Computer guided implant surgery와 CAD/CAM을 활용한 전악 수복 증례

김성진 · 한중석 · 김성훈 · 윤형인 · 여인성*

서울대학교 치의학대학원 치과보철학교실

Full mouth rehabilitation utilizing computer guided implant surgery and CAD/CAM

Sungjin Kim, Jung-Suk Han, Sung-Hun Kim, Hyung-In Yoon, In-Sung Luke Yeo*

Department of Prosthodontics, Seoul National University School of Dentistry, Seoul, Republic of Korea

Computer aided design and manufacturing and implant surgery using a guide template improve restoration-driven implant treatment procedures. This case utilized those digital technologies to make definitive prostheses for a patient. According to the work flow of digital dentistry, cone beam computed tomography established the treatment plan, which was followed to make the guide template for implant placement. The template guided the implants to be installed as planned. The customized abutments and surveyed fixed restorations were digitally designed and made. The metal framework of the removable partial denture was cast from resin pattern using an additive manufacturing technique, and the artificial resin teeth were replaced with the zirconia onlays for occlusal stability. These full mouth rehabilitation procedures provided functionally and aesthetically satisfactory results for the patient. (*J Korean Acad Prosthodont* 2019;57:57-65)

Keywords: Digital removable partial denture; Digital dentistry; Implant; Computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM); Computer guided implant surgery

서론

무치악 부위를 임플란트로 수복하기 시작한 이래, 임플란트를 어떻게 식립하고 그 위에 보철을 하는가에 대한 개념은 많은 변화를 겪어 왔다. 초기 임플란트 수복에 대한 개념은 잔존골을 최대한 고려하여 임플란트를 식립 후 성공적으로 골유착과정을 거친 후에 그에 맞게 보철을 하는 것이었다.¹ 하지만 그 이후로 수복 중심 치료에 관심을 갖기 시작하였으며, 이는 보철 계획을 미리 세우고 그 보철물 위치에 맞는 임플란트를 식립하는 과정이 수반된다. 아울러 최근에는 생물학적인 임플란트 수복에 대한 개념도 제시되었으며 이는 임플란트의 초기 성공 및 장기적인 예후를 고려하고 있다.^{2,3}

이를 위해서는 환자의 현증에 대한 다양한 분석과 그를 바탕으로 한 최종 수복 형태와 방법에 대한 종합적인 고려를 바탕으

로 한 치료 계획의 결정, 그리고 그 계획에 따른 정확한 수술과 보철, 그리고 치과의사와 기공사, 그리고 환자와의 의사소통이 무엇보다도 중요하다. 특히 임플란트를 활용한 전악 수복에서는 그 중요성이 더 커지며, 최근 computer aided design/computer aided manufacturing (CAD/CAM) 기술과 만나 시너지를 발휘하고 있다.^{4,5}

최근 디지털 치의학이 치의학 분야의 중심 주제로 떠오른 가운데, 가철성 보철물에서도 CAD/CAM의 영역이 확대되고 있다.^{6,7} 특히 가철성 국소의치에서 금속 구조물 제작 시 3D printing을 통해 제작된 resin pattern을 lost-wax technique을 활용해 제작하거나, laser sintering을 통해 직접 printing 하는 방법 및 CAD/CAM milling을 통해서 제작하는 방법 등 다양한 방법으로 국소의치 금속 구조물을 제작하는 시도를 하고 있다.⁸

본 증례에서는 상하악에 다수의 치아가 상실된 환자에서 수

*Corresponding Author: In-Sung Luke Yeo

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Seoul National University
101 Daehak-ro, Jongro-gu, Seoul 03080, Republic of Korea.

+82 (0)2 2072 2661: e-mail, pros53@smu.ac.kr

Article history: Received August 21, 2018 / Last Revision September 3, 2018 / Accepted September 7, 2018

©2019 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/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

복 기반의 computer guided implant surgery를 통한 임플란트 고정성 수복물 그리고 3D printing을 통한 CAD/CAM 국소의치의 제작을 통해 기능 및 심미적으로 만족할만한 결과를 얻었기에 이를 보고하고자 한다.

