

정위 마스크 시스템을 사용한 방사선수술시 회전중심점의 재현성

인제대학교 의과대학 일산백병원 신경외과학교실

이동준 · 손문준 · 이기택 · 최찬영 · 황금철 · 황충진

치료대상 병소에 분할 방사선수술을 시술할 경우 회전중심(isocenter)은 정확하고 재현성이 있어야 한다. 본 연구는 노발리스 방사선 수술장비와 정위 마스크 시스템을 사용한 분할방사선 수술에서 회전중심점의 재현성을 측정하고 평가 하였다. 마스크는 열가소성 재질의 상용을 사용하였고 회전중심점의 재현성을 측정하기 위해 고안된 머리 모양의 아크릴 팬텀에 맞도록 제작하였다. 팬텀의 내부에는 직경 5 mm의 아크릴봉을 수직으로 세우고 그 끝단을 회전중심으로 선택하였으며 예상되는 회전중심점에 pin hole을 낸 monochromic 필름을 설치하여 방사선 조사 후 회전중심점의 재현성을 측정할 수 있도록 하였다. 측정 결과 회전중심점은 공간오차가 평균 1 mm 이내이고 표준편차 또한 2 mm 이내여서 이미 보고된 타 문헌에서의 측정값과 비교해 볼 때 모든 측정값이 제시된 오차범위 내에 있었다. 결론적으로 분할방사선수술에 사용하는 정위 마스크 시스템은 매우 정확하고 재현성이 우수하였으며, 실제로 방사선 수술 대상의 병소의 직경이 10 mm 정도 이상이라면 일반적인 한번의 고선량 방사선 수술에 정위 마스크 시스템의 사용이 가능할 것으로 사료된다.

중심단어: 분할 방사선 수술, 마스크 시스템, 회전중심, 재현성

서 론

정위적 방사선수술은 일반적으로 정위틀을 환자의 두개골에 나사못으로 고정시키고 고선량의 방사선을 한번에 조사하는 수술방법으로 매우 정교하고 정확하게 이루어져야 한다.¹⁾ 그러나 병소가 직경 3 cm 이상으로 크거나 방사선 민감 장기와 수 mm 내로 매우 인접해 있는 경우 한번에 방사선을 조사하는 방사선 수술 후 정상조직의 부종 괴사등 부작용 확률이 높아지므로 방사선 수술에 제한을 받고 있다. 현재 이를 극복하는 방법으로 뇌정위 고정틀 대신에 뇌정위 마스크로 머리를 고정 후 분할 방사선 수술하는 방법 등이 있다. 분할 방사선 수술은 여러 문헌에 보고된 바와 같이 방사선에 민감한 장기주변의 심각한 부작용을 줄일 수 있는 매우 유용한 방법으로 최근 들어서 머리마스크 혹은 머리와 목 마스크를 기본으로 하는 여러 가지 마스크 고정틀이 개발되고 있다.^{2,3,5)} 한편 정위 고정틀을 이용한 분할방사선 수술에 대한 시도가 최근 보고되고 있으나 이는 나사못을 두개골에 고정시키고 매번

CT 혹은 MRI 촬영을 수행 후 치료계획을 재작성 해야 하므로 현실적으로 몇 번 이상의 분할방사선 수술은 시행하기 어렵다.

대상 및 방법

두개골 내의 방사선 수술을 simulation하는데 본 교실에서 고안한 머리 모양의 팬텀과 열가소성 물질로 만들어진 상용 마스크 시스템⁷⁾을 사용하였다. 마스크는 머리앞면 마스크, 구강 내 치아위치 확인 및 안면고정을 위한 중간 마스크, 머리 뒷면 마스크 등 세 부분으로 구성되어 있다. 이들 마스크는 섭씨 약 60도의 물에서 부드럽게 만든 후 머리모양 팬텀에 맞게 형태를 만들었고 세 개의 마스크는 클립으로 고정 시켰다. 이 마스크는 "U"모양의 비침습적 마스크 고정틀에 고정시키고 CT촬영 및 방사선 수술 시에 동일하게 사용하였다(Fig. 1).

