

# 소조사면 선량분포의 특성에 관한 고찰

연세의료원 암센터 방사선종양학과

조정희 이상규 안승권 박재일

- Abstract -

## Study on the beam properties of small field sizes

Dept. of Radiation Oncology, Yonsei University, College of Medicine

JeongHee Cho, SangKyu Lee, SeungKwon An, Jell Park

**Purpose** : The aim of this study is to investigate the properties of small field size and to measure the penumbra and central axis depth dose varying to the jaw setting and off axis distance for indicate this data to small field sizes radiation therapy.

**Material and methods** : The percentage depth dose, beam profile and central axis output dose was measured by farmer type ion chamber and pinpoint chamber using Primart linac with 6MV energy. Beam quality and penumbra variations according to the central axis shift, from center to every 2cm outside increment, and field size, from 1x1cm to 10x10cm was investigated and compared with that of the standard geometrical condition's results

**Results** : The differences of measured values between two ion chamber was about 37% at 10cm depth with 1X1cm field sizes but as field size increased this differences was diminished gradually. Measured data from various off axis distance with the different asymmetric collimations are not changed significantly but as size decreased the dose variation was increased and at 1x1cm field size dose difference among off axis distance was as much as 13%, and as shallower the measured depth the central axis dose variations among the OAD was increased, penumbra was not changed noticeably depending on off axis distance but the percentage of penumbra from its initial field sizes was strongly dependant on field sizes and penumbra occupation rates of its own field sizes ranging from 6% at 10x10cm to 50% at 1x1cm field size.

**Conclusion** : For imrt treatment, there are several numbers of different gentry angles with beams of nonuniform fluences are required and several complex factors involved. Among them the characteristics of beam output varying to the geometrical setting and design of collimators are of important to attaining a good treatment results. As mentioned in results the differences of measured values are changed significantly depends on ion chamber volume, depths and field size. For providing quality radiation treatment, especially at small field size, those factor's should have considering deliberately.

**Key words** : small field size, off axis distance, penumbra, beam profile

## I. 서 론

고에너지 광자선의 선량 측정에 있어서 콜리메터의 모양, 조사야 크기와 반응영과 같은 요인들은 측정선량 값에 많은 영향을 미치는 것은 주지의 사실이다. 비대칭 조사면 사용 시에는 중심축으로부터 선속의 중심이 옮겨지기 때문에 조사면내 에너지 강도의 차이는 심부선량 분포 특성 및 등선량곡선 모양의 변화를 초래하게 된다. 특히 세기조절방사선치료(intensity modulated radiation therapy, 이하 IMRT)에 있어서는 1X1cm의 pixel 단위 면적을 기준으로 선량계산을 하며 동시에 이와 같은 소조사면을 이용하여 조사하게 되기 때문에 치료 시에는 대칭 및 비대칭 조사야에서 각각의 측정선량 값을 이용하여 선량계산 및 선량분포 곡선을 얻어야 하지만 이러한 선량 측정 자료를 얻는 것은 현실적으로 매우 많은 제약이 따르게 된다.

Patterson과 Shregge는 조사면 계수(field size factor)는 팬텀 산란계수와 콜리메타산란계수, 이온전리함, 후방산란계수등이 관여하는 복잡한 요인들이 관련되어 있기 때문에 중심선에서 벗어나 조사면이 형성되거나 비대칭 조사면 사용 시에 여러 계수 중 하나의 인자만 변하게 되더라도 상대조사야계수(relative field size factor)는 변하게 된다고 보고하고 있다.

측외선량비(off axis ratio, OAR)는 최대선량지점에서 중심축선상의 선량에 대한 OAR 위치에서의 선량 비로서 라이낙 치료기에서 조사야 크기에 대한 OAR 교정은 매우 중요한데 이는 최대 선량 지점 및 측외 측정점(off axis point, 이하 OAD)에서는 horn 효과로 인해 선량이 증가하기 때문이다. 하지만 많은 병원에서는 OAR 값을 일정조사야 크기의 중심축상에서 측정한 값을 40X40cm의 조사야에서 측정한 값에 대한 비를 이용해 단순히 계산한 값을 적용하는 곳이 많은 것이 사실이다. 하지만 이 값을 직접 중심축에서 벗어난 독립적인 조사야의 선량계산에 적용 시에는 선량의 차이가 매우 많이 날 수 있으므로 주의를 요한다. 일반적으로 중심에서 벗어난 위치에서는 등

선량곡선의 모양이 wedge 모양을 띄게 되는데 이는 중심축 선상에서 벗어남에 따라 방사선의 강도가 증가하는 특성 때문이다.

