

## 가상췌기와 기존췌기의 물리적 특성 비교

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 치료방사선과

최동락 · 신경환 · 이규찬 · 김대용 · 안용찬 · 임도훈 · 김문경 · 허승재

**목적 :** 지멘스사의 가상췌기의 임상적용을 위하여 물리적 특성을 조사하고 기존췌기의 특성과 비교하였다.

**대상 및 방법 :** 6 그리고 15MV x-선(Siemens PRIMUS)을 사용하여 각각의 명목상의 췌기각(15, 30, 45, 그리고 60°)에 대해서 가상췌기와 기존췌기에 대한 측정이 수행되었다. 췌기인자는 조사면의 크기와 측정 깊이를 변화시키면서 물속에서 전리함을 이용하여 측정되었으며 가상췌기의 경우 빔이 조사되는 동안 upper jaw가 움직이기 때문에 췌기각도는 일정시간 동안 방사선을 조사하여 누적된 값을 기록하였다. 췌기각도는 조사면의 크기가 15cm×20cm이고 측정깊이가 10cm일 때 전리함을 물 속에 위치시킨 후 빔의 중심 축에 대해서 수직인 방향으로 off-axis 상에서 측정되었다. 췌기의 사용으로 인한 표면선량의 변화를 조사하기 위하여 췌기를 사용하지 않은 경우와 가상췌기와 기존췌기를 각각 사용하였을 때 팬텀 표면과 특정깊이에 각각 평판형 전리함(Markus chamber, PTW 23343, Freiburg, Germany)과 파머형 전리함(NE2571, Nuclear Enterprise, England)을 빔의 중심축 상에 위치시킨 후 방사선량을 동시에 측정하였다. 이때 조사면의 크기는 15cm×20cm이었고 폴리스티렌 팬텀을 사용하였다.

**결과 :** 가상췌기와 기존췌기의 조사면의 크기에 따른 췌기인자의 변화량은 각각 최대 2.1%와 3.9%이었으며 깊이에 따른 변화량은 각각 최대 1.9%와 2.9%였다. 가상췌기와 기존췌기의 10cm 깊이에서의 명목상의 췌기각에 대해 모두 정확하게 일치하였다. 기존췌기를 사용했을 때 표면선량이 가상췌기나 췌기를 사용하지 않은 경우에 대해 최대 20% 정도(x-선 에너지: 6-MV, 명목상의 췌기각: 45°, SSD: 80cm) 감소하였다.

**결론 :** 지멘스사의 가상췌기와 기존췌기의 특성을 측정결과를 근거로 비교하였다. 가상췌기는 기존췌기에 비해 췌기인자의 깊이 의존성이 적었으며 조사면의 크기 의존성에는 별 차이가 없었다. 췌기각도의 정확성은 가상췌기와 기존췌기 모두 명목상의 췌기각과 잘 일치하였다. 가상췌기와 췌기를 사용하지 않은 경우에 비해서 기존췌기를 사용한 경우가 표면선량을 줄이는데 효과적이었다.

**핵심용어 :** 가상췌기, 기존췌기

### 서 론

방사선치료중 jaw를 움직임으로써 췌기형태의 빔 측면도를 얻을 수 있는 가상췌기 개념은 전자 제어화된 선형가속기가 등장함에 따라 실현이 가능하게 되었다.<sup>1, 2)</sup> 가상췌기는 기존췌기에 비해 치료 준비에서의 정확성을 직접 눈으로 확인하기가 어렵고 췌기의 형태를 전자제어장치를 이용하여 생성하기 때문에 주기적인 정도관리가 필요하다는 단점이 있지만 치료의 준비 시간을 단축해 줄 수 있을 뿐만 아니라 조사면의 크기와 깊이에 따른 췌기인자의 변화가 거의 없다는 장점을 가지고 있다.<sup>3, 4)</sup> 최근에 Desobry 등<sup>4)</sup>에 의해 수행된 지멘스사의 가상췌기를 사용한 연구에 의하면 가상췌기는 원하는 췌기각도를 정확하게 만들어낼 수 있고 5cm 깊이

에서 측정된 췌기인자는 조사면의 크기에 대해서 거의 변화가 없었으나 췌기인자의 깊이 의존성이 에너지 플루언스의 비선형성으로 인해 발생하며 깊이가 깊어짐에 따라 약간씩 증가한다고 보고하였다.

