

치과임플란트 시술 시 conebeam형 전산화단층촬영장치(CBCT)

경희대학교 치과대학 구강악안면방사선과학교실

최용석, 황의환, 이상래

치과임플란트는 치과의사 및 환자들에게 광범위한 대중적 인식을 갖고 폭넓은 적응 범위를 제공하는 시술로서, 치과적 치료계획 수립 시 일반적이며, 동시에 항상 고려되어야 할 부분으로 인식되고 있다. 정확한 식립위치를 결정하는 술 전 검사 시, 영상학적 정보는 중추적인 역할을 하며, 치과의사에게 있어 치료의 예지성을 높이고, 보다 좋은 결과를 얻을 수 있도록 하는데 도움이 된다¹⁻³⁾.

술 전과, 술 후 검사 및 평가를 위해 다양한 영상 의학적 검사법이 존재하며, 각각의 검사방법은 각기 고유한 제한성 및 장점을 지니고 있어, 이를 통해 얻어지는 정보에 대해 객관적이고 합리적으로 이해하여야 할 필요성이 있다. 현재 널리 이용되는 검사방법과 새롭게 개발되어 적용되고 있는 영상학적 검사에 대한 전문적 지식 및 이를 평가하고 판독하는데 있어서 필요한 해부학 및 병리학적 지식들이 상호간 조화를 이뤄야 한다.

현재 임상에서 적용되고 있으며, 보다 정확한 술 전 및 술 후 평가가 가능한 새로 개발된 영상화 기법인 Cone Beam Computerized Tomography (CBCT)는 기존의 영상에서 제공하지 못했던 고해

상도의 영상과 위치 정보를 제공하며, 이를 전시하는 다양한 다면영상재구성과 삼차원영상화 소프트웨어의 개발로 술 전 시뮬레이션 및 술 중 네비게이션 기능이 가능하게 되었고, 이를 통한 예지성 높은 술 전 진단과 치료계획의 수립이 가능해졌다^{4,5,7-10)}. 하지만 모든 영상화 기법이 각자의 한계성을 가지고 있는 바, 이들에 대한 이해 및 올바른 적용이 절실히 요구된다고 하겠다.

이에, 최근 임상적으로 응용되고 있으며, 진단학적 가치를 평가받고 있는 CBCT의 기본적인 지식과 치과임플란트 시술 시 임상적 적용에 대해 고찰하고자 한다.

1. CBCT의 역사적 배경 및 장치의 개요

CT 장치는 컴퓨터의 발전에 힘입어 1973년 Hounsfield의 EMI scanner가 개발된 이래⁶⁾, 두부에서 전신에 이르는 검사가 가능하도록 그 촬영범위가 넓어졌으며, X선 관구와 1개의 검출기가 선형이동과 회전을 반복하면서 영상을 획득하던 1세대

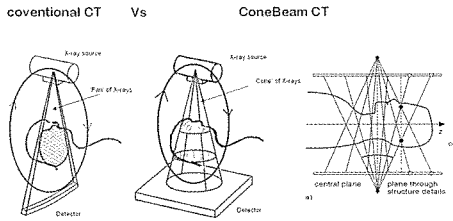


Figure 1. Compared with conventional CT, Cone beam CT can acquire hundreds of slices per one rotation and X-rays are used more efficiently

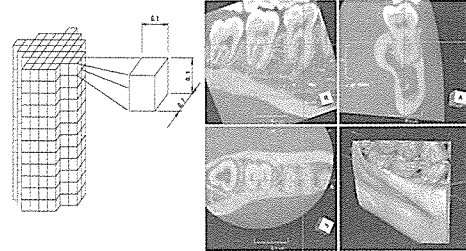


Figure 2. Small voxel size (0.1mm) with high resolution is useful in diagnosis of fine dental disease. Isocubic voxel can provide multi planar reconstruction without image distortion

