

치료보조기구의 제작 및 유용성 평가

서울대학교병원 방사선종양학과

서석진, 김찬용, 이제희, 박흥득

목적 : 최근의 방사선치료는 정상조직의 장애는 최대한 줄이고 종양조직 선량을 높여 치료효과를 극대화 하기 위하여 3차원적으로 발전되어왔으며, 이에 따른 환자 체위고정을 위한 고정기구와 보조기구의 개발이 필수적으로 요구되고 있다. 본원에서는 MR head holder, 개방형 head holder, Plan CT couch plate를 자체 제작하여 그 유용성을 평가하고 분석하였으며, 임상에 적용한 결과를 보고하고자 한다.

대상 및 방법 : MR head holder를 제작하여 진단 MR영상과 치료계획용 MR영상을 CT영상과 fusion하여 두 영상의 일치성과 정확성을 분석하였고, 개방형 head holder를 제작하여 피부선량과 선량감약 정도를 알아보았으며, 6 mm 아크릴판에 스티로폼을 부착하는 CT couch plate를 제작하여 hard plate와 artifact 정도를 비교하였다.

결과 : Head holder를 사용하지 않은 fusion영상보다 2 mm이내의 오차로 정확한 fusion을 할 수 있었고, 개방형 head holder를 사용함에 따라 피부선량을 최대 2배 이상 줄일 수 있었고, 20%이상 선량이 감약되는 것을 최소화할 수 있었다. Plan CT couch plate를 사용했을 때는 2단 연결, 부착 식으로 제작하여 사용이 간편하고 artifact를 현저하게 줄일 수 있었다.

결론 : MR 영상에서도 기존 좌표점을 확인할 수 있어 정확한 MR / CT fusion을 시행할 수 있었고, 향후 PET, 초음파 영상의 fusion도 연구되어야 할 것으로 사료되며, 이에 따른 고정기구의 개발도 필수적이라 할 수 있겠다. 개방형 head holder를 사용함으로써 피부선량과 선량 감약을 감소시킬 수 있었다. 이러한 치료보조기구를 자체 제작하여 고가의 외국상품을 대체할 수 있어 비용은 절감할 수 있었지만 견고성에서는 떨어지므로 가볍고 선량 감약이 적으며 강도가 강한 특수 재질의 치료보조기구가 개발되어야 할 것으로 사료된다.

핵심용어 : 고정기구, CT couch plate

I. 서 론

최근 방사선치료는 정상조직의 장애는 최대한 줄이고 치료효과를 극대화하는 입체조형치료(three-dimensional conformal radiotherapy : 3-D CRT)나, 세기변조방사선치료(Intensity Modulated Radiation Therapy : IMRT), Cyber knife therapy, Tomotherapy 등으로 발전되어 왔으며, 이에 따른 환자 체위고정을

위한 고정기구와 보조기구의 개발이 필수적으로 요구되고 있다. 이에 본원에서는 첫째, 두경부 환자의 CT 영상에서는 enhance가 되지 않아 MR영상에서만 target volume을 확인할 수 있는 low grade glioma 환자의 치료계획 수립 시, 정확한 target volume을 구현하기위해 CT / MR fusion을 시행하고 있다. 하지만 CT를 촬영할 때는 고정기구를 사용하지만 MR을 촬영할 때는 고정기구를 사용할 수가 없기 때문에 동일한 자세를 유지하기가 힘들다. 이러한 환자자세의 오차로 인하여 fusion을 할 때 MR영상을 회전시키는 등 fusion의 정확도를 향상시킬 수 없었다. 현재 대부분

책임저자 : 서석진, 서울대학교병원 방사선종양학과
Tel : (02)2072 - 2527, Fax : (02)2072 - 2521
E-mail: snuhr@daum.net

