

## 두경부 방사선치료시 접합 조사면의 선량분포

동아대학교병원 치료방사선과\*, 충남대학교병원 치료방사선과<sup>†</sup>  
 경북대학교병원 치료방사선과<sup>‡</sup>, 전북대학교병원 치료방사선과<sup>§</sup>  
 원광대학교병원 치료방사선과<sup>||</sup>, 단국대학교병원 치료방사선과<sup>¶</sup>

김정기\*, 김기환<sup>†</sup>, 오영기<sup>‡</sup>, 김진기<sup>§</sup>, 정동혁<sup>||</sup>, 신교철<sup>¶</sup>  
 양광모\*, 조문준<sup>†</sup>, 박인규<sup>‡</sup>, 권형철<sup>§</sup>, 문성록<sup>||</sup>, 윤형근<sup>¶</sup>

두경부 종양의 방사선치료에서 비대칭 콜리메이터를 이용한 이분조사는 두 조사면을 겹침없이 연결시켜 조사할 수 있는 효과적인 방법이고, 동일 방사선 조사면을 분리하여 X-선과 전자선을 인접시켜 조사하는 경우는 빈번히 사용되는 방법이다. 본 연구는 X-선의 이분조사면을 이용한 두 조사면의 인접면의 선량과, X-선과 전자선 조사면의 인접면에서 선량을 측정하여 임상 적용할 수 있는 자료를 얻고자 하였다.

X-선의 반쪽 조사면의 선량측정에서 하부 전방 단일 이분조사면의 선량분포는 Y축이 0 cm인 면(콜리메이터가 닫힌 면)에서 0.5 cm, 1 cm 거리에서는 각각 개방조사 선량의 93%, 95%, 전후방 이분조사의 경우 Y축이 0 cm인 면에서 0.3 cm, 0.5 cm, 1 cm거리에서는 각각 개방조사 선량의 92%, 95%, 98%로 선량감소를 보였다.

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 주변부 보다 선량감소를 보였다.

본 연구에서 이분 조사면의 선량은 콜리메이터가 닫힌 면에서 감소함을 확인하였다. 그리고 X-선과 전자선을 인접시켜 조사 할 때 두 조사면의 인접면을 중심으로 X-선 조사면 쪽에서 선량증가, 전자선 조사면쪽에서 선량 감소를 보임을 확인하였다.

**중심단어:** 비대칭콜리메이터, 반쪽조사, X-선, 전자선, 두경부종양

### 서 론

비대칭 콜리메이터는 방사선 조사면의 한쪽 부분만을 콜리메이터로 가릴 수 있는 장치로써 이분 조사면(half beam)을 만드는데 효과적으로 사용될 수 있다<sup>1)</sup>. 이분 조사면에서 중심면의 방사선은 이론적으로는 퍼져 나가지 않는 수직의 방사선이다. 이런 성질을 이용하면 방향이 같거나 다른 두 조사면을 방사선의 퍼짐에 의한 겹침 없이 두 조사면을 쉽게 인접시켜 방사선조사를 할 수 있다.. 그래서 이분 조

사면은 임상에서 방사선의 방향이 다른 두 조사면을 인접시켜 조사하는데 빈번히 사용되는 조사방법으로 특히 전 두경부를 조사하는 두경부 종양의 방사선치료에서 상부 두경부의 양측면(bilateral port) 조사와 하부 경부의 전방(anterior port) 조사하는 경우에 두 조사면을 일치시키는 방법으로 유용하게 사용될 수 있다<sup>2,3)</sup>. 그러나 이분 조사면의 임상적용의 유용성에도 불구하고 이분 조사면의 콜리메이터가 닫힌 면의 방사선은 선형가속기의 구조상 편평화여과기(flattening filter)의 가장 두꺼운 중심부위를 지남으

## 두경부 방사선치료시 접합 조사면의 선량분포

로 방사선의 세기가 강하여 매질 내에서 이차 전자의 형성이 적고 콜리메이터가 닫힌 반대쪽 조사면의 매질로부터 유입 산란선이 없기 때문에 흡수선량이 감소할 수 있다<sup>4)</sup>. 따라서 이분 조사면을 이용한 두 조사면의 연결 조사에서 두 조사면의 인접면의 흡수선량을 측정하여 임상예의 적용 타당성을 검토하고자 실험을 하였다.

