

정위적 방사선 수술시 치료위치에서의 정위적 표적점
확인을 통한 자기공명영상 획득의 정확도 연구

단국대학교병원 치료방사선과

김 상 환, 류 지 옥, 김 백 규, 김 영 호

**Verification of Stereotactic Target Point Achieved
by Acquisition of MR Image in Actual
Treatment Position of Radiosurgery**

Sang Hwan Kim, Ji Ok Ryu, Baek Kyu Kim, Yong ho Kim

Dept. of Therapeutic Radiology, College of Medicine, DanKook University

Purpose : For practical application of the MR image for stereotactic radiosurgery, the target point achieved by acquisition of MR image in a relatively homogeneous phantom has to agree with the actual isocenter of irradiation in real radiosurgery and the amount of distortion of the MR image should be known.

Materials and Methods : A dosimetric film with a random target point was inserted into a radish vertically and horizontally on axis Z and they were fixed with a headring. After image acquisition by stereotactic radiosurgery planning system, we achieved stereotactic coordinate of the target point and examined irradiation using the coordinate acquired as isocenter. After the irradiation, the film in the radish was developed and processed and the degree of coincidence between the target point marked on the film and the center of the radiation distribution. In order to measure the degree of distortion of the MR image in a different way, an acryl phantom was made and punctures were made at intervals of 1 cm and a drop of oil was dropped into it. Then, it was inserted into the radish vertically and horizontally on axis Z to acquire the MR image. Each coordinate was achieved and the estimation of distortion of MR image was made both in vertical and horizontal directions

Results : The film from the radio was developed and for the one inserted vertically on axis Z, there was a good coincidence in the discrepancy between the target point marked on the film and the center of the radiation distribution. For the one inserted horizontally, the discrepancy between them was under 0.5 mm. As a result of estimating distortion of MR image using acryl, the discrepancy was under 0.45 mm in the case of the phantom inserted vertically on axis Z, and that of the one inserted horizontally was 1.4 mm.

Conclusion : We were able to confirm good coincidence in homogeneous phantom in actual treatment position of radiosurgery using the MR image and the discrepancy measured in the analysis of distortion of the MR image did not exceed the permissible level. Therefore, it was evident the system of the hospital is suitable for radiosurgery using MR image.

I. 서론

정위적 방사선수술 (stereotactic radiosurgery)이란 뇌의 심부에 위치한 동정맥 기형이나 양성 및 악성 종양 중 신경외과적 수술이 어려운 경우에 병소에는 다량의 방사선을 조사하고 주위 정상조직은 보호하는 방사선 치료 기법이며 좋은 성과를 거두고 있다. 그러나 목표 부위에 정확한 양의 방사선이 조사되도록 방사선수술 system의 지속적인 정확성을 확보하는 것이 필요하다. 현재 방사선수술을 시행 중인 국내 병원들에서는 주로 CT image를 이용하고 있는데 병소의 범위를 더 정확하게 정의하기 위해서는 자기공명영상의 사용도 병용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 현재 자기공명영상은 CT 보다 대조도해상능(contrast resolution)이 높으므로 임상에 많이 쓰이고 있다. 그러나 자기공명영상은 image 왜곡 등의 문제가 따를 수 있기 때문에 실제 방사선수술시의 방사선 빔들의 isocenter가 자기공명영상을 이용한 치료계획에서 구한 좌표와 일치하는지, 즉 치료계획과 같이 실제 방사선조사가 이루어지는지를 치료위치에서 직접 확인하는 과정이 필요하다. 본 원에서는 비교적 균일한 phantom의 자기공명영상을 이용한 방사선수술의 정확성을 확인하여 실제 방사선수술에서 자기공명영상을 이용하는데 기초 자료로 삼고자 하였다.

또한 자기공명영상의 왜곡의 정도를 평가하는 기구를 고안하고 실제 왜곡정도의 평가에 활용하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

- Clinac 1800 (Varian사)
- MRI scanner (GE사 signa 1.5T)
- Fischer system (Leibinger사)
방사선수술용 collimators

headring

MRI용 localizer

planning computer system

- 무우 phantom
- 측정용 film
- 올리브 oil
- 수직, 수평방향의 왜곡 평가용 제작 acryl+

2. 실험 방법

자기공명영상을 얻기 위하여 고체 phantom대신 수분을 많이 포함하고 있는 무우를 선택하였다. 먼저 측정용 film에 임의의 표적점을 설정하기 위하여 핀으로 구멍을 뚫고, film에 표시된 표적점을 자기공명영상에서 알 수 있게 하기 위하여 아크릴에 0.5 mm깊이의 홈을 파고 그 속에 오일을 넣고 오일이 새어나오지 않도록 테이프를 붙인 후 아크릴의 홈과 film의 구멍을 정확하게 일치시켜 자기공명영상에서 표적점을 확인할 수 있게 하였다.(그림. 1)