증례

본 증례의 환자는 50세 남성으로, 새로 이를 해 넣고 싶다는 주소로 내원하였다. 환자분은 당뇨를 앓고 있었으나, 이갈이 등 기타 구강악습관이나 턱관절 질환은 존재하지 않았다. 구강 내 검사 결과 하악에 제1소구치들만 잔존해 있었고, 상악 전치부 및 좌측 구치부가 상실되어 있었다 (Fig. 1A-E). 잔존한 양측 하악 제1소구치들에 심한 치조골 소실이 관찰되었으며, 상악 구치부는 상악동 함기화 및 잔존골 소실이 관찰되었다 (Fig. 1F). 좌우 측 과두나 기타 악골 내 병소는 보이지 않았다. 교합고경의 소실은 관찰되지 않았으나, 상하악 전치의 소실로 인해 입술의 지지가 부족한 모습이었다. 안궁이전 및 양손 조작법으로 중심위를 채득하여 진단모형을 분석하였다. 악골의 틀어짐이나 비대칭은 관찰되지 않았고, 잔존치조제 사이의 공간도 적절한 모습을 보였다. 상악 전치부와 좌측 무치악 부위 협측 골이 소실되어 있었으나, 하악 후방 무치악 부위 잔존골은 양호한 상태를 보여 임플

란트 식립이 가능한 상황이었다.

이상으로부터 세가지 핵심적인 문제들을 정리해보면 다음과 같았다. 첫째로 상, 하악 구치부의 회복이 제일 우선되어야 하며, 둘째로 상악 구치부 잔존골이 부족하였고, 마지막으로 상하악 모두 전치부 수복이 필요했다. 더불어 Zitzmann과 Marinello⁹가 제시한 임플란트 수복시 고려할 사항들을 알아보았다. 환자는 Angle class I의 상하악 악간관계를 가졌고, 미소선이나 입술의 형태는 적절하였으나, 연조직 지지가 다소 부족한 상황이었는데, 이는 적절한 골 유도 재생술(guided bone regeneration, GBR)을 동반 시, 상악 전치부도 임플란트를 이용한 고정성 보철로 수복할 수 있을 것이라 생각했다.

그리하여 다음과 같이 치료 계획을 수립하였다. 두개의 하악 소구치와 상악 우측 제1소구치 및 잔존치근을 모두 발거 후, 하악에는 전악 임플란트 수복을 계획하였다. 상악 전치부 modification area는, 고정성으로 수복하는 것이 생역학적으로 유리하며, 국소의치는 양측성으로 설계하는 것이 의치의 안정과 기능에 유리하므로, 상악 전치부는 임플란트 고정성 수복, 상악 구치부는 Kennedy class I 국소의치로 수복하기로 결정하였다. 적절한 구치부의 교합과, 그를 통한 중심위에서 안정적인 하악위의 확보, 생역학적으로 안정적인 국소의치 그리고 적절한 전치부의 수복을 본 증례의 목표로 삼았다.

Fig. 1. Pre-operative intraoral view (A - E) and panoramic X-ray (F). (A) Occlusal view of maxilla, (B) Lateral view (right side), (C) Frontal view, (D) Lateral view (left side), (E) Occlusal view of mandible, (F) Alveolar bone loss around mandibular premolar teeth and left maxillary residual ridge can be observed in panoramic X-ray.

진단 왁스업 시행하여 이를 바탕으로 치아 발거 후 임시의치를 장착하였다. 임시의치 장착 후 2달간 이를 평가하여 임플란트 식립을 계획하였다. 임플란트 식립을 위한 디지털 계획수립을 위해 방사선 촬영용 스텐트 제작 후 교합 채득 하였고 (Fig. 2A, D), 이를 바탕으로 촬영한 콘빔컴퓨터단층촬영(cone beam computed tomography, CBCT)과 함께 중첩 및 진단왁스업 스캔을 통해 치아 배열 후 3차원적 임플란트 위치를 계획하였다 (Implant studio, 3shape, Copenhagen, Denmark) (Fig. 2B, E). 이를 바탕으로 3D printing 하여 수술용 스텐트(OneGuide, Osstem, Seoul, Korea)를 제작하였다 (Fig. 2C, F).

