ISSN : 1976-0620

http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2013.7.1.017 "Journal of the Korean Society of Radiology, Volume 7, Number 1"

A Study on the Patient Exposure Doses from the Panoramic Radiography using Dentistry

Ilwoo Park*, Wonkyo Jeung*, Hyungsuk Hwang*, Sunghwan Lim*, Daenam Lee*, Inchul Im*, Jaeseung Lee*, Hyonghu Park**, Byungjoon Kwak***, Yunsik Yu*

Department of Radiological Science, Dongeui University, Department of Radiology, Bongseng Memorial Hospital**, Department of Public Health, Daegu Hanny University****

치과 파노라마 촬영에서 환자의 피폭선량에 관한 연구

박일우*, 정원교*, 황형석*, 임성환*, 이대남*, 임인철*, 이재승*, 박형후**, 곽병준***, 유윤식*

동의대학교 방사선학과*, 봉생병원 영상의학과**, 대구한의대학교 보건학부***

Abstract

This study estimate radiation biological danger factor by measuring patient's exposed dose and propose the low way of patient's exposed dose in panoramic radiography. We seek correcting constant of OSL dosimeter for minimize the error of exposed dose's measurement and measure the Left, Right crystalline lens, thyroid, directly included upper, lower lips, the maxillary bone and the center of photographing that indirect included in panoramic radiography by using the human body model standard phantom advised in ICRP. In result, the center of photographing's level of radiation maximum value is 413.67±6.53 μGy and each upper, lower lips is 217.80±2.98 μGy, 215.33±2.61 μGy. Also in panoramic radiography, indirect included Left, Right crystalline lens's level of radiation are 30.73±2.34 μGy, 31.87±2.50 μGy, and thyroid's level of measured exposed dose can cause effect of radiation biological and we need justifiable analysis about radiation defense rule and substantiation advised international organization for the low way of patient's exposed dose in panoramic radiography of dental clinic and we judge need the additional study about radiation defense organization for protect the systematize protocol's finance and around internal organs for minimize until accepted by many people that is technological, economical and social fact by using panoramic measurement.

Key Words : Standard panoramic photography, Radiation reduction strategies, System of radiation protection, Diagnostic reference level (DRL)

요약

본 연구는 파노라마 표준 촬영에서 환자의 피폭 선량을 측정하여 방사선 생물학적 위험인자를 평가하고 환자의 피폭 선량 저감화 방안을 제시하고자 하였다. 피폭 선량의 측정 오차를 최소화하기 위하여 각 OSL 선량계의 교정상수를 구하였으며 파노라마 표준 촬영에서 간접적으로 포함되는 좌·우측 수정체와 갑상선, 직접적으로 포함되는 상·하 입술, 하악골 첨부, 촬영 중심점을 대상으로 ICRP에서 권고하는 인체 모형 표준 팬텀을 이용하여 측정하였다. 측정 결과, 촬영 중심점의 선량이 413.67±6.53 μGy로 최대였으며 상·하 입술의 경우 각각 217.80±2.98 μGy, 215.33±2.61 μGy 이었다. 또한 파노라마 표준 촬영에서 간접적으로 포함되는 좌·우측 수정체의 등가선량은 각각 30.73±2.34 μGy,

Corresponding Author: Yunsik Yu E-mail:ysyu@deu.ac.kr, Tel: +82-51-890-2677
Addr. 614-714, Dong-Eui University, 995 Eomgwang-no, Busanjin-gu, Busan, korea
Received : November, 06, 2012 Revised : December, 10, 2012 Accepted : February, 22, 2013

31.87±2.50 μGy이었으며 하악골 첨부 및 갑상선의 등가선량은 276.73±14.43 μGy, 162.07±4.13 μGy이었다. 결론적으로 측정된 피폭 선량은 방사선 생물학적 효과를 유발할 수 있었으며 치과 의료기관의 파노라마 표준 촬영에서 환자의 피폭 선량에 대한 저감화 방안으로 국제기구에서 권고하고 있는 방사선 방어 원칙에 대한 정당한 해석과 제도적 뒷받침(regulation)이 필요하다. 이에 파노라마 검사에 의한 피폭 선량은 기술적·경제적 측면뿐 만 아니라 사회적 인자를 고려하여 합리적으로 용인 가능한 수준까지 최소화하기 위한 체계화된 프로토콜의 제정과 주변 결정 장기를 방어하기 위한 방사선 보호 기구에 대한 추가적 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

