

## 치과 디지털 인상의 이해와 적용

김려운, 장근원, 허유리, 손미경\*

조선대학교 치의학전문대학원 보철학교실

### Understanding and Application of Digital Impression in Dentistry

Ryeo-Woon Kim, Geun-Won Jang, Yu-Ri Heo, Mee-Kyoung Son\*

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Chosun University, Gwangju, Korea

(Received: Nov. 27, 2014; Revised: Dec. 15, 2014; Accepted: Dec. 15, 2014)

DOI : <http://dx.doi.org/10.14815/kjdm.2014.41.4.253>

#### ABSTRACT

According to the development of digital dentistry, clinical and laboratory procedures to fabricate prostheses becomes more easier and simple. Recently, dental computer aided design/ computer aided manufacture (CAD/CAM) system is widely used to make fixed restorations, removable restorations and implant prostheses. For the use of computer aided design software, model scanner was used to scan the model which is taken with conventional impression methods. Also, nowadays, intraoral scanners are introduced and used to take scan data directly from the patient mouth. Digital impression using Model scanner and Intraoral scanner has advantages such as reduce the chair time and laboratory time, reduce the patient's discomfort or pain by cord packing, restore the data without distortion, reduce the dental visit etc. In this study, we reported principles of Model scanner and Intraoral scanner, and clinical application of digital impression.

Key words : CAD/CAM, digital dentistry, intraoral scanner, model scanner

## 서 론

치과 보철제작 과정에서의 인상채득은 구강 내 치아 및 조직의 상태를 인상재에 인기하여 환자의 진단 및 향후 치료계획을 수립하거나, 정확한 보철물을 제작하는데 있어 기반이 되는 중요한 임상과정이다. 일반적인 인상채득 방법은 술식에 따라 적절한 인상재를 선택하고 정확한 인상채득을 위한 술자의 숙련된 임상 기술을 필요로 한다.

인상채득 과정은 인상재의 잘못된 선택 또는 사용방법에 따른 인상재 변형과 술자의 숙련도와 상관없는 환자의 구토반응, 개구장애 등과 같이 다양한 요인들에 의

하여 반복 채득이 불가피 할 수도 있다. 또한, 인상채득 후 석고 모형을 제작하는 단계에서도 재료가 갖는 미세부 재현의 한계 및 마모 등에 의하여 치과 보철물 제작에 있어 오차를 야기할 수 있다.

따라서, 단시간 내의 정확한 인상채득은 치과의사와 환자간의 진료와 치료 예후에 큰 만족감을 줄 수 있으므로, 이를 위한 다양한 인상채득방법이 지속적으로 모색되어야 한다.

최근, 디지털 기술이 치과 임상 및 가공 과정에 응용되면서 인상채득 역시 인상재를 사용하지 않고 구강 내를 직접 스캔하거나 석고 모형을 제작하지 않고 인상체를 스캔하여 디지털 데이터로 전환한 후 컴퓨터를 기반으로 보철물을 디자인(computer aided design, CAD)하고 제작(computer aided manufacture, CAM)하는 새로운 디지털 작업 방식(Figure 1)으로 변화되고 있다(Beuer 등, 2008). 이와 같은 디지털 인상채득과 CAD/CAM을 활용한 디지털 제작 및 가공 기술은 일반적인 인상채득에

\* Mee-Kyoung Son  
Department of Prosthodontics, School Of Dentistry, Chosun University  
375 Seosuk-dong, Dong-gu, Gwangju, 510-825, Korea  
Tel. 82-62-220-3825 Fax. 82-62-227-2363  
E-mail. son0513@chosun.ac.kr

사용되는 알지네이트 및 고무인상재와 같은 재료의 재현성의 한계 및 모형 제작시 발생하는 오차, 모형과 기록보관의 문제, 수작업으로 인한 술식의 민감성이나 제작 표준화의 문제뿐 아니라 작업환경 개선 등에도 긍정적인 효과를 주고 있다.

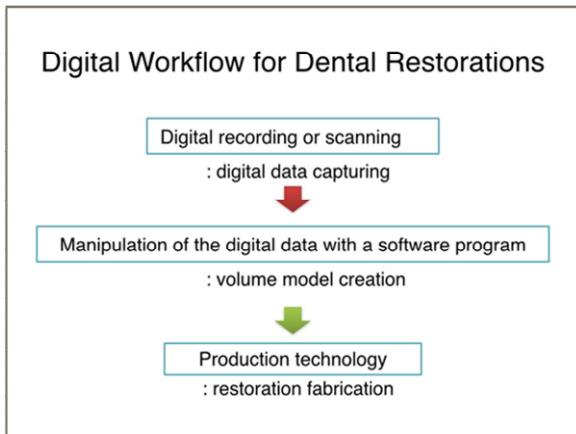


Figure 1. Digital Workflow for Dental Restorations

특히, 디지털 작업과정 중 첫 번째 단계로 모델 및 구강 스캐너를 이용해 대상물 표층의 3차원 형상을 채득하는 디지털 인상채득의 경우, 인상체나 석고 모형의 제작이 필요하지 않으므로 교차감염의 가능성이 감소하고 비용절감 및 시간이 절약되는 장점이 있으며 짧은 시간에 인상채득과 보철물 제작이 가능하므로 환자의 불편감이 감소하고 보철물의 즉일 수복이 가능하다. 또한 치과의사의 숙련도에 민감하지 않고, 인상채득 결과를 모니터 상에서 바로 확인할 수 있으므로 인상에 문제가 있을 때 즉시 재인상 채득이 가능하고 기공소와 의사 소통이 더욱 용이해 지는 등(DeLong 등, 2003)(DeLong, 2003 #6)(DeLong, 2003 #6)의 많은 장점이 있다.

