

직장암 치료 시 치료계획에 따른 선량평가 연구

서울대학교병원 방사선종양학과

정현학 · 안범석 · 김대일 · 이양훈 · 이제희

목 적 : 직장암 방사선 치료 시 대퇴골두의 선량을 최소화하기 위해, 보편적인 치료방법인 3문 입체조형치료계획(3D Conformal radiation therapy)과 5문 입체조형치료계획 그리고 용적변조방사선치료(Volumetric Modulated Arc Therapy, 이하 VMAT) 계획의 유용성을 비교, 평가하고자 한다.

대상 및 방법 : 본원에서 21EX(Varian Medical Systems, USA)를 이용하여 치료 받은 직장암 환자 10명을 대상으로 3문, 5문 입체조형치료계획과 VMAT 전산화치료계획을 각각 세우고 이에 대한 선량분포를 비교분석하였다. 전산화 치료계획은 Eclipse(Ver 10.0.42, Varian, USA)를 이용하였으며, 선량계산을 위해 PRO3(Progressive Resolution Optimizer 10.0.28), AAA(Anisotropic Analytic Algorithm Ver 10.0.28) 알고리즘을 사용하였다. 3문 치료계획은 6MV POST field 와 15MV LT, RT field를 갠트리 각도 0°, 270°, 90°로 구성하였고, 5문 치료계획은 6MV POST field와 15MV RAO, RPO, LAO, LPO field를 갠트리 각도 0°, 95°, 45°, 315°, 265°로 환자 체표면을 감싸는 형태로 구성하였다. VMAT 치료계획은 갠트리 회전반경이 360°인 1개의 ARC를 이용하여 수립하였다. 처방선량은 30회에 걸쳐 직장에 총 선량이 54Gy가 되도록 하였다. VMAT 치료계획 최적화(Optimization) 과정에서 나타나는 선량 차이의 무작위성을 최소화하기 위하여 2회의 최적화와 선량계산과정을 거쳤으며 처방선량의 100%가 표적용적의 95%를 포함할 수 있도록 Plan normalization을 조절하였다. 각 치료 계획의 Total MU, 대퇴골두와 acetabular fossa의 최대선량, PTV의 H.I. (Homogeneity Index), C.I. (Conformity Index)를 평가 지표로 설정하였고, 전자영상유도장치를 이용하여 임상 적용 가능 여부 확인을 위한 IMRT verification Q.A. (Gamma test)를 실시하였다.

결 과 : Rt. femoral head 최대선량은 3문, 5문, VMAT 치료계획 순으로 평균 53.08 Gy, 50.27 Gy, 30.92 Gy를 나타냈다. 마찬가지로 Lt. femoral head 에서도 같은 순으로 평균 53.68 Gy, 51.01 Gy, 평균 29.23 Gy를 나타냈다. Rt. Aceta fossa 의 최대선량은 3문, 5문, VMAT 치료계획 순으로 평균 54.86 Gy, 52.40 Gy, 30.37 Gy의 값을 보였다. Lt. Aceta fossa에서 또한 같은 순으로 평균 54.90 Gy, 52.77 Gy, 평균 31.79 Gy를 나타내어, both femoral head 와 aceta fossa의 최대선량이 3문, 5문, VMAT 치료계획 순으로 높았다. PTV에 대한 H.I.는 모두 서로 비슷한 결과를 나타냈고, C.I.는 3문, 5문, VMAT 치료계획 순으로 평균 1.64, 1.48, 평균 0.99로 VMAT 치료계획이 가장 낮은 것으로 나타났다. Total MU는 VMAT 치료계획이 3문과 5문 치료계획에 비해 각각 평균 124.4MU, 299MU 더 많이 사용하는 것으로 나타났다. VMAT 치료계획에 대한 IMRT verification Q.A. 결과 2mm / 2%, Gamma pass rate 90.0% 기준을 모두 초과하여 통과하였다.