중심단어: 파노라마 표준 촬영, 피폭 선량 저감화, 방사선 방어 체계, 선량 권고량

Ⅰ. 서론

1960년대 최초의 파노라마 영상 촬영기 Panorex가 임상에 보급되면서 구강 악안면 영역(oral and maxillofacial region)의 넓은 해부학적 구조물을 하나의 영상으로 관찰할 수 있는 임상적 이점 때문에 치과 진료에 기본적인 영상 장비로 이용되고 있으며 기술적으로 개선된 파노라마 장비가 보급되고 있다. 식품의약품안전청(Korea Food and Drug Administration. KFDA) 2010년도 자료에 의하면 국내 치과 의료기관의 방사선 장치는 29,232대의 치과용 방사선 장치와 파노라마 장치를 포함한 3,081대의 치과용 전산화단층 촬영장치가 사용되고 있다[1]. 치과 방사선 장치의 증가는 치아 교정 등의 이용 목적뿐 만 아니라 고령화 사회 진입이 주된 원인으로 2006년 대비 30.7%가 증가되었으며 이는 검사 빈도의 증가에 따른 환자의 피폭 선량이 증가되는 원인이 되고 있다[1].

최근 미국 국립 연구회의(National Research Council. NRC)의 방사선 생물학적 영향 보고서에 따르면 저선량 영역에서 암 발생 위험은 문턱값(threshold value)이 없이 선형적으로 증가되며 최소 선량에서도 인간에 대한 추가 위험성이 발생할 수 있다고 제시하였다[2]. 또한 대부분의 국제기구 보고서에서 저선량 방사선에 의한 암과 유전적 장애는 문턱값이 없는 선형비례이론(linear-no threshold model)을 주장하고 있어 X선을 이용한 영상의학 검사에서 방사선 피폭 위험성에 대한 관심이 높아지고 있다[3]. 일반적으로 방사선의 위험도를 평가하기 위하여 도입된 양으로 시버트(sievert. Sv) 단위를 사용하는데 방사선의 형태나 종류에 관계없이 방사선에 의한 생물학적 효과를 나타내는 국제단위(International System of Units. SI)라 할 수 있다[4]. 이에 따라 국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection. ICRP)는 개정된 신권고안을 최종 승인하면서 의료 피폭의 방사선 방어 체계는 의료기관에서 방사선을 이용한 사용이 정당화되고 의료 피폭의 주목적이 환자에게 방사선으로 인한 해보다 이득이 있을 때 시행하도록 함으로써 의학검사의 정당화를 달성하도록 하였다. 또한 의료 영상을 목적으로 수행하는 검사에서 환자의 피폭 선량 저감을 위하여 환자 선량 권고량(diagnostic reference level. 이하 DRL)을 적용하도록 권고함으로써 의료피폭에서 방어의 최적화를 달성하도록 하고 있다[4].

DRL은 의료 피폭에 적용하는 방사선 방어의 최적화 결과로서 영상의학 검사에서 환자가 받는 방사선량을 측정하고 평가하여 진단에 참고할 수 있도록 권고하는 선량 준위이다[5-6]. 다국적으로 치과 방사선 검사에 의한 피폭 선량 관리에 대한 관심이 높아지면서 각 나라별 DRL을 정하여 환자의 피폭 선량 관리에 도움을 주고 있다. 영국 보건 방호청(Health Protection Agency. HPA) 2007년 보고서에 따르면 치과 방사선 검사에서 환자의 DRL은 치근단 방사선 촬영의 경우 환자입사선량(patient entrance dose. PED)을 기준으로 2.25 mGy, 파노라마 촬영의 경우 면적선량(dose-area product. DAP)을 기준으로 82 mGy·cm^{2}를 권고하고 있다[7]. 또한 식품의약품안전청 2009년도 자료에 의하면 국내 치과 방사선 검사에 의한 환자의 DRL은 치근단 방사선 촬영의 경우 PED 기준으로 3.1 mGy, DAP 기준으로 87.4 mGy·cm^2, 파노라마 촬영의 경우 DAP 기준으로 110.9 mGy·cm^{2}를 권고하고 있다. 그러나 DRL은 수정체나 갑상선 등 파노라마 표준 촬영 시 주변 결정장기(critical organ)에 대한 기준을 정해 놓지 않고 있다. 파노라마 표준 촬영에서 최대 4 Gy까지 입사표면선량(entrance surface dose. ESD)이 도달할 수 있으며 1회 급성피폭에서 수정체 혼탁의 문턱값이 2.0 Gy 정도임을

ISSN : 1976-0620

감안할 때 간과할 수 없는 양이라 할 수 있다[8].

따라서 본 연구는 치과 의료기관에서 일반적으로 시행되고 있는 파노라마 촬영에서 환자의 피폭선량 및 주변 결정 장기의 피폭 선량을 측정하고 다국적 국제기구에서 제안하는 DRL을 기준으로 측정된 피폭 선량에 의한 방사선 생물학적 위험인자를 평가하고 환자의 피폭 선량 저감화 방안을 제시하고자 하였다.

