Journal of Radiation Industry 13(4) : 383~387(2019)

고 에너지 선형가속기 Couch의 Gantry 회전조사 방향에 따른 선량 변화 연구

지연상[1] · 김성길[2,*] · 정묘영[3,4] · 이정훈[5]

[1]광주보건대학교 방사선과, [2]한려대학교 방사선학과,
[3]조선대학교 호남권역 재활병원, [4]동신대학교 보건의료학과,
[5]신한대학교 방사선학과

Dose Variation According to the Direction of Gantry Rotation of High Energy Linear Accelerator Couch

Youn-Sang Ji[1], Sung-Gil Kim[2,*], Myo-Young Jung[3,4] and Jeong-Hun Lee[5]

[1]*Department of Radiological Technology, Gwangju Health University, 73, Bungmun-daero 419 beon-gil, Gwangsan-gu, Gwangju 62271, Republic of Korea*
[2]*Department of Radiological Science, Hanlyo University, 94-13, Hallyeodae-gil, Gwangyang-eup, Gwangyang-si, Jeollanam-do 57764, Republic of Korea*
[3]*Department of Radiology, Chosun University Honam Regional Rehabilitation Hospital, Haseoro 590, Buk-gu, Gwang-ju 61027, Republic of Korea*
[4]*Department of Public Health and Medicine, Dongshin University Graduate School, 185, Geonjae-ro, Naju-si, Jeollanam-do 58245, Republic of Korea*
[5]*Department of Radiological Science, Shinhan University, 95, Hoam-ro, Uijeongbu-si, Gyeonggi-do 11644, Republic of Korea*

Abstract - Couch consisting of carbon and acrylic material was irradiated with Gantry and the dose to the tumor was compared with Min, Max and Mean values. Novails Tx dedicated treatment table was irradiated with 6 MV and 10 MV, and the attenuation coefficient of the does according to the angle (0°, 140°, 180°) were compared and analyzed when transmitting the table. As a result of comparing the dose values obtained in this paper, it was confirmed that the dose distribution to the normal tissues in the carbon material table is narrower than the acrylic material. When the experiment was conducted with 6 MV and 10 MV on the Novils TX, it was confirmed that the loss was the largest at 140° due to the density of the table. It is considered that the treatment effect will be better with the correction because the treatment is performed without the correction according to the angle when the usual radiation treatment is performed.

Key words : Couch, Carbon fiber, PMMA, Novalis Tx, Gantry

* Corresponding author: Sung-Gil Kim, Tel. +82-61-760-1137,
Fax. +82-61-760-1105, E-mail. stardr@hanmail.net

서 론

방사선 치료기술은 정밀도와 정확성을 높이기 위해 여러 가지 첨단 장치기술이 발전되어 왔으며 종양에 최적의 선량이 조사되어지도록 다양한 방법의 치료가 시행되어지고 있다. 입체조영조사, 세기변조조사, 영상유도조사, 4차원호흡동조 등의 방사선 치료계획을 통한 개발이 끊임없이 이루어지고 있다(Segars and Tsui 2002). 방사선치료계획 시스템(Treatment Planning system)이 적용되어 정상조직과 종양조직의 선량변화를 합리적으로 계획해서 효율적인 치료가 시행되어지고 있다. 환자의 움직임이나 호흡의 변화와 환자의 Set-up에 따른 위치 변화 오차를 고려한 치료계획도 이루어지고 있다. 하지만 대부분의 치료계획시스템에서 ARC 조사의 여러가지 회전각도 변화와 테이블 재질에 대한 조사되는 방사선 감약에 대해서는 선량변화 오차를 보정하지 못하는 치료가 이루어지고 있다. 방사선치료 테이블에 사용되는 재료는 Carbon fiber couch (CFC)가 대부분 사용되지만 아크릴 재질의 Couch (polymethyl-methacrylate; PMMA) 등 다른 재질도 사용되고 있다. CFC는 기계적인 강도가 높고 밀도가 낮아 방사선 투과성이 좋을 뿐만 아니라, 감약도 따른 재질에 비하여 매우 낮다(Chie *et al*. 2005; Kim *et al*. 2011). Kim의 연구에 의하면 6 MV 고에너지 엑스선에 의한 Gantry 각도에 따라서 보통 2~9%까지 방사선감약이 이루어진다는 보고를 하고 있다(Kim *et al*. 2012). Gantry 각도는 카본 치료테이블의 구성에 따라 Side Rail, Side Bar, Spine down Bar와 같이 지지대로 구성되어 있어 조사부위 각도에 따라 영향을 받은 것으로 사료되어진다(Glide-Hurst *et al*. 2013). 본 논문에서는 임상에서 사용되고 있는 아크릴재질의 테이블과 Novalis Tx전용 테이블의 Gantry 각도 변화에 따른 방사선 조사선량의 변화를 비교 분석하여 유용성을 알아보고자 한다.

