

선량 중첩 방식을 이용한 동적 썬기 조사면의 특성 연구

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 방사선종양학과*, 울산대학교 자연과학대학 물리학과†

김미화*† · 이병용* · 나상균† · 최은경* · 김종훈* · 장혜숙*

= Abstract =

Commissioning of Dynamic Wedge Field Using Conventional Dosimetric Tools

Mi Hwa Kim, M.S.*†, Byong Yong Yi, Ph.D.*, Sang Kyun Nha, Ph.D.†
Eun Kyung Choi, M.D.*, Jong Hoon Kim, M.D.* and Hyesook Chang, M.D.*

*Department of Radiation Oncology, Asan Medical Center, College of Medicine,
University of Ulsan, Seoul, Korea

†Department of Physics, University of Ulsan, Kyung Nam, Korea

Purpose :To collect beam data for dynamic wedge fields using conventional measurement tools without the multi-detector system, such as the linear diode detectors or ionization chambers.

Materials and Methods :The accelerator CL 2100 C/D has two photon energies of 6MV and 15MV with dynamic wedge angles of 15°, 30°, 45° and 60°. Wedge transmission factors, percentage depth doses(PDD's) and dose profiles were measured. The measurements for wedge transmission factors are performed for field sizes ranging from 4x4cm² to 20x20cm² in 1-2cm steps. Various rectangular field sizes are also measured for each photon energy of 6MV and 15MV, with the combination of each dynamic wedge angle of 15°, 30°, 45° and 60°. These factors are compared to the calculated wedge factors using STT(Segmented Treatment Table) value. PDD's are measured with the film and the chamber in water phantom for fixed square field. Converting parameters for film data to chamber data could be obtained from this procedure. The PDD's for dynamic wedged fields could be obtained from film dosimetry by using the converting parameters without using ionization chamber. Dose profiles are obtained from interpolation and STT weighted superposition of data through selected asymmetric static field measurement using ionization chamber.

Results :The measured values of wedge transmission factors show good agreement to the calculated values. The wedge factors of rectangular fields for constant Y-field were equal to those of square fields. The differences between open fields' PDDs and those from dynamic fields are insignificant. Dose profiles from superposition method showed acceptable range of accuracy(maximum 2% error) when we compare to those from film dosimetry.

본 논문은 1997년 1월 28일 접수하여 1997년 3월 4일 채택되었음.

통신저자: 김미화 서울시 송파구 풍납2동 388-1 서울중앙병원 방사선종양학과

Conclusion : The results from this superposition method showed that commissioning of dynamic wedge could be done with conventional dosimetric tools such as point detector system and film dosimetry within maximum 2% error range of accuracy.

Key Words : Dynamic wedge, Wedge transmission factor, PDD, Dose profile, STT, Converting parameter, Superposition method

서 론

동적 췌기는 컴퓨터로 collimator의 움직임을 제어하기 때문에 필요에 따라 15°, 30°, 45°, 60°의 췌기각 뿐 아니라 임의의 췌기각 또는 임의 모양의 선량 분포를 만들어 낼 수 있다는 가능성 때문에 다양한 응용에 관심을 모으고 있다^{1, 2-8)}. 그러나 동적 췌기는 방사선이 전달되는 동안 collimator 위치와 선량율이 모두 변화하기 때문에 전체 노출 동안 팬텀 내의 각 측정점에서 방사선이 적분되어야 한다. 그래서 이러한 방사선 전달 기술에서의 차이로 인해 동적 췌기 자료 수집에 어려움을 겪고 있다.

고정 췌기 조사면과 같은 정지 조사면에 대해서는 1개의 검출기로 방사선량을 측정할 수 있지만, 동적 췌기 조사면의 선량 분포를 측정하기 위해서는 동적 췌기를 위한 다중 검출기 시스템과 같은 특수한 장치가 필요하다^{5, 9)}. 또한 동적 췌기 조사면의 선량 특성은 조사면 크기에 의해 좌우되므로 모든 조사면 크기에 대해 방대한 측정을 하여야 한다^{1, 4-6, 9, 10)}. 이로 인해 장시간이 소요되고, 오랜 시간 기계 사용에 따라 기계에 무리가 생기기 때문에 동적 췌기에 대한 방사선 측정이 어려워 필요한 자료를 얻는데 큰 부담을 갖게 된다.