하악 부착치은의 양을 확인한 후 양측 구치부에는 직경 5.0 mm × 길이 7.0 mm, 소구치 및 전치부에는 직경 4.0 mm × 길이 8.5 mm의 총 8개의 내부 육각 연결형 임플란트(TSIII SA, Osstem, Seoul, Korea)를 무피관술식으로 식립 후 치유 지대주를 연결하였다 (Fig. 3). 상악은 협측 골 형성을 위해 수술용 스텐트를 open type으로 디자인하여 피관을 열고 GBR이 가능할 수 있도록 하였다. 상악 우측 견치, 상악 좌측 측절치 부위에는 직경

3.5 mm, 상악 우측 제1소구치, 상악 우측 중절치 부위에는 직경 4.0 mm의 길이가 10 mm 인 총 4개의 내부 육각 연결형 임플란트 (TSIII SA, Osstem, Seoul, Korea)를 식립하였다 (Fig. 4A). 임플란트 식립과 동시에 이종골(Bio-Oss, Geistlich Pharma AG, Wolhusen, Switzerland)을 골 이식 후 그 위에 콜라겐 막(Bio-Gide, Geistlich Pharma AG, Wolhusen, Switzerland)으로 피개하였다 (Fig. 4B, C). 약 5개월간의 치유 기간 후 상악 이차 수술하였다. GBR 후 치조제의 부피가 잘 유지되는 것을 확인할 수 있었으며, implant stability quotient (ISQ) 값을 확인 후, 치유지대주를 연결, Palazzi's flap 활용하여 봉합하였다 (Fig. 4D-F).

하악 임플란트들에 pickup coping을 장착 후 서로 연결 (splint) 하여 부가 중합형 실리콘 인상재(Express, 3M, St. Paul, MN, USA)로 임플란트 수준에서 인상채득 하였다. 더불어 scan body와 temporary cylinder, 패턴레진(Pattern resin LS, GC, Tokyo, Japan)을 활용하여 구강내 스캔 및 교합채득을 동시에 진행하였다. 맞춤 지대주 디자인에서, 하악의 경우 개구 시 하악 굽힘 현상 (mandibular flexure)을 고려하여 전치부, 그리고 양측 구치부 이

Fig. 2. Radiographic stent (A, D), plan of implant surgery (B, E) and surgical stent (C, F). (A) Maxillary radiographic stent (B) Four implants were planned on maxillary anterior (C) Maxillary surgical stent (D) Mandibular radiographic stent (E) Eight implants were planned on mandible (F) Mandibular surgical stent.

Fig. 3. Mandibular implant surgery with surgical stent. (A) Three anchor pins help adaptation of surgical stent (black arrows), (B) Drilling without flap elevation, (C) Total 8 implants were installed and healing abutments were inserted.

Fig. 4. Maxillary 1st implant surgery with surgical stent (A - C) and 2nd surgery (D - E). (A) Four implants were placed through surgical stent after flap elevation, (B) Bone graft with xenograft using Bio-Oss, (C) The bone particles were covered with collagen membrane, (D) The volume of ridge was well preserved 5 months after surgery, (E) Well-formed bone and stable implants were observed. (F) Healing abutments applied and sutured with palazzi's flap.

Fig. 5. Intraoral scan of mandible. (A) Scan bodies were applied, (B) Bite registration with scan body, (C) Temp cylinder and pattern resin, (D) Custom abutments were designed from scanned implants and jaw relation.

Fig. 6. Custom abutments of maxilla. (A) Custom abutment of maxillary implants using scanned master model, (B) Titanium linked zirconia abutments were placed in maxilla.

렇게 총 세 부분으로 나누어서 제작하였다 (Fig 5).¹⁰ 상악도 하악과 마찬가지로 임플란트 수준에서 부가 중합형 실리콘인상재를 사용하여 인상채득하여 상악 맞춤 지대주를 디자인하였다. 상악 보철물은 균기능으로 우측방운동시 하중 분배와 임플란트의 직

경 그리고 협측 골량을 고려하여 나누지 않고 한 단위로 제작을 결정하여 맞춤 지대주를 제작하였다. 전치부에서 심미를 고려하여 타이타늄 지대주를 치은 연하로 깊이 제작하는 대신, 타이타늄-지르코니아 링크의 복합 지대주를 사용하였다 (Fig. 6).¹¹

