

Radiation Exposure Evaluation Depending on Radiation Workers' Locations during Dental Radiography

Cheonsoo Jeong*, Jiyoung Kim**

*Department of Radiation Science & Technology, Chonbuk University**

*Department of Public Health, Graduate School, Chosun University***

치과방사선 검사 시 방사선작업종사자의 위치에 따른 방사선 노출 평가

*, **
*, **

Abstract

To evaluate the radiation exposure level based on radiation workers' locations in dental radiography, the radiation dose rate in the radiographic room, lead glass, and operation system was measured. To that end, various devices were used, such as a Standard(Max-GLS, Shinhung), a panorama (PCH-2500, Vatech), a cephalometric radiography (PCH-2500), and a cone beam CT (PHT-30LFO, Vatech), as well as a PM1405 equipment as a radiation meter. Radiography conditions were set the same as the factors used in the clinical setting. As the result, the cone beam CT turned out the highest with 98 uSv and the standard showed the lowest level with 0.4 uSv/h. The panorama was measured to be higher than the Cephalo due to its different focus mode. On the lead glass surface and in the operation stand, the oral radiography device, panoramic, and Cephalo all were measured below the recording level. However, the cone beam CT was measured to have the leakage dose. Thus, radiation involved workers should be equipped with appropriate protection tools and reduce radiography time as much as possible. In addition, the structure of the radiation chamber should be also designed efficiently. Dental radiography has continued to grow in recent years, so it is necessary take appropriate protection measures for patients and radiation workers.

Keyword : Radiation workers, Dental Radiation, Leakage dose

요 약

치과방사선 검사에 있어 방사선작업종사자의 위치에 따라 방사선 노출 정도를 평가하고자 촬영실과 납유리, 조작대에서 방사선량률을 측정하였다. 사용된 장치로는 Standard(Max-GLS, Shinhung), 파노라마(PCH-2500, Vatech), 세팔로(PCH-2500), Cone beam CT(PHT-30LFO, Vatech)이며, 방사선측정기는 PM1405 장비이다. 촬영조건은 임상에서 사용하는 인자와 동일하게 설정하였다. 그 결과 촬영실 안에서는 Cone beam CT가 98 uSv/h로 가장 높았으며, standard가 0.4 uSv/h로 가장 낮은 수치를 보였다. 또 파노라마가 촬영방식이 다름으로 인하여 세팔로 보다 높게 측정

되었다. 납유리 표면과 조작대에서는 구강내와 파노라마, 세팔로는 모두 기록준위 이하로 측정되었지만, Cone beam CT는 누설선량이 있는 것으로 측정되었다. 이에 방사선작업종사는 적절한 방호도구를 하고 촬영시간을 최대한 줄여야 한다. 또, 방사선실의 구조 또한 효율적으로 설계해야 할 것이다. 치과방사선검사는 최근 지속적으로 증가하고 있기 때문에 환자와 방사선작업종사자에 대한 적절한 방호 대책이 필요하다.

중심단어: 방사선작업종사자, 치과방사선, 누설선량

I. INTRODUCTION

방사선 검사는 방사선의학의 발전과 더불어 환자들의 질병 진단과 치료 향상에 크게 공헌하고 있는 반면에 검사 시 발생하는 방사선에 노출됨에 따라 위험성 역시 내포하고 있다. 최근 치과방사선검사는 국민소득 수준 증가에 따른 치아교정 진료 수요 증가와 임플란트 시장의 확대에 따라 치과방사선 장치의 이용이 더 빈번해지고 있다^{[1],[2]}.

치과방사선검사는 기존에 치아를 하나씩 검사하는 Standard와 구강악안면 영역의 넓은 해부학적 구조물을 볼 수 있는 파노라마(panoramic radiography), 세팔로(cephalometric radiography), Cone beam CT 등 여러 검사가 진행되고 있다.

식약처 보도자료에 따르면 국민 일인당 진단용 방사선 피폭량은 2007년부터 2011년까지 5년간 약 51% 증가하고 있으며, 연간 10% 정도 증가하고 있다. 그 중 치과방사선검사는 전체 진단용 방사선피폭선량 중에 0.3%에 불과했지만, 일반촬영(78%)에 이어 11%로 2위를 차지하고 있다^[3]. 이로 인해 치과 의료기관에 종사하는 방사선 관련 종사자들은 물론이고, 내원하는 환자들 역시 방사선에 노출되는 횟수 또한 급증하고 있다^[4]. 이에 따라 전리(ionization) 작용이 있는 방사선의 위험에 대한 의료인과 일반인들의 관심이 커지고 있으며, 특히 가임 여성의 경우 방사선 검사에 대해 민감하다^[5].

