

# 두경부암 방사선 치료 시 Aquaplastic Mask가 환자 고정에 미치는 영향

서울아산병원 방사선종양학과

이호연 · 배선명 · 김진산 · 강태영 ·곽정원 · 백금문

**목적:** Exactrac 6D couch system을 이용한 2D/2D 정합 결과를 분석하여 두경부암 환자의 방사선 치료 시 사용되는 Aquaplastic mask가 실제 임상에서 환자 위치 고정에 어떠한 영향을 미치는지 분석하고자 한다.

**대상 및 방법:** 본원에서 2010년 6월에서 2011년 6월까지 방사선치료를 받은 두경부암 환자 14명을 대상으로 Exactrac 6D couch system을 이용하여 2D/2D 정합을 통한 영상유도를 실시하였다. 영상 유도 후 획득한 6D 보정 결과 값들을 이용하여 각 값들의 상호 관계 연관성에 대하여 환자에 관련된 부분과 환자에 관련되지 않은 부분으로 나누어 분석하였다.

**결과:** 전체 14명의 각 환자에 대한 보정 값들의 환자와 관련된 연관성 분석에서는 Longitudinal 방향과 Pitch 방향의 결정계수 ( $R^2$ )값이 0.76, Longitudinal 방향과 Yaw 방향은 0.48, Pitch 방향과 Yaw 방향은 0.42로 나타났으나 환자의 의존도를 제외한 분석에서는 위의 인자들에 대하여 0.03 이하의 값을 나타내었다.

**결론:** Aquaplastic mask를 이용한 환자의 고정은 환자와 관련된 여러 가지 인자들로부터 영향을 받는 부분도 있지만 근본적인 mask 자체의 요인도 있음을 확인 할 수 있었다. 이에 대한 보정이 이루어질 경우 두경부암 환자의 치료에 있어 좀 더 정확한 치료가 이루어질 수 있으리라고 사료된다.

**핵심용어:** aquaplastic mask, exactrac system, 2D/2D 정합, 영상유도 방사선치료

## 서 론

방사선 치료를 행하는 데 있어서 사용하는 환자고정용구는 환자의 자세를 고정, 유지하고 정확하게 재현하여 방사선 치료의 정확성과 정밀성을 향상시키기 위하여 사용되고 있으며, 고정 방법에 따라 치료계획 용적과 임상적인 용적을 설정하는 데에 결정적인 영향을 미치기도 한다.<sup>1)</sup>

두경부암 환자에 대한 방사선 치료에서는 Aquaplastic mask을 이용한 환자 고정 방법을 널리 사용하는데 특히 세기변조 방사선치료(Intensity-modulated radiation therapy, IMRT)를 이용한 두경부암의 치료에서는 기존의 입체조형치료(3 Dimensional Conformal Radiation Therapy, 3D CRT)보다 급격히 공간적인 Dose변화를 유도하기 때문에 좀 더 확실한 환자의 위치 보정과 고정이 요구된다.<sup>2)</sup> 본 연구에서는 14명의 두경부암 환자의 고정용구로 Civco사의 Type-s™ Standard perforated Head, Neck & Shoulders Mask (Aquaplastic Mask)를 사용하였고, 각각의 치료를 위한 목표에 대하여 5 mm의 치료 Margin을 두고 치료를 행하였다. 이에 각 환자에 맞추어

제작하여 사용하는 고정 용구인 Aquaplastic Mask가 매 치료 시 환자에 적용이 될 때 정확히 환자에 착용이 되고 있는지에 대해 환자의 영상유도 정보를 이용하여 분석해 보고자 하였다.

## 대상 및 방법

본원에 2010년 6월에서 2011년 6월까지 방사선치료를 위해 내원한 두경부암 환자 중에서 Exactrac (BrainLab, Inc, Germany)이 설치된 선형가속기 Clinac 21EX (Varian, USA)를 이용하여 Civco사의 Type-s™ Standard perforated Head, Neck & Shoulders Mask (Fig. 1)로 고정을 하고 치료를 받은 14명의 환자의 영상유도 정보를 이용하였다.

