

Dosimetric Comparison for Rectal Cancer using 3D-CRT, IMRT, Tomotherapy

Seung-chul Lee,^{1,2} Young-Jae Kim,³ Seong-Joo Jang^{1,*}

¹Department of Radiological Technology, Dongshin University

²Department of Radiation Oncology, Catholic Univ.of Korea Uijeongbu Hospital

³Department of Radiologic Technology, Daegu Health College

Received: August 08, 2017. Revised: October 02, 2017. Accepted: October 31, 2017

ABSTRACT

In this paper, we compared the Radiation treatment plan of rectal cancer on 3D-conformal Radiation Therapy, Tomotherapy and Linac Based IMRT using treatment planning system and to find the optimal treatment technique. The results of the comparison of treatments are as follows. In tumor tissue absorption dose more than 95% of the dose prescription dose and normal tissues (bladder, small bowel, femoral head) was NOT Normal tissue complication rate (V40, V30, V20, V10) but, The most effective treatment (dose distribution) for the three treatments was tomotherapy based IMRT. The worst was 3D-CRT. If this study is applied to patients under their health status and physical environment, patient's prognosis and quality of life will improve.

Keywords: Intensity Modulated Radiation Therapy, Tomotherapy, Rectal Cancer

I. INTRODUCTION

2015년 발간된 국가 암 정보센터 자료에 따르면 대장암의 발생률은 남성에서 3위 여성에서 3위를 기록^[1]하고 있을 정도의 유병률이 높은 암이며 사망률 또한 남성 4위, 여성 2위로 예후 또한 상대적으로 높지 않은 암으로 알려져 있다.

대장암에서의 발생률 중 많은 부분을 차지하는 직장암(rectal cancer)은 전세계적 매우 높은 빈도로 발병하여 수 많은 새로운 환자들이 발생하고 있다.

암의 발생율의 증가는 치료를 위한 의학의 기술을 촉진해 왔다. 대표적인 암의 치료로서는 외과적 수술, 항암치료, 방사선요법으로 알려져 있으며 이러한 요법의 기술력은 날로 증가되고 있다.

3대 암치료법(항암요법, 수술, 방사선)중 하나인 방사선 치료는 치료요법의 향상으로 많은 환자들에

게 적용가능하고 연구와 개발로 종양조직에는 고선량을 부여하며 주변 정상조직을 보호하기 위한 고정밀 방사선치료법이 개발되었다. 대표적인 방사선치료중의 하나로 세기조절 방사선치료(IMRT, intensity modulated radiation therapy)가 있으며 인체 내에 여러 복잡한 구조의 조직을 보호하고 종양조직에만 방사선량을 집중할 수 있도록 다방면으로 사용되고 있다.

직장암에 대한 방사선치료는 IMRT를 적용하기 전에 주로 3차원입체조형치료법(3D-CRT, 3-dimensional conformal radiation therapy)를 이용한 다문조사법을 이용하고 있다. 현재까지 복합적인 이유(병기의 진행 정도, 수술여부, 연령 등)으로 두 가지 치료법은 병행되어 사용되고 있지만 세기조절 방사선치료 기법은 여전히 최적의 선량분포를 구현할 수 있음을 선행연구에서 알아볼 수 있다.^[2]

세기조절방사선치료는 빔의 세기를 인위적으로

* Corresponding Author: Seongjoo Jang

E-mail: sjjang@dsu.ac.kr

Tel: +82-61-330-3321

변화시키고 예전에 치료하던 방향보다 더 많은 빔 방향을 설정해 효과적인 종양포함도(tumor coverage)를 이루어내고 치료 중 정상 장기들의 위험을 피하고자 하는 치료방법이다. 골반부에 위치한 직장(rectal) 주변에는 중요장기들(OARs)이 위치해 있어서 치료계획을 구성할 때 많은 주의가 요구된다.

직장암의 방사선치료시 선량분포의 핵심은 인접한 정상장기의 흡수선량을 낮추는 것이 중요하다. 고정밀 방사선치료는 타치료에 비해 직장 주변 장기인 소장의 부작용을 줄이는 것에 높은 기여를 하고 있다.