디지털 스캐너를 활용한 인상채득은 일반적인 보철물의 제작뿐 아니라 임플란트 수술을 위한 가이드부터 임플란트 보철물의 제작에 활용될 수 있다. 또한 가철성 보철물 제작 시 모형을 스캔하고 컴퓨터를 이용하여 정밀하게 분석 및 디자인함으로써 보철물의 적합성과 안정성을 향상시킬 수 있으며, 디자인한 데이터를 백업 장비에 장시간 보관하여 언제든지 재제작 할 수 있다(박지만 등, 2012). 이외에도 환자의 교합을 인기하거나 치료에 의한 악궁의 변화를 기록하고 분석하는 데에도 사용할 수 있다.

현재 조선대학교 치과병원 보철과에서는 모델 스캐너와 구강 스캐너를 사용하여 디지털 인상채득을 시행하고 이를 임상에서 활용하고 있다. 새로운 재료나 기술을 임

상에 도입하고 정확하게 사용하기 위해서는 기본적인 원리를 이해하는 것이 매우 중요하다. 또한, 다양한 임상에 응용하여 사용함으로써 문제점을 보완하고 더욱 발전시킬 수 있는 새로운 방향을 제시할 수 있다. 본 종설에서는 모델 및 스캐너의 원리와 분류, 한계점, 임상적용 분야에 대한 소개를 통해 디지털 인상에 대한 정보를 공유하고자 한다.

## 본 론

### 1. 스캐너의 분류와 원리

#### 1. 모델 스캐너(Model Scanner)

모델 스캐너는 전통적인 방법으로 인상을 채득한 후 채득된 인상체를 스캔하거나 또는 모형을 제작하고 이를 스캔하여 디지털로 변환할 때 사용한다. 모델 스캐너는 스캔을 위한 방식에 따라 크게 접촉식과 비접촉식 스캐너로 분류할 수 있다. 접촉식 스캐너는 접촉 침(touch probe)이 측정하고자 하는 물체에 직접 닿으면서(line-by-line contact) 스캔하는 원리로 작용된다. 이 방식은 물체에 접촉하는 볼의 위치에 대한 값과 기계의 3축에서 주는 좌표값을 기계적으로 환산하는 CMM(Coordinate Measuring Machine) 방식을 이용하여 3차원적 구조를 데이터화하는 원리이다(Beuer 등, 2008). 이러한 접촉식 스캐너는 접촉 침 말단 직경이 작을수록 그리고 움직이는 속도가 느릴수록 정확도는 높아지는 반면, 스캔 속도가 느려 일반적인 환경에서 사용하기가 어렵다(May 등, 1998; Webber 등, 2003). 또한 기계의 이동이나 외부 자극에 매우 민감하므로 정확한 스캔을 위해서는 특별한 환경이 조성되어야 한다는 문제점이 있다. 보철물을 제작함에 있어서 접촉식 스캐너는 모델에 접촉 침이 직접 닿으면서 스캔이 되므로 정확성이 매우 뛰어난 반면, 반복적인 스캔과정에서 모델에 손상을 주고 또 접촉 침의 직경보다 작은 언더컷이나 정밀한 부위에서는 정확성이 떨어지는 단점이 있다(Quaas 등, 2007).

반면, 최근 사용되는 대부분의 치과용 모델 스캐너는 대부분 비접촉식이며 일명 광학 스캐너라고도 한다. 이는 스캐너의 광원으로부터 방출된 빛(백색 및 청색광, 레이저 빔, LED)이 대상 물체 표면에서 반사되어 CCD (Charge-Coupled Device) 카메라나 광센서와 같은 광수신부에 도달하면 삼각 측량법(triangulation)을 이용하여 물체의 거리를 인지하게 되며 이를 통해 물체 표면 형상의 데이터가 얻어져서 스캔이 되는 방식이다(Figure 2)

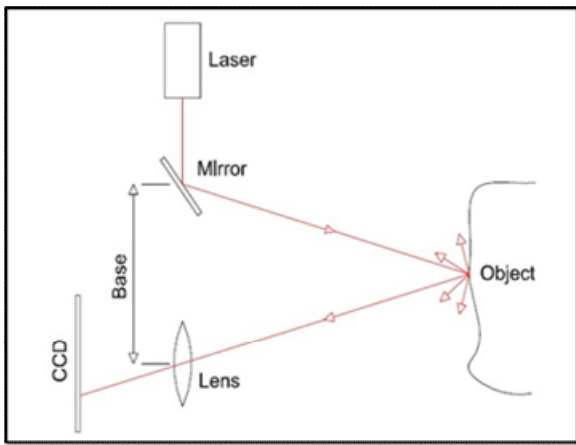


Figure 2. Triangulation using structured Light

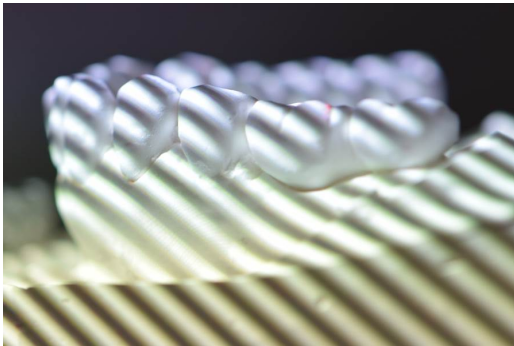


Figure 3. Structured Light 3D Scanning

(Geng, 2011; Boehler와 Marbs, 2002). 삼각 측량법은 특정한 광이나 레이저 패턴을 물체에 투영하면 물체의 형태에 따라 도달되는 표면이 깊이가 다르고 이에 따라 센서에 도달하는 위치가 달라지는 원리를 이용하여 광원이 왜곡되는 형태를 공간 부호화법과 같은 방법들을 통하여 3차원 정보를 얻는 방식이다(이경탁 등, 2012). 최근에는 빠른 스캔을 위하여 대부분의 모델 스캐너는 1차원 포인트 방식의 광원보다는 구조광을 주로 사용한다. 광원으로부터 물체 표면에 그리드(grid) 또는 스트라이프 무늬와 같은 특정 구조화된 광 패턴을 투영시키고(Figure 3) 이때 변형된 패턴의 형태를 카메라에서 인식하여 삼각 측량법을 이용해 3차원 형상 정보를 획득하는 방식이다(Rudolph 등, 2007). 구조화된 광이나 레이저를 이용하는 방법은 하나의 라인 패턴을 물체에 훑어가며 3D 데이터로 획득하는 1차원 패턴 방식에 비해 보다 정밀하고 많은 데이터를 빠른 시간 내에 획득할 수 있다는 장점 때문에 정밀한 고품질 스캐닝 솔루션을 위한 용도로 널리 사용되고 있는 방법이다(Sansoni 등, 2009). 현재 조선대학교 치과병원 CAD/CAM 센터에서 사용하고 있는 모델 스캐너는 이탈리아 Zirkonzahn 사의 S600을 사용하고 있다(Figure 4). 이는 구조광(structured light)을