일반적으로 치과방사선 검사는 저에너지 방사선을 이용하므로 투과력이 약하여 환자에게 대부분 흡수되고 있다. 이에 대한 선량 연구는 계속되어 왔고, 흡수선량 및 유효선량의 위험도에 대한 여러 보고가 있지만 서로 상이한 결과를 보였다^[6].

방사선에 의한 환자피폭선량의 위험성은 ICRP (international commission on radiological protection)에서

권고안을 제시하고 있으며 인체에 대한 선량한도 역시 정하고 있다. 방사선작업종사자의 연간 최대 유효선량은 50mSv, 수정체는 150mSv, 손과 발은 500mSv를 넘지 않도록 하고 있으며, 일반인의 연간 최대 유효선량은 1mSv, 수정체는 15mSv, 손과 발은 50mSv를 넘지 않도록 규정하고 있다^[7]. 이것은 방사선이 인체에 미칠 수 있는 영향을 고려한 것으로, 특히, 인체 기관 중 방사선 감수성이 높은 생식선, 골수, 유방 등이 이에 해당한다. 치과방사선 검사 시 방사선 감수성이 높은 인체 기관은 수정체와 타액선, 뇌하수체, 갑상선 등이 이에 해당 된다. 이런 방사선 감수성이 높은 기관은 저선량의 방사선량이라 하더라도 지나친 노출로 인하여 장애가 발생할 수 있다^[8].

식약처 발표에 의한 미국의 환자의 유효선량을 살펴보면 Standard는 5 μ Sv, 파노라마는 10 μ Sv, 세팔로는 12 μ Sv, Cone beam CT는 78 μ Sv 이다^[3]. 환자가 치과에 방문하여 교정 및 임플란트 시술을 받는다고 가정하여 모든 방사선 검사를 한번씩만 받는다고 해도 0.105 mSv로 ICRP에서 권고하는 일반인의 유효선량인 1mSv보다 1/10 낮은 수치이다. 하지만 방사선작업종사자의 경우 매일 여러 명의 환자를 검사하는데, 치과의 여러 가지 특성상 조작대에서만 검사를 할 수 없는 상황이다. Standard 촬영 시 정확한 위치 조정을 위해 방사선작업종사자가 직접 환자를 잡고 검사를 하는 경우가 있다. 또 거동이 불편한 환자의 경우에는 파노라마와 세팔로, Cone beam CT 역시 환자를 직접 잡고 검사를 실시한다. 뿐만 아니라 바쁜 진료 시간으로 인하여 납방어복을 하지 않은 경우도 있으며, 촬영 시 방사선실문을 열고 촬영하는 경우도 있다.

이에 본 연구는 방사선측정기를 이용하여 검사 별로 방사선작업종사자의 위치에 따라 방사선 노출 정도를 측정하고, 비교분석하여 적절한 방어방법을 알아보고자 하였다.

II. STUDY METHOD

1. 실험기기 및 재료

치과진단용 X-선 발생장치로는 Standard(Max-GLS, S hinlung), 파노라마(PCH-2500, Vatech), 세팔로(PCH-250 0), Cone beam CT(PHT-30LFO, Vatech)을 사용하였다. 방사선측정기로는 방사선량률과 방사능오염도를 측정 할 수 있는 PM1405 장비를 사용하였고, 정확한 측정을 위해 교정검사를 실시하였다. 그리고 장비특성상 유효한 측정값을 산출하기 위해 Statistical Error 값이 15% 미만인 경우만 측정하였다.

2. 실험방법

방사선량률 측정 장소는 실제 환자를 검사할 때 방사선작업종사자의 위치를 가정하여, 환자 앞 50cm, 납 유리 표면, 조정대 앞 50cm로 선정하였다. Standard의 경우 전치부와 구치부 등의 촬영 자세를 고려하여 환자의 오른쪽부터 왼쪽 끝까지 180°를 45°도씩 나누어 측정하였다. 방사선측정기 위치는 1m 높이에 설치하였고, 각 실험 조건별 측정 횟수는 최소 5회를 기준으로 평균값을 구하였다. 촬영조건은 방사선발생장치에 기본적으로 설정된 값으로 하였다[Table 1].

