

3D face scan을 이용한 CAD/CAM 제작 의치 증례

엄대영 · 이성복 · 이석원 · 박수정 · 안수진*

강동경희대학교 치과병원 생체재료 보철과

CAD/CAM fabricated complete denture using 3D face scan: A case report

Dae-Young Eom, Richard Leesungbok, Suk-Won Lee, Su-Jung Park, Su-Jin Ahn*

Department of Biomaterials & Prosthodontics, Kyung Hee University Dental Hospital at Gangdong, Seoul, Republic of Korea

In the past, computer-aided design / computer-aided manufacturing (CAD/CAM) technology was the closed system that users had to use the components of only one manufacturer. At present, it has changed to the open system with the flexibility to select and use the components of various manufacturers' components according to their needs. Despite the development of dental materials and prostheses manufacturing methods, denture manufacturing has followed conventional manufacturing methods for nearly 100 years. However, studies on CAD/CAM fabricated denture have been recently carried out to overcome the disadvantages of conventional denture manufacturing. Some commercialized products using milling or 3D printing have already been applied clinically. This case report confirms the possibility of CAD/CAM dentures using 3D face scan and compared them to conventionally fabricated dentures. (*J Korean Acad Prosthodont* 2017;55:436-43)

Keywords: Computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM); 3D face scan; Complete denture

서론

Computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) 기술은 1970년대 초 치과산업에 처음 소개되어 인레이, 온레이, 크라운 등 주로 고정성 보철물을 제작하는데 사용되어 왔다.¹ 가철성 보철물인 총의치의 경우 한 세기 가까이 전통적인 의치 제작 방법에 따라 제작해 왔으며, 무치악 환자의 좋은 치료옵션으로 사용되어 왔다.² 하지만 전통적인 제작 방법을 따를 경우 최종 의치 장착까지 여러 단계를 거쳐야 하며 환자의 잦은 내원을 해야 하고 그에 따른 비용 증가가 발생한다. 또한 의치 파절이나 분실 시 재제작의 어려움이 있다. 이러한 기존 의치 제작의 단점을 보완하기 위해 1990년대에 처음 시작된 CAD/CAM을 이용한 의치 제작에 관한 연구는 현재까지 활발히 이루어지고 있다.³ 과거의 computer-aided design/computer-aided

manufacturing (CAD/CAM) 기술 형태는 사용자가 한 제조사의 구성요소만 사용해야 하는 폐쇄적인 시스템이었다면, 현재는 여러 제조사의 구성요소 중 사용자가 필요에 맞는 구성요소를 선택해서 사용할 수 있는 유연성을 가진 개방된 시스템 형태로 변화하였다.⁴

CAD/CAM 기술을 이용한 보철물 제작방법은 크게 공제술(subtractive manufacturing)과 첨가술(additive manufacturing) 2가지 형태가 존재한다.⁴ 공제술은 블록 형태의 재료를 절삭 가공하는 형태로 이미 중합 완료된 레진 블록을 이용하기 때문에 정확도 및 체적 안정성 확보가 가능한 장점이 있다. 하지만, 단점으로 블록 형태의 재료를 낭비하고, 복잡한 구조물 가공하는데 기술적인 한계가 있다. 이러한 단점을 개선하고자 나온 형태가 재료를 3차원적으로 적층하여 제작하는 첨가술이다. 이 기술은 "rapid prototyping"에서 발전한 형태로 모노머나 폴리머를

*Corresponding Author: Su-Jin Ahn

Department of Biomaterials and Prosthodontics, Kyung-Hee University Dental School Hospital at Gang-dong, Dongnam-ro 892, Gangdong-gu, Seoul 05278, Republic of Korea +82 (2)440 7518; e-mail, hswsh@khu.ac.kr

Article history: Received May 31, 2017 / Last Revision September 12, 2017 / Accepted September 14, 2017

※ This study was supported by research grants from Hanmi Pharmaceutical Co., Ltd.

