

가상썰기와 기존썰기의 물리적 특성 비교

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 치료방사선과

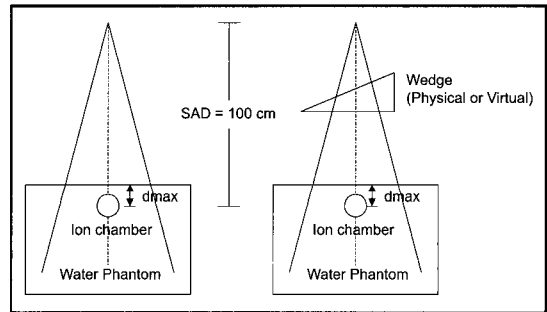
조정근, 조현상, 정천영, 박영환

I. 서론

방사선 치료 중 jaw를 움직임으로써 썰기형태의 빔측면도를 얻을 수 있는 가상썰기 개념은 전자 제어화된 선형가속기가 등장함에 따라 실현이 가능하게 되었다^{1,2}). 가상썰기는 기존썰기에 비해 치료 준비에서의 정확성을 직접 눈으로 확인하기가 어렵고 썰기의 형태를 전자제어장치를 이용하여 생성하기 때문에 주기적인 정도관리가 필요하다는 단점이 있지만 치료의 준비 시간을 단축해 줄 수 있을 뿐만 아니라 조사면의 크기와 깊이에 따른 썰기인자의 변화가 거의 없다는 장점을 가지고 있다.^{3,4}) 최근에 Desobry 등⁴)에 의해 수행된 지멘스사의 가상썰기를 사용한 연구에 의하면 가상썰기는 원하는 썰기각도를 정확하게 만들어낼 수 있고 5cm 깊이에서 측정된 썰기인자는 조사면의 크기에 대해서 거의 변화가 없었으나 썰기인자의 깊이가 의존성이 에너지 플루언스의 비선형성으로 인해 발생하며 깊이가 깊어짐에 따라 약간씩 증가한다고 보고하였다.

본 연구에서는 최근에 도입된 가상썰기(Siemens Medical System, Inc., Concord, USA)의 임상적용을 위하여 각각의 에너지와 명목상의 썰기각에 대해서 빔 측면도와 썰기인자를 측정하였다. 썰기인자의 특성을 평가하기 위하여 조사면의 크기와 깊이의 의존성, 그리고 피부선량에 미치는 영향을 조사하였다. 측정된 결과는 기존의 썰기를 사용한 경우와 비교하였다.

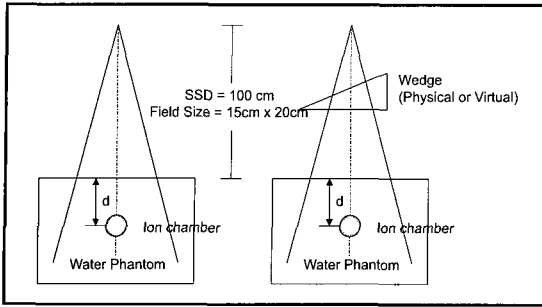
II. 재료 및 방법



썰기인자의 조사면의 크기 의존성

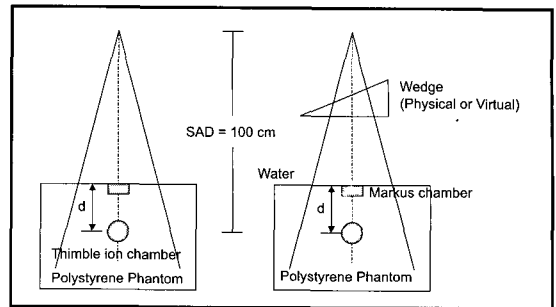
그림 1. Setup geometry for measurement of field size dependence of wedge factors in water

각각의 명목상의 썰기각 (30 와 60)과 에너지 (6MV x-선과 15MV x-선)에 대해서 대칭 조사면의 크기가 6cm x 6cm 그리고 20cm x 20cm일 때 최대선량 깊이 (6MV x-선:1.5cm, 15MV x-선: 3.0cm)에서 썰기인자를 측정하였다. 이 때, 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 (그림. 1). 썰기인



썰기인자의 깊이 의존성

그림 2. Setup geometry for measurement of depth dependence of wedge factors in water



가상썰기와기존썰기가 표면선량에 미치는 영향

그림 3. Setup geometry for measurement of surface dose using virtual and physical wedge devices.