사용하는 3D 스캐닝 시스템으로서 스캔하고자 하는 모델을 모델판에 고정하면 모델이 360도로 회전 및 100도 경사 축으로 움직이면서 스캔이 되고 반사된 구조광을 2개의 카메라가 인식함으로써 매우 빠른 스캔과 10um 이내의 정밀도를 보여준다.



Figure 4. Model scanner (S600, Zirkonzahn, South Tyrol, Italy)

비접촉식 스캐너는 접촉식에 비하여 빠른 측정속도가 최대 장점이며 안정성이 우수하다고 알려져 있다(Persson 등, 2006). 또한 접촉식과 달리 빛의 반사를 이용하므로 복잡한 형상에 대해서도 보다 수월하게 측정할 수 있으며 깊은 구(groove)나 와(fossa), 각진 교두(cusp) 및 절단연(incisal edge), 얇은 마진부(margin) 등 접촉 침이 닿을 수 없는 부분이나 손상에 취약한 부분까지 모형의 손상 없이 상대적으로 잘 재현할 수 있다(Quaas 등, 2007).

## 2. 구강 스캐너 (Intraoral Scanner)

구강 스캐너는 비접촉식 스캐너로서 광원을 이용한다. 최근 소개되고 있는 다양한 구강 스캐너는 모델 스캐너에서 주로 사용하는 삼각 측량법 외에 공초점 레이저 스캔(confocal laser scanning), 능동적 파면 추출(active wave-front sampling) 원리 등을 서로 조합하여 구강 구조의 표면 데이터를 수집함으로써 3D 이미지를 형성한다. 삼각 측량법은 모델 스캐너에서 설명한 바와 같이, 각각의 광원이 표면에서 반사되어 센서로 돌아 오며 따라 투영된 빛과 반사된 빛의 거리가 측정된다(Figure 5-A). 빛을 쏘는 광원과 센서의 각도가 정해져 있으므로 물체의 거리가 측정될 수 있는 방법이다(Schenk, 2009). 공초점 레이저 스캔 방법은 세포를 관찰하고 3차원 형상을 얻기 위해 현미경에서 사용되는 방법이지만 매우 정밀한 이미지 데이터를 얻을 수 있어 구강 스캐너에도

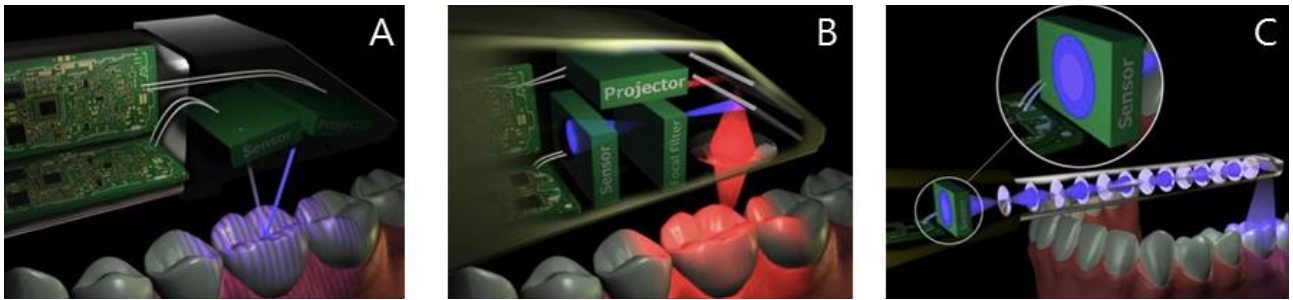


Figure 5. Different principle of intraoral scanners; triangulation(A), confocal laser scanning(B), active wave-front sampling(C).

응용되고 있는 방법이다. 이는 레이저를 광원으로 하여 치아표면에서 반사되어 렌즈로 오는 빛 중에서 작은 바늘 구멍과 같은 pinhole을 통해 초점과 일치하는 빛만을 광검출기로 받아 디지털화하여 이미지를 형성하는 방법이다(Figure 5-B). 초점 거리가 이미 정해져 있음에 따라 렌즈로부터 물체의 표면과의 거리가 자동 측정되고 디지털화하여 이미지가 형성된다. 이와 같이 공초점 레이저 스캔 방법은 초점과 일치하는 빛만이 검출되므로 매우 세밀한 치아 표면 데이터를 얻을 수 있는 장점을 갖는다(Kachalia와 Geissberger, 2010). 능동적 파면 추출 기법은 표면 형상 데이터를 얻기 위해 레이저를 이용하는 대신에 회전 렌즈 조리개(rotating off-axis aperture)를 이용하여 연속적인 카메라 촬영으로 마치 비디오 녹화하듯이 스캔하고 3차원 이미지를 스크린에서 즉각 보여준다. 치아로부터 반사된 이미지가 렌즈를 통해 센서로 즉시 투영된다(Figure 5-C) (van der Meer 등, 2012). 만약 이미지가 초점이 맞으면 물체의 거리는 렌즈의 초점 거리와 일치하게 되는 반면, 이미지가 초점과 맞지 않으면 확산된(blurring) 이미지 사이즈로부터 간단한 수학적 방식을 통해 렌즈로부터 물체까지의 거리가 자동 계산되어 데이터화 된다. 이러한 방식은 레이저나 광원이 사물에서 반사되어 왜곡되는 패턴을 계산하여 3D 데이터를 얻는 삼각 측정이나 레이저를 이용하는 방법보다 처리 속도가 빠르고 왜곡 및 착시가 감소하는 장점을 갖는다(Syrek 등, 2010). 이와 같은 이미지 형성 원리를 이용하여 치아가 스캔 되어 데이터화가 되면 소프트웨어를 이용하여 시각적인 3차원의 모델이 생성된다(van der Meer 등, 2012). 스캐너는 데이터 처리하여 이미지를 형성하는 방식에 따라서도 1세대와 2세대로 구분된다. 1세대 구강 스캐너는 사진(still cut)을 찍어 컴퓨터 계산으로 이어 붙이는(stitch) 방법으로 3차원 구조를 얻을 수 있다. 따라서 스캔 데이터가 데이터 센터로 보내지면 전문가가 컴퓨터 상에서 촬영된 영상을 확인하여 수동으로 사진을 정렬하고 이어 붙이는 작업을 시행하여 이미지가

