

정위방사선수술 치료계획시스템간의 치료계획비교

*충남대학교병원 치료방사선과, †단국대학교병원 치료방사선과
 ‡전북대학교병원 치료방사선과, §경북대학교병원 치료방사선과
 〃원광대학교병원 치료방사선과, ㉠동아대학교병원 치료방사선과

김기환*, 조문준*, 김재성*, 김준상*
 신교철†, 김진기‡, 오영기§, 정동혁〃, 김정기㉠
 윤형근†, 권형철‡, 박인규§, 문성록〃, 허원주㉠

본 연구에서는 고정틀 정위방사선치료장비에 사용되는 치료계획시스템과 무고정틀 정위방사선치료시스템에 사용되는 치료계획시스템을 이용하여 intracranial 표적을 대상으로 치료계획을 수립하였다. 치료계획을 평가하기 위하여 RTOG-9005 규정서에서 정위방사선치료계획의 정도관리를 위하여 사용하는 Planning Target Volume Coverage를 확인하고 Conformity Index(CI)와 Homogeneity Index(HI)를 구하였다. 이들 값으로부터 두 치료계획시스템에서 계산한 치료계획이 동일함을 알 수 있었다.

중심단어: 정위방사선수술, Conformity Index, Homogeneity Index

서 론

정위방사선수술은 1951년 Leksell에 의하여 개발된 매우 정교한 방사선치료기법으로서 초기에는 다중호형 orthovoltage beam으로 작은 intracranial 표적에 단일 선량을 투여하여 치료하였으며, 중입자들을 이용하여 정위방사선수술에 적용하였다. 그후 코발트 선원을 이용한 감마나이프장비가 개발되었다. 이후 경제성을 고려한 선형가속기를 이용한 정위방사선치료장비가 개발되었고 이와 더불어 정위방사선치료에 적용하기 시작하였다. 정위방사선수술에 주로 사

용하는 Gamma knife 시스템은 코발트선원을 이용하여 악성 종양의 치료에 사용하지만 크기에 대한 제한성이 있으며 또한 선량의 분할로 인한 방사선의 생물학적 이득을 얻기 어렵다. 반면, 의료용 선형가속기는 다중선원이 아닌 단일 선원을 이용하지만 기계적 정확도와 선량의 정확도가 보장된다면 감마나이프에 비교될만한 선량의 균일성도 얻을 수 있기 때문에 매우 효율적인 시스템으로 여겨지고 있다. 현재 정위방사선수술을 시행하고 있는 대부분 병원에서 사용하고 있는 침습적방법을 이용한 고정틀시스템의 경우 보통 고 선량을 일회성 종양부위에 조사하지만, 재장착가능한 정위방사선수술시스템과 무고정틀시스템은 일회 조사뿐만 아니라 분할조사도 가능하기 때문에 사용이 점차 증대되고 있는 추세이다. 종양에 투여할 수 있는 방사선의 양을 획기적으로 증가시킴으로써 악성종양의 제어율을 향상시킬 수 있는 정위방사선수술의 중요성이 증대되면서

통신저자 : 조문준

Ⓣ 301-721 대전광역시 중구대사동 640번지

충남대학교 의과대학 치료방사선과학교실

E-mail: mjcho@cnu.ac.kr

Tel.: 042-220-7861 Fax: 042-220-7899

1990년 5월에 RTOG 9005 규정이 등장하였다¹⁾. 이 규정서에서는 정위방사선수술에 대하여 정도관리의 절차를 정의하고 있다. 본 연구에서는 고정틀시스템과 무고정틀시스템의 치료계획시스템을 이용하여 9005규정서에 근거한 Conformity Index(CI)와 DVH 그리고 Homogeneity Index(HI)와 Dose-Volume Histogram(DVH)간의 관계를 치료계획의 관점에서 분석하고자 하였다.