© 2017 The Korean Academy of Prosthodontics

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

적층하는 방법에 따라 다양한 3D 프린팅 기술이 존재한다.⁵ 구체적으로 stereolithography (SLA), fused deposition modeling (FDM), selective electron beam melting (SEBM), laser powder forming, inkjet printing 등의 방식을 포함하고 있다.⁶ 이미 미국과 유럽 내에서는 CAD/CAM을 이용한 의치 제작이 상용화되어 다수의 제조회사가 존재하며, 각 회사별로 밀링이나 3D 프린팅을 하는지 여부에 따라 의치 제작방법의 차이를 보인다.^{7,8}

지난 20년 간 computerized tomography (CT)나 magnetic resonance imaging (MRI)에 의해 획득한 경조직의 3차원적인 정보를 구의 악안면보철물 제작에 사용해 왔으며, 최근에는 3차원적인 사진 이미지를 이용하고 있다.⁹ 여러 증례를 통해 CAD/CAM을 이용해 제작한 의치의 임상적인 적용에 대해서는 많이 알려져 있으나, 아직까지 3D face scan을 동반한 CAD/CAM 제작 의치에 대해 살펴본 증례는 거의 없었다.

본 증례는 선천적인 상아질 형성부전을 앓고 있는 환자에서 무치악 환자에 준하는 치료방법으로 3D face scan과 CAD/CAM을 이용한 의치 제작의 가능성에 대해 살펴보고자 한다. 또한, 전통적인 방법과 CAD/CAM 방법으로 제작한 의치를 비교하여 한계점 및 개선점에 대해 알아보하고자 한다.

증례

39세 남성 환자로 10년 전 의치를 분실한 이후로 의치 없이 그냥 지내왔으며, 새로운 의치를 제작하고자 내원하였다. 의과적 병력으로 당뇨를 진단 받고 인슐린을 통해 조절 중에 있

으며, 치과적 병력으로 선천적 상아질형성부전증이 있었다.

구강 내 검사 결과 잔존치아는 전형적인 상아질형성부전증 2형 형태가 나타나는 전반적인 치관부 마모가 관찰되었으며, 다수의 상하악 구치부가 상실된 상태였다 (Fig. 1). 잔존치아는 치관부가 마모되어 치근만 남아 있는 상태로 동요도는 없었으며, 방사선사진 소견상 폐쇄된 치수강의 모습을 보였다. 턱관절의 불편감은 없다고 하였으나 장기간 수직고경이 상실된 채로 지내왔기 때문에 temporomandibular joint (TMJ) 파노라마 사진을 촬영한 결과, 우측 과두가 후방으로 전위된 모습과 좌측 과두 피질골의 불연속적인 모습 관찰할 수 있었다 (Fig. 2).

치료옵션으로 고정성의 경우 잔존치아 발치 후 임플란트 수복, 가철성의 경우 상하악 총의치 또는 임플란트를 이용한 개개의치에 대해 설명하였다. 하지만 환자는 잔존치아 발치에 대한 거부감을 보였으며, 환자의 재정적인 상태를 고려하여 상하악 총의치를 치료옵션으로 정하였다. 우선 치료의치를 통한 불안정한 하악위의 안정화를 목표로 삼고, 약 2달 간 치료의치를 장착한 이후 전통적인 방법과 CAD/CAM을 이용한 방법으로 총의치를 제작하였다. 본 증례에서는 CAD/CAM을 이용한 총의치 제작 방법에 대해 알아보하고자 하며, 최종적으로 두 가지 방법으로 제작한 의치를 비교하였다.

첫 번째 내원 시, 기성 트레이와 알지네이트(Cavex Impressional, Cavex, Haarlem, Netherland)를 이용하여 예비인상을 채득하였다. 모형을 제작하고, 개인트레이와 왁스림이 합쳐진 형태의 impression occlusal rim (IOR)을 제작하였다. IOR은 Gothic arch tracer를 장착할 수 있는 형태다 (Fig. 3).



Fig. 1. Intraoral view. (A) Right lateral view, (B) Frontal view, (C) Left lateral view.

