

The Journal of Korean Academy of Osseointegration

AIMS AND SCOPE

The Journal of Korean Academy of Osseointegration is the official peer-reviewed, quarterly publication of The Korean Academy of Osseointegration (KAO). The Journal publishes original research papers, clinical observations, review articles, viewpoints, commentaries, technical note, case reports, and letters to the editor in subjects relating to clinical practice and related basic research on dental implant including other reconstructive procedures for maxillofacial areas. Eventually, the journal aims to contribute to academic advancement of dentistry and improvement of public oral and general health.

대한인공치아골유착학회지
2020년 12월 제12권 2호

The Journal of Korean Academy of Osseointegration
December 2020 Vol. 12 No. 2

발행인 이준석
위원장 이원섭
편집간사 이두형, 이소현

Publisher Juneseok Lee
Editor-in-Chief Wonsup Lee
Managing Editor Du-Hyeong Lee, So Hyoun Lee

발행일 2020년 12월 15일

Publication date December 15, 2020

발행처 대한인공치아골유착학회
(35233) 대전시 서구 둔산로 77
원광대학교 대전치과병원
전화. (02)764-9210
E-mail: kaoimplant@gmail.com
홈페이지: <http://www.kaoimplant.org>

PUBLISHED BY
The Korean Academy of Osseointegration
77, Dunsan-ro, Seo-gu, Daejeon 35233, Korea
Wonkwang University Daejeon Dental Hospital
Tel. 82-2-764-9210
E-mail: kaoimplant@gmail.com
Homepage: <http://www.kaoimplant.org>

편집제작 (주)메드랑
(05116) 서울시 광진구 광나루로56길 85,
프라임센터 31층
전화. (02)325-2093, 팩스. (02)325-2095

PRINTED BY MEDrang Inc.
31st Floor, Prime Center,
85 Gwangnaru-ro 56-gil, Gwangjin-gu, Seoul 05116, Korea
Tel. 82-2-325-2093, Fax. 82-2-325-2095

목 차

- 43 CAD-CAM 임시보철물과 지르코니아를 이용한 개별화된 임플란트 보철물 제작
Hai Yen Mai, 이두형
- 48 치주적으로 심하게 손상된 하악 대구치 발치 및 치조제 보존술 시행 후 지연 임플란트 식립: 증례보고
김도형, 남보람, 정은희, 정성념, 이재홍
- 53 임플란트 지대주 수준 인상 시 디지털 중첩을 통한 변연 확보: 증례 보고
백연화, 임영준
- 58 골흡수가 심한 상악 무치악에서 비흡수성 차폐막을 이용한 수직적 골증대술의 장기 추적 결과
박기열, 이종빈, 방은경
- 65 변형 터널 테크닉을 사용한 치조골 증대술 증례보고
전재호, 김수민, 이최량, 서미현, 명 훈
- 70 골치밀화 기법을 이용한 상악동 골이식술과 치조제 확장술
이성민, 박영룡, 장동규, 박정현, 김진우, 김선중

CONTENTS

- 43 Customized fabrication of implant-supported fixed dental prosthesis using CAD-CAM provisional and zirconia prostheses
Hai Yen Mai, Du-Hyeong Lee
- 48 Delayed implant installation after alveolar ridge preservation in periodontally compromised mandibular molar: a case report
Do-Hyung Kim, Bo-Ram Nam, Eun-Hee Jung, Seong-Nyum Jeong, Jae-Hong Lee
- 53 Abutment level impression of implants using digital superimposition: a case report
Yeon-Wha Baek, Young-Jun Lim
- 58 Long-term outcome of vertical ridge augmentation with non-resorbable membrane in atrophic edentulous maxilla
Ki-Yeol Park, Jong-Bin Lee, Eun-Kyoung Pang
- 65 Augmentation of alveolar ridge using the modified tunnel technique: a case report
Jae-ho Jeon, Sumin Kim, Choi-Ryang Lee, Mi Hyun Seo, Hoon Myoung
- 70 Osseodensification for sinus graft and ridge expansion
Sung-min Lee, Young-Long Park, Dong-Kyu Jang, Jung-Hyun Park, Jin-Woo Kim, Sun-Jong Kim

Customized fabrication of implant-supported fixed dental prosthesis using CAD-CAM provisional and zirconia prostheses

Hai Yen Mai¹, Du-Hyeong Lee^{1,2}

¹Department of Prosthodontics, School of Dentistry, ²Institute for Translational Research in Dentistry, Kyungpook National University, Daegu, Korea

Implant-supported fixed prostheses have become a treatment option for completely edentulous patients. Provisional prostheses during implant therapy are used to evaluate esthetic, phonetic, and occlusal function before delivery of the final prostheses. The conventional workflow is based on manual and time-consuming processes. With the development of digital technologies in dentistry, the predictability and practicality of clinical and laboratory procedures have been significantly enhanced. By using digital scanning, the patient-specific information can be reflected in an interim restoration and adapted to the definitive restoration. This clinical report describes a complete maxillary rehabilitation with digital scanning, CAD/CAM-fabricated provisional prostheses, and a monolithic zirconia prosthesis. (THE JOURNAL OF KOREAN ACADEMY OF OSSEOINTEGRATION 2020;12(2):43-47)

Key words: Implant-supported fixed prosthesis, Provisional, Digital scanning, Monolithic, Zirconia, CAD-CAM

INTRODUCTION

Implant-supported fixed prostheses have become an option in prosthodontic treatment planning for completely edentulous patients. In patients with extensive tooth loss, it is challenging to restore the mastication, esthetics, and speech functions¹. The long-term use of provisional prostheses has been recommended in implant prosthetic treatments². The provisional prostheses can be used to predict the longevity of definitive prostheses and improve perioral conditions. They are also useful for communication between clinicians, laboratory technicians, and the patient³. The conventional workflow for fabricating provisional acrylic prostheses is based on manual works, time-consuming, and sometimes tedious. With the development of digital technologies in dentistry, the predictability and practicality of clinical and laboratory procedures have been significantly enhanced^{4,5}. Digital scanning enables the scan data to be electronically transmitted to a corresponding production part, and prostheses can be fabricated with computer-aided designing and computer-aided manufacturing (CAD-CAM)^{4,6}. Nowadays, modelless fabrication protocols are realized by using the digitally articulated virtual definitive casts⁷. Various restorative materials, including metal

alloys, ceramics, and composite resins, also have been proposed for the subsequent CAM production of provisional and definitive prostheses⁸.

The digital methods are more advantageous when comprehensive rehabilitation is needed. The patient-specific information provided by digital scanning can be reflected in an interim restoration and adapted to the definitive restoration⁹. Accordingly, the customized definitive prosthesis can be fabricated using CAD-CAM technologies. This clinical report describes a complete maxillary rehabilitation with digital scanning, CAD/CAM-fabricated provisional prostheses, and a monolithic zirconia prosthesis.

CASE REPORT

A 53-year-old male patient with an edentulous maxillary arch presented dissatisfaction with his existing maxillary implant-supported fixed complete prosthesis (Figure 1). The patient also encountered speech problems related to the lack of space for the tongue movement. Radiographic examination showed six implants that had been placed in the maxilla. The occlusal plane was considered preserved, and no temporoman-

Received October 14, 2020, Revised November 15, 2020, Accepted December 5, 2020
Copyright © 2020 Korean Academy of Osseointegration

Corresponding Author: Du-Hyeong Lee, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Institute for Translational Research in Dentistry, Kyungpook National University, 2175 Dalgubeol-daero, Jung-gu, Daegu 41940, Korea, Tel: +82-53-600-7676, Fax: +82-53-427-0778, E-mail: dewey-lee@knu.ac.kr

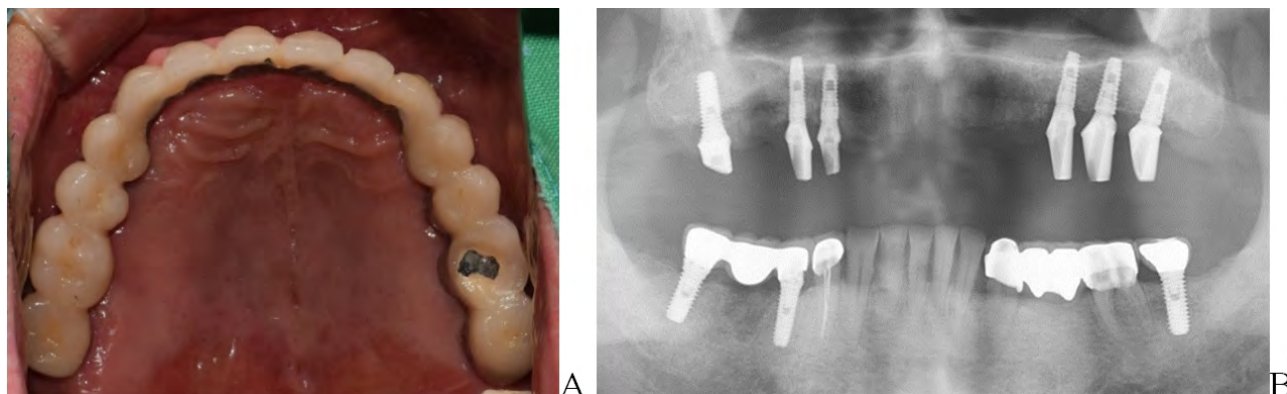


Figure 1. (A) Initial occlusal photo. (B) Initial panoramic radiograph.

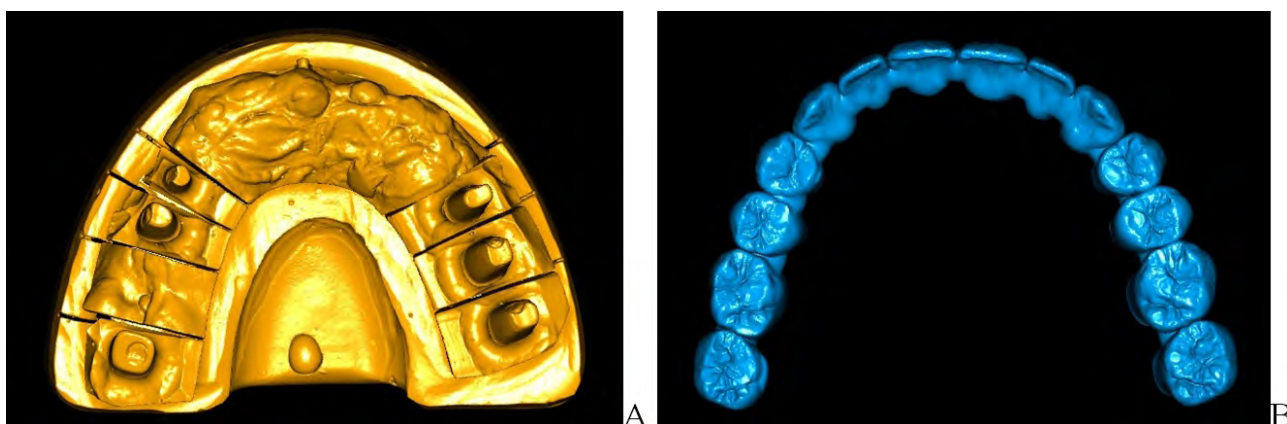


Figure 2. (A) Digital scan of maxillary stone cast. (B) Design of the first provisional prosthesis.

dibular joint disorder was found.

The patient agreed to replace his previous fixed prosthesis with new monolithic zirconia in the maxilla, refusing removable dentures. The prior implants were considered in good condition.

The maxillary impression was taken with an additional type silicone impression material (Virtual; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) and a stone cast (Esthetic-rock; dentona AG, Wipperfurth, Germany) was made (Figure 2). The master cast was then digitized using a desktop scanner (IDC S1, Amann Girrbach, Koblach, Germany).

A provisional complete-arch fixed implant supported prosthesis was fabricated based on the digitized data using a CAD software program (IDC D1; Amann Girrbach, Koblach, Austria), a five-axis milling machine (IDC MILL 5X; Amann Girrbach, Koblach, Austria) with a polymethyl methacrylate resin block (Vipi Block Trilux; VIPI, Pirassununga, Brazil) (Figure 3). The provisional restoration afterward was delivered to the oral cavity with a temporary cement.

Dental implants (AnyOne, MegaGen, Daegu, Korea; $\varnothing 4.0 \times 10$ mm) were additionally placed in the anterior edentulous area to reinforce the support of prosthesis. In the follow-up period, the provisional prosthesis was modified based on the patient's request. The thickness of the prosthesis was reduced and the line angles were rounded.

The second provisional prosthesis was fabricated after 3 months of the first provisional delivery. An intraoral digital scanner was used to copy the modified shape of the first prosthesis (Figure 4), and the scan image was transferred to the CAD software where the scan was a template for designing the second provisional (refitting). The second design was converted to acrylic prosthesis using the milling process (Figure 5). In the second provisional, palatal surfaces of incisors and canines became more concave, and the height and volume of cusps in molars were reduced and rounded up. Figure 6 shows the difference between designs of first and second provisional prostheses.

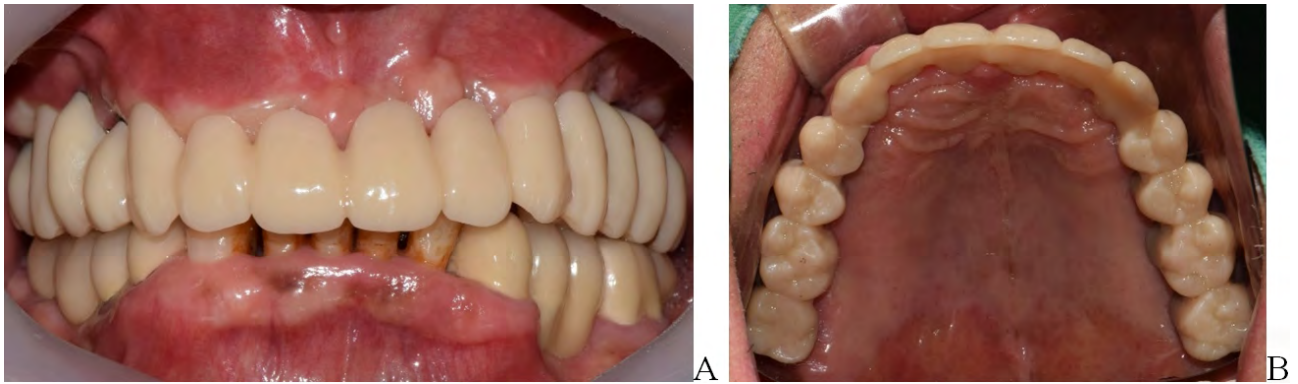


Figure 3. The first provisional prosthesis. (A) Frontal view. (B) Occlusal view.

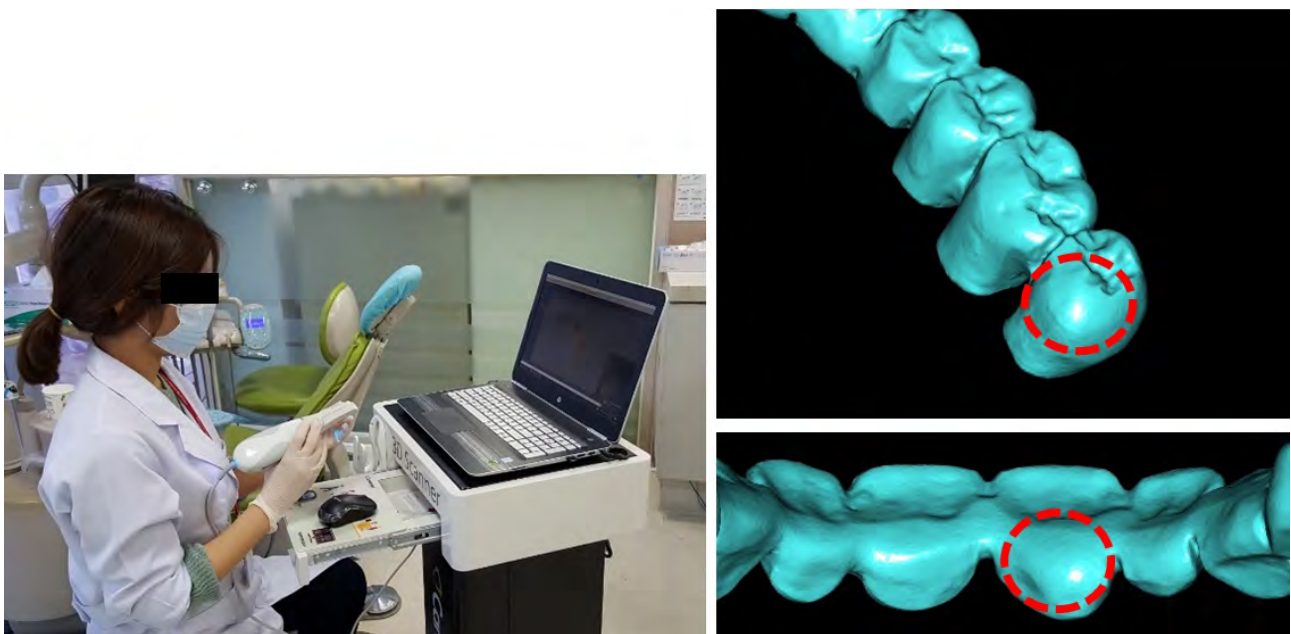


Figure 4. Direct digital scanning of clinically modified provisional prosthesis to use it as a template for designing the second provisional prosthesis.



Figure 5. The second provisional prosthesis.

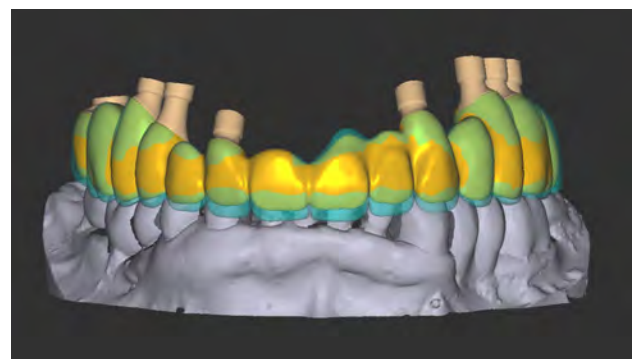


Figure 6. Superimposing the designs of first (green) and second (yellow) provisional prostheses.

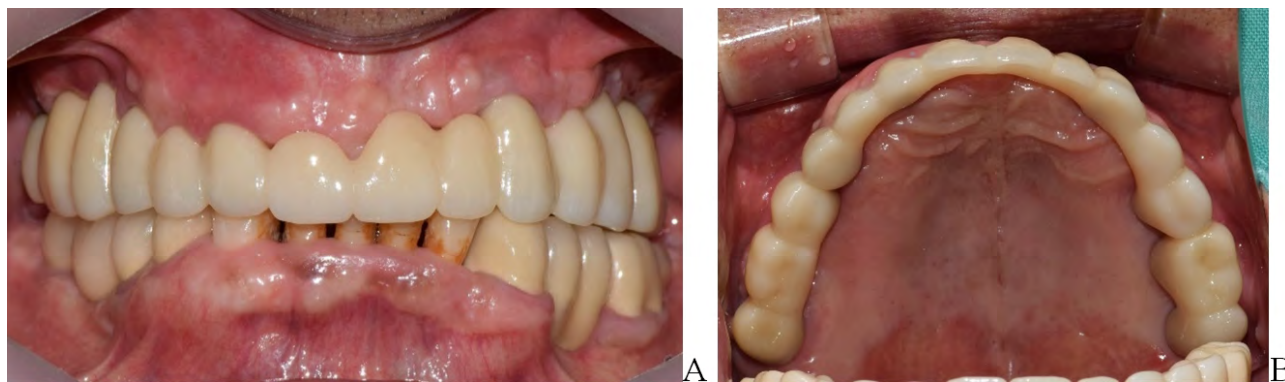


Figure 7. Definitive implant-supported monolithic zirconia prosthesis. (A) Frontal view. (B) Occlusal view.