또한 소조사면에서는 중심축상에서 선량을 측정하더라도 조사야 내의 모든 부분에서 측방전자불평형(lateral electronic disequilibrium) 현상이 존재함으로 이에 대한 고려도 필요하며 Laub(2003)등이 지적하였듯이 IMRT치료는 다수의 소조사면으로 조사되기 때문에 기존의 방사선 치료에서는 크게 부각되지 않았던 반응영에 대하여 특별한 관심을 가져야 한다.

즉 기존의 방사선 치료에서는 PTV가 등선량곡선상의 95%가 포함되도록 치료계획이 이루어 지기 때문에 반응영이 조사면외에서 나타나게 되나 IMRT에서는 각각의 소조사면에서 발생하는 반응영이 PTV내에서 존재하기 때문에 이로인한 선량의 차이가 10%이상 발생할수 있기 때문이며 이러한 요인은 임상적으로도 중요한 의미를 갖게 된다.

Al Najjar(1998)등의 보고에 의하면 소조사면에서의 출력선량 측정시 ion chamber를 이용하면 TLD 나 film등 다른 측정방법으로 측정한 측정값에 비해 일반적으로 출력선량값이 낮게 측정되는데 이는 측방전자평형결여와 급격한 선량감소(steep dose gradient) 때문이며 조사야가 적어질수록, 에너지가 증가할수록 현저히 나타나며 0.02cc ion chamber를 이용하여 측정한 결과 이러한 현상을 관찰할 수 있었다고 보고하고 있다

Bjarngard(1990)등이 발표한 논문에 따르면 6MV 에너지에서 조사야의 반치폭(full width at half maximum)이 3cm 미만인 경우에는 중심축상에서 측정하더라도 완전한 전자평형이 일어나지 않으며 이러한 전자불평형 현상은 다음과 같은 결과를 초래한다고 보고하고 있다.

첫째로, 조사야 크기를 일정 크기 이하로 낮추고 에너지를 높이면 출력계수(output factor)는 급격히 떨어진다.

둘째, 조사야의 크기가 일정 면적 이하에서는 선량의 횡단면 곡선상 반치폭내의 극히 일부분만이 평면

을 이루게 된다. 즉 매우 큰 선량의 불평탄도를 보이게 된다.

셋째, 소조사야에서는 중심축상의 출력선량과 선량율이 거리역자승법칙에 따르지 않으며 중심축선상의 선량율은 거리역자승법칙에 의한 예측치 보다 선원측 정점간거리(source to point distance, SPD)가 증가함에 따라 보다 빠르게 증가하는 것으로 보고하고 있다.

소조사야를 이용한 조사시 조사야 경계면에서 발생한 콤프톤전자(compton electron)는 이론적으로 중심축상에 영향을 미칠 수 있는 깊이 보다도 더 깊은 곳까지 영향을 미칠 수 있으며 이러한 현상은 조사야가 어느 정도 크기에 다다를 때 까지 계속 나타나 최대 선량 깊이가 증가하는 현상을 보인다.

하지만 조사야가 계속해서 증가하면 이러한 현상은 포화상태에 이르게 되고 넓은 조사야의 경계면에서 발생한 콤프톤전자의 에너지는 더 이상 중심축상에 영향을 미칠 수 없게 되며 조사야의 크기가 매우 적을 경우에 조사면계수(field size factor)외에 조사면의 중심축선상에 전자 불평형 현상이 더해지는 것을 알 수 있다.

그러므로 Bjarngard는 산란계수(scatter factor, SF) 측정시 에너지의존계수(energy dependent factor)를 포함시킬 것을 권고하고 있다.

즉  $SF=1+a*rd/(r+d)$  단, a=에너지 의존계수, 식을 이용하여 계산하였으며 6MV에서 측정시 직경 1cm에서 측방전자평형이 이루어 지는 것으로 보고하고 있다.

이와 같은 현상이 세기조절방사선 치료에 있어서 중요한 이유는 세기조절방사선 치료시 극단적으로 중심축상에서 치우친 소조사면이 만들어지기 때문에 이에 대한 특성을 아는 것은 매우 중요하다. 세기조절 방사선 치료계획 프로그램인 CORVUS 치료계획 장비는 각 조사야의 서로 다른 방사선량을 기초로 통합 세기지도(integral intensity map)를 작성할 수 있도록 1X1cm의 pencil beam을 이용하여 치료계획을 수립하고 있다.

