

## Case Report

## Alternative Treatment Option for Atrophic Ridges – Custom Alveolar Ridge Splitting Technique

Erick Lima <sup>1)</sup> Gebin Zhu <sup>1)</sup> Chih Hao Shyu <sup>1)</sup> Soma Fukui <sup>1)</sup>  
 Angela Vida Kalaw <sup>1)</sup> Hyongsup Kimm <sup>2)</sup> Fuyuki Nose <sup>2)</sup> Adam Barsoum <sup>3)</sup>  
 Paul Yung Cheng Yu <sup>3)</sup> Sang-Choon Cho <sup>3)</sup>

1) Resident, Advanced Program for International Dentists in Implant Dentistry, Ashman Department of Periodontology and Implant Dentistry, New York University College of Dentistry, New York, New York, USA; Private Practice, New York, New York, USA.

2) Former Resident, Advanced Program for International Dentists in Implant Dentistry, Ashman Department of Periodontology and Implant Dentistry, New York University College of Dentistry, New York, New York, USA.

3) Faculty, Advanced Program for International Dentists in Implant Dentistry, Ashman Department of Periodontology and Implant Dentistry, New York University College of Dentistry, New York, New York, USA.

Corresponding author: Dr. Erick Lima. e-mail:el3215@nyu.edu

### Abstract

Implant-supported restorations have proven to be a predictable option for replacing missing teeth. In cases of inadequate bone quantity, the bone volume can be increased by bone augmentation procedures. Several factors can affect bone regeneration, including the morphology of the defect at the implant site. A defect surrounded by bony walls (an intraosseous defect) is known to yield a highly successful regeneration. The aim of this report is to present the practical clinical considerations of customized alveolar ridge splitting technique in various clinical sites.

### Introduction

Guided bone regeneration (GBR) is considered one of the most widely accepted procedures for alveolar ridge augmentation. This technique offers favorable outcomes in terms of bone augmentation with long-term follow-up after implant placement. Its predictability has been demonstrated for many years enabling adequate regeneration of the bony defects and rendering proper esthetic and function to the dental implant prosthesis.<sup>1-3</sup> Depending on the morphology and extension of the defect, different variations of GBR have been described. In addition, onlay block grafting (OBG), distraction osteogenesis (DO), ridge splitting (RS) and mandibular inter-positional grafting (MI) have also been documented as viable options for proper bone regeneration. However, the conventional ridge augmentation technique may present drawbacks and limitation including membrane exposure, infection of the site, resorption of the materials and the need for additive augmentation procedures due to unpredictable results.<sup>4-8</sup>

Minimally-invasive implant surgery is gaining popularity.<sup>9</sup> The essence of minimally-invasive procedures should be one that encompasses an efficient and meticulous surgery with minimal intra-operative complications through thorough pre-operative assessment and planning, resulting in faster healing. Detailed patient assessment, diagnostic wax-up of the anticipated restoration in relation to the edentulous ridge, and Cone Beam Computed Tomography (CBCT) with radiographic templates improves the assessment of edentulous sites and are essential for treatment planning. Recently, 3-D printing has become commercially available and the CBCT DICOM file can be converted to a stereolithographic file, which can then be employed to construct a three-dimensional cranial model.<sup>10</sup> Clinicians can familiarize themselves with a patient's edentulous ridges and rehears the planned procedures with these models.

The recently introduced Customized Alveolar Ridge Splitting (CARS) technique may represent a viable, minimally-invasive augmentation technique for horizontal bone defects. This customized alveolar ridge splitting technique is indicated for treating severely atrophic horizontal ridges that consist of only cortical bone with a reduced blood supply. This type of defect often requires multiple surgeries to obtain the necessary horizontal bone volume before dental implants placement. The objective of CARS is to convert an extraosseous defect into an intraosseous one with the aid of a trephine drill.<sup>11-14</sup> The science behind CARS is based on the buccal gap distance described by Greenstein et al. for immediate extraction sockets.<sup>15</sup> If the distance between the implant and the buccal plate is less than 3 mm, additional

bone graft material is not indicated. The only indication to place graft material is in esthetic cases where a xenograft material is placed externally to enhance ridge contour and to prevent further resorption of the cortical plate in accordance with Hom-Lay Wang et al.<sup>16</sup> As described by Froum and Kadi et al., CARS has similar success rate compared to the conventional ridge splitting technique, but demonstrated reduced patient morbidity, shortened treatment time and minimized surgical site as the expansion is localized to the planned implant site.

The choice of an appropriate surgical solution for a site-specific problem or a complex defect depends on the understanding of the expected outcome and limitation of the chosen procedure as well as its associated complication rate. The aim of this report is to present the practical clinical considerations of customized alveolar ridge splitting technique in various clinical situations.

#### General Critical Clinical Considerations (CCC) for CARS

Indication for CARS technique includes alveolar ridge width less than 3 mm. Most conventional ridge split techniques are indicated on ridges more than 3 mm. The reason is that CARS employs trephine drills for the creation of the buccal segment. The blade thickness of the trephine bar is 0.25 mm, a very thin construction compared to the other bone-cutting device. Therefore, trephine drills' small size allows for minimally traumatic alveolar ridge split to be performed on alveolar ridges with severe horizontal deficiency.

Labial bone contour is critical because drills follow the labial contour of alveolar ridge, dictating the angulation of trephine and implant placement. This is especially true in posterior mandible where the protruding labial bone contour often lingualizes the trephine angulation, preventing a coronal-apical trephine orientation. As a result, before initiating osteotomy, examine the labial bone contour and perform ridge contouring in order to achieve an ideal trephine angulation.

The Straumann Comprehensive System is the most optimal for CARS technique because the taper at the end of Straumann drills reduces a significant amount of vibration, minimizing the risk for fracture of the trephined segment. Trephine drill from the Straumann Comprehensive System is used on the buccal of the alveolar ridge, after the 2.8 mm drill, to create the segment. An important note during the trephine stage is that the procedure could be performed in the reverse direction to decrease vibration, further minimizing the risk for fracture especially in type IV bone. The trephine depth should be 2-4 mm (20-40%) longer than the planned implant length to ensure sufficient flexibility of the trephined segment to receive dental implants. If the segment is densely corticated with minimal blood supply, a two-stage approach of bone grafting then re-entry for implant placement could be considered. In the scenario where fractured occurred, wait at least 2 months after re-adaptation of the trephined segment.

After successful trephine, use profile drills to complete osteotomy. This is because twist drills are too aggressive, increasing the risk for fracture. In addition, profile drills smaller than the planned implant size should be used to complete the osteotomy. For example, a planned implant diameter of 4.1 mm should have a profile drill of 3.3 mm to complete the osteotomy. In this way, risk of fracture is minimized and primary stability is achieved.

Tapered implant is ideal for CARS technique because the tapered geometry does not require a large osteotomy. In addition, tapered implants are less aggressive on the trephined segment, decreasing the risk of fracture.

1. Smoothen labial bone contour first if surface is irregular.
2. Drills follow labial contour of alveolar ridge
3. Use Straumann Comprehensive twist drills for 2.2 mm and 2.8 mm drilling (Fig. 1).
4. Use Trephine drill after 2.8 mm drilling (Fig. 2).
5. Trephine can be reverse direction to prevent excessive vibration.
6. Use Profile drill for 3.3 mm diameter implant as a final drill of 4.1 mm implant
7. Indicated even for ridge width less than 3 mm
8. Wait at least 2 months after re-adaptation if trephined segment is completely fractured
9. Trephine depth should be 20-40% (2-4 mm) longer than the implant length
10. Use tapered implant
11. Two-stage approach can be considered



(Fig.1) Diagram of Comprehensive Drills. Straumann Bone Level Tapered System.



(Fig.2) Trephine drills needed for CARS. Straumann

### Anterior Maxilla

Achieving an esthetic restoration with harmonious hard and soft tissue topography in the anterior maxilla is a challenging venture. A variety of different procedures for hard tissue augmentation have been described, such as GBR, OBG, RS and DO. However, dehiscence, shrinkage or loss of the interdental papillae remains a frequent post-surgical finding. Buser D and colleagues have illustrated maintenance of bone level and stable mid-buccal soft tissues using simultaneous implant placement with GBR in a 6-year follow-up study.<sup>2</sup> However, the interdental papillae often appeared blunted following the GBR procedure. Cosyn J and colleagues showed that immediate implant treatment achieved better esthetic outcomes than simultaneous implant placement with GBR and staged implant treatment in grafted bone.<sup>17</sup> Incomplete papilla fill was often associated with the latter two groups. The authors attributed this finding to the number of surgical interventions and repeated papilla elevation.

The vascularity of the papilla is supplied by the vascular anastomoses crossing the alveolar ridge. Repeated disruption to the vascular supply through flap elevation can lead to scar tissue formation as a result of fibroblasts becoming prematurely activated and forming excess fibrotic scar tissue. A favorable soft tissue architecture and volume prior to large augmentation procedures is also important in order to achieve primary wound closure. Soft tissue graft creates an advantageous blood supply bed for the bone augmentation procedure, resulting in higher predictability and setting a solid foundation for future implant and esthetic success.

### CCC for Anterior Maxilla (AMax)

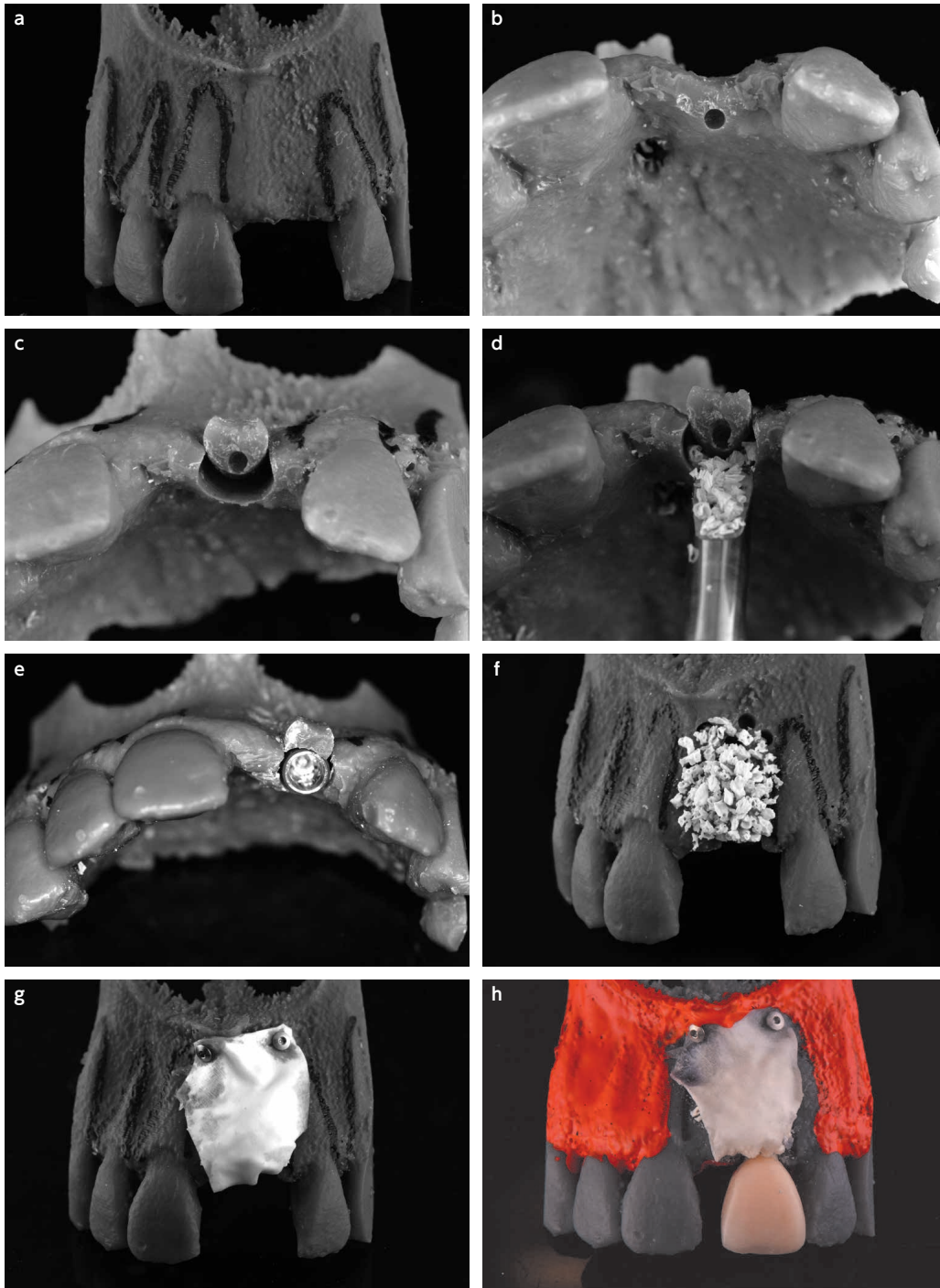
The burden of esthetic requirement is a challenge for implant placement in the anterior maxilla especially in the cases where insufficient bone volume is available. In addition, the requirement for a harmonious, esthetically-pleasing hard and soft tissue topography further increases the difficulty for implant placement in the anterior maxilla.