The definitive prosthesis design was acquired by digital scanning the second provisional that was also modified based on the patient's demands in the follow-up period. A monolithic zirconia block (Zolid fx white; Amann Girrbach, Koblach, Germany) was chosen as the material for the final prosthesis. The definitive zirconia prosthesis was placed on the customized abutments using a resin cement (RelyX Unicem Clicker; 3M ESPE AG, Seefeld, Germany) (Figure 7). The patient was satisfied with the predictability of treatment workflow, and esthetics and function of the prosthesis.

DISCUSSION

The fabrication of properly contoured and adequately-fitting provisional prostheses is a prerequisite for the success of the overall prosthetic treatments¹⁰. Once the provisional prosthesis is approved by the patient, the contour can be subsequently duplicated in the definitive prostheses. Nowadays, the CAD-CAM technologies offer the possibility to produce dental prostheses with many benefits including access to almost defect-free, industrially prefabricated, and controlled materials. Moreover, commensurate data storage in a standardized chain for communication results in an improvement of precision for planning treatment, as well as an increase in efficiency¹¹. As for technique, the conventional fabrication of provisional prostheses is associated with some shortcomings affecting the mechanical strength such as mixing procedures and filling the over-impression leading to errors like the incorporation of voids that compromises the mechanical strength. Some human errors, such as voids in stone casts or deformation of impressions are eliminated in CAD-CAM technologies and thus digital prostheses produce

superior results¹². Furthermore, the CAD-CAM process can be employed for the fabrication of permanent prostheses, as well as temporary prostheses to be milled from industrially produced blocks¹³.

Various materials have been used in the fabrication of provisional prostheses. Clinically, the mainstay of materials is still autopolymerizing polymethyl methacrylates (PMMA). The selection of the appropriate provisional material and technique for fabrication should be based on the inherent strengths and weaknesses of the material itself, coupled with the specific goals for that phase of treatment¹⁴. In the cases involving complex treatment over a prolonged period, these provisional prostheses must maintain their structural integrity throughout the diagnostic and restorative phases. To ensure these objectives, the material used to fabricate the interim prosthesis ideally should have a low polymerization shrinkage to satisfy biologic and esthetic needs as well as mechanical requirements, such as resistance to functional loads. Hence, the treatment in this clinical report, the cross-linked PMMA blocks which have been previously polymerized are milled to produce the provisional prostheses of better strength as well as homogeneity. In this treatment of a complete maxillary edentulous patient with a long-term provisional restoration toward the goal of a monolithic zirconia definitive restoration, the virtual design drawn by the computer software program can be used for both the provisional and definitive prostheses. Accordingly, the CAD-CAM provisional restoration becomes the direct reference for estimating the prognosis of the definitive restoration. Moreover, the initial design can be shaped to accommodate the clinical requirements and patient satisfaction collected during the provisional restoration use⁶. In the current clinical report, image superimposition, and computer de-

signing tools have been used to modify from time to time the provisional prosthesis directly based on patient's feedback; furthermore, the double-scan images and superimposing of the interim images allowed clinicians to quickly analyze and recreate a new restoration based on existing one without committing the previous omission. With this digital workflow, different scans were superimposed to obtain a single file containing essential information. Parameters including esthetic qualities, functional vertical dimension, occlusal relationships were digitally transferred from the original dentition to the virtual arches¹⁵.

The drawback of this clinical case is that this zirconia approach is not appropriate for patients with a severe loss of vertical dimension, inadequate occlusal scheme, or abnormal occlusal or incisal planes. Although a reduction of the number of appointments and increased quality of esthetics are the main advantages, the expenditure of the whole procedure is still a limitation. The associated cost to virtual designing and planning software, the system-specific training for this software may increase overall procedure cost for both clinicians and dental technicians.

CONCLUSION

Digital techniques incorporating digital scanning, design refitting, machine processing of provisional prosthesis could be effective tools in customizing the definitive prosthesis in the cases with comprehensive tooth loss.

REFERENCES

1. Dewan S, Arora A, Sehgal M, Khullar A. Implant failures: A broader perspective. *J Dent Implant Res* 2015;5:53-39.
2. Chatzistavrianou D, Wilson PHR, Taylor P. A guide to implant dentistry part 1: treatment planning. *Dental Update* 2019;46:412-425.
3. Masuya J. The Importance of Provisional Restoration on Occlusal Reconstruction Using Dental Implants. *J Clin Dent* 2007;27:92-101.
4. Fasbinder DJ. Digital dentistry: innovation for restorative treatment. *Compend Contin Educ Dent* 2010;31 Spec No 4:2-11; quiz 2.
5. Fasbinder DJ. Materials for chairside CAD/CAM prostheses. *Compend Contin Educ Dent* 2010;31:702-4, 6, 8-9.
6. Silva NR, Witek L, Coelho PG, Thompson VP, Rekow ED, Smay J. Additive CAD/CAM process for dental prostheses *J Prosthodont* 2011; 20:93-96.
7. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *J Prosthodont Res* 2016;60:72-84.
8. Tiu J, Belli R, Lohbauer U. Contemporary CAD/CAM Materials in Dentistry. *Curr Oral Health Rep* 2019;6:250-256.
9. Joo HS, Park SW, Yun KD, Lim HP. Complete-mouth rehabilitation using a 3D printing technique and the CAD/CAM double scanning method: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2016;116:3-7. Heboyar A, Movsisyan N, Khachatryan V. Provisional Prostheses in Restorative Dentistry. *J Sci World* 2017;3(46):11-17.
10. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated prostheses. *Br Dent J* 2008;204:505-511.
11. Alt V, Hannig M, Wöstmann B, Balkenhol M. Fracture strength of temporary fixed partial dentures: CAD/CAM versus directly fabricated prostheses. *Dent Mater* 2011;27:339-347.
12. Tom T, Sunny K, Begum F, Nautiyal M, Tamore S. Provisional prostheses: An overview of materials used. *Int J Adv Res* 2016;3:212-214.
13. Donovan TE, Cho GC. Diagnostic provisional prostheses in restorative dentistry: the blueprint for success. *J Can Dent Assoc* 1999; 65:272-275.
14. Stanley M, Paz A, Miguel I, Coachman C. Fully digital workflow, integrating dental scan, smile design and CAD-CAM: case report. *BMC Oral Health* 2018;18:134.
15. Kazis H, Kazis AJ. Complete mouth rehabilitation through fixed partial denture prosthodontics. *J Prosthet Dent* 1960;10:296-303.

1. Dewan S, Arora A, Sehgal M, Khullar A. Implant failures: A broader

치주적으로 심하게 손상된 하악 대구치 발치 및 치조제 보존술 시행 후 지연 임플란트 식립: 증례보고

김도형, 남보람, 정은희, 정성념, 이재홍

원광대학교 치과대학 원광치의학연구소, 대전치과병원 치주과

Delayed implant installation after alveolar ridge preservation in periodontally compromised mandibular molar: a case report

Do-Hyung Kim, Bo-Ram Nam, Eun-Hee Jung, Seong-Nyum Jeong, Jae-Hong Lee

Department of Periodontology, Daejeon Dental Hospital, Institute of Wonkwang Dental Research, Wonkwang University College of Dentistry, Daejeon, Korea

Dental implants are a highly predictable treatment modality. Maintaining sufficient alveolar ridge width and height is essential for successful rehabilitation in partially or fully edentulous patients. Alveolar ridge preservation (ARP), a bone augmentation technique, involves the application of graft materials to and coverage of the extraction socket with or without a barrier membrane or soft tissue coverage, at the time of extraction. ARP can safely reduce post-extraction bone resorption and simplify the implant treatment procedure in periodontally compromised teeth. In this case report, we describe a 69-year-old man in whom we performed ARP using deproteinized bovine bone mineral with 10% collagen and 2 layers of a resorbable non-cross-linked collagen membrane for coverage. The patient underwent implant surgery after 11 months of uneventful healing, with simple guided bone regeneration. This report highlights that delayed implantation with ARP can be used successfully in periodontally compromised mandibular molars. (THE JOURNAL OF KOREAN ACADEMY OF OSSEOINTEGRATION 2020;12(2):48-52)

Key words: Alveolar ridge augmentation, Bone regeneration, Bone substitute, Dental implants

INTRODUCTION

치과용 임플란트 및 임플란트 지지 고정성 보철물은 지난 수십 년 간 전악 및 부분 무치악 부위를 재건하는 데 있어 높은 성공률과 안정적인 장기 예후를 보였다¹. 심미적이고 기능적인 임플란트 수복을 위해서는 충분한 수평적, 수직적 골양이 필수적이나, 발치 후 첫 12개월간 50%의 급격한 감소를 보이고, 평균적으로 3 mm 이상의 수평적 및 1 mm 이상의 수직적 골흡수가 야기되기 때문에 이를 극복할 필요가 있다^{2,3}.

치조제 보존술은 발치와 동시에 골이식을 시행하여 치유과정에서 나타나는 치조제 용적의 감소를 최대한 막기 위한 술식으로 정의할 수 있다⁴. 이러한 치조제 보존술은 발치와의 부피를 유지하며, 추후 예상되는 임플란트 식립 및 골재생술식을 단순화하기 위해

사용된다⁵. 일반적으로 동종골, 이종골, 합성골 등의 다양한 골 이식재와 흡수성 및 비흡수성 차폐막, 상피를 포함하는 연조직 덮개 등이 치조제 보존술에 사용된다. 이 중 이종골 및 흡수성 콜라겐 차폐막을 이용한 치조제 보존술이 많은 동물 및 임상 연구들을 통해서 표준 술식으로 자리잡고 있으며, 성공적인 결과를 보고하고 있다⁶⁻⁸.

심한 치주질환에 이환된 치아의 발거 후 나타나는 발치와의 재형성은, 선제적으로 흡수된 협설측 치조제의 소실로 인해, 건강한 치아를 발거 하였을 때에 비하여 더 많은 치조제 너비 및 높이의 감소를 보일 수 있으며, 이러한 경우 아무런 처치를 하지 않았을 때 추후 임플란트를 이용한 수복이 어렵거나 복잡해질 수 있다. 만성적인 염증을 가진 치조제에서 이종골 및 콜라겐 흡수성 차폐막을 적용한 경우 아무런 처치를 하지 않은 치조제에 비해 유의하게 적

Received October 28, 2020, Revised November 15, 2020, Accepted December 5, 2020

Copyright © 2020 Korean Academy of Osseointegration

교신저자: 이재홍, 35233, 대전시 서구 둔산로 77, 원광대학교 치과대학 대전치과병원 치주과

Corresponding Author: Jae-Hong Lee, Department of Periodontology, Daejeon Dental Hospital, Wonkwang University College of Dentistry, 77 Dun-san-ro, Seo-gu, Daejeon 35233, Korea, Tel: +82-42-366-1114, Fax: +82-42-366-1115, E-mail: ljaehong@gmail.com

은 골소실을 보고된 바 있다⁹. 또한 충분한 감염원의 제거가 동반된다면 2도 이상의 동요도, 8 mm 이상의 치주낭 깊이 혹은 치주-근관 복합병소를 가진 예후가 불량한 치아를 발치 한 후 치조제 보존술을 시행한 경우에도 염증의 재발 없이 양호한 치유를 보임이 확인되었다¹⁰.

본 증례에서는 치근단까지 골 소실이 일어나 치주적으로 심하게 손상된 하악 대구치의 발치 및 치조제 보존술을 시행한 후 성공적으로 임플란트를 식립한 결과를 보고하고자 한다.

CASE REPORT

1. 술 전 평가

본 증례의 69세 남환은 왼쪽 아래 어금니가 많이 흔들린다는 것

을 주소로 내원하였으며, 의과적으로 고혈압 진단 및 이로 인한 항혈전제의 복용 병력이 있었다. 임상 검사 상 하악 좌측 제1 대구치(#36)의 2도 동요도 및 5 mm에 달하는 협측 치은 퇴축을 보였으며, 치아 주변으로 10 mm의 임상 치주낭 깊이를 보였다. 파노라마 및 치근단 방사선 사진에서 #36 치근단까지 진행된 골소실 관찰되었다(Figure 1). 환자는 해당 치아 발치 및 임플란트 수복을 원하였으며, 추후 임플란트 식립 시 치조제의 폭 및 높이가 부족할 것으로 고려되어 발치와 동시에 치조제 보존술 시행을 결정하였다.

2. 치조제 보존술 과정

외상을 최소화하기 위해 lidocaine (2% lidocaine HCL with 1:100,000 epinephrine, Yuhan, Seoul, South Korea)을 이용한 국소마취 후 판막거상 없이 발치 겸자 및 기자를 이용하여 #36 치아



Figure 1. Pre-operative examination of periodontally compromised mandibular left first molar tooth (#36). (A) Clinical photograph at occlusal view. (B, C) Panoramic and periapical radiograph.

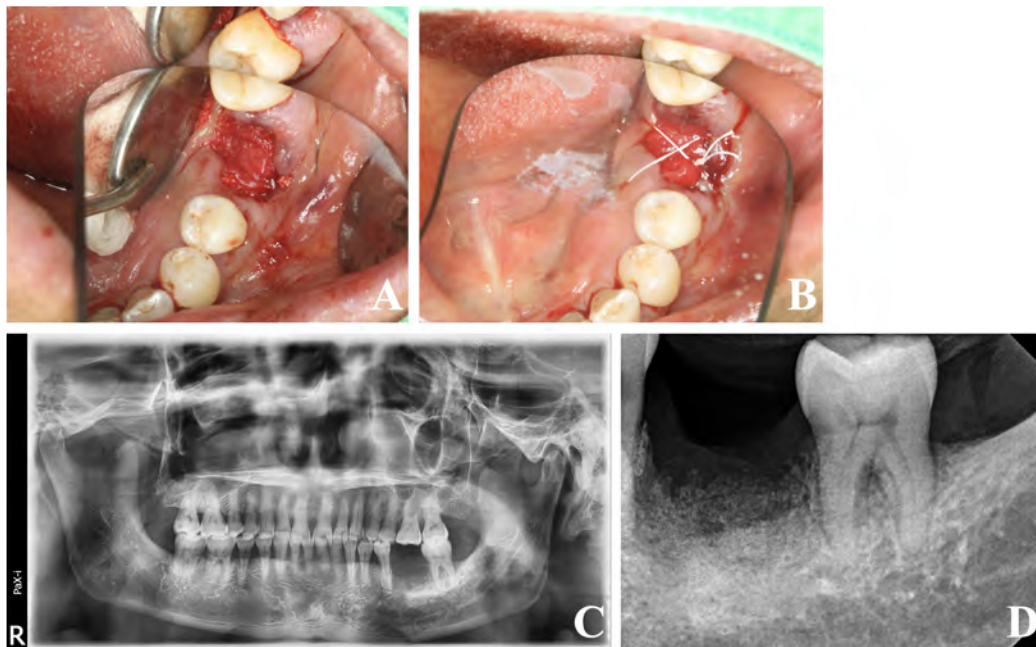


Figure 2. Alveolar ridge preservation (ARP) procedure immediately after simple extraction. (A) Deproteinized bovine bone mineral with 10% collagen and 2 layers of a resorbable non-cross-linked collagen membrane application. (B) Suture with non-absorbable polytetrafluoroethylene monofilament. (C, D) Panoramic and periapical radiograph after ARP procedure.

발치를 시행하였다. Surgical curette를 이용한 발치와 소파를 충분히 시행한 후 건전한 골벽을 확인하였고, 발치외에 10% 콜라겐 함유 탈단백우골유래 폴리식재(Bio-Oss Collagen®, Geistlich Pharma AG, Wolhusen, Switzerland) 250 mg을 적용하였다. 이후 두 겹의 흡수성 콜라겐 차폐막(Bio-Gide®, Geistlich Pharma AG, Wolhusen, Switzerland)으로 발치와의 입구를 폐쇄하고, 4-0 비흡수성 e- polytetrafluoroethylene 봉합사(Biotex®, Purgio biologics, Seongnam, South Korea)를 이용한 역 8자형 봉합법으로 이식재 및 차폐막을 고정하였다. 술식 직후 파노라마 및 치근단 방사선사진을 촬영하였고, 술 후 항생제(Pamockle 375 mg tid for 5 days) 및 비스테로이드성 진통제(Loxonin 60 mg tid for 5 days)를

처방하였다(Figure 2). 술식 다음날 환자는 드레싱을 위해 재내원하였고, 이상소견 혹은 특이 염증반응 없이 연조직의 치유가 진행되고 있음을 확인하였다. 술 후 약 2주 시점에서 발사 시행하였다.

3. 임플란트 식립 수술 과정

치조제 보존술 시행 약 6개월 시점에서 임플란트의 식립을 계획하였으나, 지연되어 11개월 시점에서 콘빔전산화단층촬영(CBCT)을 시행 및 임플란트 식립 수술을 진행하였다. CBCT 상 발치와 상에 잔여이식재를 관찰할 수 있었으며, 임플란트 식립에 충분한 골 높이 및 너비 확보되었음을 CBCT 상에서 확인하였다(Figure 3).

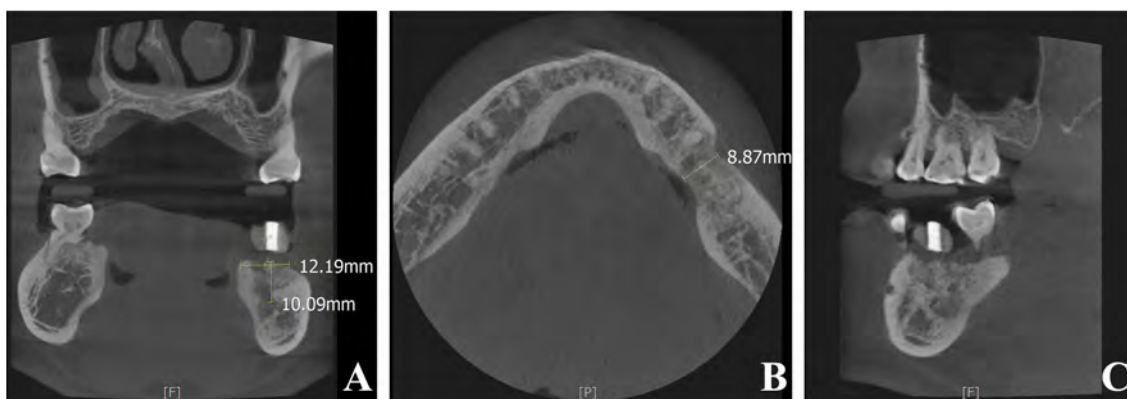


Figure 3. CBCT image of #36 extraction site after 11 months of healing. (A) Coronal view. (B) Axial view. (C) Sagittal view.



