

임상적으로 쓰이는 차폐선반투과율의 타당성에 관한 연구

단국대학교 의과대학 방사선종양학교실

윤 형 근

목 적 : 조사면 크기 및 차폐선반(tray)의 두께 등의 변화에 따른 차폐선반투과율(tray transmission factor) 변화를 측정함으로써 현재 임상적으로 쓰이고 있는 각 기계의 X-선 에너지마다의 단일한 차폐선반투과율 값의 타당성에 관해 고찰해 보고자 한다. 또한 임상적으로 쓰이는 조사면 크기들의 분포를 분석하여 흔히 차폐선반투과율 결정시 표준조사면 크기로 사용되는 10×10 cm²이 타당한지도 살펴보고자 한다.

대상 및 방법 : 조사면 크기의 변화와 차폐선반두께의 변화에 따른 차폐선반투과율의 변화를 측정해 보기 위해서 각 에너지(6 MV, 10 MV) 별로 0, 6, 8, 10, 12 mm 두께의 아크릴 차폐선반을 사용해서 방사선량을 측정하였는데 각 차폐선반두께 마다 방사선 조사면 크기는 5×5, 10×10, 15×15, 20×20, 25×25, 30×30, 35×35 cm² 등 7단계로 변화시키면서 측정해서 각 경우의 차폐선반투과율을 결정하였다. 팬텀 내의 측정깊이는 10 cm로 하였다. 또한 차폐선반투과율의 대표값 측정에 많이 쓰이는 표준조사면 크기 10×10 cm²이 타당한지 확인해 보기 위해 2002년에 본원에서 치료받은 환자들의 조사면 크기 분포를 분석하였다.

결 과 : 6 MV에서 기준 조사면 크기인 10×10 cm²와 최대조사면인 35×35 cm² 사이의 차폐선반투과율 증가를 살펴보면 6 mm 두께 차폐선반에서 0.517%, 8 mm 에서 0.836%, 10 mm에서 1.058%, 12 mm에서 1.066%였다. 10 MV에서 조사면 크기 10×10 cm²와 35×35 cm² 사이의 차폐선반투과율 증가를 살펴보면 6 mm에서 0.615%, 8 mm에서 0.724%, 10 mm에서 0.730%, 12 mm에서는 1.158%였다. 각 경우에서 조사면 크기 20×20 cm² 이하에서는 차폐선반투과율이 표준 조사면(10×10 cm²)에서의 값과 큰 차이가 없었으나 20×20 cm² 이상에서는 0.5% 이상, 30×30 cm² 이상에서는 1.0% 이상의 오차가 날 수 있었다. 한편 임상적으로 쓰이는 유효조사면 크기 중 79.2%가 10×10 cm²과 20×20 cm² 사이에 분포하였다.

결 론 : 6 MV, 10 MV X선 각각에서 차폐선반투과율은 조사면 크기가 커질수록, 차폐선반두께가 작아질수록 각각 증가하였으며 차폐선반두께가 큰 경우가 작은 경우보다 조사면 크기에 따른 차폐선반투과율의 차이가 더 컸다. 또한, 임상에서 널리 쓰이고 있는 기준 조사면 크기에서의 단일한 차폐선반투과율은 조사면 크기 20×20 cm² 이내의 범위에서는 큰 오차가 없지만 30×30 cm² 이상 크기의 조사면에서는 1.0% 이상 오차가 날 수 있다. 따라서 각 병원별 큰 조사면에서의 차폐선반투과율의 측정치를 확보해서 필요시에 사용해야 할 것으로 사료된다.

중심단어 : 차폐선반투과율, 표준조사면 크기, 차폐선반두께, 조사면 크기

서 론

선형가속기를 이용한 고에너지 방사선 조사시 collimator setting과 팬텀 표면에서의 조사면 크기(FS: Field Size)가 선형가속기의 출력(output)에 미치는 영향을 Scp (total out-

put correction factor)로 나타낸다.

Scp는 Sc (collimator scatter correction factor)와 Sp (phantom scatter correction factor)의 곱으로 표시할 수 있는데,^{1,3)} 특히 팬텀 표면에서의 조사면 크기와 collimator setting에 의해서 결정되는 조사면 크기의 차이가 클 때 유용한 방법이다. 즉, 차폐체가 부착된 차폐선반을 사용할 경우 등에 이러한 계산법이 유용하다.

