

## 기능상썰기와 물질썰기의 썰기인수의 비교

서울대학교 의과대학 방사선종양학교실, 분당서울대학교병원 방사선종양학과

강위생 · 김재성

국제방사선량 및 측정위원회(ICRU)가 썰기인수를 정의하고 있지만 방사선치료계획장치는 썰기에 관한 다른 개념을 도입하여 선량을 보정하기도 한다. 개념이 다른 인수들은 아주 다르게 정의되어 있기 때문에 그 값도 용납될 수 없을 정도로 다를 수 있어서 심각한 선량오차가 발생할 수 있다. 설치된 방사선치료기(Cinac 21EX, Varian, 미국)에는 물질썰기(위와 아래)와 위턱에 의한 썰기 기능이 있고 방사선치료계획장치(RTPS)로 Eclipse(Varian, 미국)와 Pinnacle<sup>3</sup>(ADAC, 미국)가 사용되고 있다. 물질썰기와 기능상썰기의 썰기인수, 썰기상대출력인수 및 썰기출력인수를 물팬텀에서 이온함으로 측정하여 조사면크기와 썰기위치, 썰기각, X선 투과력, 측정조건에 따라 분석하고 비교하였다. 기능상썰기가 물질썰기에 비해 여러 가지 요인에 크게 영향을 받으며, 기능상썰기의 썰기인수 등에 영향을 미치는 주된 요인은 조사면크기와 썰기각이었다. X선 투과력도 썰기인수 등에 약간의 영향을 미쳤다. 썰기에 관련된 상이한 개념의 인수는 그 값이 6 MV는 63%, 15 MV는 59% 이상 다를 수 있기 때문에 선량오차를 줄이기 위해 방사선치료계획장치에 활용되는 인수를 파악하고 RTPS에 합당한 값을 입력해야 한다.

**중심단어:** 물질썰기, 기능상썰기, 썰기인수, 썰기상대출력인수, 썰기출력인수

### 서 론

근자에 공급되는 원격방사선치료용 선형가속기에는 금속으로 된 물질썰기(physical wedge)와 더불어 방사선 방출 중 제한기 턱(jaw)을 이동시켜 썰기효과를 얻는 것으로 Varian(미국)의 기능적썰기(dynamic wedge<sup>1,2</sup>)와 Siemens(독일)의 가상썰기(virtual wedge<sup>3</sup>), 물질썰기 하나로 X선이 방출되는 중 전부 또는 일부 시간동안 X선의 유동량(flucence) 분포에 변화를 주어 물질썰기의 썰기각 이하로 만들 수 있는 Elekta(영국)의 이동식썰기(motorized wedge<sup>4</sup>)가 포함되어 있다. dynamic wedge와 virtual wedge는 치료기 생산회사에서 명칭을 다르게 쓸 뿐 방식은 동일하다.

기능상썰기는 금속썰기에 비해 훨씬 많은 썰기각을 얻을 수 있는 장점을 가지고 있으며, 또 썰기방향의 훨씬 넓은 너비의 썰기조사면을 얻을 수 있는 장점도 가지고 있다. 금속썰기는 설계에 따라 썰기각이 제한될 수 밖에 없으며 거

의 대부분의 치료기에는 15°, 30°, 45°, 60° 네 가지 각의 썰기가 공급된다. 기능상썰기의 썰기각은 이론적으로는 임의의 각이 가능하지만 최대각은 대부분 60°이다. 기능상썰기는 방사선 방출 중 1) 개별 턱이 이동하는 방식과 2) 금속 썰기가 이동하는 방식과 같이 두 가지 방식이 있다.

기능상썰기를 임상에 적용하기 위해서는 물질썰기가 마찬가지로 선량분포에 관한 자료와 썰기인수 또는 썰기의 광자선 투과율에 관한 자료가 있어야 한다.<sup>5-11</sup> 선량분포가 물질썰기와 같게 기능상썰기를 만들 수 있을지라도 썰기인수는 사정이 다르다. 두 가지 썰기의 구조적인 차이가 있기 때문에 썰기각이 같을지라도 기능상썰기와 물질썰기의 썰기인수도 동일할 것이라고 보기 어렵다. 물질썰기로 제공되지 않는 썰기각에 대한 기능상썰기의 썰기인수도 당연히 구비되어야 할 것이다.

썰기인수의 측정조건에 대해서는 민조사면과 썰기조사면의 크기와 모양이 같고 선축에 있는 측정기의 위치가 같고 선원에서 측정기까지 거리가 같아야 하며 최대선량점보다 깊은 곳의 선량을 측정해야 한다는 것이다. 공기 중 선량을 측정해야 한다거나, 어떤 선원표면거리(source surface distance, SSD) 또는 선원측정점거리(source chamber distance, SCD)에서 팬텀 내 몇 cm 깊이에서 측정해야 한다는 규정이 없다.<sup>5</sup> 오히려 방사선치료계획장치의 셈법(algorithm)에 따라 요구하는 조건에서 썰기인수나 썰기를 결정해야 한

이 논문은 2004년 11월 22일 접수하여 2004년 12월 7일 채택되었음.  
 책임저자: 강위생, (463-707) 경기 성남시 분당구 구미동  
 서울대학교 의과대학 방사선종양학교실, 분당서울대학교병원  
 원 방사선종양학과  
 Tel: 031)787-7651, Fax: 031)787-4019  
 E-mail: wskang@snu.ac.kr

다. 썰기에 의해 감소된 선량을 보정하기 위해 썰기인수를 일반적으로 사용하고 있지만 방사선치료계획장치에 따라서는 유사한 다른 변수를 사용하기도 한다.

이 연구의 목적은 한 대의 선형가속기의 물질썰기와 기능상썰기의 썰기인수 또는 유사한 변수를 측정하고 비교하고자 하는 것이다.

### 재료 및 방법

#### 1. 재료

원격방사선치료용 선형가속기는 Varian(미국) Clinac 21 EX이며 방출되는 엑스선은 6 MV와 15 MV이다. 그 장치에는 물질썰기(physical wedge)가 포함되어 있고 제한기 위턱(upper jaw)에 의한 기능상썰기(dynamic wedge) 기능도 있다. 물질썰기는 설치하는 위치가 다른 두 벌이 있는데 Fig. 1에서 보는 바와 같이 한 벌은 위썰기(upper wedge)로서 선원(source)에서 57.4 cm에 있고, 다른 한 벌은 아래썰기(lower wedge)로서 69.8 cm에 있다. 6 MV X선용 썰기와 15 MV X선용 썰기의 구분은 없다. 선원에서 썰기까지 거리는 선축에 직각인 썰기면까지 거리로서 위썰기는 윗면까지 거리며 아래썰기는 아랫면까지 거리다. 기능상썰기는 선원에서 위턱의 하단까지 거리가 44.5 cm이다.

