放治技學會誌, 第 12 卷 第 1 號 2000年

Dosimetry character with lens shielding device in electron therapy for conjunctival lymphoma

세브란스병원 방사선종양학과 · 김천대학 방사선과*

윤종원 · 천덕선 · 이석 · 신동봉 · 이원주 · 박재일 · 나수경*

I. 서 론

안와의 림프종중 결막림프종(conjunctival lymphoma)은 안와의 가장 앞쪽에 발생하는 질병으로써 방사선 치료는 다른 어떤 치료 즉 외과적, 약물요법 등보다 국소제어에 있어서 효과적이다.[1] 방사선 치료중 인체의 표재성 질병에 대해서는 일반적으로 전자선 치료가 보편화 되어 있는게 사실이나 전자선의 특징[2](Rapid buildup, Sharp fall up, constriction)에 의한 불균등한 선량분포가 수정체와 같은 critical organ에 합병증을 일으킬 수 있다.

따라서 본 저자는 결막리프종 치료시 수정체와 같은 정상조직 부작용의 위험성을 최대한 줄이면서 종양에는 최대한의 선량을 조사할 수 있도록 방사선 차폐기구(LSD)의 제작과 그 유용성을 알아보기로 했다.

결막림프종의 치료는 안와내의 종양의 크기, 위치, target volume의 크기 등에 의하여 다양한 치료방법[3]이 사용되고 있으나 본 저자는 각막에 밀착할 수 있는 LSD(Lens Shield device)를 이용한 Anterior 전자선 일문조사 방법을 선택하여 TLD, Film측정을 통한 각막으로 부터 거리변화에 따른 LSD의 적정위치와, LSD후방의 선량분포, 수정체에 흡수되는 선량을 측정하여 차폐기구의 임상적용(그림 1) 가능성을 연구하였다.

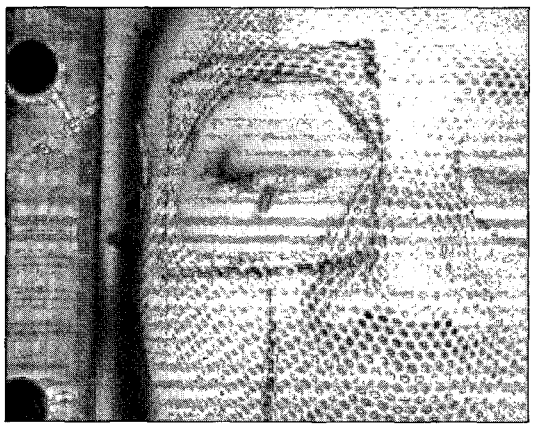

그림 1. LSD을 이용한 실제 임상적용

부가적 사항

1) 결막림프절 환자에 대한 95% 이상 국소제어할 수 있는 선량은 20~30 Gy이다(fractinated dose ; 120~200 cGy).
2) Lens Tolerance dose(TD50/5) to whole organ irradiation fractionated dose는 6~12 Gy이다
3) Lens catarct Tolerance dose(TD5-TD50) to whole organ irradiation fractionated dose는 6~12 Gy이다.

그러나 일반적으로 방사선 원인에 의해서 일으켜지는 백내장은 다른 원인에 의해서 일으켜지는 백내장과 같은 유형으로 치료될 수 있다.[4]

Ⅱ. 실험재료 및 방법

1. 본 실험에서는 안와에 발생한 결막림프종(conjunctival lymphma) 환자를 치료하기 위하여 선형가속기(Clinac 2100C, Varian USA)에서 발생하는 6 MeV 전자선을 SSD 100 cm, 6×6 cm^2 cone을 사용하였으며 방사선에 민감한 수정체에서의 흡수를 최소화시키기 위하여 Lens Shield Device(LSD)(그림 2)을 제작하였다.