이런 방법으로 만들어진 밀봉된 선량측정용 film 두 장을 무우 phantom속에 Z축방향과 수직, 수평으로 넣어서 방사선의 조사여부를 확인하였다.(그림. 2)

film이 삽입된 무우 phantom을 방사선수술용 headring에 고정시킨 후 자기공명영상용 localizer를 달아 자기공명영상을 얻은 후 film에 표시된 표적점의 정위적좌표를 구한다. 이 정위적좌표점이 isocenter가 되도록 computer planning을 한 후 무우 phantom을 선형가속기의 table에 고정시키고 target positioner를 이용하여 앞에서 구한 표적점의 정위적좌표에 선형가속기의 laser를 일치시킨 후 실제 치료와 마찬가지로 방사선 치료를 시행하였다. 그 다음 무우 phantom 속의 film을 현상하여 film에 뚫린 구멍과 방사선수술에 의해 형성된 흑화된 부분이 일치하는지를 확인하였다.

또 다른 방법으로 자기공명영상의 왜곡 정도를 확인하기 위하여 7.5cm X 8.5cm 의 아크릴에 1cm 간격으로 0.5mm 정도의 깊이로 홈을 파고 그 속에 오일을 넣은 후 무우 phantom의 Z축과 수직방향으로 넣

어서 (그림. 3) X,Y방향의 왜곡 정도를 알아보고 5cm X 15cm크기의 다른 아크릴을 같은 방법으로 만든 후 Z축과 수평방향으로 넣어서 (그림. 4) Z방향의 왜곡 정도를 알아보고자 하였다. 두개의 아크릴을 넣은 무우 phantom (그림. 2)을 이용하여 자기공명영상을 얻은 후 Z축과 수직방향의 경우는 scan의 중심에서 가까운 점을 기준점으로 하여 같은 선상에 있는 7개의 점들까지의 각각의 거리를 구한 다음 device위의 각 점들과의 실제 거리(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 cm)와 각각 비교하였다. Z축과 수평방향의 경우는 원점에서 가까운 점으로부터 위쪽으로 각각의 상대적인 좌표를 구한 다음 실제 거리와 비교하였다.

III. 결과

자기공명영상을 이용하여 표적점에 방사선이 조사 되도록 computer planning을 시행한 후 방사선을 실제 조사하여 film을 현상한 결과 Z축과 수직방향으로 삽입시킨 film의 경우 방사선에 의하여 형성된 흑화된 부분과 film에 뚫린 구멍이 잘 일치하였다.(그림. 5) Z축과 수평방향으로 삽입한 경우 방사선에 의하여 형성된 흑화된 부분과 film에 뚫린 구멍이 0.5mm의 오차로 비교적 잘 일치하였다.(그림. 6)

자기공명영상의 왜곡정도 확인을 위한 자체 고안 장치의 활용 실험에서 Z축방향과 수직으로 삽입한 7.5cm X 8.5cm 아크릴의 자기공명영상에서 A1-A5로

부터 각각 X방향으로 7개의 점들을 digitize하여 planning computer로 거리를 구하고 구해진 A1-A5점으로부터 각각의 거리를 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 cm와 비교하여 벗어난 정도를 측정된 결과 최대 0.4 mm의 오차를 보였다.(그림. 7) 또 Z축 방향과 수평으로 삽입한 5cm X 15cm아크릴의 자기공명영상에서 B1으로부터 Z방향으로 9개의 점들을 digitize하여 planning computer로 거리를 구하고 구해진 B1으로부터 각각의 거리를 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 cm와 비교하여 벗어난 정도를 측정된 결과 최대 1.4mm의 오차를 보였다.(그림. 8) 이 경우는 자기공명영상 scanning시 3mm 간격으로 scan하기 때문에 정확성을 얻기 어렵다.