Figure 4. Implant placement with graft after 11 months of ARP procedure. (A) 2 mm buccal dehiscence defect following implant installation. (B) Bone graft with xenograft. (C) Interrupted suture with 4-0 monofilament.



Figure 5. (A) Clinical photographs 2 weeks after implant surgery at occlusal view. (B, C) Panoramic and periapical radiograph after implant surgery.

국소마취 하에 직경 5 mm, 길이 8.5 mm 크기의 임플란트 매식체(Osstem TS III®, Osstem Co., Busan, Korea)를 식립하였으며, 30 N 이상의 초기고정을 얻었다. 직경 5 mm, 높이 5 mm의 표준 치유지대주를 연결하고 수술을 마무리하였다(Figure 4A). 이때 임플란트 협측으로 2 mm의 수평열개 관찰되어 탈단백이종골 골이식재(The graft®, Purgo biologics, Seongnam, South Korea) 0.25 g 적용 후 4-0 Nylon 봉합사를 이용하여 단순단속 봉합, 수직 매트리스 봉합을 시행했다(Figure 4B, C). 술 후 항생제(Pamockle 375 mg tid for 5 days) 및 비스테로이드성 진통제(Loxonin 60 mg tid for 5 days)를 처방하였으며, 클로르헥시딘 가글을 하루 2회 사용토록 지시하였다.

수술 후 2주 시점에서 발사 시행하였으며, 감염소견 없이 잘 치유되는 양상을 관찰되었다(Figure 5). 임플란트 식립 4개월 시점에서 임플란트 동요도 측정기(Anycheck®, Neobiotech, Seoul, Korea)를 이용한 임플란트 동요도 2회 측정 시 ITV 79, 76으로 나타나 보철수복을 위한 충분한 골융합을 확보하였음을 확인하였다.

DISCUSSION

본 증례에서, 치주적으로 심하게 손상된 치아를 발치한 후 치조제 보존술을 통해 임플란트를 식립할 수 있는 적절한 치조제의 높이와 폭을 얻었으며, 성공적인 임플란트 식립이 가능하였다. 발치 후 임플란트 식립에 필요한 최소한의 치조제 높이와 폭을 확보하기 어려울 것으로 고려되는 경우 치조제 보존술을 통하여 예상되는 치조제의 위축을 최소화할 수 있다.

Nevins 등은 자연 치유를 유도한 대조군에 비해 발치와에 탈단백우골유래 골이식재를 적용한 경우에 평균 2.78 mm 적은 수직 치조제 높이 감소를 보였다고 하였으며, Barone 등도 이중골 이식재를 적용한 경우 수직적으로는 협측에서 평균 1 mm, 수평적으로는 평균 2 mm의 골 흡수를 줄여 발치와의 형태변화를 막을 수 있다고 보고하였다^{11,12}. 또한, Lim 등¹³의 연구에서는 자연 치유를 유도한 대조군에 비해 콜라겐 함유 탈단백우골유래 골이식재 및 두 겹의 흡수성 차폐막을 적용한 그룹에서 치조정 하방 1 mm에서 3.42 mm, 치조정 하방 3 mm에서 1.96 mm 수평 골흡수를 보여 치조제 보존술의 임상적 유용성을 확인하였다.

Lee 등¹⁴은 치주염에 이환된 대구치의 발거 후 치조제보존술을 시행한 연구를 통해, 콜라겐 함유 탈단백우골유래 골이식재 및 콜라겐 흡수성 차폐막을 적용한 그룹에서 평균 1.45 mm의 수직적 높이 감소 및 치관측에서 평균 2.67 mm의 수평 폭 감소를 확인하였고 건전한 발치와에 시행한 치조제 보존술과 유사한 정도의 부피 유지를 보고하였다.

치조제 보존술 시 흡수성 콜라겐 차폐막의 사용은 비흡수성 차폐막의 사용에 비해 조직친화적이고 판막의 열개나 이로 인한 감

염의 방지, 2차 수술이 불필요함 등의 장점이 있지만 점차 막이 흡수되며 기능이 감소한다는 단점을 보인다¹⁵. 이를 방지하기 위해 두 겹의 흡수성 콜라겐 차폐막을 사용하는 방법이 제시되었는데, 이 방법을 사용한 경우에서 한 겹의 차폐막을 사용한 것에 비해 적은 붓기와 경향과 높은 골 밀도를 얻은 연구 결과가 존재한다¹⁵. 또 다른 임상연구에서는 치조제 보존술 수행 시, 한 겹과 두 겹의 흡수성 콜라겐 차폐막의 차이가 수평적, 수직적 골흡수 양상에 통계적인 차이가 없음을 보고하여 앞선 결과와 상반된 결과를 보고하였다¹⁶.

치조제 보존술 시 골이식재와 흡수성 콜라겐 차폐막을 위치시킨 후 일차 봉합을 이루지 않고 구내에 노출시켜 치유를 유도하였다. 일반적인 골유도 재생술에서와는 다르게 치조제 보존술에서 창상을 노출시켜 치유를 유도하는 방식은 치조제 형태유지 및 생활 골 형성에 큰 차이를 보이지 않는다는 연구결과가 존재하며, 최소 침습적인 술식의 특성상, 술자와 환자 모두에게 도움이 되는 술식으로 고려할 수 있다¹³.

CONCLUSION

치주적으로 손상된 발치와에서 10% 콜라겐 함유 탈단백우골유래 골이식재 및 흡수성 콜라겐 차폐막을 사용한 치조제 보존술은 성공적으로 발치와의 용적 감소를 막을 수 있었으며, 임플란트의 식립 및 골융합에 있어 성공적인 결과를 나타냈다.

REFERENCES

1. Pjetursson BE, Thoma D, Jung R, Zwahlen M, Zembic A. A systematic review of the survival and complication rates of implant-supported fixed dental prostheses (FDPs) after a mean observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res* 2012;23 Suppl 6:22-38.
2. Van der Weijden F, Dell'Acqua F, Slot DE. Alveolar bone dimensional changes of post-extraction sockets in humans: a systematic review. *J Clin Periodontol* 2009;36:1048-1058.
3. Merheb J, Quirynen M, Teughels W. Critical buccal bone dimensions along implants. *Periodontol* 2000 2014;66:97-105.
4. Willenbacher M, Al-Nawas B, Berres M, Kammerer PW, Schiegnitz E. The Effects of Alveolar Ridge Preservation: A Meta-Analysis. *Clin Implant Dent Relat Res* 2016;18:1248-1268.
5. Hammerle CH, Araujo MG, Simion M, Osteology Consensus G. Evidence-based knowledge on the biology and treatment of extraction sockets. *Clin Oral Implants Res* 2012;23 Suppl 5:80-82.
6. Araujo M, Linder E, Wennstrom J, Lindhe J. The influence of Bio-Oss Collagen on healing of an extraction socket: an experimental study in the dog. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:123-135.
7. Araujo MG, Liljenberg B, Lindhe J. Dynamics of Bio-Oss Collagen incorporation in fresh extraction wounds: an experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:55-64.
8. Araujo MG, Lindhe J. Ridge preservation with the use of Bio-Oss col-

- lagen: A 6-month study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:433-440.
9. Kim JJ, Schwarz F, Song HY, Choi Y, Kang KR, Koo KT. Ridge preservation of extraction sockets with chronic pathology using Bio-Oss((R)) Collagen with or without collagen membrane: an experimental study in dogs. *Clin Oral Implants Res* 2017;28:727-733.
10. Kim JJ, Ben Amara H, Schwarz F, et al. Is ridge preservation/augmentation at periodontally compromised extraction sockets safe? A retrospective study. *J Clin Periodontol* 2017;44:1051-1058.
11. Nevins M, Camelo M, Nevins ML, Schenk RK, Lynch SE. Periodontal regeneration in humans using recombinant human platelet-derived growth factor-BB (rhPDGF-BB) and allogenic bone. *J Periodontol* 2003;74:1282-1292.
12. Barone A, Ricci M, Tonelli P, Santini S, Covani U. Tissue changes of extraction sockets in humans: a comparison of spontaneous healing vs. ridge preservation with secondary soft tissue healing. *Clin Oral Implants Res* 2013;24:1231-1237.
13. Lim HC, Shin HS, Cho IW, Koo KT, Park JC. Ridge preservation in molar extraction sites with an open-healing approach: A randomized controlled clinical trial. *J Clin Periodontol* 2019;46:1144-1154.
14. Lee JS, Cha JK, Kim CS. Alveolar ridge regeneration of damaged extraction sockets using deproteinized porcine versus bovine bone minerals: A randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2018;20:729-737.
15. Kim SH, Kim DY, Kim KH, Ku Y, Rhyu IC, Lee YM. The efficacy of a double-layer collagen membrane technique for overlaying block grafts in a rabbit calvarium model. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:1124-1132.
16. Choi HK, Cho HY, Lee SJ, et al. Alveolar ridge preservation with an open-healing approach using single-layer or double-layer coverage with collagen membranes. *J Periodontal Implant Sci* 2017;47:372-380.

임플란트 지대주 수준 인상 시 디지털 중첩을 통한 변연 확보: 증례 보고

백연화¹, 임영준²

¹관악서울대학교치과병원 치과보철과, ²서울대학교 치의학대학원 치과보철학교실

Abutment level impression of implants using digital superimposition: a case report

Yeon-Wha Baek¹, Young-Jun Lim²

¹Department of Prosthodontics, Seoul National University Gwanak Dental Hospital, ²Department of Prosthodontics and Dental Research Institute, School of Dentistry, Seoul National University, Seoul, Korea

The customized abutments have been widely used for more physiologic and esthetic implant prostheses and gingival retraction is often required to obtain distinct margin of customized abutment impressions. However, gingival retraction is a time and labor consuming process and can cause bleeding and pain of the patients. In this case, before the connection of the abutments to the implant fixtures, the customized abutments were scanned and stored, and the abutment level impression was taken without gingival retraction process after connecting the abutments to the fixtures. Prescanned customized abutment data were superimposed onto the scanned data of abutment level impression model to obtain the abutment margin indirectly in CAD. Implant supported prostheses were fabricated on the abutment margin obtained by superimposing, and presented clinically acceptable satisfactory outcome. (THE JOURNAL OF KOREAN ACADEMY OF OSSEOINTEGRATION 2020;12(2):53-57)

Key words: Customized abutment, Superimposing, Abutment margin, Abutment level impression

INTRODUCTION

임플란트 보철물 제작 시 각 환자의 구강 상황에 맞춰 디자인하는 맞춤형 지대주(customized abutment)를 사용하여 보다 자연치의 형태와 유사한 생리적, 심미적으로 우수한 보철물을 제작할 수 있다. 맞춤형 지대주의 장단점에 대해서는 이견들이 있으나 해부학적 조건에 따라 마진 및 출현윤곽을 설정할 수 있고 및 임플란트 고정체의 식립 방향을 보상할 수 있어 최근 CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing)의 발달과 맞물려 과거에 비해 훨씬 널리 사용되고 있다.

일반적으로 임플란트 고정체에 인상용 코핑(impression coping)이나 스캔 바디(scan body)를 연결하고 인상재를 이용하거나 구강 내 스캔을 통해 고정체 수준 인상(fixture level impression)을 채득 후 맞춤형 지대주와 보철물을 동시에 제작할 수 있고 그 정확도도 우수한 것으로 보고되고 있다^{1,2}. 그러나 실질 임상에서 다수

의 임플란트를 수복한다든가 임시 수복 상태에서 충분한 평가 후 최종보철 제작이 필요한 경우 등 지대주 수준의 인상 채득이 필요한 상황들이 발생한다. 특히 최근 내측 연결형 임플란트의 사용 증가로 지대주 연결 후의 정착 효과(settling effect)를 고려하여야 하는데 임플란트 식립체와 지대주 간의 정착 효과에 의해 지대주가 아래쪽으로 가라앉는 침하(sinking) 현상이 발생하여 보철물 연결 나사가 풀리는 등의 부작용이 발생하기도 한다³. 이러한 정착 효과로 인한 부작용을 최소화하기 위해 일부 연구에서는 1주일에서 길게는 1달 간 임시 보철물 상태에서 사용하도록 하여 정착효과 및 침하 현상이 최대한 발생하도록 한 후 나사를 재체결하고 지대주 수준의 인상을 채득하여 최종보철물을 제작하여야 한다고 하였다^{4,5}.

지대주의 인상 채득 시 자연치에서와 마찬가지로 정확한 보철물 제작을 위해서는 마진을 정확히 채득하여야 하는데 치은이 지대주 상방으로 넘어 오는 경우가 많고 심미적 수복물을 위해 치은 의도적으로 연하 마진을 설정하기도 한다. 이러한 경우 마진을 노

Received November 5, 2020, Revised December 5, 2020, Accepted December 10, 2020

Copyright © 2020 Korean Academy of Osseointegration

교신저자: 백연화, 08826, 서울시 관악구 관악로 1, 관악서울대학교치과병원 치과보철과

Corresponding Author: Yeon-Wha Baek, Department of Prosthodontics, Seoul National University Gwanak Dental Hospital, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 08826, Korea, Tel: +82-2-6747-6114, Fax: +82-2-6747-6519, E-mail: notus@hanmail.net

출시하기 위해 지대주 주변으로 코드를 삽입해야 하는데 이 과정은 시간, 노동 소모적인 과정으로 술자에게 부담스러운 과정이 될 수 있고, 환자에게 통증을 유발하고 출혈 및 치은 손상을 야기할 수 있으며, 고정체 수준 인상체에서 맞춤형 지대주와 보철물을 동시에 제작할 때에 비해 마진이 부정확하게 인기 되는 경우가 많다. 따라서 지대주 수준 인상 채득 시 맞춤형 지대주를 미리 스캔해서 라이브러리를 형성해 놓은 후, 구강 내에 맞춤형 지대주를 연결하고 지대주 수준에서 채득한 인상 데이터에 맞춤형 지대주 라이브러리 데이터를 중첩하여 간접적으로 정확한 보철물의 마진을 확보할 수 있다면 전술한 시간, 노동 소모적인 과정을 거치지 않을 수 있다.

본 증례 보고에서는 상악 구치부 무치악 부위에 상기 방법을 이용하여 다수의 임플란트를 수복한 증례를 보고하고자 한다.

CASE REPORT

본 증례의 환자는 60세 여성으로 치주염으로 치아를 상실한 상악 구치부에 임플란트로 수복하기 위해 내원하였다. 구치부가 상실된 상악 우측 구치부에 14, 15, 17번 치아 해당 부위에 임플란트 (TSIIISA, Osstem Co., Busan, Korea; Ø3.5 × 10 mm-#14, Ø4.0 × 10 mm-#15, Ø5.0 × 8.0 mm-#17)를 식립하고 치유 지대주 (TS healing abutment, Osstem Co., Busan, Korea; Ø4.0 × 7 mm-

#14, Ø5.0 × 5 mm-#15, 17)를 연결하였다. 임플란트 식립 4개월 후 보철 수복을 진행하였다.

임플란트에 치유 지대주 대신 인상용 코핑을 연결 후 기성 플라 스틱 트레이 및 라이트 바디와 헤비 바디의 부가 중합형 실리콘 인상재 (Imprint II, 3M-ESPE, St. Paul, MN, USA)를 이용하여 오픈 트레이 인상 방식으로 상악 인상을 채득하고, 기성 금속 트레이 및 같은 재료를 사용하여 하악 인상을 채득하였다. #15, 17 임플란트에 10 mm 높이의 바이트인덱스 (Bite Index, Osstem Co., Busan, Korea)를 연결한 후 교합 인기재 (Blue-Mousse, Parkell, Farmingdale, NY, USA)로 최대 감합위 교합을 채득하였다. 모형을 제작한 후 기공 스캐너 (Medit T500, Medit Corp., Seoul, Korea)로 상하악 모형을 스캔하고 최대 감합위 교합 상태의 모델 측면을 스캔, 저장하였다. CAD 소프트웨어 (exocad DentalCAD; exocad GmbH, Darmstadt, Germany) 상에서 맞춤형 지대주와 임시 보철물을 디자인 후 각각 티타늄 블록 (CMFit, GeoMedi Co., Uiwang, Korea)과 폴리메틸메탈레이트 블록 (PMMA block, Huge Dental Material Co., Shandong, China)을 밀링 (Arum 5X-200, Doowon, Daejeon, Korea)하여 맞춤형 지대주와 임시 보철물을 제작하였다. 제작된 맞춤형 지대주를 기공 스캐너로 스캔하여 미리 맞춤형 지대주 라이브러리 파일을 저장하였다. 스캔 시 불필요한 반사를 방지하기 위해 스캔 파우더 (VITA Powder Scan Spray; VITA Zahn-



Figure 1. Temporization of 14, 15, 17 implants. (A) Healing abutments, (B) titanium customized abutments, (C) provisional fixed partial denture cemented with temporary cement.

fabrik, Bad Säckingen, Germany)를 사용하였다. 환자에게 맞춤형 지대주를 30 Ncm로 연결하고 임시 보철물을 임시 접착제(Temp-Bond NE, Kerr Corp., Orange, CA, USA)로 부착한 후 2달 간 사용하게 하며 관찰하였다(Figure 1).

환자가 이상 없이 임시 보철물을 사용함을 확인한 후 최종 보철물로 교체하기로 하였다. 먼저 임시 보철물을 제거 후 기성 메탈트레이 및 라이트 바디와 헤비 바디의 부가 중합형 실리콘 인상재



Figure 2. Customized abutments after removal of provisional fixed partial denture. Parts of abutment margin became placed subgingivally (arrows).

(Imprint II, 3M-ESPE., St. Paul, MN, USA)를 이용하여 지대주 상의 인상을 채득하고 교합 인가재(Blue-Mousse, Parkell, Farmingdale, NY, USA)로 지대주와 대합치 간의 교합관계를 채득하였다. 지대주 상방으로 치은이 올라와 마진이 잘 보이지 않는 부분들이 있었으나 코드 삽입 등을 통한 마진 노출 과정 없이 그대로 지대주 수준 인상을 채득하였다(Figure 2). 통법대로 모형을 제작하고 기공 스캐너로 모형과 교합을 스캔한 후 미리 제작해놓은 맞춤형 지대주 라이브러리 파일을 스캔한 모형의 지대주 부위에 중첩하였다. 맞춤형 지대주에 디자인한 유지구 상의 한 점을 참조점으로 하여 중첩하였다(Figure 3, 4).

중첩된 지대주의 마진에 맞춰 #14~17 단일 지르코니아 고정성 국소의치를 CAD 소프트웨어 상에서 디자인하고 18 mm 높이의 A2 지르코니아 블록(Razor, UNC Int., Seoul, Korea)을 밀링(Arum 5X-200, Doowon, Daejeon, Korea)하여 제작하였다. 완성된 최종 보철물을 환자의 구강 내에 시적 및 약간의 조정 후 지대주에 임시 레진 시멘트(Premier implant cement, Premier dental products Co., Plymouth meeting, PA, USA)로 부착하였다(Figure 5).

