

투고일 : 2014. 02. 04

심사일 : 2014. 02. 04

게재확정일 : 2014. 02. 27

CBCT 검사법의 정도관리 및 선량

경희대학교 치의학전문대학원 영상치학교실

최용석, 김규태, 황의환

ABSTRACT

Radiation Doses and Quality Assurance in Cone Beam CT(CBCT)

Dept. of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Kyung Hee University
Yong-suk choi, Gyu-tae Kim, Eui-hwan Hwang

3-dimensional information for anatomic structure plays a role as integral part in clinical aspect of dental practice. CBCT(cone beam computed tomography) has been accepted as useful diagnostic tool offering Volume data and images for evaluating teeth and jaws in lower radiation dose than conventional CT. CBCT equipment is essential for the quality assurance of it to ensure continued satisfactory performance and result of adequate images. Dental practitioner and oral and maxillofacial radiologist should have a responsibility and critical thinking to deliver this technology to patients in a responsible way, so that diagnostic value is maximised and radiation doses kept as low as reasonably achievable.

CBCT imaging modality should be used only after a review of the patient's health and imaging history and the completion of a thorough clinical examination. Clinical guidelines are systematically developed statements to assist practitioner and patient decisions about appropriate health care for specific clinical circumstances. Dental practitioners should prescribe CBCT imaging only when they expect that the diagnostic yield will benefit patient care, enhance patient safety or improve clinical outcomes significantly.

Knowledge of patient dose is essential for clinicians who are making the decision regarding the justification of the exposure. There are some limitation in the measurement of patient dose in CBCT for the approval and adaptation of conventional methodology in CT. It is also important to ensure that doses are optimised and in line with any national and international guidelines. The higher radiation doses of CBCT compared with conventional radiography, mean that high standards must be maintained. The Quality Assurance(QA) programme should entail surveys and checks that are performed according to a regular timetable. QA programme should be maintained by staff to ensure adherence to the programme and to raise its importance among staff.

Key words : cone beam computed tomography, radiation dose, quality assurance, health care

Corresponding Author

Associate Prof. Yong-Suk Choi, D.M.D., Ph. D.

Dept. of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Kyung Hee University

#1 Hoeki-dong, Dongdaemun-gu, Seoul, Korea, 130-701

Tel : 82-2-958-9406~8, Fax : 82-2-965-1256, E-mail : omrcys@khu.ac.kr

치과의사에게 영상학적 정보는 질환의 범위와 진행 정도를 평가하고 치료계획의 수립에 있어 판단의 증거가 되며 질환의 경과를 추적 관찰할 뿐만 아니라 치료의 효과와 질환의 예후를 평가하고 결정하는 데 중요한 역할을 수행한다. 특히 악안면영역의 경조직 질환을 주로 다루는 치과의사에게 있어 방사선학적 검사들 기반으로 한 영상정보는 진단체계를 확립하는데 필수적인 사항이라 하겠다. 특히 치과임상에서 방사선학적 검사의 사용은 소아 및 청소년기의 환자들에게 다른 영역의 방사선 검사보다 조기에 적용되며 넓게 사용되는 진단 도구로서 그 중요성이 인정된다.

기존의 치과임상에서 일반방사선영상을 기반으로 한 진단체계와 더불어 최근 십여년간 새로운 영상기법인 콘빔형전산화단층영상(Cone Beam Computed Tomography, CBCT)의 도입과 임상적 적용은 치과의 진단체계에 새로운 패러다임으로 다가왔다. 기존의 일반방사선영상의 정보를 보충하며 새로운 해부학적 정보를 제공하는 중요한 수단이 되고 있다. CBCT 영상은 구강악안면영역의 삼차원적 위치 및 구조에 대한 정보를 제공하고, 다양한 분야의 임상영역의 요구가 증가함에 따라 지속적으로 그 사용빈도와 유용성이 증가되고 있다. 그 이유로는 일반전산화단층영상(conventional Computed Tomography, CT)와 비교하여 장비의 규모가 적어지고 경제적으로 적은 비용을 발생시키며, 낮은 선량으로 검사가 이뤄진다는 장점을 갖고 있음을 들 수 있다.

그러나 파노라마, 구내-구외 방사선영상과 비교하여 확실히 높은 환자선량을 야기하고, 장비의 보급이 확대됨에 따라 환자의 선량증가뿐만 아니라 사회-경제적 비용증가에 대한 영향이 증가할 것은 자명하다고 할 수 있다. CBCT의 도입으로 새롭게 바뀐 진단체계 내에서 CBCT 사용에 대한 지침을 개발하고 그에 따른 근거를 명확히 해야 하며, 지속적인 진단 가치를 유지할 수 있도록 하는 노력과 성과가 치과의사인 전문가집단에게 요구되는 것은 당연하다고 하겠다.

