

고정형썰기(Physical Wedge)와 동적썰기(Dynamic Wedge)의 조사야 주변 선량에 관한 연구

서울대학교병원 방사선종양학과

민제순 · 나경수 · 이제희 · 박흥득

목 적: 목적: 2D-ARRAY chamber를 이용하여 고정형썰기(Physical wedge filter)와 동적썰기(Dynamic wedge)의 조사야 주변의 선량을 비교하여 평가하였다.

대상 및 방법: 고체팬텀위에 2D-ARRAY seven29 (PTW, Germany) chamber를 이용하여 조사야 10×10, SSD 90 cm로 고정시키고 에너지는 6 MV와 15 MV로 변화시켜 5 mm 깊이의 조사야 밖 선량을 측정하였다. 썰기필터15°, 45°동적썰기와 선형가속기에 장착된 동적썰기의 15°, 45°를 측정하여 조사야 끝에서 썰기의 heel부분과 toe부분의 1 cm 되는 지점에서 5 cm 지점까지의 1 cm 간격으로 주변선량을 비교, 분석하였다. 선량은 최대선량지점에 대한 표면에 근접한 5 mm 깊이와 5 cm 깊이의 백분율로 선량값을 얻었다.

결 과: 6 MV 에너지는 동적썰기가 고정형썰기보다 조사야 주변 선량이 0.1~1.4%정도 모두 낮았다. 15 MV 에너지는 조사야에서 근접한 거리에서 동적썰기의 선량이 0.4~0.9%정도 높지만 멀어지면서 급격하게 감소하여 동적썰기가 최대 1.6% 낮게 측정되었다. 경사각 15°와 45°에서의 선량차이는 크지 않았으며, 동적썰기는 heel 부분과 toe부분의 선량차이가 없는 반면 고정형썰기는 에너지가 크고 썰기 각도가 클수록 heel부분 보다 toe부분의 선량이 2%정도 높게 측정되었다.

결 론: 동적썰기와 고정형 썰기가 조사야 내에서는 같은 선량분포를 갖는 반면 조사야 주변에서는 동적썰기가 고정형썰기보다 선량이 낮았다. 따라서 동적썰기를 사용할 경우 치료주위선량을 감소시킬 수 있으므로 치료부위와 근접한 표면에 가까운 주요장기의 선량을 최소화 할 수 있으며, 치료시간도 단축시킬 수 있었다.

핵심용어: 고정형썰기, 동적썰기, 조사야 밖 주변선량

서 론

3차원 입체조형치료를 위한 치료계획이 보편화되면서 치료기술 또한 중앙부위에는 최적의 방사선치료 효과를 향상시키면서 정상조직에는 최소한의 선량으로 환자피폭에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 주요정상조직과 근접한 중앙조직을 치료하기 위해서 더욱 세심한 주의를 하면서 치료계획을 수립하고 있다.

최근 유방암 환자의 치료 반대쪽 유방의 암발생확률에 대한 많은 연구가 이루어지면서 치료부위와 근접한 주변부의 산란선에 대해 좀 더 관심을 갖어야 할 필요성이 제기되고 있다.⁶⁾

임상 치료계획시 불규칙적인 중앙조직에 균등한 선량분포

를 얻기 위해서 일반적으로 사용했던 고정형썰기와 선형가속기에 부착되어진 콜리메터(collimator) Y-jaw의 움직임에 이용하여 선량분포를 변화시키는 동적썰기의 두 가지 종류를 사용하고 있다. 선형가속기의 고정형썰기는 중심선에서 개조사야의 최대선량깊이를 100%로 했을 때 선량분포곡선의 80%를 고정형썰기의 각도로 정하는데 이 지점이 보통 5~10 cm깊이에 해당된다. 또한 동적썰기는 10 cm 깊이에서의 기울기로 각도를 정의하고 있다. 이에 따른 고정형썰기와 동적썰기의 물리적인 특성은 그 정확성을 비교, 평가한바 있어 치료 계획 시 이를 대체해 적용할 수 있다.⁵⁾ 기존에 사용되었던 썰기필터는 썰기의 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 썰기각도를 구성할 수 있는 동적썰기의 사용이 보편화되고 있다.¹⁾

