

두경부 종양의 적응방사선치료시 변형영상정합을 이용한 합성선량 평가

- The Evaluation of Composite Dose using Deformable Image Registration in Adaptive Radiotherapy for Head and Neck Cancer -

부산대학교병원 방사선종양학과¹⁾ · 부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과²⁾

황철환^{1,2)} · 고성진²⁾ · 김창수²⁾ · 김정훈²⁾ · 김동현²⁾ · 최석운²⁾ · 예수영²⁾ · 강세식²⁾

— 국문초록 —

적응방사선치료(adaptive radiotherapy, ART)시 획득된 다단계 CT영상으로부터 변형영상정합을 이용하여 전체 처방선량에 대한 주변 정상조직의 합성선량을 획득하고, 각각의 단일 치료계획으로부터 합산되어진 선량을 비교분석하여 임상적 의의를 얻고자 한다.

2011년 5월 1부터 2012년 7월 31일까지 두경부 종양으로 3차원 입체조형치료, 세기변조방사선치료를 시행한 환자 중에서 치료기간 중 종양크기의 변화, 체중의 급격한 감소 등으로 인해 적응방사선치료를 시행한 환자를 대상으로 하였다.

변형영상정합을 이용하여 전체 처방선량에 대한 주변 정상조직의 합성선량을 획득할 수 있었으며, 단일 치료계획으로부터 합산되어진 선량과의 비교에서 하악골(48.95 ± 3.89 vs 49.10 ± 3.55 Gy), 구강(36.93 ± 4.03 vs 38.97 ± 5.08 Gy), 이하선(35.71 ± 6.22 vs 36.12 ± 6.70 Gy), 턱관절(18.41 ± 9.60 vs 20.13 ± 10.42 Gy)에서 차이의 결과를 보였다. 적응방사선치료시 변형영상정합에 의한 합성선량과 단일 치료계획으로부터 합산되어진 선량과의 유의한 차이를 확인할 수 있었으며, 다단계 CT영상을 사용하는 경우 변형영상정합에 의한 합성선량 획득은 주변 정상조직에 대해 보다 정확한 평가가 가능할 것으로 사료된다.

중심 단어: 적응방사선치료, 변형영상정합, 선량체적히스토그램

I. 서 론

방사선치료의 목적은 종양조직에 충분한 선량을 조사함과 동시에 주변 정상조직에는 가능한 적은 선량이 조사되게 하는 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위해 수년간 방사선치료의 기술은 급속한 발전을 이루고 있다. 세기변조 방사선치료(intensity modulated radiotherapy, IMRT),

영상유도방사선치료(image guided radiotherapy, IGRT), 정위적체부방사선치료(stereotactic body radiotherapy, SBRT)를 그 예로 들 수 있다. 고도의 정확성이 요구되는 세기변조방사선치료나 정위적체부방사선치료는 치료체적의 조형(conformity)을 높이면서 주변 정상조직의 보호효과를 극대화할 수 있는 치료법이다¹⁾.

하지만 치료용표적체적(planning target volume, PTV)의 여유마진이 작다는 점과 방사선조각을 이용하는 치료의 특성상 환자에서 기인하는 오차가 발생할 때는 전통적인 방사선치료방법에 비해 선량분포의 큰 변화가 발생하게 되며, 이는 곧 치료결과에 좋지 못한 영향을 미치게 된다^{2,3)}. 치료기간 중 환자에서 기인하는 오차로는 치료자

* 접수일(2013년 5월 10일), 1차 심사일(2013년 8월 9일), 확정일(2013년 8월 30일)

교신저자: 강세식, (609-757) 부산광역시 서구 금정구 부곡 3동 9번지
부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과
Tel : 051-510-0582, Fax : 051-510-0588
E-mail : sskang@cup.ac.kr

세의 변화, 급격한 체중 감소, 종양 및 정상조직의 변화 등을 예로 들 수 있다⁴⁾. 이에 따라 영상유도방사선치료를 바탕으로 치료 전 자세와 종양 및 주변 정상조직의 위치 변화를 확인하여 이를 반영하는 적응방사선치료가 필요하다⁵⁻⁷⁾. 적응방사선치료는 치료기간 중에 발생하는 환자의 변화를 확인하기 위해 CT영상을 획득하여 변화된 정보를 치료계획에 반영함으로써 치료의 정확성을 높이고, 환자의 변화로부터 발생하는 예상치 못한 치료 합병증을 줄일 수 있는 치료기법이다⁸⁾. 하지만 치료기간 중에 CT영상이 변경됨에 따라 전체 처방선량에 대한 선량분포도와 정상 조직에 대한 선량체적히스토그램(dose volume histogram, DVH)을 획득할 수 없었으며, 그로 인해 주변 정상조직에 대한 정확한 용적선량 평가에 제한이 있었다⁹⁾. 선량체적 히스토그램은 치료계획을 평가하기 위한 가장 보편적이고 편리한 방법으로 사용되고 있으나, 이는 전체 처방선량에 대한 용적선량으로 산출되어야만 정확한 종양제어확률(tumor control probability, TCP)과 정상조직합병증확률(normal tissue complication probability, NTCP)을 평가할 수 있다^{10,11)}.

