이 움직여서 방사선 조사 범위를 만들게 된다. 따라서 정교한 조사범위를 만들기 위해서는 다엽 콜리메이터 아래 추가 차폐물을 사용할 수 있다. 이 경우 제작 차폐물과 환자의 피부표면과의 거리가 짧아져 피부표면 선량이 증가하게 되며 최대 선량점(D_{max})이 변할 수 있다. 이와 같은 변화는 조사야의 크기와 방사선의 에너지에 따라 영향을 받을 수 있다. 따라서 본 연구는 다엽 콜리메이터 아래 추가 차폐물을 설치하였을 때 표면선량의 증가와 최대 선량점의 변화 정도를 조사야와 방사선 에너지에 따라 측정하고 증가된 표면선량을 감소시킬 수 있는 방법을 알아보려고 하였다.

재료 및 방법

다엽 콜리메이터가 장착된 Varian사의 Clinac 2100C/D 선형가속기에서 발생되는 6 MV와 10 MV X-선에 대해 30×30×30 cm³의 물 등가 고체 팬텀(water equivalent dry phantom, 모델명 RW3)을 이용하여 선택된 조사면에 대해 다엽 콜리메이터 단독과 추가의 차폐물이 장착된 경우의 표면 선량과 최대 선량점을 측정하였다.

표면선량과 최대 선량점 측정은 PTW Frieburg사 제작의 Markus 전리함(모델:W23343)과 Keithly사의 미소전류계(electrometer)를 이용하였다. PTW Markus Parallel-

이 논문은 2002년 3월 7일에 접수하여 4월 8일에 채택됨.
본 논문은 1996년도 인제대학교 조성 학술연구비 보조에 의한 것임

통신저자 : 양광모, 부산시 서구 동대신동 3가 1번지
동아대학교병원 치료방사선과
Tel : 051-240-5343
E-mail : ykml221@chollian.net

plate 전리함은 창이 물질이 polyethylene (2.3 mg/cm^2), 전극(electrode) 간격은 2 mm, 이온 수집 지름은 5.3 mm, 이온 수집 체적은 0.055 cm^3 이며, 전리함에 공급되는 전압은 300 V였다.

표면 선량을 측정할 때 조사면은 다엽 콜리메이터와 cerrobend 제작 차폐물로서 팬텀의 깊이 10 cm (Source-Surface-Distance (SSD): 90 cm)에서 규정하여 6×6 , 10×10 , $20 \times 20 \text{ cm}^2$ 를 선택하였고 이때 일차 콜리메이터는 규정된 조사면 보다 1 cm 크게 하였다. 이는 조사면을 규정한 다엽 콜리메이터 혹은 차폐물이 불력의 기능을 가져 환자를 치료할 경우와 비슷한 조건으로 차폐에 의한 산란 효과를 충분히 하기 위해서 였다(예; 이차 차폐 블록으로 규정된 조사면이 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 이면 일차 콜리메이터 조사면은 $11 \times 11 \text{ cm}^2$). 선원과 팬텀 표면까지의 거리는 90 cm, 선원과 다엽 콜리메이터 하단까지의 거리는 55 cm, 선원과 표준 블록 tray 하단까지의 거리는 65 cm이었다. 표준 블록 고정판은 두께 1 cm의 아크릴판을 사용하였고 차폐 블록은 표준 블록 tray 위에 위치하였다. Fig. 1은 Clinac 2100CD에서 선원과 조사표면, 다엽 콜리메이터 하단과 조사표면, 블록 고정판 하단과 조사표면과의 거리 관계를 보여준다. 최대 선량점 측정시에는 SSD 변화에 따른 영향을 없애기 위해 SSD 100 cm으로 고정 시킨 후 1 mm 간격으로 팬텀을 쌓아 가는 방법으로 측정하였고 조사면은 표면 선량을 측정할 경우와 동일하게 하였다.

