

<원저>

비동일평면 호흡동조방사선치료 시 테이블 회전에 따른 2D vs 3D
Real-Time Position Management 시스템의 정확성 평가- Evaluation of Accuracy About 2D vs 3D Real-Time Position Management System
Based on Couch Rotation when non-Coplanar Respiratory Gated Radiation Therapy -¹⁾동남보건대학교 방사선과·²⁾고려대학교 보건과학대학 방사선학과·³⁾신구대학교 방사선과·⁴⁾원광보건대학교 방사선과·⁵⁾을지대학교 방사선학과권경태¹⁾·김정수¹⁾·심현선²⁾·민정환³⁾·손순룡⁴⁾·한동균⁵⁾

— 국문초록 —

호흡동조방사선치료에서 비동일 평면치료는 테이블의 회전이 있기 때문에 테이블의 회전에 따른 적외선 카메라와 마커 사이의 거리 변화로 인하여 마커 움직임의 인식을 Real-time Position Management 시스템의 two dot 마커와 six dot 마커의 움직임 반영의 정확성을 평가하고자 한다. 움직임을 평가는 two dot 마커에서 테이블 각도를 시계방향, 반시계방향으로 각 10°씩 변화하여 측정하였으며, six dot 마커에서도 테이블 각도를 시계방향으로 각 10° 변화하여 기준 0°에서의 기준과 비교하였을 때 기준 진폭 1.173에서 1.165, 테이블 각도 20°에서는 1.132, 테이블 각도 30°에서는 1.083의 진폭값으로 나타났다. 반시계방향으로 350°에서는 기준 진폭 1.168에서 1.157, 테이블 각도 340°에서는 1.124, 테이블 각도 330°에서는 1.079 진폭값으로 나타났다. 본 연구에서는 팬텀을 이용하여 테이블 변화에 따른 진폭의 값을 정량적으로 평가한 점에 학술적 의미를 두고자 한다.

중심 단어: 팬텀, 마커, 알피엠 시스템

I. 서 론

방사선 치료는 지난 수십 년간 종양 치료의 완치를 목표로 많은 치료 방법들과 방사선 치료 기기가 발전해 나가고 있다¹⁻²⁾. 의료용 선형가속기, CyberKnife, Gamma Knife, Tomotherapy 등이 대표적인 방사선 치료기기이며, 의료용 선형가속기의 주된 발전으로 세기변조방사선치료(intensity modulated radiation therapy; IMRT), 영상유도 방사선치료(Image Guided Radiation Therapy; IGRT) 등이 있으며 종양의 움직임을 고려한 즉, 환자의 호흡으로 인한 종양의

움직임을 고려한 호흡동조 방사선치료(Respiratory Gated Radiation Therapy; RGRT)가 있다³⁻⁶⁾. 종양의 움직임을 반영할 수 없었던 예전 치료방법은 종양의 움직임 전체를 반영한 방사선조사 범위를 정하여 방사선을 조사하였다면, 호흡동조 방사선치료에서는 4D CT를 획득하여 종양의 움직임을 평가하며 환자의 호흡에 의한 종양의 특정한 위치에서만 방사선을 조사함으로써 정상조직을 최대한 보호하면서 종양을 치료할 수 있고, 종양의 여유폭(margin)을 줄일 수 있는 등의 많은 장점을 가지고 있다^{7,8)}. Varian 사(USA)의 호흡동조 방사선치료 방법은 RPM(Real-time Position

This article is performed 2016 research funding support of Dongnam Health University of Suwon

Corresponding author: Kyung-Tae Kwon, Dongnam Health University of Suwon, 50, CheonCheon-ro 74-gil, Jangan-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, 16328, Republic of Korea / Tel: +82-31-249-6404 / E-mail: ktkwon@dongnam.ac.kr

Received 17 November 2016; Revised 05 December 2016; Accepted 06 December 2016

Management) Respiratory Gating system을 이용하여 marker block을 환자의 배 위에 올려놓고 적외선 카메라로 marker block을 인식하여 환자의 호흡에 따른 marker block의 움직임을 환자의 호흡 신호로 표시하며 그 신호에 맞추어 Phase gating 방식으로 종양의 움직임이 안정적인 호흡구간(보통 30%~70%)에 방사선을 조사하는 호흡동조 방사선치료를 시행하고 있다.