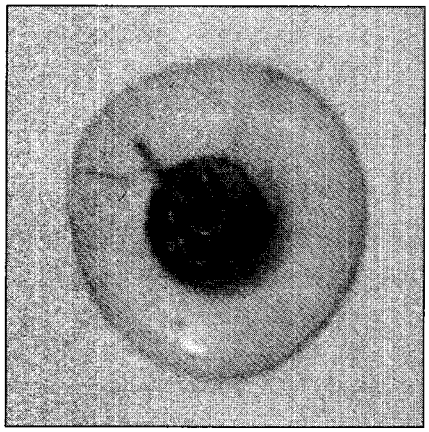

그림 2. LSD의 구조

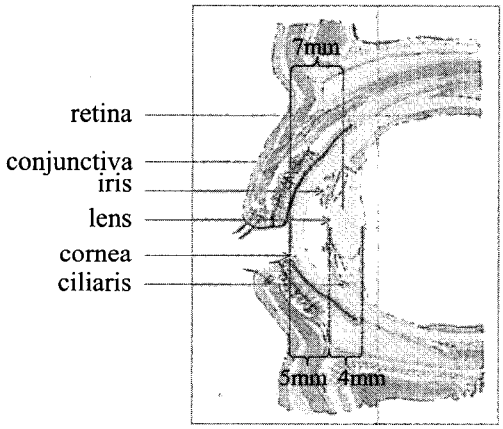

그림 3. 안와의 단면구조

2. LSD의 구조

LSD 속에 포함되어 있는 납의 크기는 인체의 수정체 크기(그림 3)와 동일한 10 mm로 정하였고, 투과력 실험을 통하여 얻은 가장 적정한 두께(3 mm)를 구하였다.

LSD가 안구에 밀착될 수 있도록 안구 크기와 같은 스텐레스 원형구에 치과용 resin을 사용하여 납을 중앙에 위치시켜 주물(mould)하였다.

또한 환자의 set up시 편의성을 확보하기 위하여 LSD 윗부분에 클립손잡이를 만들었다.

3. 투과력 실험

투과력 실험을 하기 위하여 지름이 10 mm인 납의 두께를 각각 0.25 mm, 0.5 mm, 1 mm, 1.5 mm, 2 mm, 2.5 mm, 3 mm 준비하였다.

4. 측정장비

측정장비로써 수정체의 흡수선량을 측정하고 안구에서의 심부선량분포를 확인하기 위해 TLD (chip style)와 X-omat V측정용 film을 사용하였다.

그리고 film을 지지하기 위해 Polystyrene phantom을, 선량분포의 data를 얻기위해 Videodensitometer(Wellhofer WD700i)와 자동현상기(Daesung pro20)를 이용하였다.

Ⅲ. 실험방법

본 연구는 크게 3가지 방법으로 나누어 실시하였다.

1. LSD속에 포함되어 있는 납(LSL)의 두께를 결정하기 위한 실험으로써 6 MeV 전자선의 practical rauge(공식 1) 2.6 mm와 상대적인 film 선량측정법 그림 3을 교차 만족 확인하는 과정을 거쳤다.

$$Rp = \frac{E}{2} Pb\rho \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{공식 1.}$$

where Rp : practical range (cm)
E : enrgy (MeV)
$Pb\rho$: lead density (11.4 g/cm^3)

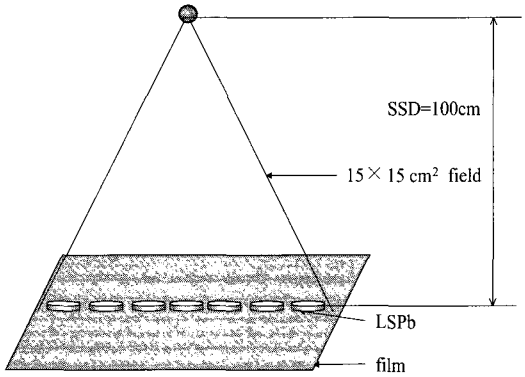

그림 4. 필름을 이용한 투과력실험 방법

선형가속기에서 발생하는 6 MeV 전자선을 납의 두께 0.25 mm, 0.5 mm, 1 mm, 1.5 mm, 2 mm, 2.5 mm, 3 mm을 모두 포함하는 조사야 15×15 cm^2로 측정용 필름 바로 위에 올려놓고 선량 35 cGy를 조사시켰다(그림 4).

흑화된 필름은 videodensitometer를 이용하여, LSL 납을 차폐하지 않은 부분을 100 %로 기준하여 납 두께 0.25 ~ 3 mm까지를 상대적인 선량값으로 나타내었다.

2. LSD 속에 포함되어 있는 LSL(LSD 속에 포함되어있는 납)과 각막 사이의 air gap 변화에 따르는 수정체의 흡수선량과 LSL후부의 선량분포를 필름과 TLD를 이용한 측정을 통하여 상대적인 값으로 비교 분석하였다.