전 세계적으로뿐만 아니라 국내에도 2005년도부터

도입되기 시작한 CBCT 장비는 일반방사선영상과 차별화된 새로운 영상화 기법을 갖고 있고, 명확히 보다는 높은 환자선량을 야기함에도 불구하고 초기 이에 대한 진단가치 및 임상적 적용에 대한 근거가 부족한 상태에서 급속한 보급이 이뤄졌다. 이는 CBCT 장치의 운용에 따른 환자선량에 대한 관리, CBCT 처방에 따른 정당화 과정과 처방지침, 환자선량 저감을 위한 실행 방안과 장비특성, 장비와 임상영상의 정도관리 및 질 보장, 업무종사자에 대한 방어 및 사회-경제적 영향에 대한 고려 등에 대한 지침의 개발과 근거를 명확히 제시할 필요성이 야기되었다. 이러한 요구에 대한 조직적인 노력의 성과로 European Atomic Energy Community(Euratom)이 주축이 되고 유럽구강악안면방사선학회를 위시한 다양한 전문가 집단이 참여하는 콘소시엄이 구축되었다. 이를 SEDENTEXCT 프로젝트로 명명하고 2007년 시작한 이래 많은 전문가들의 정보수집과 연구가 진행되어 2011년 guideline을 완성하였다. SEDENTEXCT 프로젝트를 통하여 달성하고자 했던 목적은 다음과 같다.

1. 치과임상 분야에서 CBCT 사용에 대한 적절하고 합리적인 증거중심의 근거를 확보하고, 이를 이루기 위한 처방 및 의뢰 지침 개발, 정도관리와 질 관리 체계 확립, 정당화와 최적화 방안을 마련하고자 한다.
2. CBCT 검사 시 환자선량에 대한 객관적 자료를 확보하고 특히 소아기 환자에 대한 선량관리를 포함한 개인선량관리를 위한 근거와 방안을 모색한다.
3. 치과임상적 적용을 위한 근거중심의 CBCT 사용에 대한 정당화 근거를 조사하고 진단학적 가치를 평가한다.
4. CBCT 장비의 정도관리 및 영상 질관리와 향상을 위한 프로그램을 개발하고 이를 적절히 수행하기 위한 방안과 도구를 개발한다.
5. CBCT 검사법의 사회-경제적 효과를 평가하고 진료체계에서 적절한 운용을 위한 근거를 제시한다.

6. CBCT 운용과 관련된 공정하고 합리적인 방안을 제시하고 장비의 보급과 이에 따른 종사자 교육을 수행할 자료와 방안을 제공한다.

이와 같이 유럽뿐만 아니라 한국, 미국, 일본 등을 비롯한 여러 국가에서 CBCT 운용과 영상검사와 관련된 기준을 마련하고 이를 개선하고자 지속적인 노력이 이뤄지고 있으며 국내에서도 대한구강악안면방사선학회를 중심으로 다양한 노력들이 진행되고 있다. CBCT 장비는 국내뿐만 아니라 세계의 여러 제조사에서 여러 종류의 규격과 영상특성을 보이는 장치들이 제작되어 보급되었고, 실제 진료환경에서 운용되고 있다. 이러한 다양성으로 인해 보다 적립화된 국제적 기준을 확보하고 영상특성을 규정하는 데 어려움이 있으나, 최적의 정도관리를 시행하기 위한 방안을 제시하고 최상의 환자 선량을 관리할 뿐 만 아니라 진단학적 가치를 확보할 수 있는 임상영상의 질 관리의 기준을 확립하고 이를 실천할 수 있어야 할 당위성이 있다. 이에 CBCT 장치의 선량측정법에 대하여 알아보고, CBCT 검사법의 선량 및 정도관리에 대하여 기술하고자 한다.

