

구강 내 스캐너를 이용한 임플란트 디지털 인상: 문헌적 고찰

서권수, 김선재, 권주현, 장재승*

강남세브란스 치과병원 치과보철과

Implant Digital Impression with Intraoral Scanners: A Literature Review

Kweon-soo Seo, Sunjai Kim, Joo-Hyun Kwon, Jae-Seung Chang*

Department of Prosthodontics, Gangnam Severance Dental Hospital, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul, Korea

*Corresponding author: Jae-Seung Chang, jschang@yuhs.ac

Abstract

Accurate impression is essential factor for prosthesis fabrication. Various impression techniques have been used to generate a definitive cast that will ensure the accurate clinical fit of implant fixed complete dental prosthesis. Intraoral scanners can take implant impressions using light beam without impression material or individual tray which were used by conventional technique. Also, digital implant impression can eliminate the distortion of impression material, infection, selection of tray and reduce the patients' discomfort. Purpose of this study was taking the efficient digital impressions through knowing the characteristic and principle of various intraoral scanners.

At 1986, Mormann et al. developed the CEREC (Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics, Sirona, Bensheim, Germany) system which was used to make inlay milling the feldspathic porcelain at chairside and this was beginning of CAD/CAM (computer-aided design / computer-aided manufacturing) instruments at dentistry.

There are many characteristic and limits of digital impression using intraoral scanner. Each intraoral scanner has specific instructions and principles.

Obtaining digital impression using intraoral scanner with attention, it may express better result, reduce the time and cost than conventional impression technique. And it is considered to deliver satisfactory prosthesis to patients.

Keywords: Accuracy, Digital impression, Intraoral scanner, Scan body

1. 서론

정확한 인상채득은 보철물의 제작에 있어서 필수적인 요소이다¹. 그중에서도 임플란트는 자연치와는 다르게 골에 직접적으로 붙어있고, 치주인대가 없기 때문에 임플란트-

OPEN ACCESS

pISSN : 1229-5418
Implantology 2017; 21(1): 2-13
<https://doi.org/10.32542/implantology.20170001>

Received: March 2, 2017
Revised: March 11, 2017
Accepted: March 13, 2017

Copyright © 2017. The Korean Academy of Oral & Maxillofacial Implantology



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

지대주 계면의 변형이나 오적합(misfit)을 수용하기에 부족하다. 비록 보철물의 완벽한 수동적적합(passive fit)을 아직까지 얻을 수는 없지만, 어느 정도까지의 보철물의 오적합이 기술적, 생물학적 합병증을 발생시키는지는 아직 분명하지 않다². 비록 수동적 적합을 정확하게 정의하기는 어렵지만³, Jemt와 Lie 등에 의하면 150 μm 까지의 차이는 어떠한 장기간의 임상적 합병증을 일으키지 않는다고 했다⁴. 고정성 임플란트 보철물의 정확한 적합을 얻기 위한 다양한 인상채득과정이 소개되었다. 1980 년도에 CEREC과 같은 CAD/CAM (computer-aided design / computer-aided manufacturing) 기술이 출현한 이후 치과계의 디지털기술은 빠르게 증가해 왔다⁵. 최근 몇 년 사이에 많은 구강 내 스캐너들이 시장에 나왔고, 많은 임상가들이 디지털 인상채득에 있어 이들을 적용하고 있다⁶. 이러한 구강 내 스캐너들은 인상채득을 위해 전통적으로 사용해왔던 개인트레이나 인상재 없이, 오직 광선만으로 인상을 채득하게 된다⁷. 또한 디지털 인상채득은 인상재의 변형, 감염, 트레이선택을 없앨 수 있고 환자의 불편감 또한 감소하게 된다⁸.

임플란트를 디지털 인상채득을 하기 위해서는 치은 위에 위치하고 있는 scanbody의 사용이 필요하다. 따라서 정확도는 임플란트에 이러한 scanbody가 얼마만큼 잘 적합이 되느냐에 달려있다. Stimmelmayer 등은 임플란트와 scanbody 사이의 평균 적합도 차이는 39 μm 이고, 아날로그와 scanbody 사이의 평균 적합도 차이는 11 μm 라고 했다⁸. 이는 결론적으로, 석고모델을 기공실에서 스캔하는 것이 더 적은 오차를 일으킨다는 것을 의미한다⁹. 하지만 석고모델을 만드는 데에도 오차가 발생할 수 있어 임상적 상황에서 항상 더 적은 오차를 일으킨다고 볼 수는 없다. 무치악에서 임플란트를 구강 내 스캐너로 인상채득하는 것은 매우 어렵다. 이는 해부학적인 랜드마크가 없기 때문이기도 하고, scanbody가 모두 동일해서 구강 내 스캐너가 임플란트들 사이의 구별이 어렵기 때문이다¹⁰. 몇몇 연구들이 유치악에서 구강 내 스캐너들의 충분한 질을 가지고 있고 크라운이나 브릿지, 인레이 등을 제작하는 데 사용될 수 있다고 하였다¹¹⁻¹³. 또한 이러한 결론은 여러 가지 임상적인 연구들에서도 알 수 있다.