① 필름 측정(film dosimetry)

선형가속기에서 발행하는 6 MeV 전자선 6×6 cm^2 cone, SSD 100 cm로 Polystyrene phantom 위에 LSL을 0cm부터 1cm간격으로 3 cm까지 air gap 변화를 주고 측정용 필름을 LSL의 중앙에 수직으로 세워 6 MeV 전자선 35 cGy을 조사시켰다(그림 5).

LSL의 air gap은 선량측정에 미치는 영향을 최소화 시키기 위해서 그림 5의 (b)와 같이 두 줄의 실을 조사야 밖으로 연결하여 고정시키고 그 위에 LSL을 올려놓는 방법을 선택하였다.

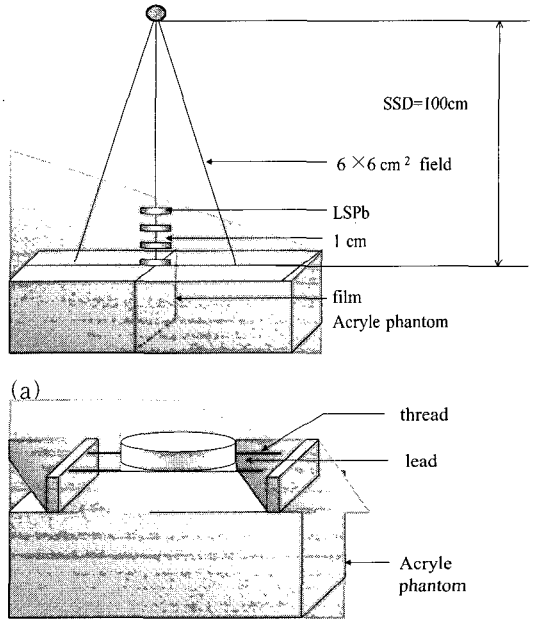

그림 5. LSL air gap 변화에 따른 필름측정방법

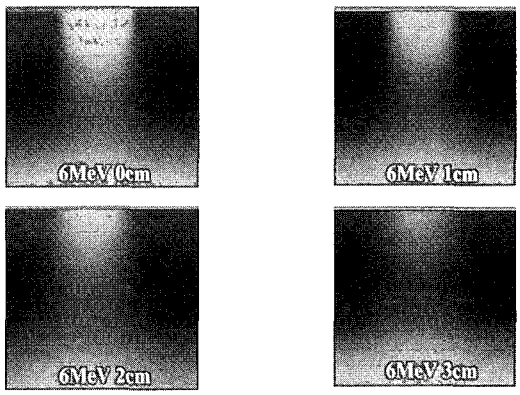

그림 6. LSL air-gap 변화에 따른 시상면 흑화도 차이

이와 같은 방법에 의하여 흑화된 필름(그림 6)은 videodensitometer로 시상면과 수평면을 스캔하여 결과를 구하였다.

② TLD측정

수정체(Lens)는 일반적으로 안구의 앞쪽표면으로부터 5~9 mm 사이에 위치되어 있다(그림 3).

따라서, 수정체의 중간지점 7 mm지점에 TLD을 위치시켜서 필름측정과 동일한 방법으로 측정 하였고(그림 7), air gap 0 cm, 1 cm, 2 cm, 3 cm LSL 측정값은 7 mm 지점을 개방조사야로 얻은 값을 기준(100%)으로 하여 상대적인 PDD (%)로 환산하였다.

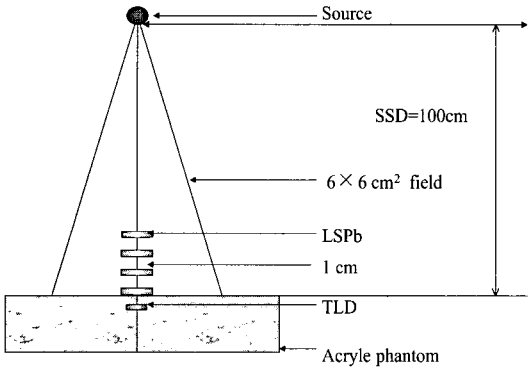

그림 7. LSL air gap 변화에 따른 TLD측정방법

3. film과 TLD 선량측정 결과 실제 인체 각 막표면으로 부터 수정체까지 깊이인 7 mm 지점의 최소의 흡수선량은 air gap이 0 cm이었다.

따라서 본원에서 제작한 LSD를 팬텀에 밀착하여 필름과 TLD를 가지고 깊이 7 mm 지점의 흡수선량과 LSD후부의 선량분포를 조사하였다.

