

이동형 치과 X선 발생장치의 공간선량 분포

한경순 · 안성민^{1†}

가천대학교 보건과학대학 치위생학과, ¹가천대학교 보건과학대학 방사선학과

Spatial Dose Distribution from Portable Hand-Held Dental X-Ray Equipment

Gyeong-Soon Han and Sung-Min Ahn^{1†}

Departments of Dental Hygiene and ¹Radiological Science, College of Health Science, Gachon University, Incheon 406-799, Korea

To compare the stationary dental X-ray generator and the portable dental X-ray generator and to understand spatial radiation dose depended on locations by measuring spatial radiation dose of the portable dental X-ray generator. The researchers used an Ionization chamber to measure spatial radiation dose which was generated while applying X-ray radiation to real bone skull phantom with both portable and stationary dental X-ray generator. There were 4 measurement locations which were immediate anterior, right, left and posterior. Distance of measurement was 50 cm in every location and the recorded result is an average of two applications of X-ray radiation to the maxillary molar area under the condition of 70 kVp, 3 mA, 0.1 sec. Average spatial radiation dose of portable X-ray generator was 37.51 μ Sv, much higher than that of stationary X-ray generator which was 10.77 μ Sv ($p < 0.001$). The result of the spatial radiation dose of the portable X-ray generator showed a huge difference depending on types of units which varied from 17.77 μ Sv to 68.90 μ Sv ($p < 0.05$), also depending on the measurement location, immediate anterior resulted in the highest radiation dose of 54.14 μ Sv and immediate right was the lowest of 13.60 μ Sv. Immediate left and posterior, however, resulted in similar radiation dose which were 42.12 μ Sv, 40.18 μ Sv ($p < 0.01$). With this result, we claim that usage of portable dental X-ray generator should be restricted to patients who can't move and exposure to radiation should be minimized by wearing lead-apron.

Key Words: Portable hand-held dental X-ray equipment, Radiation, Radiation defense, Spatial dose

서론

1895년 W.C. Roentgen에 의해 발견된 X선을 이용한 방사선 사진은 의학 분야의 진단과 치료영역에서 없어서는 안 될 매우 중요한 위치를 차지하며 급속한 발전을 이루고 있다. 치과임상에서 주로 이용하는 구내 X선 발생장치는 적은 양의 방사선을 사용하므로 위해성이 없는 것은 아니지만 그 정도가 미비한 수준으로 알려져 왔다. 이로 인해 치료과정 중 요구되는 방사선 사진을 보다 편리하고 신속하게 얻을 수 있는 이동형 X선 발생장치는 치과임상에서 활용도가 점차 높아지고 있다.

손에 들고 이동하며 촬영할 수 있는 이동형 치과 X선 발생장치는 1993년 미국 Kevex X-Ray사(Scotts Valley, CA, USA)에 의해 고안되었으며, Food and Drug Administration (FDA)에서 군용으로 승인을 받았다¹⁾. 우리나라에는 1990년 말에 도입되어 2003년 Wizmed사의 Pico (Wizmed Co., Seoul, Korea)를 시작으로 여러 제품들이 출시되고 있다²⁾.

이동형 치과 X선 발생장치는 방사선실로 이동하여 촬영하는 번거로움이 없는 장점이 있으므로 거동이 불편한 장애 환자나 노인 환자, 임플란트 수술 시에 매우 유용하게 활용할 수 있다. 따라서 National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP)³⁾에서는 이동형 치과 방사

Received: March 26, 2015, Revised: April 14, 2015, Accepted: April 14, 2015

ISSN 1598-4478 (Print) / ISSN 2233-7679 (Online)

†Correspondence to: Sung-Min Ahn

Department of Radiological Science, College of Health Science, Gachon University, 191 Hambangmoe-ro, Yeonsu-gu, Incheon 406-799, Korea
Tel: +82-32-820-4363, Fax: +82-32-820-4360, E-mail: sman@gachon.ac.kr

Copyright © 2015 by the Korean Society of Dental Hygiene Science

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

선 촬영장치의 사용을 환자가 방사선실로 이동하여 촬영할 수 없는 상태로 제한하는 규정을 두고 있다. 하지만 오늘날 의료서비스는 단순히 의료를 제공하는 상태를 벗어나 환자에게 최대한의 편의와 만족, 나아가 감동을 추구하는 서비스를 지향하고 있으므로 이동형 치과 X선 발생장치의 이용은 일반 환자에게로도 점차 확대 사용하고 있는 실정이다.