이번 연구의 목표는 임플란트 인상 채득 시 구강 내 스캐너들의 여러 특징 및 원리, 종류 등을 알고 이를 통해 효율적이고 효과적인 인상채득을 하고자 함이다.

II. 결과

1. 구강 내 스캐너의 역사

치과용 CAD/CAM은 1971년 프랑스의 Duret과 Preston에 의해 처음으로 이론적, 실험적 연구가 시작되었다¹⁴. 이후 1986년 스위스에서 Mormann 등이 장식 도재 블록을 깎아 진료실에서 인레이를 제작하는 CEREC® (Sirona, Bensheim, Germany)시스템을 개발하였고 이것이 치과에서의 CAD/CAM 장비의 시초라고 할 수 있다¹⁵. CEREC시스템은 기존의 인상재를 이용한 전통적인 인상채득이나 기공

과정 없이 CAD/CAM시스템을 통해 당일에도 바로 치과에서 수복물을 제작 및 세팅하기 위해 개발되었고 2005년에는 개방형 시스템인 iTero[®] (Cadent, San Jose, CA, US)가 출시되었다¹⁶. 이외에도 Trios[®] (3shape, Copenhagen, Denmark), CS3500[®] (Carestream Health, NY, US), Planscan[®] (Planmeca, E4D Technology, TX, USA), True Definition[®] (3M ESPE, Germany) 등 CEREC Omnicam[®] (Sirona, Bensheim, Germany) 등 많은 회사에서 구강 내 스캐너들이 소개되었다.

2. 구강 내 스캐너의 원리 및 종류

1) 공초점 현미경방식(Confocal Laser Scanner Microscopy)

공초점이란 개념은 1957년 하버드 대학의 연구원인 Marvin Minsky에 의해 처음 소개되었다¹⁷. 광학 및 컴퓨터공학의 급속한 발전과 더불어 상품화되고 다양한 형광물질이 개발되면서 1970년 말부터 실질적으로 생명과학 분야에 활용이 가능하게 되었다⁷. 공초점 현미경방식의 레이저스캐너는 면밀한 선택성을 가지고 고해상도로 스캔이 가능하다. 이미지들은 점안경을 보는 대신에 한 번에 한 점 한 점, 한 줄 한 줄 또는 여러 개의 점으로 투영된다. 레이저를 광원으로 하여 치아표면에서 반사되어 렌즈로 오는 빛 중에서 작은 바늘 구멍과 같은 pin hole을 통해 초점과 일치하는 빛만을 광검출기로 받아 디지털화하여 이미지를 형성하는 방법이다. 중요한 점은 x, y, z 좌표값으로 목표물을 다양한 심도 및 고해상도로 광학적 표현이 가능하다는 점이다. 공간적 필터링이 초점이 맞지 않은 눈부심 등을 제거하기 위해 사용된다¹⁸. 초점 거리가 이미 정해져 있음에 따라 렌즈로부터 물체의 표면과의 거리가 자동 측정되고 디지털화하여 이미지가 형성된다(Fig. 1)¹⁹. 이와 같이 공초점 레이저 스캔 방법은 초점과 일치하는 빛만이 검출되므로 매우 세밀한 치아 표면 데이터를 얻을 수 있는 장점을 갖는다²⁰.

Trios스캐너는 2010년에 처음 소개가 되었고, 공초점 현미경(confocal microscopy)의 원리 아래 작동되며 매우 빠르게 scan이 가능하다. 각각 다른 시간에서 수백에서 수천 장의 3D 그림과 다른 초점평

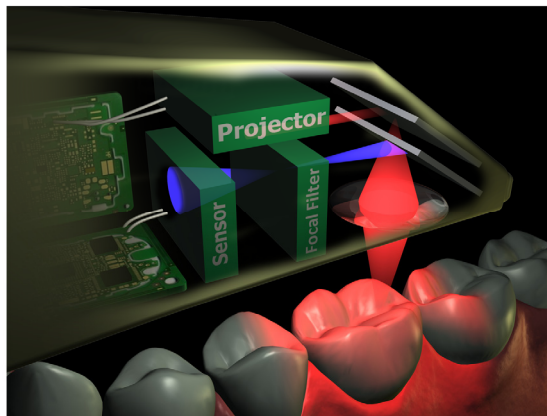


Fig. 1. Confocal laser scanner microscopy.

van der Meer WJ et al. : Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. PLoS One. 2012; 7(8): e43312.

면에서의 그림들이 합쳐져서 최종적인 3D인상채득이 완료된다. 스캔을 위한 별도의 파우더가 필요하지 않으며, 치은색상과 치아색상을 구별하면서 스캔이 가능하다. 따라서 디지털적으로 치은을 제거해 볼 수 있고 변연부를 확인 할 수 있다는 장점이 있다. 또한 노트북의 USB포트에 연결해 사용이 가능해 다른 많은 스캐너들과 달리 전원 없이 이동이 가능하다. 하지만 폐쇄형 시스템으로 3shape사의 CAD 소프트웨어만 이용가능하다는 단점이 있다. 또한, wand가 매우 커서 인상채득 시 불편할 수 있다. 히터가 내장되어 김서림방지가 가능하다. 전악인상채득에 약 5분이 소요된다.