재료 및 방법

종양에 조사되는 선량을 확인하기 위하여 머리 내의 안구, 뇌간, 시신경등의 여러장기들을 포함하고 있는 모형 팬텀을 제작하였다. 모형종양은 체적이 16 cc인 구형으로 제작하였다. 그리고 팬텀 내부는 조직등가물질인 물을 채워넣었다. 무고정틀 시스템에서 팬텀내부의 병변의 정확한 위치와 범위를 결정하기 위하여 지름 2 mm 되는 금속표지자 3개를 전두부와 양쪽 측면부에 부착하였다. 또한 고정틀 시스템에서 4개의 localizer들을 전면, 후면, 그리고 양쪽측면부에 두경부 고정틀에 고정하여 팬텀내의 좌표를 인식할 수 있도록 설치하였다(Fig. 1).

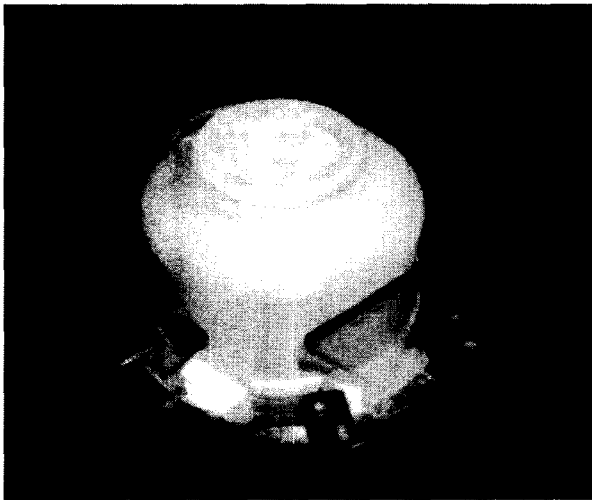


Fig 1. The phantom study

영상획득과정은 무고정틀 시스템과 고정틀 시스템으로 구분하여 수행하였다. 무고정틀 시스템의 경우 AP(anterior-posterior)와 Lateral scout view상에서 금속표지자의 위치를 확인하고 전산단층화촬영을 시

행하였다. 금속표지자는 1 mm 두께, 1 mm 간격으로 하여 3개의 slice를 얻어서 각 단면에서 금속표지자들의 좌표를 획득하였다. 전체 slice는 3 mm 두께, 3 mm 간격으로 하여 팬텀을 scan하기 위한 촬영조건은 FOV(field of view) $25 \times 25 \text{ cm}^2$, 화소크기는 512×512 , 갠트리 경사각은 0° 로 설정하였다. CT 촬영 후 환자의 데이터는 치료계획을 위하여 CT실에서 포맷하여 4 mm DAT테잎에 저장한 후 치료계획 컴퓨터에 입력하였다. 고정틀 시스템의 경우 정면과 측면상에서 금속표지자의 위치를 확인하고 CT를 시행하였다(Fig . 2).

