

사골동 종양의 3-차원 입체조형치료 : I. 2차원 치료계획과 3차원 치료계획의 비교분석

연세대학교 의과대학 연세암센터 치료방사선과학교실*, 이비인후과학교실†

이상욱* · 김귀언* · 금기창* · 박희철* · 조재호* · 한성욱* · 이강규*
서창욱* · 홍원표† · 박인용†

Clinical Application of 3-D Conformal Radiotherapy for Carcinoma of the Ethmoid Sinus : I. Comparative Analysis Between Conventional 2-D and 3-D Conformal Plans

Sangwook Lee, M.D.* , Gwi Eon Kim, M.D.* , Ki Chang Keum, M.D.*
Hee Chul Park, M.D.* , Jae Ho Cho, M.D.* , Soung Uk Han, M.D.*
Kang Kyu Lee, M.D.* , Chang Ok Suh, M.D.* , Won Pyo Hong, M.D.†
and In Yong Park, M.D.†

Department of Radiation Oncology and Otorhinolaryngology †, Yonsei Cancer Center,
Yonsei University, College of Medicine, Seoul, Korea*

Purpose : This is study of whether 3-D conformal radiotherapy for carcinomas of the ethmoid sinus were better than those treated with conventional 2-D plan.

Materials and Methods : The 3-D conformal treatment plans were compared with conventional 2-D plans in 4 patients with malignancy of the ethmoid sinus. Isodose distribution, dose statistics, and dose volume histogram of the planning target volume were used to evaluate differences between 2-D and 3-D plans. In addition, the risk of radiation exposure of surrounding normal critical organs are evaluated by means of point dose calculation and dose volume histogram.

Results : 3-D conformal treatment plans for each patient that the better tumor coverages by the planning target volume with improved dose homogeneity, compared to 2-D conventional treatment plans in the same patient. On the other hand, the radiation dose distributions to the surrounding normal tissue organs, such as the orbit and optic nerves are not significantly reduced with our technique, but a substantial sparing in the brain stem and optic chiasm for each patient.

Conclusion : Our findings represented the potential advantage of 3-D treatment planning for dose homogeneity as well as sparing of the normal tissue surrounding the tumor. However, further investigational studies are required

이 논문은 1997년 9월 26일 접수하여 1997년 11월 2일 채택되었음.

책임저자: 김귀언, 서울시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 의과대학 치료방사선과학교실

to define the clinical benefit.

Key Words : 3-D conformal treatment, carcinoma of the ethmoid sinus

서 론

사골동에서 발생하는 종양은 해부학적 특징상 주변 장기인 비강, 상악동, anterior cranial fossa, 접형동, 비인강등으로의 직접 침윤은 흔하지만, 주변 림프절로의 전이나 혈행성 전이는 비교적 드문 것으로 알려져 있다¹⁻³⁾. 따라서 위와 같은 특성을 고려해 볼 때 철저한 국소적인 제어가 완치를 위한 선결조건인 동시에 생존율을 향상시키는 가장 중요한 요인임을 알 수 있다^{2, 4-6)}. 그러나 진단 당시 대부분의 환자가 수술적 완전 절제가 불가능할 만큼 국소적으로 진행된 경우가 많아 일차적으로 방사선 치료가 주로 이용되고 있고, 수술을 받은 후에도 보조적인 방사선치료를 필요로 하는 경우가 허다하다^{3, 7, 8)}. 그러나 수술적 방법이나 방사선치료 방법 모두 이 질환에 적용하기란 쉽지 않은데 그 이유는 해부학적으로 중요한 주변장기가 밀접하게 위치하여 광범위한 절제시, 주변의 중요 장기들이 동시에 제거되어 실명등의 심각한 후유증이 발생할 우려가 있고, 방사선치료 역시 주변정상장기나 조직의 피해를 최소한으로 줄이면서 종양부위에만 충분한 선량을 조사하는 것이 기술적으로 쉽지 않기 때문이다^{7, 8)}.

사골동종양의 방사선치료에서 계획용 표적체적(Planning Target Volume)에 종양을 제어할 만큼 충분한 방사선을 조사하고자 할 때 각막, 수정체, 시신경, 시신경교차, 뇌하수체, 뇌간 등의 방사선에 예민한 주변장기에는 한계선량보다 많은 선량이 조사될 뿐만 아니라, 계획용 표적체적내에서 균일한 선량 분포를 얻는 것도 치료기법상 결코 용이한 일이 아니다^{1, 2, 4, 8-10)}. 가장 흔히 사용되고 있는 전통적인 3분 조사방법^{1, 2, 8)}, 즉 전면조사와 췌기를 사용한 양측면 대향조사와 같은 기존의 방법으로는 계획용 표적체적내에 만족할만한 균일한 선량분포를 얻기 어렵고, 다양한 선량의 배분과 측면조사시 췌기각도를 변형시켜도 결국 계획용 표적체적에는 약 90-110% 정도의 선량분포의 불균일성이 생기게 되며 안구나 시신경 등에 조사되는 방사선량이 한계선량을 초과하는 문제점을 가지고 있다¹¹⁾. 더욱이 사골동과 상악동을 동시에 침습한 종양의 경우, 조사의 중심단면에서의 선량분포만을 평가하게 되는 2-차원 치료기법은 불규칙한 형태의 계획용 표적체적내에 분포되는 입체적인 선량분포를 고려

해 볼 때 원천적인 한계가 있다 하겠다.