Due to the above-mentioned challenges, using 3D printed models to simulate surgery is recommended as clinicians can have a better idea of the anatomical deficiencies in their patients and plan their surgeries with the final esthetic outcome in mind. GBR could be considered in combination with CARS to improve ridge contour. However, before GBR is performed, proper flap release must be ensured in order to achieve secured primary closure. Labial frenum could be relieved prior to GBR as the frenum can interfere with primary closure. To perform GBR, large-particle xenograft should be used for better blood supply and dimensional stability as xenograft is known to have slower resorption rate compared to small-particle xenograft. Pericardium membrane is recommended as it can be stretched much easier than other membrane types. Tacks should be used to stabilize the membrane. Horizontal mattress suture with 4-0 Vicryl should be used for tension-free primary closure whenever GBR is performed. If the initial GBR did not achieve the ideal ridge contour, additional GBR with small-particle xenograft could be performed at second stage surgery

1. Simulate surgery with 3D printed model (Fig. 3 a-h)
2. Consider frenectomy prior to open flap
3. Can combine with GBR to improve ridge contour (Fig. 4 a-e).
4. Use large-particle xenograft for better blood supply and dimensional stability
5. Use pericardium membrane
6. Tacks to stabilize membrane
7. Horizontal mattress suture with 4-0 Vicryl for tension-free primary closure
8. Can place small-particle xenograft at stage 2 surgery to improve ridge contour

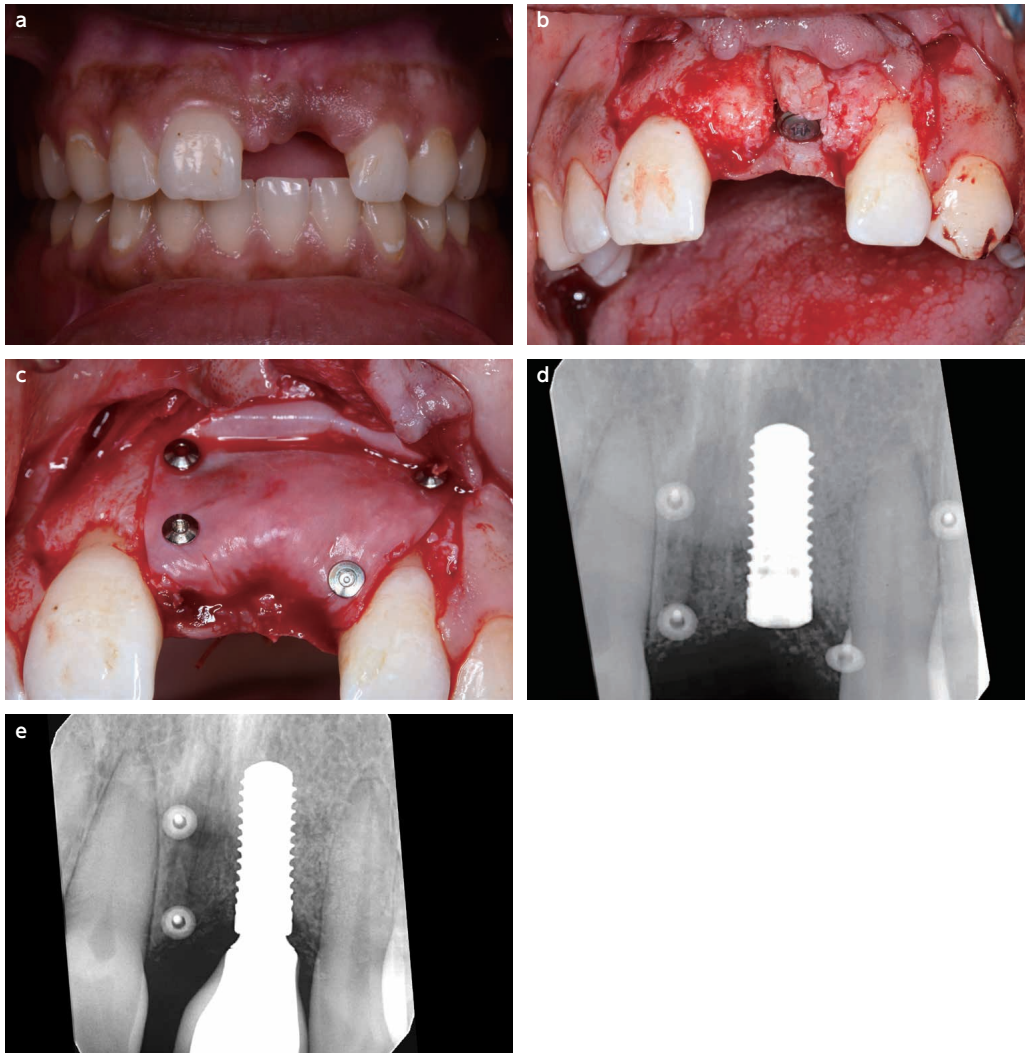
### Posterior Maxilla

In cases of ridges with both horizontal and vertical defects in posterior maxilla, the combination CARS with either sinus augmentation (SA) or GBR can improve the outcome of the augmentation procedures. The combination of CARS and antrostomy SA technique presents a less traumatic method to augment horizontal and vertical alveolar bone loss. Due to



(Fig.3) a. 3D printed model of the anterior maxilla left central incisor. b. Use twist drill from Straumann kit, starting from 2.2 mm and end at 2.8 mm. c. Trephine following the same angulation as the twist drill. d. Coarse-particle xenograft could be placed to fill in the gap. e. Implant 4.1 x 10 mm placed. f. labial view with grafting material placed. g. membrane with tacks placed over grafting material. h. Simulation of final restoration.





(Fig.4) a. Pre-surgical image of missing left central incisor. b. CARS performed with implant 4.1 x 10 mm placement. c. GBR performed. d. Post-operative radiograph. e. Crown placed after osseointegration.

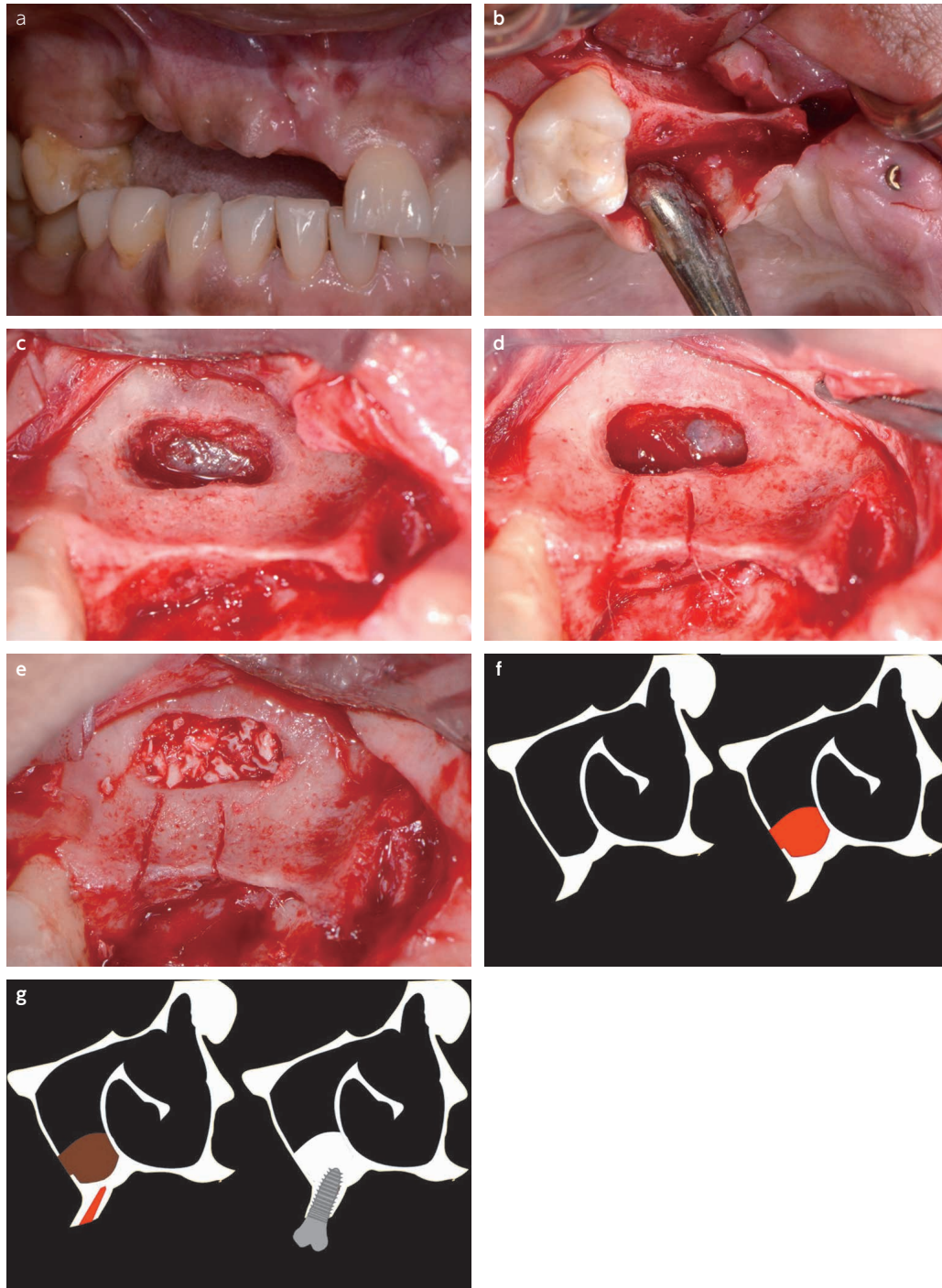
the differences in bone morphology and bone quality between patients, a specific individualized approach is often required. The CARS, due to its limited buccal flap reflection and the limited mobilization of the buccal vestibule, requires additional soft tissue augmentation in very few cases. In addition, as reported by Froum et al., the histological findings of CARS technique showed new bone formation after 2 months of bone healing.<sup>12</sup> Within the limitations of the current study, the recently introduced CARS technique represents a valid, predictable and less invasive technique with minimal postoperative complications, which may be combined with GBR or SA to improve the outcomes of treatment.<sup>13</sup>

CCC for Posterior Maxilla (PoMax) (Fig. 5 a-g).