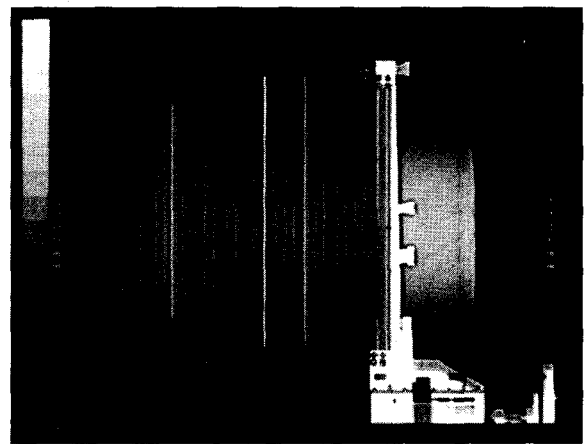


Fig 2. The CT image acquisition

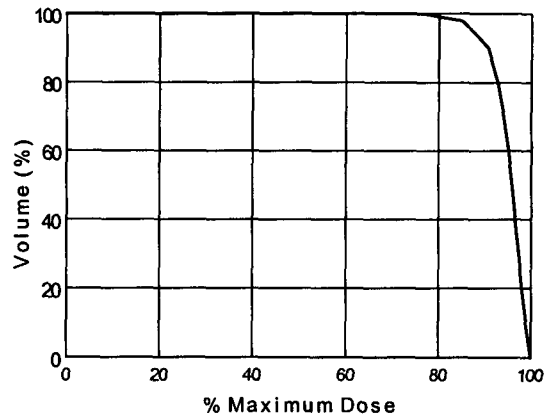
금속표지자들의 좌표를 획득하기 위하여 3 개의 단면을 촬영하였으며, 두경부고정틀의 원점을 출발점으로 하여 두경부까지 3 mm 두께, 3 mm 간격으로 하여 팬텀을 scan하였다²⁾. 고정틀 시스템의 치료계획장비인 Fischer 치료계획장비(Leibinger, Germany)는 DAT tape의 포맷과정이 불필요하였으나 pReference 치료계획장비(NMPE, USA)에서의 구동을 위하여 포맷과정을 추가하였다. 나머지 촬영조건은 영상의 일관성을 유지하기 위하여 일치시켰다. 한편, CT실에서 얻은 팬텀의 영상데이터를 치료계획컴퓨터에 입력하여 뇌부위의 구조물과 병변의 위치를 입체적으로 재구성하고 방사선의 조사방향, 범위 그리고 방사선량을 계산하였다³⁾. 결정장기에는 방사선의 입사각도와 테이블의 각도를 고려하여 가능한 적은 방사선량이 조사되거나 또는 전혀 조사되지 않도록 하였다. 치료계획은 결정장기를 보호하고 종양에는 계획한 선량이 정확히 조사되도록 계획용

표적체적에(Planning Target Volume; PTV)는 처방선량 이상의 선량에 대한 누적 선량-체적 히스토그램에 의한 면적이 최소이면서 처방선량 이하의 선량에 대한 누적 선량-체적 히스토그램에 의한 곡선에 의한 면적이 최대가 되도록 하는 치료계획을 세웠다. 처방선량은 전체종양체적을 감싸는 최소선량값으로 정의하였다. 회전중심점의 선량은 7개의 다중호형빔을 이용하여 7.0 Gy를 처방하였다. 최적의 치료계획을 평가하기 위하여 선량과 체적과의 관계에 있어서 RTOG 9005규정서에서는 정도관리에 대한 점수제를 도입하였다. 그 내용으로는 크게 3가지로 나눌 수 있는데 첫째, PTV에 대한 coverage, 둘째, Homogeneity Index, 셋째, Conformity Index등이다. PTV에 대한 Coverage에서는 최대선량의 90 %로 PTV를 충분히 에워싸는 치료계획을 수립하도록 하고 있다. 최대선량의 80 - 90% 범위내로 PTV를 감싸는 치료계획을 수립하게 되면 "minor deviation"이라 하며, 최대선량의 80% 이하의 선량으로 PTV를 감싸는 치료계획 수립시 "major deviation"이라 한다. HI는 최대 PTV선량과 처방선량과의 비율로 정의하며, 이 값이 2.0 보다 작을 경우 "acceptable limit"로 결정한다. HI값이 2.0-2.5 구간이면 "minor deviation"로 2.5 이상의 값을 나타내면 "major deviation"로 결정한다.