두경부 종양의 방사선치료에서 입과절을 효과적으로 치료하기 위해서는 동일 조사면을 분리하여 X-선과 전자선을 동시에 사용하여야 하는 경우가 많다. 이는 입과절 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 안된다. 그러나 척추위에 종양이 위치할 때는 척추에 추가적인 방사선조사 없이 종양에 방사선이 조사될 수 있어야 한다. 이때 에너지에 따라 매질의 일정 깊이에서 흡수 선량이 급격히 감소하여 척추에 방사선이 조사되지 않는 전자선을 이용하게 된다. 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. 따라서 본 실험은 X-선과 전자선의 인접 부위의 흡수선량을 임상조건과 비슷한 상황에서 측정하여 흡수선량의 분포를 알아보고 이의 정도에 따라 어떻게 임상에 적용할 것 인지를 알아보려고 하였다.

## 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)을 얻어 film의 특성곡선을 얻었다.

## 1. X-선의 두 이분 조사면의 접합부위 선량 측정

흡수선량 측정은 일반적인 두경부 종양 환자의 치료에 적용되는 상부 양측면 조사(bilateral ports)와 하부 전방조사(anterior port)에서 조사면과 깊이를 고려하여 solid water phantom에서 측정하였다. 흡수선량 측정은 상부 양측면 조사는 solid water phantom에서 조사 깊이 10 cm의 전방/후방 이분 조사면(anterior/posterior port)과 조사 깊이 4 cm의 하부 전방 반쪽 조사면으로 규정하였고 각각의 조사면을 1.8 Gy를 조사하여 두 이분 조사면의 접합면에 대한 흡수선량을 측정하였다. 측정한 경우는 다음과 같다. 1) 상부 전방/후방 이분조사: X=12 cm, Y=30/2 cm, 치료 깊이=10 cm, 측정 깊이=4 cm, 2) 하부 전방 이분조사: X=18 cm, Y=16/2 cm, 치료 깊이=4 cm, 측정 깊이=4 cm, 3) 개방 전방조사: X=12 cm, Y=30 cm, 치료 깊이=10 cm, 측정 깊이=4 cm

## 2. 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.

## 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).

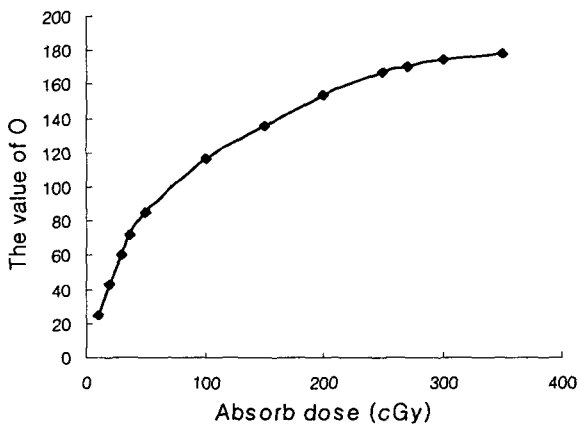


Fig.1 The characteristic curve of XV2 film

### 2. X-선의 두 이분 조사면의 접합부위 선량분포

개방 전방조사, 상부 전방/후방 반쪽조사, 하부 전방반쪽조사에서 각각의 조사면의 Y축을 따라 film densitometer로 scan하여 개방 전방조사면의 Dmax 값을 기준으로하여 선량을 비교하였다.

개방 전방조사와 하부 전방 이분 조사의 선량분포의 비교에서 하부 전방 이분 조사에서 콜리메이터가 상부 하부로 열리는 면 즉 Y축이 0인 면(콜리메이터가 닫힌면)에서의 선량은 개방조사 경우의 약 50%로 최대의 선량 감소가 있고 선량 감소 정도는 하부 전방 이분 조사면 쪽으로 갈수록 감소하여 Y축이 0인 면에서 0.3 cm 거리에서 개방조사의 88%, 0.5 cm 거리에서 개방조사의 93%, 1 cm 거리에서

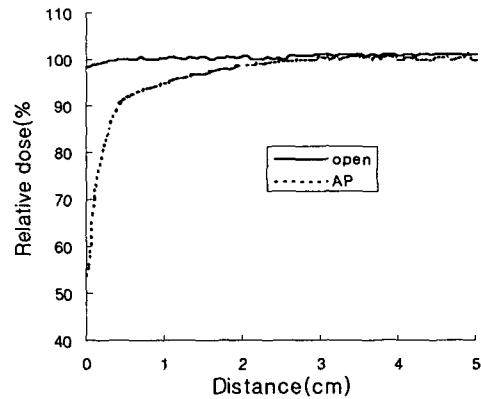


Fig.2 Dose profiles of anterior open and anterior half beam (6MV photon) as function of distance from beam center.