그런데 이동형 치과 X선 발생장치는 술자가 카메라처럼 직접 들고 촬영해야 하므로 촬영 시 관두부로부터 누출되는 방사선과 피사체로부터 산란되는 방사선에 대한 위해로부터 술자가 안전할 수 없다는 문제점을 가지고 있다. 따라서 이동형 치과 X선 발생장치를 사용할 때는 이동이 가능한 납 칸막이를 이용하여 차폐를 해야 하고, 술자와 환자는 반드시 납 방어복을 착용해야 한다. 그러나 치과 임상에서 사용되는 X선 발생장치는 방사선 사용량이 적다는 점에서 위해성을 간과하는 경향이 있다. 실제로 X선 촬영 시 납 방어복 착용에 대해 Jang 등⁴⁾은 치과병원 술자의 경우는 77.8%를 나타냈으나 대학병원 치과는 20.0%, 치과의원은 9.1%라고 하였고, Han⁵⁾은 치과의원에서 환자가 9.3%, 술자는 7.0% 수준이라고 하여 방사선 방어 수준이 매우 심각한 상태임을 알 수 있다. 치과임상에서 방사선 관련 종사자는 업무를 수행하는 동안 소량의 방사선에 지속적으로 반복 노출될 가능성이 많은데, 적은 양의 방사선 노출에 대한 생물학적 효과에 대해 아직까지 정확히 밝혀진 바가 없다는 점에 주목할 필요가 있다.

치과병원에서 사용되고 있는 이동형 치과 X선 발생장치는 Pico를 비롯하여 AnyRay (Vatech Co., Hwaseong, Korea), DX3000 (Dexcowin Co., Seoul, Korea), Easy-Ray (Genoray Co., Seoul, Korea) 등 여러 종류가 있다. 그러나 이동형 치과 X선 발생장치 기종에 대한 공간선량이나 술자의 방사선 노출에 관련하여 국내외를 막론하고 거의 연구된 바가 없는 실정이다. 다만 Kim²⁾은 이동형 치과 X선 발생장치로 마네킹이나 허공에 대고 촬영하였을 때 선량이나 누설선량이 고정형 X선 발생장치 보다 유의하게 컸다²⁾고 하였다. Hatzioannou 등⁶⁾과 Lee 등⁷⁾은 일정한 조건에서 X선 발생장치를 사용하였을 때 측정된 선량은 기기별로도 매우 높은 차이가 있었음을 보고한 바 있다. 이러한 이유에서 이동형 치과 X선 발생장치의 제조허가가 좀 더 엄격하게 이루어져야 한다고 주장하였다. 이는 이동형 치과 X선 발생장치 관두부의 납 처리가 완벽하여 누설선량이 없다고 한 국내 판매자들의 주장과는 상반되는 결과²⁾로 매우 중요한 의미를 가지고 있다.

이에 본 연구는 치과병원에서 사용하고 있는 이동형 치과 X선 발생장치를 이용하여 X-ray anatomical phantoms

skull에 X선을 조사할 때 발생하는 주변의 공간선량을 측정하고, 동일한 방법으로 고정형 X선 발생장치에 적용하여 측정된 공간선량을 상호 비교하여 차이를 파악하고자 한다. 또한 각 기기별 공간선량과 위치별 공간선량을 측정하여 비교 분석을 시행하고자 한다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 2014년 5월 1일부터 29일까지 수도권 지역 치과병원을 직접 방문하여 임상에서 활용하고 있는 이동형 및 고정형 치과 X선 발생장치의 공간선량을 측정하였다. 공간선량을 측정한 치과 X선 발생장치는 이동형 5종류 각 2대씩 총 10대였으며, 고정형은 3종류 각 2대씩 총 6대였다. 이동형 치과 X선 발생장치는 AnyRay, DX3000, DXR 1 (Exaro Co., Seoul, Korea), Easy-Ray, IMS2000 (InnerMax Co., Seoul, Korea)이었고, 고정형 치과 X선 발생장치는 DS-S (Dongseo Inc., Bucheon, Korea), PaX-500 (Vatech Co.), GX-70D (Younghan Co., Incheon, Korea)였다.