상악악 맞춤 지대주 및 잠정 보철물을 구강 내 장착하였다. 좌측은 견치가 자연치이므로 negative feedback을 통해 측방력이 조절 될 수 있도록 하고, 우측 견치는 임플란트로 균기능 교합을 부여하여 힘이 잘 분산되도록 하였다. 또한 중심위에서 균등한 교합을 위해, centric holding stop과 long centric을 부여하여, 교합력이 임플란트 장축을 향하게 하였으며, 전방유도를 위해 긴 수평피개를 부여하였다. 최종안모평가를 진행하여 미소선 및 E-line의 적절성을 모두 확인한 후, 교합평면 및 고경 확인 후 다시 안궁이전 하였다. 패턴 레진과 맞춤 지대주 장착 시에 사용한 positioning jig를 활용해 교합 채득하였다. 지대주 수준에서 인상채득하여 반조절성 교합기(Hanau articulator, Whip Mix, Louisville, KY, USA)에 교차 부착(cross mounting)하였다. 체크 바이트법으로 교합기 설정하고 임시수복물의 측방 및 전방 운동을 기록하였다. Full contour wax up 후 상악 전치부 및 상악 우측 제1소구치 부위는 cut back을 진행하였다.

최종 보철물 제작을 위해 기공실 스캐너(Cameleon D800, 3shape, Copenhagen, Denmark)를 사용하여 먼저 second die를

스캔하고 개별 치아 separate die를 스캔 후 중첩하여 CAD 프로그램(Exocad DentalCAD, Exocad, Darmstadt, Germany)상에서 주모형을 제작하였다. 그 후 상악악 왁스업 모형 및 주모형을 스캔하여 중첩시키고, 보철물의 최소 두께와 지르코니아 보철물의 연결부 두께를 설정하여 최종적인 디자인을 완성하였다 (Fig. 7).

코핑 시적 및 색조 선택 후 다시 교합기에 부착하여 최종 보철물을 제작후, 최종보철물을 접착하였다. 전술한 바와 같이 좌측은 견치유도, 우측은 균기능 교합 부여하였으며, 중심 교합시 전치부에 균등한 교합이 이루어지도록 하였고, 사진의 검은색처럼 좌우측 측방운동을 확인하였다. 더불어 녹색 표시처럼 전방유도시 전치부 설면을 따라서 가이드되며 구치부가 이개되도록 하였다 (Fig. 8).

상악 후방연장 무치악 부위 수복을 위해 진단모형 서베잉하여 치아수정을 위한 지그를 제작하였다. 변연형성 후 인상채득하여 주모형 제작한 후 모형을 스캔하여 전자 서베잉 및 블록 아웃후 국소의치 금속 구조물을 디자인 하였다 (Fig. 9A, B). 3D printing으로 레진 패턴을 제작한 후 주모형에 시적하여 적합을 확인한 후, lost-wax technique을 활용하여 최종적으로 금속 구조물을 제작하였다 (Fig. 9C-E). 구강 내 금속 구조물 시적 후 교합제 제작하여 안궁이전 및 교합기에 부착하였다. 레진 인공치(Ivoclar vivadent, Schaan, Leichtenstein)를 사용하여 납의치를 제작해 시적한 다음, 온성, 기공실 재부착, 교합조정 하였다. 그 후 확립된 국소의치 레진 인공치 교합을 단일구조 지르코니아 온레이를 제작하여 샌드블라스팅 후 접착제(Single Bond Universal, 3M, St. Paul, MN, USA)를 도포하여 기공실에서 이중중합 레진 시멘트(RelyX Ultimate Clicker, 3M, St. Paul, MN, USA)를 사용하여 접착하는 방법으로 대체하여 임상 적용 시, 안정적인 교합을 유지할 수 있도록 국소의치를 완성하였다.

최종 수복 후 조화로운 악궁과 균형된 교합 양상을 보이고 있으며, T-scan (v9.1.13, Tekscan, South Boston, MA, USA)을 통하여 중심 및 측방 교합을 확인하였다. 최종 수복 후 방사선 검사 결과 과두의 위치와 운동양상, 그리고 모양이 모두 정상적인 모습을 보이고 있으며, 환자 교육 후 유지관리 기간 동안 환자는 심미와 기능 모두 만족하였다 (Fig. 10).