그러므로 본 연구에서는 OAD의 변화와 조사야의 크기 및 측정 깊이 변화에 따른 선량분포의 특성을

파악하며 특히 세기조절 방사선 치료와 같이 소조사면으로 나누어 치료를 진행할 때 소조사야에서의 선량분포 특성을 측정하여 임상에 적용시 이러한 특성을 고려할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

## II. 연구방법

본 실험에서는 PRIMART 라인락 장비에서 제공되는 독립 jaw 시스템(independent jaw system)을 이용하였으며 선량 측정은 farmer type chamber (PTW, vol.0.015cc)와 pinpoint chamber(PTW, vol. 0.14cc)를 이용하여 측정하였다. 측정에 이용한 farmer type ion chamber의 유효측정용적(effective measuring volum)은 0.14cc이었다. 또한 소조사야의 선량측정에 유용한 pinpoint chamber의 재질은 PMMA와 graphite로 구성되었으며 크기는 직경이 2mm, 길이가 5mm로 유효측정 용적은 0.015cc이다. 본 측정에 이용한 pinpoint chamber는 저에너지 compton 산란선에 다소 과잉 반응을 보이는 특징이 있으나 우수한 공간분해능 때문에 2cm 이하의 조사야에서 상대선량을 측정하는데 매우 유용한 특징을 갖고 있다. 측정값의 신뢰도를 높이기 위하여 wellhofer 선량측정 장치를 이용하여 절대선량을 측정된 후 선량을 교정하였으며 QA tool을 이용해 조사야, 레이저 및 MLC QA를 실시해 오차를 교정한 후 측정을 진행했다.

심부선량백분율(percentage depth dose)과 beam profile를 얻기 위해 wellhofer 선량측정 시스템을 이용하였으며 farmer type chamber와 pinpoint ion chamber의 측정값은 acryl 펜텀 밀도를 물의 밀도로 환산한 값을 기준으로 비교하였으며 표준측정 조건인 10X10cm 조사면에서의 값을 기준으로 각각의 측정점에서 측정된 값을 비교, 분석했다.

측정은 6MV X선을 이용하여 OAD를 중심축선상에서 각 2cm씩 측방향으로 이동하여 10cm까지 측정하였고 조사야 크기는 1X1, 3X3, 5X5, 10X10cm에서 각각 측정했다.

farmer type chamber를 이용하여 1.5, 5, 10, 15cm

깊이에서 각각 2cm 간격으로 이동하여 중심축상의 출력선량을 측정하여 깊이별, OAD의 변화별 중심부 출력선량(central axis output)을 비교하였으며 pinpoint chamber와 wellhofer 측정장비를 이용하여 심부선량백분율과 Dmax, 10cm 깊이에서의 beam profile을 측정해 조사야 크기 및 OAD의 변화별 반응영의 변화를 측정하였으며 소조사야에서 각 측정기에 따른 측정선량의 변화를 측정하였다.

반응영은 wellhofer 장비의 farmer type chamber를 이용해 측정한 측정값을 이용했으며 beam profile의 20-80% 선량 지점을 반응영으로 정의했다. 또한 측정 깊이 및 OAD의 변화에 따른 측정기별 차이를 분석했다.

### III. 결 과

#### 1. 측정기별, 조사야 크기 및 측정깊이의 변화에 따른 심부선량율의 변화

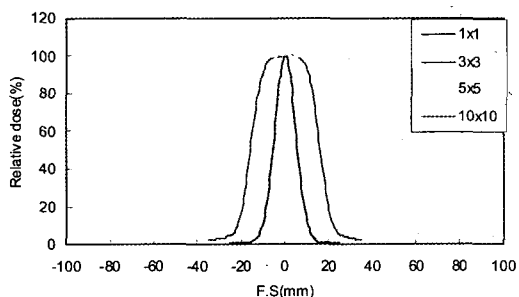


Fig 1. Beam profile varying to the F.S. at 10cm depth

Pin-point 전리함과 farmer type 전리함을 이용해 Dmax와 D<sub>10</sub>에서 조사야 크기별 측정결과 상대적출력선량계수(relative output factor)는 다음과 같다. 즉 D<sub>10</sub>에서 측정결과 10X10cm에서 pinpoint 와 farmer type에서 각각 69.1%, 66.4%로 측정되었

으며 1X1cm에서는 각각 58.6, 59.1%로 큰 차이를 보이지 않았지만 조사야 크기별 상대적 측정값은 1X1cm과 10X10cm에서 farmer type에서는 각각 59.1, 66.4%로 약 11%의 차이를 보였다. pinpoint 에서는 58.6, 69.1%로 약 15%의 차이를 보였으나 측정기의 종별 차이는 크지 않았다.(Fig.1,2 참고)

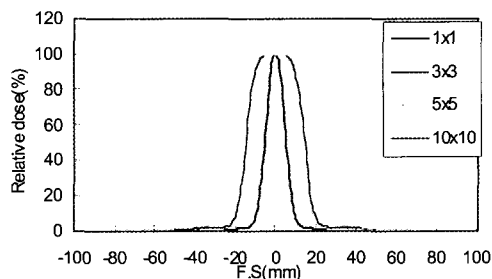


Fig 2. Beam profile varying to the F.S. at Dmax

하지만 Dmax에서 측정한 결과는 측정기 종류별, 조사야 크기별 모두에서 큰 차이를 보였다.

