

자궁경부암 강내조사 시 CT를 이용한 CTV에 근거한 치료계획과 ICRU 38에 근거한 치료계획의 비교

국립암센터 양성자치료센터

심진섭, 조정근, 시창근, 이기호, 이두현, 최계숙

- Abstract -

Comparison of CT based-CTV plan and CT based-ICRU38 plan in brachytherapy planning of uterine cervix cancer

Proton Therapy Center, National Cancer Center

JinSup Shim, JungKun Jo, ChangKeun Si, KiHo Lee, DuHyun Lee, KyeSuk,Choi

Purpose : Although Improve of CT, MRI Radio-diagnosis and Radiation Therapy Planing, but we still use ICRU38 Plannig system(2D film-based) broadly. 3-Dimensional ICR plan(CT image based) is not only offer tumor and normal tissue dose but also support DVH information. On this study, we plan irradiation-goal dose on CTV(CTV plan) and irradiation-goal dose on ICRU 38 point(ICRU38 plan) by use CT image. And compare with tumor-dose, rectal-dose, bladder-dose on both planning, and analysis DVH

Method and Material : Sample 11 patients who treated by Ir-192 HDR. After 40Gy external radiation therapy, ICR plan established. All the patients carry out CT-image scanned by CT-simulator. And we use PLATO(Nucletron) v.14.2 planing system.
We draw CTV, rectum, bladder on the CT image. And establish plan irradiation-100% dose on CTV(CTV plan) and irradiation-100% dose on A-point(ICRU38 plan)

Result : CTV volume(average±SD) is $21.8\pm 26.6\text{cm}^3$, rectum volume(average±SD) is $60.9\pm 25.0\text{cm}^3$, bladder volume(average±SD) is $116.1\pm 40.1\text{cm}^3$ on sampled 11 patients. The volume including 100% dose is $126.7\pm 18.9\text{cm}^3$ on ICRU plan and $98.2\pm 74.5\text{cm}^3$ on CTV plan. On ICRU planning, the other one's 22.0cm^3 CTV volume who residual tumor size excess 4cm is not including 100% isodose. 8 patient's $12.9\pm 5.9\text{cm}^3$ tumor volume who residual tumor size belows 4cm irradiated 100% dose. Bladder dose(recommended by ICRU 38) is $90.1\pm 21.3\%$ on ICRU plan, $68.7\pm 26.6\%$ on CTV plan, and rectal dose is $86.4\pm 18.3\%$, $76.9\pm 15.6\%$. Bladder and Rectum maximum dose is $137.2\pm 50.1\%$, $101.1\pm 41.8\%$ on ICRU plan, $107.6\pm 47.9\%$, $86.9\pm 30.8\%$ on CTV plan. Therefore CTV plan more less normal tissue-irradiated dose than ICRU plan. But one patient case who residual tumor size excess 4cm, Normal tissue dose more higher than critical dose remarkably on CTV plan. 80%over-Irradiated rectal dose($V_{80\text{rec}}$) is $1.8\pm 2.4\text{cm}^3$ on ICRU plan, $0.7\pm 1.0\text{cm}^3$ on CTV plan. 80%over-Irradiated bladder dose($V_{80\text{bla}}$) is $12.2\pm 8.9\text{cm}^3$ on ICRU plan, $3.5\pm 4.1\text{cm}^3$ on CTV plan. Likewise, CTV plan more less irradiated normal tissue than ICRU38 plan.

Conclusion : Although, prove effect and stability about previous ICRU plan, if we use CTV plan by CT image, we will reduce normal tissue dose and irradiated goal-dose at residual tumor on small residual tumor case. But bigger residual tumor case, we need more research about effective 3D-planning.

I. 서 론

현재 대부분의 병원에서는 자궁경부암의 강내조사(ICR) 치료시 ICRU38에 근거한 Film Based Planning을 사용하고 있다. 그러나 최근 CT, MRI등 영상진단기술 및 방사선치료계획 소프트웨어의 발전으로 인하여 CT를 이용한 3차원 강내조사 치료계획이 수립 가능하게 되었다. 이러한 CT를 이용한 3차원 강내조사 치료계획은 Target, Organ의 DVH(Dose Volume Histogram)을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 기존의 A Point외에 CTV(Clinical Target Volume), PTV(Planning Target Volume)등에 Prescription이 가능하게 되어 치료계획을 보다 더 정확하게 세울 수 있게 되었다. 본 연구에서는 CT를 이용하여 CTV에 목표선량을 조사하는 치료계획(CTV계획)과 ICRU38에 근거한 치료계획(ICRU계획)을 시행하여 이 두 치료계획 간에 중앙선량, 직장선량, 방광선량 등을 비교하고 각각에 대한 DVH를 비교하였다