CT에서 다수의 검출기를 사용한 2세대, 부채꼴형 검출기를 사용한 3세대, 원형고리검출기를 사용하는 4세대를 거쳐, 초고속으로 전산화 단층촬영이 가능한 나선형 CT(spiral CT, helical CT)로 발전하였으며, 최근에는 검출기를 여러층으로 배열한 multi-detector CT(MDCT)가 실용화되어 진단과 치료에 이용되고 있다. 이러한 CT의 기본적인 원리는 인체의 횡단면을 투과하는 X선에 대하여 반대측의 검출기에서 측정된 투과감쇠(attenuation)율을 Fourier방정식에 의거하여 역투사(filtered back projection)함으로써 각각의 화소(pixel)에 대한 농도값을 디지털화된 수치로 얻을 수 있고, 이를 영상화시켜 관찰하게 된다.

CBCT의 개발도 EMI scanner가 개발된 비슷한 시기에 연구가 시작되었다. Rob¹¹⁾은 움직이는 심장을 촬영할 목적으로 당시의 과학적 결과를 결집하여 DSR(Dynamic Spacial Reconstruction)을 개발하였는데, 초고속 촬영을 위하여 28조의 X선 관구와 영상증배관(Image Intensifier, I.I.)을 이용하여 심장의 3차원 영상을 얻는 장치를 개발하였다. 여기에 기초하여 1986년 Toyofuku 등¹²⁾은 1조의 X선 관구와 9인치의 영상증배관을 사용하는 치과용 CT장치(fluroscopic CT)를 개발하였고, 1997년

Arai 등^{7,8)}은 고해상도의 화상을 얻기위해 4인치의 영상증배관을 사용한 국소화대형 CT 장치(Ortho-CT)를 개발하였으며, 2001년 Tokuoka는 작은 직경의 영상증배관을 사용하여 악궁 전체에 걸쳐 이동하면서 촬영이 가능한 PSR 9000N을 개발하였다. 이외에도 여러가지 형태의 CBCT가 개발되어 임상에 응용되고 있다.

Conventional CT와 CBCT에서 영상 형상에 적용되는 기본적인 원리는 유사하다고 할 수 있으나, 차이점이 있다면 부채꼴형의 X선을 사용하는 conventional CT는 선원형 검출기를 사용하여 각 검출기에 입력되는 정보를 바탕으로 2차원의 단면상을 형성하는 반면, CBCT는 원뿔형태의 X선을 투과하는 피사체의 투과감쇠를 2차원적인 평면으로 검출하고 이를 filtered back projection하는 수학적 알고리즘에 적용, 3차원 체적의 정보를 획득하여 2차원 단면상을 얻어 영상화 한다는 것이다(그림 1). 이는 conventional CT가 환자 검사용 테이블이 이동하는 거리에 따라 각 화소(pixel)에 해당하는 체적(voxel)을 가짐으로서 직육면체 형태의 voxel의 농도값을 얻으나, CBCT는 피사체에 FOV(field of view)을 등장성의 정육면체 voxel로 분할하고 이러한 isocubic voxel의 농도값을 얻어냄으로서 다

임상가를 위한 특집 1

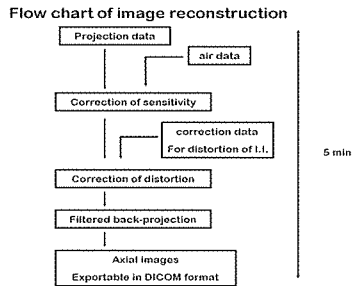


Figure 3. Flow chart of image reconstruction

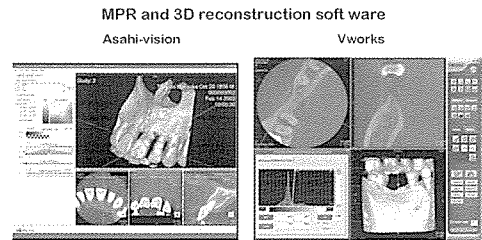


Figure 4. MPR and 3D reconstruction soft ware

면영상재구성 시 상의 왜곡 없이 모든 방향에서의 정확한 영상을 얻을 수 있으며, 이렇게 구성된 많은 양의 단면영상을 3차원으로 영상재구성함으로써 2차원 단층영상에서는 불가능한 공간상에서 길이, 면적 등의 측정이 가능하고, 입체적인 진단 및 치료계획의 수립이 가능하다(그림 2).

