

“조준촬영실에서 환자 위치잡이시의 문제점”

서울대학교병원 치료방사선과

김정만 · 최병돈 · 김영호 · 박진홍 · 정호용

서 론

Simulation의 주된 목적은 종양과 주위조직을 구분하여 이상적인 선량분포를 얻어내기 위해 Target Volume을 정하는 것이다. 따라서 영상정보로 되어 있는 내부장기를 보고 치료 조사야를 정하게 된다. 이렇게 결정된 치료의 모든 Simulation정보는 치료실에서도 정확하게 재현되어야만 의도한 치료효과를 기대할 수 있다. 그러나 현실적으로 정확한 재현이 힘들기 때문에 여러 고정용 보조장구들을 이용하고는 있으나 Simulator와 치료기 자체의 문제점으로 인해 기하학적 오차가 생기게 된다.

Simulation후 치료실에서 환자의 자세를 정확히 재현키 위해서는 보조장구 외에도 피사체의 표면에 조사야를 표시하거나 Bony land mark 등을 표시한다. 이후 치료실에서 환자의 자세 재현시 Simulation field가 오차를 갖게 되는 경우가 생기는데 이는 1) Side laser beam의 오차가 있는 경우, 2) Simulator의 Patient Support Assembly(이하 PSA)가 환자의 하중으로 인해 한쪽으로 기울어 질때, 3) 치료기 PSA의 Mylar Section이 하중으로 인해 처지게 되는 경우 등이다. 1)은 교정을 통해 해결이 가능하지만 2)와 3)은 PSA의 재질과 중심점, 유격등 기계적 문제점이므로 일단은 해결이 어려워진다. 따라서 오차가 생길 때 인지할수 있는 수치를 이용하여 오차의 정도를 알아 보기로 하겠다.

본 론

Simulator와 치료기의 PSA의 형태는 그림 1과 같은데 Simulator의 PSA는 투시와 촬영시 영상 구성에 무리가 없도록 밀도가 적은 목재등으로 되어 있다. 따라서 무게가 편중될 경우 PSA는 휘어져 경사지게 된다. 휘어짐을 줄여주기 위해 양편에 금속을 부착시키기도 하지만 완전치가 못하다. 반면 치료기 PSA는 금속 frame으로 되어 있어 하중으로 인한 휘어짐은 거의 없으나 Mylar Section이 약간 늘어지게 된다. 이런 늘어짐은 물체의 무게 중심이 걸리는 위치에 따라 그 정도가 다르므로 오차의 정도를 관측하기란 매우 곤란하다. 따라서 본문에서는 Simulator PSA가 갖는 오차만을 다루기로 하겠다.

