

안와 주변 방사선 치료 시 수정체 피폭선량 감소를 위한 2차 차폐의 유용성 평가

보라매병원 방사선종양학과

곽용국 · 홍순기 · 하민용 · 박장필 · 유숙현 · 조 웅

목 적 : 안와 주변 방사선 치료 시 수정체 피폭선량감소를 위하여 사용된 2차 차폐 block의 유용성을 알아보고자 한다.

대상 및 방법 : Human phantom(Alderson Rando Phantom, The Phantom Laboratory, USA)을 사용하여 CT(Somatom Definition AS, Siemens, Germany) 모의촬영 후 전산화치료계획시스템(Pinnacle, PHILIPS, USA)을 통해 실제 치료와 유사한 IMRT치료계획을 실시하였다. 2차 차폐를 위하여 두께 3mm 지름 25 mm의 납판과 3 mm tungsten eye-shield block(Extra small size, Radiation Products Design, Inc, USA)를 사용하였으며, TPS(Treatment Planning System) 상의 lens dose와 모의치료 상의 lens dose를 OSLD로 측정 비교하였다. 또한, 5 cm 두께의 acrylic phantom에 동일한 조건의 2차 차폐물인 3 mm 납판과 tungsten eye-shield block을 사용하여 200 MU(6 MV, SPD(Source to Phantom Distance)=100 cm, F · S 5x5 cm)를 조사 및 측정하였으며, 조사야 밖의 누설선 및 투과방사선 영향을 제한시키고자 8 cm 납블럭(O.S.B: Outside Scatter Block)을 적용하여 위와 동일한 실험을 시행하였다. 조사야로부터 1 cm 이격하여 phantom 끝 옆면에 OSLD(Optically Stimulated Luminescence Dosimeter)를 부착하였고, eyelid의 두께에 해당하는 bolus 3 mm를 적용하였다.

결 과 : human phantom을 이용하여 IMRT 치료계획 상의 Lens dose와 실 측정치는 각각 315.9, 216.7 cGy가 측정되었고, 3 mm 납판과 tungsten eye-shield block으로 2차 차폐 후 각각 234.3, 224.1 cGy가 측정되었다. acrylic phantom을 이용한 실험 결과는 no block, 3 mm 납판, tungsten eye-shield block을 사용했을 때 5.24, 5.42, 5.39 cGy가 측정되었으며, 조사야 밖에 O.S.B를 적용하여 no block, 3 mm 납판, tungsten eye-shield block을 실험한 결과 각각 1.79, 2.00, 2.02 cGy가 측정되었다.

결 론 : 광자선 조사 시 critical organ을 보호하기 위하여 2차 차폐를 적용할 시에는 field 외부일지라도 헤드 누설방사선 및 collimator & MLC 투과방사선이 존재하므로 치료부위와 beam 방향에 따라 금속과 같은 높은 원자번호의 차폐물질이 critical organ 근처에 있다면 선량 증가의 원인이 될 수 있다는 사실을 알 수 있었다. 따라서 피폭선량 감소를 위한 2차 차폐의 시도는 분명 의미가 있었으나 미 검증된 시도는 오히려 역효과를 가져올 수 있다는 사실을 인지하여 QA를 통해 목적에 부합하는 결과가 나오는지 사전에 알아보아야 할 것이다.

핵심용어 : 2차 차폐물, 수정체 선량, 결정 장기, 납판, 텅스텐 아이셴드블럭

서 론

많은 안와질환 중 안와의 악성 림프종은 전체 비호지킨스 림프종의 1~2%, 림프절 외 림프종의 8%를 차지하고 있는 질환이다. 이러한 안와림프종 중 MALT 림프종은 WHO 분류법에 의하면 가장 흔한 조직학적 유형이며, 안구부속기 림프종의 38~64%를 차지한다고 보고하고 있고, 특히 한국인에 있어서는 서양인에 비해 전체 안와림프종 중 MALT 림

프종이 차지하는 비율이 높은 것으로 알려졌다.^{1,2,16)}

MALT림프종이란 1983년 Isaacson과 Wright에 의해 처음 위 장관에서 기술된 이후 위 장관 이외의 장기에도 발생할 수 있으며, 종양세포의 면역학적 소견과 분자생물학적 소견이 marginal zone B cell 에 해당한다고 알려진 바이다.³⁾ 이러한 MALT림프종의 임상양상에 대해 최근에 Auw 등과 Lauer는 다른 세포 형태의 림프종에 비해 예후가 좋고 수술적 제거와 함께 방사선 치료에 반응을 잘 하는 것으로 보고하였다.³⁾ 내원하신 환자의 경우 52세 나이로 Rt. orbital retrobulbar space에 생긴 MALT lymphoma 치료목적으로 일 선량 180 cGy 23회 조사, 총 4140 cGy 선량으로 IMRT 치료계획을 세웠다. 이 환자의 경우 25살 때 외상으로 인하

본 논문은 2015년 5월 29일 접수하여 2015년 6월 24일 채택되었음.

