

Multiple arc FSRT와 Conformal FSRT의 DVH 비교

충남대학교 의과대학 치료방사선과*, 신경외과[†], 진단방사선과[‡], 충북대학교 자연과학대학 물리학과[§]

김기환* · 김준상* · 장지영* · 김재성* · 김성호[†] · 송창준[‡] · 박민규[§] · 조문준*

목적 : Multiple arc FSRT (fractionated stereotactic radiotherapy)와 conformal FSRT의 치료계획에 있어서 종양의 모양과 DVH (dose volume histogram)를 비교하여 두 기법간의 유용성에 대하여 논하고자 한다.

대상 및 방법 : 16명의 뇌종양 환자들을 대상으로 1997년 8월부터 1998년 12월까지 충남대학교병원 치료방사선과에서 112회의 FSRT를 실시하였다. 치료 전 모의치료에서 얻은 AP(Anterior-posterior), Lateral 필름상의 금속표지자의 좌표값을 ISOLOC프로그램에 입력하여 얻은 기준점과의 오차를 확인한 후 치료계획을 하였다. 치료계획은 종양용적과 종양표면적을 계산한 후 IF (irregular factor)를 고려하여 multiple arc FSRT 혹은 conformal FSRT를 선택하였다. Multiple arc FSRT는 종양의 IF값이 1-1.2인 경우에 고려하였고, conformal FSRT는 IF값이 1.3 이상인 경우에 고려한 후 종양용적에 대하여 처방선량 이상의 선량에 대한 DVH곡선에 의한 면적이 최소이면서 처방선량 이하의 선량에 대한 DVH곡선에 의한 면적이 최대가 되도록 하는 치료계획을 선택하여 평가하였다.

결과 : 치료전 모의치료에서 시행한 금속표지자의 좌표값을 ISOLOC프로그램에 입력하여 얻은 기준점과의 오차는 1 mm 이내였다. Multiple arc FSRT는 누적DVH상에서 처방선량의 90, 91, 92, 93%에서 전체 종양용적을 포함하고 있었으며 평균값은 90.6%이었고, conformal FSRT는 누적DVH상에서 처방선량의 81, 85, 86, 87, 91%에서 전체 종양용적을 포함하고 있었으며 평균값은 86%이었다. 두 방식 모두 결정장기들에는 최대선량의 5%이하의 적은 선량이 조사되었다.

결론 : Multiple arc FSRT와 conformal FSRT를 IF를 기준으로 치료 계획하여 구형의 종양에 multiple arc FSRT를 시행하였으며, 불규칙한 모양의 종양에는 conformal FSRT를 시행하여 종양의 모양에 관계없이 적절한 FSRT치료계획을 수립할 수 있었다.

핵심용어 : FSRT, Conformal FSRT, DVH

서 론

정위방사선수술(stereotactic radiosurgery)은 외과적 수술로 치료가 적절치 못한 두개강내의 종양을 정위적 좌표계 내에서 정의하여 비교적 작은 병변에 대하여 집중적으로 대량의 방사선을 조사하여 치료하는 것을 말한다. 1951년 Leksell¹⁾에 의하여 제안된 이러한 개념은 두개강 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, 그리고 그 밖의 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 3 cm 이하의 종양으로 제한되고 있다.²⁾ 정위방사선수술은 시신경교차로, 뇌간과 같은 민감한 부위와 인접해 있거나 그 부위내의 종양에서는 적절한 치료방안이 아닌 것으로 알려져 있다.

한편 분할 정위 방사선치료(fractionated stereotactic radiotherapy)는 정위방사선수술기법에 방사선량을 분할 조사할 경우 종양과 정상세포간의 방사선에 대한 반응이 서로 다르게 됨으로써 정상세포를 상대적으로 보호하는 생물학적 이점을 이용한 방법으로서, 결정장기에 근접해있거나 종양의 크기가 3 cm 이상 비교적 큰 종양에도 분할정위 방사선치료로 치료를 할 수 있게 되었다.^{3,4)} 구형의 병변에 대해서 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.⁵⁻⁷⁾ 이러한 문제점을 해결하기 위하여 고선량 용적의 모양을 다중 회전중심점을 이용해서 조절하기도 하지만 선량의 불균일로 인한 합병증을 증가시킬 수도 있으므로

이 논문은 1999년 6월 9일 접수하여 1999년 8월 13일 채택되었음.