2. 연구재료 및 연구방법

공간선량 측정에 사용한 skull model은 X선 반응효과가 사람과 동일한 X-ray anatomical phantoms skull로 weight 18 lb의 Real Bone Phantom 76-618-3000 (Cardinal Health Co., Ohio, USA) (Fig. 1)이었다. 공간선량 측정은 저선량과 고선량을 모두 정확하게 측정할 수 있는 ionization chamber로 1,800 cc 대용량인 Radiation Protection Chamber 20X6-1800 (Radial Co., CA, USA)을 사용하였고, radiation monitor는 model 2026C를 이용하여 한 명의



Fig. 1. Real Bone Phantoms 76-618-3000 (Cardinal Health Co., Ohio, USA).

방사선 전문가가 측정하였다.

동일한 환경에서 기기별 공간선량을 측정하고자 이동형 치과 X선 발생장치는 치과 진료용 의자를 supine position 으로, head rest를 바닥에 평행하게 위치시킨 후 X-ray anatomical phantoms skull model을 놓았고, 고정형 치과 X선 발생장치는 이동이 가능한 침대 위에 skull model을 놓았다. 공간선량 측정을 위한 치과 X선 발생장치를 이용한 촬영은 모두 각 치과병의원 담당 치과위생사가 직접 시행하였다. 촬영 조건은 Kim²⁾의 연구와 같이 디지털 센서로 성인 상악 구치부를 촬영할 때의 조건인 70 kVp, 3 mA, 0.1 sec 였다. 측정은 조사야 방향을 기준으로 직전, 직좌, 직후, 직후의 네 위치에서 하였고, 측정거리는 모두 일정하게 50 cm 를 유지하였으며, 상악 좌측 구치부를 두 번 촬영하여 평균 값을 기록하였다.

3. 분석방법

자료분석은 통계프로그램 IBM SPSS Statistic ver. 21.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하였다. 기종별 이동형 및 고정형 치과 X선 발생장치의 공간선량 차이와 관두부 주변의 위치별 공간선량의 차이는 Kruskal-Wallis test를 이용하였고, 사후분석은 Bonferroni's 분석을 시행하였다. 제 1종 오류의 유의수준은 0.05 미만으로 정하였다.

결 과

1. 치과 X선 발생장치의 공간선량 비교

치과 X선 발생장치의 공간선량 비교는 Table 1과 같다.

이동형 X선 발생장치의 평균 공간선량은 37.51 μ Sv로 고정형 X선 발생장치의 10.77 μ Sv보다 매우 높았다($p < 0.001$). 이동형 X선 발생장치는 기기별 공간선량에 차이를 나타냈는데, machines A가 68.90 μ Sv로 가장 높았고, machines E가 37.62 μ Sv, machines D가 35.12 μ Sv, machines C가 28.12 μ Sv였으며, machines B가 17.77 μ Sv로 가장 낮은 공간선량을 나타냈다($p < 0.05$). 고정형 X선 발생장치의 기기별 공간선량 차이는 통계적으로 유의하지 않았다($p > 0.05$).

2. 치과 X선 발생장치의 위치별 공간선량 비교

치과 X선 발생장치의 위치별 공간선량 비교 Table 2와 같다. 이동형과 고정형 X선 발생장치 모두 위치에 따라 공간선량에 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.01$). 또한 이동형 X선 발생장치가 고정형 X선 발생장치에 비해 높은 공간선량을 나타냈는데, 가장 높은 선량 위치는 X선 진행방향인 직전으로 이동형 X선 발생장치가 54.14 μ Sv, 고정형 X선 발생장치는 22.58 μ Sv였다($p=0.05$). 다음으로 이동형 X선 발생장치는 직좌 42.12 μ Sv, 직후 40.18 μ Sv였고, 고정형 X선 발생장치는 직후 10.50 μ Sv, 직좌 6.20 μ Sv였다. 가장 낮은 선량 위치는 직후 위치로 이동형 X선 발생장치 3.60 μ Sv, 고정형 X선 발생장치 3.81 μ Sv였다($p=0.001$).

