

# 무고정틀 정위방사선치료 전후의 Setup정확도에 관한 고찰

충남대학교병원 치료방사선과

강노현, 김동욱, 이철빈, 이영철, 정인표

## I. 서론

뇌정위방사선수술(stereotactic radiosurgery)은 1951년 스웨덴 Leksell에 의해 처음 소개되었고 발전을 거듭하여 1984년에 선형가속기에 Megavoltage X-ray를 이용한 치료기술이 개발되었으며, 이후 1992년에는 Loeffler가 최초로 선형가속기를 이용한 뇌정위방사선수술 체계가 수립되었다. 정위방사선치료는 정위적 좌표계를 사용하여 Setup의 정확도를 유지하면서 분할조사가 가능하여 작은 병변에 대하여 많은 양의 방사선을 조사함과 동시에 정상조직의 방사선에 대한 장애를 최소화할 수 있는 최신의 치료기법이다. 뇌 속에 존재하는 병소에 대한 방사선치료를 시행할 경우 많은 양의 방사선이 병소에 집중적으로 조사되어야 하며 주위의 정상조직에는 최소의 선량이 조사되어야 방사선에 대한 부작용을 최소화할 수 있다. 이러한 것을 고려하여 선형가속기를 이용한 정위방사선수술은 감마나이프나 중하전입자를 이용한 방사선수술에 비해 비용이 적게 들고 호환성이 좋은 장점을 가지고 있다. 그리고 정위방사선수술시 1회에 조사하던 선량을 분할조사하여 생물학적 장점을 얻을 수 있다. 최근에는 기존의 뇌동정맥 기형 및 두개내의 악성, 양성종양의 치료와 그 적용범위를 전신으로 확대할 수 있기 때문에 분할정위방사선치료(fractionated stereotactic radiotherapy)가 많이 이용되고 있다. 정위방사선치료에서 방사선 선량분포는 회전중심점(isocenter)에서 수 mm만 이동하여도 급격한 선량변화를 보이기

때문에 치료계획에서 설정한 회전중심점좌표와 치료시 회전중심점좌표가 일치하여야 한다.

본원에 사용하고있는 무고정틀 정위방사선치료시스템(pReference SRS System)은 고정틀없이 수행하기 때문에 Setup의 정확도가 중요한 변수로 작용한다. 이에 본 연구에서 pReference SRS System의 회전중심점 Setup정확도와 치료전 Setup의 자세가 치료후에도 정확하게 유지되는지 알아보코자 한다.

## II. 대상 및 방법

본 연구는 2000년 9월부터 2001년 4월까지 충남대학교병원 치료방사선과에서 무고정틀 정위방사선치료를 받은 환자 15명을 대상으로 시행하였다.

사용장비는 pReference SRS System(NMPE, U.S.A), Isoloc Program(NMPE, U.S.A), Clinac 2100C/D(Varian, U.S.A) 6MV X-ray, ECL Film(Kodac)을 사용하였다. 환자의 두개골에 삽입한 금속표지자(Gold Marker)를 컴퓨터단층촬영(Computed Tomography)을 시행하고, 금속표지자와 회전중심점의 오차를 측정확인하기 위하여 AP(anterior-posterior)와 Lateral 조사면 확인촬영(Linac-gram)과 좌표변환프로그램(Isoloc program)을 이용하였다. [보기]와 같은 방법으로 pReference SRS System의 회전중심점 오차는 치료직전에 조사면확인촬영을 하여 회전중심점 setup정확도를 알아보코, 치료중 환자움직임에 의한 오차는 Translational error와 Rotational error를 치료전과 치료후에 조사면확인촬영을 하여 획득한 좌표를 비교

분석하였다.