최근 시도되고 있는 3-차원적 입체조형치료는 부정형의 계획용 표적체적에 균일한 선량분포를 기대할 수 있는 가장 희망적인 방법으로 대두되고 있고 특히 부비동의 방사선 치료에서 어느 정도 한계점을 극복할 수 있는 새로운 방안의 하나로 제시되고 있다^{7, 9)}. 이에 본 저자들은 기존의 방사선치료의 한계점을 개선하기 위하여 3-차원적 입체 조형치료를 사골동 종양에 적용시켜 보았고, 기존의 2-차원 치료계획방법과 3-차원 치료계획방법의 차이점을 비교 분석하여, 3-차원적 치료계획의 장단점을 제시하고자 본 연구를 진행하였다.

대상 및 방법

1. 대상

본 연구는 1996년 3월부터 동년 5월까지 연세암센터 방사선종양학과에서 방사선치료를 받은 원발성 사골동 악성종양과 이차적으로 사골동을 침습한 4예를 대상으로 하였다. 첫번째 증례는 사골동에 발생한 악성종양으로 근치적 절제술을 시행 받고 수술후 보조요법으로 방사선치료를 받은 환자이고, 두번째 증례는 상악동에서 발생한 편평상피종양으로 후사골동까지 침윤된 예로서, 약물치료 3회 후 부분관해를 보인 상태에서 근치적 방사선치료를 받기 위해 전과되었다. 세번째 증례는 진단 당시 상악동에 발생한 편평상피세포암 T3N0M0로 수술후 보조요법으로 방사선치료를 받고 무병상태로 지내던 중 만 4년만에 사골동, 비강, 좌측 안구에 재발된 경우이다. 마지막 네번째 증례는 원발성 선암이 사골동에 생겨 조직 검사후 근치적 방사선치료를 받기 위해 전과되었다. 대상환자 4례의 특성은 Table 1로 요약하였다.

2. 방사선치료 계획 방법

3-차원 입체조형 치료계획은 ADAC(Pinnacle 3)사에서 개발한 software를 사용하였다. 치료계획의 전 과정을 간단하게 살펴보면 우선 모든 환자에서 옆에 의해 변성이 잘되는 플라스틱을 이용하여 두경부를 고정하고 치료위치와 동일한 자세에서 조형제를 주사하고 컴퓨터 단층 촬영을 시행하였다. 촬영범위는 머리 끝에서 5mm 간격으로 상경부까지 46-48 단면을 촬

Table 1. Patients Characteristics

No. of Case	Sex/Age	Extent of Tumor	Pathology	Surgery	Chemotherapy
1.	M/34	Ethmoid sinus Nasal cavity Frontal sinus Orbit	Squamous cell carcinoma	Craniofacial resection	No
2.	F/58	Maxillary sinus Ethmoid sinus Nasal cavity	Squamous cell carcinoma	No	Cisplatin + 5-FU (3 cycle)
3.*	M/61	Cribriform plate Orbit Ethmoid sinus Maxillary sinus Nasal cavity	Squamous cell carcinoma	No	No
4.	M/74	Ethmoid sinus Nasal Cavity	Adenocarcinoma	Partial ethmoidectomy	No

*: Recurrent case after surgery and radiotherapy

영하였고, 촬영한 영상은 자기 태입에 저장하여 ADAC사의 치료계획 컴퓨터로 이동시켰다. 치료계획 컴퓨터 화면에 컴퓨터 단층촬영 영상을 불러온 후 ICRU Report 50의 정의에 따른 계획용 표적체적개념으로 치료범위를 결정하였다¹²⁾. 만약 안구가 종양에 의해 육안적으로 침윤이 확인된 경우에는 안구전체를 치료 범위에 포함시켰으나 종양의 침윤이 없는 경우에는 치료 범위에서 제외하였다. 컴퓨터치료계획상에서 유념했던 정상장기는 양쪽 안구, 양측 시신경, 시신경교차, 뇌간, 척수 등이었고 점선량의 계산은 양측 시신경, 시신경교차, 그리고 뇌간 등에서 시행하였다.

기존의 2-차원 3문조사 치료계획은 2-차원 방사선 치료계획 컴퓨터(ROCS)를 사용하여, 전문조사와 썰기를 사용한 양쪽 측면으로 조사 방향을 정하였다. 각각 조사면의 선량 비율은 6:1:1 또는 8:1:1로 변환시켜 선량분포 곡선을 컴퓨터 화면에서 확인하면서 최적의 비율을 선택하였고 측면조사시의 썰기의 각도 역시 중심 단면에서의 선량 분포를 확인하면서 결정하였다. 완성된 2-차원 컴퓨터 치료계획을 그대로 3-차원 치료계획 컴퓨터로 옮겨 재설계를 시행하였고, 선량은 계획용표적체적내 회전 중심점에 2Gy를 처방하였다(Fig. 1). 2-차원 치료계획에서의 썰기각도, 선량배분은 3-차원 컴퓨터 치료계획을 시행하는 컴퓨터 치료계획자가 서로 모르게 시행하였다.