최근에는 기존의 선형가속기(Linear-Accelerater)와 더불어 IMRT 전용 치료기인 토모테라피(Hi-Art Helical Tomo Therapy)가 개발되어 좀 더 다양한 치료계획을 사용할 수 있게 되었으며 매일 치료 전에 MVCT를 이용한 영상유도 방사선치료(IGRT, image guided radiation therapy)를 시행할 수 있다.

이에 본 논문에서는 직장암 환자를 대상으로 일반적 치료방식인 3차원입체조형치료법(이하 3D-CRT)와 선형가속기 기반의 IMRT(이하 L-IMRT), 그리고 토모테라피를 이용한 IMRT(이하 T-IMRT)의 치료계획을 각각 수립하여 직장암 환자에 대한 최적의 치료법을 비교하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 실험대상

2015년 1월부터 2016년 8월까지 직장암으로 확진 받은 환자 10명을 대상으로 하였으며 본 환자는 본 실험의 연구목적 및 방법을 숙지하고, 동의를 구하였다. 연구 대상자의 평균나이는 Table 1과 같이 61.7세 이고, 최저연령은 48세였고 최고연령은 70이었다. 10명 각각의 환자들 중에서 4명은 T-IMRT, 3명은 L-IMRT, 그리고 나머지 3명은 3D-CRT로 치료받은 환자들이었으며, 환자 별로 해당 치료방법 이외의 부분의 치료계획을 생성하여 비교, 분석하였다.

Table 1. Subject information

Average Age	67.1 ± 6.8 (48~70)	
RT Methode	T-IMRT	4
	L-IMRT	3
	3D-CRT	3

2. 실험방법

2.1 모의치료(Simulation Therapy)

Siemens 사의 Sensation open을 이용하여 그림 1과 같은 CT모의치료(CT simulation)를 진행하였고 환자치료 체위는 Head first & Prone position으로 실시하였고 스캔범위는 1번 허리뼈(L-Spine)시작점부터 넓다리뼈 중간부위(Middle Femoral Body)까지 포함하여 영상 획득두께 3mm 단위로 영상을 획득하여 재구성(Reconstruction) 후 치료계획장비(RTP system)으로 전송하였다.



Fig. 1. Siemens CT Sensation open.

2.2 방사선치료계획

3가지 다른 치료방법에 대한 치료 계획을 수립, 처방선량은 1회당 선량 1.8Gy, 총 선량은 50.4Gy 총 횟수는 28 Fx 으로 적용하며 이 중 3 Fx은 조사야를 좁혀 1.8Gy의 선량을 3 Fx 적용하여 총 28 Fx의 분할조사를 시행하였다. 3가지 치료계획 모두 동일하게 계획하였으며 숙달된 전문의와 치료전문 방사선사의 협의하에 치료계획용적(PTV, planning target volume)을 설정하였으며 이는 임상계획용적(CTV, clinical target volume)을 기준으로 3~5mm의 영역으로 설정하였고, 정상장기는 방광, 소장, 넓다리머리뼈로 각각 설정하였다.

정상장기의 기준선량은 소장의 경우 V50 < 5% , 넓다리머리뼈는 Dmax < 40Gy , 방광에는 Dmax < 65Gy로 설정하였고 종양에는 처방선량의 95%이상 이 조사되도록 치료계획 하였다. 소장은 PTV를 기준으로 위쪽방향과 아랫방향(upper and lower) 3cm 으로 한정하여 영역설정 후 비교하였다.

2.3 3D-CRT

3D-CRT 치료계획은 Pinnacle V8.0(Philips Medical System, Cleveland, USA) 전산화 치료계획장치를 이용하였고 종양중심점(Iso-Center)에 3분 조사법을 사용하여 환자의 후방과 양 측방에서 환자의 두께와 인체 밀도를 고려해 6MV와 10MV의 광자선을 이용하였다.

후면에서 방사선 조사는 4-5번 허리뼈 사이공간부터 아래쪽으로 좌골극을 기준으로 하였고 골반뼈를 기준으로 바깥쪽으로 1.5cm 의 공간을 확보하였다.

췌기필터는 좌우측 조사각도인 90도와 270도에서 30도의 가상췌기필터를 적용하였다

2.4 L-IMRT

Pinnacle V8.0(Philips Medical System, Cleveland, USA) 전산화 치료계획장치를 이용하였고 IMRT의 선속방향은 각각의 치료계획별로 최소 7개에서 최대 9개로 설정하였으며 에너지는 10MV를 사용하였고, DMPO (Direct Machine Parameter Optimization algorithm) 알고리즘을 사용하였다.