CS3500스캐너 역시 파우더가 필요하지 않으며, 단일 이미지 획득방식원리로 작동한다. 따라서 다른 스캐너에 비해 스캔속도가 느리다. 공초점 현미경 원리로 설계되었고, 개방형 시스템으로 다른 CAD 소프트웨어에서도 편집이 가능하며, 이 역시 USB연결을 통해 노트북에 연결이 가능하다. 이미지의 해상도는 1024×728 이며 제조사에서 밝힌 정확도는 30마이크로미터이다. 2개의 다른 팁부분이 성인과 어린이를 위해 제공된다. 안쪽에 히터가 내장되어 김서림을 방지하며 광원으로 녹색광을 이용한다. 인상채득 시간은 대략 10분 정도이다.

Planscan스캐너는 공초점 현미경의 원리 아래 작동하며, 개방형 시스템이다. 광간섭 단층영상 방식으로 작동하며 팁부분에 히터가 있어 김서림을 방지한다.

iTero스캐너는 공초점 현미경의 원리아래 작동하며, 초당 3000장 이상의 2D 이미지를 촬영해 3D로 조합하여 이미지가 얻어지는 구강 스캐너이다. 개방형 시스템으로 파우더가 필요하지 않다. 컬러휠이 wand의 끝에 붙어 있어서 이로 인해 머리 부분이 두꺼워지고 커지게 되어 다른 시스템에 비해서 불편하다는 단점이 있다. 전악 스캔 시 약 10-15분이 소요된다.

2) 광삼각법(Optical triangulation)

광삼각법은 수 밀리미터 또는 수 마이크로미터의 정확도를 가지고 목표물에 닿지 않은 채로 거리를 측정할 수 있는 방법이다. 레이저 패턴을 물체에 투영하면 물체의 형태에 따라 도달되는 표면이 깊이가 다르고 이에 따라 센서에 도달하는 위치가 달라지는 원리를 이용하여 광원 이 왜곡되는 형태를 공간 부호화법과 같은 방법들을 통하여 3차원 정보를 얻는 방식이다. 즉, 광원이 표면에서 반사되어 센서로 돌아옴에 따라 투영된 빛과 반사된 빛의 거리가 측정된다. 섬세하고, 연하거나 젖은 물체처럼 표면이 좋지 않은 물체를 빠른 속도로 이미지를 얻기 위해 사용된다¹⁸. 이 시스템은 렌즈와 레이저광원, 선형 빛 감지센서(linear light sensitive sensor)로 이루어져 있고, 레이저가 물체에 점으로 비춰져서 센서표면에 광점을 형성한다. 물체의 표면으로부터 센서까지의 거리가 비춰진 점의 위치 및 기저부각도와 길이 등으로 결정되어 계산된다(Fig. 2)^{19,21}.

CEREC Omnicam스캐너는 1987년에 가장 처음으로 출시된 구강 내 디지털 인상채득 장치로 지금은 4세대 버전으로 2012년에 출시되었다. 파우더가 필요하지 않으며, 폐쇄형 시스템이다.

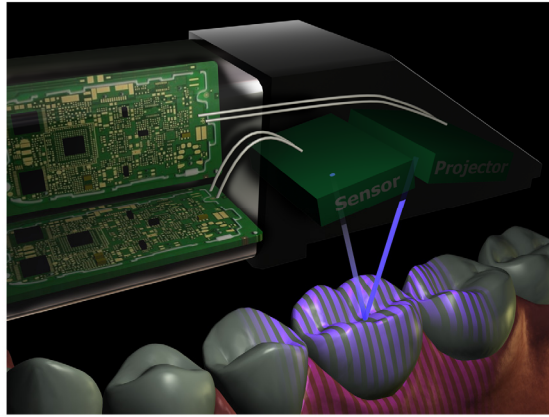


Fig. 2. Optical triangulation.

van der Meer WJ et al. : Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. *PLoS One*. 2012; 7(8): e43312.

3) 광간섭 단층영상(Optical Coherence Tomography, OCT)

광간섭 단층영상은 간섭측정법(interferometric technique)으로 고해상도 단층 이미지촬영을 위해 행해진다. 초음파 이미지 촬영법과 원리는 소리대신 빛을 이용한다는 것을 빼고는 동일하다. 마이크로미터 단위의 거리측정 및 미세구조가 후 반사된 광파장으로부터 실시간으로 얻어 진다²². 상대적으로 장파장의 광원이 대부분의 조직에서 2-3 mm 깊이로 침투가 가능하다²³. 현재 치과 쪽보다는 안과, 소화기내과 및 심장내과 등 일반적인 생검이 불가능한 의과 쪽 영역에서 많이 쓰이고 있다.

