

<원저>

치과용 이동형 방사선장치의 선량평가

박훈희·강병삼

신구대학교 방사선과

Evaluation of Radiation Doses of Dental Portable Equipment

Park Hoon-Hee·Kang Byung-Sam

Department of Radiological Technology, Shingu College

Abstract We aim to evaluate safety of radiation by measuring leakage dose and patient(phantom) incident dose of ZEN-PX II dental portable equipment developed by G company. Measurement for leakage dose of equipment is conducted on the top, at the bottom, on the left, on the right and at the back. Dose measurement incident on the subject with the area dosimeter when using the phantom and measurement the leakage dose of equipment when using the phantom are evaluated. Comparing the right with the highest leakage dose as a 0 cm, 25 cm, 50 cm, 75 cm and 100 cm dose measurement at the measurement height of 100 cm, 64.2 uR was reduced to 47.3 uR in the sensor mode 0.32sec. Even in film mode it was measured at 414.4 uR and about 27% lower at 162.6 uR. As the result of this study, when the irradiation time is 2 sec the right side dose is 290.5 uR and sensor mode is 0.32 sec the right side dose is 64.2 uR

Key Words : Dental Leakage Dose, Dental Portable Equipment, Radiation Safety, Radiation Protection, Intra Oral Projection

중심 단어 : 치과 누설선량, 이동형 치과장치, 방사선안전, 방사선방호, 구내촬영

1. 서 론

의료기술의 발전으로 치과방사선의 장치가 다양화 되고 있으며, 국내 치아관리 인식도가 높아짐에 따라 치과방사선 검사가 증가되고 있다[1]. 치과용 이동형 방사선장치는 손에 들고 촬영하는 이동용 장치로 1993년 Kevex X-ray사 (Scott Valley, USA)에서 군대 야전용으로 처음 제작되었고, 일본에서는 장애인이나 재택 환자의 진료를 위한 응급용으로 판매되며 일반 치과 임상에서는 거의 이용되지 않는다 [2]. 그에 반해 국내에서는 2003년 치과용 이동형 방사선장치가 제작 판매되기 시작하여, 환자가 방사선실로 이동하지 않고 진료용 의자에서 촬영이 가능한 장점 때문에 치과 임상에서 여러 제품들의 이용이 증가하고 있다[3]. 그러나 치과용 이동형 방사선장치는 기존의 고정형 엑스선 장치와는

달리 촬영자가 직접 방사선 촬영 장치를 손에 들고 사용하게 되므로 촬영 시 관두부에서 누설되는 방사선에 의한 검사자의 손의 피폭 및 피사체로부터 발생하는 산란방사선에 의한 검사자의 피폭이 문제가 될 수 있기에 안전한 사용을 위한 명확한 기준이 요구되고 있다. 이에 식품의약품안전처 (Korea Food and Drug Administration ; KFDA)의 2011년 연구보고서 'Radiation Safety of Portable Dental X-ray System'에서는 5종의 치과용 이동형 방사선장치의 누설선량을 제시하고 있다[4].

본 연구에서는 국내 G사에서 개발한 ZEN-PX II 장치를 이온 챔버와 치과용 팬텀, 면적선량계를 이용해 누설선량을 비교하고, 치과용 팬텀으로부터 나오는 산란선량을 측정하였다. 또한 관두부의 누설선량을 측정하여 검사자의 손이 받을 수 있는 피폭을 평가하고 5종의 치과용 포터블 엑스선

Corresponding author: Byung-Sam Kamg, Department of Radiological Technology, Shingu College, 377 Gwangmyeong-ro, Seongnam, 13174, Republic of Korea / Tel: +82-31-740-1522 / E-mail: kbs33@shingu.ac.kr

Received 09 October 2018; Revised 12 October 2018; Accepted 22 October 2018

Copyright ©2018 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

장치와 비교하여 개발된 장비의 방사선 안전성을 평가하였다. 이 방사선안전성 평가는 국내에서 개발한 ZEN-PX II 장치의 해외 인증을 받기 위한 기초자료로 활용을 목적으로 시행되었다.