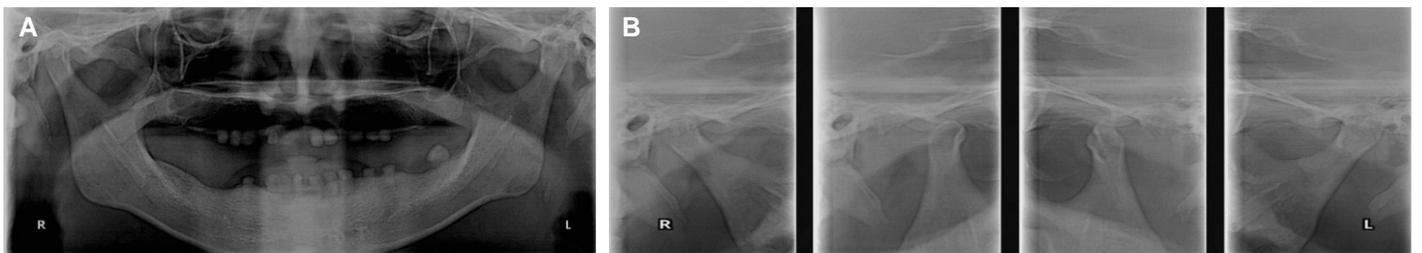


Fig. 2. Panoramic radiograph on first visit of patient. (A) Panoramic view, (B) Temporomandibular joint (TMJ) panoramic view.

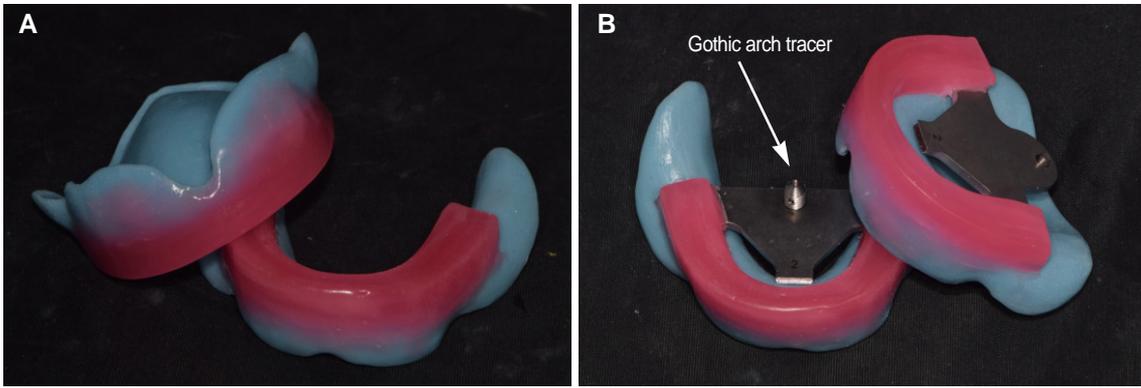


Fig. 3. Impression occlusal rim (IOR). (A) Combination of individual tray and wax rim, (B) IOR attached with Gothic arch tracer.

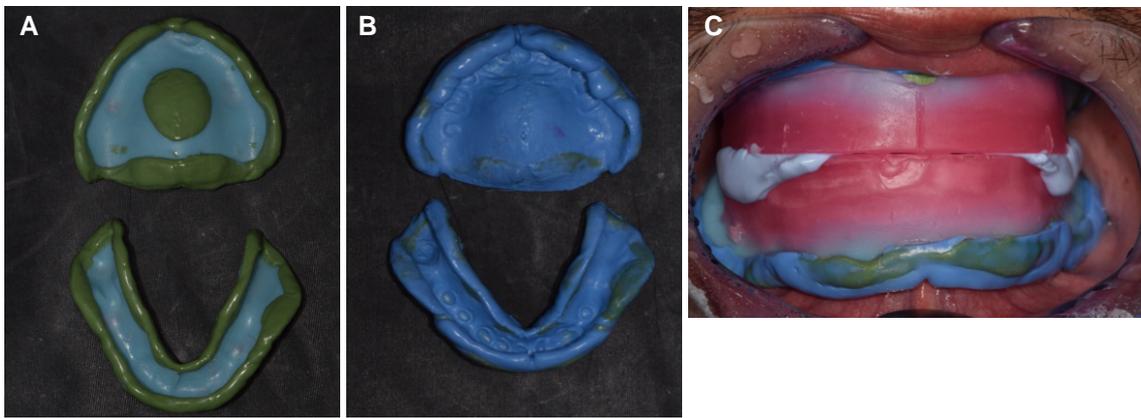


Fig. 4. At the second visit of patient. (A) Border molding, (B) Final impression, (C) Jaw relation record using impression occlusal rim (IOR).

