

X-선과 전자선의 인접조사에서 접합 조사면에서의 선량분포

동아대학교 의과대학 동아대학교병원 방사선종양학과

양 광 모

- Abstract -

Dose distribution at junctional area abutting X-ray and electron fields

Dong-A University, College of Medicine Pusan, Korea

KwangMo Yang

Purpose : For the head and neck radiotherapy, abutting photon field with electron field is frequently used for the irradiation of posterior neck when tolerable dose on spinal cord has been reached.

Materials and methods : Using 6 MV X-ray and 9 MeV electron beams of Clinac1800(Varian, USA) linear accelerator, we performed film dosimetry by the X-OMAT V film of Kodak in solid water phantom according to depths(0 cm, 1.5 cm, 3 cm, 5 cm). 6 MV X-ray and 9 MeV electron(1Gy) were exposes to 8cm depth and surface(SSD 100cm) of phantom. The dose distribution to the junction line between photon(10cm x 10cm field with block) and electron(15cm x 15cm field with block) fields was also measured according to depths(0 cm, 0.5 1.5 cm, 3 cm, 5 cm).

Results : At the junction line between photon and electron fields, the hot spot was developed on the side of the photon field and a cold spot was developed on that of the electron field. The hot spot in the photon side was developed at depth 1.5 cm with 7 mm width. The maximum dose of hot spot was increased to 6% of reference doses in the photon field. The cold spot in the electron side was developed at all measured depths(0.5 cm-3 cm) with 1-12.5 mm widths. The decreased dose in the cold spot was 4.5-30% of reference dose in the electron field.

Conclusion : When we make use of abutting photon field with electron field for the treatment of head and neck cancer we should consider the hot and cold dose area in the junction of photon and electron field according to location of tumor.

Key words : X-ray, electron, head and neck cancer

* 이 논문은 2001학년도 동아대학교 학술연구비(신진과제)에 의하여 연구되었음.

I. 서 론

두경부 종양의 방사선치료에서 임파절을 효과적으로 치료하기 위해서는 동일 조사면을 분리하여 X-선과 전자선을 동시에 사용하여야 하는 경우가 많다.¹⁾ 이는 임파절 조사 범위에 종양제어의 한계 선량보다 낮은 허용 한계선량을 보이는 척추가 있기 때문에 일정한량(40 Gy-45 Gy)의 X-선이 조사된 후에는 척추에 방사선이 조사되어서는 안 된다. 그러나 척추 위에 종양이 위치할 때는 척추에 추가의 방사선조사 없이 종양에 방사선이 조사될 수 있어야 한다. 이 때 에너지에 따라 매질의 일정 깊이에서 흡수 선량이 급격히 감소하여 척추에 방사선이 조사되지 않는 전자선을 이용하게 된다.²⁻⁴⁾ 그래서 임상에서 방사선 조사범위에 표적 깊이가 다른 X-선과 전자선이 인접하여 방사선이 조사되어야 하는 경우가 있다. 그러나 X-선과 전자선의 매질에 흡수되는 성질이 다르기 때문에 인접 조사면에서의 깊이에 따른 흡수선량이 균일하지 않을 수도 있다.⁵⁾ 따라서 본 실험은 X-선과 전자선의 인접 부위의 흡수선량을 임상조건과 비슷한 상황에서 측정하여 흡수선량의 분포를 알아보고 이의 정도에 따라 어떻게 임상에 적용할 것인지를 알아보려고 하였다.

II. 대상 및 방법

본 연구에서 Clinac1800 (Varian, USA) 선형가속기에서 방출되는 6MV X-선과 9 MeV 전자선을 이용하였다. 흡수선량을 측정하기 위해 특수(X-OMAT V film, Kodak, USA) film을 사용하였다. X-OMAT V film의 특성을 알아보기 위하여 6MV X-선을 이용하여 solid water phantom에서 6MV X-선의 Dmax(최고 선량점) 깊이에 film을 설치하고 10 cm × 10 cm의 조사야로 0.1 Gy-4 Gy를 조사하고 film densitometer (WP102 : Welhofer, German)로 OD 값(광학 밀도)를 얻어 film의 특성곡선을 얻었다.

