

고정형 썰기(Physical wedge)와 동적 썰기(Dynamic wedge)의 조사야 주변 선량에 관한 연구

— A Study of Peripheral Doses for Physical Wedge and Dynamic Wedge —

서울대학교병원 방사선종양학과 · 을지대학교 보건과학대학 방사선학과¹⁾

고신관¹⁾ · 민제순 · 나경수 · 이제희 · 박홍득 · 한동균¹⁾

— 국문초록 —

2D-ARRAY chamber를 이용하여 고정형썰기(Physical wedge filter)와 동적썰기(Dynamic wedge)의 조사야 주변의 선량을 비교·평가하고자 하였다. 고체팬텀 위에 2D-ARRAY seven 29 (PTW, Germany) chamber를 이용하여 조사야 10cm×10cm, SSD 90cm로 고정시키고, 에너지는 6MV와 15MV로 변화시켜 산란선의 영향을 많이 받는 피부 깊이인 5mm 깊이의 조사야 밖 인접 선량을 측정하였다. 고정형 썰기 15°, 45°와 선형가속기에 장착된 동적썰기의 15°, 45°를 측정하여 조사야 끝에서 썰기의 heel부분과 toe부분의 1cm되는 지점에서 5cm 지점까지의 1cm 간격으로 주변선량을 비교, 분석하였다. 6MV 에너지는 동적썰기가 고정형썰기 보다 조사야 주변 선량이 0.1~1.4% 정도 모두 낮았다. 15MV 에너지는 조사야에서 근접한 거리에서 동적썰기의 선량이 0.4~0.9% 정도 높지만 멀어지면서 급격하게 감소하여 동적썰기가 최대 1.6% 낮게 측정되었다. 동적썰기는 heel부분과 toe부분의 선량차이가 없는 반면 고정형썰기는 에너지가 높고 썰기 각도가 클수록 heel부분 보다 toe부분의 선량이 2% 정도 높게 측정되었다. 따라서 동적썰기를 사용할 경우 치료주위선량을 균일하게 감소시킬 수 있으므로 치료부위와 근접한 표면에 가까운 주요장기의 선량을 최소화 할 수 있었다.

중심 단어: 고정형썰기, 동적썰기, 조사야 밖 주변선량

I. 서론

3차원 입체조형치료를 위한 치료계획이 보편화 되면서, 종양부위에는 최적의 방사선을 조사하고 정상조직에는 최소한의 선량을 조사하기 위한 다양한 치료기술이 구현되고 있으며, 방사선 치료 환자의 치료 후 삶의 질 개선을 위한 정상부위의 피폭에 대한 논의가 활발히 전개되고 있

다. 특히 주요정상조직과 근접한 종양조직 치료 시 치료 계획에 의해 방사선 치료의 성패가 좌우됨에 따라 더욱 세심한 주의가 요구되고 있다.

또한 유방암 환자의 치료 반대쪽 유방의 암 발생 확률에 대한 많은 연구가 이루어지면서 치료부위와 근접한 주변부의 산란선에 대해 좀 더 주의를 기울여야 할 필요성이 제기되기도 한다^{1,2)}.

임상 치료계획 시 불규칙적인 종양조직에 균등한 선량 분포를 얻기 위해, 고정형썰기와 선형가속기에 부착되어진 콜리메이터(collimator) Y-jaw의 움직임을 이용하여 선량분포를 변화시키는 동적썰기의 두 종류가 사용되고 있다. 고정형썰기는 중심선에서 개조사야의 최대선량깊이

*접수일(2008년 5월 12일), 1차 심사(2008년 8월 20일), 2차 심사(2008년 11월 20일), 채택일(2008년 11월 25일)

교신저자: 한동균, (461-731) 경기도 성남시 수정구 양지동 212번지
을지대학교 보건과학대학 방사선학과
TEL: 031-740-7245, FAX: 031-740-7351
E-mail: handk@eulji.ac.kr

