

Quantitative Analysis of 3D-CRT Radiotherapy Planning Factors with or without IR in Patients with High Density Artifacts

Gyu-Wook Lee,¹ U-Hyeong Choi,¹ Yae-Hyun Jung,¹ Joo-Hee Lee,² In-Ha Yun,³ Yeong-Cheol Heo^{1,*}

¹Department of Radiological Science, College of Health Sciences, Eulji University

²Department of Diagnostic Radiology, Asan Medical Center, Seoul

³Department of Radiation Oncology, Asan Medical Center, Seoul

Received: January 06, 2020. Revised: February 25, 2020. Accepted: February 28, 2020

ABSTRACT

The purpose of this study is to assess the usefulness of IR to compensate for uncertainties in inserting high density artificial objects in radiation treatment planning in the 3D-CRT treatment technique. CT images of the subjects with phantom and titanium inserted were obtained from images without IR and images with IR, and the dose evaluation factors HI, MU and volume evaluation factors Volume and PCI were compared. The results of the stainless steel and titanium phantom experiments showed that the volume of high density artificial material was reduced by 4.850% and 11.456% respectively when applying IR. MU decreased 0.924% and 1.181%. HI was down 0.106% and 0.272%. PCI decreased 0.358% and 0.867%. When IR was applied to CT images of subjects with vertebroplasty, Femur alignment pin and wrist alignment pin, the volume of artifacts decreased by 47.76%, 23.841%, and 49.339%. MU also decreased 0.924%, 0.294% and 1.675%, while HI decreased 1.232%, 0.412% and 1.695%. PCI decreases 4.022%, 0.512%, and 13.472%. In conclusion, When IR was applied to 3D-CRT treatment plan, both dose and volume in phantom and subject case with high density artificial insert were reduced.

Keywords: 3D-CRT, IR, Radiotherapy planning, cancer, artificial insertion

I. INTRODUCTION

2018년 통계청 자료에 의하면 우리나라 사망원인 중 암이 26.5%로 1위라고 보고되었다.^[1] 암은 치료 후에도 재발 가능성이 높기 때문에 치료가 어려우며 항암제나 치료 약 중 정상 세포를 훼손하지 않고 암세포에만 작용하는 약제의 부재와 항암제에 대한 내성과 방사선 치료 시 암세포의 전체 사멸이 어렵다.^[2,3] 악성종양에 대한 대표적 치료로 외과적 수술, 항암화학요법과 더불어 방사선 치료가 많이 이용되고 있다.^[4] 방사선 치료는 모든 암 환자에게 부위와 병소에 상관없이 적용 가능하고, 수술하기 어려운 위치에 생긴 암에 대해서도 치료가 가

능한 장점을 가진다.^[5,6] 또한, 통증 없이 단시간에 치료가 가능하며 국소 부위 치료 시 전신적인 영향이 적다는 점과 특정 부위의 암들에 있어서 수술과 비교해 비슷한 효과를 보이면서 훌륭한 기능적, 미용적 보존 효과를 얻을 수 있으며 외과적 수술과 병행해 국소 재발 방지를 위해 이용되기도 한다.^[7-9]

하지만 방사선 치료에 사용하는 고에너지 방사선은, 주변 정상조직에 둘러싸인 암의 치료와 더불어 정상조직의 세포를 사멸시키기도 한다.^[10] 따라서 방사선 치료 시 정상조직 사멸을 최소화시키기 위해 각 환자에게 적합한 전산화모의 단층촬영(CT Simulation)을 시행한다. 전산화 치료 계획은 대상자의 CT 영상을 통하여 종양과 정상 조직의 위치

* Corresponding Author: Yeong-Cheol Heo E-mail: eehrm@hanmail.net

Tel: +82-31-740-7134

Address: Department of Radiological science, college of health science, Eulji University, 553 Sanseong-Daero, Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 13135 Republic of Korea