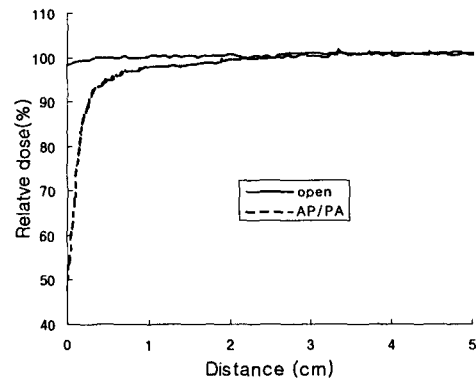


Fig.3 Dose profiles of anterior open and anterior/posterior opposed half beam (6MV photon) as function of distance from beam center. (open beam: field size 12×30 cm<sup>2</sup> depth 10 cm, anterior/posterior opposed half beam: field size 18×16/2 cm<sup>2</sup> depth 10 cm)

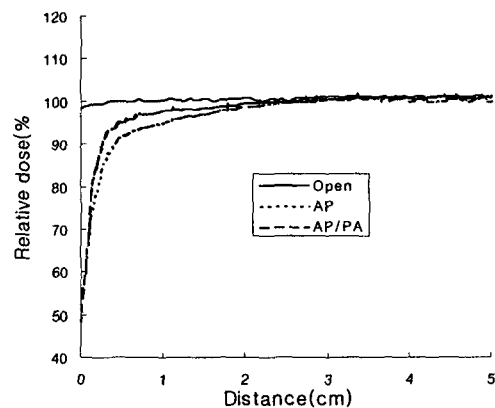


Fig.4 Dose profiles of anterior open, anterior half beam and anterior/posterior opposed half beam (6MV photon) as function of distance from beam center. (open beam: field size 12×30 cm<sup>2</sup> depth 10 cm, half beam: field size 18×16/2 cm<sup>2</sup> depth 4 cm, anterior/posterior opposed half beam: field size 18×16/2 cm<sup>2</sup> depth 10 cm)

개방조사의 95%였다(Fig. 2). 개방 전방조사와 상부 전방/후방 이분 조사의 선량분포에서 콜리메이터가 상부 하부로 열리는 면 즉 Y축이 0인 면에서의 선량은 개방조사경우의 약 50%로 최대의 선량 감소가 있고 선량 감소 정도는 하부 전방 이분 조사면 쪽으로 갈수록 감소하여 Y축이 0인 면에서 0.3 cm 거리에서 개방조사의 92%, 0.5 cm 거리에서 개방조사의 95%, 1 cm 거리에서 개방조사의 99%였다(Fig. 3). 개방 전방조사, 하부 전방 이분 조사, 상부 전방/후방 이분 조사의 선량분포의 비교에서 전방 단일 이분 조사한 경우 전방/후방 이분 조사에 비해 선량감소가 보다 넓은 범위를 차지하고 있었다(Fig. 4).

두 이분 조사면의 일치도는 한쪽 콜리메이터를 닫

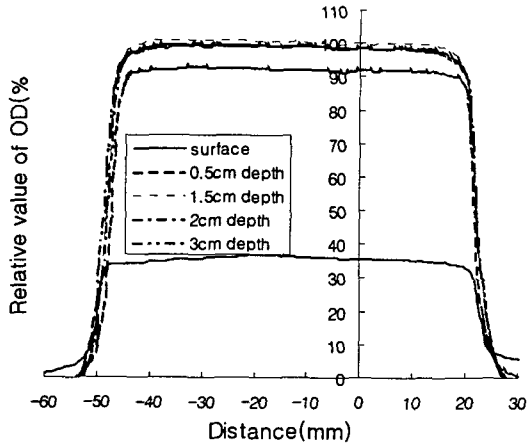


Fig.5 Relative OD curve for 6MV photon at depth 0cm, 0.5cm, 1.5cm, 2cm, 3cm (normalized to Dmax)