를 100%로 했을 때, 80% 선량분포곡선의 기울기와 중심선이 이루는 각을 고정형췌기의 각도로 정하는데 이 지점이 보통 5~10 cm 깊이에 해당된다. 또한 동적췌기는 10 cm 깊이에서의 기울기로 각도를 정하고 있다. 이에 따른 고정형췌기와 동적췌기의 물리적인 특성은 그 정확성을 비교, 평가한바 있어 치료 계획 시 이를 대체해 적용할 수 있다³⁾. 기존에 사용되었던 고정형췌기는 췌기의 각도에 따라서 조사야를 포함하는데 한계가 있고 선량을 감약시켜 조사선량과 조사시간을 증가시키며 이로 인해 불필요한 산란선을 증가시키는 요인이 될 수 있어 최근 임상에서는 조사시간과 조사선량을 단축시킬 수 있고 다양한 췌기각도를 구성할 수 있는 동적췌기의 사용이 보편화되고 있다⁴⁾.

이에 본 저자는 두 췌기필터의 보정계수의 차이와 서로 다른 선량적 특성을 고려해 볼 때 조사야 주변에 필요 이상의 표면선량과 주변선량이 조사되는 것을 알 수 있었다. 따라서 전산화치료계획의 선량분포도를 비교했을 때 조사야주변의 표면선량(조사야와 근접한 곳의 선량) 차이가 있음을 확인하고 실제 고정형췌기와 동적췌기를 동일한 조건으로 사용했을 때 조사야 주변 선량에 미치는 영향을 알아보고 그 차이를 비교, 연구한 것을 보고한다.

II. 대상 및 방법

1. 대상 및 기구

선형가속기 CL21EX, Varian, USA X선 6 MV, 15 MV를 이용하고 측정용 고체팬텀(Solid Water Phantom)과 2차원 배열 이온전리함(2D Array model 729, PTW, Germany)을 이용하여 선량을 측정한다.

고정형췌기는 재질이 서로 다른 금속합금 15°와 납으로 만든 45°를 선택하여 동적췌기 15°, 45°와 비교하고, 전산화 치료계획시스템(Xio, CMS, USA)을 이용하여 같은 측정지점에서 다양한 각도의 췌기필터를 사용 시 동등한 선량값을 얻어내기 위한 선량 지시치(MU)를 산출한다. 2D Array는 세기조절 방사선치료(Intensity Modulate Radiotherapy, IMRT)의 선량 측정 시 다엽콜리메터의 leaf position을 확인할 수 있고 고 에너지와 전자선 빔의 선질 관리에도 사용되는 측정기기로서 평행한 아크릴(PMMA)판 위에 5 mm×5 mm×5 mm의 729개의 이온전리함이 들어있어 이 이온전리함 배열측정기를 이용해 조사면 가장자리의 선량을 측정할 수 있었다^{5,6)}. 이온전리함의 간격이 10 mm로 측정 점의 한계가 있었지만, 공간분

해능은 1 cm이고 선량률은 50 cGy/min에서 8 Gy/min까지 조절이 가능하며 20 cGy에서 1,000 Gy까지 측정이 가능한 장점이 있다⁷⁾.

2. 실험 방법

2D-Array의 신뢰성을 확인하기 위해 각각의 에너지별로 최대선량지점과 5 cm 깊이의 선량을 0.1 cm³ 표준 지두형 전리함과 물 팬텀을 이용해 측정된 값과 비교한다. 측정방법은 6 MV와 15 MV에너지에서 조사야 크기 10 cm×10 cm, 선원에서 표면간거리는 100 cm로 조사야 경계부에서 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm 떨어진 지점의 선량을 측정하여 백분율로 한다.

