

조사야 및 깊이 변화에 따른 Wedge Transmission Factor

서울대학교병원 치료방사선과

유숙현 · 박진홍 · 최계숙 · 박흥득

I. 서 론

췌기필터(wedge filter)의 사용은 치료부위(target volume)에 적절한 선량분포를 얻기 위함이며 이의 효과는 등선량분포곡선의 각도변화 및 방사선의 출력(out put) 저하를 가져오는데, 이 출력 감소를 wedge transmission factor(이하 WTF라 한다)로 하여 선량계산시 적용하고 있다.

ICRU 보고서 24에 의한 WTF는 “열린 조사야(open beam)와 wedge를 사용하여 물팬텀속 중심축 선상에 조사한 동일한 선량(Monitor Unit : 이하 MU로 표기)에 의한 흡수선량의 비”로 나타내고 있으나 여기서는 기준조사야 및 기준 깊이에 대한 언급이 없다.

일반적으로 임상에서는 WTF를 기준조사야 $10 \times 10 \text{cm}^2$ 기준깊이를 최대선량지점(d_{max})로 하여 측정된 것을 사용하고 있으나 많은 저자들이 WTF의 조사야 및 깊이의 의존성을 주장하고 있다.

이에 본 저자는 WTF의 조사야 및 깊이에 따른 WTF의 변화를 실험 측정하여 기존사용하고 있는 WTF(조사야 및 깊이에 대한 의존성을 무시한 측정)와 비교 검토하기 위해 시행하였다.

II. 재료 및 측정

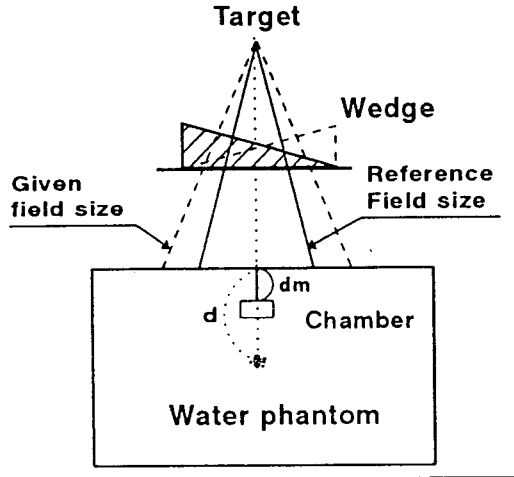
1. 측정장비

본 실험은 본원에 설치된 선형가속기(Clinac 2100C/505 Varian U.S.A)에 발생하는 6, 10MV X선을 이용하였으며, 측정기는 sensitive volum이 0.6cc인 Farmer type ion chamber(Capintec, cii62778)와 electrometer(Keithley 35616), 측정용 수조(water phantom)를 이용하여 열린조사(open) 및 Wedge(15° 35° 45° 60°)삽입시의 흡수선량을 측정하였다. 또한 선원-중심축과의 거리는 100cm로 하였다.(참조 그림 1)

2. 측정방법

6, 10 MV X-선의 조사야 및 깊이의 변화에 따라 WTF의 변화를 알아보기 위하여 조사야를 $4 \times 4 \text{cm}^2$ 으로 하고 50MU의 선량을 조사하여 열린 조사야 및 wedge 15° 30° 45° 60° 삽입시의 흡수선량

을 최대선량지점(6MV : 1.5cm, 10MV : 2.5cm)에서 측정하였다. 이상과 같은 방법으로 깊이를 5cm, 10cm, 15cm, 20cm으로 변화 시키면서 열린 조사야 및 wedge 삽입시의 흡수선량을 측정하였다. 측정값은 오차를 줄이기 위하여 열린 조사야에서 3회, wedge 삽입시 6회 (오른쪽으로 삽입하여 3회, 왼쪽으로 삽입하여 3회) 반복 측정하여 평균값을 구하였다. 위와 같은 방법으로 조사야 10×10cm², 15×15cm²에서의 열린조사야 및 wedge 삽입시의 흡수선량을 측정하였다. 이상의 실험에서 얻은 측정값으로 다음 공식에 의하여 각 에너지별 WTF를 산출하였다.