더불어 보다 정상조직을 보호하기 위하여 치료계획이 복잡해지면서 동일평면(Coplanar)이 아닌 비동일평면(Noncoplanar)의 치료계획도 많이 증가 하였다. 비동일평면치료는 couch의 회전이 있기 때문에 couch의 회전에 따른 적외선(Infrared)카메라와 marker 사이의 거리 변화로 인하여 marker 움직임의 인식을 RPM(Real-time Position Management) system의 2-Dimensional gating configuration (two dot marker block)과 3-Dimensional gating configuration(six dot marker block)에서 각각의 방식에 따른 marker block의 움직임 반영(baseline 변화)의 정확성을 평가하고자 한다⁹⁻¹²⁾(Fig. 1).

II. 대상 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용한 기기로는 의료용 선형가속기, Quality Assurance moving phantom(VARIAN, USA), two dot marker, six dot marker 및 RPM(Real-time Position Management) Respiratory Gating System(version 1.7.5, VARIAN, USA)을 가지고 실험하였다.

2. 실험방법

RPM(Real-time Position Management) Respiratory Gating System(version 1.7.5, varian, USA)이 couch의 회전에 따른 적외선(Infrared)카메라와 marker 사이의 거리변화로 인하여 동일한 진폭(1.3 cm)으로 계속되는 움직임을 RPM Respiratory Gating System의 configuration 방식에 따른 2D gating configuration과 3D gating configuration에서 어떻게 반영하는 확인하기 위하여 QA moving 팬텀에 올려놓은 marker를 isocenter에서 marker의 중심을 setup한 후 QA moving 팬텀을 작동하여 RPM 신호를 획득할 수 있도록 한다(Fig. 2).

RPM Respiratory Gating System의 2D gating configuration에서 couch angle을 기준 0°에서 RPM system

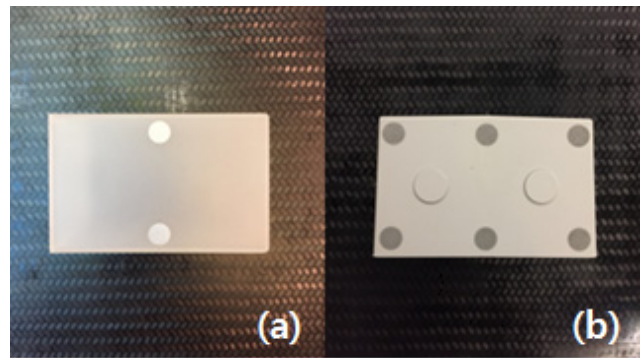


Fig. 1 2 dot marker(a), 6 dot marker(b)

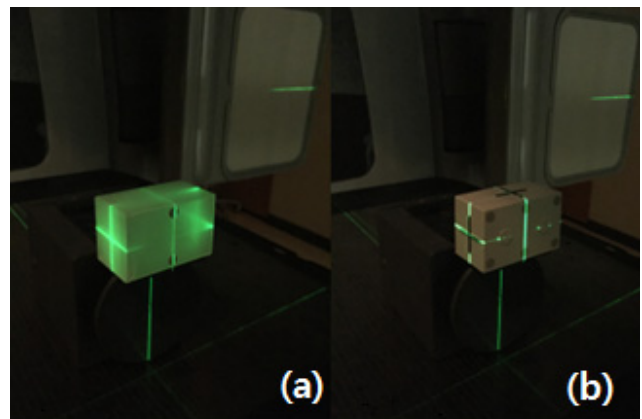


Fig. 2 Marker on QA moving phantom aligned with isocenter 2dot marker(a), 6dot marker(b)

의 호흡 신호를 기록한 후 시계방향인 10° 이동하여 10° 변화에 따른 RPM system의 호흡 신호를 측정하였다.

couch angle을 20°로 이동하여 20° 변화에 따른 호흡 신호를 기록하였다. couch angle을 30°로 이동하여 30° 변화에 따른 호흡 신호를 측정하였다(Fig. 3).

RPM Respiratory Gating System의 3D gating configuration에서 couch angle을 기준 0°에서 RPM system의 호흡 신호를 기록한 후 시계방향인 10° 이동하여 10° 변화에 따른 RPM system의 호흡 신호를 기록하였다. couch angle을 20°로 이동하여 20° 변화에 따른 RPM system의 호흡 신호를 기록하였다. couch angle을 30°로 이동하여 30° 변화에 따른 RPM system의 호흡 신호를 측정하였다(Fig. 4).

반시계방향도 시계방향의 반대방향으로 0°, 350°, 340°, 330°에서 동일한 방법으로 RPM system에서의 호흡 신호를 측정하였다.