Fig. 2 Linac.

2.5 Tomotherapy

그림 3은 Tomotherapy로 토모테라피의 치료계획은 Hi-Art Helical Tomo Therapy, Tomo Software v4.2.3을 이용하여 진행하였다. 6MV의 단일 에너지를 사용하였고 치료의 부가인자로는 Dose Calculation grid는 Fine, Field Width 1.05cm, Modulation Factor 2.0, Pitch는 0.3으로 적용하였다.



Fig. 3. Tomotherapy.

3. 상호비교

직장암에 대한 환자의 체내 정보를 중심으로 치료용적을 설정하여 치료계획을 3D-CRT, L-IMRT, T-IMRT로 설정한 후 종양과 정상조직의 선량분포와 평균선량, DVH 등을 비교하고자 한다.

Ⅲ. RESULT

각 치료계획으로부터 얻은 선량-체적 히스토그램(DVH)을 토대로 종양이 받는 선량과 주변 OAR에 조사되는 선량을 비교분석하였다. 10명의 환자로부터 얻은 데이터를 각각의 치료계획에 따라 분류하고 평균값과 표준편차로 나타내었다.

GTV에 조사되는 선량 중 평균선량(mean dose)은 T-IMRT가 50.8 ± 0.7Gy, L-IMRT는 50.8 ± 0.8Gy, 3D-CRT는 50.5 ± 1.2Gy 였고 최대선량 (max dose)는 51.9 ± 1.2Gy, 52.2 ± 1.1Gy, 52.5 ± 1.6Gy였다.(Table 1.) 그리고 치료계획용적(PTV)에 대한 평균선량은 각각 50.7 ± 0.7Gy , 50.9 ± 0.6Gy, 50.9 ± 1.1Gy이었으며 maximum dose는 52.9 ± 0.4Gy, 54.2 ± 0.3Gy, 53.4Gy ± 0.8이었다. 치료계획 용적에 대한 평균선량에서는 모든 치료계획들이 처방선량(50.4Gy)에 대해 Table 2와 같은 만족스러운 결과를 나타내었다.

Table 2. Dosimetric results of GTV

GTV(Gy)	mean dose	max	min
T-IMRT	50.8 ± 0.7	51.9 ± 1.2	49.6 ± 1.0
L-IMRT	50.8 ± 0.8	52.2 ± 1.1	50.0 ± 1.3
3D-CRT	50.5 ± 1.2	52.5 ± 1.6	48.5 ± 1.4

종양에 대한 D₉₅에서의 비교 Table 3과 같이 GTV에 서는 T-IMRT인 경우 50.4 ± 0.3 Gy L-IMRT, 50.1 ± 0.5 Gy, 3D-CRT에서는 49.5 ± 0.9 Gy이었고, 치료계획 용적에서는 T-IMRT가 49.8 ± 1.3Gy L-IMRT가 49.1 ± 1.0Gy, 3D-CRT에서는 48.5 ± 1.4 Gy로 나타나서 세 가지 치료계획 모두 눈에 띄는 큰 차이 없이 처방선 량의 95%이상인 95%의 체적에 선량을 충족하였음을 알 수 있었다.

Table 3. Comparison of D₉₅ for GTV and PTV (unit: Gy)

D ₉₅	GTV D ₉₅	PTV D ₉₅	min
T-IMRT	50.4 ± 0.3	49.8 ± 1.3	43.2 ± 1.2
L-IMRT	50.1 ± 0.5	49.1 ± 1.0	46.4 ± 0.8
3D-CRT	49.5 ± 0.9	48.5 ± 1.4	46.8 ± 1.3

직장 주변의 중요장기(Organ At Risk OAR)에 대한 선량부분을 Table 4를 살펴보면 소장(Small Bowel)인 경우 평균 흡수선량은 T-IMRT에서 12.7 ± 2.2 Gy, L-IMRT 12.4 ± 1.2 Gy, 3D-CRT는 18.8 ± 2.0 Gy였으며 최대 흡수선량은 각각 50.3 ± 1.2 Gy, 50.8 ± 0.9 Gy, 52.6 ± 1.3 Gy였다.