물질썰기의 명목썰기각은 15°, 30°, 45°, 60° 네 가지이며, 기능상썰기의 썰기각은 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 45°, 60°로 일곱 가지이다. 선원에서 100 cm 위치에서 썰기조사면의 너비는 60°의 물질썰기만 15 cm이고 나머지 물질썰기 및 기능상썰기는 20 cm이다.

썰기를 사용할 때에는 썰기인수(wedge factor)를 적용하여 선량을 보정해야 한다. 국제방사선량단위 및 측정위원회(International Commission on Radiation Units and Measurements, ICRU)은 썰기인수  $F_w(r)$ 을 썰기 아래 선축의 선량을 썰기를 제거한 상태의 선량으로 나눈 값으로 정의하였으며<sup>5)</sup> 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$F_w(r) = \frac{D_w(d, r, SCD)}{D_o(d, r, SCD)} \dots\dots\dots (1)$$

여기서  $W$ 와  $O$ 는 각각 썰기조사면(wedge field)과 민조사면(open field)을 의미하며,  $d$ 와  $r$ ,  $SCD$ 는 각각 깊이, 조사면 크기, 선원측정점거리를 의미한다. 그런데 썰기인수의 정의에서 깊이  $d$ 가 최대선량점깊이  $d_{max}$ 보다 얇지 않아야 한다는 제한 외에  $SCD$ 와  $d$ 가 제한되어 있지 않았기 때문에 병원에 따라 나름대로 측정조건을 제한하고 있다.

방사선치료계획장치(radiation treatment planning system,

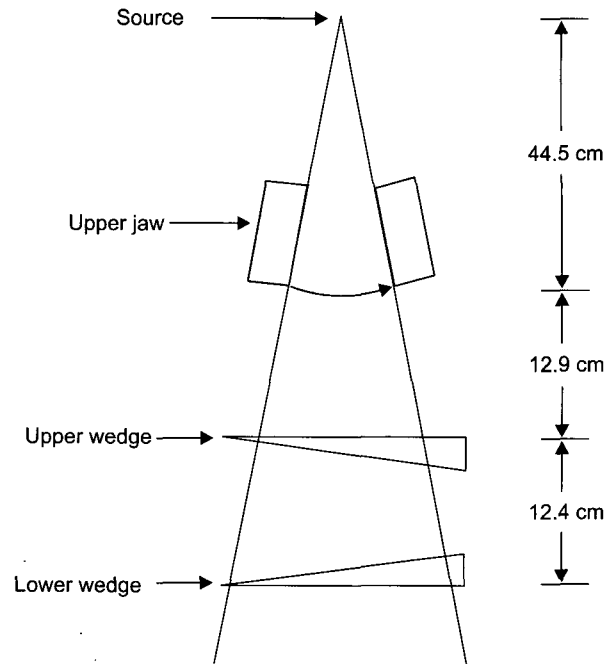


Fig. 1. Schematic geometry of physical wedges, and upper jaws for dynamic wedge of Varian Clinac 21EX. Dynamic wedge is made by moving an upper jaw in beam-on time. Maximum angle of dynamic wedge of Clinac 21EX is 60°. Theoretically any wedge angle less than 60° could be made.

RTPS)가 일반화된 이 시점에서는 썰기에 대한 선량보정은 RTPS에 의해 이루어지고 있다. RTPS 생산회사 일부는 썰기관련 선량보정을 위해 썰기인수를 쓰는 대신에 달리 썰기관련 인수를 정의하여 광자선 선량계산프로그램에 적용하였다. 썰기에 관한 자료로 새로운 치료계획장치에 이미 사용중인 자료를 쓸 수 있는지 또는 다시 측정해야 할지 의학물리사는 판단해야 한다. RTPS의 예로 Varian(미국)의 Eclipse와 ADAC(미국)의 Pinnacle<sup>3</sup>을 들 수 있다. Eclipse의 썰기의 상대출력인수(relative wedge output factor)  $ROF_w(r)$ 는 아래와 같이 정의하고 있다.<sup>1)</sup>

$$ROF_w(r) = \frac{D_w(d, r, SCD)}{D_w(d, r_0, SCD)} \dots\dots\dots (2)$$

여기서  $W$ 는 썰기를 의미하며,  $D$ ,  $d$ ,  $r$ ,  $r_0$ 은 각각 선축상 선량, 깊이, 조사면크기, 기준조사면 크기이며 일반적으로 기준조사면 크기는 10×10 cm<sup>2</sup>이다.  $SCD$ 는 SSD일 수도 있고, SAD일 수도 있다.  $d$ 는  $d_{max}$ 와 같거나 깊어야 한다. 선량은 동일한 MU에 대해 단일 썰기 아래에서 측정된 값이다. Pinnacle<sup>3</sup>의 썰기출력인수(wedge field output factor)  $WFOF_w(r)$ 는 아래와 같다.<sup>12)</sup>

$$WFOF_w(r) = \frac{D_w(d, r, SCD)}{D_o(d, r_0, SCD)} \dots\dots\dots (3)$$

여기서  $O$ 는 민조사면을 의미하며,  $SCD$ 는  $SAD$ 이며 나머지 문자는 식 (1)에 쓰인 문자와 같다. 다만 Pinnacle<sup>3</sup>은 깊이  $d$ 를 10 cm로 할 것을 강력히 권장하고 있다. 췌기에 의한 선량감소요인을 보상하기 위한 변수로 회사에 따라 독자적인 변수를 쓰고 있다고 할지라도 그 변수들은 서로 간단한 수식으로 관계를 지을 수 있다. 식 (3)을 식 (1)로 나누면

$$\frac{WFOF_w(r)}{F_w(r)} = \frac{D_w(d, r, SCD)}{D_o(d, r_0, SCD)} \dots\dots\dots (4)$$

와 같이 표현될 수 있다. 식 (4)의 우변에서 깊이  $d$ 가  $d_{max}$ 이고  $SCD$ 가  $SSD$  100 cm이면 식 (4)는 민조사면의 온산란인

수(total scatter factor)  $SCF$ 이다. 식 (3)을 식 (2)로 나누면

$$\frac{WFOF_w(r)}{ROF_w(r)} = \frac{D_w(d, r_0, SCD)}{D_o(d, r_0, SCD)} \dots\dots\dots (5)$$

와 같이 표현될 수 있다. 식 5는 바로 기준조사면의 췌기인수이다.