한편, 3-차원 입체조형 방사선치료 계획시에는 2-차원 컴퓨터 치료계획과는 달리 처음부터 3-차원 치료계획 컴퓨터에서 치료계획을 시도하였다. 정해진 계획용 표적체적을 3-차원적으로 재구성하여, 입체적으

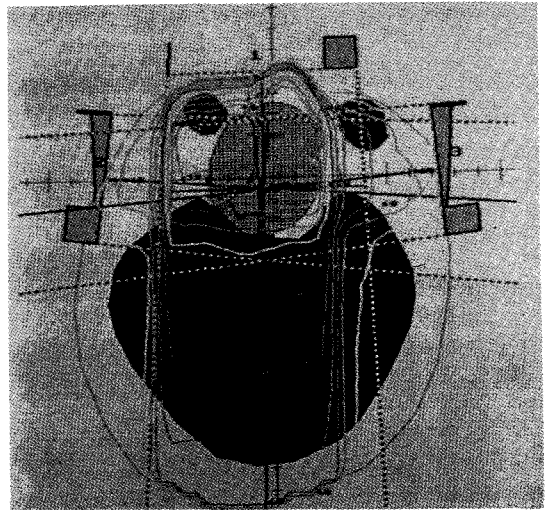


Fig. 1. Dose distribution for conventional 2-D treatment approach in carcinoma of the ethmoid sinus(Case 1).

로 치료체적과 주변의 중요 장기와의 관계를 관찰하면서 Beam's Eye View(BEV)를 이용하여 정상조직의 방사선 피폭을 가장 많이 줄일 수 있는 방향으로 조사 방향을 선택하였고, 정상 조직의 차폐는 컴퓨터의 내장된 기능에 따라 자동으로 차폐 부위를 정하였다. 차폐는 다엽콜리메이터 대신 개별적으로 제작된 합금납 차폐물을 이용하였다. 주로 시상면을 따라 4개 이상의 조사면을 사용하였고 평균 7개의 조사면이 이용되었다(Fig. 2). 방사선량은 2-차원 컴퓨터 치료계획과 마

찬가지로 회전중심점에 2Gy를 처방하였다.

3. 연구 방법

사골종의 방사선치료에서 3-차원 컴퓨터 치료계획의 장단점을 파악하기 위하여 대상 환자 모두에서 기존의 2-차원 3문 조사 방법과 3-차원 입체조형 방사선료계획을 수립하고 두 치료계획 간의 차이점을 비교하여 보았다. 두개의 컴퓨터 치료계획은 계획용 표적체적의 경우에는 등선량 분포, 선량체적 히스토그램(dose volume histogram), 선량통계(dose statistics)

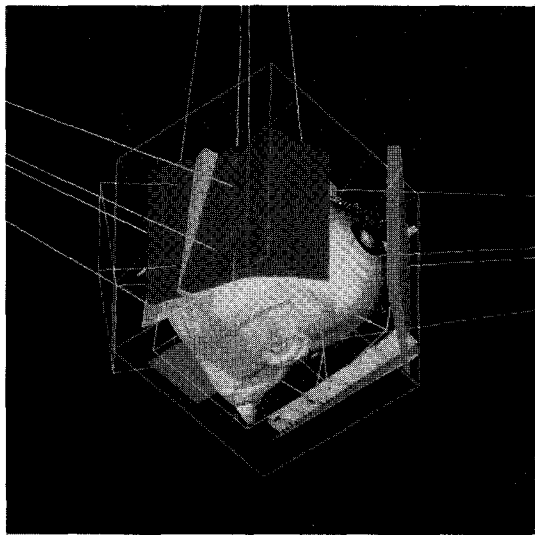


Fig. 2. Beam's eye view display of a non-coplanar beams for 3-D conformal radiotherapy in ethmoid sinus cancer.

를 검토하여 비교하였고, 선량통계는 각 컴퓨터 치료계획에서 평균선량, 최대선량, V_{95} , D_{95} , D_{05} 를 산출하여 비교하였다. 또한 주변 정상장기의 경우에는 좌우 시신경, 시신경교차 및 뇌간에서 점선량과 평균 방사선량을 산출하여 상호 비교하였고 특히 뇌간에서는 각 환자들의 선량체적 히스토그램을 비교하였다.

결 과

1. 계획용 표적체적

1) 등가선량 분포 및 선량통계의 비교

계획용 표적체적내의 최대 선량값의 평균을 비교하여 보면 2-차원 치료계획에서는 221.3cGy이고 3-차원 치료계획에서는 220.2cGy로 처방 선량의 10% 내외를 초과하는 범위를 보였고, 1.1cGy의 근소한 차이만을 보여주었다. 그러나 계획용 표적체적내의 평균선량의 평균값을 비교해보았을 때 2-차원 치료계획은 189.6cGy이고 3-차원 치료계획에선 197.8cGy로 8.2 cGy의 차이가 있었는데, 3-차원 치료계획시에는 처방 선량인 200cGy에 거의 근접하는 수치를 보여 처방하고자 하는 선량이 훨씬 균일하게 계획용 표적체적내에 조사될 수 있음을 알 수 있었다(Table 2). 계획용 표적체적내의 선량분포와 주변장기의 선량을 계산한 결과를 종합해보면 주변장기의 피폭을 같거나 줄인 상태에서 최소한 8.3cGy를 더 조사할 수 있어서 방사선 내성 범위내에서 약 4%의 선량을 추가조사할 수 있는 여유가 있음을 알 수 있었다. 처방 선량의 95%가 조사되는 체적을 구한 V_{95} 를 비교하여 보면 2-차원 치료계획에서는 계획용 표적체적의 각각 60%, 60%, 43%, 60%의 체적만이 처방 선량의 95%가 조사된 반

Table 2. Dose and Volume Statistics for PTV Comparing 2-D Plans and 3-D Plans

No. of Case	$D_{max}(cGy)$		$D_{mean}(cGy)$		$D_{95}(cGy)$		$D_{05}(cGy)$		$V_{95}(cc)$	
	2-D plan	3-D plan	2-D plan	3-D plan	2-D plan	3-D plan	2-D plan	3-D plan	2-D plan	3-D plan
1.	214.4	216.2	193.2	197.2	177	182	209	205	46.2	57.4
2.	222.2	217.6	191.2	201.3	170	190	209	215	131.4	207.0
3.	226.2	233.0	183.2	197.4	160	175	219	209	119.6	214.1
4.	223.2	214.1	190.8	195.2	175	185	214	223	130.2	201.8
mean	221.6 ±5.16	220.2 ±8.64	189.6 ±4.40	197.8 ±2.55	171 ±7.6	183 ±6.3	214 ±5.8	213 ±7.8		

D_{max} : Maximum dose in planning target volume.
 D_{mean} : Mean dose in planning target volume.
 D_{95} : The dose that 95% of the volume receives.
 D_{05} : The minimum dose that volume receives.
 V_{95} : The volume receiving 95% of the prescription.

