

# 환자 SET-UP ERROR에 따른 선량분포와 DVH 변화 분석

성균관대의대 삼성서울병원 방사선 종양학과

김경태, 주상규, 안재홍, 박영환

- Abstract -

## The dose distribution and DVH change analysis wing to effect of the patient setup error

Dept. of Radiation Oncology, Samsung Medical Center, Sunkyunkwan University

KyoungTae Kim, SangGyu Ju, JaeHong Ahn, YoungHwan Park,

**Introduction :** The setup error due to the patient and the staff from radiation treatment as the reason which is important the treatment record could be decided is a possibility of effect.

The SET-UP ERROR of the patient analyzes the effect of dose distribution and DVH from radiation treatment of the patient.

**Material & Methode :** This test uses human phantom and when C-T scan doing, It rotated the Left direction of the human phantom and it made SET-UP ERROR , Standard plan and 3mm, 5mm, 7mm, 10mm, 15mm, 20mm with to distinguish, it made the C-T scan error. With the result, The SET-UP ERROR got each C-T image Using RTP equipment, It used the plan which is used generally from clinical - Box plan, 3Dimension plan( identical angle 5beam plan) Also, ( CTV+1cm margin, CTV+0.5cm margin, CTV+0.3cm margin = PTV)

it distinguished the standard plan and each set-up error plan and The plan used a dose distribution and the DVH and it analyzed

**Result :** The Box4 the plan and 3Dimension plan which it bites it got similar an dose distribution and DVH in 3mm, 5mm From rotation error and Rectilinear movement( 0% ~2% ).

Rotation error and rectilinear error 7mm, 10mm, 15mm, 20mm appeared effect it will go mad to a enough change in treatment ( 2% ~ 11% )

**Conclusion :** The diminishes the effect of the SET-UP ERROR must reduce move with tension of the patient Also, we are important accessory development and the supply that it reducing of reproducibility and the move

**Key word :** DVH, dose distribution, setup error

I. 서 론

방사선치료 목적은 종양조직에는 최대의 선량을 주고 정상조직에는 허용되는 최소의 선량을 조사하여 종양조직의 괴사와 정상조직의 재생을 관계를 이용한 다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 먼저 방사선치료에서 발생 될 수 있는 여러 가지 오차 즉 기계적 오차, 환자의 움직임에 의한 오차, 장기의 움직임에 의한 오차, 인위적 또는 시스템적으로 발생하는 오차 등을 정확히 파악하고 오차를 충분히 고려한 치료계획과 정확한 방사선치료가 이루어질 경우 방사선치료 목적이 성공될 수 있을 것이다.

이러한 여러 가지 오차 중 환자의 움직임에 의해 발생될 수 있는 오차를 환자의 상하 좌우 움직임에 의한 직선이동 오차와 몸의 회전등에 의해서 발생하는 회전오차로 나누어 각각의 set-up 오차가 선량분포에 어느 정도 영향을 미치는지를 평가하기 위해서 인위적으로 set-up 오차를 발생시킨 phantom study를 통해서 선량분포에 미치는 영향을 분석하였고, 일반적으로 적용한 target margin이 적당한지를 평가해보고자한다.

II. 대상 및 방법

1. 사용된 장비

Human Phantom (Ran110,Rando, US)  
 C-T (Highspeed advantage, GE, US)  
 RTP (Pinacle ver 6.2, ADAC,US )

2. Set-up 오차 유발 방법

그림 1과 같은 Human Phantom을 이용하여 인위적으로 setup 오차를 유발시킨 후 영상을 얻어 plan 실시하여 이러한 오차가 선량 분포에 미치는 영향을 그림-2의 R.T.P 장비를 이용하여 분석하였다.

또한 Setup 오차 유발은 일반적으로 많이 발생하는 회전 오차와 직선이동에 의한 오차 두 가지로 구분하여 분석하였다.