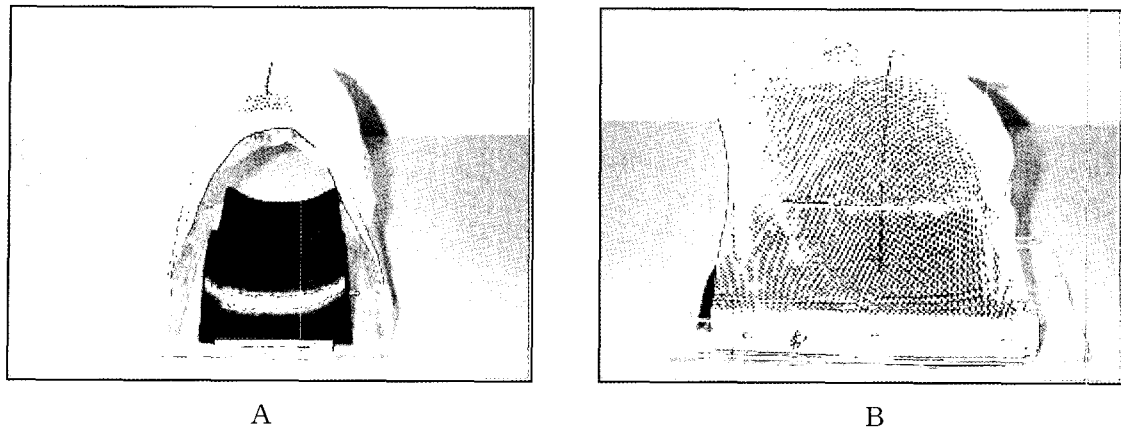


Fig. 1. A. MR head holder in MR head coil B. CT/MR fusion head holder

분 사용하고 있는 head holder는 넓은 폭으로 인하여 MR head coil속에서 사용할 수 없으므로 기하학적 조건은 동일하게 유지하면서 MR head coil 속에 들어갈 수 있도록 크기를 최소화시켜 head holder를 제작하였고 head holder를 사용하지 않았을 때의 fusion 영상과 정확도를 비교 분석하였다. 둘째, 기존에 사용하고 있는 폐쇄형 head holder는 후방향(posterior), 후사방향(posterioblique)조사 시 head rest(pillow)와 고정막대에 의해서 불필요하게 피부선량을 증가시키고, 선량감약(dose attenuation)을 야기할 뿐만 아니라 조사방향의 제한까지 초래한다. 피부선량을 감소시키고 선량감약을 줄이기 위해서 개방형 head holder를 제작하여, 현재 대부분 병원에서 사용하고 있는 head holder의 피부선량과 선량감약 정도를 비교, 분석하였고 그 유용성을 알아 보았다. 셋째, CT simulator가 아닌 진단 CT장치에서 plan CT를 할 때, 진단 CT의 등근 table을 치료 couch와 동일하게 유지 하기위해 나무합판으로 만든 2.5 cm두께의 plate를 사용하고 있다. 그러나 무게로 인한 사용상의 불편과 artifact에 의한 영상의 개선을 위하여 아크릴판으로 plate를 제작하여 기존에 사용하고 있던 hard plate와 비교하였다. 현재 상품화되어 있는 이러한 고정 장치와 치료 보조기구는 있지만 상당히 고가이기 때문에 많은 병원들이 경제적으로 부담을 느끼고 있는 실정이다. 이에 본원에서는 이러한 고정기구와 치료보조기구를 자체 제작하여 그 유용성을 평가하고 분석하였으며, 임

상에 적용한 결과를 보고하고자 한다.

II 장비 및 재료

- 선형가속기 (CLINAC 6EX, Varian, USA)
- Electrometer (unidose, PTW, USA)
- Markus chamber (PTW, USA)
- RTP (Xio-CMS, Eclipse-Varian)
- White water phantom
- 아크릴판 (3, 5, 6 mm), 스티로폼(cutter)
- 수평계 (water level), 자석

III. 제작 및 실험 방법

1) MR head holder

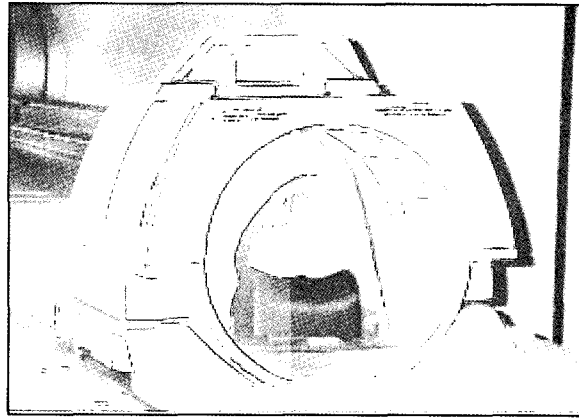
기존에 사용하고 있던 head holder와 기하학적 조건은 동일하게 유지 하면서 MR head coil속에 들어갈 수 있도록 크기를 최소화하여 5 mm 아크릴판으로 제작하였고, MR영상에서도 CT영상에서처럼 기준 좌표점 (localizer)이 나타날 수 있도록 linger line에 물을 채워 부착하였다(Fig. 1) 진단 MR영상과 치료 계획용 MR영상을 CT영상과 fusion 하여 두 영상의 일치성과 정확성을 분석 하였다.

2) 개방형 head holder

후방향 조사 시 피부선량을 감소시키기 위해서 개방된 아크릴판을 사용하였고, 후사방향 조사 시 선량 감약을 줄이기 위해 폐쇄형 head holder에서 사용하던 2 cm 고정막대를 대체하여 0.5 cm 아크릴 고정막

대를 사용하였고, 0.2 cm 두께의 상품화된 siliverman head rest를 사용하였다(Fig. 2).

또한 용이한 탈 부착을 위해 자석을 고정막대에 부착하였다(Fig. 3).



C

Fig. 1. A. MR head holder in MR head coil B. CT/MR fusion head holder C. MR localizer (IV line filled with water)

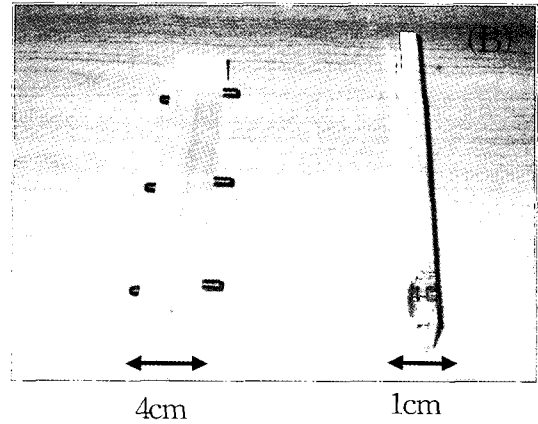
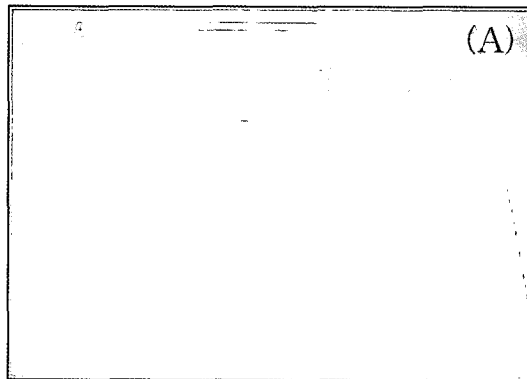


