

부분무치악에서 모델프리, 제로셋업 컴퓨터-가이드 임플란트 수술용 템플릿의 활용 증례

허봉천^{1*}, 오경철^{2†}, 심준성³, 박지만^{4*}

¹닥터허 치과의원 원장

²연세대학교 치과대학 보철과학교실 임상연구조교수

³연세대학교 치과대학 보철과학교실 교수

⁴연세대학교 치과대학 보철과학교실 임상부교수

Use of Model-Free and Zero-Setup Computer-Guided Implant Surgical Template for Partial Edentulous Cases

Bongchun Hur, DDS, MSD^{1*}, Kyung Chul Oh, DDS, PhD^{2†}, June-Sung Shim, DDS, PhD³, Ji-Man Park, DDS, PhD^{4*}

¹Director, Dr. Hur Dental Clinic, Seoul, Korea

²Clinical Research Assistant Professor, Department of Prosthodontics, Yonsei University College of Dentistry, Seoul, Korea

³Professor, Department of Prosthodontics, Yonsei University College of Dentistry, Seoul, Korea

⁴Clinical Associate Professor, Department of Prosthodontics, Yonsei University College of Dentistry, Seoul, Korea

[†]These authors are equally contributed to this study.

*Corresponding author: Ji-Man Park, Clinical associate professor, Department of Prosthodontics, Yonsei University College of Dentistry, 50-1 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Korea.
Tel:+82-2-2228-3166. E-mail: jimarn@yuhs.ac

OPEN ACCESS

pISSN 1229-5418
eISSN 2671-6623
Implantology 2019; 23(4): 220-228
<https://doi.org/10.32542/implantology.2019019>

Received: December 20, 2019

Revised: December 25, 2019

Accepted: December 26, 2019

ORCID

Bongchun Hur

<https://orcid.org/0000-0003-1274-3533>

Kyung Chul Oh

<https://orcid.org/0000-0003-4584-2597>

June-Sung Shim

<https://orcid.org/0000-0003-1428-0122>

Ji-Man Park

<https://orcid.org/0000-0003-0018-1166>

Copyright © 2019. 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.

Abstract

This case report presents the cases of single anterior missing and posterior free-end edentulous ridge with computer-guided implant placement on the day of visit through a special tray containing fiducial markers without model scan or intraoral scan data. Cone beam CT was taken after fixing the marker embedded ready-made tray with a photopolymerized resin material by light-curing in the patient's mouth. The implant location was planned on the registered CT data in the planning software. The tool path calculation for the milling machine was conducted in the computer-aided manufacture (CAM) software. The guide was completed by milling the drill hole in the special tray as designed. Although the preparation for the conventional implant guide surgery takes considerable time, including data acquisition and 3D printing, it was possible to produce a guide on the day of the patient visit without a separate procedure other than a CT scan through this protocol. Also, the transfer of the implant surgery plan, the process of scanning and 3D printing, was omitted, thereby reducing the positional error between the CT data and the actual guide.

Keywords: Computer-guided implant surgery, Guided surgery, Model-free guide, Zero-setup

I. 서론

치과용 임플란트 치료는 인접한 치아를 삭제하지 않고 상실된 부위를 수복할 수 있다는 장점을 갖고 있으며, 과거에는 가철성 의치로만 치료가 가능했던 증례들을 고정성 보철물로 수복할 수 있게 하는 등 다양한 치료 옵션을 제공한다. 하지만, 임플란트를 잘못된 식립한 경우, 기능적, 심미적으로 큰 손상을 초래하는 등 심각한 부작용을 낳을 수 있기에 임플란트를 계획된 위치에 심는 것은 임플란트 치료에 있어서 가장 중요한 술식 중 하나라 할 수 있다.¹

계획한 위치에 임플란트를 심기 위한 노력으로 컴퓨터를 이용하는 소프트웨어 등의 툴(tool)이 1980년대 후반 이후 지속적으로 개발되고 발전되어 왔으며, 2002년에 이르러 Materialise사에서 임플란트 수술용 가이드를 활용하여 정확한 깊이와 방향으로 골형성을 가능하게 하는 기술을 소개하였다.² 이후로도 이러한 컴퓨터 보조 임플란트 수술(computer-guided implant surgery)을 가능하게 하는 임플란트 수술용 가이드는 다양한 임플란트 계획 소프트웨어 산업의 성장과 함께 지속적으로 발전되어 왔다.^{3,4}