를 파악한 후 정상조직 피해를 최소화할 수 있다. 하지만 대상자의 체내에 고밀도 인공물이 존재할 경우, Metal Artifact가 발생하여 치료 계획의 부정확성을 초래할 수 있다.^[11] 이는 치료 계획을 위한 CT 영상에서 종양과 정상 조직의 경계를 모호하게 한다.^[12] 그 결과 정확한 표적치료 용적(Planning Target Volume, PTV)과 선량 분포를 계산할 수 없게 되어 정상조직의 불필요한 피폭이 증가된다.^[13] 전산화 치료 계획 시 Metal Artifact를 감소시키기 위해 반복적 재구성 알고리즘(Iterative Reconstruction Algorithm; IR)을 사용한다. 지금까지 반복적 재구성 알고리즘을 이용한 전산화 치료 계획 관련 연구에서 팬텀을 통한 부피와 선량의 정량적 평가가 이루어졌다. 대상자 케이스에서는 영상적인 측면을 분석한 연구는 있었지만 부피와 선량을 정량적으로 분석한 연구는 부족한 실정이다.^[14,15]

따라서 본 연구에서는 3D-CRT 치료 기법에서 팬텀에서의 선행연구를 통해 대상자 케이스에서 IR 기법의 사용 유무에 따른 부피와 선량 변화를 평가 인자를 통해 정량적으로 분석하고자 한다.

II. MATERIALS AND METHODS

1. 실험 장비 및 팬텀

본 연구에서 사용된 장비 및 팬텀은 Fig. 1의 사진과 같으며 CT Simulation 장비는 Discovery CT (590 RT, GE, USA)와 원기둥 팬텀(CS Electron Density Phantom)을 사용하였다. 쇠구슬 고정 팬텀으로 Quasar Phantom을 사용하였다.

또한 프로그램으로는 전산화 치료 계획 프로그램(Eclipse ver13.6, Varian, USA)과 장비사에서 제공하는 SMART Metal Artifact Reduction(IR)을 이용하였다.

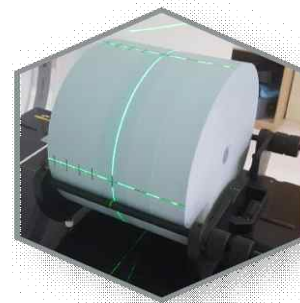
2. 실험 재료

지름이 3 cm인 쇠구슬 (Quasar Phantom : Stainless steel)과 티타늄 팬텀인 원주모양티타늄(Cylinder shape titanium)을 사용하였다. 임상 사례로는 티타늄 재질의 척추성형술(Vertebroplasty), 대퇴 정렬핀(Femur alignment pin), 손목 정렬핀(Wrist alignment pin)이

있는 대상자의 기존 데이터를 후향적으로 분석하였다.



(A)



(B)



(C)

Fig. 1. CT Simulation Equipment (A) and Circular Column Phantom (B) used in this study, and Steel Girdle Fixed Phantom (C).

3. 실험방법

IR의 정확성을 확인하기 위해 모든 팬텀과 대상자 데이터에 3D-CRT 치료 기법으로 3 Gy씩 10회 분할조사 치료 계획을 세웠다. 또한 PTV와 D95도 동일하게 적용하였다.

3.1. 팬텀 실험

지름이 3 cm인 쇠구슬을 Quasar 팬텀 내부에 고정시킨 후 CT 영상을 획득하였다. 원주 모양의 티타늄은 원기둥 팬텀에 삽입하여 CT 영상을 획득하였고 각각의 팬텀으로 IR을 적용한 영상과 IR을 적용하지 않은 영상을 획득하였다.

3.2. 대상자 케이스 선정

티타늄 재질의 척추성형술(Vertebroplasty), 대퇴 정렬핀(Femur alignment pin), 손목 정렬핀(Wrist alignment pin)이 있는 대상자의 CT 영상을 위의 팬텀과 동일하게 IR을 적용한 영상과 IR을 적용하지 않은 영상을 획득하였다. 대상자 케이스의 데이터는 후향적으로 선정하였다.

4. 평가인자

4.1. 부피 측정

PTV volume에 대한 CI(Conformity Index)는 처방 선량의 95%를 받는 PTV의 비율을 정의함으로써 치료 계획의 Conformity의 정도를 의미하며 (1)과 같은 계산식으로 구할 수 있다.^[16]

$$CI = \frac{V_{ref}}{V_{PTV}} \quad (1)$$

여기서 V_{ref} 는 Reference Volume이고 V_{PTV} 는 PTV로 설정한 Volume을 의미한다. 이때 CI의 값은 1에 근접할수록 정확한 치료 계획을 세울 수 있다.

