

조직 내 삽입용 바늘을 이용한 자궁경부암의 강내치료에 관한 연구

— A Study on Intracavitary Therapy in Cervix Cancer Using Needle for Interstitial Therapy —

국립암센터 양성자치료센터 · 한서대학교 방사선학과¹⁾ · 원광보건대학 방사선과²⁾

조정근 · 정홍량¹⁾ · 임청환¹⁾ · 김정구¹⁾ · 이만구²⁾

— 국문초록 —

ICRU 38의 권고에 따른 치료계획과 PTV를 토대로 한 치료계획을 세워 환자의 움직임을 고려하여 설정한 종양 용적(이하 PTV라 표기) 전체를 치료하고 주변 정상조직에 선량을 최소화하는 방안에 대해 연구하고자 하였으며, 본 연구는 국립암센터 방사선종양학과에서 2002년 1월부터 2003년 2월까지 방사선치료와 항암화학 치료를 동시에 시행한 30명의 자궁경부암 환자를 대상으로 하였다. 병기의 분포는 각각 stage IB 1명, IIA 3명, IIB 19명, IIIA 3명, IIIB 3명, IV 1명 이었다. 모든 환자에 대해 방사선치료를 시행하기 전에 MRI를 시행하였으며 MR 영상에서 원발종양용적(GTV: Gross Tumor Volume, 이하 GTV라 표기)의 최대 직경이 17명의 환자에서 4cm 이하이었고, 12명은 4~6cm, 1명은 6cm 이상이였다.

연구 결과 PTV 치료계획을 통해 잔류종양의 크기가 작은 경우 불필요하게 방사선이 조사되는 용적을 줄이면서($p < 0.0001$) 최적의 선량분포를 만들어 낼 수 있지만 종양의 크기가 큰 경우 오히려 전체 종양을 포함하는 치료계획을 수립할 때 주변 정상조직에 불필요하게 많은 선량이 투여되게 된다. 이러한 이유는 Fletcher Williamson Applicator의 구조상 일부분의 방사선 강도를 탄력적으로 조절하는데 한계가 있기 때문인 것으로 사료된다.

본 연구에서는 applicator의 한계를 극복하고 최적의 선량분포를 얻기 위하여 Fletcher Williamson Applicator에 조직내 삽입용 바늘 4개를 종양의 크기가 큰 10명의 환자 중 기하학적으로 바늘의 삽입이 불가능한 1명의 환자를 제외하고 9명의 환자에 대해 가상으로 삽입하여 선량의 변화를 조사하였다. 그 결과 Virtual 치료계획이 PTV 치료계획뿐 아니라 ICRU 치료계획에 비해 100% 등선량 용적($p = 0.0608$, $p = 0.0607$) 및 PTV 이외의 정상조직에 불필요하게 조사되는 용적($p = 0.0162$, $p = 0.008$)을 현저히 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

중심 단어: 자궁경부암, 강내방사선 치료(ICR), 치료표적용적(PTV)

I. 서 론

자궁경부암이란 자궁경부에 발생하는 여성생식기암이다.

2002년 한국 중앙 암 등록사업(Korea Central Cancer Registry)의 보고서에 의하면 2002년 한해에 3,979명의 신환이 발생하는 등 서구 선진국에 비하여 아직은 높은 발생률을 보인다. 여성에서 발생하는 전체 악성종양 중에는 9.1%로 유방암, 위암, 대장암, 갑상선암에 이어 5위를 차지하고 있으며, 그 중에 40대가 29.3%로 가장 많은 비율을 차지하고 있다¹⁾.

자궁경부암에 있어 강내 방사선치료(ICR: Intra Cavitary

* 이 논문은 2006년 5월 10일 접수되어 2006년 6월 7일 채택 됨.
책임저자: 조정근, (410-769) 경기도 고양시 일산동구 마두 1동 809번지
국립암센터
TEL: 031-920-0142
E-mail: cjk0129@freechal.com