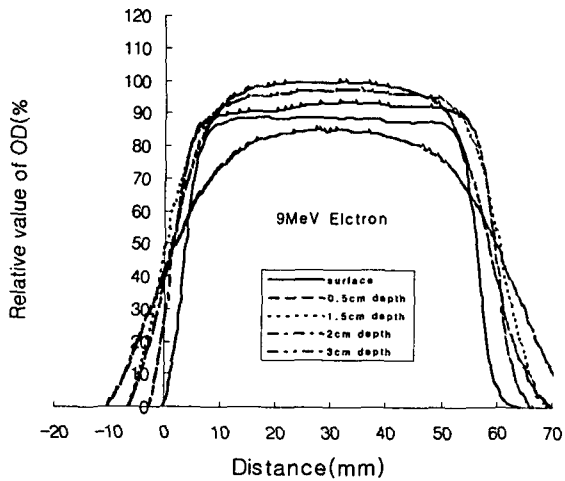


Fig.6 Relative OD curve for 9MeV electron at depth 0cm, 0.5cm, 1.5cm, 2cm, 3cm (normalized to Dmax of 6MV photon)

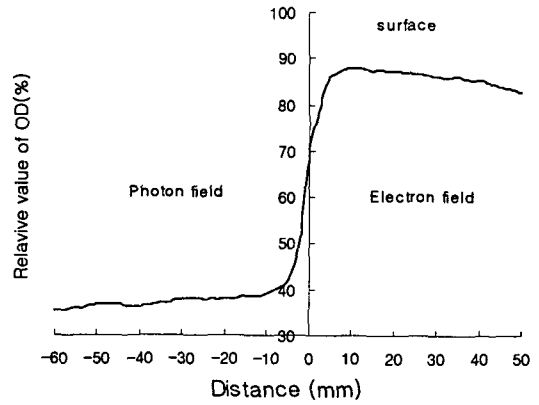


Fig. 7 Relative OD curve in a plane perpendicular to the junction line abutting photon and electron field at surface

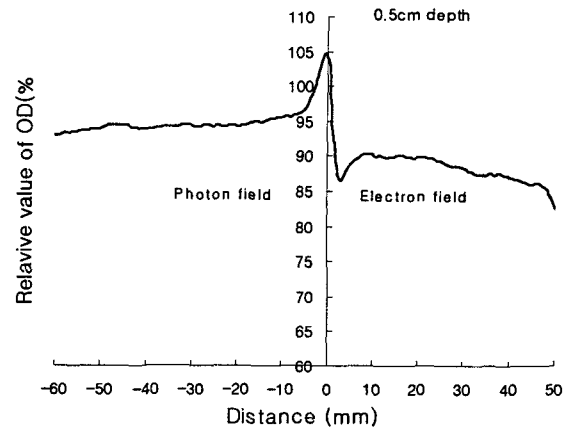


Fig. 8 Relative OD curve in a plane perpendicular to the junction line abutting photon and electron field at 0.5cm depth

고 방사선조사를 하고 반대쪽 콜리메이터를 닫고 방사선을 조사하여 방사선의 중심에서 선량을 측정하여 확인하였다. 본 연구에 사용된 Clinac1800 (Varian, USA)에서 양쪽 이분 조사면의 Dmax에서 측정했을 때 최대 선량의 80%이하가 되는 부분이 방사선 조사의 중심부에서 0.3 cm에 걸쳐 있었다. 측정 깊이가 깊어질수록 분리 거리는 짧아졌다.

### 3. X-선과 전자선 조사면의 접합 부위 선량분포

6MV X-선과 9MeV 전자선의 깊이에 따른 선량 분포의 특성이 달라 X-선 혹은 전자선의 깊이에 따른 표준화로 선량을 비교하는 것은 어렵기 때문에

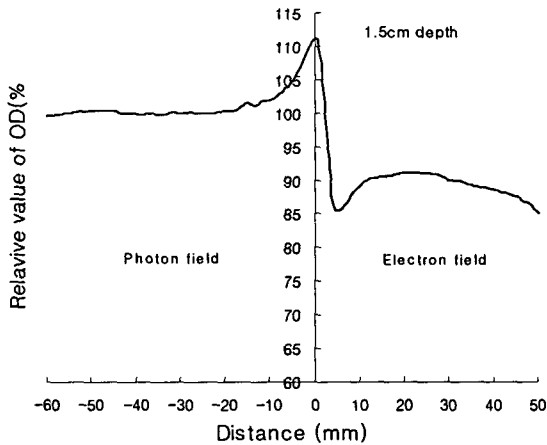


Fig. 9 Relative OD curve in a plane perpendicular to the junction line abutting photon and electron field at 1.5cm depth