췌기인수 등의 측정에 사용된 이온함과 선량계는 각각 Wellhöfer(독일)의 CC13, PTW(독일) Unidos이었다. 측정에 이용된 팬텀은 Wellhöfer의 Blue Phantom이었다. 최대선량점 깊이  $d_{max}$ 에서 췌기인수 등을 측정할 때는  $SSD$ 가 100 cm였으며, 10 cm 깊이에서 측정할 때는  $SCD$ 가 100 cm이었다.

제한기(collimator)에 대해 물질췌기를 설치할 수 있는 방향은  $0^\circ$ 와  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ 와 같이 네 방향이다. 췌기를 어느

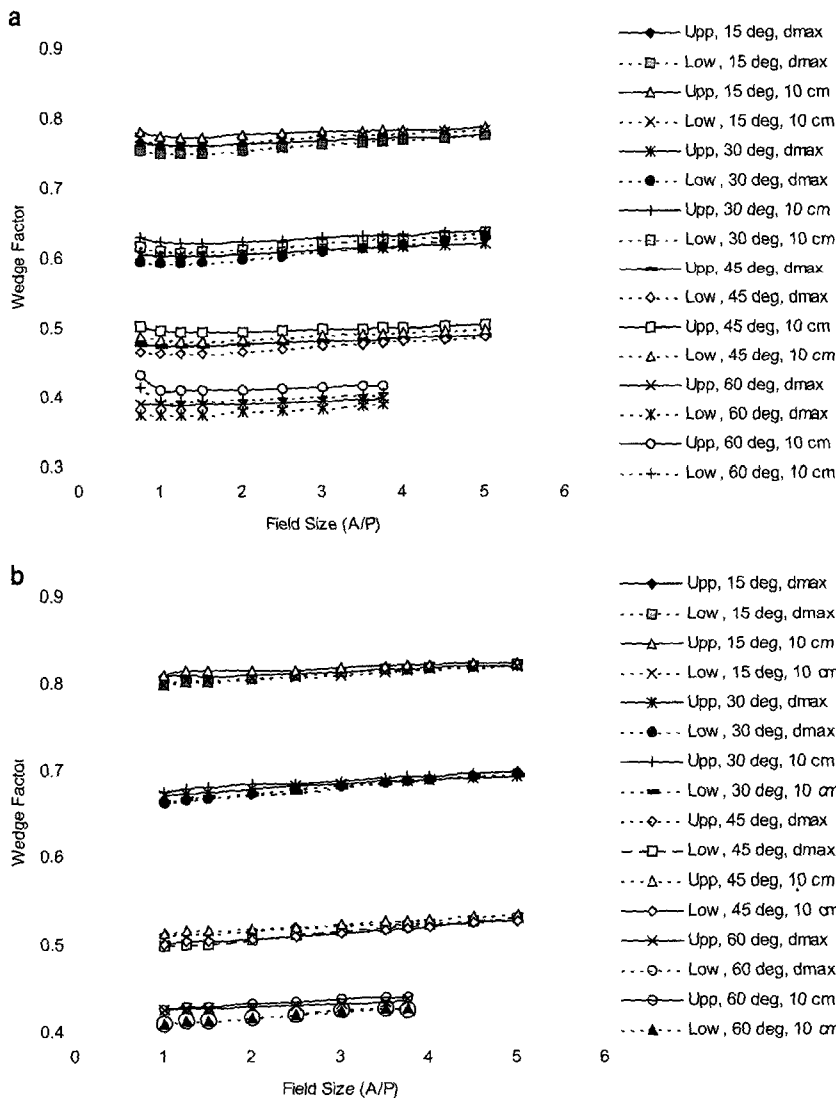


Fig. 2. Wedge factors of physical wedges of Clinac 21EX. (a) 6 MV X-ray, (b) 15 MV X-ray. Wedge factor of physical wedges has an effect on field size, position of wedge, and measuring position such as SCD and depth, wedge position and measuring position for 6 MV X ray are more effective than for 15 MV.

방향으로 설치할지라도 썰기인수 등이 영향을 받지 않아야 하기 때문에 썰기인수 등을 측정하는 깊이에서 민조사면의 가로방향과 세로방향의 선량분포를 스캔하여 방사선 이온함의 감지중심을 선축과 일치시켰다. 이온함의 위치를 정한 뒤에는 그 이온함을 PTW Unidos 선량계와 연결하여 선량을 측정하고 식 (1)~(3)을 이용하여 썰기인수와 썰기상대출력인수, 썰기출력인수를 구하였다.

### 결 과

물질썰기(physical wedge)의 썰기인수(wedge factor)는 Fig. 2에, 기능상썰기의 썰기인수는 Fig. 3에 그래프로 제시되어

있다. 썰기인수는 썰기의 형상에 관계없이 썰기각이 클수록 작았다. 15 MV X선에 대한 썰기인수가 6 MV에 대한 썰기인수에 비해 크지만 조사면크기에 따른 변동폭은 투과력(quality) 6 MV에 대해 SSD 100 cm,  $d_{max}$ 에서 30° 썰기의 썰기인수의 최대값, 최소값 차이는  $3.89 \times 10^{-2}$ , 15 MV에 대해 같은 측정조건에서 같은 썰기의 썰기인수 차이는  $3.46 \times 10^{-2}$ 으로 거의 같았다. Fig. 2와 Fig. 3에서 볼 수 있는 바와 같이 측정조건이 다를 경우 썰기인수 최대 차이는 6 MV의 경우 A/P가 1일 때 60° 물질썰기의  $2.16 \times 10^{-2}$ 이고, 15 MV의 경우는 A/P가 1일 때 15° 기능적썰기의  $1.00 \times 10^{-2}$ 으로서 SSD와 깊이에 거의 영향을 받지 않는다는 것을 알 수 있다. 물질썰기는 썰기의 위치가 다르면 썰기인