책임 저자: 김기환, 충남대학교병원 치료방사선과
Tel: 042)220-7394, Fax: 042)256-7621

다중 arc 조사영역(multiple arc field shaping) 기법과, 불규칙한 종양에 대하여 다중 고정형 빔조사(multiple fixed shaped beams) 기법을 사용하여서 병변 부위를 빔방향상(beam's eye view)에서 잘 감싸도록 하고 종양의 edge에서 선량의 분포가 급격하게 감소하게 함으로서 적절한 등선량분포들을 얻을 수 있다.^{8,9)} 최근에는 고정 조사영역크기를 이용한 입체조형 방사선치료(conformal radiation therapy)나 정위방사선수술 또는 분할정위 방사선치료들이 시도되고 있다.^{3, 8, 10, 11)} 이에 본 논문에서는 분할정위 방사선치료를 이용해서 흔히 접하게 되는 구형의 종양과 불규칙한 모양의 종양에 대하여 다중 arc 분할정위 방사선치료(multiple arc FSRT)와 입체조형 분할정위 방사선치료(conformal FSRT)를 사용하여 이들 기법들을 치료계획적 측면에서 DVH(dose volume histogram) 값을 서로 비교하여 두 기법간의 유용성에 대하여 논하고자 한다.

대상 및 방법

충남대학교병원 치료방사선과에서 1997년 8월부터 1998년 12월까지 16명의 뇌종양 환자들을 대상으로 분할정위 방사선치료를 112회 실시하였다. 분할정위 방사선치료를 시행하기 전 환자의 병변을 확인하고, 데이터를 얻기 위하여 CT (Computed Tomography)를 시행한 후 모의치료과정을 거쳐 환자의 setup과 geometry에 대한 정보를 얻고 치료계획을 시행한 후 치료에 임하였다.

1. Imaging Study

두개강내 병변의 정확한 위치와 범위를 결정하기 위해 환자의 두개골 표면에 지름 2 mm인 금속표지자 3개를 전두부와 양쪽 측두부에 삽입하였다. AP (Anterior-Posterior)와 Lateral scout view상에서 금속표지자의 위치를 확인한 후 CT를 시행하였다. CT는 조영제를 투입하고 환자의 두정부(Upper series, Lower series, Target series)로 각각 나누어 scan하였다. CT 모니터 상에서 나타난 금속표지자와 MRI 필름 등을 고려하여 선정한 회전중심점의 좌표를 '+' 표시하여 공간상의 좌표를 얻었다. 금속표지자는 1 mm 두께, 1 mm 간격으로 하여 CT slice를 얻었다. Target series는 병변주위의 아래위 margin을 3 cm 정도로 충분히 포함하도록 하면서 1 mm 두께, 3 mm 간격으로 하여 CT slice를 얻었다. 환자 setup에 의한 오차를 줄이기 위하여 금속표지자의 좌표값을 CT화면 상에서 재확인하였다. Target series를 제외한 Lower와 Upper series는 1 mm 두께, 10 mm 간격으로 정한 후 두정부에서 skull base아래 5 cm까지 범위를 정하여 환자의 데이터

를 얻었다. 촬영조건은 FOV (field of view) 25×25 cm², matrix size 512×512, gantry tilt angle 0° 로 하였다. CT 촬영 후 환자의 데이터는 치료계획을 위하여 CT실에서 포맷하여 4 mm DAT tape에 저장한 후 치료계획 컴퓨터에 입력하였다.

2. Presimulation

선형가속기 couch 옆면의 홈에 방사선수술용 고정판(immobilization board)을 놓았다. 환자가 편안하게 치료를 받기 위하여 스펀지 back pad를 couch위에 놓은 후 고정판의 상부에 있는 홈에 환자의 머리를 받쳐주기 위한 head pad를 삽입하고, 방사선수술용 고정판이 편안하게 장착되었는지를 확인하였다. 환자의 무릎에는 쿠션을 놓아서 환자가 보다 편안한 자세가 되도록 하였으며 치료시 갠트리나 couch 등의 여러 제한 조건들을 완화시키기 위하여 환자의 두정부가 방사선수술용 고정판의 끝에 일치하도록 하였고, 두정부에서 환자 어깨부위전까지 감싸도록 하는 head cradle를 준비한 후 머리부위가 head pad에 잘 맞는지를 확인하였다. 환자의 head pad위에 놓은 plastic bag안에 Mevgreen을 이용하여 head cradle을 제작하였다. 마스크를 제작하고, 대략적인 표적 위치를 CT와 MRI필름을 이용하여 선정한 후, 그 위치에 AP와 Lat 방사선 사진을 찍기 위한 카세트 홀더를 테이블에 고정시킨다. 갠트리하부에 소조사영역 콜리메이터(small field collimator)를 부착한 후 나사를 이용하여 고정시키고 선형가속기의 조사영역크기를 30×30 cm²으로 조정한 후, 카세트 홀더를 환자의 아래쪽에 삽입하여 0도와 90도에서 방사선사진을 얻기 위한 기본 작업을 하였다(Fig. 1).