Table 1. Exposure factors of dental radiography

parameter radiography	model	kVp	mA	sec
standard	Max-GLS	60	10	0.2
panorama	PCH-2500	73	12	13.6
cephalometric	PCH-2500	85	10	12
cone beam CT	PHT-30LFO	94	6.2	18

III. RESULT

1. 촬영실 안에서의 방사선량

환자의 행동이 불편한 경우 촬영 시 움직임을 방지

하기 위해 방사선작업종사자가 환자를 잡고 있는 상황을 가정하였다. 환자 기준으로 50cm 떨어진 부분에서 방사선량률을 측정한 결과 Cone beam CT가 98 uSv/h로 가장 높았으며, standard가 0.4 uSv/h로 가장 낮은 수치를 보였다. 측정결과 파노라마와 세팔로의 경우는 촬영조건은 비슷하지만 파노라마의 선량이 높게 나왔다. 이는 파노라마는 회전하는 방식이라서 X선 tube가 회전할 때 방사선 측정기에 바로 조사가 되므로 높게 측정된 것으로 생각되고, 세팔로는 직선진행형 방식이라서 방사선측정기가 X선 tube 뒤에 있으므로 낮게 측정된 것으로 보인다[Table 2].

Table 2. Dose rate in exam room

exam room	dose rate
standard	0.4±0.03
panorama	64±3.5
cephalometric	24±2.47
cone beam CT	98±5.2

unit : uSv/h

2. 납유리 표면에서 방사선량률

방사선 촬영 시 방사선작업종사자가 밖에서 환자를 관찰하는 경우를 가정하였다. Cone beam CT를 제외한 3가지 검사에서는 기록준위 미만으로 측정이 되었지만, Cone beam CT는 1.5 uSv/h로 측정되어 촬영 시 주의할 필요가 있다[Table 3].

Table 3. Dose rate on Pb glass

Pb glass	dose rate
standard	0.1±0.04
panorama	0.12±0.08
cephalometric	0.12±0.09
cone beam CT	1.5±0.12

unit : uSv/h

3. 조작대에서 방사선량률

방사선 촬영 시 방사선작업종사자가 조작대에서 환자를 관찰하는 경우를 가정하였다. 납유리 표면에서 측정된 결과와 마찬가지로 Cone beam CT를 제외한 3가지 검사에서는 기록준위 미만의 값으로 측정되었고 Cone beam CT 에서만 2.8uSv/h로 측정 되었다[Table 4].

Table 4. Dose rate at control box

control box	dose rate
standard	0.15±0.02
panorama	0.15±0.08
cephalometric	0.13±0.07
cone beam CT	2.8±0.32

unit : uSv/h

IV. DISCUSSION and CONCLUSION

국민소득 향상과 노령화에 따른 기대수명 증가로 인해 건강에 대한 관심이 높아지면서 구강건강을 위해 치아교정 및 임플란트 시술을 받는 환자가 크게 증가하고 있다. 이에 따라 치과방사선 장치의 이용이 더 빈번해지고 있으며, 환자들뿐만 아니라 검사를 실시하는 방사선작업종사자 역시 방사선에 많이 노출이 될 수밖에 없다. 이에 본 연구에서는 식약처의 발표 자료를 바탕으로 가장 많이 실시하는 치과 방사선 검사들 구강 내, 파노라마, 세팔로, Cone beam CT로 나누고 방사선작업종사자의 상황별로 방사선량률을 측정하여 비교분석하였다.

첫째, 촬영실 안에서의 방사선작업종사자의 피폭선량을 알아보았다. 환자가 의사소통이 잘 되고 촬영부위가 어렵지 않으면 방사선작업종사자가 촬영실에 안에 있을 경우는 없지만, 거동이 불편하거나 의사소통이 되지 않고 촬영부위가 손쉽게 촬영이 안 될 경우는 방사선작업종사자가 직접 촬영실에 내에 들어가야 한다. 이런 상황에서 방사선작업종사자가 방사선에 노출될 가능성을 염두에 두고 실험을 하였다. 그 결과 관

전압이 가장 세고, 촬영 시간도 18초로 가장 긴 Cone beam CT가 98uSv/h로 가장 높게 측정되었으며, 관전압과 관전류가 낮으며, 촬영 시간 역시 0.2초 내로 단시간인 Standard가 0.2uSv/h로 가장 낮은 수치를 보였다. 또 파노라마가 세팔로보다 더 높은 수치를 보였는데, 이는 파노라마가 회전하면서 X선이 나오는 tube가 직접 방사선종사자에게 노출이 될 수 있기 때문으로 생각된다. 그러므로 환자를 직접 잡고 촬영하는 경우에는 적절한 방어도구를 착용하는 것은 물론이고 X선 tube의 방향을 잘 고려하여 직접적인 노출을 피할 것으로 보인다.