1995년 Thomas와 Foster⁶⁾는 STT를 이용한 선량 발생 알고리즘을 이용하여 wedge factor 및 depth dose, 선량 프로파일의 계산치와 측정치를 비교하였고, 같은 해 Bidmead와 Garton, Childs¹¹⁾는 LDA와 여러개의 전리함의 다중 검출기를 이용한 선형 가속기에서 동적 췌기에 대한 빔 자료를 측정하였다. 국내에서는 오영택 등¹²⁾이 전리함 및 필름 dosimetry, TLD를 이용하여 동적 췌기와 고정 췌기의 방사선 특성을 평가하였다.

본 연구에서는 동적 췌기 조사면의 실용적인 측정 방안을 마련하고자 하였다. 즉, 특수한 장치가 없이도 단일 검출기 및 물팬텀 시스템, 그리고 필름 방사선 측정과 같은 일반적인 방사선 측정 기구를 사용하여

동적 췌기 조사면으로부터의 빔 자료를 용이하고 짧은 시간 내에 수집할 수 있도록 측정 방법을 고안, 수행하였다.

대상 및 방법

1. 구성장비 및 기구

췌기 조사면의 측정은 wedge transmission factor, percentage depth dose (PDD), 선량 프로파일(dose profile) 등 3가지를 측정하였다. 선형 가속장치는 Varian CL/2100 C/D로써 6MV와 15MV인 광자선을 발생시키고 15°, 30°, 45°, 60°의 동적 췌기각을 만든다. 또한 멀티데이터 물팬텀 시스템, 폴리스티렌 팬텀, 필름 스캐너(Vidar Systems Corp, VXR-12 Film Digitizer, USA), PTW 233643 0.125cc 전리함 및 필름(Kodak X-Omat, U.S.A) 등을 사용하였다. 필름은 Kodak X-Omat 필름을 이용하여 PDD를 측정하였고, Poseidon(Precitron, Sweden) software를 이용하여 분석하였다.

2. Wedge Transmission Factor

6MV와 15MV 광자선에 대해 선량 최대점 dmax와 8cm 깊이¹³⁾에서 개방 조사면과 췌기 조사면에 대한 선량률을 측정하였다. SSD(source-surface distance)는 100cm이고 전리함은 폴리스티렌 팬텀 표면에서 dmax와 8cm 깊이에 놓고 측정하였다. 선량 단위(monitor unit, mu)는 100mu, 선량률은 600cGy/min로 하였다. 개방 조사면과 15°, 30°, 45°, 60°를 갖는 동적 췌기 조사면에서 선량률을 측정하였는데 이때 측정된 조사면은 정사각형 조사면으로써 4x4cm², 20x20cm²까지 2cm 간격의 조사면과 5x5cm², 9x9cm², 13x13cm², 15x15cm² 조사면이다. 또한 4cm, 20cm인 두 개의 Y-field size에 대하여 X-field size가 4, 10, 20, 30, 40cm일때의 직사각형 조사면에 대한 선량률을 측정하였다. 그리하여 X-field의 변화에 따른 동적 조사면에서의 wedge factor변화를 살펴보았다.

3. STT를 이용한 wedge factor 계산과 비교

동적 썰기의 wedge factor는 조사면 크기에 따라 변해가므로 많은 양의 측정이 필요하다. 많은 수의 정지 비대칭 조사면의 합으로 빔을 다루는 STT¹⁴⁾ 값으로부터 직접 선량 분포를 계산함으로써 wedge factor를 구할 수 있다^{4, 6, 15, 16)}. Wedge factor는 방사선이 조사되는 전체 시간 (또는 전체 mu)과 선량 중심축을 jaw가 가리지 않는 시간 (mu)의 비로써 나타낼 수 있다고 가정하였다. 즉, jaw의 움직임에 관한 정보를 갖는 STT로부터 전체 조사 시간과 선량 중심축이 jaw로부터 열려 있는 시간을 구함으로써 wedge factor를 계산하였다. 본 실험에서는 STT를 이용한 중첩 방법을 통하여 wedge factor를 직접 계산하였으며, 측정치와 STT를 이용한 계산치의 비교를 통해 STT를 이용한 wedge factor 계산 방법의 정확성과 실용성을 검토하였다.