형성되므로 왜곡이 생긴 경우 수정이 가능하다. 반면, 2세대 구강 스캐너는 동영상으로 촬영하듯 스캔하는 실시간 렌더링(real time rendering) 방법으로 치과의사가 직접 컴퓨터로 보면서 촬영된 영상을 확인하고 최종적으로 3차원 영상이 완성된다. 이는 1세대 보다 더욱 발전된 형태로 진료실에서 잘못 촬영된 부분을 즉시 확인하고 재 촬영할 수 있는 장점이 있지만, 만약 잘못 촬영되어 영상에 왜곡이 생긴 경우에는 수정이 힘들고, 디지털 인상 채득의 모든 책임이 치과의사에게 있으므로 숙련을 통해 정확한 촬영이 되도록 더 많은 주의가 필요하다. 구강 스캐너로 디지털 인상을 채득하여 형성된 3D 모델은 CAD/CAM을 이용해 보철 제작과정으로 이어져야 한다. 따라서 기존에 사용하고 있던 CAD/CAM 시스템과의 호환성이 구강 스캐너를 선택하는데 매우 중요한 사항이 되고 있다. 즉, 이미 구축한 CAD/CAM 시스템과 새로 구입할 구강스캐너가 호환이 되어야 장비에 다시 투자하는 비용적인 문제를 피해갈 수 있다. 따라서, 구강 스캐너가 폐쇄형인지 개방형인지에 대한 이해가 필요하다. 폐쇄형은 스캐너로부터 3D 이미지를 형성하고 이를 CAD 소프트웨어에서 작업하고 CAM 장비에서 보철물을 제작하기까지 모든 과정이 하나의 시스템 안에서 이루어져야 한다. 이는 모든 장비가 각각에 맞게 조정되어 있으므로 안정된 작업을 할 수 있다는 장점이 있다. 반면, 개방형 시스템의 경우는 스캐너가 동일 회사의 CAD/CAM 시스템이 아닌 다른 시스템과도 호환이 되므로 확장성이 큰 장점이 있지만, 작업 과정에서 발생하는 오차가 어떤 부분에서 생기는 지를 파악하고 각 장비가 최적의 상태로 호환되고 시스템이 안정화되기 까지 시행착오를 통한 적응단계가 필요하다. 조선대학교 치과병원 보철과에서 사용하는 구강 스캐너인 Trios<sup>®</sup>(3shape dental systems, Copenhagen, Denmark)는 공초점 방식의 광학적 절편(ultrafast optical sectioning) 기술로 초당 3000장 이상의 2D 이미지를 촬영해 3D로 조합하여 이미지가 얻어지는 구강 스캐너이다. 광원으로



는 LED를 사용하여 빛 반사를 위한 파우더 도포가 필요하지 않고, 개방형 시스템으로 타사의 시스템과 호환이 가능한 장점이 있다. 연속으로 단면 영상을 촬영하는 방식이므로 자유자재로 스캔이 가능해 초점을 맞추기 위해 특정 거리나 각도를 유지할 필요가 없다. 터치 스크린을 통하여 스크린 상의 가상 모델(virtual model)을 회전하고 돌려볼 수도 있어 잘못 촬영된 부분의 확인이 쉬우며 잘못된 부분은 삭제하고 재 촬영함으로써 촬영 수가 너무 많아져서 생기는 오류를 줄일 수 있다. 전악 스캔을 할 경우 치열궁을 좌우로 나눠서 스캔하는 다른 시스템과 달리 Trios(Figure 6)는 전악을 끊임없이 중첩하면서 한번에 촬영 할 수 있어 촬영시간이 단축되는 장점도 있다. 또한 컬러 버전이 보급되어 치아와 잇몸이 뚜렷하게 구분되므로 더욱 정확하게 치아의 마진을 확인하고 구강과 유사한 3D모델을 얻을 수 있다(Logozzo 등, 2008).

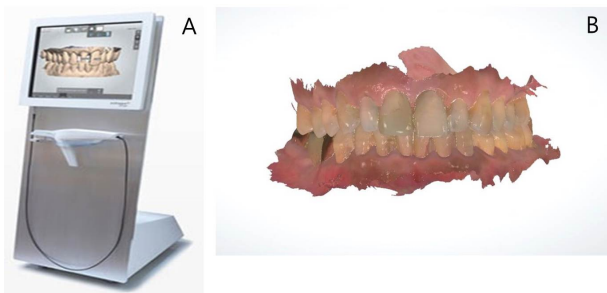


Figure 6. 3Shape Trios Intraoral Scanner(A) and Scanned image(B)

## II. 디지털 인상의 한계점

대부분이 수작업으로 시행되는 보철 제작과정 중 특히 인상채득은 환자나 술자에게 매우 힘들고 오류가 많이 발생하는 과정이다. 따라서 모델 및 구강 스캐너를 이용하여 디지털 인상을 채득하고 3차원 모델을 만드는 것은 보철 과정을 간편하게 하고 규격화 할 수 있다는 점에서 획기적이라고 할 수 있다. 이러한 이유로 여러 국내외의 회사들이 치과용 스캐너를 제작, 판매하고 있으며 많은 치과 병의원 및 기공실에 보급되어 사용되고 있다. 하지만, 고가의 장비로서 비용적인 부담과 더불어 여전히 개선이 필요한 한계점들이 보고되고 있다. 일부 스캐너는 대상체의 표면에서 빛 반사를 명확하게 하여 스캔의 정확성을 증진시키기 위해 전용 스캔 파우더를 뿌린 후에 스캔하는 것을 추천한다. 이러한 스캔 파우더는 탄산칼슘과 이산화 티타늄을 함유한 분말로써 스캔의