표적을 대략적인 회전중심점의 위치에 놓은 후 2~3 MU (monitor unit)의 방사선량을 조사하여 방사선사진을 얻었다. 필름이 현상되는 동안 마이크로포지셔너(micropositioner)의 포인터 눈금들을 0으로 놓고 floor 포인터를 마이크로포지셔너의 포인터 정점에 일치시켰으며 이렇게 하여 얻어진 필름은 빔방향상의 이미지가 된다. 현상된 필름에는 제4 사분면에 확대율을 알 수 있도록 "4"라는 표지가 나타나며 이때 AP, Lat 방사선 사진의 원점과 이점과의 거리를 고려하였다. AP와 Lat 사진상에서 나타난 2차원적인 3개의 금속표지자의 좌

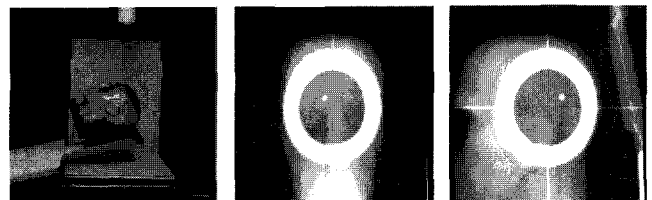


Fig. 1. The set up of simulation.

표를 확인하기 위하여 digitizer를 이용하였으며, CT에서 얻은 표적의 좌표값과 환자의 머리에 삽입한 3개의 금속표지자의 좌표값을 먼저 좌표변환확인 프로그램인 ISOLOC (NMPE, U.S.A)에 입력한 후, 모의치료과정에서 얻은 AP, Lat 방사선 사진상에서 나타난 3개의 금속표지자의 좌표값을 ISOLOC에 입력하여 그 결과로서 치료하고자 하는 표적좌표와 회전중심좌표와의 공간적 편차가 결정되며, 이 편차를 고려하여 치료실에 있는 마이크로포지셔너를 이용하여 조절한 후 테이블을 조심스럽게 움직여서 floor 포지셔너의 정점과 일치시킨다. 본원에서는 모의치료시 공간적 편차값의 한계를 2 mm로 정하였으며 이 값보다 큰 오차가 발생하면 다시 방사선 사진을 찍어서 오차범위이내에 들어오도록 반복 작업하였다.

3. Treatment Planning

CT실에서 얻은 환자의 영상데이터를 정위적 방사선수술 계획용 컴퓨터에 입력시켜 뇌부위의 구조물과 병변의 위치를 입체적으로 재구성하고 컴퓨터를 이용하여 방사선을 조사하는 방향, 범위 그리고 방사선량을 계산하였다. 본원에서 사용한 pReference 치료계획 시스템은 4 arc기법을 사용하면 구형의 선량분포를 얻게 되고 90% 등선량표면의 지름이 조사영역크기보다 3 mm 정도 작게 된다.¹²⁾ 치료계획 부피는 setup의 부정확도를 고려한 마진에 임상표적체적(clinical target volume)을 더하여서 구하게 된다. 분할정위 방사선치료시 부정확도의 값은 2 mm이므로 전체 4 mm가 되기 때문에 표적의 90% 등선량분포를 얻기 위해서 소조사영역콜리메이터는 치료시 표적의 최대지름보다 7 mm가 큰 조사영역크기를 선택하였다.¹³⁾ 치료계획시 치료계획 컴퓨터에서 CT데이터를 입력한 후 재구성하여 얻은 종양용적과 종양의 표면적을 구한 후 IF (irregular factor)를 계산하였다.