이에 저자는 썰기보정계수의 차이와 서로 다른 선량적 특

이 논문은 2007년 4월 6일 접수하여 2007년 8월 20일 채택되었음.
책임저자 : 민제순, 서울대학교병원 방사선종양학과
Tel: 02)2072-1974, Fax: 02)741-4755
E-mail: min626@hanmail.net

성을 고려해 볼 때 조사야 주변에 필요이상의 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 인자를 알아보고 그 차이를 비교, 연구한 것을 보고한다.

대상 및 방법

1. 실험 기기 및 재료

선형가속기 CL21EX, Varian, USA X선 6 MV, 15 MV를 이용하였으며 측정용으로 고체팬텀(Solid Water Phantom)과 2차원 배열 이온전리함(2D Array model729, PTW, Germany)을 이용하여 선량을 측정하였다.

고정형췌기는 재질이 서로 다른 금속합금 15°와 납으로 만든 45°를 선택하여 동적췌기 15°, 45°와 비교하였으며, 전산화 치료계획시스템(Xio, CMS, USA)을 이용하여 같은 위치에서의 동등한 선량분포를 얻기 위한 선량값을 얻었다.

2차원 배열 이온전리함은 세기조절 방사선치료(Intensity Modulate Radiotherapy, IMRT)의 선량측정시 다엽콜리메터의 leaf position을 확인할 수 있고 고에너지와 전자선빔의 선질관리에도 사용되는 측정기기로서 평행한 아크릴(PMMA) 판위에 5×5×5 mm의 729개의 이온전리함이 들어있어 이 이온전리함 배열측정기를 이용해 조사면 가장자리의 선량을

측정할 수 있었다. 이온전리함의 간격이 10 mm로 측정점의 한계가 있었지만 공간분해능은 1 cm이고 선량율은 50 cGy/min에서 8 Gy/min까지 조절이 가능하며 20 cGy에서 1,000 Gy까지 측정이 가능한 장점이 있다. 측정 결과의 분석은 PTW사에서 제공하는 PTW-verisoft를 사용하였다.⁴⁾

2. 측정방법

2D-Array의 신뢰성을 확인하기 위해 각각의 에너지별로 최대선량지점과 5 cm 깊이의 선량을 0.1 cm³ 표준 지두 형 전리함과 물 팬텀을 이용해 측정한 값과 비교하였다. 측정방법은 6 MV와 15 MV에너지에서 조사야 크기 10×10 cm, 선원에서 표면간거리는 100 cm로 조사야 경계부에서 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm 떨어진 지점의 선량을 측정하여 백분율로 하였다. 측정결과는 0.1~0.8%의 차이로 비교적 정확함을 확인할 수 있었다(Table 1, 2).

본 측정은 Clinac 21EX선형가속기 6 MV와 15 MV의 두 가지 광자에너지를 비교 하였다. 선원-표면간 거리는 환자를 치료 할 때 가장 많이 사용되는 거리로서 90 cm로 하였으며, 조사야크기는 10×10 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 측정하였다.

측정깊이는 표면선량을 측정하기 위한 깊이로 본 측정에 사용된 2D-Array의 이온전리함 특성상 5 mm위치에서 측정하였고 최대선량지점보다 깊은 임의의 지점인 5 cm 깊이에

Table 1. The reliability evaluation of 2D array using 6 MV photon beam

Distance from field edge (cm)	1.5 cm (D _{max}) depth			5 cm depth		
	Calculated data	Measured data	Difference	Calculated data	Measured data	Difference
1	5.8	6.1	0.3	9.1	9.2	0.1
2	3.7	4.3	0.6	5.2	6.0	0.8
3	2.6	3.3	0.7	3.7	4.5	0.8
4	2.0	2.5	0.5	2.6	3.3	0.7

