

부정형 조사면에서의 TLD를 이용한 방사선 흡수선량 측정

연세대학교 원주의과대학 치료방사선과학교실

이 종 영 · 박 경 란 · 김 계 준

= Abstract =

Dosimetry of Irregular Field Using Thermoluminescence Dosimetry

Jong Young Lee, M.D., Kyung Ran Park, M.D. and Kye Jun Kim, B.S.

Department of Radiation Oncology, Yonsei University Wonju College of medicine.

In clinical radiotherapy, the use of wide and irregular field techniques frequently results in considerable tumor dose inhomogeneity because of, the variation in physical characteristics of irradiated volumes. This report describes an analysis of the dosimetry of the irregular fields such as radiation fields for Hodgkin's disease(mantle field), esophageal cancer, and lung cancer when a 6 MV and a 15 MV linear accelerators are utilized.

Doses were measured in a Rando phantom using methods of thermoluminescence dosimetry(TLD), and were calculated by radiotherapy planning computer system with the Clarkson's method for calculation of a irregular field. A dose variation of 5-22%, 6-9%, 6-14% were found in the mantle field, esophageal cancer field, lung cancer field respectively. Higher doses occurred in the superior portion of the irregular field. The sites of maximum dose variation were the supraclavicular and the upper spinal cord region. To adjust for these substantial differences, a compensator or a shrinking field technique should be adopted.

Key Words : Irregular field, Dosimetry, TLD

서 론

방사선치료시에 흔히 부정형 조사면을 사용하게 되는데 환자의 윤곽(contour), 두께(thickness), 선원 표면간거리(source to surface distance,SSD), 치료하고자하는 부위의 깊이(depth) 뿐만 아니라 차폐물 또한 복잡한 경우가 많아서 각 부위 별로 흡수되는 방사선량이 균일하지 않을 뿐더러 선량을 측정하는데 어려움이 많다¹⁾. 대표적인 부정형 조사면이라고 할 수 있는 Hodgkin씨 병의 방사선치료 할 때에 사용되는 mantle 조사면에서 전후대칭조사를 했을 경우에 4 MV 사용시 20-30%^{1,2)}, 6 MV 사용시 10%³⁾ 방사선 흡수선량에 차이가 있다는 보고가 있다. 이를 보완

하기 위하여 각각 관심점에서의 방사선 흡수선량을 측정 또는 계산한 후에 방사선조사 횟수를 조정하여^{1,3)} 전체 방사선 흡수선량을 같게 하거나 혹은 보정기(compensator)를 사용하여⁴⁾ 매 치료마다 모든 부위에 균일한 방사선이 조사되도록 하는 방법이 사용되었다. 그러나 mantle 조사면보다 부정형의 정도가 심해지는 않으나 발생 빈도가 높아서 임상에서 많이 접하게 되는 폐종양, 식도종양의 방사선치료 조사면에서 각 관심점의 방사선 흡수선량 차이에 대한 연구는 많지 않다. 이에 저자들은 mantle 조사면 뿐만 아니라 부정형 조사면을 사용하는 폐종양, 식도종양 치료 조사면에서 중심부와 각 관심점간의 방사선 흡수선량의 차이를 알아 보고자 본 실험을 시행하였다.

방 법

우선 선형가속기(Clinac 1800)의 편평도(flatness), 대칭도(symmetry) 등을 보기 위하여 선량 단면도(dose profile)를 6, 15 MV에서 각각 측정하였고(Fig. 1) 그 값이 정상범주에 속하는 것을 확인한 후에 실험에 임하였다. 크기가 1/8"×1/8"×0.035"인 정사각형 모양의 lithium fluoride TLD-100 20개에 일정량의 방사선을 조사하여 각각의 판독값을 얻었다. 각 TLD의 고유인자를 구하기 위하여 TLD 20개 전체 판독값의 평균을 내고 그 평균값에 대한 각 TLD 값의 비를 구하였다. 이 실험은 4회 시행하였으며 각각 TLD의 재현성(reproducibility)은 ±2% 미만이었다. 방사선 흡수선량을 측정 하기 전에 TLD를 100℃로 2시간, 400℃로 1시간 아닐링(annealing)한 후에 사용하였고, 방사선 조사가 끝나고 TLD를 판독할 때에는 100℃로 1시간 예비아닐링(pre-annealing)한 후에(Fig. 2) 판독한 다음 각각의 고유인자를 곱하여 측정치로 사용하였다.