Fig. 7. Definitive prosthesis design procedure. (A) Each separate die was scanned separately, (B) Scanned separate dies and second die were overlapped and minimum thickness of monolithic zirconia prosthesis was determined (red color), (C) Full contour wax-up was overlapped with double scan technique, (D) Definitive monolithic zirconia prostheses were designed.

Fig. 8. Implant supported definitive prosthesis. (A) Frontal view, (B) Occlusal view of maxilla. Eccentric and protrusive movements were marked with black and green, respectively, (C) Occlusal view of mandible.

Fig. 9. CAD/CAM RPD design procedures. (A) Master model was surveyed, (B) Block out was carried out automatic with respect to selected insertion path, (C) RPD framework was designed, (D) 3D printed resin block was fitted in master model, (E) Fabricated metal framework was fitted in master model.

Fig. 10. Post-operative intraoral clinical photos (A-E), T-scan diagram (F), extra-oral photos (G and H) and post-operative X-ray (I). (A) Lateral view (right side), (B) Occlusal view of maxilla, (C) Lateral view (left side), (D) Frontal view, (E) Occlusal view of mandible, (F) Harmonized occlusion was established with T-scan (G) pre-operative extra-oral photos (H) post-operative appearance was also enhanced. (I) Post-operative panoramic X-ray shows stable implants and bone levels.

고찰

Computer guided implant surgery에 사용되는 수술용 스텐트의 종류에는 그 적합 방법에 따라서 치아, 연조직, 뼈 등에 적합되는 것들로 구분될 수 있다.¹² 본 증례에서 사용된 수술용 스텐트는 상악에서는 치아 및 조직에 접촉하는 것을 사용하였고, 하악은 완전 무치악이므로 치은 조직에 직접 접촉하는 스텐트를 제작할 수 밖에 없었고, 이는 3개의 anchoring pin을 통해서 구강내 고정된다. Sun 등은 치은 조직에 직접 접촉하는 스텐트의 정확성에 대해서 보고하였다.^{13,14} 정확한 교합 채득과 CBCT 영상 및 모형이 얻어진다면 충분히 정확한 guided surgery가 수행될 수 있을 것으로 보인다. 또한 본 증례에서는 임플란트 식립 드릴과 스텐트가 중간 매개체 없이 직접 접촉하는 방식을 택하고 있는데, 최근에는 metal sleeve나 mediator bushing이 없는 스텐트가 좀 더 정확하다는 결과들이 보고되고 있다.¹⁴ 더불어 주수의 용이로 인한 뼈의 과열 방지나 피관 거상을 통해 좀 더 다양한 응용이 가능한 점이 장점이라고 볼 수 있다.

CAD/CAM 기술의 발달과 함께 임플란트 및 치아지지 고정성 수복물의 재료로 단일구조 지르코니아를 사용하는 빈도가 늘고 있다. Wittneben 등¹⁵은 임플란트 보철에서 도재의 chipping이 가장 빈번하게 나타난다고 보고하였다. 반면 많은 문헌들에서 구치부 지르코니아 수복물이 금속 세라믹 보철물과 비슷한 예후를 보이고 있다는 점에 주목하였다.^{16,17} 더불어 지르코니아는 대합하는 금 합금 수복물을 크게 마모시키지 않는 것으로 나타났다.¹⁸ 따라서 상악은 국소의치 금속 구조물에 맞는 porcelain-fused to gold (PFG), 하악은 1100 MPa 이상의 굴곡 강도를 가지는 단일구조 지르코니아로 수복을 결정하였다. 더불어 상악 구치부는 국소의치로, 대합되는 지르코니아에 의한 레진치아의 마모로 인해 발생할 수 있는 구치부 지지 소실을 막기 위하여 국소의치 인공치에 단일구조 지르코니아로 온레이 하였다.¹⁹ 인공치 형성 전후 더블 스캔을 통해서 예전 금 온레이 방식에 비해서 효율적으로 마무리할 수 있었다.