Ⅳ. 결 과

1. 그림 8은 보간삽입법(interpolation)을 이용하여 납두께에 따른 상대적인 선량값를 선형그래프로 나타내었다.

실제 6 MeV 전자선의 선량 95 %를 차폐하고 5 %를 차폐하지 못하는 practical range (공식 1)의 2.6 mm와 본 투과력 실험 2.6 mm에서의 상대적인 선량값 7 %와의 차이는 2 %차로서 필름 선량측정법의 신뢰성을 얻을 수 있었으며 LSD 속에 포함되어 있는 납두께는 납두께의 제한성 때문에 3 mm를 이용하였다.

2. 그림 9, 10은 2번과 3번 필름 측정방법에

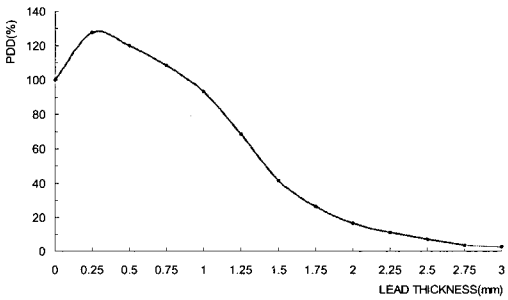

그림 8. LSL 두께에 따른 전자선의 투과성 비교

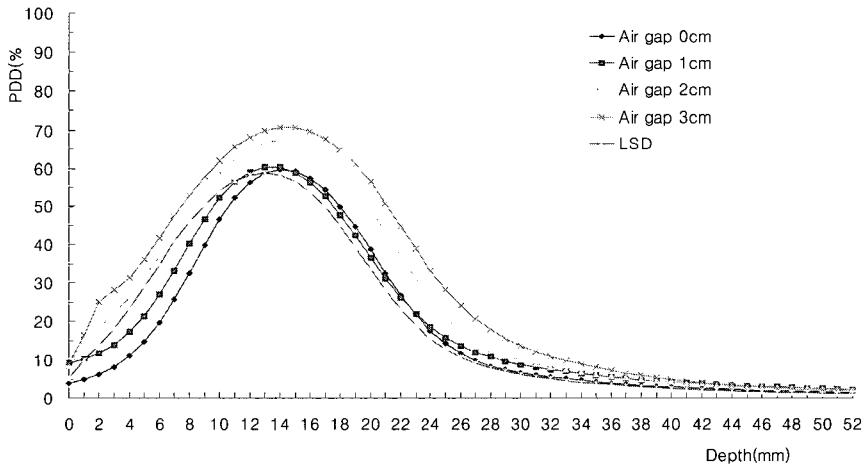

그림 9. LSL air gap 변화에 따른 시상면 profile

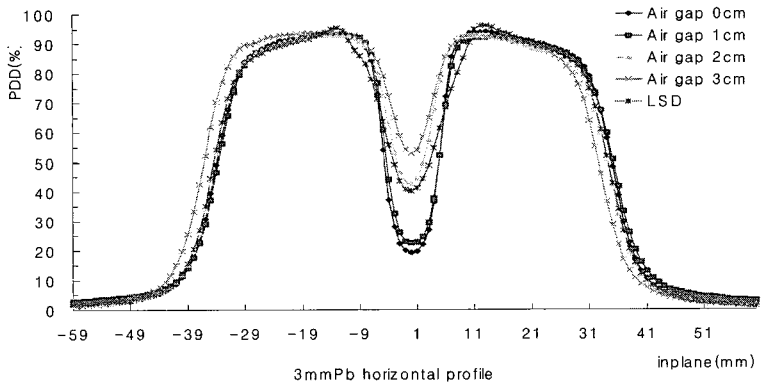

그림 10. LSL air gap 변화에 따른 7 mm 깊이의 수평면 profile

의해서 흑화된 필름을 선속중앙의 종축과 7 mm깊이에서의 횡축을 videodensitometer로 scan하여 깊이(X축)에 대한 상대적인 선량(Y축)으로 나타낸 그래프이다.

① 그림 9, 10에서 보는 바와 같이 팬텀으로부터 air gap이 0 cm일 때 수정체(7 mm depth)의 흡수선량이 가장 적었으며 air gap 3 cm일 때 최대치를 보였다. 따라서 임상에서 LSD를 이용한 결막림프종 치료시 각막에 밀착시킴으로써 수정체 흡수선량을 최소화시킬 수 있다.