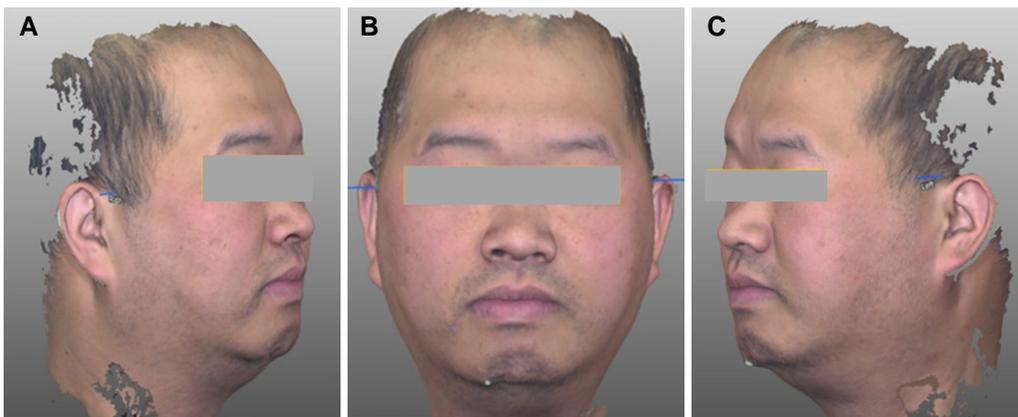


Fig. 5. 3D face scan. (A) Right lateral view, (B) Frontal view, (C) Left lateral view.

두 번째 내원 시, IOR을 이용하여 전통적인 방법과 마찬가지로 변연 형성을 실시하고 최종인상을 채득하였다. 구강 내 IOR을 재위치 시키고, 환자의 구순 지지 및 전치부와 구치부 교합 평면, 정중선을 확인하였다. 수직고경을 확인한 후, Gothic arch tracer 이용하여 중심위를 유도하고 악간 관계를 기록하였다

(Fig. 4). 3D 안면 스캐너(Face Hunter, Zirkonzhan GmbH, Gais, Italy)를 이용해 정모 및 측모를 촬영하였다(Fig. 5). IOR, 모형과 안면을 중첩시키기 위해 화이트포크를 물고 추가 안모 촬영 실시하였다(Fig. 6).

촬영한 환자의 안면 사진은 지르콘잔 스캔 소프트웨어



Fig. 6. Stereolithography (STL) record. (A) Impression occlusal rim (IOR) with cast, (B) Maxilla cast, (C) Mandible cast.

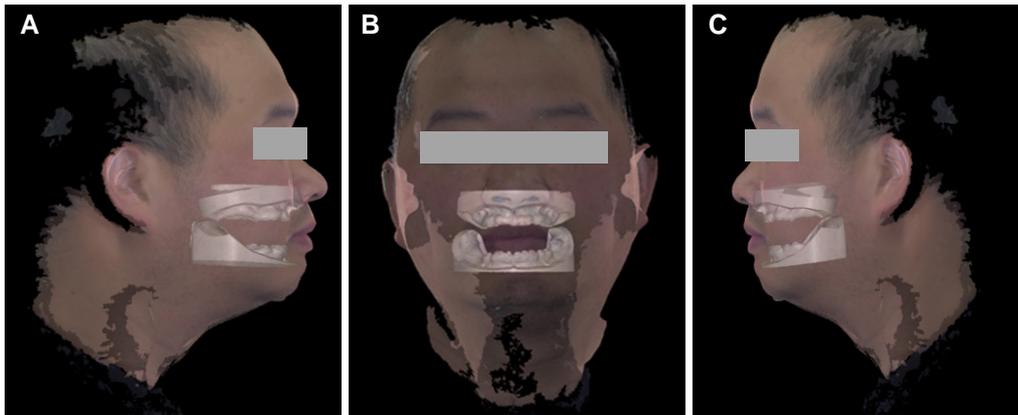


Fig. 7. Superimposition of stereolithography (STL) record. (A) Right lateral view, (B) Frontal view, (C) Left lateral view.