irradiation)는 외부방사선치료(EBRT: External Beam Radiation Therapy)와 더불어 반드시 시행하여야 하는 치료로 인식되어 있다. 그 이유는 주변 주요장기인 방광과 직장을 피해 원발 병소에만 현저히 많은 방사선량을 부여함으로써 높은 치료효과를 기대할 수 있기 때문이다. 강내 방사선치료는 임상적인 경험을 기초로 하여 *Stockholm system*(Kottmeier, 1964), *Paris system* (Lamarque and Coliez, 1951), *Manchester system*(Paterson, 1948) 등 3가지 시스템이 제안되어 있으며 이 중 Paris system을 기초로 한 Manchester system(Paterson and parker, 1934)에서 A, B 점의 개념을 제안하였다²⁾. 이 개념은 최근 전산화단층촬영(CT), 자기공명영상(MRI), 양전자방출-전산화단층촬영(PET-CT) 등 다양한 영상진단 기술 및 방사선치료계획 소프트웨어 등이 획기적으로 발전하였음에도 불구하고 과거와 다를 바 없이 ICRU 38(International Commission on Radiation Units)의 권고에 의해 전 세계적으로 광범위하게 사용되어지고 있다. 하지만 다양한 모양과 크기의 종양을 A점 개념에 맞추어 치료계획을 수립하게 되면 종양이 큰 경우 종양 전체를 치료하지 못하고, 반대로 종양이 상대적으로 작은 경우 불필요한 곳에 과다한 선량이 투여되는 우를 범하게 될 것이다. 본 연구에서는 CT 영상을 기초로 하고 MR 영상과 PET-CT 영상을 참고로 하여 최적의 치료표적용적(PTV: Planning Target Volume)을 CT 영상에 묘사하였고³⁻⁹⁾, ICRU 38의 권고에 따른 치료계획과 PTV를 토대로 한 치료계획을 세워 두 치료계획의 차이점을 비교하였다. 또한 PTV 전체를 치료하고 주변 정상조직을 보호할 수 있는 방법 등 모든 측면을 만족시킬 수 있는 방법에 대해 연구하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 국립암센터 방사선종양학과에서 2002년 1월부터 2003년 2월까지 방사선치료와 항암화학치료를 동시에 시행한 30명의 자궁경부암 환자를 대상으로 하였다. 병기는 International Federation of Gynecological Obstetrics(FIGO) 분류법에 의해 평가하였다¹⁰⁾. 병기의 분포는 각각 stage IB 1명, IIA 3명, IIB 19명, IIIA 3명, IIIB 3명, IV 1명이었다. 모든 환자에 대해 방사선치료를 시행하기 전에 MRI를 시행하였다. MR 영상에서 GTV의

최대 직경이 17명의 환자에서 4 cm 이하이었고, 12명은 4~6 cm, 1명은 6 cm 이상이었다.

2. 연구방법

모든 환자에서 전산화단층 모의치료기(CT-Sim: Computed Tomography Simulator)를 이용한 CT가 3 mm-thick¹¹⁾로 시행되었고 치료계획은 근접치료(Brachytherapy) 전문 치료계획 시스템인 PLATOTM(Nucletron) Version 14.2를 이용하였다.

CT 영상에 PTV, 직장, 방광 등을 묘사한 후 PTV에 100%의 선량을 조사하는 치료계획(PTV 치료계획) 및 ICRU 38에 근거하여 A점에 100%를 조사하는 치료계획(ICRU 치료계획)을 수립하여 비교하였다. 또한 외부방사 치료 후 잔류종양의 크기가 큰 경우 ICRU 치료계획으로는 정확하게 종양전체를 포함하지 못하고 PTV 치료계획은 주변 정상장기의 피폭량이 현저하게 급증한다. 따라서 이를 효과적으로 개선하고자 기존의 강내치료를 위해 환자의 몸속에 삽입하는 기구(Fletcher Williamson Applicator)에 조직내 삽입용 바늘(Needle for Interstitial)을 추가하여 잔류종양을 모두 포함하는 Virtual 치료계획을 수립한 후 ICRU 치료계획과 PTV 치료계획에 대해 1) 100% 등선량으로 포함하지 못하는 용적, 2) 잔류종양 이외에 불필요하게 조사되는 용적, 3) 직장의 기준점 선량 및 최대점 선량, 4) 직장의 용적선량, 5) 방광의 기준점 선량 및 최대점 선량, 6) 방광의 용적선량 등을 비교하였다.

잔류종양의 크기가 작은 경우 대부분 ICRU 치료계획에 의해 종양 전체를 포함할 수 있으나 오히려 100% 선량이 투여되는 용적이 너무 커서 불필요한 곳에 많은 선량이 투여된다. 반대로 종양의 크기가 큰 경우 ICRU 치료계획으로 전체 종양을 포함하지 못하며 또한 불필요한 곳에는 역시 많은 선량이 투여된다.

종양의 크기가 작으면 PTV 치료계획에 의해 PTV 전체를 포함하면서 전체적으로 용적선량을 줄일 수 있으며 또한 방광과 직장에 투여되는 선량을 최소화할 수 있다. 하지만 종양의 크기가 큰 경우 PTV 치료계획에 의해 종양 전체를 포함하려 할 때 전체적인 용적선량이 더 커지게 되며 방광 및 직장에도 훨씬 많은 선량이 투여된다(Figure 1).