차폐체가 부착된 차폐선반을 사용하는 경우 선형 가속기의 출력은 몇 가지 요인에 의해 변화하게 된다. 첫째로, Sp는 phantom scatter의 감소로 작아진다. 둘째로 Sc는 선형 가속기의 head 부분에서 산란된 광자들을 차폐함으로써 부

이 논문은 2003년 9월 19일 접수하여, 2003년 10월 30일 채택됨.
이 연구는 2002년 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음.
책임저자: 윤형근, (330-715) 충남 천안시 안서동 산 29
단국대학교 의과대학대 방사선종양학교실
Tel: 041)550-6930, 3960, Fax: 041)556-2756
E-mail: yunhg@dankook.ac.kr

분적으로 변하게 되며 차폐체 자체가 산란선을 내게된다. 또한, 차폐선반을 이루는 물질과 광자의 간섭현상에 의해 일차선이 감소된다. 그밖에 차폐선반면 중 방사선조사가 된 부분이 산란선을 발생시키게 된다.

차폐선반을 이루는 물질과 광자의 간섭현상이 일어나므로 차폐선반투과율은 collimator setting, 방사선원에서 차폐선반까지의 거리, 차폐선반의 두께, 차폐선반에서 측정점까지의 거리 등의 영향을 받게 될 것으로 예측할 수 있다. beam quality의 영향은 더욱 불분명 할 것으로 예측된다. 따라서 이러한 전체적 현상은 복잡해서 정량화하기가 어렵다.

이와 같이 차폐선반투과율이 여러 요인들에 의해 변화할 것으로 예측됨에도 불구하고 임상에서는 일반적으로 collimator setting에 무관하게 각 beam 에너지 별로 단일한 차폐선반투과율을 사용하고 있다. 전통적으로 각 beam 에너지 별로 특정한 크기의 표준 조사면(10×10 cm²)에서 측정값을 사용하고 있다.

이에 저자는 차폐선반두께와 조사면 크기에 따른 차폐선반투과율 변화를 관찰하여 그 경향을 고찰하고자 한다. 또한 임상적으로 쓰이는 조사면 크기들의 분포를 분석하여 우리가 흔히 차폐선반투과율 결정을 위해서 표준조사면 크기로 사용하는 10×10 cm²이 타당한지도 살펴보고자 한다.

대상 및 방법

1. 조사면 크기별 차폐선반투과율의 측정

차폐선반투과율은 같은 모니터 단위 (MU)의 방사선을 조사하며 차폐선반을 사용한 경우와 사용하지 않은 경우에 각각 팬텀의 일정 깊이에서 측정된 선량의 비를 말한다. 대개 선원-팬텀표면 거리(source to surface distance, SSD)는 100 cm로 하며 측정 깊이는 10 cm로 한다.

본 연구에서 방사선원으로는 단국대학교 의과대학 부속병원 방사선종양학과에 설치되어 있는 선형가속기(CL 1800, Varian, USA)의 6 MV와 10 MV X선을 이용하였고 방사선량율은 240 MU/min로 하였다. 측정기는 Farmer 형 이온함(NE 2571, NE technology사제, 영국, sensitive volume 0.6 cc)을 이용하였고 선량보강(build-up)은 2.5 cm 두께를 사용하였으며 전위계(electrometer)로는 NE 2620 선량-선량율계(dose-doserate meter) (NE 2620, NE technology, 영국)를 사용하였다. 사용 전에 30분 이상 예열을 하였고 매 측정간에는 30초 이상의 간격을 두었다. SSD는 100 cm로 하였다.

측정기와 방사선원 등의 공간적 위치관계는 Fig. 1과 같았다.

본 연구에서 사용한 차폐선반은 아크릴 재질로 밀도는 0.97 g/cm³이었고 두께는 6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm를 각각 사용하였다.

에너지(6 MV, 10 MV) 별로 각 두께의 차폐선반마다 방사선 조사면 크기(field size, FS)는 5×5, 10×10, 15×15, 20×20, 25×25, 30×30, 35×35 cm²의 7단계를 사용하며 100 MU, 선량율 240 MU/min의 방사선을 조사하며 측정하였고 측정깊이는 10 cm로 하였다.

한 에너지에 대한 측정은 하루에 마치는 것을 원칙으로 하였으며 각 측정조건 별로 3회 이상 측정을 해서 평균치를 구하였다.