컴퓨터 보조 임플란트 수술법은 Fortin 등에 의해 3D프린트나 장치에 드릴링하여 만든 가이드를 이용한 반능동 시스템 뿐만 아니라, 광학트래킹을 통한 네비게이션 수술을 하는 수동 시스템, 그리고 자동 로봇이 의사의 감독 하에 수술하는 능동 시스템으로 나눌 수 있다.⁵ 정적인 방식의 가이드를 이용한 임플란트 수술법은 수술 시간을 단축할 수 있으며, 일정하면서도 정확한 수술 결과를 도출해 낼 수 있다는 장점이 있다.⁶⁻¹⁰ 하지만, 인상 채득하여 얻은 석고모형을 스캔하거나, 구강 스캔 데이터를 얻어서, 이를 콘빔 전산화 단층 촬영(cone-beam computed tomography, CBCT) 데이터와 정합(registration)시키는 과정이 동반되는데, 이 때 모형스캔이나 구강스캔 데이터의 오차나, 데이터 정합 오차 등이 단점으로 지적되어 왔다.^{11,12} 뿐만 아니라, 3D 프린트 자체의 정밀도 한계로 인해, 출력한 가이드의 구강 내 적합도와 관련해서도 오차가 발생할 가능성이 있다.¹³ 따라서 이러한 두 영상의 정합과 가이드 제조 과정에서 생기는 오차를 줄이기 위한 노력들이 있어 왔다. 최근 CT 데이터 외에 구강형태의 데이터를 채득하지 않고, 기준마커(fiducial marker)가 내장되어 있는 최종 가이드에 해당하는 템플릿을 사용하는 ‘제로 셋업(zero-setup)’이라는 새로운 개념이 소개되었다. 이는 최종 수술에 사용할 기성 템플릿을 구강에 낀 채로 CT를 촬영하고, 임플란트 계획 후 전용 밀링머신에 템플릿을 고정하고, 기준 마커를 매개로 하여 정확한 위치로 드릴 애관을 형성하는 원리이다.

본 증례보고의 목적은 ‘제로 셋업’ 방식의 가이드를 이용하여 현재까지 소개된 가이드에서 지적되어 왔던 부정확한 요소들을 최소화한 임플란트 증례를 소개하는 것이다. 이를 위해 임플란트 수술 전에 인상 채득이나 구강 스캔 과정 없이 방사선 마커가 내장된 전용 트레이를 착용 후 CBCT 촬영하였고, 전용 임플란트 계획 소프트웨어와, 임플란트 위치를 CAM 소프트웨어에서 공구경로를 계산 후, 드릴 애관을 진료실 내에서 당일에 밀링하여 가이드를 제작하였다. 이를 통해 전치부와 구치부에 컴퓨터 보조 임플란트 수술을 함에 있어 적합도 향상 및 수술 준비 시간 단축 등의 잇점이 있었기에 이를 보고하고자 한다.

II. 증례보고

1. 첫번째 증례

49세의 여성이 앞니 부위 임플란트 식립을 원한다는 주소로 내원하였다 (Fig. 1). 임플란트의 식립과 골유착에 영향을 미치는 전신적인 병력은 없었다. 방사선 마커가 내장되어 있는 전치부용 전용트레이