책임저자 : 곽용국, 보라매병원 방사선종양학과

서울특별시 동작구 보라매로 5길 20, 156-707

Tel : 02)870-1698

E-mail : kykkyk01@hotmail.com

여 좌측 안구적출술(Lt. ophthalmectomy)을 받으신 특이한 병력으로 남아있는 오른쪽 안구에 대한 방사선 부작용을 최소화시킬 필요가 있었다. 방사선치료는 종양을 제어할 정도의 충분한 방사선량을 조사하면서 주변 정상조직에는 최소한의 방사선이 조사되게 하는 것을 궁극적인 목적으로 하는데, IMRT 치료계획의 단점으로 낮은 선량이 정상 조직에 노출되는 볼륨이 커지게 되고 MU가 증가하면서 의도하지 않게 조사야에 인접한 정상장기에 산란선이 조사되어 주요 장기에 부정적인 영향을 발생시킬 수도 있다. 이러한 조사야 밖 주변부 선량(peripheral dose)은 환자 자체에서의 산란, 치료실 벽, 천장, 바닥 등에 의한 산란, head부에서의 누설 방사선(leakage radiation), 치료 시 사용되는 collimator, MLC, wedge filter 등에 의해 발생한다고 알려져 있다.⁴⁾ 내원한 환자의 경우 방사선치료를 함에 있어 수정체 피폭선량을 완전히 제거하는 것은 현실적으로 불가능하므로 최소의 선량이 조사되도록 치료계획을 수립하는 것이 중요하다 할 것이다. 처방선량의 96.9%가 PTV(Planning Target Volume)를 100% 포함시킬 때 수정체에 370.5 cGy가 흡수되는 IMRT 치료계획이 세워졌는데, 1991년 Emami에 발표된 자료에 의하면 수정체의 견딤선량은 1000 cGy이지만 ICRP Report 60(1990) & 103(2007)에 의하면 안구의 백내장 역치선량은 500 cGy로 제시하고 있다.⁵⁾ 물론 치료계획에서의 수정체 흡수선량이 ICRP 권고치 이하이긴 하지만, 안구가 한 쪽뿐인 환자의 특이성으로 인하여 수정체에 미치는 피폭선량을 낮추기 위해 납판과 tungsten eye-shield block을 2차 차폐체로 사용하여 치료에 적용하기 전 인체

팬텀을 이용하여 사전에 측정 및 결과를 분석하였다. 따라서 수정체 같은 critical organ이 치료용적에 인접하게 위치하였을 때 이를 보호하기 위한 2차 차폐 block 사용에 따른 선량 변화를 본 연구를 통해 알아보기로 한다.

대상 및 방법

1. 대상 및 장비

본 실험을 위하여 선형가속기(Artiste, Siemens, Germany)와 CT-simulator(Somatom definition AS, Siemens, Germany) 및 전산화치료계획장비(Pinnacle, Philips, Netherlands)를 사용하였고 human phantom(Alderson Rando Phantom, The Phantom Laboratory, USA)에 tungsten eye-shield block(Extra small size, Radiation Products Design, Inc, USA)과 3mm 납판을 부착 후 OSLD(NanoDot, Landauer, USA) 사용하여 측정하였다(Fig. 1, 2).

2. 측정방법

1) 인체팬텀을 이용한 간접 측정

인체팬텀을 사용하여 전산화모의촬영 후 실제 환자의 치료계획과 유사한 처방 선량의 95.9% 선량이 PTV 100%를 포함하게 IMRT 계획을 세워 TPS 상의 수정체 선량과 실 측정치를 비교하였고(Fig. 3), 2차 차폐 후 선량 변화를 관찰