I. CBCT 장치의 선량측정

방사선의 생물학적 효과를 나타내기 위해 사용하는

선량단위는 Sivert(Sv)를 사용하며, 사람에게 미치는 방사선의 위험도를 평가하기 위해서는 유효선량(effective dose)을 측정하여 표시한다. CBCT 검사를 통하여 확정적 효과를 나타내는 일은 없으나, 치과 방사선검사와 같은 낮은 준위의 방사선을 사용하는 경우라도 발암의 가능성을 높이는 것과 같은 확률적 효과가 발현될 소지가 있기 때문에 방사선 방어의 원칙인 검사로부터 얻어진 결과로 얻는 이익과 가치가 환자에게 가해질 위해성을 상회할 수 있어야 한다는 정당화(Justification) 과정, 방사선 검사 시 선량은 사회-경제적 여건을 감안하여 합리적으로 목적을 달성할 수 있는 범위에서 최소화 해야 한다는 최적화(optimization) 및 개인의 피폭선량에 대한 제한을 행하여야 한다. CBCT 장비와 검사법은 다양한 촬영범위와 조건을 갖고 있어 장치에 따라서 또한 한 장비에서도 촬영범위의 선택에 따라서 각기 다른 유효선량 값이 다양하게 나타난다. 유효선량을 측정하는 대표적인 방법으로는 인체 해부학적 구조와 장기를 대신하는 RANDO® 팬텀(그림 1)을 사용하여 이 안에 적정한 위치에 열발광선량계(thermoluminescent dosimeter, TLD) 또는 유리선량계의 소자를 위치하고 흡수된 방사선을 측정하는 방법이 있다.

Pauwel 등을 포함한 여러 선학들의 연구에 따르면 CBCT장치는 촬영범위(Field of View, FOV)에 따른 분명한 차이가 있는 유효선량 값을 나타내는데



그림 1. 유효선량을 측정하기 위해 사용되는 인체 해부학적 구조와 장기를 모사한 RANDO® 팬텀

임상가를 위한 특집 4

FOV가 증가될수록 유효선량의 증가가 나타나고 비슷한 FOV를 갖는 경우에도 장비에 따른 선량의 차이가 컸음을 확인할 수 있다(그림 2). 또한 CBCT 검사가 조직과 장기에 미치는 영향을 2007년 국제방사선방어위원회(ICRP)에서 정한 조직가중계수를 적용하여 계산한 경우에 악안면영역의 장기별 유효선량의 분포를 살펴보면 타액선이 25%로 가장 높고 갑상선이 19%, 골수가 14%, 뇌실질이 2%, 피부가 1%, 골표면이 1%, 이고 나머지 조직과 장기가 38% 분포를 나타낸다고 하였다. Carrafiello 등이 64 slices MDCT (Aquilion 64, Toshiba, Tokyo, Japan 120 kV, 400 mA, rotation time 0.5 s, pitch 0.641 from mandibular condyle to include the entire lower jaw, about 9 cm) 와 CBCT (i-CAT 20-s full height scan (120 kV, 23.87 mAs, 306 frames) 및 파노라마방사선장치(Sirona Orthophos Xgplus DS, 69 kV, 15 mA, 14.1 s)의 유효선량을 비교한 연구보고에 따르면 각각 0.99, 0.11, 0.05 mSv의 유효선량 값을 나타낸다고 하였다. 이렇듯 CBCT 검사의 유효선량은 CT에 비하여

낮은 수준에 있으나 파노라마에 비하여 상당히 높은 수준에서 영향을 미칠 것으로 예견되며 또한 FOV와 장치 별 차이가 크게 나타날 수 있다는 점을 상기하여야 한다. 또한 2007년에 정한 장기 별 가중치를 적용하게 되면 기존의 가중치를 적용하는 경우에 비하여 CBCT 장치 별 유효선량 값이 2~3배 이상 증가되었음을 알 수 있는데 이는 악안면영역의 CBCT를 포함한 치과방사선 검사의 위험성이 그만큼 증가된 근거가 있음을 명시하는 것으로 보다 주의를 요한다고 할 수 있다. 더욱이 연령에 따른 방사선의 위험도를 나타내는 요인을 고려한다면 일반 성인에 비하여 10세 미만의 소아기에는 3배, 10~20세의 청소년기에는 2배 이상의 위험요인을 고려하여야 하고 특히 여자아이에서 그 위험성이 증가될 수 있다는 점을 고려한다면 CBCT 검사 시 방사선 방어를 위한 적절하고 최선의 조치가 이뤄져야 함은 당연하다고 할 수 있다.

CBCT 검사가 분명 일반치과방사선 검사에 비하여 높은 선량 값을 갖고 상대적으로 CT 검사에 비하여 낮은 선량 값을 갖는다고 알려져 있으나 각각의 촬영 장치에 따른 유효선량 분포의 범위를 넓게 존재함을

Pauwels R et al. SEDENTEXCT studies of effective dose from CBCT 2012

CBCT unit	Field of view	Effective dose (µSv)
"Large" CBCT		
Galileos (Sirona)	15cm x 15cm	84
iCAT NG	15cm x 13cm	83
Iluma Elite	21cm x 14cm	368
NewTom VGI	15cm x 15cm	194
"Medium" CBCT		
Kodak 9500	15cm x 8cm	92
Scanora 3D	10cm x 7.5cm	47
Accuitomo 170	10cm x 5cm	54
"Small" CBCT		
Accuitomo 170	4cm x 4cm (lower molar)	43
Kodak 9000	5cm x 3.7cm (upper anterior)	19
Pax-Uni 3D	5cm x 5cm (upper anterior)	44

Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B, Theodorakou C, Rogers J, Walker A, Cockmartin L, Bosmans H, Jacobs R, Bogaerts R, Homer K; The SEDENTEXCT Project Consortium. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *Eur J Radiol* (2012) 81: 267-271.

