Journal of Radiation Industry 15 (2) : 131~139 (2021) https://doi.org/10.23042/radin.2021.15.2.131

국내·외 치과촬영에 의한 피폭방사선량 실태조사 현황 분석

이병민[1] · 이민영[1] · 남형우[1] · 김광표[1,*]

[1]경희대학교 원자력공학과

Analysis of National Medical Radiation Exposure by Dental Radiography

Byung Min Lee[1], Min Young Lee[1], Hyeung Woo Nam[1] and Kwang Pyo Kim[1,*]

[1]*Department of Nuclear Engineering, Kyung Hee University, 1732 Deokyoung-daero, Giheoung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do 17104, Republic of Korea*

Abstract - Dental radiography is an important tool used for diagnosis of cavities, implants, and orthodontics. The usage of dental radiography has increased continuously, which can lead to increase in the radiation dose for the patient. Therefore, it is necessary to manage the patient dose for medical radiation at the national level continuously and systematically. The objective of this study is to analyze the national medical radiation exposures by dental radiography. In Korea, the KCDC conducted a study of radiation exposure by dental radiography in 2019. In this study, the KCDC conducted a study through radiation dose measurement by visiting a medical institution. The age group was classified into 6, 12, and adults, and the types of examination were selected as intraoral radiography, panorama, and CBCT. The dose area product corresponding to the third quartile for adults was 2,060 mGy·cm^2 (CBCT), 227 mGy·cm^2 (panorama), and 46 mGy·cm^2 (intraoral radiography). In other developed countries, it was found that the survey method, age, and type of examination for dental radiography were similar to Korea. Radiation dose in Korea was about 39% lower than the other countries in intraoral radiography, and about 2.0 times higher in panorama and 2.5 times higher in CBCT. It is because the dental radiography acquisition methods and devices are different from each country. Periodic nation-wide survey on medical radiation exposure is necessary to manage the medical radiation exposure. Ultimately, the results of this study can be used to optimize patient dose and reduce radiation dose.

Key words : Medical radiation, Dental radiography, Radiation exposure, Dose area product

서 론

치과촬영은 현대의학의 중요한 도구로서, 치아 질환 진단, 치아교정 등에 널리 사용되고 있다. 질병관리청에 따르면 국내 치과촬영 사용량은 매년 증가하는 추세이며, 2012년부터 2019년까지의 사용량은 연평균 약 5% 증가하는 것으로 나타났다(질병관리청 2020). Fig. 1에 치과촬영 사용량 및 비율을 나타내었다. 2019년 국내 치과촬영 사용량은 약 3,700만 건으로, 전체 의료방사선 사용량 중 두 번째로 높은 비율을 차지하는 것으로 나타났다.

국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection; ICRP)에서는 의료방사선이 환자의 이득을 위해 사용되어야 하며, 의료방사선에 의한 피폭의 최적화가 선행되어야 한다고 명시하고 있다(ICRP 1990). 즉, 의

* Corresponding author: Kwang Pyo Kim, Tel. +82-31-201-2560, Fax. +82-31-273-3592, E-mail. kpkim@khu.ac.kr

료방사선 사용 시 환자보호의 기본원리는 방사선 이용으로 인한 환자의 의료상의 이득은 최대화하되, 피폭방사선량 등은 경제적, 사회적 인자를 고려하여 합리적으로 달성할 수 있는 범위에서 낮게 유지하는 것이다(ICRP 1996; ICRP 2017). 이를 위해 세계 각국에서는 의료방사선 피폭방사선량 실태조사 연구를 수행하여 피폭 수준을 파악하고 있다. 그리고 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency; IAEA)에서는 환자의 피폭방사선량의 권고량에 해당하는 진단참고수준을 국가별로 확립할 것을 권고하고 있다(IAEA 1996). 진단참고수준은 환자의 피폭방사선량이 비정상적으로 높은지를 확인하기 위해 사용되며, 일반적으로 조사된 피폭방사선량 분포의 3사분위로 설정된다.

유엔방사선영향과학위원회(United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation; UNSCEAR)는 전 세계 의료방사선 안전관리 현황을 파악하기 위해 정기적으로 다수 국가의 의료방사선 사용량 및 피폭방사선량을 수집 및 정리하여 보고서로 발간하고 있다. 유엔방사선영향과학위원회에서는 1997~2007년 동안 조사한 국가별 의료방사선 사용량 및 피폭방사선량 정보를 바탕으로 실태조사 보고서를 발간하였다(UNSCEAR 2010). 미국, 영국 등 의료 선진국에서는 환자보호 및 환자의 피폭방사선량 관리의 최적화를 위하여 주기적으로 치과촬영을 포함한 의료방사선 피폭방사선량 실태조사 연구를 수행하고 있다(ACR 2013; NCRP 2013; PHE 2019). 국내에서는 2017년 질병관리청을 중심으로 일반촬영, 치과촬영, 유방촬영, 전산화단층촬영 등 의료방사선 검사에 의한 사용량 분석 및 피폭방사선량 평가 연구가 수행되었다(질병관리청 2017). 그리고 2019년에는 2017년 피폭방사선량 평가 연구를 기반으로 치과촬영에 대한 진단참고수준(Diagnostic Reference Level; DRL)을 제시하였으며, 이를 통해 치과촬영 시 환자의 선량관리를 위한 가이드라인을 제시하였다(질병관리청 2019).