본 연구에서는 적응방사선치료시 주변 정상조직에 대한 정확한 용적선량 평가를 위해 변형영상정합(deformable image registration, DIR)을 이용하여 전체 처방선량에 대한 선량분포도와 선량체적히스토그램을 획득하고, 이를 바탕으로 하여 정상조직에 대한 선량을 평가하였다. 또한 적응방사선치료 전후 각각의 단일 치료계획으로부터 단순 합산되어진 선량과 비교분석을 하고 그에 따른 임상적 의의를 고찰하고자 하였다.

II. 대상 및 방법

2011년 5월 1일부터 2012년 7월 31일까지 저자의 병원에서 두경부 종양으로 3차원 입체조형치료 또는 세기변조 방사선치료를 받은 환자들을 대상으로 하였다. 치료기간 중 체중의 감소 및 종양조직의 크기 변화와 같이 환자에서 기인한 오차로 인해 CT영상을 재획득하여 적응방사선치료를 시행한 15명의 환자를 대상으로 후향적 조사를 시행하였다.

연구대상 환자 모두에서 정밀한 방사선치료를 위해 환자 고정 장치로 두경부용 바닥판(base plate, Uniframe, Civco Medical Solution, Kalona, IA, USA) 및 열가소성 물질 마스크를 사용하였고, 목과 어깨 등의 자세유지를 위해서 Silverman headrest (Civco Medical Solutions, Orange City, IA, USA), Alpha cradle

(Smithers Medical Products, Akron, OH, USA)을 사용하였다. 또한 허 고정 목적 또는 열가소성 마스크의 위치 고정력 향상을 위하여 구강 내 스텐트를 추가하였다. 전산화 단층촬영모의치료기(Brilliance big bore CT scanner, Philips, Netherland)를 이용하여 바로 누운(양와위) 자세에서 두부의 꼭짓점으로부터 기관 분기부까지 3 mm 단면 두께로 단층 영상을 획득하였다. 육안적종양체적(gross tumor volume, GTV)은 MRI, CT, PET에서 육안적으로 분명히 관찰되는 병변을 포함하였으며, 임상 표적체적(clinical target volume, CTV)은 육안적종양체적에서 0.5~2.0 cm의 여유를 포함하고, 육안적으로 관찰은 되지 않지만 미세병변을 포함하고 있을 가능성이 높은 부위를 설정하였다. 또한 환자 치료 셋업 상의 오차를 고려하기 위해 임상표적체적에서 3~5 mm의 여유를 두고 치료계획표적체적을 설정하였다. 방사선치료계획시스템(Eclipse™; Varian Medical System, Palo Alto, CA, USA)을 이용하여 3차원 영상으로 재구성하여 입체조형 방사선치료 또는 세기변조방사선치료 계획을 시행하였다. 입체조형방사선치료 계획시에는 빔가중치(weighting), 썬키 필터, 콜리메이터 각도, 빔 각도, 다엽콜리메이터(multi leaf collimator, MLC) 등을 조절하였으며, 세기변조방사선치료시에는 역치료계획(inverse planning)의 선량-체적 최적화과정(dose volume optimizer, DVO)을 이용하여 정상조직에는 최소한의 방사선이 조사될 수 있도록 하였다. 계획용표적체적의 선량 분포가 처방선량의 +7%, -5%의 범위에 들도록 ICRU 권고안을 준수하였다¹²⁾. 선량체적히스토그램을 통해 종양과 정상조직의 선량을 평가하고 6 MV 선형가속기(Clinac 21EX, Varian Medical, Systems, Palo, CA, USA)를 이용하여 방사선치료를 시행하였다. 치료 중에 체중의 감소를 보여 열가소성마스크의 충분한 고정력을 기대할 수 없는 경우, CT영상에서 육안적종양체적의 감소가 확인되는 경우에는 적응방사선치료를 위해 고정기구를 재제작하고 CT영상을 재획득하였다(Fig. 1).

재획득한 CT영상에 대해 첫 번째 치료계획 절차와 동일한 과정으로 적응방사선치료 계획을 수립하였으며, 정확한 선량평가를 위해 DICOM RT 형식의 절차에 따라 변환하였다¹³⁾. 변형영상정합을 위해 MIM maestro 5.4.7 (MIM software Inc., Cleveland, OH, USA)을 사용하였으며, 알고리즘은 intensity-based free-form을 사용하여 적응방사선치료 전후의 CT영상을 영상정합한 후 전체 처방선량에 대한 합성선량과 선량분포도를 산출하였다(Fig. 2).