RPM Respiratory Gating System의 2D gating configuration에서 couch angle을 기준 0°에서 RPM system의 호흡 신호를 기록한 후 10° 이동하여 couch



Fig. 3 Variation of couch angle (10°, 20°, 30°) in 2D gating configuration(2dot marker)



Fig. 5 Variation of couch angle (350°, 340°, 330°) in 2D gating configuration(2dot marker)



Fig. 4 Variation of couch angle (10°, 20°, 30°) in 3D gating configuration(6dot marker)



Fig. 6 Variation of couch angle (350°, 340°, 330°) in 3D gating configuration(6dot marker)

angle 350°에서 RPM system의 호흡 신호를 측정하였다 (Fig. 5).

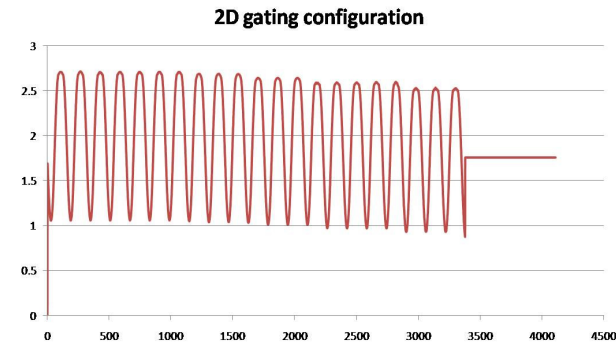
couch angle을 20° 이동하여 340°에서 RPM system의 호흡 신호를 기록하였다. couch angle을 30° 이동하여 330°에서 RPM system의 호흡 신호를 측정하였다(Fig. 6).

III. 결 과

1. 2D gating configuration에서 couch angle을 시계방향으로 10° 변화하여 기준 0°에서의 baseline과 couch angle 10°에서 비교하였을 때 기준 0°에서 진폭값 1.054에

Table 1 Value for couch angle(CW) in 2D gating configuration

couch angle(°)	value	%
couch 0°	1.054	
couch 10°	1.046	99,24
couch 20°	1.006	95,44
couch 30°	0,931	88,33

**Fig. 7** Sinogram of motion about 2dot marker block in 2D gating configuration**Table 2** Value for couch angle(CCW) in 2D gating configuration

couch angle(°)	value	%
couch 0°	1.062	
couch 350°	1.058	99,60
couch 340°	1.035	97,45
couch 330°	0.941	88,61

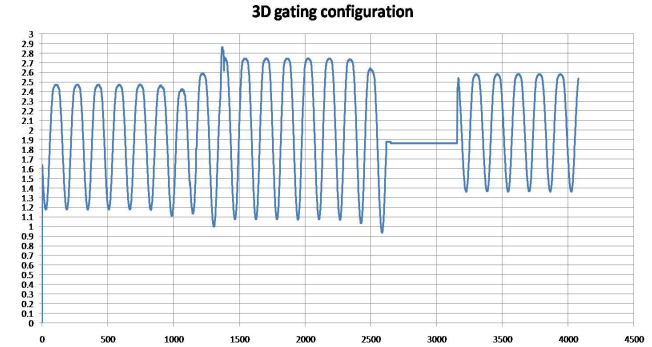
서 1.046으로 변화되었다. 20° 변화하여 couch angle 20°에서 비교하였을 때 진폭값이 1.006으로 변화되었다. 30° 변화하여 couch angle 30°에서 비교하였을 때 진폭값이 0.931으로 변화되었다(Table 1), [Fig. 7].

couch angle을 반시계방향으로 10° 변화하여 기준 0°에서의 baseline과 couch angle 350°에서 비교하였을 때 기준 0°에서 진폭값 1.062에서 1.058로 변화되었다. 20° 변화하여 couch angle 340°에서 비교하였을 때 진폭값이 1.035로 변화되었다. 30° 변화하여 couch angle 330°에서 비교하였을 때 진폭값이 0.941로 변화되었다(Table 2).