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

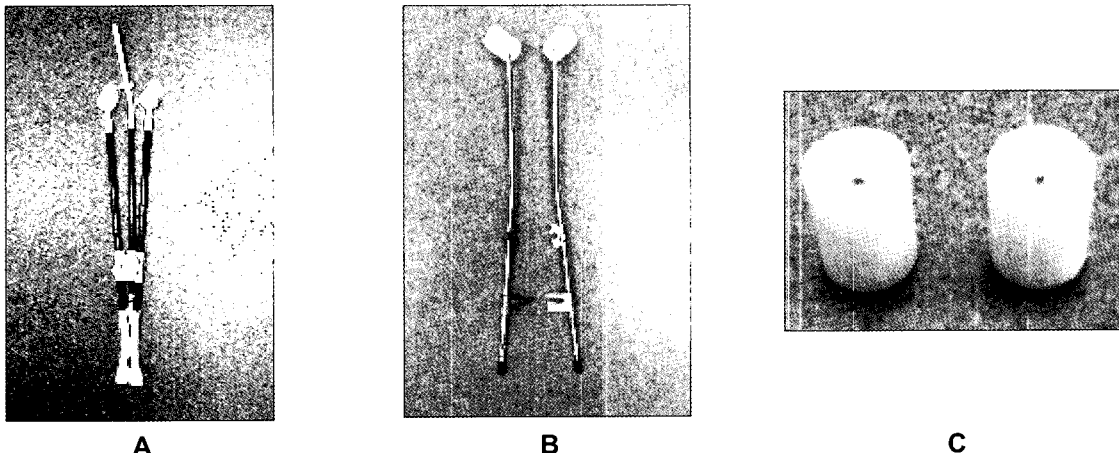


Fig 1. CT/MR Applicator Vs. Fletcher-Williamson applicator set with modified ovoid cap

A: CT/MR Applicator

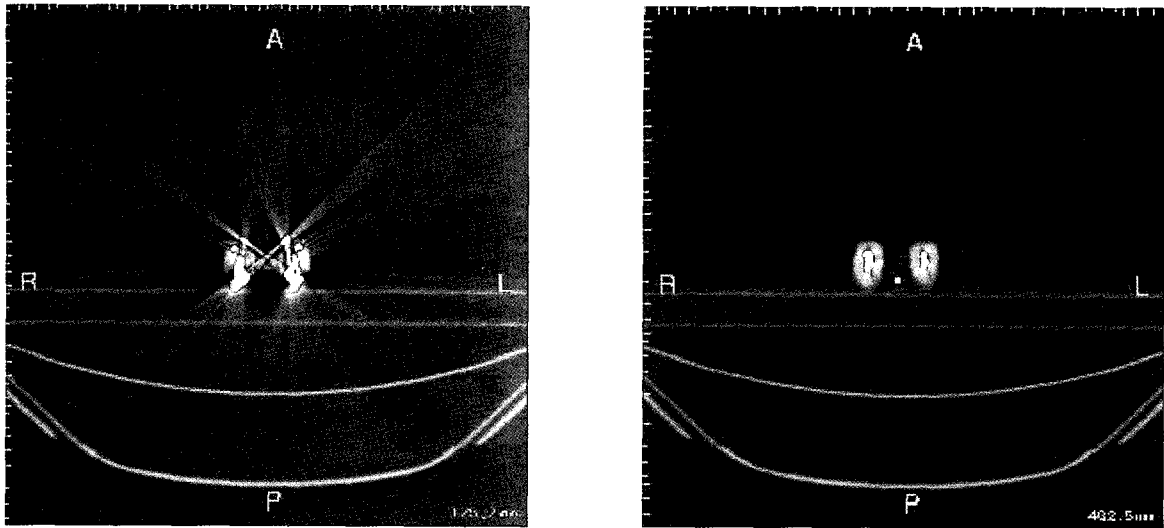
B: Fletcher-Williamson applicator set

C: modified ovoid cap

본원에서 Ir-192 고선량을 강내치료(HDR)을 시행 받은 11명의 환자를 대상으로 하였다.