14명의 환자의 자세는 앙와위(Supine)로 하였고, 치료계획용 3차원 영상을 얻기 전에 Aquaplastic mask를 환자에 맞추어 제작을 하였다. 제작할 때 환자의 접촉면이 잘 맞게 돌출 부위를 균등한 힘으로 압박, 냉각하여 mask를 고정, 제작하였다. 제작된 mask를 환자에 착용하는 반복을 통하여 재현성 있게 환자에게 적용이 되는지를 확인하였고 이후 다시 환자에게 착용 후 CT 영상을 취득하여 mask 표면에 Gammex laser를 이용하여 중심이 되는 부분을 표시하였다. 이후 1주일

이 논문은 2012년 3월 10일 접수하여 2012년 8월 24일 채택되었음.  
책임저자 : 이호연, 서울아산병원 방사선종양학과  
Tel: 02)3010-4417, Fax: 02)3010-6950  
E-mail: lovelhy29@naver.com

동안 치료계획 수립, 이에 대한 QA를 실시하고 분석하여 담당 의사와 의학물리학자에 의한 치료 승인 작업을 거쳐 치료 준비를 완료하였다. 14명의 환자에 대하여 평균 23번의 분할 치료를 하였고 치료마다 BrainLAB사의 Exactrac System을 이용해 영상유도 방사선 치료를 실시하였다. 매회 치료를 시작하기 전 환자에게 mask를 착용할 때 반드시 치료 방사선사 2인이 양쪽으로 동시에 균일한 힘을 주어서 착용하여 모의치료 시 때와 최대한 동일하게 하였고 환자의 느낌을 물어 다르게 착용이 되었는지를 확인하였다. 이후 환자의 Aquaplastic mask에 그려진 표식을 이용하여 환자의 치료 위치를 모의 치료와 같게 맞추고 Exactrac system을 이용한 2D/2D 정합을 통하여 치료 목표의 위치를 기존의 CT영상을 이용하여 만들어진 DRR영상과 비교하여 그 차이를 6D couch system을 이용하여 보정을 한 이후에 치료를 실시하였다. 14명

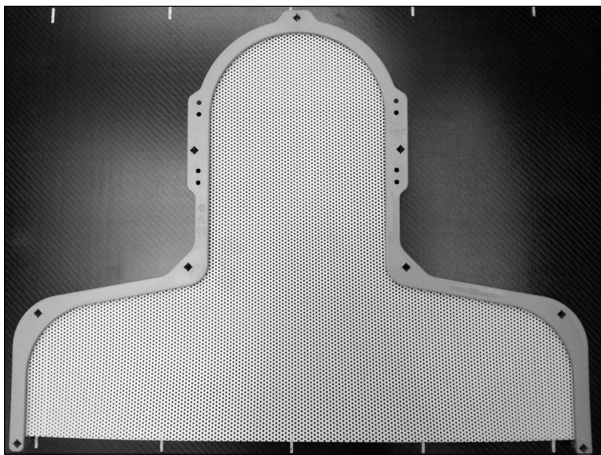


Fig. 1. Type-S™ head, neck & shoulders thermoplastics (Civco).

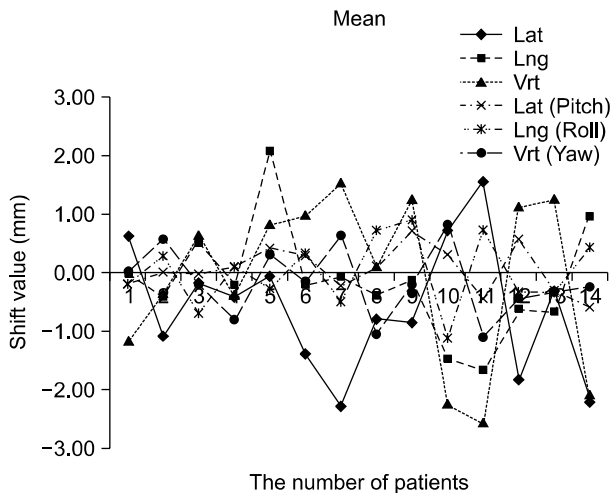


Fig. 2. The Mean of shift value for 14 patients.