Ⅱ. 대상 및 방법

1. OSL 선량계의 특성과 교정

Figure 1은 본 연구에 사용된 OSL 선량계 시스템의 구성을 보여준다. OSL 선량계 시스템은 판독기(Microstar reader, LANDAUER, USA)와 Al2O3:C 소자가 내장된 9 × 9 × 1.5 mm 규격의 플라스틱 패킷(Nano DOT, LANDAUER Inc., USA)으로 구성되어 있었다. OSL 선량계는 LED 광원으로부터 540 nm의 광자극을 가할 때 방출되는 빛의 파장은 420 nm 이었다. 이 영역에서 측정할 수 있는 에너지 범위는 5 keV에서 20 MeV까지로 비교적 넓은 선량 영역의 측정이 가능하였고 ±2% 미만의 감도변화를 가지고 있었으며 1.6% 이내의 에너지 특성을 가지고 있어 본 연구에서 사용하기에 적합하였다.

Figure 2는 OSL 선량계의 교정을 위한 기하학적 구조를 보여준다. OSL 선량계는 측정 횟수가 증가함에 따라 누적된 값에 의한 측정 오차가 증가할 수 있기 때문에 본 연구에서는 사용되지 않은 OSL 선량계를 이용하였다. 최초 개봉된 OSLD 플라스틱 패킷의 고유번호를 바코드 시스템으로 인식시킨 후 판독기에 삽입하여 각 소자에 따른 배경 선량(background dose. BD)을 다음 식 (1)으로 구하였다.

$$BD = \frac{PMT counts}{0.84 \times S} \quad \cdots\cdots \text{식(1)}$$

여기서 0.84는 저에너지 X선에 대한 OSLD 선량계의 고유한 교정상수이며 S는 OSL 선량계의 감도이다.

국제원자력기구(International Atomic Energy Agency. IAEA)는 열형광선량계(thermo-luminescence dosimeter. TLD)나 OSL 선량계 등 2차 선량계의 측정 정확성을 향상시키기 위하여 국제 교정 기구에서 교정 받은 기준 선량계(원통형 이온함)를 기준으로 교차교정(cross-calibration)하여 사용할 것을 권고하고 있다[9]. 따라서 OSL 선량계의 교정을 위하여 치과 전용 파노라마 장치(Digital Pan/Ceph X-ray, ADVANSTAR, Finland)의 촬영 중심점에 연필형 이온함(pencil ion chamber)과 OSLD 플라스틱 패킷을 각각 번갈아 삽입하면서 각각 측정하였다. 측정에 사용된 노출 조건은 식품의약품안전청에서 제시한 파노라마 촬영의 평균 노출 조건인 관전압 71 kVp, 관전류 10.5 mA, 노출 시간 16.6 sec로 하였다[10]. OSL 선량계의 교정상수는 연필형 이온함의 지시치에 대한 OSL 선량계의 판독값의 비로 다음 식 (2)와 같이 정의하였다.

$$CF_{OSLDs} = \frac{Reading\ Value\ of\ OSLDs}{Reading\ Value\ of\ dosimeter} \quad \cdots\cdots \text{식(2)}$$

각 OSL 선량계의 고유번호에 따른 교정상수를 입력하였으며 동일한 방법으로 총 21개의 OSLD 플라스틱 패킷을 측정하였다. 여기서 연필형 이온함(DCT10 RS, RTI Electronics Inc., Sweden)은 유효 길이 10 cm, 유효 체적이 4.9 cm^3로서 1 Gy·cm당 40 nC으로 교정되어 있었으며 측정 가능한 영역은 40 nGy·m에서 350 kGy·m로 초당 1.6 μGy·m에서 70 kGy·m를 측정할 수 있었다. 전체 불확정도는 ±5% 이내였다[11].

Figure 1. InLightTM OSL system. The MicroStar reader is a compact, lightweight, portable reader. OSLDs are plastic discs infused with crystals of Al2O3:C and little build-up in device itself.

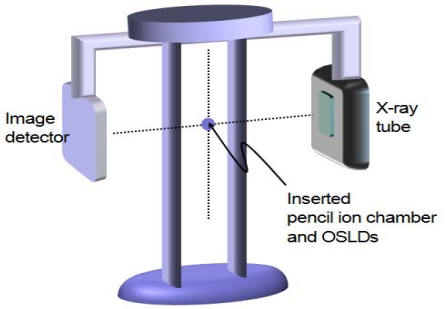

Figure 2. Geometry for OSLDs calibration. A standard panorama exposure condition was tube voltage 71 kVp, tube current 10.5 mA, and scan time 16.6 sec. The center point inserted the pencil ion chamber or OSLDs, respectively.