2. 임상적으로 쓰이는 차폐선반투과율의 타당성 검토

많은 병원들에서는 에너지별로 조사면 크기 10×10 cm², 팬텀 깊이 10 cm에서 측정된 값을 차폐선반투과율의 대표값으로 쓰고 있다. 이 값이 타당한가를 확인해 보기 위해서 에너지별로 2002년에 본원에서 치료받은 환자들의 조사면 크기의 분포를 분석하였다.

결 과

1. 조사면 크기에 따른 차폐선반투과율의 변화

차폐선반투과율 계산을 위해서 6 MV X선을 조사하면서 출력력을 측정하였다. 차폐선반을 사용한 경우와 사용하지 않은

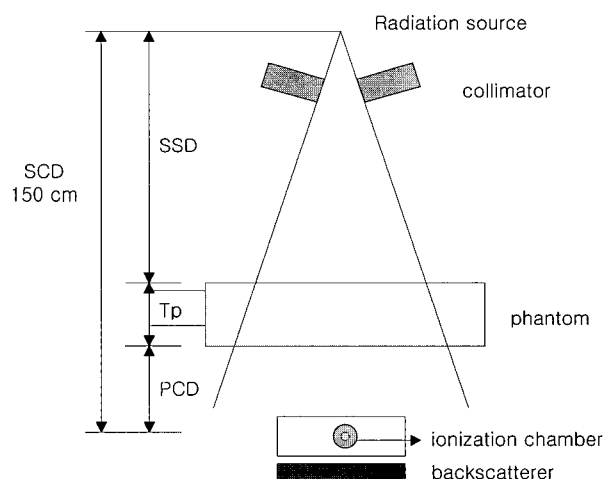


Fig. 1. Geometric setting of the measurement (SCD: source chamber distance, SSD: source surface distance, Tp: phantom thickness, PCD: phantom chamber distance).

Table 1. Tray factors by tray thickness and field size in 6 MV X-ray

Tray thickness	Field Size (cm×cm)						
	5×5	10×10	15×15	20×20	25×25	30×30	35×35
Open	1.000 (0.0000)	1.000 (0.0004)	1.000 (0.0004)	1.000 (0.0004)	1.000 (0.0000)	1.000 (0.0002)	1.000 (0.0000)
6 mm	0.968 (0.0004)	0.967 (0.0002)	0.969 (0.0002)	0.976 (0.0004)	0.969 (0.0002)	0.972 (0.0004)	0.972 (0.0002)
8 mm	0.959 (0.0002)	0.957 (0.0002)	0.958 (0.0002)	0.960 (0.0002)	0.960 (0.0004)	0.961 (0.0004)	0.965 (0.0002)
10 mm	0.949 (0.0004)	0.945 (0.0002)	0.948 (0.0004)	0.949 (0.0004)	0.952 (0.0004)	0.953 (0.0002)	0.955 (0.0002)
12 mm	0.938 (0.0004)	0.938 (0.0004)	0.940 (0.0004)	0.939 (0.0004)	0.941 (0.0000)	0.945 (0.0004)	0.948 (0.0002)

Numbers in parentheses are (Standard Deviation)

경우 각각에서 조사면 크기 증가에 따라 출력이 증가하였으며 같은 조사면 크기에서는 차폐선반을 사용한 경우가 사용하지 않은 경우보다 출력이 적었다.

이어서 각 조사면 별로 차폐선반을 사용한 경우와 사용하지 않은 경우의 출력의 비를 계산하여 차폐선반투과율을 결정하였다. 6 MV X선에서 차폐선반두께 6 mm에서의 차폐선반투과율은 조사면 크기 5×5, 10×10, 15×15, 20×20, 25×25, 30×30, 35×35 cm²에서 각각 0.968, 0.967, 0.969, 0.967, 0.969, 0.972, 0.972이었고, 차폐선반두께 8 mm에서의 차폐선반투과율은 조사면 크기 5×5, 10×10, 15×15, 20×20, 25×25, 30×30, 35×35 cm²에서 각각 0.959, 0.957, 0.958, 0.960, 0.960, 0.961, 0.965 이었고, 차폐선반두께 10 mm에서의 차폐선반투과율은 조사면 크기 5×5, 10×10, 15×15, 20×20, 25×25, 30×30, 35×35 cm²에서 각각 0.949, 0.945, 0.948, 0.949, 0.952, 0.953, 0.955이었고, 차폐선반두께 12 mm에서의 차폐선반투과율은 조사면 크기 5×5, 10×10, 15×15, 20×20, 25×25, 30×30, 35×35 cm²에서 각각 0.938, 0.938, 0.940, 0.939, 0.941, 0.945, 0.948이었는데 각 차폐선반두께에서 조사면 크기의 증가에 따라 차폐선반투과율이 증가하였다(Table 1, Fig. 2). 또한 각 차폐선반두께별로 A/P (Area/Perimeter)에 따른 차폐선반투과율의 증가율을 선형회귀를 통해서 살펴보면 6 mm 차폐선반두께에서는 선형회귀식의 기울기가 0.0008, 8 mm 차폐선반 0.001, 10 mm 차폐선반 0.0014, 12 mm 차폐선반 0.0016으로 차폐선반두께가 증가함에 따라 조사면 크기의 증가에 따른 차폐선반투과율 값의 증가율이 더 컸다(Fig. 2).