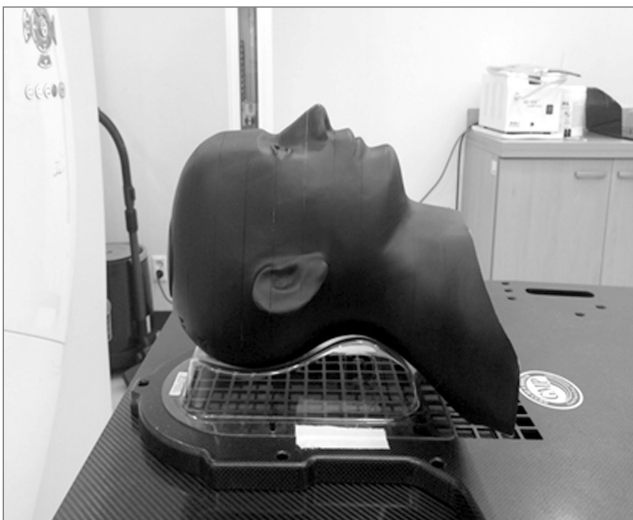


Fig 1. Human phantom image on the IMRT-board

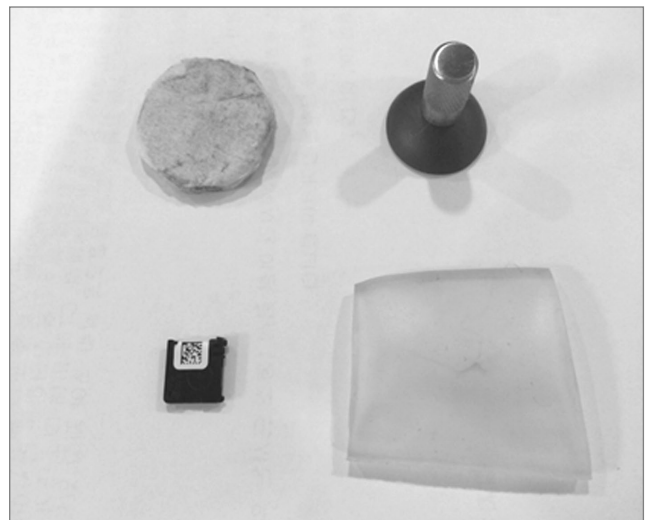


Fig 2. Materials for experiments



Fig 3. IMRT plan image of the human phantom

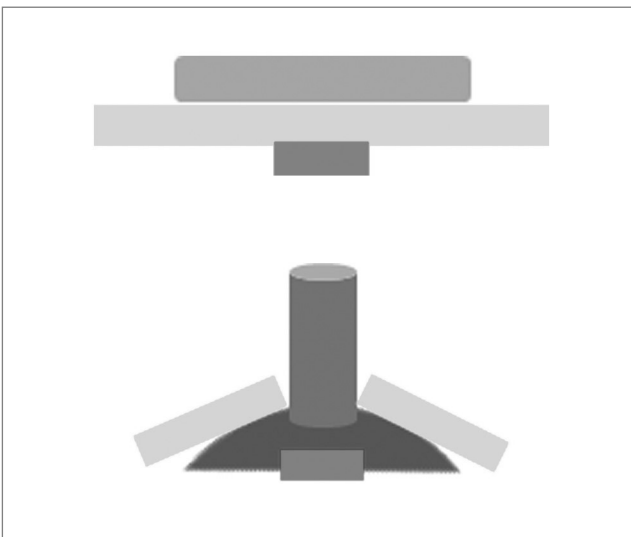


Fig 4. OSLD with 3 mm bolus on the 3 mm Pb plate & Tungsten Eye-shield block

하기 위하여 지름 25 mm의 3 mm 납판과 tungsten eye-shield block(T.E.B)를 사용하였다. 총 3회 반복 실험하여 측정된 값 중 최소 및 최대치를 제외한 나머지 측정값들을 평균으로 데이터를 수집하였다.

6 MV 광자선에서 발생할 최대 2차 산란선을 6 MeV로 가정했을 때 3 mm 납으로 충분한 차폐가 가능할 것이고 T.E.B와 같은 두께를 사용하였을 때 차이를 알아보기 위해서 3 mm 납판을 사용하였다. 측정 시 eyelid의 두께를 3 mm로 가정하여 7) 납판과 T.E.B에 Bolus를 삽입하고 실험하였다(Fig. 4).

2) 아크릴팬텀을 이용한 측정

2차 차폐체의 유무에 따른 선량변화를 직관적으로 알아보기 위하여 5 cm 두께의 아크릴팬텀에 6 MV, Gantry angle=0°, SPD(Source to Phantom Distance)=100 cm, 5x5

cm, 200 MU의 조건으로 각각 블럭이 없는 상태, 3 mm 납판, T.E.B에 대해 실험하였다(Fig. 5, 6, 7). 또한, 조사야 밖의 투과방사선을 최대한 억제시키기 위해 조사야 밖으로 8 cm 납블럭(O.S.B: Outside Scatter Block)을 위치하여 위와

동일한 실험을 하였다(Fig. 8, 9, 10). OSLD의 위치는 팬텀 끝 옆면에 조사야로부터 1 cm 이격하여 부착하였고 eyelid 용 bolus 3 mm를 사용하였고(Fig. 11), 상기 실험과 동일하게 3회 반복 실험하여 측정된 값 중 최소 및 최대치를 제외