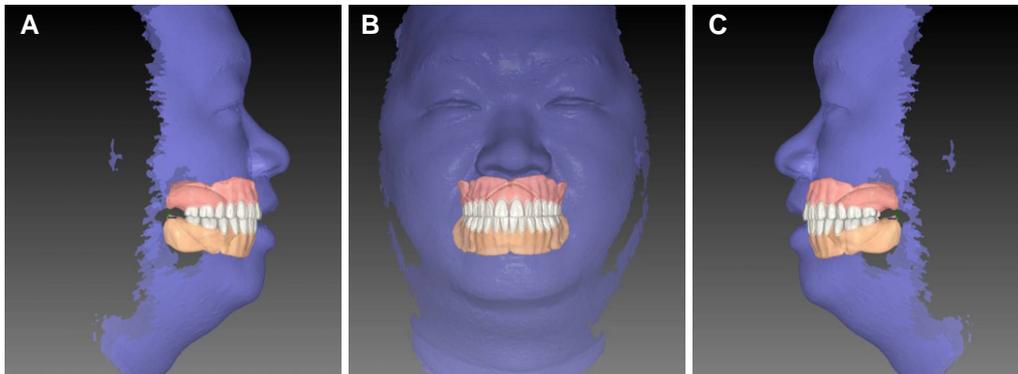


Fig. 8. Virtual evaluation using 3D face scan. (A) Right lateral view, (B) Frontal view, (C) Left lateral view.

(ZIRKONZAHN.Scan, Zirkonzhan GmbH, Gais, Italy)를 이용하여 3차원 사진으로 배열하였으며, 인상체는 초경석고(GC FUJIROCK, GCEUROPE, Leuven, Belgium)를 이용해 작업모형을 제작하였다. 이후 IOR과 작업모형을 스캔하고 3D 안면 스캔 데이터와 중첩하였다(Fig. 7).

안면 및 작업모형, 왁스림의 스캔 데이터는 Dentca (Dentca Inc., Los Angeles, CA, USA)로 전송하였고, 이후 소프트웨어를 이용해 치아배열 실시했다. 최종적인 치아배열 실시 후 안면 스캔 데이터와 중첩하였으며, 정중선 및 전치부와 구치부 교합평면을 확인하였다(Fig. 8).

최종의치는 광경화성 액체 레진을 선택적으로 중합하는 stereolithographic apparatus (SLA) 방법으로 의치상 및 인공치아를 3D 프린팅하여 접착하였다. 진료실재부착을 진행하고, full balanced occlusion 형성되도록 측방 운동 및 전방 운동시 교합조정 실시하였다. 최종적으로 환자의 구강 내에 장착하여 중심위 교합 및 균형교합을 확인하였다.

최종의치 장착 후 TMJ 파노라마 촬영을 실시하였으며, 처음 내원했을 때와 비교하여 좌우측 과두가 안정된 위치로 유도되었음을 확인할 수 있었다(Fig. 9).

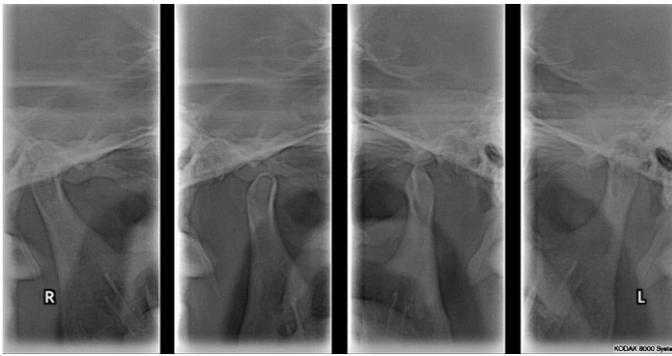


Fig. 9. Temporomandibular joint (TMJ) panoramic view after delivery of final denture.