10 MV X선에서는 차폐선반두께 6 mm에서의 차폐선반투과율은 조사면 크기 5×5, 10×10, 15×15, 20×20, 25×25, 30×30, 35×35 cm²에서 각각 0.975, 0.975, 0.977, 0.977, 0.977, 0.978, 0.981이었고, 차폐선반두께 8 mm에서의 차폐선반투과율은 조사면 크기 5×5, 10×10, 15×15, 20×20, 25×25, 30×30, 35×35 cm²에서 각각 0.966, 0.967, 0.968,

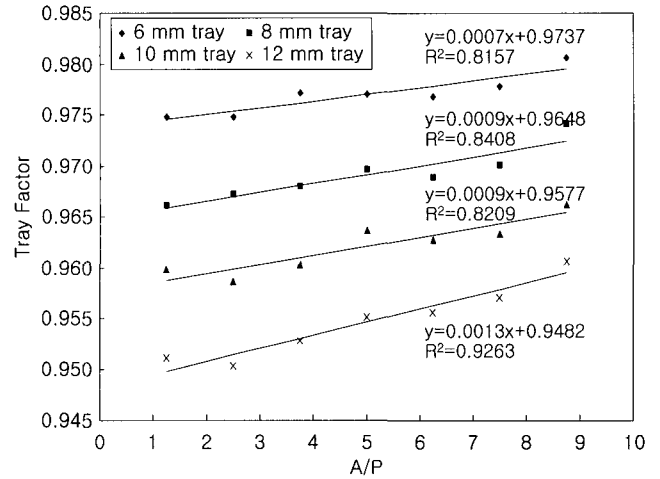


Fig. 2. Distribution of tray factors by A/P in 6 MV X-ray.

0.970, 0.969, 0.970, 0.974이었고, 차폐선반두께 10 mm에서의 차폐선반투과율은 조사면 크기 5×5, 10×10, 15×15, 20×20, 25×25, 30×30, 35×35 cm²에서 각각 0.960, 0.959, 0.960, 0.964, 0.963, 0.963, 0.966이었고, 차폐선반두께 12 mm에서의 차폐선반투과율은 조사면 크기 5×5, 10×10, 15×15, 20×20, 25×25, 30×30, 35×35 cm²에서 각각 0.951, 0.950, 0.953, 0.955, 0.956, 0.957, 0.961이었는데 각 차폐선반두께에서 조사면 크기의 증가에 따라 차폐선반투과율이 증가하였다(Table 2, Fig. 3). 또한 각 차폐선반두께별로 A/P에 따른 차폐선반투과율의 증가율을 선형회귀를 통해서 살펴보면 6 mm 차폐선반두께에서는 선형회귀식의 기울기가 0.0007, 8 mm 차폐선반 0.0009, 10 mm 차폐선반 0.0009, 12 mm 차폐선반 0.0013으로 차폐선반두께가 증가함에 따라 조사면 크기의 증가에 따른 차폐선반투과율 값의 증가율이 더 컸다(Fig. 3).

측정한 조사면 중 가장 큰 경우인 35×35 cm² 조사면 크기에서의 차폐선반투과율 값과 기준 조사면인 10×10 cm²에서의 값의 차이는 6 MV에서는 6 mm 두께 차폐선반에서