Clinac 21EX 선형가속기 6 MV와 15 MV의 두 가지 광자에너지를 비교 측정한다. 선원-표면간 거리는 환자를 치료할 때 가장 많이 사용되는 거리로서 90 cm로 하고, 조사야크기는 10 cm×10 cm로 조사야 가장자리에서 췌기의 heel 부분과 toe부분으로 나누어 주변부로 1 cm 지점에서 5 cm 지점까지 1 cm 간격으로 0.5 cm 깊이와 5 cm 깊이의 선량값을 측정한다.

측정 깊이는 표면선량을 측정하기 위한 깊이로 본 측정에 사용된 2D-Array의 이온전리함 특성상 5 mm 위치에서 측정하고 최대선량지점보다 깊은 임의의 지점인 5 cm 깊이에서 측정한다. 각각의 에너지를 이용하여 최대선량 지점에 500 cGy로 설정하고 췌기필터 15°, 45°와 동적췌기의 15°, 45° 사용 시 서로 다른 MU값을 산출한다. 췌기각도에 의한 조사야 주변의 선량을 평가하기 위해 췌기필터 15°와 동적췌기필터 15° 사용에 대한 선량을 얻고 췌기필터 45°와 동적췌기필터 45° 사용에 대한 선량을 얻는다. 측정된 선량은 조사야 내 최대선량깊이에서의 선량값으로 나누어 백분율로 나타낸다.

III. 결 과

1. 6 MV 광자에너지에서의 비교

표면에서부터 0.5 cm 깊이에서 15° 고정형췌기의 선량 백분율은 그림 1과 같이 조사야 중앙에서 최대선량깊이의 선량을 100%로 보았을 때에 2.7%에서 6.8%의 범위에 있고 동적췌기의 선량백분율은 2.4%에서 6.5%의 범위에 있었다. 고정형췌기와 동적췌기의 선량백분율 차이의 최댓값은 heel 방향 0.16%, toe 방향 0.46%이었다(Fig. 1).

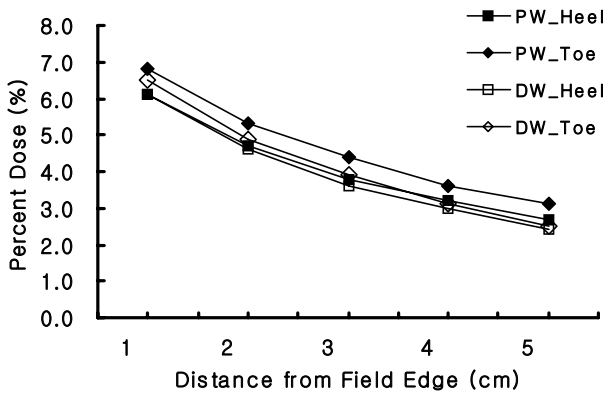


Fig. 1. The percent peripheral dose (%) was measured using a 15° physical wedge and a dynamic wedge at depth 0.5 cm. The 6 MV energy was used and the field size was 10 cm×10 cm. Both heel and toe direction measurement were performed.

최대선량지점보다 깊은 임의의 지점인 5 cm 깊이에서 15° 고정형썰기의 선량백분율은 그림 2와 같이 2.4%에서 7.7%의 범위에 있고 동적썰기의 선량백분율은 2.1%에서 7.3%의 범위에 있었다. 고정형썰기와 동적썰기의 선량백분율 차이의 최댓값은 heel 방향으로 0.24%, toe 방향으로 0.56%이었다(Fig. 2).

0.5 cm 깊이에서 45° 고정형썰기의 선량백분율은 그림 3과 같이 3.1%에서 7.8%의 범위에 있고 동적썰기의 선량

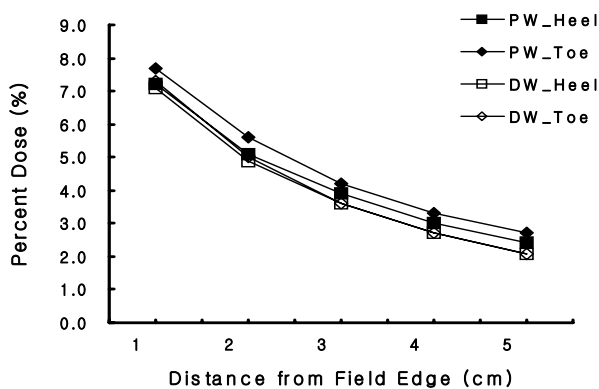


Fig. 2. The percent peripheral dose (%) was measured using a 15° physical wedge and a dynamic wedge at depth 5 cm. The 6 MV energy was used and the field size was 10 cm×10 cm. Both heel and toe direction measurement were performed.