한편 팬텀은 아크릴로 머리모양을 만들고 내부에는 외경 5 mm의 아크릴봉을 길이 180 mm (A)× 5개, 150 mm (B)× 8개, 130 mm (C)× 6 개, 100 mm× 3개 등 22개로 절단하여 아크릴봉 끝단이 두개내 해부학적 주요 장기의 위치와 높이를 고려 할 수 있도록 등간격으로 배치하였다. 아크릴봉의 끝에는 1.0 cm × 1.0 cm의 monochromic 필름(Gaf chromic film, MD-55, Victoreen,

이 논문은 2002년 7월 17일 접수하여 8월 26일 채택됨.
 책임 저자: 이동준, 경기도 고양시 일산구 대화동 2240
 인제대 일산백병원 신경외과학교실
 Tel : 031)910-7732 Fax : 031)915-0885
 E-mail : djlee@ilsanpaik.ac.kr

이동준 외 5인 : 정위 마스크 시스템을 사용한 방사선수술시 회전중심점의 재현성

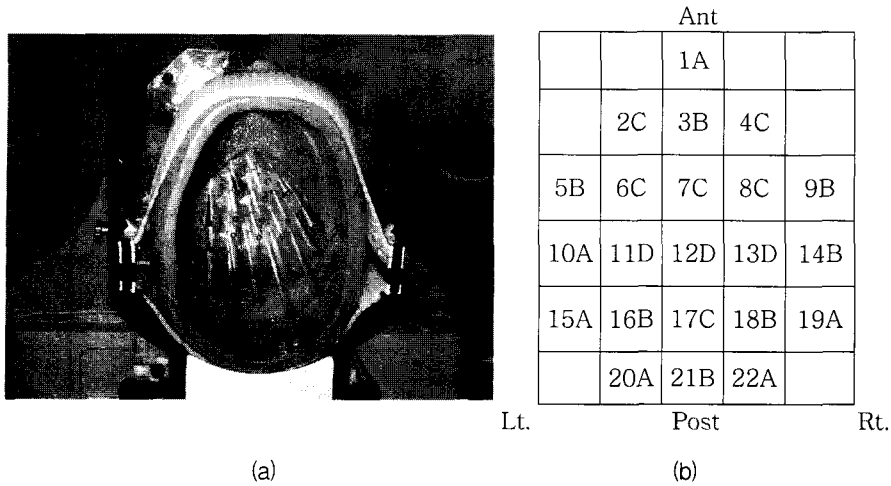


Fig. 1. (a) Mask system was adapted to "U" type stereotactic mask frame, (b) Location points of 22 acrylic rods which implanted on the base unit of phantom.

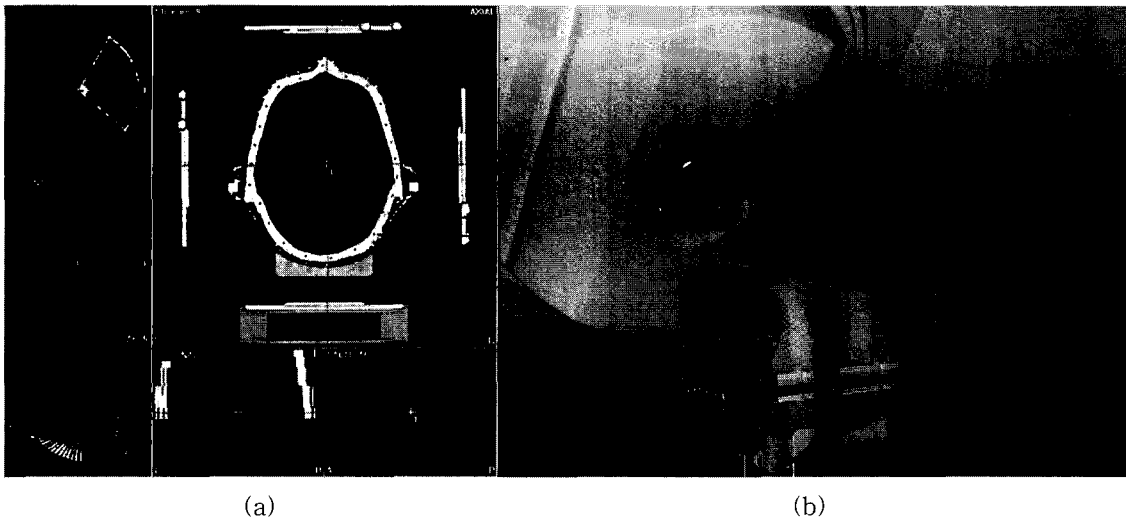


Fig. 2. (a) Treatment planning for selected target points, (b) Treatment set up for measure the deviation of isocenter.