면 3-차원 치료계획에서는 각각 계획용 표적체적의 74.5%, 94.5%, 77%, 93%가 95%의 처방 선량을 조사받음을 알 수 있었다. 한편, 계획용 표적체적의 95% 체적이 조사되는 선량을 계산한 D_{95} 를 비교하여 보면 4예 모두에서 3-차원 치료계획의 선량이 처방선량과

근접되어 있고, 평균값의 차가 12.5cGy로 나타나서, 3-차원 치료계획이 보다 우수함을 알 수 있었다. 또한 Coia¹³⁾의 정의에 따른 D_{05} 의 값을 비교하여 보면 3-차원 치료계획의 선량이 4번 중례를 제외하고는 모두 작은 수치를 보여 더 나은 결과를 나타냈지만 그 차이

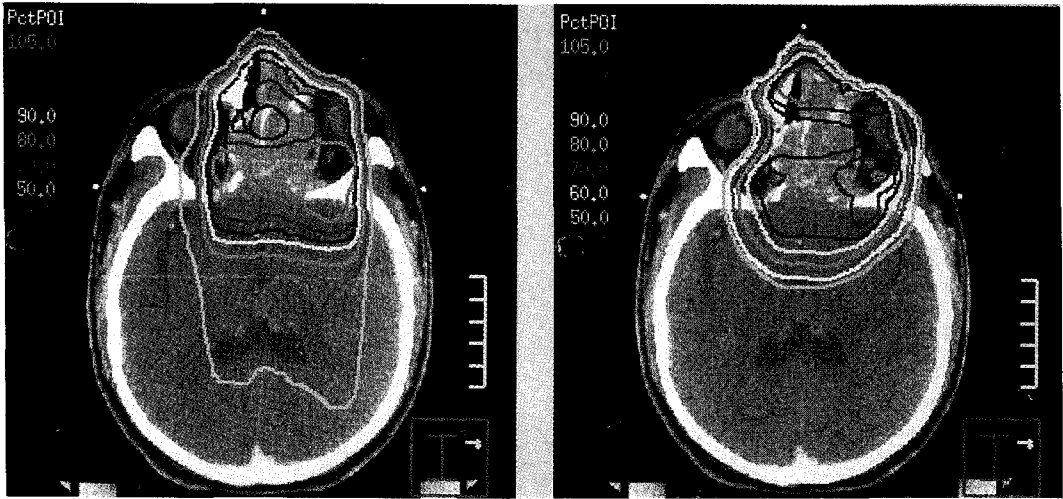


Fig. 3. Isodose displays for conventional 2-D and 3-D conformal treatment plans used for patient No. 4.

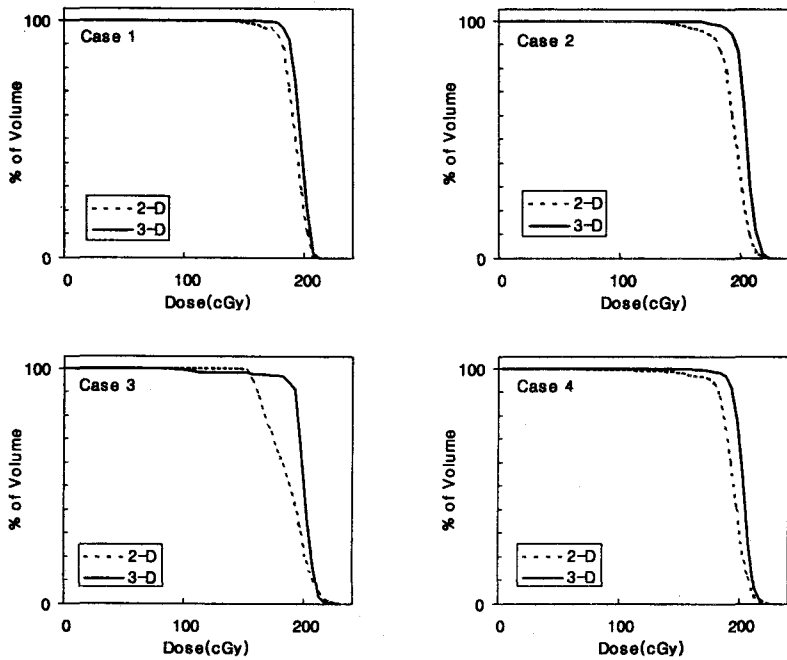


Fig. 4. Comparison of dose volume histograms derived from conventional 2-D and 3-D conformal treatment plan in each patient with carcinoma of the ethmoid sinus.

는 상당히 근소하였다. 그러나 두가지 치료계획 모두 등가선량분포를 보면 사골동 전면 부위에서 저선량이 되는 문제점을 갖고 있어서 3-차원 입체 치료계획이 기존의 치료계획상의 문제점을 만족할 만큼 개선시킬 수 없음을 확인할 수 있었다(Fig. 3).