결 론 : VMAT 치료계획은 3D 치료계획과 비교하여 대부분의 평가지표에서 우수한 것으로 나타났다. 특히 대퇴골두의 선량을 크게 감소시켰으며, 저선량 영역에서는 소장이 받는 선량이 증가 하였으나 오히려 고선량 영역에서는 우수한 선량분포를 보였다. 하지만 VMAT을 지원하지 않는 장비와 치료계획 시 추가되는 Contouring, 그리고 정도관리에 관한 수고 등의 현실적인 제약 때문에 VMAT 치료계획을 선택하기 어려운 경우가 있을 수 있다. 5문 치료계획은 기존 3문 치료계획에 비해, 추가적인 문제에 구애받지 않고 대퇴골두의 선량을 줄일 수 있는 장점이 있다. 따라서 각 병원 상황에 맞게 치료계획을 선택하여 방사선 치료 효과를 높인다면, 직장암 환자의 효율적인 방사선치료 및 생존 기간의 연장뿐만 아니라 삶의 질 향상에도 도움이 될 것으로 판단한다.

핵심용어 : Rectal cancer, Femoral head blood supply, AVNF, VMAT.

서 론

2013년에 우리나라에서는 연 225,343건의 암이 발생하였고, 결장직장암은 연 27,618건으로 전체 암 발생의 12.3%로

본 논문은 2016년 11월 11일 접수하여 2016년 12월 10일 채택되었음.

책임저자 : 정현학, 서울대학교병원 방사선종양학과
서울시 종로구 연건동 28번지
Tel : 02)2072-4953
E-mail : hak5959@gmail.com

3위를 기록하였다. 그 중 직장암은 12,133건으로 전체 암 발생의 5.4%를 차지하였다. 또한 직장암은 1999년도에서 2013년까지 연간 5.6%의 지속적인 증가율을 보이고 있다.¹⁾

직장암 환자는 수술 전, 후에 항암요법과 병행하여 방사선 치료를 시행하고 있다. 이에 골반부위에 정확한 방사선량을 조사하기 위해서 최적화된 치료 계획이 수립되어야 한다. 하지만 방사선 치료시 대퇴골두 일부가 치료조사야에

포함 되어 많은 방사선량에 노출 되어 골소주가 얇아지게 되는 부작용을 갖고 있다. 이에 더해 조사된 세포는 골소강(lacuna)으로부터 사라지게 되고, 골이 위축되어 골아세포(osteoblast)나 파골세포(osteoclast)도 종종 보이지 않게 된다. 또한 골수 공간이 섬유화되고 미세혈관에 혈류장애를 일으켜, 대퇴골두부의 미세혈류장애가 골세포 괴사를 유발할 수 있다.²⁾

대퇴골두 무혈성괴사(avascular necrosis of femoral head:AVNF)는 혈액순환의 장애로 인한 골괴사이며, 항암화학요법, 스테로이드 치료 외에도 외부 방사선 조사가 AVNF의 원인 중 하나로 알려져 있다. 대퇴골두는 표면에 혈관이 지나지 않는 관절연골로 덮여 있어, 제한된 부분을

통해서 혈액이 공급되고, 측부순환이 제한되어 있어 무혈성괴사가 일어나기 쉬운 부위이다.³⁾ Grigsby는 방사선치료 후 서혜부를 포함한 전골반 방사선치료를 받은 환자 207명 중 10명(4.8%)의 환자에서 대퇴골 골절이 나타났다고 AVNF 발병률에 대해 보고한 바 있다.⁴⁾

직장암 방사선 치료시 AVNF가 유발될 수 있으며, Emami 등에 의하면 대퇴골두를 기준으로 TD5%와 TD50%를 각각 52, 65 Gy로 보고하고 있어⁵⁾, 적절한 치료계획으로 대퇴골두의 선량을 최소화하기 위한 노력이 필요하다고 판단하였다.