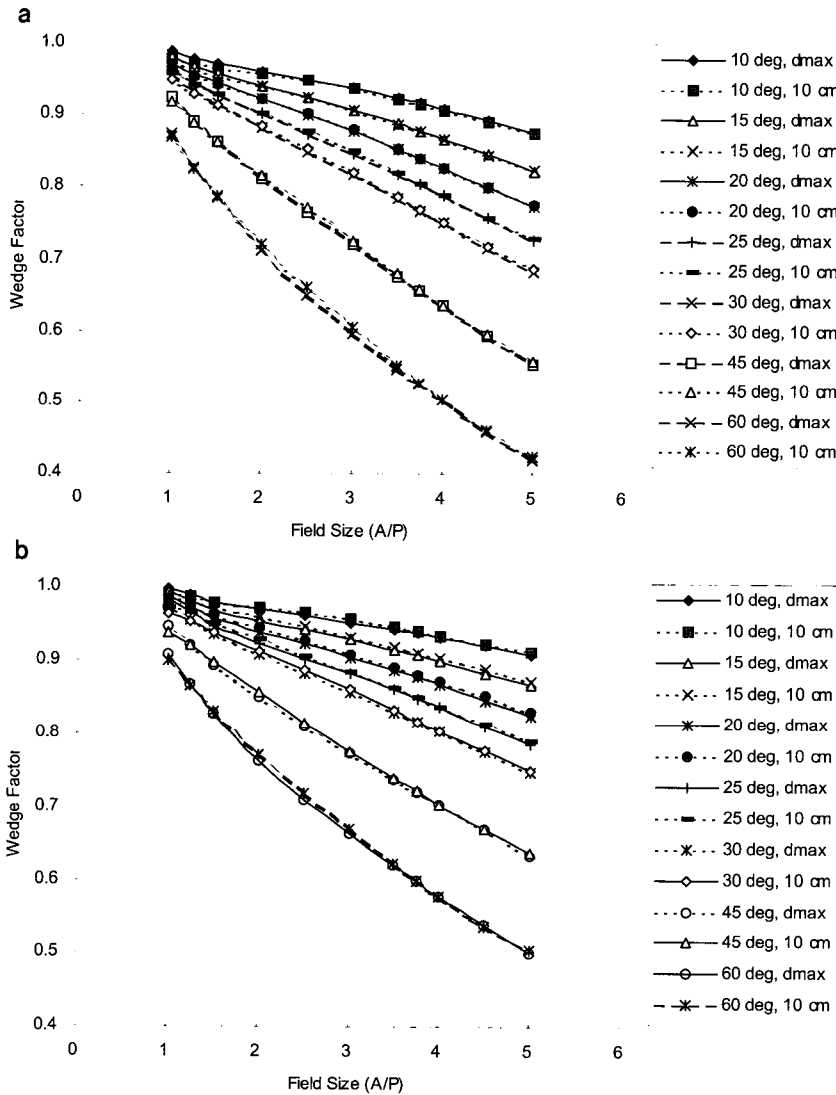


Fig. 3. Wedge factors of dynamic wedges of Clinac 21EX. (a) 6 MV X-ray, (b) 15 MV X-ray. The factor for dynamic wedges has a larger effect on field size than for physical wedge, and the factor of dynamic wedges increases with field size contrary to physical wedges. The effects for 6 MV are larger than 15 MV.

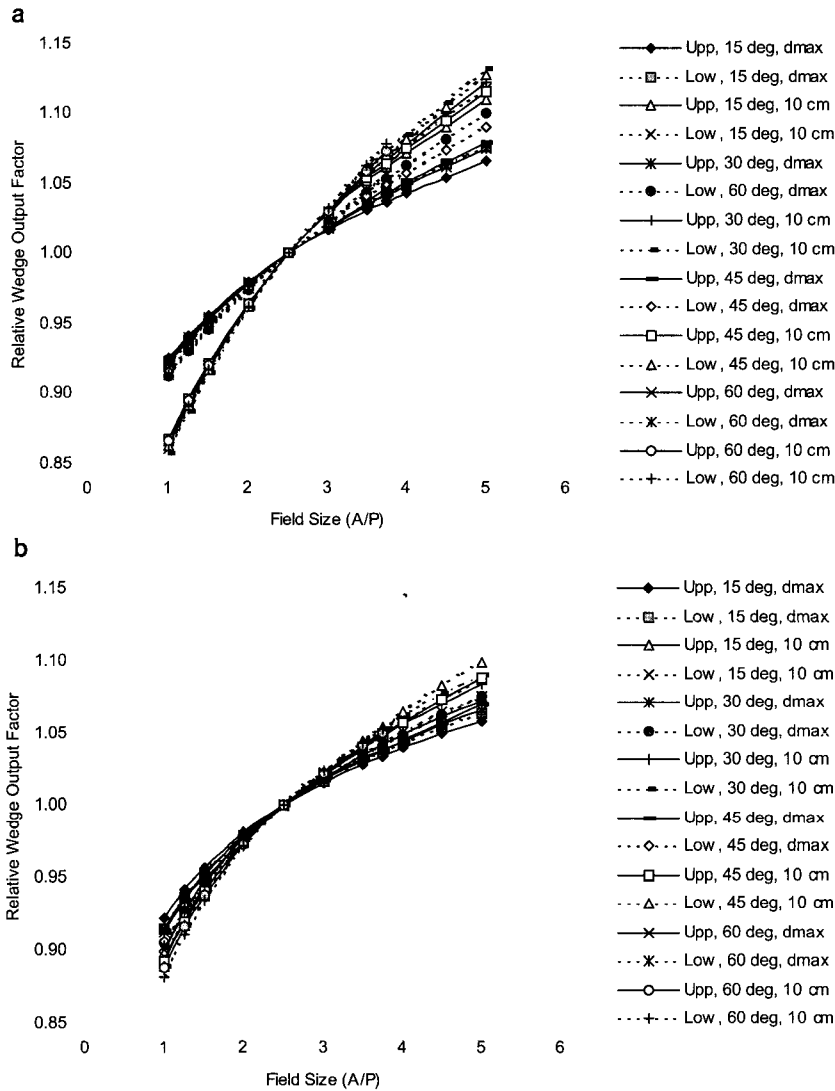


Fig. 4. Relative wedge output factors for physical wedges of Clinac 21EX. (a) 6 MV X-ray, (b) 15 MV X-ray. Relative wedge output factor of physical wedges increases with field size. The range of increase increases with wedge angle. The range of increase for 6 MV is larger than that for 15 MV, and that for SSD 100 cm,  $d_{max}$  is larger than that for SCD 100 cm, depth 10 cm. The relative wedge output factors for smaller field than A/P 2.5 are grouped by measuring geometry, specifically clear for 6 MV.