이러한 이유는 전체적으로 방사성동위원소가 Tandem과 Ovoid에 의해 배열되기 때문에 원하는 곳 일부분의 선량을 마음대로 조절하기 어렵기 때문이다. 다시 말해서

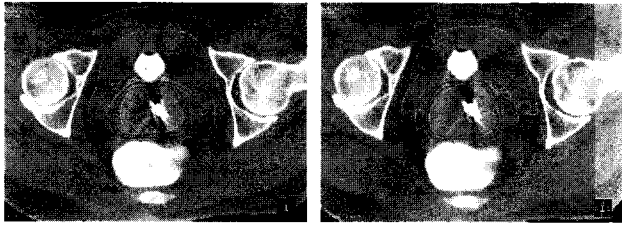


Figure 1. (a) ICRU treatment plan, include out a part of tumor volume
 (b) PTV treatment plan, include entire tumor volume but enlarger irradiated volume

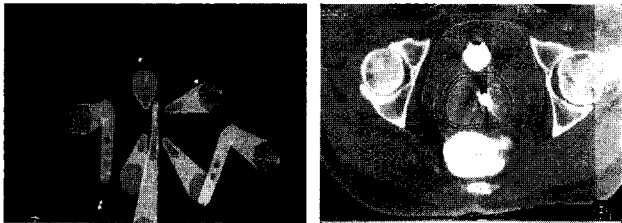


Figure 2. (a) Reconstruction image of implant needle
 (b) include entire tumor volume and optimize irradiated volume

Tandem과 Ovoid 만으로는 크기가 큰 종양을 포함하면서 방광과 직장에 투여되는 선량을 최소화 할 수 있는 선량분포를 얻기가 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점이 기존의 Fletcher Williamson Applicator와 4개의 조직 내 삽입용 바늘을 조합하여 사용함으로써 해결될 수 있을 것으로 생각하고 치료계획용 프로그램인 PLATO™ v14.2를 이용하여 기존의 치료계획에 4개의 조직 내 삽입용 바늘을 가상으로 재구성하여 치료계획을 시행하였다 (Figure 2).

Ir-192 고선량을 강내치료를 시행 받은 30명의 환자 중 잔류종양의 크기가 큰 10명의 환자를 대상으로 하여

조직 내 삽입용 바늘을 기하학적으로 배치하지 못하는 1명의 환자를 제외한 나머지 9명의 환자에게 Fletcher Williamson Applicator만을 사용한 PTV 치료계획에 비해 가상의 조직내 삽입용 바늘을 첨가하여 다시 수립한 Virtual 치료계획이 얼마나 더 유용한지를 알아보고자 앞에서 언급한 방법과 같은 방법으로 각각의 100% 등선량, 직장선량, 방광선량을 조사하여 이를 비교하였다.

얻어진 모든 자료는 통계패키지인 SAS(Version 8.01)를 이용하여 대응비교검정(Paired *t* test)을 통해 비교하였다.

III. 결 과

30명의 환자 중 종양의 크기가 작아 ICRU 치료계획에서 100% 등선량에 PTV가 모두 포함되는 20명의 환자그룹(그룹 A)과 포함되지 않는 10명의 환자그룹(그룹 B)으로 구분하여 분석하였다.

Table 1에서 보는 바와 같이 전체 환자의 GTV와 PTV의 평균 용적은 각각 15.6 cm³와 31.5 cm³이었고 치료 전 MR 영상에서 측정된 종양의 최대직경은 그룹 A와 그룹 B 사이에 별 차이가 없었지만, 외부 방사선치료 및 화학치료가 진행 되어감에 따라 잔류 종양의 크기에 차이가 생겨 그룹 A의 경우 GTV가 11.6 cm³, PTV가 24.9 cm³로써 그룹 B(23.7 cm³, 44.7 cm³)보다 훨씬 작았다(*p* = 0.003)(Table 1).

ICRU 치료계획 및 PTV 치료계획을 수립하여 100% 이상의 선량이 투여되는 용적을 비교해 본 결과(Table 2) 전체 환자의 경우 129.6 cm³에서 97.0 cm³로 ICRU 치료계획에 비해 PTV 치료계획이 현저하게 100% 선량이 들어가는 용적을 줄일 수 있음을 알 수 있다(*p* = 0.0034).

Table 1. Volume of GTV, PTV, bladder, rectum.

(cm³, mean ± SD)

	All patients (N=30)	Group A (N=20)	Group B (N=10)	<i>P</i> (A vs. B)
GTV	15.6 ± 8.9	11.6 ± 5.4	23.7 ± 9.8	0.003
PTV	31.5 ± 14.3	24.9 ± 8.4	44.7 ± 15.7	0.003
Rectum	72.3 ± 29.1	69.9 ± 29.9	76.9 ± 29.9	0.556
Bladder	127.4 ± 51.4	130.6 ± 52.9	121.1 ± 53.3	0.645
Tumor size on MRI (cm)	4.1 ± 1.1	3.9 ± 1.1	4.5 ± 1.1	0.18

Table 2. Volume of 100% isodose.