II. 대상 및 방법

1. 대 상

국내 G사에서 개발한 ZEN-PX II 장치를 대상으로 산란 방사선 선량을 평가를 시행하였다. 선량측정은 산란선 측정용 180 cc 이온 챔버[Fig. 1A]를 사용하였으며, 치과용 팬텀[Fig. 1B]을 사용하여 피사체로부터의 산란선을 측정하였다.

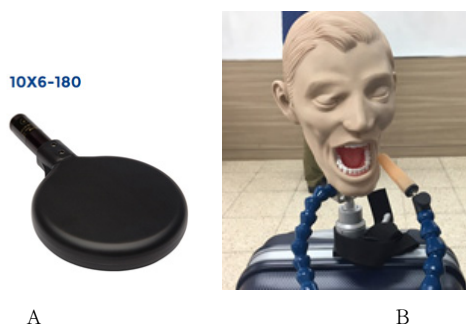


Fig. 1 A : 180cc ionization chamber(10X6-180, Radical, USA)
B : Dental Phantom(X-ray Manikin-XR 7, Japan)

2. 연구방법

1) 장비의 누설선량 측정

가) 장비의 X선 방출구를 10가층(TVL) 이상의 납으로 차폐 후 180cc 이온 챔버로 누설선량을 측정한다.

나) 조사조건은 최고출력인 60 kVp, 2 mA로 고정하고, 최고출력 조사를 위해 조사시간을 2초로 한다. 또한 실제 촬영조건인 누설선량 측정을 위하여 센서모드 조건인 0.32초와 필름모드인 1.25초에서도 측정을 시행한다.

다) 측정위치는 치과용 이동형 방사선장치의 상·하·좌·우 및 후방 표면에 측정기를 위치하여 선량 측정한다.

라) 장비의 상, 하, 좌, 우, 후방을 각각 5회 측정하여 평균선량을 구한다.

2) 면적선량 측정

가) 장비의 X선 방출구에 cone을 연결시킨다.

나) 연결된 cone 끝단에 면적선량계(Dose area product; DAP)가 수직이 되도록 접촉시켜 고정한다.

다) 면적선량계를 팬텀에 밀착시켜 촬영을 실시한다[Fig. 2].
라) 상악(절치, 견치, 구치), 하악(절치, 견치, 구치) 총 6개의 면적선량계를 측정한다[Fig. 3].

마) 조사조건은 60 kVp, 2 mA로 설정한 후, 조사시간은 장비의 프로토콜인 상악절치 0.16초, 상악견치 0.13초, 상악구치 0.32초, 하악절치 0.07초, 하악견치 0.13초 그리고 하악구치 0.16초로 조사를 시행한다.

바) 각각의 치아마다 5회씩 측정 후 평균을 구한다.



Fig. 2 A photograph of measuring the Dose area product

3) 팬텀사용 시 누설선량 평가

가) 팬텀의 대구치에 조사야를 맞춘 후 치과용 포터블의 상악(구치)의 프로토콜로 설정한다.

나) 측정기의 높이는 지면으로부터 60 cm(검사자 생식선 높이), 100 cm(검사자 갑상샘 높이), 140 cm(검사자 수정체 높이)으로 설정하여 측정한다.

다) 측정기와 팬텀과의 거리는 검사자의 손의 위치인 0 cm부터, 25 cm, 50 cm, 75 cm, 100 cm로 설정하여 선량을 측정한다[Fig. 3].

라) 조사조건은 60 kVp, 2 mA로 고정하고, 조사시간은 센서모드 0.32초와 필름모드 1.25초로 설정하여 상·하·좌·우·후방 5 방향을 측정한다.

마) 먼저 센서모드로 설정하고 챔버의 높이는 60 cm 챔버와 팬텀과의 거리는 0 cm으로 하여 5 방향을 5번 측정한다.

바) 측정기의 높이는 동일하게 하고 챔버와 팬텀과의 거리는 25 cm, 50 cm, 75 cm, 100 cm로 늘려 각각의 거리마다 5 방향을 5회씩 측정한다.

