

투고일 : 2012. 3. 19

심사일 : 2012. 3. 22

게재확정일 : 2012. 3. 26

임플란트시술을 위한 CBCT의 활용

경북대학교 치의학전문대학원
안 서 영

ABSTRACT

CBCT Imaging for Dental Implants

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Kyungpook National University
Seo-Young An, DDS

Various imaging modalities have been used for dental implant assessment in the different stages of implant treatment. Basic imaging, such as panoramic and periapical radiographs, are generally useful and cost-effective but do not provide the cross-sectional visualization or interactive image analysis that can be obtained with more sophisticated imaging techniques, such as Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) imaging. This article includes the applications of CBCT imaging and their diagnostic contribution to presurgical evaluation, treatment planning, and postoperative assessment of dental implants.

Key words : Cone-Beam Computed Tomography, Dental Implants, Diagnosis

I. 서론

콘빔전산화단층영상(Cone-Beam Computed Tomography; CBCT)은 흔히 dental CT라고 불리며 원뿔 형태의 X선속을 사용하고 피사체를 투과한 X선을 2차원적인 평면검출기로 검출한다. 이 데이터에 수학적 알고리즘을 적용하여 3차원 체적의 정보를 획득하고, 이로부터 2차원 단면상을 얻어 영상화하는 전산화단층촬영술(Computed Tomography; CT)의 일종이다. CBCT는 촬영 후 소프트웨어를 이용하여 여러 가지 단면의 영상으로 재구성하여 볼 수 있으며 3차원 영상을 얻을 수도 있어 악안면영역에서 상호

작용이 가능한 영상기법으로 기존 패러다임의 전환을 가져왔다. 이러한 다면재구성영상은 일반전산화단층영상(Computed Tomography; CT)에서 이용할 수 있는 것들과 크게 차이가 나지는 않는다. 하지만 CT는 데이터가 일정한 형태로 저장되기 때문에 변경이 불가능한 반면 CBCT는 영상의 재구성이 반복 가능한 장점을 가진다.

CBCT의 촬영범위(Field of View; FOV)는 2차원 검출기의 크기와 모양, X선 조사의 기하학적인 원리, X선속의 시준에 영향을 받고 기종별로 다양하다. 작은 FOV를 사용하면 악골의 1/6 또는 1/3 정도 촬영이 가능하며, X선의 산란이 줄어 고해상도의 영상

Table 1 - STAGE OF TREATMENT

STAGE OF TREATMENT	TIME (mo)	RADIOGRAPHIC PROCEDURES
Treatment planning	-1	PA, pan, tomo, CBCT/MDCT, ceph
Surgery (placement)	0	PA, pan, tomo, CBCT/MDCT, ceph for correction of problems
Healing	0-3	PA, pan, tomo, CBCT/MDCT, ceph for correction of problems
Remodelling	4-12	PA, pan
Maintenance (without problem)	13+	PA, pan (following approximately every 3 years)
Complications	Anytime	PA, pan, CBCT/MDCT (as indicated)

PA, Periapical; pan, Panoramic radiography; tomo, conventionally tomography; CBCT, cone-beam computed tomography; MDCT, multidetector computed tomography; ceph, lateral/lateral-oblique cephalometric radiography

을 얻을 수 있고 방사선 노출량을 줄일 수 있다.

임플란트 치료를 하는 과정에서 방사선사진은 시술 전 치료계획을 수립할 때 임플란트의 적절한 크기, 수 및 위치를 결정하기 위해, 외과적 수술을 하는 과정에서 기구 및 임플란트의 위치를 확인하기 위해, 보철물을 제작하는 과정에서 임플란트와 보철물을 평가하기 위해, 그리고 장기간에 걸친 추적검사를 하기 위해 진단영상으로 이용된다(Table 1). 임플란트 시술의 여러 단계에서 CBCT 영상이 어떻게 적용되는지 알아보자.