둘째, 방사선작업종사자가 촬영실 내의 환자를 납유리로 관찰하면서 촬영할 경우를 가정하였다. 구강내와 파노라마, 세팔로의 경우 납유리로 투과하여 나오는 방사선량은 기록준위 미만의 값으로 누설선량은 없는 것으로 보이지만, Cone beam CT의 경우는 1.5uSv/h의 값을 보여 누설선량이 있는 것으로 파악되었다. 이는 납유리의 문제보다도 Cone beam CT의 관전압이 높기 때문이라고 생각된다. 촬영 시 방사선작업종사자가 환자의 상태를 관찰하는 것은 당연한 임무이므로 Cone beam CT 촬영같이 관전압이 세고 촬영시간이 긴 경우에는 방사선작업종사자의 피폭선량도 저감할 수 있는 적절한 방어대책이 필요한 것으로 생각된다.

셋째, 최근 디지털 기술의 발달로 거의 대부분의 치과병원에서는 컴퓨터를 이용한 디지털 촬영방식을 사용하고 있기 때문에 방사선작업종사자가 조작대에서 촬영한 경우를 살펴보았다. 그 결과 구강 내와 파노라마, 세팔로의 경우 벽을 투과하여 나오는 방사선량은 기록준위 미만의 값으로 누설선량은 거의 없는 것으로 파악되었지만, Cone beam CT의 경우는 2.8uSv/h의 값을 보여 납유리보다 더 높은 누설선량을 기록하였다. 이는 방사선발생장치와 컴퓨터를 연결하는 케이블의 공간을 확보하고자 벽을 뚫었기 때문으로 예상된다. 지름 10cm 정도의 구멍인데도 불구하고 누설선량이 있는 것으로 보아 방사선실 초기 공사 때부터 적절하게 방어대책을 간구해야 할 것으로 보인다.

본 연구에서는 가끔 병원에 오는 환자보다는 자주 방사선의 위험에 노출 될 수 있는 방사선작업종사자에 초점을 맞추었다. 이는 저선량의 방사선이라도 확률적 영향의 범주에 속하며, 피폭에 대한 증상이 바로

나타나지 않는다 하더라도 병리학적 변화는 선량에 비례해서 나타날 수 있기 때문에 촬영 시 세심한 주의가 필요하다.

방사선 노출에 대한 문제점을 보완하기 위해서는 몇 가지 대책이 필요하다.

먼저 방사선 작업종사자의 적절한 방호도구의 착용과 위치 선정이다. 부득이하게 방사선실 내에 들어갈 경우는 갑상선 방호대와 납방어복을 필히 착용하고 X선 튜브가 직접적으로 몸으로 향하지 않는 방향을 선택하여 촬영에 임해야 하겠고, 납유리를 통하여 방사선이 누설이 될 경우는 안구를 방호할 수 있는 추가적인 납유리 안경 등이 필요할 것으로 생각된다. 또한 촬영시간을 최대한 줄여야 한다. 장비에 설정된 촬영 시간보다도 환자에 대한 검사시간을 줄여야 하고 부주의한 실수로 여러 번 촬영하지 말고, 능숙한 촬영 기술을 습득하여 방사선작업종사자와 환자 모두의 방사선 노출을 최대한 줄여야 할 것이다.

방사선의 강도는 거리의 자승배로 낮아진다. 따라서 방사선실의 공간을 좀 더 넓게 확보하여 촬영실 문과 조작대가 방사선발생장치로부터 멀어질 수 있도록 효율적으로 설계해야 하며, 컴퓨터와 방사선발생장치의 연결 케이블 역시 눈높이에서 바로 연결하지 말고 바닥이나 천장 쪽으로 연결하여 직접적인 방사선 노출을 줄여야 할 것이다.

치과방사선검사 시 저선량의 방사선 조사로 인한 피폭으로 인체에 미치는 생물학적 영향과 장해에 대해서 아직 정확하게 보고되지 않은 상태이고, 국내외 치과방사선 검사의 선량 연구결과 동일 조직부위에서도 위치별 피폭선량이 상이한 차이를 보였다^{[9]-[15]}. 하지만 현재 치과병원의 방사선작업종사자에 대한 직접적인 피폭선량 연구는 매우 부족한 실정이다.