그림 2. Pauwel 등의 연구에서 보고한 CBCT 장치 별 촬영범위(Field of View, FOV)에 따른 유효선량(effective dose)

인식하여야 한다(그림 3). CBCT를 포함한 치과방사선 검사 시에 치과의사는 단순히 낮은 선량의 방사선 검사이므로 정당화 과정에 소홀히 하는 경우가 있는데 이는 절대적으로 개선되어야 할 부분으로 처방을 내리는 치과의사는 검사를 통한 진단 정보의 가치를 환자가 받는 위해성과 비교하여 신중히 판단하여야 할 것이다.

이상의 RANDO[®] 팬텀과 열발광선량계(TLD)기반으로 한 유효선량 측정하는 방법 외에 CBCT 선량을 측정하는 다른 방법으로는 CTDI(Computed tomography dose index)를 사용하는 방법이 있다. 이는 기존의 medical CT의 선량측정을 위하여

고안된 방법으로 CBCT 장치의 선량을 평가하는 데는 다소 한계가 있다. 이러한 이유로는 FOV의 구역 설정과 방사선 조사방법과 범위가 다르고, CBCT의 검사의 촬영범위에 따른 조직 별 균등화가 이뤄지지 않고, 장치에 따라서 불완전한 회전범위를 갖는 장치가 존재한다는 점 등에서 적용에는 한계가 있다고 평가된다. 그러므로 CBCT 장치의 CTDI의 측정을 위해서는 새롭게 고안된 팬텀과 이온챔버를 갖춘 측정장비가 필요하다고 사료된다(그림 4). 그림에도 불구하고 기존의 CT와 선량을 비교 하여야 할 경우에 기존의 CTDI를 측정하는 팬텀을 사용하는 경우에는 보다 작은 이온챔버를 사용하여 측정하는 고려가




Technique		Effective dose μSv
Conventional dental radiography		1-20
CBCT		20-500
"Medical" CT		200-2000

그림 3. 방사선영상 검사법에 따른 유효선량 분포

Pencil v Farmer chamber on Acuity CBCT

- CTDI Head & CTDI Body
- Measured with Farmer & CT pencil chambers for full range of scan lengths
- Adaptor made for Farmer chamber
- Additional scatter material added to ends of phantoms

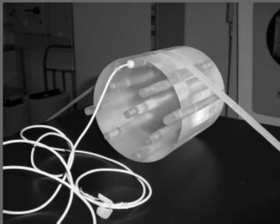






그림 4 large FOV의 CBCT 장치에서 CTDI 측정을 위한 팬텀과 이온챔버 (copied in Maria Lewis ImPACT St. George's Hospital, London)

임상가를 위한 특집 4

필요하다(그림 5). 또한 CT 및 CBCT 장비의 발전으로 다양한 조사방법 및 조사조건이 적용되므로 기존의 방법이 갖는 한계성을 잘 이해하고 환자선량을 측정하는 새로운 측정방법을 도출해야 할 필요성이 있다.

TLD를 사용한 유효선량의 측정과 CTDI를 이용한 선량측정방법은 각각의 목적에 맞는 적절한 가치를 갖고 있으나, 실제 임상환경에서 환자선량을 측정하는 적절한 방법과 도구이기에는 제약이 많다. 이에 제안되고 있는 방법이 “Dose Area Product” (DAP)를 측정하는 방법이다(그림 6). 이는 기존의 일반방사선 검사의 선량측정법으로 인정되고 있으며, 검사 시 장치에서 발생하는 방사선의 양을 단위면적당 흡수선량 값으로 표시하도록 하는 것으로 측정방법이 간단하고

실제 진료실 환경에서 환자에게 조사되는 선량 값을 비교 하는 데 유용한 방법이라 할 수 있다.

유효선량을 측정하는 것은 방사선 검사에 따른 인체와 장기에 미치는 생물학적 영향과 발암의 위험도를 비교 평가하는데 유용한 방법이다. 그러나 임상에서 적용되고 있는 CBCT 장치의 다양성과 장치 별 특성은 이를 통합하여 비교하는 데 어려움을 준다. 그러므로 진료실에 운용되고 있는 CBCT 장비의 선량측정법으로 한계가 있으며 이를 극복하기 위한 방법으로 “Dose Area Product” (DAP)를 측정하여 관리하고 비교하는 것을 권고하고 있다.