2. 연구방법

강내조사계획은 외부방사선 치료를 40Gy를 시행한 후 수립되었으며 CT는 Philips사의 Ultra Z를, Planning System은 PLATO planning system(BPS v14.2, Evi v2.9)를 이용하였다. 그리고 기존의 Fletcher-Williamson applicator set은 CT/MRI용으로 들어온 것이 있었지만 이것은 입상에 쓰이기에는 실제 치료시 사용하는 Fletcher-Williamson applicator set과 기하학적으로 차이가 있을 뿐만 아니라 고정에도 용이하지 않았다. 따라서 본원에서는 기존에 치료시 사용하는 Fletcher-Williamson applicator set과 동일하면서 CT촬영시에는 Noise 발생이 최소화 될 수 있는 modified ovoid cap을 개발하게 되었다. 이 modified ovoid cap은 기존의 치료시 사용하는 Fletcher-Williamson applicator set과 기하학적인 조건이 동일하면서 재질 또한 동일한 것으로 제작 되었으며, 시행 전 CT모의치료기에서 Test후 입상에 적용하였다.



A. Fletcher-Williamson applicator

B. Modified Fletcher-Williamson applicator

Fig 2. Modified Fletcher-Williamson applicator의 Image improvement item evaluation

CT Image에 CTV, 직장, 방광 등을 도시한 후 CTV에 100%의 선량을 조사하는 치료계획 및 ICRU38에 근거하여 A-Point에 100%를 조사하는 치료계획을 수립하였다.

Point A, Rectal & Bladder Reference Points는

ICRU38에 기술된 내용을 토대로 표시하였으며 Maximum Rectal & Bladder Points는 CT Image정보를 이용하여 표시하였다.

CTV는 GTV + 0.5 cm Safety Margin을 주는 것으로 치료계획을 수립하였다.



Fig 3. CT based 3-dimensional display of pelvis

III. 연구결과

1. CT Image를 이용해서 CTV, Bladder, Rectum의 Contouring을 실시한 후 Volume(cm3)를 얻었다.

2. ICRU38에 근거한 plan과 CTV에 근거한 Plan으로 100% Prescription Dose 가 들어가는 Volume을 구해보았다. 예외적으로 11명의 환자 중 CTV의 직경이 6.8cm로 10명 환자의 CTV직경(3.3~4.9cm)보다 큰 1명의 환자가 있었으며, 이 환자의 Volume은 별도로 구해 보았다.

CTV가 예외적으로 큰 1명의 환자(CTV diameter =6.8cm)를 제외하고는 나머지 환자의 경우에는 100% Prescription Dose가 들어가는 Volume (cm3)은 CTV Plan이 ICRU38 plan보다 53.4±22.8정도 적게 나오는 것을 알 수 있다. 그러나 CTV가 예외적으로 큰 1명의 환자(CTV diameter=6.8cm)의 경우에는 ICRU38 plan이 CTV Plan보다 220.9cm3 만큼 적게 나왔다. 따라서 CTV의 크기에 따라 두 분류로 나누어 Bladder 와 Rectum point dose(%)를 구해보았다.

Table 1. Calculated volumes and ranges (Arg±SD)

	Volume(cm3)	Range(cm3)
CTV	21.8±26.6	5.3~99.8
Rectum	60.9±25	15.6~104
Bladder	111.6±40.1	65~165

Table 2. Irradiated volume receiving 100% of prescribed dose

	Volume (cm3)			
	ICRU38 plan	CTV plan	Difference	Ratio
All (N=11)	126.7±18.9	98.2±74.5	28.4±85.5	1.29
CTV diameter=6.8cm	91.2	312.1	-220.9	0.29
the other patients(N=10) CTV diameter=3.3~4.9	130.2±15.6	76.8±23.9	53.4±22.8	1.69

Table 3. Bladder and Rectum point dose(%) for 10 patients except 1 patient(CTV diameter=6.8cm)

	ICRU38 plan	CTV plan
ICRU 38 reference point dose(%)		
bladder	90.1±21.3	68.7±26.6
rectum	86.4±18.3	76.9±15.6
Maximun point dose(%)		
bladder	137.2±50.1	107.6±47.9
rectum	101.1±41.8	86.9±30.8

Table 4. Bladder and Rectum point dose(%) for 1 patient(CTV diameter=6.8cm)

	ICRU38 plan	CTV plan
ICRU 38 reference point dose(%)		
bladder	104.2	185.3
rectum	70.4	173.8
Maximum point dose(%)		
bladder	277.8	404.7
rectum	92.5	218.6

Table 3에서는 CTV Plan을 한 경우가 Bladder 와 Rectum point dose(%)가 적었지만 Table 4에서는 반대로 ICRU38 plan을 한경우의 Bladder 와 Rectum point dose(%)가 훨씬 적게 나왔다.