Table 2. The reliability evaluation of 2D array using 15 MV photon beam

Distance from field edge (cm)	3 cm (D _{max}) depth			5 cm depth		
	Calculated data	Measured data	Difference	Calculated data	Measured data	Difference
1	8.0	8.1	0.1	9.9	9.5	-0.4
2	3.9	4.5	0.6	4.0	4.6	0.6
3	2.7	3.2	0.5	2.5	3.1	0.6
4	2.0	2.5	0.5	1.8	2.3	0.5

서 측정하였다. 각각의 에너지를 이용하여 최대선량지점에 500 cGy를 조사하기 위한 선량값을 계산하여 썰기필터 15°, 45°와 동적썰기필터의 15°, 45° 사용시 서로 다른 MU값을 산출하였다. 썰기각도에 의한 조사야 주변의 선량을 평가하기 위해 썰기필터 15°와 동적썰기필터 15° 사용에 대한 선량을 얻었고 썰기필터 45°와 동적썰기필터 45° 사용에 대한 선량을 얻었다. 측정된 선량은 조사야 내 최대선량깊이에서의 선량 값으로 나누어 백분율로 하였다.

결 과

1. 6 MV 광자에너지에서의 비교

표면에서부터 0.5 cm 깊이에서 15° 고정형썰기의 선량백분율은 Fig. 1과 같이 조사야 중앙에서 최대선량깊이의 선량을 100%로 보았을 때에 2.7%에서 6.8%의 범위에 있고 동적썰기의 선량백분율은 2.4%에서 6.5%의 범위에 있었다. 고정형썰기와 동적썰기의 선량백분율 차이의 최대값은 heel방향 0.16%, toe 방향 0.46%이었다. 최대선량지점보다 깊은 임의의 지점인 5 cm 깊이에서 15° 고정형썰기의 선량백분율은

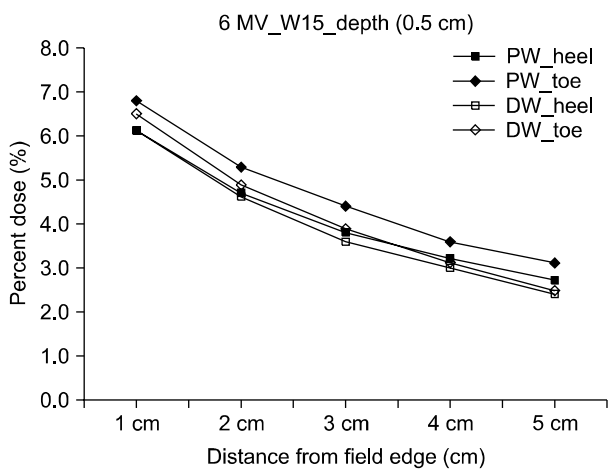


Fig. 1. The percent peripheral dose (%) was measured using a 15° physical wedge and an dynamic wedgea at depth 0.5 cm. The 6 MV energy was used and the field size was 10×10 cm. Both heel and toe direction measurement were performed.

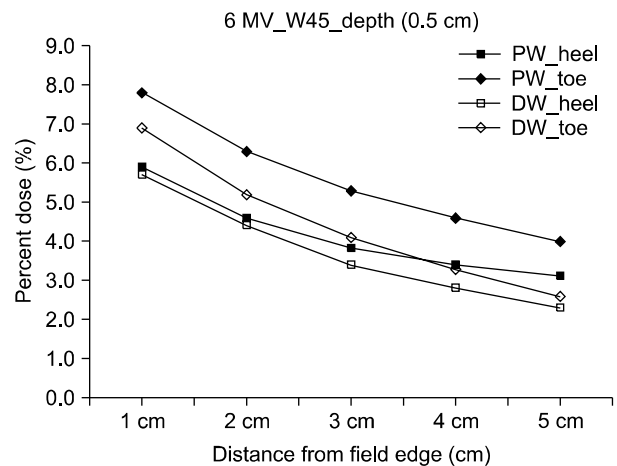


Fig. 3. The percent peripheral dose (%) was measured using a 45° physical wedge and an dynamic wedge at depth 0.5 cm. The 6 MV energy was used and the field size was 10×10 cm. Both heel and toe direction measurement were performed.