4) 능동적 파면추출(Active Wavefront Sampling, AWS)

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

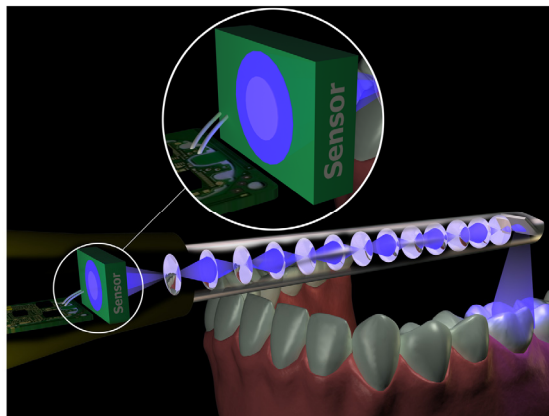


Fig. 3. Active wavefront sampling.

van der Meer WJ et al. : Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. *PLoS One*. 2012; 7(8): e43312.

즉각 보여준다. 치아로부터 반사된 이미지가 렌즈를 통해 센서로 즉시 투영 된다¹⁹. 만약 이미지가 초점이 맞으면 물체의 거리는 렌즈의 초점거리와 일치하게 되는 반면, 이미지가 초점과 맞지 않으면 확산된(blurring) 이미지 사이즈로부터 간단한 수학적 방식을 통해 렌즈로부터 물체까지의 거리가 자동 계산되어 데이터화 된다(Fig. 3)¹⁹. 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 갖는다²⁴.

True Definition스캐너는 예전의 Lava COS의 업그레이드 버전으로 능동적 파면추출방식을 이용한다. 이러한 방법을 “3D in-motion 비디오 기술”이라고 명명했으며, 스캔을 위해 파우더가 필요하다. 초당 20프레임을 촬영하며 전악인상을 채득할 경우 대략 5-8분가량 소요된다. 개방형 시스템으로 다른 회사의 소프트웨어를 이용하여 편집이 가능하다.

3. 인상채득 및 임상과정

구강 내에서 임플란트 보철물을 위한 인상의 과정은 우선 스캐너가 인식할 수 있는 scanbody를 임플란트 고정체에 연결하는 과정으로 시작된다. 연결 후 스캔하는 과정은 구강 내 스캐너의 종류에 따라서 조금씩 다르지만 CEREC Omicam을 기준으로 소개하자면, 먼저 인상을 채득하고자하는 악궁을 먼저 스캔한다. Wand를 각 치아면에서 약 5 mm 정도 떨어진 곳에서 위치시켜 스캔을 시행하고 교합면을 먼저 스캔한다. 이후 45~90° 정도 wand를 돌려 협측을 스캔하고 마찬가지로 방법으로 설측을 스캔한다. 그 다음 scanbody가 연결된 주위 인접면을 스캔하고 환자의 중심교합위(Centric Occlusion)에서 바이트를 채득하면 인상채득과정이 완료된다(Fig. 4). 이후에 CAD/CAM시스템을 통해 지대주 및 보철물을 디자인 후 제작하면 환자에게 장착하고 마무리하게 된다. 이 과정에서 술자는 직접 지대주 및 보철물의 형태 및 교합정도 등을 조절 및 수정할 수 있다(Fig. 5).

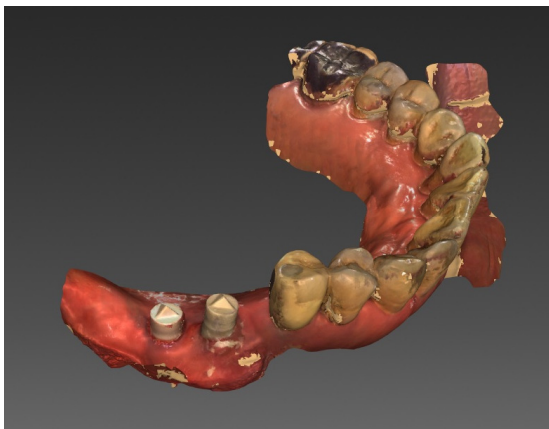


Fig. 4. Digital scanning using CEREC Omnicam.

Kweon-soo Seo et al. : Implant Digital Impression with Intraoral Scanners: A Literature Review. Implantology 2017

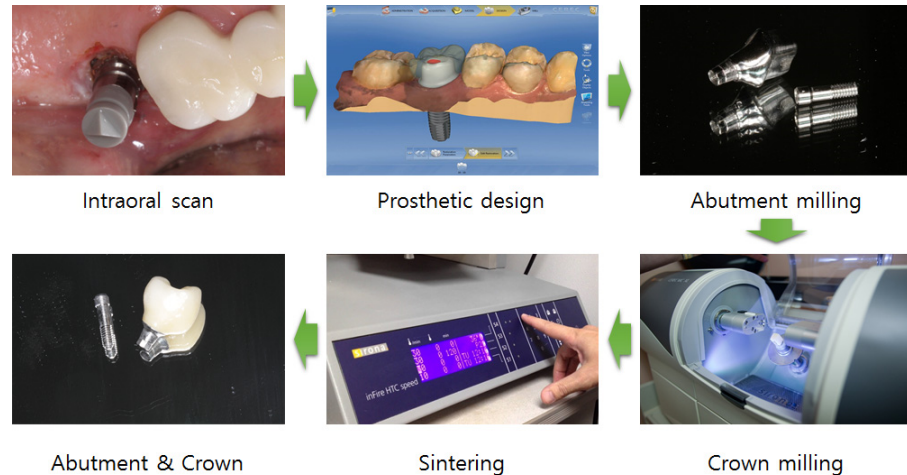


Fig. 5. Workflow using intraoral scanner.