Table 2. Tray factors by tray thickness and field size in 10 MV X-ray

Tray thickness	Field Size (cm×cm)						
	5×5	10×10	15×15	20×20	25×25	30×30	35×35
Open	1.000 (0.0003)	1.000 (0.0000)	1.000 (0.0003)	1.000 (0.0001)	1.000 (0.0003)	1.000 (0.0001)	1.000 (0.0004)
6 mm	0.975 (0.0003)	0.975 (0.0003)	0.977 (0.0000)	0.977 (0.0000)	0.977 (0.0004)	0.978 (0.0003)	0.981 (0.0000)
8 mm	0.966 (0.0000)	0.967 (0.0004)	0.968 (0.0001)	0.970 (0.0004)	0.969 (0.0000)	0.970 (0.0000)	0.974 (0.0004)
10 mm	0.960 (0.0000)	0.959 (0.0004)	0.960 (0.0004)	0.964 (0.0004)	0.963 (0.0000)	0.963 (0.0003)	0.966 (0.0003)
12 mm	0.951 (0.0003)	0.950 (0.0004)	0.953 (0.0002)	0.955 (0.0002)	0.956 (0.0002)	0.957 (0.0004)	0.961 (0.0004)

Numbers in parentheses are (Standard Deviation)

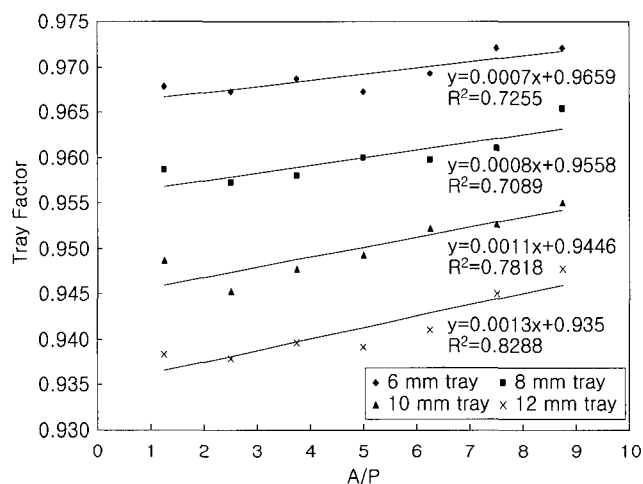


Fig. 3. Distribution of tray factors by A/P in 10 MV X-ray.

0.517%, 8 mm에서 0.836%, 10 mm에서 1.058%, 12 mm에서 1.066%였고 10 MV에서는 6 mm에서 0.615%, 8 mm에서 0.724%, 10 mm에서 0.730%, 12 mm에서는 1.158%였다.

2. 임상적으로 쓰이는 차폐선반투과율의 타당성 검토

본원에서 시행된 방사선치료의 자료들을 정리해 본 결과, 6 MV X선의 경우 분석대상이 된 360개의 방사선 조사면 중 전체조사면 크기(Overall Field Size)를 기준으로 할 경우 조사면 크기가 10×10 cm² 보다 같거나 크고 15×15 cm² 보다 작은 경우가 143개(39.7 %)로 가장 많았고 다음이 15×15 cm² 보다 같거나 크고 20×20 cm² 보다 작은 경우가 135개(37.5 %), 5×5 cm² 보다 같거나 크고 10×10 cm² 보다 작은 경우가 71개(19.7%) 등의 순서였다(Table 3). 유효조사면 크기(Effective Field Size)를 기준으로 할 경우는 조사면 크기가 10×10 cm² 보다 같거나 크고 15×15 cm² 보다 작은 경우가 162개(45.0%)로 가장 많았고 다음이 15×15 cm² 보다 같거나 크고 20×20 cm² 보다 작은 경우가 98개(27.2 %), 5×5 cm² 보다 같거나 크고 10×10 cm² 보다 작은 경우가 93개(25.9%) 등의 순서였다(Table 3). 각 조사

Table 3. Distribution of radiation field size in real practice (6 MV X ray)

Field Size (cm ²)	No	
	Overall Field	Effective Field
<5×5	1 (0.3%)	1 (0.3%)
5×5< ≤10×10	71 (19.7%)	93 (25.8%)
10×10< ≤15×15	143 (39.7%)	162 (45.0%)
15×15< ≤20×20	135 (37.5%)	98 (27.2%)
20×20< ≤25×25	4 (1.1%)	2 (0.6%)
25×25< ≤35×35	2 (0.6%)	4 (1.1%)
30×30< ≤35×35	4 (1.1%)	0 (0.0%)