본 연구에서는 최근에 도입된 가상췌기(Siemens Medical System, Inc., Concord, USA)의 임상적용을 위하여 각각의 에너지와 명목상의 췌기각에 대해서 빔 측면도와 췌기인자를 측정하였다. 췌기인자의 특성을 평가하기 위하여 조사면의 크기와 깊이 의존성, 그리고 피부선량에 미치는 영향을 조사하였다. 측정된 결과는 기존의 췌기를 사용한 경우와 비교하였다.

### 재료 및 방법

#### 1. 췌기인자의 조사면의 크기 의존성

각각의 명목상의 췌기각(30°와 60°)과 에너지(6MV x-선과 15MV x-선)에 대해서 대칭 조사면의 크기가 6cm×6cm

이 논문은 1998년 11월 3일 접수하여 1999년 2월 22일 채택되었음.

책임 저자: 최동락, 삼성서울병원 치료방사선과

Tel: 02)3410-2604 Fax: 02)3410-2619

그리고 20cm×20cm일 때 최대선량 깊이(6MV x-선: 1.5cm, 15MV x-선: 3.0cm)에서 썰기인자를 측정하였다. 이때, Source-to-Axis Distance(SAD)는 100cm이었다. 각각의 조사면의 크기에 대해서 가상썰기를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우에 대해서 흡수선량을 선량측정용 물수조(Multidata RTD, St. Louis, USA)를 사용하여 0.125cc 전리함(Thimble Ion Chamber Model 9732, Multidata Co., St. Louis, USA)과 전기계(NE 2620A, Nuclear Enterprise, England)로 측정하였다(Fig. 1). 썰기인자는 동일한 setup 상태에서 썰기를 사용하지 않은 경우에 대한 썰기를 사용하여 측정된 값의 비로 나타냈다.

**2. 썰기인자의 깊이 의존성**

각각의 명목상의 썰기각(30° 와 60°)과 에너지(6MV x-선과 15MV x-선)에 대해서 대칭 조사면의 크기가 15cm×20cm인 상태에서 깊이를 dmax, 5cm, 10cm, 15cm, 그리고 20cm으로 변화시키면서 썰기를 사용하지 않은 경우, 가상썰기를 사용한 경우, 그리고 기존의 썰기를 사용한 경우의 흡수선량을 위에서와 동일한 전리함을 사용하여 측정하였다(Fig. 2). 이 때 선원에서 팬텀까지의 거리는 100cm으로 고정하였으며 측정 결과를 토대로 가상썰기와 기존썰기의 썰기인자를 결정하였다.