Kweon-soo Seo et al. : Implant Digital Impression with Intraoral Scanners: A Literature Review. Implantology 2017

4. 구강 내 스캐너를 통한 임플란트 디지털 인상의 특징

구강 내 스캐너를 통해 인상채득을 할 경우 여러 장점 중 하나는 진료실과 가공실에서 감염을 줄일 수 있다는 것이다. 물론 전통적인 방법의 경우에도 술자가 충분히 노력한다면 감염을 줄이고 더 나아가 방지할 수 있지만, 현실적으로 완벽한 방지는 어렵다. 디지털 인상의 경우 인상체 및 석고모형이 없어 감염을 효과적으로 줄일 수 있다²⁵. 구토 반사(gag reflex)가 심한 환자의 경우 전통적인 방법으로 트레이 이삽입 및 인상채득이 쉽지 않지만 구강 내 스캐너는 사용이 가능하다. 또한, 자료를 영구적으로 보관이 가능해 언제나 다시 변형 없이 다시 볼 수 있는 장점이 있고, 인상이 잘 못나왔을 경우 전통적인 방법은 처음부터 다시 채득해야 하지만 구강 내 스캐너로 채득 시 잘못된 부분만을 다시 채득 할 수 있다²⁶. 전통적인 방법의 경우 가공소에 보철물 제작 의뢰시 인상체를 직접 주거나 받지 않고 파일로서 받을 수 있는 점도 장점이다. 이를 통해 보철물 제작기간을 줄일 수 있고 인상체 및 모델파손 및 변형의 위험성, 인상채득 및 모델 제작비용도 줄일 수 있고 보철물을 미리 제작 전에 확인이 가능해 수정이 가능하기도 하다²⁷. 마지막으로 전통적인 방법에 비해 트레이의 선택 및 시적, 개인트레이 제작 등 인상채득을 위한 진료시간 및 가공시간을 줄여준다는 장점을 갖는다⁸.

구강 내 스캐너를 통한 디지털 인상의 단점도 존재하는데 우선 장비의 가격이 비싸다는 점이다. 최근에 들어 여러 제품들이 시장에 출시되었다고는 하지만 여전히 장비 구매가격이 비싸다는 것뿐 아니라 wand 부분을 떨어뜨리거나 기타 수리해야 할 경우 수리비용도 적지 않다. 또한 몇몇 스캐너의 경우 인상채득을 위해 탄산칼슘이나 이산화 티타늄을 함유한 파우더의 도포가 필요한 경우가 있다. 이 때 균일한 도포가 어렵고 파우더입자 두께에 의한 오차가 발생할 수 있다. 최근에 나오는 스캐너는 파우더의 도포가 필요하지 않은 경우도 있으나, 금속 보철물과 같이 광택이 나는 표면일 경우 난반사가 일어나 정확한 스캔이 이루어지지 않을 가능성이 있다²⁸.



Fig. 6. Various scanbodies.

Kweon-soo Seo et al. : Implant Digital Impression with Intraoral Scanners: A Literature Review. Implantology 2017

디지털 임플란트 인상채득의 경우, 자연치와는 다르게 매우 어렵다. 단일 임플란트 수복을 디지털로 인상채득을 하는 경우 많은 문헌에서 좋은 결과 값을 보여주고 있다²⁹. 하지만 다수 임플란트를 디지털 인상채득할 경우 몇 가지 어려움이 따르는 데, 그 중 한 가지가 다수의 동일한 scanbody가 사용되어 악궁 내에서 정확한 위치를 각각 명확하게 알기 어렵다. 또한 scanbody의 길이 및 직경에 따라서도 다른 결과값을 나타내는데, 더 짧고 더 작은 scanbody의 경우 정확도가 감소했다³⁰.

스캐너의 wand 부분의 무게 및 크기가 많이 줄었다고는 하지만 여전히 크고 무겁고, 익숙하지 않을 경우 스캔시간이 길어지고 영상채득이 잘 되지 않을 수도 있다. 타액이나 혈액, 치은열구액 등도 부정확한 디지털 인상의 원인이 될 수 있다. 마지막으로, 특정 스캐너의 경우 특정 소프트웨어만을 지원해서 디자인시 문제가 될 수 있다. 따라서 구강 내 스캐너를 통해 임플란트 디지털 인상채득을 잘하기 위해서 현재 쓰고 있는 스캐너의 장점 및 단점 등을 잘 파악하고 있어야 한다.

임플란트를 구강 내 스캐너로 인상채득을 하기위해서 전통적인 방법에서의 인상용 코핑처럼 고정체의 식립 방향 및 깊이를 알 수 있는 것이 필요하다. 이를 위해서 대부분 PEEK (polyether ether ketone)재질의 scanbody를 높이별, 크기별로 많은 회사에서 다양한 디자인으로 출시해서 시판중이다 (Fig. 6). PEEK재질의 경우 금속재질과 달리 빛 반사가 적어 효과적으로 구강 내 스캐너로 임플란트 인상채득이 가능하다. 또한, 임플란트 종류 및 식립된 깊이 등을 고려해서 적절한 scanbody를 선택해 효과적인 디지털 임플란트 인상을 채득할 수 있어야 한다. 앞서 말한 바와 같이 일반적으로 한가지의 scanbody를 사용하기 때문에 다수의 임플란트 디지털 인상채득 시 동일한 scanbody로 인해 위치를 잘 알지 못하는 등 몇 가지 문제점이 발생할 수 있음을 알아야 한다.