DISCUSSION

본 증례에서는 맞춤형 지대주를 미리 스캔해서 라이브러리를

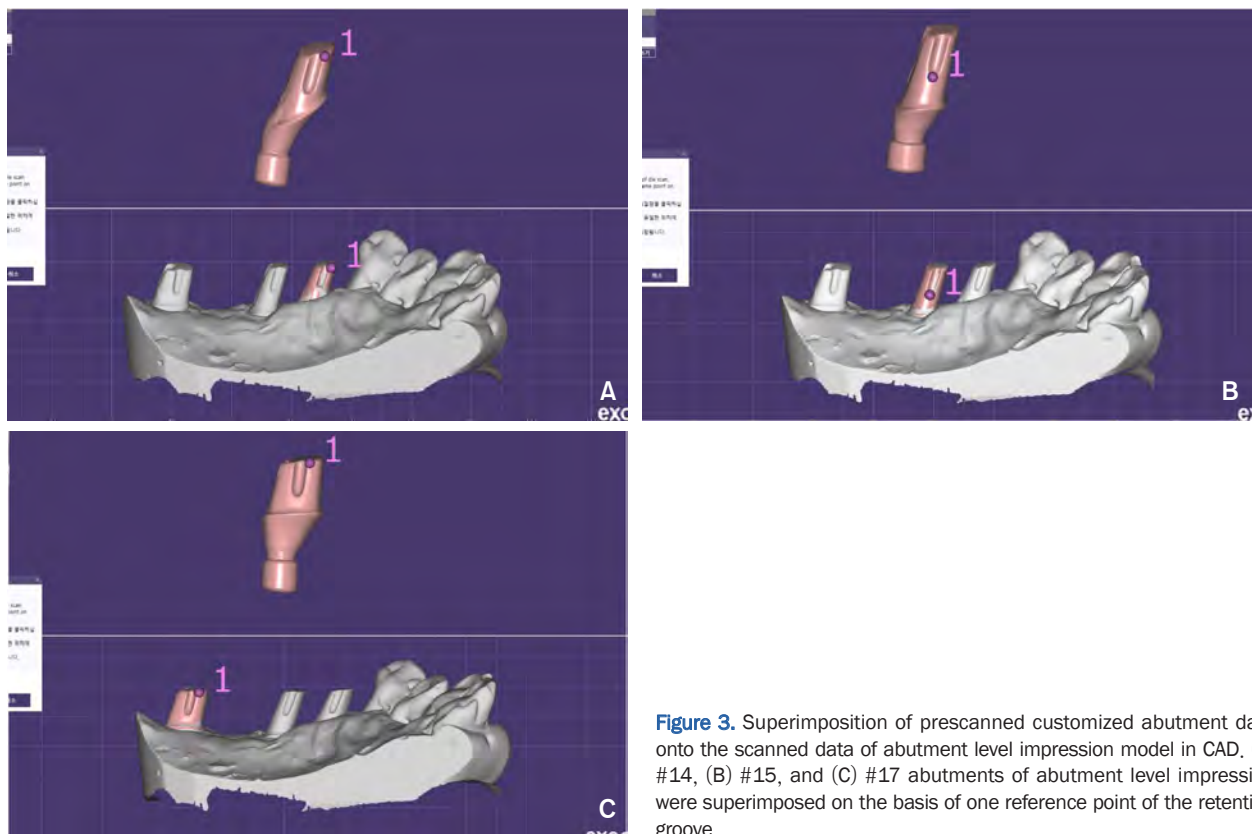


Figure 3. Superimposition of prescanned customized abutment data onto the scanned data of abutment level impression model in CAD. (A) #14, (B) #15, and (C) #17 abutments of abutment level impression were superimposed on the basis of one reference point of the retention groove.

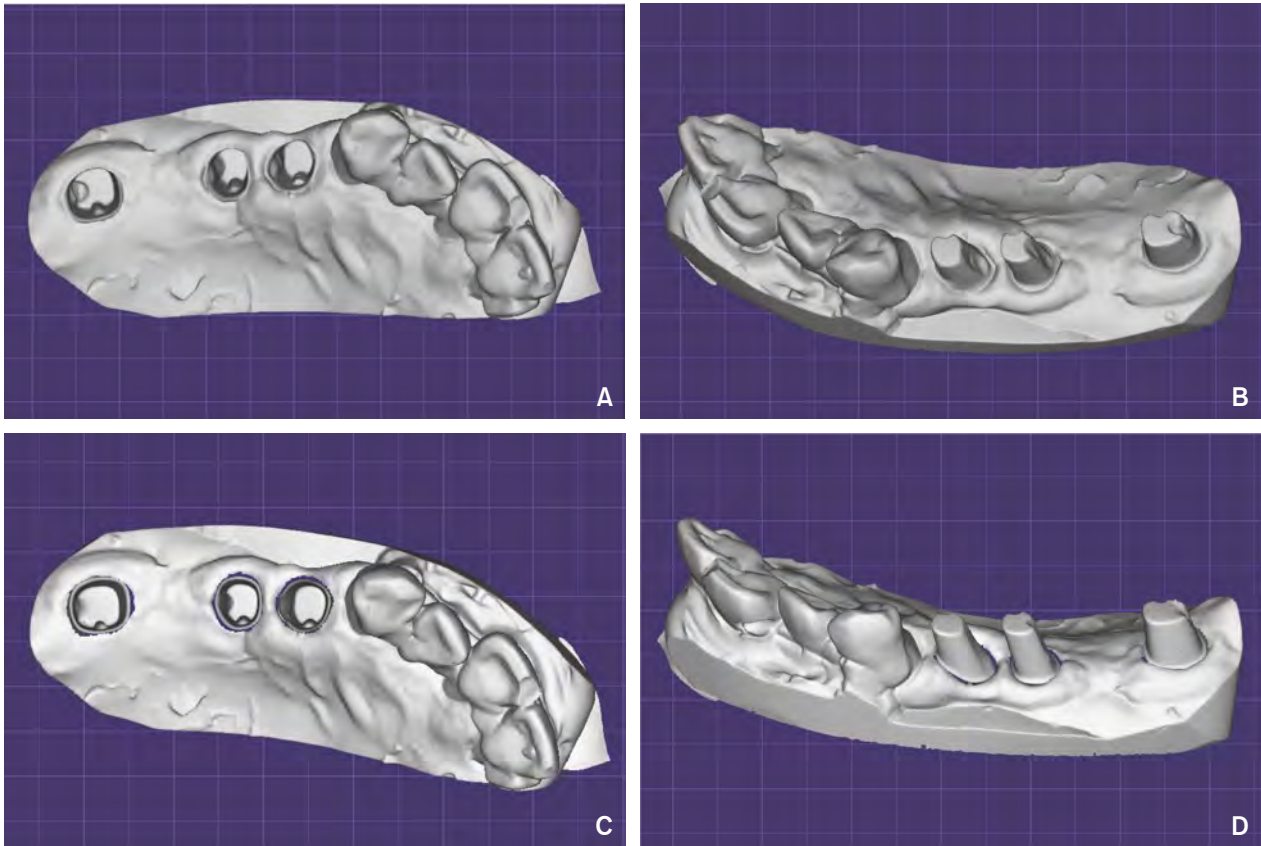


Figure 4. Abutment level impression model in CAD, (A, B) before superimposition, (C, D) after superimposition. The more distinct margins were indirectly obtained by superimposition process.



Figure 5. Intraoral buccal view of definitive implant supported fixed partial denture of 14~17 region.

형성해 놓은 후, 구강 내에 맞춘 지대주를 연결하고 채득한 인상 데이터에 라이브러리 데이터를 중첩하여 간접적으로 지대주의 마진을 확보하였다. 지대주 인상 채득 시 지대주의 마진이 치은에 덮혀 제대로 보이지 않는 상황이었으나 치은 노출 과정 없이 그대로 인상을 채득하였다. 따라서 지대주 모형 상 지대주의 마진, 특히 14번

지대주의 마진이 뚜렷하지 않은 상태였고 미리 제작한 지대주 라이브러리 파일을 중첩하여 마진을 간접적으로 확보할 수 있었다. 이러한 술식을 통해 인상 채득 시 코드를 삽입하는 등의 지대주의 마진을 노출시키기 위한 시간 및 노동 소모적인 과정을 생략하고도 지대주에 설정한 마진을 재현하여 보다 정확하게 맞는 보철물을 제작하고자 하였다.

기존 논문들을 검색해보면 본 증례와 같은 시도를 단일 임플란트에 대해 새로운 인상 기술로 소개하는 짧은 문헌들을 찾아볼 수 있었다^{6,7}. 실질적으로 지대주 상의 인상 채득은 단일 임플란트보다 다수의 임플란트 수복 시 필요한 경우가 많아 3개의 임플란트 4개의 금관을 수복해야 하는 본 증례에서 상기의 술식을 시도해보았다. 최종 보철물의 정확도를 실험적으로 측정해보지는 않았으나 통상적인 임상 평가 상 수복 가능할 정도의 정확한 보철물이 제작되어 체어사이드에서 거의 조정 없이 수복 완료할 수 있었다.

본 증례에서는 인상 채득 시 구강 스캐너 대신 전통적인 인상재를 이용한 인상채득을 시행하였는데 디지털 인상 채득의 정확성이 많이 개선되고 특히 단일 임플란트에 대해서는 높은 예지성있는 결과가 보고되고 있으나^{8,9} 치아 결손 부위가 넓을수록 치아 결손 부위에는 참고점으로 이용할만한 뚜렷한 해부학적 구조물이 없어

정확한 디지털 인상 채득이 어렵고 임플란트 간 거리가 증가할수록 그 정확성이 감소하는 것으로 알려져 있다¹⁰. 본 증례에서는 지대주를 증첩하는 술식이 임상적으로 가능한지를 알아보고자 하였으므로 그 외의 변수는 최소화하고자 전통적인 인상 채득 방식으로 제작하였다.

임플란트의 디지털 인상채득용으로 각 제조사에서는 임플란트 고정체에 연결해서 고정체 수준 인상을 채득하는 스캔 바디를 제작하고 있는데 그 형태, 재질 등에 따른 정확성에 대해 평가하는 연구들이 다수 진행되고 있다. 이들 연구에 따르면 스캔바디에는 대부분 편평한 면이 포함되어 있는데 이는 비대칭한 형태를 통해 스캔바디를 인덱스할 수 있고 CAD 소프트웨어가 표면을 더 잘 인지할 수 있도록 해준다고 보고하고 있다¹¹. 이러한 점을 응용하여 맞춤 지대주 설계시 미리 참조점을 활용할만한 디자인을 부여하는 것을 고려해볼 수 있다. 본 증례에서는 맞춤 지대주에 유지구를 설계하여 증첩 시 참조점으로 활용하여 보다 더 정확한 증첩을 얻을 수 있었다.

CONCLUSION

본 증례에서는 맞춤형 지대주를 미리 스캔하여 라이브러리 자료를 확보한 후 지대주 수준의 구강 인상채득 후 맞춤형 지대주의 라이브러리 자료를 증첩하여 마진을 간접적으로 확보하는 방법으로 임상적으로 만족스러운 결과를 얻을 수 있었다. 향후 그 정확성에 대한 실험적 연구가 더 이루어지고 술식이 보완되어 디지털 인상채득과 함께 보다 더 널리 활성화된다면 술자에게 보다 간편한 술식을 환자에게 보다 정확한 보철물을 제공할 수 있을 것이라 기대된다.

ACKNOWLEDGEMENTS

이 논문은 서울대학교 원내연구과제 연구비 지원에 의해 이루어졌으며(과제번호 08-2020-0010), 기공 과정을 위한 오혜진 기공사의 노고에 진심으로 감사드립니다.

REFERENCES

1. Geramipanh F, Sahebi M, Davari M, Hajimahmoudi M, Rakhshan V. Effects of impression levels and trays on the accuracy of impressions taken from angulated implants. *Clinical oral implants research* 2015; 26:1098-1105.
2. Zeller S, Guichet D, Kontogiorgos E, Nagy WW. Accuracy of three digital workflows for implant abutment and crown fabrication using a digital measuring technique. *The Journal of prosthetic dentistry* 2019;121:276-284.
3. Jörnér L, Jemt T, Carlsson L. Loads and designs of screw joints for single crowns supported by osseointegrated implants. *The International journal of oral & maxillofacial implants* 1992;7:353-359.
4. Kim K, Lim Y, Kim M, Kwon H, Yang J, Lee J, et al. Variation in the total lengths of abutment/implant assemblies generated with a function of applied tightening torque in external and internal implant-abutment connection. *Clinical oral implants research* 2011;22:834.
5. Kim KS, Han JS, Lim YJ. Settling of abutments into implants and changes in removal torque in five different implant-abutment connections. Part 1: Cyclic loading. *The International journal of oral & maxillofacial implants* 2014;29:1079-1084.
6. Cho WT, Bae EB, Ahn JJ, Huh JB. Cordless digital workflow for scanning implant-supported prostheses at the abutment level: A dental technique. *The Journal of prosthetic dentistry* 2020.
7. Kim J, Jeong C, Yun M, Lee S, Lee H, Huh J. Clinical accuracy of impression technique using digital superimposition of customized abutment with subgingival margin: A case report. *J Korean Acad Prosthodont* 2020;58:169-175.
8. Lee SJ, Gallucci GO. Digital vs. conventional implant impressions: efficiency outcomes. *Clin Oral Implants Res* 2013;24:111-115.
9. Lin WS, Harris BT, Morton D. The use of a scannable impression coping and digital impression technique to fabricate a customized anatomic abutment and zirconia restoration in the esthetic zone. *The Journal of prosthetic dentistry* 2013;109:187-191.
10. Gimenez B, Ozcan M, Martinez-Rus F, Pradies G. Accuracy of a Digital Impression System Based on Active Triangulation Technology With Blue Light for Implants: Effect of Clinically Relevant Parameters. *Implant dentistry* 2015;24:498-504.
11. Mizumoto RM, Yilmaz B. Intraoral scan bodies in implant dentistry: A systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry* 2018;120: 343-352.

골흡수가 심한 상악 무치악에서 비흡수성 차폐막을 이용한 수직적 골증대술의 장기 추적 결과

박기열¹, 이종빈¹, 방은경^{1,2}

¹이화여자대학교부속 목동병원 치주과, ²이화여자대학교 의과대학 치과학교실 치주과

Long-term outcome of vertical ridge augmentation with non-resorbable membrane in atrophic edentulous maxilla

Ki-Yeol Park¹, Jong-Bin Lee¹, Eun-Kyoung Pang^{1,2}

¹Department of Periodontology, Ewha Womans University Mokdong Hospital, ²Department of Periodontology, College of Medicine, Ewha Womans University, Seoul, Korea

As a sequence of post-extraction ridge resorption and secondary pneumatization of the maxillary sinus, the height of available bone is significantly reduced in posterior maxilla. Therefore, for the correct and safe placement of implants in atrophic maxilla, site development procedure such as vertical ridge augmentation is recommended. The aim of the case report was to evaluate the long-term clinical and radiographic outcomes of implants placed into bone regenerated by vertical ridge augmentation using non-resorbable membrane. Three patients were selected from those seeking implant rehabilitation and presenting an insufficient corono-apical height of available bone due to severe ridge atrophy and post-extraction. The vertical ridge augmentation was performed using bone substitute and non-resorbable membrane, and staged implant placement was performed. The crestal bone resorption was measured at the time of surgery and follow up period with the distance from the CEJ to alveolar bone crest on panoramic view. In all cases, sufficient bone regenerated through vertical augmentation with non-resorbable membrane was observed. There is no noticeable decrease in vertical bone level between the baseline and follow-up periods. It is concluded that vertical augmentation with non-resorbable membrane at the severe atrophic ridge offer safe and predictable long-term results. (THE JOURNAL OF KOREAN ACADEMY OF OSSEOINTEGRATION 2020;12(2):58-64)

Key words: Vertical ridge augmentations, Dental implants, Guided bone regeneration, Long term outcome

INTRODUCTION

부분무치악 또는 전악무치악 환자를 임플란트를 통해 수복하는 치료는 예지성 있는 치료방법으로 보고되어왔고 널리 이용되고 있다. 하지만 발치 및 치주질환으로 인한 치조제 흡수나 외상, 감염, 성장 및 발육으로 인해 위축된 치조골에서 임플란트를 식립해야 하는 경우, 이상적인 위치로의 식립이 제한되며 임플란트의 예후에 영향을 미치게 된다². 따라서 위축된 치조제에 골부피를 증가시켜 주는 여러가지 치조제 증대술 방법이 발전되어왔고, 골신장술, 블록골이식술, 치조능분할술, 골유도재생술 등의 술식이 대표적이다³.

여러가지 치조제 증대술 방법 중 골유도재생술(Guided bone

regeneration; GBR)은 임플란트 식립 전 또는 식립 후 일반적으로 사용되는 방법이다. 골유도재생술의 원리는 차폐막을 통하여 상피 세포를 배제하고 골모세포(Osteoblast)의 증식을 유도하는 것으로, 부족한 치조제에서 성공적인 수평 및 수직적 골재생이 관찰되었다고 보고되고 있다⁴.

본 증례보고에서는 비흡수성 차폐막을 이용하여 수직적 골증대술을 시행한 증례들을 살펴보고, 9년 또는 11년간의 장기추적한 결과들을 방사선학적으로 분석하고 비교하고자 한다.

Received November 26, 2020, Revised December 5, 2020, Accepted December 10, 2020

Copyright © 2020 Korean Academy of Osseointegration

교신저자: 방은경, 07985, 서울시 양천구 안양천로 1071, 이화여자대학교 의과대학 치과학교실 치주과

Corresponding Author: Eun-Kyoung Pang, Department of Periodontology, College of Medicine, Ewha Womans University, 1071 Anyangcheon-ro, Yangcheon-gu, Seoul 07985, Korea, Tel: +82-2-2650-2679, Fax: +82-2-2650-5764, E-mail: ekpang@ewha.ac.kr

CASE REPORT

1. 증례 1

1) 술전 평가

환자는 57세 여환으로, #26, 27의 동요도를 주소로 내원하였다. 특별한 의과적 병력은 없었다. 임상적 및 방사선학적 검사 상 #26, 27 치아부위의 치조골이 심하게 흡수되어 부유치 양상이 관찰되었고, 타진에 양성반응 및 3도의 동요도로 발치 후 임플란트 식립을 계획하였다.

발치 3개월 후 stent 장착 후 Cone-beam computed tomography (CBCT) 촬영하여 심각한 수직적 골흡수 관찰하였고(Figure 1g), 상악동 골이식과 골유도재생술을 이용한 수직적 치조계 증대

술을 동시에 시행하고 임플란트를 지연식립 하기로 계획하였다.