III. X-선과 전자선 조사면의 접합부위 선량 측정

두경부 종양에서 주로 사용되는 6 MV X-선과 9 MeV 전자선을 사용하였다. X-선 조사면 10 cm × 10 cm의 X축 중심에서 2 cm부터 폭 3cm의 차폐를 하고 X-선 조사면에서 차폐된 부분을 전자선 조사면으로 하였다. 전자선 조사면은 15 cm × 15 cm cone을 이용하였다. 흡수선량 측정은 solid water phantom에서 깊이 0 cm(표면), 0.5 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3 cm에서 film을 설치하고 X-선은 8 cm 깊이에 100 cGy를 조사하고 전자선의 조사면은 SSD(source surface distance) 100 cm로 표면에서 X-선 조사면에 일치시키고 100 cGy를 조사하였다. 6MV X-선과 9MeV 전자선의 깊이에 따른 선량분포의 특성이 달라 X-선 혹은 전자선의 깊이에 따른 표준화로 선량을 비교하는 것은 어렵기 때문에 선량 측정은 X-선과 전자선의 조사면의 인접면에서 film densitometer로 scan하여 OD 값을 구하고 6 MV X-선의 Dmax의 OD값을 기준으로 비교하였다. 기준 흡수 선량을 구하기 위해 X-선과 전자선 각각의 흡수 선량을 깊이 0 cm(표면), 0.5cm, 1.5cm, 2cm, 3cm에서 측정하였다.

IV. 결 과

1. X-OMAT V film 특성곡선

X-OMAT V film은 방사선량의 증가에 따라 film의 감도가 증가하여 2.5 Gy 이상에서 포화상태를 이루었다. 따라서 임상에서 사용되는 1.8 Gy - 2 Gy의 방사선량을 X-OMAT V film으로 측정할 수 있었다 (Fig.1).

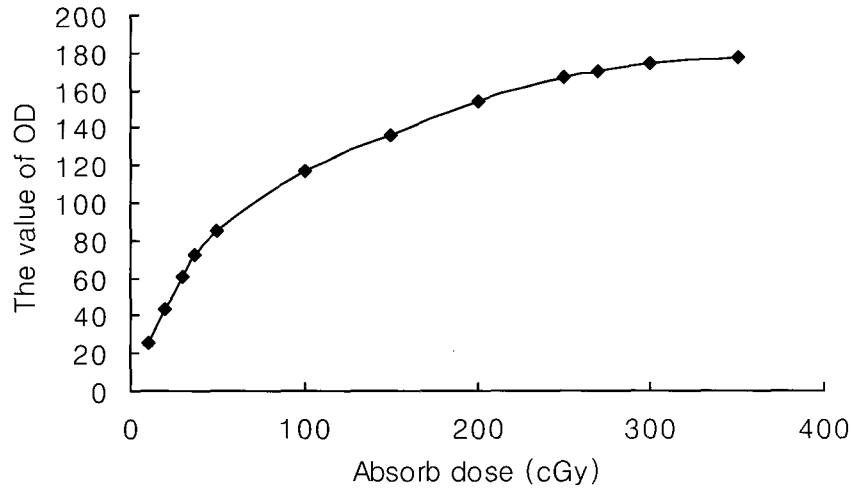


Fig.1 The characteristic curve of XV2 film

2. X-선과 전자선 조사면의 접합 부위 선량분포

6 MV X-선과 9 MeV 전자선 조사에서 깊이 0 cm, 0.5 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3 cm에서의 선량 분포를 확인하였다. 6 MV X-선에서 최대 흡수선량이 1.5

cm 깊이에서 이루어 졌다(Fig. 5). 9 MeV 전자선에 서 깊이가 얕을수록 조사면 주변부의 선량이 감소하 였다(Fig. 6).