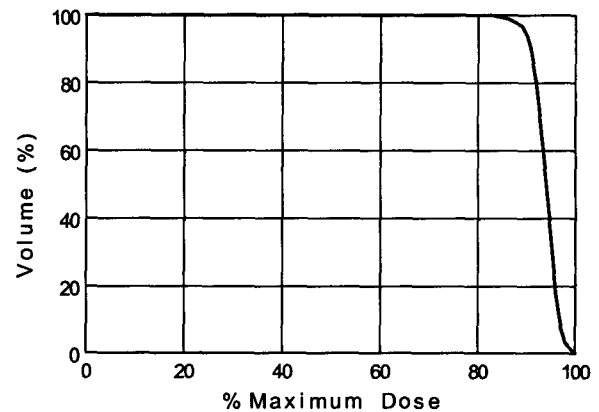
CI는 처방된 등선량면을 포함하는 체적을 PTV로 나눈 값으로 정의한다. 이 값의 범위가 1.0-2.0 내에 있으면 "excellent conformity"로 분류하며, 0.9-1.0 또는 2.0-2.5의 범위내에 존재하면 "minor deviation"으로 구분하였다. 그리고 CI가 0.9보다 작은 값이거나 2.5보다 큰값이면 "major deviation"으로 구분하였다^{1,4)}.

결과

누적형 DVH에서 처방선량으로 정한 최소선량은 고정틀의 치료계획시스템(Fischer 치료계획시스템)과 고정틀의 치료계획시스템(pReference 치료계획 시스템)에서 81 %, 83 % 이었다(Fig. 3). HI는 Fischer 치료계획시스템의 경우 1.22, pReference 치료계획 시스템의 경우 1.20이었다. CI는 두 치료계획시스템에서 모두 1.76 이었다. 두 치료계획시스템간의 최대 선량의 차는 0.5 % 정도였다. 결정장기에는 선량이 조사되지 않도록 치료계획을 수립할 수 있었다.



a) Frame based SRS system(Leibinger system)



b) Frameless SRS/T system(pReference system)

Fig 3. The results of Dose Volume Histogram

결론 및 고찰

본 연구에서는 정위방사선 치료에 대해서 고정틀과 무고정틀 시스템간의 치료계획시스템간의 치료계획의 변화를 고찰하였으며, PTV에 대하여 HI와 CI와의 관계를 알아보았다. Radiation Therapy Oncology Group(RTOG) 정위방사선수술의 정도관리 지침서는 다음과 같은 목적으로 개발되었다. 첫째, 참여하는 기관이 적절한 장비를 보유하고 있으며, 정위방사선수술을 관리할 수 있는 기술을 보유할 수 있도록 한다. 둘째, 정위방사선수술로 치료받은 환자들에 대한 자료를 규정서의 기준에 따라 평가한

다. 셋째, 치료시 minor와 major deviation을 정의할 수 있도록 한다. 넷째, 치료의 실패양상이나, 치료의 독성들을 포함하여 치료의 효율을 결정하는데 필요한 임상정보들을 수립하는 데 있다.

일반적으로 정위방사선수술은 고정틀을 사용하여 환자의 자세를 고정시키면서 정위좌표를 틀내에서 정의하기 때문에 회전중심점에 대하여 다량의 방사선을 일회에 조사할 수 있다. 하지만 고정틀을 이용한 방법은 이러한 장점에도 불구하고 주변정상조직의 피사율이 높으며 환자와 시술자 모두에게 많은 부담감을 주게된다. 그러나 무고정틀 정위방사선시스템은 이러한 정위방사선수술기법외에 고방사선량을 분할 조사시 종양과 정상세포간의 방사선에 대한 반응이 서로 다르게되는 것을 이용하여 정상세포를 상대적으로 보호하는 생물학적 효과를 얻을 수 있는 분할 정위방사선치료기법을 적용할 수 있다. 또한 시스템의 정확도에 있어서도 정위방사선수술시스템과 거의 같은 오차를 보여주고 있다³⁵⁻⁷⁾.