자는 동일한 setup 상태에서 썰기를 사용하지 않은 경우에 대한 썰기를 사용하여 측정된 값의 비로 나타내었다.

각각의 명목상의 썰기각 (30 와 60)과 에너지 (6MV x-선과 15MV x-선) 에 대해서 대칭 조사면의 크기가 15cm x 20cm 인 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 (그림. 2). 이 때 선원에서 팬텀까지의 거리는 100cm으로 고정하였으며 측정 결과를 토대로 가상썰기와 기존 썰기의 썰기인자를 결정하였다.

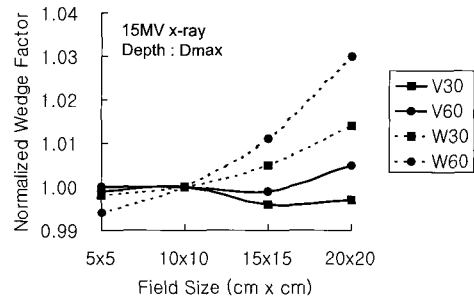
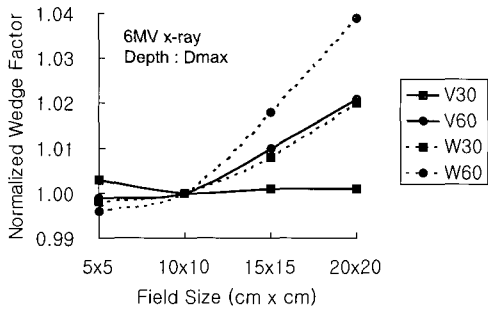
6MV와 15MV의 x 선원에서 각각의 명목상의 썰기각 (15, 30, 45, 그리고 60)에 대하여 조사면의 크기가 15cm x 20cm 일 때 썰기를 사용하지 않은 경우, 기존썰기를 사용한 경우 그리고 가상썰기를 사용한 경우의 표면선량을 측정하였다. 선형가속기의 모니터 단위는 SAD가 100cm이고 특정 깊이(10cm 그리고 20cm)에 동일한 처방선량을 주하고자 할 때 필요한 값으로 고정하였다. 본 실험은 폴리스티렌 팬텀의 표면과 특정깊이에 각각 평판형 전리함(Markus chamber, PTW 23343, Freiburg, Germany)과 파머형 전리함(NE2571, Nuclear Enterprise, England)을 범의

중심 축상에 위치시킨 후 흡수선량을 동시에 측정하였다 (그림. 3). 썰기를 사용하지 않았을 때의 값을 1로 정규화 시킨 후 가상썰기와 기존썰기를 사용했을 때의 표면선량 변화를 평가하였다.

III. 결 과

명목상의 썰기각 (30 와60)에 대하여 조사면의 크기를 5cm x 5cm에서 20cm x 20cm 까지 변화시키면서 썰기인자를 측정된 결과 가상썰기를 사용한 경우 15MV x-선을 조사하였을 때 조사면의 크기의 변화에 따른 썰기인자는 거의 변화를 나타내지 않았으나 6MV x-선으로 조사하였을 때 조사면의 크기의 증가에 따라 썰기인자가 기준 조사면의 크기(10cm x 10cm)에 대해서 최대 2.1 % 까지 증가하였다. 기존 썰기를 사용한 경우 조사면의 크기의 증가에 따라 6MV x-선과 15MV x-선에 대해서 모두 조사면의 크기의 의존성을 나타내었으며 각각 최대 3.9 % 와 3.0 % 까지 증가하였다 (그림. 4).

명목상의 썰기각(30 와60)에 대하여 조사면의 크기 15cm x 20cm 인 경우 깊이를 dmax, 5cm, 10cm 그리고 15cm으로 변화 시키면서 썰기인자를 측정된 결과 가상썰기를 사용한 경우 15MV x-선을 조사하였을 때 깊이 변화에 따른 썰기인자는 dmax에서의