IV. 고찰

자기공명영상은 연조직의 대조도해상능이 뛰어나 두개강내 조직의 영상화에 큰 장점이 있다. 그러나 이러한 자기공명영상의 장점에도 불구하고 뇌 병소의 정위적 치료 과정에 자기공명영상을 이용하는 데는 난점이 있는 것으로 흔히 여겨지고 있다. 이런 우려는 주로 영상 왜곡의 가능성 때문에 생겨난다. 자기공명영상에 있어서 공간 왜곡은 field 기술기의 비선형성과 자기장의 불균일성에 의한 것이며, 이로 인해 생겨난 공간적 왜곡을 최소화할 수 있는 방법들도 많이 연구되었다. 이러한 연구들의 결과로 현재는 공간왜곡을 보정할 수 있는 여러 가지 방법

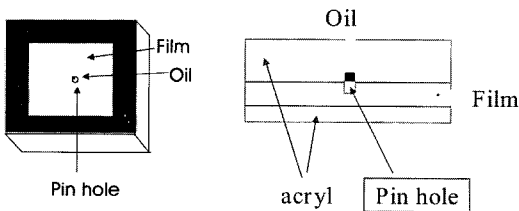


그림 1. Acryl plate with film

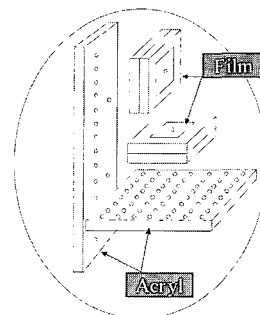


그림 2. 무우 phantom속의 모식도

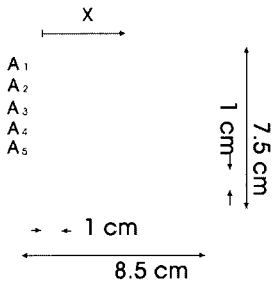


그림 3. Z축과 수직방향의 acryl

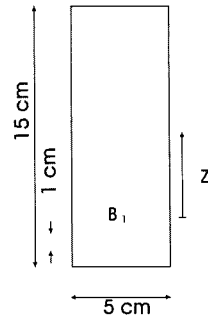


그림 4. Z축과 수평방향의 acryl

들과 소프트웨어가 제시되고 있다.

본 연구에서는 자기공명영상의 공간적 왜곡을 조사하기 위해 비교적 균일한 phantom속에 표적점이 표시된 film을 넣고 자기공명영상을 얻은 후 자기공명영상의 획득으로 얻어진 표적점의 정위적 좌표에 실제 방사선조사를 시행한 후 film을 현상하여 film에 표시된 표적점과 획득된 부분의 중심을 직접 비교하였는데, 결과에서 제시된 바와 같이 오차가 0.5mm 이내로서 거의 일치함을 알 수 있었다. 그리고 자체 제작한 device를 이용한 자기공명영상의 공간적 왜곡의 확인 결과도 수직방향에서는 0.4mm 정도로 오차를 보이고 수평면에 있어서는 1.4mm 정도의 오차를 보였는데 수직방향의 오차가 큰 이유는 slice 간격이 3mm 임으로 정확성을 기하기 어렵기

때문인 것으로 생각된다.

이상과 같은 결과에서 본 병원의 자기공명영상은 비교적 균일한 phantom에서는 왜곡이 아주 적은 것으로 나타났고 이것은 기울기 장의 비선형 왜곡에 의해 일어날 수 있는 barrel aberration, potato chip effect, bow tie effect 등에 의해 최대 4mm 까지 scanner자체에 의해 왜곡이 나타날 수 있는 경우에 비하면 매우 양호하며 따라서 방사선 수술에 적합하다. 그러나 실제 사람의 뇌는 여러 가지 불균일한 조직들로 구성되어 있으므로 이 경우의 교정을 위한 지속적인 연구와 소프트웨어 개발 등이 필요할 것으로 생각된다. 또한 왜곡정도를 측정하기 위해서 정밀하게 제작된 device가 필요하다.