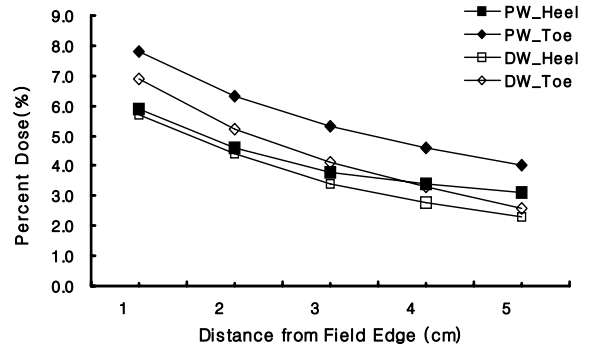


Fig. 3. The percent peripheral dose (%) was measured using a 45° physical wedge and a dynamic wedge at depth 0.5 cm. The 6 MV energy was used and the field size was 10 cm×10 cm. Both heel and toe direction measurement were performed.

백분율은 2.3%에서 6.9%의 범위에 있었다. 고정형썰기와 동적썰기의 선량백분율 차이는 heel 방향으로 0.44%, toe 방향으로 1.18%이었다(Fig. 3).

5 cm 깊이에서의 45° 고정형썰기의 선량백분율은 그림 4와 같이 2.6%에서 8.8%의 범위에 있고 동적썰기의 선량백분율은 2.0%에서 8.0%의 범위에 있었다. 고정형썰기와 동적썰기의 선량백분율 차이는 heel 방향으로 0.42%, toe 방향으로 1.02%이었다(Fig. 4).

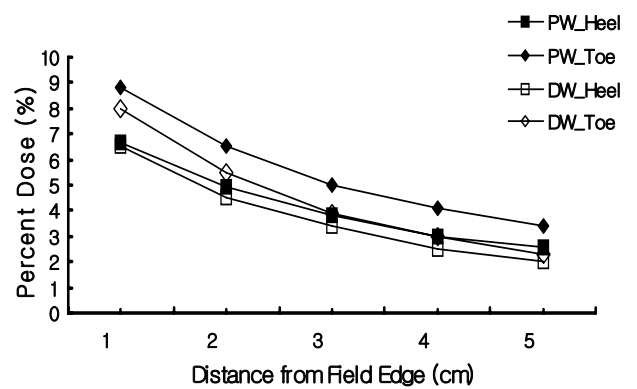


Fig. 4. The percent peripheral dose (%) was measured using a 45° physical wedge and a dynamic wedge at depth 5 cm. The 6 MV energy was used and the field size was 10 cm×10 cm. Both heel and toe direction measurement were performed.

2. 15 MV 광자에너지에서의 비교

측정점 0.5 cm 깊이에서 15° 고정형췌기의 선량백분율은 그림 5와 같이 조사야 중앙에서 최대선량깊이의 선량을 100%로 보았을 때에 5.5%에서 10.8%의 범위에 있고 동적췌기의 선량백분율은 5.0%에서 11.3%의 범위에 있었다. 고정형췌기와 동적췌기에서의 선량백분율 차이의 최댓값은 heel 방향으로 0.42%, toe 방향으로 0.42%이었다(Fig. 5).