2) 선량체적 히스토그램의 비교

2-차원 치료계획과 3-차원 입체조형 방사선치료에서 구한 계획용 표적체적의 선량체적 히스토그램을 비교해 보면 3-차원 컴퓨터 치료계획에서는 처방선량인 200cGy에서 급격하게 변하여 모든 증례의 3-차원 입체조형 치료계획에서 계획용 표적체적내의 선량이 훨씬 더 균일하게 분포됨을 알 수 있었다(Fig. 4). 또한 각 환자의 선량체적 히스토그램의 특징을 살펴본 결과, 2-차원 컴퓨터 치료계획에서 계획용 표적체적내에 저선량을 받는 지점(cold spot)이 3-차원 입체조형 방사선치료계획에 비해 더 많았지만, 선량체적 히스토그램의 특성상 계획용 표적체적내의 어느 곳이 저선량지점인지는 파악할 수 없었다. 그러나 200cGy 이상에서는 4환자 모두에서 두 치료계획상에 뚜렷한 차이를 발견할 수 없었다.

2. 주변 정상장기

1) 주변장기의 등가선량분포 및 점선량 비교

중심단면에서의 선량분포를 등선량 곡선상에서 비

교하여 보면 삼차원적 치료계획시 계획용 표적체적 후방에 존재하는 장기인 시신경 교차와 뇌간에서는 방사선의 피폭선량을 줄일 수 있음을 확인할 수 있었다. 그러나, 계획용 표적체적 양측면에 존재하는 장기인 안구, 양측 시신경에서는 두개의 치료계획 사이에 별 차이가 없었고, 오히려 1번 증례와 4번 증례에서는 더 높은 선량이 조사되었다(Fig. 5). 즉, 계획용 표적체적후방에 위치하는 시신경교차, 뇌간 등의 장기에서는 모든 경우 3-차원 치료계획에서 더 적은 선량이 조사됨을 확인할 수 있었으나 안구나 양측 시신경은 본 저자들의 치료방법으로 적절히 방호될 수 없음을 알 수 있었다.

2) 주변 정상장기 선량체적 히스토그램의 비교

뇌간의 선량체적 히스토그램을 비교하여 보면 3-차원 치료계획에서 뇌간에 조사되는 방사선량이 적게 나타났는데, 특히 1번 증례에서는 3-차원 치료계획에서 월등히 적은량의 방사선이 조사됨을 확인할 수 있었다. 그러나 2번 증례와 3번 증례는 대동소이 하였고, 3번 증례의 선량체적 히스토그램상에서는 어느 치료계획이 우월한지 평가하기 힘든 양상을 보이기도 하여 선량 체적 히스토그램만으로 치료계획을 평가하기 어려운 경우도 있었다(Fig. 6). 양측안구의 선량체적히스토그램도 뇌간의 경우와 같이 두 치료계획에서 뚜렷한 차이를 발견할 수 없었다.

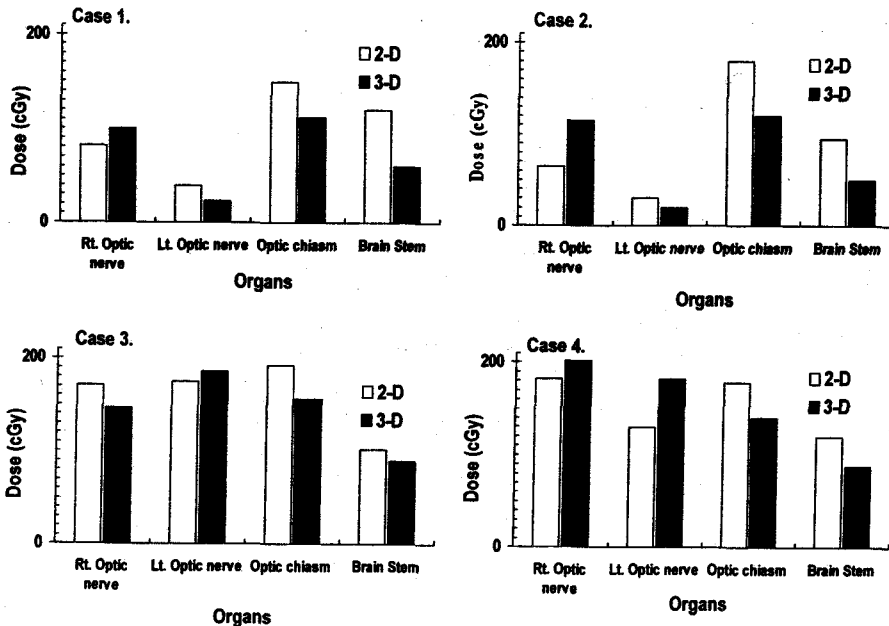


Fig. 5. Comparison of estimated point dose of various adjacent normal tissue organs for 2-D and 3-D conformal treatment plans.