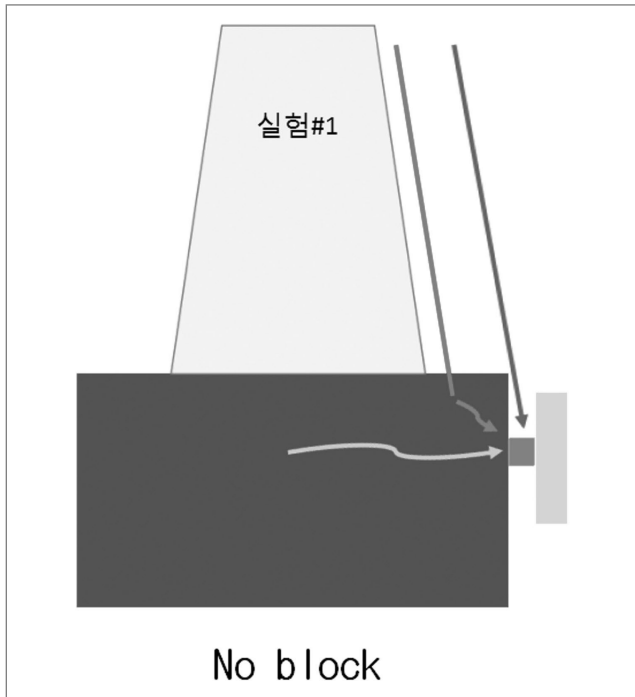


Fig 5. Experiment 1st image

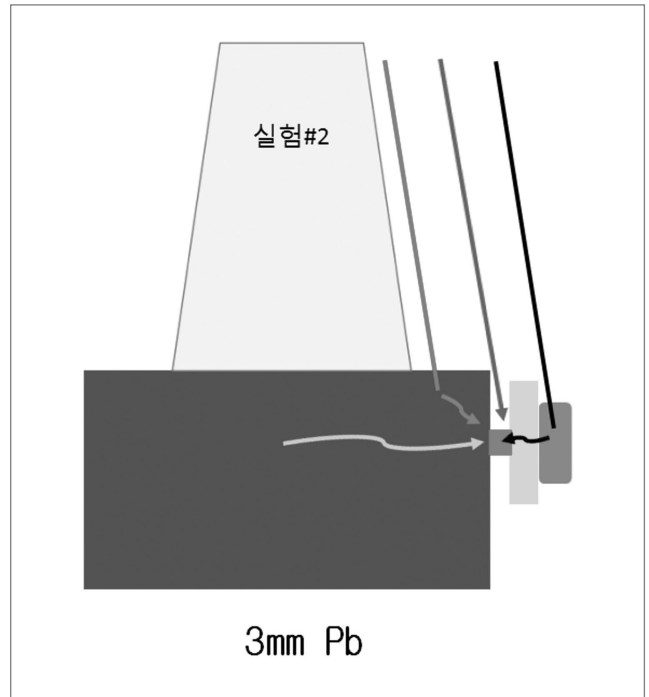


Fig 6. Experiment 2nd image

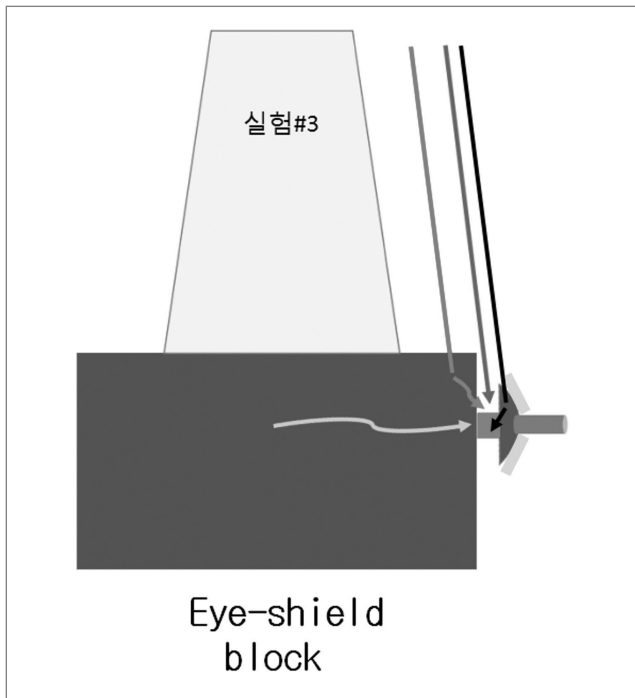


Fig 7. Experiment 3rd image

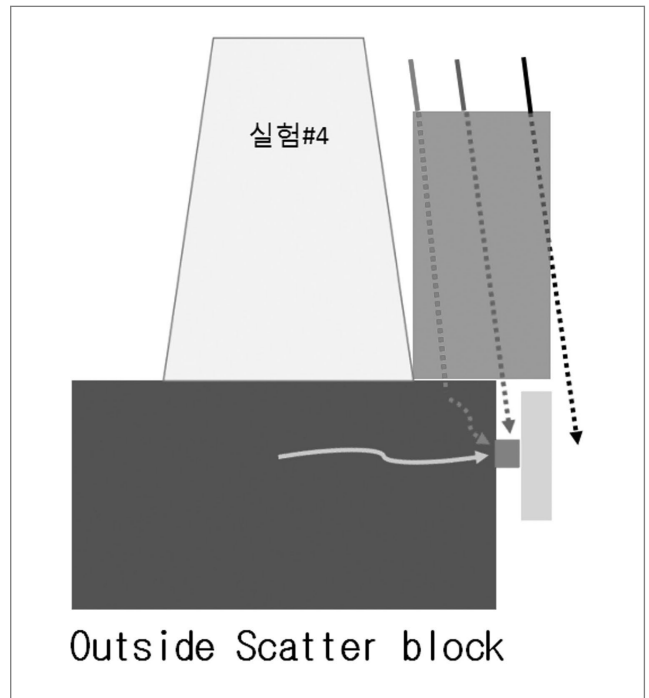


Fig 8. Experiment 4th image

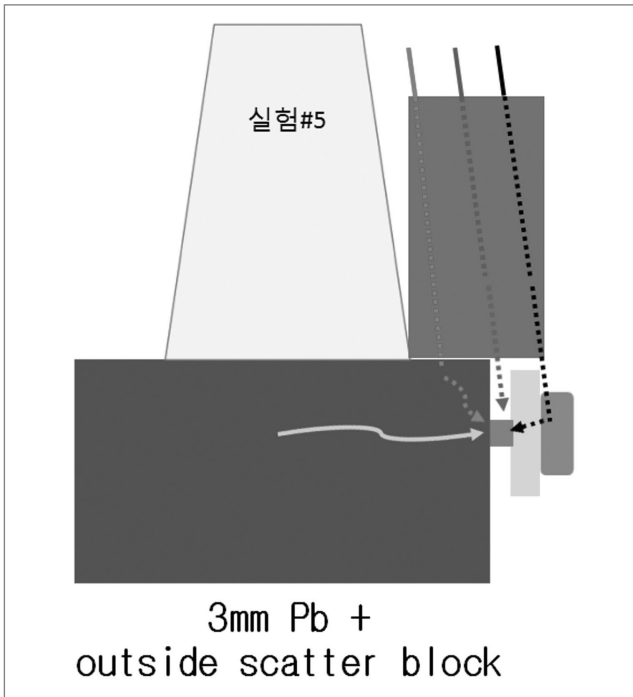


Fig 9. Experiment 5th image