Fig. 2. Open acrylic plate(A) and Acrylic lock bar(B)

피부선량 측정을 위해 6MV X-ray, F.S: 10×10 cm, 100 MU, SSD=100 cm에서 Markus chamber를 head holder 밑면에 위치시키고 0.1 cm 단위로 아래로 이동시키면서 표면에서부터 3 cm 깊이까지 선량을 측

정하여 open field의 심부선량백분율(Percentage Depth Dose : PDD)과 비교하였다.

개방형 head holder에서는 상품화된 siliverman head rest를 사용하였다(Fig. 4).

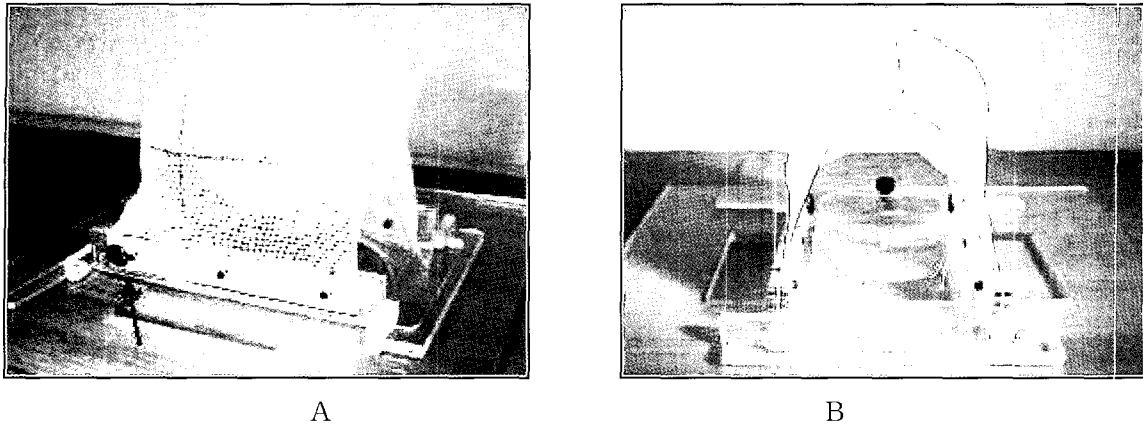


Fig. 3. A. Open head holder B. Magnet attached to lock bar

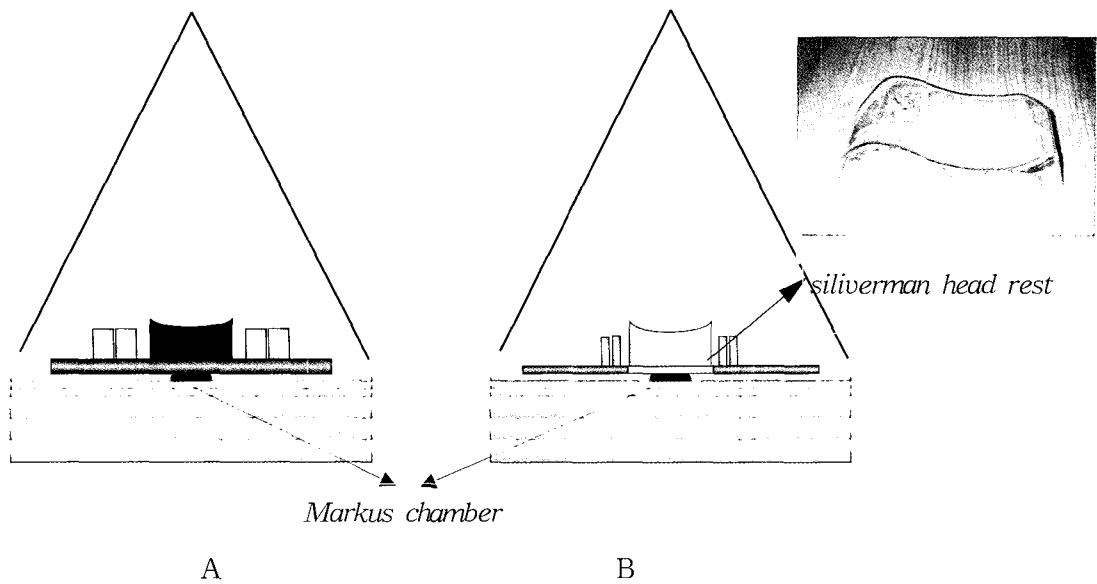


Fig. 4. Closed head holder(A) and Open head holder(B)

3) Plan CT couch plate

진단 CT couch의 굴곡과 일치하는 아크릴판을 제작하여 copper film을 부착하였고, 쇠톱 holder에 니

크롬선을 연결하고 5V power supply를 인가하여 styrofoam cutter를 제작하여 스티로폼을 둥글게 절단하였다(Fig. 5).