정확성을 위해 가급적 얇고 균일하게 도포하여야 한다. 과도하게 스캔 파우더를 물체에 적용하여 스캔한 경우에는 실제 모양과 다른 데이터를 얻는 심각한 오류를 야기할 수 있다. 이러한 이유로 최근에는 스캔 파우더 도포에 의한 오차를 줄이기 위해 파우더의 도포 없이 스캔이 가능한 제품들이 소개되고 있지만 금속 보철물이나 레진 보철물과 같이 표면 광택을 갖는 일부 물체를 스캔할 경우 광원의 빛이 표면에서 난반사(scattering)되어 정확한 표면 정보를 얻기 힘든 한계점이 있다(Rudolph 등, 2007). 또한 구강 스캐너의 경우, 스캐너의 헤드크고 무거운 점도 지적되고 있다. 스캔 방법에 숙련되지 않은 경우에는 스캔 시간이 길고 스캐너를 잘 위치시키기 어려워 영상이 채득되지 않는 부분이 발생되기도 하고 동일 부위를 반복 촬영하는 경우에는 영상의 왜곡이 발생될 수 있다. 습한 구강 내 환경도 김 서림을 야기하여 스캔의 정확도를 떨어뜨릴 수 있으며 타액이나 잇몸에서 나오는 치은 열구액이나 혈액도 지대치 마진 부위의 정확한 형상을 인식하는데 문제가 된다. 구강 스캐너를 이용한 디지털 인상채득은 가철성 보철을 제작하는데 있어서도 한계가 있다. 즉, 정적인 상태의 인상채득은 가능하지만 틀니를 제작하는데 있어 필요한 기능 인상 즉 동적 인상을 채득하는 것은 불가능 하다. 폐쇄형 구강스캐너의 경우에는 인상채득으로 얻어진 데이터가 호환되는CAD/CAM 시스템이 제한되어 있어 사용에 불편함이 있다. 여러 가지 한계점들은 현재 다양한 연구와 개발을 통해 개선되고 있다. 스캐너의 장점을 잘 활용하고 오차를 최소화하기 위해서는 현재 기계가 가지고 있는 한계점들을 이해하고 충분한 숙련을 통한 사용이 필요하다.

## III. 디지털 인상(Digital Impression)의 임상적 활용

### 1. 정보수집 및 진단

환자의 구강 상태에 대한 정보를 수집하여 분석하고 진단하는 과정은 진단 모형을 제작하고 방사선 사진 및 시진 등을 통해 이루어져 왔다. 스캐너를 이용한 디지털 인상은 3차원 진단 모형을 만들어 환자의 초진 상태를 보관하고 분석하는데 사용될 수 있다. 3차원 진단 모형의 경우는 컴퓨터 상에서 진단과 분석, 그리고 데이터 보관이 이루어지므로 석고 모형과 달리 훼손이나 분실, 보관 공간의 문제가 없어 매우 유용하다. 3차원 진단 모형에서는 치열 상태를 분석하거나(Figure 7)(Zilberman 등, 2003) 또는 가철성 보철을 위한 치아 및 조직의 언더컷

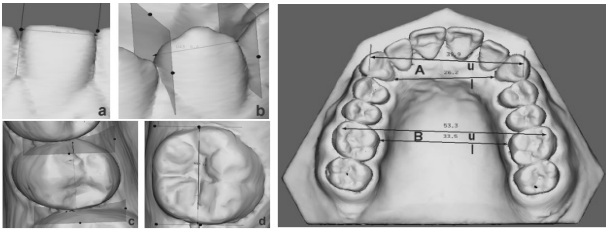


Figure 7. Measurements of mesiodistal width (a) incisor, (b) canine, (c) premolar, (d) molar, (A) intercanine and (B) intermolar distance using the OrthoCAD tool.

분석도 가능하다. 또한 보철뿐 아니라 교정 치료나 구강 외과 수술 전 분석 및 치료 시뮬레이션을 위한 초진 자료로도 사용될 수 있다. 교정 및 수술 환자에서 인상채득을 통해 석고 모형을 만들어 계측하고 분석하는데 오랜 시간이 걸리는 반면(Keating 등, 2008) 3차원 진단 모형을 통해 소프트웨어 상에서 각종 분석을 빠르게 시행할 수 있는 것은 매우 의미가 있다. 이러한 디지털 계측 및 분석 과정은 단순히 진단에 머무르지 않고 컴퓨터 상에서 바로 교정 구의 장치나 수술 장치를 디자인하고, 기계로 바로 제작하는 과정까지 연계되고 있다(Keating 등, 2008; Zilberman 등, 2003; Bootvong 등, 2010; Hajeer 등, 2004).

2. 교합 채득 및 분석

일반적으로 환자의 교합 상태는 교합지를 이용해 직접 교합 접촉점의 위치를 시각적으로 확인하거나 또는 교합 접촉량을 정량적으로 분석하는 T-Scan과 같은 디지털 교합 분석 기계를 이용해 분석한다. 모델 및 구강 스캐너를 활용한 디지털 인상을 통해서도 교합 접촉의 상태에 대한 정보를 알 수 있다(Figure 8). 특히 구강 스캐너를 이용하는 경우에는 인상채득 과정, 주모형의 제작, 교합기