다엽 콜리메이트 아래 추가 차폐물을 설치하였을 때 증가한 표면선량을 감소시키기 위한 방법으로 차폐물 고정판(block tray)아래 2, 3, 5, 7, 10 mm 두께의 납판을 사용하였다. 각 두께의 납판을 부착하였을 때의 표면 선량과

최대 선량점을 측정하여 납판의 두께에 따른 표면 선량 감소의 효과와 최대 선량점의 변화를 비교하였다. 그리고 각 납판의 두께에 따른 transmission factor를 구하여 표면선량을 감소시키기 위한 적절한 두께의 납판을 선택하기 위한 자료로 이용하였다.

결 과

다엽 콜리메이터를 사용하는 경우 조사면 6×6 , 10×10 , $20 \times 20 \text{ cm}^2$ 각각에서 6 MV의 표면선량은 최대선량의 22.3%, 27.4%, 39.8%이고 10 MV의 동일한 조사면 각각에서 표면선량은 최대선량의 14.9%, 20.5%, 34.3%이었다. 다엽 콜리메이터 아래 차폐물을 사용하였을 때 조사면 6×6 , 10×10 , $20 \times 20 \text{ cm}^2$ 에서 다엽 콜리메이트 단독으로 사용한 경우보다 6 MV 경우 각각 10%, 18.2%, 35%, 10 MV 경우 각각 15.4%, 24.9%, 35.6%의 표면선량이 증가하였다

Table 1. Surface dose (% Dmax) for 6 MV and 10 MV x-ray

| Energy | FS (cm ²) | Open | MLC | MLC+Block | Remark* (%) |
|--------|-----------------------|------|------|-----------|-------------|
| 6 MV | 6×6 | 22.2 | 22.3 | 24.6 | 10.3 |
| | 10×10 | 22.3 | 27.4 | 32.4 | 18.2 |
| | 20×20 | 24.6 | 39.8 | 52.0 | 35 |
| 10 MV | 6×6 | 14.7 | 14.9 | 17.2 | 15.4 |
| | 10×10 | 20.2 | 20.5 | 25.6 | 24.9 |
| | 20×20 | 32.8 | 34.3 | 46.5 | 35.6 |

FS : Field Size, MLC : Multileaf Collimator

*Increased percentage of surface doses between MLC and MLC with block

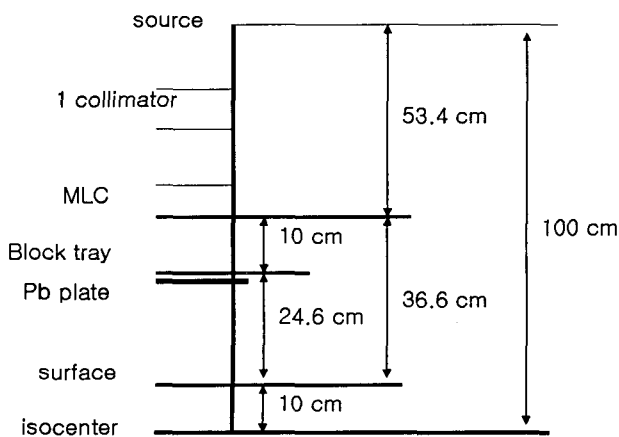


Fig. 1. Schematic diagram of Clinac 2100C/D.

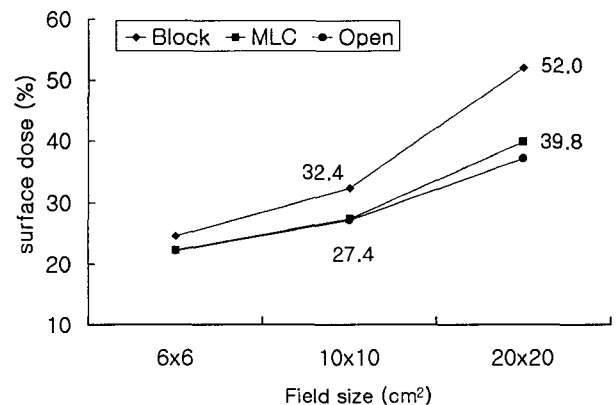


Fig. 2. Surface doses of different field sizes (6×6 , 10×10 , $20 \times 20 \text{ cm}^2$) for 6 MV x-ray (MLC, Block, Open).

