

동적 세기조절방사선 치료 시 선량률 변화에 따른 선량학적엽간격 변화 분석

전북대학교병원 방사선종양학과, 전북대학교 의학전문대학원 방사선종양학 교실

양명식 · 박주경 · 이승훈 · 김양수 · 이선영 · 차석용

동적 세기조절방사선치료 시 선량률 변화에 따른 다엽콜리메이터의 엽의 위치를 반영하는 선량학적엽간격과 다엽콜리메이터 투과계수 변화를 분석하여 다엽콜리메이터의 정확성을 평가하고자 하였다.

Millennium 120 MLC 시스템이 장착된 선형가속기의 6 MV와 10 MV X선으로 물 팬텀의 깊이 10 cm에서 CC13과 FC-65G 전리함을 이용하여 선량률을 200, 300, 400, 500, 600 MU/min으로 변화시켜 선량학적엽간격과 다엽콜리메이터 투과계수를 측정하였다.

400 MU/min의 선량률 기준으로 200, 300, 400, 500, 600 MU/min으로 선량률을 변경하여 선량학적엽간격 값을 측정한 결과, 6 MV의 경우 각각 2.59, -1.89, 0.00, -0.58, -2.89%의 차이가 나타났고, 10 MV에서는 각각 2.52, -1.69, 0.00, +1.28, -1.98%의 차이가 나타났다. 다엽콜리메이터 투과계수는 두 종류의 에너지와 모든 선량률에서 약 $\pm 1\%$ 이내의 범위로 측정되었다.

본 연구는 동적 세기조절방사선치료 시 선량률 변화에 대하여 다엽콜리메이터의 선량학적엽간격과 투과계수 변화를 평가하였다. 선량률 변화에 따라서 다엽콜리메이터의 투과계수의 차이는 미미했지만, 선량학적엽간격의 차이는 큰 것으로 확인하였다. 따라서 동적 세기조절방사선치료 시 임의로 선량률을 변경하면 종양에 전달되는 선량에 많은 영향을 미치므로 치료 중에 선량률을 변화시키지 않는 것이 더욱 정확한 방사선치료 방법이라 사료된다.

핵심용어 : 세기조절방사선치료, 선량학적엽간격, 다엽콜리메이터 투과계수, 선량률

서 론

다엽콜리메이터(multileaf collimator: MLC)를 이용하여 기존의 삼차원입체조형 방사선치료(3D conformal therapy: 3DCRT)보다 정상조직을 보호하며 종양을 정밀하게 치료하는 세기조절방사선치료(intensity modulated radiation therapy: IMRT)는 치료계획의 정확성 평가가 매우 중요하다.^{1,2)} 세기조절방사선치료는 종양의 크기와 모양에 최적의 선량분포를 형성할 수 있는 장점이 있지만, 비 균일 플루언스(flucence)로 선량분포를 생성하는 특성으로 치료 전 방사선 치료기에서 환자별 치료계획의 정확성 평가가 반드시 이루어져야 한다.^{3,4)} 이처럼 종양에 최적화된 선량분포는 다엽콜리메이터에 의하여 형성되기 때문에 결과적으로 다엽콜

리메이터의 위치 및 속도의 정확성은 종양에 전달되는 선량에 큰 영향을 미치게 된다.^{5,6)} 미국의학물리학회 Task Group 142 보고서(AAPM TG-142 Report)에서는 방사선치료기기의 정도관리 절차로 다엽콜리메이터의 엽의 위치(leaf position)의 정확성과 엽의 속도(leaf speed) 등을 점검하도록 권고하고 있다.⁷⁾ 이 중 엽의 위치는 다엽콜리메이터의 선량학적엽간격(dosimetric leaf gap: DLG)에 따라 변하게 된다.⁸⁾ 다엽콜리메이터의 선량학적엽간격은 실제 조사야의 가장자리와 다엽콜리메이터의 가장자리 간격의 두 배의 간격으로 정의되며,⁹⁾ 선량 계산에 반영될 수 있도록 치료계획시스템에 입력할 수 있게 되어있다. 이때 선량학적엽간격이 다르게 치료계획시스템에 입력되면 선량적으로 큰 차이를 초래한다. Lee 등⁵⁾의 연구결과에 따르면 치료계획시스템에 부적합한 선량학적엽간격을 적용했을 때 선량 계산에 오류가 증가하는 것으로 나타났으며, 올바른 선량학적엽간격 설정이 정도관리 또는 역선량 계산에 중요한 역할을 한다고 언급하였고, 세기조절방사선수술 치료기법에서

본 논문은 2016년 5월 27일 접수하여 2016년 6월 23일 채택되었음.