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

위식에서 정의한 IF값은 구에서 변형된 정도를 정량화하기 위해서 도입한 것으로서 종양이 구형일때 IF값은 1이 되며, 구형에 근접할수록 구형의 IF값에 근접하게 되고, 불규칙한 모양의 정도가 커질수록 구형의 IF값보다 큰 값을 갖게 된다. 본 연구에서는 종양용적이 구형에 가까운 형태일 경우 IF값이 1~1.2는 다중 arc 분할정위 방사선치료, IF값이 1.2~1.3인 경우는 다중 arc 분할정위 방사선치료나 입체조형 분할정위 방사선치료중 적절한 기법을, 종양용적이 불규칙하여 IF값이 1.3이상이면 입체조형 분할정위 방사선치료를 고려하였다. 결정장기에는 방사선의 입사각도와 테이블의 각도를

고려하여 가능한 적은 방사선량이 조사되거나 또는 전혀 조사되지 않도록 하였다. 치료계획은 결정장기를 보호하고 종양에는 계획한 선량이 정확히 조사되도록 하여 계획용표적체적(planning target volume)에는 처방선량 이상의 선량에 대한 누적 DVH곡선에 의한 면적이 최소이면서 처방선량 이하의 선량에 대한 누적 DVH곡선에 의한 면적이 최대가 되도록 하는 치료계획을 선택하여 평가하였다. 처방선량은 회전중심점의 선량을 기준으로 하였다.

4. The Verification of Simulation

모의치료과정과 모의치료 확인은 개념상 동일한 과정이며 차이점은 단지 CT에서 얻은 표적의 좌표값과 치료계획에 의하여 얻어진 회전중심점의 좌표값을 변경한 후 ISOLOC프로그램에 입력하여 다시 모의치료를 시행하는데 있다. 표적과 회전중심점간의 공간적 편차값이 1 mm 이내가 될 때까지 반복하여 시행하였으며, 이 과정은 평균 2회가 소요되었다.

5. Treatment

치료계획 컴퓨터를 이용하여 얻어진 치료계획에 따라 종양에 대량의 방사선을 조사하는 과정으로 6 MV X-선과 갠트리에 장착한 소조사영역 콜리메이터를 이용하여 치료하였다. 치료과정 중 환자의 움직임을 방지하기 위해 미리 제작된 마스크를 환자에게 씌우고 선형가속기 치료대 위에 편한 자세로 눕힌다. 병변의 공간적 좌표가 치료계획 컴퓨터에서 계산된 결과와 일치하는지를 확인하는 과정인 simulation를 거친 후 미리 계산된 좌표에 회전중심점을 중심으로 다중 arc 분할정위 방사선치료 또는 입체조형 분할정위 방사선치료를 시행하였다. 분할정위 방사선치료를 위해서 선형가속기 CL2100C/D (Varian, U.S.A), 정위방사선치료용 pReference 장비(NMPE, U.S.A) 그리고 치료계획용 소프트웨어로는 pReference TPS 1.0~2.8(NMPE, U.S.A)를 이용하였다.

결 과

모의치료과정에서 얻은 AP, Lat 방사선 필름상에서 환자의 머리에 고정된 3개의 금속표지자의 위치를 확인한 후 필름의 확대율을 고려하여 좌표 값을 얻었다. 치료계획에서 계산된 회전중심점의 좌표값과 환자의 자세에 따라 달라진 금속표지자의 좌표값을 ISOLOC프로그램에 입력하여 표적의 좌표값을 치료계획에서 설정된 회전중심점의 값에 일치시키기 위한 couch의 공간적 변위량을 얻었다. 표적의 좌표값과 회전중심점의 좌표값간의 편차의 허용한도를 1 mm로 정하였으며, 실제 치료시 모든 환자에서 이 값은 평균 0.8 mm

이내였다. FSRT를 수행한 16명의 환자 중 다중 arc 분할정위 방사선치료로 치료계획한 경우는 11명이었다. 이중 1명은 4개의 병변을 갖고 있었으며, 1명은 2개의 병변을 갖고 있었고, 나머지 9명의 환자들은 모두 1개의 병변을 갖고 있어서 전체 15례의 치료계획을 3~5개의 arc를 사용하여 수립하였다. 3개의 arc를 이용하여 치료계획한 경우는 1례(7%), 4개 arc는 11례(73%), 5개 arc는 3례(20%)로 대부분 4개의 arc를 사용하였다. 치료계획시 주로 사용한 4개 arc에서의 조사방향은 transverse arc, sagittal arc, right sagittal arc, left sagittal arc 이었으며, 이러한 arc들을 사용함으로써 결정장기에는 최소한의 방사선량만이 조사되고 종양용적에는 최대방사선량이 조사되어 치료계획의 목적에 부합되도록 잘 정의될 수 있었다. 다중 arc 분할정위 방사선치료의 arcs path는 Fig. 2에 나타내었으며 조사방향 내의 결정장기들을 적절히 피하면서 치료

계획을 수립한 것을 알 수 있다. Fig. 3은 다중 arc 분할정위 방사선치료로 치료계획한 종양에 대한 DVH이다.