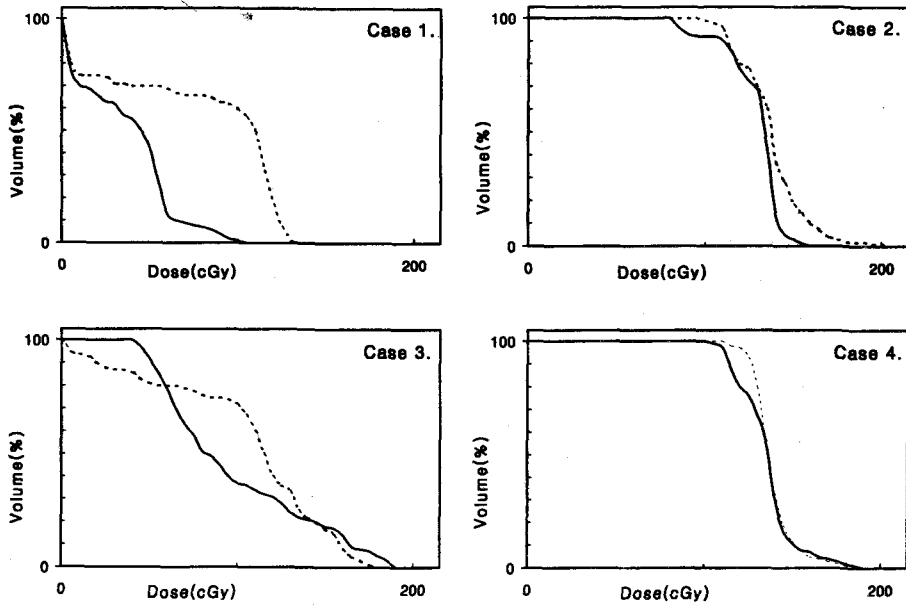


Fig. 6. Dose volume histogram for the brain stem in 2-D conventional(---) and 3-D conformal(—) plans.

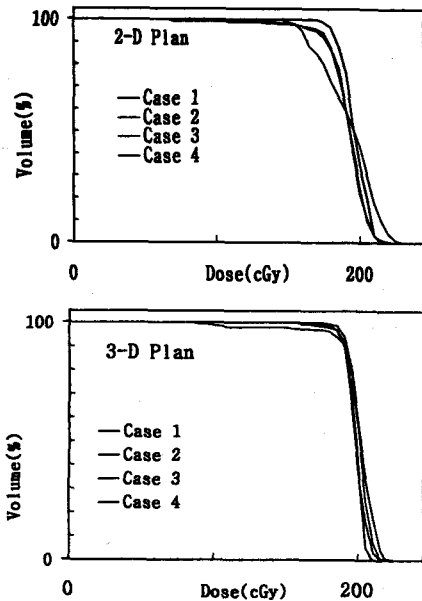


Fig. 7. Superimposed dose volume histograms comparing 2-D conventional treatment plans for (Upper panel) as well as 3-D conformal treatment plans(Lower panel).

고 안

사골동 종양의 방사선치료에 보편적으로 사용되고 있는 기존의 3문 조사 치료법은 전면에서 대부분의 방사선을 조사하고 조직내에서 방사선이 감소하여 치료범위 후방의 저선량 부위에 모자라는 선량만큼을 양쪽 측면에서 보충하여 주는 비교적 단순한 치료기법이기 때문에 필연적으로 치료범위 내에 선량의 불균일성이 발생할 수 밖에 없다^{1, 2, 3, 8, 14}. 또한 사골동 양측으로 방사선에 예민한 수정체, 각막, 황반, 시신경 등의 안구내 기관들과 뒤쪽으로 시신경교차, 뇌간 등의 주변장기들에서 한계선량을 초과하지 않게 방사선치료 계획을 세우는 것이 중요하다. 더불어 환자의 방사선 치료시에는 환자 정렬의 오차를 줄이고 정확도를 올릴 수 있는 방법도 아울러 고려되어야 할 것이다^{15, 16}. 특히 이러한 방법을 이용하여 사골동종양을 치료하고자 할 때 일반적으로 나타나는 선량분포상 특징 중의 하나는 사골동 전면부위에 투여되는 방사선량이 낮다는 것이다¹⁴⁻¹⁶. 사골동 전면부위의 저선량을 개선하기 위해 전문 조사에서 상대적으로 선량의 비율을 높여주면 부분적인 저선량이 개선될 수는 있겠지만 전체적인 선량의 분포가 불균일해지고 후방에 존재하는 장기의 선량이 증가되는 단점이 있다¹⁴. 한편 고에너지 대신 저

에너지를 사용하면 전자골동의 저선량이 어느 정도 개선될 수도 있겠지만 계획용 표적체적내의 전체적인 선량분포는 불균일해지기 때문에 오히려 치료에너지는 8 MV가 가장 적당하다는 주장도 있다¹⁷⁾. Roa 등과 Tsujii 등도 사골동의 방사선 치료시 거의 필연적으로 발생하는 사골동의 전면부위가 저선량이 되는 현상을 밝혀내고 그 해결책으로 저선량 부위에 전자선을 이용하여 추가조사할 것을 권유한 바 있다^{7, 16)}.

사골동의 방사선치료에서 전술한 많은 문제점을 해결하기 위한 방안으로 Lane 등¹⁷⁾은 "multiple overlapping field technique"이란 방법을 고안하여 조사면의 중심단면에서 비교적 균일한 선량분포를 얻을 수 있었고, 해부학적 구조의 다양함이나, 제한적인 췌기 각도의 문제점을 어느 정도 극복할 수 있었다고 보고하고 있다. 이 치료기법은 조사면에서 계획용 표적체적의 깊이가 다르기 때문에 발생하는 선량의 불균일성은 어느 정도 해결된 듯이 보이지만 결국 안구의 뒤쪽이나 정상장기에 대한 피폭정도를 정확하게 분석할 수 없었고 기존의 3문 조사방법에서의 단점인 계획용 표적체적 후방에 존재하는 장기에 대한 피폭량을 줄이지는 못했다. 또한 이 치료기법 역시 2-차원 치료설계방법의 하나로서 한 중심 단면의 선량분포만을 나타낸 것이어서 전체 치료체적에 들어가는 선량을 알 수 없는 단점이 있다. 실제 본 저자들이 구한 이상적인 2-차원 컴퓨터 치료계획이라 할지라도 계획용 표적체적의 선량체적 히스토그램을 보면 Fig. 7에서 보는 바와 같이 상당히 다양한 곡선을 보여주고 있고, 한 단면에서의 선량 분포가 적절하다 할지라도 입체적으로 보면 부적합한 선량분포를 갖는 계획임을 알 수 있어서, 중심단면에서의 선량 분포만을 가지고 부정형 종양의 치료계획을 선택한다는 것은 적절치 않다는 것을 확인할 수 있었다.