에 대한 총 326번의 치료에 대해 6차원의 위치보정 값들을 획득하였고 이후 따로 위치확인을 실시하거나 치료 이후에 위치에 대한 변화를 확인하지는 않았다.

얻어진 6DOF (X축, Y축, Z축, Pitch, Roll, Yaw)방향에 대한 Shift 값을 이용하여 얻은 이 값들의 상호 연관성에 대해 Microsoft사의 Excel 2007을 이용하여 분석하였다.

## 결 과

Aquaplastic mask를 사용한 두경부암 환자에 대해 Exactrac 6D couch system을 이용한 2D/2D 정합을 통한 영상유도를 실시하여 6DOF (Lateral, Vertical, Longitudinal, Pitch, Roll, Yaw) 방향에 관한 보정 값을 얻었다. 전체 14명에 관해 얻은 보정 값들의 전체 평균값은 각 방향에서  $-0.57$  mm,  $-0.14$  mm,  $-0.02$  mm,  $0.06^\circ$ ,  $0.03^\circ$ ,  $-0.14^\circ$ 로 나타났고(Table 1, Fig. 2), 이들 전체 평균에 대한 표준편차(Standard deviation of Group mean)값은 1.12 mm, 0.94 mm, 1.42 mm,  $0.38^\circ$ ,  $0.58^\circ$ ,  $0.60^\circ$ 로 나타났다(Table 1).

전체 14명의 각 환자에 대한 6D 보정 결과 값들을 Microsoft사 Excel 2007의 Scatter plot을 이용하여 15개 인자의 상호연관성을 분석한 결과(Table 2, 3, Fig. 3) Longitudinal 방향과 Pitch 방향 간에 약 0.76 (Fig. 4), Longitudinal 방향과

Table 1. The shift value for 14 patients 6D guide (unit: mm & °)

Patients	Mean					
	Lat	Lng	Vrt	Lat (Pitch)	Lng (Roll)	Vrt (Yaw)
1	0.64	0.01	-1.12	-0.19	-0.16	0.05
2	-1.06	-0.37	-0.28	0.04	0.29	0.61
3	-0.11	0.53	0.71	0.00	-0.65	-0.18
4	-0.40	-0.17	-0.32	0.11	0.07	-0.79
5	-0.04	2.12	0.88	0.42	-0.25	0.32
6	-1.35	-0.18	1.03	0.28	0.34	-0.09
7	-2.24	-0.08	1.57	-0.20	-0.47	0.64
8	-0.75	-0.40	0.13	0.10	0.73	-1.03
9	-0.80	-0.13	1.29	0.71	0.93	-0.33
10	0.75	-1.46	-2.17	0.34	-1.13	0.85
11	1.57	-1.63	-2.51	-0.44	0.70	-1.07
12	-1.78	-0.57	1.18	0.58	-0.33	-0.41
13	-0.21	-0.63	1.29	-0.31	-0.10	-0.31
14	-2.17	0.99	-2.02	-0.57	0.45	-0.19
Global mean	-0.57	-0.14	-0.02	0.06	0.03	-0.14
SD of mean	1.12	0.94	1.42	0.38	0.58	0.60
RMS	1.39	1.46	1.54	0.71	0.87	0.66
Margin	3.77	3.36	4.62	1.45	2.06	1.95

Yaw 방향 간에 0.48 (Fig. 5), Pitch 방향과 Yaw 방향 간에 0.42의(Fig. 6) 결정계수값( $R^2$ )을 나타내었다.

전체 14명의 환자에 대해 치료 전 획득한 총 326번의 보정 값들을 각각의 보정 값에서 그 환자에 해당하는 평균값을 뺀 후 이를 다시 표준편차로 나눈 값들을 이용하여 15개의 인자의 대한 연관성을 분석한 결과(Table 4) Longitudinal 방향과 Pitch 방향 간에 약 0.03 (Fig. 7), Longitudinal 방향과 Yaw 방향 약 0.01 (Fig. 8), Pitch 방향과 Yaw 방향 간에서 약 0.02 값을 나타내었다(Fig. 9).