사) 다시 측정기의 높이를 100 cm로 설정하고 팬텀과 거리는 0 cm, 25 cm, 50 cm, 75 cm, 100 cm 순으로 각각의 거리마다 5 방향을 5회씩 측정한다.

아) 측정기의 높이를 140 cm로 늘리고 팬텀과의 거리는

0 cm, 25 cm, 50 cm, 75 cm, 100 cm 순으로 5 방향을 5회씩 측정한다.

자) 센서모드의 측정이 끝난 후 필름모드 프로토콜로 재 설정하여 같은 방식으로 5 방향을 5회씩 촬영한다.



Fig. 3 A photograph of measuring the scatter ray

III. 결 과

1. 장비의 누설선량 측정

장비 누설선량 측정결과는 Table 1과 같이 5회 측정하여 평균 및 표준편차를 구하였다. 장비의 최고 출력인 2초를 기준으로 비교하면 장비의 상방향에서 112.1 uR으로 1.25초에서는 84.5%, 0.32초에서 88.9% 선량이 감소하였다. 하방향에서는 2초에서 61.1 uR, 1.25초에서는 69.3%, 0.32초에서 92.8% 선량이 감소하였으며, 좌측방의 결과는 2초에서

71.7 uR, 1.25초에서는 66.4%, 0.32초에서 76.6% 선량이 감소하였다.

우측방향의 결과는 2초에서 290.5 uR으로 1.25초에서는 26.2%, 0.32초에서 79.9% 선량이 감소하였으며, 마지막 후 방향의 결과는 2초에서 56.5 uR, 1.25초에서는 25.5%, 0.32초에서 84.6% 선량이 감소하였다. 좌측에 비해 우측에 선량이 높은 것은 장비에 설치된 X선관이 우측에 음극이 위치하고 있어 경사각효과(heel effect)가 원인이다.

2. DAP선량 측정

Table 2의 DAP선량 결과를 보면 조사시간에 비례하여 X선이 방출되는 결과 값을 보이고 있으나 조사시간 2초에 비해 1.25초의 누설선량이 상. 하. 좌측방향에서 66% 이상의 선량감소를 보이는 것은 3방향에 너무 적은 선량에 대한 선량계 반응감도에 차이로 분석된다.

3. 팬텀사용 시 누설선량 평가

Table 3은 측정높이 60 cm에서 0 cm, 25 cm, 50 cm, 75 cm, 100 cm 선량측정 결과로 누설선량이 가장 높은 우측방향을 비교할 때 센서모드 0.32초에서 65.1 uR이 3.7 uR으로 저감되었으며, 필름모드에서도 221.9 uR에서 16.8 uR로 약 92% 낮게 측정되었다.

Table 4는 측정높이 100 cm에서 0 cm, 25 cm, 50 cm, 75 cm, 100 cm 선량측정 결과로 누설선량이 가장 높은 우측방향을 비교할 때 센서모드 0.32초에서 65.1 uR이 47.3 uR로

Table 1 Results of leakage dose measurement

Irradiation	Count	[uR]				
		Top	Bottom	Left	Right	Back
60 kVp 2 mA 2 sec	Mean	112.1	61.1	71.7	290.5	56.5
	SD	19.0	8.3	2.5	33.2	6.3
60 kVp 2 mA 1.25 sec	Mean	17.4	18.8	24.1	214.4	42.1
	SD	0.3	0.6	0.6	2.7	0.9
60 kVp 2 mA 0.32 sec	Mean	12.4	4.4	16.8	64.2	8.7
	SD	0.3	0.3	0.9	2.7	0.3

Table 2 Results of area dose measurement

Irradiation	Count	[uGy cm ²]					
		Maxillary			Mandibular		
		Incisor 0.16 sec	Camome 0.13 sec	Molar 0.32 sec	Incisor 0.07 sec	Camome 0.13 sec	Molar 0.16 sec
60 kVp 2 mA	Mean	52	44	106	22	44	54
	SD	3.7	4.5	4.5	3.7	4.5	4.5

Table 3 Results of measuring the dose amount by 0 cm, 25 cm, 50 cm, 75 cm and 100 cm distances and the height fixed at 60 cm [uR]