II. 본 론

1. CBCT의 장점과 단점

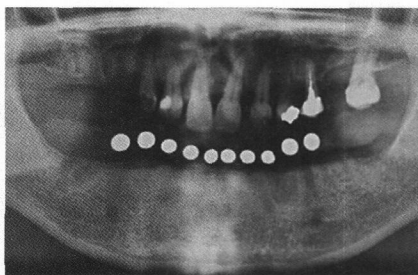


Fig. 1 - Note the different magnification of the various markers (metal sphere, 5mm in diameter) throughout the mandible.

1) 장점

- 해상도가 뛰어나며 정확한 거리측정이 가능하다.
- (파노라마방사선사진의 확대율에 영향을 미치는 인자는 매우 다양하기 때문에 파노라마에서 나타나는 영상을 이용하여 양적인 계측을 한다는 것은 매우 불리하다(Fig. 1).)
- 진단영상 중 가장 정확하며 확대율의 보정 없이 쉽게 거리를 측정할 수 있다.
- 횡단면, 파노라마, 절단면, 삼차원 영상을 모두 얻을 수 있기 때문에 각각의 상을 서로 연관시키면 실질적으로 삼차원적인 평가를 할 수 있으며 쉽게 임상 적용이 가능하다(Fig. 2).
- 잔존골의 협설측 폭경 및 형태, 각도를 해부학적 구조의 중첩없이 보다 정확하게 관찰할 수 있으며 하악관의 협·설측 위치도 알 수

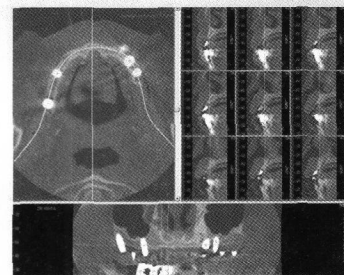


Fig. 2 - Standard display format for the CBMercury scanner (Hitachi, Tokyo, Japan) including axial, panoramic reformatted images and a series of cross-sectional images.

- 있다.
- 수술 전 하지조신경 등 중요 해부학적 구조의 정확한 위치와 골 높이, 협설측 폭경 및 골밀도가 높은 부위를 파악할 수 있으므로 가장 적절한 임플란트 식립 위치를 선정하고 적절한 임플란트의 길이와 각도를 설정하는 데 유용한 정보를 얻을 수 있어 골을 최대한 이용할 수 있다. 또한 임플란트가 불가능할 정도로 잔존 골이 충분치 않은 경우 수술 전에 이를 파악하여 치료계획을 변경할 수 있다.
- 일반전산화단층영상에 비해 환자의 유효선량이 적다.
- 컴퓨터를 이용한 수술이 가능하다.

2) 단점

- 연조직의 평가가 어렵다.
- 환자의 유효선량이 다른 진단영상에 비해 다소 많다.
- 구강내 금속물에 의한 인공음영(metal artifact)이 있다.
- 환자의 움직임에 의한 오류가 있을 수 있다. 한 번의 움직임으로도 전체 다면재구성 영상에서 피질골 외형의 불연속 상을 나타낼 수 있다(Fig. 3).

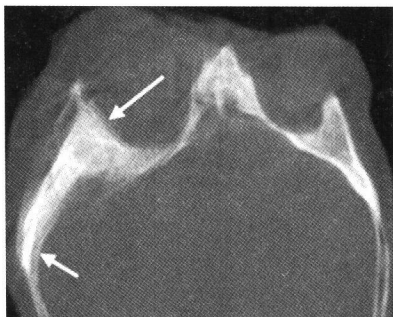


Fig. 3 - Typical double contours (arrows) induced by patient movement during the acquisition process of the projection images.

- CT 번호가 없어 골밀도 파악에 한계가 있다.
- 임플란트 계획을 위한 전용프로그램 및 3D 모델 등 추가 비용이 있다.