(cm³, mean ± SD)

	All patients (N=30)	Group A (N=20)	Group B (N=10)	P (A vs. B)
ICRU Plan.	129.6 ± 15.8	129.7 ± 16.0	129.4 ± 17.1	0.96
PTV Plan.	97.0 ± 53.4	67.9 ± 30.2	155.0 ± 44.4	< 0.0001
P (ICRU vs. PTV)	0.0034	< 0.0001	0.12	

그룹 B의 경우 종양의 크기가 크기 때문에 ICRU 치료 계획보다 오히려 PTV 치료계획에서 100% 등선량 용적이 더 증가함을 알 수 있다(p = 0.12). 또한 PTV 치료계획에서 그룹 A와 그룹 B간의 100% 등선량 용적의 차이가 현저함을 알 수 있다(p < 0.0001)(Table 2).

잔류 종양의 크기가 커서 ICRU 치료계획의 100% 등선량 용적에 전체 종양이 포함되지 않는 그룹 B를 대상으로 100% 등선량 용적이 포함하지 못하는 PTV의 용적을 알아본 결과 평균 3.4 cm³로 전체 PTV 용적의 6.1%로 나타났다(Table 3).

Table 3. PTV volume except 100% isodose on ICRU treatment plan

Seq.	Excess vol(cm ³)	Excess vol(%)
1	3.8	5.9
2	5.2	9.3
3	9.5	17.1
4	0.8	2.88
5	0.6	2
6	0.6	1.9
7	1.5	3
8	0.6	2.3
9	10.7	16
10	0.2	0.6
Average	3.4	6.1
SD	3.7	5.7

100% 등선량 용적에서 PTV 중 100% 이상의 선량이 투여된 용적을 제외한 나머지 용적(불필요하게 조사되는 용적)을 조사한 결과 ICRU 치료계획 및 PTV 치료계획 모두 그룹 A와 그룹 B 간의 차이가 ICRU 치료계획 14.8 cm³과 84.7 cm³(p = 0.0154), PTV 치료계획 47.0 cm³과 110.4 cm³(p = 0.0004)로 현저함을 알 수 있었고 그룹 A의 경우 ICRU 치료계획에서 104.8 cm³, PTV 치료계획에서 47.0 cm³으로 평균 44.8%의 PTV를 제외한 부위에 불필요하게 조사되는 용적을 감소시킬 수 있었다(p < 0.0001). 그룹 B의 경우 종양의 크기가 크거나 종양의 모양이 불규칙적이기 때문에 이들 종양 전체를 포함하는 치료계획에서 오히려 100% 등선량 용적이 커지고 또한 불필요한 부위에도 많은 선량이 투여됨을 알 수 있다(Table 4).

직장의 기준점 선량 및 최대점 선량은 전체적으로 ICRU 치료계획에 비해 PTV 치료계획에서 약간 증가하는 양상을 보였다. 또한 다른 결과와 마찬가지로 그룹 A의 경우는 기준점 선량(p = 0.08) 및 최대점 선량(p = 0.045)이 매우 유효하게 감소하였다. 하지만 그룹 B의 경우 ICRU 치료계획에 비해 PTV 치료계획에서 직장의 선량이 현저히 증가하였다. 그 이유는 크기가 큰 잔류 종양을 포함하면서 주변의 선량을 감소시키기에는 Tandem과 Ovoid만으로 구성된 현재의 Fletcher Williamson Applicator로는 최적의 선량분포를 만들 수 없기 때문으로 사료된다(Table 5).

직장의 용적선량을 비교한 결과 전체 환자를 대상으로 하였을 경우 50%, 80%, 100% 선량 용적이 약간 증가하

Table 4. Irradiated volume except PTV.

(cm³, mean ± SD)

	All patients (N=30)	Group A (N=20)	Group B (N=10)	P (A vs. B)
ICRU Plan.	98.1 ± 18.9	104.8 ± 16.2	84.7 ± 16.5	0.0154
PTV Plan.	68.8 ± 38.8	47.0 ± 19.4	110.4 ± 32.8	0.0004
P (ICRU vs. PTV)	0.0154	< 0.0001	0.1568	

Table 5. Reference point dose and maximum point dose of rectum (mean value), (% , mean)

	All patients (N=30)			Group A (N=20)			Group B (N=10)		
	ICRU Plan.	PTV Plan.	P	ICRU Plan.	PTV Plan.	P	ICRU Plan.	PTV Plan.	P
Reference point dose(%)	90.5	94.8	0.35	92.9	85.6	0.08	85.8	113.1	0.002
maximum point dose(%)	113.3	119.3	0.28	117.4	108.9	0.045	105.2	140.0	0.003

Table 6. 50%, 80%, 100% dose volume of rectum (mean value), (% , mean)

	All patients (N=30)			Group A (N=20)			Group B (N=10)		
	ICRU Plan.	PTV Plan.	P	ICRU Plan.	PTV Plan.	P	ICRU Plan.	PTV Plan.	P
50% dose volume	17.5	19.4	0.55	17.0	10.7	0.005	18.5	36.8	0.01
80% dose volume	3.3	5.0	0.15	3.6	2.2	0.02	2.6	10.4	0.006
100% dose volume	1.1	1.9	0.08	1.3	0.9	0.09	0.6	4.1	0.006