### 고안 및 결론

Aquaplastic mask를 이용하여 치료부위를 고정하고 영상 유도 방사선 치료(Image-Guided Radiation Therapy, IGRT)와 함께 세기변조방사선치료(IMRT)를 적용하는 두경부암 치료에서의 Setup의 정확성과 고정용구의 사용은 매우 중요한 요

**Table 2.** The standard deviation of 14 patients 6D guide (unit: mm & °)

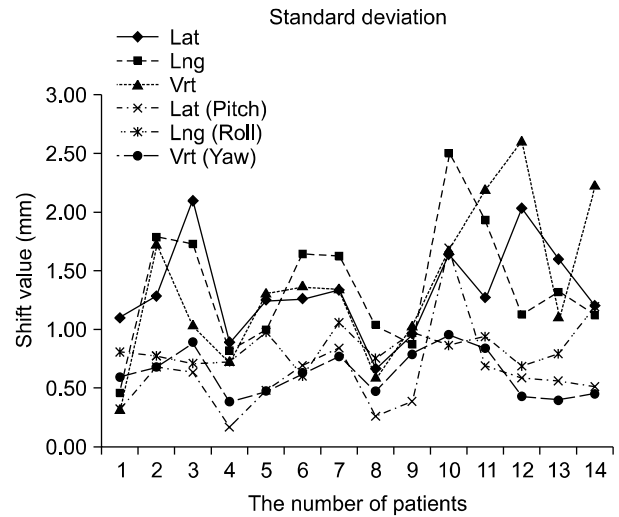
Patients	Standard deviation					
	Lat	Lng	Vrt	Lat (Pitch)	Lng (Roll)	Vrt (Yaw)
1	1.10	0.48	0.35	0.33	0.81	0.60
2	1.29	1.79	1.76	0.76	0.78	0.69
3	2.09	1.74	1.07	0.65	0.73	0.90
4	0.89	0.83	0.78	0.17	0.72	0.39
5	1.27	0.99	1.33	0.52	0.98	0.47
6	1.27	1.65	1.41	0.70	0.62	0.63
7	1.35	1.64	1.37	0.85	1.06	0.79
8	0.68	1.05	0.61	0.26	0.76	0.48
9	1.00	0.90	1.08	0.38	0.98	0.79
10	1.65	2.51	1.69	1.69	0.87	0.96
11	1.27	1.93	2.23	0.70	0.94	0.86
12	2.04	1.14	2.62	0.60	0.68	0.44
13	1.60	1.31	1.14	0.56	0.81	0.40
14	1.21	1.14	2.26	0.51	1.19	0.47

**Table 3.** The linkage of standard deviation value for 14 patients 6D guide

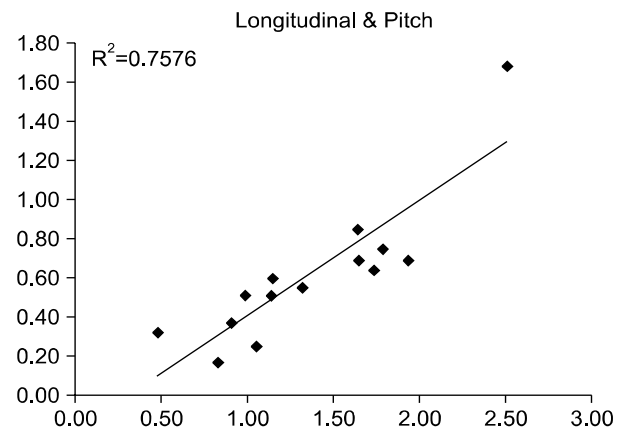
N=14	Lat	Lng	Vrt	Lat (Pitch)	Lng (Roll)	Vrt (Yaw)
$R^2$ (SD)	Lat	0.21	0.23	0.24	0.04	0.08
	Lng		0.21	0.76	0.00	0.48
	Vrt			0.17	0.06	0.01
	Lat (Pitch)				0.01	0.42
	Lng (Roll)					0.02
	Vrt (Yaw)					

소이다.