실험기기 및 방법

실험기기는 Novalis TX (BrainLab, Germany), Electrometer (PTW, Germany), Ion chamber (IBA dosimetry 04CC, Germany), Arc check (Model 1220), 전산화단층촬영 (Light speed RT16, Germany, USA)을 사용하였으며 실험방법은 고에너지 노발리스 전용 Couch에 고에너지 엑스선을 조사하여 200 MU, 600 D/R, 조사야 10 × 10 cm로 Gantry 각도와 에너지에 따른 선량 감약 계수를 구하였다. 아크릴재질의 Couch (polymethyl-methacrylate, PMMA)와 카본 재질의 노발리스 전용 Couch (Cabon Fiber Couch, CFC)을 투과하는 광자선이 정상조직과 육안적 용적(gross tumer volume, GTV) 조사선량의 영향을 미치는지 3회조사하여 평균값을 얻어 DVH (선량체적히스토그램)를 통하여 다음과 같은 방법으로 비교분석 하였다. 아크릴 재질의 Couch에 Gantry를 90~180° 회전시켜

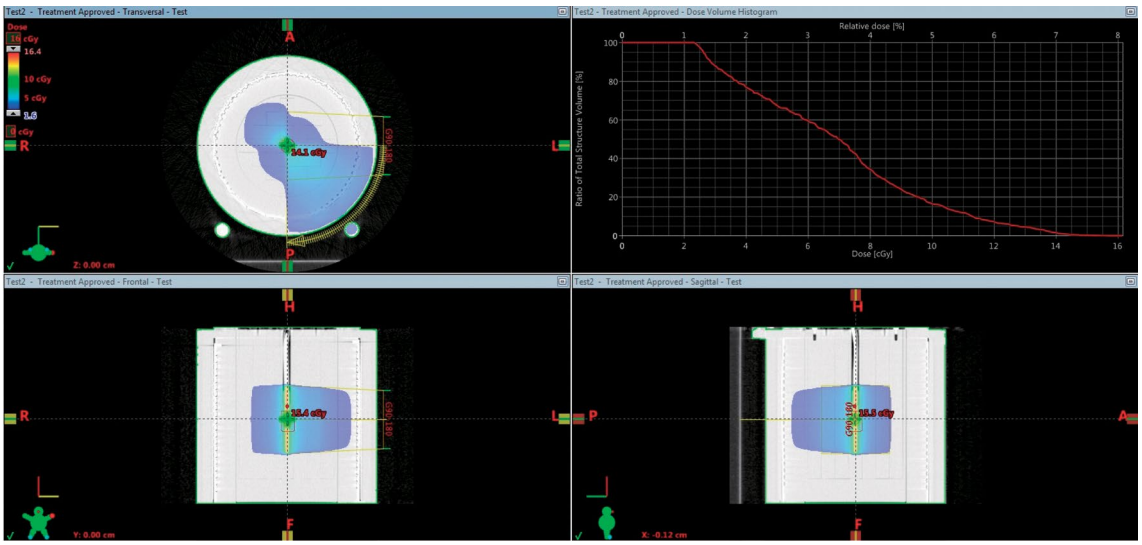

Fig. 1. GTV dose volume histogram with couch 90~180° rotation irradiation.