의료방사선은 환자의 방사선 피폭을 수반하며, 의료방사선의 사용량 증가는 국민의 피폭방사선량 증가로 이어질 수 있다. 국민의 피폭방사선량 증가는 방사선안전과 국민보건의 관점에서 우려의 대상이다. 따라서 국가적 차원에서의 지속적이고 체계적인 의료방사선에 의한 환자의 피폭방사선량 관리가 필요한 실정이다. 김우진 등은 국내·외 일반촬영에 대한 피폭방사선량 실태조사를 분석하였다(김 등 2019). 그리고 이민영 등은 국내·외 중재시술에 대한 피폭방사선량 실태조사를 분석하였다(Lee *et al*. 2019). 그러나 아직 국내에서는 치과촬영에 대한 피폭방사선량 수준을 국외와 비교·분석한 사례가 없다. 국내 치과촬영 사용량이 증가하고 있는 상황에서 우리나라 국민의 피폭방사선량 관리 수준을 파악하기 위해서는 국내·외 치과촬영에 의한 피폭방사선량 실태조사 현황을 비교·분석할 필요가 있다.

따라서 본 연구의 목표는 국내·외 치과촬영에 의한 피폭방사선량 실태조사 현황을 비교·분석하는 것이다. 실태조사 현황을 조사하기에 앞서 치과촬영에서 사용되는 방사선량 단위를 조사하였다. 그리고 국내·외 치과촬영에 의한 의료방사선 피폭방사선량 실태조사 현황을 조사방법론, 조사연령, 검사 종류, 피폭방사선량 정보 등으로 구분하여 비교·분석하였다.

본 론

1. 치과촬영에 사용되는 피폭방사선량 종류

치과촬영에 의한 의료방사선 피폭방사선량 실태조사는 일반적으로 치과촬영장치의 방사선량 측정을 통해 수행된다. 이에 대하여 국제원자력기구, 국제방사선방호위원회, 국제방사선단위측정위원회(International Commission on Radiation Units and Measurements; ICRU)에서는 의료방사선의 피폭방사선량 측정에 관한 보고서를 발간하고 있다(ICRU 2005; IAEA 2007; ICRP 2017). 본 연구에서는 국내·외 의료방사선

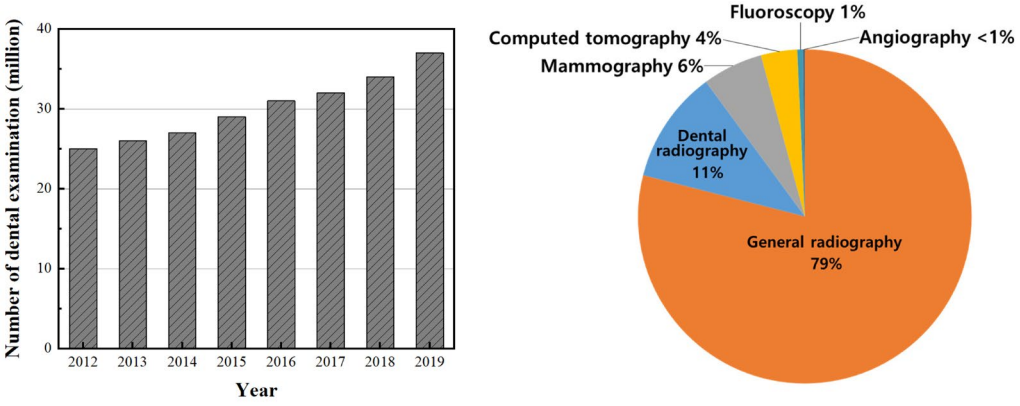

Fig. 1. (a) Number of dental radiographic examinations per year in Korea and (b) proportion of frequency of diagnostic radiography in Korea.

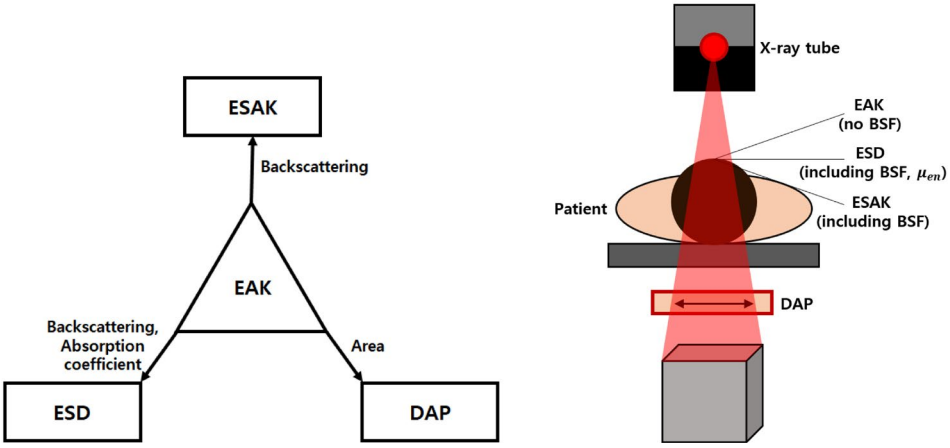

Fig. 2. Concepts of radiation dose used in dental radiographic examination.

피폭방사선량 실태조사 현황 분석에 앞서 치과촬영에 사용되는 피폭방사선량 종류를 조사하였다.

치과촬영 검사에서 환자의 피폭방사선량을 평가하기 위하여 사용되는 방사선량에는 입사공기커마(Entrance Air Kerma; EAK), 입사면공기커마(Entrance Surface Air Kerma; ESAK), 입사면선량(Entrance Surface Dose; ESD), 선량면적곱(Dose Area Product; DAP) 등이 있다(ICRP 2017). 이러한 방사선량들은 후방산란인자(Back Scattering Factor; BSF), 면적 등을 이용하여 각 선량 간의 호환이 가능하다. Fig. 2에 치과촬영에 사용되는 피폭방사선량의 관계를 나타내었다.