4. Percentage Depth Dose(PDD)측정

PDD 측정을 위해 다음 4단계로 실험을 실시하였다.

- ① 개방 조사면에서 전리함 및 필름 dosimetry
- ② 필름에 대한 환산값 구하기
- ③ 썰기 조사면에 대한 필름 dosimetry
- ④ 필름으로 측정된 PDD를 실제 PDD로 변환

6MV, 15MV인 광자선에 대해 개방 조사면인 20x20cm² 고정 정사각형 조사면에서 물팬텀 안에 필름을 방사선 방향에 대해 수평으로 놓고 방사선에 노출시킴으로써 PDD를 측정하였다.

그러나 필름의 단점인 선량, 에너지 및 깊이의 의존성 문제때문에 필름 노출로 얻어진 PDD를 그대로 사용할 수 없다^{11, 17)}. 따라서 전리함에 의한 PDD 측정이 수반되어야 하지만, 본 연구에서는 전리함의 측정 없이도 필름 측정만으로 전리함으로 PDD를 측정할 것과 같은 자료를 얻을 수 있도록 하였다.

전리함으로 측정된 20x20cm² 개방 조사면에 대한 PDD값과 같은 조사면에서의 필름 노출을 통해 얻어진 PDD값 사이의 환산값을 구하였다. 이 환산값은 d_{max} 이후의 깊이에서 매 1cm 깊이마다 구하였다. 6MV, 15MV인 광자선에 대하여 조사면 크기 20x20cm²인 15°, 30°, 45°, 60°의 썰기 조사면에서 필름 노출을 통하여 PDD값을 구한 뒤 이 환산값을 사용하여 실제 PDD를 계산하였다.

5. 선량 프로파일 측정

동적 썰기 조사면은 선량률이 jaw의 위치에 따라 달라지기 때문에 다중 검출기로 선량을 측정하여야 하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 선량 프로파일을 얻기위해 전리함을 사용하여 몇 개의 대표적인 비대칭 정지 조사면의 프로파일을 선택적으로 측정하였다. 이 선량 분포를 보간 및 STT를 이용한 중첩 방법을 통하여 동적 썰기 조사면의 선량 프로파일을 구하였다.

20x20cm² 크기의 개방 조사면(대칭 정지 조사면)과 함께 선택적으로 측정된 비대칭 정지 조사면은 X-field는 20cm로 고정하고 Y-field가 (8.8+10)cm, (6.3+10)cm, (3.8+10)cm, (1.3+10)cm, (-1.3+10)cm, (-3.8+10)cm, (-6.3+10)cm, (-8.8+10)cm인 조사면이다.

선량 프로파일은 계산과 측정으로 구하였다. 측정은 PTW 233643 0.125cc 전리함을 사용하였고 이 전리함 물질은 PMMA(C5H8O2 아크릴)이며 내경은 5.6mm, 길이는 49.75mm, 벽두께는 0.70mm, 84mg/cm²이다.

8개의 비대칭 정지 조사면과 1개의 대칭 조사면에 대해 선택적으로 측정된 후 여기서 얻은 측정치와 STT 사이의 중첩을 이용하여 선량 프로파일을 계산하였다. 이것을 비교하기 위하여 조사면 크기 20x20cm²인 개방 조사면과 4개의 썰기각(15°, 30°, 45°, 60°)을 갖는 썰기 조사면에 대해 6MV, 15MV 광자선에서 필름 측정을 하였다.

결 과

1. Wedge Transmission Factor 조사

Fig. 1은 wedge transmission factor를 얻기 위하여 직접 측정과 STT값을 이용하여 계산을 수행한 결과를 보여 준다. 15MV인 광자선에서 15°, 30°, 45°, 60° 동적 썰기의 wedge transmission factor 계산치와 측정치를 조사면 크기의 변화에 따라 나타내었다. 측정은 4x4cm²-20x20cm²의 1-2cm간격의 정사각형 조사면에 대해서 하였고, 계산은 STT에 나와있는 4x4cm²-20x20cm²의 0.5cm간격의 모든 정사각형 조사면에 대해 수행하였다. 결과는 측정치와 계산치가 아주 잘 일치함을 볼 수 있다.