5. 임플란트 인상채득 시 구강 내 스캐너의 정확도

Accuracy는 precision과 trueness로 이루어져있다(Fig. 7)¹⁰. Precision이란, 측정이 얼마만큼 가까이 반복적으로 측정되는지를 비교하는 것이다. 따라서 precision이 높은 스캐너는 더 반복적이고 일관된 스캔이 가능하다는 것을 의미한다. Trueness의 경우 목표물의 실제 치수에 얼마만큼 멀리 떨어져 있는지를 의미한다. 따라서, trueness가 높은 스캐너는 목표물의 실제 치수에 근접하거나 같다는 것을 의

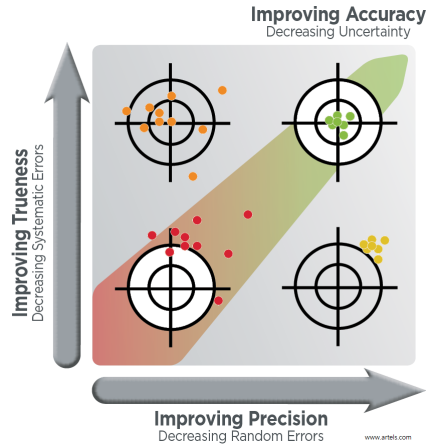


Fig. 7. Trueness and Precision.

Andriessen FS et al. : Applicability and accuracy of an intraoral scanner for scanning multiple implants in edentulous mandibles: a pilot study. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2014; 111: 186-194.

미한다³⁰. Ender 등은 전악 수복치료에 있어서, 전통적인 인상채득방법이 디지털인상채득 방법보다 유의하게 더 정확하다고 했다³¹. 게다가 Flugge 등은 scanbody들의 거리가 증가할수록 구강 내 스캐너들의 precision도 감소한다고 했다³². 그러나 임플란트의 각도가 accuracy에 영향을 미치지 않는다고³¹.

Francesco G. 와 Mangano et al. (2016) 등³³은 Trios, CS3500, Zfx Intrascan[®] (MHT S.p.A, Verona, Italy), Planscan를 비교하였다. 대조군은 IScan D104I (Imetric3D GmbH, Switzerland)를 이용하였다. 제조사에서 밝힌 이 스캐너의 precision은 10 μ m 이하, trueness의 경우 5 μ m 이하였다. Scanbody는 빛 반사를 일으키지 않는 PEEK재질을 이용하였고, 부분무치악 모델은 25번 부위는 발치한 상태를 재현하고 21, 24, 26번 부위에 아날로그(BTK implant, Dueville, Italy)를 심어 완성하였다. 완전무치악 모델의 경우 16, 14, 11, 21, 24, 26번 부위에 동일한 아날로그를 심어 완성하였다. Calibration을 실시한 후 각각의 그룹마다 5번의 scan을 시행하였고 Studio 2012 (Geomagic, USA)를 이용하여 중첩 후 분석을 실시, 결과를 도출하였다. 그 결과, 부분 무치악 모델의 trueness에서는 CS3500이 가장 좋았고 그다음은 Trios, Zfx Intrascan, Planscan 순으로 나타났고 precision의 경우에도 CS3500이 가장 좋았고 그다음은 Trios, Zfx Intrascan, Planscan 순으로 나타났다. 이는 완전 무치악의 경우에도 동일하게 trueness 및 precision 모두 CS3500이 가장 좋았고 그다음은 Trios, Zfx Intrascan, Planscan 순으로 나타났다.

Sarah Amin (2016) 등³⁴은 conventional하게 인상을 채득한 경우, True Definition스캐너와 CEREC Omnicam을 이용하여 인상을 채득한 경우를 비교하였다. 대조군은 Activity 880[®] (Smart Optics, Bochum, Germany)를 이용하였다. Scanbody의 경우 PEEK재질의 RC (Straumann, Basel, Germany)를 이용하였고, 완전무치악 모델을 만들어서 사용하였으며 mental foramen 사이에 총 5개의 analogue를 심어서 완성하였다. 전통적인 방법으로 제작된 모델에서는 5개의 인상용 코핑을 연결하여 인상을

채득하였다. Calibration을 실시한 후 각각의 그룹마다 10번의 scan을 시행하였고 Geomagic Control 2015 (3D systems, USA)을 사용하여 중첩 후 분석을 실시, 결과를 도출하였다. 이 논문에서는 trueness만을 보여주었다. 그 결과, 전통적인 방법으로 인상 채득한 경우가 Omnicam, True Definition보다 유의하게 큰 값을 나타내었고 Omnicam과 True Definition의 경우에도 유의한 차이를 보였다. True Definition의 경우 스캔을 위해서 파우더가 필요한데, 이 파우더를 균일하게 위치시킬 수 있는 표준화된 방법이 없다는 것이다. 파우더가 균일하지 않다면 이 역시 오차를 일으킬 수 있는 요인이 된다.