Irradiation	Count	sensor (0.32 sec)					film (1.25 sec)				
		Top	Bottom	Left	Right	Back	Top	Bottom	Left	Right	Back
60 cm /0 cm	Mean	1.2	3.1	3.9	3.7	3.4	7.9	11.6	17.4	16.8	14.8
	SD	0.26	0.67	0.11	0.44	0.27	0.94	0	1.52	0.23	0.38
60 cm /25 cm	Mean	1.9	3.3	3.8	3.1	1.4	9.2	12.6	15.5	13.7	6.9
	SD	0.38	0.26	0	0.22	0.22	0.27	0.2	0.22	0.29	0.45
60 cm /50 cm	Mean	2.1	2.6	1.9	2.3	0.6	7.7	9.5	11.6	9.1	3.0
	SD	0.27	0.04	0.38	0.48	0	0	0.22	0.26	0.07	0.27
60 cm /75 cm	Mean	1.0	0.7	1.4	1.3	0.9	5.3	4.4	7.4	5.4	1.7
	SD	0.31	0.25	0.22	0.38	0.31	0.24	0.11	0.31	0.31	0.27
60 cm /100 cm	Mean	0.6	0.9	0.7	0.6	0	3.0	4.1	4.9	3.2	0.5
	SD	0.04	0.31	0.26	0.03	0	0.27	0.27	0.27	0.35	0.22

Table 4 Results of measuring the dose amount by 0 cm, 25 cm, 50 cm, 75 cm and 100 cm distances and the height fixed at 100 cm [uR]

Irradiation	Count	sensor (0.32sec)					film (1.25sec)				
		Top	Bottom	Left	Right	Back	Top	Bottom	Left	Right	Back
100 cm /0 cm	Mean	5.9	11.2	10.4	47.3	1.0	28.4	42.2	40.6	162.6	4.4
	SD	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.04	0.5	0.6	8.5	0.4
100 cm /25 cm	Mean	8.9	4.2	5.9	10.2	1.9	36.4	16.7	23.2	38.5	2.9
	SD	0.9	0.5	0.5	0.8	0.04	0.6	0.3	0.7	0.4	0.6
100 cm /50 cm	Mean	5.0	2.1	2.9	3.5	0.6	16.6	9.0	11.1	15.6	1.8
	SD	0.63	0.27	0.27	0.29	0.04	0.44	0.69	0.31	0.44	0.41
100 cm /75 cm	Mean	2.0	1.0	1.7	2.0	0.7	8.5	5.2	4.8	7.1	0.9
	SD	0.2	0.3	0.3	0.2	0.6	0.3	0.5	0.8	1.1	0.3
100 cm /100 cm	Mean	0.7	0	0.7	1.3	0	4.0	2.7	3.4	5.4	0.4
	SD	0.2	0	0.3	0.4	0	0.3	0.3	0.7	0.5	0.5

저감되었으며, 필름모드에서도 221.9 uR에서 162.6 uR로 약 27% 낮게 측정되었다. 높이별 선량측정에서 100 cm에서 가장 높은 선량이 평가되었다.

Table 5는 측정높이 140 cm에서 0 cm, 25 cm, 50 cm, 75 cm, 100 cm 선량측정 결과로 누설선량이 가장 높은 우측방향을 비교할 때 센서모드 0.32초에서 65.1 uR이 7.8 uR로 저감되었으며, 필름모드에서도 221.9 uR에서 24.5 uR로 약 88% 낮게 측정되었다.

IV. 고 찰

본 연구의 결과를 기존의 KIM EK의 연구논문[4]과 식품의약품안전처(KFDA)의 2014년 연구보고서[5] 실험에 사용

된 치과용 포터블 엑스선 촬영 장치와 본 연구에서 사용된 ZEN-PX II 장치의 누설선량을 비교하였다. 누설선량 비교 결과는 Table 6과 같다.

KIM EK의 연구논문과 비교결과 B장비가 가장 높은 선량이 측정되었으며, ZEN-PX II장치가 E장치를 제외한 나머지 장비보다 대부분의 방향에서 선량이 낮게 측정되었다[4].