총 15례의 다중 arc 분할정위 방사선치료를 치료계획한 결과 DVH값은 90~93%에 걸쳐 있었으며, 누적 DVH상에서 처방선량의 90%가 전체 종양용적을 포함한 경우는 10례(66.7%), 91%가 2례(13.3%), 92%가 2례(13.3%), 93%가 1례(6.7%)였으며 평균값은 90.6%였다. 또한 대상 기간중 입체조형 분할정위 방사선치료의 치료계획은 5명의 환자를 대상으로 5례였으며, beam ports는 5~6개를 사용하였다. 이중 5개의 beam ports를 사용한 경우는 1례였으며 6개를 사용한 경우는 4례로서 입체조형 분할정위 방사선치료의 치료계획은 주로 6개의 beam ports를 사용하였다(Fig. 4). 치료계획결과 누적 DVH 곡선상에서 처방선량의 81, 85, 86, 87, 91%에서 전체 종양용적을 포함하고 있었으며 평균값은 86%였다. Fig. 5는

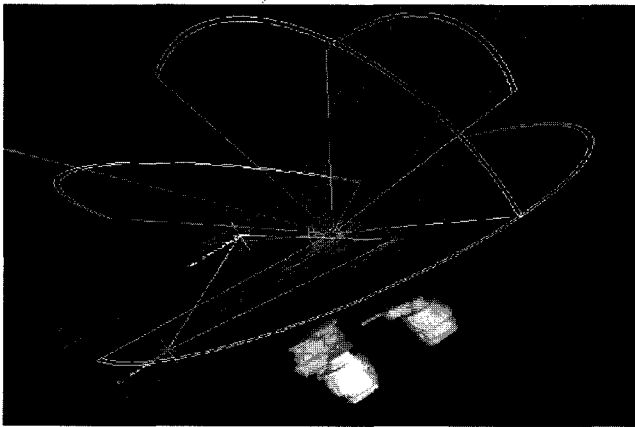


Fig. 2. The arc paths of multiple arc FSRT planning.

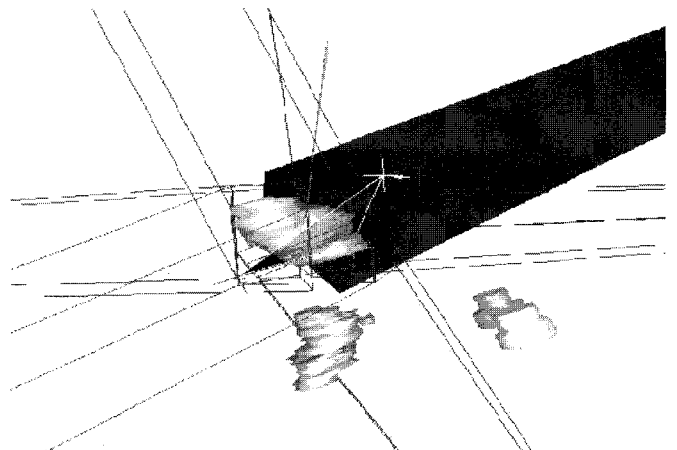


Fig. 4. The ports of conformal FSRT planning.

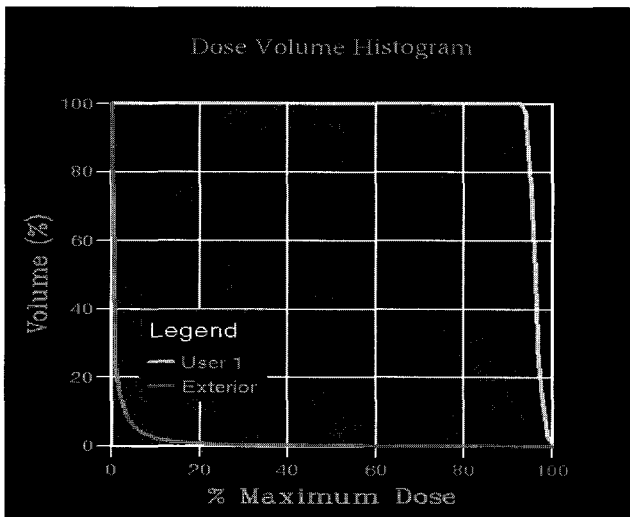


Fig. 3. The DVH of multiple arc FSRT planning.