그림 5. 다양한 조건을 갖는 CBCT장치의 CTDI를 측정하기 위해 고안된 팬텀과 측정방법

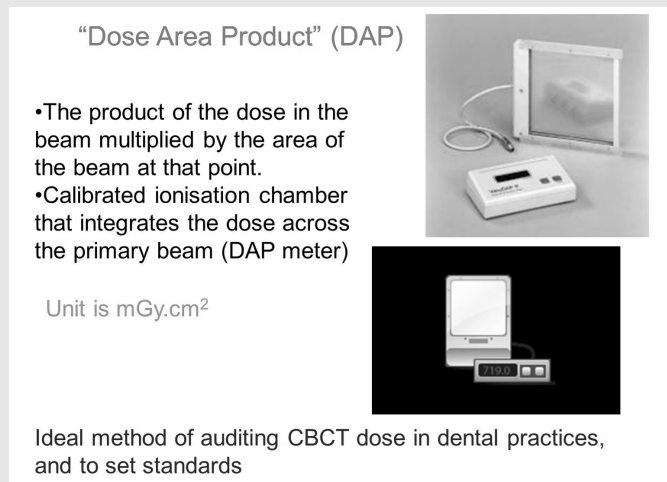


그림 6. “Dose Area Product” (DAP)를 위한 DAP meter와 단위

II. CBCT 장치의 영상 특성에 영향을 미치는 요소

CBCT 장치의 영상 특성에 영향을 미치는 요소들은 다음과 같다.

검출기의 종류(Receptor type)

- Flat panel, CCD/CMOS with image intensifier, CCD/CMOS
- Image resolution (pixel/voxel size)
- Number of frames

신호대 잡음비 및 영상처리방법 (SNR and Image processing)

방사선발생장치 (X-ray generator)

노출 조건 (Exposure parameters)

- kVp, mA, exp time,

촬영 시 환자의 움직임 (Patient's movement)

방사선 종사자의 숙련도 (Radiographer's experience)

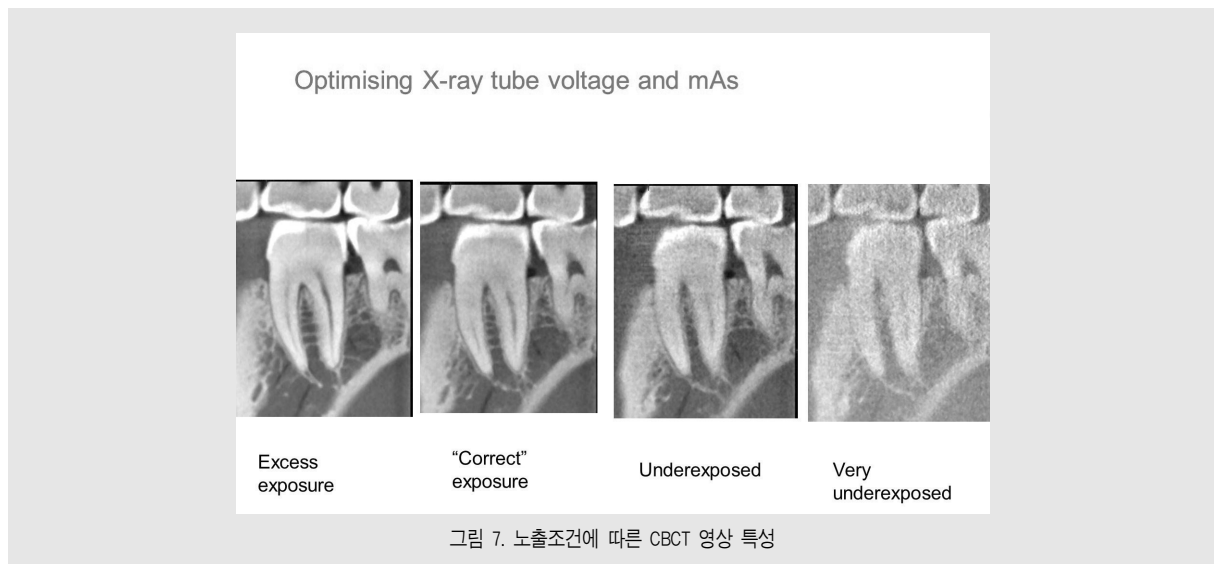
장비 관리 (Equipment maintenance)

상기의 요소들은 환자의 선량 및 영상의 질에 지대한 영향을 미치는 요소로서 적절하게 설정되고 관리되어야 할 항목들이다. 촬영기에 따라 노출조건을 조절

하는 기술적 방법이 다양하기는 하나 기본적으로 장치의 관전압과 관전류는 임상적 목적, 소아 또는 성인 등의 환자의 상태와 조건에 따라 달리 적용 가능하도록 하여야 한다. 진단적 가치를 넘어서는 필요 이상의 노출도 문제지만 너무 낮은 선량조건에 따른 영상의 질 저하 역시 주의해야 할 사항이다(그림 7).

