

입체조형 정위방사선수술시 제작한 STRIP Block의 정확성에 관한 연구

충남대학교병원 치료방사선과

김동욱 · 강노현 · 이철빈 · 이영철 · 정인표

I. 서 론

정위방사선수술(stereotactic radiosurgery)은 외과적 수술로 치료가 적절치 못한 두 개강내의 종양을 정위적 좌표계 내에서 정의하여 비교적 작은 병변에 대하여 집중적으로 대량의 방사선을 조사하여 치료하는 것을 말한다. 1951년 Leksell에 의해 고안된 이러한 개념은 두 개강 내의 동정맥기형이나, 작은 종양의 치료에 주로 이용되고 있으며 그 외에도 뇌하수체종양, 전이성 뇌종양 등의 치료에도 이용되고 있다. 정위방사선수술은 대개 감마나이프와 선형가속기로 시행이 되고 있으며 이를 위하여 정위틀과 치료계획시스템, 그 외에 보조기구들을 갖추어야 한다. 정위방사선수술의 부작용은 종양의 체적과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있으며, 이러한 합병증을 감소시키기 위하여 종양 크기가 증가할 경우 치료선량은 감소되어야 하기 때문에 치료가 가능한 것은 대략 3cm 이하의 종양으로 제한되고 있다. 정위방사선수술은 시신경교차로, 뇌간과 같은 중요한 부위와 인접해 있거나 그 부위내의 종양의 치료에는 적절하지 못하였으나 분할정위방사선수술(fractionated stereotactic radiotherapy)은 정위방사선수술기법으로 방사선량을 분할 조사할 경우 종양과 정상세포간의 방사선에 대한 반응이 서로 다르게 됨으로써 정상세포를 상대적으로 보호하는 생물학적 이점을 이용한 방법으로 결정장기에 근접해있거나 종양의 크기가 3cm 이상 비교적 큰 종양에도 치료를 시행 할 수 있게 되었다. 구형

의 병변에 arc기법을 사용하게 되면 구형의 등선량 분포를 얻을 수 있어 유효하지만, 불규칙한 모양의 병변에 대하여 단일 회전중심점 arc기법은 병변주위에 고선량의 분포가 적절치 못한 것으로 보고되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 고선량 용적의 모양을 다중 회전중심점을 이용해서 조절하기도 하지만 선량의 불균일로 인한 합병증을 증가시킬 수도 있으므로 다중 arc 조사영역(multiple arc field shaping)기법과, 불규칙한 종양에 대하여 다중 고정형 빔조사(multiple fixed shaped beams)기법을 사용하여 병변 부위를 빔방향상 (beam's eye view)에서 잘 감싸도록 하고 종양의 edge에서 선량의 분포가 급격하게 감소하게 함으로서 적절한 등선량분포들을 얻을 수 있다. 최근에는 고정 조사영역 크기를 이용한 입체조형정위방사선수술(conformal radiation therapy)과 분할정위방사선수술이 시행되고 있으며 또한 논문들 대부분이 정위틀과 치료계획시스템에 대한 QA가 많이 이루어지고 있다.

본 병원에서는 정위방사선수술을 종양의 모양과 용적에 따라 치료방법을 선택하고 있다. 종양의 모양이 구형이거나 구형에 가까울 경우, 용적이 작을 경우에는 제품화된 원형 SMART cone을 사용하며, 종양의 모양이 불규칙하거나 용적이 클 경우에는 STRIP cone을 사용하여 입체조형 정위방사선수술용 STRIP block을 제작한다. 본 연구에서는 입체조형 정위방사선수술용 STRIP block 제작 후 치료계획과 STRIP block의 회전중심점과 면적의 정확성을 평가하고자 한다.

II. 대상 및 방법

2001년 6월부터 2001년 12월까지 입체조형 정위방사선수술용 SRTIP block을 이용하여 치료받은 환자 5명을 대상으로 하였으며 제작된 STRIP block의 수는 34개이다. 사용장비로는 pReference SRS system(NMPE, USA), Clinac 2100C/D(Varian, USA), ECL film(Kodac, USA), Casting system(NMPE, USA), Styrofoam cutting device를 이용했다.

STRIP block의 회전중심점과 면적을 구하기 위하여 정면상에서 Linac-gram을 촬영하여 Small field collimator의 회전중심과 치료계획 컴퓨터에서 계획된 것과 비교하여 STRIP block의 회전중심점과 면적의 오차를 구하였다. 본 연구에 앞서 본원에서 시행하고 있는 정위방사선수술의 Iregular factor(종양의 용적에 따른 분류법)와 제작방법을 알아보기로 하였다.

