

# Radiation Protective Effect of the Thyroid Gland Using Bolus Protector in the Dental Cone Beam Computed Tomography

Tae Hui Lee,<sup>1</sup> Seung Hun Jeong,<sup>1</sup> Dong Woo Kim,<sup>1</sup> Myeong Hwan Park,<sup>2</sup> Tae-Hyung Kim<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, Wonju Medical Center

<sup>3</sup>Department of Radiologic Technology, Daegu Health College

<sup>2</sup>Department of Radiological Science, College of Health Science, Kangwon National University

Received: May 30, 2019. Revised: June 27, 2019. Accepted: June 30, 2019

## ABSTRACT

In order to minimize the radiation exposure dose of the thyroid site at dental cone-beam computer tomography, a protector using a Bolus was prepared, and the radiation shielding effect and the appropriateness of the image were evaluated. Using a dental cone-beam computed tomography (CBCT), a glass dosimeter was attached to the left and right sides of the thyroid for a dental radiation phantom, and the radiation dose was measured. The absorbed dose for each shield was measured by another method to 10 mm, 20 mm, and 30 mm-thickness, respectively. Eight evaluators evaluated whether or not the medical image is appropriate. When using a 30 mm Bolus shield at the left thyroid site, the resulting value is reduced by an average of 342.67  $\mu$  Gy by 20.7% from the average value of 431.22  $\mu$  Gy measured without using a Bolus shield, the right thyroid site In the case of using 30 mm Bolus shield, it showed a dose reduction effect of 21.9% with an average of 424.56  $\mu$  Gy. The adequacy of the medical image was judged to be usable by both evaluators. In conclusion, the dental cone-beam computerized tomography can be used as a useful shielding material because it has a radiation shielding effect and it is possible to treat the diagnosis of the bolus protector in the thyroid without any obstruction shade in order to minimize the radiation dose.

Keywords: cone-beam computed tomography, thyroid gland, radiation protection, dentistry

## I . INTRODUCTION

최근, 통계청이 발표한 고령인구의 비율은 2017년 총 인구 약 5,144만 중 65세 이상 고령 인구 비율은 약 13.8% (709만명), 2018년에는 14.3%, 2060년에는 41%가 될 것으로 예상하고 있다.<sup>[1]</sup> 국내 인구의 고령화 현상은 관련 노인 질환에 대한 진료비 증가와도 연관 있으며, 특히 치과에서 시행하는 임플란트 시술의 급여 확대로 치과 진료비가 전년 (2조 9,400억원) 대비 21.2% (6,220억원) 증가하고 있다.<sup>[2]</sup>

치과 진료 및 시술에 대한 의료 급여 확대로 임플란트 시술, 안면 두개 기저부 치료와 청소년층을 위한 교정치료가 보편화되면서 일반적인 진료실

환경에서의 전산화단층검사 (computed tomography, CT) 및 콘빔 전산화단층검사 (cone beam computed tomography, CBCT)가 증가하고 있다.<sup>[3,4]</sup> 2016년 건강보험심사평가원이 발표한 CBCT의 진료행위별 검사 통계에 따르면 총 검사건수가 35만 7,851건으로 전년 (28만 3,409건)대비 26.3% 증가한 것으로 나타났으며, 치과용 CBCT의 증가로 두경부의 방사선검사 시 인접한 정상장기의 방사선 피폭도 증가하고 있으며, 이와 관련된 대한 방사선 피폭에 대한 관리의 필요성이 대두되고 있다.<sup>[5-8]</sup>

본 연구는 치과에서 시행되고 있는 콘빔 전산화단층검사 시 갑상선 부위의 방사선 피폭선량을 최소화하기 위하여 조직등가물질인 보루스 (Bolus)를 이용한 차폐체를 제작하고, 방사선 차폐 효과와 진

\* Corresponding Author: Tae-Hyung Kim

E-mail: thkim@kangwon.ac.kr

Tel: +82-10-9283-7264

단 영상의 적정성을 평가하고자 한다.

## II. MATERIAL AND METHODS

본 연구는 Fig. 1과 같이 CBCT 장비 (Pax-Flex3D, VATECH, Korea)를 사용하여 치과방사선 두부 팬텀 (Dental Radiography Head Phantom, PH-47, Kyoto Kagaku, Japan)을 대상으로 갑상선의 좌, 우측 부위에 유리선량계 (Glass Dosimeter, GD-352M, SRS Tech, Japan)를 부착시켜 방사선량을 측정하였다. Bolus 차폐체 (Super-Flex Transparent Bolus Bolx I, Hagerstown, USA)는 Fig. 1 (a)와 같이 인체의 피부와 가장 근접한 재질인 조직등가물질인 고분자 재질 (Akton viscoelastic polymer)을 사용하였다. 고분자 재질은 1.03 g/cm<sup>3</sup>의 균일한 전자밀도를 갖고 있으며, 실험에 사용된 규격은 가로 40 cm, 세로 12 cm로 하여 두께를 각각 10 mm, 20 mm, 30mm로 달리 제작하였다.