식품의약품안전처 연구보고서에서 사용된 장비는 식품의약품안전처의 승인을 받은 장비들이며, 누설선량 비교 결과는 Table 7과 같다. 연구보고서와 비교결과 KIM EK의 연구논문과 같이 B장비가 가장 높은 선량이 측정되었으며, ZEN-PX II 장치는 D장치를 제외한 나머지 장비들보다 누설선량이 낮게 측정되었다.

우리나라의 경우 치과용 이동형 방사선장치에 대한 규정이 따로 존재하지 않고 있다. 해외의 치과용 이동형 방사선

Table 5 Results of measuring the dose amount by 0 cm, 25 cm, 50 cm, 75 cm and 100 cm distances and the height fixed at 140 cm [uR]

Irradiation	Count	sensor (0,32sec)					film (1,2sec)				
		Top	Bottom	Left	Right	Back	Top	Bottom	Left	Right	Back
140 cm /0 cm	Mean	9,3	5,8	5,1	7,8	3,8	37,9	20,8	20,4	24,5	18,4
	SD	0,27	0,22	0	0,45	0,67	0,91	0,51	0,22	0,45	0,22
140 cm /25 cm	Mean	2,5	2,6	3,3	5,1	1,3	10,5	12,1	14,9	21,2	6,3
	SD	0	0,26	0,23	0	0,38	0,29	0,41	0,29	0,27	0,26
140 cm /50 cm	Mean	1,6	2,0	2,8	5,1	0,9	5,6	8,7	12,6	22,1	4,6
	SD	0,47	0,22	0,48	0	0,31	0,41	0,44	0,22	0,27	0,44
140 cm /75 cm	Mean	1,2	1,0	0,9	3,9	0,1	5,9	6,2	8,3	17,3	1,1
	SD	0,26	0,31	0,48	0,26	0,22	0,27	0,44	0,81	0,22	0,25
140 cm /100 cm	Mean	0,1	0,9	1,1	2,8	0,2	2,8	4,7	5,3	12,0	1,0
	SD	0,21	0,31	0,44	0,31	0,27	1,34	0,31	0,21	0,22	0,31

Table 6 Comparative the leakage doses of ZEN-PX II with the five models used in the research journal of KIM EK [uR]

Irradiation	Model	Top	Bottom	Left	Right	Back	Time (sec)
Sensor Mode	A	42,4	26,1	28,0	50,2	2,1	0,8
	B	101,8	85,7	66,8	71,4	3,8	0,3
	C	10,7	13,3	7,3	11,8	13,4	0,2
	D	11,8	8,7	15,6	7,3	5,2	0,2
	E	1,5	3,6	2,4	1,9	0,8	0,16
	F	12,4	4,4	16,8	64,2	8,7	0,32
Fime Mode	A	55,3	32,3	43,4	61,5	2,48	1,0
	B	234,1	208,4	158,1	169,6	8,49	0,7
	C	43,4	53,1	32,1	50,2	59,6	0,7
	D	30,1	22,0	41,5	17,5	13,6	0,5
	E	3,3	8,4	5,6	4,3	1,6	0,38
	F	17,4	18,8	24,1	214,4	42,1	1,25

A: DX 3000, B: PROX, C: AnyRay, D: Point X, E: Nomad Pr, F: ZEN PX II

Table 7 Comparative the leakage doses of ZEN-PX II with the five models used in the research report of KFDA [uR]

Irradiation	Model	Top	Bottom	Left	Right	Back	Time (sec)
Sensor Mode	A	42,5	26,2	28,0	50,2	2,1	0,8
	B	101,8	85,7	66,8	71,4	3,8	0,3
	C	19,1	14,1	13,9	77,5	21,3	0,3
	D	4,5	4,2	3,4	3,1	0,3	0,1
	E	10,7	13,3	7,3	11,8	19,4	0,2
	F	12,4	4,4	16,8	64,2	8,7	0,32
Fime Mode	A	55,3	32,3	43,4	61,5	2,48	1,0
	B	234,1	208,4	158,1	169,6	8,49	0,7
	C	47,6	36,6	34,2	189,0	53,3	0,7
	D	13,1	12,1	9,65	8,6	0,9	0,3
	E	43,4	53,1	32,1	50,2	59,6	0,7
	F	17,4	18,8	24,1	214,4	42,1	1,25