Table 7. Reference point dose and maximum point dose of bladder (mean value), (% , mean)

	All patients (N=30)			Group A (N=20)			Group B (N=10)		
	ICRU Plan.	PTV Plan.	P	ICRU Plan.	PTV Plan.	P	ICRU Plan.	PTV Plan.	P
Reference point dose(%)	92.8	87.2	0.33	94.3	73.7	0.001	89.9	114.3	0.001
maximum point dose(%)	140.4	134.5	0.48	143.8	117.6	0.008	133.8	168.3	0.002

는 것으로 나타났다. 그러나 그룹 A의 경우 직장에 투여되는 용적을 PTV 치료계획으로서 현저히 감소시키는 것으로 나타났고 그룹 B의 경우 그 반대인 것으로 나타났다(Table 6).

방광의 기준점 선량 및 최대점 선량도 직장의 경우와 마찬가지로 전체적으로 ICRU 치료계획에 비해 PTV 치료계획에서 약간 증가하는 양상을 보였다. 하지만 그룹 A의 경우는 기준점 선량(p = 0.008) 및 최대점 선량(p = 0.001)이 매우 유효하게 감소하였다. 하지만 그룹 B의 경우 ICRU 치료계획에 비해 PTV 치료계획에서 방광의 선량이 현저히 증가하였다(Table 7).

방광의 용적선량을 비교한 결과 전체 환자를 대상으로 하였을 경우 선량 용적이 약간 감소하는 것으로 나타났다. 또한 그룹 A의 경우 50%(p = 0.04), 80%(p = 0.01), 100%(p = 0.02) 선량 용적을 PTV 치료계획으로서 현저히 감소시키는 것으로 나타났고 다른 결과와 마찬가지로 그룹 B의 경우 그 반대인 것으로 나타났다(Table 8).

ICRU 치료계획과 PTV 치료계획을 비교하여 본 결과 전반적으로 종양의 크기나 모양에 따라 다른 양상을 보이고 있다. 다시 말해서 잔류종양의 크기가 작은 경우 불필요하게 방사선이 조사되는 용적을 줄이면서 최적의 선량 분포를 만들어 낼 수 있지만 종양의 크기가 큰 경우 오히려

Table 8. 50%, 80%, 100% dose volume of bladder (mean value).

(% , mean)

	All patients (N=30)			Group A (N=20)			Group B (N=10)		
	ICRU Plan.	PTV Plan.	P	ICRU Plan.	PTV Plan.	P	ICRU Plan.	PTV Plan.	P
50% dose volume	36.4	27.2	0.03	37.3	16.7	0.0001	34.5	48.1	0.04
80% dose volume	8.3	7.1	0.48	9.4	3.5	0.005	6.2	14.2	0.01
100% dose volume	2.8	2.9	0.93	3.4	1.5	0.016	1.7	5.8	0.02

Table 9. Standard volume of 100% isodose.(cm³, mean ± SD)

		Group B
ICRU Plan. (N=10)		129.4 ± 16.3
PTV Plan., (N=10)		155.0 ± 42.1
Virtual plan. (N=9)		112.0 ± 35.3
	ICRU vs. PTV	0.2866
P	ICRU vs. Virtual	0.0608
	PTV vs. Virtual	0.0607

Table 10. Irradiated volume except PTV.(cm³, mean ± SD)

		Group B
ICRU Plan. (N=10)		84.7 ± 16.5
PTV Plan., (N=10)		110.4 ± 32.8
Virtual plan. (N=9)		67.4 ± 24.9
	ICRU vs. PTV	0.1568
P	ICRU vs. Virtual	0.0162
	PTV vs. Virtual	0.008

Table 11. Reference point dose and maximum point dose of rectum (mean value).

(% , mean)

	Group B								
	ICRU Plan. (N=10)	PTV Plan. (N=10)	P	ICRU Plan. (N=10)	Virtual Plan. (N=9)	P	PTV Plan. (N=10)	Virtual Plan. (N=9)	P
Reference point dose(%)	85.8	113.1	0.008	85.8	93.8	0.066	113.1	93.8	0.129
maximum point dose(%)	105.2	140.0	0.044	105.2	119.7	0.252	140.0	119.7	0.112

Table 12. 50%, 80%, 100% dose volume of rectum (mean value).