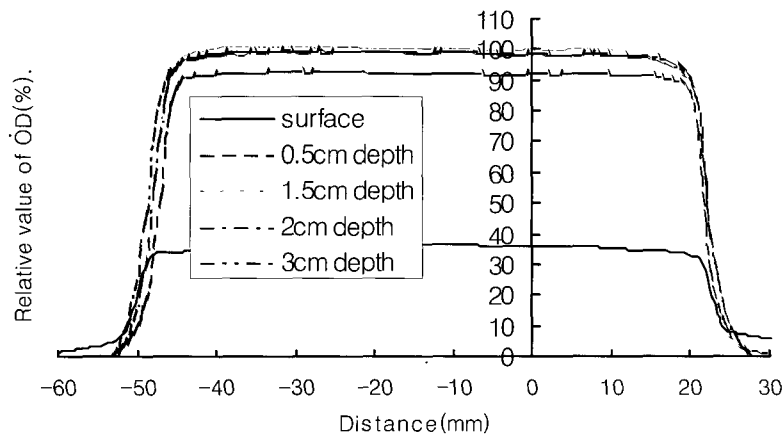


Fig 2. Relative OD curve for 6MV photon at depth 0 cm, 0.5cm, 1.5cm, 2cm, 3cm(normalized to Dmax)

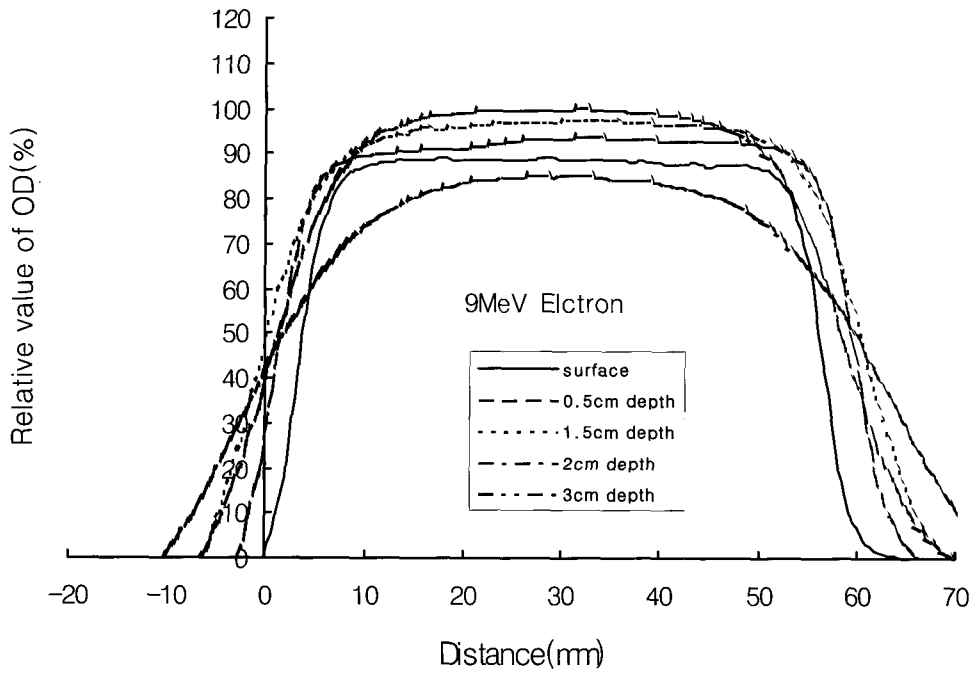


Fig 3. Relative OD curve for 9MeV electron at depth 0cm, 0.5cm, 1.5cm, 2cm, 3cm (normalized to Dmax of 6MV photon)

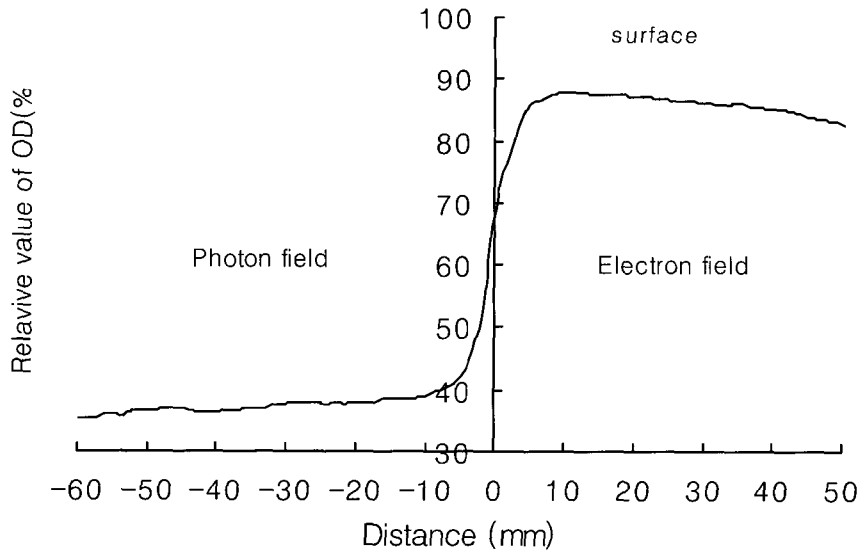


Fig 4. Relative OD curve in a plane perpendicular to the junction line abutting photon and electron field at surface