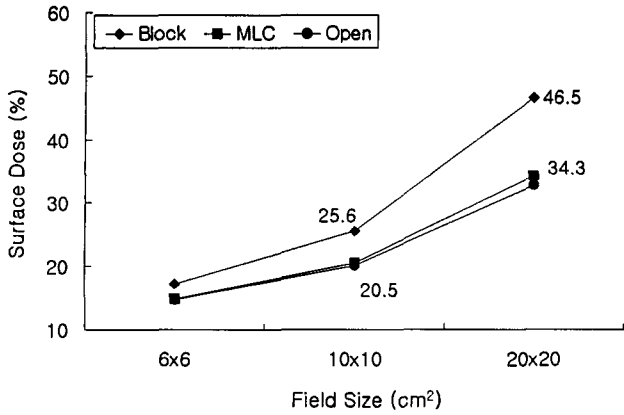


Fig. 3. Surface doses of different field sizes (6×6, 10×10, 20×20 cm²) for 10 MV x-ray (MLC, Block, Open).

Table 2. Surface doses (% of maximum depth dose) using Pb plates for 6 MV x-ray

| FS (cm ²) | Surface dose (% of reduced surface dose) | | |
|-----------------------|--|-------------|-------------|
| | 6×6 | 10×10 | 20×20 |
| MLC+Block | 24.6 | 32.4 | 52 |
| MLC+Block+ | | | |
| Pb plates (mm) | | | |
| 2 | 20.7 (15.9) ¹ | 25.2 (22.2) | 37.1 (28.7) |
| 3 | 20.2 (17.9) | 24.7 (23.8) | 36.8 (29.2) |
| 5 | 16.9 (20.3) | 24.1(25.6) | 36.2 (30.4) |
| 7 | 19.0 (22.8) | 23.6 (27.2) | 35.7 (31.3) |
| 10 | 18.4 (33.7) | 23.1 (28.7) | 35.4 (36.9) |

FS : Field Size, Pb : lead

(Table 1), Fig. 2와 Fig. 3은 6 MV 와 10 MV x-선에서 조사면이 커질수록 표면선량이 증가하고 다엽 콜리메이터 아래 차폐물을 사용하였을 때 조사면이 크면(20×20 cm²) 표면선량 증가가 보다 뚜렷이 나타남을 보여준다.

차폐물의 추가에 따른 표면선량 증가를 감소시키기 위해 2, 3, 5, 7, 10 mm 두께의 납판을 설치하였을 때 6 MV, 조사면 6×6, 10×10, 20×20 cm² 에서 표면선량은 각각 20.7-18.4%, 25.2-23.1%, 37.1-35.4%이었고 이는 다엽 콜리메이터만을 사용한 경우 보다 적은 표면선량이다. 표면선량 감소효과는 6×6, 10×10, 20×20 cm²에서 18.8-33.7%, 28.6-40.3%, 40.2-46.9%이었고 조사면이 클수록 납판 사용에 의한 표면선량의 감소효과가 컸다. 그리고 납판의 두께가 두께위 질수록 표면선량이 감소하고 표면선량 감소효과도 크지나 그 차이는 미미하였다(Table 2,