Stefan Vandeweghe (2016) 등³⁵은 Lava COS® (Seefeld, Germany), True Definition, CEREC Omnicam, Trios를 이용하여 인상을 채득한 경우와 비교하였다. 대조군은 IScan D104I를 이용하였다. Scanbody의 경우 PEEK재질의 Proscan (Zonhoven, Belgium)을 이용하였다. 완전무치악 모델을 이용하였으며, 외부육각연결구조를 가진 임플란트(IBM, Southern Implants, Irene, South Africa) 6개를 하악 무치악 모델 양쪽에 각각 제1대구치, 제1소구치, 측절치 부위에 식립하였다. Calibration을 실시한 후 총 15번의 scan을 시행하였으며 그중 첫 5개의 결과값은 learning curve에 의해 일어나는 오차를 줄이기 위해 사용되지 않았다. Geomagic Qualify 12 (3D systems, USA)를 이용하여 중첩 후 분석을 실시, 결과를 도출하였다. 그 결과, trueness에서는 Lava COS, Cerec Omnicam, True Definition, Trios순으로 나타났고, precision의 경우 Lava COS, Cerec Omnicam, Trios, True Definition순으로 나타났다. 이 연구에서 가장 큰 차이를 나타낸 곳은 36과 46의 제1대구치 부위였는데, 이는 스캔면의 종말점(end point)로서 van der Meer 등이 말한 악궁의 길이에 의한 등록오차의 축적 때문에 오차가 증가한다는 연구와 일치한다. Lava COS의 경우 precision과 trueness에 있어 가장 큰 차이를 보였고, 이는 True Definition과 Trios에 비해 유의하게 크다. 이러한 발전은 아마도 wand와 소프트웨어의 발전 때문이라고 생각된다고 하였다. 초점깊이가 유의하게 커졌고, 스캔처리 과정이 단순해졌으며 동시에 오류들이 줄었기 때문이다. 이 연구에서 주목할 점은 파우더의 사용 여부인데, Lava COS와 True Definition의 경우 파우더를 사용하였고 CEREC Omnicam과 Trios는 사용하지 않았다. 이러한 결과로 보면 파우더의 사용이 accuracy에 있어 좋거나 나쁜 결과를 초래한다고 볼 수 없다. 이 연구의 제한점도 마찬가지로 in vitro연구여서 타액 또는 혈액 등의 영향이 배제되었고 임플란트들 사이의 거리가 멀어질 경우 오차가 더 커질 수도 있다는 점이다.

III. 고찰 및 결론

전 세계적으로 디지털혁명이 일어나고 있으며, 치과계에서도 이는 예외가 아니다. 각종 디지털 장비 (intraoral scanner, extraoral scanner, face scanner, CBCT)들과 CAD/CAM software들 및 milling 장비들과 3D프린터들이 개발되어 치과에서 디지털화가 성공적으로 이루어지고 있는 추세이다. 따라서

인상채득 및 보철물 제작시 이러한 장비들을 이용하는 것이 환자에게 양질의 보철물을 보다 빠르고 정확하게 장착할 수 있는 방법으로 디지털화가 대두되고 있다.

이번 연구는 임플란트 디지털 인상채득 시 구강 내 스캐너들의 여러 특징 및 장단점, 원리, 정확도들을 알아보았다. 구강 내 스캐너를 통해 인상채득 시 앞서 언급된 내용들을 알고 주의해서 인상을 채득한다면 전통적인 인상법보다 좋은 결과 및 시간과 비용을 절약할 수 있고 환자에게 보다 쉽고 만족도 높은 보철물을 장착할 수 있을 것으로 사료된다.