이에 본 논문에서는 직장암의 보편적인 치료방법인 3분조사 3차원 입체조형 치료(3-field 3D Conformal radiation

Table 1. Comparison of D(Gy) of both femoral head (Unit in Gy)

	Femoral head Rt			Femoral head Lt		
	3fCRT	5fCRT	VMAT	3fCRT	5fCRT	VMAT
P1	46.94	41.40	21.54	49.74	44.86	21.03
P2	51.08	50.88	43.5	51.16	51.01	42.3
P3	55.34	52.06	32.5	54.83	51.23	25.51
P4	52.51	50.48	33.12	53.09	50.02	27.66
P5	53.10	51.35	38.5	54.87	52.7	34.45
P6	54.42	50.31	23.54	54.08	49.67	24.51
P7	52.79	51.33	33.67	52.34	50.57	33.33
P8	55.07	51.57	29.21	55.44	53.99	27.51
P9	53.54	50.34	26.24	54.86	52.01	28.64
P10	56.04	52.95	27.33	56.34	54.01	27.36
Mean	53.08	50.27	30.92	53.68	51.01	29.23

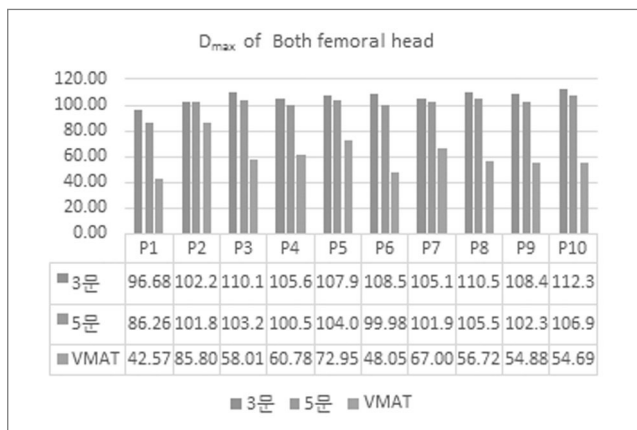


Fig 1. Comparison of D(Gy) of both femoral head

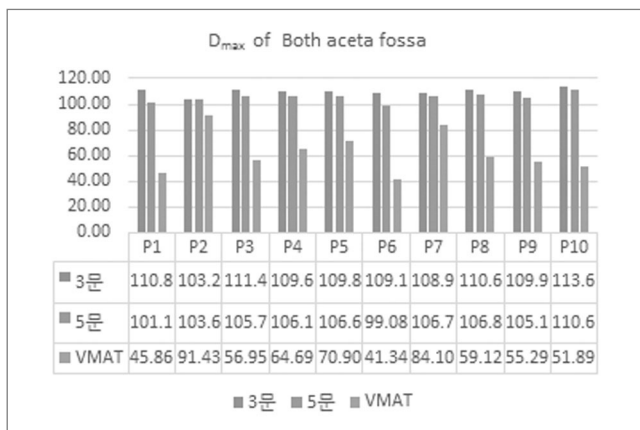


Fig 2. Comparison of D(Gy) of both acetabula

Table 2, Comparison of D of both acetabular fossa

(Unit in Gy)

	Aceta_fossa_Rt			Aceta_fossa_Lt		
	3fCRT	5fCRT	VMAT	3fCRT	5fCRT	VMAT
P1	55.32	49.91	20.86	55.48	51.21	25.00
P2	52.58	52.31	44.65	50.7	51.33	46.78
P3	55.89	53.10	28.5	55.58	52.62	28.45
P4	54.47	53.29	31.47	55.2	52.85	33.22
P5	54.71	53.03	34.45	55.17	53.6	36.45
P6	54.77	49.06	20.12	54.42	50.02	21.22
P7	54.54	53.59	41.54	54.45	53.2	42.56
P8	55.13	52.38	29.46	55.49	54.47	29.66
P9	54.36	52.25	27.19	55.63	52.91	28.1
P10	56.85	55.12	25.44	56.84	55.51	26.45
Mean	54.86	52.40	30.37	54.90	52.77	31.79

therapy, 이하 3문치료) 계획과, 5문조사 3차원 입체조형 치료(5-field 3D Conformal radiation therapy, 이하 5문치료) 계획, 그리고 용적변조방사선치료(Volumetric Modulated Arc Therapy, 이하 VMAT치료)계획의 유용성을 비교, 평가하고자 한다.

대상 및 방법

본원에서 21EX(Varian Medical Systems, USA)를 이용하여 치료 받은 직장암 환자 10명을 대상으로 하였다. 전산화 치료계획은 Eclipse(Ver 10.0.42, Varian, USA)를 이용하였

으며, 선량계산을 위해 PRO3(Progressive Resolution Optimizer 10.0.28), AAA(Anisotropic Analytic Algorithm Ver 10.0.28) 알고리즘을 사용하였다.