CBCT의 영상 구성 과정을 살펴보면, 피사체를 통과하고 검출기에서 얻어진 projection data를 기계적으로 발생될 수 있는 농도의 변화와 상의 왜곡을 보상하고 이를 filtered back projection하는 수학적 알고리즘을 사용하여 각 voxel의 농도값을 8-12bit의 계조도를 갖는 값으로 변환하여 이를

DICOM format으로 추출할 수 있는 수백 배에 이르는 많은 수의 횡단면 영상을 얻는다(그림 3). 이렇게 얻어진 영상을 다면영상재구성 및 3차원 재구성 software (ex : Vworks, Vimplant, Simplant, Asahi vision 등)에서 운용함으로써 진단 및 치료 계획 수립에 적용한다(그림 4).

사용되는 검출기는 현재 2가지 형태의 장치가 있어 영상증배관 및 CCD sensor을 사용하는 방식과 비결정질리튬(amorphous silicon, a-Si) 소자를 배열한 박막필름 트랜지스터(thin-film transistors, TFTs)를 사용하는 flat-panel detector로 양분될 수 있는데, 서로 장단점이 있다고 사료된다(그림 5).

CCD with Image Intensifier Vs. Amorphous Silicon Flat Panel

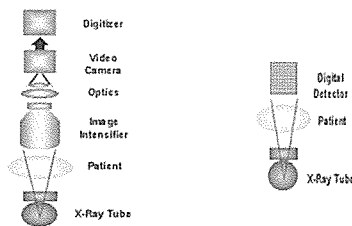


Figure 5. CCD with Image Intensifier Vs. Amorphous Silicon Flat Panel

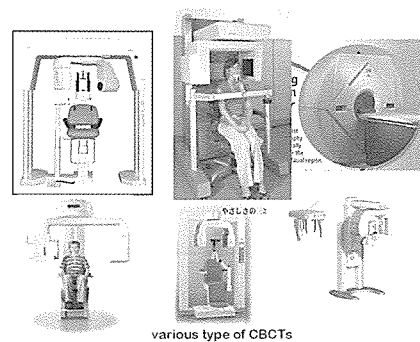


Figure 6. various type of CBCTs

또한, 피사체의 촬영범위에 따라 다음과 같이 구분될 수 있는데, 국소 병변 및 해부학적 관찰을 위한 국소확대형 CT, 악골전체를 포함하여 관찰 가능한 장치 그리고 영상영역(field of view)의 변화가 가능해 국소부위에서 악골전체에 대해 관찰 가능한 장치가 존재한다(그림 6).

CBCT가 치과영역에 임상적으로 폭넓게 적용될 수 있는 것은 치과적 특성상 미세한 부위까지 관찰 가능하여야 한다는 고해상도와 높은 공간분해 기능 외에 촬영 시 환자가 받는 피폭선량이 conventional CT에 비하여 팔목할 정도로 감소하였다는데 있다¹³⁾(table 1). 이는 원뿔형의 X선을 사용함으로써, X선의 효율성을 높였으며, 검출기의 발전 등으로 인해 비교적 낮은 조사선량으로 진단적 가치가 있는 영상의 획득이 가능하기 때문으로 사료된다. 물론 제조사마다 각각의 차이가 존재하나 영상의 질 저하를 야기하지 않는 범위에서 합리적인 노출조건의 설정이 필요하리라 사료된다. 또한, 병소의 진단 및 치과임플란트의 치료계획 수립시 cross sectional

image의 필요성 및 요구가 증가되고 있으나¹⁴⁾, 기존의 파노라마 촬영술이나 구내촬영술에 비하여 많은 피폭선량을 나타내므로, 해부학적 지식을 바탕으로 정확한 촬영술식을 적용하여 재촬영을 방지하는데 주의해야 할 것이다.