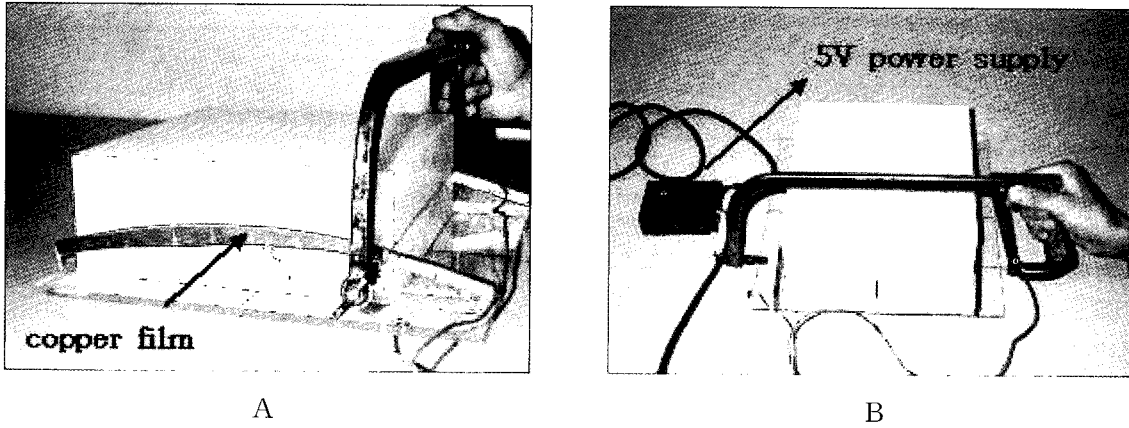


Fig. 5. Cutting styrofoam for plan CT couch plate(A) and Styrofoam cutter copper film(B)

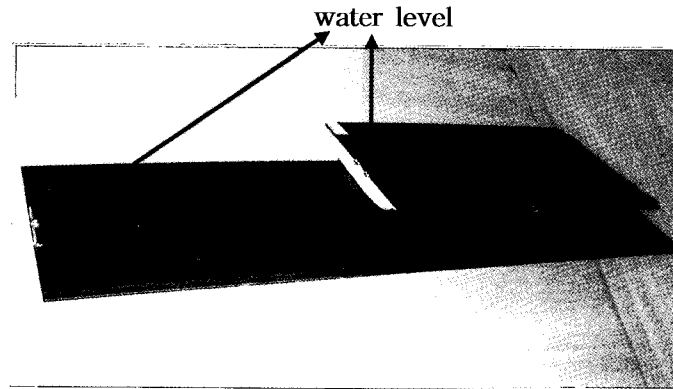


Fig. 6. Styrofoam attached to Plan CT couch plate

절단된 스티로폼을 0.6 cm 아크릴판에 2단으로 연결, 부착하여 가볍고 사용이 간편하도록 하였고, 수평계 (water level)를 부착하여 균형을 맞추는데 사용하였다(Fig. 6). 기존 hard plate table(2.5 cm)에서 촬영한 CT 영상과 아크릴 CT couch plate(0.6cm)에서 촬영한 영상의 artifact 정도를 비교, 분석하고 유용성을 알아보았다.

CT 영상에서 enhance가 되지 않아 target volume이 잘 확인되지 않는 low grade glioma 환자의 영상이다. 이러한 경우 정확한 표적 설정을 위해 고정기구를 사용하지 않은 MR 영상과 fusion하여 치료계획을 수립하게 되는데 MR과 CT 영상과의 scan 방법상 정확한 fusion을 얻기가 매우 어려웠다. 또한, CT 영상에서는 기준 좌표점을 확인할 수 있지만 MR 영상에서는 기준좌표점이 나타나지 않아 정확도가 떨어지고 fusion 시간도 많이 소요되었다(Fig. 7).

III. 결 과

1) MR head holder

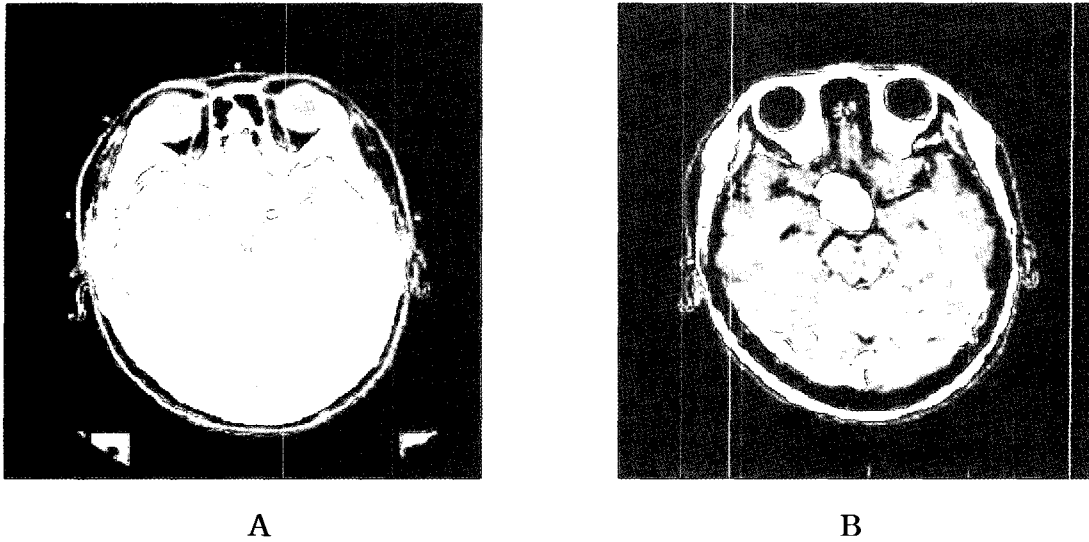


Fig. 7. An example of CT(A) and MR(B) axial image of low grade glioma patient without fiducial marker.