그리고, 마지막으로 CTV의 크기에 따라 두 분류로 나누어 최소 Prescription Dose의 50, 80, 100%와 ICRU Reference Point에 들어가는 Volume(cm³)을 구해보았다.

**Table 5. Volumes of bladder & rectum receiving at least 50, 80, 100% and ICRU reference point dose of the prescribed dose
- 10 patients except 1 patient(CTV diameter=6.8cm)**

	ICRU38 plan	CTV Plan
	Volume (cm ³)	
Bladder		
50	43.8±19.3	19.2±15.7
80	12.2±8.9	3.5±4.1
100	3.9±4.5	1.5±2.5
Reference Point(90.1)	6.6±5.6	2.4±3.7
Rectum		
50	8.1±7.1	4.5±4.3
80	1.8±2.4	0.7±1.0
100	0.5±0.8	0.1±0.2
Reference Point(86.4)	1.3±1.6	0.3±0.7

Table 6. Volumes of bladder & rectum receiving at least 50, 80, 100% and ICRU reference point dose of the prescribed dose
- Patient(CTV diameter=6.8cm)

	ICRU38 plan	CTV Plan
	Volume (cm ³)	
Bladder		
50	51	132.6
80	11.8	86.1
100	4.7	57.6
Reference Point(90.1)	3.7	51.3
Rectum		
50	6.5	42.2
80	0.2	19.2
100	0	10.8
Reference Point(86.4)	0.9	25.8

Table 5에서 또한 CTV Plan을 한 경우가 Volume (cm³)이 ICRU38 Plan보다 대체적으로 훨씬 적은 Volume (cm³)을 포함했으며, 그와 반대로 CTV가 큰 경우에는 Table 6에서와 같이 CTV Plan을 한 경우가 더욱더 많은 Volume (cm³)을 포함하는 결과가 나왔다.

IV. 고 찰

기존의 ICRU38 에 의한 2D Plan은 종양의 크기와 상관없이 A-Point에 Prescription을 함으로써 종양의 크기 작은 경우에는 주변의 정상장기들이 불필요한

선량을 더 받거나 종양이 큰 경우에는 종양이 100% 선량에서 빠지는 경우가 발생할 수 있다. 그러나 CT Image를 이용한 3D Plan에서는 CTV에 Prescription 하는 Plan을 함으로써 이러한 현상을 줄일 수 있을 것으로 사료되었다. 그러나 위의 결과에서 보듯이 CTV에 Prescription을 하는 경우 종양의 크기가 크면 주변의 Bladder, Rectum에 들어가는 Dose나 Volume 이 증가하는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 CTV를 충분히 포함하기 위해 선량이 증가하면서도 종양이 빠지는 경우가 발생하며, 주변의 정상장기에도 영향을 미치게 되는 것으로 사료된다. (Fig. 4. 참조)

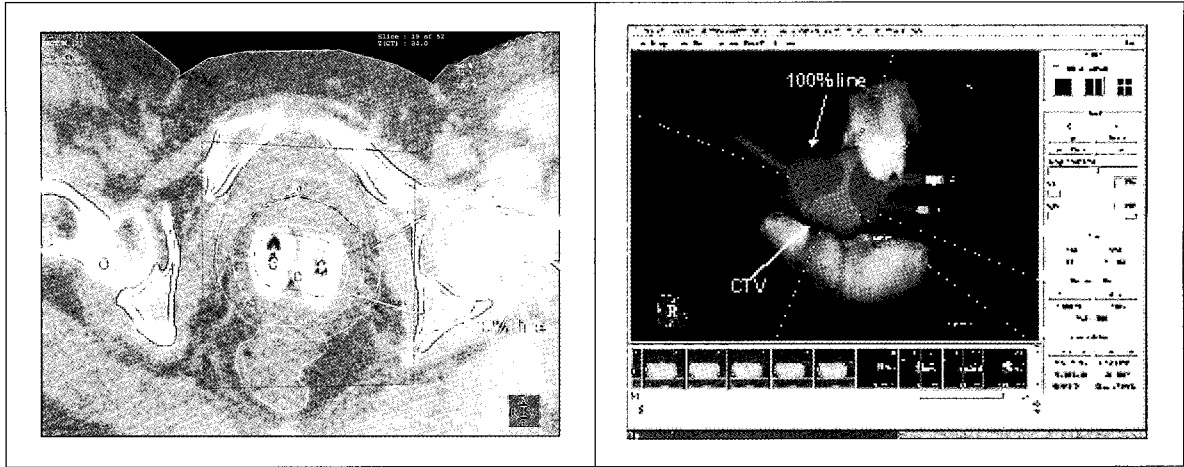


Fig. 4. 3D Plan and Axial Isodose Line by large CTV(diameter=6.8cm)