책임저자 : 양명식, 전북대학교병원 방사선종양학과
전북 전주시 덕진구 건지로 20, 561-712
Tel : 063) 250-1188
E-mail : 22444@cuh.co.kr

측정된 선량학적엽간격이 치료계획시스템에 적용된 선량학적엽간격과 1.0 mm 차이가 발생하였을 때 측정된 내부장기의 선량과 치료계획시스템에서 계산된 선량이 최대 30.8% 차이를 나타낸다고 설명하였다. Rangel 등¹⁰⁾은 두경부 세기조절방사선 치료계획에서 0.3 mm의 다엽콜리메이터의 위치 차이에 의해 CTV(clinical target volume)가 약 2%의 선량 차이를 보였다고 보고하였다. 따라서 정확한 선량학적엽간격 설정과 정도관리가 반드시 이루어져야 한다. 최근 세기조절방사선치료 치료가 늘어남에 따라 치료실 내

에서는 응급환자나 자세 재현성을 유지하는데 어려움이 있는 환자의 치료시간을 줄이기 위해 조정실에서 임의로 선량률을 조정하여 치료하는 경우가 발생한다. 선량률을 높이면 다엽콜리메이터의 속도가 증가하는데,¹¹⁾ LoSsaso 등¹²⁾은 동적다엽콜리메이터 속도 측정에서 MU(monitor unit)의 변화에 따라 동적다엽콜리메이터의 속도가 변한다고 설명하였다. 또한 sliding window 기법 세기조절방사선치료의 경우 다엽콜리메이터가 실시간으로 움직이므로 임의의 선량률 변화에 의한 다엽콜리메이터의 구동능력 문제 등으로

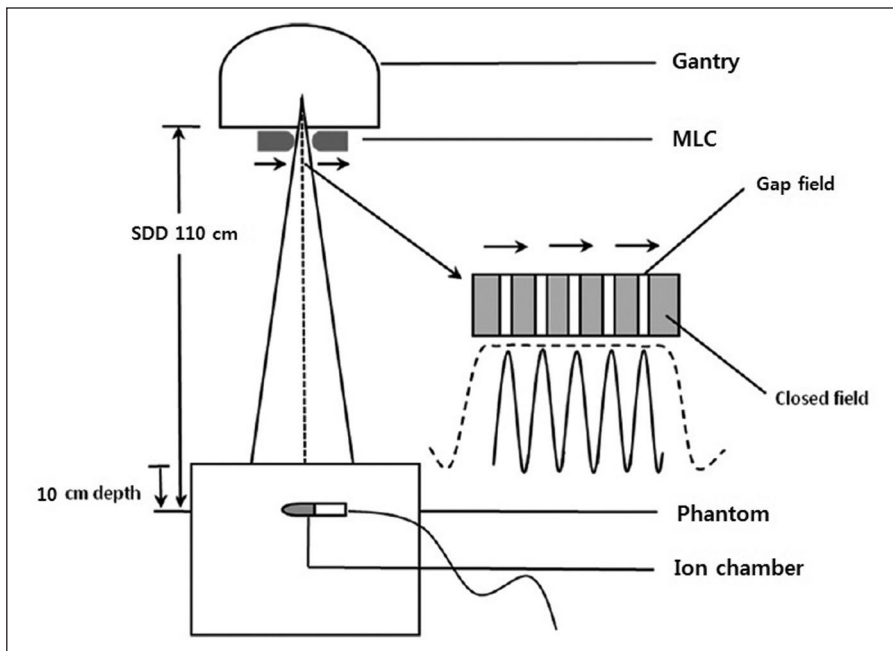


Fig 1. Schematic diagram for a dosimetric leaf gap measurement using ion chamber.