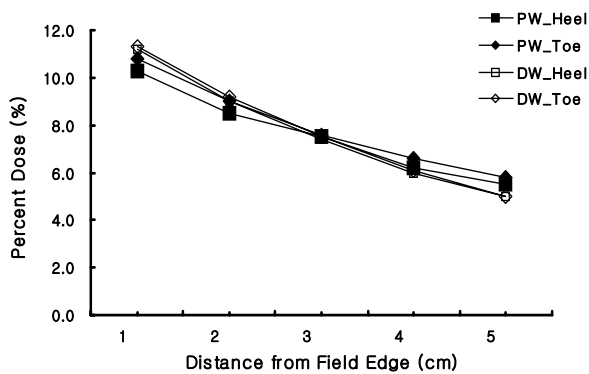


Fig. 5. The percent peripheral dose(%) was measured using a 15° physical wedge and a dynamic wedge at depth 0.5 cm. The 15 MV energy was used and the field size was 10 cm×10 cm. Both heel and toe direction measurement were performed.

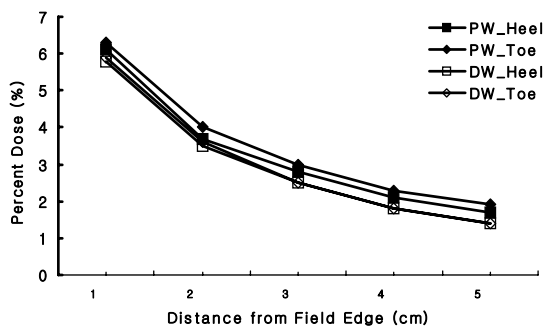


Fig. 6. The percent peripheral dose (%) was measured using a 15° physical wedge and a dynamic wedge at depth 5 cm. The 15 MV energy was used and the field size was 10 cm×10 cm. Both heel and toe direction measurement were performed.

5 cm 깊이에서 15° 고정형췌기의 선량백분율은 그림 6과 같이 1.7%에서 6.3%의 범위에 있고 동적췌기의 선량백분율은 1.4%에서 6.4%의 범위에 있었다. 고정형췌기와 동적췌기에서의 선량백분율 차이의 최댓값은 heel 방향으로 0.28%, toe 방향으로 0.46%이었다(Fig. 6).

측정점 0.5 cm 깊이에서 45° 고정형췌기의 선량백분율은 그림 7과 같이 5.9%에서 11.8%의 범위에 있고 동적췌기의 선량백분율은 4.9%에서 11.9%의 범위에 있었다. 고정형췌기와 동적췌기의 선량백분율 차이는 heel 방향으로 0.54%, toe 방향으로 0.82%이었다(Fig. 7).

5 cm 깊이에서의 45° 췌기필터의 선량백분율은 그림 8과 같이 2.1%에서 7.7%의 범위에 있고 동적췌기의 선량백분율은 1.4%에서 6.4%의 범위에 있었다. 고정형췌기와 동적췌기의 선량백분율 차이는 heel 방향으로 0.7%, toe 방향으로 1.3%이었다(Fig. 8).

측정된 선량백분율을 췌기의 종류, 사용된 에너지, 조사야 주변부 측정 방향, 췌기의 각도별로 선량백분율의 평균을 비교 하였을 때 동적췌기를 사용할 경우 고정형췌기를 사용할 경우보다 모두 적었고, 6 MV의 에너지를 사용할 때 보다 15 MV의 에너지를 사용할 때가 평균 선량백분율이 증가하였다. 그리고 측정결과는 0.1~0.8%의 차이로 비교적 정확함을 확인할 수 있었다. 또한 heel 방향보다 toe 방향에서 측정된 선량 백분율 값이 모두 높았고 췌기의 각도가 15°인 경우보다 45°를 사용했을 때 평균 선량 백분율 값은 증가하였다.