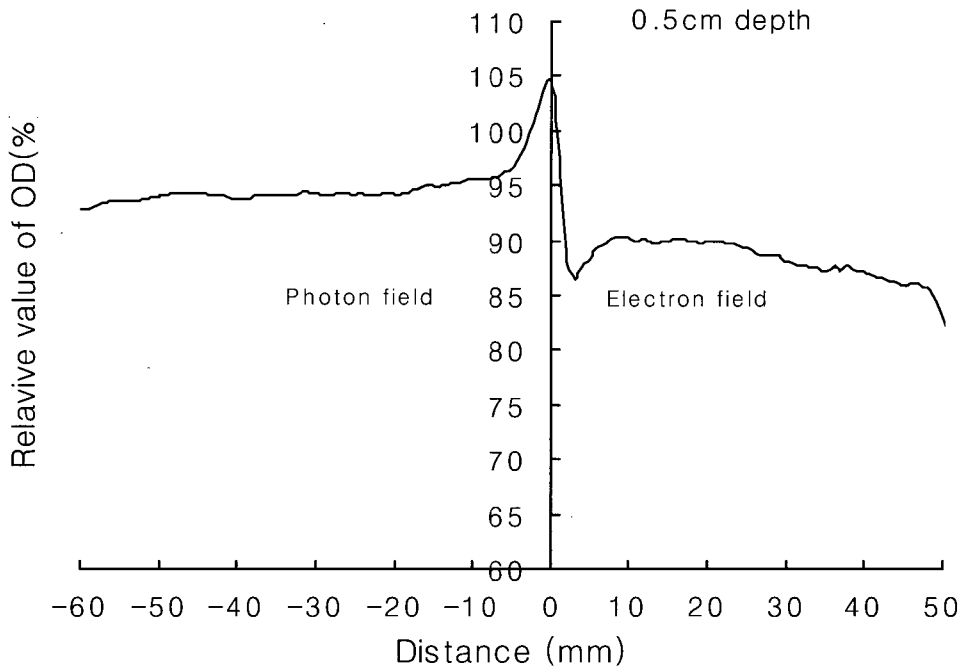


Fig. 5 Relative OD curve in a plane perpendicular to the junction line abutting photon and electron field at 0.5cm depth

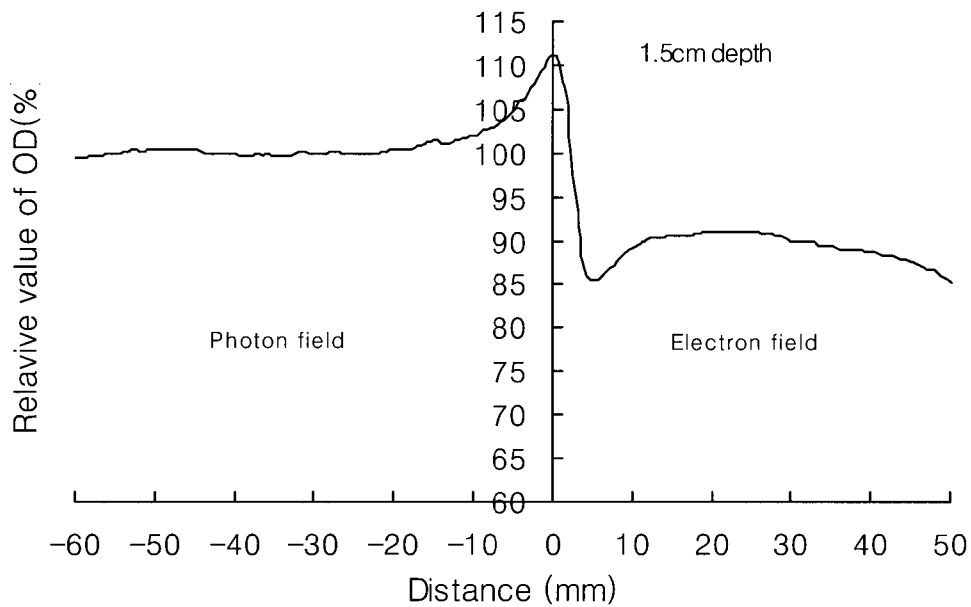


Fig. 6 Relative OD curve in a plane perpendicular to the junction line abutting photon and electron field at 1.5cm depth