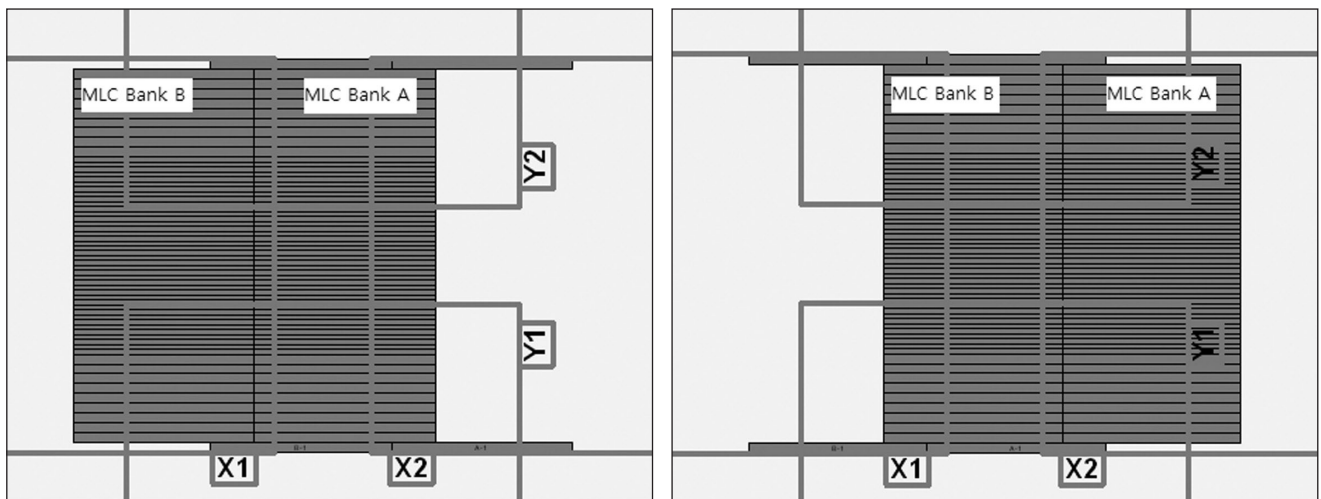


Fig 2. Schematic diagram of the completely blocked MLC field with MLC bank A closed and MLC bank B closed.

업의 위치 정확성의 차이가 있을 것으로 생각된다.

따라서 동적 세기조절방사선치료 시 선량을 변화에 따른 다엽콜리메이터의 업의 위치를 반영하는 선량학적업간격과 다엽콜리메이터 투과계수(transmission factor: TF)의 변화를 분석하여 다엽콜리메이터의 정확성을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 측정 방법

Millennium 120 다엽콜리메이터가 장착된 선형가속기(Clinac iX, VARIAN, USA)를 이용하여 물 팬텀(Calibration Phantom WP1D, Scanditronix-Wellhofer, IBA, Germany)에 유효부피가 0.13 cc인 CC13(IBA Dosimetry, Sweden)전리함과 유효부피가 0.65 cc인 FC65-G(IBA Dosimetry, Sweden)전리함을 전위계(Dose 1, Scanditronix-Wellhofer, IBA, Germany)에 연결하였다.

선량측정은 선원표면간거리(source skin distance: SSD)를 100 cm으로 설정하고, 물 표면부터 10 cm의 깊이에 전리함을 위치시켜 제조사에서 제공한 sliding MLC 치료계획을 이용하여 선량학적업간격을 측정하였고, 열림 조사면(open field), 닫힘 조사면(closed field) 치료계획을 이용하여 투과계수를 측정하였다.[그림 1]

2. 선량학적업간격과 다엽콜리메이터 투과계수 계산

조사면 10×10 cm²에서 다엽콜리메이터는 방사선이 조사되는 동안 중심에서 X축으로 -60 mm에서 +60 mm까지 120 mm를 이동하게 된다. 선량학적업간격을 획득하기 위해 조사면 10×10 cm²에서 좌측 또는 우측 다엽콜리메이터만으로 조사면을 닫았을 때의 빔 투과량 $R_{T,A}$ 와 $R_{T,B}$ 를 획득하였다.[그림 2] 또한 빔이 조사되는 동안에 업간격이 2, 4, 6, 10, 14, 16, 20 mm에서 일정한 속도로 이동하여 측정된 R_g 값을 측정하였다. 이 값들을 통하여 [식 1]로 좌-우측 다엽콜리메이터 빔 투과량의 평균값(R_T)을 획득하였다. [식 2]를 통하여 업간격(g)에 따른 빔 투과량을 획득하였다. [식 2]의 " $\frac{g[mm]}{120[mm]}$ "에서 120[mm]는 다엽콜리메이터가 이동하는 총 거리를 의미한다.

$$R_T = \frac{R_{T,A} + R_{T,B}}{2} \text{ ----- [식 1]}$$

$R_{T,A}$: 좌측 다엽콜리메이터만으로 조사면을 닫았을 때의 빔 투과량

$R_{T,B}$: 우측 다엽콜리메이터만으로 조사면을 닫았을 때의 빔 투과량

$$R_{g,T} = R_g \left(1 - \frac{g[mm]}{120[mm]} \right) \text{ ----- [식 2]}$$

$R_{g,T}$: 다엽콜리메이터 투과계수와 업간격의 측정값

$g[mm]$: 업간격

각 업간격 마다의 교정값(R_g')은 아래와 같이 구하였다.

$$R_g' = R_g - R_{g,T} \text{ ----- [식 3]}$$

R_g : 빔이 조사되는 동안에 업간격이 2.0, 4.0, 6.0, 10.0, 14.0, 16.0, 20.0 mm에서 일정한 속도로 이동하여 측정된 선량

이와 같은 과정으로 R_g' 와 업간격 간의 선형 추세선을 획득하여 해당 방사선치료기기의 선량학적업간격을 계산하였다. [그림 3]