수도 약간 달랐으며 조사면이 커짐에 따라 점차 접근하는 경향이 있으며, 차이가 최대인 조건은 SCD 100 cm, 깊이 10 cm에서 조사면크기 A/P가 1이다. 15 MV X선의 경우에는 최대차이가  $1.71 \times 10^{-2}$ 로서 6 MV의 최대차이  $1.63 \times 10^{-2}$ 과 같다고 할 수 있다.

Fig. 2에서 볼 수 있는 바와 같이 쐐기조사면이 클수록 물질쐐기의 쐐기인수는 증가하는 반면 기능상쐐기의 쐐기인수는 오히려 감소한다는 것을 Fig. 3에서 볼 수 있다. A/P 1~5에서 물질쐐기의 쐐기인수 변동폭은 엑스선의 투과력 및 쐐기각, 쐐기위치에 관계없이 0.03 이내였다. 기능상쐐기의 쐐기인수는 조사면크기에 큰 영향을 받는다는 것을 Fig. 3에서 확인할 수 있다. 기능상쐐기의 쐐기인수 변동폭

은 쐐기각이 클수록 커졌으며 15 MV에 비해 6 MV에 대한 변동폭이 컸다. 예를 들면 A/P 1~5에서 기능상쐐기의 쐐기인수 변동폭은 6 MV에 대해서는 쐐기각  $10^\circ$ 와  $60^\circ$ 에 대해 각각 0.112, 0.455이고, 15 MV에 대해서는 각각 0.091, 0.408이었다.

측정된 쐐기상대출력인수(relative wedge output factor)가 Fig. 4와 Fig. 5에 도표로 제시되어 있다. Fig. 4와 Fig. 5는 각각 물질쐐기와 기능상쐐기의 쐐기상대출력인수의 측정 결과이다. 쐐기상대출력인수는 조사면크기에 크게 영향을 받고 있으며 기능상쐐기가 물질쐐기보다 더 크게 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. 물질쐐기의 쐐기상대출력인수는 조사면크기에 따라 증가하지만 기능상쐐기의 것은 작은

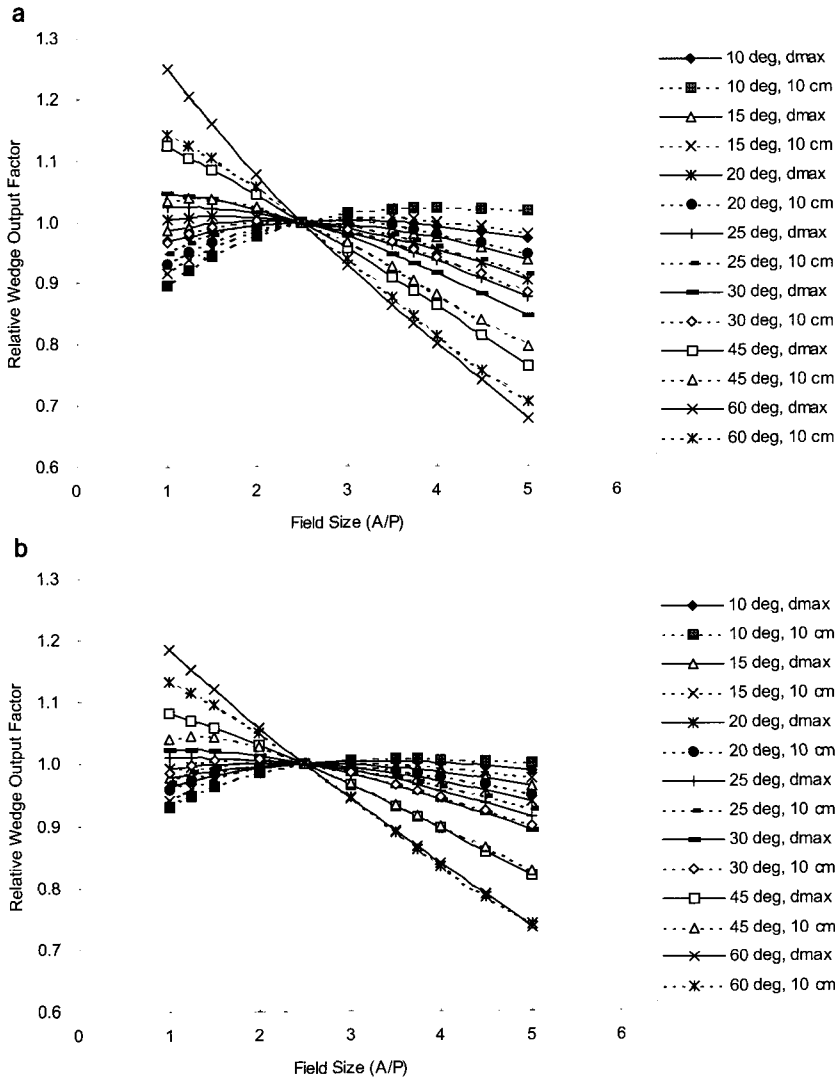


Fig. 5. Relative wedge output factors for dynamic wedges of Clinac 21EX. (a) 6 MV X-ray, (b) 15 MV X-ray. The relative output factor of dynamic wedges has larger effect of field size than physical wedge. The relative wedge output factor of small-angle wedges increases with field size for small field and decreases with increasing field size for large field. That of large-angle wedges monotonously decreases with increasing field size.

썰기각에 대한 것은 작은 조사면에서 조사면크기에 따라 증가하다가 최대값에 도달하고 그 이상의 조사면크기에 대해서는 반대로 감소한다. 큰 썰기각에 대한 기능상쇄기의 썰기상대출력인수는 조사면크기가 증가함에 따라 단조롭게 감소한다. 또한 썰기상대출력인수는 썰기각에 영향을 받고 있으며 썰기각이 커질수록 그 변동이 증가하였다. Fig. 4에서 6 MV X선에 대한 썰기상대출력인수의 증가폭이 15 MV X선에 대한 것보다 크다는 것과, SSD 100 cm,  $d_{max}$ 에 대한 것이 SCD 100 cm, 깊이 10 cm에 대한 것보다 크다는 것을 확인할 수 있다. A/P가 2.5보다 작은 작은 조사면에 대한 썰기상대출력인수는 측정조건별로 나눌 수 있으며 6 MV X선에 대한 것은 뚜렷하게 구분된다는 것을

Fig. 4a에서 볼 수 있다.