처방 선량의 용적과 PTV의 겹침 용적에서의 CI인 PCI(PTV Conformity Index)는 (2)와 같은 식으로 계산할 수 있다.^[17]

$$PCI = \frac{V_{TV} \times V_{PTV}}{(P \cap T)^2} \quad (2)$$

여기서 V_{TV} 는 처방된 선량의 용적이고 $(P \cap T)^2$ 는 V_{TV} 와 PTV의 겹침 용적을 의미한다.

PCI를 지표로 IR을 사용하였을 때(IR)과 IR을 사용하지 않았을 때(NON IR) 비교하였을 때 그 값이 상대적으로 낮을수록 좋다.

4.2. 선량 측정

HI(Homogeneity Index)는 동질성 지표로써 PTV 내에서 선량의 균질성(uniformity)에 대해 평가하는 인자로써 HI 값이 작거나 1에 가까울수록 PTV 내에서 더 균등한 선량 분포가 이루어졌다고 할 수 있다.^[18] HI는 (3)과 같은 계산식으로 구할 수 있다.

$$HI_{95} = \frac{D_2 - D_{95}}{D_{prescription}} \times 100 \quad (3)$$

여기서 $D_{prescription}$ 은 처방 선량이고 D_2 는 Volume 2%에 조사되는 선량이며 D_{95} 는 Volume 95%에 조사되는 선량을 의미한다.

또 다른 선량 평가 인자인 MU (Monitor Unit)는 방사선량에 해당하는 단위로 10 x 10 field size에서 SSD를 100 cm으로 하고 d_{max} 거리에 1 cGy의 방사선량이 흡수되었을 때 양을 1 MU라 한다.

III. RESULTS

본 연구에서는 팬텀 실험과 대상자 데이터의 평가 인자의 IR과 NON IR의 결과 값을 Table 1, Table 2와 같이 획득하였다.

1. 인공물의 volume

팬텀 실험에서 인공물의 부피를 측정한 결과, Reference인에서의 IR을 적용한 값은 15.89 cc, NON IR을 적용한 값은 16.70 cc, 실제 Stainless steel의 부피는 14.13 cc로 측정되었다. 원주모양티타늄에서의 IR을 적용한 값은 64.38 cc, NON IR을 적용한 값은 72.71 cc로 측정되었다.

후향적 data에서 인공물의 부피를 측정한 결과 대퇴정렬핀에서의 IR을 적용한 값은 43.19 cc, NON IR을 적용한 값은 56.71 cc로 측정되었다. 손목정렬핀에서의 IR을 적용한 값은 1.15 cc, NON IR을 적용한 값은 2.27 cc로 측정되었다.

2. MU

팬텀 실험에서 MU 값을 측정한 결과, Stainless steel에서의 IR을 적용한 값은 429 MU, NON IR을 적용한 값은 433 MU로 측정되었다. 원주모양티타늄에서의 IR을 적용한 값은 502 MU, NON IR을 적용한 값은 508 MU로 측정되었다. 후향적 데이터에서 MU 값을 측정한 결과 대퇴정렬핀에서의 IR을 적용한 값은 339 MU, NON IR을 적용한 값은 340 MU로 측정되었다. 손목정렬핀에서의 IR을 적용한 값은 411 MU, NON IR을 적용한 값은 418 MU로 측정되었다.

Table 1. Results of experiments in Phantom

		(unit: cc, MU, %)					
		Material volume	V_{TV}	PCI	D_5	HI	Total MU
Stainless steel	IR	15.89	120.66	1.632	37.59	1.253	429
	NON IR	16.70	120.80	1.638	37.63	1.254	433
	Percent Error	-4.850%	-0.116%	-0.358%	-0.106%	-0.106%	-0.924%
Cylinder shape titanium	IR	64.38	118.51	2.163	36.67	1.222	502
	NON IR	72.71	119.33	2.182	36.77	1.226	508
	Percent Error	-11.456%	-0.687%	-0.867%	-0.272%	-0.272%	-1.181%