1) 회전 오차

회전오차는 Human Phantom을 정상적인 상태 즉 변화를 주지 않은 상태를 기준으로 팬텀의 오른쪽 marking 부위는 고정시키고 왼쪽을 marking부위를 3mm, 5mm, 7mm, 10mm, 15mm, 20mm로 회전시키면서 영상을 얻어 회전에 의한 오차 분석하였다.(Fig-3)

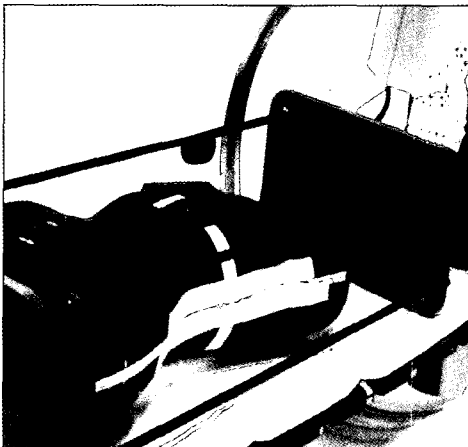


Fig 1. C-T scan of Human Phantom

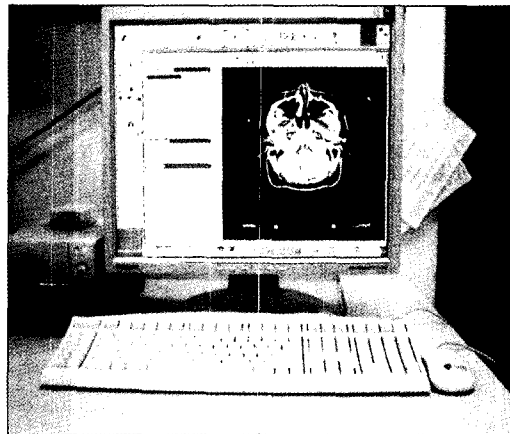


Fig 2. RTP system(Pinnacle ver 6.2)

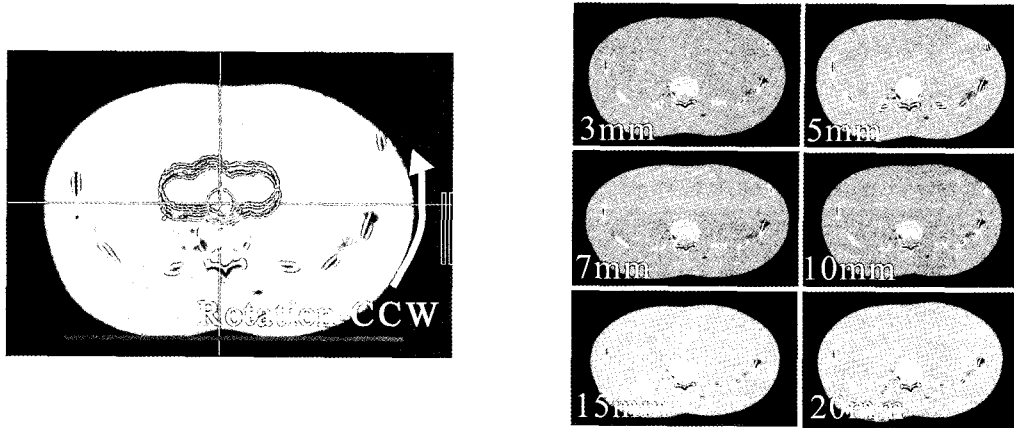


Fig 3. Turring error induction fixes right of phantom and C-T scans left circumvolving 3~20mm to ccw

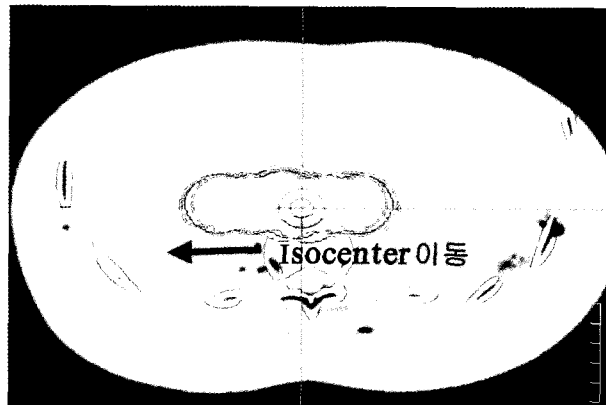


Fig 4. In standard image the center moving 0~10mm to right side DVH change of target analyze.