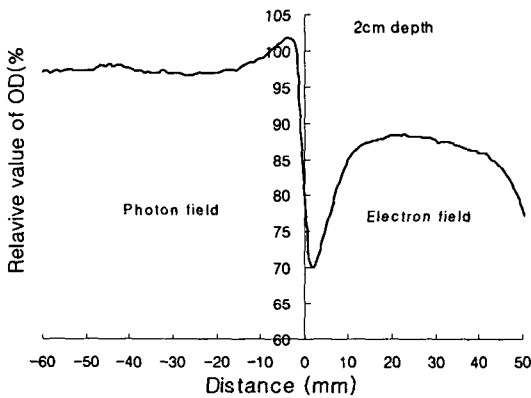


Fig. 10 Relative OD curve in a plane perpendicular to the junction line abutting photon and electron field at 2cm depth

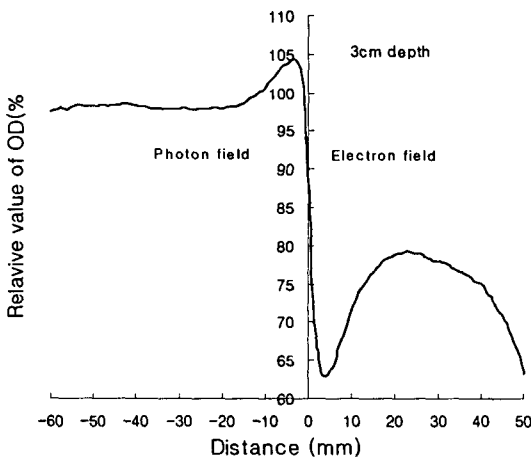


Fig. 11 Relative OD curve in a plane perpendicular to the junction line abutting photon and electron field at 3cm depth

6MV X-선의 Dmax에서 film densitometer로 읽은 OD값을 기준으로 비교하였다. 6 MV X-선은 최대 흡수 선량이 1.5 cm 깊이에서 이루어 졌다(Fig. 5). 9 MeV 전자선에서 깊이가 얕을수록 조사면 주변부의 선량이 감소하였다(Fig. 6). X-선과 전자선을 인접시켰을 때 깊이 0 cm, 0.5 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3 cm에서의 선량 분포에서 X-선은 1.5 cm 깊이 근처에서 최대 선량을 이루고 깊이에 따른 선량감소가 완만하게 일어나고 전자선에서는 X-선 보다 표면 선량이 많고 Dmax 이후에 깊이에 따른 선량감소가 급격하게 일어났다(Fig 7, 8, 9, 10, 11). 이는 Fig. 5와 Fig. 6의 X-선과 전자선의 특성과 일치한다.

X-선과 전자선의 인접부위에서 선량분포는 5% 증감을 허용범위라고 정의할 때 X-선 조사면에서 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, 9, 10, 11). 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. 인접부위의 전자선 조사면 쪽에서는 측정된 모든 깊이에서 선량 감소가 발생되고 깊이가 깊을수록 감소정도가 급격히 증가하였다.

## 고 찰

두경부 종양의 방사선치료에 있어서 전 두경부에 대해 방사선조사를 해야할 경우가 많다. 대표적으로 비인강암, 상성문암, 하인두암 등이다. 상부 경부(원발병소 및 상경부 임파절)와 하부 경부(상쇄골 임파절)는 방사선을 받아야하는 목표(target) 깊이가 다르고, 어깨가 1개의 조사야로 조사하기에는 장애가 되기 때문에 전 두경부 방사선치료에서 상부 경부와 하부 경부를 분리하여 방사선조사를 해야 한다. 그러나 방사선은 선원에서 거리 제곱에 비례하여 조사면이 넓어짐으로 두 조사면을 인접시켜 조사할 때