Table 2. Retrospective analysis result

		(unit: cc, MU, %)					
		Material volume	V_{TV}	PCI	D_5	HI	Total MU
Vertebroplasty	IR	23.00	1201.60	1.442	32.88	1.096	429
	NON IR	44.03	1237.30	1.502	33.29	1.110	433
	Percent Error	-47.763%	-2.885%	-4.022%	-1.232%	-1.232%	-0.924%
Femur alignment pin	IR	43.19	1744.68	3.941	33.82	1.127	339
	NON IR	56.71	1764.07	3.961	33.96	1.132	340
	Percent Error	-23.841%	-1.099%	-0.512%	-0.412%	-0.412%	-0.294%
Wrist (radius) alignment pin	IR	1.15	198.78	1.520	40.6	1.353	411
	NON IR	2.27	202.65	1.757	41.3	1.377	418
	Percent Error	-49.339%	-1.910%	-13.472%	-1.695%	-1.695%	-1.675%

[Note] Material Volume(cc) : Measured value of inserted high density artifact, V_{TV} : Volume of prescribed dose, PCI : $PCI = V_{TV} * V_{PTV} / (P \cap T)^2$, D_5 : Dose into the Volume 5%, HI : Factors evaluating dose uniformity in PTV, MU : Radiation dose equivalent to one of 10 partial surveys

3. PCI

팬텀 실험에서 PCI 값을 측정 한 결과, Stainless steel에서의 IR을 적용한 값은 1.632, NON IR을 적용한 값은 1.638로 측정되었다. 원주모양티타늄에서의 IR을 적용한 값은 2.163, NON IR을 적용한 값은 2.182로 측정되었다.

후향적 data에서 PCI를 측정 한 결과 대퇴정렬핀에서의 IR을 적용한 값은 3.941, NON IR을 적용한

값은 3.961로 측정되었다. 손목정렬핀에서의 IR을 적용한 값은 1.520, NON IR을 적용한 값은 1.757로 측정되었다.

4. HI

팬텀 실험에서 HI 값을 측정 한 결과, Stainless steel에서의 IR을 적용한 값은 1.253, NON IR을 적용한 값은 1.254로 측정되었다. 원주모양티타늄에

서의 IR을 적용한 값은 1.222, NON IR을 적용한 값은 1.226로 측정되었다.

후향적 data에서 HI를 측정한 결과 대퇴정렬핀에서의 IR을 적용한 값은 1.127, NON IR을 적용한 값은 1.132로 측정되었다. 손목정렬핀에서의 IR을 적용한 값은 1.353, NON IR을 적용한 값은 1.377로 측정되었다.

IV. DISCUSSION

국내 사망률 1위인 암 치료를 하기 위해서는 주로 방사선 치료가 사용되는데 이때 전산화 치료 계획을 시행한다.^[1] 고밀도 인공물이 삽입된 환자의 경우 인공 허상이 발생하여 부피와 선량이 정확하게 측정할 수 없어 정상조직의 불필요한 피폭이 증가되고 효과적인 치료에 문제가 발생한다.^[10,11] 이를 보완하기 위해 반복적 재구성법을 사용한다.

기존의 연구에서는 팬텀을 통한 부피와 선량의 정량적 평가가 이루어졌지만 대상자 케이스에서는 정량적으로 분석한 연구는 부족했다.^[14,15] 따라서 본 연구에서는 3D-CRT 치료 기법에서 팬텀의 분석 결과를 통해 대상자 케이스에서의 IR 적용의 유용성을 정량적으로 평가하였다.

PTV와 D_{95} 값과 분할조사의 선량과 횡수는 팬텀과 후향적 데이터에서 모두 동일하게 적용하였고 부피와 선량의 평가 인자를 통해 IR 적용 유무의 결과 값을 분석하였다.

분석 결과 팬텀 실험에서 인공물의 부피를 측정한 결과, Reference인 Stainless steel에서의 IR을 적용한 값이 NON IR을 적용한 값보다 실제 Stainless steel의 부피에 가까웠다. 원주모양티타늄에서의 IR을 적용한 값은 NON IR을 사용한 값보다 11.456% 감소했다. 후향적 data에서 인공물의 부피를 측정한 결과 대퇴정렬핀에서의 IR을 사용한 값이 NON IR을 사용한 값보다 23.841%로 가장 적게 감소했다. 손목정렬핀에서의 IR을 사용한 값이 NON IR을 사용한 값보다 49.339%로 가장 크게 감소하였다.