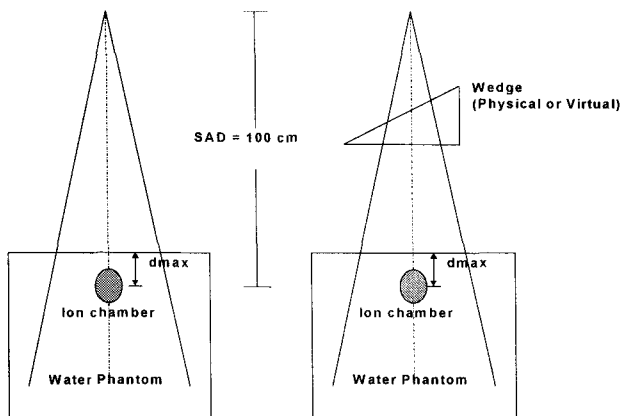
**3. 빔 측면도의 측정**

6 MV x-선의 경우 15°와 45°의 명목상의 썰기각과 15MV x-선의 경우 30°와 60°의 명목상의 썰기각에 대해서 조사면의 크기가 15cm×20cm일 때 깊이 10cm 지점에서 가상썰기

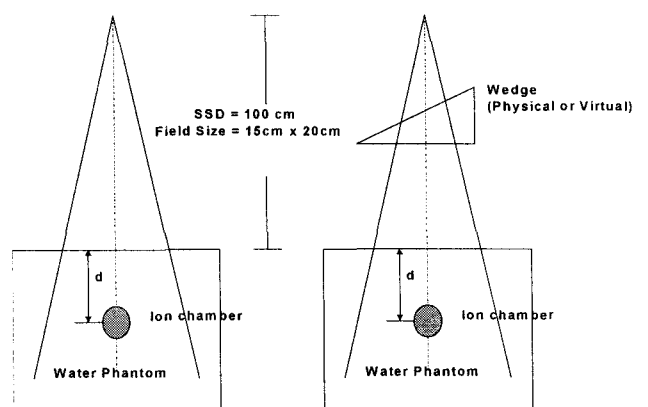
를 사용한 경우와 기존썰기를 사용한 경우의 흡수선량을 전리함을 이용하여 물 속에서 측정하였다. 가상썰기는 기존썰기와는 달리 빔이 조사되는 중에도 jaw가 움직이므로 일정시간 동안(50 MU, 250 MU/min: 6MV x-선, 500 MU/min: 15MV x-선) 방사선량을 조사하여 누적된 값을 각 깊이마다 off-axis가 -6.0cm인 지점에서 +6.0cm 까지 2.0cm 간격으로 측정하여 off-axis가 0인 지점에서 측정된 값을 기준으로 상대적인 값으로 나타내었다. 이 때 선원에서 팬텀 표면까지의 거리는 100cm으로 고정하였다

**3. 가상썰기와 기존썰기가 표면선량에 미치는 영향**

6MV와 15MV의 x 선원에서 각각의 명목상의 썰기각(15°, 30°, 45°, 그리고 60°)에 대하여 조사면의 크기가 15cm×20cm일 때 썰기를 사용하지 않은 경우, 기존썰기를 사용한 경우 그리고 가상썰기를 사용한 경우의 표면선량을 측정하였다. 선형가속기의 모니터 단위는 SAD가 100cm이고 특정 깊이(10cm 그리고 20cm)에 동일한 처방선량을 주고자 할 때 필요한 값으로 고정하였다. 본 실험은 폴리스티렌 팬텀의 표면과 특정깊이에 각각 평판형 전리함(Markus chamber, PTW 23343, Freiburg, Germany)과 파머형 전리함(NE2571, Nuclear Enterprise, England)을 빔의 중심 축상에 위치시킨 후 흡수선량을 동시에 측정하였다(Fig. 3). 썰기를 사용하지 않았을 때의 값을 1로 정규화 시킨 후 가상썰기와 기존썰기를 사용했을 때의 표면선량 변화를 평가하였다.



**Fig. 1.** Setup geometry for measurement of field size dependence of wedge factors in water. Wedge factors were measured for various field sizes, 5 cm×5 cm, 10 cm×10 cm, 15 cm×15 cm and 20 cm×20 cm. Source to Axis distance (SAD) was 100 cm and measured depth was dmax for each energy. Virtual and physical wedge angles used were 30° and 60°. Used x-ray beams were 6MV and 15MV.



**Fig. 2.** Setup geometry for measurement of depth dependence of wedge factors in water. With and without virtual wedge (or physical wedge), wedge factors were measured for various depths (dmax, 5 cm, 10 cm, 15 cm and 20 cm). Source to Surface distance (SSD) was 100cm and field size was 15 cm×20 cm. Wedge angles were 30° and 60°. Used x-ray beams were 6MV and 15MV.

## 결 과

### 1. 췘기인자의 조사면의 크기 의존성

명목상의 췘기각(30°와 60°)에 대하여 조사면의 크기를 5 cm×5cm에서 20cm×20cm까지 변화시키면서 췘기인자를 측정 한 결과 가상췘기를 사용한 경우 15MV x-선을 조사하였을 때 조사면의 크기의 변화에 따른 췘기인자는 거의 변화를 나타내지 않았으나 6MV x-선으로 조사하였을 때 조사면의 크기의 증가에 따라 췘기인자가 기준 조사면의 크기(10cm×10cm)에 대해서 최대 2.1%까지 증가하였다. 기존췘기를 사용한 경우 조사면의 크기의 증가에 따라 6MV x-선과 15MV x-