특히 소아인 경우에는 영상의 진단학적 가치를 손상시키지 않는 범위에서 관전압과 관전류를 낮게 설정하도록 하여야 한다. 또한 임상적 목적에 따라 세부적인 해부학적 구조와 질화의 평가가 필요한 높은 수준의 영상의 질을 요구하는 경우와 비교하여 임플란트를 위한 검사 시와 같이 골내 단순한 해부학적 구조의 평가가 필요한 경우에는 노출조건을 낮게 설정하여 환자 선량을 저감하도록 노력하여야 한다. CBCT 검사 시 고해상도의 영상검사를 위한 조건이 별도로 구성되어 있는 경우가 많은데 이는 보다 많은 조사량과 projection data를 기반으로 하여 영상검사가 이뤄지게 되므로 진단목적에 부합되는 조건에 적용할 수 있는 하는 선택이 필요하다고 사료된다.

CBCT 영상은 20초 내외의 노출시간 동안 얻어진 projection data를 모두 취합하고 이를 수학적 알고리즘에 맞게 계산하고 영상 처리하여 최종 결과 영상



을 만드는 과정으로 이뤄진다. 그러므로 조사시간 동안 환자의 움직임은 영상 전체에 악영향을 미치고 재촬영을 시행하게 하는 오류를 범하게 하므로 촬영 시 종사자의 숙련도와 적절한 환자교육을 통한 오류를 방지하는 것은 영상의 질과 환자 선량 저감을 위해 중요한 항목이다. CBCT 검사에 임하는 치과의사, 방사선사는 충분한 교육을 통하여 환자의 조건에 맞게 임상적 목적에 맞게 장치의 조사조건을 설정할 수 있어야 하며, 환자에 대한 교육과 촬영 전반에 걸친 감독을 할 수 있는 전문성을 갖고 있어야 한다. 또한 얻어진 영상을 평가할 수 있는 능력이 있어야 함은 당연하다고 하겠다.

II. CBCT 검사의 영상 질 관리 및 정도 관리

CBCT 검사에서 영상 질 관리를 하고 장비의 정도 관리가 이뤄지기 위해서는 체계적인 프로그램이 설정되어 있어야 하며 이를 기반으로 장비의 각 구성요소가 적절한 성능을 발휘하도록 하고 진단학적 가치를 담보할 수 있는 영상 질이 구현되어야 한다. 이러한 질 관리를 위한 항목으로는 다음과 같은 사항이 있다.

1. Performance of the X-ray tube and

generator(X-ray equipment performance)

2. Quantitative assessment of image quality
3. Display screen performance
4. Patient dose assessment
5. Clinical image quality assessment
6. Clinical audit

CBCT 장치의 적절한 선량과 에너지 준위를 갖는 방사선 조사가 이뤄지도록 장비관리가 이뤄져야 한다. 이를 위해서는 제조사의 규정 및 장비를 관리하는 규정 내에서 정기적으로 성능평가와 검사가 행하여져야 하며, 이를 위한 제도적 뒷받침이 필요하다 하겠다.

또한 영상의 질을 관리하기 위해서는 객관화되고 측정 가능한 방법과 도구가 필요하고 이를 정기적으로 시행함으로써 장비의 성능저하를 조기에 관찰할 수 있고 지속적인 임상영상의 질 관리를 수행할 수 있다. 이를 위한 CBCT 영상평가용 팬텀으로 아직 국제적 기준을 갖고 있지는 않지만 적절한 영상평가 수행을 가능케 하는 팬텀이 최근에 제작되었다(그림 8). 이를 통하여 측정해야 할 항목으로는 영상의 적절한 농도값 범위, 대조도 분해능, 영상의 균질성 및 잡음발생정도, 공간분해능, 공간적 위치 정확도, 인공음영의 발생 정도를 평가할 수 있다.



그림 8. 객관적이고 정량화된 영상평가용 팬텀

또한 영상전시를 위한 검사용 및 관독용 모니터의 정도관리가 이뤄져야 한다. 얻어진 영상의 대조도와 해상력을 충분히 표시 할 수 있는 모니터 성능을 갖고 있어야 영상의 질과 적절한 관독환경을 통한 정확한 진단을 내릴 수 있다.