Table 4. Small Bowel Dose (unit: Gy)

Bowel	mean dose	max	min
T-IMRT	12.7 ± 2.2	50.3 ± 1.2	0.51 ± 0.3
L-IMRT	12.4 ± 1.8	50.8 ± 0.9	0.22 ± 0.3
3D-CRT	18.8 ± 2.0	52.6 ± 1.3	0.50 ± 0.4

Table 5의 소장(Small bowel)에서의 일정한 기준선 량이 조사되는 체적에 관한 비교에서는 V₁₀을 제외 한 V₂₀, V₃₀, V₄₀, V₅₀에서 T-IMRT, L-IMRT, 3D-CRT 순으로 흡수선량이 적었다.

본 연구에서는 각 치료방법에서 저선량이 조사되는 체적(V₁₀, V₂₀)에서는 비교적 조사되는 체적이 RTOG와 비교해 보았을 경우 적절하였다.

다만, V₅₀에서 T-IMRT와 L-IMRT가 0%로 기준에 적

합했지만 3D-CRT는 5% ± 0.4로 기준에 미흡했음을 알 수 있었다.

Table 5. Percentage of Small Bowel Dose (unit: %)

Bowel	V ₁₀	V ₂₀	V ₃₀	V ₄₀	V ₅₀
T-IMRT	44% ± 0.8	25.5% ± 0.6	15% ± 0.4	9% ± 0.3	0% ± 0.1
L-IMRT	37.5% ± 1.1	31% ± 1.0	18% ± 0.6	9.7% ± 0.4	0% ± 0.3
3D-CRT	51.5% ± 3.2	35% ± 2.3	30% ± 1.4	26% ± 0.4	5% ± 0.4

방광에 흡수되는 평균선량은 Table 6에서 보는 바와 같이 T-IMRT, L-IMRT, 3D-CRT에서 각각 22.1 ± 1.4 Gy, 22.8 ± 1.8 Gy, 44.9 ± 2.3 Gy였으며 최대선량은 47.0 ± 1.1 Gy, 48.7 ± 1.6 Gy, 48.8 ± 2.0 Gy로 나타났다.

Table 6. Bladder Dose (unit: Gy)

Bladder	mean dose	max	min
T-IMRT	22.1 ± 1.4	47.0 ± 1.1	7.3 ± 0.6
L-IMRT	22.8 ± 1.8	48.7 ± 1.6	6.2 ± 0.8
3D-CRT	44.9 ± 2.3	48.8 ± 2.0	19.4 ± 1.5

우측 넓다리머리뼈(Right Femoral Head)에 대한 평균 흡수선량은 T-IMRT인 경우 17.6 ± 2.1Gy, L-IMRT는 22.1 ± 1.9 Gy, 3D-CRT는 35.2 ± 2.2Gy이었으며, 최대 흡수선량은 39.4 ± 1.2Gy, 44.1 ± 1.7Gy, 47.7 ± 1.7Gy로 나타났다

좌측 넓다리머리뼈(Left Femoral Head)부분에서는 평균 흡수선량은 T-IMRT인 경우 17.5 ± 1.8Gy, L-IMRT는 22.3 ± 2.3Gy, 3D-CRT는 35.0 ± 2.6Gy로 나 타났으며 최대흡수선량은 T-IMRT 28.3 ± 1.3Gy, L-IMRT 33.9 ± 1.6Gy, 3D-CRT 38.8 ± 2.2Gy이었다.

양쪽 넓다리머리뼈의 체적에 대한 선량비교에서는 Table 7에서 보는 것처럼 T-IMRT와 L-IMRT 에서는 V₂₀에서의 큰 선량감소를 볼 수 있지만, 3D-CRT에서 는 여전히 높은 선량을 받는 것으로 나타났다.