X-선을 조사한 후 표면에서 X-선의 조사면에 인접하도록 전자선의 조사면 맞추어 전자선을 조사하였을 때 깊이 0 cm, 0.5 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3 cm에서의 선량 분포에서 X-선 조사면의 선량분포는 1.5 cm 깊이 근처에서 최대 선량을 이루고 깊이에 따른 선량감소가 완만하게 일어나고 전자선 조사면의 선량분포에서는 X-선 조사면에서 보다 표면 선량이 많고 Dmax 이후에 깊이에 따른 선량감소가 급격하게 일어났다 (Fig 7, 8). 이는 Fig. 5와 Fig. 6의 X-선과 전자선의 특성과 일치한다. 6MV X-선과 9MeV 전자선의 깊이에 따른 선량분포의 특성이 달라 X-선 혹은 전자선의 깊이에 따른 표준화로 선량을 비교하는 것은 어렵기 때문에 6MV X-선의 Dmax에서 film densitometer로 읽은 OD값을 기준으로 비교하였다.

X-선과 전자선 조사면의 인접부위에서 선량분포는 5% 증감을 허용범위라고 정의할 때 X-선 조사면에

서 깊이 0.5 cm, 2 cm, 3 cm에서는 선량 증가가 없었고 깊이 1.5 cm에서 폭 7 mm에 걸쳐 최고 6%가 증가하였다(Fig. 9). 전자선 조사면에서는 깊이 0.5 cm에서 폭 1 mm에 걸쳐 주변부 보다 최고 4.5% 선량감소가 있었다. 깊이 1.5 cm에서 폭 2 mm에 최고 9.5%, 깊이 2 cm에서 폭 10 mm 최고 22%, 깊이 3 cm에 폭 12.5 mm에 최고 30% 주변부 보다 선량감소가 있었다(Fig. 7, 8). 표면에서는 X-선과 전자선 조사면에서 모두 선량이 감소하였다. X-선과 전자선 조사면의 인접부위에서 선량분포의 특성은 인접 부위의 X-선 조사면 쪽에서 깊이 1.5 cm 전 후에서 선량증가가 발생되었고 다른 깊이에서는 감소하였다. 인접 부위의 전자선 조사면 쪽에서는 측정된 모든 깊이에서 선량 감소가 발생되고 깊이가 깊을수록 감소정도가 급격히 증가하였다.

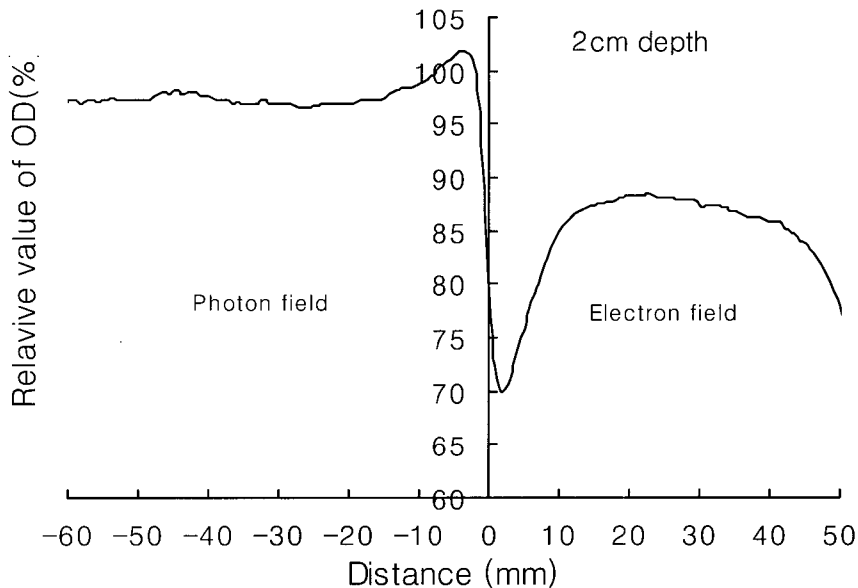


Fig 7. Relative OD curve in a plane perpendicular to the junction line abutting photon and electron field at 2cm depth