2. CBCT의 유효선량

방사선 노출은 방사선이 야기할 수도 있는 상해를 상쇄시킬 만큼 충분한 이득이 되지 않는 한 행해져서는 안 되며 이는 임상가가 판단하여 결정한다. 방사선 노출의 위험은 나이와 관계가 있으며, 나이가 어릴수록 더 위험하다. CBCT의 유효선량은 기종에 따라 13~479 μ Sv로 차이가 크며, 자연방사선의 평균일일유효선량은 8 μ Sv 정도이므로 약 1.6~59.9일의 자연방사선에 해당한다. 한편, 파노라마방사선 사진의 유효선량은 약 10~14 μ Sv 정도이다. 일반적으로 악골을 촬영한 CT의 유효선량이 474~1160 μ Sv인 것에 비해 CBCT의 유효선량이 상대적으로 낮은 편이므로 임플란트 시술에서 추천된다. 하지만 환자의 노출량을 줄이기 위해 가능한 작은 FOV, 낮은 mA, 최소한의 노출 시간 및 불연속적인 노출 방법을 사용하여야 한다.

3. 임플란트 시술 전의 CBCT 영상진단

1) 골의 양

악골의 폭은 근원심간의 폭과 협설측간의 폭이 있다. 이때 협설측간 폭에 대한 정보를 위하여 악골의 절단면영상(cross-sectional image)을 얻어야 하며 CBCT를 사용하면 정확한 평가가 가능하다.

2) 인접 해부학적 구조물

(1) 상악

- 상악동

상악동 내부에는 격벽(septum)이 종종 관찰된다. 이러한 격벽들은 상악동을 부분적으로 방으로 분리하게 되는데, 이 경우 상악동저에 골이식술을

시행하는데 있어 불리하게 작용한다. 또한 상악동저에는 종종 골융기가 존재하며 osteotome을 이용하여 이 부위에 상악동거상술을 시행할 경우 상악동저의 격벽이 쉽게 들어올려지지 않을 수 있다. 상악동의 측벽을 주행하는 후상치조관의 위치를 파악하면 상악동 거상술 시행 시 도움이 된다(Fig. 4).

- 비구개관

상악중절치부에 임플란트를 식립 할 경우에 측진으로 확인되는 협설 골의 양과 비구개관으로 인하여 실질적인 내부의 골 양은 다르기 때문에 지지를 얻을 수 있는 골의 양이 적다. 따라서 CBCT를 이용해 절단면영상을 얻어 협설측으로 얻을 수 있는 골의 양을 확인하는 것이 필요하다(Fig. 5).

(2) 하악

- 하악관

하악구치부에 임플란트 식립 시 임상가들이 가장 관심을 가지는 해부학적 구조물은 하악관이라고 할

수 있다. 하악관 내에 주행하는 하치조신경이 손상되면 손상을 받은 측의 감각이상이나 동통을 초래하고 이러한 후유증은 환자를 고통스럽게 하므로 하치조신경이 손상되지 않도록 특히 주의를 요한다. 단면영상을 통해 하악관의 협설측 주행 경로를 파악하면 임플란트 식립 방향 결정에 도움을 받을 수 있으며 하악관이 뚜렷하지 않은 경우에도 다면재구성영상을 통하여 여러 방향에서 관찰하면 하악관을 발견할 확률이 높아진다. 가끔 하악관이 이중으로 관찰되기도 하며, 빈도는 0.4~8.3% 정도로 보고 된다(Fig. 6).

- 이공

하치조신경이 하악지 내측의 하악공을 통하여 하악골 내로 들어간 후 하악관을 주행하다가 소구치 치근단 부위에서 악골의 협측에 존재하는 이공을 통하여 대부분의 신경줄기가 하악골 외부의 연조직으로 나오게 된다. 이공은 파노라마방사선사진에서 비교적 명확히 관찰되지만, 하악골의 협측에 위치하므로 단면영상을 이용하면 이공까지의 거리보다 임플

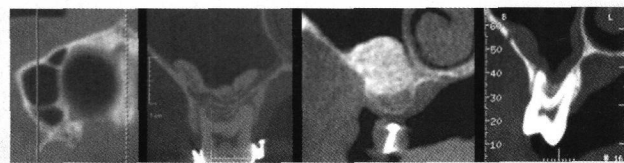


Fig. 4 - (A) Septum (B) Antrolith (C) Graft material (D) Mucosal thickening & Posterior superior alveolar artery



Fig. 5 - Nasopalatine canal

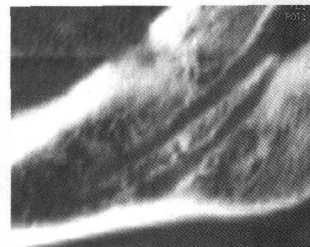


Fig. 6 - Double mandibular canal

란트 식립 길이가 늘어날 수 있다(Fig. 7).