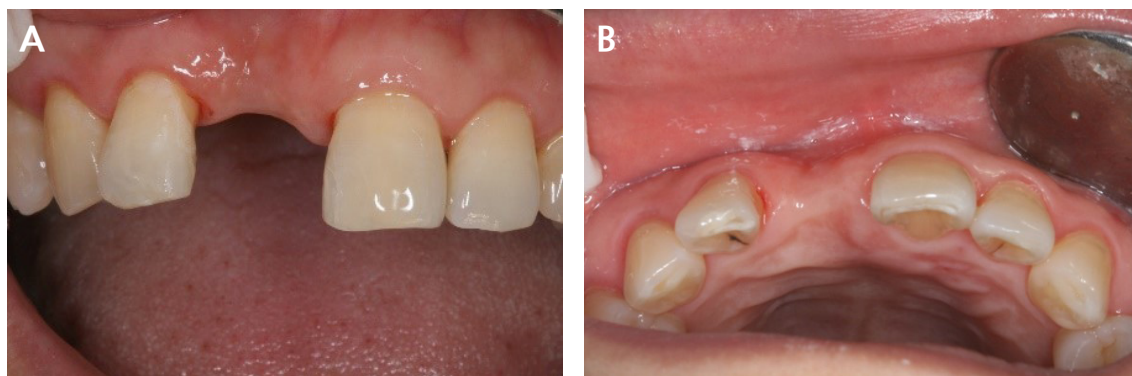


Fig. 1. Initial clinical photos of anterior single implant case: (A) Anterior view, (B) Occlusal view.



Fig. 2. Intaglio view of anterior Pre-Guide tray after application to the patient's mouth.

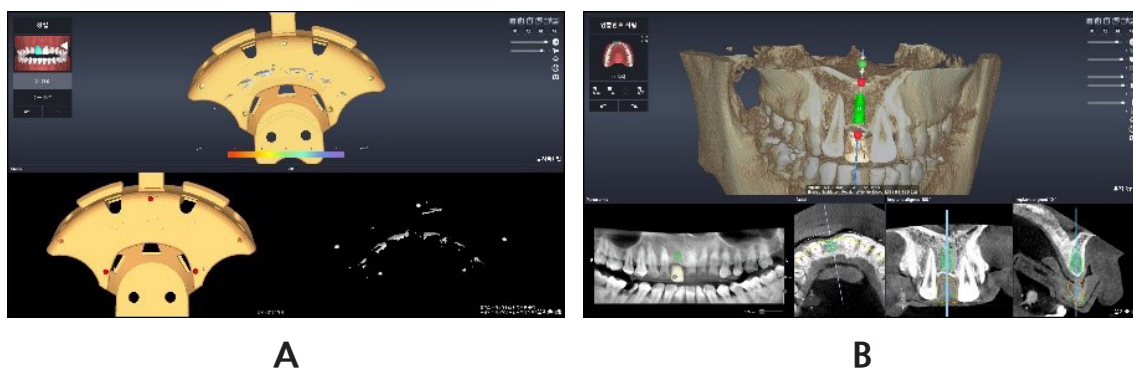


Fig. 3. Implant planning procedure after CT taking: (A) Registration between library of Pre-Guide and CBCT data, (B) various aspects of windows were provided for implant planning.

(Pre-Guide, NeoBiotech, Seoul, Korea)를 구강 내에 시적한 다음 환자로 하여금 입을 다물도록 지시하였다. 치과용 광중합기로 구강 내 경화를 시행한 다음 구강에서 트레이를 분리하였다. 언더컷을 없애기 위하여 구강 외로 1회 탈착 및 중합열을 식힌 후, 다시 장착하여 최종 광경화를 시켰다. 그 후, 트레이의 보호캡과 투명 멤브레인을 제거하고, 트레이 위에 올라간 과도한 레진을 정리하였다 (Fig. 2). 트레이가 구강 내에서 잘 안착되는지를 확인한 다음, 트레이를 문 채 CBCT촬영 하였다. 촬영 데이터를 임플란트