1. Iregular factor(종양의 용적에 따른 분류법)

치료계획 컴퓨터에 CT data를 입력, 재구성하여 얻은 종양용적과 종양의 표면적을 구하여 IF(ingular factor)값을 구한다.

$$IF = \frac{Surface..area}{(10.6 \times Volume)^{0.66}}$$

위 식에서 정의한 IF값은 구에서 변형된 정도를 정량화하기 위해서 도입한 것으로 종양이 구형일 때 IF값은 1이 되며 구형에 근접할수록 구형의 IF값에 근접하게 되고 불규칙한 모양의 정도가 커질수록 구형의 IF값보다 큰값을 갖게 된다. 따라서 IF값이 1-1.2는 다중회전분할정위 방사선수술(그림 1), IF값이 1.2-1.3인 경우에는 다중회전분할정위, 입체조영분할정위 치료중 적절한 기법을, 종양의 용적이 불규칙하여 IF값이 1.3이상이면 입체조형분할정위 방사선수술(그림 2)을 실시한다.

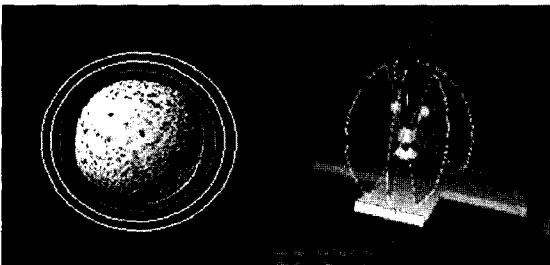


그림 1) 다중 arc 분할정위 방사선수술

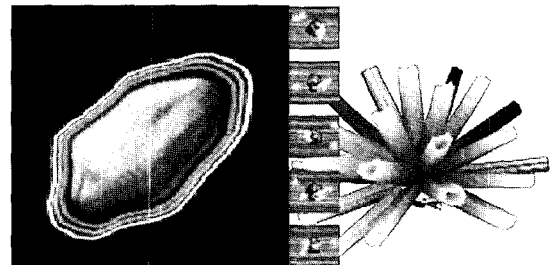


그림 2) 입체조형 분할정위 방사선수술

2. STRIP block의 제작방법 (그림 3)

STRIP block를 제작하기 위해 pReferencd SRS system에서 1.45배율과 0.75배율의 plot를 2장을 사용한다. 그리고 1.45배율의 plot를 Styrofoam cut기를 이용하여

Styrofoam을 자르고 잘라진 Styrofoam을 0.75배율의 plot와 비교하여 정확하면 Casting system을 이용하여 자른 Styrofoam과 STRIP cone을 고정하고 납을 STRIP cone 넣어 SRTIP block을 제작한다.

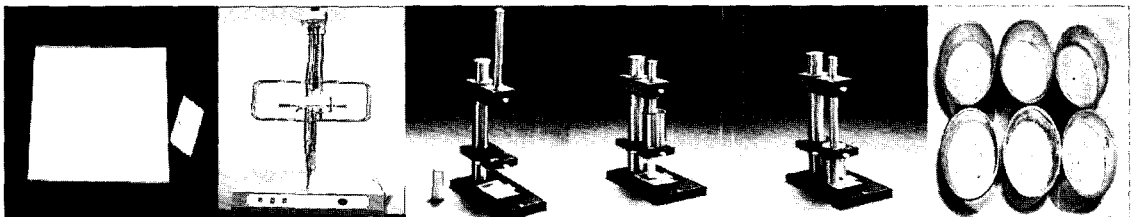


그림 3) Casting system을 이용한 STRIP block의 제작방법

3. STRIP block의 정확성 평가

1) 회전 중심점 (그림 4)

Gantry collimator의 회전중심점에 Eye ball marking을 부착하고 STRIP block을 Small cone collimator에 삽입

후 Linac-gram을 촬영하여 Gantry collimator의 회전중심점에 부착한 Eye ball marking의 회전중심점과 Small cone collimator의 회전중심점을 비교하였다.

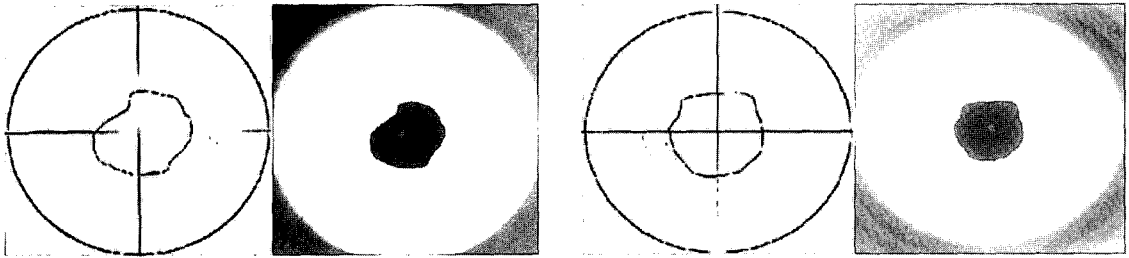


그림 4. Small cone의 회전중심점과 Linac-gram의 회전중심점

2) 면적오차 (그림 5)

Planing plot와 Linac-gram을 비교하여 면적(In, Out 방향)의 오차를 구하였다.