2. 피폭 선량의 측정 및 평가

파노라마 촬영은 뇌하수체, 수정체, 갑상선, 타액선 등 방사선 감수성이 높은 조직들이 직접 또는 간접적으로 피폭의 대상이 되기 때문에 환자의 피폭 선량을 측정하고 방사선 생물학적 효과에 대한 관찰이 요구된다. 그러나 환자를 대상으로 직접적인 측정은 비현실적이기 때문에 포괄적인 피폭 선량의 평가는 필연적으로 인체 모형 표준 팬텀의 물리적 또는 수학적인 표현을 이용하여 치과 파노라마 검사를 모의하는 것이 필요하다[11-12]. 따라서 본 연구는 ICRP에서 권고한 표준인을 대상으로 만들어진 인체 모형 표준 팬텀(RANDO®-woman phantom, Victoreen, USA)에 교정상수를 부여받은 OSL 선량계를 측정하고자 하는 위치에 부착하여 파노라마 표준 노출 조건(관전압 71kVp, 관전류 10.5mA, 노출 시간 16.6sec)으로 환자의 피폭 선량을 모사하였다[13]. 각 측정 부위는 직접 또는 간접적으로 피폭 가능성이 있는 좌·우측 수정체(left and right lens. LEL, REL), 상·하 입술(upper and lower lip. UL, LL), 촬영 중심점(central point. C), 하악골 첨부(mandible tip. MT), 갑상선(thyroid. TH)으로 결정하였다. 각 측정 부위별 OSL 선량계가 부착된 인체 모형 표준 팬텀의 교합 평면이 수평면에 대하여 20° 정도 기울여 위치시키고 정중시상면을 중앙에 위치시킨 후 파노라마 검사를 시행하였다. 측정의 정확성을 위하여 각 OSL 선량계는 1회당 5번의 누적 조사를 시행하였고 동일한 방법으로 3회를 추가 측정하였다. 이 때 ICRP는 체적을 가진 인체 또는 모형이 방사선장에 놓이게 되면 방사선장의 교란이 발생하기 때문에 방사선 방호의 일관성을 유지하기 위해서 파노라마 선속과 같은 확장된 방사선장은 각 조직 및 장기에 따른 깊이 선량을 측정하도록 권고하고 있다[14]. 따라서 균일한 전자 밀도를 갖는 조직등가물질(Bolus-CS-BT, Chunsung, Korea)을 사용하여 촬영 중심점과 하악골 첨부는 입사표면선량(entrance surface dose. ESD)을 측정하였고 좌·우측 수정체는 0.07 mm 표층 선량(shallow dose, H0.07mm)으로, 갑상선은 3 mm 깊이 선량(depth dose, H3mm)으로, 상·하 입술은 5 mm 깊이 선량을 측정하였다 (Fig. 3).

파노라마 검사에서 환자의 피폭 선량 평가는 조직 등가선량(equivalent dose, HT)을 사용하였다. 등가선량은 동일한 흡수선량이라 할지라도 방사선의 종류에 따라 방사선 생물학적 효과가 다르게 나타날 수 있기 때문에 무차원의 방사선 가중 인자(weighted factor. WR)를 도입한 값으로 각 OSL 선량계의 고유번호에 따른 교정상수를 보정하여 다음 식(3)과 같이 정의하였다[14].

$$H_T = \frac{Reading\ Value\ of\ OSLDs}{CF_{OSLDs}} \times W_R\ [mSv] \quad \cdots\cdots\cdots (3)$$

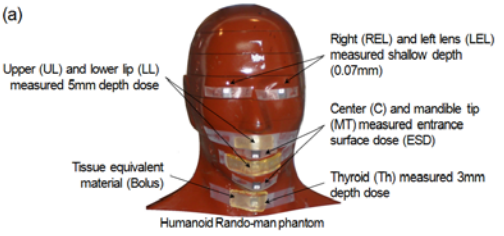

Figure 3. Measurement method of tissue equivalent dose (HT) in this study. (a) a standard model of the human body (humanoid rando-man phantom) recommended by the ICRP and the measurement depth according to the measured location, respectively (b) set-up for panoramic exposure using bolus (3, 5, and 10 mm) hanging over the OSLDs.

ISSN : 1976-0620

여기서 영상의학에 사용되는 X선의 경우 방사선 가중 인자는 1과 같기 때문에 등가선량은 흡수선량과 동일한 평가 기준이 될 수 있었다. 또한 통계 분석 프로그램 SPSS Win 14.0을 이용하여 각 OSL 선량계 당 15회 반복 측정한 결과가 서로 상관관계가 있는지를 분석하기 위하여 반복 측정 분산 분석(repeated measures ANOVA) 방법을 이용하였으며 이 때 p 값이 0.05 미만일 때 통계적으로 유의한 것으로 판단하였다.