A: DX 3000 / K133007, B: PROX / K082167, C: Port-X II / K063121, D: REXTAR / K122016, E: AnyRay / K081899, F: ZEN PX II / None

장치에 대한 규정을 살펴보면, 미국은 장치를 사용할 때 촬영자는 환자와 유효 X선으로부터 6피트 이상 거리를 유지하며, 보호 장비와 개인 선량측정계를 사용하여 술자 보호를 철저히 하도록 규정하고 있다[6].

영국의 경우 구내촬영기의 관전압이 60 kV 이상에서 초점-피부 간 거리를 200 mm 이상으로 규정하고 있으며, 또한 촬영 시 관두부를 잡는 것을 허용하고 있지 않다[7]. 일본의 경우 이동형 구내촬영용 엑스선 촬영 장치에 대한 규정은 없으나 재택 의료의 경우 휴대형 구내촬영용 X선 촬영장치의 사용 시 개인피폭 선량계를 착용해야 하며, 0.25 mm 납당량 이상의 방어복, 방어용 납장갑을 착용해야 하고, 필름고정과 조사 방향을 지지하는 보조 기구를 사용해야 하며 정도관리를 하여야 하는 규정이 있다[8]. 국내에서도 장치에서 발생하는 누설방사선이나 산란방사선의 2차 피폭도 무시할 수 없다[9]. 또한 치과용 이동형 방사선 장치의 취급을 주로 치위생사가 담당하고 있다. 치위생학과 학생들의 방사선안전에 대한 평가에서 방사선안전관리에 대한 지식 및 행위 수준이 가장 낮게 평가되어[10] 보다 안전한 장비의 개발이 필요하다. 앞으로 촬영자와 환자의 방사선보호를 위해 장치 제작 및 촬영 시의 지침이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

새로 제작된 ZEN PX II 산란선량 평가결과 최대출력에 서 좌측의 71.7 uR에 비하여 우측에서 가장 높은 290.5 uR이 측정되었다. 국내방사선종사자 손에 대한 최대허용선량을 500 mSv를 기준으로 약 172,100번의 검사에 해당되나 방사선의 확률적 영향을 고려하여, 우측에 위치한 조사스위치를 검사자의 안전을 위하여 X선관의 음극 양극의 위치 변경을 권고한다. 또한 상단부에서 112.1 uR으로 두 번째 높은 선량이 측정되므로 검사자의 차폐가 필요하다.

REFERENCES

- [1] Shin KS, Kim YH, et al. The Actual State and the Utilization for Dental Radiography in Korea. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2010;33(2): 109-119.
- [2] Kenneth PH, Stanley SJ, Mackernzie AJ. Radiation safety for the NOMAD™ portable X-ray system in a temporary morgue setting. *J Forensic Sci*. 2008;53: 917-921.
- [3] Kim EK. Leakage and scattered radiation from hand-held dental x-ray unit. *Korean J Oral Maxillofac Radiol*. 2007;37:65-68.
- [4] Kim EK. Radiation safety of portable dental X-ray systems, KFDA Research Report, 2011.
- [5] KFDA, Radiation Safety of Portable Dental X-ray System, Radiation safety management series No.37, 2014.
- [6] Schueler BA. Operator shielding: how and why. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2010;13:167-171.
- [7] Le Heron J, Padovani R, Smith I, Czarwinski R. Radiation protection of medical staff. *Eur J Radiol*. 2010;76:20-23.
- [8] Medical Radiation Protection in Japan, Chapter 4 of the Medical Law Enforcement Rules, 2011.
- [9] Ko JK, Park MH, Kim YM. Analysis of the Spatial Dose Rates during Dental Panoramic Radiography. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2016;39(4):509-516.
- [10] Jun YL, Cho PK, Han EK, et al. The Knowledge, Attitude and Behavior on the Radiation Safety Management for Dental Hygiene Major Students. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2015;38(4):411-420.