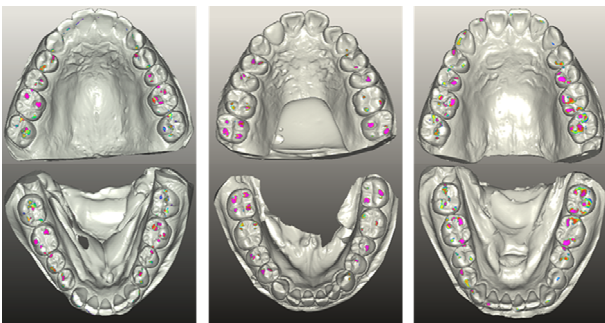


Figure 8. Occlusal Contacts Analysis in the Digital Model

마운팅 과정 중의 오차, 그리고 교합 분석지의 두께에 의한 오차를 배제할 수 있는 장점이 있다. 또한 폐구상 태에서 협측의 모든 접촉점과 교합을 캡처하므로 교합

인기재 없이 실제 환자의 교합상태에서 분석된다는 점에서 매우 유익한 정보를 준다. 향후 T-Scan (Teckscan Inc, Boston, MA, USA)과 같이 교합의 정량 분석이 가능한 기계나 ARCUSdigma (KaVo Dental GmbH, Biberach, Germany)와 같은 악운동 계측장치와 연동되어 사용된다면 임상에서 더욱 정확한 보철물 제작이 가능해 지고 더 많은 데이터를 통해 더 넓은 분야에 활용될 수 있을 것이다.

3. 보철물 제작

1) 고정성 보철물 제작

스캐너는 다양한 고정성 보철물 제작에 사용될 수 있다. 모델 스캐너의 경우에는 모델을 스캔하여 보철물을 제작하고 제작된 보철물의 적합을 모델에서 다시 확인할 수 있으므로 모든 고정성 보철물 제작에 사용될 수 있다. 반면, 구강 스캐너를 사용하는 경우는 작업 모델을 따로 제작하지 않으므로 제작된 보철물의 적합을 확인하기 어렵다. 따라서 현재는 인레이나 단일 수복물과 같이 간단한 고정성 보철물 제작에 선호되고 있다. 구강 스캐너의 사용으로 인한 가장 획기적인 변화는 디지털 인상 채득 후 즉시 CAD/CAM을 이용해 보철물을 제작하므로 ‘one day treatment’가 가능해 진 것이다. 또한, 지르코니아나 레진을 이용한 심미보철 치료에 활용됨으로써 그 사용이 점차적으로 증가되고 있다. 구강 스캐너를 사용한 고정성 보철물 제작은 디지털 주문서 작성 - 스캔 (지대치, 대합치, 교합관계) - 스캔 데이터 조정을 통한 최적의 이미지 획득 - 기공소로 디지털 인상 전송 - 기공소에서의 보철 CAD 디자인 및 CAM 제작 - 치과에서 기공물의 시적 및 합착의 과정으로 진행된다(Figure 9). 스캔 데이터를 기공소에 전송하고 최종 보철물이 나오기까지의 과정이 진행되는 동안 치과의사와 치과 기공사는 이미지를 확인하고, 지대치의 마진 위치, 보철물의 형태 등에 대해 서로 쉽게 소통할 수 있는 장점을 갖는다.

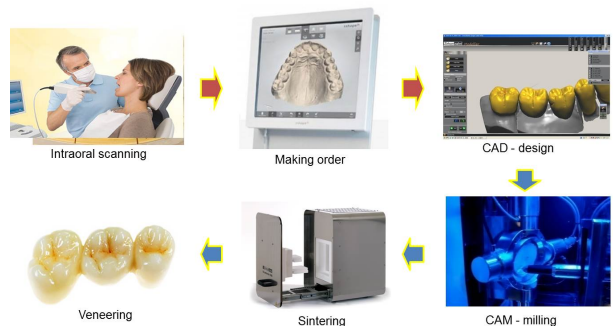


Figure 9. Digital Dentistry Workflow

2) 가철성 보철물 제작

가철성 보철물의 경우도 디지털 인상을 통하여 제작할 수 있다. 최근 많은 연구에서 스캐너와 CAD/CAM 시스템을 이용한 총의치 및 가철성 국소의치 제작에 대해 보고하고 있다. 이는 스캐너의 활용이 이제 고정성을 넘어 가철성 보철물까지 확대되고 있는 과정임을 보여준다. 다만, 앞서 언급한 바와 같이 현재의 디지털 인상으로는 동적 기능인상을 채득하기 어렵다는 점이 가철성 보철물로 활용이 확대되는 데 가장 큰 제한 사항이다. 이러한 이유로 현재 가철성 의치 제작은 전통적인 제작 방법과 디지털 제작방법이 혼용되어 사용되고 있다. 즉, 구강 스캐너를 통한 직접 디지털 인상채득이 아닌 환자의 기능인상을 인상재와 맞춤형 트레이를 이용하여 일반적인 채득하여 모형을 만들고 이를 모델 스캐너로 스캔한 후 컴퓨터 상에서 디자인하고 밀링이나 프린팅 기술로 보철물을 제작하는 방법이다.

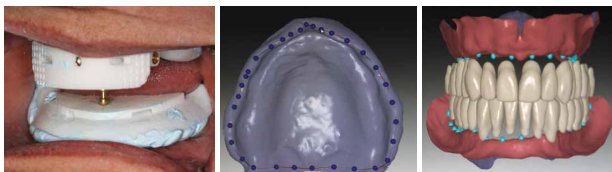


Figure 10. Application of Digital Technology for the Fabrication of Complete Denture

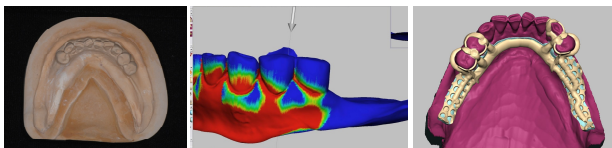


Figure 11. Application of Digital Technology for the Fabrication of Removable Partial Denture

가철성 국소의치는 모델 스캐너로 작업 모형을 스캔하고 컴퓨터 소프트웨어 상에서 디지털화된 모델을 써베잉하여 삽입철거로를 결정하게 되고 국소의치 구성 요소들을 디자인 한 후 CAM으로 전송하여 밀링이나 프린팅 기법을 통해 금속 프레임을 완성한다(Figure 10). 이후 무치악 부분의 인상과 교합채득, 치아배열, 의치 완성은 통법대로의 방법으로 진행된다(박지만 등, 2012). 총의치의 경우 기존의 방법으로 기능인상을 채득하여 석고 모형을 만들고 이를 스캔하여 제작과정을 진행하거나 약간 관계가 기록된 트레이를 이용하여 상하악 인상을 채득하고 석고 모형 제작 없이 인상체를 모델 스캐너로 스캐닝을 한 후 가상 모형을 만들고, 치아배열 프로그램과 소프트웨어 상의 가상 교합기를 이용하여 가상 모형상에서 치아배열 후 CAM에서 레진 의치상을 절삭 가공하고

레진 인공치는 별도로 의치상에 부착하는 방법(이주형 등, 2013)이 사용되고 있다(Figure 11) (Kattadiyil 등, 2012).