Table 7. Both Femoral Head absorption Dose (unit : Gy)

	modality	mean dose	max	min	V ₁₀	V ₂₀
Rt.Femoral Head	T-IMRT	17.6 ± 2.1	39.4 ± 1.2	12.2 ± 0.9	100%	18% ± 0.2%
	L-IMRT	22.1 ± 1.9	44.1 ± 1.7	22.1 ± 1.3	100%	62% ± 1.0%
	3D-CRT	35.2 ± 2.2	47.7 ± 1.7	30.2 ± 2.1	100%	100%
Lt. Femoral Head	T-IMRT	17.5 ± 1.8	28.3 ± 1.3	11.8 ± 1.0	100%	16.7% ± 0.4%
	L-IMRT	22.3 ± 2.3	33.9 ± 1.6	11.0 ± 1.2	100%	66% ± 1.2%
	3D-CRT	35.0 ± 2.6	38.8 ± 2.2	32.7 ± 2.1	100%	100%

IV. DISCUSSION

방사선치료는 정상장기에는 선량을 최소화하여 부작용을 최소화시키고, 종양조직의 억제율을 높이기 위해 또는 악성종양을 제거하기 위해 최대의 선량을 주는 것을 목적으로 한다.

본 연구에서는 직장암에 대해 방사선치료를 받을 때에 직장이 받는 적절한 선량과 주변 정상장기들이 받는 선량에 대해 Helical-Tomotherapy, LINAC based IMRT(Intensity Modulated Radiation Therapy), 3D-CRT(3dimensional Conformal Radiation Therapy) 이 3가지 치료계획을 통해 비교해보고자 하였다.

3가지의 모든 치료계획에서 소장에 흡수되는 선량의 최대값은 기준값인 50 Gy 미만이라는 RTOG 0822 권고안²⁾에 부합한 것으로 선량 적절성을 확보하였다.

Bazan JG 등³⁾의 연구에 따르면 항문암 치료 시 세기 조절방사선치료(IMRT)가 3D-CRT에 비해 뛰어난 Local Control과 위장관계 부작용에 좋은 것으로 나타났다.

Lawrence B 등⁴⁾의 연구에서도 전립선암 치료에 있어 IMRT를 이용한 정밀한 치료계획으로 종양에 선량을 집중하고 정상장기들이 치료 중 생길 수 있는 합병증을 줄일 수 있음을 발표하였다.

본 논문에서도 PTV에 대한 선량 비교에서 PTV의 95%에 처방선량을 나타내고 있는지 확인해보면 Tomotherapy를 이용한 IMRT가 가장 양호한 결과를 보였으며 그 뒤를 Linac based IMRT, 3D-CRT 순(처방선량 50.4Gy에 대해 T-IMRT 49.8 ± 1.3 Gy, L-IMRT 49.1 ± 1.0Gy, 3D-CRT 48.5 ± 1.4Gy)이었다.

정상조직의 흡수선량을 선량을 분석해보면 T-IMRT와 L-IMRT가 3D-CRT에 비해 소장, 방광, 넓다리머리뼈에서 평균 흡수선량이 낮아 정상조직의 방어율이 높다는 것을 알 수 있었다.

Seok Ho Lee 등⁵⁾의 연구에서는 Belly Board hole의 위치에 따라 소장이 받는 선량이 변할 수 있음을 보여주고 있어 매번 환자의 자세 유지에도 각별히 신경을 써야만 한다. 방사선 조사범위안에 소장의 용적이 포함되는 것에 따라 급성 혹은 만성 부작용으로 이어질 수 있기 때문이다.

본 연구에서 소장에 대한 V₅₀에 관해서 T-IMRT

와 L-IMRT 0%, 3D-CRT에서 5% ± 0.4의 결과를 보였는데 이는 Emami B의 보고서에 의하면 만성장폐색증 발생을 줄이려면 V₅₀ < 5% 기준을 충족하여야 하는 것으로 보고하고 있으며 T-IMRT와 L-IMRT치료에서는 본 요건을 충족하였지만 3D-CRT에서는 미흡한 결과를 보여주었음 볼 수 있었다.

IH Abdulkareem⁶⁻⁸⁾에 따르면 골반 부위 종양에 방사선 치료 시 발생할 수 있는 부작용으로 넓다리머리뼈(Femoral head)에 고선량이 조사되면 osteonecrosis 또는 avascular Necrosis가 발생되어 높은 연령의 환자일 경우 골절을 일으킬 수 있는 하나의 큰 위험으로 발전할 수 있기 때문에 이것을 예방하기 위해 치료계획과 선량에 주의하도록 권고하고 있다. 넓다리머리뼈의 골다공증 생성에 대한 결정선량(critical dose)발생할 가능성이 높은)를 30~40Gy 이상의 선량을 받으면 위험할 수 있음을 알리고 있다.