이는 동적 썰기 조사면에서 wedge factor를 구하기 위해 모든 조사면에 대한 방대한 측정이 없이도 STT

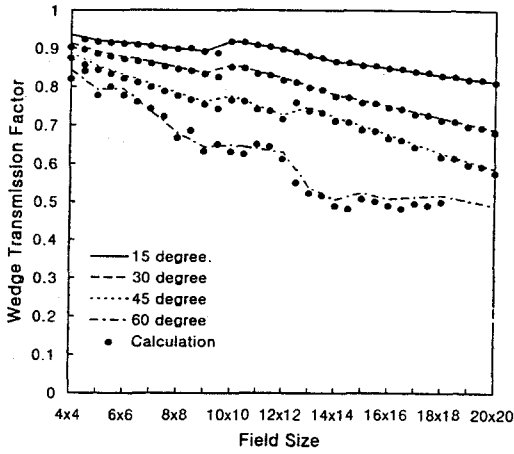


Fig. 1. Wedge transmission factors of square fields for 15MV photon.

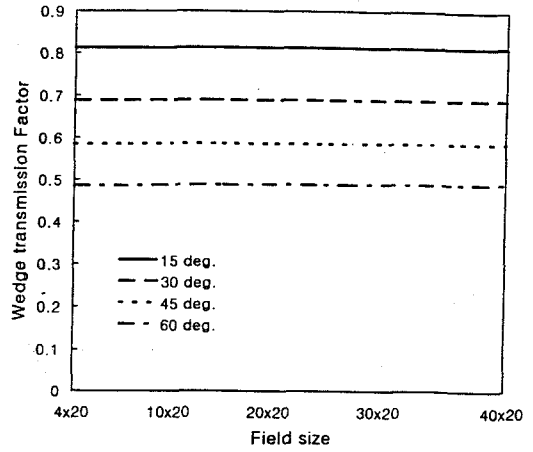


Fig. 3. Wedge transmission factors of rectangular fields with 15MV photon when Y-field size is fixed to 20cm.

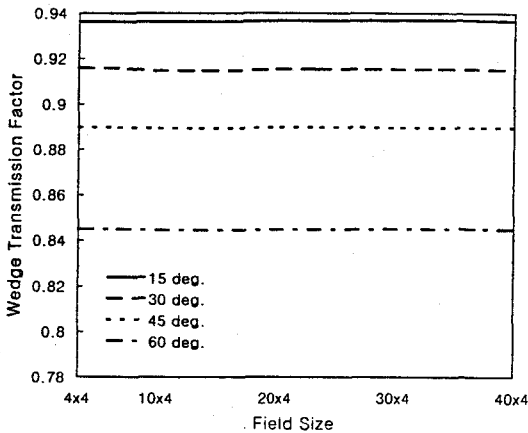


Fig. 2. Wedge transmission factors of rectangular fields for 15MV photon when Y-field size is fixed to 4cm.

를 이용하여 wedge factor를 쉽게 계산해 낼 수 있음을 의미한다.

또한 직사각형 조사면에서의 wedge transmission factor 변화를 측정하였는데 그 결과는 Fig. 2, 3에서 보듯이 직사각형 조사면에서는 wedge 방향의 조사면이 변하지 않으면 wedge factor는 변화가 거의 없이 일정하였다. 즉, 동일한 Y-field에 대해서 직사각형 조사면은 정사각형 조사면에서의 wedge factor와 같다. 따라서 정사각형 조사면에서의 측정과 계산만으로 동적 췌기 조사면에서의 wedge factor를 얻는데 충분하다.

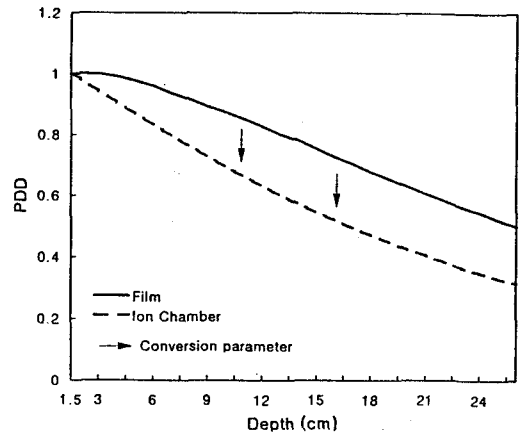


Fig. 4. The conversion procedure between PDD measured with film and that measured with ion chamber from field size $20 \times 20 \text{cm}^2$ (6MV photon).