2. 치과임플란트 시술시 CBCT의 임상적 응용

치과임플란트 시술시 술전에 고려하여야 할 사항으로는 다음과 같은 항목에 주의하여야 한다^{1,2,15)}.

1. Evaluation for pathologic condition of implant site
 - ex) residual root, impacted supernumerary tooth, residual cyst, fibro-osseous lesion, inflammation of adjacent teeth
 2. Determination of proper fixture size and length
 - 1-1.5 mm of bone on either side of the implant fixture
 - 1-2 mm of bone between the implant and the adjacent vital structures (mandibular canal, maxillary sinus, nasal fossa)
 3. Information concerning amount and quality of available bone bucco-lingual width, lingual depression of mandible, buccal shelf of crestal bone, osteoporosis, osteosclerosis
- 임플란트 식립 전, 술자는 다양한 방사선학적 검사를 통해 악골의 크기, 악골의 외형, 수직적 및 수평적을 축을 따라 변화되는 골의 해부학적 변이를 인지하여야 하며, 더불어, 악골내 존재하는 병적인 요소 및 시술에 영향을 미칠 수 있는 정보도 함께 고려하여야 한다. 또한, 시술부위와 관련된 해부학적 구조에 대한 삼차원적인 이해가 가능하여야 한

Table 1 . Effective dose per examination and probability of stochastic effects per million examinations for various radiographic examinations

	Total EICRP60 (μ Sv) per individual examination	Effect probability permillion examinations
Max/Man CBCT	36.9	2.2
Mandibular CBCT	34.7	2.1
Max/Man CBCT #2	42.1	2.5
NewTom	50.2	3.0
Panoramic	6.2	0.4
CT Mand	2426.0	145.6
CT Max	1031.0	61.9

*CBCT, cone beam computed tomography; Max/Man, combined maxillary/mandibular scan

The EICRP60 of 36.3 μ Sv for the NewTom 9000TM CBCT compares favourably with published effective doses for conventional CT (314 μ Sv) and film tomography (2-9 μ Sv per image). CBCT examinations resulted in doses that were 3-7 (EICRP60) and 2-4 (ESAL) times the panoramic doses observed in this study.

{JB Ludlow, LE Davies-Ludlow and SL Brooks, Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthophos Plus DS panoramic unit Dentomaxillofacial Radiology (2003)}

임상가를 위한 특집 1

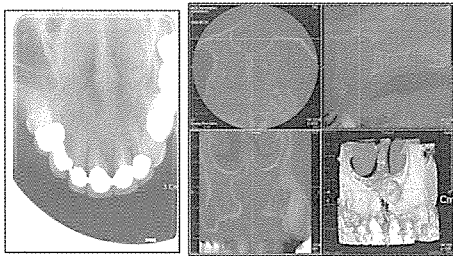


Figure 7. Case 1: Nasopalatine canal cyst on site for implant planning after extraction due to adult periodontitis on # 11,21

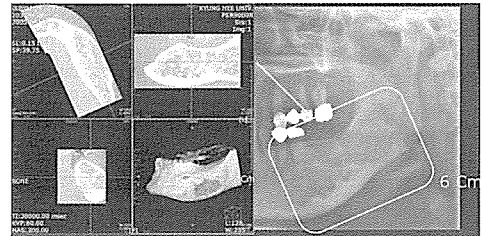


Figure 8. Case 2: Panoramic and CBCT images reveal fibro-osseous lesion on site for implant planning

다. 악골 내에서 관련되는 구조로는 비강과의 근접성, 상악동의 함기화와 중격의 존재, 상악동내 병변의 유무, 비구개관 및 하악관과 같은 신경혈관로, 골양과 골밀도, 인접한 연조직의 형태 등이 있으며, 이들에 대한 영상학적 정보는 임플란트 식립 시 최적의 위치를 결정하고, 시술 후 단기간 및 장기적인 성공을 증진시키는 모든 과정에 중요하다고 할 수 있다.