본 증례에서는 디지털 치의학 기술을 최대한 활용하여 최종 수복물의 형태를 고려하여 각 단계를 진행할 수 있었다. 임플란트 시술 계획 시에 모델 스캔 및 CBCT 및 3차원 시뮬레이션을 통해서 환자에게 최선의 치료 계획을 세울 수 있었으며, 환자와의 의사소통에도 큰 도움을 얻을 수 있었다. 더불어 그를 바탕으로 한 guided surgery를 통해 적절한 위치에 식립된 임플란트는 또한 최종 보철물 제작 시에도 보철 의사와 기공사에게 많은 편리함을 가져올 뿐 아니라, 장기적인 예후에도 큰 도움이 될 것이라 생각한다. 더불어 CAD/CAM을 통해서 제작된 지르코니아 보철물은 환자의 피드백을 받아 손쉽게 수정 및 재제작 될 수 있으며, 전자 서버인을 통해 제작된 국소의치 금속 구조물 제작 과정 또한 한 눈에 삽입 철거로 및 언더컷을 볼 수 있게 해준다. 하지만 guided surgery에도 그 오차가 존재하며, 3D printing을 통해 제작된 금속 구조물 및 의치상의 적합도는 앞으로 더욱 더 많은 임상 결과와 연구를 통해 많은 개선이 이루어질 수 있을 것이다.²⁰

결론

본 증례에서는 디지털 치의학의 발전에 따라 모델스캔, CBCT, 구강내 스캔, 3차원 디지털 임플란트 계획을 통한 수복중심의 임플란트 식립 및 그를 바탕으로 한 임플란트 지지 고정성 수복물을 완성할 수 있었다. 그와 더불어 추가 결손부에 사용된 국소의치에도 CAD/CAM 기술과 3D printing 기술을 적용함으로써 최종적으로 성공적인 전악 수복을 통한 환자의 기능과 심미의 개선을 이룰 수 있었다.

ORCID

Sungjin Kim <https://orcid.org/0000-0003-3971-0985>

Jung-Suk Han <https://orcid.org/0000-0002-9439-1465>

Sung-Hun Kim <https://orcid.org/0000-0003-3289-9703>

Hyung-In Yoon <https://orcid.org/0000-0002-9597-6342>

In-Sung Luke Yeo <https://orcid.org/0000-0002-6780-2601>

References

1. Azari A, Nikzad S. Computer-assisted implantology: historical background and potential outcomes-a review. *Int J Med Robot* 2008;4:95-104.
2. Garber DA, Belser UC. Restoration-driven implant placement with restoration-generated site development. *Compend Contin Educ Dent* 1995;16:796, 798-802, 804.
3. Touati B. Biologically driven prosthetic options in implant dentistry. *Pract Proced Aesthet Dent* 2004;16:517-20.
4. Kapos T, Ashy LM, Gallucci GO, Weber HP, Wismeijer D. Computer-aided design and computer-assisted manufacturing in prosthetic implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:110-7.
5. Becker CM, Kaiser DA. Surgical guide for dental implant placement. *J Prosthet Dent* 2000;83:248-51.
6. Wu J, Wang XB, Zhao XH, Zhang CB, Gao B. A study on the fabrication method of removable partial denture framework by computer-aided design and rapid prototyping. *Rapid Prototyping J* 2012;18:318-23.
7. Kattadiyil MT, Mursic Z, AlRumaih H, Goodacre CJ. Intraoral scanning of hard and soft tissues for partial removable dental prosthesis fabrication. *J Prosthet Dent* 2014;112:444-8.
8. Arnold C, Hey J, Schweyen R, Setz JM. Accuracy of CAD-CAM-fabricated removable partial dentures. *J Prosthet Dent* 2018;119:586-92.
9. Zitzmann NU, Marinello CP. Treatment plan for restoring the edentulous maxilla with implant-supported restorations: removable overdenture versus fixed partial denture design. *J Prosthet Dent* 1999;82:188-96.
10. Zarone F, Apicella A, Nicolais L, Aversa R, Sorrentino R. Mandibular flexure and stress build-up in mandibular full-arch fixed prostheses supported by osseointegrated implants.