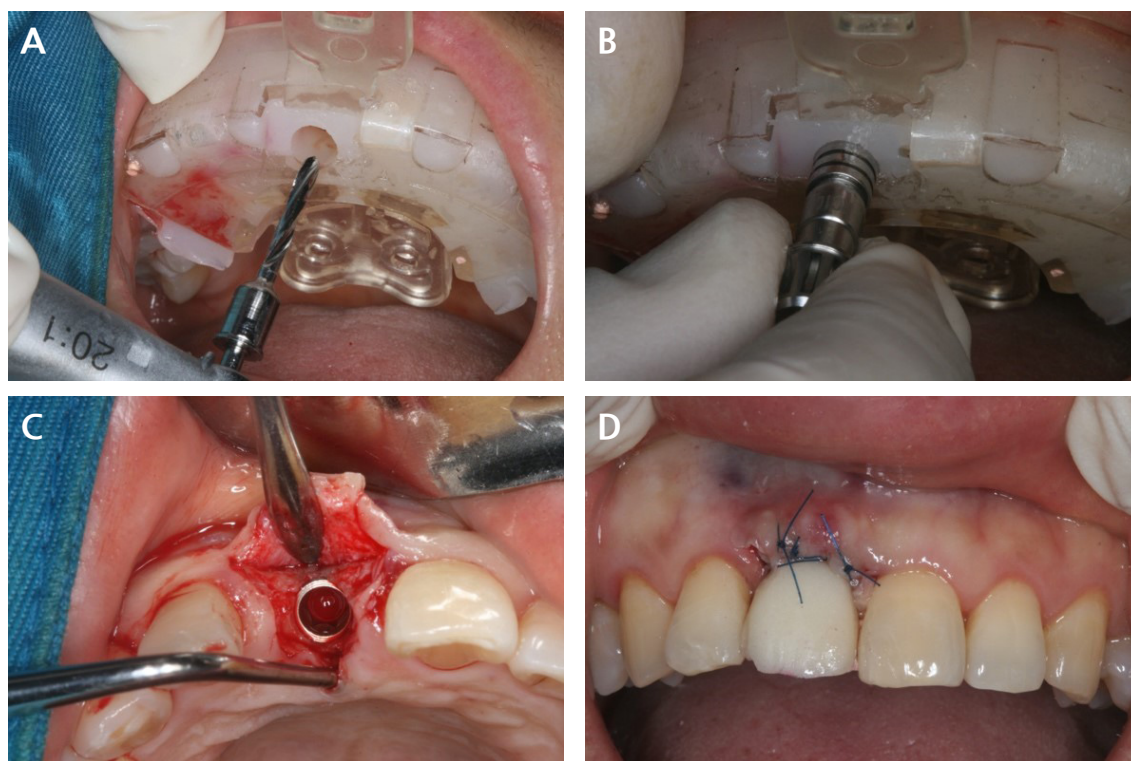


Fig. 4. Intraoral views of implant surgical procedure: (A) Twist drill was guided through bored drill hole by 5-axis milling machine, (B) Implant was placed through guide template, (C) Occlusal view after implant placement, (D) Immediate provisional crown was placed simultaneously.

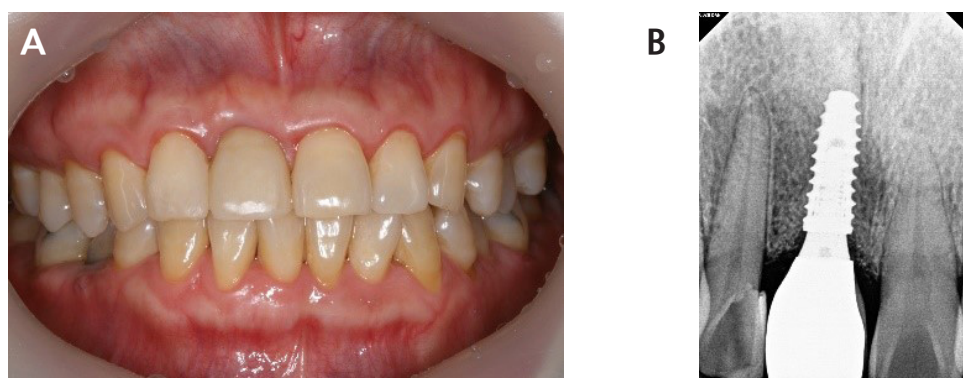


Fig. 5. Clinical and radiographic views after final crown delivery: (A) Anterior clinical view, (B) Periapical x-ray view.

계획 소프트웨어 (VARO Plan, NeoBiotech, Seoul, Korea)로 불러들인 후, 임플란트 식립 위치를 결정하였다(Fig. 3). 수술용 드릴을 가이드할 애관을 형성하는 밀링머신 형태의 장비(VARO Mill, NeoBiotech, Seoul, Korea)를 이용하여 가이드를 완성하고, 환자 구강 내에 시적하여 구강 내 안정성을 확인하였다. 가이드를 활용하여 임플란트 수술을 하였으며, 골질이 D2로 평가되었고 골에 나사산 형태를 Pre-tap을 이용하여 형성하였다. 임플란트의 초기 고정력이 40 Ncm이었고, 순측 치조정 부위에 합성골 (DM Bone, Meta Biomed, Cheongju, Korea)을 이용한 골이식 및 롤 술식 (roll technique)을 통해 연조직 증대술을 시행하였다. 수술 당일 SCRP (screw- and cement- retained prosthesis) 보철 연결형태의 임시 보철물을 장착하였으며 (Fig. 4), 약 3개월 후 지르코니아관의 최종 보철물을 완성하였다 (Fig. 5).