USA)을 아크릴봉의 방향과 평행 혹은 수직방향으로 부착할 수 있도록 고안하였으며, 아크릴봉의 중심점에는 pin hole을 내어 회전중심으로 하고 외부에서 방사선 조사 후 방사선 중심점과의 편차를 구할 수 있도록 하였다.

치료계획 및 회전중심점에 방사선 조사

치료계획은 두 가지 과정으로 수행되었다. 첫 번째 과정은 마스크를 씌운 머리 모양의 팬텀을 전체를 2 mm 간격으로 연속적으로 횡단면 CT 촬영을 하되 필름이 부착 될 아크릴봉의 끝단이 포함되는 영역은 1 mm 간격으

로 촬영했으며 해상도는 512×512 matrix로 하였다. 두 번째 과정은 촬영한 CT 영상 자료를 치료계획 장비로 온라인 전송하고 목표점에 방사선 조사를 위한 치료계획을 세웠다. 치료계획은 우선 CT영상들을 3차원 재구성한 후 각 아크릴봉 끝단의 중심점을 방사선 조사 할 각각의 회전중심으로 설정하고 4 mm 원추형 시준기를 사용하여 방사선을 조사하였다. 방사선량은 80% 등량곡선에 15 Gy가 조사되도록 정하였다(Fig. 2.(a)). 치료계획이 완성되면 마스크를 씌운 팬텀을 치료테이블에 고정하고 방사선이 조사될 목표점좌표 즉, 아크릴봉의 끝단 좌표인 회전중심 좌표는 마스크 고정틀에 씌운 localizer에서의 좌표점과

갠트리의 cross hair에 정확하게 겹치도록 맞추어 찾는다. 이때 치료계획에서 회전중심으로 선택한 8개의 아크릴봉의 끝단에는 각각 아크릴봉의 방향과 평행방향 및 수직방향으로 monochromic 필름(Gaf chromic film, MD-55, Victoreen, USA)을 부착하고 방사선을 조사하였으며 이 과정은 동일 회전중심점에 대하여 5회씩 반복하였다(Fig 2.(b)).

결과 및 토의

방사선 수술에서 정위 고정틀 등에 의한 정확하고 재현성 있는 고정 방식은 작은 체적의 병소에 대해 한번의 방사선 수술 뿐 아니라 분할 방사선 수술에서도 매우 중요하다. 본 연구에서는 분할방사선 수술시 마스크시스템의 공간적 오차분포를 평가하기 위해 아크릴봉의 길이와 배열위치가 다른 8개를 선택하여 회전중심으로 정하고 방사선 조사 후 방사선 체적의 중심과 pin hole과의 변위를 3차원 공간에서의 각 방향에 따라 측정하였다. 이 측정값은 다른 문헌의 보고 값과 비교하기 위해 각 축의 방향성을 고려하지 않은 평균편차 값으로 계산하였다. 본 연구 방법에 의한 회전중심점의 재현성에 대한 측정 결과 3차원 공간의 각 방향에 대한 평균편차(MD:mean deviation)와 표준편차(SD:standard deviation)는 치료테이블을 기준으로 길이방향으로 MD -0.3 mm, SD 1.3 mm, 폭 방향으로 MD 0.2 mm, SD 1.7 mm, 수직방향으로 MD 0.1 mm, SD 1.1 mm 이었다(Table 1). 표준편차는 평균값 주위의 측정된 편차의 분포를 의미하므로 방사선 수술시 발생하는 전과정에서 발생하여 누적되는 계통적 오차와 CT 영상의 왜곡에 의한 오차를 고려하지 않는다면 평균값은 0의 값에 근접할 수록 재현성이 높은 것으로 해석된다. 한편 측정값의 재현성이 높기 위해서는 선형가속기의 장비 자체에 대해 Winston-Lutz 등의 QA 방법을 사용

하여 갠트리, 환자 치료테이블 등이 먼저 조사되고 교정되어야 한다.