그러나, 지금까지 고정틀정위방사선시스템과 무고정틀 정위방사선시스템간의 치료계획을 비교한 시도가 거의 없었기 때문에 본 연구는 두 시스템간의 치료계획을 서로 비교하였으며 이에 대하여 PTV의 포함 정도는 "minor deviation"으로서 치료계획에서 수립한 선량-체적히스토그램을 수용할 수 있었다. 또한 HI는 acceptable하였으며, CI는 excellent하였다. 그리고 두 치료계획시스템간의 결과에는 큰 차이를 발견할 수 없었다. 그러나 종양체적에 대한 선량체적히스토그램은 콜리메이터의 크기가 클수록 더 높은 값이 되었으며, HI는 조사면이 작을수록 증가하는 경향을 보였다. 이에 대한 논의는 본 주제의 범위를 벗어나지만 저자는 최적의 치료계획을 수립하게 되면 HI와 CI의 함수에서 교차점이 있을 것으로 예상된다. 역으로 HI와 CI의 교차점을 찾게되면 바로 그점이 최적의 치료계획이 되는 조사면의 크기가 될 것이다.

참고문헌

1. Edward S., Robert K., Michael G., Luis S., Alan H., Robert D., Linda M.: Radiation therapy oncology group: radiosurgery quality assurance guidences, Int. J Radiat. Oncol. Biol. Phys. 27:1231-1239 (1993)

2. 김기환, 김준상, 장지영, 김재성, 김성호, 송창준, 박민규, 조문준 : Multiple arc FSRT와 conformal FSRT의 DVH 비교. 대한방사선종양학회 17(3):261-267(1999)
3. K.H.Kim, M.J.Cho, D.W.Kim, J.S.Kim, J.S.Kim : The integrated treatment accuracy of a frameless stereotactic radiotherapy system, 87 st RSNA Science assembly and annual meeting, 2001, Chicago, Illinois
4. Vincent S.K., Mark O., Elizabeth J.A., James L.B., Steve W., Michael B. : Comparison of intensity-modulated tomotherapy with stereotactically guided conformal radiotherapy for brain tumors, Int. J Radiat. Oncol. Biol. Phys. 45:415-425 (1999)
5. K.H.Kim, M.J.Cho, J.Y.Jang, J.S.Kim. Y.E.Ko, J.S.Kim: The comparoson of treatment planning and dose verification of isocenter based on conventional conformal radiotherapy and based on stereotactically guided conformal radiotherapy using phantom, Radiother Oncol. 58(S1):s117 (2001)
6. K.H.Kim, M.J.Cho, J.Y.Jang, J.S.Kim. Y.E.Ko, J.S.Kim: The study of setup accuracy of frameless stereotactic radiosurgery system, Radiother Oncol. 56(S1):206 (2000)
7. Jones D., Christopherson D.: Accuracy in the NMPC method for stereotactic external beam radiotherapy. NMPE internal report 90-10 (1990)

The comparison of treatment planning between stereotactic radiosurgery planning systems

Ki Hwan Kim^{*}, Moon June Cho^{*}, Jun sang Kim^{*}, Jae Sung Kim^{*}
Kyo Chul Shin[†], Jhin Kee Kim[†], Young Kee Oh[§], Dong Hyeok Jeong^{||}
Jeung Kee Kim^{||}, Hyong Geun Yun[†], Hyoung Cheol Kwon[†]
In Kyu Park[§], Sun Rock Moon^{||}, Won Joo Hur^{||}

Department of Therapeutic Radiology, College of Medicine,

^{}Chungnam National University Hospital, Taejon, Korea*

[†]Dankook University Hospital, Cheonan, Korea

[†]Chonbuk National University Hospital, Chonju, Korea

[§]Kyungpook, National University Hospital, Taegu, Korea

^{||}Wonkwang University Hospital, Iksan, Korea

^{||}Dong-A University Hospital, Pusan, Korea

We analyze the relation of dose volume histogram, conformity index and homogeneity index based on RTOG9005 for treatment planning result between framed based stereotactic radiosurgery(SRS) system and frameless SRS/T system to verify the difference of two systems in the intracranial target. There is same treatment planning result by two treatment planning systems.

Key words: Stereotactic radiosurgery, Conformity Index, Homogeneity Index