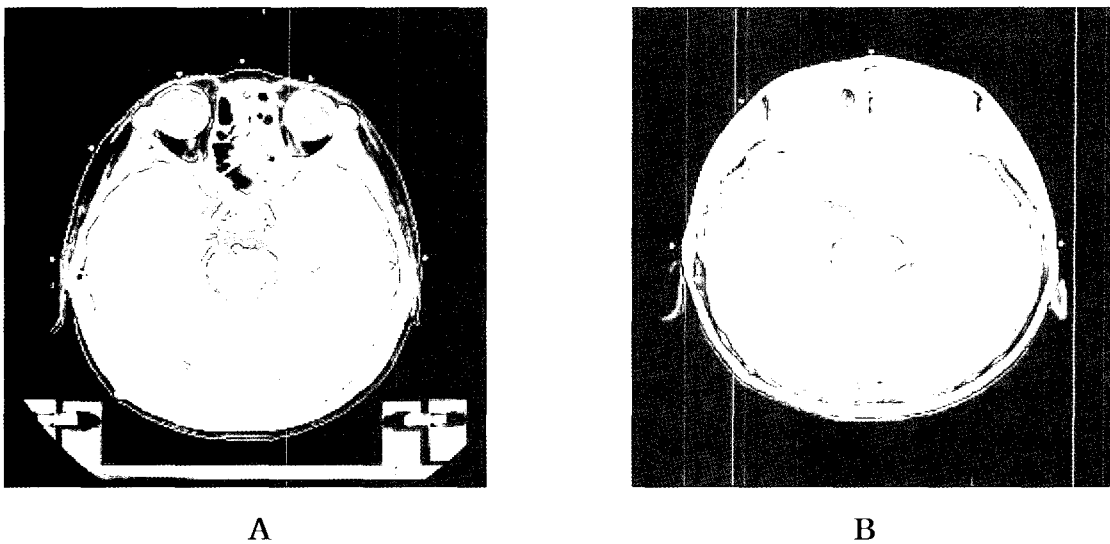


Fig. 8. An example of CT(A) and MR(B) axial image of low grade glioma patient with fiducial marker.

Fig. 8은 비슷한 경우의 CT / MR영상이다. 자체 제작한 MR용 head holder를 사용함에 따라 환자 자세 재현이 정확하고, MR 영상에서도 기준 좌표점을 확인할 수 있어 head holder를 사용하지 않은 fusion영상보다 2 mm이내의 오차로 정확한 fusion 영상을 얻을 수 있었다.

또한 fusion영상에서 기준좌표점이 정확하게 일치하는 것을 볼 수 있다(Fig. 9).

2) 개방형 head holder

후방향 조사에서 피부선량을 측정하여 open field의

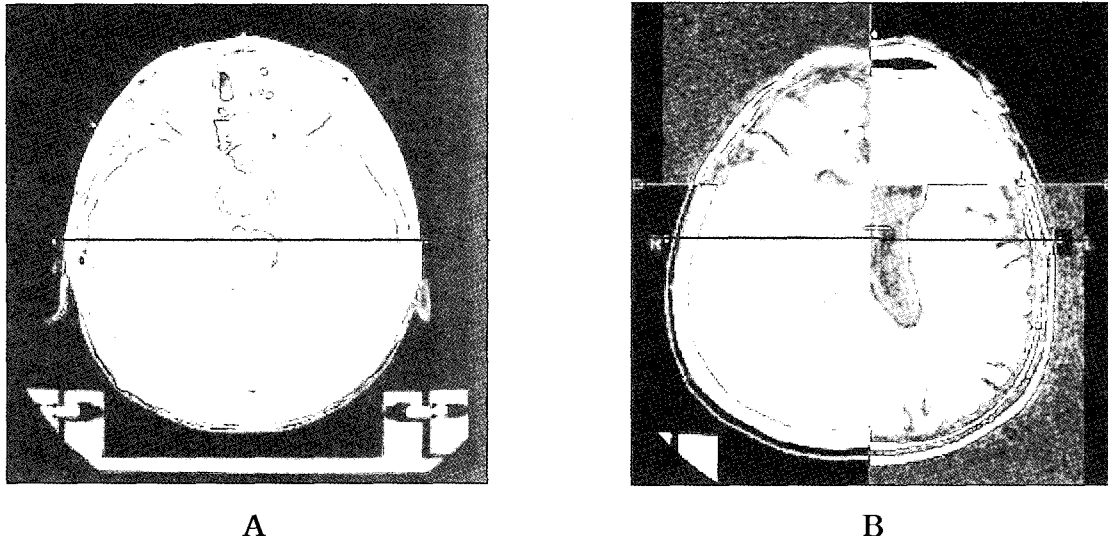


Fig. 9. An example of fusion between CT and MR
 A. Xio-RTP fusion image. B. Eclipse RTP fusion image