Table 1. DVH values of GTV and normal tissue in couch rotation irradiation

Angle	Structure	Dose cover (%)	Min dose (cGy)	Max dose (cGy)	Mean dose (cGy)
90~180°	GTV	100.0	2.3 (1.65%)	16.2 (8.1%)	6.9 (3.45%)
	Normal tissue	100.0	0.0 (0%)	16.3 (8.15%)	0.6 (0.3%)

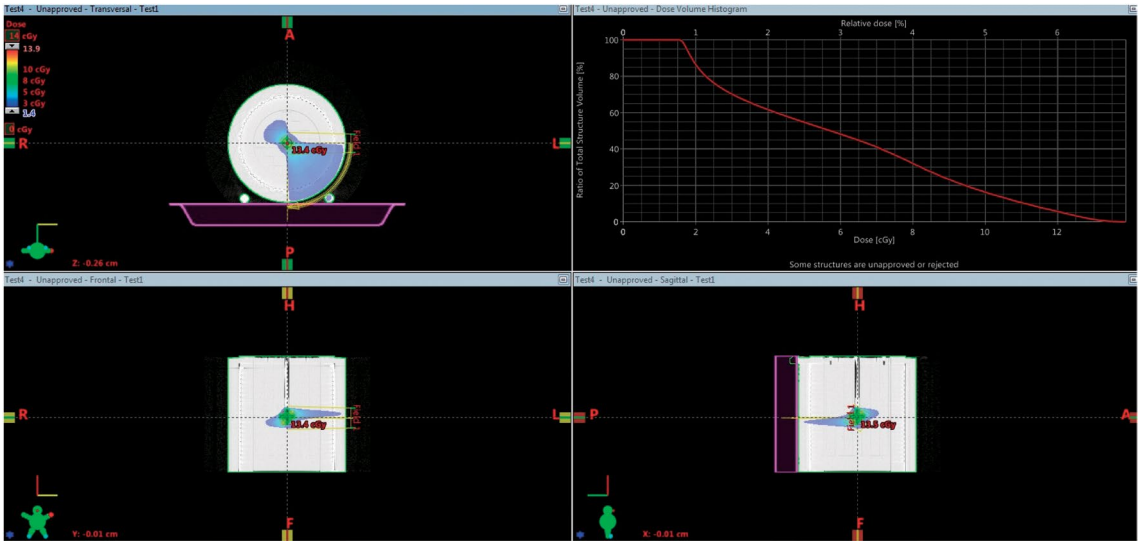

Fig. 2. Dose volume histogram of 90~180° rotation irradiation of carbon couch.

Table 2. DVH values of GTV and normal tissues during carbon spin examination

Angle	Structure	Dose cover (%)	Min dose (cGy)	Max dose (cGy)	Mean dose (cGy)
90~180°	GTV	100.0	1.5 (0.75%)	13.9 (6.95%)	6.0 (3%)
	Normal tissue	100.0	0.0 (0%)	13.9 (6.95%)	0.2 (0.1%)

조사선량이 육안적 용적GTV)과 정상조직에 미치는 선량변화를 Min, Max, Mean값을 분석하였고, 노발리스 전용 Couch에 Gantry를 90~180° 회전시켜 조사선량이 육안적 용적(GTV)과 정상조직에 미치는 선량변화에 Min, Max, Mean값을 분석하였으며, Gantry를 90~180° 회전시켜 아크릴 재질의 테이블과 노발리스의 카본 재질의 테이블에서 얻은 조사선량을 육안적 용적과 정상조직선량으로 비교분석 하였다. 또한 Novalis Tx전용 치료 테이블에 6 MV, 10 MV를 조사하여 고에너지 엑스선 변화와 각도에 따른 선량을 측정하였고, 전후방향(Anterior Position, 0°)과 테이블의 가장 밀도가 높은 후전사방향(Posterior Oblique, 140°), 후전방향(Posterior, 180°)에서 조사하여, 테이블을 투과하는 선량의 오차율을 측정하여 비교분석 하였다.