② 그림 9에서는 air gap에 따른 각각의 그래프 기울기가 크기 때문에 작은 depth 변화에도 선량변화가 매우 크므로 LSD의 정확한 set-up이 요구된다.

③ 그림 10에서 LSD의 profile이 X축 -14 mm 지점과 +14 mm 지점의 갑작스런 선량증가는 LSD를 감싸고 있는 regin과 LSL사이의 방사선 상호작용에 의한 산란선 증가로 보인다.

④ LSD와 LSL air gap변화에 따르는 팬텀 표면으로부터 7 mm 깊이에서의 상대적인 선량값을 나타내었는데 air gap이 0 cm일 때 25.76 %, 1 cm일 때 33.33 %, 2 cm일 때 42.79 %, 3 cm일 때 47.54 %로 air gap이 증가함에 따라 선량이 증가하고 있다. 실제 임상에서 사용하게 되는 LSD는 팬텀에 밀착시켜서 측정했음에도 불구하고 41.01 %로 높게 나타났다. 이는 LSL을 감싸고 있는 regin에 의한 산란선의 영향으로 보인다.

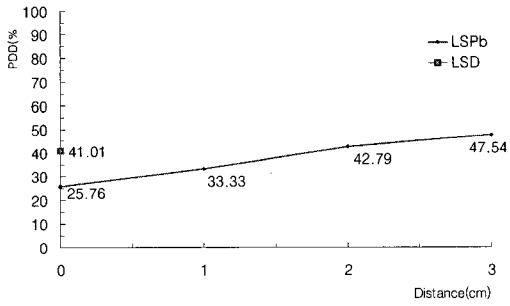

그림 11. LSL air gap변화에 따른 7mm depth에서 상대적 선량 차이 비교

3. TLD와 필름 측정에 대한 상대적인 선량값의 비교에 있어서는 표 1과 같다.

표 1. 7 mm 깊이에서의 TLD와 필름 측정값의 비교

	TLD			FILM	
Depth (mm)	Air gap (cm)	Reading	PDD (%)	Air gap (cm)	PDD (%)
7	open	24.3	100		
7	with LSD 0.4	9	38	with LSD 0.4	41
7	with LSD 0	5.5	22	with LSD 0	25
7	with LSD 1	8.1	33	with LSD 1	33
7	with LSD 2	9.8	40	with LSD 2	43
7	with LSD 3	11	45	with LSD 3	47

V. 결 론

1. TLD와 필름측정에 대한 상대적인 선량값의 비교에 있어서는 표 1과 같이 TLD와 air gap 변화에 따라 0~3% film값이 높게 나타났다.
2. 결막림프종을 치료하기 위해 본원에서 제작한 LSD을 이용한 전자선 6 MeV 2500 cGy을 분활조사할 경우 수정체가 받는 선량은 2500 cGy 중 975 cGy(39%)로써 $TD_{(50/5)}$ to fractionated dose 12Gy[4]을 초과하지 않아 LSD의 유용성을 확인할 수 있었다.
3. 지금까지 안와에 발생하는 결막림프종을 치료하기 위하여 hanging lens block을 이용한 전자선 조사법 등은 환자 set-up 상의 복잡성이나 낮은 재현성으로 치료에 어려움이 많았으나 본원에서 제작한 LSD를 이용한 6 MeV 전자선 전방조사법은 LSD를 환자 특성에 맞게 제작하여 각막에 직접 밀착시킬 수 있으므로 방사선 차폐물 고정이 매우 용이하였으며 또한 재현성 면에서도 우수하여 기존의 치료법을 더 한층 개선할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Austin-Seymour MM, Donaldson SS, Egbert PR, McDougall IR, Kriss JP. Radiotherapy of lymphoid diseases of the orbit. International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics. 11(2):371-9, 1985 Feb
2. FAIZM, KHAN : The physics of Radiation Therapy, 1994 : 2nd : 350~365
3. FRANK BORGER, B. SC., IVAN ROSENBERG, PH. D., Int J Radiat Oncol Biol Phys., Vol. 21, pp. 795~804
4. In Vaeth JM, Meyer JL, eds : Radiation Tolerance of Normal Tissues.
   Frontiers of Radiation Therapy and Oncology, vol 23, pp 7~40, Basel, Switzer-land, Karger, 1989)