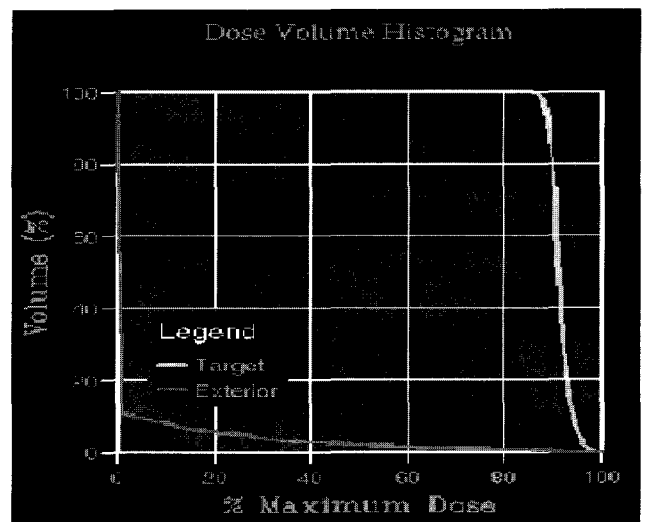


Fig. 5. The DVH of conformal FSRT planning.

입체조형 분할정위 방사선치료로 치료계획한 종양에 대한 DVH의 결과이다.

결정장기인 좌안에 대하여 다중 arc 분할정위 방사선치료와 입체조형 분할정위 방사선치료로 치료계획한 결과는 누적DVH곡선상에서 최대선량의 5% 이하의 선량이 조사됨을 확인할 수 있었다(Fig. 6, 7).

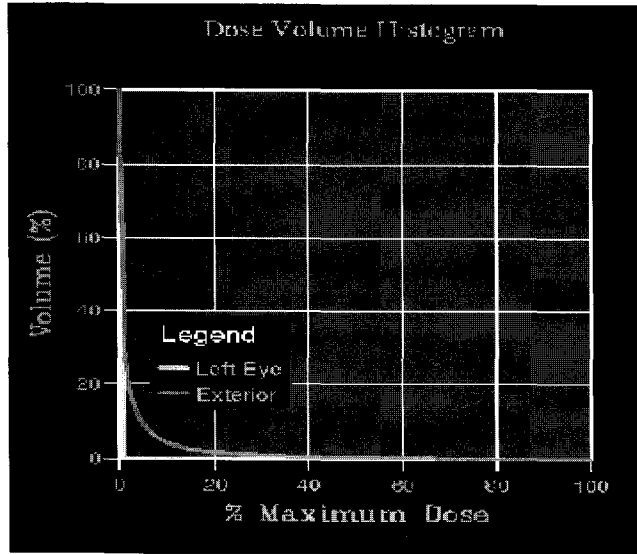


Fig. 6. The DVH of critical organ with multiple arc FSRT planning.

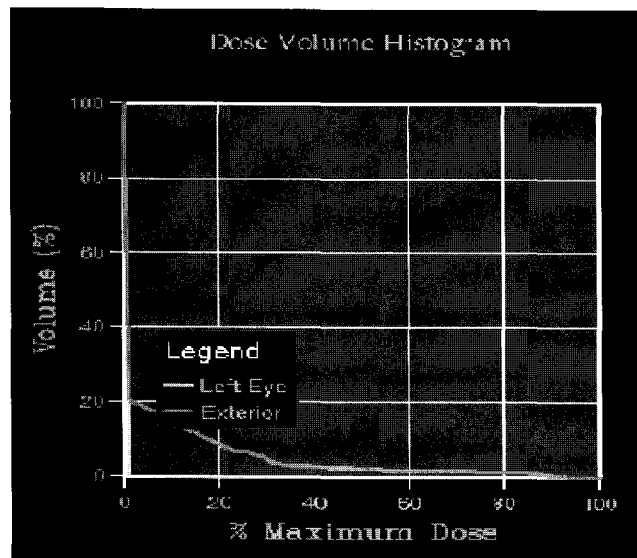


Fig. 7. The DVH of critical organ with conformal FSRT planning.