면의 Area/Perimeter들이 선형적인 관계를 가진다고 가정하고 각 조사면 크기의 A/P값들의 평균을 계산해 본 결과 전체조사면 크기를 기준으로 한 경우는 3.40, 유효조사면 크기를 기준으로 한 경우는 3.16이었는데 이를 조사면 크기로 환산해 보면 전체조사면 크기의 평균은 13.6×13.6 cm² 가량, 유효조사면 크기의 평균은 12.6×12.6 cm² 가량으로 나타났다. 따라서 이러한 평균적 조사면 크기들에서의 차폐선반투과율들은 본원 의 경우 6 mm 차폐선반을 사용하므로 조사면 크기 10×10 cm²에서의 차폐선반투과율과 또한 이와 큰 차이가 없는 조사면 크기 15×15 cm²에서의 차폐선반투과율의 사이에 위치하게 되므로 통상 대표 값으로 쓰이는 10×10 cm²에서의 차폐선반투과율과 거의 같은 값이 되는 것으로 나타났다. 다만 조사면 크기가 35×35 cm에 가까운 경우도 간혹 있었는데 이 경우 본원처럼 6 mm 두께의 차폐선반을 쓸 경우 차폐선반투과율의 오차가 약 1.0% 이상까지 생길 수 있었다.

10 MV X선의 경우도 6 MV X선과 같은 가정 하에서 전체조사면 크기를 기준으로 계산한 A/P 평균이 3.22, 유효조사면 크기를 기준으로 계산한 A/P 평균이 3.05로 6 MV의 경우와 비슷하였으며 조사면 크기로 환산하면 12.9×12.9 cm², 12.2×12.2 cm²에 각각 해당되었다. 이러한 평균적 조사면 크기들에서의 차폐선반투과율들은 조사면 크기 10×10

Table 4. Distribution of radiation field size in real practice (10 MV X ray)

Field Size (cm ²)	No	
	Overall Field	Effective Field
<5×5	0 (0.0%)	0 (0.0%)
5×5< ≤10×10	14 (15.9%)	16 (18.2%)
10×10< ≤15×15	40 (45.4%)	52 (59.1%)
15×15< ≤20×20	32 (36.4%)	20 (22.7%)
20×20< ≤25×25	2 (2.3%)	0 (0.0%)
25×25< ≤35×35	0 (0.0%)	0 (0.0%)
30×30< ≤35×35	0 (0.0%)	0 (0.0%)

cm²에서의 차폐선반투과율과 거의 차이가 없었다(Table 4).

고찰 및 결론

그 동안 몇몇 저자들이 차폐물에 의한 차폐나 여러 가지 beam modifier들에 의해 생기는 산란선이 출력(output factor)에 미치는 영향을 구명하려고 했다.⁴⁻⁶⁾ 차폐선반투과율의 조사면 크기 혹은 SSD 변화에 따른 변화도 연구가 된 적은 있지만 데이터가 불충분할 뿐 아니라 상호 모순된 경우도 있었다.⁷⁻¹⁰⁾

예컨대 Sharma 등⁷⁾은 차폐선반투과율의 조사면 크기에 따른 변화가 무시할 수 있는 수준이라고 결론을 지었지만 그들의 데이터는 조사면 크기 15×15 cm²까지만 측정을 했다는 한계가 있었다. 본 연구에서도 그 정도범위에서는 차폐선반투과율의 변화는 크지 않은 것으로 나타났다.

Tatcher 등⁸⁾도 0.97 g/cm² 아크릴 차폐선반을 이용하여 조사면 크기 20×20 cm²까지 연구한 결과 차폐선반과 차폐물이 head scatter에 미치는 영향은 무시할 만하다고 결론지었다.

반면, Jurinsic 등⁹⁾은 차폐물과 차폐선반이 입사되는 일차광자선속(primary photon fluence)에 미치는 영향을 연구한 결과 차폐선반에 놓여 있는 차폐물의 기하학적인 위치에 따라서는 기준 조사면 크기에서 측정된 단일한 차폐선반투과율에 비해서 전체 “block-tray factor”가 3%까지 커질 수 있다고 결론을 내렸다.

한편, depth-dose data에 대한 차폐선반의 영향을 연구한 결과 차폐선반을 사용한 경우 전자선이 발생하여 피부 보호 효과가 유의할 만큼 감소하고 최대선량점도 이동하는 것이 나타났다.