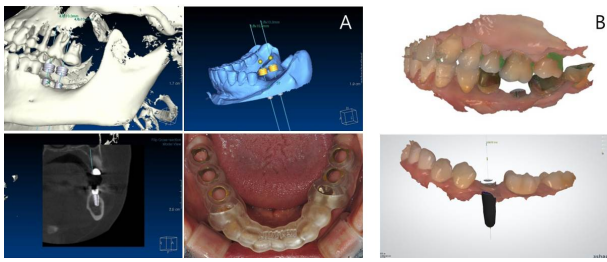
3) 임플란트 가이드 및 보철물 제작

구강 및 모델 스캐너는 임플란트 치료에 가장 활발하게 사용되고 있다. 이는 진단 및 치료 계획에서부터 수술용 가이드 제작, 맞춤형 지대주(customized abutment) 제작, 최종 임플란트 보철물 제작에 이르기까지 다양하게 적용됨으로써 임플란트 치료를 조금 더 예측 가능하고, 경제적이고, 편리하게 하고 있다.

기존의 수술용 가이드의 경우 석고 모형상에서 최종 보철물의 형태를 진단 왁스업 하여 임플란트 고정체의 식립 위치를 결정하였다. 이는 치과의사에게 최종 보철물을 위한 이상적인 임플란트 식립 위치에 대한 정보를 제공하였지만 악골의 상태에 대해서는 고려하지 않았다는 문제가 있었다. 즉, 악골에 대한 평가가 이루어지지 않아 이상적인 보철을 위한 위치에 실제 식립이 불가능한 상황이 발생할 수 밖에 없었다. 하지만, 환자의 턱뼈를 3차원으로 볼 수 있는 Cone Beam Computed Tomography(CBCT)가 임플란트 진단에 활용되고 이와 더불어 구강 및 모델 스캐너와 연계됨으로써 각 환자의 골 상태를 고려한 수술용 가이드 제작이 가능해졌다. 구강 스캐너를 이용하여 구강을 스캔하거나 모델을 제작하여 모델 스캐너로 스캔한 후 3차원 모델을 만들고 이를 CT 이미지와 병합하여 환자의 뼈 상태와 최종적인 보철물을 고려한 임플란트 식립 위치가 정해지면 이 정보를 가이드 제작 센터로 전송하여 최종 수술용 가이드가 제작된다. 이를 수술시에 이용하여 미리 설정된 위치에 임플란트를 심을 수 있도록 도와준다. 이와 같은 과정에서 수술 위치를 결정하는데 보철의와 외과의가 서로 충분한 의견 교환이 가능하고 또 술 전에 환자 스스로가 가지고 있는 상황에 대해 환자에게 설명하고 치료에 대한 동의를 구할 수 있어 더 나은 치료 결과를 기대할 수 있다(Figure 12-A). 임플란트 보철 제작과정에서는 구강 스캐너가 인식할 수 있는 인상용 코핑인 스캔 바디를 장착하고 바로 디지털 인상을 채득할 수 있다. 기존에는 고정체에 인상용 코핑을 연결하여 인상재를 이용해 인상을 채득하였다. 인상이 채득되면 고정체에서 제거한 인상용 코핑을 임플란트 아날로그에 연결하여 석고 모델을 제작하였다. 이러한 방법은 모델을 만들기 까지 여러 단계를 거치게 되면서 부정확성을 유발한다. 반면, Digital scan body는 기존의 임플란트 인상용 코핑을 대체하고, 구강 스캐닝만으로 임플란트 고정체의 위치와 직경 등의 정보를 알려주는 역할을 함으로써 복잡한 인상채득



과정을 단순하게 변화시켰다(Figure 12-B).



**Figure 12.** Application for the CT Guided Implant Stent(A) and Intraoral scanning for Digital Impression of Implant Fixture(B)

#### 4. 향후 임상 적용 분야

현재 디지털 인상만으로 복잡한 보철물 제작이 어려운 이유로는 구강 내 제한된 환경에서 치과 보철물이라는 작고 정확한 결과물을 만들어야 하는 여러 기술적 한계 외에 크게 두 가지의 해결해야 하는 문제가 있다. 첫째는 모든 보철물은 저작 기능을 포함한 동적이고 기능적인 상태에 대해 고려하고 제작되어야 하지만 현재의 디지털 인상은 정적인 이미지 형성에 국한된다는 것이다. 특히, 구강점막 및 근육과의 조화를 통해 보철물이 안정되고 유지되는 가철성 보철물 제작을 위해서는 단순한 구강 내 이미지 획득만으로는 제작이 어려우므로 이를 해결할 수 있는 대체 방법이 필요하다. 두 번째는 악관절 및 하악의 운동패턴이 환자마다 다르기 때문에 이를 정확하게 재현할 수 있어야 보철물의 조정을 최소화하고 기능 시 편안한 보철물을 만들 수 있다. 따라서, 통상적인 보철 제작에서는 교합기에 이전하여 보철물을 제작하는 과정이 있지만, 구강 스캐너를 이용한 디지털 스캔의 경우는 실제 모델이 제작되지 않고 가상의 3차원 모델이 컴퓨터상에서 얻어지므로 교합기 이전의 과정이 불가하다. 최근에는 이러한 문제를 해결하기 위해 컴퓨터 상에서 교합기를 시뮬레이션 할 수 있는 프로그램(virtual articulator)이 소개되고는 있으나(Figure 13) 이는



**Figure 13.** Virtual Articulator to Simulate Mandibular Movement

실제 교합기를 가상으로 옮겨 놓은 것뿐이지 환자의 정확한 악관절 및 하악의 운동패턴을 재현하는 것은 아니다. 만약, 하악운동 계측 장치와 연계하여 컴퓨터 상에

서 환자의 하악운동을 완벽하게 재현하고, 이를 가상 교합기상에 이전하는 것이 가능해 진다면 더욱 정확한 보철물의 제작이 가능할 것이고 더 많은 부분에 적용할 수 있을 것이다.