고 찰

전통적인 외과적 수술을 하기 어려운 부위의 종양 치료에 있어서 정위방사선수술은 매우 좋은 대안이 될 수 있다. 정위방사선수술을 하기 위해서는 수학적으로 잘 정의되고 높은 정밀도를 유지할 수 있는 정위좌표계의 설정이 중요하다. 일반적인 방사선치료의 경우 종양이 정상조직 내에 있기 때문에 치료를 하기 위하여 방사선량을 투여할 때 만성적 방사선 부작용이 생길 수 있는 확률이 높은 반면에 정위방사선수술은 모든 신체구조물들의 위치가 3차원적인 입체 공간 좌표계로 변환됨으로써 종양 부위에 방사선을 정확하게 조준하면서도 주변의 정상조직에 미치는 방사선의 양을 획기적으로 줄일 수 있게 됨으로써 보다 정밀하면서도 결정장기에 대한 방사선 부작용의 위험을 낮출 수 있게 된다. 이러한 정위방사선수술기법에 방사선 생물학적 이득을 얻기 위하여 시도하고 있는 분할정위 방사선치료는 고방사선량을 분할 조사시 종양과 정상세포간의 방사선에 대한 반응이 서로 다르게 되는 것을 이용하여 정상세포를 상대적으로 보호하는 생물학적 이점을 얻을 수 있게 된다.^{3,4)} 분할정위 방사선치료는 보통 두개골에 금속 고정틀을 설치한 후 이를 선형가속기 위에 설치된 정위 고정장치에 연결하여 시술함으로써 고도의 정밀도를 보장받을 수 있는 방법이지만 환자의 치료를 위하여 여러 가지 불편한 점이 있었다. 이에 본원에서는 환자의 두개골에 3개의 금속포지자를 삽입함으로써 정위적 좌표계를 정의하는 무정위틀방법을 이용한 분할정위방사선 치료를 시행하였다. 이 기법은 환자의 얼굴에 씌운 마스크만으로는 좋은 환자자세의 고정이 이루어지지 않으므로 환자의 협조가 매우 중요한 것으로 생각된다. 분할정위 방사선치료시 모의치료의 횟수는 평균 2회 정도였으며, 환자에게 치료의 목적 및 주의사항을 충분히 인지시킴으로써 횟수를 줄일 수 있었다. 선형가속기를 이용한 정위방사선치료(stereotactic radiotherapy)의 비동축(noncoplanar) arc기법으로 치료계획한 선량의 분포는 감마나이프로 치료계획한 선량의 분포와 비슷하다고 알려져 있으며,¹⁴⁾ 불규칙한 모양을 갖는 병변에 대하여 입체조형 분할정위 방사선치료로 치료계획하게 되면 병변의 형태에 따라 선량의 분포가 결정되므로 결정장기에 최소한의 선량만이 투여되며 이 결과를 DVH로 분석한 결과 arc기법의 치료계획 결과와 유사함을 보고하고 있다.¹⁵⁾ 한편 4arc로 치료계획한 결과는 입체조형 분할정위 방사선치료기법으로 치료계획시 6~7 ports로 치료한 결과와 유사함을 보고하고 있는데^{11, 15)} 이러한 연구결과는 본원에서 시행한