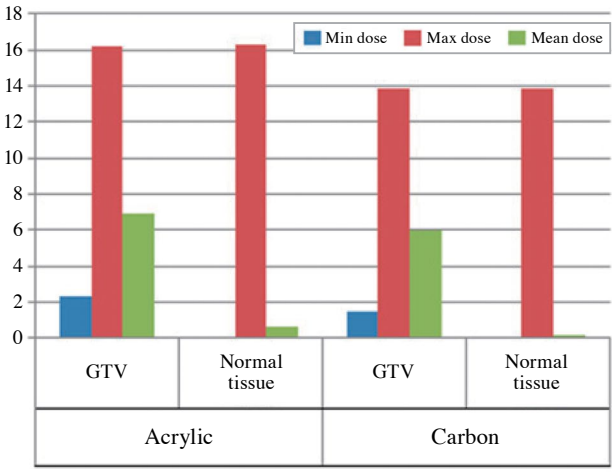

Fig. 3. GTV dose volume histogram of couch of acrylic material and carbon material.

결 과

1. 아크릴 재질의 couch gantry 각도에 따른 결과

Table 1과 Fig. 1에서 나타났듯이 아크릴 재질의 Couch을 투과하는 90~180°에서 연속조사를 하여 측정된 GTV와 normal tissue의 Min 값은 2.3과 0.0, MAX 값은 16.2와 16.3, Mean 값은 6.9와 0.6이다. GTV의 Mean dose에서 3.45%, 정상조직에서는 0.3%로 GTV에서 더 많은 선량의 오차가 미치는 것으로 나타났다.

2. 노발리스 전용 카본 couch gantry 각도에 따른 결과

Table 2와 Fig. 2에서 나타났듯이 카본 재질의 Couch을 투과하는 90~180°에서 연속조사를 하여 측정된 GTV와 normal tissue의 Min 값은 1.5와 0.0, MAX 값은 13.9 Mean 값은 6.0와 0.2이다. GTV의 Mean dose에서 3%, 정상조직에서는

Table 3. Comparative analysis of couch dose between acrylic material and carbon material

Angle	Couch	Structure	Dose cover (%)	Min dose (cGy)	Max dose (cGy)	Mean dose (cGy)
90～180°	PMMA	GTV	100.0	2.3 (1.15%)	16.2 (8.1%)	6.9 (3.45%)
		Nominal tissue	100.0	0.0 (0%)	16.3 (8.15%)	0.6 (0.3%)
	CFC	GTV	100.0	1.5 (0.75%)	13.9 (6.95%)	6.0 (3%)
		Nominal tissue	100.0	0.0 (0%)	13.9 (6.95%)	0.2 (0.1%)

Table 4. 6 MV and 10 MV irradiation dose and mean value

Gantry angle	Energy	
	6 MV	10 MV
0 (Anterior)	1.42 (0.2%)	1.65 (0.3%)
140 (Posterior oblique)	1.26 (12.3%)	1.50 (8.8%)
180 (Posterior)	1.37 (3.7%)	1.60 (3.2%)

0.1%로 GTV와 정상조직의 선량변화는 오차범위 안에서 영향을 미친 것으로 나타났다.

3. 아크릴과 카본 재질 couch의 gantry 각도에 따른 선량변화

Table 3과 Fig. 3에서 나타났듯이 아크릴과 카본 재질의 Couch을 투과하는 90～180°에서 연속조사를 하여 측정된 couch 재질의 PMMA와 CFC의 GTV Min 값은 2.3과 1.5, MAX 값은 16.2와 13.9, Mean 값은 6.9와 6.0이다. 아크릴 재질과 카본 재질의 GTV값의 Mean dose를 비교해 보면 오차범위 안에서 카본재질의 couch가 선량 감약이 작은 것으로 나타났다.