본 연구에서 방사선작업종사자의 상황별 방사선노출 정도를 살펴본 결과 촬영실 내에서 적절한 방호기구와 촬영 시 위치선정이 중요하고, Cone beam CT의 경우는 촬영실 밖의 납유리와 조작대 및 방사선실 구조 변경 등의 근본적인 방어대책이 필요하다고 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 모든 치과방사선 발생장치를 실험하지 못 했다는 점이다. 둘째, 치과병원

에서 촬영하는 모든 검사를 하지 않고 가장 대표적인 4가지만 했다는 점이다. 셋째, 전국의 모든 치과병원의 방사선실의 규모가 각각 다르기 때문에 객관적인 평가는 어려울 수 있지만, 많은 선행된 연구법을 비교 분석하여 객관성에 근거를 두어 실험을 수행하였고, 추후 환자뿐만 아니라 방사선작업종사자의 방사선 노출에 대한 후속연구에 도움이 될 것이라 사료된다.

Reference

- [1] Kim SY, Park SM, "Medical Device Market Research Report", Korea Health Industry Development Institute, Vol. 1, pp. 1-40, 2013.
- [2] Choi YJ, Kweon SJ, "A Study on Dental Patients' Knowledge and Attitude about the Implant Denture - Focused on South Gyeongnam Province", South Korea, The Korean journal of health service management, Vol. 5, No. 2, pp. 53-62, 2011.
- [3] Kim KP, "Radiation Exposure of Korean Population from Medical Diagnostic Examination", Ministry of Food and Drug Safty, pp. 127-206, 2013.
- [4] Jeong BS, "The Analysis of factor influencing on radiation safety management behavior in dental hygienists", Mater thesis, Incheon Univ., 2013.
- [5] Kweon DC, Dong KR, Jeong JE, et al, "A Literature Review and Analysis of Dosimetry in Panoramic Radiography", Journal of radiological science and technology, Vol. 33, No. 1, pp. 1-6, 2010.
- [6] Oh YJ, Hong GR, Lee SM, "Study on the Exposure Field of Head and Neck with Measurement of X-ray dose Distribution for Dental Panoramic X-ray System", J. Korean Soc. Radiol, Vol. 9, No. 1, pp. 18-20, 2015.
- [7] ICRP Publication 60, "Radiation protection", pp. 68, 1990.
- [8] Kang JK, Jeong CY, Ju SK, "Absorbed dose of major tissue as brain radiation exam", Journal of The Korean Radiological Technologists Association, Vol. 25, No. 1, pp. 278-282, 1999.
- [9] Kim BS, Choi KS, Kim CS, "Distribution of Absorbed Doses to the Important Organs of Head and Neck Region in Panoramic Radiography", Korean J. Maxillofac. Radiol, Vol. 20, No. 2, pp. 253-264, 1990.
- [10] Cho BH, Nah KS, Lee, AR, "Equivalent Dose, Effective Dose and Risk Assessment from Panoramic Radiography to the Critical Organs of Head and Neck Region", Korean J. Oral Maxillofac. Radiol, Vol. 25, No. 2, pp. 437-445, 1995.
- [11] Choi SC, Choi HM, "Absorbed Dose in the Full mouth

- Periapical Radiography, Panoramic Radiography, and Zonography", *Korean J. Oral Maxillofac. Radiol.*, Vol. 29, No. 1, pp. 255-260, 1999.
- [12] F Gijbels, R Jacobs, R Bogaerts, et al, "Dosimetry of digital panoramic imaging. Part I: patient exposure", *Dentomaxillofacial Radiology*, Vol. 34, pp. 145-149, 2005.
- [13] Lee GS, Kim JS, Seo YS, et al, "Effective dose from direct and indirect digital panoramic units", *Imaging Science in Dentistry*, Vol. 43, pp. 77-84, 2013.
- [14] Park IW, Jeung WK, Hwang HS, "A Study on the Patient Exposure Doses from the Panoramic Radiography using Dentistry", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 7, No. 1, pp. 17-24, 2013.
- [15] E Moudi, S Haghanifar, H Hadian, et al, "Assessment of radiation exposure of Head and Neck during panoramic radiography in different age groups", *Science Journal of Clinical Medicine*, Vol. 3, No. 1, pp. 10-14, 2014.