2. 두번째 증례

81세의 여성이 왼쪽 위 어금니 부위에 임플란트 치료를 받고 싶다는 주소로 내원하였다 (Fig. 6). 전신병력으로 고혈압 및 당뇨가 있었으며, 이외 임플란트 수술에 영향을 미치는 질환은 없었다. 방사선 마커가 내장되어 있는 구치부용 전용트레이 (Pre-Guide)를 구강 내에 시적한 다음, 방사선 촬영이나 수술 중에 트레이의 안정성을 유지하기 위해, 환자로 하여금 입을 다물어서 트레이 고정 위치가 교합

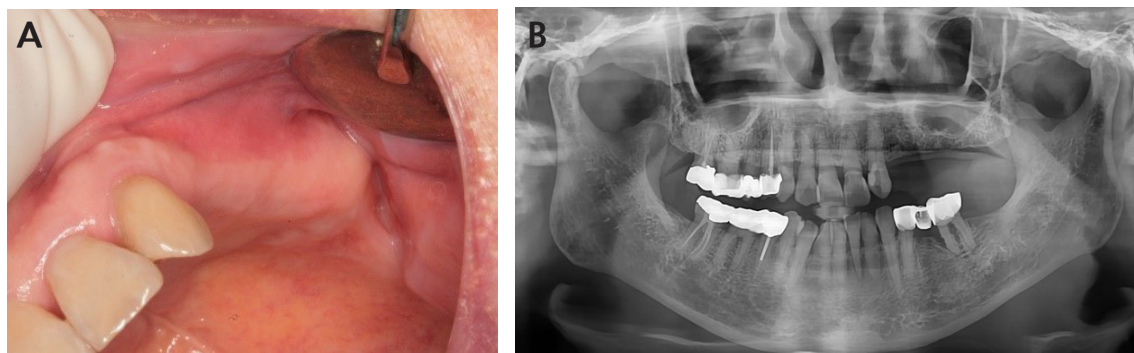


Fig. 6. Initial views of posterior free-end implant case: (A) Clinical view, (B) Panoramic view.

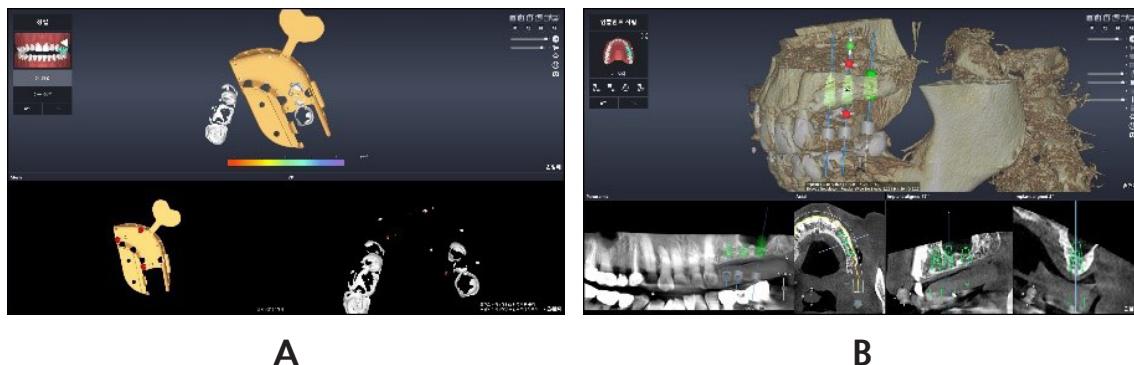


Fig. 7. Implant planning procedure after CT taking: (A) Registration between library of Pre-Guide and CBCT data, (B) when implant location was planned, sinus bone graft was considered on 2nd premolar and 1st molar area.