2. PDD

Fig. 4는 각각 6MV 및 15MV인 광자선의 개방 조사면 $20 \times 20 \text{cm}^2$ 에 대하여 필름에서 얻어진 PDD 측정치를 전리함에서 얻어진 PDD 측정치로 전환시키는 과정을 보여주고 있다. 이 환산값을 이용하여 동적 췌기 조사면에서 필름에 의해 측정된 PDD 측정값을 전리함으로 얻을 수 있는 PDD값으로 전환하였다. 그 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 이것은 동적 조사면의 특성으로 인해 전리함을 이용한 PDD의 측정이 어려우

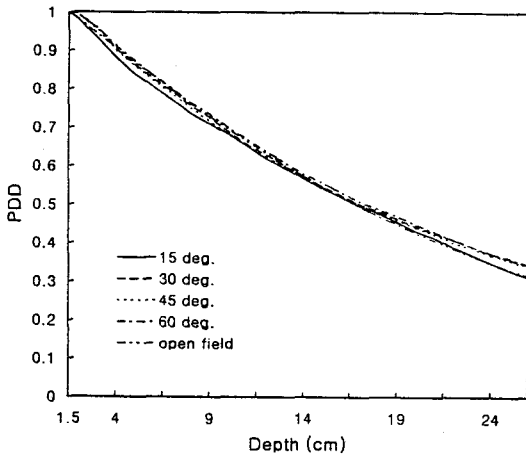


Fig. 5. The PDD's of dynamic wedge field for 6MV photon from film dosimetry.

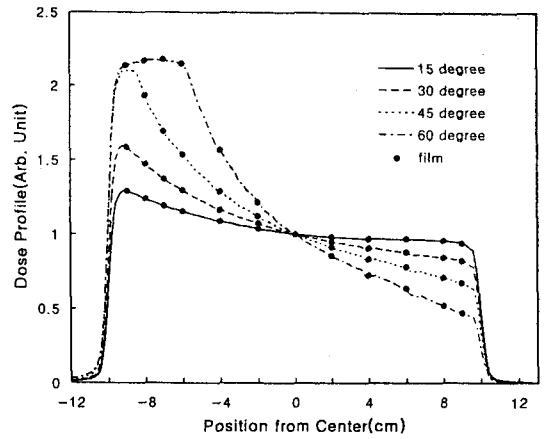


Fig. 7. The calculated by STT weighted superposition method and the measured dose profile of $20 \times 20 \text{ cm}^2$ dynamic wedge field for 6MV photon at $d_{\text{max}}(1.5 \text{ cm})$.

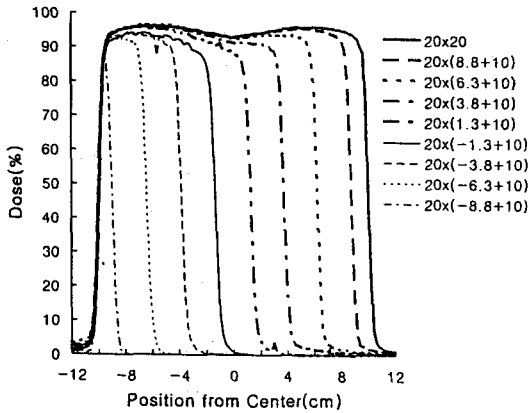


Fig. 6. Dose profiles of selected asymmetric static field for 6MV photon at $d_{\text{max}}(1.5 \text{ cm})$.

나 전리함으로 PDD를 측정하지 않고도 개방 조사면 PDD 자료가 있으면 필름의 측정만으로 마치 전리함으로 측정한 것과 같은 결과를 계산해낼 수 있음을 보여 준다.