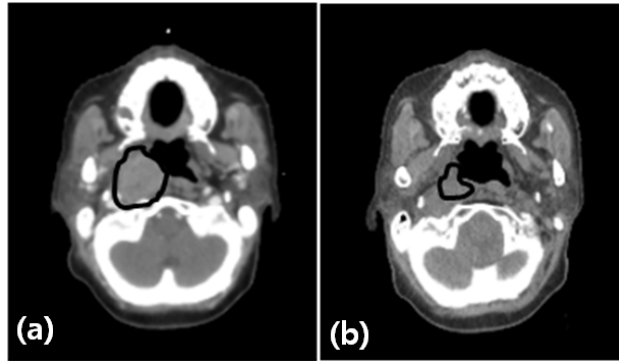


Fig. 1. Example of changing tumor during radiotherapy for head and neck cancer.
 (a) Computed tomography taken at treatment simulation (first CT)
 (b) Computed tomography taken 4 weeks into radiotherapy (second CT)

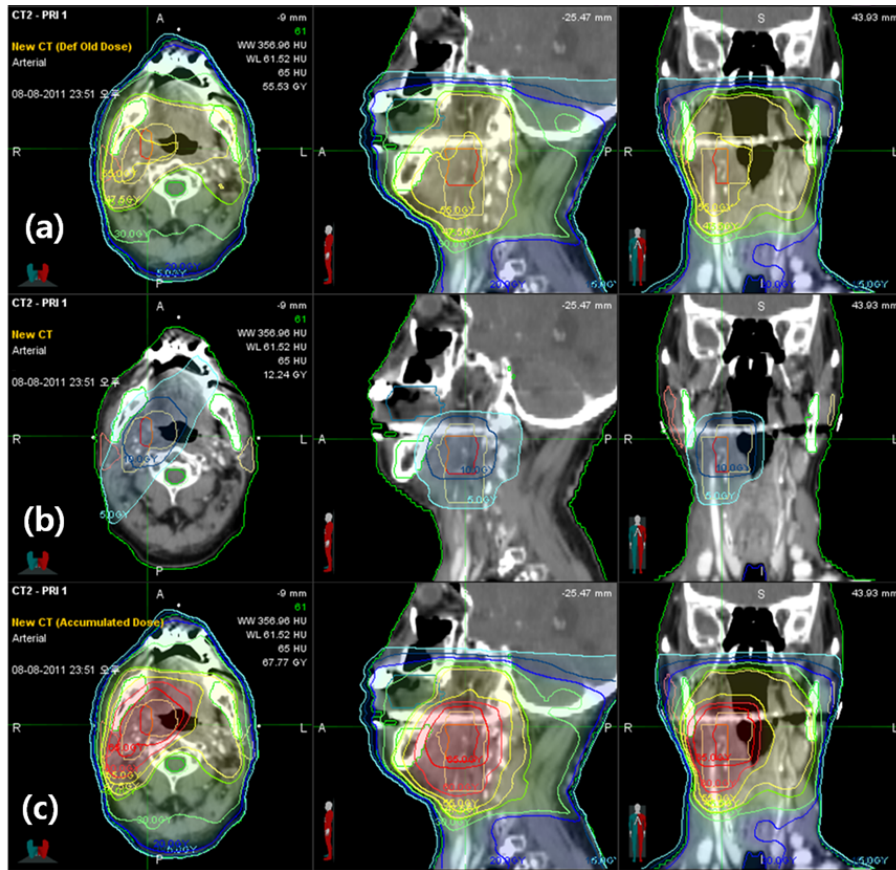


Fig. 2. Example case of a 64-year-old man with T4N0 tonsil carcinoma. The top images are from the first computed tomography(CT) scan, and show the isodose curves obtained from the first intensity-modulated radiotherapy(IMRT). (a) The middle images are from the second CT scan(at the same level as in the first CT scan), and show the isodose lines.(b) The bottom images show the second CT scan, and show the isodose lines obtained through deformable image registration in total dose.(c) The second CT scan was obtained after 27 fractions of treatment and after a 10% weight loss from the start of treatment.

선량체적히스토그램을 이용하여 하악골, 구강, 이하선, 척수신경, 턱관절에 대한 평균선량과 관심체적선량(Dmax, D5%, D10%, D30%, D50%, D70%, D100%, Dmean)을 평가함과 동시에 적응방사선치료 전후의 단일 치료계획으로부터 단순 합산되어진 선량과 비교분석을 시행하였다. 선량값은 평균±표준편차로 나타냈으며, 변형영상정합을 이용한 평가법과 치료계획간 합산에 의한 평가법간의 백분율오차(percentage error, PE)를 평가하기 위해 다음과 같은 식으로 평가하였다.

$$\%Diff. = \frac{SMM - DIR}{DIR} \times 100$$

SMM: 단순합산선량(simple mathematics method, SMM)

DIR: 변형영상정합(deformable image registration, DIR)

통계분석을 위해 SPSS version 19 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였으며, 두 방법간에 선량 비교를 위해 대응표본 T검정을 시행하였다. 또한 유의수준 0.05 미만인 경우(p<.05)에 유의한 차이가 있는 것으로 판단하였다.