- Clin Oral Implants Res 2003;14:103-14.
11. Gehrke P, Alius J, Fischer C, Erdelt KJ, Beuer F. Retentive strength of two-piece CAD/CAM zirconia implant abutments. Clin Implant Dent Relat Res 2014;16:920-5.
 12. Raico Gallardo YN, da Silva-Olivio IRT, Mukai E, Morimoto S, Sesma N, Cordaro L. Accuracy comparison of guided surgery for dental implants according to the tissue of support: a systematic review and meta-analysis. Clin Oral Implants Res 2017;28:602-12.
 13. Sun Y, Luebbbers HT, Agbaje JO, Schepers S, Politis C, Van Slycke S, Vrielinck L. Accuracy of dental implant placement using CBCT-derived mucosa-supported stereolithographic template. Clin Implant Dent Relat Res 2015;17:862-70.
 14. Schneider D, Schober F, Grohmann P, Hammerle CH, Jung RE. In-vitro evaluation of the tolerance of surgical instruments in templates for computer-assisted guided implantology produced by 3-D printing. Clin Oral Implants Res 2015;26:320-5.
 15. Wittneben JG, Buser D, Salvi GE, Bürgin W, Hicklin S, Brägger U. Complication and failure rates with implant-supported fixed dental prostheses and single crowns: a 10-year retrospective study. Clin Implant Dent Relat Res 2014;16:356-64.
 16. Roediger M, Gersdorff N, Huels A, Rinke S. Prospective evaluation of zirconia posterior fixed partial dentures: four-year clinical results. Int J Prosthodont 2010;23:141-8.
 17. Sailer I, Gottnerb J, Kanelb S, Hammerle CH. Randomized controlled clinical trial of zirconia-ceramic and metal-ceramic posterior fixed dental prostheses: a 3-year follow-up. Int J Prosthodont 2009;22:553-60.
 18. Kim MJ, Oh SH, Kim JH, Ju SW, Seo DG, Jun SH, Ahn JS, Ryu JJ. Wear evaluation of the human enamel opposing different Y-TZP dental ceramics and other porcelains. J Dent 2012;40:979-88.
 19. Yoon TH, Madden JC, Chang WG. A technique to restore worn denture teeth on a partial removable dental prosthesis by using ceramic onlays with CAD/CAM technology. J Prosthet Dent 2013;110:331-2.
 20. Bilgin MS, Baytaroglu EN, Erdem A, Dilber E. A review of computer-aided design/computer-aided manufacture techniques for removable denture fabrication. Eur J Dent 2016;10:286-91.

Computer guided implant surgery와 CAD/CAM을 활용한 전악 수복 증례

김성진 · 한중석 · 김성훈 · 윤형인 · 여인성*

서울대학교 치의학대학원 치과보철학교실

Computer guided implant surgery와 computer-aided design/computer-aided manufacturing, computer guided implant surgery (CAD/CAM) 기술의 발전은 수복 기반 임플란트 치료의 완성도를 한층 더 높였으며, 3D printing을 통한 국소의치의 제작도 빈도가 늘고 있다. 본 증례는 디지털 치의학의 작업 흐름을 따라서 콘빔컴퓨터단층촬영을 통한 치료 계획 수립 및 수술용 스텐트의 제작과 그를 바탕으로 한 임플란트 식립을 하였으며, 맞춤 지대주와 보철물을 제작하였다. 그 후 전자 서베잉과 3D printing을 통한 국소의치 금속 구조물 및 최종적으로 지르코니아 온레이의 제작을 통해 전악 수복을 완성하여 기능과 심미적으로 만족스러운 결과를 얻을 수 있었다. (대한치과보철학회지 2018;57:57-65)

주요단어: 디지털 국소의치; 디지털 치의학; 임플란트; Computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM); Computer guided implant surgery

*교신저자: 여인성

03080 서울 종로구 대학로 101 서울대학교 치의학대학원 치과보철학교실

02 2072 2661; e-mail, pros53@snu.ac.kr

원고접수일: 2018년 8월 21일 / 원고최종수정일: 2018년 9월 3일 / 원고채택일: 2018년 9월 7일

© 2019 대한치과보철학회

©이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 4.0 대한민국 라이선스에 따라 이용하실 수 있습니다.