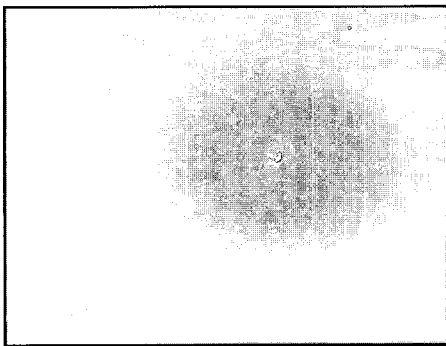


그림 5. Z축과 수직방향의 film 결과

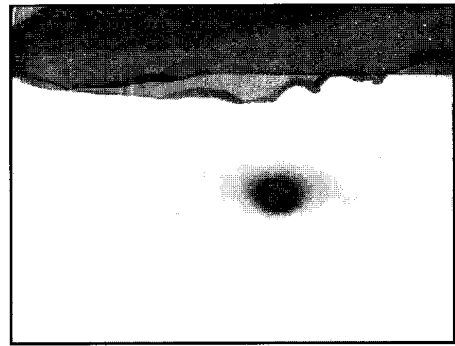


그림 6. Z축과 수평방향의 film 결과

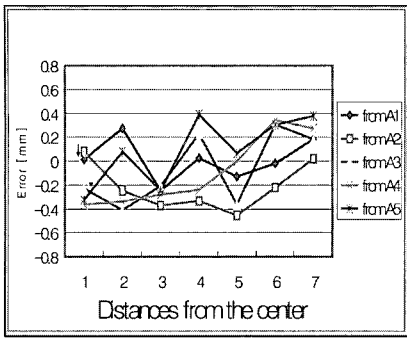


그림 7. Z축과 수직방향 acryl의 Error

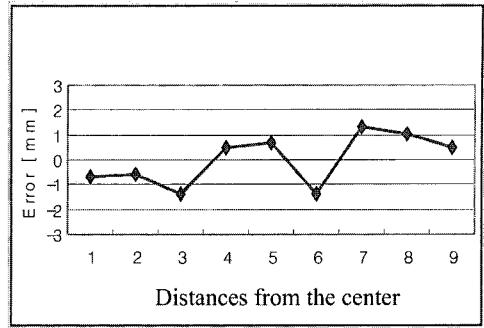


그림 8. Z축과 수평방향 acryl의 Error

V. 결론

자기공명영상을 이용한 방사선수술시 비교적 균 일한 phantom에서 표적점 좌표의 치료위치에서의 직접확인을 시행한 결과 비교적 잘 일치하므로 본 병원의 system은 자기공명영상을 이용한 방사선수 술에 적합함을 알 수 있었다. 그리고 자체 고안한 보 조적 device는 자기공명영상의 영상왜곡을 확인하 는데 유용할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Sumansweera T.S., Adler J.R., Napel S., Glover G.H.: Characterization of Spatial Distortion in Magnetic Resonance Imaging and Its Implications for Stereotactic Surgery. *Neurosurgery* 35:696-704, 1994.
2. Chang H., Fitzpatrick J.: A technique for accurate magnetic resonance imaging in the presence of field inhomogeneities. *IEEE Trans Med Imaging* 11:319-329, 1992.
3. Dong S., Fitzpatrick M., Maciunas R.J.: Rectification of distortion in MRI for stereotaxy. presented at the 5th annual IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems, Durham, North Carolina, 1992.
4. Galloway R.L., Naciunas R.J., Latimer J.W.: The accuracies of four stereotactic frame systems: An independent assessment. *Biomed instrumentation Tech* 25:457-460, 1991.
5. Gauvin A.: Geometric Distortion of Magnetic Resonance Image. Unpublished masters thesis, McGill University, Montreal, Quebec, Canada, 1992.
6. Rosenthal H., Thulborn K.R., Rosenthal D.I., et. al.: Magnetic susceptibility effects of trabecular bone on magnetic resonance imaging of bone marrow. *Invest Radiol* 25:173-178,1990.
7. Schad L., Lott S., Schmitt F., Strum V., et. al.: Correction of spatial distortion in MR imaging: A prerequisite for accurate stereotaxy. *J Comput Assist Tomogr* 11:499-505, 1987.
8. Schad L.R., Ehrlicke H.H., Wowra B., et. al.: Correction of spatial distortion in magnetic resonance angiography malformations. *Magn Reson Imaging* 10:609-921,1992.
9. Schneider E., Glover G.: Rapid in vivo proton shimming. *Magn Reson Med* 18:335-347, 1991.
10. Song S.M., Napel S., Pike G.B., Pelc N.J., et. al.: Dynamic range extension of phase contrast velocity measurements. Presented at the SMRM Twelfth Annual Scientific Meeting, New York,

- 1993.
11. Spielman D., Meyer C., Macovski A., Enzmann D.: 1H spectroscopic imaging using a spectral spatial excitation pulse. *Magn Reson Med* 18:269-279, 1991.
 12. Sumanaweera T.S.: Segmentation and Distortion Correction in Medical Imaging. Unpublished doctoral thesis, Stanford University, Stanford, California, 1992.
 13. Sumanaweera T.S., Glover G.H., Binford T.O., et. al.: MR Susceptibility misregistration correction. *IEEE Trans Med Imagion* 12:251-259, 1993.
 14. Sumanaweera T.S., Glover G.H., Song S., et. al.: Quantifying MRI geometric distortion in tissue. *Magn Reson Med* 31:40-47, 1994.
 15. Van den Elsen P.N., Pol E-J.D., Viergever M.A.: Medical image matching-A review with classification. *IEEE Eng Med Biol* 12:26-39, 1993.
 16. 윤형근, 이현구: 방사선수술시 두개내 표적의 정위적좌표의 치료위치에서의 확인. *치료방사선과학회지* 13(4):403-409 (1995).