즉, farmer type전리함을 이용한 측정에서는 조사야 크기별 차이가 거의 없었으나 pinpoint 에서는 1X1, 10X10cm의 조사야간에 약 37.7%의 차이를 보였다. 또한 측정기 간의 차이는 10X10cm에서는 거의 차이가 없었으나 1X1cm에서는 37.4%의 차이를 보였다. 이러한 차이는 조사야의 크기가 감소함에 따라 커지는 양상을 보였다. 즉, 10X10, 5X5, 3X3, 1X1cm의 조사야에서 각각 0, 6.2, 9.7, 37.4%의 차이를 보였다. 두 측정기간 출력선량의 측정값에서 볼수있듯이 10X10cm이하의 조사야에서는 모두 pinpoint chamber의 측정값이 적게 나타났으나 10X10cm에서는 1.5cm에서의 측정값을 제외하고는 모든 조사야에서 pinpoint chamber의 측정값이 크게 나타났다.

(Fig.3,Table1 참고)

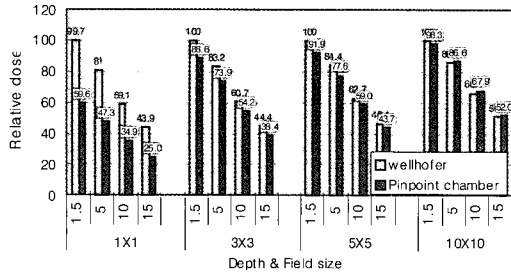


Fig.3 Comparisons of depth dose between farmer type vs pinpoint chamber

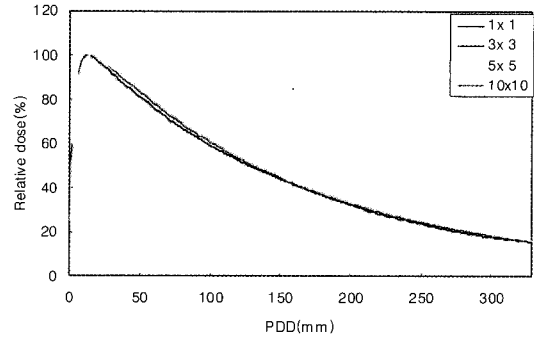


Fig 4. PDD curve varying to the field sizes

Table 1. Central axis percentage depth dose varying to the field size, depth and OAD

Field Size		OAD(cm)	0	2	4	6	8	10
		Collimator setting	1 X 1	1 X	1 X	1 X	1 X	1 X
1 X 1	Depth & PDD			-1.5, 2.5	-3.5, 4.5	-5.5, 6.5	-7.5, 8.5	-9.5, 10.5
	1.5	59.59	64.67	64.79	63.58	67.57	66.60	
	5	47.32	49.54	51.18	51.30	50.13	52.35	
	10	34.91	36.14	36.58	3.47	35.35	36.69	
	15	24.96	26.14	26.35	26.06	25.28	26.03	
3 X 3	Collimator setting	3 X 3	3 X	3 X	3 X	3 X	3 X	3 X
	Depth & PDD			-0.5, 3.5	-2.5, 5.5	-4.5, 7.5	-6.5, 9.5	-8.5, 11.5
	1.5	88.60	88.97	91.87	92.84	93.56	94.53	
	5	73.85	74.20	74.78	76.89	77.12	77.70	
	10	54.21	54.43	55.88	55.99	55.99	56.10	
5 X 5	Collimator setting	5 X 5	5 X	5 X	5 X	5 X	5 X	5 X
	PDD & PDD			1.5, 4.5	-1.5, 6.5	-3.5, 8.5	-5.5, 10.5	-7.5, 12.5
	1.5	91.87	92.35	95.25	96.22	97.07	98.15	
	5	77.59	78.87	90.98	81.68	82.26	81.91	
	10	59.00	59.11	60.56	60.90	60.90	61.12	
10X10	Collimator setting	10 X 10	10 X	10 X	10 X	10 X	10 X	10 X
	PDD & PDD			3, 7	1, 9	-1, 11	-3, 13	-5, 15
	1.5	98.28	98.64	101.54	102.63	103.47	104.68	
	5	86.59	86.82	89.16	90.09	90.68	91.49	
	10	67.93	68.15	69.82	70.38	70.49	70.83	
15	51.96	52.06	53.02	53.24	53.24	53.34		