3. 선량 프로파일

선량 프로파일을 얻기 위하여 전리함으로 8개의 비대칭 정지 조사면과 1개의 개방 조사면에 대해 선량 측정을 하였다. Fig. 6은 6MV 광자선에서 개방 조사면을 포함한 8개의 비대칭 조사면에서 측정된 d_{max} 깊이에서의 선량 프로파일을 보여준다. 이 측정치를

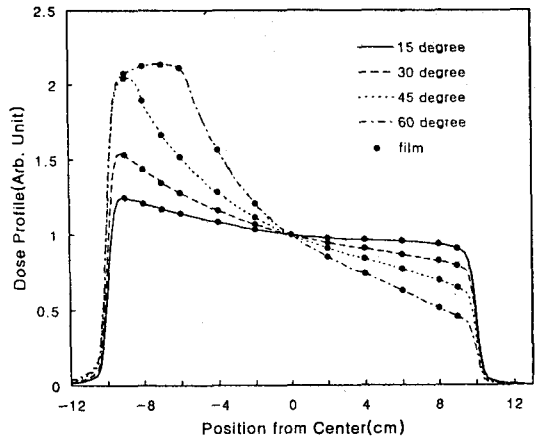


Fig. 8. The calculated by STT weighted superposition method and the measured dose profile of $20 \times 20 \text{ cm}^2$ dynamic wedge field for 6MV photon at 5cm depth.

STT 값을 이용해 중첩하여 줌으로써 동적 췌기 조사면에서의 선량 프로파일을 계산한 결과를 Fig. 7-9에서 볼 수 있다. 또한 동적 췌기 조사면에서 직접 필름으로 측정하여 얻은 선량 프로파일 측정치와 계산으로 얻어진 선량 프로파일을 비교한 결과 그림에서 볼 수 있듯이 아주 잘 일치함을 알 수 있다. 이는 몇 개의 조사면 측정만으로 선량 프로파일을 충분히 계산해 냄으로써 동적 조사면이 가지는 측정상의 어려움을 해결

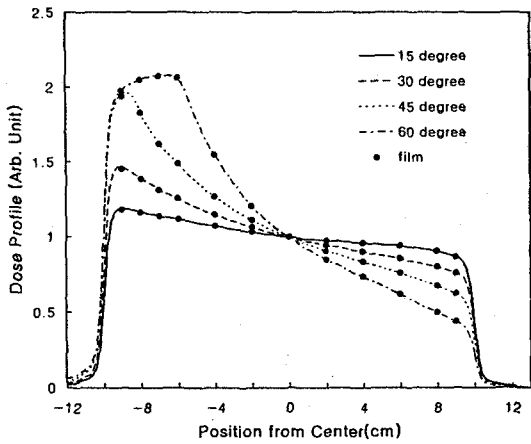


Fig. 9. The calculated by STT weighted superposition method and the measured dose profile of 20x20cm² dynamic wedge field for 6MV photon at 10cm depth.

할 수 있음을 보여 준다.

고안 및 결론

동적 썰기의 특성, 즉 동적 조사면으로써 정지 조사면이 아니고 wedge factor가 조사면 크기에 의존적이며 PDD와 선량 프로파일 역시 조사면 크기에 의존성을 가지기 때문에 동적 썰기 조사면에서의 정보를 얻기 위해서는 모든 조사면 크기에 대한 방대한 측정이 수반되어야 한다. 그에 따른 장시간의 소비와 기계의 무리, 또한 특수 장치의 필요 때문에 동적 썰기에 대한 방사선 측정은 매우 어렵다. 본 연구에서는 동적 썰기 조사면의 자료를 얻는데 다중 검출기와 같은 특수한 장치가 없이도 단일 검출기, 물팬텀 시스템, 필름 방사선 측정과 같은 통상으로 흔히 사용하는 방사선 측정 방법을 이용하여 충분히 성취할 수 있도록 하였다.

Wedge transmission factor는 6MV와 15MV 광자선에 대하여 팬텀 표면으로부터 d_{max} 와 8cm 깊이에서 개방 조사면과 여러개의 정사각형 썰기 조사면에 대한 선량률을 측정하였다. Wedge transmission factor의 측정깊이는 여러 논의가 있으나 beam hardening 등을 고려할 때 8cm 깊이에서의 측정이 가장 합리적임을 김현자 등이 1992년 밝힌 바 있다¹³⁾. STT값을 이용하여 동적 썰기 선량 분포를 이루는 구간별 조사면의 중첩 방법으로 wedge factor를 계산하여 계산치와 측정치를 비교한 결과 서로 일치하였다. 이것으로 동

적 썰기 조사면에서의 모든 조사면에 대한 방대한 측정이 없이도 짧은 시간내에 용이하게 wedge factor를 계산하여 얻을 수 있음을 알 수 있었으며 동일 Y-field에 대해서 X-field를 변화시키면서 각 직사각형 썰기 조사면에서의 선량률 측정을 통하여 wedge factor의 일정함을 확인하였다. 이로써 wedge factor를 얻는데 정사각형 썰기 조사면에서의 측정만으로도 충분함을 알 수 있었다.