입사공기커마는 환자 또는 팬텀에 의한 후방산란 없이 공기 중으로 측정된 커마로 정의되며, 단위는 Gy이다. 입사면공기커마는 환자의 표면 혹은 물체의 표면에서 측정된 방사선량으로, 입사공기커마에 후방산란인자를 고려한 값이다. 후방산란인자란 계측기 후방물체의 유무에 따른 방사선량의 증가비율을 의미하며, 이는 계측기 후방물체 종류 및 크기, 방사선의 에너지에 영향을 받는다. 입사면공기커마의 단위는 입사공기커마와 동일한 Gy이며, 입사면공기커마의 계산식은 아래와 같다.

$$ESAK = EAK \times BSF \quad (1)$$

입사면선량은 엑스선이 입사하는 환자 표면 중심영역의 흡수선량으로 정의되며, 이때 중심영역은 엑스선 빔의 중심축과 엑스선이 입사하는 환자 표면의 교차점을 말한다. 입사면선량은 이온전리함, 유리선량계, 열형광선량계 등의 선량계를 이용하여 측정할 수 있다. 그리고 입사면선량은 입사공기커마, 후방산란인자, 공기와 조직에 대한 질량 - 에너지흡수계수(μ_{en}) 를 고려하여 계산할 수 있다. 입사면선량의 단위는 Gy이며, 계산식은 아래와 같다(ICRU 2005).

$$ESD = EAK \times BSF \times (\mu_{en})_{tissue} / (\mu_{en})_{air} \quad (2)$$

선량면적곱은 방사선량이 적용되는 엑스선 빔 중심축의 수직으로 단면을 잘랐을 때 해당하는 단면적의 넓이(A)와 단면적의 중심지점의 흡수선량과의 곱으로 정의된다. 단위는 $mGy \cdot cm^2$을 사용한다. 선량면적곱은 엑스선 초점과 환자 사이 빔 축 상의 모든 위치에서 동일한 값을 나타낸다. 이는 방사선의 강도의 경우 엑스선 초점에서 멀어질수록 거리의 자승에 반비례하여 감소하는 반면, 방사선의 조사면적은 거리의 자승에 비례하여 증가하기 때문이다. 일반적으로 선량면적곱은 엑스선 방출구에 면적선량계(DAP meter)를 부착하여 측정하며, 최신 디지털 엑스선 발생장치의 경우는 검사 조건과 콜리메이터 위치 정보를 이용하여 계산할 수 있다(ICRP 2004). 선량면적곱의 계산은 아래와 같다.

$$DAP = \int_A EAK(A)dA = EAK \times A \quad (3)$$

2. 국내·외 치과촬영에 의한 피폭방사선량 실태조사 현황

2.1. 유엔방사선영향과학위원회

유엔방사선영향과학위원회는 국제연합(United Nations; UN)에 의해 설립된 국제기구로서, 인체에 대한 방사선의 영향 및 위험 등을 분석하는 기구이다. 해당 기구에서는 의료방사선에 의한 영향 분석을 위해 국제연합 소속 국가들로부터 의료방사선 관련 정보를 주기적으로 수집하고 있다. 수집한 정보에는 국가별 의료분야의 방사선촬영 장비 수, 종사자 수 등 국가 의료수준을 평가할 수 있는 정보와 의료방사선 사용량, 피폭방사선량, 환자 수 등이 포함되어 있다. 유엔방사선영향과학위원회는 조사를 통하여 수집된 결과와 국가별로 수행된 피폭방사선량 평가 연구에 대한 문헌조사 등을 기반으로 국가별 의료방사선 실태 결과를 제공하였다.

유엔방사선영향과학위원회는 2010년 국제연합 회원국을 중심으로 치과촬영을 포함한 의료방사선에 의한 피폭방사선량 조사 연구를 수행하였다(UNSCEAR 2010). 해당 연구에

서의 치과촬영 검사 종류는 구내촬영, 파노라마로 구분하였으며, 각 검사 종류에 대하여 입사공기커마를 제시하였다. Table 1에 유엔방사선영향과학위원회에서 제시한 국가별 치과촬영 피폭방사선량을 나타내었다(UNSCEAR 2010).

2.2. 유럽연합

유럽연합(European Union; EU)에서는 프랑스, 아일랜드 등을 포함한 유럽의 여러 국가들로부터 의료피폭지침(97/43/EURATOM)을 기반으로 의료방사선 관련 연구를 수행하였다(EC 1998). 그리고 해당 기구에서는 유럽연합 내 다양한 국가에서 수립되어 있는 의료체계를 조사하여 국가별 의료방사선에 대한 피폭방사선량 차이를 분석하였으며, 국가별 실태조사 방법 및 피폭방사선량을 분석하였다(EC 2008).

유럽연합에서는 2014년 각국의 치과촬영을 포함한 의료방사선 진단참고수준 정보를 수집하였고, 이를 보고서로 발간하였다(EC 2014). 해당 보고서에서는 치과촬영 진단참고수준의 조사연령은 따로 구분하지 않았다. 그리고 치과촬영 검사 종류는 구내촬영과 파노라마로 구분하였다. 구내촬영의 경우 입사면선량을 제시하였으며, 파노라마의 경우 선량면적곱을 제시하였다. Table 2에 유럽집행위원회(European Commission; EC)에서 제시한 국가별 치과촬영 진단참고수준을 나타내었다.