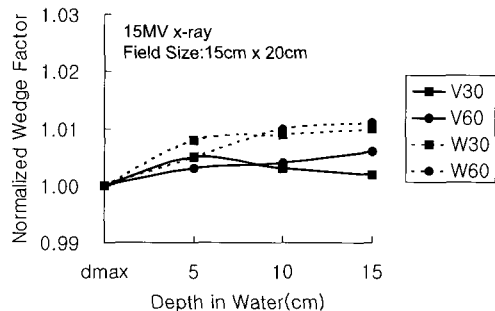
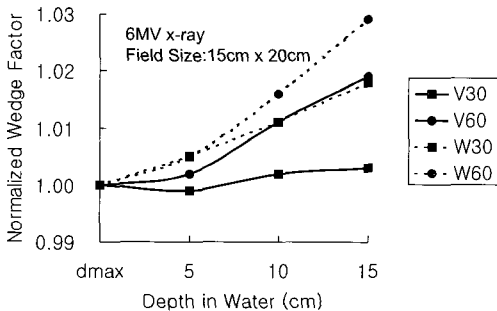
썰기인자의 조사면의 크기 의존성

그림 4. Field size dependence of wedge factors for virtual and physical wedges.
W and V represent physical wedge and virtual wedge, respectively.

썰기인자를 기준으로 할 때 거의 변화를 나타내지 않았으나(0.5% 이내) 6MV x-선으로 조사하였을 때 깊이 증가에 따라 썰기인자가 최대 1.9% 까지 증가하였다. 기존썰기기를 사용한 경우 깊이가 증가함에 따라 6MV x-선과 15MV x-선에 대해서 모두 깊이의 의존성을 나타내었으며 각각 최대 2.9% 와 1.1% 까지 증가하였다(그림. 5).

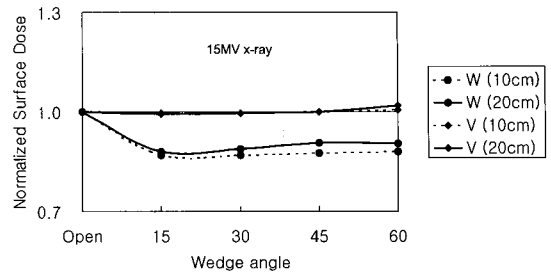
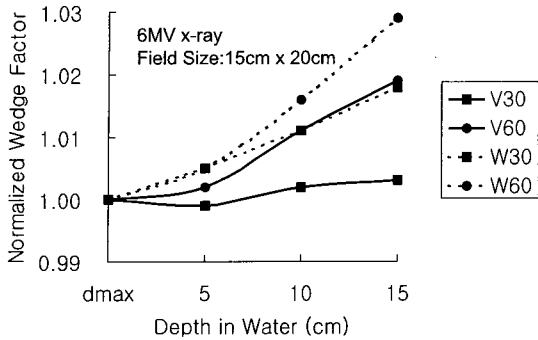
그림. 6은 6 MV와 15 MV x-선원에서의 가상썰기와 기존썰기를 사용했을 때의 표면선량의 변화를 나

타낸 그림이다. 빔의 중심 축 상에서의 표면선량은 가상썰기를 사용한 경우에는 썰기를 사용하지 않은 경우와 유사한 결과를 얻었으나 기존썰기를 사용했을 때 6MV x-선의 경우 가상썰기를 사용하거나 썰기를 사용하지 않은 경우에 비해 명목상의 썰기각 및 썰기에서 표면까지의 거리에 따라서 12% 내지 20% 정도 감소하였으며 15MV x-선의 경우 9% 내지 13% 정도 감소하였다.



썰기인자의 깊이 의존성

그림 5. Depth dependence of virtual and physical wedge factor. W and V represent physical wedge and virtual wedge respectively.



가상썰기와 기존썰기가 표면선량에 미치는 영향

그림 6. Surface dose variations with virtual and physical wedge using 6MV and 15MV x-ray.
SAD was 100cm and SSD were 80cm and 90cm.

IV. 고 안

일반적으로 썰기인자는 10 MV 이상인 x-선의 경우 조사면의 크기나 깊이에 따라 무시할 수 있을 정도의 작은 변화를 보이는 것으로 알려져 있으며 에너지가 작아질수록 의존성이 커진다고 보고되고 있다(5-8). 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. 그림 4와 그림 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(6-7). 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 증가 시키는 주요인인 겐트리 헤드와 콜리메이터에서 발생한 산란 x-선과 전자선용 기존썰기가 흡수하기 때문이다. 따라서 썰기를 이용하여 환자를 치료할 경우에 표면선량을 줄이기 위해서는 가상썰기보다 기존썰기를 사용하는 것이 더욱 효과적이라고 할 수 있다.

V. 결론

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 피부표면선량을 줄이기 위해서는 가상썰기보다 기존썰기가 더욱 효과적임을 알 수 있었다.

참고 문헌

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 JJ. 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(3):291-296