The combination of CARS and sinus augmentation is a less traumatic method than combined GBR and sinus augmentation to achieve horizontal and vertical ridge regeneration. If there is concern for fracture, trephine can be performed on reverse direction to minimize vibration. However, CARS is contraindicated if bone is excessively cancellous due to higher risk of fracture as a result of the poor mechanical property of cancellous bone.

Membrane elevation must be completed before trephine can begin. Trephine can be extended to the lowest border of the sinus after membrane elevation as the lateral window is often more coronal than the floor of the sinus. Then large-particle xenograft is placed under the elevated membrane following trephine.

1. Ideal for atrophic premolar region
2. Can be done with simultaneous sinus augmentation
3. Trephine can be up to the lower border of the sinus after membrane elevation
4. Avoid GBR to minimize infection
5. CARS is contraindicated if bone is too cancellous due to higher risk of fracture



(Fig.5) a. Pre-surgical photo of posterior maxilla missing right second premolar to right lateral incisor. b. Twist drills from Straumann Bone Level Tapered System, starting from 2.2 mm and end on 2.8 mm. c. Lateral window. d. Lower border of sinus membrane lifted and trephine made. e. Coarse-particle xenograft placed. f. Sinus membrane lifted. g. Trephine made, bone graft and implant placed.

### Anterior Mandible

The absence of vital structures coupled with the frequently encountered type II/III bone quality make the anterior region of the mandible suitable for implant placement. Nevertheless, the thinning of the coronal region of the alveolar ridge is a common finding. Reduction of the ridge height until adequate bone width is obtained for subsequent apical implant placement may be a non-grafting option, but it is also associated with increased crown length, which can compromise esthetics and access for hygiene. Insufficient mesial-distal distance is another concern for single mandibular incisor replacement. This problem can be addressed by the subcrestal placement of a platform switching implant, which has been shown to maintain bone level with 1 mm clearance from adjacent teeth. Narrow diameter implants can also be employed in such situations. In addition, patients often present with more than one missing lower incisor. However, the reduced functional load and improved mechanical properties of the titanium alloy implants enable the use of long-span bridges or cantilever restorations in the anterior mandible region.

#### CCC for Anterior Mandible (AMan) (Fig. 6 a-g)

Vertical bone contouring is often necessary in the anterior mandible because severely thin coronal region of the alveolar ridge is a common finding. The knife-edge coronal portion is not conducive to implant placement and can influence trephine as well as implant angulation. Therefore, localized coronal osteoplasty should be conducted at the beginning in order to expose thicker bone that can better receive dental implants.

Limited mesial-distal distance is also often encountered in this region of the mandible. As a result, smaller trephine should be used. Small implant diameter (2.9 mm) can be ideal because of low functional load in this area of the mandible. If the bone is highly corticated with little blood supply, two-stage approach can be used where bone graft is placed then re-entry at a later date for implant placement. However, simultaneous GBR should be avoided. In the case where the ideal bone contour is not achieved, additional grafting can be performed during second stage surgery.

1. Use smaller trephine
2. Trephine need to follow neighboring tooth angulation
3. Avoid simultaneous GBR
4. Implant can be 2.9 mm diameter
5. Additional grafting can be done during stage 2 surgery

### Posterior Mandible

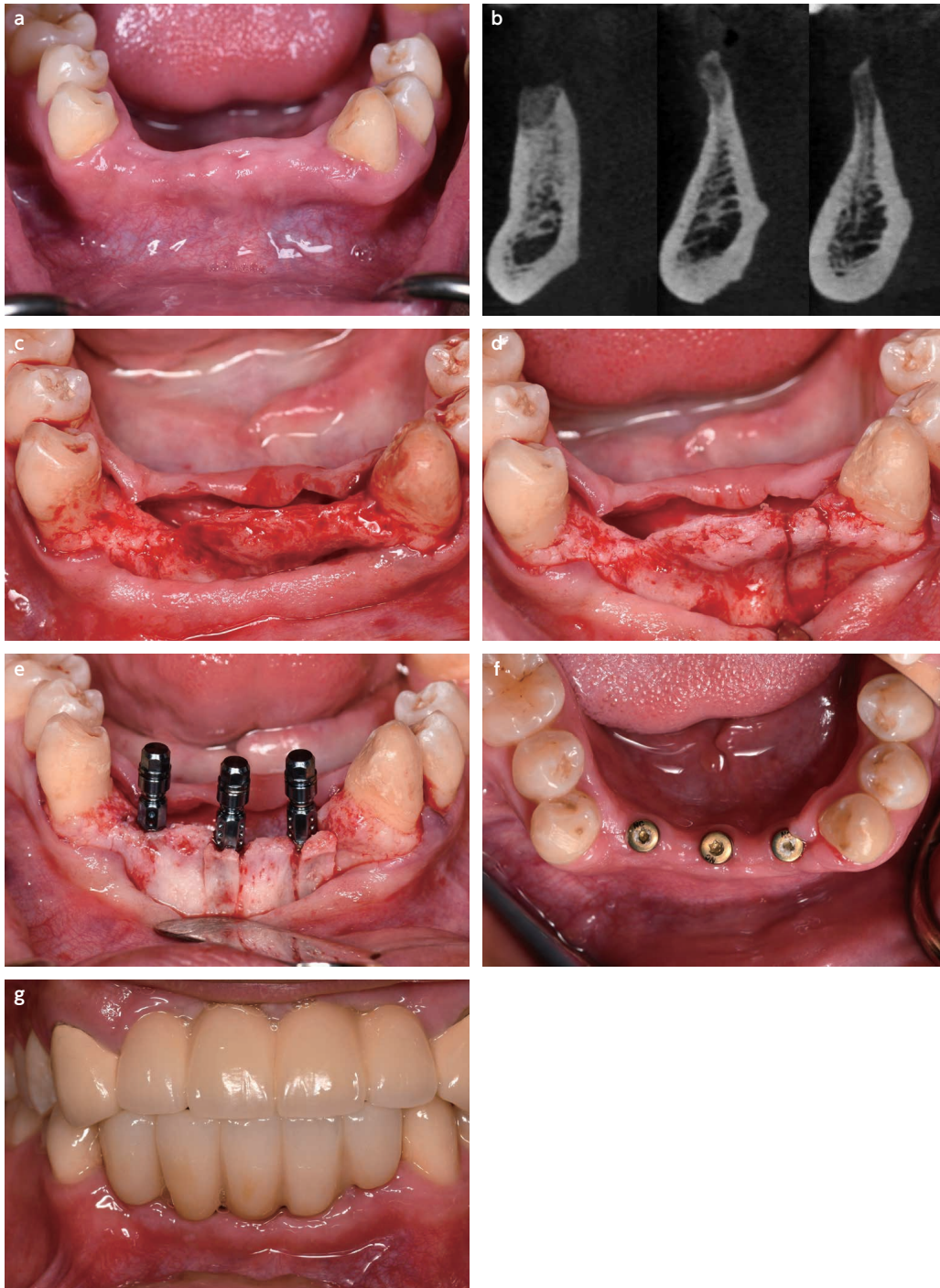
Patients with severely atrophic edentulous posterior mandibles with teeth missing for greater than 3-6 months and desire dental implants to replace those teeth often present as a challenge for successful implant placement. This is because vertical and horizontal bone is often deficient. As a result, there is usually a need for alveolar ridge augmentation procedures to achieve adequate bone volume prior to dental implant placement. These augmentation procedures include the use of bone and bone substitute grafts (autografts, allografts, xenografts or alloplast), GBR, biologics (Emdogain, platelet-rich plasma (PRP), platelet-derived growth factor (PDGF) and bone morphogenic protein (BMP)), onlay/inlay grafting, the alveolar ridge splitting/expansion technique, and DO. An additional treatment option for implant placement in these areas includes the transposition/lateralization of the IAN. However, this is a very complex technique that carries a high risk and potential complications.<sup>18,19</sup>

An alternative treatment option is to place an implant lateral to the inferior alveolar nerve, which may avoid the necessity of alveolar ridge augmentation. Presently, there are limited studies regarding this alternative treatment option for the severely atrophic posterior mandible. Additionally, this option may require prior or concomitant bone augmentation procedures to enable the placement of implant lateral to the IAN. Lateral placement of implant to the IAN is viable in cases of atrophic posterior edentulous mandibles.<sup>20-21</sup> The advantages of this technique include less trauma, less surgical time, less need for alveolar ridge augmentation and less postoperative complications. The limitations of the present technique include operator skills, adequate lateral thickness of the alveolar ridge and risk of paresthesia. Where limited bone width existed, horizontal augmentation techniques (CARS and GBR) were used in this case series to increase bone volume lateral to the IAN.

#### CCC for Posterior Mandible (PoMan) (Fig. 7 a-g)

Greatest challenge of placing dental implant in deficient posterior mandible is the inferior alveolar nerve. In addition, mental foramen is also an anatomic structure that needs to be considered. As a result, careful flap management is necessary to prevent trauma to the mental foramen. CARS can be combined with ILIAN (implant lateral to inferior alveolar nerve technique) in order to prevent damage to IAN. Therefore, the trephine angulation is especially critical in this region.





(Fig.6) a. Pre-surgical photo of missing mandibular anterior teeth. b. Different sagittal cuts of the ridge on CBCT. c. Full-thickness flap reflected. d. First trephine made. e. Other trephine made and three implants 3.3 x 10 mm placed. f. Healing abutments placed. g. Final restoration placed.

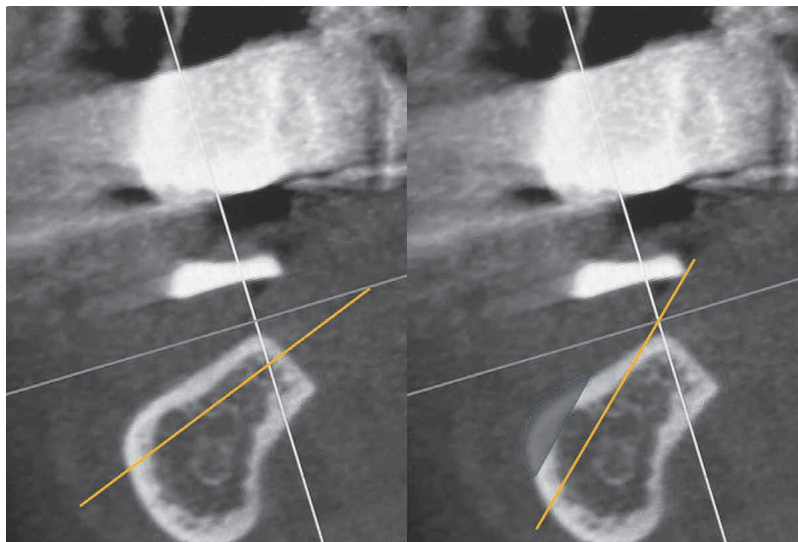




(Fig.7) a. Pre-surgical photo of posterior mandible missing right mandibular first premolar. b. Full-thickness flap reflected. c. Trepine made on site right mandibular first premolar. d. Implant placed. e. Final restorations placed. f-g. Clinical photo of final restorations

Labial bone contour is often very protrusive in the posterior mandible (Fig. 8). This protrusion prevents trephine to be made in a coronal-apical direction. Therefore, labial bone contouring should be performed in order to allow the trephine to be made lateral to the IAN in order that dental implants can avoid IAN. In the scenario where labial bone contouring is not indicated, trephine from the lingual direction is viable, but such angulation is not ideal for prosthetic restoration. If multiple dental implants are treatment planned, they can be placed individually at different times in order to verify numbness.