III. 결 과

이번 연구의 대상이 되었던 15명의 환자 특성은 Table 1과 같다. 치료기간은 45 ~ 53일(평균 48.5일)이었고, 총 방사선조사량은 60 ~ 70 Gy(중간값, 66 Gy), 일회 방사선량은 2.0 Gy 였다. 치료기간 중에 8명은 체중의 급격한 감소, 7명은 육안적종양체적의 감소로 인해 적응방사선치료를 시행하였다(Table 1).

체중 감소는 첫 번째 CT영상을 획득한 시점부터 적응방사선치료 시행을 위해 두 번째 CT영상을 획득한 시점까지 평균 -6.4%(-0.8% ~ -12.2%)으로 나타났으며, 치료 마지막 시점까지는 평균 -7.7%(-0.2% ~ -15.3%)를 나타내었다. 각각의 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다.(p<.01) 15명의 환자 중 체중 감소로 인해 고정기구의 충분한 고정력을 기대할 수 없게 되어 적응방사선치료를 시행한 환자(n=8)의 경우, 첫 번째 CT영상을 획득한 시점부터 두 번째 CT 영상을 획득한 시점까지 평균 -8.1%(-5.3% ~ -12.2%), 치료 마지막 시점까지는 평균 -9.7%(-5.2% ~ -15.3%)의 체중 감소를 나타내었다(Table 2)(Fig. 3).

Table 1. Clinical characteristics of enrolled patients

ID	Age/Sex	Clinical stage	Stage	Primary site	TD (Gy)	Indication for second CT scan
1	58/M	III	T2N2	Tonsil	70	Weight loss
2	62/F	III	T1N2	Tonsil	60	Tumor shrinkage
3	64/M	III	T3N0	Tonsil	66	Tumor shrinkage
4	58/M	III	T1N2	Tonsil	66	Tumor shrinkage
5	63/M	III	T2N1	Tonsil	70	Weight loss
6	61/M	I	T1N0	Tonsil	66	Weight loss
7	58/M	III	T1N2	Tonsil	66	Tumor shrinkage
8	56/F	IV	T1N2	BOT	66	Weight loss
9	59/M	III	T2N1	BOT	66	Tumor shrinkage
10	68/M	IV	T2N2	BOT	66	Tumor shrinkage
11	60/F	III	T3N1	NPX	70	Weight loss
12	47/M	III	T3N1	NPX	70	Weight loss
13	63/M	III	T3N0	NPX	70	Tumor shrinkage
14	65/M	III	T3N0	OPX	70	Weight loss
15	64/M	IV	T4N0	Oral cavity	60	Weight loss

ID = identification number; M = male, F = female; NPX = nasopharynx, BOT = base of tongue, OPX = oropharynx
TD = total RT dose to gross disease

Table 2. Weight comparisons

	Mean weight (kg)			Mean %difference			
	1st CT	2nd CT	Final day	1st-2nd	p	1st-final	p
n=15	65.70±16.17	61.33±14.71	60.50±14.74	-6.47±3.11	.000*	-7.73±4.18	.000*
n=8 ⁺	64.39±9.13	59.10±8.06	58.08±8.40	-8.13±2.56		-9.76±3.46	

1st CT: weight at first CT acquisition, 2nd CT: weight at second CT acquisition, final: weight at final treatment
⁺Patients who underwent adaptive radiotherapy due to weight loss. (*p <.01)

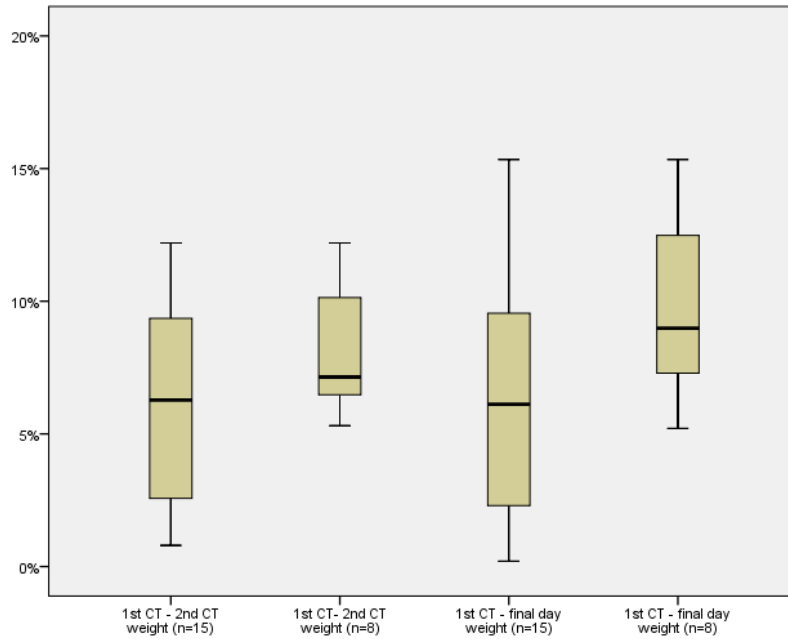


Fig. 3. Weight changed between the first CT(1st CT) and second CT(2nd CT), the first CT(1st CT) and final day by box plot
 n=15: total enrolled patient, n=8: patients who underwent adaptive radiotherapy due to weight loss