- 설혈관

비교적 임플란트 식립에 안전하다고 알려진 하악 전치부도 해상도가 높은 절단면방사선영상에서 설동맥(lingual artery)의 분지인 설하동맥(sublingual artery)이 악골의 설측 피질골을 통하여 악골 내로 들어가는 것을 볼 수 있으며, 이 관이 1 mm 이상일 경우에는 임상적으로 의미가 있으므로 주의가 필요하다(Fig. 7).

3) 골의 형태

상악전치부의 치관의 장축과 치아의 장축은 축의 방향이 다르다. 전치부 상악골의 절단면 형태도 상악치아의 치근의 각도를 따르므로 상악치아의 치관의 각도와는 다르게 생각하여야 한다. 하악구치부의 절단면상은 치조골부위에서 다소 내측으로 경사져 있는 형태를 보이며 하방에는 악하선으로 인한 함요부가 종종 관찰된다. 수술 전에 방사선사진상에서 설측 치조골의 형태를 충분히 인지하고 수술에 임하는 것이 설측골 천공을 예방하는 방법이 될 것이다. 파노라마방사선사진에서 관찰되는 하악관까지의 거리보다 악하선와의 함요부로 인해 임플란트 식립 가능 길이가 줄어들 수 있다(Fig. 7).

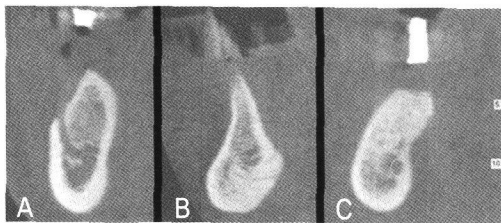


Fig. 7 - (A) Note the relationship of mental foramen and radiopaque marker. (B) Lingual vascular canal at the anterior mandible. (C) Note the relationship of mandibular lingual depression and radiopaque marker direction.

4) 골밀도

CBCT는 CT번호가 만들어지지 않아 골밀도 검사를 하기에 한계가 있지만, 정확한 절단면 영상을 이용하여 식립 부위의 피질골의 두께 및 골소주 양상을 관찰할 수 있다. CBCT를 이용해 보다 정확하게 골밀도를 측정하기 위한 여러 연구들이 진행 중이며, 해면골의 구조적 분석이나 CBCT를 이용한 골질의 평가가 임플란트의 초기 고정과 관련이 있다는 연구들도 있다. 또한 QCBCT(quantitative CBCT)가 술전 골밀도의 평가에 대체 수단으로 사용되어질 전망이다.

5) 병적 소견의 유무

임플란트 식립 부위의 병적 소견의 유무를 CBCT를 통해서 정확하게 확인할 수 있다.

4. CBCT와 수술용 가이드

임플란트 전용 소프트웨어를 이용하여 임플란트 수술 팀원 사이의 진단 및 치료계획의 정보를 교환할 수 있고, 환자와의 상담에서도 활용할 수 있으며, 자료를 체계적으로 저장, 기록하여 보관할 수 있다.

- Passive CBCT-aided implant surgery
: 선형계측, 상대적 골질의 파악, 치조골의 3차

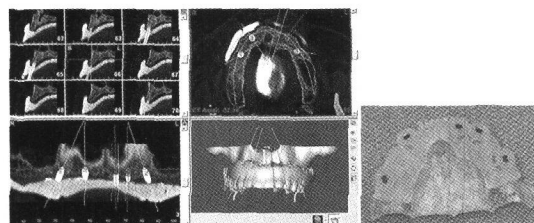


Fig. 8 - The implant planning screen of one of the most popular implant planning application (Simplant, Materialise) & a surgical guide applied on a maxillary biomodel.