2. 조사선량 50%(D50) 깊이의 변화

Farmer type 전리함을 이용한 측정결과 조사야의 크기가 감소하며 깊이가 증가함에 따라 선량은 급격

히 감소하는 양상을 보였으며 조사선량 50% 선도 차이를 보였다. 즉 1X1, 3X3, 5X5, 10X10cm의 조사야에서 각각 12.6, 13, 13.8, 15cm으로 측정되어 조사야의 크기가 감소함에 따라 D<sub>50</sub>의 깊이는 현저하게

줄어드는 경향을 보였으며 10X10cm에 비해 1X1cm에서 약 16% 짧아지는 것으로 측정되었다.

### 3. OAD와 깊이의 변화에 따른 측정선량의 변화

Dmax 깊이에서 조사야 크기를 변경하여 OAD를 2cm 간격으로 10cm 지점까지 이동하며 측정한 결과 OAD 거리의 변화 따라 horn effect 현상에 의한 선량의 변화를 관찰할 수 있었다. 즉 10X10cm에서는 선량변화가 약 6%였으며 5X5, 3X3에서 각각 6.8, 7%로 측정되어 조사야 크기가 감소함에 따라 선량변화가 많이 일어났으며 특히 1X1cm에서는 OAD에 따라 약 13%의 매우 큰 선량변화가 측정되었다.

그러나 이러한 현상은 깊이가 깊어짐에 따라 감소하였으며 10cm 깊이, 조사야 1X1cm에서 측정한 결과 약 5%의 차이를 보였으나 기타 모든 조사야 크기에서는 약 3%의 변화만이 측정되었다. 즉 선량평탄도는 Dmax에서는 매우 크게 차이를 보였으나 깊이가 깊어짐에 따라 개선되었다. 이러한 현상은 wellhofer의 farmer type chamber를 이용한 측정에서도 관찰할 수 있었다. 또한 소조사야에서는 조사야 최대선량지점이 중심축보다는 외측에서 형성되는 현상을 관찰할 수 있었으며 중심축에서 외측으로 옮겨 측정함에 따라 선량의 평탄도는 다소 떨어지는 현상을 관찰할 수 있었다.(Fig.5,6,7,8,9,10, Table 1 참고)

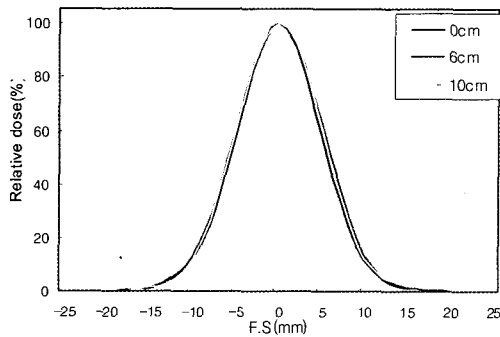


Fig 5. Beam profile at D<sub>10</sub> varying to the OAD(F.S.1X1cm)

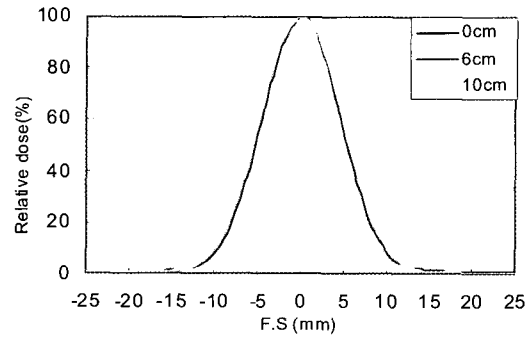


Fig 6. Beam profile at D<sub>max</sub> varying to the OAD(F.S.1X1cm)

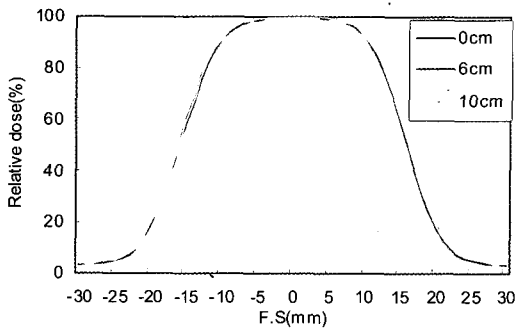


Fig 7. Beam profile at D<sub>10</sub> varying to the OAD(F.S.3X3cm)