Table 1. EAK for dental radiographic examinations in the UNSCEAR (2010)

Country	EAK (mGy)	
	Intraoral	Panoramic
Spain	3.10	1.60
Switzerland	3.00	–
Romania	7.90	–
Malta	2.17	3.90

Table 2. DRL for dental radiographic examinations in the EC (2014)

Country	Intraoral	Panoramic
	ESD (mGy)	DAP (mGy · cm^2)
Czech Republic	1 (Digital method) 5 (Analog method)	–
France	–	200
Ireland	4	–
Moldova	7	–
Slovenia	0.6 (Digital method) 1.5 (Analog method)	–
Slovakia	5 (Digital method)	–

2.3. 영국

영국은 국가적인 차원에서 의료방사선에 대한 국민의 피폭 관리가 일찍이 이루어져 왔다. 보건방호청(The Health Protection Agency; HPA)의 산하에 있던 영국방사선방호위원회(National Radiological Protection Board; NRPB)에서는 1980년대부터 영국 국민의 의료방사선으로 인한 피폭방사선량을 전국에 걸쳐 조사하였다. 그리고 NRPB가 통합 흡수된 이후 2005년 이후부터는 HPA에서 조사를 수행하고 있다. 해당 기관에서는 매 5년 주기로 수집된 결과를 바탕으로 환자의 피폭방사선량 분포도를 작성하고, 국가 피폭방사선량 권고기준을 제안하고 있다(NRPB 1986; NRPB 1996; NRPB 2002; HPA 2007). 영국은 이러한 국가적 차원에서의 지속적인 의료방사선 피폭관리의 결과로 시간이 경과함에 따라 환자의 피폭방사선량이 지속적으로 감소하는 추세를 나타내었다(HPA 2012).

영국에서는 2019년 영국 공중보건국(Public Health England; PHE)에서 치과촬영에 대한 피폭방사선량 조사 연구가 수행되었다(PHE 2019). 해당 연구에서는 설문지를 통해 전국적으로 환자의 피폭방사선량 자료를 수집하였으며, 통계분석 프로그램을 통해 수집된 자료를 분석하였다. 조사연령은 성인, 소아로 선정하였으며, 검사 종류는 구내촬영, 파노라마, 세팔로, CBCT (Cone Beam Computed Tomography)를 선정하였다. 구내촬영에 대한 정보 수집은 약 11,000건의 검사에 대하여 수행되었으며, 세팔로, 파노라마, CBCT에 대한 정보 수집은 각각 약 150건, 1,500건, 210건에 대하여 수행되었다. 그리고 치과촬영에 의한 피폭방사선량 정보는 구내촬영의 경우 입사공기커마와 동일한 개념인 환자입사선량(Patient Entrance Dose; PED)을 수집하였고, 세팔로, 파노라마, CBCT의 경우 선량면적곱을 수집하였다. Table 3에 2019년 기준 영국의 치과촬영 검사 종류별 피폭방사선량을 나타내었다(PHE 2019).

2.4. 미국

미국은 식품의약국(Food and Drug Administration; FDA)과 방사선관리프로그램 감독자 회의(Conference of Radiation Control Program Directors; CRCPD)의 협력에 의해 이루어지는 국가 엑스선촬영 경향분석(Nationwide Evaluation of X-ray Trend; NEXT) 프로그램을 시행하여 매년 국가적인 규모로 환자의 의료방사선에 대한 피폭방사선량 정보를 수집 및 분석하고 있다(CRCPD 1990).

미국에서는 1999년부터 치과촬영에 의한 피폭방사선량 조사 연구가 수행되었다. 그리고 2014~2015년 CRCPD의 국가 엑스선촬영 경향분석 프로그램에서 치과촬영에 의한 피폭방

Table 3. PED and DAP for dental radiographic examinations in the UK (2019)

Examination	Age	PED (mGy)			DAP (mGy·cm^2)		
		25 percentile	50 percentile	75 percentile	25 percentile	50 percentile	75 percentile
Intraoral	Adult	0.6	0.9	1.2	–	–	–
	Child	0.4	0.6	0.7	–	–	–
Cephalometric	Adult	–	–	–	17	24	35
	Child	–	–	–	14	20	24
Panoramic	Adult	–	–	–	49	65	81
	Child	–	–	–	34	46	60
Dental CBCT	Adult	–	–	–	164	217	265
	Child	–	–	–	86	138	169

Table 4. EAK and DAP for dental radiographic examinations in the US (2019)

Examination	Age	EAK (mGy)				DAP (mGy·cm^2)			
		Min	Max	Mean	75 percentile	Min	Max	Mean	75 percentile
Handheld intraoral	Adolescent/Adult	0.14	2.14	0.66	0.69	–	–	–	–
	Child	0.11	1.75	0.55	0.58	–	–	–	–
Stationary intraoral	Adolescent/Adult	0.05	3.95	1.15	1.56	–	–	–	–
	Child	0.05	3.15	0.77	1.02	–	–	–	–
Panoramic	Adolescent/Adult	–	–	–	–	36	227	103	123
	Child	–	–	–	–	37	96	59	67
Dental CBCT	Adolescent/Adult	–	–	–	–	218	2,497	827	727
	Child	–	–	–	–	65	1,806	575	624

사선량 조사 연구를 수행하였다(CRCPD 2019). 해당 연구에서는 설문조사 및 측정을 통해 미국 25개의 주 내에 있는 199개의 치과 의료기관을 대상으로 치과촬영 실태조사 현황을 파악하였다. 설문조사를 통해서는 영상촬영기 종류, 검사당 촬영 장수, 사용량 등에 대한 정보를 조사하였다. 그리고 측정용 팬텀을 이용하여 피폭방사선량, 관전압, 반가층 등을 측정하였다. 조사연령은 유치가 있는 12세 이하의 소아, 영구치가 있는 12세 이상의 청소년과 성인으로 구분하였으며, 검사 종류는 이동형 구내촬영, 고정형 구내촬영, 파노라마, CBCT를 선정하였다. 구내촬영의 경우 장치에 대한 조사선량, 조사시간, 관전류, 관전압, 초점 - 피부 간 거리(Source-to-Skin Distance; SSD)를 조사하였다. 파노라마와 CBCT촬영의 경우 관전압, 관전류, 조사시간에 대하여 조사하였다. 그리고 치과촬영에 의한 피폭방사선량 정보는 구내촬영의 경우 입사공기커마를 수집하였고, 파노라마와 CBCT의 경우 선량면적곱을 수집하였다. Table 4에 미국의 치과촬영 검사 종류별 피폭방사선량을 나타내었다(CRCPD 2019).