Bolus의 방사선 차폐효과를 알아 보기위하여 차폐체의 두께를 각각 10 mm, 20 mm, 30 mm로 다르게 하여 각 차폐체별로 12회의 흡수선량을 측정하여 차폐체를 사용하지 않았을 경우와 비교하였다. Fig. 1 (b)와 같이 유리선량계를 팬텀의 갑상선 부위에 부착하여 실험을 진행하였다.

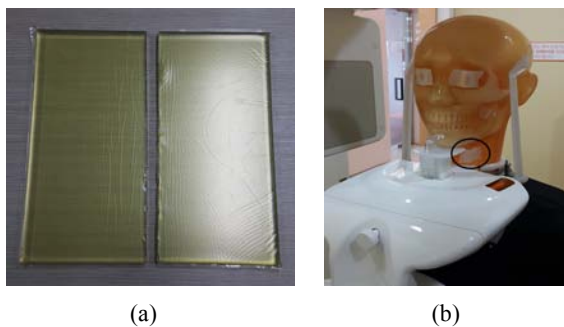


Fig. 1. Dental radiographic phantom with bolus (a) and attached glass dosimeter in thyroid part (b, black circle).

### 1. 방사선 흡수선량 평가

CBCT의 방사선 노출조건은 85 kVp, 4.5 mA, 15 sec로 동일한 조건으로 설정하였다. 유리선량계는 소자의 특성상 선량 조사 전에 열처리 과정을 400°C에서 60분 가열하여 냉각처리를 거쳤고, 70°C

에서 60분 예열하여 냉각을 거친 후 소자에 조사된 선량값을 10회 반복하여 평균값과 표준편차를 산출하였다.

측정된 선량값은 통계 프로그램 (SPSS Statistics 21, IBM, USA)을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였으며, 통계적 유의성은  $p < 0.05$ 로 나타났다. 통계학적 유의성 검정은 일원배치 분산분석법 (One-Way ANOVA)을 사용하여 분석을 통해 유의한 값을 나타냈으며, 사후검정분석법 (Post-hoc, Scheffe)을 통해 Bolus 차폐체 두께에 따른 갑상선 피폭선량 차이의 통계적 유의성 평가를 시행하였다.

### 2. 방사선 영상 평가

차폐체 사용 시 진단을 위한 영상의 적정성 평가를 위하여 치과전문의 2명, 치과위생사 2명, 방사선사 4명에게 의뢰하여 영상 판독에 미치는 영향을 확인하였으며, Lee 등이 시행한 치과방사선사진의 판독방법을 적용하여 하악과두 피질골의 정상 여부, 팽윤 또는 외연의 형태, 하악각 하악골 외연의 불연속성의 유무, 하악 하연의 피질골 두께 하악의 반대측으로 정중부와 하악외형의 대칭성, 좌측 하악각, 하악지 후연 및 하악과두 관찰, 하악의 해면골에 대한 전체적인 평가와 전체 골의 중앙부와 말단부 및 치근단의 방사선투과상 및 방사선불투과상을 비교하여 임상에서 진단의 영향을 미치는 다양한 요소들을 평가하였다.<sup>[9,10]</sup>

## III. RESULT

### 1. 방사선 흡수선량 평가

방사선 흡수선량 측정 결과는 Table 1에 정리하였다. 왼쪽 갑상선부위의 경우, Bolus 차폐체를 착용하지 않은 흡수선량은 평균 431.22  $\mu\text{Gy}$ 로 측정되었으며, Bolus 차폐체의 두께가 10 mm인 경우는 평균 429.33  $\mu\text{Gy}$ , 20 mm인 경우는 평균 393.00  $\mu\text{Gy}$ , 30 mm인 경우에는 평균 342.67  $\mu\text{Gy}$ 로 나타났다. 오른쪽 갑상선 부위의 경우, Bolus 차폐체를 착용하지 않은 흡수선량은 평균 542.44  $\mu\text{Gy}$ 로 측정되었으며, Bolus 차폐체의 두께가 10 mm인 경우는 평균 537.22  $\mu\text{Gy}$ , 20 mm인 경우는 평균 469.56  $\mu\text{Gy}$ , 30

mm인 경우는 평균 424.56  $\mu$ Gy로 나타났다. 왼쪽과 오른쪽 갑상선 부위의 그룹간의 측정값은 통계적으로 유의한 값 ( $p < .000$ )의 차이를 보였다.