〈그림 1〉 Experimental set up

$$W.T.F(F_x, d_x) = \frac{\text{Wedge 삽입시 흡수선량}(F_x, d_x)}{\text{열린 조사야의 흡수선량}(F_x, d_x)}$$

(F : 조사야, D : 팬텀길이)

II. 결 과

1. 조사야 변화에 의한 WTF의 변화

1) 6MV X-선의 조사야 및 팬텀 깊이에 따른 WTF를 네가지 wedge filter의 각도별로 Table 1, 2, 3, 4에 나타내었다. Wedge 15°, 팬텀 깊이 1.5cm의 WTF를 조사야 별로 비교해보면, 4×4cm²에서 0.779, 10×10cm²에서 0.780, 15×15cm²에서 0.782로 나타나 10×10cm²에서 0.782로 나타나 10×10cm²을 기준으로 했을 때 ±1% 차이를 나타냄을 알 수 있다(참조 표 1). Wedge 30°에서는 ±1%, Wedge 45°에서 ±1%, Wedge 60°에서 ±1%의 차이로 나타났다(참조 표 2, 3, 4). 또한 5cm, 10cm, 15cm, 20cm 깊이에서도 조사야의 변화에 따른 WTF의 변화량은 10×10cm²을 기준으로 했을 때와 비교하면 ±1% 정도의 차이를 나타낸다.

Depth(cm)	Field Size		
	4 × 4 cm ²	10 × 10 cm ²	15 × 15 cm ²
1.5	0.779	0.780	0.782
5	0.783	0.784	0.786
10	0.787	0.788	0.790
15	0.791	0.792	0.794
20	0.795	0.796	0.798

Depth(cm)	Field Size		
	4 × 4 cm ²	10 × 10 cm ²	15 × 15 cm ²
1.5	0.629	0.630	0.635
5	0.635	0.636	0.641
10	0.641	0.642	0.647
15	0.647	0.648	0.653
20	0.653	0.654	0.659

〈표 1〉 Wedge factors with 15° wedge for 6mV x-ray

〈표 2〉 Wedge factors with 30° wedge for 6mV x-ray

Depth(cm)	Field Size		
	4 × 4 cm ²	10 × 10 cm ²	15 × 15 cm ²
1.5	0.485	0.487	0.492
5	0.492	0.494	0.499
10	0.499	0.501	0.506
15	0.506	0.508	0.513
20	0.514	0.515	0.520

Depth(cm)	Field Size		
	4 × 4 cm ²	10 × 10 cm ²	15 × 15 cm ²
1.5	0.408	0.410	0.416
5	0.414	0.416	0.422
10	0.420	0.422	0.428
15	0.426	0.428	0.434
20	0.432	0.434	0.440

〈표 3〉 Wedge factors with 45° wedge for 6mV x-ray

〈표 4〉 Wedge factors with 60° wedge for 6mV x-ray

2) 10MV X-선의 조사야 및 팬텀 깊이에 따른 WTF를 네 가지 wedge filter 각도별로 표 5, 6, 7, 8에 나타내었다. Wedge 15°, 2.5cm 깊이에서의 WTF를 조사야 별로 비교해보면, 4×4cm에서 0.810, 10×10cm²을 기준으로 했을 때 ±1% 차이가 나타났다(참조 표 5). 같은 방법으로 wedge 30°, 45°, 60° 에서도 약 ±1%의 차이가 나타나고 있다(참조 표 6, 7, 8) 5cm, 10cm, 15cm, 20cm 깊이에서도 조사야 변화에 따른 WTF의 변화량은 ±1% 정도의 차이를 나타낸다.

3) 각 에너지 별로 측정된 조사야 변화에 의한 wedge factor의 변화는 평균 ±1%로 거의 무시할 만한 것으로 나타났다.

Depth(cm)	Field Size		
	4 × 4 cm ²	10 × 10 cm ²	15 × 15 cm ²
2.5	0.810	0.811	0.814
5	0.814	0.815	0.818
10	0.818	0.819	0.822
15	0.822	0.823	0.826
20	0.826	0.827	0.830

Depth(cm)	Field Size		
	4 × 4 cm ²	10 × 10 cm ²	15 × 15 cm ²
2.5	0.676	0.679	0.684
5	0.679	0.682	0.687
10	0.682	0.685	0.690
15	0.685	0.688	0.693
20	0.688	0.691	0.696