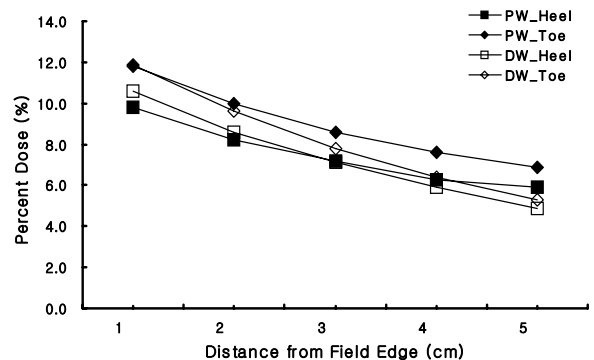


Fig. 7. The percent peripheral dose (%) was measured using a 45° physical wedge and a dynamic wedge at depth 0.5 cm. The 15 MV energy was used and the field size was 10 cm×10 cm. Both heel and toe direction measurement were performed.

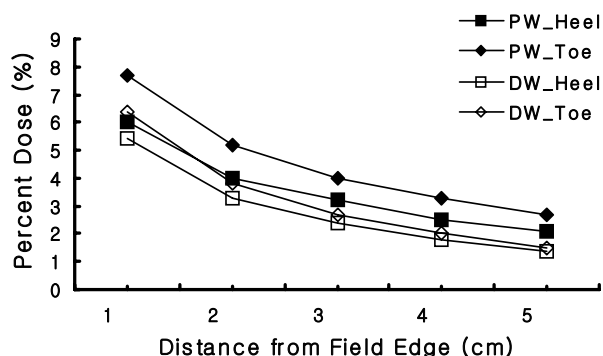


Fig 8. The percent peripheral dose (%) was measured using a 45° physical wedge and a dynamic wedge at depth 5 cm. The 15 MV energy was used and the field size was 10 cm×10 cm. Both heel and toe direction measurement were performed.

IV. 결론 및 고찰

고정형췌기와 동적췌기는 구조적으로 차이가 있다. 고정형췌기의 사용 시 물리적 특성으로 인해 빔 경화현상이 나타나고 실제 측정을 통하여 조사야 크기와 에너지, 깊이, 췌기각도에 의해 보정계수를 적용하여 계산한다. 또한 고정형췌기를 이용하여 만들 수 있는 각도는 15°, 30°, 45°, 60°로 제한되어 있으며 일반적으로 고정형췌기를 사용할 경우는 선원과 조사야가 근접할 경우 조사야 내 표면선량이 증가한다고 알고 있다. 이에 반하여, 동적 췌기는 선량률과 콜리메이터의 움직임을 통하여 췌기 모양의 등선량곡선을 나타낸다. 따라서 빔 경화현상이 없고 고정형췌기에 사용되는 15°, 30°, 45°, 60°에 제한되지 않은 다양한 각도를 만들어 이를 선량분포로 적용할 수 있다. 또한 췌기필터에 의한 빔 감쇄가 없어 출력이 감소하지 않아 조사량과 조사시간을 감소시킬 수 있다. 또한 환자를 치료할 때 고정형췌기를 사용할 경우 조사방향에 따라 매번 교체해야 하는 업무 가중을 줄일 수 있다. 이와 같이 고정형췌기와 동적췌기는 동일한 등선량곡선을 얻기 위한 목적으로 사용되지만, 선량 분포를 만드는 방법이나 선량 특성적인 면에서 차이를 보이므로 실제 임상에서 이러한 선량 차이를 고려하여 고정형췌기 혹은 동적 췌기필터를 선택해야 한다. 그리고 치료조사야 주변선량은 환자 치료에 이용되는 선량의 5% 미만이 허용선량으로 본 연구에서는 고정췌기와 동적췌기 모두에서 기준치

내에서 선량치를 나타내었다. 본 연구에서 동적췌기를 사용하는 경우가 고정형췌기를 사용하는 경우보다 조사야의 주변부의 선량이 감소하였다. 이것은 고정형췌기가 조사야 주변부의 선량을 감소시키는 작용과 함께 증가시키는 작용을 동시에 하는 것이며, 그 원인은 여러 가지에서 기인될 수 있으며, 그 하나로 선형가속기 갠트리에서 발생하는 산란선을 감쇄시키고 발생한 전자선을 흡수하는 작용에 의한 것으로 사료된다.