환자의 선량관리를 위해서는 앞에서 언급한 바와 같이 진료실내에서 보다 용이하게 적용 할 수 있는 “Dose Area Product” (DAP) 선량측정법을 권고 할 수 있고 향후 제조사들은 장비에 촬영 시 DAP 값이 산출되도록 하는 장비구성을 갖추도록 하는 노력과 제도적 보장이 필요하다고 하겠다. 이를 통하여 검사에 따른 환자 선량의 정보를 취합하고 진단참고준위 (Diagnostic Reference Levels, DRLs)를 설정하여 이를 관리해 나가도록 하여야 할 것이다. 아직 CBCT의 검사의 적절한 DAP 값에 대한 근거가 부족한 부분이 있으나 보고에 따르면 상악구치부 국소부위의 검사를 위한 선량값으로 250 mGy cm² 를 제시하고 있다.

또한 CBCT를 운용하는 의료기관에서는 전문가에 의한 임상영상 평가가 이뤄지도록 하여야 하는데 이를 위해서는 기준이 되는 양질의 임상영상을 확보하고 이

를 실제 환자영상과 정기적으로 비교 평가 함으로서 지속적인 질 관리와 문제 목록의 작성을 통한 임상 영상의 체계적 감시를 행할 수 있도록 하여야 한다.

CBCT 검사의 정도 관리와 환자 선량 관리를 위해 이상에 열거한 바 이외에도 많은 고려사항이 있으나 한정된 지면에 모든 바를 다 기술하기에는 어려움이 있다고 하겠다. 국내에서 CBCT 보급률과 증가율은 다른 나라와 비교 시 급속히 이뤄졌고 증가 속도 역시 빠르다고 하겠다. 그 만큼 CBCT 검사로부터 발생되는 위해성도 증가되었다고 보아야 할 것이다. 특히 치과 진료의 특성 상 비급여 진료가 많고 이러한 진료행위 중 발생하는 방사선 검사는 통계에도 잡히지 않아 그 검사의 건수를 추정하기 어려운 실정이다. 분명 치과임상에서 방사선 검사의 정당성이 있으며 필수적인 진단 수단임은 의문의 여지가 없다. 그러나 환자 선량 저감과 장기적인 국민의 건강을 유지해야 할 의료인으로서 치과 의사는 보다 전문적인 지식을 확보하고 제도적 보안을 통하여 유용성이 높은 CBCT 영상검사를 행할 수 있도록 하여야 할 것이다. 끝으로 CBCT 영상검사의 적절한 정도관리 및 영상 관리를 위한 기준이 조속히 정립되기를 기대한다.

참 고 문 헌

1. Lee ET, Kim GT, Choi YS, Hwang EH Radiation absorbed doses of cone beam computed tomography. Korean J Oral Maxillofac Radiol 2007; 37 : 87-92
2. Han CW, Kim GT, Choi YS, Hwang EH Image characteristics of cone beam computed tomography using a CT performance phantom. Korean J Oral Maxillofac Radiol 2007; 37 : 157-63.
3. Naitoh M, Katsumata A, Kubota Y, Arijji E. Assessment of three-dimensional X-ray images: reconstruction from conventional tomograms, compact computerized tomography images, and multislice helical computerized tomography images. J Oral Implantol 2005; 31: 234-41.
4. Terakado M, Hashimoto K, Arai Y, Honda M, Sekiwa T, Sato H. Diagnostic imaging with newly developed ortho cubic super-high resolution computed tomography (Ortho-CT). Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2000; 89: 509-18.
5. Hashimoto K, Kawashima S, Araki M, Iwai K, Sawada K, Akiyama Y. Comparison of image performance between cone-beam computed tomography for dental use and four-row multidetector helical CT. J Oral Sci 2006; 48: 27-34.
6. Choi YS, Hwang EH, Lee SR. Clinical application of cone beam computed tomography in dental implant. J Korean Dent Assoc 2006; 44: 172-9.
7. Kobayashi K, Shimoda S, Nakagawa Y, Yamamoto A. Accuracy in measurement of distance using limited cone-beam computerized tomography. Int J Oral Maxillofac Implants 2004; 19: 228-31.
8. Mah JK, Danforth RA, Bumann A, Hatcher D. Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2003; 96: 508-13.
9. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. Dentomaxillofac Radiol 2006; 35: 219-26.
10. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL. Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthophos Plus DS panoramic unit. Dentomaxillofac Radiol 2003; 32: 229-34.
11. Tsiklakis K, Donta C, Gavala S, Karayianni K, Kamenopoulou V, Hourdakis CJ. Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose Cone Beam CT. Eur J Radiol 2005 ;56:413-7.
12. Schulze D, Heiland M, Thurmann H, Adam G. Radiation exposure during midfacial imaging using 4- and 16-slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography. Dentomaxillofac Radiol 2004 ;33:83-6.
13. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Ann ICRP. 2007;37(2-4):1-332.
14. Bamba J, Araki K, Endo A, Okano T. Image quality assessment of three cone beam CT machines using the SEDENTEXCT CT phantom. Dentomaxillofac Radiol. 2013;42:20120445.
15. Alqerban A, Hedesiu M, Baciut M, Nackaerts O, Jacobs R, Fieuws S; SedentexCT Consortium, Willems G. Pre-surgical treatment planning of maxillary canine impactions using panoramic vs cone beam CT imaging. Dentomaxillofac Radiol. 2013;42:20130157.
16. Araki K, Patil S, Endo A, Okano T. Dose indices in dental cone beam CT and correlation with dose-area product. Dentomaxillofac Radiol. 2013;42:20120362.
17. Pauwels R, Nackaerts O, Bellaiche N, Stamatakis H, Tsiklakis K, Walker A, Bosmans H, Bogaerts R, Jacobs R, Horner K; SEDENTEXCT Project Consortium. Variability of dental cone beam CT grey values for density estimations. Br J Radiol. 2013 Jan;86(1021):20120135.
18. Pauwels R, Theodorakou C, Walker A, Bosmans H, Jacobs R, Horner K, Bogaerts R; SEDENTEXCT Project Consortium. Dose distribution for dental cone beam CT and its implication for defining a dose index. Dentomaxillofac Radiol. 2012;41(7):583-93.
19. Pauwels R, Beinsberger J, Stamatakis H, Tsiklakis K, Walker A, Bosmans H, Bogaerts R, Jacobs R, Horner K; SEDENTEXCT Project Consortium. Comparison of spatial and contrast resolution for cone-beam computed tomography scanners. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2012;114(1):127-35.
20. Guerrero ME, Nackaerts O, Beinsberger J, Horner K, Schoenaers J, Jacobs R; SEDENTEXCT Project Consortium. Inferior alveolar nerve sensory disturbance after impacted mandibular third molar evaluation using cone beam computed tomography