인체모형(humanoid phantom)을 이용하여 Hodgkin씨 병의 방사선치료에 사용되는 mantle 조사면

과 폐암, 식도암의 방사선 치료 조사면에 맞도록 치료 설계용사진(simulation film)을 촬영하고 차폐부위를 결정한 후 Cerrobend로 각각의 차폐물을 제작하였다. 차폐물은 방사선 조사량의 95% 이상 차폐되도록 Cerrobend를 5반가층(5 half value layer) 이상 되도록 제작하여 사용하였고 치료설계용 사진상 관심점에 해당되는 부위를 인체모형에서 찾아 그 부위에 TLD를 삽입하였다(Fig. 3). 선형가속기의 에너지는 mantle 조사면에 조사할 때는 6 MV, 식도 및 폐종양 조사면에 조사할 때에는 15 MV X선을 사용하였고, 조사면의 크기도 실제 치료 할 때와 유사하도록 mantle, 식도, 폐종양 조사면에서 각각 36×36cm, 20×30cm, 20×23cm로 하였다. 이와 같은 실험은 3회 시행하여 그 평균값을 구하였으며 조사면의 중앙측 표준점의 측정값을 100%로 표준화하여 다른 부위의 값을 구하였다.

한편 인체모형의 윤곽, 각 지점의 SSD, 두께 및 밀도 등의 자료를 치료계획용 컴퓨터(Multidata[®] RTP-123)에 입력하여 Clarkson씨 방법^{5,6)}과 SSD 변화를 고려한 알고리즘을 사용한 프로그램으로 방사선 흡수선량의 계산값을 구하였다.

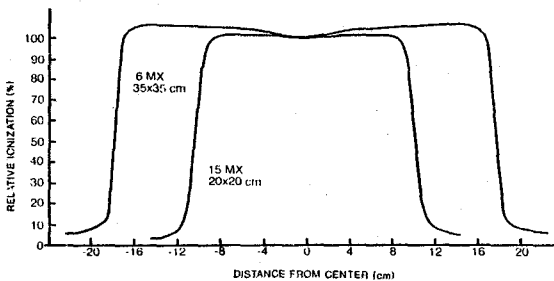


Fig. 1. Dose profile of 6 & 15 MV linear accelerator.

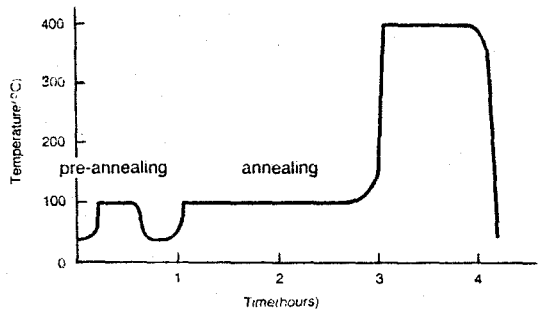


Fig. 2. TLD annealing program.

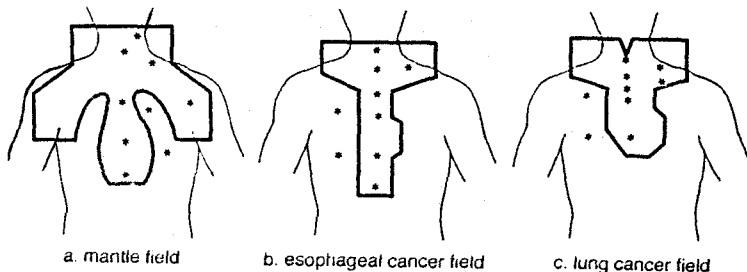


Fig. 3. Schematic drawing of the RT field and the interesting point.