결 론

정위 마스크시스템을 사용한 분할방사선 수술에서 회전 중심의 재현성은 공간오차가 평균 1 mm 이내로 우수하였으며 또한 타 문헌에서 보고하고 추천한 범위 내에 속해 있었다. 본 측정 방법은 일반적인 방사선 수술장비에 대한 품질관리에도 CT 영상을 이용하여 적용할 수 있을 것이다. 그 결과로서 임상에서도 방사선 수술대상 병소의 직경이 대략 5 mm 이상으로 매우 작지만 았다면 고 선량의 한 번의 방사선 수술에서도 두개골에 나사못을 고정하는 고통 없이 마스크 시스템을 사용하여 방사선 수술이 가능 할 것이다. 특히 전이성뇌종양의 경우 마스크 시스템을 사용하여 방사선 수술을 시술했었다면 재발 혹은 두개내의 다른 위치에 발생한 새 병소에 대하여 나사못에 의한 정위적 머리 고정틀을 사용하지 않고 이미 사용했던 마스크를 사용하여 방사선 수술을 시술이 가능할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1.Christian PK, Oliver J, Jurgen D, Sabin K, Gunther HH: Three-dimensional accuracy and interfractional reproducibility of patient fixation and positioning using a stereotactic head and neck mask system. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 49(5):1493-1504 (2001)
- 2.Stanley JR, Kenneth PG, Matthew J, Allan FT: A Precision cranial immobilization system for conformal stereotactic fractionated radiation therapy. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 33(5):1239-1245 (1995)
- 3.Gill SS, Thomas DGT, Warrington AP, Brada M: Relocatable frame for stereotactic external beam radiotherapy. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 20(3): 599-603 (1991)
- 4.Jechen W, Michael F, Klaus B: CT simulation in stereotactic brain radiotherapy_analysis of isocenter reproducibility with mask fixation. *Radiother. Oncol.* 45:83-88 (1997)
- 5.Pilipuf MN, Globle JC, Kassell NF: A non-invasive thermoplastic head immobilization system. Technical note. *J. Neurosurg* 82:1082-1085 (1995)

Table 1. Isocenter positionig deviation(mm) in pre selected end points of 8 acrylic rods

Direction	Mean Deviation (mm)	Standard Deviation (mm)
Longitudinal	-0.3	1.3
Lateral	0.2	1.7
Anterior_Posterior	0.1	1.1
3D-vector	2.0	1.2

6. Hamilton RJ, Kuchnir FT, Pelizzari CA: Repositioning accuracy of noninvasive head fixation system for stereotactic radiotherapy. *Med. Phys.* 23:1909-1917 (1996)
7. BrainLab AG(Germany): Head and Neck Treatment system(V 1.0). Guide book (2000)
8. Thornton AF, TenHaken RK, Gerhardsson A, Correll M: Three-dimensional motion analysis of an improved head immobilization system for simulation CT, MRI, and PET imaging. *Radiother. Oncol.* 20: 224-228 (1991)
9. Graham JD, Warrington AP, Gill SS, Brada MA: A non-invasive, relocatable stereotactic frame for fractionated radiotherapy and multiple imaging. *Radiother. Oncol.* 21:60-62 (1991)

Isocenter Reproducibility with Mask Fixation System in Stereotactic Radiosurgery

Dong Joon Lee, Moon Jun Sohn, Gi Taek Yee,
Chan Young Choi, Keum Chul Hwang, C. Jin Whang

*Department of Neurological Surgery, Ilsan Paik Hospital,
College of Medicine, University of Inje, Ilsan, Korea*

Fractionated stereotactic radiosurgery (FSRS) requires precise and reproducible patient set up. For these reasons non-invasive mask fixation methods have been used in Linac based FSRS. In this study, we measured and assessed the isocenter reproducibility using a commercial head mask fixation system based on thermoplastic materials. For the verification and the measurement of isocenter deviation a special acrylic brain phantom was designed. The designed phantom has 22 vertical rods and each rod has different lengths. At the end of the 8 rods, the monochromic film is attached and irradiated due to planned target position. Deviations of isocenter were measured separately for each direction. The mean deviation showed 0.4 mm in longitudinal direction, 0.1 mm in the lateral direction, 0.1 mm in the anterior-posterior direction of the treatment couch. The data demonstrates the high accuracy and reproducibility. This study reinforces previous literature published.

Keywords: Fractionated radiosurgery, Mask fixation system, Reproducibility