1. Can combine with ILIAN (implant lateral to inferior alveolar nerve) technique
2. Careful to flap management to avoid unnecessary trauma to mental foramen
3. Contour labial bone to achieve proper angulation of trephine to match with implant
4. Trephine from the lingual direction can be an option
5. Implants can be placed one by one to verify numbness



(Fig.8) Protrusive labial bone contour in the posterior mandible

## Conclusion

Differences in the anatomy, biomechanical loading and esthetic demands make treatment needs for implant placement at different anatomical locations distinct from one another. Accurate pre-operative assessment, selection of the most suitable treatment option based on the available evidence, and meticulous execution of the planned surgery are the key parameters for successful outcome. The current study demonstrated a successful outcome using the CARS technique simultaneously with SA to enable implant placement. The step-by-step surgical treatment showed an alternative way to create hard and soft tissue while minimizing the postoperative risks and complications of other surgical techniques.

## References

1. Nyman S, Lang NP, Buser D, Bragger U. Bone regeneration adjacent to titanium dental implants using guided tissue regeneration: a report of two cases. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1990 Spring; 5(1): 9-14.
2. Buser D, Bragger U, Lang NP, Nyman S. Regeneration and enlargement of jaw bone using guided tissue regeneration. *Clin Oral Implants Res*. 1990;1(1):22-32.
3. Esposito M, Grusovin MG, Felice P, Karatzopoulos G, Worthington HV, Coulthard P. The efficacy of horizontal and vertical bone augmentation procedures for dental implants-a Cochrane systematic review. *Eur J Oral Implantol*. 2009 Sep 1; 2(3): 167-184.
4. Marx RE, Carlson ER, Eichstaedt RM, Schimmele SR, Strauss JE, Georgeff KR. Platelet-rich plasma growth factor enhancement for bone grafts. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 85: 638-646.
5. Jung RE, Glauser R, Schärer P, Hämmerle CH, Sailer HF, Weber FE. Effect of rhBMP-2 on guided bone regeneration in humans. *Clin Oral Implants Res*. 2003 Oct; 14 (5): 556-568.
6. Losa PM, Cebrian JL, Guiñales J, Burgueño M, Chamorro M. Mandibular fracture after inferior alveolar nerve lateralization: a rare and misunderstood complication. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2015 Oct 1; 26 (7): e682-e683.
7. French D, Ofec R, Levin L. Long term clinical performance of 10 871 dental implants with up to 22 years of follow-up: A cohort study in 4247 patients. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2021 Jun;23(3):289-297. doi: 101111/cid.12994. Epub 2021 Mar 25. PMID: 33768695; PMCID: PMC8359846.

8. Clauser T, Lin GH, Lee E, Del Fabbro M, Wang HL, Testori T. Risk of early implant failure in grafted and non-grafted sites: A systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Implantol (Berl)*. 2022 Mar 10;15(1):31-41. PMID: 35266666.
9. Chiapasco M, Zaniboni M, Boisco M. Augmentation procedures for the rehabilitation of deficient edentulous ridges with oral implants. *Clin. Oral Impl. Res.* 2006; 17 (Suppl. 2): 136–159.
10. Froum SJ, Cho S-C, Loomer PM, Georgantz A, Suzuki T, Yu YCP, Use of 3D Printing in Dental Implant Education. *Dental Learning* 2016.
11. Froum SJ, Kadi RO, Wangrimongkol B, Hengjeerajaras P, Reis N, Yu PYC, Cho SC. The Custom Alveolar Ridge-Splitting (CARS) Technique for Predictable Horizontal Ridge Augmentation in the Atrophic Anterior Maxilla: A Retrospective Case Series Study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2021 May-Jun;41(3):397-403. doi: 10.11607/prd.5411. PMID: 34076636.
12. Maketone P, Leung M, Bergamini M, Paul Yu YC, Froum S, Cho S-C. Histologic Findings 8 Weeks After Customized Alveolar Ridge-Splitting Technique. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*. 2021;41(5): e191-e198. doi:10.11607/prd.5507
13. Bergamini M, Froum FJ, De Carle L, Muchhala S, Reis N, Leung M, Sawada M, Alzahrani K, Bannawat S, Yu YCP, Cho SC. Customized Alveolar Ridge Slitting Tech Combined with Guided Bone regeneration or Sinus Lift Aug in Maxillary Deficient Ridges. Accepted for publication *Int. J. Periodontics Restorative Dent* 2022
14. Kimm H, Froum SJ, Eriguel J, Kalaw A, Najafi Abrandabadi S, Cho SC. The Custom Alveolar Ridge Splitting (CARS) Technique for Predictable Horizontal Ridge Augmentation in the Atrophic Posterior Mandible – A Case Report. Accepted for publication *Int. J. Periodontics Restorative Dent* 2022.
15. Greenstein G, Cavallaro J. Managing the Buccal Gap and Plate of Bone: Immediate Dental Implant Placement. *Dent Today*. 2013;32(3):70, 72-77.
16. Wang HL, Misch C, Neiva RF. "Sandwich" bone augmentation technique: rationale and report of pilot cases. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2004 Jun;24(3):232-245.
17. Cosyn J, Eghbali A, Hanselaer L, De Rouck T, Wyn I, Sabzevar MM, Cleymaet R, De Bruyn H. Four modalities of single implant treatment in the anterior maxilla: a clinical, radiographic, and aesthetic evaluation. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2013 Aug;15(4):517-30. doi: 10.1111/j.1708-8208.2011.00417. x. Epub 2012 Jan 11. PMID: 22236111.
18. Scipioni A, Bruschi GB, Calesini G. The edentulous ridge expansion technique: A five-year study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1994; 14: 451–459.
19. Hu GH, Froum SJ, Alodadi A, Nose F, Yu YP, Suzuki T, Cho SC. A Three-Stage Split-Crest Technique: Case Series of Horizontal Ridge Augmentation in the Atrophic Posterior Mandible. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2018;38(4):565–573.
20. Daróz SR, Cardoso ES, Manso MC, Vidigal GM. Evaluation of bone width lateral to the mandibular canal as an alternative approach for implant installation. *Implant Dent*. 2013; 22: 97–101.
21. Froum JS, Reis N, Gonzalez E, Barsoum A, Yu PYC, Manasse M, Cho SC. Inferior Alveolar Nerve (ILIAN) – A Retrospective Study of a Treatment Option for Severely Atrophic Posterior Mandibular Ridge. Accepted for Publication. *Int. J. Periodontics Restorative Dent*. 2022

## Case Report

## 萎缩性牙槽的替代治疗方案 – 个性化牙槽嵴劈开术

Alternative Treatment Option for Atrophic Ridges – Custom Alveolar Ridge Splitting Technique

Erick Lima<sup>1)</sup> 朱戈斌 (Gebbin Zhu)<sup>1)</sup> Chih Hao Shyu<sup>1)</sup> Soma Fukui<sup>1)</sup>  
 Angela Vida Kalaw<sup>1)</sup> Hyongsup Kimm<sup>2)</sup> Fuyuki Nose<sup>2)</sup> Adam Barsoum<sup>3)</sup>  
 Paul Yung Cheng Yu<sup>3)</sup> Sang-Choon Cho<sup>3)</sup>

1) Resident, Advanced Program for International Dentists in Implant Dentistry, Ashman Department of Periodontology and Implant Dentistry, New York University College of Dentistry, New York, New York, USA; Private Practice, New York, New York, USA.

2) Former Resident, Advanced Program for International Dentists in Implant Dentistry, Ashman Department of Periodontology and Implant Dentistry, New York University College of Dentistry, New York, New York, USA.

3) Faculty, Advanced Program for International Dentists in Implant Dentistry, Ashman Department of Periodontology and Implant Dentistry, New York University College of Dentistry, New York, New York, USA.

Corresponding author: Dr. Erick Lima. e-mail:el3215@nyu.edu

## 摘要

种植体支持的修复体已被证明是替代缺失牙可预测的方式。在骨量不足的情况下，可以通过骨增量手术增加骨量。有几个因素会影响骨再生，包括植入部位骨的缺损的形态。已知被骨壁包围的缺损（骨内缺损）会获得非常成功的骨再生。本报告的目的是介绍个性化牙槽嵴劈开术在不同临床部位的实际临床考虑。

## 介绍

引导骨再生术（GBR）被认为是最广泛接受的牙槽嵴增量手术之一。这种技术在种植体植入后长期随访的骨量获得方面提供了良好的结果。多年来，该技术的可预测性已被证明能够充分再生骨缺损并为种植牙修复体提供适当的美学和功能。<sup>1-3</sup> 根据缺陷的形态和范围，描述了GBR的不同变化。此外，高嵌块骨移植（OBG）、牵引成骨（DO）、骨劈开（RS）和下颌骨间移植（MI）也被证明是适当骨再生的可行选择。然而，传统的骨增量技术可能存在缺点和限制，包括植入的骨膜暴露，位点感染，材料的再吸收以及由于不可预测的结果而需要额外的增量手术。<sup>4-8</sup>

微创植入手术正在越来越受欢迎。<sup>9</sup> 而微创手术的本质应该是通过彻底的术前评估和计划，进行高效细致的手术，减少术中并发症，从而加快愈合。细致的患者评估，与无牙颌相关的预期修复体的诊断性蜡型，以及计算机锥形束体层成像（CBCT）改善了无牙颌部位的评估，对治疗规划至关重要。最近，3-D打印已广泛应用于商业应用，CBCT DICOM文件可转换为立体光刻文件，然后可用于构建三维颅骨模型。<sup>10</sup> 临床医生可以通过它来熟悉患者的无牙颌，并使用这些模型演练已计划的操作。

最近引入的个性化牙槽嵴劈开（CARS）术可能是一种可行的，微创的水平骨缺损增量技术。这种个性化的牙槽嵴劈开术适用于治疗水平向严重萎缩的牙槽嵴，该水平嵴仅由皮质骨组成，且血液供应减少。这种类型的骨缺损通常需要多次手术才能在植入牙之前获得必要的水平骨体积。CARS的目的是借助于环钻<sup>11-14</sup>将骨外缺损转化为骨内缺损。CARS背后的科学是基于Greenstein等人描述的即刻拔牙窝的颊间隙距离。<sup>15</sup> 如果植入物与颊板之间的距离小于3mm，则不建议使用额外的骨移植材料。根据Hom-Lay-Wang等人，<sup>16</sup> 放置移植材料的唯一指征是在美学情况下，将异种移植材料放置在外部以增强牙槽嵴轮廓并防止皮质骨进一步吸收。如Froum和Kadi等人所述，CARS与传统的牙槽嵴劈开术相比具有相似的成功率，但由于劈开的部位仅局限于计划的植入部位，患者并发症降低，治疗时间缩短，手术部位最小化。