2.5. 일본

일본은 국가적 차원에서의 의료방사선 피폭관리를 위해 2010년 일본 의료피폭연구 및 정보 네트워크(Japan Network for Research and Information on Medical Exposures; J-RIME)를 설립하였다. J-RIME은 2015년, 2020년 의료방사선과 관련된 학회와 협력하여 환자의 의료방사선에 대한 피폭방사선량 실태조사를 수행하였다(J-RIME 2015; J-RIME 2020). 해당 연구에서는 전국적인 설문조사와 표준팬텀을 이용한 측정을 통해 의료방사선에 의한 피폭방사선량 실태조사 연구를 수행하였다. 이를 기반으로 일본에서는 의료방사선에 대한 진단참고수준을 설정하였다.

J-RIME은 2015년 의료방사선에 대한 피폭방사선량 실태조사 연구를 기반으로 구내촬영에 대한 진단참고수준을 제시하였다. 구내촬영은 상악골, 하악골로 구분하고 있으며, 소분류로 앞니, 송곳니, 소구치, 어금니로 구분하였다. 그리고 2020년에는 파노라마와 CBCT 진단참고수준을 추가적으로 설정하였다. Table 5에 2015년, 2020년 기준 일본의 치과촬영

Table 5. DRL for dental radiographic examinations in the Japan (2015, 2020)

Examination	Classification	2015	2020	
		EAK (mGy)	EAK (mGy)	DAP (mGy·cm^2)
Intraoral (Maxilla)	Incisor	1.3	1.1	–
	Canine	1.6	1.3	–
	Premolar	1.7	1.6	–
	Molar	2.3	2.0	–
Intraoral (Mandible)	Incisor	1.1	1.0	–
	Canine	1.1	1.1	–
	Premolar	1.2	1.1	–
	Molar	1.8	1.5	–
Panoramic	–	–	–	134
Dental CBCT	–	–	16	1,960

진단참고수준을 나타내었다(J-RIME 2015; J-RIME 2020).

2.6. 독일

독일은 연방방사선방호청(Federal Office of Radiation Protection; BfS)을 중심으로 의료방사선에 대한 환자의 피폭방사선량 실태조사 연구가 수행되고 있다. 연방방사선방호청은 2003년, 2010년, 2016년에 설문조사를 기반으로 의료방사선에 대한 진단참고수준을 설정하였다(BfS 2003; BfS 2010; BfS 2016). 그러나 해당 연구에서는 일반촬영, 유방촬영, 중재시술 등에 대한 진단참고수준을 제시하였으나 치과촬영은 포함되지 않았다.

Poppe 등은 2006년 파노라마의 진단참고수준을 제시하였다(Poppe *et al*. 2006). 해당 연구에서는 50대의 파노라마 장치를 대상으로 면적선량계를 치과촬영장치에 부착하여 피폭방사선량을 측정하였다. 그리고 해당 측정값을 기반으로 소아, 성인여자, 성인남자의 진단참고수준을 제시하였으며, 각각 75, 84, 87 mGy·cm^{2}으로 나타났다. 그리고 Poppe 등은 2007년 구내촬영에 대한 연구를 추가적으로 진행하였다. 해당 연구에서는 60대의 구내촬영 장치를 대상으로 이온전리함 등을 이용하여 피폭방사선량을 측정하였으며, 최종적으로 선량면적곱의 범위를 26.2~87.0 mGy·cm^{2}으로 제시하였다(Poppe *et al*. 2007).

2.7. 핀란드

핀란드에서는 방사선원자력안전청(Radiation and Nuclear Safety Authority; STUK)을 중심으로 의료방사선에 대한 피폭방사선량 실태조사 연구가 수행되고 있다. 방사선원자력안전청에서는 핀란드 국민의 의료방사선 피폭관리를 위해 의료방사선 검사 종류별 진단참고수준을 설정하였다(EC 2014). 해당 연구에서 제시한 진단참고수준은 구내촬영의 경우 환자입사선량 값인 5 mGy, 파노라마의 경우 선량면적곱 값인 120 mGy·cm^{2}으로 제시하였다. 그리고 핀란드의 탐페레대학교(Tampere University of Technology; TUT)에서는 2016년 CBCT 촬영의 진단참고수준을 제안하였다(TUT 2016). CBCT에 의한 피폭방사선량은 촬영 시 장비에 표시되는 선량값을 기반으로 분석되었다. 총 43개 의료기관을 대상으로 자료를 조사하였으며, 조사연령은 소아, 성인으로 구분하였다. CBCT의 진단참고수준은 소아의 경우 290 mGy·cm^2, 성인의 경우 360 mGy·cm^{2}으로 제시하였다.

2.8. 한국

국내 치과촬영에 의한 피폭방사선량 조사 연구는 식품의약품안전처, 교육과학기술부, 질병관리청을 중심으로 수행되었다. 식품의약품안전처에서 2009년에 수행된 연구에서는 성인, 소아의 구내 치근단촬영, 파노라마, 세팔로 검사에 의한 피폭방사선량 조사 및 측정을 수행하였다(식품의약품안정처 2009). 교육과학기술부에서 2009년부터 2011년까지 수행된 연구에서는 국내 치과촬영 이용실태 및 치과 엑스선 검사 부위별 피폭방사선량을 조사 및 측정하여 치과촬영 시 피폭방사선량 관리를 위한 가이드라인을 개발하였다(교육과학기술부 2011). 식품의약품안전처에서 2014년에 수행된 치과 파노라마 촬영에서의 연령별 피폭방사선량 평가 및 가이드라인 마련 연구에서는 파노라마 검사에 의한 환자 연령별 피폭방사선량 측정 및 조사, 유효선량 평가를 수행하였다(식품의약품안전처 2014). 그리고 질병관리청에서 2019년 수행된 연구에서는 구내촬영, 파노라마, CBCT 촬영에 대한 선량면적곱 분포를 전국적으로 조사하였다(질병관리청 2019).