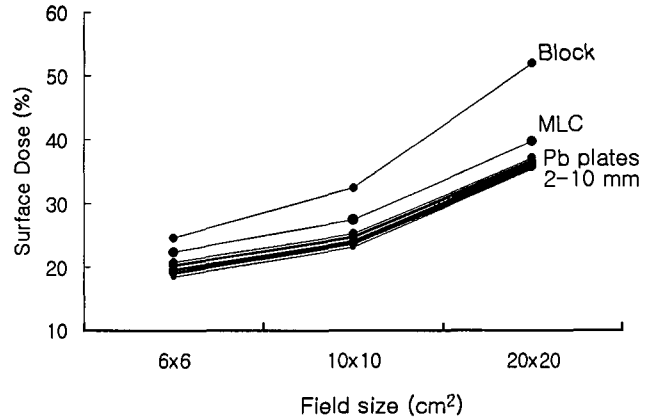


Fig. 4. Surface doses of different field sizes (6×6, 10×10, 20×20 cm²) for 6 MV x-ray (MLC, Block, Block+Pb plate).

Table 3. Surface doses (% of maximum depth dose) using Pb plates for 10 MV x-ray

| FS (cm ²) | Surface dose (% of reduced surface dose) | | |
|-----------------------|--|-------------|-------------|
| | 6×6 | 10×10 | 20×20 |
| MLC+Block | 17.2 | 25.6 | 46.5 |
| MLC+Block+ | | | |
| Pb plates (mm) | | | |
| 2 | 14.1 (18.0) | 19.4 (24.2) | 33.7 (27.5) |
| 3 | 13.9 (19.2) | 19.2 (25.0) | 33.7 (37.5) |
| 5 | 13.8 (19.8) | 19.1 (25.4) | 31.2 (32.9) |
| 7 | 13.6 (20.9) | 19.0 (15.8) | 33.8 (27.3) |
| 10 | 13.5 (21.5) | 19.0 (25.8) | 34.0 (26.9) |

FS : Field Size, Pb : lead

Fig. 4). Table 3은 10 MV, 각 조사면에서 납 판의 사용에 따른 표면선량을 보여준다. 조사면 6×6, 10×10, 20×20 cm²에서 표면선량은 각각 14.1-13.5%, 19.4-19%, 46.5-31.2%이었고 표면선량 감소효과는 각 조사면에서 22-27.4%, 32-33.2%, 38-49%이었다. 조사면이 클수록 납판에 의한 표면선량의 감소효과가 컸다. 그리고 납판의 두께가 두께위 질수록 표면선량이 감소하고 표면선량 감소효과도 크지나 그 차이는 미미하였다. 그러나 조사면 10×10 cm 경우 납판의 두께 7 mm 이상에서는 표면선량의 변화가 없고 조사면 20×20 cm² 경우 납판의 두께 5 mm에서 최대 표면선량 감소효과를 보였고 7, 10 mm 두께 납판에서는 오히려 표면선량 증가를 보였다(Table 3, Fig. 5).

1차 콜리메이터, 다엽 콜리메이터 혹은 차폐물로 조사면을 규정한 경우 6 MV와 10 MV의 각 조사면에서 최대

선량점은 동일하거나 0.1 cm의 차이를 보였다. 각 에너지에서 조사면이 클수록 최대 선량점이 감소하였다. 납판을 사용한 경우 납판의 두께가 증가할수록 각 조사면에서 최

대 선량점이 증가하였다. 그러나 6 MV, 조사면 20X20 cm²에서 납판 두께 7 mm 이상에서 최대 선량점이 감소하였다(Table 4).

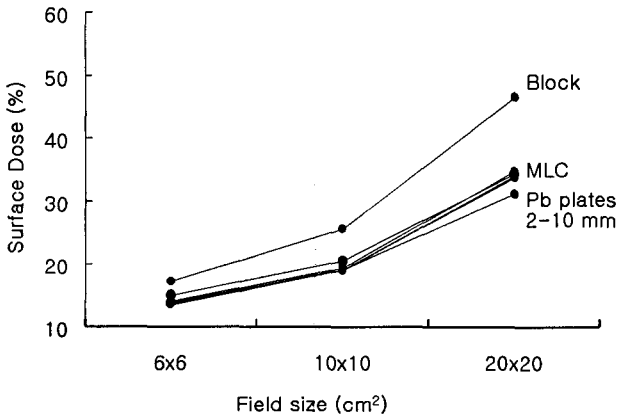


Fig. 5. Surface doses of different field sizes (6×6, 10×10, 20×20 cm²) for 10 MV x-ray (MLC, Block, Block+Pb plate).