[보기]

1. pReference SRS System의 회전중심점 오차

$$\Delta (3D\text{-vector}) = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$$

2. 치료중 환자움직임에 의한 오차

① Translational error

Before treatment - After treatment

$$\Delta (3D\text{-vector}) = \sqrt{[(X_1-X_2)^2 + (Y_1-Y_2)^2 + (Z_1-Z_2)^2]}$$

② Rotational error

Head position at before treatment - After treatment

$$\Delta (3D\text{-vector}) = \sqrt{[(X_1-X_2)^2 + (Y_1-Y_2)^2 + (Z_1-Z_2)^2]}$$

본원에서 사용하는 pReference SRS System 치료 과정을 보면 치료에 앞서 두개강내 병변의 정확한 위치와 범위를 설정하기 위하여 환자의 두개골에 금속표지자 3개를 삽입한다(Fig 1). 전산화단층촬영장치(CT)와 자기공명영상장치(MRI) 또는 혈관조영술을 시행하여 얻은 영상으로부터 병변의 위치와 범위를 획득한다. 본원에서는 CT를 이용하여 표적

(target)은 1mm 두께 3mm 간격으로 병변이외 부분은 10mm 간격으로 영상을 획득한다. CT에서 얻은 영상을 3차원치료계획 시스템에 입력하여 영상을 재구성한다. 실제 치료와 같은 환자의 자세를 유지하기 위하여 모의치료를 시행하는데 선형가속기의 테이블에 환자를 편안하게 눕게 하고 두부를 고정하기 위하여 Immobilizer와 Thermoplastics으로 환자의 얼굴에 맞도록 고정용 마스크를 제작(Fig 2)하여 고정틀이 없는 상태에서 환자의 움직임에 의한 오차를 최소화 하고자 하였다. AP와 Lateral의 조사면확인 촬영을 하여 필름상(Fig 3)에서 나타난 3개의 금속표지자의 좌표를 Digitizer을 이용하여 Isoloc program에 입력하였다. CT에서 얻은 좌표값과 모의치료에서 얻은 좌표값을 Isoloc program에 입력하여 그 결과로 치료하고자 하는 회전중심점의 오차를 확인하여, 이 오차를 치료실에서 마이크로포지셔너를 이용하여 조절함으로써 표적 좌표를 회전중심점으로 이 동시킨다. 모의치료시에는 AP와 Lateral 조사면확인 촬영을 이용한 회전중심점의 오차범위를 본원에서는 2mm이하로 하고 있으며 2mm이상이면 반복해서 모

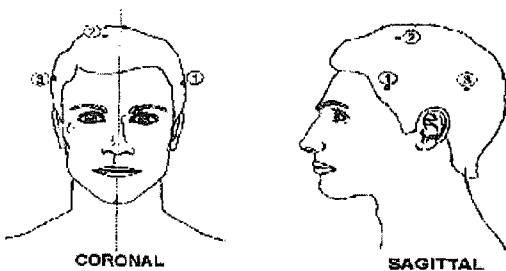


Fig 1. 표지자(Gold Marker) 삽입위치



Fig 2. 두부고정기구제작

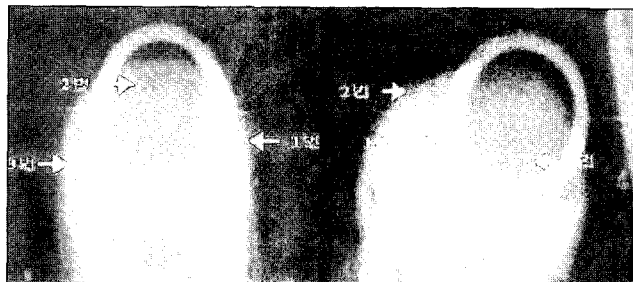


Fig 3. AP와 Lateral 조사면확인촬영상

의치료를 시행하였다. 모의치료에서 얻은 회전중심점의 좌표를 마스크에 표시한다. 환자의 모의치료 좌표와 CT에서 획득한 좌표를 재구성하여 치료계획을 수립하고, 환자 치료시는 모의치료 과정을 다시 반복한 후 회전중심점으로 X축, Y축, Z축 모두 오차가 1mm 이하면 정위방사선치료를 시행하였다. 무고정틀 정위방사선치료가 있어서 가장 중요한 것은 환자의 편안한 자세에 따른 Setup정확도 유지에 달려있다.