对于特定部位的问题或复杂的骨缺损，选择合适的手术解决方案取决于对所选手术的预期结果和局限性及其相关并发症发生率的理解。本报告旨在介绍个性化牙槽嵴劈开术在各种临床情况下的实际临床考虑。

### CARS 的一般关键临床考虑

CARS 技术的适应症包括牙槽嵴宽度小于 3 毫米。大多数传统的脊分割技术适用于超过 3 毫米的脊。原因是 CARS 使用环钻来创建颊侧部分环切钻的刀片厚度为 0.25 毫米，与其他骨切割工具相比，这是一个非常薄的构造。因此，环钻的小尺寸允许在严重水平缺陷的牙槽嵴上进行创伤最小的牙槽嵴分裂。

唇骨轮廓至关重要，因为钻头遵循牙槽嵴的唇轮廓，决定了环钻的角度和植入物的放置。这在下颌后部尤其如此，突出的唇骨轮廓经常使环钻成舌状，从而防止冠状 - 顶端环钻定向。因此，在开始截骨术之前，检查唇骨轮廓并进行脊线轮廓，以实现理想的环钻角度。

Straumann 综合系统是 CARS 技术的最佳选择，因为 Straumann 钻头末端的锥度可显着减少振动，从而最大限度地降低环钻段断裂的风险。Straumann 综合系统的环钻用于牙槽嵴的颊侧，在 2.8 毫米钻头之后，以创建牙槽段。在环钻阶段的一个重要注意事项是，该程序可以在相反的方向进行以减少振动，进一步降低骨折的风险，特别是在 IV 型骨中。环钻深度应比计划的种植体长度长 2-4 毫米（20-40%），以确保环钻段有足够的灵活性来接收牙种植体。如果该节段皮质密集且血液供应最少，则可以考虑采用两阶段骨移植方法，然后再进入种植体植入。在发生断裂的情况下，在重新适应环钻段后至少等待 2 个月。

环钻成功后，使用轮廓钻完成截骨。这是因为麻花钻过于激进，增加了骨折的风险。此外，应使用小于计划种植体尺寸的轮廓钻来完成截骨。例如，计划的 4.1mm 种植体直径应使用 3.3mm 的轮廓钻来完成截骨。以这种方式，骨折的风险被最小化并实现了初级稳定性。

锥形种植体是 CARS 技术的理想选择，因为锥形几何形状不需要大截骨。此外，锥形种植体对环钻段的侵蚀性较小，从而降低了骨折的风险。

1. 如果骨表面不规则，首先平滑唇侧骨轮廓。
2. 钻孔方向遵循牙槽嵴的唇侧轮廓
3. 使用 Straumann 综合麻花钻进行 2.2mm 和 2.8mm 钻孔（图 1）。
4. 在 2.8mm 钻孔后使用环钻（图 2）。
5. 环钻可以反向旋转，以防止过度振动。
6. 使用直径为 3.3mm 的植入物的成型钻作为 4.1mm 植入物的最终钻
7. 即使对于小于 3mm 的脊宽度也适用
8. 如果骨在环钻部分完全断裂，重新适应后至少等待 2 个月
9. 环钻的钻入深度应比植入物长度长 20-40%（2-4mm）
10. 使用锥形植入体
11. 可以考虑采用两阶段方法



图 1) 综合演练示意图。Straumann 骨水平锥形系统。



图 2) CARS 所需要的环钻。Straumann

### 上颌骨前部

在上颌骨前部实现具有和谐的硬组织和软组织形态的美学修复是一项具有挑战性的冒险。已经描述了各种不同的硬组织增强程序，例如 GBR，OBG，RS 和 DO。然而，牙间乳头的开裂，退缩或缺失仍然是手术后常见的现象。Buser D 和他的同事在一项 6 年的随访研究中说明了使用 GBR 同时植入维持骨水平和稳定的中-颊软组织。<sup>2</sup> 然而，在 GBR 手术后，牙间乳头经常出现钝化。Cosyn J 和他的同事们表明，即刻植入治疗比同期植入 GBR 和分期植入治疗植骨获得更好的美学效果。<sup>17</sup> 牙间乳头填充不全常与后两组相关。作者将这一发现归因于手术干预的次数和反复的乳头分离。

牙龈乳头的血管由穿过牙槽嵴的血管吻合提供。由于成纤维细胞过早激活并形成多余的纤维化瘢痕组织，通过皮瓣分离对血管供应的反复破坏可导致瘢痕组织的形成。为了实现初级伤口闭合，在进行大型骨增量手术之前，良好的软组织结构和体积也很重要。软组织移植为骨增量手术创造了有利的血液供应，提高了可预测性，为未来的植入和美学成功奠定了坚实的基础。

### 上颌骨前部的关键临床考虑

美学要求的负担是上颌前牙种植体植入的挑战，尤其是在骨量不足的情况下。此外，对和谐、美观的软硬组织形貌的要求进一步增加了上颌前牙种植体植入的难度。

由于上述挑战，建议使用 3D 打印模型来模拟手术，因为临床医生可以更好地了解患者的解剖缺陷，并在考虑最终美学效果的情况下计划手术。GBR 可以考虑与 CARS 结合来改善山脊轮廓。然而，在执行 GBR 之前，必须确保适当的襟翼释放，以实现安全的初级闭合。唇系带可以在 GBR 之前得到缓解，因为系带会干扰初级闭合。为进行 GBR，应使用大颗粒异种移植物以获得更好的血液供应和尺寸稳定性，因为与小颗粒异种移植物相比，异种移植物的吸收速度较慢。推荐使用心包膜，因为它比其他类型的膜更容易拉伸。应使用大头钉来稳定膜。每当进行 GBR 时，应使用 4-0 Vicryl 水平褥式缝合线进行无张力初级闭合。如果最初的 GBR 没有达到理想的脊轮廓，可以在二期手术中进行额外的小颗粒异种移植 GBR

1. 使用 3D 打印模型模拟手术 (图 3 a-h)
2. 在翻开皮瓣之前考虑切除唇系带
3. 可以与 GBR 结合以改善牙槽脊轮廓 (图 4A-e)
4. 使用大颗粒异种骨以获得更好的血液供应和尺寸稳定性
5. 使用心包膜
6. 用膜钉稳定骨膜
7. 带 4-0 Vicryl 的水平褥缝合线，用于无张力一期缝合
8. 可在 2 期手术中放置小颗粒异种骨，以改善牙槽嵴轮廓

### 上颌骨后部

对于上颌骨后部同时存在水平和垂直骨缺损的牙槽嵴，CARS 与鼻窦扩大术 (SA) 或 GBR 的组合可以改善扩大手术的结果。CARS 和 SA 技术的结合提供了一种创伤较小的方法来增加水平和垂直牙槽骨丧失。由于患者之间骨形态和骨质量的差异，通常需要一种特殊的个性化方法。由于有限的颊瓣处理和有限的颊前庭活动，CARS 在极少数情况下需要额外的软组织增量。此外，如 Froum 等人所述，CARS 技术的组织学结果显示，在骨愈合 2 个月后新骨形成。<sup>12</sup> 在当前研究的限制范围内，最近引入的 CARS 技术代表了一种有效，可预测和微创的技术，术后并发症最少，可与 GBR 或 SA 结合以改善治疗结果。<sup>13</sup>

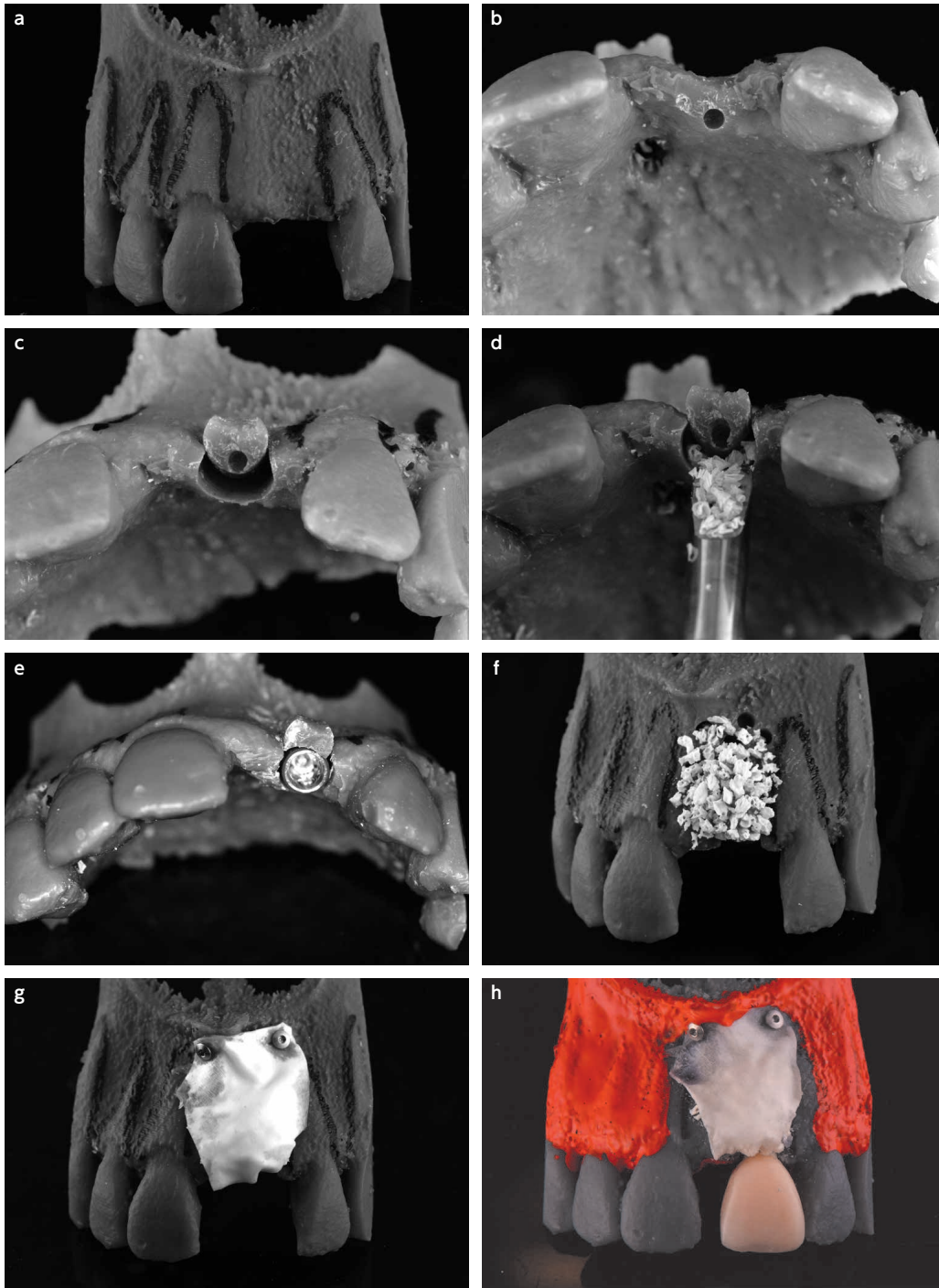


图3) a. 上颌前牙左侧中切牙的 3D 打印模型。b. 使用 Straumann 套件中的麻花钻, 从 2.2 毫米开始, 到 2.8 毫米结束。c. 按照与麻花钻相同的角度进行环钻。d. 可以放置粗颗粒异种骨移植来填补空白。e. 植入 4.1 x 10 毫米种植体。f. 移植材料被放置 (唇侧观)。g. 屏障膜随着固定钉包裹骨移植材料。h. 最终的修复模拟。