Fig. 11. Intraoral and extraoral view after delivery of dentures. Intraoral view differs from the transparency of denture base, but extraoral view shows similar appearance. (A) Conventional denture, (B) CAD/CAM fabricated denture.



Fig. 10. Comparison of dentures fabricated by two methods. The left is conventional denture and the right is CAD/CAM fabricated denture. Dentures show the difference in the shape of dental arch and canine width. (A) Conventional denture, (B) CAD/CAM fabricated denture.

고찰

CAD/CAM 제작 의치는 전통적인 방법으로 제작한 의치와 비교하여 많은 장점을 가지고 있어 더욱 바람직한 치료옵션이 될 수 있다. 제작 과정을 표준화시킬 수 있기 때문에 수작업에 의해 발생할 수 있는 오차를 없애 정밀도가 높일 수 있고 재현성이 우수하다. 또한, 진단모형 제작, 상하악 모형의 교합기 부착, 납형 형성이나 인공치아 배열 과정 등과 같은 기공작업이 필요하지 않으며, 치아배열은 소프트웨어 상에서 이루어지며 이상적인 교합관계 형성이 가능하다. 또한, 최종 의치 디자인이 소프트웨어 상에서 완성되면 제작 공정은 재료 자체의 오차를 제외하고 그 자체로 오차는 거의 없다.¹⁰ 이미 밀링을 이용해 제작한 의치상과 전통적인 방법으로 제작한 의치상의 적합성과 재현성을 비교한 문헌에서 밀링을 이용할 경우, 전통적인 방법으로 제작한 의치상에 비해 의치변연의 첨부, 의치변연으로부터 6 mm 떨어진 지점, 구개에서 가장 정확히 적합하고 의치변연의 첨부, 구개, 후방 구개 폐쇄 부위에서 가장 재현성이 있다는 보고가 있다.¹¹

교정 영역에서는 수년 전부터 환자의 교정치료나 악교정 수술 전후의 연조직과 경조직의 변화를 예측하기 위하여 안면 스캔을 사용해 왔다.¹²⁻¹⁴ 보철 영역에서도 고정성 보철물 제작 시 안면 스캔을 사용한 경우는 있으나 가철성 보철물 제작 시에 사용한 경우는 거의 없었다.⁹ 3차원 이미지를 활용한 3D face scan을 이용할 경우 개인 맞춤형 보철물 제작을 위한 작업의 기초로 스캔 데이터를 이용할 수 있을 뿐만 아니라 진료실과 기공실, 치과의사와 기공사 간의 의사소통 수단으로 활용할 수 있다고 생각한다.

기존의 CAD/CAM 의치 제조사에서 제공하는 사용자 키트의 한계점을 개선하려는 목적으로 개인 트레이와 왁스림이 합쳐진 형태의 Impression occlusal rim (IOR)을 제작해서 사용했다.¹⁵ 전통적인 방법으로 의치를 제작할 경우 개인 트레이를 이용해 여러 번의 변연 형성 과정을 거쳐 의치 변연의 길이 및 두께를 정하고, 왁스림을 통해 구순 지지의 정도, 교합평면 및 악간 관계를 기록하는 과정을 IOR을 사용함으로써 진행할 수 있었다. 또한, 환자로 하여금 심미적이고 기능적인 양상을 확인하고 수정하는 납의치 시적 과정을 본 증례에서는 3D face scan을 통해 대체하였다. 이를 통해 추가적인 환자의 내원 없이 치아가 배열된 상태를 안모와 비교하는 가상의 납의치 시적 과정을 갖을 수 있었다. 만약 수정이 필요하다면 전치부 길이, 정중선, 전치부 및 구치부의 교합평면을 소프트웨어 상에서 수정할 수 있다. 환자 입장에서는 내원 횟수 감소 및 그에 따른 비용 감소 효과가 있고, 치과의사 입장에서는 납의치 시적 과정을 대체할 수 있는 가상의 과정을 가질 수 있다는 점에서 의미가 있었다.