측정된 썰기출력인수(wedge field output factor)가 Fig. 6과 Fig. 7에 도표로 제시되어 있다. 물질쇄기의 썰기출력인수는 조사면크기에 따라 증가한다. 6 MV X선에 대한 증가폭이 15 MV에 대한 것보다 크다. 그 증가폭은 썰기각이 커짐에 따라 감소한다. 썰기 위치는 썰기출력인수에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 보인다. 그러나 측정조건은 썰기출력인수에 영향을 미치고 있다. SSD 100 cm,  $d_{max}$ 에 대한 물질쇄기의 썰기출력인수는 SCD 100 cm, 깊이 10 cm에 대한 것에 비해 A/P가 1과 같은 작은 조사면크기에 대해서는 대체로 작지만 조사면크기가 커짐에 따라 더 큰 폭으로 증가하여 최대조사면크기(썰기각 60°에 대해서는 A/P는 3.75,

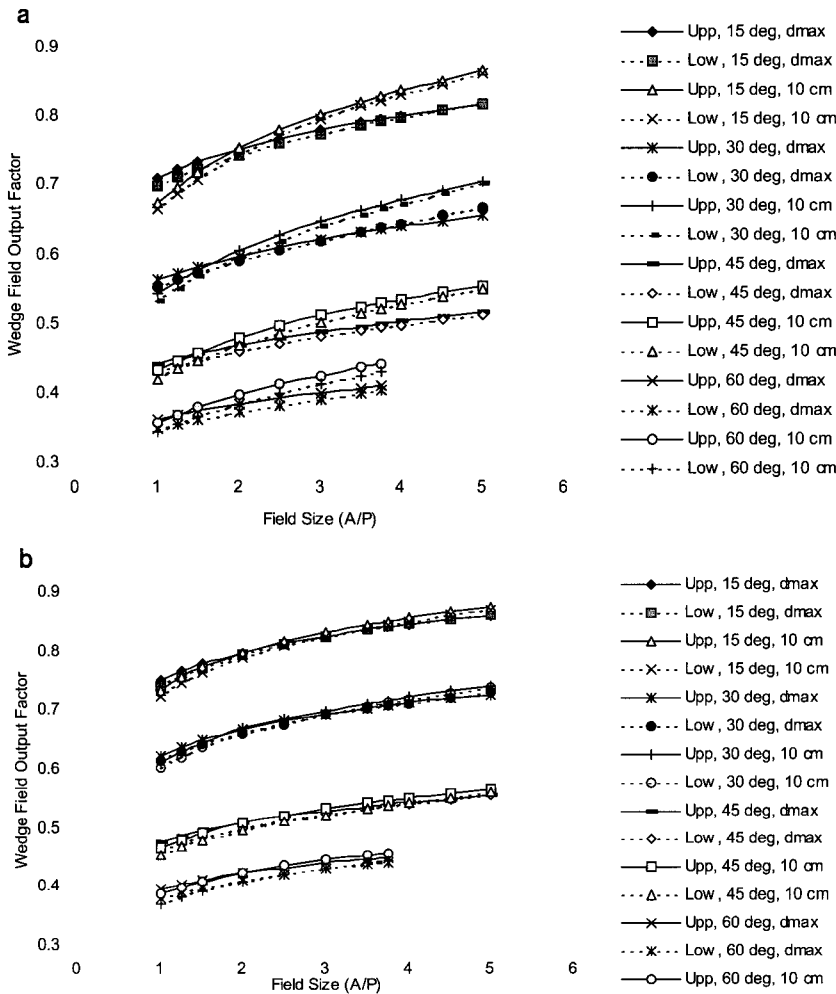


Fig. 6. Wedge field output factors for physical wedges of Clinac 21EX. (a) 6 MV X-ray, (b) 15 MV X-ray. The field output factor of physical wedges increases with field size. The range of increase of 6 MV is larger than 15 MV. The range of increase decreases with increasing wedge angle. The dependency of wedge position is negligible. The wedge field output factor depends on measuring geometry.

나머지 췌기각에 대해서는 5)에 대해서는 반대로 된다. 6 MV X선에 대한 췌기출력인수는 측정조건에 상당히 큰 영향을 받지만 15 MV X선에 대한 것은 거의 비슷하다.

기능상췌기의 췌기출력인수는 Fig. 7에 도표로 제시되어 있다. 기능상췌기의 췌기출력인수는 췌기인수와 마찬가지로 췌기각이 커질수록 작아진다. 측정조건이 SCD 100 cm, 깊이 10 cm인 경우 췌기각 10~45°의 기능상췌기의 췌기출력인수는 작은 조사면에 대해서는 조사면크기에 따라 증가하고 큰 조사면에 대해서는 반대로 감소하고 하며, 60° 기능상췌기는 다른 췌기각에 대한 것과는 달리 작은 조사면 크기에서부터 감소하였다. 측정조건이 SSD 100 cm,  $d_{max}$ 인 경우는 기능상췌기의 췌기출력인수가 작은 조사면에 대해서는 조사면크기에 따라 증가하고 큰 조사면에 대해서는 반대로 감소하는 췌기각은 10~20°이었으며 췌기각 25° 이상에서는 췌기출력인수가 작은 조사면크기에서부터 감소

하였다. 췌기출력인수의 변동폭은 췌기각이 커짐에 따라 커졌다.

### 고 찰

방사선량에 관한 업무를 수행하고 있는 국제기구인 ICRU가 정의한 췌기인수(wedge factor)를 모든 사용자와 RTPS 개발업체가 사용한다면 혼란은 없을 것이다. 그럼에도 불구하고 RTPS 개발업체<sup>2,3)</sup>는 췌기에 관한 변수를 다르게 정의하여 적합하고 필요한 자료를 요구하도록 하고 있다.