### III. 결 과

무고정틀 정위방사선치료 환자 15명을 대상으로 분석한 결과 pReference SRS System의 회전중심점의 오차는 회전중심점으로  $\Delta$ (3D-vector)가 0.7(mm)였고, 표준편차가 X축방향(Medio-lateral)  $0.1 \pm 0.33$ (mm), Y축방향(Ant-post)  $0.1 \pm 0.42$ (mm), Z축방향(Cranio-caudal)으로  $-0.2 \pm 0.55$ (mm) 이었다(Table 1). 치료중 환자움직임에 의한 오차 Translational error는 회전중심점으로  $\Delta$ (3D-vector)가 0.3(mm)였

Table 1. pReference SRS System 회전중심점 오차 (단위: mm)

환자	X	Y	Z
1	0.1	0.1	-0.9
2	0.0	0.2	-0.8
3	0.2	0.4	0.1
4	0.2	-0.4	0.0
5	0.4	0.2	-0.2
6	0.0	-0.4	-0.3
7	0.1	0.9	-0.6
8	0.1	0.2	0.1
9	0.7	0.7	0.5
10	0.5	0.6	0.7
11	0.5	-0.2	-0.2
12	0.2	0.2	-0.1
13	0.2	0.1	-0.9
14	0.5	0.2	0.8
15	-0.2	-0.8	-0.6

고, 표준편차가 X축방향(Medio-lateral)  $0.0 \pm 0.3$ (mm), Y축방향(Ant-post)  $0.0 \pm 0.3$ (mm), Z축방향(Cranio-caudal)으로  $0.1 \pm 0.4$ (mm)이었다(Table 2).

치료중 환자움직임에 의한 오차 Rotational error는 환자의 Head Position Angle이 회전중심점에서  $\Delta$ (3D-vector)가  $0.95^\circ$ 였고, 표준편차가 X축방향(Medio-lateral)  $-0.3 \pm 0.6^\circ$ , Y축방향(Ant-post)  $0.2 \pm 0.4^\circ$ , Z축방향(Cranio-caudal)으로  $-0.3 \pm 1.0^\circ$ 이었다(Table 3).

### IV. 결론 및 고찰

무고정틀 정위방사선치료는 매번 계획된 위치에 방사선을 조사하여야 하는 Setup의 정확도가 중요시되는 치료방법이며, 입원이 필요치 않고 통원치료가 가능한 치료법이다. 따라서 반복되는 환자 Setup의 오차를 최대한 줄이면서 자세가 정확하게 유지하는 것이 중요하다. 3차원적으로 Target과 방사선량 분포가 치료하고자 하는 Target과 일치하는 방사선량의 분포는 치료계획 채택외에는 급격하게 감소해야

Table 2. 치료중 환자움직임에 의한 오차 Translational error (단위: mm)

환자	치 료 전			치 료 후		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.1	0.1	-0.9	0.6	0.1	-0.9
2	0.0	0.2	-0.8	-0.1	0.3	-0.5
3	0.2	0.4	0.1	0.4	0.4	-0.9
4	0.2	-0.4	0.0	-0.3	-0.2	-0.4
5	0.4	0.2	-0.2	0.8	0.3	0.1
6	0.0	-0.4	-0.3	0.3	-0.1	-0.1
7	0.1	0.9	-0.6	-0.2	0.9	-0.7
8	0.1	0.2	0.1	-0.2	-0.5	-1.0
9	0.7	0.7	0.5	0.4	0.8	0.8
10	-0.5	0.6	0.7	-0.5	1.0	1.0
11	-0.5	-0.2	-0.2	-0.9	-0.2	-0.3
12	0.2	0.2	-0.1	0.6	0.0	0.1
13	0.2	0.1	-0.9	0.3	-0.2	-0.8
14	0.5	0.2	0.8	0.7	0.3	0.7
15	-0.2	-0.6	-0.6	-0.1	-0.7	-0.7

Table 3. 치료중 환자움직임에 의한 오차  
Rotational error

(단위: °)