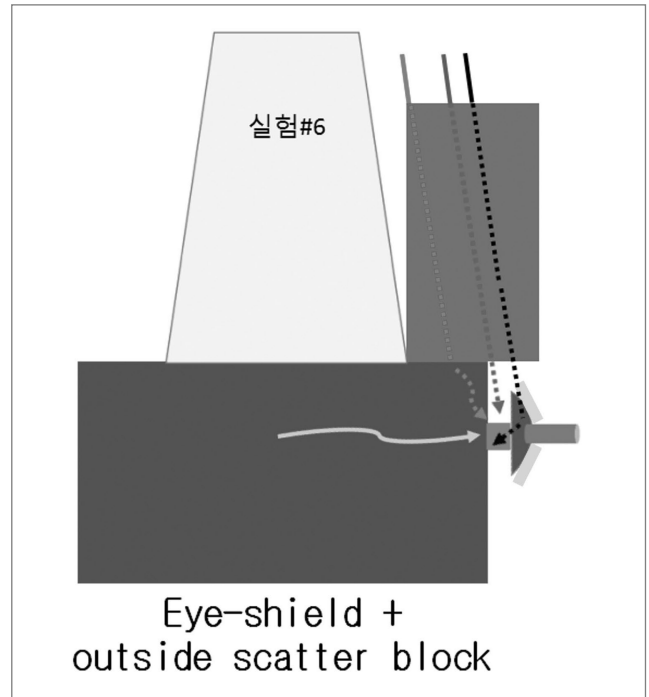


Fig 10. Experiment 6th image

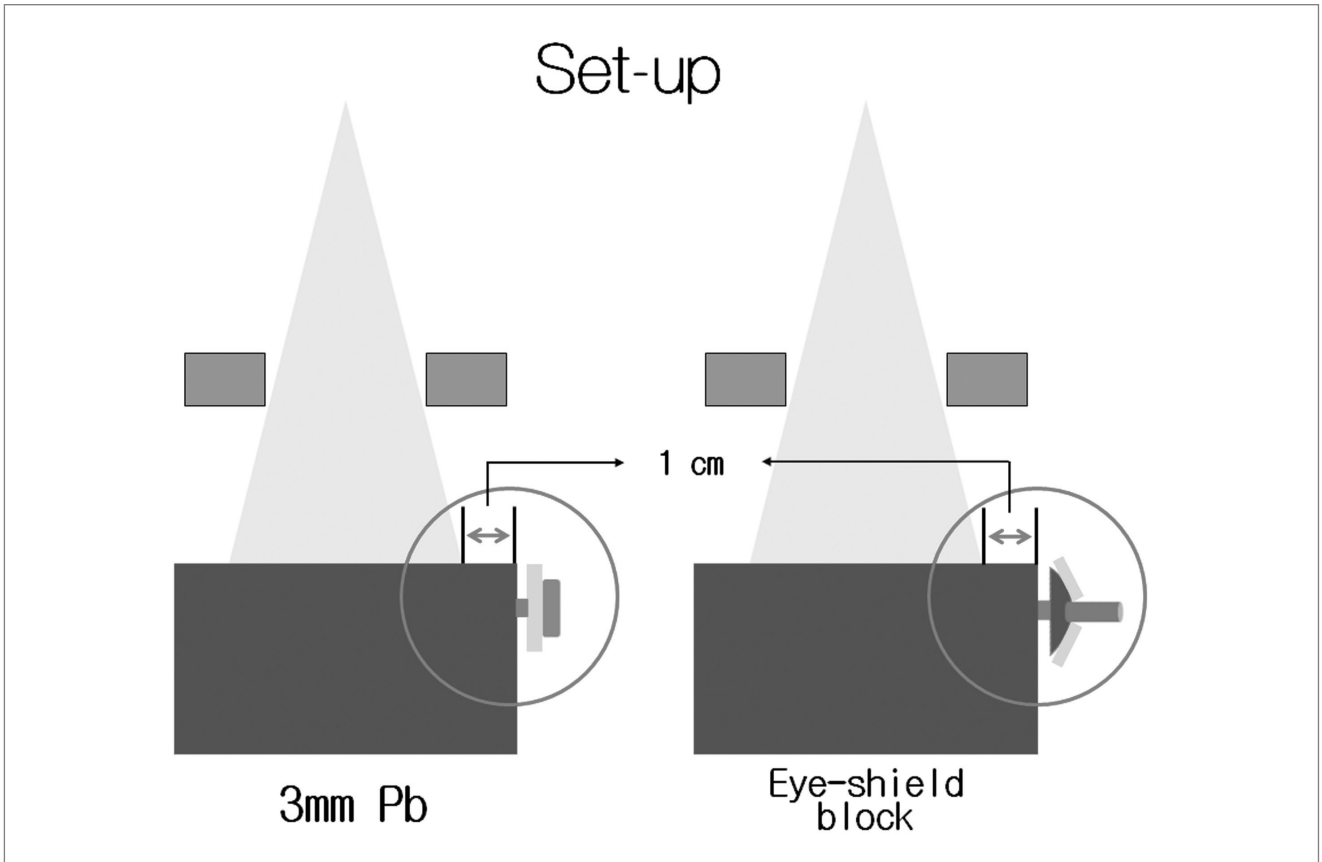


Fig 11. Explanation about the acrylic phantom setup

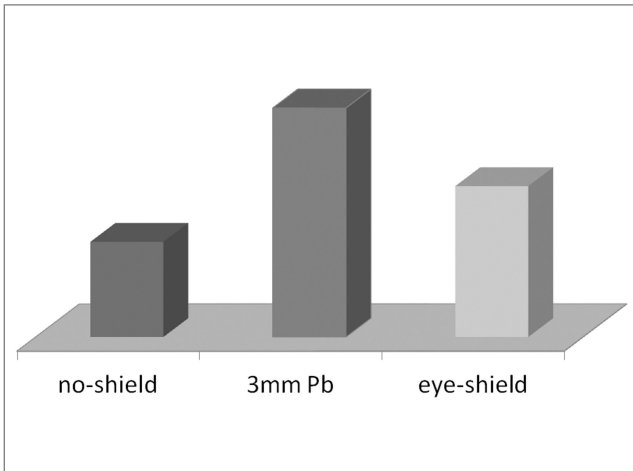


Fig 12. Graph of human phantom experiment

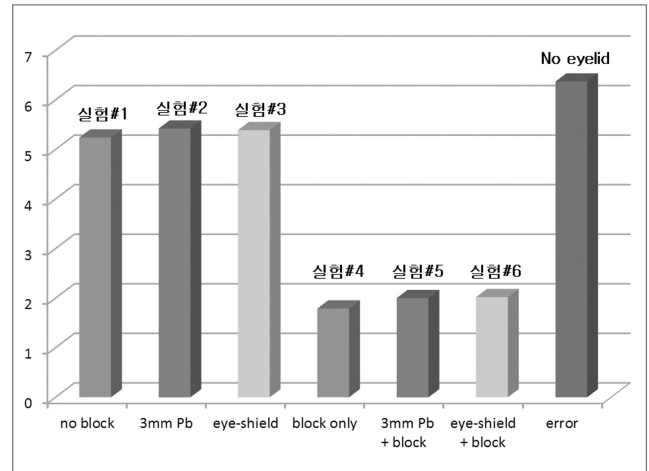


Fig 13. Graph of acrylic phantom experiment

한 나머지 측정값들을 평균으로 데이터를 수집하였다.

결 과

1) 인체팬텀을 이용한 간접 측정

인체팬텀의 IMRT 치료계획 상의 수정체 피폭선량은 315.9 cGy 였을 때 실험한 결과 각각 216.7, 234.3, 224.1 cGy가 측정되었다(Table 1)(Fig. 12). 오히려 조사야 외부지만 텅스텐과 납 같은 금속 물질로 2차 차폐를 시도하였을 때의 선량이 더 높게 나타난 의외의 결과를 얻었다. 이에 대한 원인 분석 결과 조사야 외부라 할지라도 누설방사선과 Jaw & MLC 투과방사선(transmission x-ray)이 존재하므로 2차 차폐체로 사용된 금속물질과의 상호작용 결과라 생각 된다.