동적 썰기 조사면에서 PDD의 측정은 고정 정사각형 조사면에서 물팬텀 내에 필름을 설치하여 측정하였다. 그러나 필름의 단점인 선량, 에너지 및 깊이의 의존성 문제 때문에 필름으로 얻어진 PDD를 그대로 사용할 수 없다. 그래서 필름의 전리함에 대한 환산값을 구하였고 이 값을 이용하여 썰기 조사면에서 필름 측정 PDD값을 전리함 측정 PDD값으로 계산할 수 있었다. 즉, 전리함으로 동적 썰기 조사면에서의 측정이 이루어 질때 이를 위해 다중 검출기를 이용한 방대한 측정이 없이도 필름 측정만으로 전리함으로 측정된 것과 동일한 PDD값을 얻을 수 있다.

동적 썰기를 형성하는데 다른 크기의 비대칭 조사면이 연속적으로 결합하여 이뤄짐을 이용하여, 본 연구에서는 선량 프로파일을 얻기 위하여 몇 개의 비대칭 정지 조사면을 선택하고 이를 전리함으로 선량을 측정하였다. 이것을 STT에 따라 중첩 및 보간을 시킴으로써 선량 프로파일을 일일이 실험을 통하지 않고 계산해 낼 수 있었다. Fig. 7, 8에 보이는 바와 같이 60° wedge에서는 고정 썰기와 달리 선량 프로파일에 평편한 부분이 생긴다. 이는 선량값이 중심축의 최대 2배를 넘지 않게 하려는 의도에서 발생한 것이다¹⁰⁾.

이러한 실험과 그 결과를 통하여 보편적으로 사용하는 방사선 측정기, 즉 단일 검출기나 필름으로도 동적 썰기 조사면에서 충분히 정확성을 갖는 정보를 얻을 수 있음을 알았다.

참고 문헌

1. Leavitt DD, Martin M, Moeller JH and Lee WL. Dynamic wedge field techniques through computer-controlled collimator motion and dose delivery. *Med Phys* 1990; 17:87-91.
2. Thomas SJ and Thomas RL. A beam generation algorithm for linear accelerators with independent collimators. *Phys Med Biol* 1990; 35:325-332
3. Slessinger ED and Gerber RL, Harms WB, Klein EE, Purdy JA. Independent collimator dosimetry for a dual photon energy linear accelerator.

- Int J Radiat Oncol Biol Phys 1993; 27:681-687
4. **Elder PJ, Coveney FM and Welsh AD.** An investigation into the comparison between different dosimetric methods of measuring profiles and depth doses for dynamic wedges on a Varian 600C linear accelerator. *Phys Med Biol* 1995; 40:683-689
 5. **Klein EE, Low DA, Meigooni A and Purdy JA.** Dosimetry and clinical implementation of dynamic wedge. *Int. J Radiat Oncol Biol Phys* 1995;31:583-592
 6. **Thomas SJ and Foster KR.** Radiotherapy treatment planning with dynamic wedges—an algorithm for generating wedge factors and beam data. *Phys Med Biol* 1995; 40:1421-1433
 7. **Lydon JM and Rykers KL.** Beam profiles in the nonwedged direction for dynamic wedges. *Phys Med Biol* 1996; 41:1217-1225
 8. **Convery DJ and Rosenbloom ME.** The generation of intensity-modulated fields for conformal radiotherapy by dynamic collimation. *Phys Med Biol* 1992; 37: 1359-1374
 9. **Leavitt DD and Larsson L.** Evaluation of a diode detector array for measurement of dynamic wedge dose distribution. *Med Phys* 1993; 20:381-382
 10. **Dunscombe PB and Nieminen JM.** On the field-size dependence of relative output from a linear accelerator. *Med Phys* 1992; 19:1441-1444
 11. **Bidmead AM, Garton AJ and Childs PJ.** Beam data measurements for dynamic wedges on Varian 600C(6MV) and 2100C(6MV and 10MV) linear accelerators. *Phys Med Biol* 1995; 40:393-411
 12. **오영택, 금기창, 추성실, 김귀연.** Dynamic wedge의 조직내 방사선량 분포의 특성. *대한치료 방사선과학회지* 1996; 14(4): 출판중
 13. **김현자, 이병용, 김계준.** 췌기 인자 결정 값이에 관한 연구. *의학물리* 1992; 3:13-21
 14. **CL/2100 user's manual, Varian, 1991**
 15. **Zwicker RD, Shahabi S, Wu A and Sternick ES.** Effective wedge angles for 6MV wedges. *Med Phys* 1985; 12:347-349
 16. **Mohan R, Chui C and Lidofsky L.** Energy and angular distributions of photons from medical linear accelerators. *Med Phys* 1985; 12:592-597
 17. **Williamson JF, Khan FM and Sharma SC.** Film dosimetry of megavoltage photon beams-A practical method of isodensity to isodose curve conversion. *Med Phys* 1981; 8:94-98
 18. **Leavitt DD.** Personal communication. 1996