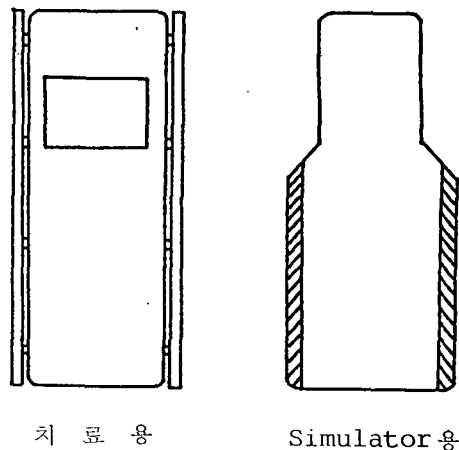


그림 1. Patient Support Assembly(PSA)의 형태

그림 2에서 처럼 Simulation PSA에 환자에서 하중으로 인해 처지는 것을 볼 수 있다. 가 누웠을 때 PSA가 점선으로 표시된 정상위치

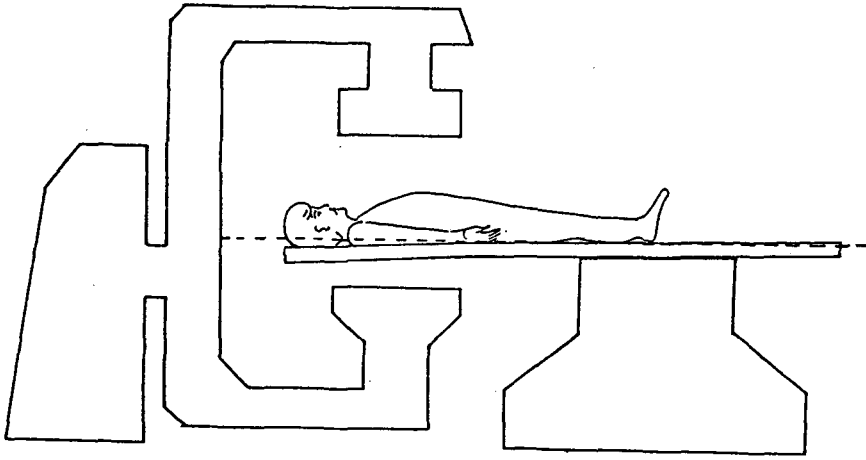


그림 2. 환자의 하중으로 인해 PSA가 기울어진 상태

이것을 그림 3을 통해 수치적 변화를 살펴보기로 하겠다. 피사체가 수평 (즉, PSA가 수평) 이라고 생각하고 시행한 Simulation이 실제로는 그림과 같이 기울어진 상태에서 이루어 졌다면 여

기서 구해진 Simulation 정보는 수평인 상태와는 사뭇 달라진다. 예를들어 피사체 두께가 20 cm 이고 PSA가 10° 기울어진 상태로 Simulation 하여 깊이 10 cm되는 곳에서 조사야를 15cm×15cm

SAD:100

F.S:15×15

Thick:20

Q=10°

$$X_M = 7.5 = Y_M$$

$$X_U = 6.75 = Y_U$$

$$X_L = 8.25 = Y_L$$

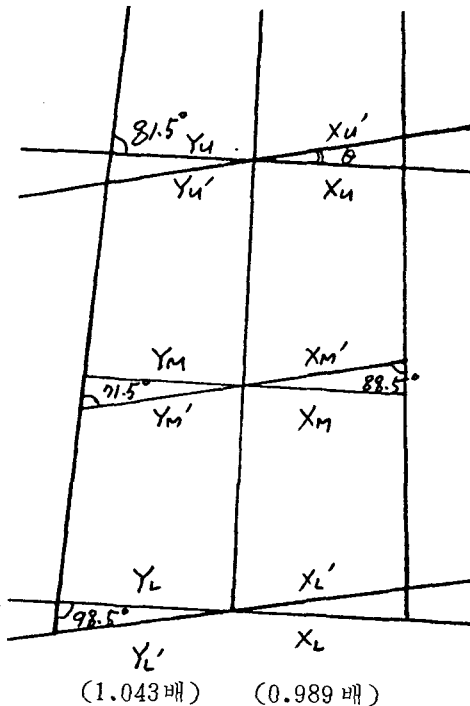
Sin 공식

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} \text{ 에서}$$

$$\frac{X_U'}{\sin 81.5} = \frac{X_U}{\sin 88.5} = 6.75$$

$$X_U = 6.75 \text{ 이므로}$$

$$X_U' = 6.75 \times \sin 81.5 = 6.68$$



$$\frac{X_M'}{\sin 81.5} = \frac{7.5}{\sin 88.5}$$

$$\therefore X_M' = 7.42$$

$$\frac{X_L'}{\sin 81.5} = \frac{8.25}{\sin 88.5}$$

$$\therefore X_L' = 8.16$$

$$\frac{Y_U'}{\sin 98.5} = \frac{6.75}{\sin 71.5}$$

$$\therefore Y_U' = 7.04$$

$$\frac{Y_M'}{\sin 98.5} = \frac{7.5}{\sin 71.5}$$

$$\therefore Y_M' = 7.82$$

$$\frac{Y_L'}{\sin 98.5} = \frac{8.25}{\sin 71.5}$$

$$\therefore Y_L' = 8.60$$

그림 3. 기울어진 상태에서 Simulation시 수평상태와 비교한 오차의 크기

으로 했다면 10 cm깊이에서 PSA에 수평인 피사체면의 실제 길이는 $X_M' + Y_M'$ 가 된다. 또 피사체의 PSA에 수직으로 갖는 두께도 변화가 있게 된다. 여하튼 기울어진 상태와 수평인 상태의 수직적 오차는 그림 3과 같고, 이렇게 기울어진 상태의 Simulation후 치료실에서 환자 자세 재현시 Beam center를 표면에 그려진 Central axis mark와 일치시켰을 때, 치료기 PSA가 수평을 유지한다면 기울어졌던 Simulation Volume이 수평으로 놓이게 되어 그림 4와 같이 수직인 beam에 대해 오차를 갖게 된다.