2) 아크릴팬텀을 이용한 측정

실험한 결과 블록이 없을 때, 3 mm 납판, T.E.B일 때 각각 5.24, 5.42, 5.39 cGy로 측정되었다. 납과 텅스텐의 2차

차폐 적용 시 없는 상태에 비해 각각 3.4%, 2.9% 선량 증가 현상이 관찰되었는데 실험 결과 3 mm 납판이 위치하였을 때 선량이 가장 높았지만 T.E.B와의 차이는 크지 않았다. 또한 조사야 밖에 outside scatter block을 사용한 결과 각각 1.79, 2.00, 2.02 cGy가 측정되었다. 2차 차폐체가 없는 상태에 비해 각각 65.8, 61.8, 61.5%의 선량 감소를 확인하였다(Table 2)(Fig. 13).

또한, 3 mm 납판 실험과정에서 실수로 eyelid용 3 mm bolus 없이 실험을 진행한 결과 6.37 cGy라는 값을 얻었는데 이것은 블록이 없을 때와 비교하여 21.6%의 선량이 증가하였으며 3 mm 납판 실험 결과와 비교해 보았을 때 bolus 3mm가 0.95cGy 선량을 감소시키는 결과로 보여 진다 (Table 2)(Fig. 13).

고찰 및 결론

내원하신 환자의 경우 한 쪽 안구뿐이었으므로 주어진 처방선량 안에서 최대한 수정체 선량 감소를 유도하여야만 하

Table 1. Lens exposure dose comparison in the human phantom (Unit : cGy)

	TPS	No-shield	3 mm Pb	Eye-shield block
Lens dose	315.9	216.7	234.3	224.1

Table 2. Exposure dose comparison in the acrylic phantom (6 MV, SPD: 100 cm, field size: 5×5 cm, 200 MU)

	Exposure dose (cGy)
실험 1 (No block)	5.24
실험 2 (3mm Pb)	5.42
실험 3 (Eye-shield)	5.39
실험 4 (O.S.B)	1.79
실험 5 (3mm Pb +O.S.B)	2.00
실험 6 (Eye-shield +O.S.B)	2.02
Experiment Error (no eyelid)	6.37

였다. 이러한 노력은 ‘가능한 한 최대한 방사선 피폭을 줄여야 한다’는 대명제인 ALARA(As Low As Reasonably Achievable)원칙을 생각할 때 바람직하다고 생각한다. 수정체에 영향을 미치는 주변부선량은 인체 내에서 발생하는 산란선, 헤드부에 의한 누설방사선, collimator & MLC에서 발생된 산란선, 조사야 외부 투과 방사선(transmission x-ray) 등이 있을 것이다. 본 치료에 사용된 에너지가 상대적으로 저에너지에 해당하는 6 MV라는 것도 고에너지(>10 MV)에 비하여 Gantry head에서의 누설방사선 및 산란선 발생을 줄여 수정체 피폭선량을 감소시키는 요인이 될 것이다.⁴⁾

본 연구를 통해 수정체 같은 critical organ들을 보호하기 위하여 2차 차폐를 적용할 시에는 field외부라 할지라도 치료부위와 beam 방향에 따라 금속과 같은 높은 원자번호의 차폐물질이 critical organ 근처에 있다면 선량증가의 원인이 될 수 있다는 사실을 발견할 수 있었다.

지금까지 알려진 문헌들에 따르면 수정체의 백내장 역치선량은 500 cGy, 가시적 혼탁은 50~200 cGy라고 알려져 있다.⁵⁾ 물론 치료계획에서나 2차 차폐를 시행하였을 때 모두 백내장 역치선량을 넘어서는 수치는 아니었으나 추가 차폐는 오히려 환자에게 수정체 피폭선량을 증가시킬 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 조사야 밖으로 outside scatter block을 위치시켜 누설선 및 투과방사선을 최대한 차폐하였을 때 큰 폭의 선량 감소 효과를 얻었지만 이는 단순히 비교목적의 실험으로 아쉽게도 실제 치료에 적용이 불가능하였다. 따라서 피폭선량 감소를 위한 2차 차폐의 시도는 분명 좋았으나 미 검증된 시도는 오히려 역효과를 가져올 수 있다는 사실을 인지하여 QA를 통해 목적에 부합하는 결과가 나오는지 사전에 반드시 알아보아야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 박성진, 이원식, 양재욱 : 안와 부속기 MALT 림프종 환자에서 R-CVP 복합 항암 화학 요법의 치료 효과. 대한안과학회지 2013 ; 54(8) ; 1157-1164
2. 조영준, 임진호, 박근성 : 안구 부속기에 발생한 MALT 림프종의 임상양상. 대한안과학회지 2002 ; 43(2) : 357-362
3. 김인선 : MALT 림프종의 진단기준과 위 이외의 장기에서의 MALT 림프종의 특성. 대한내과학회지 2000 ; 59 : 3
4. 정지훈, 김찬용, 김보겸, 서석진, 유숙현, 박홍득 : 입산부의 방사선치료 시 태아선량 평가. 대한방사선치료학회지 2007 ; 19(1) : 35-41
5. ICRP(1991) : 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection., ICRP Publication 60, Annals of the ICRP 21(1-3)
6. Tacke et al. : Evidence of 160 MLC precision proven. Medical Physics 2008 ; 35 : 5
7. 양용모, 박병석, 안종호, 송기원 : 전뇌 방사선치료 시 Optimold에 따른 수정체의 흡수선량 평가. 대한방사선치료학회지 2014 ; 26(1) : 77-81
8. 이상석, 박영선, 김홍태, 고성진 : 방사선 생물학. 2nd ed. 서울:정문각, 2005 ; 211-217
9. 양명식, 차석용, 박주경, 이승훈, 김양수, 이선영 : 전뇌 방사선 치료 시 갑상선 차폐체의 주변선량 차폐효과에 대한 유용성 평가. 대한방사선치료학회지 2014 ; 26(2) : 265-272
10. 유순미, 반태준, 유인하, 백금문, 권경태 : 안와 림프종 환자의 방사선치료를 위한 세기조절방사선치료와 용적 세기조절회전치료의 전산화 치료계획에 대한 고찰. 대