질병관리청에서 2019년에 수행한 치과촬영 피폭방사선량

Table 6. PED and DAP for dental radiographic examinations in Korea (2019)

Examination	Age	PED (mGy)		DAP (mGy·cm^2)	
		Mean	75 percentile	Mean	75 percentile
Intraoral	6 y	0.9	1	25.1	29.9
	12 y	1	1.2	29	37.1
	Adult	1.3	1.5	37.1	46
Panoramic	6 y	–	–	142	163
	12 y	–	–	154	175
	Adult	–	–	205	227
Dental CBCT	6 y	–	–	–	–
	12 y	–	–	1,075	1,208
	Adult	–	–	1,439	2,060

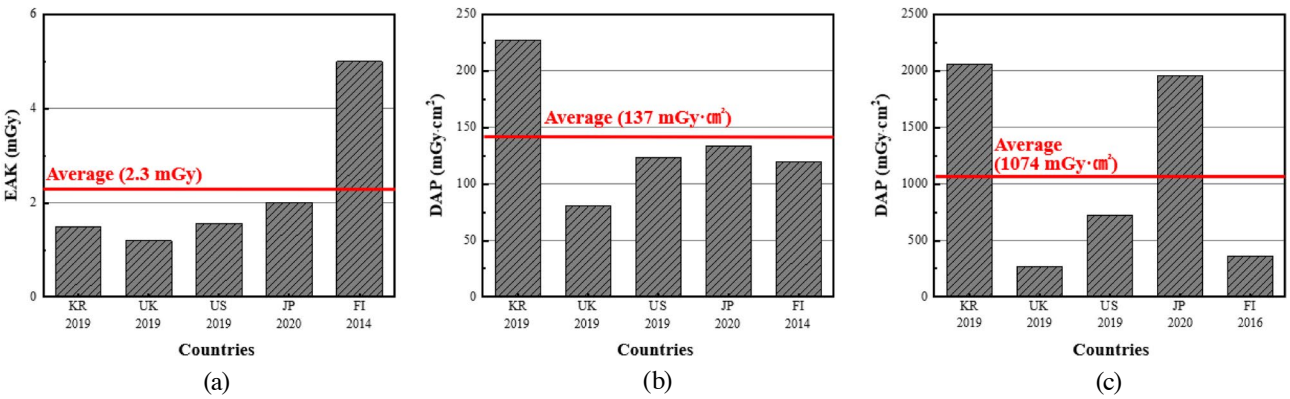

Fig. 3. (a) EAK for intraoral, (b) DAP for panoramic and (c) CBCT examination by country.

조사 연구에서는 조사연령을 6세, 12세, 성인으로 구분하였으며, 치과촬영 검사 종류는 구내촬영, 파노라마, CBCT를 선정하였다. 해당 연구에서는 전국 126개의 치과의료기관을 대상으로 총 360여 대의 치과촬영 장치에 대하여 조사하였다. 이를 위해 각 의료기관을 방문하였으며, 면적선량계를 이용하여 실제 사용되는 임상 촬영조건에서의 피폭방사선량을 측정하였다. 구내촬영의 경우 환자입사선량과 선량면적곱을 측정하였으며, 파노라마와 CBCT 촬영의 경우 선량면적곱을 측정하였다. Table 6에 2019년 기준 국내의 치과촬영 검사 종류 및 연령별 피폭방사선량을 나타내었다(질병관리청 2019).

3. 국내·외 치과촬영에 의한 피폭방사선량 실태조사 결과 비교·분석

본 연구에서는 국내·외 치과촬영에 의한 피폭방사선량 실태조사 결과를 분석하기 위해 국가별 기관에서 제시한 치과촬영 조사방법론, 조사연령, 검사 종류, 피폭방사선량 정보 등을 비교하였다. 조사방법론의 경우, 유엔방사선영향과학위원회, 유럽연합, 영국에서는 설문지, 문헌조사를 중점적으로 피폭방사선량 정보를 수집하였다. 미국, 일본, 독일, 핀란드, 국내에서는 방사선량 측정을 중점적으로 피폭방사선량 정보를 수집하였다. 검사 종류의 경우, 유엔방사선영향과학위원회, 유럽연합, 독일에서는 구내촬영과 파노라마를 선정하였다. 미국, 일본, 핀란드, 국내에서는 구내촬영, 파노라마, CBCT를 선정하였으며, 영국에서는 세팔로를 추가적으로 선정하여 연구를 수행하였다. 조사연령은 유엔방사선영향과학위원회, 유럽연합, 일본에서는 연령을 따로 구분하지 않은 것으로 조사되었다. 영국, 독일, 핀란드에서는 소아, 성인으로 구분하였다. 미국에서는 소아, 청소년/성인으로 구분하였으며, 국내에서는 6세, 12세, 성인으로 구분하였다. 피폭방사선량 종류는 구내촬영의 경우 입사공기커마와 환자입사선량을 사용하였고, 파노라마와 CBCT 촬영의 경우 선량면적곱을 주로 사용하는 것으로 조사되었다.