Table 4. Depth of maximum dose (cm) for 6 MV and 10 MV x-ray

| Pb plate Thickness (mm) | Transmission Factor | |
|-------------------------|---------------------|-------|
| | 6MV | 10MV |
| 2 | 0.882 | 0.883 |
| 3 | 0.800 | 0.840 |
| 5 | 0.723 | 0.703 |
| 7 | 0.650 | 0.690 |
| 10 | 0.553 | 0.596 |

FS : Field Size, MLC : Multileaf Collimator

2, 3, 5, 7, 10 mm 납판의 두께에 따른 transmission factor는 6 MV, 10 MV에서 0.882-0.553, 0.883-0.596이었고 납판을 실제 치료에 이용할 때 납판이 두터워질 수록 크게는 45%의 조사선량 증가가 필요할 수 있다(Table 5).

고찰

표면 선량은 입사 방사선이 지나가는 경로에서 공기, 콜리메이터, 차폐물 고정판(block tray) 등과 상호작용에서 발생하는 전자선의 오염과 방사선이 매질에 입사할 때 발생하는 후방 산란 방사선(back scatter radiation)에 의해 형성된다는 것은 잘 알려져 있다. 그리고 표면선량 혹은 build up 영역의 선량 분포는 입사 방사선의 에너지, SSD (source surface distance), 조사면의 크기, 차폐물 고정판 등에 따라서 영향을 받는다.¹⁰⁻¹⁵ 본 연구에서 다엽 콜리메이터만을 사용하는 경우 6 MV와 10 MV에서 조사면에 따라 표면 PDD(percentage depth dose)는 각각 22.3-39.8%, 14.9-34.3%였고 다엽 콜리메이터 아래 추가의 차폐물을 사용하는 경우 6 MV와 10 MV에서 조사면에 따라 표면 PDD는 각각 24.6-52%, 17.2-46.5%였다. 다른 연구에 의하면 6 MV와 15 MV에서 다엽 콜리메이터를 사용하는 조사면 4×4, 10×10, 20×20 cm² 경우 표면 PDD는 각각 9.4-28.5%, 6.7-30%으로 보고하였다.¹⁶ 따라서 다엽 콜리

Table 5. Transmission factors using various thickness Pb plates

| | Depth of maximum dose | | | | | | |
|--------------------------|------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Energy FS (cm ²) | 6 MV | | | 10 MV | | |
| | | 6×6 | 10×10 | 20×20 | 6×6 | 10×10 | 20×20 |
| Open | | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 2.3 | 2.1 | 1.9 |
| MLC | | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 2.2 | 2.2 | 1.9 |
| MLC+Block | | 1.5 | 1.4 | 1.1 | 2.2 | 2.2 | 1.9 |
| MLC+Block+Pb plates (mm) | | | | | | | |
| 2 | | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 2.4 | 2.2 | 1.9 |
| 3 | | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 2.4 | 2.2 | 1.9 |
| 5 | | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 2.4 | 2.2 | 1.9 |
| 7 | | 1.5 | 1.6 | 1.4 | 2.5 | 2.2 | 2.0 |
| 10 | | 1.6 | 1.7 | 1.3 | 2.6 | 2.3 | 2.0 |