또한 다엽콜리메이터 투과계수는 두 종류의 closed field(Bank A, Bank B)에서 측정된 평균 절대선량 값과 open field에서 측정된 절대선량 값의 비로써 아래 공식을 이용하여 계산하였다.

$$MLC_{Transmissionfactor} = \frac{D_A + D_A/2}{open} \times 100(\%) \text{ ---- [식 4]}$$

D_A : 좌측 다엽콜리메이터만으로 조사면을 닫았을 때의 빔 투과량의 절대선량

D_B : 우측 다엽콜리메이터만으로 조사면을 닫았을 때의 빔 투과량의 절대선량

선량을 변화에 따른 선량학적업간격과 다엽콜리메이터 투과계수를 측정하기 위해 제조사 측정기준을 준용한 선량을 400 MU/min을 기준으로 각각 선량을 200, 300, 400, 500, 600 MU/min으로 변화시켜 각각의 값들을 측정하였다. 모든 측정은 각각의 선량률에서 3회씩 측정하여 평균값을 산출하였고, Varian사에서 제공하는 보고서를 바탕으로 수행하였다.¹³⁾

Table 1. The difference rate of dosimetric leaf gap value in according to dose rate variation (reference dose rate 400 MU/min) (Unit: %)

Energy	Dose rate (MU/min)				
	200	300	400	500	600
6 MV	-2,59	-1,89	0,00	-0,58	-2,89
10 MV	-2,52	-1,69	0,00	+1,28	-1,98

Table 2. The difference rate of MLC transmission factor in according to dose rate variation (reference dose rate 400 MU/min) (Unit: %)

Energy	Dose rate (MU/min)				
	200	300	400	500	600
6 MV	+0,49	-0,38	0,00	-0,48	-0,48
10 MV	+0,36	+0,02	0,00	-0,41	-0,64

Table 3. Dosimetric leaf gap value for comparison of the CC13 chamber and the FC-65G chamber at different dose rate for 6 MV and 10 MV X-ray beam (Unit: %)

Dose rate (MU/min)	6 MV			10 MV		
	CC13	FC-65G	Difference(%)	CC13	FC-65G	Difference(%)
200	1,648	1,596	3,20	1,717	1,754	2,15
300	1,642	1,625	0,99	1,714	1,749	2,08
400	1,675	1,655	1,19	1,741	1,782	2,33
500	1,673	1,638	2,09	1,759	1,809	2,82
600	1,592	1,642	3,18	1,704	1,749	2,63
Average	1,646	1,631	2,13	1,727	1,769	2,40

Table 4. MLC transmission factor for comparison of the CC13 chamber and the FC-65G chamber at different dose rate for 6 MV and 10 MV X-ray beam (Unit: %)

Dose rate (MU/min)	6 MV			10 MV		
	CC13	FC-65G	Difference(%)	CC13	FC-65G	Difference(%)
200	1,424	1,413	0,76	1,633	1,622	0,64
300	1,407	1,406	0,07	1,621	1,623	0,10
400	1,410	1,413	0,28	1,622	1,622	0,01
500	1,405	1,404	0,10	1,612	1,618	0,41
600	1,410	1,400	0,74	1,604	1,618	0,91
Average	1,411	1,407	0,39	1,618	1,621	0,41

결 과

1. 선량학적엽간격

선량률 400 MU/min을 기준으로 200, 300, 400, 500, 600 MU/min으로 선량률을 변경했을 때의 선량학적엽간격은 6 MV의 경우 각각 -2.59, -1.89, 0.00, -0.58, -2.89%의 값의 차이가 나타났고, 10 MV에서는 2.52, -1.69, 0.00, +1.28, -1.98%의 값의 차이가 나타났다(표 1).

2. 다엽콜리메이터 투과계수

선량률 400 MU/min을 기준으로 200, 300, 400, 500, 600

MU/min으로 선량률을 변경했을 때의 다엽콜리메이터 투과계수는 6 MV의 경우 각각 +0.49, -0.38, 0.00, -0.48, -0.48%의 값의 차이가 나타났고, 10 MV에서는 +0.36, +0.02, 0.00, -0.41, -0.64%의 값의 차이가 나타났다(표 2).

3. 이온전리함 체적에 의한 측정치 변화

전리함 체적에 의한 측정 정확도 평가를 위해 CC13과 FC-65G 전리함을 이용하여 선량학적엽간격과 다엽콜리메이터 투과계수를 비교하였다.

선량학적엽간격은 6 MV의 경우 CC13과 FC-65G 전리함에서 각각 1.646, 1.631 mm로 나타났고, 10 MV의 경우 CC13 과 FC-65G 전리함에서 각각 1.727, 1.769 mm로 나타났다.