팬텀 실험에서 MU 값을 측정한 결과, Stainless steel에서의 IR을 사용한 값이 NON IR을 사용한 값보다 0.924% 감소했다. 원주모양티타늄에서의 IR을

사용한 값이 NON IR을 사용한 값보다 1.181% 감소했다.

후향적 data에서 MU 값을 측정한 결과 대퇴정렬핀에서의 IR을 사용한 값이 NON IR을 사용한 값보다 0.294%로 가장 적게 감소했다. 손목정렬핀에서의 IR을 사용한 값이 NON IR을 사용한 값보다 1.675%로 가장 크게 감소했다.

팬텀 실험에서 PCI 값을 측정한 결과, Stainless steel에서의 IR을 사용한 값이 NON IR을 사용한 값보다 0.0358% 감소했다. 원주모양티타늄에서의 IR을 사용한 값이 NON IR을 사용한 값보다 0.867% 감소했다.

후향적 data에서 PCI를 측정한 결과 대퇴정렬핀에서의 IR을 사용한 값이 NON IR을 사용한 값보다 0.512%로 가장 적게 감소했다. 손목정렬핀에서의 IR을 사용한 값이 NON IR을 사용한 값보다 13.472%로 가장 크게 감소했다.

팬텀 실험에서 HI 값을 측정한 결과, Stainless steel에서의 IR을 사용한 값이 NON IR을 사용한 값보다 0.106% 감소했다. 원주모양티타늄에서의 IR을 사용한 값이 NON IR을 사용한 값보다 0.272% 감소했다.

후향적 data에서 HI를 측정한 결과 대퇴정렬핀에서의 IR을 사용한 값이 NON IR을 사용한 값보다 0.412%로 가장 적게 감소했다. 손목정렬핀에서의 IR을 사용한 값이 NON IR을 사용한 값보다 1.695%로 가장 크게 감소했다.

따라서 IR을 적용한 모든 인공물의 Volume, PCI, HI, MU 값이 NON IR을 적용한 값보다 감소하였다.

국내의 많은 연구들에서 IR의 사용은 이미 방사선 치료계획에서 유용한 결과들이 있었음이 보고되었다. 박 등은^[18] 방사선 치료 계획시 IR을 적용한 연구에서 HI와 CI 값이 NON IR을 적용한 값보다 전산화 치료 계획을 수립하는 데 있어 유용하다고 보고하였고, 원 등은^[14] 방사선 치료 계획시 O-MAR를 적용한 연구에서 팬텀에서 IR을 적용한 Volume 값이 NON IR을 적용한 값보다 전산화 치료계획을 수립하는데 있어 유용하다고 보고하였다.

또한 박 등은^[20] PET/CT 영상의 질 향상을 위한

고밀도 인공물로 인한 인공허상을 반복적재구성방법으로 감소시킬 수 있음을 보고하였다.

이러한 연구들은 팬텀에서 체적과 선량 평가인자를 사용하였다는 점과 고밀도 인공물의 Artifact를 감소시키기 위해 반복적재구성방법을 사용하였다는 점에서 본 연구와 유사함을 확인할 수 있다.

하지만 본 연구에서는 기존 팬텀 연구에 국한된 PCI와 HI 데이터를 인체 데이터로 최초로 제시하였다는 것에 의의가 있다. 인체 데이터를 분석함에 있어 전향적 분석이 아닌 후향적 분석을 하였기 때문에 조사 문수에 대한 데이터 통계는 할 수 없었다. 따라서 조사 문수에 따른 변화를 확인하는 추가 연구가 필요하다. 추후 조사 문수와 SBRT, IMRT 등 치료 방법에 따른 PCI와 HI 평가 인자를 연구할 때 본 연구가 기초자료를 제공할 수 있을 것이라고 사료된다.

V. CONCLUSION

결론적으로 반복적 재구성 기법은 고식적인 필터 역투영 재구성 기법보다 같은 방사선량을 이용하여 Metal Artifact를 해소함으로써 정확한 표적 치료 용적을 획득하여 종양 외 정상조직에 대한 피폭을 줄일 수 있음을 확인하였다. 대상자 케이스에서의 치료 계획의 정확성을 나타내는 인자인 HI와 PCI 값이 IR을 사용하였을 때 PTV에 들어가는 조사선량이 더욱 균질해지고 처방 선량의 용적이 PTV와 가까워짐을 확인하였다.