고 찰

치과용 구내 방사선 발생장치에서 발생하는 방사선은 매우 적은 양이므로 인체 위험성도 적다고 하지만 모든 이온화 방사선은 위험하여 생체조직에 생물학적인 변화를 일으

Table 1. Comparative of Spatial Doses by Dental X-Ray Machines

Dental X-ray machines	Location	Spatial doses		
		Mean \pm SD (μ Sv)	χ^2/p^1	χ^2/p^2
Portable dental x-ray machines				
A (n=2)	4	68.90 \pm 40.95 ^a		
B (n=2)	4	17.77 \pm 13.22 ^b		
C (n=2)	4	28.12 \pm 22.42 ^{a,b}	12.80/	
D (n=2)	4	35.12 \pm 46.26 ^{a,b}	0.012	
E (n=2)	4	37.62 \pm 22.91 ^{a,b}		
Subtotal (n=10)	4	37.51 \pm 34.67		13.41/ <0.001
Fixed dental x-ray machines				
A (n=2)	4	17.10 \pm 13.98		
B (n=2)	4	5.13 \pm 2.69	5.96/	
C (n=2)	4	10.08 \pm 7.39	0.051	
Subtotal (n=6)	4	10.77 \pm 10.17		

SD: standard deviation.

p^1 and p^2 values is obtained from the Kruskal-Wallis test due to non-parametric distribution.

^{a,b}The same characters was not significant by Bonferroni's multiple comparisons at $\alpha=0.05$.

Table 2. Comparative of Spatial Doses by Peripheral Location

Dental x-ray machines	Immediately anterior (μSv)	Immediately right (μSv)	Immediately posterior (μSv)	Immediately left (μSv)	χ^2	p^1
Portable (n=10)	54.14±36.11 ^a	13.60±18.40 ^b	40.18±51.63 ^{a,b}	42.12±21.38 ^{a,b}	13.55	0.004
Fixed (n=6)	22.58±13.58 ^a	3.81±0.88 ^b	10.50±4.71 ^{a,b}	6.20±4.29 ^{a,b}	13.15	0.004
χ^2	2.146	1.360	1.469	4.250		
p^2	0.050	0.195	0.164	0.001		

Values are presented as mean±standard deviation.

p^1 and p^2 values is obtained from the Kruskal-Wallis test due to non-parametric distribution.

^{a,b}The same characters was not significant by Bonferroni's multiple comparisons at $\alpha=0.05$.

킨다는 점⁸⁾에 주목할 필요가 있다. 다만 현재로서는 적은 양의 방사선 노출에 대한 생물학적 변화를 정확히 측정해 내지 못할 뿐이고, 방사선은 인체에 누적된다는 점에서 적은 양의 방사선이라도 최대한 방어할 필요가 있는 것이다⁵⁾.

이동형 및 고정형 X선 발생장치와 디지털 센서를 이용하여 X-ray anatomical phantoms skull의 상악 대구치 부위에 X선을 촬영하였고, phantoms skull의 50 cm 거리에서 조사야 방향을 기준으로 직전, 직좌, 직우, 직후의 위치에서 공간선량을 측정하였다. 이동형 X선 발생장치의 공간선량 평균값은 37.51 μSv 로 고정형 X선 발생장치 10.77 μSv 보다 매우 높았다($p < 0.001$). 이러한 결과는 피부표면으로부터 14 cm 거리에서 산란선량을 측정한 결과, 고정형 X선 발생장치의 3.03 μGy 에 비해 6.39 μGy 를 나타낸 이동형 X선 발생장치의 선량이 높았다고 한 Kim²⁾의 연구와 유사하였다. 이는 이동형 X선 발생장치는 납처리가 완벽하고, 디지털 센서를 이용하므로 인체에 위해 수준이 낮을 것으로 알려져 있던 내용에 반하는 결과이다. 방사선 촬영 시 납으로 만들어진 문 밖에서 촬영을 하는 고정형 X선 발생장치와 달리 이동형 X선 발생장치의 경우 술자가 최대 산란 방사선이 향하는 관두부를 들고 촬영하기 때문에 공간선량은 술자의 피폭에 직접적인 영향을 줄 수밖에 없다는 점에서 매우 중요한 의미를 가지고 있다. 더구나 이동용 치과 X선 발생장치를 이용할 경우 환자가 치과 진료용 의자에 누워있는 자세에서 촬영을 하게 되는데, 이때 이동용 치과 X선 발생장치의 위치는 술자의 하복부와 생식부위 근치가 된다⁵⁾. 방사선 생물학적 효과는 조직과 장기, 세포에 따라 민감한 정도가 서로 다른데, 생식기는 림프조직, 골수 등과 함께 방사선 민감도가 높은 장기로 분류된다⁸⁾. 따라서 카메라처럼 직접 들고 진료실에서 X선을 촬영하는 이동형 X선 발생장치를 사용할 때에는 반드시 납 방어벽을 이용하여 차폐를 함은 물론 환자와 술자 모두 납 앞치마를 착용하여 진단과 관련이 없는 신체부위를 방사선으로부터 보호하는 데에 신중을 기할 필요가 있다. 그러나 치과방사선 업무를 수행하는 치과위생사