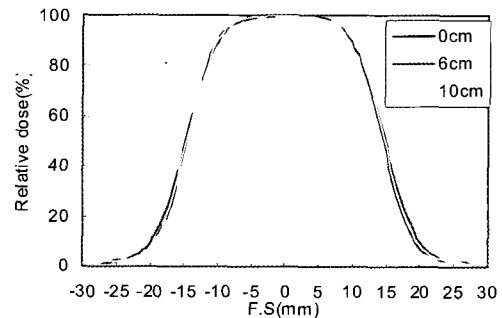


Fig 8. Beam profile at D<sub>max</sub> varying to the OAD(F.S.3X3cm)

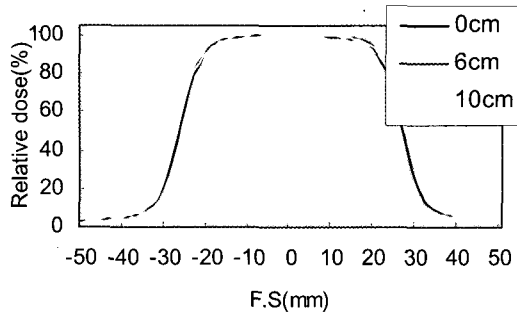


Fig 9. Beam profile at Dmax varying to the OAD(FS:5X5cm)

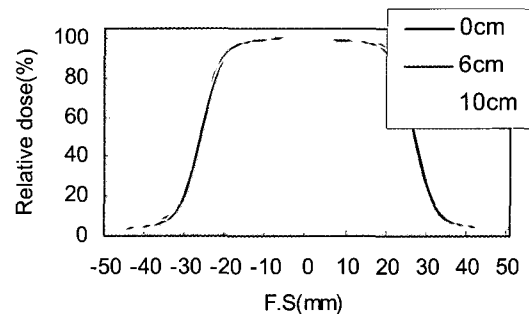


Fig 10. Beam profile at Dmax varying to the OAD(FS:5X5cm)

#### 4. 반응영 측정 결과

10X10cm의 조사야, Dmax에서 반응영의 측정결과 6mm로 측정되었으며 5X5, 3X3, 1X1cm 조사야에서 각각 6, 5, 5mm로 측정되었다. 조사야 대비 반응영의 비율은 6, 12, 16.7, 50%로 조사야 크기가 작아질수록 전체 조사야에서 반응영이 차지하는 비율은 급격히 증가하는 양상을 보였다. 또한 측정 깊이가 증가함에 따라서 반응영의 크기가 증가하였으며 조사야 대 반응영비도 10X10cm, Dmax에서 약 6%였으나 D10에서는 8%, 1X1cm, Dmax에서는 50%에서 60%로 급격히 증가하는 양상을 보였다. 그러나 OAD의 변화에 따른 반응영의 변화는 유의한 차이를 보이지 않았다. 하지만 깊이가 깊어짐에 따라 조사야 중심축은 다소 외측으로 이동하는 현상을 발견할 수 있었으며 이러한 차이는 소조사면에서 더 많이 일어나는 것을 관찰할 수 있었다.(Fig.1,2 참고)

### IV. 고찰 및 결론

Wellhofer 선량 측정장비를 이용해 본원에서 세기 조절 방사선치료를 시행하고 있는 PRIMART 라인악 장비의 반응영 측정결과 OAD가 증가하더라도 반응영의 절대 크기는 거의 변화가 없는 것으로 조사되었는데 이는 본 장비의 Jaw 시스템이 이중초점(double focus)을 사용하기 때문으로 판단된다. 하지만 이를 검증하기 위해 향후 이와 관련하여 초점의 특성에 따

른 반응영의 크기에 차이가 있는지를 검증하는 것이 필요하리라 사료되며 장비 회사별 Jaw 및 MLC 시스템을 달리 적용하므로 제조사 장비별 비교를 해 보는 것도 의미가 있으리라 사료된다. 또한 소조사야 조사시에 MLC 및 Jaw의 적은 오차도 결과치에 매우 큰 영향을 미칠 수 있으므로 이에 대한 세심한 주의를 필요로 한다. 실제로 본 실험에서 이용된 장비의 경우 MLC의 위치의 정확도를 평가시 허용오차가 각각의 Leaf에 대하여 2mm 이기 때문에 본 실험에서와 같이 소조사면 측정시 최대 약 20%의 조사면의 차이를 보일 수 있다. 전리함에 따른 출력선량계수의 측정결과 Al Najjar의 실험결과와 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 조사야 크기가 10X10cm에서는 Dmax와 D10 모두에서 거의 차이를 보이지 않았으며 각각 6MV, 10X10cm, 10cm 깊이에서의 권고치인 66.9%와 동일 조건에서 조사야를 5X5cm 일 때 권고치인 63.6%와 거의 일치하는 결과를 보였으나 조사야 크기가 감소함에 따라, 측정 깊이가 얇아짐에 따라서 매우 다른 결과를 보였다. 즉 조사야 1X1cm과 10cm 깊이에서 측정한 결과 farmer type chamber와 pinpoint chamber에서 출력선량계수가 각각 59.1, 58.6로 측정되어 두 측정기간에 큰 차이를 보이지 않았지만 Dmax에서 측정결과는 farmer type chamber에서 99.5%, 그리고 pinpoint chamber에서는 62.3%가 측정되어 약 37.4%의 차이를 보여 소조사면에서는 전리함의 용적이 증가함에 따라 선량 특성을 정확히 반영할 수 없음을 보여 주었으며 이 결과는