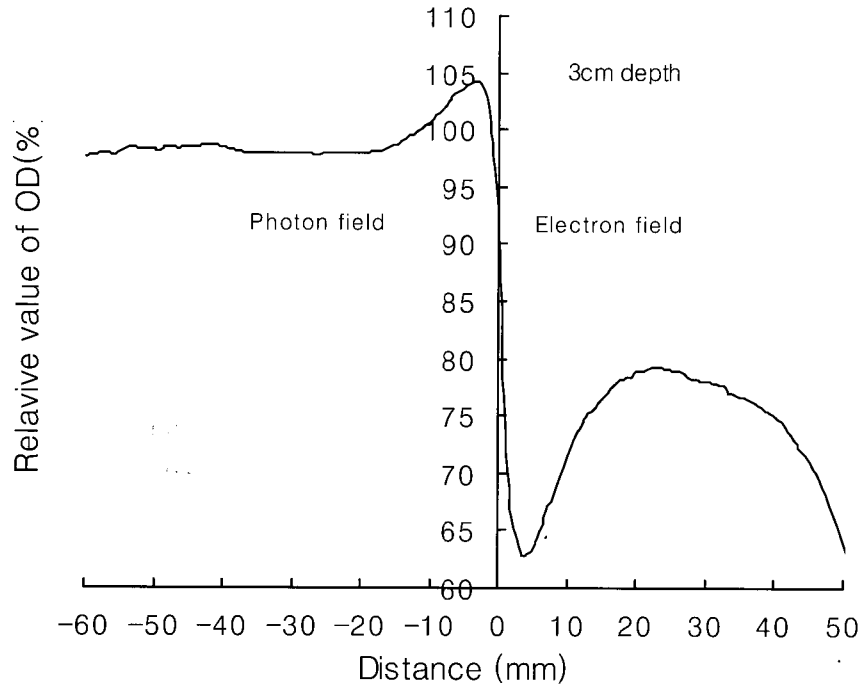


Fig 8. Relative OD curve in a plane perpendicular to the junction line abutting photon and electron field at 3cm depth

V. 고 찰

두경부 종양의 방사선치료에서 원발병소와 림프절을 모두 포함하여 전체 두경부를 치료하여야하는 경우가 많다. 이 때 효과적으로 치료하기 위해서는 동일 조사면을 분리하여 X-선과 전자선 조사면을 인접하게 일치 시켜 방사선을 조사해야하는 경우가 많다. 림프절이 임상적으로 크기가 확인된 경우, 림프절의 위치가 척추와 비슷한 위치에 있을 때 림프절의 종양제어를 위해서는 척추가 부작용을 일으키는 방사선량보다 많은 방사선량의 조사가 필요하다. 이 경우 림프절의 종양제어를 위한 선량이 조사되어도 척추에는 일정한량(40 Gy-45 Gy) 이상의 방사선이 조사되지 않도록 하여야 한다. 이런 치료를 효과적으로 하기 위해서는, 전자선이 에너지에 따라 어떤 깊이에서 급격한 선량 감소를 보이는 특성을 이용하여, 동일 조사면을 분리하여 X-선과 전자선을 동시에 사용하면 된다. 그러나 X-선과 전자선의 매질에 흡수되는 성질

이 다르기 때문에 X-선과 전자선의 깊이에 따른 선량 분포의 특징은 다르다. 전자선은 X-선과 달리 매질의 표면에 입사된 후 쉽게 산란되어 선량보강(build-up)이 빨리 일어나서 그 거리가 짧다.⁶⁾ 그리고 에너지에 따라 Dmax의 80-90% 이하에서는 빠른 선량감소를 보임으로 일정 깊이 이하에서는 방사선량이 10% 미만이 된다. 이런 특징으로 표재성 종양의 치료에 이용된다. 전자선의 선량분포는 전자선의 에너지, 등선량의 등급, 조사면적, 등에 따라 영향을 받는다.⁷⁾ 본 연구에서 사용된 두경부 종양에서 주로 사용되는 9 MeV 전자선의 선량분포는 낮은 등선량 곡선은 조사면 밖으로 퍼지고 높은 등선량 곡선은 조사면 안쪽으로 수축이 일어나서 실제 조사면적이 감소된다. 7 MeV 이상의 전자선의 경우 80% 등선량곡선이 급격히 수축된다고 보고되고 있다.⁶⁾ 따라서 X-선과 전자선을 인접시켜 조사 할 때 인접면의 선량분포는 균일하지 않을 수 있다. 연구에 의하면 본 연구와 동일한 조건의 X-선과 전자선을 인접시켜 조사 할 때 두 조사면에서 인접면의 X-선 조사면 쪽에서 선량증