III. 결과

1. OSL 선량계의 교정

파노라마 장치의 촬영 중심점에 연필형 이온함과 21개의 OSLD 플라스틱 패킷을 각각 삽입한 후 파노라마 방사선 촬영 평균 노출 조건으로 촬영하였을 때 OSL 선량계의 교정 결과를 Table 1에 나타내었다. 파노라마 장치의 촬영 중심점에서 OSL 선량계의 판독 선량은 평균 488.57±5.18 μGy이었으며 연필형 이온함으로 측정한 값과 비교할 때 1.18% 증가된 선량을 지시하였다. 그러나 각 측정에 대한 선량 변동률이 연필형 이온함의 경우 1.36%, OSL 선량계의 경우 1.06% 미만으로 신뢰할 수 있었다. 각 OSLD 소자마다 교정상수는 최대 1.027 μGy에서 최소 0.986 μGy까지 비교적 균일한 분포를 이루었으며 평균 교정상수는 1.0119±0.01이었다. 또한 반복 측정에 대한 각 선량계의 지시값이 서로 상관관계가 있는지를 분석하기 위하여 반복 측정 분산 분석을 시행한 결과도 p 값이 0.05 미만이었으며 이 값들은 통계적으로 유의한 값으로 신뢰할 수 있었다.

Table 1. Calibration factors of the optically stimulated luminescence dosimeters (OSLDs) used in this study.

	Measurement values (mGy)			*p-value
	Max	Min	Avg. ± SD	
Pencil ion chamber	493	472	482.86±6.57	0.009
OSLDs	0.497	0.479	488.57±5.18	0.013
Calibration factors	1.027	0.986	1.0119±0.01	0.027

SD; standard deviation, ***OSLDs***; optically stimulated luminescence dosimeters. ***Unit***; Measurement values of pencil ion chamber and OSLDs used μGy unit.
*; repeated measures analysis of variance ($p < 0.05$)

2. 조직의 피폭 선량

Table 2는 치과 의료기관의 파노라마 표준 촬영에서 직접 또는 간접적으로 피폭 가능성이 있는 좌·우측 수정체, 상·하 입술, 촬영 중심점, 하악골 첨부, 갑상선에 대한 등가선량을 보여준다. 조직등가물질(bolus)을 이용하여 촬영 중심점과 하악골 첨부는 입사표면선량(ESD), 좌·우측 수정체는 표층 선량(H0.07mm), 갑상선은 3 mm 깊이 선량(H3mm), 상·하 입술은 5 mm 깊이 선량(H5mm)을 측정하였다. 본 연구에 사용된 방사선은 최대에너지가 71 kV인 X선으로 선에너지전달계수(linear energy transfer LET)가 3.5 keV/μm 미만이었고 ICRP는 LET 값을 알지 못하는 경우 X선의 방사선가중인자(WR)는 1과 같다고 권고하고 있기 때문에 식(3)에 의한 조직의 등가선량은 그 조직의 흡수선량과 같았다[14].

결과적으로 파노라마 표준 촬영 범위 내에 직접 포함되는 상·하 입술, 촬영 중심점, 하악골 첨부의 경우 각 측정 위치에 따라 촬영 중심점(C)의 등가선량이 413.67±6.53 μGy로 최대였으며 촬영 중심점을 제외한 부분의 등가선량은 211 μGy에서 304 μGy로 다양한 선량 분포를 보였다. 상·하 입술(UL, LL)의 두께를 고려한 5 mm 깊이 선량은 최대 222 μGy, 최소 211 μGy 였으며 반복 측정에 대한 평균 및 표준편차는 위 입술의 경우 217.80±2.98 μGy, 아래 입술의 경우 215.33±2.61 μGy 이었다. 하악골 첨부(MT)의 등가선량은 최대 304 μGy에서 최소 259 μGy까지 비교적 넓은 선량 영역의 변화를 보였으며 해부학적 특수성 때문에 OSLD 플라스틱 패킷의 부착 위치에 따라 측정 선량이 급격하게 변화하였다.

파노라마 표준 촬영 범위 내에 간접적으로 포함되는 좌·우측 수정체(REL, LEL)는 등가선량은 최대 38 μGy, 최소 28 μGy 이었으며 평균 및 표준편차는 좌측 수정체의 경우 30.73±2.34 μGy, 우측 수정체의 경우 31.87±2.50 μGy 이었다. 이 값은 직접적으로 포함되는 촬영 중심점 선량을 기준으로 약 14%에 해당되기 때문에 결코 무시할 수 없는 양이라 할 수 있다. 그리고 갑상선(TH)의 등가선량은 최대 169 μGy, 최소 156 μ

Gy, 평균 및 표준편차는 162.07±4.13 μGy이었다. 갑상선의 경우 검사 부위에 포함되지 않지만 파노라마 촬영 단면적에 비교적 가깝기 때문에 간접 피폭의 위험성이 높은 것으로 확인되었다. 또한 반복 측정에 대한 각 선량계의 지시값이 서로 상관관계가 있는지를 분석하기 위하여 반복 측정 분산 분석을 시행한 결과도 하악골 첨부에서 p 값이 비교적 높게 분석되었으나 모든 p 값이 0.05 미만으로 이 값들은 통계적으로 유의한 값으로 신뢰할 수 있었다.