Bjarngard(1990)가 발표한 결과와 거의 일치했다. Ezzell(2003)등의 보고에 의하면 내경이 0.3cm 보다 큰 전리함으로 측정된 자료를 이용해 IMRT 치료계획 수립시에는 실재의 선량 특성과 큰 차이를 보일 수 있다고 보고하고 있다. 또한 두 측정기 간 출력선량의 측정에서도 10X10cm을 제외한 모든 조사야에서 pinpoint chamber의 측정값이 적었으나 10X10cm에서 1.5cm깊이를 제외한 모든 조사야에서 pinpoint chamber의 측정값이 크게 나타났는데 이는 조사야의 크기가 10X10cm 이상일때는 저에너지 컴퓨톤 산란선에 대해 과도하게 반응한다고 보고한 Laub의 결과와 일치하였다.

pinpoint chamber를 이용해 깊이와 조사야 크기와 OAD의 변화에 따른 중심출력선량 측정결과에서는 라이낙 치료기의 전형적인 특징인 horn 현상을 관찰할 수 있었으며 조사야 크기가 감소함에 따라 측정 깊이가 감소함에 따라 선량 평탄도는 급격히 나빠지는 것을 관찰할 수 있었다.

특히 farmer type chamber로 물 펜툼내에서 깊이 별, OAD 이동별 측정된 결과에서는 조사야의 크기가 감소할수록 선량의 평탄도는 매우 큰 차이를 보였으며 동일한 조사야 일지라도 OAD가 증가함에 따라 평탄도가 나빠지는 현상을 관찰할 수 있었다.

중심축에 비해 외측으로 이동함에 따라 최대선량도 일정 외측으로 이동하는 현상도 관찰 할 수 있었다. 하지만 farmer type chamber의 유효측정 면적이 pinpoint chamber에 비해 넓기 때문에 향후 보다 정확한 결과와 원인을 분석하기 위해서는 측정 용적이 적은 ion chamber를 이용해서 평탄도를 측정하는 것이 바람직하리다 사료된다. 또한 임상에서 소조사야를 이용한 치료시에는 개별 소조사야에 대한 선량의 분포특성을 측정된 후 치료하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

현재 본원에서 IMRT를 위해 Corvus 치료계획장비를 이용하여 역방향치료계획(inverse treatment planning)을 실시하고 있으며 치료계획상 1X1cm 크기의 조사야를 실제로 만들고 있다. 이러한 소조사야는 실질적으로 전체 조사야에 기여하는 선량의 기여도는

미약하나 이와같은 소조사야의 생성으로 인해 조사시간이 연장되며 이는 장비측면에서도 부담으로 작용할 수 있다. 본 실험에서는 SSD를 맞춘 후 중심선량측에 ion chamber를 위치 시켜 측정하였으나 소조사야에서는 전리함 위치의 적은 변화에도 측정값의 변화는 크게 나타났기 때문에 측정시 세심한 주의를 요한다.

마지막으로 반응영의 측정과 관련하여 1X1cm의 소조사면에서는 조사용적중 반응영이 차지하는 비율이 매우 높게 나타났는데 본 자료는 farmer type chamber를 이용해 측정된 자료이기 때문에 실제 상황과는 차이를 보일 수 있다. 그러므로 정확한 측정을 위해서는 측정용적인 적은 전리함을 이용해야 할 것으로 사료되며 이 결과와 필름을 이용해 측정된 자료를 서로 비교함으로써 보다 정확한 결과를 얻을 수 있으리라 판단된다.

본 실험에서도 관찰할 수 있듯이 소조사면의 출력선량 측정시에는 유효측정용적이 적은 전리함이나 Diamond 측정기를 이용함으로써 이와 같은 측정상의 오류를 최소화 할 수 있으리라 사료된다.