따라서 본 연구를 통해 Metal artifact가 있는 대상자의 방사선 치료 시 치료방법과 조사 문수에 따른 치료 계획의 정확성을 평가하는 연구가 진행될 때, 본 연구가 기초 자료를 제공할 수 있을 것이라 사료된다.

Reference

[1] Statistics Korea. Annual report on the causes of death statistics 2018.
[2] J. H. Kim, K. R. Bae, S. J. Park, C. K. Cho, H. S. Yoo, "A Case of Patient with Recurring Non-Small Cell Lung Carcinoma Treated with Samchilchoongcho-Jung in Conjunction with

Afatinib," The Journal of Internal Korean Medicine, Vol. 38, No. 1, pp. 72-80, 2017.

- [3] S. E. Han, J. A. Kim, H. J. Song, H. Chae, Y. K. Kwon, B. J. Kim, "Effects of carthami flos on human colorectal adenocarcinoma cells," Korean Journal of Oriental Medicine, Vol. 17, No. 2, pp. 129-134, 2011.
- [4] E. S. Lee, J. Jo, "Changes in fatigue and the quality of life of cancer patients receiving radiotherapy," The Journal of Nurses Academic Society, Vol. 27, No. 3, pp. 489-502, 1997.
- [5] M. J. Cho, J. Y. Jang, J. S. Kim, B. K. Kim, C. J. Song, Kim, J. S, "Results of radiation therapy in nasopharyngeal cancer," Journal of the Korean Society for Therapeutic Radiology and Oncology, Vol. 19, No. 1, pp. 10-15, 2001.
- [6] S. Y. Lee, E. I. Son, M. B. Yim et al, "Linac based radiosurgery for cerebral arteriovenous malformations," Journal of Korean neurosurgical society, Vol. 29, No. 8, pp. 1030-1036, 2000.
- [7] S. W. Shin, "Radiation Therapy for Patients with Early-Stage Breast Carcinoma Treated with Breast-Conserving Surgery," Yeungnam University Journal of Medicine, Vol. 14, No. 2, pp. 274-284, 1997.
- [8] I. H. Kim and C. I. Park, "Radiation Therapy for Brain Metastases," Journal of the Korean Society for Therapeutic Radiology and Oncology, Vol. 2, No. 1, pp. 33-39, 1984.
- [9] J. G. Park, "The prognosis following Radiation Therapy or Surgical Resection for Stage 1 Non-Small Lung Cancer," The Korean Academy of Tuberculosis and Respiratory Diseases, Vol. 42, No. 5, pp. 731-736, 1995.
- [10] J. H. Yoo, "An Experimental Study on the Effect of Radiation on the Healing of Lower Bone and High-Pressure Oxygen Treatment." The Journal of the Korean Oral Facial Science, Vol. 16, No. 3, pp. 85-100, 1990.
- [11] R. M. Joemai, P. W. de Bruin, W. J. Veldkamp, J. Geleijns, "Metal artifact reduction for CT: Development, implementation, and clinical comparison of a generic and a scanner-specific technique," Medical Physics, Vol. 39, No. 2, pp.