2) 직선이동 오차

직선이동 오차는 정상적으로 얻은 표준영상에서 plan을 얻은 후 오른쪽으로 isocenter를 3mm, 5mm, 7mm, 10mm 직선이동 시키면서 표준영상의 plan을 적용하면서 이때의 DVH 변화를 관찰하였다.(Fig-4)

3. Plan method

1) Plan parameter

Beam arrangement : Box plan, 동일한 간격의 5개

beam을 사용한 3D plan 동일한 조건 (weight, field size, block형태) Block margin (CTV + 3, 5, 10 mm)

앞에서 설정된 Plan parameter를 이용하여 표적을 대상으로 일반적으로 많이 사용되는 Box plan과 동일한 간격의 5개beam을 사용한 3D plan을 실시하여 각각의 오차 발생 시 선량분포에 미치는 영향을 분석하였다.

이때 임상적으로 적용되어 사용되는 차폐 block margin이 적절한 상태로 사용되고 있는지 알기위해서 Block margin을 3mm, 5mm, 10mm로 변화 시키

면서 적절한 Block margin을 얻고자 했다.

또한, 표적의 형태나 크기는 일정한 volume으로 만들었고, 모든 Plan의 표적은 동일하게 만들어 사용하였다.

이러한 plan을 시행하면서 표적의 형태나 volume이 beam의 방향에 대한 영향을 크게 받는 대향이문 조사와 3beam plan은 실험 목적에 적합하지 않아 결과에서 제외하였다.

사용한 3D plan을 block margin에 따라 3mm, 5mm, 7mm, 10mm, 15mm, 20mm의 회전오차를 주면서 각각의 영상에 동일한 조건의 plan을 적용하여 각각의 DVH에 따른 volume값을 얻었다.(Table-1)

volume중 표적에 190cGy 즉 95%가 되는 volume값을 volume95로 명하여 각각의 plan에 대한 회전오차 분석을 실시하였다

또한 volume95는 ICRU report에서 target내의 선량분포가 95%에 포함되는 volume의 크기를 표시한 것으로 volume95는 분석에 대한 평가의 기준이 된다.

### III. 오차 분석

#### 1) 회전오차 분석

표준영상에 box plan과 동일한 간격의 5개 beam을

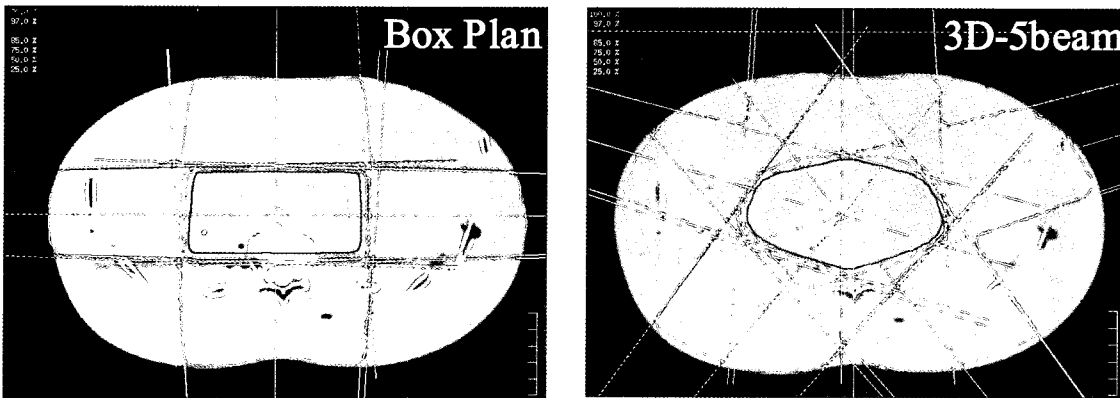


Fig 5. dose distribution of 3D plan that use 5 beams of interval such as box plan

Table 1. The volume by dose who give 10mm interval for 10mm turning image in plan that use 5 beams of same interval.