가, 전자선 조사면쪽에서 선량 감소를 보인다고 보고 하였다.⁵⁾ 목표 선량을 추가하는 면적(hot spot) 20% 정도가 인접 전자선 조사면에서 산란 전자선의 유입에 의해서 발생한다. 전자선 조사면에서는 90% 선량 분포보다 적은 면적이 10% 미만으로 발생하고 이는 X-선의 특성에 따라 X-선에 의한 산란선의 전자선 조사면으로 유입이 적기 때문으로 보고하고 있다.⁵⁾ 본 연구와 분석 방법의 차이가 있으나 본 연구에서도 X-선 조사면에서 선량 증가의 깊이 1.5 cm에서 폭 7 mm에 걸쳐 있었고 최고 6%의 증가를 보였고 다른 측정 깊이에서는 선량증가가 허용범위내에 있었다. 그리고 전자선 조사면쪽에서 전 측정 깊이 0.5 - 3 cm에서 주변부 보다 각각 폭이 1mm-12.5 mm에 걸쳐 4.5%- 30%의 선량감소를 보였다. 이와 같은 결과에 따라 임상에 적용할 때 각 조사면의 아래에 위치한 종양의 위치, 깊이에 따라 두 조사면을 정확히 일치시킬 것인지, 약간 겹쳐서 조사할 것인지를 판단하여야 할 것이다. 본 연구 결과는 다른 연구 결과와 비교할 때 X-선 조사면에서의 선량증가가 적고 전자선 조사면에서의 선량 감소가 크다. 이것은 얼마나 정확히 두 조사면의 표면 접선에서 film densitometer로 scan 할 수 있느냐 하는 실험 기술상의 차이일 수 있다. 또한 본 실험은 X-선과 전자선의 단일 두 전방 조사면의 인접면에서 측정을 하였기 때문에 X-선의 전 후방 조사와 전자선의 단일 전방 조사와 인접시킬 때 보다 전자선 조사면에서의 선량 감소가 클 수 있을 것으로 추정된다. X-선과 전자선의 조사면을 인접시켜 조사할 때 전자선의 조사면이 좁아지거나 SSD가 길어질 때 X-선과 전자선 조사면의 인접면에서 선량증감 면적이 커진다는 보고가 있다.⁵⁾ 이와 같은 경우는 전자선 조사면이 어깨의 위치 때문에 조사면에 근접시킬 수 없을 때 발생되며 이는 임상에서 빈번히 경험할 수 있기 때문에 이에 대한 확인도 필요하다.

본 연구에서 X-선과 전자선 조사면을 표면에서 인접시켰을 때 X-선 조사면에서 선량 증가의 깊이 1.5 cm에서 폭 7 mm에 걸쳐 있었고 최고 6%의 증가를 보였고 다른 측정 깊이에서는 선량증가가 허용범위 내에 있었다. 그리고 전자선 조사면쪽에서는 전 측정 깊이 0.5cm - 3cm에서 주변부 보다 각각 폭이 1mm

-12.5 mm에 걸쳐 4.5%- 30%의 선량감소를 보였다.

위의 연구 결과에 따라 X-선과 전자선의 인접 방사선조사를 임상에 적용할 때 유용한 자료가 될 수 있겠다.