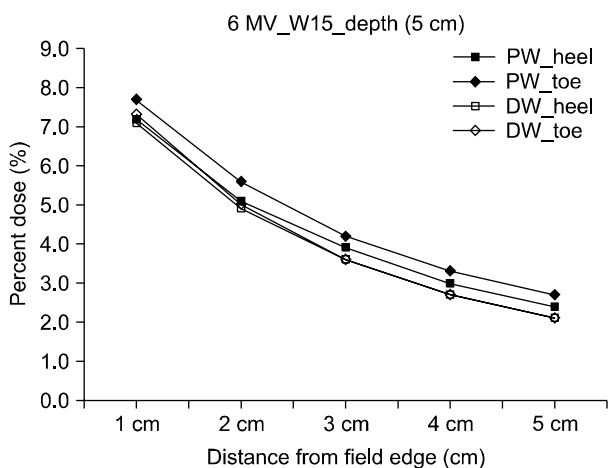


Fig. 2. The percent peripheral dose (%) was measured using a 15° physical wedge and an dynamic wedge at depth 5 cm. The 6 MV energy was used and the field size was 10×10 cm. Both heel and toe direction measurement were performed.

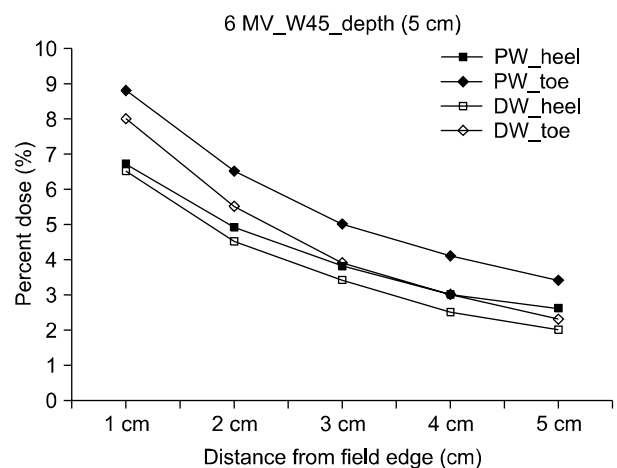


Fig. 4. The percent peripheral dose (%) was measured using a 45° physical wedge and an dynamic wedge at depth 5 cm. The 6 MV energy was used and the field size was 10×10 cm. Both heel and toe direction measurement were performed.

Fig. 2와 같이 2.4%에서 7.7%의 범위에 있고 동적췌기의 선량백분율은 2.1%에서 7.3%의 범위에 있었다. 고정형췌기와 동적췌기의 선량백분율 차이의 최대값은 heel방향으로 0.24%, toe 방향으로 0.56%이었다. 0.5 cm 깊이에서 45° 고정형췌기의 선량백분율은 Fig. 3과 같이 3.1%에서 7.8%의 범위에 있고 동적췌기의 선량백분율은 2.3%에서 6.9%의 범위에 있었다. 고정형췌기와 동적췌기의 선량백분율 차이는 heel방향으로 0.44%, toe방향으로 1.18%이었다. 5 cm 깊이에서의 45° 고정형췌기의 선량백분율은 Fig. 4와 같이 2.6%에서 8.8%의 범위에 있고 동적췌기의 선량백분율은 2.0%에서 8.0%의 범위

에 있었다. 고정형췌기와 동적췌기의 선량백분율 차이는 heel 방향으로 0.42%, toe방향으로 1.02%이었다.