Kleffens 등¹¹⁾은 차폐선반투과율과 collimator setting의 관계를 분석하였는데, 1 cm 두께의 PMMA 차폐선반을 사

용한 경우에 조사면 크기를 4×4 cm²에서 40×40 cm²까지 변화시킴에 따라 차폐선반투과율이 1.5% 변화하며, 2 cm 두께의 PMMA 차폐선반을 사용한 경우에 조사면 크기를 4×4 cm²에서 40×40 cm²까지 변화시킴에 따라 차폐선반투과율이 3% 변화하는 것으로 보고했다. 즉, 차폐선반구성물질에 의한 일차방사선의 흡수로 인한 선량의 감소가 차폐선반두께에 비례하는 결과로 나타났다. 본 연구에서 0.6 cm 두께의 차폐선반을 사용하여 6 MV X선에서 0.9%의 오차가 나온 것은 이 실험결과와 아주 잘 일치한다. 즉, 2 cm 차폐선반두께에서 3%, 1 cm 차폐선반두께에서 1.5%와 우리 연구 결과인 0.6 cm 차폐선반두께에서 0.9%는 완전한 비례관계에 있다. 이 결과로 볼 때 차폐선반의 두께를 안전성에 지장이 없는 한 얇게 하는 것은 방사선의 감쇄를 줄일 뿐 아니라 차폐선반투과율의 조사면 크기에 대한 의존성도 줄이게 됨을 알 수 있다.

이와 유사하게 Huang 등⁴⁾은 copper-attenuation filter를 사용한 실험에서 흡수체 두께의 증가에 따른 산란선의 선형적인 증가를 보고하였다.

국내에서는 아직 차폐선반투과율을 자세하게 분석한 연구 결과가 발표된 적은 없었다.

일차 광자선과 차폐선반 구성물질간의 물리적인 상호작용은 차폐선반 대신 wedge가 사용된 경우에도 마찬가지로 일어난다. 여러 연구자들이 wedge와 일차 광자선과의 관계를 연구한 바 있다.¹²⁻¹⁶⁾ 저자도 향후 차폐선반, 차폐물 wedge의 영향을 망라한 전반적인 계산 알고리즘을 연구해 볼 계획이다.

이러한 여러 연구들의 결과를 종합해 보면 15×15 cm² 내지 20×20 cm² 이내의 조사면 크기에서는 기준조사면 크기인 10×10 cm²에 비해서 차폐선반투과율의 큰 변화는 없다. 따라서 이런 범위에서는 현재 쓰고 있는 차폐선반투과율이 정확하다고 볼 수 있다. 또한 저자의 연구 결과 임상적으로 흔히 쓰이는 조사면 크기의 평균은 대체로 10×10 cm² 내지 15×15 cm² 범위 내에 위치하므로 임상에서 쓰이는 대부분의 경우에서 기준 조사면 크기에서의 차폐선반투과율을 사용할 때 유의할 만한 오차는 나타나지 않는다.

그러나 본 연구결과에서 A/P의 표준편차 값이 거의 1 정도 되는 것으로 나타났다. 또한 조사면 크기가 30×30 cm² 이상인 경우도 가끔 있었는데 이 경우는 기준 조사면에서의 차폐선반투과율이 1.0% 이상의 오차를 가질 수 있으므로 주의해야 할 것으로 사료된다. 또한 차폐선반의 재질이나 두께에 따라서는 오차가 더 커질 수도 있으므로 각 병원별로 측정치를 얻어서 필요시에 사용해야 할 것으로 사료된다.

본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 6 MV, 10 MV X선 각각에서 차폐선반투과율은 조사면 크기가 커질수록, 차폐선반투과계가 작아질수록 각각 증가하였으며 차폐선반투과계가 큰 경우가 작은 경우보다 조사면 크기에 따른 차폐선반투과율의 차이가 더 컸다.