2. 3D gating configuration에서 couch angle을 시계방향으로 10° 변화하여 기준 0°에서의 baseline과 couch angle 10°에서 비교하였을 때 기준 0°에서 진폭값 1.173에서 1.165로 변화되었다. 20° 변화하여 couch angle 20°에서 비교하였을 때 진폭값이 1.132로 변화되었다. 30° 변화하여 couch angle 30°에서 비교하였을 때 진폭값이 1.083

Table 3 Value for couch angle(CW) in 3D gating configuration

couch angle(°)	value	%
couch 0°	1.173	
couch 10°	1.165	99,31
couch 20°	1.132	96,50
couch 30°	1.083	92,33

**Fig. 8** Sinogram of motion about 6dot marker block in 3D gating configuration**Table 4** Value for couch angle(CCW) in 3D gating configuration

couch angle(°)	value	%
couch 0°	1.168	
couch 350°	1.157	99,06
couch 340°	1.124	96,23
couch 330°	1.079	92,38

로 변화되었다(Table 3), [Fig. 8].

couch angle을 반시계방향으로 10° 변화하여 기준 0°에서의 baseline과 couch angle 350°에서 비교하였을 때 기준 0°에서 진폭값 1.168에서 1.157로 변화되었다. 20° 변화하여 couch angle 340°에서 비교하였을 때 진폭값이 1.124로 변화되었다. 30° 변화하여 couch angle 330°에서 비교하였을 때 진폭값이 1.079로 변화되었다(Table 4).

IV. 고 찰

본 논문에서 couch angle의 변화에 따른 적외선 카메라와 marker 사이의 거리 증가에 따른 일정한 움직임의 반영의 정확성은 RPM(Real-time Position Management) Respiratory Gating System(version 1.7.5, varian, USA)의 3D gating configuration이 2D gating configuration

보다 더 정확하게 반영함을 알 수 있었다. 하지만 임상에서 주로 사용되는 호흡동조 방사선치료(Respiratory Gated Radiation Therapy, RGRT) 방식인 Phase gating에서는 호흡 패턴의 phase에 맞추어 설정한 phase 구간에서 방사선이 조사되기 때문에 baseline의 변화가 절대적으로 반영되지 못하고 있다. 한 번 더 생각해 볼 점은 couch angle 변화에 따른 거리 증가로 인한 baseline의 변화보다 환자의 호흡변화가 더 큰 오차를 유발할 수 있는 점이다. 이런 이유로 치료 중에 환자의 호흡을 안정화 시키려는 연구와 장비의 개발이 지속적으로 이루어지고 있다¹³⁻¹⁵⁾.

호흡동조 방사선치료에서는 동일평면(Coplanar), 비동일 평면(Noncoplanar) 치료계획모두 가능하다면 환자 호흡 신호를 얻은 후 방사선조사 전에 투시를 이용하여 호흡 신호에 따른 종양의 움직임을 계획된 phase 구간에 종양이 위치함을 확인한 후 치료를 진행하는 것이 가장 바람직하다고 사료된다.

V. 결 론

환자의 호흡을 반영하는 marker의 움직임을 2개의 점으로 인식하는 2D gating configuration에서 기준 0°대비 시 계방향으로 couch angle을 변화시켜 10°, 20°, 30° couch angle 변화에 따라 진폭값의 차이가 99.24%, 95.44%, 88.33% 이며 반시계방향 350°, 340°, 330° couch angle에서는 99.62%, 97.45%, 88.61% 차이를 보였다. 6개의 점을 평면으로 인식하는 3D gating configuration에서는 기준 0° 대비 시계방향으로 couch angle을 변화시켜 10°, 20°, 30° couch angle 변화에 따라 진폭값의 차이가 99.31%, 96.50%, 92.33% 이며 반시계방향 350°, 340°, 330° couch angle에서는 99.06%, 96.23%, 92.38% 차이를 보였다. 또한 angle 10° 변화 시 3.6%에서 2.5%, 20° 변화 시 21%에서 2.8%, 30° 변화 시 3.1%에서 0.5%로 3D gating configuration에서 감소함을 알 수 있었다. 이는 couch angle의 변화에 따른 적외선 카메라와 marker사이의 거리 증가를 3D gating configuration이 2D gating configuration보다 정확한 반영이 되었음을 확인하였다.

REFERENCES

1. Wink NM, Chao M, Antony J, Xing L : Individualized gating windows based on four-dimensional CT in-

formation for respiration-gated radiotherapy. *Phys Med Biol*, 53, 165-175, 2008

2. Ahmed RS, Shen S, Ove R, Duan J, Fiveash JB, Russo SM : Intensity modulation with respiratory gating for radiotherapy of the pleural space, *Med Dosim*, 32, 16-22, 2007

3. Kupelian PA, Lee C, Langen KM et. al. : Evaluation of image-guidance strategies in the treatment of localized prostate cancer, *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 70, 1151-1157, 2008