Pb : lead

메이터 혹은 다엽 콜리메이터에 추가 차폐물을 사용하는 경우 모두 조사면이 클수록 표면 PDD가 크지고 동일 조사면에서는 방사선의 에너지가 클수록 표면 PDD가 적었다. 이는 조사면이 커지면서 back scatter의 양이 많아지고, 방사선의 에너지가 커지면서 back scatter가 적어지기 때문이다. 이와 같은 결과로 표면선량이 방사선의 에너지와 조사면의 크기에 의존성이 있다는 것을 확인할 수 있었다. 에너지와 조사면의 차이로 정확히 비교하기는 어려우나 본 연구 결과는 비교적 높은 표면 PDD를 보인다.¹⁶⁾ 이는 본 연구가 표면선량 측정에 있어서 가장 적합한 extrapolation 전리함을 사용하지 않고 Parallel-plate 전리함을 사용하여 표면선량을 측정하였고, Parallel-plate 전리함을 사용하여 측정된 표면선량을 extrapolation 전리함으로 측정된 값에 근접하도록 측정값을 보정하는 Gerbi와 Khan의 방법을 사용하지 않았기 때문으로 생각된다.¹⁷⁾

본 연구에서 다엽 콜리메이터에 추가 차폐물을 사용하면 다엽 콜리메이터만을 사용한 경우보다 6 MV 와 10 MV에서 표면선량이 조사면에 따라 각각 10-35%, 15.4-35.6% 증가함을 확인할 수 있었다. 동일한 방사선 에너지, 조사면인 경우 다엽 콜리메이터만을 사용하는 경우와 비교해 다엽 콜리메이터에 추가 차폐물을 사용하면 전자 오염의 발생의 근원이 되는 차폐물 고정판을 사용하게 되고 차폐물 고정판과 조사표면과의 거리가 짧아지게 되어 표면선량이 증가하게 된다. 예로 치료 깊이가 10 cm일 때 다엽 콜리메이터에 차폐 블록을 사용하는 경우 블록 고정판과 조사표면과의 거리는 다엽 콜리메이터만을 사용하는 경우보다 약 10 cm정도 짧아지고 치료 깊이가 깊을수록 조사표면과의 거리는 더욱 짧아지며 표면선량은 보다 증가할 것이다(Fig. 1). 그리고 다엽 콜리메이터 아래 추가 차폐물을 사용하여 어떤 깊이를 치료할 때 즉 차폐물 고정판과 조사표면과의 거리가 일정할 때 방사선의 에너지가 작고, 조사면이 클 때 표면선량이 보다 증가함을 확인하였다. 따라서 넓은 조사면에 깊은 부위를 SAD (Source Axis Distance) 방법으로 치료할 때 다엽 콜리메이터 아래 추가의 차폐물을 사용할 경우 표면선량이 증가할 수 있다는 것을 고려하여야할 것이다.

표면선량을 감소시키는 방법은 차폐물 고정판(block tray)과 조사 표면과의 거리를 멀리하거나 전자선을 흡수하는 물질을 차폐물 고정판 아래 설치하는 것이다. 그러나 다엽 콜리메이터 아래 추가의 차폐물을 설치하면 다엽 콜리메이터만을 사용하는 경우 보다 반듯이 차폐물 고정판