Table 3. Comparison of changes in the volume of normal tissues between the first CT(1st CT) and second CT(2nd CT)

	Volume(cc)		%difference	p
	1st CT	2nd CT		
Mandible	87.36±15.45	86.41±16.16	-1.23±4.12	NS
Oral cavity	94.92±30.92	97.19±31.12	3.42±15.46	NS
Parotid gland	22.87±8.77	17.32±6.43	-22.20±18.79	.001*
Spinal cord [†]	44.96±15.07	44.89±15.75	-0.62±4.16	NS
TM joint	7.63±2.70	7.58±2.64	-0.41±2.89	NS

TM joint: temporomandibular joint, NS: not statistically significant

[†]Range of contoured spinal cord is from 1st cervical spine to 6th thoracic spine. (*p <.05)

적응방사선치료 전후의 정상조직 체적 변화는 하악골 -1.74%, 구강 3.42%, 이하선 -22.20%, 척수신경 -0.62%, 턱관절 -0.41%로 나타났다. 두 집단에서 하악골, 구강, 척수신경, 턱관절에 대한 체적 변화의 유의한 차이는 확인할 수 없었으나 이하선의 체적 감소는 매우 유의한 차이를 확인할 수 있었다(p<.01)(Table 3).

변형영상정합을 이용하여 획득되어진 정상조직의 평균 선량은 하악골 49.10±3.55 Gy, 구강 38.97±5.08 Gy, 이하선 36.12±6.70 Gy, 척수신경 31.42±5.89 Gy, 턱관절 20.13±10.42 Gy로 나타났다. 또한 적응방사선치료 전후 각각의 단일 치료계획으로부터 단순 합산되어진 선량에서는 하악골 48.95±3.89 Gy, 구강 36.93±4.03 Gy,

Table 4. Dosimetric comparison of mean dose between SMM and DIR

	Mean±SD (Gy)		Difference	%difference	p
	SMM	DIR			
Mandible	48.95±3.89	49.10±3.55	-0.15±1.32	-0.22±2.76	.047*
Oral cavity	36.93±4.03	38.97±5.08	-2.05±2.57	-4.86±4.43	.008*
Parotid gland	35.71±6.22	36.12±6.70	-0.41±1.11	-0.93±1.79	.049*
Spinal cord	31.53±4.94	31.42±5.89	0.11±1.91	1.13±3.52	.821
TM joint	18.41±9.60	20.13±10.42	-1.72±2.01	-10.10±4.56	.005*

SMM: simple mathematics method, DIR: deformable image registration (*p <.05)