Table 2. Equivalent dose of the regions where included, directly or indirectly, from a standard panoramic exposure.

Measured values (μGy)	Equivalent dose						
	Directly included regions				Indirectly included regions		
	Surface		H5mm		H0.07mm		H3mm
	C	MT	UL	LL	LEL	REL	TH
Max	427	304	222	219	36	38	169
Min	406	259	213	211	28	28	156
Avg.	413.67	276.73	217.80	215.33	30.73	31.87	162.07
SD	6.53	14.43	2.98	2.61	2.34	2.50	4.13
*p-value	0.018	0.039	0.011	0.010	0.007	0.009	0.014

C; central point of panoramic scan ranges, MT; mandible tip, UL; upper lip, LL; lower lip, LEL; left eye lens, REL; right eye lens, TH; thyroid, SD; standard deviation.

*; repeated measures analysis of variance ($p < 0.05$)

IV. 고찰

치과 의료기관의 파노라마 표준 촬영은 뇌, 수정체, 갑상선, 이하선, 악하선, 설하선 등의 주변 방사선 감수성이 높은 조직에 직접 또는 간접적인 피폭의 원인이 되고 있으며 저에너지 영역의 X선에 의한 암 발생 위험성과 유전적 장해는 문턱값이 없는 확률적 영향으로 최소 선량에서도 환자에 대한 추가 위험성이 발생할 수 있다[15-16]. 이를 위하여 ICRP는 신권고안을 발간하면서 행위와 개입에 대한 기존 방사선 방호체계를 계획·비상·기존 피폭 상황 중심으로 개편하였다[4]. 여기서 계획 피폭 상황은 피폭 상황이 의도적으로 도입되는 경우로서 피폭이 사전에 충분히 예견되어 피폭에 대한 방호 준비를 시행하고 희망하는 수준의 방호를 용이하게 달성할 수 있는 상황을 의미하며 환자의 의료 피폭이 해당된다. 이를 달성하기 위해서 파노라마 장치의 피폭 선량에 의한 방사선 생물학적 영향을 체계적으로 습득하고 환자의 선량 권고량(DRL)을 참고 준위로 하여 안전관리 및 피폭 선량에 대한 저감화 노력이 필요하다.

따라서 본 연구는 파노라마 표준 촬영에서 직접 또는 간접적으로 포함되는 조직에 대한 피폭 선량을 OSL 선량계를 이용하여 측정하고 기존 연구들에서 제안하는 환자의 선량 권고량과 비교함으로써 환자의 피폭 선량에 대한 저감화 방안을 제시하고자 하였다. 이를 위하여 OSL 선량계의 측정 오차를 최소화하기 위하여 각각의 교정상수를 구하였고 파노라마 표준 촬영에서 간접적으로 포함되는 좌·우측 수정체와 갑상선, 직접적으로 포함되는 상·하 입술, 하악골 첨부, 촬영 중심점을 대상으로 ICRP에서 권고하는 인체 모형 표준 팬텀을 이용하여 측정하였다.

본 연구에서 환자의 피폭 선량을 측정하는 것은 무엇보다 측정 오차를 최소화하는 것이 매우 중요하며 국제 교정 기구에서 정기적으로 교정을 받은 연필형 이온함과 OSL 선량계를 교차 교정함으로써 측정 오차를 최소화할 수 있었다. 각 21개의 OSL 선량계의 선량 변동률은 1.06%로 연필형 이온함의 선량 변동률 1.36%에 비하여 비교적 균일한 선량 분포를 지시하였으며 OSL 선량계의 평균 교정상수는 1.0119이었다. 교정된 OSL 선량계를 이용하여 파노라마 표준 촬영 범위 내에 직접 또는 간접적으로 피폭되는 좌·우측 수정체(REL, LEL), 상·하 입술(UL, LL), 촬영 중심점(C), 하악골 첨부(MT), 갑상선(TH)의 등가선량을 측정하였다.

Table 3에서 본 연구와 관련된 국내·외 보고된 기존 연구 결과들을 비교하였다. 입사표면선량(ESD)을 기준으로 촬영 중심점은 413.67±6.53 μGy 이었으며 하악골 첨부는 276.73±14.43 μGy 이었다. 이와 관련하여 Kaepler 등은 이하선, 악하선 등 하악골 주변 피폭 선량이 최소 162 μGy에서 최대 466 μGy까지 선량 분포가 넓게 분포한다고 보고하고 있어 본 연구와 일치하였다[17-19]. 등가선량을 기준으로 촬영 범위 내 직접 포함되는 상·하 입술은 각각 217.80±2.98 μGy, 215.33±2.61 μGy로 176 μGy에서 555 μGy까지 보고한