2. 15 MV 광자에너지에서의 비교

측정점 0.5 cm 깊이에서 15° 고정형췌기의 선량백분율은 Fig. 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 최대값은 heel방향으로 0.42%, toe 방향으로 0.42%이었다. 5 cm 깊이에서 15° 고

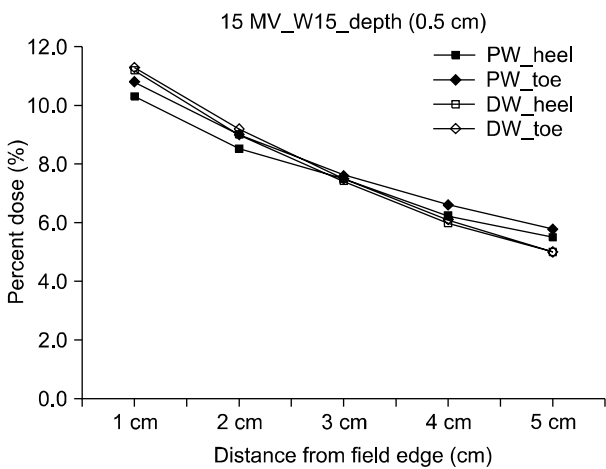


Fig. 5. The percent peripheral dose (%) was measured using a 15° physical wedge and an dynamic wedge at depth 0.5 cm. The 15 MV energy was used and the field size was 10×10 cm. Both heel and toe direction measurement were performed.

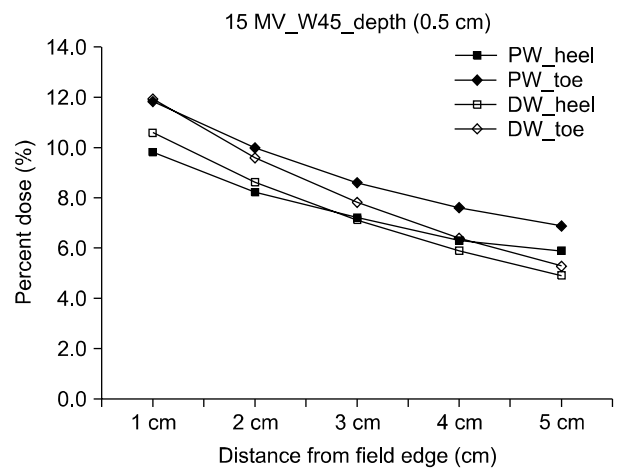


Fig. 7. The percent peripheral dose (%) was measured using a 45° physical wedge and an dynamic wedge at depth 0.5 cm. The 15 MV energy was used and the field size was 10×10 cm. Both heel and toe direction measurement were performed.

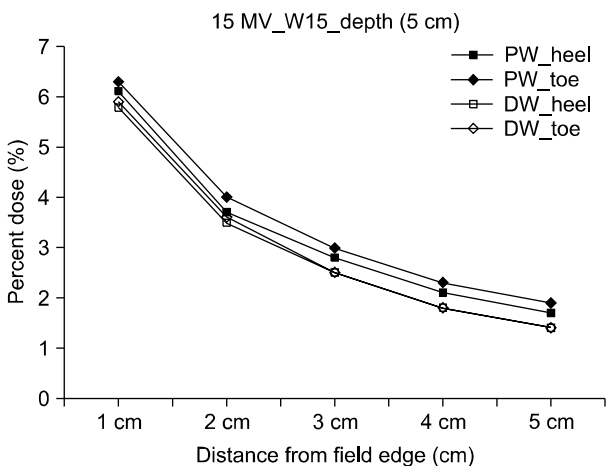


Fig. 6. The percent peripheral dose (%) was measured using a 15° physical wedge and an dynamic wedge at depth 5 cm. The 15 MV energy was used and the field size was 10×10 cm. Both heel and toe direction measurement were performed.