환자	치 료 전			치 료 후		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	23.1	-1.6	-0.2	24.2	-2.2	0.6
2	7.3	-2.3	-L.5	7.9	-2.5	L.6
3	21.1	6.1	6.1	20.8	6	6.3
4	30.7	-2.8	-L.4	30.7	-3.3	-1
5	15.3	0.7	L.8	15.1	0.2	L.7
6	19.7	-1.2	-0.7	19.7	-0.8	-0.8
7	22.1	2.2	2.1	22.1	L.7	2.4
8	6.7	-4.2	-6.5	8.9	-3.9	-3.1
9	20	-2.2	0.6	20.5	-2.2	L.8
10	13.1	-3.2	-0.6	13.5	-4	-1
11	21.6	0.2	-2.5	21.9	0.8	-3.4
12	3.6	8.6	-2.5	3.5	-9	-2.4
13	14.1	0.3	L.4	14.2	-0.5	L.4
14	6.8	2	-2.2	6.9	L.3	L.7
15	23.6	-0.6	-L.7	23.4	-0.5	L.8

하며 특히 인접한 주요장기에 미치는 영향은 최소화 되어야한다. 따라서 무고정틀 정위방사선치료시 조사면확인촬영으로 회전중심점에서 1mm이하의 오차로 방사선이 정확하게 조사되어야 하고 그러한 상태를 유지하기 위해서는 치료장비에 대한 QA를 지속적으로 시행하여야 한다. 특히 시삭(optic tract)이나 뇌간등이 치료범위로부터 수mm 이내 에 있을 경우, 실제 선량분포가 치료계획과 차이가 생기는 경우 심각한 합병증을 가져 올 수가 있으므로 이 과정이 더욱 중요하다고 할 수 있다. 본원의 pReference SRS System은 회전중심점오차 결과가 0.7mm로 Setup오차 허용범위 1mm이하에서 정위방사선치료가 수행되는 것을 확인하였으며, 치료중 환자움직임에 의한 오차 Translational error 0.3mm와 Rotational error가 0.95°로 치료중 환자움직임에 의한 오차가 거의 없는 것을 확인 할 수 있었다. 정위방사선치료시 조사면확인촬영으로 치료위치의 확인을 통해 우리가 사용하고 있는 무고정틀 방사선치료 시스템의 Setup정확도를 확인할 수 있었으며, 실제 환자 치료에서도 조사면확인촬영으로 정위적 좌표를 직접 확인함으로써

치료시의 정확도와 안정성을 높일 수 있어 좋은 System으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. K.H.Kim et al., "The study of setup accuracy of frameless stereotactic radiotherapy system", Radiot Oncol., vol.56, suppl(1), 206(2000)
2. 김기환, 조문준, 김동욱, 강노현, 김준상, "무정 위틀 정위방사선치료시스템의 정도관리", 제 3 회 대한 방사선 종양학회 정위방사선치료연구 회 보문집, pp.12, 2001.2.10, 가톨릭의과대학 강 남성모병원 의과학연구소
3. K.H.Kim et. al., "The quantitative comparison of treatment planning between conventional conformal radiotherapy and stereotactically guided conformal radiotherapy using phantom", Radiot Oncol., vol.56, suppl(1), 117(2001)
4. 김기환, 조문준, 김준상, 김동욱, 강노현, 김제 성, "An accuracy report of stereotactic radiotherapy system in Chungnam national university hospital", 제 22회 한국의학물리학회춘계 학술대회 보문 집, pp.50, 2001.4.13-14, 제주대학교연수원
5. K.H.Kim et. al., " Quality assurance in frameless stereotactic radiotherapy system ", 5th International Stereotactic Radiosurgery Society Congress, Accepted abstract(2001).
6. J. Willner, M.Flentje, K. Bratengeier, "CT simulation in stereotactic brain radiotherapy-analysis of isocenter reproducibility with mask fixation", Radiot Oncol. vol.45, 83-88(1997)
7. M. Uematsu, M. Sonderegger, A Shioda et. al, " Daily positioning accuracy of frameless stereotactic radiation therapy with a fusion of computed tomography and linear accelerator (focal) unit: evaluation of z-axis with a z-marker ", Int. J.Radiat. Oncol Biol. Phys. vol.50, 337-339(1999)