3문 치료계획은 6MV POST field 와 15MV LT, RT field를 갠트리 각도 0°, 270°, 90°로 구성하였고, 5문 치료계획은 6MV POST field와 15MV RAO, RPO, LAO, LPO field를 갠트리 각도 0°, 95°, 45°, 315°, 265°로 환자 체표면을 감싸는 형태로 구성하였다. VMAT 치료계획은 갠트리 회전반경이 360°인 1개의 ARC를 이용하여 수립하였다. 처방선량은 모든 치료계획이 30회에 걸쳐 직장에 총 선량이 54 Gy가 되도록 하여 쉽게 비교할 수 있도록 하였다. VMAT 치료계획시 최적화(Optimization) 과정에서 나타나는 선량 차이의 무작위성을 최소화하기 위하여⁹⁾ 2회의 최적화와 선량계산과정을 거쳤으며 처방선량의 100%가 표적용적의 95%를 포함할 수 있도록 Plan normalization을 조절하였다.

비교에 사용된 평가 항목은 표적종양의 처방선량지수(conformity Index, 이하 C.I)[식 1], 선량균질지수(Homogeneity Index 이하 H.I)[식 2], 대퇴골두와 acetabular fossa의 최대선량, 그리고 각 치료계획의 Total MU이다.

용적변조방사선치료(Volumetric Modulated Arc Therapy, 이하 VMAT) 계획의 Q.A.는 TrueBeam STX(Varian Medical Systems, USA)의 EPID를 이용하여

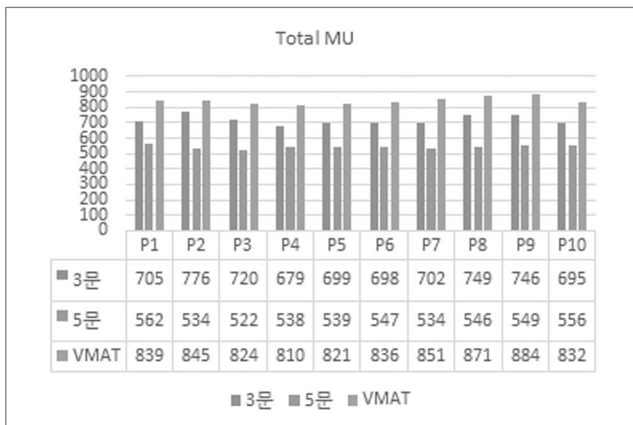


Fig 3. Comparison of Total MU

Portal dosimetry를 진행하였으며 2mm / 2%, pass rate 90% 이상을 통과 기준으로 설정하였다.

$$CI = \frac{V_{RI}}{TV} \quad [식 1]$$

V_{RI} : 처방선량이 조사되는 체적

TV : 표적 체적

$$HI = \frac{D_{5\%} - D_{95\%}}{D_{mean}} \quad [식 2]$$

D_{5%} : Target 용적 5%의 선량

D_{95%} : Target 용적 95%의 선량

D_{mean} : Target 용적 평균선량

결 과

Rt. femoral head의 최대선량은 3분 치료계획에서 최대 56.04 Gy, 최소 46.94 Gy, 평균 53.08 Gy, 5분 치료계획에서 최대 52.95 Gy, 최소 41.40 Gy, 평균 50.27 Gy, VMAT 치료계획에서 최대 38.5 Gy, 최소 21.54 Gy, 평균 30.92 Gy를 나타내었다. 또한 Lt. femoral head의 최대선량은 3분 치료계획에서 최대 56.34 Gy, 최소 49.74 Gy, 평균 53.68 Gy, 5분 치료계획에서 최대 54.01 Gy, 최소 44.86 Gy, 평균 51.01 Gy, VMAT 치료계획에서 최대 42.3 Gy, 최소 21.03 Gy, 평균 29.23 Gy를 나타내어, 양쪽 femoral head의 최대선량이 3분, 5분, VMAT 치료계획 순으로 높았다.(Table 1,