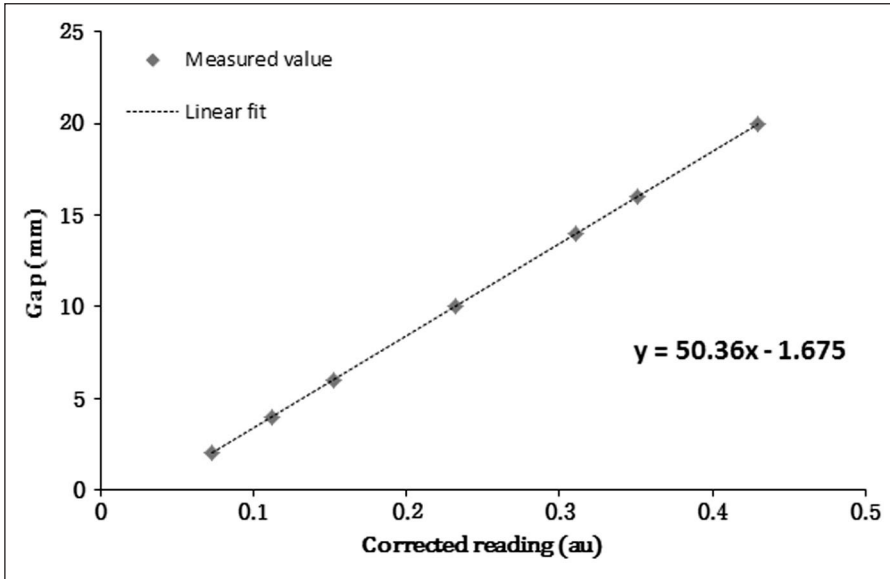


Fig 3.

The linear extrapolation for a dosimetric leaf gap in corrected reading versus gap. The graph of a dosimetric leaf gap for photon energy 6 MV with IBA CC13 ion chamber.

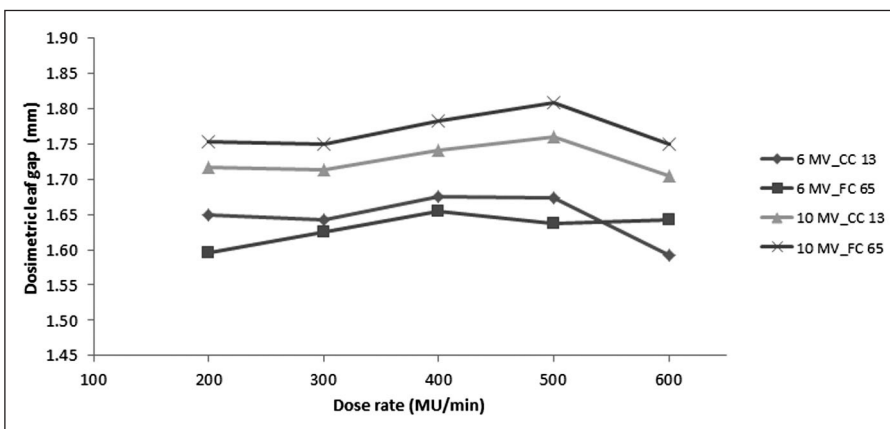


Fig 4.

Dosimetric leaf gap value for the type of ion chamber and X-ray beam energy according to dose rate variation.

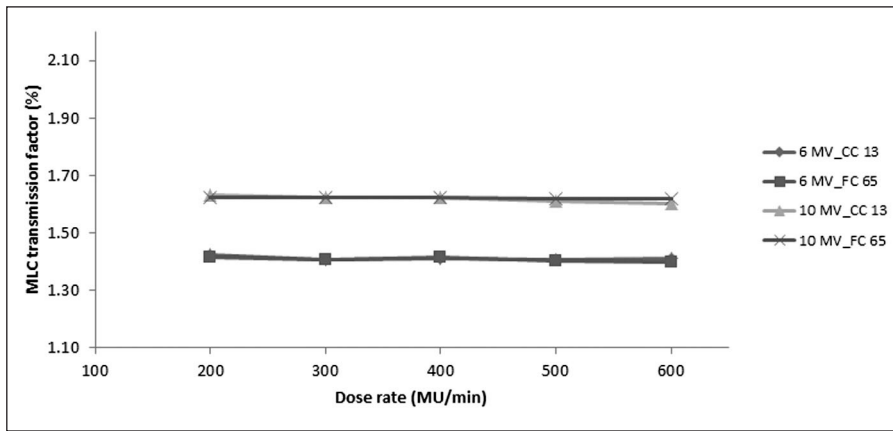


Fig 5.

MLC transmission factor value for the type of ion chamber and X-ray beam energy according to dose rate variation.