참고문헌

1. Million RR, Parson JT, Bova FJ, et al. Election beams: the management of head and neck cancer. In: Vaeth Jm, Meyer JL, eds. *Frontiers of Radiation Therapy and Oncology Vol. 25, The Role of High Energy Electrons in the Treatment of Cancer*, Basel, S.Krager AG, 107-127, 1991
2. Tapley N (ed) : *Clinical Applications of the electron Beams*, New York, John Wiley & Sons, 1976
3. ICRU Report 35. *Radiation dosimetry: Electron beams with energies between 1 and 50 MeV*, Bethesda, International Commission on Radiation Units and Measurement, 1984
4. "Nordic Association of Clinical Physics Procedures in external beam radiation therapy dosimetry with electron and photon beams with maximum energies between 1 and 50 MeV", *Acta Raiolo Oncol*, 19, 58-67, 1980
5. Johnson JM, Khan FM. : "Dosimetric effects of abutting extended SSD electron fields with photons in the treatment of head and neck cancers", *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 24(suppl 1), 202, 1992
6. Khan FM, Doppke K, Hogstrom KR, et al. : "Clinical electron-beam dosimetry. Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 25", *Med Phys*, 18, 73-80, 1991
7. Rogers DWO, Bielajew AF. : "Differences in electron depth-dose curves calculated with EGS and ENTRAN and improved energy-range relationships". *Med Phys*, 13, 687-699, 1986

X-선과 전자선의 인접조사에서 접합 조사면에서의 선량분포

동아대학교 의과대학 동아대학교병원 방사선종양학과

양 광 모

목 적 : 두경부 종양의 방사선치료에서 동일 방사선 조사면을 분리하여 X-선과 전자선을 인접시켜 조사하는 경우는 빈번히 사용되는 방법이다. 따라서 본 연구는 X-선과 전자선 조사면의 인접면에서의 선량을 측정하여 임상에 적용할 수 있는 자료를 얻고자 하였다.

대상 및 방법 : 본 연구는 Clinac1800 (Varian, USA) 선형가속기에서 방출되는 6MV X-선과 9 MeV 전자선을 이용하였다. 흡수선량을 측정하기 위해 X-OMAT V film을 사용하였다. 조사야 10cm × 10cm에 0.1 Gy - 4 Gy를 조사하여 film densitometer (WP102 : Welhofer, German)로 OD 값(광학 밀도)를 얻어 film의 특성 곡선을 얻었다.

X-선과 전자선 조사면을 분리하여 인접 조사할 때 X-선 조사면은 10cm × 10cm의 X축 중심에서 2 cm부터 폭 3cm의 차폐를 하고 X-선 조사면에서 차폐된 부분을 전자선 조사면으로 하였다. 전자선 조사면은 15 cm × 15 cm cone을 이용하였다. 흡수선량 측정은 solid water phantom에서 깊이 0 cm(표면), 0.5 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3 cm에서 film을 설치하고 X-선은 8 cm 깊이에 100 cGy를 조사하고 전자선은 SSD(source surface distance) 100cm로 표면에서 X-선 조사면에 일치시키고 1Gy를 조사하였다. 선량 측정은 X-선과 전자선 조사면의 인접면에서 film densitometer로 scan하여 OD 값을 구하고 6 MV X-선의 Dmax의 OD값을 기준으로 비교하였다. 기준 흡수선량을 구하기 위해 X-선과 전자선 각각의 흡수선량을 깊이 0 cm(표면), 0.5 cm, 1.5cm, 2cm, 3cm에서 측정하였다.

결 과 : X-선과 전자선의 조사면을 인접시켰을 때 깊이 0 cm, 0.5 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3 cm에서의 두 조사면의 인접면에서의 선량 분포의 분석에서 X-선 조사면에서 선량 증가는 깊이 1.5 cm에서 폭 7 mm에 걸쳐 있었고 최고 6%의 증가를 보였으며 다른 측정 깊이에서는 선량증가가 허용범위 내에 있었다. 그리고 전자선 조사면쪽에서 선량 감소는 전 측정 깊이 0.5 cm-3 cm에서 각각 폭이 1mm-12.5 mm에 걸쳐 4.5%- 30%의 주변부보다 선량감소를 보였다.

결 론 : 본 연구에서 X-선과 전자선을 표면에서 인접시켜 조사 할 때 두 조사면의 인접면을 중심으로 X-선 조사면 쪽에서 선량증가, 전자선 조사면쪽에서 선량 감소가 있음을 확인하였다. 위의 연구 결과는 X-선과 전자선의 인접 방사선조사를 할 때 유용한 참고 자료가 될 수 있겠다.

중심단어 : X-선, 전자선, 두경부종양