BrainLAB사의 Exactrac System의 사용은 2D/2D 정합 시 3D 방향에서만 머무르는 것이 아니라 X축을 기준으로 하는 회전인 Pitch, Y축을 기준으로 하는 Roll, Z축을 기준으로 하



**Fig. 3.** The standard deviation of group mean for 14 patients.



**Fig. 4.** The linkage of Longitudinal shift value & Pitch shift value in 14 patients.

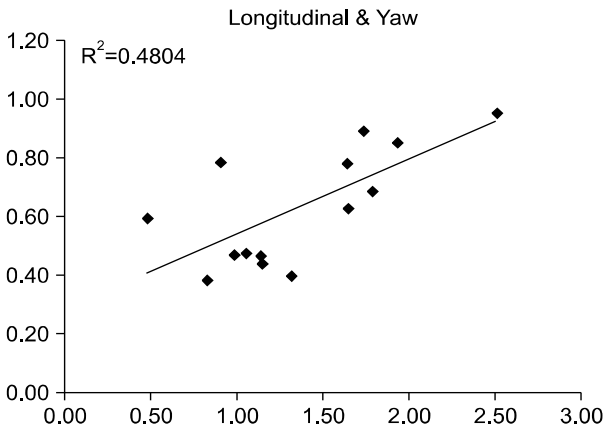


Fig. 5. The linkage of Longitudinal shift value & Yaw shift value in 14 patients.

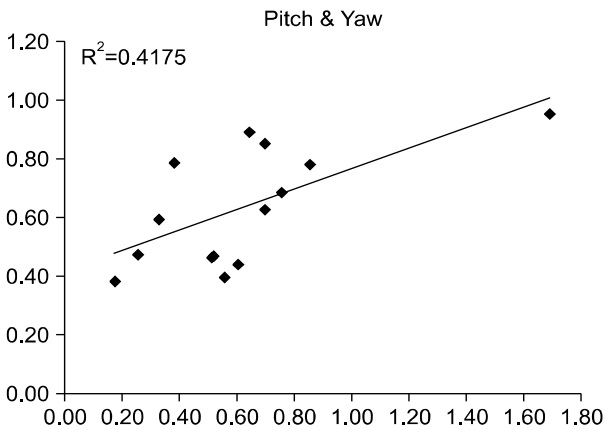


Fig. 6. The linkage of Pitch shift value & Yaw shift value in 14 patients.

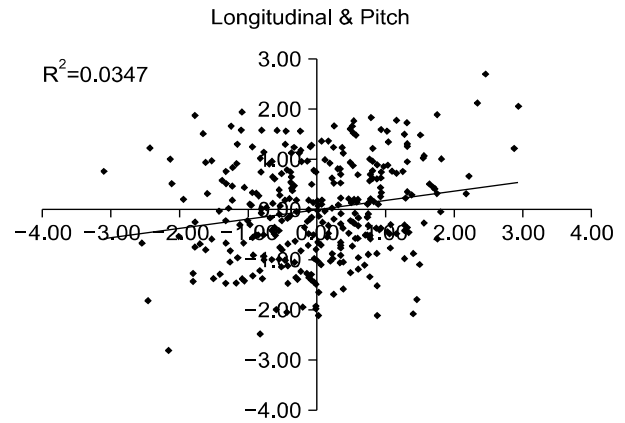


Fig. 7. The linkage of Longitudinal shift value & Pitch shift value in 326 case.