Table 1. Absorbed dose with and without bolus protector in the thyroid (unit : $\mu$ Gy)

Site	Protector thickness	Mean $\pm$ SD	Significance between groups	F-value	p-value
Left	without (a)	431.22 $\pm$ 13.70	c, d	69.546	0.000
	10 mm (b)	429.33 $\pm$ 20.33	c, d		
	20 mm (c)	393.00 $\pm$ 3.77	b		
	30 mm (d)	342.67 $\pm$ 16.62	a		
Right	without (a)	542.44 $\pm$ 5.00	c, d	219.772	0.000
	10 mm (b)	537.22 $\pm$ 15.23	c, d		
	20 mm (c)	469.56 $\pm$ 7.20	b		
	30 mm (d)	424.56 $\pm$ 14.74	a		

Note, SD; standard deviation.

## 2. 방사선 영상 평가 검토

8명의 임상 전문가들의 진료영상의 적정성 평가 결과, 갑상선 차폐체를 사용하지 않은 기존의 CBCT 영상과 비교하여 임상진단에 미치는 장애 영향은 없었으며, Fig. 2와 같이 치아의 전체와 상하악의 음영 평가에도 전혀 지장이 없음을 확인하였다.

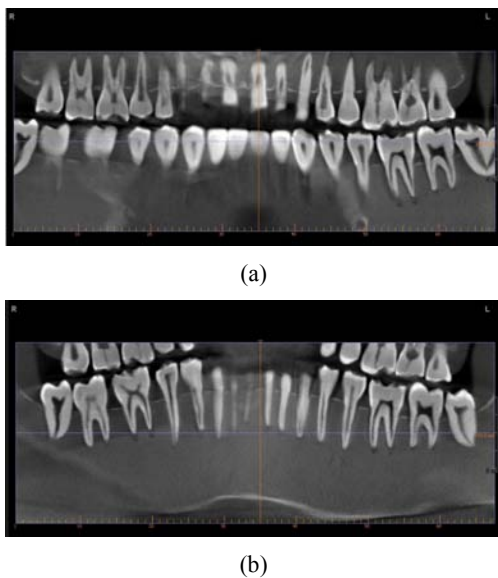


Fig. 2. Radiograms using con-beam computed tomography with 30mm-thickness bolus protector(a) and without bolus protector(b).

## IV. DISCUSSION

CBCT는 원뿔형태의 X선을 투과하는 피사체의 투과감쇠를 2차원적인 평면으로 검출하고 이를 역투영법 (filtered back projection, FBP)으로 하는 수학적 알고리즘에 적용한 3차원 체적의 정보를 획득하여 이로부터 2차원 단면상을 얻어 영상화한다.<sup>[11,12]</sup> 특히 해부학적 구조가 복잡한 구강안면영역에 대한 단면 영상과 3차원적인 진단정보를 제공함으로써 치과 임상의 다양한 영역으로 그 이용이 확대되고 있다.<sup>[13]</sup> 이로 인한 CBCT의 검사건수와 환자의 이용이 늘어남에 따라 진단하고자 하는 부위 이외의 조직에서 방사선 피폭이 증가하고 있다. 특히 방사선 감수성이 높은 갑상선의 피폭문제가 대두되고 있는 실정으로 검사 부위 이외의 조직인 갑상선의 피폭을 최소화하고 납 차폐체를 이용하여 촬영한 영상에서 발생하는 결손음영을 동반하지 않는 차폐체의 도입이 요구되고 있다.

본 연구에서는 납 차폐체를 이용하지 않고 조직 등가물질인 Bolus를 차폐체로 사용하여 유효선량을 측정된 결과, 왼쪽 갑상선 부위에 30 mm Bolus 차폐체를 사용한 경우에는 평균 342.67  $\mu$ Gy로 Bolus 차폐체를 사용하지 않고 측정된 결과값 Bolus 차폐체를 사용하지 않고 측정된 결과값 평균 431.22  $\mu$ Gy보다 20.7% 감소폭을 보였으며, 오른쪽 갑상선 부위에 30 mm Bolus 차폐체를 사용한 경우에는 평균 424.56  $\mu$ Gy로 Bolus 차폐체를 사용하지 않고 측정된 결과값 평균 542.44  $\mu$ Gy보다 21.9% 감소되었고, 그룹간 유의한 값의 차이를 나타냈다. 이는 Tsiklakis 등이 보고한 저선량 CBCT 검사 시 갑상선 및 경추 차폐체를 적용하여 유효선량값을 30% 이상 감소시킨 연구와 유사한 결과라 판단된다.<sup>[14]</sup> 또한 Shortt 등이 보고한 신경중재방사선 시술 시 환자의 갑상선을 차폐함으로써 기존의 방법과 비교하여 50%의 선량감소 효과를 나타낸 연구<sup>[15]</sup>와도 유사한 선량 감소효과를 나타냈다.