(% , mean)

	Group B								
	ICRU Plan. (N=10)	PTV Plan. (N=10)	P	ICRU Plan. (N=10)	Virtual Plan. (N=9)	P	PTV Plan. (N=10)	Virtual Plan. (N=9)	P
50% dose volume	18.5	36.8	0.044	18.5	26.6	0.497	36.8	26.6	0.222
80% dose volume	2.6	10.4	0.020	2.6	6.4	0.193	10.4	6.4	0.148
100% dose volume	0.6	4.1	0.021	0.6	2.0	0.165	4.1	2.0	0.251

려 전체 종양을 포함하는 치료계획을 수립할 경우 주변 정상조직에 불필요하게 많은 선량이 투여되게 된다. 그 이유는 Fletcher Williamson Applicator의 구조상 일부분의 방사선 강도를 탄력적으로 조절하는데 한계가 있기 때문이다. 본 연구에서는 Applicator의 한계를 극복하고 최적의 선량분포를 얻기 위하여 Fletcher Williamson Applicator에 4개의 조직 내 삼입용 바늘을 치료계획용 컴퓨터에 잔류 종양의 크기가 큰 10명의 환자 중 기하학적으로 바늘의 삽입이 불가능한 1명의 환자를 제외하고 9명의 환자에 대해 가상으로 삽입하여 선량 및 선량 용적의 변화를 조사하였다.

먼저 100% 선량이 투여되는 기준 용적을 비교한 결과 ICRU 치료계획과 PTV 치료계획 간에는 용적의 차이가 유의하지 않은 것으로 나타났고($p = 0.2866$), ICRU 치료계획과 PTV 치료계획에 비해 Virtual 치료계획을 시행한 경우 현저하게 감소시키는 것으로 나타났($p = 0.0608$, $p = 0.0607$)(Table 9).

PTV를 제외한 부위에 불필요하게 100% 이상의 선량이 투여되는 용적은 ICRU 치료계획에 비해 PTV 치료계획에서 오히려 더 커졌으나 ICRU 치료계획이나 PTV 치료계획에 비해 Virtual 치료계획에서 현저히 감소하는 것으로 나타났($p = 0.0162$, $p = 0.008$)(Table 10).

직장의 점 선량을 비교한 결과 ICRU 치료계획에서의 기준점 선량 및 최대점 선량이 가장 낮게 나타났으나 이는 PTV 전체를 포함하지 못한 상태에서의 선량이므로 유의하여 비교하여야 한다. 이에 비해 PTV 치료계획에서는 ICRU 치료계획과 비교할 때 현저히 선량이 증가한 것으로 나타났다. 하지만 Virtual 치료계획의 경우 PTV 치료계획과 ICRU 치료계획에 비해 별다른 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 11).

직장의 용적선량을 비교한 결과 전반적으로 ICRU 치료계획에 비해 PTV 치료계획 및 Virtual 치료계획에서 많은 용적이 포함되는 것으로 나타났다. 앞서서도 언급하였듯이 이는 PTV 전체를 포함하지 못한 상태에서의 선량이므로 유의하여 비교하여야 한다. 한편 Virtual 치료계획의 경우 ICRU 치료계획($p = 0.497$, $p = 0.193$, $p = 0.165$)과 PTV 치료계획($p = 0.222$, $p = 0.148$, $p = 0.251$)에 비해 별다른 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 12).

방광의 점 선량을 비교한 결과 ICRU 치료계획에서의 기준점 선량 및 최대점 선량이 가장 낮게 나타났다. 이에 비해 PTV 치료계획에서는 ICRU 치료계획과 비교할 때 현저히 선량이 증가한 것으로 나타났으며 Virtual 치료계획의 경우 PTV 치료계획과 ICRU 치료계획에 비해 별다른 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 13).

Table 13. Reference point dose and maximum point dose of bladder (mean value). (%, mean)

	Group B								
	ICRU Plan, (N=10)	PTV Plan, (N=10)	P	ICRU Plan, (N=10)	Virtual Plan, (N=9)	P	PTV Plan, (N=10)	Virtual Plan, (N=9)	P
Reference point dose(%)	89.9	114.3	0.020	89.9	104.1	0.236	114.3	104.1	0.497
maximum point dose(%)	133.8	168.3	0.138	133.8	118.6	0.968	168.3	118.6	0.061

Table 14. 50%, 80%, 100% dose volume of bladder (mean value). (%, mean)

	Group B								
	ICRU Plan, (N=10)	PTV Plan, (N=10)	P	ICRU Plan, (N=10)	Virtual Plan, (N=9)	P	PTV Plan, (N=10)	Virtual Plan, (N=9)	P
50% dose volume	34.5	48.1	0.105	34.5	25.2	0.496	48.1	25.2	0.032
80% dose volume	6.2	14.2	0.055	6.2	4.7	0.904	14.2	4.7	0.052
100% dose volume	1.7	5.8	0.038	1.7	1.3	1.000	5.8	1.3	0.044

방광의 용적선량을 비교한 결과 전반적으로 ICRU 치료계획에 비해 PTV 치료계획에서 많은 용적이 포함되는 것으로 나타났다. ICRU 치료계획과 Virtual 치료계획 사이에는 다소 용적의 감소가 있긴 하지만 별다른 차이가 없는 것으로 나타났다. PTV 치료계획과 Virtual 치료계획 사이에는 용적이 현저히 감소한 것으로 나타났다($p = 0.032$, $p = 0.052$, $p = 0.044$)(Table 14).