ISSN : 1976-0620

기존 연구와도 일치하였다. 일반적으로 물속에서 70 kV X선의 5 mm 깊이 선량은 표면 선량에 비하여 83% 정도임을 감안한다면 상·하 입술의 경우 얇은 피부면을 투과한 X선이 대부분 입술 내부의 지방조직에서 흡수가 이루어지며 결합조직 속에 있는 입술샘(labial gland)이나 점막(mucous membrane) 등의 비교적 방사선에 민감한 조직에 입사표면선량의 약 50% 선량이 도달되는 것을 알 수 있었다[19]. 그러나 투과력이 큰 감마선보다는 저에너지 영역이 X선이 피부 장해를 유발하기 쉽고 적은 선량으로 반복적으로 조사되었을 때 만성 방사선 피부염을 유발할 수 있다는 것을 감안할 때 결코 간과할 수 없는 선량이라 할 수 있다.

파노라마 표준 촬영에서 간접적으로 포함되는 좌·우측 수정체의 등가선량은 각각 30.73±2.34 μGy, 31.87±2.50 μGy 이었고 갑상선의 등가선량은 162.07±4.13 μGy 이었다. Kaepler 등의[17] 연구에서 18 μGy 내지 21 μGy의 수정체 피폭 선량과 비교할 때 비교적 높은 선량이 평가되었다. 수정체는 방사선 감수성이 높은 조직으로서 수정체에 방사선이 조사되면 평생 분열을 담당하는 수정체 전면의 상피 분열세포가 손상을 받으며 손상 부위가 후방으로 이동하면서 수정체 후극의 피하막에 축적되어 수정체의 혼탁이 유발될 수 있다. 수정체 혼탁이 진행되면 시력 장해가 발생되면서 백내장을 유발하는 것으로 보고되고 있다. 특히 Kim[21]은 파노라마 검사에서 안경에 의한 산란선 영향으로 안경을 착용하지 않은 경우에 비하여 수정체 피폭선량이 안경의 재질에 따라 1회 검사 당 20 - 75 μGy가 증가되는 되는 것으로 보고하였다. 이러한 수정체는 장해의 발생 빈도보다 장해의 중증도 또는 심각성이 선량에 비례하며 잠복기가 다른 조직 및 장기보다 길기 때문에 추가적인 조사가 없는 경우 방사선에 의한 장해의 중증도는 더 이상 진행하지 않으며 파노라마 검사에 대한 프로토콜을 체계화함으로써 방사선 장해를 최소화할 수 있다. 또한 Lee 등[22]은 파노라마 촬영에서 조직등가물질을 이용한 갑상선 보호대를 이용하여 피폭선량을 감소하고자 하였으며 그 결과 입사표면선량에 대하여 10 mm 두께의 조직등가물질은 35.24%, 20 mm 두께의 조직등가물질은 42.10%의 피폭 선량 감소 효과가 있다고 보고하고 있다. 따라서 파노라마 표준 촬영에서 간접적으로 포함되는 좌·우측 수정체와 갑상선의 경우 촬영 범위와 근접할수록 간접적인 피폭 선량이 급격하게 증가됨을 알 수 있었으며 갑상선 보호대의 착용 및 방사선 방호 체계에 근거한 검사 프로토콜을 체계화함으로써 주변 결정장기에 대한 간접적인 피폭 선량을 최소화 할 것으로 판단되었다.

Table 3. Comparison results of equivalent dose between the study published results and this study.

	Equivalent dose of measured regions (μGy)				
	Center point	Mandible	Lip	Eye Lens	Thyroid
This study	414	277	215-218	31-32	162
Kaepler et al.	-	232-466	-	18-21	62-75
Choi	-	162-358	176-555	-	21-51
Kuba et al.	-	2200	-	-	335-370

C; central point of panoramic scan ranges, MT; mandible tip, UL; upper lip, LL; lower lip, LEL; left eye lens, REL; right eye lens, TH; thyroid, SD; standard deviation.

*; repeated measures analysis of variance ($p < 0.05$)

V. 결론

치과 의료기관의 파노라마 표준 촬영에서 환자의 피폭 선량에 대한 저감화 방법은 국제기구에서 권고하고 있는 방사선 방어 원칙에 대한 정당한 해석과 제도적 뒷받침(regulation)이 필요하며 파노라마 검사에 의한 피폭 선량은 기술적·경제적 측면 뿐 만 아니라 사회적 인자를 고려하여 합리적으로 용인 가능한 수준까지 최소화하기 위한 체계화된 프로토콜의 제정이 필요하다. 따라서 파노라마 검사를 시행하기 전 환자에게 반드시 필요한 행위 인지를 재고하고 행위에 대한 위험보다 이익이 수반되는지 등의 정당성을 충족하여야 한다. 또한 파노라마 검사에 대한 기술적 변수들을 합리적으로 운영할 수 있는 반복적인 훈련 및 기술적 변수들이 환자의 피폭 선량에 미치는 영향들을 체계화하고 검사 전 안경 등의 추가적 피폭 선량을 증가시키는 요인을 충분하게 배제시키면서 주변 결정장기에 방사선 피폭으로부터 보호할 수 있는 기구를 고안하고 제작함으로써 검사 목적 이외의 불필요한 조

직의 피폭을 최소화하여야 한다.