최근 주변 정상장기에 투여되는 방사선량을 줄이면서 부정형의 계획용 표적체적에 균일한 방사선을 조사할 수 있는 입체 방사선 조형치료가 부비동암의 방사선치료가 갖는 많은 한계점을 극복할 수 있는 새로운 방법임이 여러 저자들에 의해 시사되고 있다^{7, 9, 10)}. 2-차원 치료 계획과 3-차원 치료 계획의 선량체적 히스토그램, 선량통계를 상호비교해 본 저자들의 연구결과를 보더라도 2-차원 치료계획보다 3-차원 치료설계가 네 증례 모두에서 계획용 표적체적의 선량이 보다 더 균일해지고 약 4% 정도의 dose escalation이 가능함을 보여주고 있어서 최근 일련의 보고들과 유사함을 입증할 수 있었다. 그러나, 계획용 표적체적을 적절히 포함하면서 비교적 선량분포의 균일성을 유지하고는

있지만, 기대한만큼 그 차이가 월등히 크지 않았는데 이것은 가장 잘 조형된 isodose line에 방사선량을 처방하는 대신 회전중심점에 방사선량을 처방한 결과로 해석하고 있으며, 방사선치료계획의 최적화를 기하기 위해서는 실제 방사선을 회전중심점과 같은 특정지점에 주는 개념보다는 균형을 이룬 계획용 표적체적 즉 전체체적에 선량을 처방한다는 개념으로 수정보완되어야 한다고 생각하고 있다.

한편 방사선에 예민한 주변장기에 조사되는 선량은 2-차원 치료계획과 마찬가지로 점선량을 계산하여 평가할 수도 있지만 3-차원 치료계획에선 우선 선량체적 히스토그램을 통해 분석할 수 있고, 또 normal tissue complication probability(NTCP) 값과 같은 생물학적 지표를 이용하여 합병증을 미리 예측할 수 있는 이점이 있다¹⁸⁾. 정상장기의 평균 방사선량을 평가해 본 본 연구에서는 시신경 교차나 뇌간 등에서는 현격한 이점이 있음을 알 수 있었으나, 양측면에 위치한 안구나 시신경에선 3-차원 치료계획의 우월성을 입증할 수 없었다. 한편, 주변장기에 대한 선량체적 히스토그램을 뇌간에서만 구하고 수정제, 시신경, 그리고 시신경교차 등의 선량체적 히스토그램을 구하여 비교하지 않았는데 그 이유는 컴퓨터 단층 촬영을 5mm 단위로 구하였기 때문에 위의 장기의 계산된 체적을 신뢰할 수 없을 것으로 판단되었기 때문이다. 만약 단층촬영을 1-2mm 정도로 세밀하게 시행할 경우 작은 장기들의 체적을 좀 더 정확히 분석할 수 있겠으나, 사실상 여러 가지 현실적인 제약이 있다 하겠다.

본 연구의 3-차원 치료설계는 치료체적에 조사되는 선량통계나 선량체적 히스토그램을 비교했을 때 모든 증례에서 2-차원 치료설계에 비해 보다 우월함을 알 수 있었지만 이것은 비인강암이나 상악동암의 3-차원 치료계획과 같이 극적인 차이는 나지 않았고, 인접 정상장기를 보호하는데도 이점이 많다고 할 수는 없었다. 따라서 향후 더 발전된 결과를 얻기 위해서는 일차적으로 3-차원 입체조형치료의 방법을 개발하여 주변장기를 충분히 보존하면서도 계획용 표적체적내에는 균일한 선량을 얻을 수 있도록 선량 분포상에서 공통적으로 일어나는 문제점을 발견하고 더욱 효과적인 조사 방법과 각 조사면의 선량 배분을 찾아내야 할 것이다. 본 저자들도 이런 문제점과 정상 장기를 모든 조사면에서 적절히 차폐하면서도 만족스런 표적체적의 선량체적 히스토그램을 얻을 수 있는 새로운 방법을 현재 연구 개발 중에 있다. 둘째, 각 조사면에서 계획용 표적체적의 깊이가 다른 문제점을 해결하기 위해서 Intensity Modulation 치료 방법을 이용하여 계획용

표적체적내의 선량의 균일성을 얻을 수 있는 방법이 연구되어야 할 것이다. 끝으로 컴퓨터 계산상의 차이를 직접 선량측정에 의해 증명해야 할 것이며, 임상에서도 많은 경험이 축적되어 있어야 3-차원 입체조형 치료의 우월성이 비로소 증명될 수 있을 것이라 생각한다.

결 론

사골동 종양의 3-차원 입체조형 치료계획이 기존의 2-차원 치료계획에 비해 계획용 표적체적내 선량이 보다 더 균일하게 분포되었으나 주변장기의 피폭선량을 월등히 줄일 수는 없었다. 따라서 3-차원 치료계획이라 하더라도 이런 문제점을 완전히 개선할 수 없었고 단순한 3-차원 입체조형 방사선치료계획만으로는 균일한 선량분포를 얻기는 어렵다는 결론하에 다각적인 연구노력이 필요하리라 생각된다.