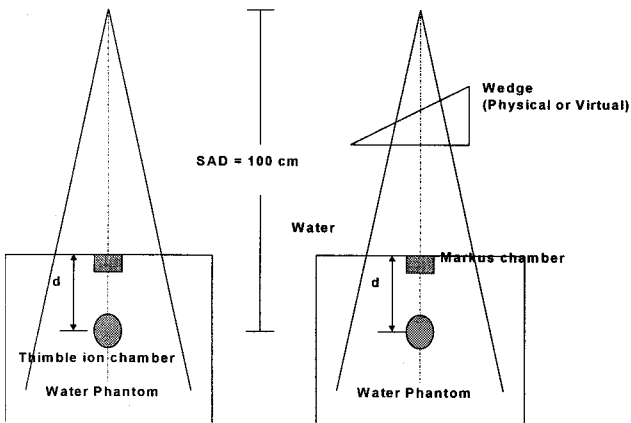


Fig. 3. Setup geometry for measurement of surface dose using virtual and physical wedge devices. With virtual wedge (or physical wedge), surface doses were measured at 10- and 20 cm depth. SAD was 100 cm and field size was 15 cm×20 cm. Wedge angles were 15, 30, 45, and 60°. Used x-ray beams were 6MV and 15MV.

선에 대해서 모두 조사면의 크기 의존성을 나타내었으며 각각 최대 3.9%와 3.0%까지 증가하였다(Fig. 4).

### 2. 췘기인자의 깊이 의존성

명목상의 췘기각(30°와60°)에 대하여 조사면의 크기 15 cm×20cm인 경우 깊이를 dmax, 5cm, 10cm 그리고 15cm으로 변화시키면서 췘기인자를 측정 한 결과 가상췘기를 사용한 경우 15MV x-선을 조사하였을 때 깊이 변화에 따른 췘기인자는 dmax에서의 췘기인자를 기준으로 할 때 거의 변화를 나타내지 않았으나(0.5% 이내) 6MV x-선으로 조사하였을 때 깊이 증가에 따라 췘기인자가 최대 1.9%까지 증가하였다. 기존췘기를 사용한 경우 깊이가 증가함에 따라 6MV x-선과 15MV x-선에 대해서 모두 깊이 의존성을 나타내었으며 각각 최대 2.9%와 1.1%까지 증가하였다(Fig. 5).

### 3. 빔 측면도의 측정

6MV x-선의 경우 15°와 45°의 명목상의 췘기각과 15MV x-선의 경우 30°와 60°의 명목상의 췘기각에 대한 빔 측면도를 Fig. 6 (a)와 (b)로 나타내었다. 특정 각도와 에너지에서 빔 측면도의 기울기는 가상췘기와 기존췘기 모두 명목상의 췘기각이 정확히 일치하였다.

### 4. 가상췘기와 기존췘기가 표면선량에 미치는 영향

Fig. 7은 6MV와 15MV x-선원에서의 가상췘기와 기존췘기를 사용했을 때의 표면선량의 변화를 나타낸 그림이다. 빔의 중심축 상에서의 표면선량은 가상췘기를 사용한 경우에는 췘기를 사용하지 않은 경우와 유사한 결과를 얻었으나 기존 췘기를 사용했을 때 6MV x-선의 경우 가상췘기를 사용하거나 췘기를 사용하지 않은 경우에 비해 명목상의 췘기각 및