결 과

1. mantle 조사면

Mantle 조사면에서는 중심부를 기준으로 했을 때 경부 척수부에서 114%, 쇄골상부 임파절 부위에서 122%, 상부 액와부에서 114%로써 조사면의 상부에서 많은 양의 방사선이 흡수되었고 하부 종격동에서는 약 95%가 측정되어 하부 조사면에서는 기준점보다 낮은 방사선 흡수선량이 측정되었다. 이는 컴퓨터로 계산한 값에서도 같은 결과를 보였다. 또한 차폐물로 가려진 폐 부위에서도 10-18%의 방사선 흡수선량이 측정되었고 컴퓨터로 계산한 값도 실제 측정된 값과 큰 차이가 없었다(Table 1).

Table 1. Dosimetry Results for Mantle Field (6 MV, 36×36cm)

Site	TLD(%)	Calculation(%)	Difference
neck node	109	107	-2
C-spinal cord	114	108	-6
SCL node	122	121	-1
Axilla	114	113	-1
Center	100	100	0
T-spinal cord	105	101	-4
Lower mediastinum	95	90	-5
Lung* (upper)	18	12	-6
Lung* (lower)	10	6	-4

* shielded area

Table 2. Dosimetry Results for Esophageal Cancer Field (15 MV, 20×30cm)

Site	TLD(%)	Calculation(%)	Difference
C-spinal cord	108	102	-6
SCL node	109	109	0
Upper esophagus	109	106	-3
T-spinal cord	108	107	-1
Center	100	100	0
Lower mediastinum	95	96	1
Lower esophagus	94	91	-3
Lung* (upper)	10	4	-6
Lung* (lower)	8	4	-4

* shielded area

Table 3. Dosimetry Results for Lung Cancer Field (15 MV, 20×23cm)

Site	TLD(%)	Calculation(%)	Difference
C-spinal cord	104	100	-4
SCL node	107	109	2
T-spinal cord	114	104	-10
Upper mediastinum	105	104	-1
Lung apex	113	109	-4
Center	100	100	0
Lower mediastinum	94	97	3
Lung* (upper)	10	4	-6
Lung* (lower)	6	4	-2

* shielded area

2. 식도종양 치료 조사면

식도종양 조사면에서도 조사면의 중심부를 기준으로 했을 때 경부 척수 부위에 108%, 쇄골상부 임파절에 109%, 상부 식도 부위에 109%, 흉부 척수 부위에 108% 등 조사면 상부에서 많은 양의 방사선 흡수선량이 측정되었고 조사면 하부 즉 하부 종격동과 하부 식도 부위에서 각각 95%, 94%가 측정되었으며 차폐된 폐 부위에서도 8-10%의 방사선 흡수선량이 측정되었다(Table 2).

3. 폐종양 치료 조사면

폐종양 치료 조사면의 경우에도 조사면 상부에서는 중심부보다 많은 양이, 조사면 하부에서는 적은 양의 방사선 흡수선량이 측정되었다. 조사면 상부인 경부 척수부에 104%, 쇄골상부 임파절 부위에 107%, 상부 흉부 척수부에 114%, 상부 종격동에 105%, 폐의 첨단부에 113%의 방사선 흡수선량이 측정되었고, 조사면 하부인 하부 종격동에서는 94%이었다. 차폐물로 가려진 폐 부위에서의 방사선 흡수선량은 6-10%로 나타났다(Table 3).