= 국문초록 =

선량 중첩 방식을 이용한 동적 췌기 조사면의 특성 연구

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 방사선종양학과*, 울산대학교 자연과학대학 물리학과†,

김미화*† · 이병용* · 나상균† · 최은경* · 김중훈* · 장혜숙*

목적 : 동적 췌기 조사면 측정을 다중 검출기 시스템과 같은 특수한 장치없이 보편적인 방사선 측정 방법을 사용하여 시행할 수 있는 방법을 고안, 수행하였다.

대상 및 방법 : 15°, 30°, 45°, 60°의 동적 췌기각(dynamic wedge angle)과 6MV와 15MV인 광자선을 발생시키는 선형 가속기(CL 2100 C/D)를 이용하여 wedge transmission factor 및 percentage depth dose(PDD), 선량 프로파일을 측정하였다. Wedge transmission factor는 6MV, 15MV인 광자선과 15°, 30°, 45°, 60°의 4개의 동적 췌기각에 대해서 4x4cm²-20x20cm² 까지 1-2cm간격의 정사각형 조사면과 Y-field가 4cm, 20cm일 때 여러개의 X-field에 대한 각각의 직사각형 조사면에서 측정하였다. 또한 동적 췌기의 구간별 치료표(Segmented Treatment Table, STT)값을 이용하여 wedge factor를 계산해 내었다. PDD는 필름 dosimetry로 구하였는데 개방 조사면에 대해 전리함과 필름으로 PDD를 구한 후 필름의 환산값을 알아내어 췌기 조사면에 대한 필름 dosimetry로 PDD를 구하여 필름 환산값으로 전리함을 통해 얻을 수 있는 실제 PDD를 구하였다. 선량 프로파일은 비대칭 정지 조사면을 선택적으로 전리함을 이용하여 측정하고 이때 얻은 측정치인 소구간 프로파일과 STT를 이용하는 선량 분포 중첩 방식으로 구하였다.

결과 : wedge transmission factor의 측정치와 STT를 이용하여 구한 계산치를 비교한 결과 실험 오차 범위내에서 거의 일치하였다. 또한 직사각형 조사면에서의 wedge transmission factor 변화를 측정한 결과 동일한 Y-field에 대해서 직사각형 조사면은 정사각형 조사면에서의 wedge factor와 같았다. PDD는 필름 방사선 측정값의 보정으로 개방 조사면에서 PDD와 동적 췌기 조사면에서 PDD 사이의 차이는 무시될 수 있다. 그리고 전리함의 측정으로부터 중첩 방식으로 얻어진 동적 췌기의 선량 프로파일은 필름 dosimetry로 얻은 동적 췌기의 선량 프로파일과 비교한 결과 최대 2% 이내 정확도의 허용 오차 영역에 들어움을 볼 수 있었다.

결론 : 동적 조사면의 특성으로 동적 췌기 측정에서의 정보 수집을 위하여 모든 조사면에서의 방대한 측정과 그로인한 장시간의 소비, 또한 동적 췌기 측정을 위한 특수한 장치가 필요하지만 보편적으로 사용하는 측정 장치, 즉 단일 검출기와 필름 방사선 측정 방법으로 충분히 용이하게 행할 수 있었다.