분할정위 방사선치료의 치료계획 결과와도 일치하였다. 분할정위 방사선치료의 기법을 선정하는 기준으로서 IF를 이용하여 치료계획시 구형에 가까운 종양은 다중 arc 분할정위 방사선치료로 불규칙한 모양의 종양은 입체조형 분할정위 방사선치료를 선택할 수 있었다. 다중 arc 분할정위 방사선치료는 누적 DVH상에서 처방선량의 90, 91, 92, 93%에서 전체 종양용적을 포함하고 있었으며 평균값은 90.6%이었고, 입체조형 정위 방사선치료는 누적 DVH곡선상에서 처방선량의 81, 85, 86, 87, 91%에서 전체 종양용적을 포함하고 있었으며 평균값은 86%로 두 기법간의 큰 차이가 없는 치료계획 결과를 얻을 수 있었다. 결정장기에는 최대선량에 5%이하의 선량만을 허용함으로써 정상조직을 효과적으로 보호할 수 있었다. 특히 불규칙한 종양에 대해서도 주요결정장기에 방사선의 조사선량을 효과적으로 적게하여 치료계획의 효과를 극대화하면서 구형의 종양과 유사한 치료계획 결과를 얻을 수 있으므로써 종양의 크기와 형태에 따라 다중 arc 분할정위 방사선치료나 입체조형 분할정위 방사선치료를 취사 선택하여 적절한 치료계획을 수립할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. **Leksell L.** The stereotactic method and radiosurgery of the brain. *Acta Chir Scand* 1951; 102:316-319
2. **Dunbar SF, Tarbell NJ, Kooy HM, et al.** Stereotactic radiotherapy for pediatric and adult brain tumors: preliminary report. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1994; 30:531-539
3. **Souhami L, Olivier A, Podgorsak EB, et al.** Fractionated stereotactic radiation therapy for intracranial tumors. *Cancer* 1990; 68:2101-2108
4. **Hall EJ, Brenner DJ.** The radiobiology of radiosurgery: rationale for different treatment regimes for AVMs and malignancies. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1993; 25:381-385
5. **Bourland JD, McCollough KP.** Static field conformal stereotactic radiosurgery: physical techniques. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1994; 28:471-479
6. **Nedzi LA, Kooy H, Alexander E, Gelman RS, Loeffler JS.** Variables associated with the development of complications from radiosurgery of intracranial tumors. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1991; 21:591-599
7. **Loeffler JS, Siddon RL, Wen PY, Ledzy LA, Alexander E.** Stereotactic radiosurgery using a standard linear accelerator: a study of early and late effects. *Radiother Oncol* 1990; 17:311-321
8. **Hamilton RJ, Kuchnir FT, Sweeney P, et al.** Comparison of static conformal field with multiple noncoplanar arc techniques for stereotactic radiosurgery or stereotactic radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1995; 33:1221-1228
9. **Mcshan DL, Kessler ML, Fraass BA.** Advanced interactive planning techniques for conformal therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1995; 33:1061-1072
10. **Das SK, Marks LB.** Selection of coplanar or noncoplanar beams using three dimension optimization based on maximum beam separation and minimized nontarget irradiation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1997; 38:643-655
11. **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
12. **Jones D.** The volume of tissue irradiated in standard arc radiosurgery. *NMPE internal report* 95.7 1995
13. **Jones D, Christopherson D.** Accuracy in the NMPC method for stereotactic external beam radiotherapy. *NMPE internal report* 90.10 1990
14. **Podgorsak EB, Pike GB, Pike GB, Olivier A, Pla M, Souhami L.** Radiosurgery with high energy photon beams: a comparison among techniques. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1989; 16:857-865
15. **Das SK, Whiddon CS, Marks LB.** A Quantitative comparison of fixed conformal beams vs. arcs for idealized regular- and irregular-shaped lesions. *Journal of Radiosurgery* 1998; 1:177-190

Abstract

The Comparison of DVH between Multiple arc FSRT and Conformal FSRT

Ki-Hwan Kim, M.S.^{*}, Jun-Sang Kim, M.D.^{*}, Ji-Young Jang, M.D.^{*}, Jae-Sung Kim, M.D.^{*},
Seong-Ho Kim, M.D.[†], Chang-Joon Song, M.D.[†], Min-Kyu Park, M.S.[§] and Moon-June Cho, M.D.^{*}

^{*}Departments of Therapeutic Radiology, [†]Neurosurgery, and [‡]Diagnostic Radiology,
Chungnam National University Hospital, Taejon, Korea

[§]Department of Physics, College of Natural Science, Chungbuk National University, Cheongju, Korea

Purpose: In FSRT (Fractionated stereotactic radiotherapy) planning, we studied the usefulness between multiple arc FSRT and conformal FSRT by comparing tumor shape and DVH (dose volume histogram).

Materials and Methods: In Chungnam Univ. hospital, we had treated the sixteen patients with FSRT from Aug. 1997 to Dec. 1998. In choosing multiple arc FSRT or conformal FSRT, we had considered IF (irregular factor) after calculating tumor volume and surface area. We had considered multiple arc FSRT if tumor shape was similar to sphere or the value of IF was less than 1.25, conformal FSRT if tumor shape was very irregular or IF was more than 1.3. For evaluation of treatment planning, we had considered the appropriate DVH for tumor volume and for critical organs.

Results: The errors between reference point and the coordinates point on AP, Lat radiography were less than 1 mm before treatment. We had planned 3~5 arcs for multiple arc FSRT, 5~6ports for conformal FSRT. The mean dose distribution of tumor volume of cumulative DVH between multiple arc FSRT and conformal FSRT was 90.6, 86%, respectively. The dose of critical organs irradiated was less than 5% maximum dose of cumulative DVH.

Conclusion: We had obtained the similar value between multiple arc FSRT and conformal FSRT, so that we had appropriate treatment planning of FSRT for multiple arc FSRT and conformal FSRT according to tumor shape and size.

Key Words: FSRT, Conformal FSRT, DVH