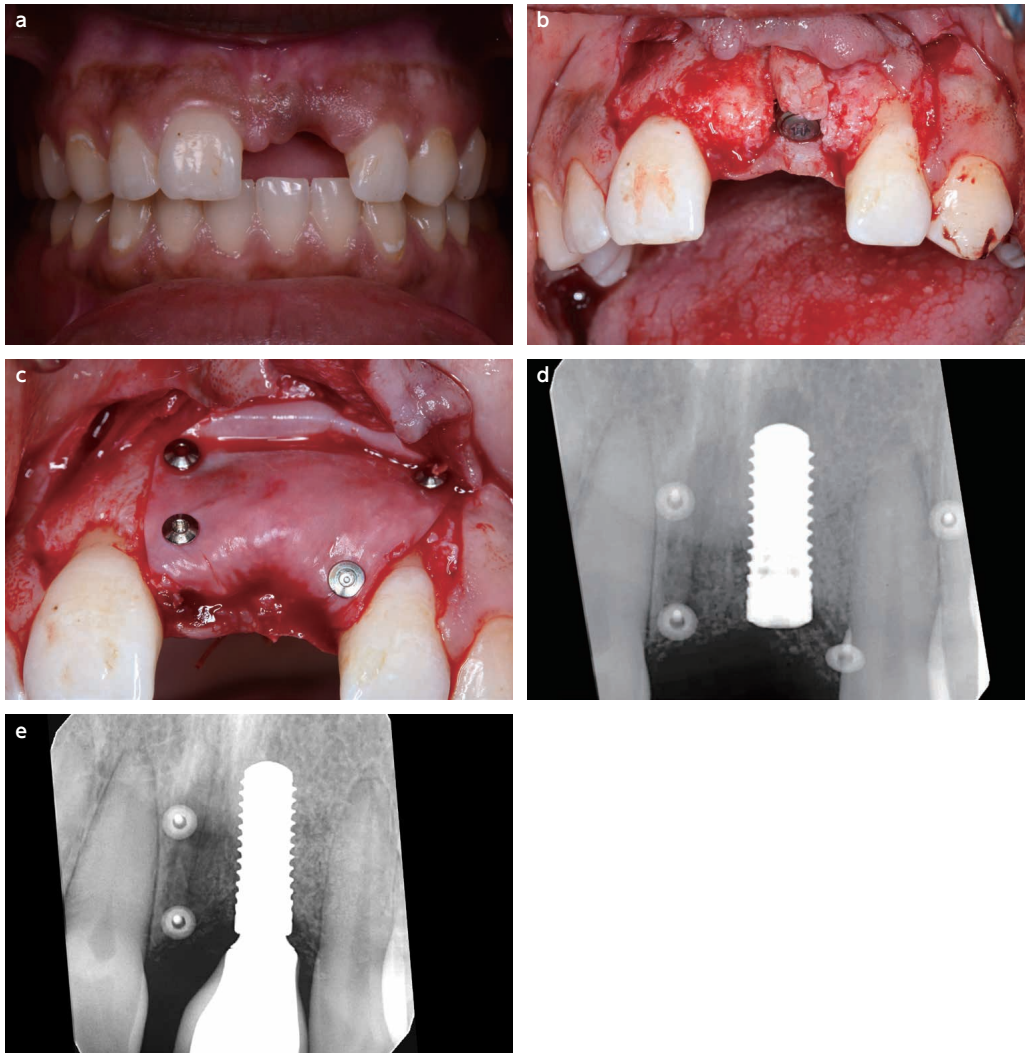


图4) a. 左侧中切牙的术前图像 . b. CARS 技术下 4.1 x 10 mm 的种植体植入 . c. GBR 被执行 . d. 术后的射线片 . e. 修复体被放置在骨结合后 .

#### 上颌骨后部的关键临床考虑 (图 5 a-g)

CARS 和鼻窦增大相结合是一种比 GBR 和鼻窦增大相结合的创伤更小的方法，以实现水平和垂直脊再生。如果担心断裂，可以反向进行环钻，以尽量减少振动。然而，如果由于松质骨的机械性能差导致骨折风险较高，骨过度松质，则禁用 CARS。

必须在环钻开始之前完成膜提升。在膜抬高后，环钻可以延伸到窦的最低边界，因为侧窗通常比窦底更冠状。然后在环钻之后将大颗粒异种移植物放置在升高的膜下。

1. 非常适合萎缩的前磨牙区域
2. 可以同时进行鼻窦提升术
3. 鼻窦提升后，环钻可到达鼻窦底的下缘
4. 避免 GBR 以减少感染
5. 如果骨折风险较高，骨松质过大，则禁止使用 CARS



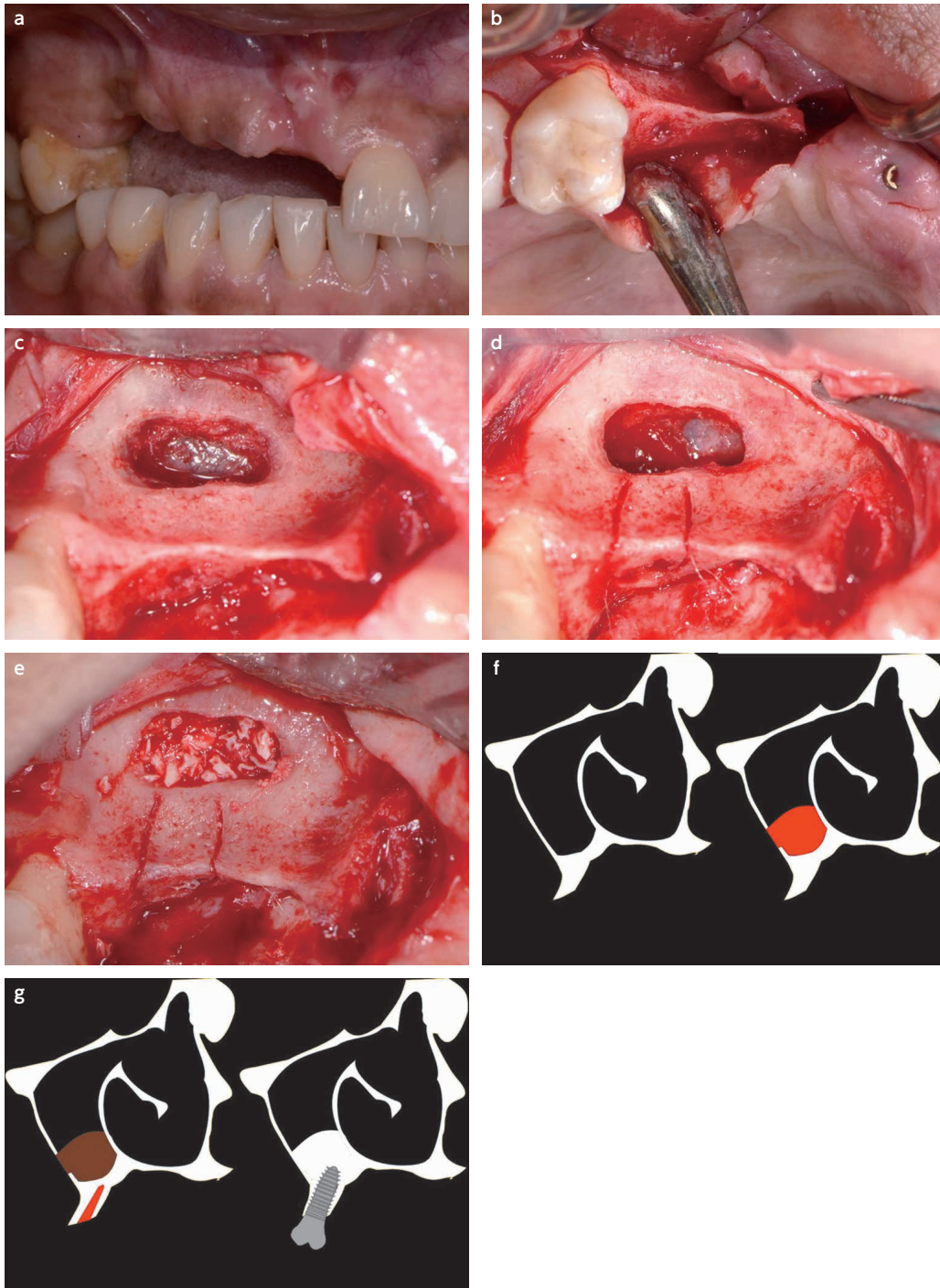


图5) a. 上颌右侧第二前磨牙至右侧切牙缺失的术前照片 . b. Straumann 骨水平的麻花钻, 从 2.2 毫米开始, 到 2.8 毫米结束. c. 侧面开窗. d. 窦底下缘膜的提升和环钻完成 e. 放置粗颗粒异种骨移植植物. f. 鼻窦被提升. g. 环钻, 植骨和种植体植入。

## 下颌前牙区

缺少重要结构加上经常遇到的 II/III 型骨质量的情况，使得下颌骨前部适合植入。然而，牙槽嵴冠状区变薄是一个常见的发现。通过降低牙槽嵴高度，直到获得足够的骨宽度，用于随后的根尖植入可能是一种非移植选择，但它也与牙冠长度增加相关，这可能会损害美学和卫生。近中 - 远中距离不足是单根下颌切牙置换的另一个问题。这一问题可以通过放置牙槽嵴下平台转移植入体来解决，该植入物已被证明能够保持与相邻牙齿之间 1mm 间隙的骨水平。在这种情况下也可以使用窄直径的植入体。此外，患者经常出现多颗下切牙缺失。然而，钛合金植入体的功能负荷降低和机械性能改善使得能够在下颌骨前部使用大跨度桥或悬臂修复体。

## 下颌骨前部的关键临床考虑 (图 6 a-g)

下颌前部通常需要垂直骨轮廓，因为牙槽嵴的冠状区域非常薄是常见的发现。刀口冠状部分不利于种植体放置，会影响环钻以及种植体角度。因此，应在开始时进行局部冠状面骨成形术，以暴露较厚的骨骼，以便更好地接受种植牙。

在下颌骨的这个区域也经常遇到有限的近远中距离。因此，应使用较小的环钻。小种植体直径 (2.9 毫米) 可能是理想的，因为下颌骨该区域的功能负荷低。如果骨骼高度皮质化且血液供应很少，则可以使用两阶段方法，其中放置骨移植体，然后在以后重新进入以放置植入物。但是，应避免同时使用 GBR。在没有达到理想骨轮廓的情况下，可以在第二阶段手术期间进行额外的移植。

1. 使用较小的环钻
2. 环钻需要遵循相邻牙齿的角度
3. 避免同时使用 GBR
4. 植入物的直径可以是 2.9mm
5. 额外的骨移植可在二期手术期间进行

## 下颌骨后部

严重萎缩的无牙下颌骨后牙区患者缺牙超过 3-6 个月，希望用牙种植体替换这些牙齿，这通常是成功植入的一个挑战。通常因为骨缺损同时发生在垂直和水平向。因此，在种植牙之前，往往需要进行牙槽嵴增量术以获得足够的骨体积。这些增量程序包括使用骨和骨替代移植体 (自体移植体，同种异体移植体，异种移植体或同种异体)，GBR，生物制剂 (Emdogain，富血小板血浆 (PRP)，血小板衍生生长因子 (PDGF) 和骨形态发生蛋白 (BMP))，嵌体块骨移植，牙槽嵴劈开 / 牵张术和 DO。在这些区域植入的另一种治疗选择包括植入体对于 IAN 的移位 / 侧位。然而，这是一项非常复杂的技术，具有高风险和潜在并发症。<sup>18,19</sup>