임플란트 식립부위에 치료계획 수립시 영향을 주는 병변이 관찰된 예로, 증례 1에서 임플란트 식립을 고려한 상악전치부에 존재하는 비구개관낭이 존재한 경우(그림 7), 증례 2에서 하악구치부에 섬유

성이형성증이 존재한 경우 등이 있을 수 있다. 임플란트 매식체의 적절한 직경 및 길이를 결정함에 있어 CBCT 영상과 같은 횡단면상에 대한 정보가 필요하다(그림 8). 증례 3의 경우 술 후 지각이상을 주소로 내원한 환자의 영상에서 임플란트 식립체가 하악관을 침범하였고, 원심측의 임플란트 발거 부위에서도 하악관의 피질골이 천공된 상이 관찰되어 하악관 침범이 있었음을 인지할 수 있었다(그림 9). 식립부에 유용 가능한 골질 및 골양에 대한 정보가 술 후 성공에 대한 예지성을 높이는 역할을 하는데, 증례 4의 경우 파노라마 사진상에서 식립부에 충분한 유용가능한 골이 존재하는 것

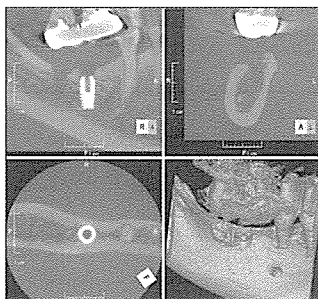


Figure 9. case 3: iatrogenic trauma with surgical defect and implant fixture involving to Mn. Canal

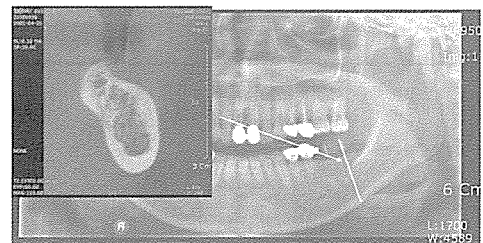


Figure 10. case 4: Panoramic view showing proper bone height, but CBCT image showing sharp crestal ridge, steep buccal shelf and prominent submandibular fossa

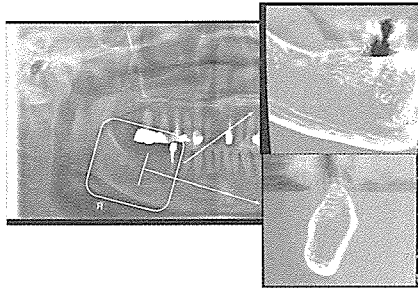


Figure 11. case 5; osteoporotic change at the site for implant and indistinct cortication of Mn. Canal

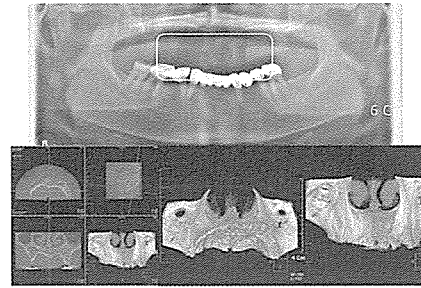


Figure 12. case 6; severe alveolar bone dystrophy on anterior maxilla

으로 보이나 CBCT 영상에서 좁은 치조능, 심한 buccal shelf 및 잘 발달된 설측의 submandibular gland fossa로 인해 식립 시 주의하여야 할 경우이며(그림 10), 증례 5에서는 식립부위의 골질이 골다공성 변화를 보여 술 후 예후에 영향을 미칠 수 있으며, 술 전 검사 시 하악관의 위치를 평가하는데도 하악관의 피질골성 변연이 명확히 관찰되지 않아 주의가 필요한 경우이다(그림 11). 증례 6의 경우는 상악무치악부에 잔존치조골의 심한 위축을 보여주고 있다(그림 12). 증례 7의 경우 상악전치 발거 후 즉시 매식하는 시술에서 매식체의 위치 및 크기 설정에 있어 정확한 진단학적 가치가 있음을

보여준다(그림 13).