Lee 등은 선행 연구에서 일반적인 치과 방사선검사로 시행되는 파노라마 촬영 시 Bolus 차폐체를 사용하여 선량 감소효과를 보고하였다. 보고에 의하면 갑상선보호대를 착용하지 않은 갑상선 부위

회당 표면 입사선량은 평균 43.84  $\mu\text{Gy}$ 이었으며<sup>[10]</sup>, 본 연구에 적용한 CBCT검사 시 갑상선 부위 회당 흡수선량은 평균 542.44  $\mu\text{Gy}$ 로 약 12배의 입사선량의 차이를 보였다. CBCT로 검사 시 갑상선이 방사선 피폭 위험에 더 많이 노출됨을 예상할 수 있으며 CBCT 검사 시에도 Bolus 차폐체가 방사선 선량의 차폐 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

본 연구를 통하여 아래와 같은 한계점과 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다. 본 연구에서 사용된 Bolus 차폐체를 두께는 30 mm까지만 가능하였다. 이는 실제 임상에 사용할 수 있는 두께와 무게가 제한적이었으며, 추가 연구를 통해 임상에서 최적으로 적용할 수 있는 Bolus 차폐체 재질의 탐색이 필요할 것으로 사료된다. 치과방사선 두부 팬텀의 경우는 심부선량의 측정이 어려워 팬텀의 표면흡수선량만을 측정하였으며, 심부 방사선량과 표면선량의 측정이 가능한 팬텀을 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 방사선영상평가는 정성적 평가를 위한 연구였으며, 파노라마방사선사진의 관독방법을 기준으로 관독에 지장이 없는지 검토하였으나 객관성을 입증할 수 있는 연구 인력이 8명으로 제한적으로 진행되어 이를 보완할 수 있는 평가 방법이 요구된다. 또한, 두경부 방사선 검사 시 방사선 고감수성 장기인 수정체의 차폐 효과에 관한 연구도 향후 보완되어 진행이 필요할 것으로 판단된다.

## V. CONCLUSION

치과에서 시행되고 있는 콘빔 전산화단층검사 시 갑상선 부위의 방사선 피폭선량을 최소화하고 방사선 피폭을 방어하기 위한 제작된 Bolus를 이용한 차폐체는 장해음영 없이 적절한 진단 영상 처리가 가능하고, 방사선차폐 효과가 있어 유용한 차폐체로 적용 가능할 것으로 사료된다.

## Acknowledgement

본 연구는 2017년도 강원대학교 대학회계 학술연구조성비 (전임교원 기본연구 지원사업)로 연구하였음 (관리번호-620170136).

## Reference

- [1] [http://kostat.go.kr/portal/korea/kor\\_nw/2/1/index.board?bmode=read&aSeq=363362](http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/2/1/index.board?bmode=read&aSeq=363362), 2017.
- [2] <http://www.nhis.or.kr/bbs7/boards/B0075/24637>, 2016.
- [3] S. Zhao, D. D. Robertson, G. Wang, "X-ray CT metal artifact reduction using wavelets an application for imaging total hip prostheses," *IEEE Trans Med Imaging*, Vol. 19, No. 12, pp. 1238-1247, 2000.
- [4] <http://www.khiss.go.kr/board?pageNum=3&rowCnt=10&menuId=MENU00328&schType=0&schText=medicaldevicemarket&boardStyle=&categoryId=&continent=&schStartChar=&schEndChar=&country=&upDown=0>, 2013.
- [5] <http://opendata.hira.or.kr/op/opc/olapDiagBhvInfo.do>, 2016.
- [6] G. S. Shin, Y. H. Kim, B. R. Lee, "The Actual State and the Utilization for Dental Radiography in Korea," *JRST*, Vol. 33, No. 2, pp. 109-120, 2010.
- [7] <http://ncc.re.kr/prBoardView1.ncc?nwsId=3380&searchKey=total&searchValue&pageNum=1>, 2015.
- [8] D. C. Kweon, K. R. Dong, J. E. Jung, "A Literature Review and Analysis of Dosimetry in Panoramic Radiography," *JRST*, Vol. 33, No. 1, pp. 1-10, 2010.
- [9] Association of Korean Professors of Oral and Maxillofacial Radiology, *Oral and maxillofacial radiology*, 4th ed. pp. 138-143, Narae Publishing, Inc. 2008.
- [10] H. R. Lee, H. Y. Kim, H. W. Choi, et. al, "The effect of a Thyroid Shield Made of a Tissue-Equivalent Material on the Reduction of the Thyroid Exposure Dose in Panoramic Radiography," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 13, No. 5, pp. 2278-2284. 2012.
- [11] C. S. Jeong, E. H. Mo, G. H. Lee, "A Study on the Appropriate Reconstruction of the CBCT Images of Mandibular Canals," *JKSJR*, Vol. 5, No. 6, pp. 370-374, 2011.
- [12] W. De Vos, J. Casselman, G. R. J. Swennen, "Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region A systematic review of the literature," *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, Vol. 38, No. 6, pp. 609-625, 2009.