Dentca에서 제공하는 3D 프린팅 가능한 레진은 기존 사용하던 아크릴레이트와 물리적 특성이 유사하며, 물리적인 특성과 생체적합성은 미국 식품의약국(Food and Drug Administration, FDA) 요구조건을 충족시키고 있다. 3D 프린팅 의치의 재료는 polymethyl methacrylate (PMMA)와 유사한 아크릴릭의 한 종류로 온도 대신 Ultraviolet (UV)를 이용해 온성을 하여 편리하지만 강도와 기능은 기존의 재료와 유사하다. 따라서, 기존 의치와 유사한 물리적인 특성을 지니며, 우수한 생체적합성을 보이는 3D 프린팅 가능한 재료를 이용하여 레진의 중합수축에 따른 왜곡을 줄일 수 있고, 유지를 증가시킬 수 있어 환자에게 더 나은 수복물을 제공할 수 있다고 생각한다.¹⁶

본 증례에서는 3D 프린팅을 이용해 최종 의치를 제작하였지만 아직까지 3D 프린팅을 이용해 제작한 의치상의 적합도를 비교한 연구 결과가 없어 이와 관련된 추가적인 연구가 필요하다고 생각된다. 2가지 방법으로 제작한 의치를 비교한 결과, 전통적인 방법으로 제작한 의치의 경우가 변연 길이가 더 길었으며, 좌우 전치 간 폭경이 더 크게 관찰되었다. 악궁 형태의 경우, 전통적인 방법으로 제작한 의치가 U자 형태인 반면, CAD/CAM 제작 의치는 V자 형태를 보였다 (Fig. 10). 이는 의치 제작 회사인 Dentca에서 동양인이 아닌 서양인의 악궁과 치열을 기준으로 치아 배열을 실시했기 때문에 악궁 형태 및 좌우 전치 간 폭경 차이가 나타난 것으로 생각된다.^{17,18} 또한, 인공치아 및 치은, 의치상의 심미적인 색상 차이는 재료적인 특성에서 기인한 것으로 보이며, 두 가지 의치를 장착한 구외모습을 비교해보면 큰 차이는 없어 보인다 (Fig. 11).

결론

CAD/CAM 의치 제작에 3D face scan을 적용하여 환자의 내원 없이도 가상의 시적을 통한 평가 과정을 가질 수 있었고, IOR을

이용하여 상용화된 의치 제작 시스템이 갖고 있는 한계점(변연 형성 및 인상채득, 교합평면확인, 구순 지지도에 대한 정보)를 개선시킬 수 있었다. 하지만, 의치의 형태와 심미성 개선이 요구되고, 의치 파절이나 수리 등의 문제 발생시 대처에 대한 기술적 한계가 있다고 생각된다.

ORCID

- Dae-Young Eom <https://orcid.org/0000-0001-9975-9962>
- Richard Leesungbok <https://orcid.org/0000-0002-8381-723X>
- Suk-Won Lee <https://orcid.org/0000-0003-2726-3567>
- Su-Jung Park <https://orcid.org/0000-0002-4111-2231>
- Su-Jin Ahn <https://orcid.org/0000-0003-2128-1561>