어떤 깊이에서 반듯이 두 조사면이 겹치게되고 두 조사면의 인접 부위에는 과선량이 조사된다. 이런 인접부위에 중요한 장기가 있을 때는 과선량으로 인한 문제가 발생할 수 있기 때문에 두 조사야를 연결시켜 조사할 때에는 주의하여야 한다. 그래서 여러 가지 다양한 방법으로 두 조사면을 연결시키는 방법들이 개발되었다(2-4). 두 조사면의 연결시켜 조사할 때 효과적인 방법으로 이분 조사면을 이용하면 두 조사면의 겹침이 없이 쉽게 두 조사면을 인접시켜 치료 할 수 있다(2). 과거에는 이분 조사면을 만들기 위해 방사선분할기(beam splitter)나 제작 차폐물을 이용하여 만들었으나 치료장비의 발전으로 방사선 조사면의 한쪽 부분만을 가릴 수 있는 비대칭 콜리메이터가 개발되어 효과적으로 이분 조사면 치료가 용이해졌다(2,3). 비대칭 콜리메이터가 개발됨으로써 이에 대한 선량계산 방법에 대한 많은 연구가 이루어 졌다(5-7). 이런 결과들에 의하면 비대칭 콜리메이터를 이용한 이분 조사면에서 콜리메이터가 닫힌 면의 흡수선량은 감소 할 수 있다고 보고하고 있다. 그 이유는 첫째 선형가속기에서 방출된 X-선의 특성상 중심부의 방사선은 강도가 커서 깊이에 따라서 조사면의 주변부와 흡수선량의 차이를 보이게 된다. 따라서 어떤 깊이에서 균일한 흡수선량을 얻기 위해 조사면에 동일한 강도의 방사선이 조사되도록 하기 위해 중심은 두껍고 주변부가 얇은 텅스텐으로 제작된 편평화여과기(flattening filter)를 거치게 된다(8). 반쪽 콜리메이터가 닫힌 경우 닫힌 면을 지나가는 방사선은 편평화여과기의 가장 두꺼운 중심부위를 지나게 됨으로 방사선의 세기가 강하여 이차 전자의 형성이 적음으로 흡수 선량이 다른 부위 보다 감소하게 된다(9). 둘째 개방 조사면에서 조사면의 중심부는 주변부로 부터의 산란선의 증가로 선량이 증가한다. 그래서 편평화여과기를 사용하여 일정 깊이에서 흡수선량을 일정하게 한다(10). 이런 근거에 의하면 한 쪽 콜리메이터가 닫힌 경우 콜리메이터가 닫힌 쪽의 조사면으로 부터의 유입 산란선이 없기 때문에 콜리메이터가 닫힌 면의 흡수선량이 감소할 수 있다.

본 연구에서 개방 전방조사, 하부 전방 반쪽조사, 상부 전방/후방 이분 조사의 선량분포에서 콜리메이터가 상부 하부로 열리는 면 즉 Y축이 0인 면에서의 선량은 개방조사의 약 50%로 최대의 선량 감소

가 있고 전방 단일 반쪽조사한 경우 Y 축에서 0.5 cm 거리에서 개방조사의 93%, 1 cm 거리에서 개방조사의 95%, 전방/후방 반쪽조사한 경우 Y 축에서 0.3 cm 거리에서 개방조사의 92%, 0.5 cm 거리에서 개방조사의 95%의 선량감소를 보였다. 따라서 반쪽 조사면을 만드는 Y축의 중심(Y=0 cm)에서 선량이 감소됨을 확인하였고, 두 개의 반쪽 단일 조사면을 일치시킬 때 선량 감소의 폭이 전방 단일 반쪽 조사면과 전방/후방 반쪽조사면을 일치시키는 경우 보다 크다. 따라서 두 개의 이분 단일 조사면을 일치시킬 때 특히 깊이 1 cm - 2 cm 전 후에 조사목표가 있을 때는 두 이분 조사면을 수 mm를 겹쳐서 조사하는 것을 고려해야할 것이다. 그러나 척수를 치료할 때 두 개의 이분 단일 조사면을 이용하는 경우는 조사목표가 4-7 cm 깊이에 있기 때문에 인접 조사면의 선량 감소를 고려해서 이분 조사면을 겹쳐서 조사하는 것은 피해야한다. 그 이유는 인접 조사면의 선량감소가 깊은 부위에서는 그 범위가 매우 작고, 2-3 mm의 일치도의 차이를 보일 수 있는 비대칭 콜리메이터의 정확도와, 환자의 set-up의 오차를 고려할 때 척수는 허용 한계선량보다 과선량을 받아서는 안되는 장기이기 때문이다. 그리고 두경부 종양을 치료하는 때는 주로 전방 단일 이분 조사면과 전방/후방 이분 조사면 즉 3 방향의 조사면을 일치시키게 되는 데 전방 후방 이분 조사면의 경우 Y축이 0인 면에서 0.3 cm, 0.5cm 거리에서 개방조사의 92%, 95%의 선량감소는 개방조사면에서 6MV X-선의 Dmax 즉 1.5 cm 깊이의 선량의 92%, 95% 임으로 실제 선량 감소는 Dmax 이상의 깊이에서도 폭넓게 나타날 수 있다. 따라서 인접하는 이분 조사면이 종괴의 상부를 지나도록 설계하는 것은 종괴에 방사선량의 감소를 유발할 수 있음으로 반듯이 피해야한다. 만약 종괴의 위치상 이분 조사면의 인접면을 피할 수 없다면 방사선치료기간 중 인접면을 수시로 변경하여 한 위치에서 저선량과 과선량이 집중되는 것을 막을 수 있게 해야한다.