Table 1. Comparison of skin dose

종류 D (cm)	closed Head holder		open Head holder		Open	
	Data	PDD (%)	Data	PDD (%)	Data	PDD (%)
Surface	90.02	102.76	43.45	49.62	22.56	25.75
0.1	89.82	102.53	61.15	69.83	43.22	49.33
0.3	89.51	102.18	73.40	83.81	63.87	72.91
0.5	89.14	101.76	80.39	91.87	72.37	82.61
0.7	88.34	100.84	84.06	96.05	80.87	92.32
0.9	87.54	99.93	86.36	98.63	83.71	95.55
1.1	86.85	99.14	87.62	100.02	86.54	98.79
1.3	86.14	98.33	87.90	100.31	87.48	99.86
1.5	85.23	97.29	87.77	100.14	87.60	100.00
2	83.24	95.02	86.50	98.74	86.64	98.90
3	79.35	90.58	82.77	94.52	83.04	94.79

D=depth, 6MV X-ray, F. S: 10×10 cm, 100MU, SSD=100 cm

PDD와 비교한 도표이다(Table. 1). build up 깊이 이후에서는 선량감약을 제외하고는 비슷한 선량비로 감약되는 것을 볼 수 있지만 표면(surface)쪽으로 올라가면서 많은 선량차이를 보여주고 있다. 표면에서 폐쇄형 head holder가 102.8%, 개방형 head holder가 49.62%로 최대 2배 이상 차이가 나는 것을 볼 수 있고, open field와 비교해서는 최대 4배 이상 피부선량이 증가되는 것을 알 수 있다.

기존에 사용하던 폐쇄형 head holder와 개방형 head holder의 선량감약 비교이다.

후사방향에서 선량감약을 측정하였을 때, 폐쇄형 head holder에서는 8~25%로 선량이 감소한 반면 개방형 head holder에서는 1~4%로 선량감약을 최소화 시킬 수 있었다(Fig. 10).

PDD곡선으로 비교해 보았을 때, 일정깊이 이상에서는 비슷한 감약을 보여주고 있지만 표면(surface)에

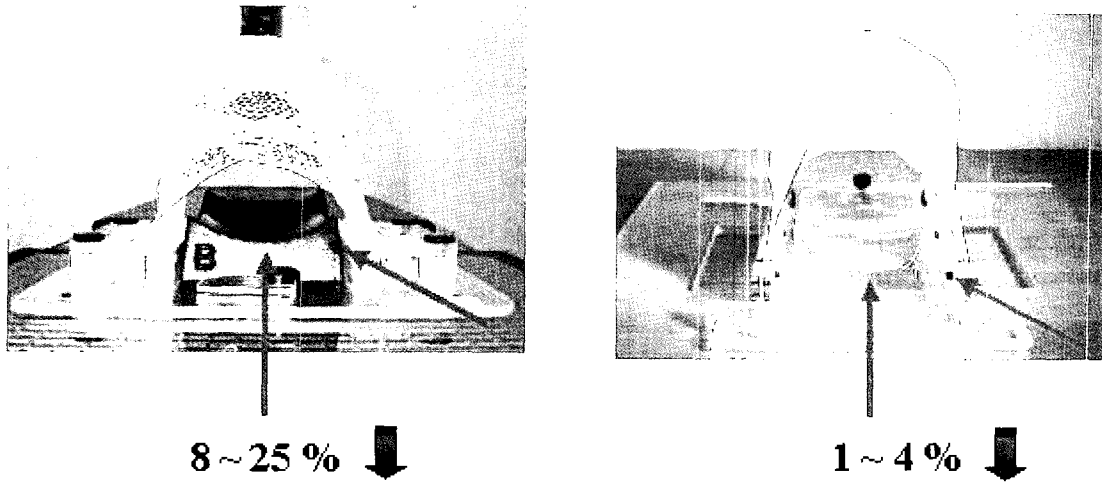
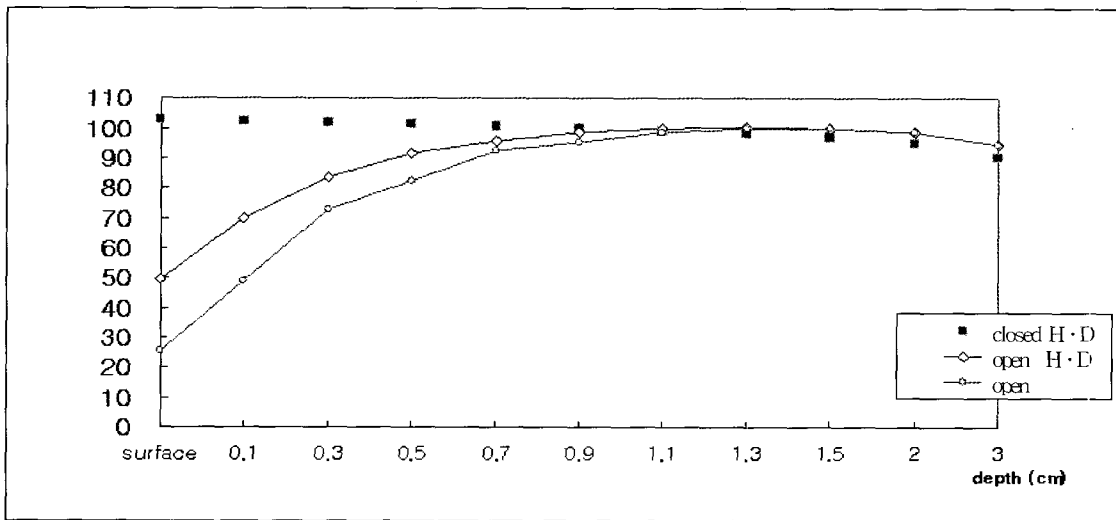