시에 영향을 받지 않도록 지시하였다. CT 데이터를 임플란트 계획 소프트웨어 상에서 불러들여 수술 계획을 하였다. 대합치가 제1대구치까지만 있는 점을 고려하여, 상악 좌측 제1소구치와 제2소구치, 그리고 제1대구치 부위에 임플란트를 식립하는 것으로 계획하였으며, 이후의 과정들은 증례 1과 같은 방법으로 진행되었다 (Fig. 7). CT를 촬영하였던 방사선 트레이 상에 계획된 임플란트의 위치에 대한 애관 (bushing)이 밀링 가공된 가이드가 준비되었으며, 이를 임플란트 수술에 활용하였다 (Fig. 8). 임플란트 드릴링 시 골질은 D3 bone으로 평가되었으며, 제2소구치와 제1대구치 위치에는 수압으로

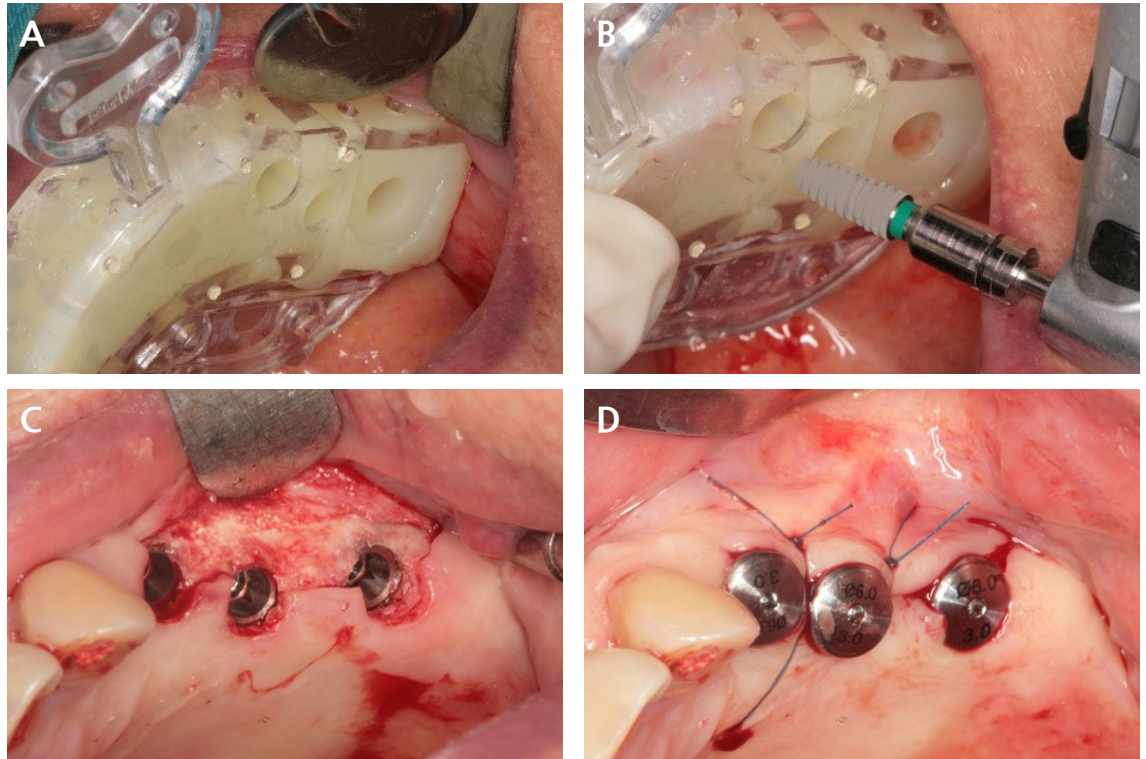


Fig. 8. Intraoral views of implant surgical procedure: (A) Implant-guided surgical template was tried in before implant surgery, (B) After implant drilling, implant was placed through surgical template, (C) Occlusal view after implant placement, (D) Clinical view after healing abutment placement and suture.