## 결론

디지털 치과기술의 발전에 따라 다양한 기계와 새로운 재료가 소개되고 임상 및 가공 과정에 적용되고 있다. CAD/CAM 기술의 도입과 함께 모델 스캐너와 구강 스캐너를 활용한 디지털 스캐닝은 환자의 불편감이나 통증, 시간 소요, 많은 단계를 거치는 과정에서의 오차 등 기존 인상채득 방법이 갖고 있는 단점을 극복하고 빠르고 정확하며 임상 및 가공 술식을 규격화한다는 점에서 매우 획기적인 방법이다. 하지만 이러한 디지털 기술의 빠른 보급과 변화에 적응하고 이를 적절한 증례에 정확하게 활용하기 위한 시스템의 원리와 응용에 대한 이해가 우선되어야 할 것이다. 또한, 현재 보급되고 있는 시스템도 디지털 치과기술 발전의 과정 중에 있으므로 각 시스템이 갖고 있는 단점과 한계점이 있음을 인지하고 사용하는 것이 필요하며 이러한 한계점을 보완하기 위한 연구들이 지속되어야 할 것이다.

## 참고문헌

- 박지만, 박은진, 김성균, 곽재영, 허성주 (2012). CAD/CAM 시스템을 이용한 가철성 보철 수복. *대한치과의사협회지* 50(3): 140-147.
- 이경탁, 김재홍, 김웅철, 김지환 (2013). 치과용 스캐너로 채득한 디지털 모형의 반복성 및 재현성에 관한 3차원적 평가. *대한치과기공학회지* 34(3): 213-220.
- 이주형, 손동석, 김태형 (2013). DENTCA 시스템을 이용한 총의치 제작법. *대한치과의사협회지* 51(6): 337-345.
- Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D (2008). Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J* 204(9): 505-511.
- Böhler W, Marbs A (2002). 3D scanning instruments. *Proceedings of the CIPA WG 6 International Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording* pp.9-18.
- Bootvong K, Liu Z, McGrath C, Hägg U, Wong RW, Bendeus M, Yeung S (2010). Virtual model analysis



- as an alternative approach to plaster model analysis: reliability and validity. *Eur J Orthod* 32(5): 589-595.
- DeLong R, Heinzen M, Hodges JS, Ko C-C, Douglas WH (2003). Accuracy of a system for creating 3D computer models of dental arches. *J Dent Res* 82(6): 438-442.
- Geng J (2011). Structured-light 3D surface imaging: a tutorial. *Adv Opt Photonics* 3(2): 128-160.
- Hajeer MY, Millett DT, Ayoub AF, Siebert JP (2004). Applications of 3D imaging in orthodontics: part II. *J Orthod* 31(2): 154-162.
- Kachalia PR, Geissberger MJ (2010). Dentistry a la carte: in-office CAD/CAM technology. *J Calif Dent Assoc* 38(5): 323-330.
- Kattadiyil MT, Goodacre CJ (2012). CAD/CAM technology: application to complete dentures. *Dentistry (Loma Linda)* 23(2): 16-24.
- Keating AP, Knox J, Bibb R, Zhurov AI (2008). A comparison of plaster, digital and reconstructed study model accuracy. *J Orthod* 35(3): 191-201.
- Logozzo S, Franceschini G, Kilpelä A, Caponi M, Governi L, Blois LA (2008). A Comparative Analysis Of Intraoral 3d Digital Scanners For Restorative Dentistry. *Int J Med Technol* 5(1).
- May KB, Russell MM, Razzoog ME, Lang BR (1998). Precision of fit: the Procera AllCeram crown. *J Prosthet Dent* 80(4): 394-404.
- Persson A, Andersson M, Oden A, Sandborgh-Englund G (2006). A three-dimensional evaluation of a laser scanner and a touch-probe scanner. *J Prosthet Dent* 95(3): 194-200.
- Quaas S, Rudolph H, Luthardt RG (2007). Direct mechanical data acquisition of dental impressions for the manufacturing of CAD/CAM restorations. *J Dent* 35(12): 903-908.
- Rudolph H, Luthardt RG, Walter MH (2007). Computer-aided analysis of the influence of digitizing and surfacing on the accuracy in dental CAD/CAM technology. *Comput Biol Med* 37(5): 579-587.
- Sansoni G, Trebeschi M, Docchio F (2009). State-of-The-Art and Applications of 3D Imaging Sensors in industry. *Sensors* 9(1): 568-601.
- Schenk O (2009). The New Acquisition Unit Cerec AC. *Int J Comput Dent* 12(1): 41-46.
- Syrek A, Reich G, Ranftl D, Klein C, Cerny B, Brodesser J (2010). Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *J Dent* 38(7): 553-559.
- van der Meer WJ, Andriessen FS, Wismeijer D, Ren Y (2012). Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. *PLoS One* 7(8): e43312.
- Webber B, McDonald A, Knowles J (2003). An in vitro study of the compressive load at fracture of Procera AllCeram crowns with varying thickness of veneer porcelain. *J Prosthet Dent* 89(2): 154-160.
- Zilberman O, Huggare JA, Parikakis KA (2003). Evaluation of the Validity of Tooth Size and Arch Width Measurements Using Conventional and Three-dimensional Virtual Orthodontic Models. *Angle Orthod* 73(3): 301-306.