를 대상으로 방사선 방어시설에 대한 인식을 조사한 결과 잘 되어 있다고 인식하는 경우는 34.9%⁹⁾에 불과하여 방어시설에 대한 보완이 시급하다고 생각된다.

이동형 X선 발생장치의 기기별 공간선량 차이를 살펴본 결과 가장 높은 machines A가 68.90 μSv 인 반면 가장 낮은 machines B는 17.77 μSv 로 기기별 공간선량의 평균값은 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$). 일정한 조건에서 기기별 선량 차이를 측정한 Hatzioannou 등⁶⁾도 0.30 μSv 에서 16.09 μSv 까지 다양함을 보고하였고, Lee 등⁷⁾은 같은 규격에서도 3배에서 14배까지 차이가 있었다고 하였다. 이는 이동형 X선 발생장치의 제조회사별 납 처리 규격에 차이가 있거나 기기의 사용 연한에 따른 노후, 관리 소홀 등으로 인한 누설선량 발생에 차이가 있을 것으로 예측된다. 따라서 이동형 치과 X선 발생장치의 제작에 있어서 제조 허가를 엄격하게 규격화함은 물론 사용연한에 따른 기기 관리 규정과 규격에 맞는 검사방법 등에 대해 법적인 관리와 규제가 필요할 것으로 생각된다.

미국의 NCRP³⁾ 보고서에 따르면 최대 산란 방사선은 일차 방사선이 환자에 입사될 때 후방으로 향하게 되며, 최소 노출을 위한 술자의 가장 좋은 위치에 대해 각도는 환자를 통해 나가는 일차 방사선으로부터 45도이며, 거리는 관두부로부터 적어도 2 m 이상 떨어져 있는 것이라고 하였다. 본 연구는 phantoms skull을 중심으로 50 cm 거리의 직전, 직좌, 직우, 직후 방향 지점에서 측정한 공간선량은 이동형과 고정형 X선 발생장치 모두 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.01$). 이동형과 고정형 X선 발생장치의 공간선량은 모두 X선 조사방향인 직전 위치가 각각 54.14 μSv , 22.58 μSv 로 가장 높았다. 두 종류의 발생장치 모두 가장 낮은 공간선량을 나타낸 위치는 직우로 이동형 X선 발생장치 13.60 μSv , 고정형 X선 발생장치 3.81 μSv 였다. 직우 위치가 가장 낮은 이유는 촬영부위가 상악 좌측 대구치였으므로 X선이 실제 두개골 조직과 같이 높은 밀도로 이루어진 phantoms skull의 두개골 부위를 통과하는 과정에서 많은 양이 흡수되

있기 때문일 것으로 생각된다. 문제는 직후 위치로 이동형 X선 발생장치가 40.18 μSv , 고정형 X선 발생장치가 10.50 μSv 로 직전 위치에 이어 두 번째로 많았다는 점이다. 직후 위치는 이동형 X선 발생장치를 들고 촬영하는 술자의 위치에 해당되며, 조사통이 짧은 이동형 치과 X선 발생장치의 관두부를 잡고 있는 술자의 손은 환자로부터 14 cm 이내²⁾의 거리에 위치한다는 점에 주목해야 한다. 더구나 환자를 촬영할 때의 X선 노출조건 즉 관전압과 관전류, 노출시간은 주로 술자의 경험과 습관에 의해 정해지는 경우가 많으므로 술자의 방사선 피폭 수준을 파악하기는 매우 어렵다. 따라서 이동형 치과 X선 발생장치 허가조건을 사용실태에 맞게 강화하여 규격화하는 것이 우선되어야 하며, 방사선실로 이동하여 촬영할 수 없는 환자의 상태만으로 제한하는 법적인 장치가 요구된다. 그리고 방사선 안전관리의 지식은 안전관리 태도와 행위에 영향을 미치므로¹⁰⁾ 이동형 치과 X선 발생장치를 사용할 때 촬영목적과 조사부위, 환자의 특성에 맞는 방사선 조사선량을 선택하고, 술자와 환자의 편의를 높이기 위해 무분별하게 사용하지 않도록 현실에 맞는 교육을 제공하여 방사선 피폭을 최소화하는 노력을 해야 할 것이다.