IV. 고 찰

종양 및 정상조직에 대한 선량뿐 아니라 선량-용적 히스토그램 등 다양한 정보를 제공하는 CT 영상 또는 MR 영상을 이용한 3차원 강내치료계획을 통해 영상 내에 PTV를 정확히 묘사하고 이를 토대로 한 치료계획(CT Image Guided Treatment Planning)을 수립하여 ICRU 38에 근거한 치료계획과 비교를 통해 방광 및 직장선량(Reference dose, Maximum dose)을 점 선량(Point dose)과 용적선량(Volume dose)으로 비교하여 분석하였으며, 3차원 치료계획시스템에서 제공되는 선량-용적 히스토그램을 이용하여 지금까지 ICRU 38에 근거하여 시행하여 왔던 치료에 대해 다양한 방법으로 PTV를 토대로 한 치료계획과 비교하여 분석한 결과 전반적으로 종양의 크기나 모양에 따라 다른 양상을 보이고 있다.

PTV 치료계획을 통해 잔류종양의 크기가 작은 경우 불필요하게 방사선이 조사되는 용적을 줄이면서($p < 0.0001$) 최적의 선량분포를 만들어 낼 수 있지만 종양의 크기가 큰 경우 오히려 전체 종양을 포함하는 치료계획을 수립할 때 주변 정상조직에 불필요하게 많은 선량이 투여되게 된다. 이러한 이유는 Fletcher Williamson Applicator의 구조상 일부분의 방사선 강도를 탄력적으로 조절하는데 한계가 있기 때문인 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 applicator의 한계를 극복하고 최적의 선량분포를 얻기 위하여 Fletcher Williamson Applicator에 조직내 삽입용 바늘 4개를 종양의 크기가 큰 10명의 환자 중 기하학적으로 바늘의 삽입이 불가능한 1명의 환자를 제외하고 9명의 환자에 대해 가상으로 삽입하여 선량의 변화를 조사하였다. 그 결과 Virtual 치료계획이 PTV 치료계획뿐 아니라 ICRU 치료계획에 비해 100% 등선량 용적($p = 0.0608$, $p = 0.0607$) 및 PTV 이외의 정상조직에 불필요하게 조사되는 용적($p = 0.0162$, $p = 0.008$)을 현저히 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

또한 직장과 방광에 투여되는 점 선량 및 용적선량은 PTV 치료계획에 비해 현저히 감소시킬 수 있었으며 ICRU 치료계획과는 비슷한 양상을 보였다. 앞서 언급한 바와 같이 ICRU 치료계획은 PTV 전체를 포함하지 못하는 상태에서 단지 A점에 100% 선량을 투여한 것이기 때문에 자료를 비교하는데 유의하여야 한다.

본 논문에서 제시한 Fletcher Williamson Applicator에 needle을 삽입한 치료방식은 여러 번 분할하여 치료하기 보다는 Single fractionation 또는 2회 분할 조사하는 것이 타당할 것으로 생각된다. 따라서 주변 정상조직의 부작용에 유의하여야 한다. 하지만 이번 실험의 결과와 같이 직장과 방광에 투여되는 선량을 획기적으로 감소시킬 수 있는 방안이 마련되지 않는다면 1회 또는 2회 대선량을 투여하는 결정을 내리기 쉽지 않을 것이다.

V. 결 론

PTV의 크기가 작고 모양이 규칙적인 경우 일률적으로 ICRU 치료계획을 적용하게 되면 불필요한 선량이 정상조직에 투여되게 된다. 따라서 CT 영상이나 MR 영상, PET-CT 영상 등 다양한 영상정보를 토대로 얻어진 PTV에 최적의 선량분포를 만들어 주변에 있는 직장과 방광에 선량을 최소화하고 선량이 투여되는 용적도 최소화하여야 할 것이다. 하지만 잔류 종양의 크기가 크거나 모양이 불규칙한 경우 이를 모두 포함하는 선량분포를 만들게 되면 Applicator의 한계 때문에 일부의 선량을 선택적으로 조절할 수 없고 전체적인 선량 용적이 커져 직장 및 방광에 오히려 많은 선량이 투여되게 된다.

자궁경부암의 강내치료계획 시 유의하여야 할 두 가지의 필요조건이 있다. 첫째 PTV를 모두 포함하는지 둘째 방광 및 직장에 투여되는 선량은 적정한지이다. 하지만 이 조건을 충족시키기에는 여러 제약이 따른다. 이러한 단점을 보완하고자 조직내 삽입용 바늘 4개를 가상으로 추가하여 수립한 Virtual 치료계획의 경우 PTV 치료계획에 비해 선택적으로 일부분의 선량을 조절할 수 있어 최적의 선량분포를 얻을 수 있었다.