Dose (cGy) Read across columns, down rows.		Cells show volume in cm <sup>3</sup> .									
	0.0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	24.0	27.0	
0.0	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45
30.0	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45
60.0	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45
90.0	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45
120.0	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45
150.0	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.45	128.43
180.0	128.41	128.34	128.22	128.04	127.76	127.25	126.17	107.40	0.77	0.00	

Table 2. In box plan the isocenter 10mm linear transformation do and dose volume of when block margin is 10mm

Dose (cGy) Read across columns, down rows.		Cells show volume in cm <sup>3</sup> .								
	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0
0.0	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19
20.0	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19
40.0	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19
60.0	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19
80.0	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19
100.0	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19
120.0	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19
140.0	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19
160.0	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19
180.0	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.19	128.02	126.04
200.0	82.64	30.69	10.29	0.26	0.00	0.00				

2) 직선이동 오차분석

표준 영상에 box와 동일한 5개 beam을 사용한 3D plan을 block margin에 따라 실시하고 각각의 isocenter를 우측으로 3mm, 5mm, 7mm, 10mm 이동한 영상에 표준영상의 plan을 적용하여 각각의 DVH에 따른 volume95를 얻었다.(Table-2)

사용한 3D plan을 3mm, 5mm, 7mm, 10mm, 15mm, 20mm로 회전 시키고 Block은 3mm, 5mm, 10mm margin을 주었을 때의 volume95이다.

Table-3의 결과와 같이 box plan과 동일한 간격의 5개 beam을 사용한 3D에서는 회전이 20mm 방향으로 갈수록 volume 95값은 낮아 졌고, block margin에 따른 변화는 3mm쪽으로 갈수록 volume 95값은 점점 낮아지는 것을 알 수 있다.

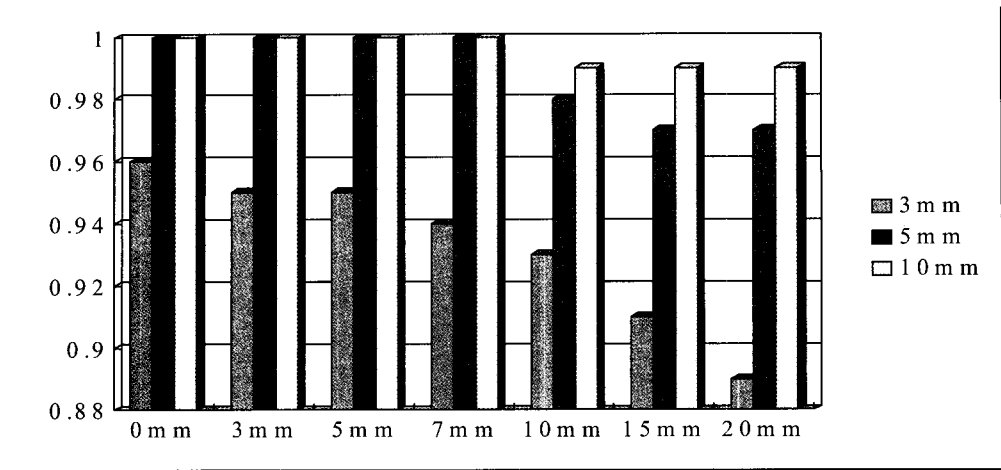
IV. 결 과

1. 회전 오차

Table-3은 box plan과 동일한 간격의 5개 beam을

Table 3. Volume95 in turning error and margin in each plan

Rotation Plan DVH - V <sub>95</sub>				Unit : Volume		
Rotation	Box			3-D		
	margin 3	5	10	3	5	10
0 m m	126	128	128	123	128	128
3 m m	125	127	128	122	128	128
5 m m	125	127	128	122	128	128
7 m m	123	126	126	121	128	128
10 m m	122	124	127	120	126	127
15 m m	120	123	126	117	126	127
20 m m	118	120	122	115	125	127