另一种替代治疗选择是在下牙槽神经外侧放置植入物，这可以避免牙槽嵴增大的必要性。目前，关于严重萎缩的下颌骨后部的这种替代治疗方案的研究有限。此外，此选项可能需要事先或同时进行骨增量手术，以使植入物能够放置在 IAN 外侧。在萎缩性下颌后牙区无牙颌的病例中，将种植体侧向放置到 IAN 是可行的。<sup>20-21</sup> 该技术的优点包括创伤小，手术时间短，无需牙槽嵴增量和术后并发症少。本技术的局限性包括操作技能，足够的牙槽嵴横向厚度和感觉异常的风险。在存在有限骨宽度的情况下，本病例组采用水平增强技术 (CARS 和 GBR) 增加 IAN 外侧的骨体积。

## 下颌骨后牙区的关键临床考虑 (图 7 a-g)

将牙种植体植入下颌后牙缺失的最大挑战是下牙槽神经。此外，颞孔也是需要考虑的解剖结构。因此，需要仔细处理皮瓣以防止对颞孔造成创伤。CARS 可以与 ILIAN (下牙槽神经外侧植入技术) 结合使用，以防止 IAN 受损。因此，环钻角度在该区域尤为关键。

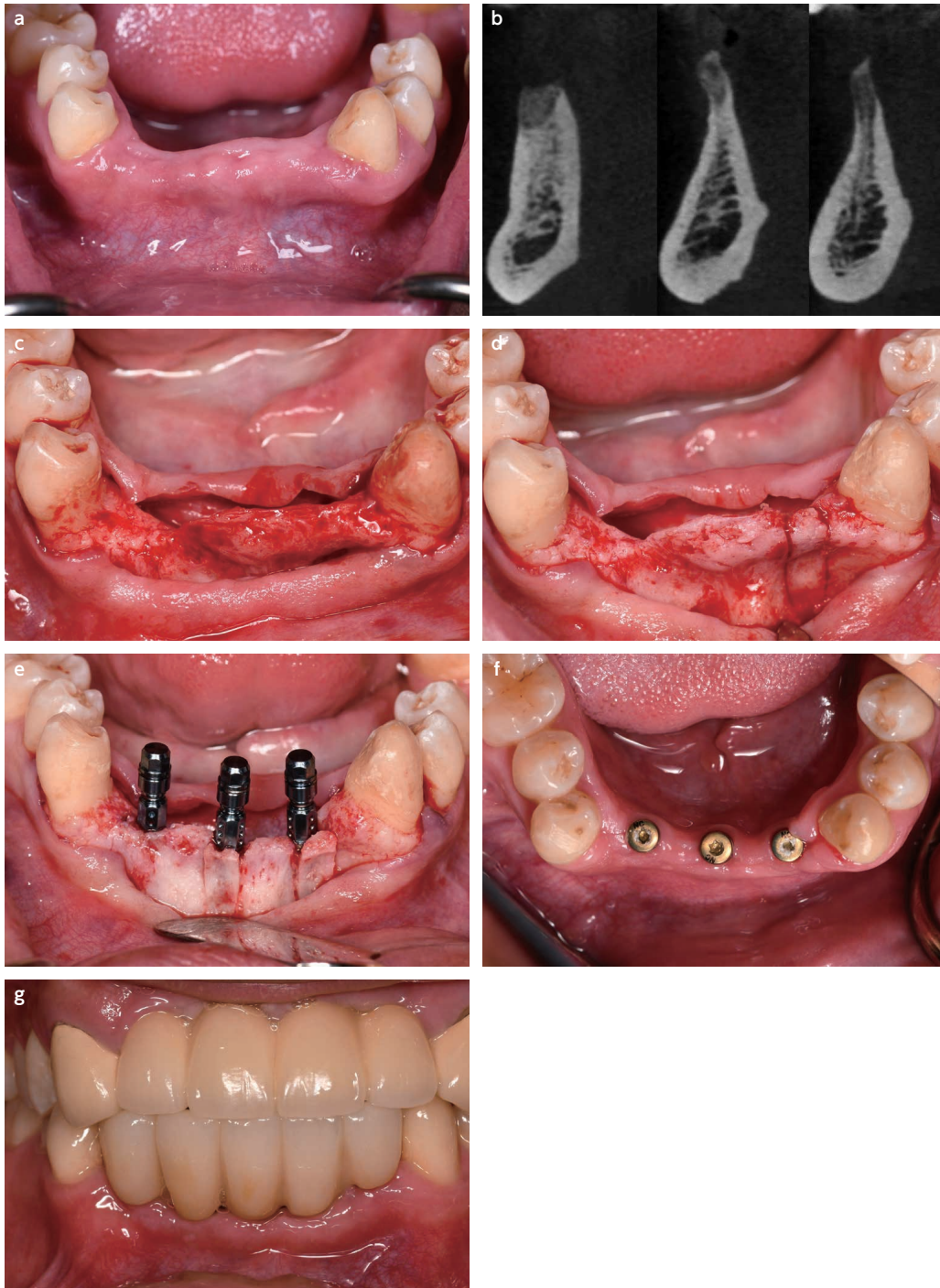


图6) a. 下颌前牙缺失的术前照片。b. CBCT 下牙槽嵴的不同矢状切面。c. 翻开全厚瓣。d. 第一个环钻完成。e. 其他的环钻完成，三个 3.3 x 10 mm 种植体被同期植入。f. 愈合基台被放置。g. 最终的修复体完成。





图7) a. 下颌右下颌第一前磨牙缺失的术前照片。 b. 翻开全厚瓣。 c. 右下颌第一前磨牙位点的环钻完成。 d. 种植体被植入。 e. 最终修复体完成放置。 f-g. 最终修复体的口内图像。



下颌后部的唇骨轮廓通常非常突出（图 8）。该突起防止环钻沿冠状 - 顶端方向制造。因此，应进行唇骨轮廓修整，以使环钻位于 IAN 的侧面，以便种植牙可以避免 IAN。在没有指示唇骨轮廓的情况下，从舌方向进行环钻是可行的，但这种角度对于修复体来说并不理想。如果计划治疗多个牙种植体，可以在不同时间单独放置它们以验证麻木。

1. 可结合下牙槽神经外侧植入术 (ILIAN)
2. 翻开皮瓣时，避免对颈孔造成不必要的创伤
3. 轮廓化唇侧骨，保证环钻的角度合适以能够匹配种植体
4. 舌侧环钻是一种选择
5. 植入物可以逐个放置以验证神经麻木

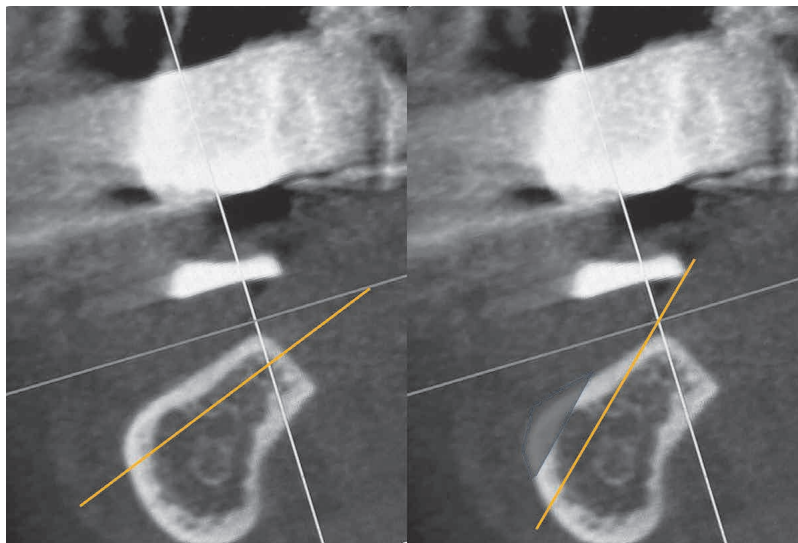


图 8) 下颌后牙区凸起的唇侧骨外形

## 结论

解剖学，生物力学负荷和美学要求的差异使得植入物放置在不同解剖位置的治疗需求彼此不同。准确的术前评估，根据现有证据选择最合适的治疗方案以及精心执行计划的手术是成功结果的关键参数。目前的研究表明，同时使用 CARS 技术和 SA 进行种植体植入是成功的。分步手术治疗显示了一种创建硬组织和软组织的替代方法，同时将其他手术技术的术后风险和并发症降至最低。

## References

1. Nyman S, Lang NP, Buser D, Bragger U. Bone regeneration adjacent to titanium dental implants using guided tissue regeneration: a report of two cases. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1990 Spring; 5(1): 9-14.
2. Buser D, Bragger U, Lang NP, Nyman S. Regeneration and enlargement of jaw bone using guided tissue regeneration. *Clin Oral Implants Res*. 1990;1(1):22-32.
3. Esposito M, Grusovin MG, Felice P, Karatzopoulos G, Worthington HV, Coulthard P. The efficacy of horizontal and vertical bone augmentation procedures for dental implants-a Cochrane systematic review. *Eur J Oral Implantol*. 2009 Sep 1; 2(3): 167-184.
4. Marx RE, Carlson ER, Eichstaedt RM, Schimmele SR, Strauss JE, Georgeff KR. Platelet-rich plasma growth factor enhancement for bone grafts. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 85: 638-646.
5. Jung RE, Glauser R, Schärer P, Hämmerle CH, Sailer HF, Weber FE. Effect of rhBMP-2 on guided bone regeneration in humans. *Clin Oral Implants Res*. 2003 Oct; 14 (5): 556-568.
6. Losa PM, Cebrian JL, Guñales J, Burgueño M, Chamorro M. Mandibular fracture after inferior alveolar nerve lateralization: a rare and misunderstood complication. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2015 Oct 1; 26 (7): e682-e683.
7. French D, Ofec R, Levin L. Long term clinical performance of 10871 dental implants with up to 22years of follow-up: A cohort study in