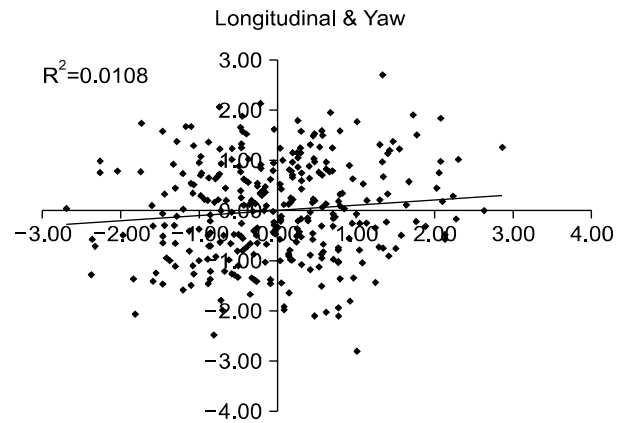


Fig. 8. The linkage of Longitudinal shift value & Yaw shift value in 326 case.

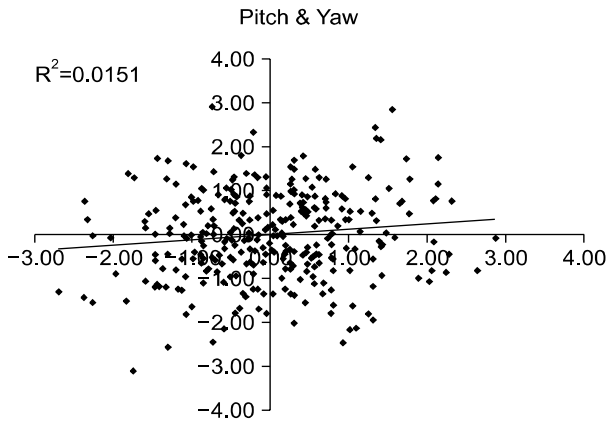
Table 4. The linkage of 326 case for 14 patients 6D guide

N=326		Lat	Lng	Vrt	Lat (Pitch)	Lng (Roll)	Vrt (Yaw)
R <sup>2</sup>	Lat		0.01	0.02	0.00	0.03	0.19
	Lng			0.03	0.03	0.00	0.01
	Vrt				0.19	0.00	0.02
	Lat (Pitch)					0.06	0.02
	Lng (Roll)						0.20
	Vrt (Yaw)						

는 Yaw의 6D 방향으로의 Shift 값을 얻을 수 있어 Setup의 정확성을 향상 시키고 고정용구의 보정 값들에 대한 상호연관성 분석을 가능하게 할 수 있었다.

전체 14명의 모든 환자에 대한 6D 보정 결과 값들의 평균과 표준편차를 구하였다. 그 중 표준편차의 Longitudinal 방향과 Pitch 방향, Longitudinal 방향과 Yaw 방향, Pitch 방향

과 Yaw 방향 간에서 특히 다른 인자보다 결정계수(R<sup>2</sup>) 값이 높아 비교적 서로 경향성이 있는 것으로 나타났다. 즉 환자에 관련된 부분에서 각각의 표준편차들에 대한 연관성은 환자의 특정방향에서의 고정도의 정확성은 다른방향에서의 정확성에 연관을 주는 것으로 평가가 되었다. 그러나 환자의 특성을 제외시킨 pooled distribution에서의 Aquaplastic mask 자



**Fig. 9.** The linkage of Pitch shift value & Yaw shift value in 326 case.

체만의 고정효과에 대한 특성을 나타내는 분석에서는 각 환자들 간에 대해 연관성을 가졌던 Longitudinal 방향과 Pitch & Yaw 방향, Pitch 방향과 Yaw 방향 간에서는 0.03 이하 값을 나타내 어떠한 인과관계도 없다는 것을 보여주었다. 이는 환자마다의 다른 구조적인 부분에 대한 정확성에 영향을 미치는 요소가 있다는 부분이고 이에 따른 Aquaplastic mask를 이용한 고정에 대한 일반적인 경향과는 상관이 없다고 평가되었다. Pooled distribution에서의 경향성은 어떠한 방향에서의 오차는 다른 방향에서의 오차를 유도한다는 경향이 통계적으로 보이지는 않으나 환자에 대한 표준편차에서 분명한 경향성을 보인다는 점은 환자마다의 Aquaplastic mask가 만들어지는 정확성의 차이나 환자의 상태변화가 위치 정확성에 미치는 영향성이라고 평가 되었다. Mask와 환자가 잘 밀착이 안되는 경우 마스크를 씌울 때마다 위치의 정확성에 영향을 주었고 이러한 정확성의 차이는 환자마다의 표준편차의 차이로 나타났고 이러한 경향은 한쪽 방향뿐만이 아니라 여러 방향에서 같은 경향으로 나타나게 된 것이다.