- 1125-1132, 2012.
- [12] S. A. Rosenthal, J. M. Galvin, J. W. Goldwein, A. R. Smith, P. H. Blitzer, "Improved methods for determination of variability in patient positioning for radiation therapy using simulation and serial portal film measurements," *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, Vol. 23, No. 3, pp. 621-625, 1992.
- [13] J. H. Choi, J. H. Park, J. H. Goo et. al, "Evaluation of the reconstruction of image acquired from CT simulator to reduce metal artifact," *The Journal of Korean Society for Radiation Therapy*, Vol. 26, No. 2, pp. 191-197, 2014.
- [14] H. S. Won, J. W. Hong, H. J. Yang et al, "Evaluation of Metal Artifact Reduction for Orthopedic Implants (O-MAR) on Radiotherapy Treatment Planning," *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 8, No. 5, pp. 217-223, 2014.
- [15] L. Feuvret, G. Noël, J. J. Mazeron, P. Bey, "Conformity index: a review," *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, Vol. 64, No. 2, pp. 333-342, 2006.
- [16] I. Paddick, "A simple scoring ratio to index the conformity of radiosurgical treatment plans," *Journal of Neurosurgery*, Vol. 93, No. 3, pp. 219-222, 2000.
- [17] Y. H. Kim, D. h. Park, H. R. Park, W. T. Kim, D. H. Kim, J. S. Bae, G. R. Jeon, J. H. Ro, Y. K. Ki, "Effect of collimator angles on the dosimetric results of volumetric modulated arc therapy planning for patients with a locally-advanced nasopharyngeal carcinoma," *Journal of the Korean Physical Society*, Vol. 70, No. 5, pp. 539-544, 2017.
- [18] J. R. Park, M. S. Kim, J. M. Kim, H. S. Chung, C. H. Lee, G. M. Back, "A Study on Usefulness of Clinical Application of Metal Artifact Reduction Algorithm in Radiotherapy," *The Journal of Korean Society for Radiation Therapy*, Vol. 29, No. 2, pp. 9-17, 2017.
- [19] C. H. Lee, I. H. Yoon, D. G. Hong, G. M. Back, G. T. Kwon, "Evaluation of the Usefulness of Gantry Tilt Scan for Reduction of Metal Artifact in Radiation Treatment of Head & Neck Patients," *The Journal of Korean Society for Radiation Therapy*, Vol. 22, No. 2, pp. 85-95, 2010.
- [20] M. S. Park, J. C. Ham, H. S. Lim et. al, "The Study of Usefulness of Metal Artifact Reduction Algorithm and Artifacts Caused by Metallic Hip Prosthesis on PET/CT," *The Korean journal of nuclear medicine technology*, Vol. 16, No. 2, pp. 35-43, 2012.

고밀도 인공물 환자에서 반복적 재구성 사용 유무에 따른 3차원 입체조형 방사선 치료 계획 인자의 정량분석

이규욱,¹ 최우형,¹ 정예현,¹ 이주희,² 윤인하,³ 허영철^{1,*}

¹을지대학교 보건과학대학 방사선학과

²서울아산병원 영상의학과

³서울아산병원 방사선종양학과

요 약

본 연구의 목적은 3차원 입체조형 방사선 치료 계획에 고밀도 인공 물체를 삽입하는 불확실성을 보정하기 위해 반복적 재구성(IR)의 유용성을 평가하는 것이다. 쇄구슬 팬텀과 티타늄이 삽입된 대상자의 CT Simulation 영상에서 IR을 적용한 영상과 IR을 적용하지 않은 영상을 얻었으며 선량 평가 인자인 HI, MU와 체적 평가 인자인 Volume과 PCI를 비교하였다. 쇄구슬과 티타늄 팬텀 실험 결과 IR을 적용할 때 고밀도 인공 물질의 부피가 각각 4.850%, 11.456% 줄었으며 MU는 0.924%, 1.181% 감소하였다. HI는 0.106%, 0.272% 감소하였고 PCI는 0.358%, 0.867% 감소하였다. IR을 척추 성형술, 대퇴부 정렬핀, 손목 정렬핀 등 대상자의 CT 영상에 적용했을 때 인공물의 부피는 47.76%, 23.841%, 49.339% 감소하였다. MU도 0.924%, 0.294%, 1.675%, HI는 1.232%, 0.412%, 1.695% 감소하였으며 PCI는 4.022%, 0.512%, 13.472% 감소하였다. 결론적으로 3차원 입체조형 방사선 치료 계획시 IR을 적용했을 때 고밀도 인공물이 삽입된 팬텀과 대상자 케이스에서 선량과 체적이 모두 감소되었다는 것을 확인할 수 있었다.

중심단어: 3D-CRT, 반복적재구성, 방사선치료계획, 암, 인공물삽입

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	이규욱	을지대학교 보건과학대학 방사선학과	학부생
(공동저자)	최우형	을지대학교 보건과학대학 방사선학과	학부생
	정예현	을지대학교 보건과학대학 방사선학과	학부생
	이주희	서울아산병원 영상의학과	방사선사
	윤인하	서울아산병원 방사선종양학과	방사선사
(교신저자)	허영철	을지대학교 보건과학대학 방사선학과	교수