이러한 효과들을 종합적으로 정리하였을 때 동적췌기를 사용하는 경우 고정형췌기의 사용 시보다 안정적으로 조사야 주변부의 선량을 낮출 수 있으며⁸⁾, 치료부위에 근접한 주요장기를 보호하고 정상조직의 선량을 최소화할 수 있고, 치료에 요구되는 선량만을 조사시킴으로써 장비의 과도한 부하를 감소시키고, 고정형췌기에 의해 구현이 불가능한 다양한 치료방법의 적용을 모색할 수 있는 점, 다문 조사가(11~25문) 주류를 이루는 최신 방사선 치료 기술에서 작업자의 업무량 및 치료시간을 단축시켜 임상 적용의 효율성을 높이는데 유용하리라 사료된다⁹⁾.

참고 문헌

1. 오택열, 김희남, 박남수 : 유방암 치료에서 가상췌기의 유용성 평가, 대한방사선치료기술훈학회 13(1), 30-37, 2001
2. Yeo IH, Kim DY, Kim TH, et al. : Contralateral Breast dose reduction using a virtual wedge Korean Soc ther Radiol Oncol, 23, 230-235, 2005
3. Choi DR, Shin KH, Lee KC, et al. : Physical characteristics comparison of virtual wedge device with physical wedge, J Korean Soc ther Radiol Oncol, 17, 78-83, 1997
4. Klein, E. E., low, D. A., Meigooni, A. S., Purdy, J. A. : Dosimetry and clinical implementation of dynamic wedge. Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys, 31, 583-590, 1995
5. Spezi E, Angelini AL, Romani F, Feffi A : characterization of a 2D ion chamber array for the verification and verifying intensity modulated fields, Med Phys 30, 2082-2088, 2003
6. Poppe B, Blehschmidt A, Djouguela A, et al. :

- Two-dimensional ionization chamber arrays for IMRT plan verification, *Med Phys*, 33, 1005-1015, 2006
7. 이정우, 홍세미 : 선량계측인자에 따른 기능강화 동적썰기와 금속썰기의 비교, *의학물리*, 16, 70-76, 2005
8. Leavitt, D. D. Moeller, J. H. Stone, A. : Reduction of peripheral dose by dynamic wedge techniques. *Med. Phys.* 20, 877, 1993
9. Zuofeng Li, D. Sc. Eric E, Klein, M.S. : Surface and Peripheral doses of dynamic and physical wedges, *Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 37, 921-59, 1997

• Abstract

A Study of Peripheral Doses for Physical Wedge and Dynamic Wedge

Shin-Gwan Ko¹⁾ · Je-Soon Min · Kyung-Soo Na
Je-Hee Lee · Heung-Deuk Park · Dong-Kyoon Han¹⁾

Seoul National University Hospital, Department of Radiation Oncology

¹⁾*Dept. of Radiological Science, College of Health Science Eulji Univ.*

Measurements of the peripheral dose were performed using a 2D array ion chamber and solid water phantom for a 10×10 cm, source-surface distance (SSD) 90 cm, 6 and 15 MV photon beam at depths of 0.5 cm, 5 cm through d_{max} . Measurements of peripheral dose at 0.5 cm and 5 cm depths were performed from 1 cm to 5 cm outside of fields for the dynamic wedge and physical wedge 15°, 45°.

For 6 MV photon beam, the average peripheral dose of dynamic wedge were lower by 1.4% and 0.1% than that of physical wedge. For 15 MV photon beam, the peripheral dose of dynamic wedge were lower by maximum 1.6% that of physical wedge.

The results showed that dynamic wedge can reduce scattered dose of clinical organ close to the field edge. The wedge systems produce different peripheral dose that should be considered in properly choosing a wedge system for clinical use.

Key Words : physical wedge, dynamic wedge, peripheral dose