원적 평가, 주요 해부학적 구조물과의 근접성 등의 정보를 얻기 위해 CBCT를 활용하는 것으로, 상호작용이 가능한 임플란트 치료 계획을 위한 전용 소프트웨어를 사용하지 않는다.

- Semi-active CBCT-aided implant surgery : 임플란트 치료 계획을 위한 전용 소프트웨어를 사용하여 임플란트 식립 시뮬레이션을 통해 임플란트의 식립 위치와 방향을 설정할 수 있으며, 실제 수술에 이용 가능한 수술용 가이드 제작에 사용된다. 수술용 가이드의 사용은 무절개 임플란트 술식에서 특히 유용하다(Fig. 8).
- Active CBCT-aided implant surgery : CBCT 데이터를 술중 내비게이션 시스템에 적용하는 것이며 이의 정확도에 대한 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

5. 임플란트 시술 후의 CBCT 영상진단

일반방사선사진으로 임플란트의 협설측 피질골과의 관계는 파악이 어렵다. 이론적으로는 절단면영상을 보여주는 CBCT를 이용하면 이런 한계점을 극복하고, 임플란트에 대한 완벽한 평가가 가능하다. 그러나 임플란트 시술 후 영상검사를 CBCT로 하지 않는 이유는 CBCT 영상에서는 fixture에 의한 metal artifact가 발생하여 초기의 골유착을 확인

할 수 없기 때문이다(Fig. 9). 전치부 임플란트의 경우 골이식술의 여부에 관계없이 임플란트 시술 수 CBCT로 평가가 가능하다는 보고도 있다. 그러나 임플란트 시술 후에도 여러 가지 예상치 않은 증상이 나타날 경우에 절단면 영상이 필요하다. 시술 후 절단면 영상으로 확인이 필요한 경우에는 1) 일반방사선사진에서는 이상소견을 보이지 않는 임플란트의 동요가 있을 경우, 2) 신경성 이상 증상을 보일 경우, 3) 임플란트가 하악관이나 다른 해부학적구조물과 겹쳐 보일 경우 등을 들 수 있다(Fig. 10).

6. 권고사항

CBCT의 촬영은 환자의 병력 청취와 임상검사를 바탕으로 꼭 필요한 경우에 이루어져야 하며, 특히 어린이나 젊은 연령층에서는 넓은 FOV를 사용시 주의해야 한다. 임플란트 식립 부위나 골중대술이 계획된 부위에 일반방사선사진으로 충분한 3차원적인 정보를 얻을 수 없다고 판단되는 다음과 같은 경우에 신중히 촬영되어야 한다.

- flapless techniques을 포함한 컴퓨터를 이용한 임플란트의 계획과 식립 위치를 정하고자 할 때(상호작용이 가능한 전용 소프트웨어의 사용, 수술용 가이드 제작, 술중 내비게이션)
- 심미적인 요구도가 높은 부위, 함요부, 치조골

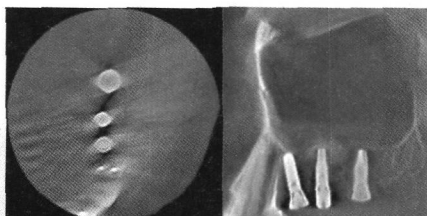


Fig. 9 - Typical beam-hardening artifacts caused by dental titanium implants.