골이식술 및 임플란트 식립 후 보철과정을 수행하기 전에 임플란트가 임상적으로 성공적인 골유착이 되었는지 검사되어야 하며, 골과 임플란트간에 골유착 여부의 평가는 기본적으로 구내방사선사진을 통하여 이뤄져야 한다. 그러나, 구내방사선 사진은 근원심면의 정보를 얻는데는 유용하나, 협설간의 관계의 평가가 어려워 단층촬영 및 CBCT 등의 영상화 기법을 이용한 횡단면 영상이 추가적인 정보를 제공한다. 기존의 전산화 단층촬영의 경우 술 후 임플란트에 대한 검사 시 금속에 의한 인공음영물(artifact)이 심하게 나타나, 그 유용성이 적었으

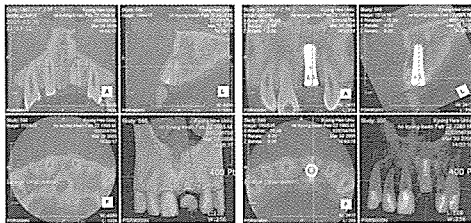


Figure 13. case 7: immediate implantation after extraction on # 21

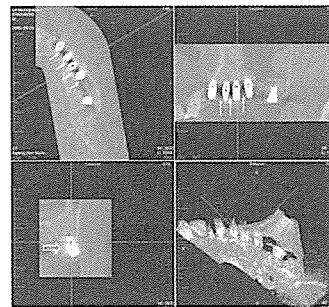


Figure 14. CBCT images show Metal artifact (arrow) on mesio-distal direction and beam hardening artifact (blank arrow) on bucco-lingual direction

임상가를 위한 특집 1

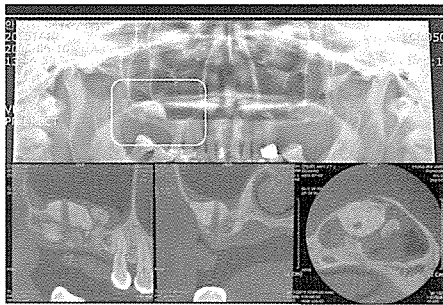


Figure 15. case 8; CBCT images reveal Surgical defect after extraction of implant fixture, sclerosis of graft bone, bony loose body and mucosal thickening within maxillary sinus

나, CBCT 영상은 전산화 단층영상에 비해 이러한 artifact가 감소되어 진단학적 가치를 가질 수 있다고 평가된다. 하지만 CBCT 영상에서도 FOV내 존재하는 금속에 의해 artifact가 발생하는데, 기존의 conventional CT에서는 금속체 주위로 햇살모양의 sun burst artifact 형태로 발견되는 반면, CBCT 영상에서는 이러한 artifact의 발생은 감소하였으나, 금속체의 근원심면이 검게 보이고, 협설측에서 보다 하얗게 나타나는 현상이 발생된다. 특히, FOV 내에 다수의 매식체가 존재할 경우 그 정도가 심해

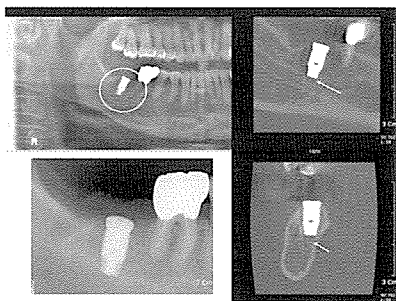


Figure 17. case 10; Panoramic and periapical views show distance from Mn. Canal, however, surgical defect involve Mn. Canal and bony loose body within Mn. Canal in CBCT images



Figure 16. case 9; bone graft on anterior maxilla

지게 된다(그림 14).

또한, 발생될 수 있는 artifact로는 촬영중 환자의 움직임에 의한 motion artifact, 골단(bone edge) 등에 의한 beam hardening artifact, X선 관구와 검출기 이상 및 축의 변화에서 발생될 수 있는 artifact 등이 있어, 촬영 및 영상 평가 시 이에 대한 주의 깊은 고려가 필요하다.