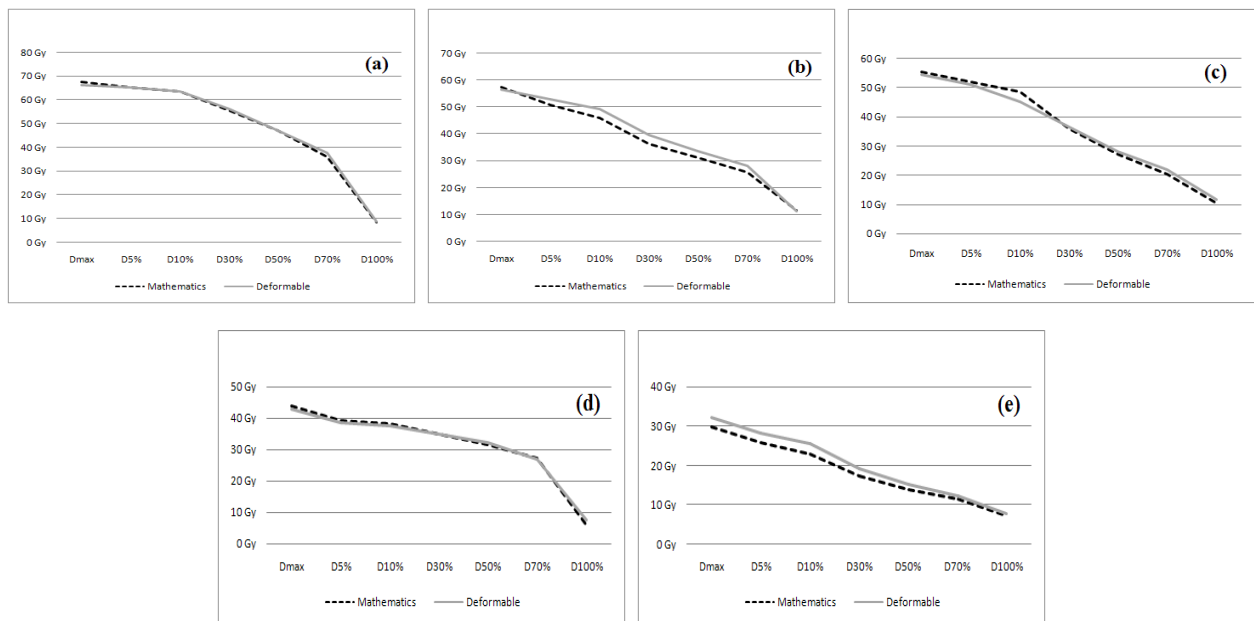


Fig. 4. Dose difference between simple mathematics method(SMM) and deformable image registration(DIR) according to the volume. Data are presented separately for the (a) mandible, (b) oral cavity, (c) parotid gland, (d) spinal cord and (e) temporomandibular joint.

이하선 35.71±6.22 Gy, 척수신경 31.53±4.94 Gy, 턱관절 18.41±9.60 Gy를 나타내었다. 변형영상정합을 기준으로 하여 평균선량의 차이는 하악골 -0.15±1.32 Gy, 구강 -2.05±2.57 Gy, 이하선 -0.41±1.11 Gy, 척수신경 0.11±1.91 Gy, 턱관절 -1.72±2.01 Gy로 나타났다. 통계적 차이검정 결과, 하악골(p=.047), 구강(p=.008), 이하선(p=.049), 턱관절(p=.005)에서 유의한 선량차이를 확인할 수 있었으며, 음양 관계에서는 명확한 음의 차이를 확인할 수 있었다(Table 4).

관심체적 선량에 대한 평가에서는 하악골, 구강, 이하선, 척수신경, 턱관절의 최대선량(Dmax), 5% 체적선량(D5%), 10% 체적선량(D10%)에서 두 방법간에 유의한 선

량차이를 확인할 수 있었다(Fig. 4).

IV. 고찰 및 결론

방사선치료기술의 다변화로 인해 치료기간 중 발생하는 환자의 변화를 인지하여 치료계획에 반영하는 것은 매우 중요하다. 이러한 측면에서 영상유도방사선치료를 기반으로 한 적응방사선치료는 많은 연구자들에 의해 그 필요성이 대두되고 있다. 치료기간 중 환자상태의 변화는 선량분포의 변화를 일으키게 되고, 이로 인해서 치료체적과 정상조직의 선량에 변화를 가져오게 된다. 이는 곧 종양제어를

과 정상조직합병증확률에 변화를 가져오게 되고 결국 치료결과에 영향을 미치게 된다³⁾. 체내 선량분포를 변화시키는 원인으로는 체중의 감소로 인한 체형의 변화, 종양 및 정상조직의 변화를 예로 들 수 있다. 체중은 환자의 체형변화를 인지하기 위한 지표로 사용되며¹⁴⁾, 두경부암 방사선치료 기간 중 7 ~ 11%의 체중의 감소가 보고된 바 있다¹⁵⁾. 15명의 두경부암 환자를 대상으로 본 연구에서는 치료기간 중에 평균 7.7%의 체중감소와 22.2%의 이하선 체적감소를 확인하였으며, 체중감소는 다른 연구자들의 결과와 유사한 결과 값을 나타내었다. Barker¹⁴⁾ 등은 두경부 방사선치료 기간 중에 영상유도방사선치료를 통해 28.1%의 이하선 체적감소를 확인하였으며, 동시에 체중감소와 체표면적의 변화에 영향을 받아 이하선의 내측방향 이동현상과 그로 인한 평균선량 증가를 보고하였다. 이하선의 내측방향 이동은 경부림프절을 치료하기 위한 치료체적 가까이로의 이동을 의미하여 그로 인해 구강 건조증과 같은 만성 합병증의 발생 확률이 높아 질 것으로 사료된다. 이하선의 20% 이상의 체적감소는 평균선량이 10% 이상 상승한다는 보고²⁾와 체중의 감소와 이하선의 선량증가는 강한 양의 상관관계가 있음이 보고된 바 있다¹⁶⁾. 본 연구에서 22.2%의 이하선 체적감소는 이를 반영한 치료계획의 수정이 동반되지 않을 경우 상당한 평균선량의 증가로 이어질 것으로 생각된다. Schwartzen¹⁷⁾ 등은 이러한 환자의 변화를 고려하여 적응방사선치료를 시행함으로써 충분한 종양제어와 정상조직합병증확률을 최소화시킬 수 있으며, 치료 이후의 삶의 질 향상에 기여할 수 있다고 보고하였다. Lu W^{18,19)} 등은 적응방사선치료에서의 변형영상정합을 제안하여 처음 치료계획에 사용되어진 CT영상과 이후 변화를 반영한 CT영상 사이에서 장기의 위치변화 확인과 전체 처방선량에 대한 합성선량 평가를 제안하였다. 본 연구에서는 이러한 변형영상정합을 이용하여 치료 기간 중 계획이 변경된 환자에 대해서 정상조직의 합성선량을 평가하고 적응방사선치료 전후의 치료계획으로부터 단순 합산되어진 선량과 비교분석을 시행하였다. 5개의 관심 정상조직에 대한 평균선량 비교에서 척수신경을 제외한 하악골, 구강, 이하선, 턱관절에서 통계적으로 유의한 차이를 확인할 수 있었으며, 관심 체적에 대한 선량평가에서는 최대선량점(Dmax), 5% 체적선량(D5%), 10% 체적선량(D10%)에서 유의한 차이를 확인하였다. 턱관절을 제외한 4개의 정상조직에서 유의한 양의 관계를 나타내고 있으며, 이는 차이를 보이는 체적선량에서 단순 합산되어진 선량 값이 변형영상정합에 비해 상대적으로 과평가 되어지고 있음을 의미한다.