Fig.1)

Rt. Aceta fossa 의 최대선량은 3분 치료계획에서 최대 56.85 Gy, 최소 52.58 Gy, 평균 54.86 Gy, 5분 치료계획에서 최대 55.12 Gy, 최소 49.06 Gy, 평균 52.40 Gy, VMAT 치료계획에서 최대 44.65 Gy, 최소 20.12 Gy, 평균 30.37 Gy를 나타내었다. 또한 Lt. Aceta fossa의 최대선량은 3분 치료계획에서 최대 56.84 Gy, 최소 50.7 Gy, 평균 54.90 Gy, 5분 치료계획에서 최대 55.51 Gy, 최소 50.02 Gy, 평균 52.77 Gy, VMAT 치료계획에서 최대 46.78 Gy, 최소 21.22 Gy, 평균 31.79 Gy를 나타내어, 양쪽 Aceta fossa의 최대선량도 마찬가지로 3분, 5분, VMAT 치료계획 순으로 높은 것을 알 수 있었다.(Table 2, Fig.2.)

C.I.는 3분 치료계획에서 최대 1.78, 최소 1.49, 평균 1.64, 5분 치료계획에서 최대 1.64, 최소 1.34, 평균 1.48, VMAT 치료계획에서 최대 1.05, 최소 0.97, 평균 0.99로 VMAT 치료계획이 가장 낮은 것으로 나타났다.

PTV에 대한 균질성을 나타내는 H.I.는 3분 치료계획에서 최대 0.07 최소 0.04, 평균 0.05, 5분 치료계획에서 최대 0.04, 최소 0.02, 평균 0.03, VMAT 치료계획에서 최대 0.06, 최소 0.04, 평균 0.05 로 서로 비슷한 결과를 나타냈다.(Table 3.)

Total MU는 VMAT 치료계획이 3분과 5분 치료계획에 비해 각각 평균 124.4MU, 299MU 더 많이 사용하는 것으로 나타났다.(Table 4., Fig.3.)

VMAT plan에 대한 IMRT verification Q.A. 결과 2mm / 2%, Gamma pass rate 90.0% 기준을 모두 초과하여 통과하였다.(Table 5.)

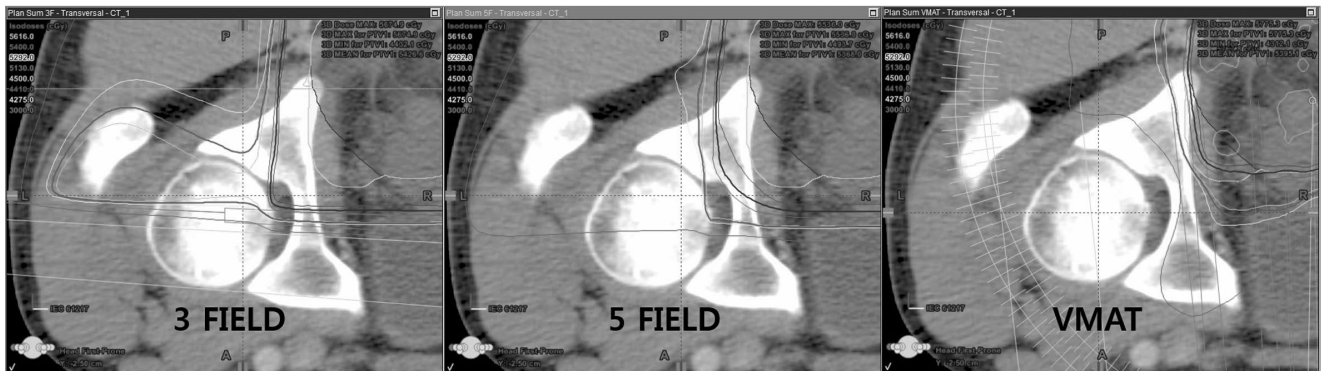


Fig 4. The maximum dose of both femoral head and aceta fossa was higher in the order of 3fCRT, 5fCRT, and VMAT treatment plan.

Table 3. Comparison of H.I. and C.I.