Fig. 10. Comparison of dose attenuation with closed head holder and open head holder



H. D=head holder

Fig. 11. Comparison of percentage depth dose(PDD) curve

서는 개방형 head holder를 사용함에 따라 피부선량이 현저하게 줄어든 것을 볼 수 있다(Fig. 11).

3) Plan CT couch plate

나무합판으로 만든 2.5 cm hard plate를 대체하여 아크릴판으로 자체 제작한 0.6 cm Plan CT couch plate를 사용함에 따라 CT gantry내에 공간이 확보되

어 기존에 사용하고 있는 유방암 치료환자의 치료 시 이용되고 있는 breast board를 사용하여서도 Plan CT를 시행할 수 있었다(Fig. 12).

또한 hard plate에서 촬영한 CT 영상에서 발생하는 artifact가 자체 제작한 0.6 cm 아크릴판을 이용한 영상에서는 현저하게 감소한 것을 알 수 있다(Fig. 13).

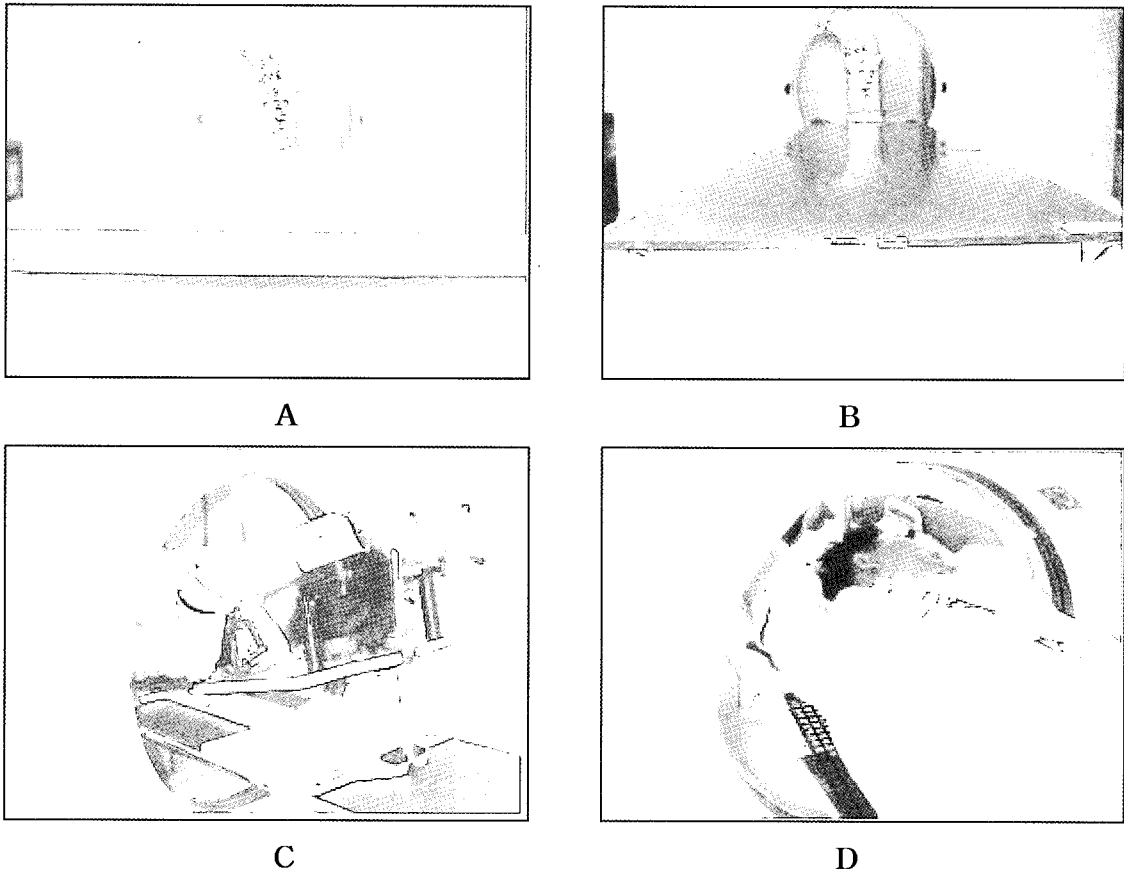


Fig. 12. Plan CT couch plate(A,B) and picture using breast board(C,D)
A:2.5 cm hard plate B:0.6 cm plan CT couch plate