Graph-2 3D plan Volume 95 graph of 5 beams of equal interval in turning error outbreak

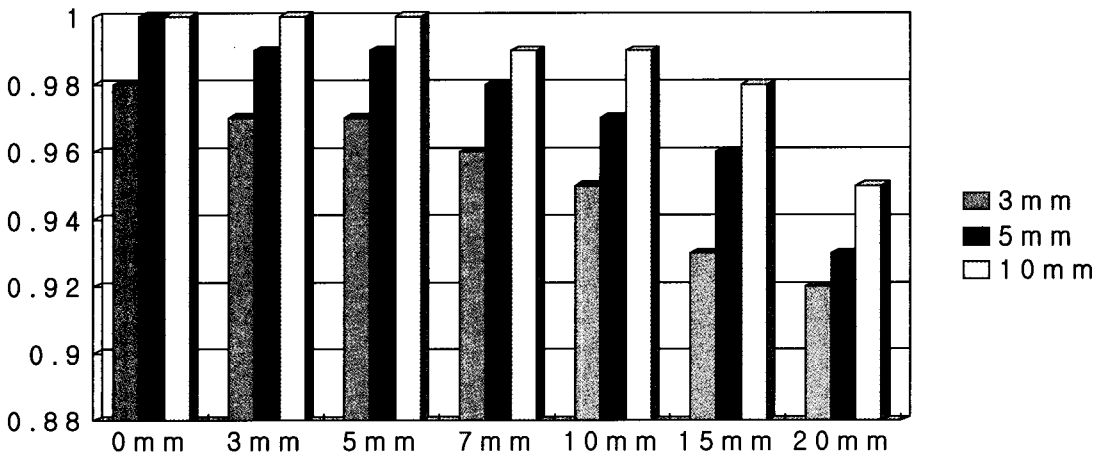
1) Box plan

회전오차가 많아질수록 margin이 적어질수록 volume95 작아지는 것을 볼 수 있으며, 특히 3mm margin은 회전이 클수록 volume95는 2% ~ 8% 차이를 나타낸다

그래프-1은 ICRU 권고인 target내의 선량분포가 95%에 포함되는 volume수치를 1을 기준으로 나타낸 상대치 그래프이다.(Graph-1)

2) 회전오차에서 동일한 간격의 5개 Beam을 사용한 3D plan

회전오차가 발생된 3D plan에서도 margin에 대한 양상은 비슷하다. 동일한 간격의 5개 Beam을 사용한 3D plan에서는 회전오차가 많아도 margin범위가 일정범위에 있으면 volume95값이 상대치 1에서 벗어나는 비율이 적어지는 것을 볼 수 있습니다.



Graph-1 Box plan Volume95 graph in turning error outbreak

Table 4. Shift Plan DVH

Shift Plan DVH - V <sub>95</sub>				Unit : Volume		
Isocenter	Box			3-D		
	margin	3	5	3	5	10
0mm		126	127	128	123	128
3mm		124	127	128	122	128
5mm		123	127	128	122	128
7mm		122	126	126	121	12.8
10mm		122	126	126	120	12.6