본 연구의 결과를 바탕으로 하여 앞으로 직장과 방광의 선량을 최소화할 수 있는 방안을 모색하여 두 가지 필요조건을 만족시킬 수 있는 구현 가능한 강내치료용 Applicator를 만드는데 자료로 활용하고자 한다.

참고 문헌

1. Korea Central Cancer Registry and Ministry of Health and Welfare : 2002 Annual Report of the Korea Central Cancer Registry, 2003.
2. Chassagne D., Dutreix A., Almond P., Burgers J., Busch M., Joslin C. : ICRU Report No. 38 and volume specification for reporting intracavity therapy in gynaecology, International Commissioning on Radiation Units and Measurements, Bethesda, 1985.
3. Malyapa RS., Mutic S., Low DA., et al. : Physiologic FDG-PET three-dimensional brachytherapy treatment planning for cervical cancer, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, Vol. 54, pp. 1140-1146, 2002.
4. Schoepfel SL, Ellis JH, LaVigne ML, et al., : Magnetic resonance imaging during intracavitary gynecologic brachytherapy, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, Vol. 23, pp. 169-174, 1992.
5. Ling CC, Schell MC, Working KR, et al. : CT-assisted assessment of bladder and rectum dose in gynecological implants, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, Vol 13, pp. 1577-1582, 1987.
6. Fellner C, Potter R, Knocke TH, et al. : Comparison of radiography and computed tomography-based treatment planning in cervix cancer in brachytherapy with specific attention to some quality assurance aspects, *Radiother. Oncol.*, Vol 58, pp. 53-62, 2001.
7. Kim RY, Caranto JF, Pareek PN, Virostek LJ. : Dynamics of pear shaped dimensions and volume of intracavitary brachytherapy in cancer of the cervix : a desirable pear shape in the era of three dimensional treatment planning, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, Vol 37(5), pp. 1193-1199, 1997.
8. Wachter-Gerstner N, Wachter S, Reinstadler E, Fellner C, Knocke TH, Potter R. : The impact of sectional imaging on dose escalation in endocavitary HDR-brachytherapy of cervical cancer : results of a prospective comparative trial, *Radiother. Oncol.*, Vol. 68(1) pp. 51-59, 2003.
9. Kim RY. : CT-based intracavitary brachytherapy for cancer of the cervix : analysis of dose-volume histograms, *Int. J. Gynecol. Cancer.*, Vol. 12(5), pp. 61-62, 2002.
10. Kottmeier, HL. : Classification and staging of malignant tumors in the female pelvis, *J. Int. Fed. Gynecol. Obstet.*, Vol. 9, pp. 172-179, 1971.
11. van't Riet A, Mak ACA, Moerland MA, Elders LH, van der Zee W. : A conformation number to quantify the degree of conformality in brachytherapy and external beam irradiation : application to the prostate, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, Vol 37, pp. 731-736, 1997.

• Abstract

A Study on Intracavitary Therapy in Cervix Cancer Using Needle for Interstitial Therapy

Jung-Keun Cho · ¹⁾Hong-Ryang Jung · ¹⁾Cheong-Hwan Lim
¹⁾Jeong-Koo Kim · ²⁾Man-Koo Lee

Proton Therapy Center, National Cancer Center,

¹⁾*Department of Radiological Science, Hanseo University*

²⁾*Department of Radiologic Technology, Wonkwang Health Science College*

Based on the data of cervical cancer patients who were treated by the radiotherapy with concurrent chemotherapy at the radiation oncology department of National Cancer Center from January 2002 to February 2003, we have studied the method recommended by ICRU 38 to maximize the prescription dose to the planing target volume (PTV) with minimizing the dose to surrounding normal organs. Clinical stage of the patients are 1 patient for stage IB, 3 patients for IIA, 19 patients for IIB, 3 patients for IIIA, 3 patients for IIIB and 1 patient for IV. All patients took the MRI before treatment and the maximum size of the gross tumor volume were under 4 cm for 17 patients and from 4 cm to 6 cm for 12 patients and above 6 cm for 1 patient. The results show that while the irradiated volume can be reduced with optimized dose distribution using PTV treatment planning ($p < 0.0001$) when the remained tumor size is small, the surrounding normal organs will receive unnecessarily large dose when the irradiated tumor volume is relatively large. This is because there is some limitation in controlling the intensity of radiation in Fletcher Williamson Applicator. To overcome the limit of applicator and to achieve the optimal dose distribution, we have virtually applied 4 needles with Fletcher Williamson Applicator for 10 patients who have relatively large tumor and studied the change in dose distribution before and after application. The results show that this new virtual treatment plan reduces the volume covered by 100 % isodose ($p = 0.0608$, $p = 0.0607$) and reduces the dose of normal organs ($p = 0.0162$, $p = 0.008$). This evidence suggest that this method is superior than the currently used method such as PTV treatment and ICRU treatment.

Key Words : Cervical cancer, Intracavitary radiation therapy (ICR), Planning Target Volume(PTV)