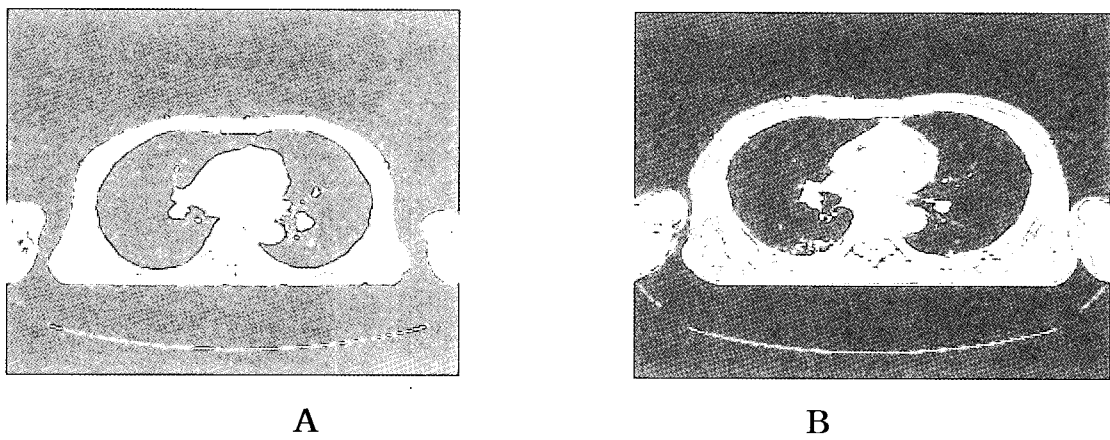


Fig. 13. CT axial image of lung cancer patient with hard plate(A) and acryl plate(B)

IV. 결론 및 고찰

본 실험을 통하여 MR영상에서 발생하는 chemical shift artifact같은 영상의 왜곡은 나타날 수 있지만 MR head holder를 사용함으로써 기준 좌표점을 확인할 수 있어 정확한 MR / CT fusion 영상을 얻을 수 있었고, fusion 시간을 단축할 수 있었다. 향후 PET나 초음파 영상의 fusion도 연구되어야 할 것으로 사료되고 이에 따른 고정기구의 개발은 필수적이라 할 수 있겠다. 개방형 head holder를 사용함으로써 skin sparing effect를 유지시켜 불필요한 피부선량을 감소시킬 수 있었고 선량감약을 최소화 하였으며, 조사방향의 제한을 받지 않아 치료계획수립이 보다 용이 하였으나 견고성이나 사용상의 불편함은 앞으로도 계속 연구되어야 할 과제이다.

얇은 아크릴판으로 제작된 CT couch plate는 영상의 질을 향상시킬 수 있었고 70 cm로 제한된 gantry 내에서도 최대한의 공간을 확보 할 수 있었다. 이러한 치료보조기구를 자체 제작함으로써 고가의 외국상품을 대체하여 비용은 절감할 수 있는 반면 견고성이 떨어져 가볍고 선량감약이 적으며 강도가 강한 특수 재질의 치료보조기구가 개발되어야 할 것으로 사료된다.

또한, 현재 일반적으로 사용하고 있는 고정기구는 외국상품이기 때문에 우리나라 환자들의 체형에 맞지 않는 경우가 많이 있다. 따라서 우리나라 환자들의 체형에 맞는 고정기구의 개발이 연구, 개발되어야 할 것이며, 특히 소아 환자의 연령에 따른 베개(head rest)의 형태나 치료부위에 따른 고정기구가 계속 연구되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Day MJ.: A note on the calculation of dose in x-ray fields, Br J Radiol, 1950;23:368
2. Dawson DJ. Percentage depth doses for high energy x-ray. Phys Med Biol 1976;21:226.
3. Gerbi BJ, Meigooni AS, Khan FM. Dose buildup for obliquely incident photon beams. Med Phys 1987;14:393.
4. Johns HE, Brue WR, Reid WB. The dependence fo depth dose on focal skin distance. Br J Radiol 1958;31:254
5. Keller ML, Pitluck S, Petti P, et al. Integration of multimodality imaging data for radiotherapy treatment planning. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1991;21:1653-1667.
6. Rao PX, pillai K, Gregg EC. Effect of shadow trays on surface dose and buildup for megavoltage radiation. AJR 1973;117:168.
7. Velkley DE, Manson DJ, Purdy JA, et al. Buildup region of megavoltage photon radiation sources. Med Phys 1975;2:14.

Abstract

The evaluation of usefulness of the newly manufactured immobilization device

Seok Jin Seo, Chan Yoeng Kim, Je Hee Lee, Heung Deuk Park

Dept. of Radiation Oncology, Seoul National University Hospital

Purpose : To evaluate the usefulness of the handmade patient immobilization device and to report the clinical results of it.

Materials and methods : We made two fusion images and analyzed those images. One image is made with diagnostic MR image and CT image, the other with therapeutic planning MR image and CT image. With open head holder, we measured the skin dose and attenuation dose. Also, we made the planning CT couch plate with acrylic plate and styrofoam and compared artifact.

Results : We could get more accurate fusion image when we use MR head holder(within 2mm error). The skin dose was reduced 2 times and the attenuation dose was reduced more than 20% when open head holder used. The planning CT couch plate was more convenient than conventional board and reduced artifact remarkably.

Conclusion : We could verify the localization point in the MR image which is taken with MR head holder. So we could fuse the image more accurately. The same method could be applied to PET and US image, if the alike immobilization device used. With open head holder, the skin dose and the attenuation dose was reduced. And those above devices could substitute for expensive foreign device, if those are manufactured adequately.

key word : CT couch plate, immobilization device