선량학적엽간격은 400 MU/min의 선량률 기준으로 200, 300, 400, 500, 600 MU/min으로 선량률을 변경했을 때 6 MV의 경우 각각 3.20, 0.99, 1.19, 2.09, 3.18%의 값의 차이가 나타났고, 10 MV에서는 2.15, 2.08, 2.33, 2.82, 2.63%의 값의 차이가 나타났다[표 3],[그림 4]

다엽콜리메이터 투과계수는 6 MV의 경우 CC13과 FC-65G 전리함에서 각각 1.411, 1.407%로 나타났고, 10 MV의 경우 각각 1.618, 1.621%로 나타났다. 다엽콜리메이터 투과계수는 400 MU/min의 선량률 기준으로 200, 300, 400, 500, 600 MU/min으로 선량률을 변경했을 때 6 MV의 경우 각각 0.76, 0.07, 0.28, 0.10, 0.74%의 값의 차이가 나타났고, 10 MV에서는 0.64, 0.10, 0.01, 0.41, 0.91%의 값의 차이가 나타났다[표 4],[그림 5]

결론 및 고찰

동적 세기조절방사선치료 시 선량률 변화에 따른 다엽콜리메이터의 정확성을 평가하기 위하여 선량학적엽간격과 다엽콜리메이터 투과계수를 측정된 결과 선량학적엽간격은 선량률 400 MU/min을 기준으로 6 MV의 X선에서는 선량률 600 MU/min에서 -2.89%의 가장 큰 차이가 나타났고, 10 MV X선에서는 선량률 200 MU/min에서 -2.52%의 가장 큰 차이가 나타났다. 본 연구에서는 선량률에 따른 선량학적엽간격의 변화를 확인하였고, 선량학적엽간격을 치료계획시스템에 적용하기 전에 이러한 차이를 고려하여야 할 것으로 생각된다. 다엽콜리메이터 투과계수는 모든 에너지와 모든 선량률에서 ±1% 이내의 값의 차이가 나타났다. 이는

다엽콜리메이터가 닫힌 상태에서 빔이 조사되므로 선량률 변화에 따른 투과계수 차이는 크게 나지 않는 것으로 생각된다. 방사선 치료 시 통증 및 장애 등으로 인해 자세 재형성 유지의 어려움이 있는 환자를 치료할 때 임의로 선량률을 높여서 치료하는 경우가 있다. K Joseph 등¹⁴⁾의 연구에 따르면 다엽콜리메이터의 속도를 2.5 cm/sec로 설정하고, 선량률을 300 MU/min에서 600 MU/min으로 증가시켰을 때 전체 MU의 값은 12% 증가하는 것으로 나타났다. 실제 동적 세기조절방사선치료 시 선량률 변화에 따른 선량 차이 및 선량분포 실험에서 선량률 변화에 따라 선량차가 커지는 것으로 나타났고,¹⁵⁾ 치료계획된 선량률 보다 낮은 선량률 또는 높은 선량률로 치료했을 때 선량률이 증가함에 따라 중심점 선량은 감소하는 것으로 나타났다.¹⁶⁾ 이는 선량률의 변화에 따라 다엽콜리메이터의 속도의 변화가 발생함으로써 다엽콜리메이터의 위치 정확성 차이가 나타나기 때문에 선량차가 발생하는 것으로 생각된다.¹⁷⁾ 또한 강민규 등¹⁶⁾은 선량률의 변화에 따라 다엽콜리메이터의 구동이 계획된 위치를 잡는데 느리거나 빠를 시 즉, 다엽콜리메이터의 구동속도 차로 오차가 발생하는 것이라고 발표하였다. Wasbø E 등¹⁸⁾의 연구에서 0.6 mm의 선량학적엽간격을 치료계획시스템에 적용한 치료계획된 값과 측정된 값의 비교 실험에서 다엽콜리메이터를 최대속도의 10분의 1에 해당하는 낮은 속도로 설정하였을 때 최대 속도와 비교하여 선량 차이가 14%까지 발생하는 것으로 나타났다. 따라서 선량률의 변화에 따른 선량학적엽간격의 차이는 선량 차이로 이어지며, 종양에 전달되는 선량에 영향을 미칠 수 있다.