치료 전 영상유도를 위해 2D/2D 정합을 실시한 6D 보정 값들의 각 방향 간에서 일반적인 mask 그 자체만의 특성을 분석한 결과에서는 어떠한 방향에서도 특별한 인과관계가 보이지 않았으나 특정 환자에 대한 분석에서는 Aquaplastic mask가 각 인자간의 어떠한 경향성을 띄며 환자를 정확하게 고정하지 못한다는 점을 알 수 있었다. 이렇게 mask의 사용으로도 Setup에 대한 오차가 발생한다는 것을 염두하고 이를 조금 더 보정할 수 있는 방법을 고민해 볼 의미가 있다고 사료된다.

## 참고문헌

1. Clemens F. Hess, Rolf-D. Kortmann, Ralf Jany, Andreas Hamberger, et al.: Accuracy of field alignment in radiotherapy of head and neck cancer utilizing individualized face mask immobilization-a retrospective analysis of clinical practice. *Radiotherapy and Oncology* 1995;34:69-72
2. Antonetta C. Houweling, Skadi van der Meer, Edwin van der Wal, et al.: Improved immobilization using an individual head support in head and neck cancer patients. *Radiotherapy and Oncology* 2010;96:100-103
3. Kazuhiro Ohtakara, Shinya Hayashi, Hidekazu Tanaka, et al.: Clinical comparison of positional accuracy and stability between dedicated versus conventional masks for immobilization in cranial stereotactic radiotherapy using 6-degree-of-freedom image guidance system-integrated platform. *Radiotherapy and Oncology* 2012;102:198-205
4. Marcel van Herk: Errors and margins in radiotherapy. *Seminars in Radiation Oncology* 2004;14:52-64
5. Robert B. Den, Anthony Doemer, Greg Kubicek, et al.: Daily image guidance with cone-beam computed tomography for head-and-neck cancer intensity-modulated radiotherapy: a prospective study. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 2010;76:1353-1359
6. Jen-San Tsai, Mark J. Engler, Marilyn N. Ling, et al.: A non-invasive immobilization system and related quality assurance for dynamic intensity modulated radiation therapy of intracranial and head and neck disease. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 1999;43:455-467
7. Tryggestad E, Christian M, Ford E, et al.: Inter- and intra-fraction patient positioning uncertainties for intracranial radiotherapy: a study of four frameless, thermoplastic mask-based immobilization strategies using daily cone-beam CT. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 2011;80:281-290
8. Lena Sharp, Freddi Lewin, Hemming Johansson, et al.: Randomized trial on two types of thermoplastic masks for patient immobilization during radiation therapy for head-and-neck cancer. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 2005;61:250-256
9. S. Bieri, R. Miralbell, P. Nouet, et al.: Reproducibility of conformal radiation therapy in localized carcinoma of the prostate without rigid immobilization. *Radiotherapy and Oncology* 1996;38:223-230
10. Hans C.J. de Boer, John R. van Sörnsen de Koste, Carien L. Creutzberg, et al.: Assessment of three-dimensional set-up errors in conventional head and neck radiotherapy using electronic portal imaging device. *Radiotherapy and Oncology* 2001;61:299-308
11. Mandy Humphreys, M. Teresa Guerrero Urbano, Cefas Mubata, et al.: Assessment of a customised immobilisation system for head and neck IMRT using electronic portal