ICRP publication 86에 따르면 뇌간, 척수, 소화관과 같이 장기의 기능적 최소단위(functional sub-unit)가 직렬로 배열된 장기에서는 매우 낮은 체적이라도 견딜수 있는 선량 이상으로 피폭하는 것은 고도의 합병증을 유발할 수 있으며, 전체 장기 기능에 상당한 영향을 나타낼 수 있음을 언급하고 있다²⁰⁾. 이는 장기의 기능적 최소단위가 병렬로 연결된 조직에 비해 직렬로 연결된 조직에서 낮은 체적에 대한 선량 평가가 중요하다는 것으로 두경부암의 방사선 치료시에는 척수신경, 뇌간과 같은 신경계 조직이 해당될 것으로 생각된다. 본 연구에서 변형영상정합과 치료계획간 단순 합산되어진 선량에서 최대 선량점을 포함하여 낮은 체적에 대한 선량에 대해 통계적으로 매우 유의한 차이를 보였으며, 이는 기능적 최소단위가 직렬로 연결된 조직인 척수신경에서 보다 큰 영향을 가질 것으로 생각된다. 결국 단순 합산선량 값으로 과평가되어진 척수신경의 선량으로 인해 합병증 확률 예측에 오류가 발생할 수 있을 것으로 생각되며, 과평가가 되어지는 이유로는 특정 선량 값에 대한 위치 정보는 간과하고 단순히 산술적 합산에 기인함으로써 선량평가에 오류를 발생 할 것으로 사료된다.

두경부암 환자의 방사선치료 기간 중에는 방사선의 전신영향으로 인해 체중의 감소가 발생하게 된다. 이는 이하선과 같이 내부 장기의 변화로 이어져 정상조직의 합병증을 증가시킬 수 있을 것으로 생각되며, 이를 반영한 적응방사선치료가 필요할 것으로 사료된다.

적응방사선치료 전후의 치료계획에 대한 단순 합산선량은 변형영상정합에 의한 평가 방법에 비해 최대선량점, 낮은 체적에 대한 선량에서 과평가되어지며, 이는 정상조직의 합병증 예측에 부정확성을 가져올 것으로 사료된다. 결국 변형영상정합을 바탕으로 한 적응방사선치료의 선량평가는 보다 정확한 정상조직의 선량 평가로 이어질 것으로 사료된다.

2차원적 치료와 같이 광범위한 범위를 포함하여 치료하는 기법에서 탈피한 세기변조방사선치료, 정위적체부방사선치료는 방사선을 조사하고자 하는 부위만 한정해서 치료를 할 수 있는 최신의 방사선치료 기법이지만, 셋업에 제한된 여유와 치료체적과 정상조직간에 급격한 선량차이로 인해 환자의 예상치 못한 변화는 심각한 선량의 오차를 유발하게 되고, 이는 결국 치료의 성적에 영향을 미치게 될 것으로 사료된다. 이와 관련하여 이번 연구가 가지는 의의는 이러한 적응방사선치료시 CT영상이 서로 다른 치료계획에 대해 변형영상정합을 이용함으로써 전체 처방선량에 대한 주변 정상조직의 선량을 정확하게 평가함으로써