〈표 5〉 Wedge factors with 15° wedge for 10mV x-ray

〈표 6〉 Wedge factors with 30° wedge for 10mV x-ray

Depth(cm)	Field Size		
	4 × 4 cm ²	10 × 10 cm ²	15 × 15 cm ²
2.5	0.522	0.525	0.528
5	0.524	0.527	0.529
10	0.526	0.529	0.531
15	0.528	0.531	0.533
20	0.530	0.533	0.535

Depth(cm)	Field Size		
	4 × 4 cm ²	10 × 10 cm ²	15 × 15 cm ²
2.5	0.442	0.444	0.449
5	0.445	0.447	0.452
10	0.448	0.450	0.455
15	0.451	0.453	0.458
20	0.454	0.456	0.461

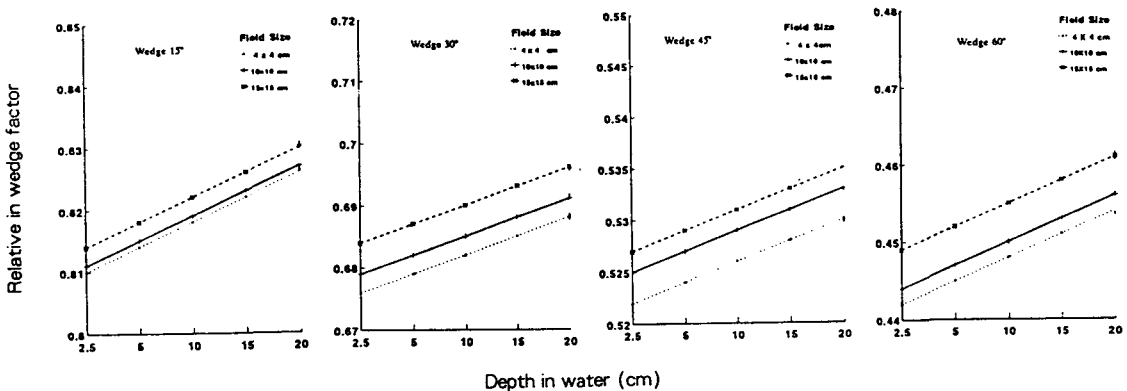
〈표 7〉 Wedge factors with 45° wedge for 10mV x-ray

〈표 8〉 Wedge factors with 60° wedge for 10mV x-ray

2. 깊이의 변화에 의한 WTF의 변화

1) 6MV X-선의 팬텀 깊이 변화에 따른 WTF의 변화는 wedge 15°, 조사야 10×10cm에서 팬텀 깊이 1.5cm일 때 0.780, 20cm일 때 0.796으로 약 2%의 차이를 나타낸다. 그리고 wedge 30°에서는 3%, 45°에서는 5%, 60°에서는 6%의 차이는 나타내고 있다(표 1). 또한 팬텀 깊이의 변화에 따라 WTF가 일정한 비율로 증가하고 있어 그래프상에서 볼 때, 일직선으로 증가함을 알수 있다(그림 2). 이러한 변화는 조사야의 변화와는 무관하게 나타나고 있음을 알수가 있다.

2) 10MV X-선의 팬텀 깊이 변화에 따라 WTF의 변화는 wedge 15°, 조사야 10×10cm에서 팬텀 깊이 2.5cm일 때 0.811, 20cm일 때 0.821으로 약 2%의 차이를 나타낸다. 그리고 wedge 30°에서는 3%, 45°에서는 5%, 60°에서는 일정한 비율로 증가하고 있다(그림 3)