4. Seppenwoolde Y, Shirato H, Kitamura K et. al. : Precise and real-time measurement of 3D tumor motion in lung due to breathing and heartbeat, measured during radiotherapy, *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 53, 822-834, 2002

5. Bak J, Jeong K, Keum KC, Park SW : On-line image guided radiation therapy using Cone-Beam CT (CBCT), *J Korean Soc Ther Radiol Oncol*, 24, 294-299, 2006

6. Korin HW, Ehman RL : Riedere Respiratory kinematics of the upper abdominal organs: a quantitative study, *Magn Reson Med*, 23, 172-178, 1992

7. Eunsung Jang, Sooman Kang, Cholsoo Lee, Se-Sik Kang : Accuracy Evaluation of Tumor Therapy during Respiratory Gated Radiation Therapy, *The journal of KSRT*, 22(2), 113-122, 2010

8. Yang Hoon Lee, Jae Hee Lee, Suk Hyun Yoo : Production and Assessing Usefulness of the Moving Phantom for Respiration Gated Radiotherapy, *The journal of KSRT*, 22(2), 135-144, 2010

9. Ono T, Takegawa H, Ageishi T et al. : Respiratory monitoring with an acceleration sensor. *Phys Med Biol*, 2011 Oct 7;56(19):6279-89, Epub 2011

10. Tachibana H, Kitamura N, Ito Y et al. : Management of the baseline shift using a new and simple method for respiratory-gated radiation therapy: detectability and effectiveness of a flexible monitoring system, *Med Phys*, Jul;38(7):3971-80, 2011

11. Hu W, Xu A, Li G et al. : A real-time respiration position based passive breath gating equipment for gated radiotherapy: a preclinical evaluation, *Med Phys*, Mar;39(3):1345-50, 2012

12. Cui G, Gopalan S, Yamamoto T. et al. : Commissioning

- and quality assurance for a respiratory training system based on audiovisual biofeedback, *J Appl Clin Med Phys*, Jul 12;11(4), 3262, 2010
13. Xia JI, Siochi RA. : A real-time respiratory motion monitoring system using KINECT: proof of concept, *Med Phys*, May;39(5):2682-5, doi: 10.1118/1.4704644, 2012
14. Oh SA, Yea JW, Kim SK : Statistical Determination of the Gating Windows for Respiratory-Gated Radiotherapy Using a Visible Guiding System, *PLoS One*, 26;11(5):e0156357. doi: 10.1371/journal.pone0156357, 2016
15. Hamlet SM, Haggerty CM. : An interactive video-game designed to improve respiratory navigator efficiency in children undergoing cardiovascular magnetic resonance, *J Cardiovasc Magn Reson*, 6;18(1):54, doi: 10.1186/s12968-016-0272-z, 2016

•Abstract

Evaluation of Accuracy About 2D vs 3D Real-Time Position Management System Based on Couch Rotation when non-Coplanar Respiratory Gated Radiation Therapy

Kyung-Tae Kwon¹⁾·Jung-Soo Kim¹⁾·Hyun-Sun Sim²⁾·Jung-Whan Min³⁾·Soon-Yong Son⁴⁾
Dong-Kyoon Han⁵⁾

¹⁾Department of Radiologic Technology, Dongnam Health University

²⁾Department of Radiologic Science, College of Health Sciences, Korea University

³⁾Department of Radiological Technology, Shingu University College

⁴⁾Department of Radiotechnology, Wonkwang Health Science University

⁵⁾Department of Radiologic Science, College of Health Sciences, Eulji University

Because of non-coplanar therapy with couch rotation in respiratory gated radiation therapy, the recognition of marker movement due to the change in the distance between the infrared camera and the marker due to the rotation of the couch is called RPM (Real-time The purpose of this paper is to evaluate the accuracy of motion reflections (baseline changes) of 2D gating configuration (two dot marker block) and 3D gating configuration (six dot marker block).

The motion was measured by varying the couch angle in the clockwise and counterclockwise directions by 10° in the 2D gating configuration. In the 3D gating configuration, the couch angle was changed by 10° in the clockwise direction and compared with the baseline at the reference 0°. The reference amplitude was 1.173 to 1.165, the couch angle at 20° was 1.132, and the couch angle at 1.0° was 1.083. At 350° counterclockwise, the reference amplitude was 1.168 to 1.157, the couch angle at 340° was 1.124, and the couch angle at 330° was 1.079. In this study, the phantom is used to quantitatively evaluate the value of the amplitude according to couch change.

Key Words : QA moving phantom, Dot marker, RPM Systems