고 찰

방사선 부작용을 최소화하고 충분한 양의 방사선을 종양 부위에 조사하기 위하여 복잡한 차폐물을 사용하는 부정형 조사면을 흔히 사용하게 된다. 차폐물의 형태가 복잡하고 환자의 두께와 외형이 고르지 못하게

되면 조사면 각 부분에 흡수되는 방사선량이 균일하지 않게 되므로 부위에 따라 방사선이 많이 흡수되어 부작용이 생기거나 혹은 적게 흡수되어 치료실패하는 우려가 있게 된다. 본원에서 보유한 6 MV 선형가속기로 대표적인 부정형 조사면이라 할 수 있는 mantle 조사면에서의 방사선 흡수선량을 측정된 결과 조사면 상부 즉 경부 임파절, 쇄골상부 임파절, 경부 척수부 등에서 조사면의 중앙부인 표준점보다 9-22% 높은 양이 측정되었다. 이는 하루에 중앙부에 180 cGy씩 조사할 때에 196-220 cGy를 조사받게 되며 전체 4500 cGy를 조사할 때에 4905-5490 cGy의 방사선이 조사되는 결과를 초래하게 된다. 상부에 많은 방사선이 조사되는 것은 조사면 중앙과 종격동에 비해서 두께가 얇아서 %심부선량이 높고 SSD가 작으며⁴⁾ 6 MV 선량 단면도(dose profile)상 중앙부보다 주변 부위가 4.7% 높기 때문이며(Fig. 1) 하부 종격동 등 하부에 적은 방사선이 조사되는 것은 차폐물로 인해 조사면이 좁아져서 %심부선량이 적기 때문³⁾으로 생각된다. 이를 극복하는 방법으로 보정기를 사용하는 방법이 사용되기도 하는데 하루에 조사되는 방사선량이 각 부위에 균일하게 조사되는 장점⁴⁾이 있으나 복잡한 과정을 거쳐서 개개인의 외형에 맞게 만들어야 하는 번거로움과 선량 단면도 변화(beam profile variation)를 고려해야 하는 단점도 있다¹⁾. 또는 각 부위 별로 방사선 흡수선량의 횡수별 누적량을 계산하여 일정량에 도달하면 조사면을 줄여나가는 방법^{1),6)}이 있는데 이는 치료 조사면 각 부분에 조사되는 선량을(dose rate)이 균일하지 않은 단점이 있으나 비교적 간단하여 임상적으로 쉽게 적용할 수 있는 방법이라 할 수 있겠다.

차폐된 폐 부위에서도 10-18%의 방사선 흡수선량이 측정되었는데(Table 1) 이렇듯 차폐된 폐 부위에서도 방사선 흡수선량이 많이 측정되는 것은 1차 방사선의 5%미만 만이 통과되도록 차폐물을 제작하지만 주위의 방사선조사가 되는 부위로부터의 산란선 때문에 더 많은 방사선이 흡수되기 때문이다⁷⁾. Page 등은 차폐물의 두께를 두배로 하여 1차방사선의 투과량을 줄이더라도 주위로 부터의 산란선 때문에 차폐 부위의 방사선 흡수선량을 많이 줄이지는 못한다고 하였³⁾.

식도, 폐종양 조사면에서도 두께가 얇고 표면으로부터

터 가까이 조사면 상부에서 중심부에 비해서 많은 양의 방사선을 흡수되었다. 쇄골상부 임파절에서는 식도, 폐종양 조사면에서 각각 107%, 109%의 방사선 흡수선량이 측정되었다. 이는 하루에 180 cGy를 조사할 경우 193 cGy 씩 방사선을 조사받게 되며 중앙부에 4500 cGy 조사시에 4815 cGy, 4905 cGy 를 조사받게 된다. 4500 cGy 이상의 방사선이 조사되지 않도록 해야 하는 흉부 척수부에도 중앙부보다 8%, 14% 더 많이 조사되었는데 이는 중앙부에 4140 cGy, 3780 cGy 조사 될 때에 이미 흉부 척수에는 거의 4500 cGy에 근접하기 때문에 치료계획시에 주의를 기울여야 하겠다. 또한 mantle 조사면보다는 적었지만 주위에서의 산란선 때문에 차폐된 폐 부위에서도 6-10%의 방사선이 조사되었다.