	C.I.			H.I.		
	3fCRT	5fCRT	VMAT	3fCRT	5fCRT	VMAT
P1	1.71	1.49	0.98	0.04	0.02	0.05
P2	1.78	1.64	0.96	0.04	0.03	0.05
P3	1.67	1.53	0.99	0.04	0.04	0.06
P4	1.64	1.48	1.02	0.06	0.03	0.04
P5	1.51	1.43	0.99	0.04	0.03	0.04
P6	1.7	1.53	0.99	0.04	0.03	0.05
P7	1.54	1.34	1.0	0.07	0.03	0.06
P8	1.56	1.46	0.98	0.04	0.03	0.05
P9	1.78	1.52	1.05	0.04	0.03	0.04
P10	1.49	1.4	0.97	0.04	0.03	0.05
Mean	1.64	1.48	0.99	0.05	0.03	0.05

Table 4. Comparison of Total MU

	3fCRT	5fCRT	VMAT
P1	705	562	839
P2	776	534	845
P3	720	522	824
P4	679	538	810
P5	699	539	821
P6	698	547	836
P7	702	534	851
P8	749	546	871
P9	746	549	884
P10	695	556	832
average	716.90	542.70	841.30

Table 5. Gamma pass rate of VMAT plan

(Unit in ratio : %)	
VMAT plan	
P1	91.1
P2	97.5
P3	96.4
P4	95.2
P5	96.8
P6	92.7
P7	93.6
P8	98.1
P9	97.3
P10	95.4
(2mm / 2% criteria)	

결론 및 고찰

최근 직장암에 대한 분자생물학적, 종양학적 연구와 관련된 지식 발전과 기기의 발달은 암 진단 가능성과 치료방법의 발전을 이루어 생존율을 향상 시켰다. 그러나 환자의 삶의 질이 생존율과 비례한다고 볼 수는 없기에 암의 완치와 생존 기간의 연장뿐만 아니라 건강한 삶으로서의 질 향상에 도 많은 노력을 기울여야 한다.

방사선 치료를 시행하는 직장암 환자의 경우 belly board를 사용하여 소장이 받는 선량을 줄이려는 연구, 가임기 남

성의 생식선 차폐를 통해 생식능력 보존을 위한 노력도 있었다. 그러나 직장암 치료 시 대퇴골두 무혈성 괴사(avascular necrosis of femoral head:AVNF)에 관한 연구는 부족한 실정이었다.

본 논문에서는 방사선 치료를 받는 직장암 환자를 대상으로 치료 효율을 높임과 동시에 대퇴골두의 선량을 감소시키기 위하여 직장암의 보편적인 치료방법인 3문 치료계획과 5문 치료계획, 그리고 VMAT 치료계획을 비교분석 하였다.