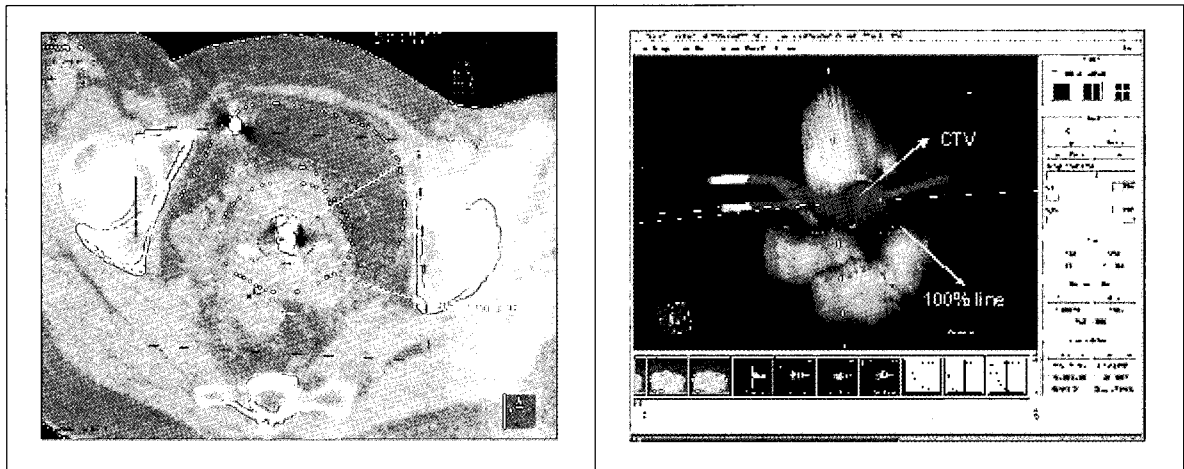


Fig. 5. 3D Plan and Axial Isodose Line by small CTV(diameter 3.3~4.9cm)

이와 반대로 CTV가 비교적(3.3~4.9cm) 작은 경우에는 ICRU 38 Plan보다는 CTV를 충분히 포함하면서 주변의 Bladder, Rectum에 들어가는 불필요한 선량과 Volume을 줄일 수 있었다.

CT based Plan을 한 경우 Critical Organs 의 Volume의 평가 및 전반적인 선량의 분포에 대한 이해가 쉬웠으며, 일반적으로 CTV plan을 한 경우 기존의 ICRU38에 근거하여 Plan한 경우 보다 조사되

는 Rectum, Bladder의 Volume이 적었다. 그리고 Bladder, Rectum Reference Points와 Maximum Points에 조사되는 선량 또한 CTV plan을 한 경우가 적었다.

단 잔류종양이 큰 경우에는 두 경우의 Plan에 있어서 지적한 바와 같이 문제점을 가지고 있다고 할 수 있다.

따라서 환자의 종양크기, 위치에 따라 적절한 Plan

을 해준다면 적은 Complication으로 높은 치료효과를 기대할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Fellner C, Potter R, Knocke TH, Wambersie A.: Comparison of radiography- and computed tomography-based treatment planning in cervix cancer in brachytherapy with specific attention to some quality assurance aspects, Radiother Oncol, Jan,58(1),53-62, 2001
2. Wachter-Gerstner N, Wachter S, Reinstadler E, et al. : Bladder and rectum dose defined from MRI based treatment planning for cervix cancer brachytherapy comparison of dose-volume histograms for organ contours and organ wall, comparison with ICRU rectum and bladder reference point, Radiother Oncol, Sep,68(3), 269-76, 2003
3. Eich HT, Haverkamp U, Micke O, Prott FJ, Muller RP. : Dosimetric analysis at ICRU reference points in HDR-brachytherapy of cervical carcinoma, Rontgenpraxis,53(2)62-6, 2002
4. Hellebust TP, Dale E, Skjonsberg A, Olsen DR. : Inter fraction variations in rectum and bladder volumes and dose distributions during high dose rate brachytherapy treatment of the uterine cervix investigated by repetitive CT- examinations, Radiother Oncol, Sep,60(3), 273-80 2001
5. Barillot I, Horiot JC, Maingon P, Bone-Lepinoy MC, et al : Maximum and mean bladder dose defined from ultrasonography. Comparison with the ICRU reference in gynaecological brachytherapy, Radiother Oncol, Mar,30(3),231-8, 1994