참 고 문 헌

1. Ellingwood KE, Million RR. Cancer of the nasal cavity and ethmoid/sphenoid sinuses. *Cancer* 1979; 43:1517-1526
2. Karim AB, Kralendonk JH, Njo KH, Tabak JM, Elsenaar WH, Balen AT. Ethmoid and upper nasal cavity carcinoma: treatment, results and complications. *Radiother Oncol* 1990; 19:109-120
3. Parsons JT, Stringer SP, Mancuso AA, Million RR. Nasal vestibule, Nasal cavity, and paranasal sinuses. In: Million RR, Cassisi NJ, eds. Management of head and neck cancer. Philadelphia: Lippincott Co. 1994; 551-598
4. Parsons JT, Mendenhall WM, Mancuso AA, et al. Malignant tumors of the nasal cavity and ethmoid and sphenoid sinuses. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1988; 14:11-22
5. Frazell EL, Lewis JS. Cancer of the nasal cavity and accessory sinuses: A report of the management of 416 patients. *Cancer* 1963; 6:1293-1301
6. Jesse R. Preoperative vs. postoperative radiation in the treatment of squamous cell carcinoma of the paranasal sinuses. *Am J Surg* 1965; 110:552-556
7. Roa WH, Hazuka MB, Sandler HM, et al. Resu-

Its of primary and adjuvant CT-based 3-dimensional radiotherapy for malignant tumors of the paranasal sinuses. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1994; 28:857-865

8. Shukovsky LJ, Fletcher GH. Retinal and optic nerve complications in a high dose irradiation technique of ethmoid sinus and nasal cavity. *Radiology* 1972; 104:629-634
9. Morita K, Kawabe Y. Late effects on the eye of conformation radiotherapy for carcinoma of the paranasal sinuses and nasal cavity. *Radiology* 1979; 130:227-232
10. Nemeth G, Schegel W, Kutting H. Three-dimensional dose distributions for radiotherapy of sinus maxillary tumours. *Radiother Oncol* 1987; 8:231-236
11. Tobler M, Prows J, Leavitt DD. Graduated block technique for the treatment of paranasal sinus tumors. *Med Dosimetry* 1991;16:199-204
12. ICRU Report 50: Prescribing, Recording, and Reporting Photon Beam Therapy. International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1993.
13. Coia L, Galvin J, Sontag M et al. Three-dimensional photon treatment planning in carcinoma of the larynx. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1991; 21:169-182
14. Hintz BL, Kagan AR, Wollin M, et al. Reassessment of technical and biological factors in paranasal sinus carcinoma. *J Surg Oncol* 1984; 27:59-66
15. Thoronton AF, Haken RK, Gerhardsson A, et al. Three-dimensional motion analysis of an improved head immobilization system for simulation, CT, MRI, and PET imaging. *Radiother Oncol* 1991; 20:224-228
16. Tsujii H, Kamada T, Matsuoka Y, Takamura A, Akazawa T, Irie G, et al. The value of treatment planning using CT and immobilizing shell in radiotherapy for paranasal sinus carcinomas. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1989; 16:243-249
17. Lane RG, Loyd MD, Chow CH, et al. Improved dose homogeneity in the head and neck using computer controlled radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1990; 19:1531-1538
18. Lyman JT. Complication probability as assessed from dose-volume histograms. *Radiat Res* 1985; 8:S13-19

= 국문 초록 =

사골동 종양의 3-차원 입체 조형치료 :
I. 2차원 치료계획과 3차원 치료계획의 비교분석

연세대학교 의과대학 연세암센터 치료방사선과학교실*, 이비인후과학교실†

이상욱* · 김귀언* · 금기창* · 박희철* · 조재호*
한성욱* · 이강규* · 서창욱* · 홍원표† · 박인용†

목적 : 사골동 암의 방사선치료에서 3-차원 입체조형 치료를 적용해보고 기존의 2-차원 치료 계획방법과 3-차원 입체조형 치료계획방법의 차이점을 비교분석하여 3-차원 입체조형 치료의 장 단점을 제시하고자 하였다.

대상 및 방법 : 사골동 암 4례에서 수립된 2-차원 치료계획과 3-차원 입체조형 치료계획을 각각의 환자에서 계획용 표적체적의 등가선량 분포, 선량통계, 그리고 선량체적 히스토그램을 비교 검토하였다. 주변 정상조직에 조사된 방사선량은 점선량 계산치와 선량체적 히스토그램을 이용하여 비교하였다.

결과 : 각기 환자에서 선량 통계 및 등가 선량 분포를 비교한 결과 3-차원 입체조형 치료계획이 2-차원 치료계획보다 계획용 표적체적내의 선량이 훨씬 균일하게 분포되었다. 또한 시신경 교차나 뇌간 등의 주변 정상장기에서는 방사선량이 감소된 경향이 있었으나 표적체적의 양 측면에 위치한 안구나 시신경에선 3-차원 치료계획의 우월성을 입증할 수 없었다.

결론 : 사골동 암의 방사선 치료에서 3-차원 입체조형 치료는 기존 치료법이 갖는 여러 가지 한계점을 어느 정도 극복할 수 있는 우월한 치료법임이 증명되었으나 이를 보완할 수 있는 여러 방면의 다각적인 연구노력이 필요하리라 생각된다.