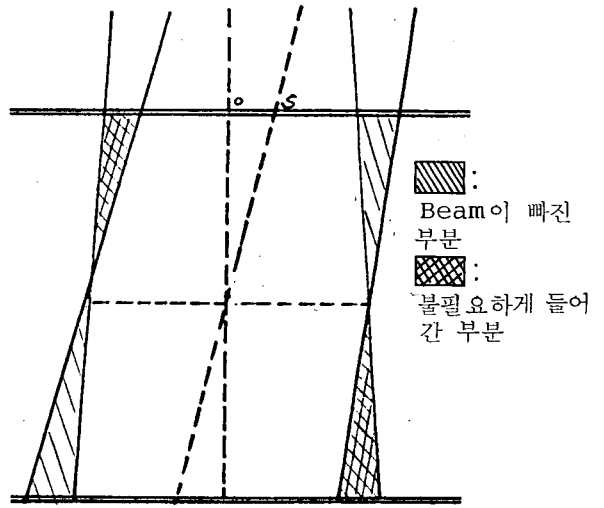


그림 5. Lateral laser beam point를 기준으로 한 경우

$$OP = 20.31$$

$$x = 1.79 \text{ 일 때 } \theta = \tan^{-1} \left(\frac{x}{d} \right) = 10^\circ$$

$$OP'' = \sin 80 \times OP = 20 \quad \therefore d = 10$$

$$OA = 6.75 \quad OA' = 7.04$$

$$MC = 7.5 \quad MC' = 7.82$$

$$PE = 8.25 \quad PE' = 8.60$$

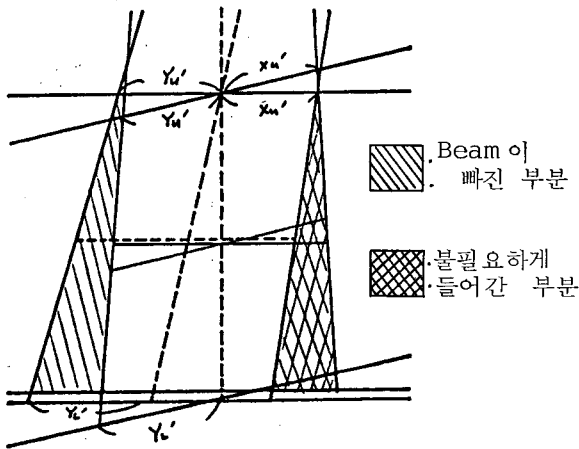
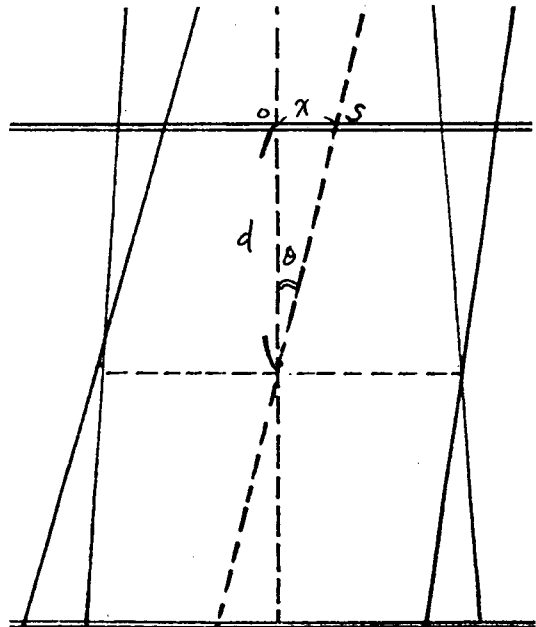


그림 4. 치료실에서 환자 자세 재현시 Beam center를 Surface의 CA mark에 일치시킨 경우

반면에 lateral laser beam을 이용하여 피사체 측면에 표시한 isocenter를 기준으로 하여 자세를 재현시키면 Simulation Volume은 수직인 beam에 대해 여전히 기울어진 체로 isocenter만 일치하게 되나 역시 그림 5와 같은 오차를 갖게 된다.