그림 5. Planing plot와 Linac-gram의 면적비교

III. 결 과

회전중심점의 표준오차는 $X = 0.4 \pm 0.6 \text{ mm}$, $Y = -0.4 \pm 0.7 \text{ mm}$ 이고 면적의 오차는 $\pm 3 \%$ 이다.

1. 1회 제작에 따른 회전중심점의 오차

Block	X	Y
1	1.4	0.8
2	0.9	0.6
3	0	1.2
4	0	0.2
5	0.9	0.5
6	0.3	0

2. 환자의 따른 회전중심점의 오차

환 자	X	Y
A	0.4	0.6
B	0.7	0.7
C	0.6	0.4
D	0.3	0.6
E	0.6	0.4
평 균	0.5	0.5

3. 조사면적의 오차

환 자	오차(%)
A	2.9
B	3.5
C	2.3
D	3.2
E	1.8
평 균	2.8

예) SMART cone의 회전중심점 오차에 따른 면적의 오차는 다음과 같다

Cone size	회전중심점(mm)	면적(%)
2 cm	1	5
	2	9.5
3 cm	1	3.3
	2	6.5

IV. 결 론

정위 방사선수술은 외과적 수술을 하기 어려운 부위의 종양 치료에 있어 매우 좋은 방법이다. 정위방사선수술은 하기 위해서는 수학적으로 잘 정의되고 높은 정밀도를 유지할 수 있는 정위좌표계의 설정이 중요하다. 일반적인 방사선치료의 경우 종양이 정상조직내에 있기 때문에 치료를 하기 위하여 방사선량을 투여할 때 만성적 방사선 부작용이 생길 수 있는 확률이 높은 반면에 정위방사선수술은 모든 신체 구조물들의 위치가 3차원적인 입체 공간 좌표계로 변환됨으로써 종양 부위에 방사선을 정확하게 조사하면서도 주변의 정상조직에 미치는 방사선의 양을 획기적으로 줄일 수 있게 됨으로써 보다 정밀하고도 결정장기에 대한 방사선 부작용의 위험을 낮출 수 있었다. 그리고 선형가속기를 이용한 정위방사선수술은 비등축(noncoplanar) arc기법으로 치료계획한 선량의 분포는 감마나이프로 치료계획한 선량의 분포와 비슷하며 불규칙한 모양을 갖는 병변에 대하여 입체조형 분할정위 방사선치료로 치료계획을 하면 병변의 형태에 따라 선량의 분포가 결정되므로 결정장기에 최소한의 선량만이 조사되며 이 결과를 DVH(dose volume histogram)로 분석한 결과 arc기법의 치료계획과 유사하게 나타난다. 정위방사선수술은 회전중심점의 오차가 중요한 요인이다. 입체조형 정위방사선수술은 면적의 정확성도 중요하지만 회전중심점 오차가 더욱 중요하다. 1명당 6~7

개의 방사선 조사문에 대하여 제작한 STRIP block은 평균적으로 2~3개(약 30 %) 정도에서 회전중심점의 오차가 1mm 이상 발생하여 다시 제작, 확인했으며 치료를 대상으로 한 전체 STRIP block의 회전중심점 오차는 1mm 이하였다. 입체조형 정위방사선치료용 STRIP block이 종양의 모양에 잘 맞을 경우에도 회전중심점에 오차가 생기면 면적의 정확성은 줄어들고 오차가 커지는 것을 이 번 연구를 통해 알 수 있었기 때문에 종양의 치료 면적이 작은 STRIP block 일수록 회전중심점의 중요성이 더욱 부각됨을 알 수 있었다. 본 연구에서 사용한 입체조형 정위방사선수술시 제작하는 STRIP block은 Human error를 동반하므로 세밀한 QA와 제작자의 숙련도가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Leksell L. The stereotactic method and radiosurgery of the brain. Acta Chir Scand 1951; 102:316-319
2. Bourland JD, McCollough KP. Static field conformal stereotactic radiosurgery : physical techniques. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1994 ; 28:471-479
3. Laing RW, Bently RE, Nahum AE, Warrington AP, Brada M. Stereotactic radiotherapy of irregular targets : a comparison between static conformal beams and non-coplanar arcs. Radiother Oncol 1993 ;28:241-246
4. Jones D. The volume of tissue irradiated in standard arc radiosurgery. NMPE internal report 95. 7 1995
5. Mcshan DL, Kessler ML, Fraass BA. Advanced interactive planning techniques for conformal therapy. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1995 ; 33:1061-1072
6. Multiple arc FSRT와 Conformal FSRT의 DVH 비교 : 대한방사선종양학회지 : 제 17 권 제 3호 1999