상악동 거상술 및 골이식 후 평가에 있어서, 증례 8에서는 상악동거상술 및 골이식후 CBCT 영상에서 골이식체가 존재하는 위치 및 내부상태에 대한 정확한 정보를 제공하였으며, 증례 9의 경우 상악동거상술 및 임플란트 식립 후 발거한 증례로서 이식된 골의 석회화와 유리된 이식골 및 상악 점막의 병적 비후 소견이 관찰된다(그림 15). 증례 9의 경우는 상악전치부에 시행한 이식골 및 잔존 골간의 관계 평가와 그 양상에 대한 삼차원 영상을 통하여 입체적인 정보를 획득할 수 있다(그림 16). 증례 10에서는 술 후 지각이상을 나타낸 환자에서 파노라마 및 구내촬영상에서 평가 곤란한 매식체 하부에서 존재하는 surgical defect의 존재와 하악관 피질골의 파괴 및 내부에 존재하는 유리된 골편이 관찰되었다(그림 17).

결 론

치과 임플란트 시술에 있어 고려되어야 할 사항 및 술 전 평가하여야 할 진단학적 정보가 존재하며, 이를 얻기 위한 다양한 진단학적 방법들이 있다. 특히, 영상의학적 정보는 치과의사에게 반드시 평가되어야 할 진단 항목으로서 그 중요성이 다른 진단

방법보다 중요하다고 할 수 있다. 이에 각각 영상학적 검사법의 장점 및 단점을 이해하고 한계성을 인지하여 진단 시 잘못된 판단을 하지 않도록 해야 한다. 최근 임상에 도입되어 사용되고 있는 CBCT 영상은 임플란트의 시술 시 치료계획 수립 및 평가에 있어 우수한 진단학적 가치를 가지고 있는 것으로 평가된다.

참 고 문 헌

- Shetty V, Benson BW. Orofacial implants. In: White SC, Pharoah MJ, editors. Oral radiology: principles and interpretation. St. Louis: Mosby, Inc.; 2000. p. 622-35.
- Mupparapu M, Singer SR. Related Articles, Links Implant imaging for the dentist. J Can Dent Assoc. 2004;70(1):32.
- White SC, Heslop EW, Hollender LG, Mosier, KM, Ruprecht A, ShROUT MK. An official report of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2001; 91(5):498-511.
- Di Giacomo GA, Cury PR, de Araujo NS, Sendyk WR, Sendyk CL. Clinical application of stereolithographic surgical guides for implant placement: preliminary results. J Periodontol. 2005;76(4):503-7.
- Casap N, Tarazi E, Wexler A, Sonnenfeld U, Lustmann J Intraoperative computerized navigation for flapless implant surgery and immediate loading in the edentulous mandible. Int J Oral Maxillofac Implants. 2005 Jan-Feb;20(1):92-8.
- Hounsfield G: Computerized Transverse Axial Scanning (Tomography) Part 1 Description of System. Brit J Radiol. 1973;46: 1016-22.
- Arai Y, Tammissalo E, Iwai K, et al.: Development of Ortho Cubic Super High Resolution CT (Ortho-CT). In: Car '98 Computer Assisted Radiology and Surgery, Amsterdam: Elsevier, 1998. p. 780-785.
- Arai Y, Tammissalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. Dentomaxillofac Radiol. 1999;28(4):245-8.
- Imhof H, Czerny C, Dirisamer A. Head and neck imaging with MDCT. Eur J Radiol. 2003;45 Suppl 1:S23-31.
- 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(2):228-31.
- Rob RA. High-speed three-dimensional computed tomography and multi-dimensional display on the heart, lungs, and circulation. In Medical physics of CT and ultrasound. Fullerton GD, Zagzebski JA (eds.), AAPM monograph No.6., The American Institute of Physics, New York, 1980, p.656-702.
- Toyofuku F, et al. Development of a low dose X-ray CT using I.I. + TV system. Med. Imag. Tech., 1986;4:189-90.
- 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(4):229-34.
- Tyndall DA, Brooks SL. Selection criteria for dental implant site imaging: a position paper of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2000; 89: 630-637.
- DelBalso AM, Greiner FG, Licata M. Role of diagnostic imaging in the evaluation of the dental implant patient. Radiographics 1994; 14(4):699-719.