2) 상악동 거상술을 동반한 치조계 증대술 및 임플란트 식립

국소마취 하에 전충판막을 거상하였고 치조계 결손부위는 Siebert Class III임을 확인하였다(Figure 1a). 측방접근법(Lateral approach)을 통해 상악동거상술 시행하였고(Figure 1b), 이중골 이식체인 탈단백 우골(Bio-Oss®, Geistlich Biomaterials, Wolhusen, Switzerland) large particle (1~2 mm) 0.5 g 및 small particle (0.25~1 mm) 0.5 g, 동측 상악결절부위에서 채취한 자가골을 혼합하여 골이식을 시행하였다. 또한 비흡수성 차폐막(GORE-TEX® TR9W Regenerative Membrane Titanium Reinforced; W. L. Gore & Associates Inc., Flagstaff, AZ, USA)을 이용하여 골유도재생술을 시행하여 치조계를 재건하였다(Figure 1c). 치조정 근심협

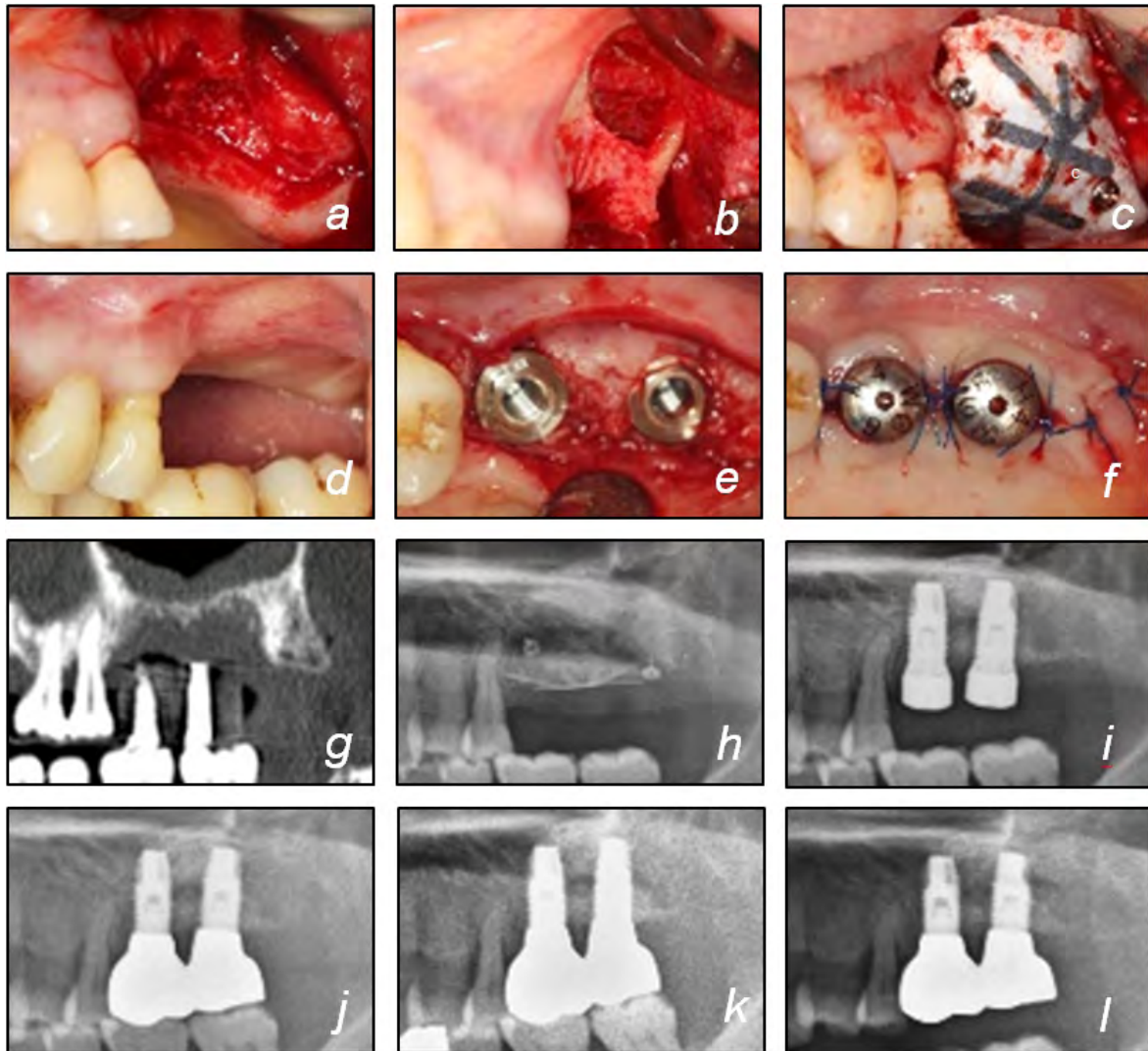


Figure 1. Case 1. Clinical view of (a) pre-operation, (b, c) vertical augmentation, (d~f) post-operation 8 months and implant installation. Radiographic view of (g) post-extraction, (h) post-augmentation, (i) post-implant installation, (j) post-operation 4 years, (k) post-operation 5 years, (l) post-operation 9 years.

측과 원심협측에 screw로 고정을 시행하고, 수평매트리스봉합을 이용하여 차폐막을 안정화하였다. 수술 후 항생제(Flomox 75 mg, Ildong Pharm)와 진통제(Airtal 100 mg, Daeung Pharm), 비충혈 제거제(Pseudoephedrine 60 mg, Samil Pharm)를 하루 3번, 7일간 경구복용 처방하였으며, 0.12% 클로르헥시딘 가글을 지속하도록 지도하였다.

2주 후 수술부위 발사 시행하였고, 치유양상은 양호하였다. 치조제 증대술 1달 후 비흡수성 차폐막을 제거하였고, 그로부터 7개월 후 #26, 27 부위에 직경 5 mm, 길이 11.5 mm 임플란트(USII, Osstem Co. Ltd, Seoul, Korea)를 각각 식립하고 치유지대주를 연결하였다(Figure 1d~f). 3개월 후 수술부위는 양호한 치유상태를 나타내었고, Osstell (Osstell mentor, Göteborg, Sweden)을 이용한

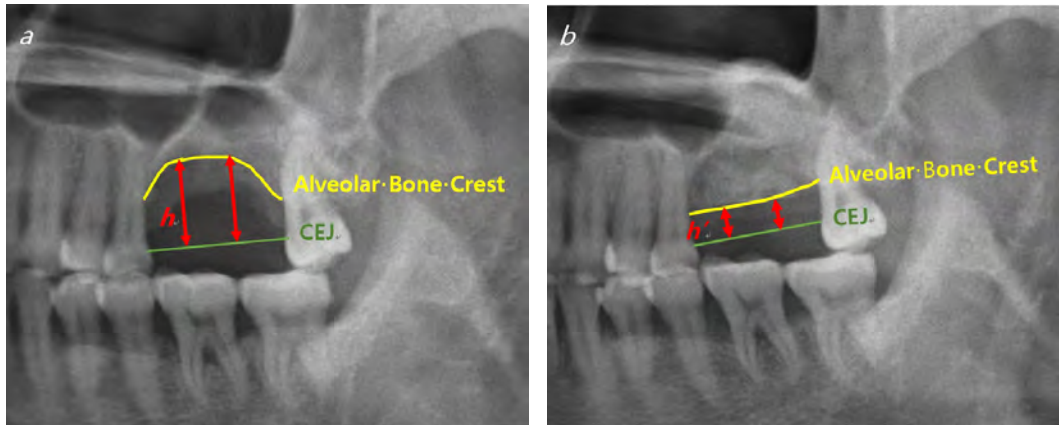


Figure 2. Radiographic evaluation with panoramic view (a) pre-operative, (b) post-operative. CEJ: cemento-enamel junction, h: height from alveolar bone crest to CEJ.



Figure 3. Change of crestal bone loss of case 1, 2, 3.

ISQ 수치를 측정 결과 #26부위 77, #27부위 76.5로 안정되어 최종 보철물로 수복하였다.

3) 술후 평가

발치 직후, 치조제 증대술 직후, 임플란트 식립 직후와 치조제 증대술 후 1년, 4년, 5년, 9년째의 파노라마 방사선 사진(Figure 1g~l)을 통하여 인접치의 CEJ를 이은 선으로부터 무치악 부위의 치조정 상방까지의 거리를 각각 측정하였다(Figure 2). #26 부위의 경우 5.09 mm, #27은 4.58 mm의 골증대가 관찰되었다. 그 후 1년, 4년, 5년, 9년 후 평가 시 #26부위는 각각 0.7, 0.9, 1.35, 2.4 mm의 골높이 감소가 관찰되었고, #27부위는 각각 0.76, 1.25, 1.35, 2.25 mm의 골높이 감소가 관찰되었다(Figure 3).

2. 증례 2

1) 술전 평가

환자는 69세 남환으로, #26 통증을 주소로 내원하였다. 의과적 병력으로 고혈압이 있었으며 임상적 및 방사선학적 검사상 #26에 타진에 양성 반응과 함께 수직적 동요도가 관찰되어 발치 후 임플란트 식립을 계획하였다.

발치 4개월 후 촬영한 파노라마 방사선 사진 상 심각한 수직적 골흡수 관찰되었고(Figure 4g), 골유도재생술을 이용한 수직적 골 증대술을 시행하여 치조제 재건 후 단계적으로 임플란트 식립을 계획하였다.

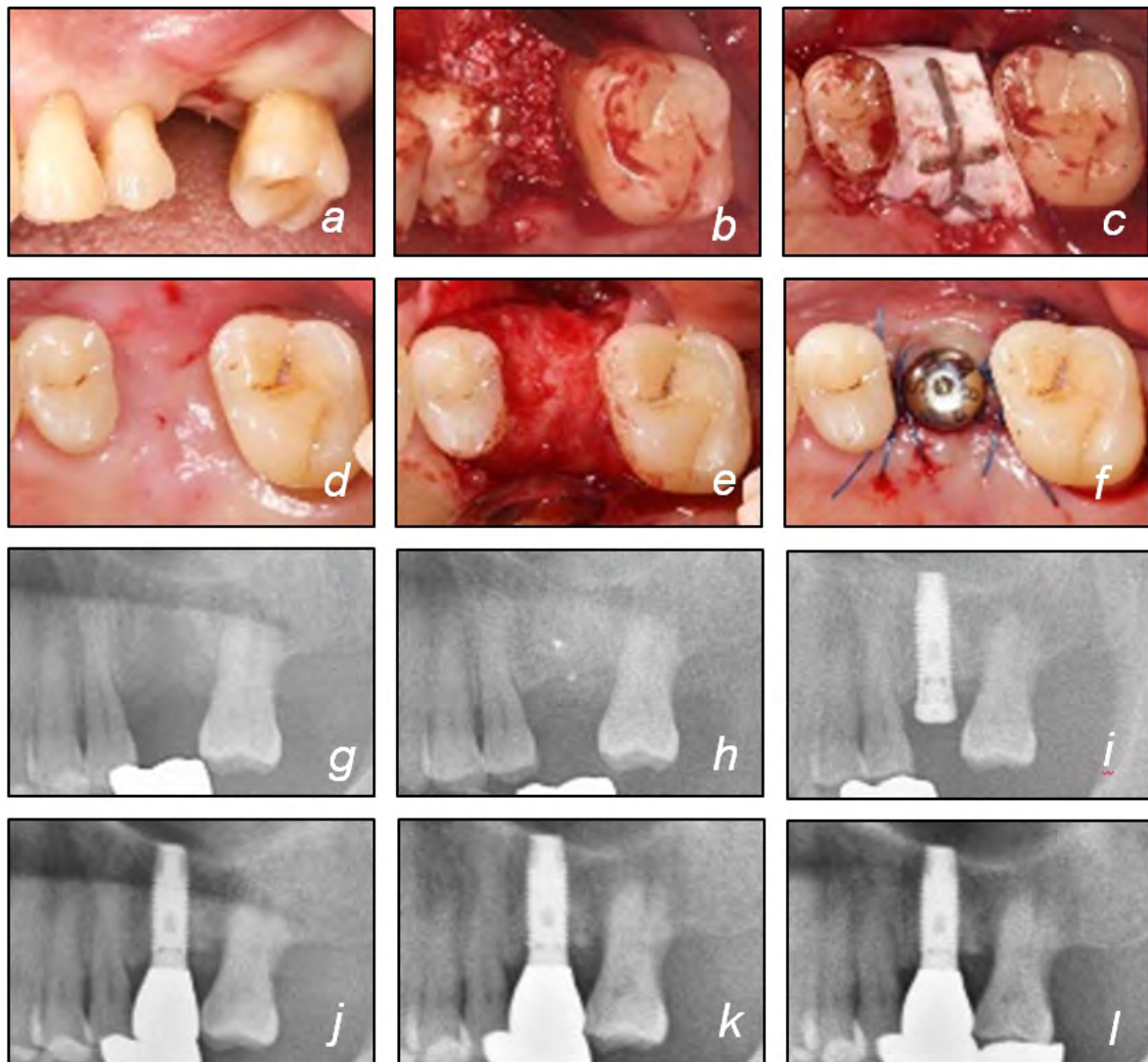


Figure 4. Case 2. Clinical view of (a) pre-operation, (b, c) vertical augmentation, (d~f) post-operation 7 months and implant installation. Radiographic view of (g) post-extraction, (h) post-augmentation, (i) post-implant installation, (j) post-operation 4 years, (k) post-operation 9 years, (l) post-operation 11 years.

2) 치조제 증대술 및 임플란트 식립

국소마취 하에 전충판막을 거상 후 치조제 결손부위가 Siebert Class III임을 확인하였다(Figure 4a). 수직적 및 수평적 골결손 부위에 비흡수성 차폐막(GORE-TEX® TR4Y Regenerative Membrane Titanium Reinforced)과 이중골 이식재인 탈단백우골(Bio-Oss®) small particle (0.25~1 mm) 0.5 g 및 동측 상악결절부위에서 채취한 자가골을 혼합하여 골유도재생술을 통해 치조제를 재건하였다. 협측 정중앙에 screw를 이용하여 차폐막을 고정하였고, 수평 매트리스 봉합을 통해 안정화 후 일차봉합 시행하였다(Figure 4b, c).

수술 후 항생제(Ceclor 250 mg, Daeung Pharm)와 진통제(Klimain, 370 mg, Samjin Pharm)를 하루 3번 7일간, 스테로이드(Dexamethasone)를 하루 3번 2일간 경구복용 처방하였으며, 0.12% 클로르헥시딘 가글을 지속하도록 지도하였다.

10일 후 수술부위에 발사를 시행하였고, 치유양상은 양호하였다. 치조제 증대술 7달 후 국소마취 하에 전충판막을 거상하여 비흡수성 차폐막을 제거하였고, 직경 4.8 mm, 길이 13 mm의 임플란트(SSII, Osstem Co. Ltd, Seoul, Korea)를 식립하고 치유지대주를 연결하였다(Figure 4d~f). 3개월 후 수술부위는 양호한 치유상태를 나타내었고, Osstell을 이용한 ISQ 수치를 측정하여 #26부위 75로 평가되어 최종보철수복 진행하였다.

3) 술후 평가

발치 직후, 치조제 증대술 직후, 임플란트 식립 직후와 치조제 증대술 후 4년, 9년, 11년째의 파노라마 방사선 사진을 통하여 앞선 증례에서 시행한 방식과 동일하게 치조제 골높이의 변화를 측정하였다(Figure 4g~l). 치조제 증대술 후 #26 부위는 9.6 mm의 골증대가 관찰되었으며, 4년 후 1.35 mm, 9년 후 1.8 mm, 11년 후 1.83

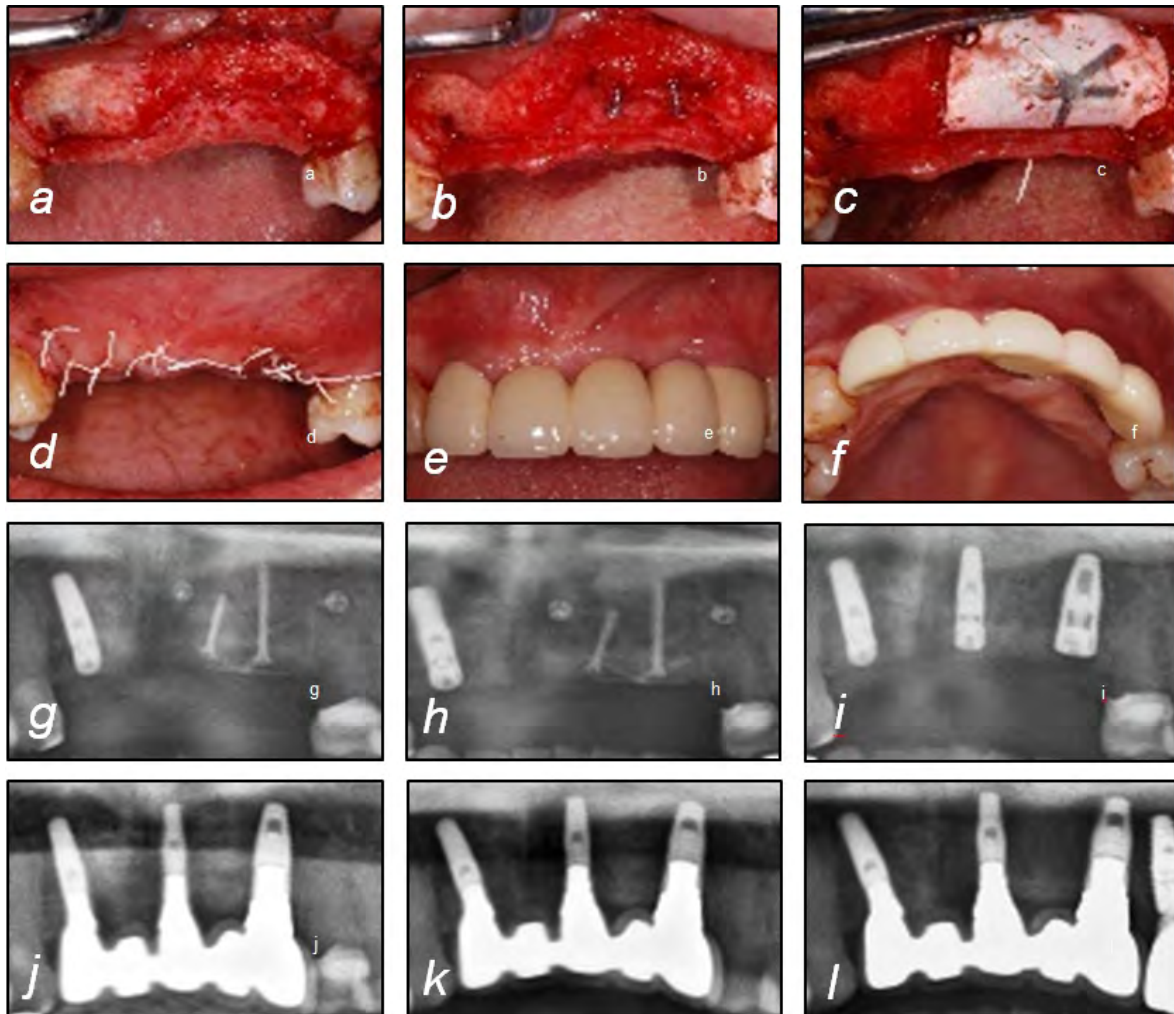


Figure 5. Case 3. Clinical view of (a) pre-operation, (b~d) vertical augmentation, (e, f) post-operation 1 year. Radiographic view of (g) post-augmentation, (h) post-operation 6 months (i) post-implant installation, (j) post-operation 2 years, (k) post-operation 7 years, (l) post-operation 9 years.

mm의 골높이 감소가 각각 관찰되었다(Figure 3).