(block tray)과 조사 표면과의 거리가 짧아지며 어떤 깊이를 치료할 때 SSD 방법으로 치료하지 않는 한 차폐물 고정판과 조사 표면과의 거리를 멀리할 수 없다. 따라서 다엽 콜리메이터 아래 차폐물을 사용하는 경우 증가하는 표면선량을 감소시키기 위해서는 차폐물 고정판 아래 전자선 흡수 물질을 사용하는 것이다. Hein의 연구에 의하면 중간 정도의 원자 번호(원자번호 범위:30-80)를 가지는 물질이 전 방향의 전자 산란이 적다는 것을 보고하였으며 이는 원자번호가 증가할수록 흡수물질에서 증가된 전자 산란 때문에 표면선량이 감소하고 원자번호가 50 이상으로 증가할 때 광전자, 쌍전자와 콤프톤전자의 생성의 증가로 인해 표면선량이 증가함을 밝혔고 코발트-60 감마선에서 주석, 납, 구리 순으로 가장 효과적인 전자흡수 물질임을 확인하였다.¹⁸⁾ 그리고 Khan 등은 코발트 치료기에서 이와 같은 전자 흡수 물질들을 사용함으로써 피부선량을 개선시켰다고 보고하였다.^{11, 13)} 다른 연구에 의하면 이와 같은 전자선 여과 물질을 사용하면 표면선량의 감소뿐만 아니라 큰 조사면에서 build-up 영역의 특성도 개선시킬 수 있다고 보고하였다.¹⁹⁾ 본 연구에서는 전자흡수 물질로 납판을 사용하였고 전자 흡수판은 최소한 2차 전자의 최대 비정 거리와 동일하거나 커야함으로 두께 1 mm와 2 mm 납판을 겹쳐서 여러 두께에서 표면선량 감소효과를 측정하여 보았다. 표면선량은 2-10 mm의 납판을 사용하여 조사면에 따라 6 MV와 10 MV인 경우 18.8-46.9%와 22-49%의 감소 효과를 보였고 이는 다엽 콜리메이터만을 사용한 경우 보다도 적은 표면선량을 보였다. 따라서 다엽 콜리메이터 아래 차폐물을 사용하는 경우 증가하는 표면선량은 납판을 사용함으로써 효과적으로 감소시킬 수 있고 납판이 두꺼울수록 표면선량 감소효과가 커짐을 확인할 수 있었다. 그러나 납판 두께 2 mm 와 10 mm 사이의 최대 표면선량 감소효과는 6 MV와 10 MV 경우 각각 4.5-11.1%, 2.1-7.4%로 납판의 두께의 증가에 따른 표면선량 감소효과의 차이는 미미하였으며 10 MV 에서 조사면이 10×10 cm² 경우 납판의 두께 7 mm 이상에서 납판에 의한 표면선량 감소효과가 증가하지 않았고 조사면 20×20 cm² 경우 납판의 두께 7 mm 이상에서는 표면선량 감소효과가 보다 더 증가하지 않았다. 그리고 납판의 두께에 따른 transmission factor를 고려하여 납판을 실제 치료에 이용할 때 납판이 두꺼워 질 수록 크기는 약 45%의 조사선량 증가가 필요하고 방사선의 성질도 변화될 수 있다. 따라서 납판의 두께에 따른 선량 감소효과의 정도와

transmission factor를 고려할 때 2-3 mm 두께의 납판으로 충분한 표면선량 감소효과를 기대할 수 있겠다.

결 론

다엽 콜리메이터 아래 차폐물을 사용하였을 때 다엽 콜리메이터 단독으로 사용한 경우보다 조사면과 방사선 에너지에 따라 표면선량이 10-35.6% 까지 증가함을 확인하였고, 방사선 에너지가 낮고 조사면이 클수록 증가가 뚜렷하였다.

낮은 에너지의 방사선으로 큰 조사면을 치료할 때 혹은 높은 에너지의 방사선으로 큰 조사면의 심부를 치료할 때 다엽 콜리메이터 아래 차폐물을 사용한다면 표면선량이 증가할 수 있다는 것을 고려해야 할 것이다.