10명의 환자를 분석한 결과 대퇴골두가 받는 선량이 5문 치료계획이 3문 치료계획에 비해 Rt. femoral head에서 평

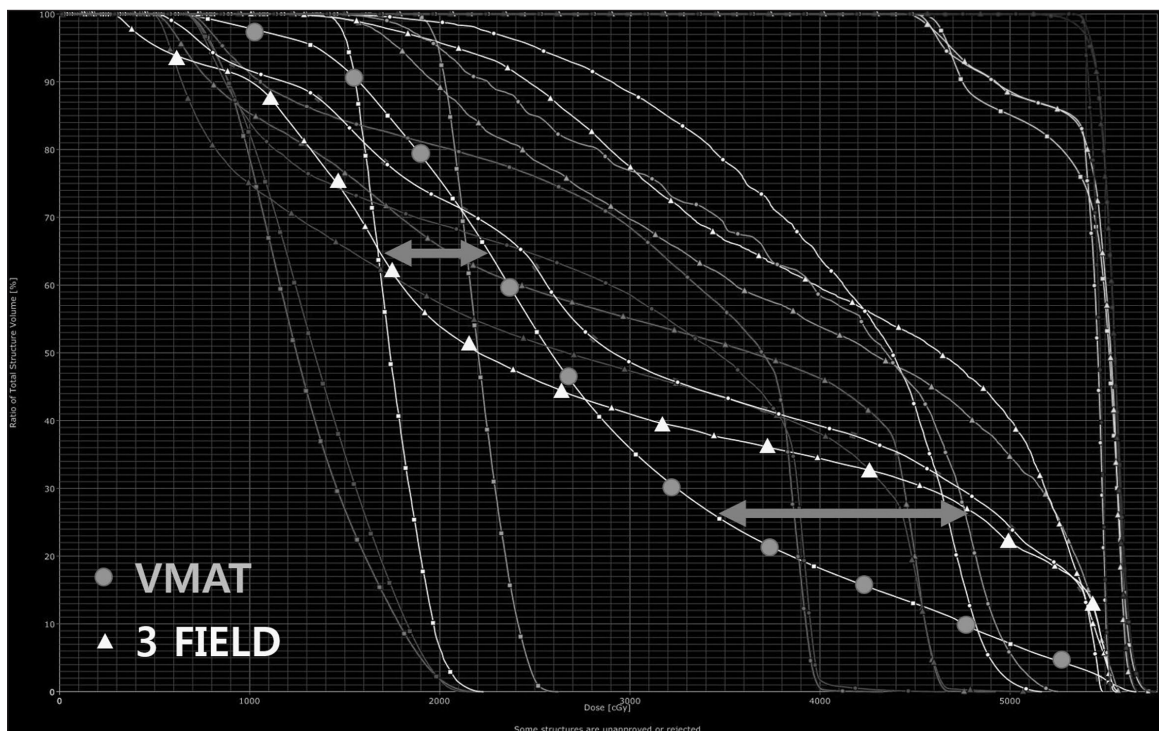


Fig 5. There are differences between dose of small bowels in the DVH that comparing with 3fCRT, 5fCRT and VMAT plan,

균 5.3%, Lt. femoral head에서 4.9% 적었다. VMAT 치료계획은 3분 치료계획과 비교하여 Rt. femoral head에서 평균 41.7%, Lt. femoral head에서 45.37% 적었으며, (Fig.4.) 대부분의 평가지표에서 우수한 결과를 나타냈다. 결론적으로 세 치료 계획을 비교해 볼 때, VMAT 치료계획이 3D 치료계획(3분, 5분)에 비해 효과적이라고 할 수 있었다.

VMAT 치료계획에서 소장이 받는 선량이 저선량 영역에서 3분 치료계획에 비해 환자1의 경우 최대 14.2% 증가한 점은 단점이라고 할 수 있지만, 소장의 견뎌선량을 고려한다면 이는 크게 영향을 미치지 않는 수준이며 오히려 고선량 영역에서 최대 23.9% 적은 선량 값을 보였다. (Fig.5.)

따라서 대퇴골두의 선량을 크게 줄일 수 있다는 장점과 함께 고선량 영역에서 소장이 받는 선량의 감소는 치료계획 선택 시 중요한 요소가 될 것이다.

본원에서는 직장암 치료 시 3분조사가 오랫동안 보편적으로 이루어져 왔다. 이에 더해 대퇴골두 선량을 줄이려는 노력으로 5분조사 치료계획으로 변경하여 치료하고 있다. 그리고 세 치료계획의 선량분포를 비교해 보았을 때, 앞으로는 VMAT 치료계획이 점진적으로 더 많은 비중을 차지할 것으로 예상된다.

하지만 VMAT을 지원하지 않는 장비와 치료계획 시 추가되는 Contouring, 그리고 정도관리에 관한 수고 등 현실적인 제약 때문에 VMAT 치료계획을 선택하기 어려운 경우가 있을 수 있다. 5분 치료계획은 기존 3분 치료계획에 비해 부수적인 추가 작업 없이 대퇴골두의 선량을 줄일 수 있는 장점이 있으므로 각 병원상황에 맞게 치료계획을 선택하여 방사선 치료 효과를 높인다면, 직장암 환자의 효율적인 방사선 치료 및 삶의 질 향상에도 도움이 될 것으로 판단한다.