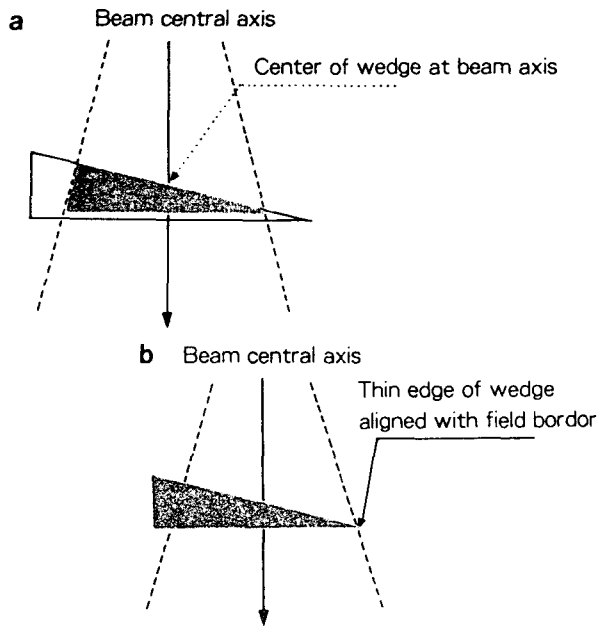
〈그림 3〉 Wedge factors of 10MV x-ray

3. 조사야 및 깊이의 변화에 의한 WTF의 변화

일반적으로 기준조사야 10×10cm², 기준깊이(d_{max})에서 wedge 각도별로 측정된 WTF의 값을 임상에 사용한다고 가정했을 때, 조사야와 깊이의 변화에 대한 WTF의 변화량은 조사야의 변화에 대한 또는 깊이의 변화에 의한 WTF의 변화량보다 더 크게 나타나고 있다. 6MV X-선에서 wedge 60° 조사야 10×10cm, 팬텀 깊이 1.5cm의 WTF는 0.780이고, 조사야 15×15cm², 팬텀 깊이 20cm의 WTF는 0.840으로 약 7%까지의 차이를 보이고 있다. 이 수치는 60° wedge에서의 깊이에 대한 WTF 변화값 6%보다 1% 증가한 값이다. 10MV X-선에서도 조사야 및 깊이의 변화에 의한 WTF는 깊이에 의한 WTF의 변화량 보다 약간씩 증가하는 것으로 나타나고 있다.

IV. 결론 및 고찰

국내 도입된 대부분의 선형가속기는 Universal wedge system과 Individual wedge system의 두 가지 wedge 삽입 시스템을 갖추고 있다(그림 4).



〈그림 4〉 Universal wedge system (a) and individual wedge system (b)

Universal wedge system은 선속의 중심축이 wedge의 중심에 자리하도록 설계되어 있어 조사야 및 깊이 변화에 따라 wedge의 흡수선량이 변화하게 된다. 그러나 선량계산에서 이러한 부분에 관한 WTF의 보정이 전혀 고려되지 않고 있다. Individual wedge system은 wedge의 끝부분이 조사야의 가장 자리에 일치하도록 설계되어 있다. 따라서 선량계산시 조사야의 변화에 따른 WTF의 변화량은 보정이 되고 있지만 깊이에 따른 부분은 고려되고 있지 않다.

본 측정실험이 결과에 의하면 조사야 및 팬텀 깊이의 변화에 따른 WTF는 조사야에 의한 변화는 무시할만 하지만 팬텀 깊이에 따른 변화는 비교적 크게 차이를 보이고 있다. 특히 팬텀 깊이 변화에 따른 WTF는 wedge가 두꺼워 질수록 증가하는 것으로 나타나는데, 이는 선속이 wedge를 투과하면서 에너지가 낮은 장파장의 방사선이 wedge에 흡수되어 출력(out put)은 떨어지고 평균에너지가 증가하여 (beam hardening 현상) percent depth dose (PDD)가 증가된 것을 주된 요인으로 볼 수 있다. 더욱이 조사야 및 팬텀 깊이에 의해 얻은 WTF의 값과는 에너지에 따라서 차이가 6MV는 7%, 10MV는 6%로 나타났다.

따라서 정확한 계획 선량을 치료부위(target volume)에 조사하기 위해서는 조사야 및 치료깊이의 변화에 따라 WTF를 보상해 주거나, 평균값을 나타내는 깊이에서 측정된 값을 적용시켜야 하겠다(평균값과 1%를 벗어나는 깊이에서는 적절한 보정이 필요하다). 또한 WTF의 측정깊이 및 조사야에 대한 정의를 권위있는 기관에서 규정하여 보다 체계적인 보상을 시행하는 것이 가장 바람직한 방법으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. ICRU(International Commission on Radiation Unites and Mesurements). Determination of absorbed dose in a patient irradiated by beams of X or gamma ray beams in radiotherapy procedures Report 24. ICRU Publications. Washinton D.C. 1976.
2. Heukelom, S. Lanson. J.H. and Mijneer, B.J. : The field size and depth dependence of wedge factors. Radiother. oncol. 30 : 66-73, 1994.
3. 김영호, 유경열, 안희용, 박홍득 : Wedge filter 사용시 심부선량 백분율의 변화, 대한방사선치료 기술학회지. 8 : 61-67. 1992.
4. Faiz M. Khan : The physics of radiation therapy, second edition. 234-239. 1994.