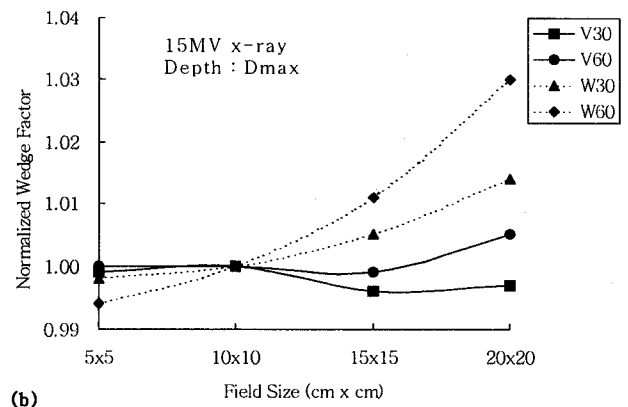
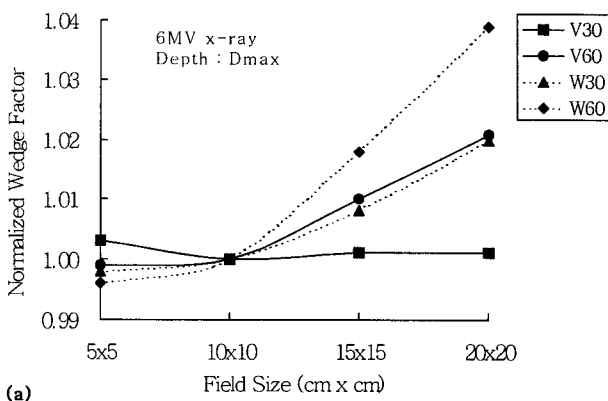
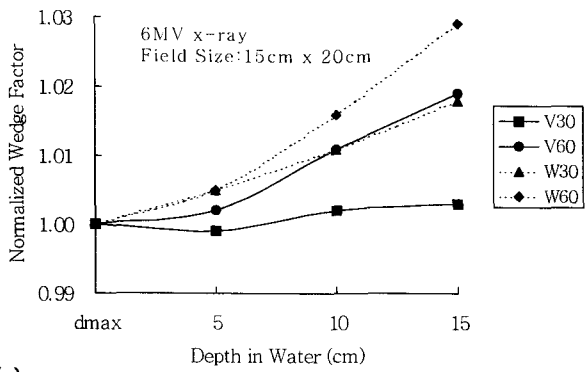
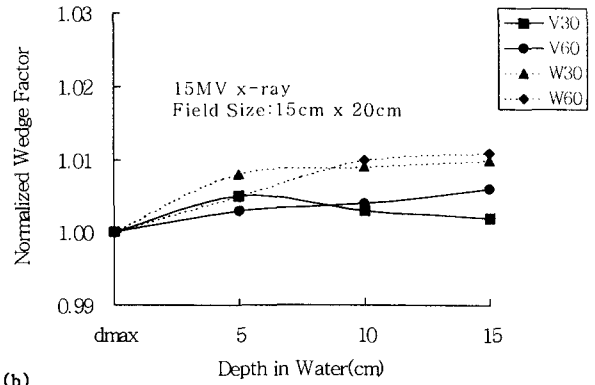


Fig. 4. Field size dependence of wedge factors for virtual and physical wedges. W and V represent physical wedge and virtual wedge, respectively. (a) 6MV x-ray and (b) 15MV x-ray.

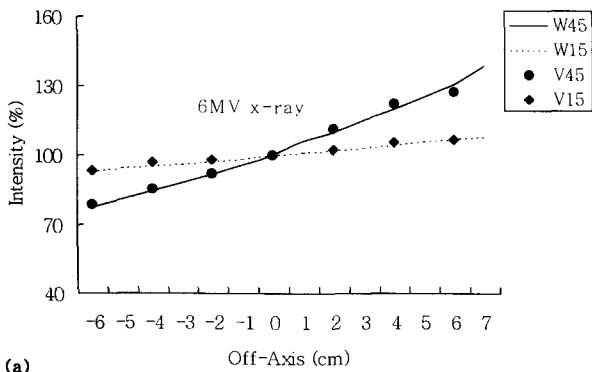


(a)

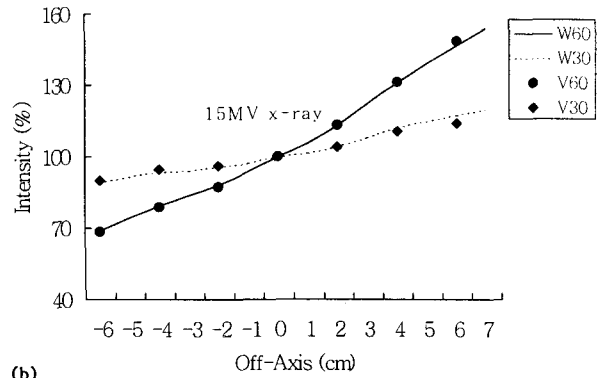


(b)

**Fig. 5.** Depth dependence of virtual and physical wedge factor. W and V represent physical wedge and virtual wedge respectively. (a) 6MV x-ray and (b) 15MV x-ray.

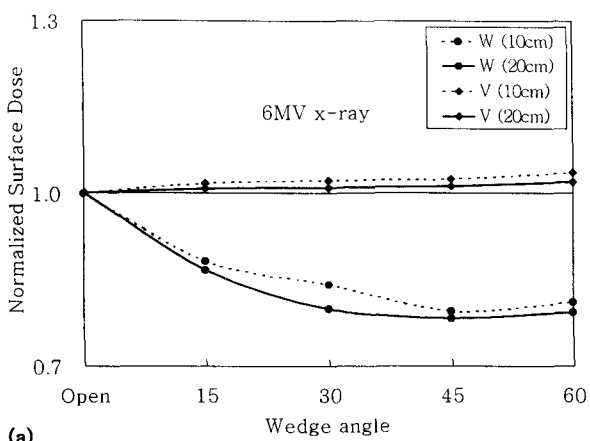


(a)