4. 노발리스 에너지 변화에 따른 couch의 선량변화

고에너지 선속가속기의 Novalis Tx전용 Couch (CFC)에 6 MV와 10 MV를 각 3회 조사하여, 표준감쇠선량을 전후방향 (Anterior Position, 0°)으로 하고, Couch의 가장 밀도가 높은 후전사방향 (Posterior Oblique, 140°), 후전방향 (Posterior, 180°)의 감쇠율과 오차율을 측정하였다. 6 MV의 전후방향 (0°)의 평균 오차율 0.2%, 후전사방향(140°)의 평균 오차율 12.3%, 후전방향(180°) 평균 오차율 3.7%이고, 10 MV의 전후방향(0°)의 평균오차율 0.3%, 후전사방향(140°) 평균 오차율 8.8%, 후전방향(180°) 평균 오차율 3.2%이 측정되었다 (Table 4).

고 찰

방사선 치료의 가장 큰 문제는 종양 주위의 정상조직에 많은 피폭을 주는 치료계획이 시행되었다. 하지만 근래에는 첨단 기술 발달로 토모테라피, 노발리스 Tx, Cyber knife 등 정상조직에 장해를 줄여주는 여러 가지 치료계획 보조장치인 OBI, Exactrac system으로 환자의 Set up을 정확히 하여, 정상조직에는 피해를 최소화하고 악성종양에 집중적으로 조사되는 시스템으로 정확한 치료를 할 수 있게 되었다(Lee *et al*. 2002; Kim *et al*. 2009). 본 실험에 이용되는 Novails Tx는 첨단 방사선 수술 및 시스템으로 종양을 가장 정밀하게 제어할 수 있으며 4차원 실시간 호흡관리시스템이 장착되어 있어 환자의 불규칙한 호흡에 따른 종양의 움직임에도 다른 기기와 달리 대응할 수 있어 호흡으로 인한 방사선 조사오류를 방지할 수 있고, 이로 인해 그동안 어려웠던 폐암환자들의 암 치료나 호흡에 따라 움직이는 종양의 치료의 효율을 높이게 되었다(Segars and Tsui 2002; Feygelman *et al*. 2010; Marguet *et al*. 2010). 방사선 치료에 있어서 치료 성과를 높이기 위해서는 여러 가지 요인들이 있다. 본 논문에서 실험한 테이블 재질에 의해 변화하는 에너지가 치료에 얼마나 영향을 미치는지 아크릴과 카본 테이블을 비교분석 하였다. 일반 테이블은 아크릴 재질을 사용하는데, Novails Tx전용 치료테이블은 탄소섬유를 재질로 사용한다. 그 이유는 아크릴 재질은 경도가 떨어져서 임상에 사용할 시 10 mm 이상의 두께가 필요하며 이와 같은 경우에는 심부 선량 감소와 최대 선량 깊이 변화 및 피부 선량 증가 등의 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Chie *et al*. 2005). 그 결과 탄소 섬유로 이루어진 Novails Tx전용 치료테이블은 일반 치료 테이블보다 정상조직에 선량이 더 적게 들어가게 되는 것을 실험결과로 알 수 있게 되었고, Novails Tx전용 치료테이블의 장점이 아크릴 테이블보다 얼마나 효과적인지 확인하기 위해 90～180° 회전조사하여 Min dose, Max dose, Mean dose값으로 두 테이블을 비교하였다.

아크릴 재질은 탄소 섬유(Carbon filter)에 비해 경도가 떨어지고 투과성이 낮기 때문에 선량이 테이블을 투과할 때 산란이 발생하여 정상 조직에 넓은 선량이 분포되었고, Carbon 재질은 경량이 가볍고, 경도가 높으며, 투과성이 우수하기 때문에, 정확한 선량이 표적 용적에 조사되어 정상 조직의 피해를 최소화하고 표적 용적에는 고 선량을 조사할 수 있다.