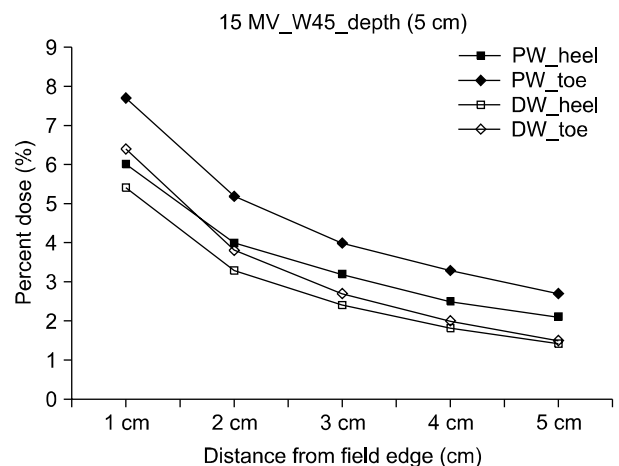


Fig. 8. The percent peripheral dose (%) was measured using a 45° physical wedge and an dynamic wedge at depth 5 cm. The 15 MV energy was used and the field size was 10×10 cm. Both heel and toe direction measurement were performed.

고정형썰기의 선량백분율은 Fig. 6과 같이 1.7%에서 6.3%의 범위에 있고 동적썰기의 선량백분율은 1.4%에서 5.9%의 범위에 있었다. 고정형썰기와 동적썰기에서의 선량백분율 차이의 최대값은 heel방향으로 0.28%, toe 방향으로 0.46%이었다. 측정점 0.5 cm 깊이에서 45° 고정형썰기의 선량백분율은 Fig. 7과 같이 5.9%에서 11.8%의 범위에 있고 동적썰기의 선량백분율은 4.9%에서 11.9%의 범위에 있었다. 고정형썰기와 동적썰기의 선량백분율 차이는 heel방향으로 0.54%, toe방향으로 0.82%이었다. 5 cm 깊이에서의 45° 썰기필터의 선량백분율은 Fig. 8과 같이 2.1%에서 7.7%의 범위에 있고 동적썰기의 선량백분율은 1.4%에서 6.4%의 범위에 있었다. 고정형썰기와 동적썰기의 선량백분율 차이는 heel방향으로 0.7%, toe방향으로 1.3%이었다.

3. 측정 조건에 따른 비교

측정된 선량백분율을 썰기의 종류, 사용된 에너지, 조사야 주변부 측정 방향, 썰기의 각도별로 선량백분율의 평균을 비교하였을때 동적썰기를 사용할 경우 고정형썰기를 사용할 경우보다 모두 적었고, 6 MV의 에너지를 사용할 때 보다 15 MV의 에너지를 사용할 때가 평균 선량백분율값은 높았다. 또한 heel방향보다 toe방향에서 측정된 선량백분율값이 모두 높았고 썰기의 각도가 15°인 경우보다 45°를 사용했을 때 평균 선량 백분율값은 증가하였다.

고안 및 결론

고정형썰기와 동적썰기는 구조적으로 차이가 있다. 고정형썰기는 물리적 특성으로 인해 빔 경화현상이 나타나고 실제 측정을 통하여 조사야 크기와 에너지, 깊이, 썰기각도에 의해 보정계수를 적용하여 계산한다. 또한 고정형썰기를 이용하여 만들 수 있는 각도는 15°, 30°, 45°, 60°로 제한되어 있으며 일반적으로 고정형썰기를 사용할 경우는 선원과 조사야가 근접할 경우 조사야 내 표면선량이 증가한다고 알고 있다. 이에 반하여, 동적썰기는 선량율과 콜리메이터의 움직임을 통하여 썰기 모양의 등선량곡선을 만든다. 따라서 빔 경화현상이 없고 고정형썰기에 사용되는 15°, 30°, 45°, 60°에 제한되지 않은 다양한 각도를 만들어 이를 선량분포로 적용할 수 있다. 또한 썰기필터에 의한 빔 감쇄가 없어 출력이 감소하지 않아 조사량과 조사시간을 감소시킬 수 있고, 환자 치료 시 조사방향과 치료계획에 따라 썰기필터를 매번 교체해야