두 이분 조사면을 인접시켜 방사선 조사를 할 때 가장 중요한 요소는 비대칭 콜리메이터에 의한 이분 면의 접선이 정확히 일치하는 지를 확인하는 것이 중요하다. 본 연구에 사용된 Clinac1800 (Varian, USA) 치료장비에서 양쪽 이분 조사면의 Dmax에서 측정했을 때 최대 선량의 80%이하가 되는 부분이

방사선 조사면의 중심부에서 3 mm에 걸쳐 있음을 확인하였다. 이것은 비대칭 콜리메이터의 정확도를 반영하는 것으로 장비의 관리에 중요한 지표가 될 수 있다. 동시에 이와 같은 자료는 치료시 고려해야 할 중요한 정보를 제공하며 이런 사항들을 고려하여 이분 조사면을 사용하여야 한다.

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(11). 그리고 에너지에 따라 Dmax의 80-90% 이하에서는 빠른 선량감소를 보임으로 일정 깊이 이하에서는 방사선량이 10% 미만이다. 이런 특징으로 표재성 종양의 치료에 이용된다. 전자선의 선량분포는 전자선의 에너지, 등선량의 등급, 조사면적, 등에 따라 영향을 받는다(12). 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(11). 따라서 X-선과 전자선을 인접시켜 조사할 때 인접면의 선량분포는 균일하지 않을 수 있다. 연구에 의하면 본 연구와 동일한 조건의 X-선과 전자선을 인접시켜 조사할 때 두 조사면에서 인접면의 X-선 조사면 쪽에서 선량증가, 전자선 조사면쪽에서 선량 감소를 보인다고 보고하였다(13). 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 조사면으로의 유입이 적기 때문으로 보고하고 있다(13). 본 연구와 분석 방법의 차이가 있으나 본 연구에서도 X-선 조사면에서 선량 증가는 깊이 1.5 cm에서 폭 7 mm에 걸쳐 있었고 최고 6%의 증가를 보였고 다른 측정 깊이에서는 선량증가가 허용범위 내에 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 기술 상의 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 전자선의 조사면을 인접면에서 선량증감 면적이 커진다는 보고가 있다(13).

## 결 론

전방 단일 이분 조사의 선량분포에서 Y축이 0인 면에서 0.5 cm 거리에서 개방조사의 93%, 1 cm 거리에서 개방조사의 95%, 전방/후방 이분 조사의 경우 0.3 cm 거리에서 개방조사의 92%, 0.5 cm 거리에서 개방조사의 95%, 1 cm 거리에서 개방조사의 98%의 선량감소를 보였다.

X-선과 전자선을 인접시켰을 때 깊이 0 cm, 0.5 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3 cm에서의 두 조사면의 인접면에서의 선량 분포의 분석에서 X-선 조사면에서 선량증가는 깊이 1.5 cm에서 폭 7 mm에 걸쳐 있었고 최고 6%의 증가를 보였고 다른 측정 깊이에서는 선량증가가 허용범위 내에 있었다. 그리고 전자선 조사면쪽에서 전 측정 깊이 0.5cm - 3 cm에서 주변부 보다 각각 폭이 1mm-12.5 mm에 걸쳐 4.5%- 30%의 선량감소를 보였다.

위의 연구 결과에 따라 두 이분 조사면의 연결 방사선치료와, X-선과 전자선의 인접 방사선조사를 임상에 적용할 때 유용한 자료가 될 수 있겠다.