V. CONCLUSION

방사선 치료요법의 3가지 방식인 Helical-Tomotherapy를 이용한 IMRT 치료와 선형가속기의 IMRT 그리고 기존의 3D-CRT를 이용하여 직장암 환자의 치료기법을 상호 비교해 본 결과 T-IMRT, L-IMRT, 3D-CRT 모두 종양에 적절한 처방선량을 보였으며 정상조직의 방어율도 모두 높은 것으로 나타났다. 단순선량비교를 토대로 관찰하면 T-IMRT가 가장 효율적이었으며 3D-CRT가 3가지 치료법에서는 가장 낮았다. 3가지 치료법 모두 효율적이었으므로 환자의 상태와 여건을 고려하여 가장 적합한 치료법을 이용하여 치료하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

Reference

- [1] National Cancer Information Center
- [2] Emami B : Tolerance of Normal Tissue to Therapeutic Radiation. *Radiother Oncol.* Vol. 1, No. 1, pp. 25-48, 2013
- [3] Bazan JG, Hara W, Hsu A, Kunz PA, Ford J, Fisher GA : Intensity-modulated radiation therapy versus conventional radiation therapy for squamous cell carcinoma of the anal canal. *Cancer* Vol. 117, No. 15, pp.

3342-3351, 2011

- [4] Lawrence B. Marks, Ellen D. Yorke, Andrew Jackson, Randall K. Ten Haken, Louis S. Constine, Avraham Eisbruch, Søren M. Bentzen, Jiho Nam, and Joseph O. Deasy : Use of Normal Tissue Complication Probability Models in the Clinic. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* Vol.76, pp.10-19, 2010
- [5] Seok Ho Lee, Tae Hyun Kim, Dae Yong Kim, Kwan Ho Cho, Joo-Young Kim, Sung Yong Park, Dae Hyun Kim, Seok-Byung Lim, Hyo Seong Choi, Hee Jin Chang: The effect of belly board location in rectal cancer patients treated with preoperative radiotherapy, *J. Oncology*, Vol. 18, Issue. 6, pp. 441-446, 2006
- [6] Leire ArbeaEmail author, Luis Isaac Ramos, Rafael Martínez-Monge, Marta Moreno and Javier Aristu. Intensity-modulated radiation therapy (IMRT) vs. 3D conformal radiotherapy (3DCRT) in locally advanced rectal cancer (LARC): dosimetric comparison and clinical implications. *Radiat Oncol.* Vol. 5, No. 17, 2010
- [7] IH Abdulkareem : Radiation-induced femoral head necrosis. *Niger J Clin Pract* Vol. 16, pp. 123-6, 2013
- [8] HI Libshitz and BS Edeiken, Radiotherapy changes of the paediatric hip. *AJR Am J Roentgenol.* Vol. 137, No. 3, pp. 585-588, 1981.

직장암의 방사선 치료 시 3D-CRT, IMRT, Tomotherapy를 이용한 치료계획 및 주변 정상장기 선량 비교

이승철,^{1,2} 김영재,³ 장성주^{1,*}

¹동신대학교 방사선학과

²가톨릭대학교 의정부성모병원 방사선종양학과

³대구보건대학교 방사선과

요 약

본 논문에서는 직장암 환자를 대상으로 일반적 치료방식인 3차원입체조형치료법과 선형가속기 기반의 IMRT, 그리고 토모테라피를 이용한 IMRT의 치료계획을 각각 수립하여 직장암 환자에 대한 최적의 치료법을 비교하고자 하였다. 치료법 비교 결과 종양조직에서는 처방선량의 95% 이상의 흡수선량을 만족시키고 있었으며 정상조직인 방광, 소장, 넓다리머리뼈의 정상조직의 합병증 발생율의 기준(V40, V30, V20, V10)을 만족하였다. 다만, 3가지의 치료법에서 선량분포측면에서 가장 효율적인 치료법은 Tomotherapy기반의 IMRT였으며 가장 낮은 효율을 보인 치료법은 3DCRT였다. 직장암의 방사선 치료시 환자의 자세재현성, 개인적인 신체환경 등을 고려하여 가장 적합한 치료방식을 적용한다면 환자의 예후와 삶의 질에 긍정적인 효과가 나타날 것으로 사료된다.

중심단어: 세기조절방사선치료, 토모테라피, 직장암