물론 실제 임상에서는 Simulator PSA의 기울어짐이 크지 않기 때문에 그림 4와 5에서처럼 과장된 오차를 보이지는 않지만 이해를 쉽게 하기 위해 경사각을 10° 로 하고 오차를 계산해 보면 그림 6과 같다.



$$\begin{aligned}
 AB &= OA' - OA = 0.29 \\
 CD &= MC' - MC + MM' = 2.08 \\
 EF &= PE' - PE + PP' = 3.88 \\
 MM' &= \tan Q \times OM = 1.763 \\
 PP' &= \tan Q \times OP = 3.526
 \end{aligned}$$

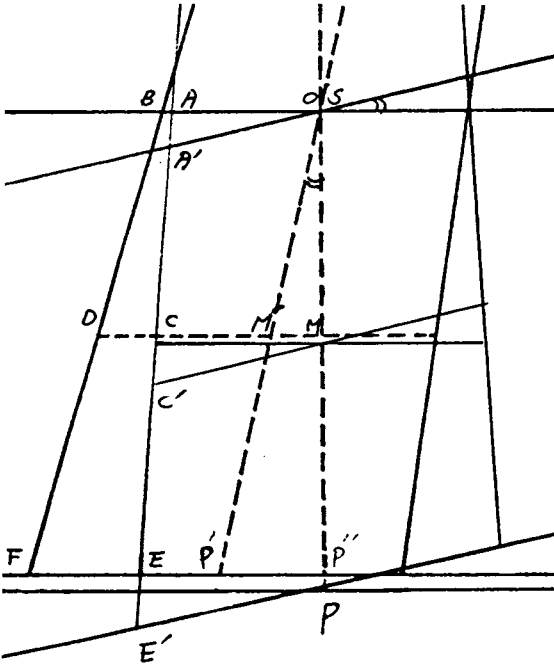


그림 6. 기하학적 오차의 계산 및 임의의 부위에 대한 오차의 예상

표 1. 경사각에 따른 오차의 예시

경사각 (θ)	χ	OA'	MC'	PE'	MM'	PP'	AB	CD	EF
1°	0.18	6.77	7.52	8.27	0.18	0.36	0.02	0.2	0.38
3°	0.53	6.81	7.57	8.33	0.53	1.09	0.06	0.6	1.17
5°	0.88	6.87	7.63	8.39	0.88	1.82	0.12	1.01	1.96
7°	1.25	6.93	7.70	8.47	1.23	2.55	0.18	1.43	2.77
9°	1.61	7.00	7.78	8.56	1.59	3.28	0.25	1.87	3.59

$$\begin{aligned}
 OA &= 6.75 & MB &= 7.5 & PE &= 8.25 & OM &= 10 & OP &= 20 & AB &= OA' - OA \\
 CD &= MC' - MC + MM' & EF &= PE' - PE + PP' & MM' &= \tan \theta \times OM & PP' &= \tan \theta \times OP
 \end{aligned}$$

3° 정도의 기울어짐에도 중앙부분이 0.6 cm, 하단부가 1.17 cm나 벗어나는 것을 보면 Beam margine에 대한 재평가를 가져야 한다.

이상과 같이 살펴본 바에 의하면 Simulator PSA의 하중에 의한 기울어짐이 피사체의 두께 측정과 조사야의 크기를 정하는데 오차를 생기게 하고, 치료실에서 환자의 자세를 재현할 때 중앙

우선 Simulator PSA의 경사각 θ 를 치료기의 PSA가 수평을 유지한다는 가정하에 구해 보기로 하자. 피사체의 lateral side mark에 laser beam을 일치시키면 Beam center와 피사체의 CA mark와의 거리 X를 잴 수 있다. 이때 치료기에서의 두께가 20 cm라면 실제 Simulation에서의 두께 OP'는 20.31 cm가 된다. 그러므로 중심점까지의 깊이 d=10 cm이고 $\chi = 1.77$ cm이라면 기울기 $\theta = \tan^{-1}(\frac{1.77}{10}) \approx 10^\circ$ 임을 계산할 수 있다. 다시 CA를 Beam center에 일치시키면 치료체적의 상,중,하 각 단면에서의 오차 \overline{AB} , \overline{CD} , \overline{EF} 의 크기는 계산과 같다. (참조표 1)

결론 및 고찰

이상과 같이 그림을 통해 살펴 본대로 환자의 자세 재현시 Beam Center와 피사체 표면의 CA mark를 일치시키는 것보다 lateral mark를 기준으로 하는 것이 중심면에서의 오차가 훨씬 적은 것을 알 수 있었다. 특히 Beam center를 표면의 CA mark에 맞추는 것에서의 오차는 표 1을 참조했을 때 임상에서도 흔히 있을 수 있는

과 주변장기의 위치에 변화가 있게 된다. 오차의 크기는 PSA의 기울기와 조사야의 크기, 피사체의 두께에 따라 변하게 된다.