자궁경부암 강내조사 시 CT를 이용한 CTV에 근거한 치료계획과 ICRU 38에 근거한 치료계획의 비교

국립암센터 양성자치료센터

심진섭, 조정근, 시창근, 이기호, 이두현, 최계숙

목적 : 최근 CT, MRI 등 영상진단기술 및 방사선치료계획 소프트웨어 등이 획기적으로 발전하였음에도 불구하고 자궁경부암의 강내조사는 아직까지 A 점 등 ICRU 38에 근거한 치료계획을 보편적으로 사용하고 있다. CT를 이용한 3차원 강내조사 계획은 종양 및 정상조직에 대한 선량뿐 아니라 선량-용적 히스토그램(DVH)에 대한 정보를 제공한다. 본 연구에서는 CT를 이용하여 CTV에 목표선량을 조사하는 치료계획(CTV계획)과 ICRU 38에 근거한 치료계획(ICRU계획)을 시행하여 이 두 치료계획간에 종양선량, 직장선량, 방광선량 등을 비교하고 각각에 대한 DVH를 분석하였다.

대상 및 방법 : Ir-192 고선량율강내치료(HDR)를 시행 받은 11명의 환자를 대상으로 하였다. 강내조사계획은 외부방사선치료를 약 40Gy 시행한 후 수립되었으며 모든 환자에서 CT 모의치료를 이용한 CT가 시행되었고 치료계획은 PLATO(Nucletron) v.14.2를 이용하였다.

CT 영상에 CTV, 직장, 방광 등을 도시한 후 CTV에 100%의 선량을 조사하는 치료계획 및 ICRU 38에 근거하여 A점에 100%를 조사하는 치료계획을 수립하였다.

결과 : 11명 환자의 CTV 용적(평균±표준편차)은 21.8±26.6cm³, 직장 용적은 60.9±25.0cm³, 방광용적은 116.1 ±40.1cm³이었다. ICRU계획에서 100%의 선량이 포함하는 용적은 126.7±18.9cm³, CTV 계획에서는 98.2±74.5cm³으로서 잔류종양의 크기가 4cm 이상인 1례에서는 ICRU계획 시 CTV 용적 22.0cm³가 100% 등선량곡선에 포함되지 않는 것으로 나타났다. 잔류종양의 크기가 4cm 미만인 나머지 8례에서는 종양용적 12.9±5.9cm³이 불필요하게 100% 이상의 선량이 조사되었다. ICRU 38의 권고에 따른 방광선량은 ICRU계획 및 CTV계획에서 각각 90.1±21.3%, 68.7±26.6%이었고, 직장선량은 86.4±18.3%, 76.9±15.6%이었다. 방광 및 직장선량 최대값도 ICRU계획에서 각각 137.2±50.1%, 101.1±41.8%, CTV계획에서 107.6±47.9%, 86.9±30.8% 로서 CTV계획에서 정상조직에 조사되는 선량이 더 적게 나타났다. 그러나 잔류종양이 4cm 이상인 환자에서는 CTV계획에서 정상조직 선량이 견딜선량보다 현저히 높게 나타났다. DVH에서는 목표선량의 80% 이상을 받는 직장용적(V80rec)은 ICRU계획 및 CTV계획에서 각각 1.8±2.4cm³, 0.7±1.0cm³, 방광용적(V80bla)은 12.2±8.9cm³, 3.5±4.1cm³로서 역시 CTV계획에서 정상조직이 적게 조사되었다.

결론 : 기존의 ICRU계획은 그 효과 및 안전성이 입증되었음에도 불구하고 CT를 이용한 CTV계획 등을 적용 한다면 잔류종양이 적은 경우 정상조직에 대한 조사를 줄이면서 잔류종양에 목표선량을 조사할 수 있을 것이다. 다만 잔류종양이 큰 경우는 정상조직에 대한 조사선량을 줄이기 위한 효과적 치료계획에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.