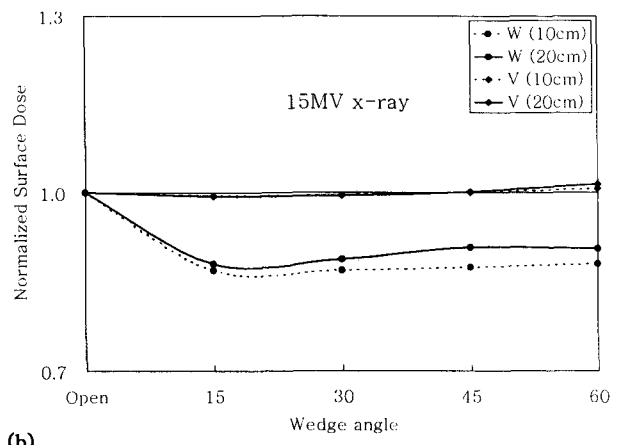


(b)

**Fig. 6.** Beam profile using wedge device (virtual and physical). W and V represent physical wedge and virtual wedge respectively. (a) 6MV and (b) 15MV x-ray.



(a)



(b)

**Fig. 7.** Surface dose variations with virtual and physical wedge using (a) 6 MV and (b) 15 MV x-ray. SAD was 100 cm and SDDs were 80 cm and 90 cm. W and V represent physical wedge and virtual wedge, respectively.

썰기에서 표면까지의 거리에 따라서 12%내지 20%정도 감소하였으며 15MV x-선의 경우 9%내지 13%정도 감소하였다.

## 고 안

일반적으로 썰기인자는 10MV 이상인 x-선의 경우 조사면의 크기나 깊이에 따라 무시할 수 있을 정도의 작은 변화를 보이는 것으로 알려져 있으며 에너지가 작아질수록 의존성이 커진다고 보고되고 있다.<sup>5-8)</sup> 따라서, 저에너지 x-선의 경우에는 썰기인자의 깊이 및 조사면의 크기 의존성을 고려해야 한다. 한편, 가상썰기의 경우에는 기존썰기와는 달리 빔 경화 효과에 의한 깊이와 조사면의 크기 의존성이 없다고 생각할 수 있으나 빔이 조사되는 동안 콜리메이터가 연속적으로 변하기 때문에 산란선의 변화에 의해서 깊이나 조사면의 크기에 따라 썰기인자가 달라질 수 있다. 지멘스사의 가상썰기와 기존썰기를 대상으로 조사한 본 연구의 결과 썰기인자의 깊이와 조사면의 크기에 따른 의존성은 에너지와 명목상의 썰기각에 상관없이 가상썰기를 사용한 경우가 기존썰기를 사용한 경우에 비해 1%내지 2%정도 더 크게 평가되었다. Fig. 4와 Fig. 5에서 보는 바와 같이 에너지가 작을수록 그리고 명목상의 썰기각이 클수록 썰기인자의 깊이 및 조사면의 크기 의존성은 더욱 크게 나타났는데 이 결과는 다른 연구자들의 결과와 잘 일치하였다.<sup>6,7)</sup> 명목상의 썰기각과의 일치성을 확인하기 위하여 10cm 깊이에서의 빔 측면도를 측정하였으며 가상썰기와 기존썰기가 모두 정확하게 일치하였다. 가상썰기의 경우에는 컴퓨터 내에 입력된 상수들을 적절히 변화시킴으로써 소프트웨어적으로 썰기각도를 바꾸어줄 수 있기 때문에 보다 유연하게 각도를 조절할 수 있으나 썰기각도가 변할 수도 있으므로 지속적인 정도관리를 수행해야 한다는 단점이 있다. 기존썰기를 사용한 경우 썰기를 사용하지 않거나 가상썰기를 사용한 경우에 비해 표면선량이 적게 평가되었는데 x-선의 에너지가 작고 SSD가 작은 경우 20% 정도까지 감소하였다. 그 이유는 표면선량을 증가시키는 주요인인 겐트리 헤드와 콜리메이터에서 발생한 산란 x-선과 전자선을 기존썰기가 흡수하기 때문이다. 따라서 썰기

를 이용하여 환자를 치료할 경우에 표면선량을 줄이기 위해서는 가상썰기보다 기존썰기를 사용하는 것이 더욱 효과적이라고 할 수 있다.