물질췌기의 경우 췌기의 위치가 다를 때에도 췌기인수가 다르다는 것을 Fig. 2에서 볼 수 있었다. Varian 방사선치료기에 물질췌기 위치가 위와 아래 두 곳인 경우 췌기 하나를 아래 또는 위에 설치하여 사용하는 것이 아니고 크기 등 구조가 다른 두 개의 췌기를 이용하는 방식이다. 췌기의

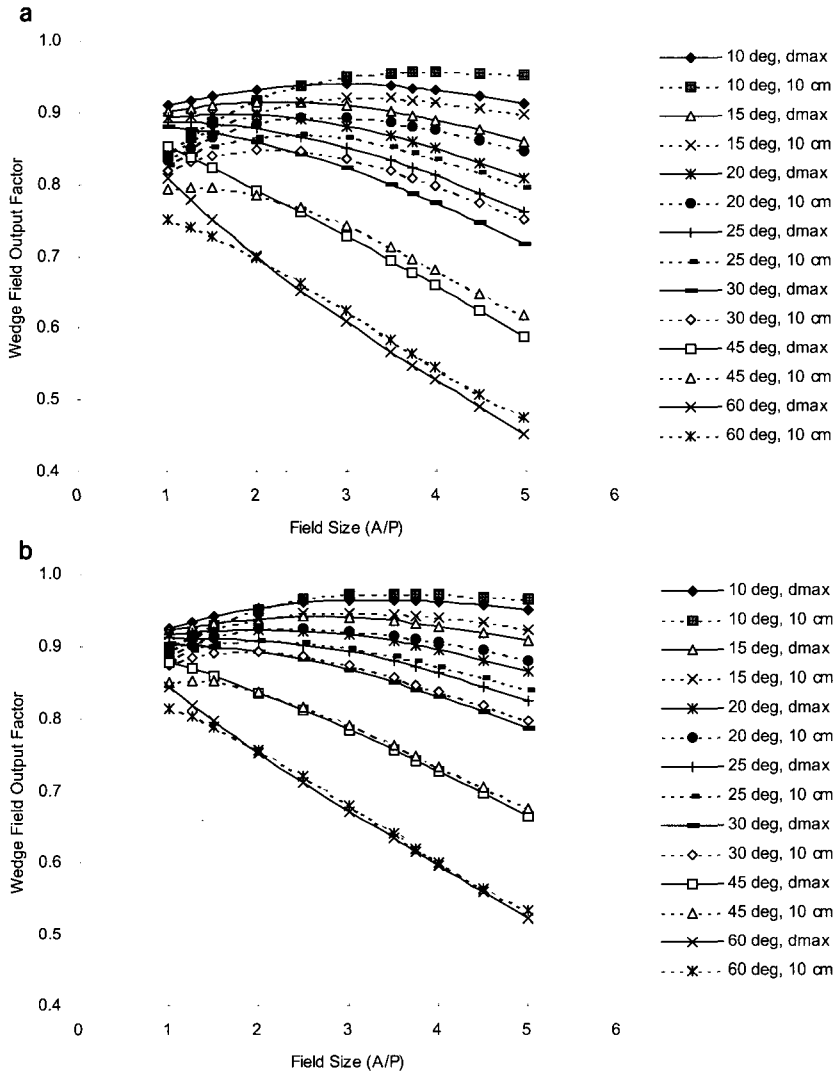


Fig. 7. Wedge field output factors for dynamic wedges of Clinac 21EX. (a) 6 MV X-ray, (b) 15 MV X-ray. The relation of wedge field output factors of dynamic wedges with field size is very close that of the relative wedge output factors. The wedge field output factors of dynamic wedges decreases with increasing wedge angle.

Table 1. One example of factors related to dynamic wedge. Beam quality and wedge angle are 6 MV and 30°, respectively.

Field size (A/P)	SSD 100 cm, $d_{max}$			SCD 100 cm, depth 10 cm		
	Wedge factor	Relative wedge output factor	Wedge field output factor	Wedge factor	Relative wedge output factor	Wedge field output factor
1.00	0.955	1.046	0.888	0.949	0.966	0.825
1.25	0.934	1.041	0.885	0.930	0.981	0.838
1.50	0.915	1.036	0.880	0.914	0.992	0.847
2.00	0.882	1.020	0.867	0.884	1.002	0.856
2.50	0.850	1.000	0.850	0.854	1.000	0.854
3.00	0.818	0.976	0.829	0.821	0.987	0.843
3.50	0.785	0.947	0.805	0.788	0.967	0.825
4.00	0.751	0.916	0.778	0.753	0.941	0.803
4.50	0.717	0.882	0.749	0.719	0.913	0.779
5.00	0.683	0.846	0.719	0.687	0.884	0.755



구조 때문에 췌기인수가 달라질 수 있는 충분한 이유를 이미 내포하고 있다. 따라서 췌기 위치가 다를 경우 췌기인수가 다르다고 할지라도 그 이유가 전적으로 췌기 위치만의 문제는 아닌 것 같다.

Table 1에 일례로 6 MV X선에 대한 30° 기능상췌기의 각종 인수가 제시되어 있다. 측정조건 (1) SSD 100 cm,  $d_{max}$ 에서 측정된 상대췌기출력인수에 대한 췌기인수의 비는 0.913 (A/P=1)에서 0.807 (A/P=5)이었으며, (2) SCD 100 cm, 깊이 10 cm에서 비는 0.982 (A/P=1)에서 0.777 (A/P=5)이었다. 기능상췌기에 대해 췌기인수 등을 잘못 측정하여 RTPS에 입력한다면 22.3% 이상의 오차도 발생할 수 있다는 것이다. 다른 췌기각에 대한 기능상췌기의 췌기인수 등의 변화가 더 클 수도 있기 때문이다.

췌기와 관련된 인수를 치료계획장치에 잘못 입력할 경우에는 MU(monitor unit)를 계산할 때 인수를 나누어서 보정하기 때문에 상대적인 선량비는 인수의 비의 역수가 될 것이다. 6 MV X선에 대한 물질췌기의 췌기상대출력인수에 대한 췌기인수의 비의 최소값은 조사면 크기 A/P가 3.75일 때 췌기각 60°의 아래췌기의 0.370 (SSD 100 cm,  $d_{max}$ )이고, 기능적췌기의 경우에는 A/P가 5.00일 때 췌기각 60°의 0.602 (SCD 100 cm, 깊이 10 cm)이다. 15 MV X선에 대한 물질췌기의 췌기상대출력인수에 대한 췌기인수의 비의 최소값은 조사면크기 A/P가 3.75일 때 췌기각 60°의 아래췌기의 0.407 (SSD 100 cm,  $d_{max}$ )이고, 기능적췌기의 경우에는 A/P가 5.00일 때 췌기각 60°의 0.679 (SCD 100 cm, 깊이 10 cm)이다. 췌기상대출력인수에 대한 췌기출력인수의 비는 조사면크기에 무관하여 췌기각이 커질수록 작아졌다. 6 MV의 경우 물질췌기는 최대 0.767 (10° 췌기), 최소 0.381 (45° 췌기)이고 기능적췌기는 최대 0.949 (15° 췌기), 최소 0.661 (60° 췌기)이었다. 15 MV의 경우 물질췌기는 최대 0.811 (10° 췌기), 최소 0.422 (60° 췌기)이고 기능적췌기는 최대 0.960 (15° 췌기), 최소 0.711 (60° 췌기)이었다. 6 MV X선에 대해서는 선량의 최대오차는 67%일 수 있고, 15 MV X선에 대해서는 최대오차는 15MV X선에 대해서는 선량의 최대오차는 59%일 수 있다.