다엽 콜리메이터 아래 차폐물의 사용으로 증가된 표면선량은 전자 흡수판으로 2-3 mm 두께의 납 판을 사용하면 쉽고 효과적으로 감소시킬 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. Du MN, Yu CX, Symons M, et al.: Multileaf collimator field prescription preparation system for conventional radiotherapy. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol Phys.* 30(3):707-714 (1994)
2. Brahme A: Optimal setting of multileaf collimators in stationary beam radiation therapy. *Strahlenther. Onkol.* 164:343-350 (1988)
3. Primos BS: Synchronous field shaping in rotational megavoltage therapy. *Radiology* 74:753-757 (1960)
4. Chui CS, Losasso TS.: Dose calculations for photon beams with intensity modulation generated by dynamic wedge or multileaf collimators. *Med. Phys.* 21:1237-1243 (1994)
5. Mohan R.: Field shaping for three-dimensional conformal radiation therapy and multi-leaf collimation. *Sem. Rad. Oncol.* 5(2):86-99 (1995)
6. Fernandez E, Shentall G, Mayles W, et al.: The acceptability of a multileaf collimator as a replacement for conventional blocks. *Radiother. Oncol.* 36:65-74 (1995)
7. Helyer S, Heisig S.: Multileaf collimation versus conventional shielding blocks: a time and motion study of beam shaping in radiotherapy. *Radiother. Oncol.* 37:61-64 (1995)
8. Klein E, Low D, Maag D, et al.: A quality assurance program for ancillary high technology devices on dual-energy accelerator. *Radiother. Oncol.* 38:51-60 (1996)
9. Perez C, Purdy J, Marms W, et al.: Three-dimensional treatment planning and conformal radiation therapy: preliminary evaluation. *Radiother. Oncol.* 36:32-43 (1995)
10. Velkley DE, Manson DJ, Purdy JA, et al.: Buildup region of megavoltage photon radiation sources. *Med. Phys.* 2:14-19 (1975)
11. Khan FM: Use of electron filter to reduce skin dose in cobalt teletherapy. *Am. J. Roentgenol.* 111:180-181 (1971)
12. Khan FM, Moore VC, Levitt SH: Effect of various atomic number absorbers on skin dose for 10-MeV x-rays. *Radiology.* 109:209-212 (1973)
13. Saylor WL, Quillin RM.: Methods for the enhancement of skin sparing in cobalt-60 teletherapy. *Am. J. Roentgenol* 111:174-179 (1971)
14. Gray L: Relative surface doses from supervoltage radiation. *Radiology* 109:437-442 (1973)
15. Rao PX, Pillai K, Gregg EC.: Effect of shadow trays on surface dose and buildup for megavoltage radiation. *Am. J. Roentgenol.* 117:168-173 (1973)
16. Dawson J, Kahler D, McDonald B, et al: Surface and percentage depth doses for secondary blocking using a multileaf collimator and cerrobend-alloy blocks. *Radiother. Oncol.* 42:285-288 (1997)
17. Gerbi BJ, Khan FM: Measurement of dose in the buildup region using fixed-separation plane-parallel ionization chambers. *Med. Phys.* 17(1):17-26 (1990)
18. Hine GD: Scattering of secondary electrons produced by gamma rays in materials of various atomic numbers. *Phys. Rev.* 82:755-756 (1951)
19. Leung PMK, Johns HE: Use of electron filters to improve the buildup characteristics of large fields from cobalt-60 beams. *Med. Phys.* 4:441-444 (1977)

Surface and Percentage Depth Doses for Multileaf Collimator Conjunction with Conventional Block

Kwang Mo Yang, M.D. and Hyun Suk Suh, M.D. *

Department of Radiation Oncology, College of Medicine, Dong-A University, Pusan Korea

**Department of Radiation Oncology, College of Medicine, Ewha Womans University, Seoul Korea*

A multileaf collimator (MLC) is used as a replacement for conventional blocks. The MLC, however may not be appropriate for a fine field shaping. For the fine field shaping, conventional block can be added under the MLC. But it may significantly affect on the dosimetric characteristics such as surface dose of skin, buildup region and percent depth doses. We performed the study to evaluate the surface dose and the maximum depth dose using MLC conjunction with conventional blocks for various field sizes and energies. We confirmed the surface dose was increased by using the additional conventional block under the MLC ranging from 10 to 35.6% according to various field sizes and radiation beam energies. The surface dose was effectively reduced by application of 2 or 3 mm thickness of lead plate as electron filter.

Key words : Multileaf collimator, Surface dose, Electron filter