하는 업무 가중을 줄일 수 있다. 이와 같이 고정형썰기와 동적썰기는 동일한 등선량곡선을 얻기 위한 목적으로 사용되지만, 선량 분포를 만드는 방법이나 선량 특성적인 면에서 차이를 보이므로 실제 임상에서 이러한 선량 차이를 고려하여 고정형썰기를 선택해야 한다. 본 측정에서는 일반적으로 고정형썰기를 사용하는 경우 동적썰기를 사용하는 경우보다 조사야 주변부의 선량이 모든 경우에서 높지는 않았다. 이것은 고정형썰기가 조사야 주변부의 선량을 감소시키는 작용과 함께 증가시키는 작용을 동시에 하는 것이며, 선형가속기 갠트리에서 발생하는 산란선을 감쇄시키고 또한 발생한 전자선을 흡수하는 작용에 의한 것으로 추측 되어진다. 이러한 효과들을 종합적으로 정리하였을 때 고정형썰기를 사용하는 경우가 동적썰기를 사용하는 경우보다 조사야 주변부의 선량이 높다고 볼 수 있다. 이는 치료부위에 근접한 주요장기를 보호하고 정상조직의 선량을 최소화할 수 있으며 장비의 과도한 부하를 감소시키고 다양한 치료방법의 적용을 모색할 수 있는 점에서 임상에서 적절하게 선택한다면 그 효율성이 더욱 증가될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Klein EE, Low DA, Meigooni AS, Purdy JA: Dosimetry and clinical implementation of dynamic wedge. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1995;31:583-559
2. Leavitt DD, Moeller JH, Stone A: Reduction of peripheral dose by dynamic wedge techniques. *Med Phys* 1993;20:877
3. Zuofeng Li D Sc, Eric E Klein MS: Surface and peripheral doses of dynamic and physical wedges. *Radiat Oncol Biol Phys* 1997;37:921-959
4. 이정우, 홍세미: 선량계측인자에 따른 기능강화동적썰기와 금속썰기의 비교. *의학물리* 2005;16:70-76
5. Choi DR, Shin KH, Lee KC, et al.: Physical characteristics comparison of virtual wedge device with physical wedge. *J Korean Soc Ther Radiol Oncol* 1997;17:78-83
6. Yeo IH, Kim DY, Kim TH, et al.: Contralateral breast dose reduction using a virtual wedge. *Korean Soc Ther Radiol Oncol* 2005;23:230-235
7. 오택열, 김희남, 박남수: 유방암 치료에서 가상썰기의 유용성 평가. *대한방사선치료기술훈학회지* 2005;13:30-37
8. Poppe B, Blechschmidt A, Djouguela A, et al.: Two-dimensional ionization chamber arrays for IMRT plan verification. *Med Phys* 2006;33:1005-1015
9. 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* 2003;30:2082-2088

Abstract

A Study of Peripheral Doses for Physical Wedge and Dynamic Wedge

Je Soon Min, Kyung Soo Na, Je Hee Lee, Heung Deuk Park

Department of Radiation Oncology, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

Purpose: This study investigates peripheral dose from physical wedge and dynamic wedge system on a multileaf collimator (MLC) equipment linear accelerator.

Materials and Methods: Measurements 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°. Dose profiles normalized to dose at the maximum depth.

Results: At 6 MV photon beam, the average peripheral dose of dynamic wedge were lower by 1.4% and 0.1%. At 15 MV photon beam, the peripheral dose of dynamic wedge were lower by maximum 1.6%.

Conclusion: This study showed that dynamic wedge can reduce scattered dose of clinical organ close to the field edge and reduced treatment time. The wedge systems produce significantly different peripheral dose that should be considered in properly choosing a wedge system for clinical use.

Key words: physical wedge, dynamic wedge, peripheral dose