써 추후에 생길 수 있는 합병증 확률을 보다 정확하게 예측할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Chao KS, Wippold FJ, Ozyigit G, et al.: Determination and delineation of nodal target volume for head-and-neck cancer based on patterns of failure in patients receiving definitive and postoperative IMRT, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 53, 1174-1184, 2002
2. Purdy JA: Current ICRI definitions and volumes: Limitations and future directions, *Semin. Radiat. Oncol.*, 1, 27-40, 2004
3. Ahn PH, Chen CC, Ahn AI, et al.: Adaptive planning intensity-modulated radiation therapy for head and neck cancers: single-institution experience and clinical implications, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 3, 677-685, 2011
4. Hansen EK, Bucci MK, Quivey JM, et al: Repeat CT imaging and replanning during the course of IMRT of head-and-neck cancer, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 64, 355-362, 2006
5. Bak JN, Jeong KK, Keum KC, et al: On-line image guided radiation therapy using cone-beam CT(CBCT), *J. Korean Soc. Ther. Radiol. Oncol.*, 24, 294-299, 2006
6. Oh SJ, Kim SY, Suh TS, et al: How image quality affects determination of target displacement when using kV cone-beam computed tomography(CBCT), *Korean J. Medical phys.*, 17, 207-211, 2006
7. Wu Q, Chi Y, Chen PY, et al: Adaptive replanning strategies accounting for shrinkage in head and neck IMRT, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 75, 924-932, 2009
8. Keall P: 4-dimensional computed tomography imaging and treatment planning, *Semin. Radiat. Oncol.*, 14, 18-90, 2004
9. Zhang G, Huang TH, Feygelman V, et al: Generation of composite dose and biological effective dose(BED) over multiple treatment modalities and multistage planning using deformable image registration, *Med. Dosim.*, 35, 143-150, 2010
10. Lyman JT: Complication probability as assessed from dose-volume histogram, *Radiat. Res.*, 10, S13-S19, 1985
11. Oetzel D, Schraube P, Hensley F, et al: Estimation of pneumonitis risk in three-dimensional treatment planning using dose-volume histogram analysis, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 33, 455-460, 1995
12. ICRU Report 62(supplement to ICRU 50): Prescribing, recording and Reporting Photon Beam Therapy, International Commission on Radiation Units and Measurements, Maryland, USA, 1999
13. NEMA: Digital Imaging and Communications in Medicine(DICOM), Rosslyn, VA:National Electrical Manufacturers Association; 2001
14. Barker JL, Gargen AS, Ang KK, et al: Quantification of volumetric and geometric changes occurring during fractionated radiotherapy for head-and-neck cancer using an integrated CT/linear accelerator system, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 59, 960-970, 2004
15. Bhide SA, Davies M, Burke K, et al: Weekly volume and dosimetric changes during chemoradiotherapy with intensity-modulated radiation therapy for head and neck cancer: a prospective observational study, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 76, 1360-1368, 2010
16. Lee C, Langen KM, Lu W, et al: Assessment of parotid gland dose changes during head and neck cancer radiotherapy using daily megavoltage computed tomography and deformable image registration, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 71, 1563-1571, 2008
17. Schwartz DL, Garden AS, Thomas J, et al: Adaptive radiotherapy for head-and-neck cancer: Initial clinical outcomes from a prospective trial, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 83, 986-993, 2011
18. Lu W, Chen ML, Olivera GH, et al: Fast free-form deformable registration via calculus of

- variation, Phys. Med. Biol., 49, 3067–3087, 2004
19. Lu W, Olivera GH, Chen Q, et al: Deformable registration of the planning image(KVCT) and the daily images(MVCT) for adaptive radiation therapy., Phys. Med. Biol., 51, 4357–4374, 2006
20. ICRP Pulicaiton 86: Prevention of accidental exposures to patients undergoing radiation therapy. International Commission on Radiological Protection, Oxford, Pergamon Press, 2000

•Abstract

The Evaluation of Composite Dose Using Deformable Image Registration in Adaptive Radiotherapy for Head and Neck Cancer

Chul-Hwan Hwang^{1,2)} · Seong-Jin Ko²⁾ · Chang-Soo Kim²⁾ · Jung-Hoon Kim²⁾ · Dong-Hyun Kim²⁾ · Seok-Yoon Choi²⁾ · Soo-Young Ye²⁾ · Se-Sik Kang²⁾

¹⁾*Dept. of Radiation Oncology, Pusan National University Hospital*

²⁾*Dept. of Radiological Science, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan*

In adaptive radiotherapy(ART), generated composite dose of surrounding normal tissue on overall treatment course which is using deformable image registration from multistage images. Also, compared with doses summed by each treatment plan and clinical significance is considered. From the first of May, 2011 to the last of July, 2012. Patients who were given treatment and had the head and neck cancer with 3-dimension conformal radiotherapy or intensity modulated radiotherapy, those who were carried out adaptive radiotherapy cause of tumor shrinkage and weight loss. Generated composite dose of surrounding normal tissue using deformable image registration was been possible, statistically significant difference was showed to mandible(48.95 ± 3.89 vs 49.10 ± 3.55 Gy), oral cavity(36.93 ± 4.03 vs 38.97 ± 5.08 Gy), parotid gland(35.71 ± 6.22 vs 36.12 ± 6.70 Gy) and temporomandibular joint(18.41 ± 9.60 vs 20.13 ± 10.42 Gy) compared with doses summed by each treatment plan. The results of this study show significant difference between composite dose by deformable image registration and doses summed by each treatment plan, composite dose by deformable image registration may generate more exact evaluation to surrounding normal tissue in adaptive radiotherapy.

Key Words : Adaptive Radiotherapy (ART), Deformable Image Registration, Dose Volume Histogram (DVH)