2) 직선이동오차

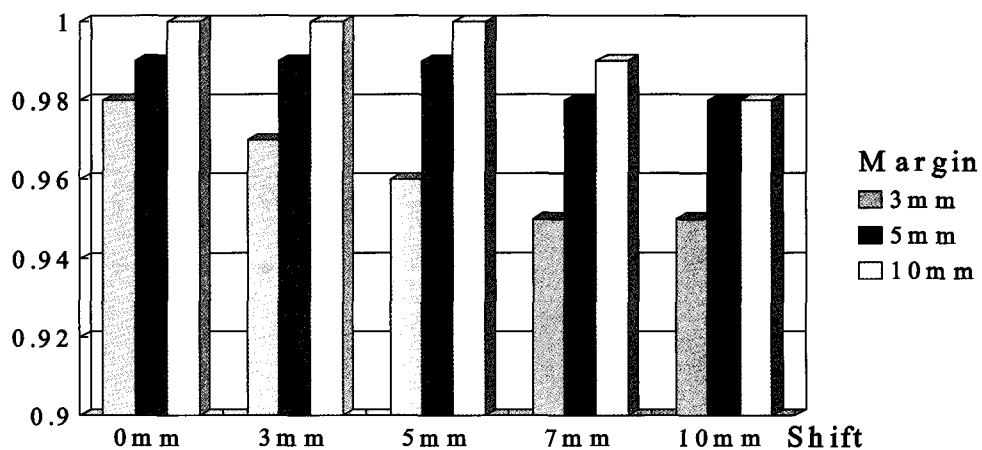
표준영상에 직선이동 오차를 3mm, 5mm, 7mm, 10mm, 시켰을 때의 box plan과 동일한 간격의 5개 beam을 사용한 3D plan을 Block margin에 따라 3mm, 5mm, 10mm margin을 주었을 때의 volume 95 값이 Table-4에 잘 나타났다

Table-4에서 알 수 있듯이 Isocenter의 직선이동이 10mm로 갈수록, 그리고 margin이 3mm로 갈수록

volume 95값은 점점 낮아지는 것을 알 수 있습니다.

1) 직선이동 오차에서 Box plan

volume 95 값을 상대치 1을 기준으로 나타낸 그래프로-3에서 보는것 같이 Isocenter 직선이동에서 BOX plan에서 Margin이 작아질수록, Isocenter의 직선이동이 커질수록 volume 95 값은 작아지는 것을 볼 수 있습니다.

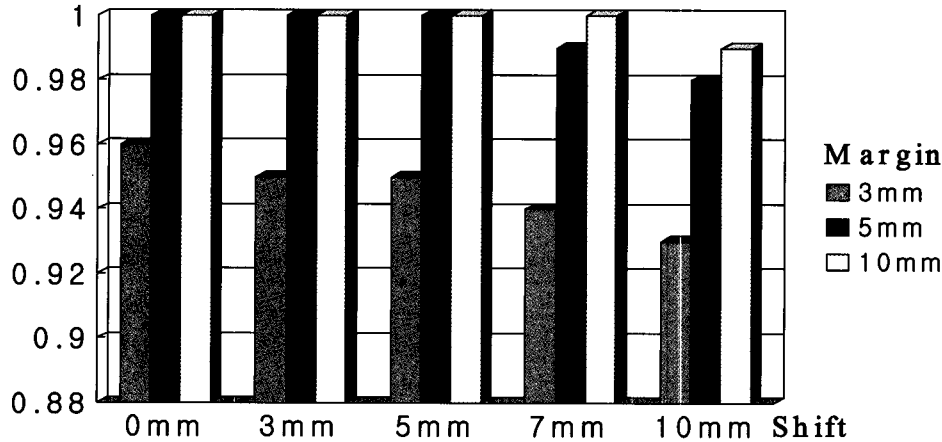


Graph-3 From linear transformation variation to box plan Volume 95 graph

2) 직선이동 오차에서 동일한 간격의 5개 Beam 을 사용한 3D plan

volume 95 값을 상대치 1을 기준으로 나타낸 그래프로-4에서 보는 것같이 에서 동일한 간격의 5개 Beam을 사용한 3D plan 에서 Isocenter직선이동을

커져도 5mm이상의 Margin만 주면 volume 95값 차이가 없는 것으로 나타났지만, Margin이 5mm이하 일때는 volume 95의 상대치가 작아지는 것을 볼 수 있다



Graph-2 From linear transformation variation to 3D plan Volume 95 graph of 5 beams of equal interval