결 론

방사선 치료에 있어 테이블의 재질과 Gantry 각도는 치료

결과에 영향을 준다는 것을 본 논문 실험을 통해서 알 수 있었다. 아크릴재질의 couch에서 GTV에 들어가는 선량은 최소 1.65%, 최대 8.1%이고, 노발리스 카본재질의 couch에서 GTV에 들어가는 선량은 최소 0.75%, 최대 6.95%로 나왔다. 아크릴과 카본재질의 couch에서 GTV에 들어가는 선량을 비교하면 최소 0.75%, 최대 8.15%이다. 노발리스에서 6 MV와 10 MV의 에너지로 비교하였을 때, 0.2~12.3%의 선량변화를 알 수 있었다. Carbon 테이블은 투과성이 우수하여 정상조직보다는 GTV에 선량이 더 많이 들어가는 것을 알 수 있었고, 그 반면에 아크릴 테이블은 GTV에 선량이 들어가긴 하지만 정상조직에도 많은 장해를 주는 것을 확인할 수 있었다. 그 이유는 아크릴 재질은 투과성이 낮기 때문에 테이블을 투과할 때, 선량의 산란이 발생하며, GTV보다 정상조직에 선량이 분포된다고 사료된다. 방사선 치료에서는 이러한 couch의 재질과 각도에 따른 선량의 변화를 보정의 어려움이 있어 각도에 의해 변화하는 선량을 보완하므로 더욱 높은 치료성과를 나타낼 것이라고 사료된다.

사 사

The Research has been conducted by the Research Grant of Gwangju Health University in 2019 (2019015).

참 고 문 헌

Chie EK, Park JP, Huh SN, Hong SM, Park SW, Kim IA, Wu HG, Kim JS, Kang WS, Kim LH, Ha SW and Park CL. 2005. Carbon fiber as material for radiation fixation devise: A comparative study with acrylic. *J. Korea Asso. Radiat. Prot.* **30**(1):1-7.

Feygelman V, Hunt D, Walker L, Mueller R, Demarco ML, Dilling T, Stevens C and Zhang G. 2010. Validation of pinnacle treatment planning system for use with Novalis delivery unit. *J. Appl. Clin. Med. Phys.* **11**(3):135-153.

Glide-Hurst C, Bellon M, Foster R, Altunbas C, Speiser M, Altman M, Westerly D, Wen N, Zhao B, Miften M, ChettyI J and Solberg T. 2013. Commissioning of the varian TrueBeam linear accelerator: A multi-institutional study. *Med. Phys.* **40**(3):031719.

Kim HD, Kim BY, Kim SJ, Yun SM and Kim SK. 2012. Influence of couch and collimator on dose distribution of rapid arc treatment planning for prostate cancer in radiation therapy. *J. Med. Phys.* **23**(2):99-105.

Kim JS, Yoon MG, Park SY, Shin S, Shin EH, Ju SG, Ha YY and Ahn YC. 2009. A dose volume histogram analyzer program for external beam radiotherapy. *J. Radiat. Oncol.* **27**(4):240-248.

Kim SJ, Shin HS, Ko SY, Park HL, Kim JY, Lee BM, Yea JW and Kim SK. 2011. A correction method of dose to attenuation rate of transmitting photon beam through couch top for radiosurgery using Novalis. *J. Med. Phys.* **22**(1):12-17.

Lee DJ, Sohn MJ, Choi KY, Yee GT, Choi CY and Hwang KC. 2002. Assessment of the optic-guided patient positioning for spinal stereotactic radiosurgery using Novalis ExacTrac system. *J. Med. Phys.* **13**(4):218-223.

Marguet M, Garcia R and Bordage MC. 2010. Evaluation of a new table, Exact IGRT (Varian), on the treatment beam attenuation and the image quality. *Cancer Radiother.* **14**(1):42-49.

Segars WP and Tsui BMW. 2002. Study of the efficacy of respiratory gating in myocardial SPECT using the new 4-D NCAT phantom. *IEEE Transactions Nucl. Sci.* **49**(3):675-679.

Received: 10 October 2019
Revised: 28 October 2019
Revision accepted: 12 December 2019