3. 증례 3

1) 술전 평가

환자는 45세 여환으로, 전반적인 치료를 받고싶다는 것을 주소로 내원하였다. 특기할만한 의과적 병력은 없었고, 진행된 치주염으로 인해 상악 전치부에 남은 치아 #11, 21를 발치한 후 #12, 21, 23 부위에 임플란트 식립을 계획하였다.

발치 2개월 후 stent 장착 하여 CBCT를 촬영하였으며, 5개월 후 #12, 21, 23 부위에 비흡수성 차폐막을 이용한 치조제분할술 및 골유도재생술을 시행하고 임플란트를 동시에 식립하였다. 3개월 후 #23 부위에 감염소견이 관찰되었고 차폐막 제거와 함께 #21, 23의 임플란트를 제거하였다. 제거 후 발생한 수평적, 수직적 골결손에 대해 골유도재생술을 이용한 수직적 골증대술을 시행하여 치조제 재건 후 단계적으로 임플란트 식립을 다시 계획하였다.

2) 치조제 증대술 및 임플란트 식립

국소마취 하에 전충판막을 거상하고 #21~23부위에 치조제 결손부가 Siebert Class III임을 확인하였다(Figure 5a). 치조정 근심과 원심에 각각 8 mm, 10 mm의 tenting screw를 고정하고, 수직 및 수평적 골결손 부위에 탈단백우골(Bio-Oss®) small particle (0.25~1 mm) 0.25 g 및 우측 상악결절부에서 채취한 자가골을 혼합하여 이식하고, 비흡수성 차폐막(GORE-TEX® Regenerative Membrane Titanium Reinforced TR6Y)를 이용하여 골유도재생술을 시행하였다. 차폐막 양측에 screw를 통해 막을 고정하였고 일차유도 봉합을 시행하였다(Figure 5b~d).

수술 후 항생제(Flomox 75 mg, Ildong Pharm)와 진통제(Airtal 100 mg, Daewang Pharm)를 하루 3번, 10일간 경구복용 처방하였으며, 0.12% 클로르헥시딘 가글을 지속하도록 지도하였다. 12일 후 수술부위에 발사를 시행하였고, 치유양상은 양호하였다.

치조제 증대술 8개월 후 국소마취 하에 전충판막을 거상하여 비흡수성 차폐막 및 tenting screw를 제거하였고, #21부위에 직경 3.5 mm, 길이 10 mm, #23부위에 직경 4.3 mm, 길이 10 mm의 임플란트(Nobelreplace®, Nobel Biocare Co., Zürich-Flughafen, Switzerland)를 식립하고 일차유도 봉합하였다. 임플란트 식립 4개월 후 2차 수술을 진행하였고, Osstell을 이용한 ISQ 수치를 측정하여 #12부위 78, #21부위 68, #23부위 84.5를 확인한 후 최종보철수복을 진행하였다(Figure 5e, f).

3) 술후 평가

임플란트 제거 직후, 치조제 증대술 직후, 임플란트 식립 직후와 치조제 증대술 후 2년, 7년, 9년째의 파노라마 방사선 사진을 통

하여 앞선 증례에서 시행한 방식과 동일하게 치조제 높이의 변화를 측정하였다(Figure 5g~i). 치조제 증대술 후 #21 부위는 3.77 mm의 골증대가 관찰되었으며, 2년 후 1.05 mm, 7년 후 1.51 mm, 9년 후 1.7 mm의 골높이 감소가 관찰되었다. #23부위는 4.65 mm의 골증대가 관찰되었고, 2년, 7년, 9년 후 관찰된 골높이 감소는 각각 0.8 mm, 1.37 mm, 1.64 mm였다(Figure 3).

DISCUSSION

수직적 골증대술은 수평적 골증대술에 비해 시행된 임상연구가 부족하고, 연구 간의 이질된 결과나 적은 표본수로 그 한계점이 있다. 하지만 2008년 시행된 systematic review에 의하면 수직적 골증대술은 성공적으로 수행될 수 있으며, 그에 대한 합병증도 언급되었다⁵.

수직골 증대술의 성공을 위해서는 골재생을 위한 공간을 안정적으로 유지하는 것이 매우 중요한데, 이 공간은 비흡수성 또는 흡수성 차단막을 통해 이루어질 수 있다. Expanded polytetrafluoroethylene (e-PTFE) 차폐막은 비흡수성 차폐막 중 대표적으로 이용되는 것으로, 여러 문헌들에 의해 성공적인 결과가 보고되었지만⁶, e-PTFE 차폐막을 사용할 경우에는 제거를 위한 추가적인 수술과정이 필요하며, 막의 노출이 될 경우 감염으로 인한 치료의 예후가 불량해질 수 있다는 단점이 있다⁷. 이러한 단점을 피하기 위해서 생분해성의 흡수성 차단막을 사용할 수 있으며, 이 경우에는 공간유지를 위하여 골체재의 사용이 필요하다.

해당 증례보고는 비흡수성 차폐막을 이용하여 수직적 골증대술을 시행한 증례를 장기간 추적 관찰한 것으로써, 내원 시 촬영한 파노라마 방사선 사진을 통해 임플란트 주위의 변연골 높이 변화를 측정, 평가하였다. 수직적 골증대술 시행 후 식립한 임플란트에 하중이 가해진 후 9~11년까지의 변연골 높이의 변화를 관찰했을 때, 임플란트 식립후 시간이 지날수록 치조제의 골흡수를 관찰할 수 있었으며, 최소 1.09 mm부터 최대 2.24 mm까지의 치조제 흡수가 관찰되었다.

2001년 Zitzmann 등⁸에 의하면 골유도재생술을 시행한 후 식립한 임플란트와, 시행하지 않은 부위에 식립한 임플란트의 변연골 높이를 5년간 관찰한 결과, 두 군간의 유사한 골소실을 보였다고 하였으며, 시간이 지날수록 변연골 소실의 정도는 안정화 되었다고 언급하였다. 또한 Rocuzzo 등⁹은 수직적 골증대술 후 식립한 임플란트를 장기간 추적 관찰한 결과 임상적으로 양호한 결과를 얻기 위해서는 적절한 유지관리 치료가 동반되어야 한다고 하였으며, 이전에 치주염 기왕력이 있는 환자의 경우 높은 골소실이 관찰되었다고 하였다.

CONCLUSION

본 증례를 통해 여러가지 원인에 의해 유발된 심한 치조제 흡수 부위에 비흡수성 차폐막을 이용하여 골유도재생술을 시행한 결과 치조제의 폭과 높이를 회복할 수 있고, 9년에서 11년간의 장기간 추적 관찰을 통하여 임상적으로 수용할만한 골높이의 변화를 관찰할 수 있었다. 따라서 적절한 유지관리 치료가 동반된다면 비흡수성 차폐막을 이용한 골유도재생술은 수직적 골증대를 위한 예측가능한 치료방법이 될 수 있다고 사료된다.

REFERENCES

1. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark P-I. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *International journal of oral surgery* 1981;10:387-416.
2. Hämmerle CH, Jung RE, Feloutzis A. A systematic review of the survival of implants in bone sites augmented with barrier membranes (guided bone regeneration) in partially edentulous patients. *Journal of clinical periodontology* 2002;29:226-231.
3. Milinkovic I, Cordaro L. Are there specific indications for the different alveolar bone augmentation procedures for implant placement? A systematic review. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 2014;43:606-625.
4. Hämmerle CH, Jung RE. Bone augmentation by means of barrier membranes. *Periodontology* 2000 2003;33:36-53.
5. Rocchietta I, Fontana F, Simion M. Clinical outcomes of vertical bone augmentation to enable dental implant placement: a systematic review. *Journal of clinical periodontology* 2008;35:203-215.
6. Dahlin C, Andersson L, Linde A. Bone augmentation at fenestrated implants by an osteopromotive membrane technique. A controlled clinical study. *Clinical Oral Implants Research* 1991;2:159-165.
7. Machtei EE. The effect of membrane exposure on the outcome of regenerative procedures in humans: A meta-analysis. *Journal of periodontology* 2001;72:512-516.
8. Zitzmann NU, Schärer P, Marinello CP. Long-term results of implants treated with guided bone regeneration: a 5-year prospective study. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 2001;16.
9. Rocuzzo M, Savoini M, Dalmaso P, Ramieri G. Long-term outcomes of implants placed after vertical alveolar ridge augmentation in partially edentulous patients: A 10-year prospective clinical study. *Clinical oral implants research* 2017;28:1204-1210.

변형 터널 테크닉을 사용한 치조골 증대술 증례보고

전재호*, 김수민*, 이최량, 서미현, 명 훈

서울대학교 치의학대학원 구강악안면외과

Augmentation of alveolar ridge using the modified tunnel technique: a case report

Jae-ho Jeon*, Sumin Kim*, Choi-Ryang Lee, Mi Hyun Seo, Hoon Myoung

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Seoul National University, Seoul, Korea

Several methods have been devised and used to increase the insufficient alveolar bone width and height, such as guided bone regeneration, alveolar ridge splitting, distraction osteogenesis, and maxillary sinus elevation. These techniques are difficult to perform unless a surgeon is highly skilled. Tunnel technique is a minimally invasive, relatively easy procedure that creates a space between soft tissue and bone by approaching the mesial part of the alveolar bone defect with a single vertical incision and applies bone graft material in it. In the present study, in order to simplify the conventional technique, the modified tunnel technique with the change of incision was introduced and applied on a case of severely atrophied alveolar bone in the maxillary molar area. A 67-year-old female patient was subjected to #27 tooth extraction. 8 weeks later, alveolar ridge augmentation was performed using the modified tunnel technique. After 24 weeks, implant placement and maxillary sinus elevation using a lateral approach were performed. At the time of the implant placement, it was confirmed by opening the bone grafted site through mucoperiosteal flap that the bone graft material was solidly ossified. The preoperative CT showed that the alveolar bone was increased vertically and horizontally, enough for implant placement. (THE JOURNAL OF KOREAN ACADEMY OF OSSEOINTEGRATION 2020;12(2):65-69)

Key words: Guided bone regeneration, Tunneling, Alveolar ridge augmentation

INTRODUCTION

폭이 좁고 높이가 부족한 치조골은 임플란트 식립을 어렵게 하는 대표적인 원인이다. 적절한 폭경 및 길이를 가진 임플란트를 식립하기 위해서는 충분한 폭과 높이의 치조골이 필요하며 만약 부족하다면 식립 전 혹은 식립과 동시에 치조골의 폭과 높이를 증대시켜야 한다. 수평적, 수직적 치조골 증대술은 임플란트 수술 관련하여 가장 난이도가 높은 술식이며, 숙련된 치과의사가 아니라면 매우 어려운 수술이다.

부족한 치조골 증대를 위한 다양한 외과적 접근 방법이 소개되었다. 일반적으로 치조정에 골막하 절개를 가하여 점막 골막 피판을 형성 후 골이식재를 적용하고 완전한 피개 및 점막의 1차 치유를 위해 점막 내면의 골막절개를 시행하여 점막조직을 신장시킨

후 봉합을 시행한다. 또는 치조제 분할술을 이용하여 치조제 폭을 확장하고 골사이에 골이식재를 적용하거나 골 신장술을 사용하여 치조제 높이를 증가시키기도 한다. 또한 상악 구치부의 경우 상악동 거상술을 시행하여 부족한 골높이를 해결할 수 있다. 하지만 상기의 방법들은 고도로 숙련된 외과의가 아니라면 술 후 점막의 1차 치유가 되지 않아 열개가 생기고 감염되어 결과적으로 골이식 실패를 종종 경험한다.

터널 테크닉은 1982년 Kent 등¹에 의해 처음 소개되었다. 치조골 결손부의 근심부에 단일 수직 절개로 접근하여 연조직과 뼈사이에 공간을 만들고 골이식재를 적용하는 최소 침습적 술식이다². 이 접근 방식은 기존의 치조정 절개 및 봉합하는 술식에 비해 골이식재료의 혈행 공급에 유리하며 골이식재의 노출, 감염 및 실패의 위험과 환자의 불편함을 최소화할 수 있었다³. 이후 Block과 Degen⁴,

Received November 29, 2020, Revised December 5, 2020, Accepted December 10, 2020

Copyright © 2020 Korean Academy of Osseointegration

교신저자: 명훈, 03080, 서울시 종로구 대학로 101, 서울대학교 치의학대학원 구강악안면외과

Corresponding Author: Hoon Myoung, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Seoul National University, 101 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 03080, Korea, Tel: +82-2-2072-3059, Fax: +82-2-766-4948, E-mail: myoungh@snu.ac.kr

*These authors equally contributed to this work.

Hasson², George⁵ 등 추가적으로 이 테크닉의 효용성과 좋은 결과를 입증했다. 이번 연구에서는 기존의 터널 술식을 보다 간편화하기 위해 절개부위에 변화를 준 변형 터널 테크닉을 소개하고 상악 대구치부의 심하게 위축된 치조골에 시행한 증례를 보고하고자 한다.

CASE REPORT

1. Treatment sequence

67세 여자 환자가 서울대학병원 구강악안면외과에 #27 발치 및 #26, 27 임플란트 식립을 위해 내원하였다. 전신병력은 없었으며

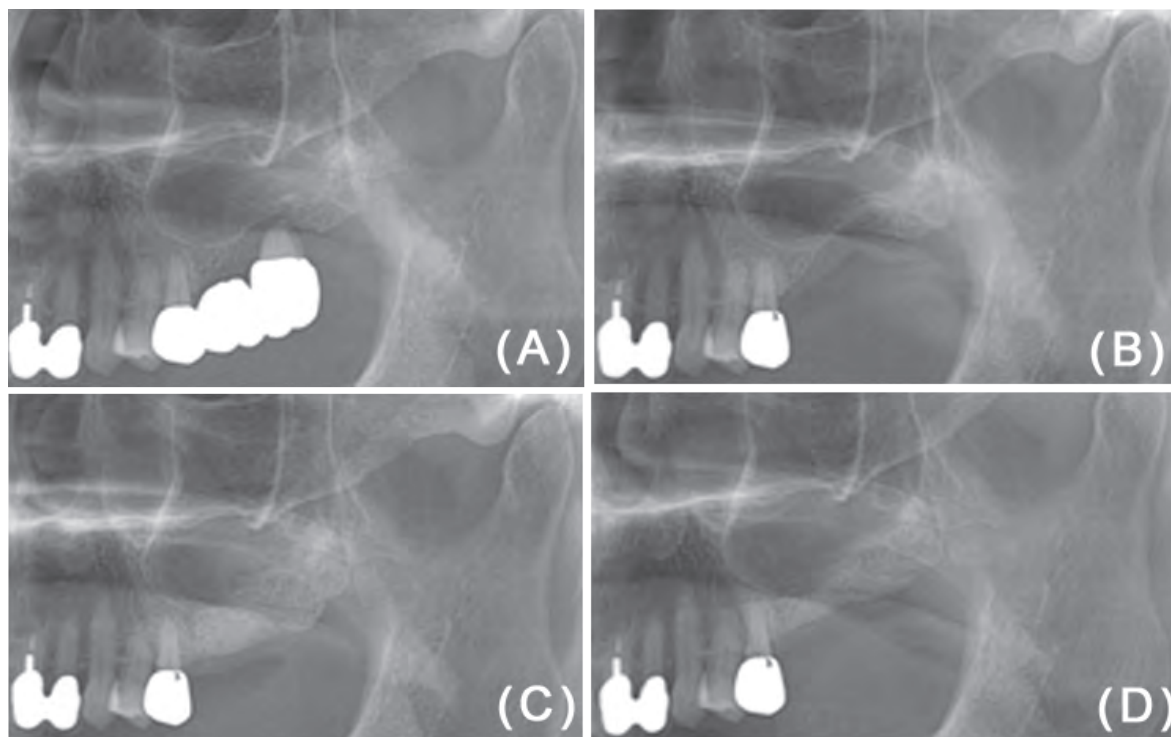


Figure 1. Parts of the panoramic radiographs of the patient in chronological order. (A) Initial visit, (B) 8 weeks after the tooth extraction, preoperative to the bone graft, (C) Right after the bone graft, (D) 3 months after the bone graft.

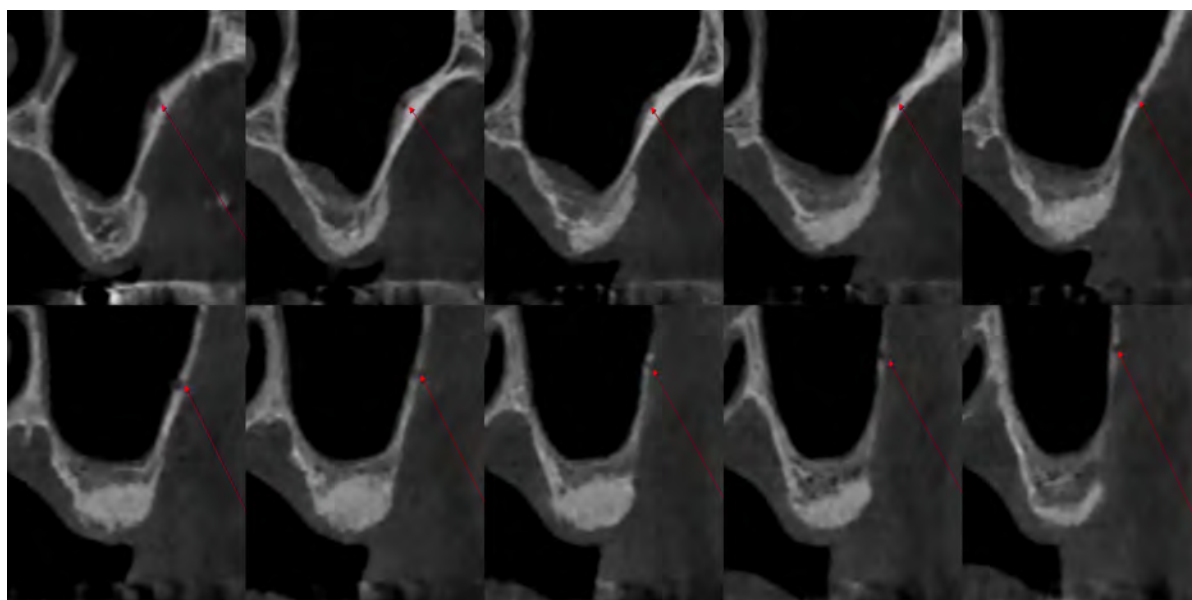


Figure 2. CBCT taken 4 months after the bone graft (#26-27 area, mesial to distal).