2. 임상에서 널리 쓰이고 있는 기준 조사면 크기에서의 단일한 차폐선반투과율은 조사면 크기 $20 \times 20 \text{ cm}^2$ 이내의 범위에서는 큰 오차가 없지만 $30 \times 30 \text{ cm}^2$ 이상 크기의 조사면에서는 1.0% 이상 오차가 날 수 있다. 따라서 각 병원별 큰 조사면에서의 차폐선반투과율의 측정치를 확보해서 필요시에 사용해야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Venselaar JLM, van Gasteren JJM, Heukelom S: A consistent formalism for the application of phantom and collimator scatter factors. *Phys Med Biol* 44: 365-381 (1999)
2. Khan FM: *The Physics of Radiation Therapy*, 2nd ed, Baltimore; Williams and Wilkins, Baltimore, (1994), pp.200-225
3. van Gasteren J J M, Heukelom S, van Kleffens HJ: The determination of phantom and collimator scatter components of the output of megavoltage photon beams: Measurement of the collimator scatter part with a beam coaxial narrow cylindrical phantom. *Radiother Oncol* 20:250-257 (1991)
4. Huang PH, Chin LM, Bjangard BE: Scattered photons produced by beam-modifying filters. *Med Phys* 13:57-63 (1986)
5. Yu MK, Sloboda RS: Effect of beam blocking on linac head scatter factors. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 37:465-468 (1997)
6. Islam MK, Van Dyk J: Effects of scatter generated by beam modifying absorbers in megavoltage photon beams. *Med Phys* 22:2075-2081 (1995)
7. Sharma SC, Johnson MW: Recommendations for measurement of tray and wedge factors for high energy photons. *Med Phys* 21:573-575 (1994)
8. Tatcher M, Bjangard BE: Head-scatter factors in blocked phantom fields. *Radiother Oncol* 33:64-67 (1994)
9. Jurinsic PA: Changes in incident photon fluence of 6 and 18 MV x rays caused by blocks and block trays. *Med Phys* 26:2092-2098 (1999)
10. Heukelom S, Lanson JH, Mijnheer BJ: Quality assurance of the simultaneous boost technique for prostate cancer: Dosimetric aspects. *Radiother Oncol* 30: 74-82 (1994)
11. van Kleffens H, Venselaar J, Heukelom S: Dependence of the tray transmission factor on collimator setting and source-surface distance. *Med Phys* 27: 2117-2123 (2000)
12. Heukelom S, Lanson JH, Mijnheer BJ: Wedge factor constituents of high-energy photon beams: Head and phantom scatter dose components. *Radiother Oncol* 32:73-83 (1994)
13. Weber L, Nillson P, Ahnesjo A: Build-up cap materials for measurement of photon head-scatter factors. *Phys Med Biol* 42:1875-1886 (1997)
14. Heukelom S, Lanson JH, Mijnheer BJ: Wedge factor constituents of high-energy photon beams: Field size and depth dependence. *Radiother Oncol* 30:66-73 (1994)
15. Thomas SJ: The effect on wedge factors of scattered radiation from the wedge. *Radiother Oncol* 32: 271-272 (1994)
16. Heukelom S: Response to letter: The effect on wedge factors of scattered radiation from the wedge. *Radiother Oncol* 34:164 (1995)

Validity of Clinically Used Tray Transmission Factor

Hyong Geun Yun, M.D.

Department of Radiation Oncology, Dankook University College of Medicine, Korea

Purpose : By evaluating the dependence of the tray transmission factor (tray factor) on collimator setting and tray thickness, we determined the validity of the clinically used single tray factor for standard radiation field size ($10 \times 10 \text{ cm}^2$).

Methods and Materials : For each X ray energies (6 and 10 MV), outputs were measured by using 5 steps of tray thickness (0, 6, 8, 10, 12 mm) and 7 steps of radiation field size (5×5 , 10×10 , 15×15 , 20×20 , 25×25 , 30×30 , $35 \times 35 \text{ cm}^2$) at 10 cm phantom depth. Outputs were measured in both 'with tray' and 'without tray' conditions by using radiation with the same monitor units, and the tray factors were determined by the ratios of the two outputs. To evaluate the validity of a single tray factor obtained for standard radiation field, we analyzed the pattern of the field sizes in cases treated at our hospital in 2002.

Results : In the 6 MV X-ray, the increases in the tray factor between the standard field ($10 \times 10 \text{ cm}^2$) and the largest field ($35 \times 35 \text{ cm}^2$) were 0.517%, 0.836%, 1.058%, 1.066% in 6, 8, 10, and 12 mm thickness tray, respectively. In the 10 MV X-ray, the increases in the tray factor between the standard field ($10 \times 10 \text{ cm}^2$) and the largest field ($35 \times 35 \text{ cm}^2$) were 0.517%, 0.836%, 1.058%, 1.066% in 6, 8, 10, 12 mm thickness tray, respectively. In a major portion of clinical cases, when the field size was smaller than $20 \times 20 \text{ cm}^2$, the tray factor was in good agreement with the standard tray factor. However, in cases where the field sizes were $30 \times 30 \text{ cm}^2$ and $35 \times 35 \text{ cm}^2$, the error could exceed 1.0%.

Conclusion : The tray factor increased with increasing field size or decreasing tray thickness. The difference of tray factor between the small field and the large field increased with increasing tray thickness. Furthermore, the standard tray factor was valid in most clinical cases except for when the field size was greater than $30 \times 30 \text{ cm}^2$, wherein the error could exceed 1.0%.

Key Words : Tray factor, Field size, Standard field size, Collimator setting, Tray thickness