- [13] E. T. Lee, G. T. Kim, Y. S. Choi, "Radiation absorbed doses of cone beam computed tomography," JKOMR, Vol. 37, No. 2, pp. 87-90, 2007.
- [14] K. Tsiklakis, C. Donta, S. Gavala, "Dose reduction in Maxillofacial imaging using low dose Cone Beam CT," European Journal of Radiology, Vol. 56, No. 3, pp. 413-419, 2005.
- [15] C. P. Shortt, N. F. Fanning, L. Malone, "Thyroid Dose During Neurointerventional Procedures Does Lead Shielding Reduce the Dose?," CardioVascular and Interventional Radiology, Vol. 30, No. 5, pp. 922-927, 2007.

# 치과 콘빔 전산화단층검사 시 보루스 차폐체를 이용한 갑상선의 방사선 차폐효과

이태희,<sup>1</sup> 정승훈,<sup>1</sup> 김동우,<sup>1</sup> 박명환,<sup>2</sup> 김태형<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>원주의료원 영상의학과

<sup>2</sup>대구보건대학교 방사선과

<sup>3</sup>강원대학교 보건과학대학 방사선학과

## 요 약

치과 콘빔 전산화단층 검사 시 갑상선 부위의 방사선 피폭선량을 최소화하기 위하여 보루스 (Bolus)를 이용한 차폐체를 제작하고, 방사선 차폐 효과와 영상의 적정성을 평가하였다. 치과용 콘빔 전산화단층검사 장비를 사용하여 치과방사선 두부 팬텀을 대상으로 갑상선의 좌, 우측 부위에 유리선량계를 부착시켜 방사선량을 측정하였다. 차폐체의 두께를 각각 10 mm, 20 mm, 30 mm로 다르게 하여 각 차폐체별로 흡수선량을 측정하여 차폐체를 사용하지 않았을 경우와 비교하였다. 8명의 평가자가 진료영상의 적정성을 여부를 평가하였다. 왼쪽 갑상선 부위에 30 mm Bolus 차폐체를 사용한 경우에는 결과값이 평균 342.67  $\mu\text{Gy}$ 로 Bolus 차폐체를 사용하지 않고 측정한 결과값의 평균 431.22  $\mu\text{Gy}$ 보다 20.7% 감소하였고, 오른쪽 갑상선 부위에 30 mm Bolus 차폐체를 사용한 경우에는 평균 424.56  $\mu\text{Gy}$ 로 21.9%의 선량감소효과를 보였다. 진료 영상의 적정성은 평가자 모두 사용 가능하다 판단하였다. 결론적으로, 치과 콘빔 전산화단층검사 시 갑상선 부위의 방사선 피폭선량을 최소화하기 위해 제작된 Bolus 차폐체는 장해음영 없이 적정한 진단 영상 처리가 가능하고, 방사선차폐 효과가 있어 유용한 차폐체로 적용 가능할 것으로 사료된다.

중심 단어: 콘빔 전산화단층검사, 갑상선, 방사선 방어, 치과학

## 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	이태희	원주의료원 영상의학과	방사선사
(공동저자)	정승훈	원주의료원 영상의학과	방사선사
	김동우	원주의료원 영상의학과	방사선사
	박명환	대구보건대학교 방사선과	교수
(교신저자)	김태형	강원대학교 보건과학대학 방사선학과	교수