### V. 결론 및 고찰

본 연구는 환자의 움직임에 의해 발생할 수 있는 set-up error가 선량분포에 어느 정도 영향을 미치는지를 평가하기 위해 phantom를 통해서 그 영향을 분석한 결과 임상에서 발생할 수 있는 5mm이하의 set-up error는 본 결과에서 처럼 어느 일정한 Margin만 주면 회전에 의한 오차나 직선이동에 의한 오차에 상관없이 5mm이상의 margin만 주면 최대 2% 미만의 선량분포 변화를 가져오지만, 5mm보다 적은 margin을 주면 회전에 의한 오차에서는 2% ~ 11% 정도의 선량분포 변화를 가져오고, 직선이동에 의한 오차에서는 2% ~ 7% 정도의 선량분포 변화가 나타난다.

이러한 결과로 볼 때 환자의 움직임에 의해 발생할 수 있는 set-up error는 어느 정도의 선량분포에 영

향을 줄 수 있다고 생각된다. 이러한 영향을 줄이기 위해서는 환자에 대한 철저한 교육과 정확한 환자 set-up 능력이 중요하다고 생각된다.

특이, 3D, IMRT, Cyberknife등과 같은 정교한 방사선 치료가 시행되고 있는 현재에서는 보다 정확한 set-up과 재현성을 높일 수 있는 accessory 개발과 보급에 우리 모두가 노력해야 할 문제이다.

### 참고문헌

1. Faiz M. Khan, Ph. D : The Physics of Radiation Therapy
2. Faiz M. Khan, Ph. D, Roger A. Potish, MD : Treatment Planning in Radiation Oncology
3. ICRU, Report No 50 : Prescribing, Recording, and Reporting Photon beam therapy Washinton, D.C, 1993



## 환자 SET-UP ERROR에 의한 선량분포와 DVH 변화 분석

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 방사선종양학과

김경태, 주상규, 안재홍, 박영환

**목 적** : 방사선 치료에서 환자와 근무자에 의한 setup error 등은 치료성적이 결정될 수 있는 중요한 요인이라고 볼 수 있다. 이에 환자와 근무자에 의한 SET-UP ERROR가 환자치료에 미치는 영향에 대하여 비교 분석하고자 한다.

**대상 및 방법** : 실험은 human phantom을 이용하여 C-T scan시 Left방향의 Lateral Level을 0mm, 3mm, 5mm, 7mm, 10mm, 15mm, 20mm로 변화시켜 SET-UP ERROR를 유발하였고, 각각에 대하여 C-T scan을 시행하였고, SET-UP ERROR가 유발된 각각의 C-T image를 얻어 RTP장비를 이용하여 임상에서 많이 사용되는 plan을 사용하여 7개의 C-T image에 각각의 plan-대향이문조사plan, Box-4문조사plan, 3Dimension plan-3개를 시행하여 총 21개의 plan을 실시하였다. (CTV+1cm margin, CTV+0.5cm margin, CTV+0.3cm margin = PTV) 이렇게 얻어진 plan을 이용하여 SET-UP ERROR가 유발이 안된 0mm image의 plan 3개와 SET-UP ERROR가 있는 6개 image의 총 18개의 plan을 대향이문조사plan, Box4문조사plan, 3Dimension plan으로 나누어 선량분포와 DVH를 이용하여 비교 분석하였다.

**결 과** : SET-UP ERROR를 유발시킨 3mm, 5mm, 7mm C-T image에서는 대향이문조사plan을 제외하고는 모든 plan에서 충분히 치료에 영향을 미칠만한 변화가 나타났으며, Box4문조사plan에서는 SET-UP ERROR에 의한 CTV가 Field 밖으로 빠짐으로 선량분포와 DVH가 나빠지는 현상이 나타났다.

**결 론** : 환자의 움직임, CTV 3차원형태, CTV margin등이 치료에 영향을 미친다. 이러한 영향을 줄이기 위해서는 환자의 긴장감과 움직임을 줄일 수 있는 환자교육과 정확한 환자setup능력이 치료의 승패를 좌우한다고 생각된다. 또한 재현성과 움직임을 줄일 수 있는 accessory 개발과 보급이 중요하다.