부정형 조사면에 방사선 치료시 환자의 윤곽, 두께, 선원표면간거리 뿐만 아니라 관심점의 깊이 또한 다양하여 근사법으로 계산하여 방사선 흡수선량을 계산하는 것은 오차가 크기 때문에 컴퓨터를 이용하여 Clarkson씨 법으로 계산⁸⁾하거나 실제로 방사선 흡수선량을 측정해야 한다. 컴퓨터를 이용한 계산방법은 실측치와 비교하여 오차가 적었지만 환자의 여러가지 변수 즉 윤곽, 두께, 선원표면간거리, 관심점의 깊이 등을 정확하게 측정하는 것이 어렵고 또한 오차를 유발하는 인자로 생각된다. TLD를 이용한 방사선 흡수선량 측정 방법은 여러 변수를 측정하지 않아도 되므로 오차를 유발하는 인자가 제거되고 또한 간편한 점은 있지만 인체모형을 치료하고자 하는 환자 신체와 윤곽, 두께 등이 동일하지 않다는 문제가 있다. 앞으로는 실제 환자 신체의 윤곽, 두께 등 수치를 이용하여 컴퓨터를 계산한 값과 인체모형을 이용한 계산값 그리고 TLD를 이용한 측정치와의 차이를 알아봄으로써 부정형 조사면으로 치료하는 환자의 방사선 흡수선량을 정확히 측정함에 도움이 되어야 하겠다.

결 론

TLD를 이용하여 부정형 조사면에서의 방사선 흡수선량을 측정하였고 컴퓨터를 이용한 Clarkson씨 방법으로 방사선 흡수선량을 계산하였다. 중심부의 표준점에 비하여 각 관심점에서의 방사선 흡수선량의 차이가 mantle 조사면에서 5-22%, 폐종양, 식도종양 치료

조사면에서 각각 6-9%, 6-14% 측정되었다. 부정형 조사면의 상부 즉 쇄골상부 입과절 부위, 경부 척수부 등에는 중심부보다 많은 양의 방사선이 하부 종격동 등 조사면 하부에는 적은 양의 방사선이 흡수되었다. 이를 교정하기 위해서는 보정기를 이용하거나 치료하면서 조사면을 줄여나가는 방법을 사용해야 하겠다.

REFERENCES

1. **Gray L, Prosnitz LR:** Dosimetry of Hodgkin's disease therapy using a 4 MV linear accelerator. *Radiol* 116:423-428, 1975
2. **Gray L, Prosnitz LR:** Mantle field dosimetry comparing 4 MV with cobalt 60. *Radiol* 116:429-432, 1975
3. **Page V, Gardner A, Karzmark CJ:** Physical and dosimetric aspects of the radiotherapy of malignant lymphomas. I. The mantle technique. *Radiol* 96:609-618, 1970
4. **Faw FL, Johnson RE, Warren CA, et al:** A standard set of "individual" compensating filters for mantle field radiotherapy in Hodgkin's disease. *Am J Roentgenol* 111:376-381, 1941
5. **Clarkson JR:** A note on depth doses in fields of irregular shape. *Br J Radiol* 14:265-268, 1941
6. **Khan FM:** A system of dosimetric calculations. In *The Physics of Radiation Therapy*. Baltimore/London, Williams & Wilkins, 1984, 193-195
7. **Khan FM:** Computer dosimetry of partially blocked fields in cobalt teletherapy. *Radiol* 97: 405-411, 1970
8. **권형철, 오윤경, 윤세철, 박용휘 :** 치료계획용 컴퓨터를 이용한 부정형 조사면의 선량 분포에 관한 실험. *대한치료방사선과학회지* 2 : 281-285, 1984