본 연구는 실제 치과병원에서 활용되고 있는 이동형 치과 X선 발생장치의 공간선량을 파악하였으나 기기별 연식과 실제 사용량 및 사용기간을 통제하지 못했으므로 연구 결과의 일반화에 신중을 기해야 한다. 그럼에도 불구하고 거의 연구된 바 없는 이동형 치과 X선 발생장치를 사용할 때 방사선 피폭이 발생할 수 있는 술자의 다양한 위치에서 실제 발생할 수 있는 공간선량을 파악함으로써 기기에 대한 법적인 규제와 방사선 차폐의 필요성을 인식하였다는 점에서 의미를 찾을 수 있다.

요 약

치과병원에서 사용하고 있는 이동형 치과 X선 발생장치를 이용하여 두경부 마네킵에 X선을 조사할 때 주변의 공간선량을 측정하고, 동일한 방법으로 고정형 X선 발생장치에 적용하여 측정된 공간선량을 상호 비교하며, 더불어 기기 및 위치별 공간선량을 비교 분석한 결과는 다음과 같다. 이동형 X선 발생장치의 평균 공간선량은 37.51 μSv 로 고정형 X선 발생장치의 10.77 μSv 보다 매우 높았다($p < 0.001$). 이동형 X선 발생장치의 기기별 공간선량은 17.77 μSv 부터 68.90 μSv 까지 큰 차이를 나타냈다($p < 0.05$). 위치별로는 직전 위치가 54.14 μSv 로 가장 높았고, 직우 위치가 13.60

μSv 로 가장 낮았으며, 직좌와 직후 위치는 42.12 μSv , 40.18 μSv 로 유사하였다($p < 0.01$). 이상의 결과를 통해 이동형 치과 X선 발생장치는 이동 불가능한 환자만을 대상으로 제한적으로 시행하여야 하며, 반드시 환자와 술자 모두 납 방어복을 착용하여 방사선 피폭을 최소화해야 할 것이다.

References

1. Van Dis ML, Miles DA, Parks ET, Razmus TF: Information yield from a hand-held dental x-ray unit. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 76: 381-385, 1993.
2. Kim EK: Leakage and scattered radiation from hand-held dental x-ray unit. *Korean J Oral Maxillofac Radiol* 37: 65-68, 2007.
3. National Council on Radiation Protection and Measurements: Radiation Protection in dentistry. NCRP Report No. 145. National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, 2003.
4. Jang JH, Hwang SL, Jung HR: The relationship between behavior of radiographic safety control and job stress in dental hygienist. *Dent Hyg Sci* 10: 265-271, 2010.
5. Han GS: Perception of risk and using status of hand-held dental X-Ray Unit. *J Dent Hyg Sci* 14: 442-447, 2014.
6. Hatzioannou K, Psarouli E, Papanastassiou E, et al.: Quality control and diagnostic reference levels in intraoral dental radiographic facilities. *Dentomaxillofac Radiol* 34: 304-307, 2005.
7. Lee JS, Kang BC, Yoon SJ: The survey of the surface doses of the dental x-ray machines. *Imaging Sci Dent* 35: 87-90, 2005.
8. Joen M, Laura J: Dental radiography principle and techniques. 3rd ed. Elsevier Health Sciences, New York, pp.39-47, 2005.
9. Kang EJ, Lee KH, Ju OJ: A study on the environmental condition and safety in dental radiographic room. *Dent Hyg Sci* 5: 83-88, 2005.
10. Yoon JA, Yoon YS: A survey about the knowledge, attitudes and behavior for radiation safety management of operating room nurse and dental hygienists. *Dent Hyg Sci* 14: 230-239, 2014.