선량학적엽간격은 필름, 배열형 검출기, 이온전리함 등을 이용하여 측정되고 있지만^{5,6,12,17,19)} 아직 선량학적엽간격

측정에 대하여 명확하게 권고되고 있는 방법은 없는 실정이다. 이에 유효 부피가 0.13 cc인 CC13 전리함을 이용하여 선량학적업간격과 투과계수를 측정하였고, 전리함 체적에 의한 측정 정확도 평가를 위해 FC-65G 전리함과 CC13 전리함을 비교하였다. 선량학적업간격의 경우 6 MV의 X선에서는 CC13 전리함에서 평균 2.13% 높게 측정되었고, 10 MV의 X선에서 FC-65G 전리함에서 평균 2.4% 높게 측정되었다. 다엽콜리메이터 투과계수는 6 MV의 X선에서는 CC13 전리함에서 평균 0.4% 높게 측정되었고, 10 MV의 X선에서 FC-65G 전리함에서 평균 0.4% 높게 측정되었다. 본 연구에서는 선량이 FC-65G 전리함이 CC13 전리함보다 높게 측정되었지만 선량학적업간격과 다엽콜리메이터의 투과계수는 CC13 전리함과 비교하여 큰 차이가 나타나지 않았다. 이 결과로 보았을 때 선량학적업간격과 다엽콜리메이터 투과계수는 전리함의 체적에 의존하지 않는 것으로 생각된다. Danielle F 등²⁰⁾의 전리함의 재현성 실험에서 Dynamic MLC field를 유효 체적이 다른 두 개의 전리함으로 비교하였을 때 Farmer type 전리함의 재현성은 1.7%지만 0.13 cc의 유효 부피를 가진 전리함은 Farmer type 보다 낮은 1.0%의 재현성을 나타내었다. 이는 CC13 전리함이 Farmer type 전리함보다 통계적으로 더 우수하다는 점과 유효 체적이 작은 전리함을 통해 작은 측정점에 위치시켜 점선량을 정확하게 측정할 수 있는 장점을 가지고 있어²¹⁾ 방사선치료기의 인수검사 시 유효 체적이 작은 전리함을 이용하여 선량학적업간격과 다엽콜리메이터 투과계수를 측정한다.

본 연구는 동적 세기조절방사선치료 시 선량률 변화에 대하여 선량학적업간격과 다엽콜리메이터 투과계수 변화를 평가하였다. 선량률 변화에 따라서 다엽콜리메이터의 투과계수의 차이는 미미했지만, 선량학적업간격의 차이는 큰 것으로 확인하였다. 자세 재현성 유지가 어려운 환자 치료 시 선량률을 임의로 변경하였을 때 치료계획시스템에 입력된 선량학적업간격과 다른 값으로 다엽콜리메이터가 구동되어 치료가 진행된다. 이로 인해 다엽콜리메이터의 위치 정확성이 감소하며 치료계획시스템의 선량계산 오류와 MU 변화, 다엽콜리메이터의 구동능력 문제, 내부장기의 선량 및 CTV의 선량 차이를 발생시킨다. 따라서 동적 세기조절방사선치료 시 임의로 선량률을 변경하면 중앙에 전달되는 선량에 많은 영향을 미치므로 치료 중에 선량률을 변화시키지 않는 것이 더욱 정확한 방사선치료 방법이라 사료된다.

참고문헌

1. Louis Lee, Quynh-Thu Le, Lei Xing: Retrospective IMRT dose reconstruction based on cone-beam CT and MLC log-file. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 2008;70:634-644
2. Youngyih Han: Review on the Pre-treatment Quality assurance for intensity modulated radiation therapy. *Progress in MEDICAL PHYSICS* 2013;24(4):213-219
3. So Yeon Park, Yang Kyun Park, Jong Min Choi, Chang Heon: MU Fluence reconstruction based-on delivered leaf position for IMRT quality assurance. *JOURNAL OF RADIATION PROTECTION* 2011;38(1):28-34
4. Graves1 Maria N. , Antoinette V. Thompson, Mary K. Martel, Daniel L. McShan1 and Benedick A. Fraass: Calibration and quality assurance for rounded leaf-end MLC systems. *Medical Physics* 2001;28(11):2227-2233
5. Jeong Woo Lee, Semie Hong, Yon Lae Kim, Kyoung Sik Choi, Jin Beom Chung, Doo Hyun Lee, Tae Suk Suh: Effects of static dosimetric leaf gap on MLC-based small beam dose distribution for intensity-modulated radiosurgery. *Journal of Applied Clinical Medical Physics* 2007;8(4):54-65
6. Kayla N. Kielar, Ed Mok, Annie Hsu, Lei Wang and Gary Luxton : Verification of dosimetric accuracy on the TrueBeam STx: Rounded leaf effect of the high definition MLC. *Medical Physics* 2012;39(10):6360-6371
7. Eric E. Klein, Joseph Hanley, John Bayouth, Fang-Fang Yin et al: Task Group 142 report: Quality assurance of medical accelerators. *Medical Physics* 2009;36(9):4197-4212
8. Soon Sung Lee, Sang Hyoun Choi, Chul Kee Min, Woo Chul Kim, Young Hoon Ji, Seungwoo Park, Haijo Jung, Mi-Sook Kim, Hyung Jun Yoo, Kum Bae Kim:Assessment for the Utility of Treatment Plan QA System according to Dosimetric Leaf Gap in Multileaf Collimator, *Medical Physics* 2015;26(3):168-177
9. Zygmanski Piotr, Florin Rosca, Dnyanesh Kadam, Friedlieb Lorenz, Adrian Nalichowski, Laurence Court, and Lee Chin:Determination of depth and field size