## 참고문헌

1. 김건오, 정세영 등 : Independent jaw를 이용한 비대칭조사면의 선량분포에 관한 연구, 대한방사선치료기술학회지, pp.109-111, 2003
2. 김정기, 최영민 등 : 고에너지 선형가속기의 Independent Collimator를 이용한 비대칭 방사선 조사시 방사선량 결정에 미치는 요인에 관한 연구, J.Korean Soc Ther Radiol Oncology, 14(3), 37-144, 1996
3. B.E.Bjarngard, J.S.Tsai et : Doses on ther central axes of narrow 6-MV x-ray beams.Medical physics, 17(5), 794-799, 1990
4. C.S. Chui,R.Mohan.Off center ratios for three dimensional dose calculations.Medical physics, 13(3), 409-412, 1986
5. C.S.Chou,R.Mohan.Dose computations for asymmetric fields defined by independent jaws.Medical physics, 15(1), 92-95, 1988



6. D.M.Duggan,C.W.Coffey : Small photon field dosimetry for sterotactic radiosurgery.Medical dosimetry, 2, 153-159, 1998
7. E.D.Slessinger,R.L.Gerber et :Independent collimator dosimetry for a dual photon enery linear accelerator. Int.J.Rad.Onco.Biol.Phys, 27,681-687, 1993
8. K.E.Sixel,E.BB.Podgorsak : Builup region of high energy x-ray beams in radiosurgery, Medical physics, 20(3), 761-764, 1993
9. P.S.Nizin,X.S.Chang : Primary dose in photon beams with lateral electron disequilibrium.Medical physics, 18(4), 744-748, 1991
10. P.S.Nizin, A.Kania, K.Ayyangar.Basic concepts of corvus dose model.Medical dosimetry, 26, 65-69, 2001
11. W.H.AI-Najjar,G.Prasad et : Dosimetric aspects of small circular fields of 10MV photon beam, Medical dosimetry, 23, 39-42, 1998
12. Wolfram U. Laub.The volume effect of detectors in the dosimetry of small fields used in IMRT .Medical physics, 30(3), 341-347, 2003

- 국문요약 -

## 소조사면 선량분포의 특성에 관한 고찰

연세의료원 암센터 방사선종양학과

조정희 이상규 안승권 박재일

**목 적 :** 본 연구의 목적은 소조사면의 선량특성을 측정하며 콜리메이터의 위치에 따른 반응영의 변화와 중심선량의 분포양상을 측정하며 측외측정선량점의 변화에 따른 선량분포의 특성을 측정하여 최근 대두되고 있는 소조사면 방사선치료에 유용한 정보를 제공하는데 그 목적이 있다.

**대상 및 방법 :** 지멘스의 Primart 선형가속기의 6MV에너지를 이용하였으며 측정은 Farmer chamber와 Pinpoint chamber를 이용하여 심부선량율과 beam profile, 중심출력선량의 변화를 측정하였다. 중심선속의 변화에 따른 에너지의 특성과 반응영의 변화를 외측으로 2cm 간격으로 측정하였다. 측정은 1×1cm, 3×3cm, 5×5cm, 10×10cm에서 측정하였으며 결과는 표준조건하의 측정값과 비교, 분석하였다.

**결 과 :** Farmer chamber와 Pinpoint chamber를 이용해 1×1cm, 10cm깊이에서 측정한 결과 두 측정기간에 소조사면에서는 30% 이상의 차이를 보였으며 조사면의 크기가 증가함에 따라 두 측정기간의 차이는 급격히 감소했다. 측외측정점의 변화에 따른 선량분포는 큰 차이가 없었으나 조사야의 크기가 감소함에 따라 1X1cm에서는 약 13%의 차이를 보여 조사야 크기에 따른 변화가 큰 것으로 측정되었다. 전체조사면에서 반응영이 차지하는 비율도 조사면이 적어짐에 따라 높게 나타났으며 1×1cm의 조사면에서는 약 50%가 반응영이 점유하는 것으로 측정되었다.

**결 론 :** 세기조절방사선 치료를 위해서는 각기 다른 에너지 분포를 갖는 여러 각도에서 다수의 조사면을 필요로 하며 여러 복잡한 인자들이 관여하게 된다. 여러 인자들 중에서도 콜리메이터의 형태 및 위치에 따른 출력선량의 변화 양상을 정확히 측정하는 것은 매우 중요하다. 실험결과에서도 알 수 있듯이 측정깊이와 조사면의 크기 및 측정기의 종류에 따른 측정값의 변화가 매우 크게 나타나므로 양질의 세기조절방사선 치료를 제공하기 위해서는 특히 소조사면의 선량분포에 대한 특성을 정확히 측정하는 것이 매우 중요하다.