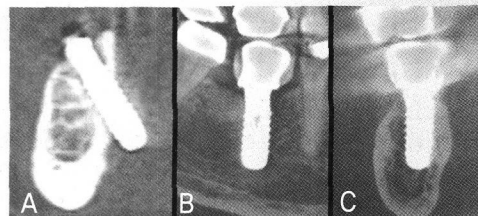


Fig. 10 - (A) Nonrestorable ectopic placement of implants with lingual cortical perforation, (B) & (C) Embarrassment and compression of the mandibular canal by the implant

의 경사 부위, 불충분한 골 양이나 골질, 주요 해부학적 구조물과의 근접성의 판단, 부족한 치아 사이의 공간이 예상되는 경우

- 골 이식 전후의 평가(sinus lift, ridge splitting, block grafting)

III. 결론

임플란트 시술을 위한 방사선학적 평가는 파노라마 방사선사진, 치근단방사선사진 및 두부규격방사선사진과 같은 일반방사선영상, 단면영상을 위한 일반단

층방사선사진, CT 및 CBCT 등에 의하여 이루어진다. 현재 임상에서 상용되고 있는 CBCT 영상은 보다 정확한 악안면영역의 해부학적 평가가 가능한 영상기법으로서 기존의 영상에서 제공하지 못했던 고해상도의 영상과 위치 정보를 제공한다. CBCT 영상에서는 다면영상재구성과 3차원 영상화 소프트웨어를 이용하여 임플란트 시술 전 시뮬레이션과 시술 중 내비게이션, 최종 보철물의 디자인이 가능하다. 또한 CBCT 촬영술은 보다 낮은 유효선량으로 CT가 제공하는 정보를 얻을 수 있다. 그러나 모든 영상기법에서는 각각의 장단점이 있으므로 이들에 대한 올바른 이해와 적용이 필요하다.

참 고 문 헌

- Angelopoulos C, Aghaloo T. Imaging technology in implant diagnosis. *Dent Clin North Am.* 2011; 55 : 141-58.
- Benavides E, Rios HF, Ganz SD, An CH, Resnik R, Reardon GT et al. Use of Cone Beam Computed Tomography in Implant Dentistry: The International Congress of Oral Implantologists Consensus Report. *Implant Dent.* 2012 Mar 1. [Epub ahead of print]
- Güncü GN, Yildirim YD, Wang HL, Tözüm TF. Location of posterior superior alveolar artery and evaluation of maxillary sinus anatomy with computerized tomography: a clinical study. *Clin Oral Implants Res.* 2011 ; 22 : 1164-7.
- Hyung-Soo Choi, Gyu-Tae Kim, Yong-Suk Choi, Eui-Hwan Hwang. Surgical stent for dental implant using cone beam CT images. *Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2010; 40 : 171-8.
- Naitoh M, Nakahara K, Suenaga Y, Gotoh K, Kondo S, Aiji E. Comparison between cone-beam and multislice computed tomography depicting mandibular neurovascular canal structures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 109 : e25-31.
- Parnia F, Fard EM, Mahboub F, Hafezeqoran A, Gavani FE. Tomographic volume evaluation of submandibular fossa in patients requiring dental implants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 109 : e32-6.
- Romanos GE, Greenstein G. The incisive canal. Considerations during implant placement: case report and literature review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009; 24 : 740-5.
- Rouas P, Nancy J, Bar D. Identification of double mandibular canals: literature review and three case reports with CT scans and cone beam CT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2007; 36 : 34-8.
- Sam-Sun Lee, Soon-Chul Choi. Radiographic examination for successful dental implant. *Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2005; 35 : 63-8
- Scaravilli MS, Mariniello M, Sammartino G. Mandibular lingual vascular canals (MLVC): evaluation on dental CTs of a case series. *Eur J Radiol.* 2010; 76 : 173-6.
- Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranschnikow E, Schwanecke U et al. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011; 40 : 265-73.
- Schulze RK, Berndt D, d'Hoedt B. On cone-beam computed tomography artifacts induced by titanium implants. *Clin Oral Implants Res.* 2010; 21 : 100-7.
- Shen EC, Fu E, Chiu TJ, Chang V, Chiang CY, Tu HP. Prevalence and location of maxillary sinus septa in the Taiwanese population and relationship to the absence of molars. *Clin Oral Implants Res.* 2011 doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02195.x. [Epub ahead of print]
- White SC, Pharoah MJ. Oral radiology; principles and interpretation. 6th ed. St. Louis: Mosby-Year Book Inc; 2009. p. 597-612.