## 결 론

지멘스사의 가상썰기의 특성을 조사하고 이를 기존썰기의 특성과 비교 평가하였다. 가상썰기는 기존썰기에 비해 깊이 및 조사면의 크기 의존성이 낮게 평가되었는데 이러한 성향은 에너지가 낮고 깊이가 깊거나 혹은 조사면의 크기가 클수록 심하게 나타남을 알 수 있었다. 가상썰기와 기존썰기는 10cm 깊이에서 명목상의 썰기각에 대해서 매우 정확하게 일치하였다. 썰기를 사용하여 치료할 때 피부 표면선량을 줄이기 위해서는 가상썰기보다 기존썰기가 더욱 효과적임을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. Kijewski PK, Chin LM, Bjarngard BE. Wedge shaped dose distributions by computer controlled collimator motion. Med Phys 1978; 5:426-429
2. Leavitt DD, Martin M, Moeller JH, Lee WL. Dynamic wedge field techniques through computer-controlled collimator motion and dose delivery. Med Phys 1991; 17:87-91
3. Liu C, Li Z, Palta JR. Characterizing output for the Varian enhanced dynamic wedge field. Med Phys 1998; 25:64-70
4. Desobry GE, Waldron TJ and Das IJ. Validation of a new virtual wedge model. Med Phys 1998; 25:71-72
5. Sharma SC, Johnson MW. Recommendations for measurement of tray and wedge factors for high energy photons. Med Phys 1994; 21:573-575
6. McCullough EC, Gortney J, Blackwell CR. A depth dependence. Determination of the wedge transmission factor for 4-10 MV photon beams. Med Phys 1988; 15:621-623
7. Palta JR, Daftari I, Sutaralingam N. Field size dependence of wedge factors. Med Phys 1988; 15:624-626
8. Choi DR, Ahn YC, Huh SJ. Clinical application of wedge factor. J Korean Soc Ther Radiol 1995; 13:291-296

---

Abstract

---

## Physical Characteristics Comparison of Virtual Wedge Device with Physical Wedge

Dong-Rak Choi, Ph.D., Kyung Hwan Shin, M.D., Kyu Chan Lee, M.D.,  
Dae Yong Kim, M.D., Yong Chan Ahn, M.D., Do Hoon Lim, M.D.,  
Moon Kyung Kim, M.D. and Seung Jae Huh, M.D.

Department of Radiation Oncology, Samsung Medical Center, College of Medicine,  
Sungkyunkwan University, Seoul, Korea

**Purpose:** We have compared the characteristics of Siemens virtual wedge device with physical wedges for clinical application.

**Methods and Materials:** We investigated the characteristics of virtual and physical wedges for various wedge angles (15, 30, 45, and 60°) using 6- and 15MV photon beams. Wedge factors were measured in water using an ion chamber for various field sizes and depths. In case of virtual wedge device, as upper jaw moves during irradiation, wedge angles were estimated by accumulated doses. These measurements were performed at off-axis points perpendicular to the beam central axis in water for a 15cm×20cm radiation field size at the depth of 10cm. Surface doses without and with virtual or physical wedges were measured using a parallel plate ion chamber at surface. Field size was 15cm×20cm and a polystyrene phantom was used.

**Results:** For various field sizes, virtual and physical wedge factors were changed by maximum 2.1% and 3.9%, respectively. For various depths, virtual and physical wedge factors were changed by maximum 1.9% and 2.9%, respectively. No major difference was found between the virtual and physical wedge angles and the difference was within 0.5°. Surface dose with physical wedge was reduced by maximum 20% (x-ray beam: 6 MV, wedge angle: 45°, SSD: 80 cm) relative to one with virtual wedge or without wedge.

**Conclusion:** Comparison of the characteristics of Siemens virtual wedge device with physical wedges was performed. Depth dependence of virtual wedge factor was smaller than that of physical wedge factor. Virtual and physical wedge factors were nearly independent of field sizes. The accuracy of virtual and physical wedge angles was excellent. Surface dose was found to be reduced using physical wedge.

---

**Key Words:** Virtual wedge, Physical wedge, Wedge factor