참고문헌

1. Statistics Korea, Cancer registration statistics [Internet]. Daejeon : Author ; 2013 [cited 2015 March 27]. Available from : http://kosis.kr/eng/statisticsList/statisticsList_01List.jsp?vwcd=MT_ETITLE&parentId=D.
2. DiGiovanni CW, Patel A, Calfee R, Nickisch F. Osteonecrosis in the foot. J Am Acad Orthop Surg

2007; 15:208-217

3. Kerachian MA, Harvey EJ, Cournoyer D, Chow TY, Seguin C. Avascular necrosis of the femoral head: vascular hypotheses. *Endothelium* 2006;13:237-244
4. Grigsby PW, Roberts HL, Perez CA. Femoral neck fracture following groin irradiation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1995;32:63-67
5. Emami B, Lyman J, Brown A, et al. Tolerance of normal tissue to therapeutic irradiation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1991;21:109-122
6. Eugenio Vanetti, Giorgia Nicolini, et al. On the role of the optimization algorithm of RapidArc(R)RapidArc(R) volumetric modulated arc therapy on plan quality and efficiency : *Medical Physics* 2011;38(11): 5844-5846

Abstract

A study of the plan dosimetric evaluation on the rectal cancer treatment

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

Jeong Hyun Hak, An Beom Seok, Kim Dae Il, Lee Yang Hoon, Lee Je hee

Purpose : In order to minimize the dose of femoral head as an appropriate treatment plan for rectal cancer radiation therapy, we compare and evaluate the usefulness of 3-field 3D conformal radiation therapy(below 3fCRT), which is a universal treatment method, and 5-field 3D conformal radiation therapy(below 5fCRT), and Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT).

Materials and Methods : The 10 cases of rectal cancer that treated with 21EX were enrolled. Those cases were planned by Eclipse(Ver. 10.0.42, Varian, USA), PRO3(Progressive Resolution Optimizer 10.0.28) and AAA(Anisotropic Analytic Algorithm Ver. 10.0.28). 3fCRT and 5fCRT plan has 0°, 270°, 90° and 0°, 95°, 45°, 315°, 265° gantry angle, respectively. VMAT plan parameters consisted of 15MV coplanar 360° 1 arc. Treatment prescription was employed delivering 54Gy to rectum in 30 fractions. To minimize the dose difference that shows up randomly on optimizing, VMAT plans were optimized and calculated twice, and normalized to the target V100%=95%. The indexes of evaluation are D of Both femoral head and aceta fossa, total MU, H.I.(Homogeneity index) and C.I.(Conformity index) of the PTV. All VMAT plans were verified by gamma test with portal dosimetry using EPID.

Results : D of Rt. femoral head was 53.08 Gy, 50.27 Gy, and 30.92 Gy, respectively, in the order of 3fCRT, 5fCRT, and VMAT treatment plan. Likewise, Lt. Femoral head showed average 53.68 Gy, 51.01 Gy and 29.23 Gy in the same order. D of Rt. aceta fossa was 54.86 Gy, 52.40 Gy, 30.37 Gy, respectively, in the order of 3fCRT, 5fCRT, and VMAT treatment plan. Likewise, Lt. Femoral head showed average 53.68 Gy, 51.01 Gy and 29.23 Gy in the same order. The maximum dose of both femoral head and aceta fossa was higher in the order of 3fCRT, 5fCRT, and VMAT treatment plan. C.I. showed the lowest VMAT treatment plan with an average of 1.64, 1.48, and 0.99 in the order of 3fCRT, 5fCRT, and VMAT treatment plan. There was no significant difference on H.I. of the PTV among three plans. Total MU showed that the VMAT treatment plan used 124.4MU and 299MU more than the 3fCRT and 5fCRT treatment plan, respectively. IMRT verification gamma test results for the VMAT plan passed over 90.0% at 2mm/2%.

Conclusion : In rectal cancer treatment, the VMAT plan was shown to be advantageous in most of the evaluation indexes compared to the 3D plan, and the dose of the femoral head was greatly reduced. However, because of practical limitations there may be a case where it is difficult to select a VMAT treatment plan. 5fCRT has the advantage of reducing the dose of the femoral head as compared to the existing 3fCRT, without regard to additional problems. Therefore, not only would it extend survival time but the quality of life in general, if hospitals improved radiation therapy efficiency by selecting the treatment plan in accordance with the hospital's situation.

Keyword : rectal cancer, femoral head blood supply, AVNF, VMAT.