이와 같은 이유 때문에 방사선치료기의 취역검사를 하는 의학물리학자는 방사선치료계획장치(RTPS)가 요구하는 췌기자료를 파악하여 거기에 맞는 조건에서 측정하여 얻어진 자료를 RTPS에 입력해야만 심각한 선량오차의 발생을 미연에 방지할 수 있을 것이다.<sup>4,11)</sup>

## 결 론

방사선치료기 한 대에 포함된 위와 아래의 물질췌기와 기능상췌기의 췌기인수와 췌기상대출력인수, 췌기출력인수를 (1) SSD 100 cm,  $d_{max}$  (2) SCD 100 cm, 10 cm 깊이와 같이 두 가지 다른 조건에서 측정하였다. 측정 조건과 조사면크기, X선의 투과력, 췌기 위치, 췌기각이 췌기인수와 췌기상대출력인수, 췌기출력인수에 미치는 영향을 분석하고 비교하였으며 그 결과는 아래와 같다.

(1) 측정 조건은 췌기출력인수와 췌기상대출력인수에는 크게 영향을 미치지만 췌기인수에 미치는 영향은 작다.

(2) 조사면크기는 물질췌기의 췌기인수에 미치는 영향만 미미하고 다른 인수에 미치는 영향은 크며 특히 기능상췌기에 미치는 영향은 아주 크다. 조사면크기가 커지면 물질췌기의 모든 인수는 증가하지만 기능상췌기의 인수는 대체로 감소한다.

(3) X선의 투과력은 모든 인수에 영향을 미치기는 하지만 조사면크기 의존성이 6 MV X선에 대한 것이 15 MV에 대한 것보다 크다.

(4) 물질췌기의 위치는 각종 인수에 영향을 미치기는 하지만 미미하며 큰 조사면에서 약간 분명해진다.

(5) 췌기각은 물질췌기의 췌기상대출력인수를 제외하고는 다른 인수에 대해 미치는 영향이 크다.

췌기에 관련된 상이한 개념의 인수는 그 값이 6 MV는 63%, 15 MV는 59% 이상 다를 수 있기 때문에 선량오차를 줄이기 위해 방사선치료계획장치에 활용되는 인수를 파악하고 RTPS에 합당한 값을 입력해야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. Varian: *Enhanced Dynamic Wedge Implementation Guide*. Varian Medical Systems, Palo Alto, CA (2002)
2. Leavitt DD, Martin M, Moeller, Lee WL: Dynamic field wedge techniques through computer-controlled motion. *Med Phys* 17:87-91(1990)
3. Desbory GE, Waldron TJ, Das IJ: Validation of new virtual wedge model. *Med Phys* 25:71-72 (1998)
4. Rapajakshe R, Araujo C: Extension of CadPlan algorithm to model the dose distribution under a motorized wedge. *Phys Med Biol* 44:N145-N150 (1999)
5. ICRU: *Determination of Absorbed Dose in a Patient Irradiated by Beams of X or Gamma Rays in Radiotherapy Procedures*. ICRU Report No. 24. International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD (1976)

6. Klein EE, Low DA, Meigooni AS, Purdy JA: Dosimetry and clinical implementation of dynamic wedge. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 31:583-592 (1995)
7. 오영기, 윤상모, 김재철 등: 고에너지 광자선의 선속 변화에 따른 상쇄인자의 의존성. *의학물리* 11:1-18 (2000)
8. Gibbons JP: Calculation of enhanced dynamic wedge factors for symmetric and asymmetric photon fields. *Med Phys* 25:141-1418 (1998)
9. Liu C, Li Z, Palta JR: Characterizing output for the Varian enhanced dynamic wedge field. *Med Phys* 25:64-70 (1998)
10. Liu C, Zhu TC, Palta JR: Characterizing output for dynamic wedges. *Med Phys* 23:1213-1218 (1996)
11. Rykers K, Geso M, Brown G: Dynamic wedge factors for a comprehensive range of fields. *Australas Phys Eng Sci Med* 18:145-150 (1995)
12. ADAC: *Beam Data Collection Guide*. Philips Medical Systems, Milpitas, CA (2001)

## Comparison of Wedge Factors of Dynamic Wedge and Physical Wedge

Wee-Saing Kang, and Jae Sung Kim

Department of Radiation Oncology, Seoul National University College of Medicine and  
Seoul National University Bundang Hospital, Bundang, Korea

Even though the wedge factor was defined by ICRU, RTPS uses other definition different from the wedge factor to consider the wedge effect to correct dose. Because the factors with different concept are defined in a very different way, replacement of different factor could make severe error of dose and is unacceptable because their values are very different from each other. Radiotherapy machine installed in department includes physical wedges and function of dynamic wedge by upper jaws, and Eclipse and Pinnacle<sup>3</sup> such as RTPS are used. The wedge factors, relative wedge output factors and wedge field output factors of physical wedges and dynamic wedges were measured by an ionization chamber in water phantom. They are analyzed and compared in according to wedge position, field size, wedge angle, X-ray quality, measurement condition. Wedge factor, relative wedge output factors and wedge field output factors of dynamic wedges comparing physical wedges have an effect of several factors. Main factors effecting to the factors of dynamic wedges were field size and wedge angle. Beam quality of X-ray introduces a few effect to the factors. Because the factors related to wedge and defined with different concepts are different from each other, to reduce dose error it should be input by values proper to RTPS.

**Key Words:** Physical wedge, Dynamic wedge, Wedge factor, Relative wedge output factor, Wedge field output factor