상악 좌측 제1대구치(#26)은 상실되어 있었고, 제2대구치(#27)의 주변골이 대부분 소실되어 있었다(Figure 1A). 상악동 거상술만으로도 임플란트 식립의 충분한 골높이를 확보할 수 있으나 수직적 골증대술을 시행할 경우 조금 더 치관쪽으로 임플란트 식립이 가능하여 추후 보철물의 예후를 더 좋게 할 것으로 예상하였다. #27 발치, 8주 뒤 수직적, 수평적 치조골 증대술, 24주 뒤 임플란트 식립과 동시에 측방접근 상악동 거상술을 계획하였다. 초진 1주 후 #27 치아를 발치하였고, 발치 후 8주 뒤 변형 터널 테크닉으로 #26, 27 부위에 튜브형 동종골 이식재(Sure-oss, hansbiomed, Daejeon, Korea) 1.5 cc를 적용하는 치조골 증대술을 시행하였다(Figure 1B,

C). 술 후 3개월 경과 파노라마를 촬영하였고(Figure 1D), 4개월 경과 컴퓨터 단층 촬영(CBCT)을 시행한 결과 적절한 수직적, 수평적 골증대가 된 것을 확인하였다(Figure 2). 골증대술 후 6개월 뒤 #26, 27 부위 임플란트 식립(TSIII, Osstem, Seoul, Korea) 및 측방접근 상악동 거상술을 동시에 시행하였다. 임플란트 식립시 점막골막 피판을 형성해 확인한 결과 골이식재가 단단하게 골화된 양상을 확인했으며 수직적, 수평적으로 적절한 치조골 증대가 되었음을 확인하였다. 각각의 임플란트는 20 Nm 이상의 식립토크를 얻을 수 있었다(Figure 3).

2. Surgical technique

치조골 증대술 과정은 잔존 최후방 치아인 #25 원심부에 환상 절개를 가하고 원심협측 부위에서 약 1 cm의 수직절개를 추가적으로 시행한다(Figure 4A). Molt periosteal elevator와 No. 9 periosteal elevator를 사용해 절개부위에서부터 골막하 박리를 시작한다. 협설측 및 근원심으로 골증대를 할 부위만큼 박리하여 공간을 만든다(Figure 4B). 박리를 다 진행한 후 No. 9 periosteal elevator의 두꺼운 면을 사용하여 점막 골막 피판을 들어올려 신장시킴으로써 골이식재가 들어갈 공간을 충분히 확보한다. 이후에 후방부부터 골이식재를 적용하여 비교적 촘촘하게 밀어 넣는다(Figure 4C). 좌측 손을 이용하여 모양을 만들어주고 수직절개를 가한 부위만 1차 봉합을 시행한다(Figure 4D).

DISCUSSION

치조골 증대술시 변형 터널 테크닉의 사용은 치조정 절개를 하는 기존 방식의 골유도재생술의 대안이 될 수 있다. 점막골막 피판의 1차 치유 실패 및 열개는 골증대술에서 가장 치명적인 합병증이다. 이는 곧 골이식재의 노출 및 감염으로 이어져 결과적으로 골증대술이 실패하게 된다. 터널 테크닉의 가장 큰 장점은 치조정 절개를 하지 않음으로써 점막골막 피판의 혈행이 우수하여 골조직 재생에 도움이 되고 봉합이 쉽고 합병증을 줄일 수 있다는 점이다³. 또한 최소 침습적이며 수술법이 간단하기 때문에 환자가 느끼는 술 후 불편감도 적고 회복도 빠르다.

터널 테크닉에서 어떤 종류의 골이식재를 사용해야 하는지에 대한 연구는 아직 진행 중이다. Kent 등¹은 80년대 초 처음 터널 테크닉을 소개하면서 hydroxyapatite (HA)를 사용하였다. 하지만 이후 HA 입자가 불안정하고 인접 조직으로 확산되어 골재생을 막는 섬유질 캡슐이 형성된다는 사실이 밝혀졌다⁶⁻⁸. 이후 여러 골이식재들이 연구되고 소개되면서 터널 테크닉에도 적용되었다. Block과 Degen은 터널 테크닉에 human mineralized cancellous bone을 사용하여 성공적인 결과를 발표했고⁴, 이종골을 사용하여 효과적인 골증대를 이루어 낸 문헌은 최근까지도 발표되고 있다^{2,9,10}. 결과적

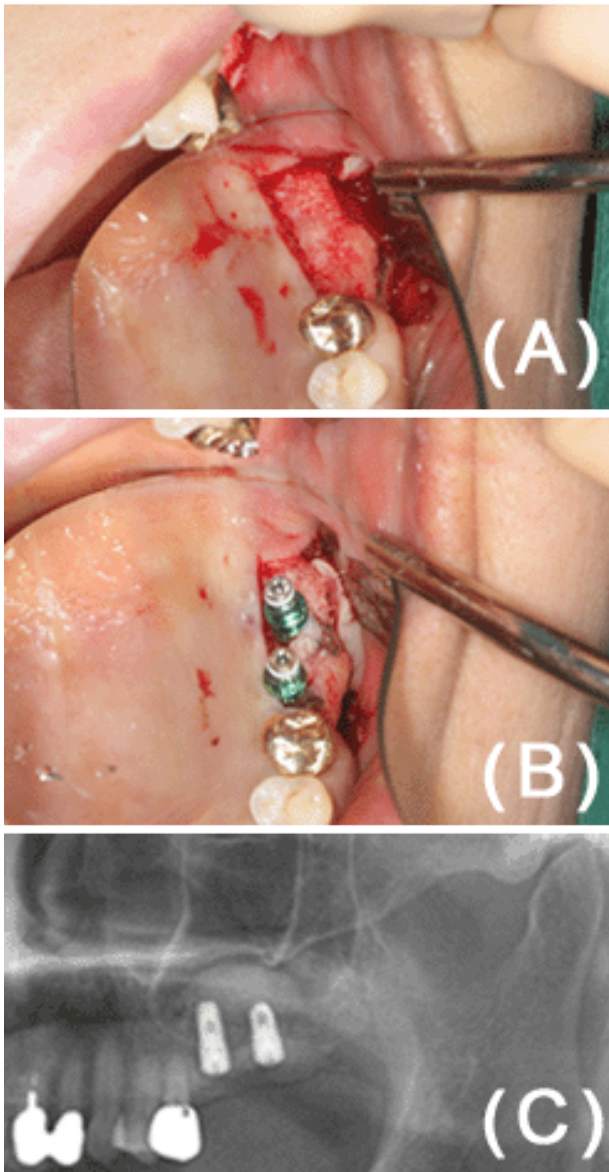


Figure 3. Intraoperative photographs (A, B) and postoperative radiograph (C). (A) Flap reflection, (B) Implant placement, (C) A part of the postoperative panoramic radiograph.

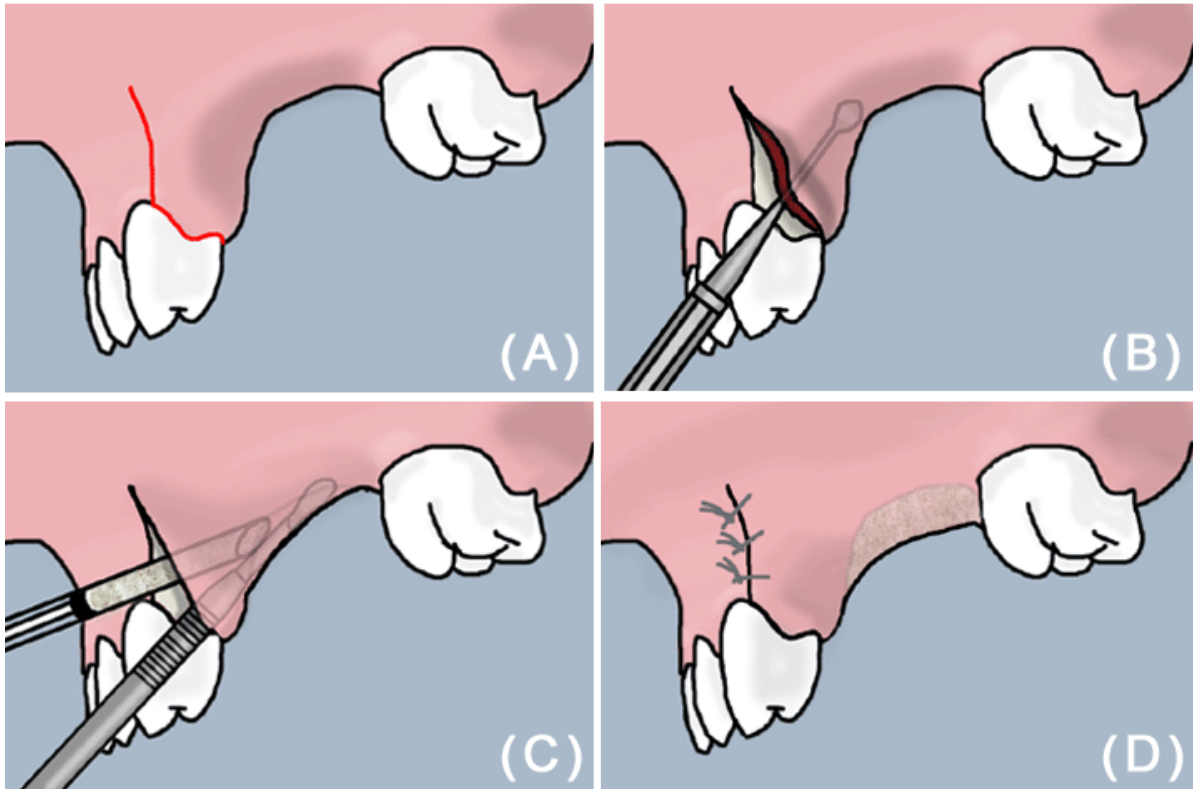


Figure 4. Steps of the modified tunnel technique, (A) Incision, (B) Subperiosteal flap elevation, (C) Bone material insertion, (D) Suture.

으로 어떤 골이식재가 가장 좋은 결과를 나타내는지에 대한 연구는 아직 부족한 실정이다. 이번 증례에서는 동종골 이식재가 사용되었으며 만족할 만한 결과를 보여주었다.

지금까지 발표된 터널 테크닉은 잔존 최후방 치아의 원심면 선상에서 부착치은을 남겨놓고 점막치은에만 약 1~2 cm의 절개를 사용하였다. 이러한 절개법을 시행했을 경우 치조정의 설측 혹은 구개측을 박리하기가 어렵고 절개부위에 추가적인 찢김이 발생할 가능성이 높다. 따라서 저자는 최후방 치아의 원심 환상절개 및 치아의 변연 치은에서부터 내려오는 절개를 고안하여 치조정의 설측 및 구개측 및 설측 박리를 보다 쉽게 할 수 있었으며 골이식재를 적용시 더 편하고 빠르게 할 수 있었다(Figure 5).

변형 터널테크닉의 한계점은 다음과 같다.

- 위축된 치조골은 대부분 치조정에서부터 협측으로 부착치은이 부족한 경우가 많다. 따라서 변형 터널 테크닉으로 치조골 증대술을 시행할 경우 임플란트 식립시와 보철물 제작시 부착치은이 부족한 경우가 생긴다. 필요시 근단변위 피판술 혹은 유리치은 이식술이 추가적으로 고려되어야 한다.
- 하악 소구치 부위의 경우 협측 하방의 골막 박리량이 과다하면 이공이 노출되고 골이식재가 이공 주변으로 퍼질 수 있기 때문에 반드시 이공 상연으로부터 약 10 mm 상방까지만 골막하 박리를 진행해야 한다.

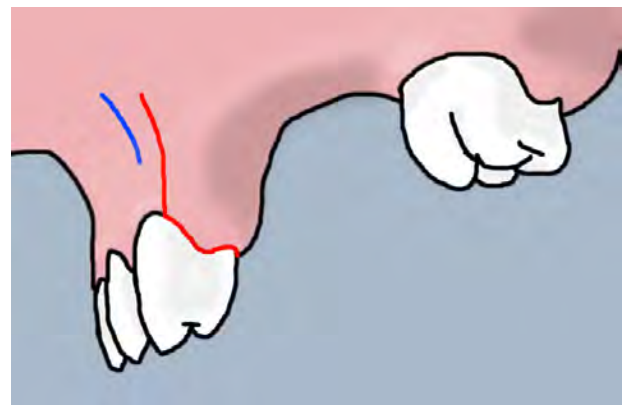


Figure 5. The incision of the conventional tunnel technique (blue line) and that of the modified tunnel technique (red line).

- 계획했던 골증대량의 120%의 골이식재를 적용해야 하며 골이식재가 더 들어갈 수 없을 만큼 치밀하게 골이식재를 적용해야 한다.
- 골증대술과 임플란트 식립을 동시에 할 수 없다.
- 터널 형성시 점막의 찢김을 방지하기위해 섬세한 기구조작이 필요하다.

CONCLUSION

변형 터널테크닉 골증대술은 숙련된 외과외과가 아니라도 비교적 쉽게 수직적, 수평적 골증대를 할 수 있는 술식이다. 비록 골 결손 부위를 직접 볼 수 없고, 임플란트 식립을 동시에 할 수는 없지만 1차 봉합 및 치유가 쉽고 환자에게도 술 후 불편감이 적고 빠른 회복을 기대할 수 있는 유용한 술식이다. 이번 증례에서도 만족할 만한 골증대가 이루어졌으며 추후 보다 많은 증례로 연구가 뒷받침되어야 할 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. John N. Kent, Quinn JH, Zide MF, Israel M. Finger, Jarcho M, Rothstein SS. Correction of alveolar ridge deficiencies with nonresorbable hydroxylapatite. *J Am Dent Assoc* 1982;105:993-1001.
2. Hasson O, Aviv T. Augmentation of deficient lateral alveolar ridge using the subperiosteal tunneling dissection approach. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:14-19. DOI: 10.1016/j.tripleo.2006.10.019.
3. Ponte A, Happe A, Khoury F. the Tunnel Technique. *Dentsply Friadent Identity* 2006:46-49.
4. Block MS, Degen M. Horizontal Ridge Augmentation Using Human Mineralized Particulate Bone : Preliminary Results. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62:67-72. DOI: 10.1016/j.joms.2004.05.209.
5. George R. Deeb, Graham H. Wilson, Caroline K. Carrico, Usman Zafar, Daniel M. Laskin JG. Is the Tunnel Technique More Effective Than Open Augmentation With a Titanium-Reinforced Polytetrafluoroethylene Membrane for Horizontal Ridge Augmentation? *J Oral Maxillofac Surg* 2016;74:1752-1756.
6. Kent JN. Reconstruction of the alveolar ridge with hydroxyapatite. *Dent Clin North Am* 1986;30:231-257.
7. Smiler, Dennis; Soltan, Muna; Lee JW. A Histomorphogenic Analysis of Bone Grafts Augmented With Adult Stem Cells. *Implant Dent* 2007;16:42-53.
8. Rothstein SS, Paris DA, Zacek MP. Use of Hydroxylapatite for the Augmentation of Deficient Alveolar Ridges. *J Oral Maxillofac Surg* 1984;42:224-230.
9. Jingxu Li, Feng Xuan, Byung-Ho Choi, Seung-Mi Jeong. Minimally Invasive Ridge Augmentation Using Xenogenous Bone Blocks in an Atrophied Posterior Mandible: A Clinical and Histological Study. *Implant Dent* 2013;22:112-116. DOI: 10.1097/ID.0b013e3182805bec.
10. Lee EA. Subperiosteal Minimally Invasive Aesthetic Ridge Augmentation Technique (SMART): A New Standard for Bone Reconstruction of the Jaws. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2017;37:165-173. DOI: 10.11607/prd.3171.

Osseodensification for sinus graft and ridge expansion

Sung-min Lee, Young-Long Park, Dong-Kyu Jang, Jung-Hyun Park, Jin-Woo Kim, Sun-Jong Kim

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Ewha Womans University Medical Center, Mokdong Hospital, Seoul, Korea

During bone densification drilling, bone tissue is compressed and autografted in the direction of external expansion. For bone densification, alveolar bone augmentation or maxillary sinus autogenous bone graft can be carried out. A 67-year-old female was presented with the chief complaint of wanting implant restoration on the left maxillary posterior region. After sinus autograft was performed using a densha bur with a concept of osseodensification drilling, the implants were placed. A 73-year-old female whose treatment plan was implant installation after tooth extraction due to trauma. The implants were placed through the osseodensification drilling for better implant stability by using the densha bur that can exhibit bone expansion effect in the narrow ridge. Applying osseodensification drilling's bone preservation and condensation ability through autografting compaction, sinus autograft or ridge expansion can be carried out clinically. (THE JOURNAL OF KOREAN ACADEMY OF OSSEOINTEGRATION 2020;12(2):70-74)

Key words: Bone densification drilling, Bone compaction, Bone autograft

INTRODUCTION

In dental implant placement, sufficient bony bulk and density are essential factors for good bone-to-implant contact (BIC) and primary stability. A new osteotomy technique termed as osseodensification was introduced by Huwais in 2015¹. The densah bur is specially designed with the concept of osseodensification. Specially designed densah burs precisely cut bone in the clockwise direction and densify bone in a non-cutting counterclockwise direction combined with copious irrigation which facilitates the surgical technique during implant placement. This specially designed Densah bur cuts the vital bone clockwise and densifies the bone counterclockwise to allow bone compaction to occur with copious irrigation. There are many flutes in Densah bur, and osseodensification takes places at this flute back rake angle. Densha bur has cutting chisel edges and tapered shanks to deliver bone chips and debris to the implant in the inward direction. In the outward direction, pressure is applied along with irrigation to achieve hydrodynamic compression. This compresses the bone laterally². Densah bur has a tapered shank, so the deeper it goes into the osteotomy site, the wider the diameter of the drill, and the osteotomy site gradually widens. In cutting mode, the osteotomy is first carried out with

clockwise rotation, and then the osseodensification is led by counterclockwise rotation in densifying mode. The autografted bone is condensed in the inner layer of the implant, which increases the BIC and increases the insertion torque³⁻⁸. In a paper that introduced the concept of osseodensification drilling in 2017, the bone densification method increased the insertion torque of implants placed using standard drilling techniques from 25 Ncm to 49 Ncm in low-density bone⁹. The percentage of bone at the implant surface was approximately three times for implants prepared with osseodensification compared with standard drilling⁹. In addition, the diameter of the osseodensification bur was smaller than that of the conventional osteotomy bur even though the same bur was used for drilling as a spring-back effect of bone elastic strain. Therefore, it may be more useful in the maxilla than the mandible because the cancellous bone/cortical bone ratio is higher. In addition, copious irrigation is considered necessary to prevent necrosis of surrounding osteoblasts during implant drilling preparation.

Narrow ridges are shown to expand in width along with OD thus facilitating for placement of large diameter implants and also avoiding of fenestration and dehiscence defects¹⁰.

The author's report cases showing the effect of bone expansion and sinus elevation in patients with D4 bone quality.

Received November 29, 2020, Revised December 5, 2020, Accepted December 10, 2020
Copyright © 2020 Korean Academy of Osseointegration

Corresponding Author: Jin-Woo Kim, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Medicine, Ewha Womans University, 1071 Anyangcheon-ro, Yangcheon-gu, Seoul 07985, Korea, Tel: +82-2-2650-2720, Fax: +82-2-2650-2754, E-mail: jwkim84@ewha.ac.kr

CASE REPORT

Two patients' treatment plan was to place dental implants on maxillary area in the outpatient clinic of Oral and Maxillofacial Surgery Department faculty of Ewha Womans University. One had insufficient alveolar bone depth to the sinus floor and the other had insufficient alveolar bone width.