References

1. Luthardt RG, Walter MH, Weber A, et al. Clinical parameters influencing the accuracy of 1- and 2-stage impressions: a randomized controlled trial. *Int J Prosthodont*. 2008; 21: 322-7.
2. Papaspyridakos P, Lal K, White GS, et al. Effect of splinted and nonsplinted impression techniques on the accuracy of fit of fixed digital prostheses in edentulous patients: A comparative study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2011; 26: 1267-1272.
3. Heckmann SM, Karl M, Wichmann MG, et al. Cement fixation and screw retention: parameters of passive fit. An in vitro study of three-unit implant supported fixed partial dentures. *Clinical Oral Implants Research*. 2004; 15: 466-473.
4. Jemt T, Lie A. Accuracy of implant supported prostheses in the edentulous jaw: analysis of precision of fit between cast gold alloy frameworks and master casts by means of a three-dimensional photogrammetric technique. *Clinical Oral Implants Research*. 1995; 6: 172-180.
5. Mormann WH. The evolution of the CEREC system. *J Am Dent Assoc*. 2006; 137(suppl): 7-13.
6. Ting-Shu S, Jian S. Intraoral digital impression technique: a review. *J Prosthodont*. 2015; 24(4): 313± 321.
7. Logozzo S, Zanetti EL, Franceschini G, et al. Recent advances in dental optics-Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Opt Lasers Eng*. 2014; 54: 203-221.
8. Stimmelmayer M, Guth JF, Erdelt K, et al. Digital evaluation of the reproducibility of implant scanbody fit-an in vitro study. *Clinical Oral Investigations*. 2012; 16: 851-856.
9. Christensen GJ. Impressions are changing: Deciding on conventional, digital or digital plus in-office milling. *J Am Dent Assoc*. 2009; 140: 1301-1304.
10. Andriessen FS, Rijkens DR, van der Meer WJ, et al. Applicability and accuracy of an intraoral scanner for scanning multiple implants in edentulous mandibles: a pilot study. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2014; 111: 186-194.
11. Gimenez B, Ozcan M, Martinez-Rus F, et al. Accuracy of a digital impression system based on parallel confocal laser technology for implants with consideration of operator experience and implant angulation and depth. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*. 2014; 29: 853-862.
12. Ng J, Ruse D, Wyatt C. A comparison of the marginal fit of crowns fabricated with digital and conventional methods. *J Prosthet Dent Journal of Prosthetic Dent*. 2014; 112(3): 555-560.
13. Ueda K, Beuer F, Stimmelmayer M, et al. Fit of 4-unit FDPs from CoCr and zirconia after conventional and digital impressions. *Clin Oral Investig*. 2016; 20(2): 283-289.
14. Duret F, Preston JD. CAD/CAM imaging in dentistry. *Curr Opin Dent*. 1991; 1: 150-154.

15. Kim JH. Evaluation of the intraoral scanning technique and the fitness of all-ceramic restoration in the digital workflow. Graduate school of Korea University; 2014.
16. Hong YS, Park EJ, Kim SJ, et al. Customized abutment and screw-type implant prostheses after cementation based on the digital intra-oral impression technique. *J Korean Acad Prosthodont*. 2012; 50: 67-73.
17. Paddock SW, Eliceiri KW. Laser scanning confocal microscopy: history, applications, and related optical sectioning techniques. *Methods Mol Biol*. 2014; 1075: 9-47.
18. Ji Z, Leu MC. Design of optical triangulation devices. *Opt Laser Technol*. 1989; 21(5): 339-341.
19. van der Meer WJ, Andriessen FS, Wismeijer D, et al. Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. *PLoS One*. 2012; 7(8): e43312.
20. Kachalia PR, Geissberger MJ. Dentistry a la carte: in-office CAD/CAM technology. *J Calif Dent Assoc*. 2010; 38(5): 323-330.
21. Costa MFM. Surface inspection by an optical triangulation method. *Opt Eng*. 1996; 35(9): 2743-2747.
22. Podoleanu AG. Optical coherence tomography. *J Microsc*. 2012; 247(3): 209-219.
23. Prati F, Regar E, Mintz GS, et al. Expert's OCT Review Document. Expert review document on methodology, terminology, and clinical applications of optical coherence tomography: physical principles, methodology of image acquisition, and clinical application for assessment of coronary arteries and atherosclerosis. *Eur Heart J*. 2010; 31(4): 401-15.
24. Syrek A, Reich G, Ranftl D, et al. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *J Dent*. 2010; 38(7): 553-559.
25. Lee GT. Accuracy of digitized dental model made from white light scanner according to different scanning method. Graduate school of Korea University; 2013.
26. Kim SR. Comparison of parallel confocal laser scanning impression with conventional silicone impression regarding the marginal fitness and internal fitness of zirconia core. Graduate school of Korea University; 2011.
27. Christensen GJ. The state of fixed prosthodontic impressions: room for improvement. *J Am Dent Assoc*. 2005; 136: 343-6.
28. Rudolph H, Luthardt RG, Walter MH. Computer-aided analysis of the influence of digitizing and surfacing on the accuracy in dental CAD/CAM technology. *Comput Biol Med*. 2007; 37(5): 579-587.
29. Lee SJ, Gallucci GO. Digital vs. Conventional implant impressions: efficiency outcomes. *Clinical Oral Implants Research*. 2013; 24: 111-115.
30. Flügge T, Att W, Metzger M, et al. A novel method to evaluate precision of optical implant impressions with commercial scan bodies an experimental approach. *Journal of Prosthodontics*. 2017; 26: 34-41.
31. Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. *J Prosthet Dent*. 2013; 109: 121-8.
32. Flügge TV, Att W, Metzger MC, et al. Precision of dental implant digitization using intraoral scanners. *Int J Prosthodont*. 2016; 29: 277-83.
33. Francesco GM, Giovanni V, Uii H, et al. Trueness and Precision of Four Intraoral Scanners in Oral Implantology: A Comparative in Vitro Study (2016). *PLoS ONE*. 11(9)
34. Amin S, Weber HP, Finkelman M, et al. Digital vs. conventional full-arch implant impressions: a comparative study. *Clin. Oral Impl. Res.* 00, 2016, 1-8.
35. Vandeweghe S, Vervack V, Dierens M, et al. Accuracy of digital impressions of multiple dental implants: an in vitro study. *Clin. Oral Impl. Res.* 000, 2016, 1-6.