- dependence of multileafcollimator transmission in intensity modulated radiation therapy beams. Journal of Applied Clinical Medical Physics 2007;8(4):2693
10. Rangel Alejandra and Peter Dunscombe: Tolerances on MLC leaf position accuracy for IMRT delivery with a dynamic MLC. Medical Physics 2009;36(7): 3304-3309
 11. Neil A Campbell: The Effect of Maximum MLC Speed and Dose Rate Constraints on VMAT Plan Quality, Accuracy and Efficiency, Degree of Master of Science in Medical Physics, 2013
 12. Thomas LoSasso, Chen shou chui, and C. Clifton Ling: Physical and dosimetric aspects of a multileaf collimation system used in the dynamic mode for implementing intensity modulated radiotherapy, Medical Physics 1998;25:1921-1927
 13. Varian Medical Systems: dosimetric leaf gap Measurement Guide.
 14. K Joseph Maria Das, Karthick Raj Mani, Sa Yoganathan: Effect of Leaf Motion Calculator Parameters in Head and Neck IMRT, Medical Physics 2010;37(6):3222
 15. 임경달, 제영완, 윤일규, 이제희, 유숙현: 동적다엽콜리메이터를 이용한 세기변조방사선 치료 시 선량분포상의 선량률 변화에 따른 효과 2012;12:1-10
 16. 강민규, 김성준, 신현수, 김성규: 세기조절방사선치료에서 선량률 변화에 따른 선량분포 특성, 의학물리, 2010;21:218-222
 17. Jonas D. Fontenot: Evaluation of a novel secondary check tool for intensity modulated radiotherapy treatment planning. Journal of Applied Clinical Medical Physics 2014;15(5):207-215
 18. E Wasbø, H valen: Dosimetric discrepancies caused by differing MLC parameters for dynamic IMRT, PHYSICS IN MEDICINE AND BIOLOGY, 2008;53:405-415
 19. Xiangyang Mei¹, Ian Nygren¹ and J. Eduardo Villarreal-Barajas: On the use of the MLC dosimetric leaf gap as a quality control tool for accurate dynamic 세기조절방사선치료 delivery, Medical Physics 2011;38(4):2246-2255
 20. Danielle Fraser, William Parker, Jan Seuntjens: Characterization of cylindrical ionization chambers for patient specific IMRT QA, Journal of Applied Clinical Medical Physics 2009;10(4):241-251
 21. 김선영, 이두현, 조정근, 정도형, 김호식, 최계숙: 세기조절 방사선치료의 환자 정도관리에서 다양한 이온전리함 볼륨이 정확도에 미치는 영향, 대한방사선치료학회지 2006;18(1):1-5

Abstract

Analysis of dosimetric leaf gap variation on dose rate variation for dynamic IMRT

Department of Radiation Oncology, Chonbuk National University Hospital
Department of Radiation Oncology, Chonbuk National University Medical School, Jeonju, Korea

Yang Myung Sic, Park Ju Kyeong, Lee Seung Hun, Kim Yang Su, Lee Sun Young, Cha Seok Yong

To evaluate the position accuracy of the MLC. This study analyzed the variations of the dosimetric leaf gap(DLG) and MLC transmission factor to reflect the location of the MLC leaves according to the dose rate variation for dynamic IMRT.

We used the 6 MV and 10 MV X-ray beams from linear accelerator with a Millennium 120 MLC system. We measured the variation of DLG and MLC transmission factor at depth of 10 cm for the water phantom by varying the dose rate to 200, 300, 400, 500 and 600 MU/min using the CC13 and FC-65G chambers.

For 6 MV X-ray beam, a result of measuring based on a dose rate 400 MU/min by varying the dose rate to 200, 300, 400, 500 and 600 MU/min of the difference rate was respectively -2.59, -1.89, 0.00, -0.58, -2.89%. For 10 MV X-ray beam, the difference rate was respectively 2.52, -1.69, 0.00, +1.28, -1.98%. The difference rate of MLC transmission factor was in the range of about $\pm 1\%$ of the measured values at the two types of energy and all of the dose rates.

This study evaluated the variation of DLG and MLC transmission factor for the dose rate variation for dynamic IMRT. The difference of the MLC transmission factor according to the dose rate variation is negligible, but, the difference of the DLG was found to be large. Therefore, when randomly changing the dose rate dynamic IMRT, it may significantly affect the dose delivered to the tumor. Unless you change the dose rate during dynamic IMRT, it is thought that is to be the more accurate radiation therapy.

Keyword : IMRT, Dosimetric leaf gap, MLC transmission factor, Dose rate