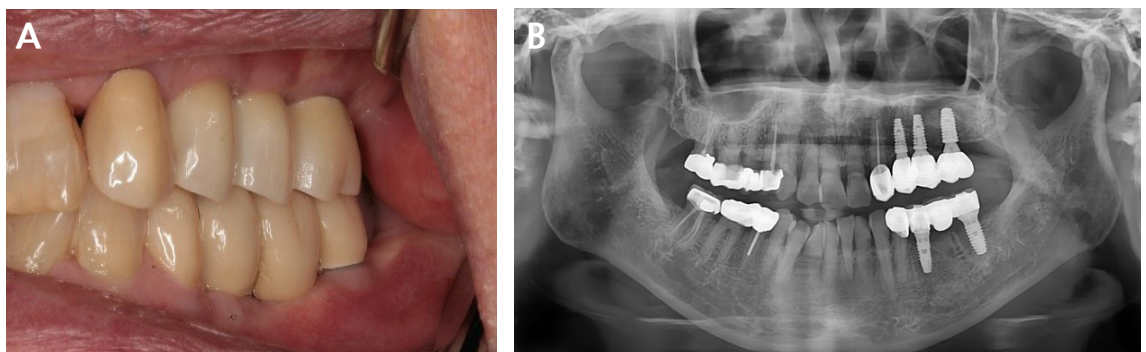


Fig. 9. Clinical and radiographic views after final restoration delivery: (A) Lateral clinical view, (B) Panoramic x-ray view.

상악동막을 거상하고, 골이식재 (DM Bone, MetaBiomed, Cheongju, Korea)를 충전한 후 임플란트를 식립하였다. 술후 약 3개월 시점에 지르코니아 소재 및 SCRP 형태의 최종 보철물을 장착하였다 (Fig. 9).

III. 고찰

현재 가장 널리 활용되고 있는 임플란트 수술용 가이드의 한계점은, CBCT 데이터 이외에 가이드의 내면 형태 재현을 위해 인상체의 모형 스캔 혹은 구강 내 직접 스캔 데이터가 요구되며, 임플란트 계획 소프트웨어에서 방사선과 구강조직 표면형태의 두 데이터를 중첩시키는 과정을 거쳐야 가이드를 제작할 수 있다는 점이다. 이 과정에서 정밀한 정합이 보장되지 않는다면 수술계획이 구강 내로 정밀하게 전달되지 않는다. 그리고 3D프린트 하거나, 모형상에서 직접 재료를 올려 제작한 가이드가 구강 내에서 잘 적합되는지를 즉각적으로 확인하기 어렵고, 환자의 구강 내에서 적합을 맞추어야 한다는 한계점이 있다.

본 증례보고에서 사용한 컴퓨터 보조 임플란트 수술 방식은 이러한 점을 극복하고자 하는 시도가 반영되었다. 구강 내에 트레이를 직접 물려 얻어진 압흔을 그대로 이용하기 때문에, 가이드 제작 후 환자 구강 내에서 추가적으로 조정할 필요가 없어서 방사선 촬영 시의 적합도를 그대로 가져갈 수 있었다. 이로 인해서 소프트웨어 상에서 계획한 임플란트 수술 계획을 정밀하게 구강으로 옮겨올 수 있었다. 그리고 본 증례에서는 CBCT 촬영 전에 광중합 소재가 들어있는 가이드용 트레이를 구강 내에 장착하는 것 이외에 인상채득과 석고모형 제작 과정이 생략되었다. 또한 가이드 제작을 위해 별도의 3D프린팅이나 가공과정이 없는 ‘제로 셋업’ 가이드의 개념이 사용되었다. 이로 인해 수술 준비를 위한 시간을 단축시킬 수 있었으며, CT촬영 당일에 컴퓨터 가이드 임플란트 수술을 바로 시행할 수 있었다.

컴퓨터 가이드 임플란트 수술용 템플릿은 제작 방법에 따라 3D 프린팅으로 쾌속조형하거나, 미리 제작된 레진블록 상에 5축 밀링가공장비로 드릴할 위치를 보링 (boring)하는 방법으로 나뉜다. 전자에는 SurgiGuide (Materialise Dental)와, NobelGuide (Nobel Biocare)가 있으며, 후자에는 Compu-Guide (Implant Logic Systems)와 coDiagnostiX & gonyX (Straumann) 등이 소개되어 왔다. RP방식 가이드인 Osstem Guide (Osstem)시스템과, 밀링 방식 가이드인 Navis (EZplant) 시스템의 정확도를 비교하여 보고한 연구에 따르면, 5축 밀링가공으로 제작된 시스템에서 적은 편차를 보였다고 보고하였다.¹⁰ 본 증례에서 사용한 시스템은 금속 애관이 사용되지 않아 직접적인 비교는 어렵지만, 수술 시에 사용하여 평가하였을 때 금속 애관을 사용하는 타 시스템에 비해 공차가 적게 부여되어 계획된 위치와 각도를 정확하게 전달할 것으로 보였다. 최근 3D프린터가 치과에 보급됨으로서 치과에서 직접 제작하는 인하우스 가이드 (in-house guide)의 가능성이 부각되고 있으며, 실제로 이렇게 제작된 가이드와 디자인센터에서 제작한 가이드 간의 각도 오차와 내면 적합도에 차이가 없다고 보고된 바가 있어, 향후 치과에서 바로 제작하여 사용하는 임플란트 수술용 가이드의 사용이 점차 늘어날 것으로 예상된다.¹⁴