References

1. Miyazaki T1, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J* 2009;28:44-56.
2. Bidra AS, Taylor TD, Agar JR. Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *J Prosthet Dent* 2013;109:361-6.
3. Maeda Y, Minoura M, Tsutsumi S, Okada M, Nokubi T. A CAD/CAM system for removable denture. Part I: Fabrication of complete dentures. *Int J Prosthodont* 1994;7:17-21.
4. Baba NZ, AlRumaih HS, Goodacre BJ, Goodacre CJ. Current techniques in CAD/CAM denture fabrication. *Gen Dent* 2016;64: 23-8.
5. Stansbury JW, Idacavage MJ. 3D printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities. *Dent Mater* 2016;32:54-64.
6. van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dent Mater* 2012;28:3-12.
7. Kattadiyil MT, Goodacre CJ, Baba NZ. CAD/CAM complete dentures: a review of two commercial fabrication systems. *J Calif Dent Assoc* 2013;41:407-16.
8. Abduo J, Lyons K, Bennamoun M. Trends in computer-aided manufacturing in prosthodontics: a review of the available streams. *Int J Dent* 2014;2014:783948.
9. Sabol JV, Grant GT, Liacouras P, Rouse S. Digital image capture and rapid prototyping of the maxillofacial defect. *J Prosthodont* 2011;20:310-4.
10. Park CJ. Current status and future perspectives of CAD/CAM fabricated complete denture. *J Korean Dent Assoc* 2014;52:347-53.
11. Goodacre BJ, Goodacre CJ, Baba NZ, Kattadiyil MT. Comparison of denture base adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques. *J Prosthet Dent* 2016;116:249-56.
12. Hajeer MY, Millett DT, Ayoub AF, Siebert JP. Applications of 3D imaging in orthodontics: part I. *J Orthod* 2004;31:62-70.
13. Moss JP, Ismail SF, Hennessy RJ. Three-dimensional assessment of treatment outcomes on the face. *Orthod Craniofac Res* 2003; 6:126-31.

14. Hajeer MY, Ayoub AF, Millett DT. Three-dimensional assessment of facial soft-tissue asymmetry before and after orthognathic surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2004;42:396-404.
15. Schweiger J, Guth JF, Edelhoff D, Stumbaum J. Virtual evaluation for CAD-CAM-fabricated complete dentures. *J Prosthet Dent* 2017;117:28-33.
16. DENTCA web site. [Accessed 31 August, 2017]. Available from : <https://www.dentca.com/products/dentca-3d>.
17. Lee KY, Lee DJ. A comparative study of teeth and dental arch of Korean and Caucasian. *Oral Biol Res* 1993;71:1-15.
18. Kook YA, Nojima K, Moon HB, McLaughlin RP, Sinclair PM. Comparison of arch forms between Korean and North American white populations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126:680-6.

3D face scan을 이용한 CAD/CAM 제작 의치 증례

엄대영 · 이성복 · 이석원 · 박수정 · 안수진*

강동경희대학교 치과병원 생체재료 보철과

과거의 computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) 기술 형태는 사용자가 한 제조사의 구성요소만 사용해야 하는 폐쇄적인 시스템이었다면, 현재는 여러 제조사의 구성요소 중 사용자가 필요에 맞는 구성요소를 선택해서 사용할 수 있는 유연성을 가진 개방적인 시스템 형태로 변화하였다. 치과재료와 보철물 제작 기술의 발전에도 불구하고 의치 제작은 지난 100년 가까이 전통적인 제작방식을 따랐다. 하지만 최근 들어 기존 의치 제작의 단점을 보완하고자 CAD/CAM 제작 의치에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 밀링이나 3D 프린팅을 이용해 상용화된 형태의 CAD/CAM 제작 의치가 이미 임상에서 쓰이고 있다. 본 증례는 3D face scan을 활용한 CAD/CAM 의치 제작의 가능성을 확인하고, CAD/CAM과 전통적인 방법으로 제작한 의치를 비교한 결과에 대해 보고하고자 한다. (*대한치과보철학회지* 2017;55:436-43)

주요단어: Computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM); 3D face scan; 총의치

* 교신저자: 안수진
05278 서울 강동구 동남로 892 강동경희대학교 치과병원 생체재료 보철과
02 440 7518: e-mail, hswsh@khu.ac.kr
원고접수일: 2017년 5월 31일 / 원고최종수정일: 2017년 9월 12일 / 원고채택일: 2017년 9월 14일

※ 본 연구는 한미약품(주)으로부터 지원을 받아 수행되었음.

© 2017 대한치과보철학회

© 이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 3.0 대한민국 라이선스에 따라
이용하실 수 있습니다.