참고문헌

[1] Korea Food and Drug Adiminizatration (KFDA), "Radiation Health Newsletter, No.65", Vol.1 8, No. 4, pp.1-12, 2011.

[2] National Research Council (NRC), "Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII phase 2", Washington DC, National Academies Press, 2006.

[3] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), "Effect of Ionizing Radiation", UNSCEAR 2006 Report, Vienna, United Nations, 2006.

[4] International Commission on Radiological Protection (ICRP), "The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", ICRP Publication 103, 2007.

[5] Y. Fukushima, Y. Tsushima, H. Takei, A. Taketomi-Takahashi, H. Otake, K. Endo, "Diagnostic reference level of computed tomography (CT) in japan", Radiat. Prot. Dosimetry, Vol. 151, No. 1, pp.51-57, 2012.

[6] International Atomic Energy Agency (IAEA), "International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation sources", IAEA Safety Series No. 115, 1996.

[7] D. Hart, M. C. Hillier, B. F. Wall, "Doses to Patients from Radiographic and Fluoroscopic X-ray Imaging Procedures in the UK: 2005 Review", HPA-RPD-029, 2007.

[8] K. Nishizawa, T. Maruyama, M. Takayama, M. Okada, J. Hachiya, Y. Furuya, "Determinations of organ doses and effective dose equivalents from computed tomographic examination", Br. J. Radiol., Vol. 64, No. 757, pp.20-28, 1991.

[9] International Atomic Energy Agency (IAEA). "Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy. An International Code of Practice for dosimetry Based on Standards of Absorbed Dose to Water" IAEA report series No. 398, Vienna, MD, 2001.

[10] E. K. Kim, W. J. Han, G. C. Chung, Y. H. Jung, S. J. Yoon, J. S. Lee, H. J. Kim, "Development of Diagnostic Reference Level in Dental X-ray Examination in Korea", KFDA Research Project Report, pp. 35, 2009.

[11] R. L. Mini, P. Vock, R. Mury, P. P. Schneeberger, "Radiation Exposure of Patients Who Undergo CT of the Trunk", Radiology, Vol .195, No. 2, pp.557-562, 1995.

[12] K. Nishizawa, T. Maruyama, M. Takayama, K. Iwai, Y. Furuya, "Estimation of Effective Dose from CT Examination", Nihon. Igaku. Hoshasen. Gakkai. Zasshi., Vol.55, No.11, pp.763-768, 1995.

[13] International Commission on Radiological Protection (ICRP), "Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values", ICRP Publication 89, 2002.

[14] International Commission on Radiological Protection (ICRP), "The 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", ICRP Publication 60, 1991.

[15] A. Brindhaban, C. U. Eze, "Estimation of radiation dose during diagnostic X-ray examinations of newborn babies and 1-year-old infants", Med. Princ. Pract., Vol.15, No.4, pp.260-265, 2006.

[16] L. M. Rozhdestvenskiĭ, "The threshold for radiation stochastic effects: arguments "pro" and "contra". Applied realization", Radiats. Biol. Radioecol., Vol.51, No.5, pp.576-594, 2011.

[17] G, Kaeppler, M. Buchgeister, S. Reinert, "Influence of the rotation centre in panoramic radiography", Radiat. Prot. Dosimetry, Vol.128, No.2, pp.239-244, 2008.

[18] S. C. Choi, "Difference in radiation absorbed dose according to the panoramic radiographic machines", Korean J. Oral. Maxillofacial. Radio., Vol.30, No.1, pp.11-15, 2000.

[19] P. K. Kuba, J. O. Beck, "Radiation dosimetry in Panorex roentgenography. Part 3, Radiation dose measurements", Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., Vol.25, No.3, pp.393-404, 1968.

[20] H. Kato, S. Fujii, S. Suzuki, "Method of calculating percentage depth dose for diagnostic X-rays", Nihon. Hoshasen. Gijutsu. Gakkai. Zasshi., Vol.60, No.8, pp.1107-1115, 2004.

[21] C. G. Kim, "Measurement dose of Dental Panoramagraphy using a Rdiophotoluminescent Glass Rod Detector", J. Korea Academia-Industrial cooperation Soc., Vol. 12, No. 6, pp.2624-2628, 2011.

[22] H. L. Lee, H. Y. Kim, H. W. Choi, M. H. Lee, C. S. Lim, "The Effects of a Thyroid Shield made of a Tissue-equivalent Material on the Reduction of the Thyroid Exposure Dose in Panoramic Radiography", J. Korea Academia-Industrial cooperation Soc., Vol.12, No.6, pp.2624-2628, 2011.