참 고 문 헌

- and panoramic radiography: a pilot study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2012;70(10):2264-70
21. Hedesiu M, Baciut M, Baciut G, Nackaerts O, Jacobs R; SEDENTEXCT Consortium. Comparison of cone beam CT device and field of view for the detection of simulated periapical bone lesions. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012;41(7):548-52.
 22. Christell H, Birch S, Hedesiu M, Horner K, Ivanauskait? D, Nackaerts O, Rohlin M, Lindh C; SEDENTEXCT consortium. Variation in costs of cone beam CT examinations among healthcare systems. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012;41(7):571-7.
 23. Christell H, Birch S, Horner K, Rohlin M, Lindh C; SEDENTEXCT consortium. A framework for costing diagnostic methods in oral health care: an application comparing a new imaging technology with the conventional approach for maxillary canines with eruption disturbances. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2012;40(4):351-61.
 24. Theodorakou C, Walker A, Horner K, Pauwels R, Bogaerts R, Jacobs R; SEDENTEXCT Project Consortium. Estimation of paediatric organ and effective doses from dental cone beam CT using anthropomorphic phantoms. *Br J Radiol.* 2012; 85(1010):153-60.
 25. Vandenberghe B, Luchsinger S, Hostens J, Dhoore E, Jacobs R; SEDENTEXCT Project Consortium. The influence of exposure parameters on jawbone model accuracy using cone beam CT and multislice CT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012;41(6):466-74.
 26. Pauwels R, Stamatakis H, Bosmans H, Bogaerts R, Jacobs R, Horner K, Tsiklakis K; SEDENTEXCT Project Consortium. Quantification of metal artifacts on cone beam computed tomography images. *Clin Oral Implants Res.* 2013;24 Suppl A100:94-9.
 27. Pauwels R, Stamatakis H, Manousaridis G, Walker A, Michielsen K, Bosmans H, Bogaerts R, Jacobs R, Horner K, Tsiklakis K; SEDENTEXCT Project Consortium. Development and applicability of a quality control phantom for dental cone-beam CT. *J Appl Clin Med Phys.* 2011 Nov 15;12(4):3478.
 28. Alqerban A, Jacobs R, Fieuws S, Nackaerts O; SEDENTEXCT Project Consortium, Willems G. Comparison of 6 cone-beam computed tomography systems for image quality and detection of simulated canine impaction-induced external root resorption in maxillary lateral incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;140(3):e129-39.
 29. Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B, Theodorakou C, Rogers J, Walker A, Cockmartin L, Bosmans H, Jacobs R, Bogaerts R, Horner K; SEDENTEXCT Project Consortium. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *Eur J Radiol.* 2012;81(2):267-71