This is the first case that achieved the effect of sinus elevation. A 67-year-old female was presented with the chief complaint of wanting implant restoration on the left maxillary posterior region. #25 had been extracted last year, #27 had been extracted 3 years earlier due to chronic periodontitis. #26 was hopeless teeth with PD over 10 mm. After an initial intraoral examination, treatment option of implant-supported prosthesis was discussed with patient; she agreed to the implant-sup-

ported prosthesis after tooth extraction as this was more predictable and conservative to teeth. The patient had a medical history of angina pectoris, coronary artery disease (one vessel) and diabetes mellitus. After medical consultation, there was no contraindication for surgery.

The treatment plan was bone graft after #26 extraction, and implant installation was carried out 6 months later. #26 was extracted and socket preserved using xenogenic graft (a blend of granules of deproteinized bone and porcine collagen fibers; Bio-Oss® collagen; Geistlich® 250 mg, Bio-gide® 25 × 25 mm).

After 6 months, cbct was taken. On radiographic evaluation, the height of alveolar bone to sinus floor was about 6 to 7 mm (Figure 1). The height was not sufficient to place the planned 8.5 mm depth implant. The bone quality expected through cbct was D4. The housefield unit in the area was about 700.

Considering that the alveolar bone height was insufficient and the bone quality is D4, a treatment plan was established to place 10 mm length implant using a densah bur that can carry out osseodensification. 7 months after tooth extraction and socket preservation, osstem® TS III 4.0 × 8.5 mm (Diameter × Length) were placed at sites #26 and 27 along with bone grafts using Bio-Oss® 0.25 g in the area where peri-implant bone was insufficient. The treatment procedure was as follows (Figure 2).

- A. Under local anesthesia, pilot clockwise drill down to 1 mm below the sinus floor.
- B. Bone densification counterclockwise and 1500 rpm drilling. Start with a 2.0 mm diameter counterclockwise bone densification drill and gradually increase the diameter to 4.0 mm. In the meantime, advance past the sinus floor in increments of 1 mm.

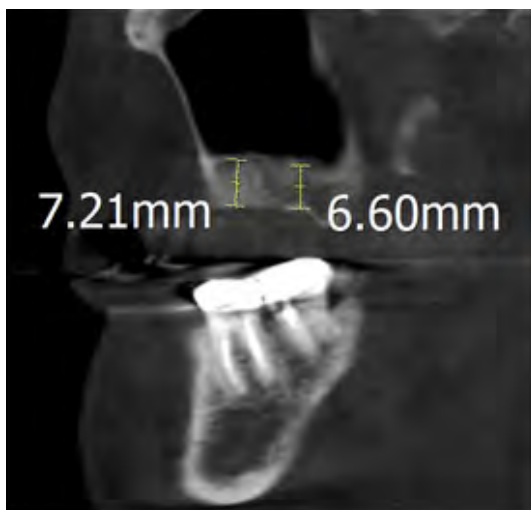


Figure 1. The height of alveolar bone.

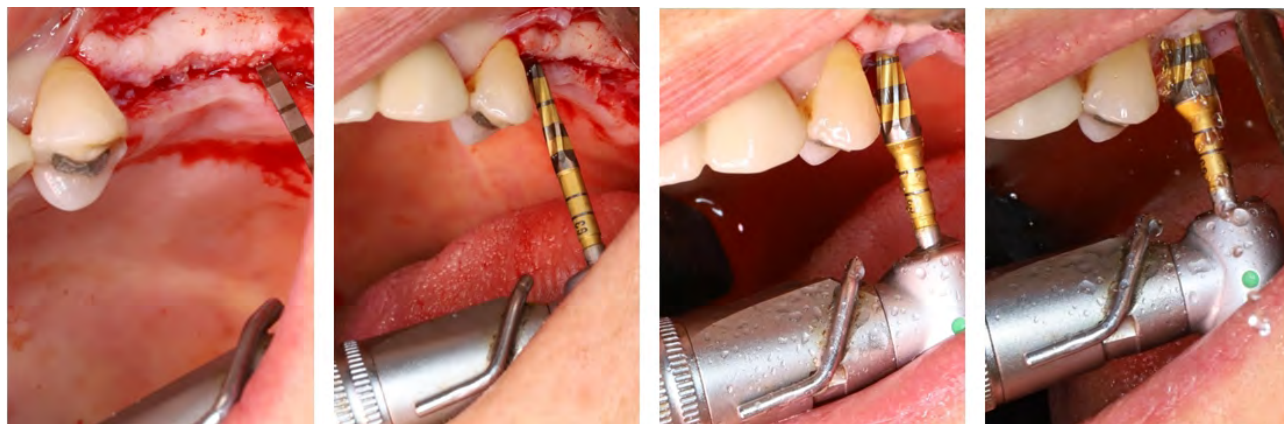


Figure 2. Start with pilot clockwise drilling down to 1 mm below the sinus floor. After pilot drilling, in turn, start with 2.0 mm diameter counterclockwise osseodensification drilling and gradually increase the diameter to 4.0 mm. At the same time, advance past the sinus floor in increments of 1 mm.

C. Finally place the implants to the depth. Healing abutment 5.0×5 mm (Diameter $\times$ Length) were also signed at the same time.

Cbct was taken after 1 week. On radiographic evaluation, radiopaque line below #26i, 27i implants were seen (Figure 3), indicating bone compaction. This demonstrates the ability of bone densification drilling to perform sinus autograft without sinus membrane elevation and sinus bone graft. After 4 months follow up, RSQ was performed. #26i, 27i implants' ISQ was over 70.

It was not a narrow ridge, but this is the second case of bone expansion in the alveolar bone ridge. A 73-year-old female whose treatment plan was implant installation after tooth extraction due to trauma. At the time of the emergency room visit due to trauma, #12 and #22 were avulsion state and #21 was intrusion state. As first aid, the toothe rws (resin-wire splinting) was performed. Splinting was performed for 2 months and the

prognosis was poor, so extraction and bone graft were performed. The treatment plan was to place 3 dental implants in the maxillary anterior region after 6 months.

The patient had a medical history of hypertension, benign paroxysmal positional vertigo, localization-related epilepsy. After radiographic and clinical evaluation, the height of alveolar bone to nasal floor was sufficient about 12 mm (Figure 4), but the width of alveolar bone was insufficient, about 4 to 6 mm (Figure 5). The cancellous bone center was more than 3 mm, and the cancellous bone/cortical bone ratio was more than 1/1. The bone quality expected through cbct was D4.

Since the alveolar bone width was insufficient, we tried to secure a sufficient width to place the dental implant by utilizing the point that bone compaction occurs around the implant when drilling through densah bur. Osstem® TS III 3.5×10 mm (Diameter $\times$ Length) were placed at maxillary anterior region. The treatment procedure was as follows.

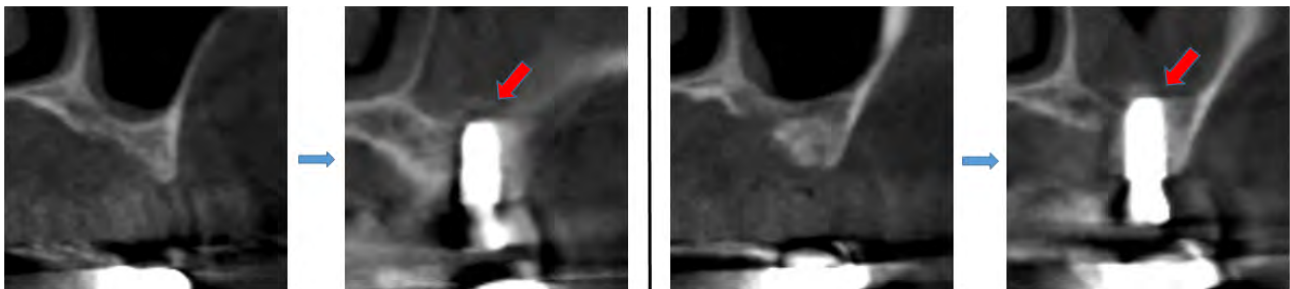


Figure 3. Figure on the left side is pre-operation figure and post-operation figure of #26i, and figure on the right side is pre-operation figure and post-operation figure of #27i. In the post-operation figure of the two implants, a radiopaque line is seen below the implants.

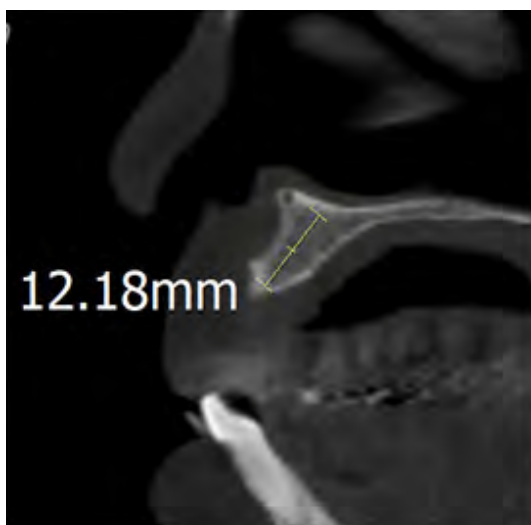


Figure 4. The height of alveolar bone.

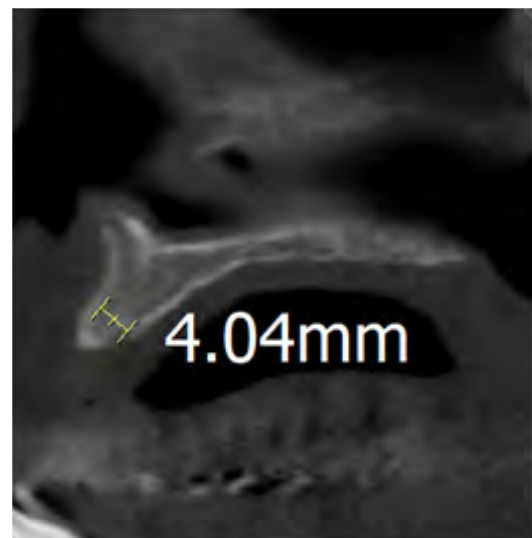


Figure 5. The width of alveolar bone.

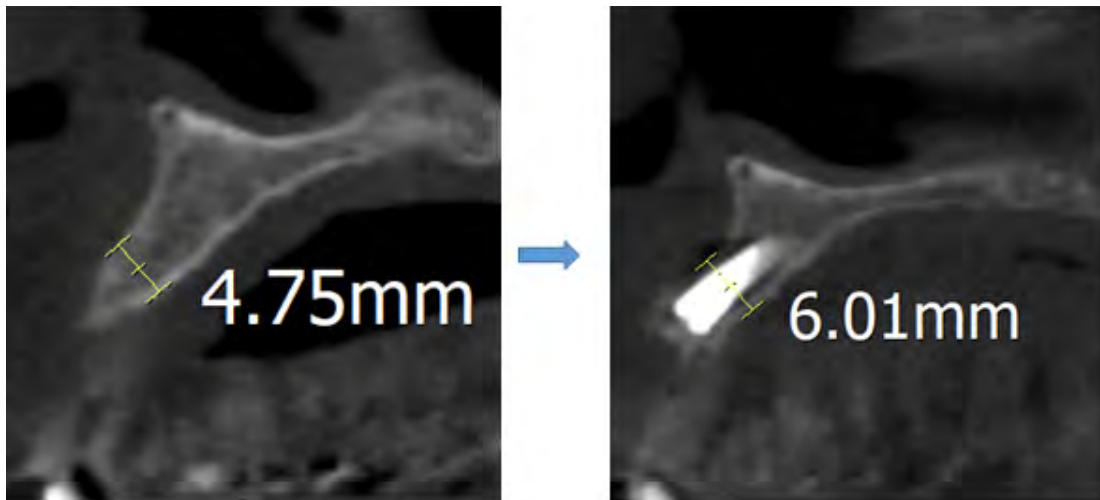


Figure 6. Pre-op, post-op of #12i.

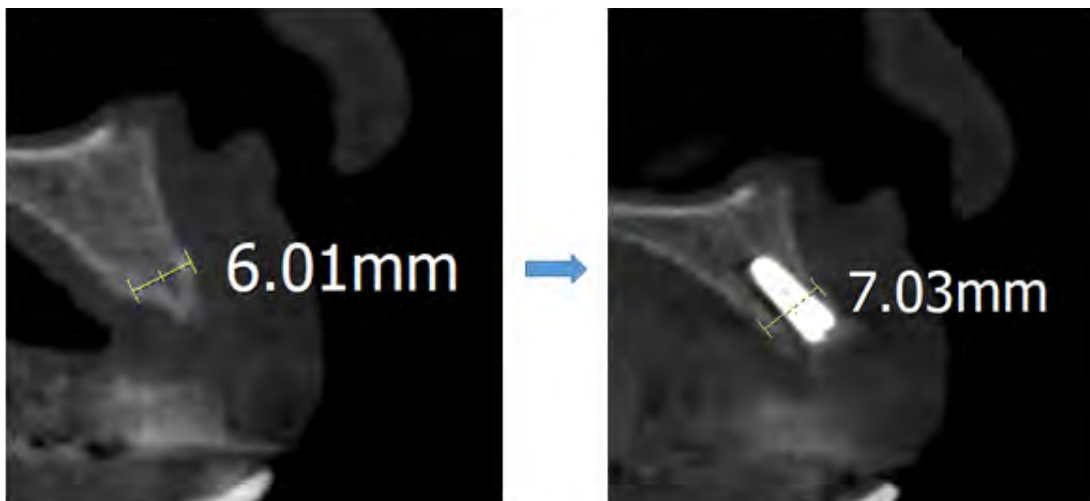


Figure 7. Pre-op, post-op of #21i.

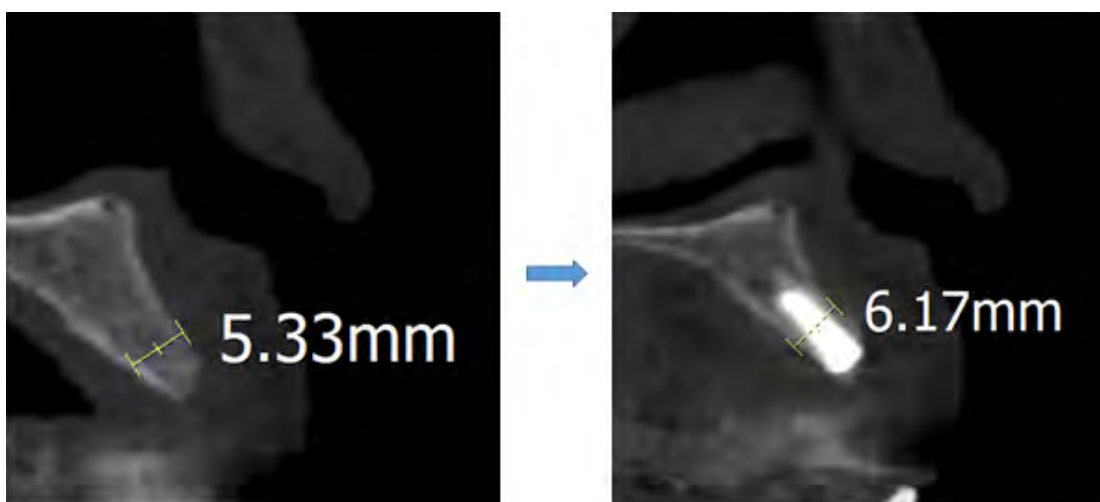


Figure 8. Pre-op, post-op of #22i.

- A. Under local anesthesia, pilot clockwise drill with the narrowest drill.
- B. Bone densification counterclockwise and 1500 rpm drilling. Start with a 2.0 mm diameter counterclockwise bone densification drill and gradually increase the diameter to 3.0 mm.
- C. Finally place the implants to the depth. Cover screw were signed at the same time due to insufficient initial torque.

Cbct was taken after 1 week. On radiographic evaluation, bone thickness was increased. The alveolar bone thickness increased from 4.75 mm to 6.01 mm, from 6.01 mm to 7.03 mm and from 5.33 mm to 6.17 mm at the #12i, #21i, #22i sites, respectively (Figure 6~8). When follow-up after 4 months, the second implant surgery was performed and all of the ISQ were above 70.

DISCUSSION AND CONCLUSION

Unlike conventional bridge prosthesis restorations, dental implants can restore the function and aesthetics of teeth without damaging adjacent natural teeth, so they are widely used as the primary choice for restoring teeth that are nonrestorable or lost due to trauma, dental caries, etc.. However, in the case of maxillary anterior region, there are many cases where the alveolar bone ridge is narrow, and in the case of the maxillary posterior region, management considered to be challenging due to the quality of alveolar bone. Osseodensification concept has been proposed in many literatures in order to improve primary implant stability, which is an important aspect for osseointegration. Densah bur is novel drills specially designed to enhance bone density by Osseodensification, which in turn increases primary stability. In our case, considering that sinus autograft or bone expansion was achieved through osseodensification drilling and the implant's ISQ was high, osseodensification drilling not only improved the long term stability of the implant, but also other surgical advantages such as sinus autograft and bone expansion. However, the number of cases was insufficient and more ran-

domized clinical trial is needed for further study.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No.2020R1A2C4001842).

REFERENCES

- Huwais S, Meyer E. Osseodensification. A novel approach in implant o preparation to increase primary stability, bone mineral density and bone to implant contact. *Int J Oral Maxillofac Implant* 2015.
- Kanathila H, Pangl A. An insight into the concept of osseodensification-enhancing the implant stability and success. *J Clin Diagn Res* 2018;12.
- Trisi P, Berardini M, Falco A, Vulpiani MP. New osseodensification implant site preparation method to increase bone density in low-density bone: in vivo evaluation in sheep. *Implant Dent* 2016;25:24.
- de Oliveira PG, Bergamo ET, Neiva R, et al. Osseodensification outperforms conventional implant subtractive instrumentation: a study in sheep. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl* 2018;90:300-307.
- Lahens B, Neiva R, Tovar N, et al. Biomechanical and histologic basis of osseodensification drilling for endosteal implant placement in low density bone. An experimental study in sheep. *J Mech Behav Biomed Mater* 2016;63:56-65.
- Johnson EC, Huwais S, Olin PS. Osseodensification Increases Primary Implant Stability and Maintains High ISQ Values during First Six Weeks of Healing.
- Gaspar J, Esteves T, Gaspar R, Rua J, João Mendes J. Osseodensification for implant site preparation in the maxilla—a prospective study of 97 implants. *Clin Oral Implant Res* 2018;29:163.
- Neiva R, Tanello B, Duarte W, Coelho P, Witek L, Silva F. Effects of osseodensification on Astra TX and EV implant systems. *Clin Oral Implant Res* 2018;29:444.
- Huwais S, Meyer EG. A novel osseous densification approach in implant osteotomy preparation to increase biomechanical primary stability, bone mineral density, and bone-to-implant contact. *Int J Oral Maxillofac Implant* 2017;32:27-36.
- Trisi P, Berardini M, Falco A, Vulpiani MP. New osseodensification implant site preparation method to increase bone density in low-density bone: in vivo evaluation in sheep. *Implant Dent* 2016;25:24.