한방사선치료학회지 2014 ; 26(2) : 281-287

11. 서상현, 김동익, 정진일, 이승익, 윤평호 : 안와 가성종양 및 림프종의 임상적, 방사선학적 소견의 비교. 대한방사선의학회지 2002 ; 47 : 15-20
12. Hall EJ, Wu CS: Radiation-induced second cancers : the impact of 3D-CRT and IMRT. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics 2003 ; 56(1) : 83-88
13. 이수형, 박수연, 최지민, 박주영, 김종석 : 가임기 여성의 유방암 토모치료 시 난소선량 평가비교. 대한방사선치료학회지 2014 ; 26(2) : 337-343
14. Khan FM: The physics of radiation therapy. 2nd ed. Baltimore : Williams & Wilkins, 1994;82-84
15. Sasa Mutic, Eric EK: A reduction in the AAPM TG-36 reported peripheral dose distributions with tertiary multileaf collimation. International Journal of Radiation Oncology ?Biology ? Physics, IJROBP 1999 ; 44 : 947-953
16. Cho EY, Han JJ, Ree HJ, et al. Clinicopathologic analysis of ocular adnexal lymphomas: Extranodal marginal zone b-cell lymphoma constitutes the vast majority of ocular lymphomas among koreans and affects younger patients. Am J Hematol 2003;73:87-96.

Abstract

Usefulness assessment of secondary shield for the lens exposure dose reduction during radiation treatment of peripheral orbit

Department of Radiation Oncology, Boramae medical center, Seoul, Korea

Kwak Yong Kuk, Hong Sun Gi, Ha Min Yong, Park Jang Pil, Yoo Sook Hyun, Cho Woong

Purpose : This study presents the usefulness assessment of secondary shield for the lens exposure dose reduction during radiation treatment of peripheral orbit.

Materials and Methods : We accomplished IMRT treatment plan similar with a real one through the computed treatment planning system after CT simulation using human phantom. For the secondary shield, we used Pb plate (thickness 3mm, diameter 25mm) and 3 mm tungsten eye-shield block. And we compared lens dose using OSLD between on TPS and on simulation. Also, we irradiated 200 MU(6 MV, SPD(Source to Phantom Distance)=100 cm, F · S 5x5 cm) on a 5cm acrylic phantom using the secondary shielding material of same condition, 3mm Pb and tungsten eye-shield block. And we carried out the same experiment using 8cm Pb block to limit effect of leakage & transmitted radiation out of irradiation field. We attached OSLD with a 1cm away from the field at the side of phantom and applied a 3mm bolus equivalent to the thickness of eyelid.

Results : Using human phantom, the Lens dose on IMRT treatment plan is 315.9cGy and the real measurement value is 216.7cGy. And after secondary shield using 3mm Pb plate and tungsten eye-shield block, each lens dose is 234.3, 224.1 cGy. The result of a experiment using acrylic phantom, each value is 5.24, 5.42 and 5.39 cGy in case of no block, 3mm Pb plate and tungsten eye-shield block. Applying O.S.B out of the field, each value is 1.79, 2.00 and 2.02 cGy in case of no block, 3mm Pb plate and tungsten eye-shield block.

Conclusion : When secondary shielding material is used to protect critical organ while irradiating photon, high atomic number material (like metal) that is near by critical organ can be cause of dose increase according to treatment region and beam direction because head leakage and collimator & MLC transmitted radiation are exist even if it' s out of the field. The attempt of secondary shield for the decrease of exposure dose was meaningful, but untested attempt can have a reverse effect. So, a preliminary inspection through Q.A must be necessary.

Keyword : secondary shielding material, lens dose, critical organ, lead plate, tungsten eye-shield block