Fig. 3에 국내·외 치과촬영 시 검사 종류별 피폭방사선량을 비교하여 나타내었다. 영국, 미국, 국내의 경우 일반적으로 진단참고수준에 사용되는 피폭방사선량의 3사분위 값을 이용하였으며, 일본, 핀란드의 경우 진단참고수준을 이용하

여 비교하였다. 독일과 유럽연합은 제시하는 피폭방사선량의 단위가 상이하고, 유엔방사선영향과학위원회는 피폭방사선량을 단일한 값이 아닌 범위로 제시하여 비교에서 제외하였다. 검사 종류별 피폭방사선량은 구내촬영의 경우, 환자입사선량과 동일한 개념인 입사공기커마를 이용하였으며, 파노라마와 CBCT의 경우, 선량면적곱을 이용하여 비교하였다. 그리고 국내·외 치과촬영에 대한 피폭방사선량을 비교하기 위해서 국내를 포함한 5개국(한국, 영국, 미국, 일본, 핀란드)의 피폭방사선량을 평균하여 비교하였다. 분석 결과, 국내 치과촬영 피폭방사선량은 국외 평균에 비해 구내촬영의 경우 약 39% 낮은 것으로 나타났으며, 파노라마는 약 2.0배, CBCT 촬영은 약 2.5배 높은 것으로 나타났다. 국내 구내촬영의 피폭방사선량이 낮은 것은 필름, 전산화 방사선촬영(Computed Radiography; CR) 영상획득 방식의 장치보다 비교적 피폭방사선량이 낮은 디지털 방사선촬영(Digital Radiography; DR) 영상획득 방식의 장치의 사용 비율이 높기 때문인 것으로 조사되었다. 국내 파노라마 및 CBCT의 피폭방사선량이 높은 것은 국내에서 국외장치보다 비교적 피폭방사선량이 높은 국내장치의 사용 비율이 높기 때문인 것으로 조사되었다. 2019년 질병관리청에서 수행한 치과촬영 관련 연구에 따르면, 파노라마 장치의 경우, 국내장치의 사용 비율이 74%로 나타났으며, 국외장치의 사용비율은 26%로 나타났다. 그리고 국내장치의 평균 DAP는 309.5 mGy·cm^2, 국외장치의 평균 DAP는 99.7 mGy·cm^{2}로 국내장치의 선량이 국외장치보다 약 3.1배 높게 나타났다. CBCT 장치의 경우, 국내장치의 사용 비율이 79%로 나타났으며, 국외장치의 사용비율은 21%로 나타났다. 그리고 국내장치의 평균 DAP는 2024.6 mGy·cm^2, 국외장치의 평균 DAP는 926.5 mGy·cm^{2}으로 국내장치의 선량이 국외장치보다 약 2.2배 높게 나타났다(질병관리청 2019).

결 론

국내 치과촬영의 사용량은 매년 증가하는 추세이며, 이에 따라 의료방사선 이용에 따른 국민방사선량 증가를 초래할 수 있다. 따라서 우리나라 국민의 의료방사선에 의한 피폭방사선량 관리 수준을 파악하여 피폭관리를 적절히 수행하여야 한다. 본 연구에서는 국내·외 치과촬영 검사에 의한 의료방사선 피폭방사선량 실태조사 현황을 조사하고, 이를 비교·분석하였다.

국외에서는 설문지, 문헌조사, 피폭방사선량 측정 등을 통해 피폭방사선량 정보를 수집하였다. 그리고 조사연령은 대부분의 국가에서 소아, 성인으로 구분하였으며, 구분하지 않는 국가도 존재하였다. 피폭방사선량 단위는 구내촬영의 경우 입사공기커마를 사용하고, 파노라마와 CBCT 촬영의 경우 선량면적곱을 주로 사용하는 것으로 나타났다. 국내에서는 피폭방사선량을 측정하여 피폭방사선량 정보를 수집하였다. 조사연령은 6세, 12세, 성인으로 구분하였으며, 검사 종류는 구내촬영, 파노라마, CBCT로 선정하였다. 구내촬영의 경우 입사공기커마, 선량면적곱을 측정하였으며, 파노라마 및 CBCT 촬영의 경우 선량면적곱을 측정하였다. 성인 기준 3사분위에 해당하는 선량면적곱은 CBCT 촬영 시 2,060 mGy·cm^{2}으로 가장 높게 나타났으며, 파노라마의 경우 227 mGy·cm^2, 구내촬영의 경우 46 mGy·cm^{2}으로 나타났다.

국내 치과촬영에 대한 피폭방사선량 실태조사 결과를 국외와 비교·분석한 결과, 조사방법, 조사연령, 검사 종류는 국가별로 유사한 것으로 나타났다. 검사 종류별 피폭방사선량은 구내촬영의 경우 국내 치과촬영 피폭방사선량이 국외에 비해 낮게 나타났고, 파노라마 및 CBCT 촬영은 국외에서 상대적으로 높게 나타났다. 국내 구내촬영의 피폭방사선량이 낮은 것은 필름, 전산화 방사선촬영 영상획득 방식의 장치보다 비교적 피폭방사선량이 낮은 디지털 방사선촬영 영상획득 방식의 장치의 사용 비율이 높기 때문인 것으로 조사되었다. 그리고 국내 파노라마 및 CBCT 촬영의 피폭방사선량이 높은 것은 국내에서 국외장치보다 비교적 피폭방사선량이 높은 국내장치의 사용 비율이 높기 때문인 것으로 조사되었다.

치과촬영은 의료피폭으로서 환자에게 이득이 수반되기 때문에 환자가 받는 방사선피폭에 대하여 엄격한 관리를 수행하는 것은 적절하지 않다. 하지만 치과촬영을 포함한 의료방사선의 피폭방사선량 관리와 환자보호를 위해서는 국가 규모의 실태조사가 지속적으로 이루어져야 한다. 본 연구의 결과는 궁극적으로 의료방사선 검사의 최적화 및 환자 피폭방사선량 저감화에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 한국원자력안전재단 원자력안전연구 프로그램(No. 1805016)의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

교육과학기술부. 2011. 치과X선 검사 시 환자선량 가이드라인 개발.