본 증례에서 사용한 시스템의 한계점으로서, CT 촬영 및 밀링을 추가로 하지 않으면 수술 도중에 계획 변경이 어려우며, 드릴링의 정확도를 실시간으로 확인할 수는 없다. 이것은 반능동형 시스템의 공통적인 한계이며, 향후에는 이러한 가이드 수술에서 한 단계 업그레이드되어 동적인 광학트래킹 시스템을 이용한 네비게이션 임플란트 수술법, 혹은 로봇을 이용한 임플란트 수술법이 소개될 것이라 생각한다.³

IV. 결론

본 임상증례보고에서 상악 중절치 단일 임플란트와 상악 구치부 유리단 무치악에 3개의 임플란트를 식립한 증례에 대하여, 새로운 임플란트 수술용 가이드 시스템을 적용하여 짧은 준비시간을 거쳐 정확한 위치에 임플란트 식립을 하였다. 이로써 모델 없이, 구강에 견고하게 delivery한 이후에 CT촬영, CAD/CAM 과정의 수술 계획 및 드릴홀을 통하여, 가이드의 적합도 향상 및 수술 준비 시간이 단축되었다.

References

1. Tahmaseb A, Wismeijer D, Coucke W, Derksen W. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29 Suppl:25-42.
2. Orentlicher G, Abboud M. Guided surgery for implant therapy. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics* 2011;23:239-56.
3. Park JM, Kim J, Shim JS. Review of computer-assisted implant surgeries: navigation surgery system vs. computer-guided implant template vs. robot. *Implantology* 2018;22:50-8.
4. D'Souza KM, Aras MA. Types of implant surgical guides in dentistry: a review. *J Oral Implantol* 2012;38:643-52.
5. Fortin T, Champlébois G, Bianchi S, Buatois H, Coudert JL. Precision of transfer of preoperative planning for oral implants based on cone-beam CT-scan images through a robotic drilling machine. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:651-6.
6. Kim JE, Kim NH, Park JH, Shim JS. A procedure for the computer-guided implant planning: a narrative review. *J Korean Dental Association* 2016;54:108-22.
7. Vermeulen J. The Accuracy of Implant Placement by Experienced Surgeons: Guided vs Freehand Approach in a Simulated Plastic Model. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2017;32:617-24.
8. Farley NE, Kennedy K, McGlumphy EA, Clelland NL. Split-mouth comparison of the accuracy of computer-generated and conventional surgical guides. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013;28:563-72.
9. Van Assche N, van Steenberghe D, Guerrero ME, Hirsch E, Schutyser F, Quirynen M, et al. Accuracy of implant placement based on pre-surgical planning of three-dimensional cone-beam images: a pilot study. *J Clin Periodontol* 2007;34:816-21.
10. Park JM, Yi TK, Koak JY, Kim SK, Park EJ, Heo SJ. Comparison of five-axis milling and rapid prototyping for implant surgical templates. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29:374-83.
11. Eshraghi T, McAllister N, McAllister B. Clinical applications of digital 2-D and 3-D radiography for

the periodontist. *J Evid Based Dent Pract* 2012;12:36-45.

12. Jung RE, Schneider D, Ganeles J, Wismeijer D, Zwahlen M, Hammerle CH, et al. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24 Suppl:92-109.
13. Valente F, Schioli G, Sbrenna A. Accuracy of computer-aided oral implant surgery: a clinical and radiographic study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:234-42.
14. Oh KC, Park JM, Shim JS, Kim JH, Kim JE, Kim JH. Assessment of metal sleeve-free 3D-printed implant surgical guides. *Dent Mater* 2019;35:468-76.