## 참고문헌

1. P. F. B. Klemp, A.A.M. Perry, B. Hedland-Thomas, et al. "Commissioning of a linear accelerator with independent jaws: Computerised data collection and transfer to

- a planning computer”, *Phys Med Biol*, 33, 865-871, (1988)
2. T. J. Williamson. “A technique for matching orthogonal megavoltage fields”. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 5, 111-118, (1979)
  3. S. Hopfan, A. Reid, L. Simpson, P. J. Ager, “Clinical application arising from overlapping of adjacent radiation fields. Physical and technical considerations”. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2, 801-808, (1977)
  4. D. I. Armstrong, J. J. Tait. “The matching of adjacent fields in radiotherapy”. *Radiology*, 114, 419-425, (1972)
  5. M. T. Gillin, R. W. Kline. “Field separation between lateral and anterior fields on a 6 MV linear accelerator”. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 6, 233-238, (1980)
  6. J. R. Palta, K. M. Ayyangar, N. Suntharaling. “Dosimetric characteristics of a 6MV photon beam from a linear accelerator with asymmetric collimator jaws”. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 14, 383-387, (1988)
  7. C. S. Chui, R. Mohan, D. Fontenla. “Dose computations for asymmetric fields defined by independent jaws”. *Med Phys*, 15, 92-95, (1988)
  8. E. B. Podgorsak, J. R. Rawlinson, H. E. Johns. “X-ray depth doses from linear accelerators in the energy range from 10 to 32 MeV”. *Am J Roentgenol*, 123, 182, (1975)
  9. F. M. Khan, B. J. Gerbi, F. C. Deibel. “Dosimetry of asymmetric X-ray collimators”. *Med Phys*, 13, 936-941, (1986)
  10. “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)
  11. F. M. Khan, K. Doppke, K. R. Hogstrom, et al. “Clinical electron-beam dosimetry. Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 25”. *Med Phys*, 18, 73-80, (1991)
  12. D. W. O. Rogers, A. F. Bielajew. “Differences in electron depth-dose curves calculated with EGS and ENTRAN and improved energy-range relationships”. *Med Phys*, 13, 687-699, (1986)
  13. J. M. Johnson, F. M. Khan, “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)



## Dose distribution at junctional area for head and neck radiotherapy

Jeung Kee Kim<sup>\*</sup>, Ki Hwan Kim<sup>†</sup>, Young Kee Oh<sup>†</sup>, Jhin Kee Kim<sup>§</sup>,  
Dong Hyeok Jeong<sup>||</sup>, Kyo Chul Shin<sup>¶</sup>, Kwang Mo Yang<sup>\*</sup>, Moon June Cho<sup>†</sup>,  
In Kyu Park<sup>†</sup>, Hyoung Chul Kwon<sup>§</sup>, Sun Rock Moon<sup>||</sup>, Hyong Geun Yun<sup>¶</sup>

*<sup>\*</sup>Department of Radiation Oncology, College of Medicine, Dong-A University,*

*<sup>†</sup>Chungnam National University, <sup>§</sup>Kyungpook National University*

*<sup>‡</sup>Chonbuk National University, <sup>||</sup>Wonkwang University*

*<sup>¶</sup>Dankook University*

For the head and neck radiotherapy, the technique of half beam using independent collimator is very useful to avoid overlapping of fields particularly when the lateral neck fields are placed adjacent to anterior supraclavicular field. Also abutting photon field with electron field is frequently used for the irradiation of posterior neck when tolerable dose on spinal cord has been reached.

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 and the dose distribution at beam center of 2 half beams further examined according to depths(0 cm, 1.5 cm, 3 cm, 5 cm) for single anterior half beam and anterior/posterior half beam. The dose distribution to the junction line between photon and electron fields was also measured.

For the single anterior half beam, the absorption doses at 0.3 cm, 0.5 cm and 1 cm distances from beam center were 88%, 93% and 95% of open beam, respectively. In the anterior/posterior half beams, the absorption doses at 0.3 cm, 0.5 cm and 1 cm distances from beam center were 92%, 93% and 95% of open beam, respectively.

At the junction line between photon and electron fields, 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.

With above results, we concluded that when using electron beam or independent jaw for head and neck radiotherapy, the hot and cold dose area should be considered as critical point.

**Key words:** independent collimator, half beam, X-ray, electron, head and neck