김우진, 이민영, 박일, 이진오, 김광표. 2019. 국내외 일반방사선촬영 검사에 의한 의료방사선 피폭 실태조사 분석. 방사선산업학회지. **13**(1):61-69.

식품의약품안전처. 2009. 치과X선 검사에서의 환자선량 권고량 마련을 위한 연구.

식품의약품안전처. 2014. 치과 파노라마 촬영에서의 연령별 환자선량 평가 및 가이드라인 마련 연구.

질병관리청. 2017. 의료방사선 이용에 따른 국민 방사선량 평가 연구.

질병관리청. 2019. 환자 촬영종류별 진단참고수준 마련: 치과촬영장치(구내, 파노라마, CBCT).

질병관리청. 2020. 의료방사선 이용에 따른 국민 방사선량 평가 연구.

ACR. 2013. ACR-AAPM Practice Guideline for Diagnostic Reference Levels and Achievable Doses in Medial X-ray Imaging. ACR Practice Guideline. American College of Radiology. ACR-AAPM Resolution 47.

BfS. 2003. Bundesamt für Strahlenschutz Bekanntmachung der diagnostischen Referenzwerte für radiologische und nuklearmedizinische Untersuchunge. BfS. Berlin.

BfS. 2010. Diagnostische Referenzwerte für diagnostische und interventionelle Röntgenanwendungen.

BfS. 2016. Bekanntmachung der aktualisierten diagnostischen Referenzwerte für diagnostische und interventionelle Röontgenanwendungen.

CRCPD. 1990. Nationwide Evaluation of X-ray Trends (NEXT): Evaluation of Past Impact, Current Status, and Future Plans. Frankfort, KY: Conference of Radiation Control Program Directors. CRCPD Publication 90-5.

CRCPD. 2019. NEXT Report Tabulation and Graphical Summary of the 2014-2015 Dental Survey, CRCPD Publication E-16-2.

EC. 1998. Implementation of the Medical Exposure Directive. Luxembourg: European Commission. EC Radiation Protection Report 102.

EC. 2008. European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-Ray Procedures. Luxembourg: European Commission. EC Radiation Protection Report 154.

EC. 2014. Diagnostic Reference Levels in Thirty-six European Countries. Luxembourg: European Commission. EC Radiation Protection Report 180 part 2.

HPA. 2007. Doses to Patients Arising from Dental X-ray Examination in the UK 2002-2004. Chilton, Didcot, Oxfordshire OX11 0RQ: Health Protection Agency; HPA-RPD-022.

HPA. 2012. Doses to Patients from Radiographic and Fluoroscopic X-ray Imaging Procedures in the UK-2010 Review. Chilton, Didcot, Oxfordshire OX11 0RQ: Health Protection Agency; HPA-CRCE-034.

IAEA. 1996. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. IAEA Safety Series No. 115, Vienna.

IAEA. 2007. Dosimetry in Diagnostic Radiology: An International Code of Practice. IAEA Technical Report Series No.457, Vienna.

ICRP. 1990. 1990 Recommendations of the international Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21(1-3).

ICRP. 1996. Radiological Protection and Safety in Medicine. ICRP Publication 73. Ann. ICRP 26(2).

ICRP. 2004. Managing Patient Dose in Digital Radiology. ICRP Publication 93. Ann. ICRP 34(1).

ICRP. 2017. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. ICRP Publication 135. Ann. ICRP 46(1).

ICRU. 2005. The International Commision on Radiation Units and Measurements. International Commission on Radiation Units and Measurements; ICRU 74.

J-RIME. 2015. Diagnostic Reference Levels Based on Latest Surveys in Japan.

J-RIME. 2020. National Diagnostic Reference Levels in Japan.

Lee MY, Kwon J, Ryu GW, Kim KH, Nam HW and Kim KP. 2019. Review of National Diagnostic Reference Levels for Interventional Procedures. *Prog. Med. Phys.* **30**(4):75-88.

NRPB. 1986. A National Survey of Doses to Patients Undergoing a Selection of Routine X-ray Exposures in English Hospitals Chilton, UK: National Radiological Protection Board; NRPB-R200.

NRPB. 1996. Dose to Patients from Medical X-ray Examinations in the UK - 1995 Review. Chilton, UK: National Radiological Protection Board; NRPB-R289.

NRPB. 2002. Dose to Patients from Medical X-ray Examinations in the UK - 2000 Review. Chilton, UK: National Radiological Protection Board; NRPB-W14.

NCRP. 2013. Reference Levels and Achievable Doses in Medical and Dental Imaging: Recommendations for the United States. NCRP Report No. 172.

PHE. 2019. Dose to Patients from Dental Radiographic X-ray Imaging Procedures in the UK, 2019, PHE-CRCE-59.

Poppe B, Looe HK, Pfaffenberger A, Chofor N, Eenboom F, Sering M, Ruhmann A, Poplawski A and Willborn K. 2006. Dose-Area Product Measurements in Panoramic Dental Radiology. *Radiat. Prot. Dosimetry* **123**:131-134.

Poppe B, Looe HK, Pfaffenberger A, Chofor N, Eenboom F, Sering M, Ruhmann A, Poplawski A and Willborn K. 2007. Radiation Exposure and Dose Evaluation in Intraoral Dental Radiology. *Radiat. Prot. Dosimetry* **123**: 262-237.

Tampere University of Technology. 2016. Cone-Beam Computed Tomography Examinations of the Head and Neck Region in Finland.

UNSCEAR. 2010. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. United Nations Publication Sales No. E.10. XI.3. New York.

Received: 2 June 2021
Revised: 13 June 2021
Revision accepted: 20 June 2021