- imaging. *Radiotherapy and Oncology* 2005;77:39-44
12. Siyong Kim, Hilary C Akpati, Jonathan G Li, et al.: An immobilization system for claustrophobic patients in head-and-neck intensity-modulated radiation therapy. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 2004;59:1531-1539
  13. Cheng B Saw, Richard Yakob, Charles A Enke, et al.: Immobilization devices for intensity-modulated radiation therapy. *Medical Dosimetry* 2009;34:228-232
  14. B. Robison, R. Seibert, C.R. Ramsey: Evaluation of head and neck patient setup and immobilization errors. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 2007;69: S667-S668
  15. Anna Samuelsson, Claes Mercke, Karl-Axel Johansson: Systematic set-up errors for IMRT in the head and neck region: effect on dose distribution. *Radiotherapy and Oncology* 2003; 66:303-311
  16. Chris Beltran, Matthew J. Krasin, Thomas E. Merchant: Inter- and intrafractional positional uncertainties in pediatric radiotherapy patients with brain and head and neck tumors. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 2011;79:1266-1274
  17. Zheng Chang, Zhiheng Wang, Jinli Ma, et al.: 6D image guidance for spinal non-invasive stereotactic body radiation therapy: Comparison between Exactrac X-ray 6D with kilovoltage cone-beam CT. *Radiotherapy and Oncology* 2010; 95:116-121
  18. Coen W Hurkmans, Peter Remeijer, Joos V Lebesque, et al.: Set-up verification using portal imaging; review of current clinical practice. *Radiotherapy and Oncology* 2001;58:105-120
  19. Martin Fuss, Bill J Salter, Dennis Cheek, et al.: Repositioningaccuracy of acommercially available thermoplastic mask system. *Radiotherapy and Oncology* 2004;71:339-345
  20. Leah Lord, Sharon May, Michael Bailey, et al.: Is one head and neck immobilization system as good as another? Onecenter's experience. *Medical Dosimetry* 2003;28:39-43
  21. Gale AA, Serago CF, Ko SJ, et al.: Analysis of the uncertainty of daily stereoscopic kV imaging registration process and thermoplastic mask immobilization for head and neck patients. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 2009;75:S607
  22. Robert B. Den, Anthony Doemer, Greg Kubicek, et al.: Daily image guidance with cone-beam computed tomography for head-and-neck cancer intensity-modulated radiotherapy: a prospective study. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 2010;76:1353-1359
  23. Michael Velec, John N. Waldron, Brian O'Sullivan, et al.: Cone-beam CT assessment of interfraction and intrafraction setup error of two head-and-neck cancer thermoplastic masks. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 2010;76:949-955

Abstract

## Influence of Aquaplastic Mask Immobilization on Patient Positioning in Head & Neck Radiotherapy

Ho Yeon Lee, Sun Myung Bae, Jin San Kim, Tae Young Kang, Jung Won Kwak, Geum Mun Back

Department of Radiation Oncology, Asan Medical Center, Seoul, Korea

**Purpose:** This study aimed to analyze the influence of aquaplastic mask which is used for the radiotherapy for patients with head and neck cancer on patient positioning by analyzing the results of 2D/2D matching with the use of Exactrac 6D couch system.

**Materials and Methods:** 2D/2D matching-based Image guidance was performed with the use of Exactrac 6D couch system on a total of 14 patients with head and neck cancer who received radiotherapy at this hospital in a period from June 2010 to June 2011. The adjusted 6D values obtained after the image guidance were classified into values related with patients and values not related with patients as to the correlation between the results.

**Results:** In the analysis of the relation of each adjusted value to patients, the coefficient of determination ( $R^2$ ) of longitudinal and pitch direction was 0.76, of longitudinal and yaw direction was 0.48, and of pitch and yaw direction was 0.42 although the coefficient of determination for above factors was 0.03 or less when the dependency of patients was excluded.

**Conclusion:** It was demonstrated that intrinsic factors of aquaplastic mask had influence on the immobilization of patients by aquaplastic mask although various factors related with patients had influence on the immobilization of patients. It is believed that if these factors are adjusted, the treatment of patients with head and neck cancer can be more accurate.

---

**Key words:** aquaplastic mask, exactrac system, 2D/2D matching, Image-guide radiotherapy