- 4247 patients. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2021 Jun;23(3):289-297. doi: 10.1111/cid.12994. Epub 2021 Mar 25. PMID: 33768695; PMCID: PMC8359846.
8. Clauser T, Lin GH, Lee E, Del Fabbro M, Wang HL, Testori T. Risk of early implant failure in grafted and non-grafted sites: A systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Implantol (Berl).* 2022 Mar 10;15(1):31-41. PMID: 35266666.
  9. Chiapasco M, Zaniboni M, Boisco M. Augmentation procedures for the rehabilitation of deficient edentulous ridges with oral implants. *Clin. Oral Impl. Res.* 2006; 17 (Suppl. 2): 136–159.
  10. Froum SJ, Cho S-C, Loomer PM, Georgantz A, Suzuki T, Yu YCP, Use of 3D Printing in Dental Implant Education. *Dental Learning* 2016.
  11. Froum SJ, Kadi RO, Wangsrimgkol B, Hengjeerajaras P, Reis N, Yu PYC, Cho SC. The Custom Alveolar Ridge-Splitting (CARS) Technique for Predictable Horizontal Ridge Augmentation in the Atrophic Anterior Maxilla: A Retrospective Case Series Study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2021 May-Jun;41(3):397-403. doi: 10.11607/prd.5411. PMID: 34076636.
  12. Maketone P, Leung M, Bergamini M, Paul Yu YC, Froum S, Cho S-C. Histologic Findings 8 Weeks After Customized Alveolar Ridge-Splitting Technique. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry.* 2021;41(5): e191-e198. doi:10.11607/prd.5507
  13. Bergamini M, Froum FJ, De Carle L, Muchhala S, Reis N, Leung M, Sawada M, Alzahrani K, Bannawat S, Yu YCP, Cho SC. Customized Alveolar Ridge Slitting Tech Combined with Guided Bone regeneration or Sinus Lift Aug in Maxillary Deficient Ridges. Accepted for publication *Int. J. Periodontics Restorative Dent* 2022
  14. Kimm H, Froum SJ, Eriguel J, Kalaw A, Najafi Abrandabadi S, Cho SC. The Custom Alveolar Ridge Splitting (CARS) Technique for Predictable Horizontal Ridge Augmentation in the Atrophic Posterior Mandible – A Case Report. Accepted for publication *Int. J. Periodontics Restorative Dent* 2022.
  15. Greenstein G, Cavallaro J. Managing the Buccal Gap and Plate of Bone: Immediate Dental Implant Placement. *Dent Today.* 2013;32(3):70, 72-77.
  16. Wang HL, Misch C, Neiva RF. "Sandwich" bone augmentation technique: rationale and report of pilot cases. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2004 Jun;24(3):232-245.
  17. Cosyn J, Eghbali A, Hanselaer L, De Rouck T, Wyn I, Sabzevar MM, Cleymaet R, De Bruyn H. Four modalities of single implant treatment in the anterior maxilla: a clinical, radiographic, and aesthetic evaluation. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2013 Aug;15(4):517-30. doi: 10.1111/j.1708-8208.2011.00417.x. Epub 2012 Jan 11. PMID: 22236111.
  18. Scipioni A, Bruschi GB, Calesini G. The edentulous ridge expansion technique: A five-year study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1994; 14: 451–459.
  19. Hu GH, Froum SJ, Alodadi A, Nose F, Yu YP, Suzuki T, Cho SC. A Three-Stage Split-Crest Technique: Case Series of Horizontal Ridge Augmentation in the Atrophic Posterior Mandible. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2018;38(4):565–573.
  20. Daróz SR, Cardoso ES, Manso MC, Vidigal GM. Evaluation of bone width lateral to the mandibular canal as an alternative approach for implant installation. *Implant Dent.* 2013; 22: 97–101.
  21. Froum JS, Reis N, Gonzalez E, Barsoum A, Yu PYC, Manasse M, Cho SC. Inferior Alveolar Nerve (ILIAN) – A Retrospective Study of a Treatment Option for Severely Atrophic Posterior Mandibular Ridge. Accepted for Publication. *Int. J. Periodontics Restorative Dent.* 2022

## Case Report

## 歯槽骨萎縮症例に対する代替治療法

## Custom Alveolar Ridge Splitting (CARS) 法

Alternative Treatment Option for Atrophic Ridges – Custom Alveolar Ridge Splitting Technique

Erick Lima<sup>1)</sup> Gebin Zhu<sup>1)</sup> Chih Hao Shyu<sup>1)</sup> Soma Fukui<sup>1)</sup>Angela Vida Kalaw<sup>1)</sup> Hyongsup Kimm<sup>2)</sup> Fuyuki Nose<sup>2)</sup> Adam Barsoum<sup>3)</sup>Paul Yung Cheng Yu<sup>3)</sup> Sang-Choon Cho<sup>3)</sup>

1) Resident, Advanced Program for International Dentists in Implant Dentistry, Ashman Department of Periodontology and Implant Dentistry, New York University College of Dentistry, New York, New York, USA; Private Practice, New York, New York, USA.

2) Former Resident, Advanced Program for International Dentists in Implant Dentistry, Ashman Department of Periodontology and Implant Dentistry, New York University College of Dentistry, New York, New York, USA.

3) Faculty, Advanced Program for International Dentists in Implant Dentistry, Ashman Department of Periodontology and Implant Dentistry, New York University College of Dentistry, New York, New York, USA.

Corresponding author: Dr. Erick Lima. e-mail:el3215@nyu.edu

## 要旨

インプラント支持の補綴は、歯の欠損部位を補うための予知性の高い治療法であることがこれまで証明されてきた。十分な骨量がない症例に対しては骨増生術により骨量を増加させることができる。骨の再生にはインプラント埋入予定部位の骨欠損の形態など、いくつかの要因が影響する。骨壁に囲まれた欠損（骨内骨欠損）は、骨の再生に高い成功率をもたらすことが知られている。本報告の目的は、臨床における様々な部位に対してカスタマイズされたリッジスプリッティングである、Customized Alveolar Ridge Splitting (CARS) 法の実用性を考察することである。

## 緒言

骨再生誘導法 (GBR) は、歯槽堤造成術として最も広く知られている術式の一つである。これは、インプラント埋入後の長期的な予後において良好な結果をもたらす。骨の再生と審美的且つ機能的なインプラント補綴の付与により、その予知性は長年に渡り実証されてきた。<sup>1-3</sup> 骨欠損の形態や範囲によって、これまで様々な GBR が報告されてきた。さらに、オンレー・ブロックグラフト法 (OBG)、仮骨延長術 (DO)、リッジスプリッティング法 (RS)、そして、下顎骨インターポジショナルグラフト法 (MI) なども骨造成に有効な選択肢として知られている。しかしながら従来の方法では、メンブレンの露出、移植部位の感染、再生材料の吸収などの予測できない結果により、さらなる骨造成が必要となることがある。<sup>4-8</sup>

インプラント手術は低侵襲で行われることが望ましい。<sup>9</sup> 低侵襲とは、術前の十分な診査診断と治療計画により術中に生じる可能性のある合併症を最小限に抑え、効率的且つ確実な手術を行い、それにより術後の治癒を早めることにつながる。詳細な患者評価、欠損部位に対する診断用ワックスアップ、および X 線撮影用テンプレートをを用いた歯科用コーンビーム CT (CBCT) は、欠損部位の診断を向上させ、治療計画を立案するには不可欠である。近年では 3D プリンターの登場により、CBCT の DICOM データをステレオリソグラフィ (STL) ファイルに変換して 3 次元頭蓋骨模型の製作が可能となった。<sup>10</sup> これにより術者は、患者の欠損部位の顎堤形態を十分に把握するとともに、この模型を用いて計画された処置を予め試行することができる。

最近発表された Customized Alveolar Ridge Splitting (CARS) 法は、水平性骨欠損に対する低侵襲な骨造成法

として有効であると考えられている。この CARS 法は、血液供給が低下している皮質骨のみで構成された重度の萎縮性水平性骨欠損に対して適応される。このような欠損形態では、インプラント埋入に必要な水平的な骨量を確保するために、しばしば複数回の手術が必要となる。CARS 法の目的は、トレフィンバーを用いて、骨外欠損を骨内欠損に変換することである。<sup>11-14</sup> CARS の科学的根拠は、Greenstein らが抜歯直後の抜歯窩について説明した頬側隙間距離に基づいている。<sup>15</sup> インプラントと頬側骨との距離が 3mm 以下であれば、骨補填材の追加は必要としない。Hom-Lay Wang らによると、骨補填材を使用する唯一の適応症は、顎堤のカントゥアを強調し、皮質骨のさらなる吸収を防ぐために外側に異種移植材を用いる審美的なケースである。<sup>16</sup> Froum や Kadi らが述べたように、CARS 法は従来のリッジスプリッティング法と同程度の成功率であるが、インプラントを予定している部位に範囲が限定されるため、リッジスプリッティング法と比較して、患者の術後負担の軽減、治療期間の短縮、手術部位の縮小化という面で有利である。

部位特異的な問題や複雑な欠損に対して適切な外科的手法を選択するには、選択した術式の期待できる結果やその限界、関連する合併症の発生率を知ることが重要である。本報告の目的は、様々な臨床症例において CARS 法の実用性を臨床的考察と交えて提示することである。

#### CARS 法の一般的な重要臨床配慮事項 (Critical Clinical Considerations: CCC)

CARS 法は、歯槽堤の幅が 3mm 以下の場合に適応となる。従来のリッジスプリッティングの多くは、幅が 3mm 以上の歯槽堤に適応される。その理由は、CARS 法では頬側の断片の作成にトレフィンバーを使用するためである。トレフィンバーの刃部は 0.25mm と、他の骨削合用バーと比較して非常に薄い構造をしている。従って、重度の頬舌の骨欠損を有する歯槽堤に対し、侵襲の少ない歯槽堤の分割を行うことができる。

トレフィンバーの角度は歯槽堤の唇側のカントゥア形態に沿わせるため、唇側のカントゥア形態はトレフィンバーの角度やインプラント埋入位置を決定するために非常に重要である。特に下顎臼歯部では、唇側骨のカントゥアの隆起によりトレフィンバーの角度が舌側に傾斜することがある。そのため、オステオトミーを開始する前に唇側のカントゥア形態を診査し、トレフィンバーの理想的な角度を得るためにリッジコンタリングにより骨形態を整形する必要がある。

ストローマンの Comprehensive System は、ストローマンのドリル先端のテーパ形態がドリリング時の振動を大幅に軽減する。それにより、トレフィンバーにより形成された骨の断片の破折の危険性を最小限に抑えることができるため、CARS 法に最適なシステムと言える。直径 2.8mm ドリルの後に、ストローマン Comprehensive System のトレフィンバーを歯槽堤の頬側に使用し、骨の断片を形成する。トレフィンバーを用いる利点として、振動を減らす目的として逆回転で使用することができ、特にタイプ IV の骨質では骨折の危険性をさらに最小限に抑えることができるということである。トレフィンバーの深度はインプラント埋入予定の長さより 2～4mm (20～40%) 程度長くし、トレフィンにより形成した骨の断片の柔軟性を十分に確保する必要がある。骨断片が緻密で血液供給が少ない場合、骨造成を行い、期間が経過した後にインプラント埋入を行うという 2 段階のアプローチを検討する。骨が破折した場合は、骨断片の再結合をする期間として、最低でも 2 ヶ月間は待機する。

トレフィンによる骨断片の形成が終了後、プロファイルドリルを使用してオステオトミー完成させる。これは、ツイストドリルではドリリングがより強く、破折の危険性が高まるからである。これは、ツイストドリルではドリリングがより強く、破折の危険性が高まるからである。また、使用予定のインプラントのサイズよりも小さなプロファイルドリルを使用する必要がある。例えば、使用するインプラントの直径が 4.1mm である場合、直径 3.3mm のドリルを使用してオステオトミーを完成させる必要がある。これにより、破折の危険性を最小限に抑え、初期固定を得ることができる。

テーパ形状のインプラントはオステオトミー形態から CARS 法には理想的であると言える。さらに、テーパ形状のインプラントはトレフィンバーにより形成された骨断片の破折の危険性を低減する。



1. 唇側骨表面に不規則な凹凸がある場合、まず唇側骨のカントゥアを平滑化する。
2. ドリルは顎堤の唇側のカントゥアに沿わせる。
3.  $\phi$  2.2mm および  $\phi$  2.8mm のドリリングには Straumann Bone Level Tapered System のドリルを用いる (図 1)。
4.  $\phi$  2.8mm でのドリリング後はトレフィンバーを使用する (図 2)。
5. トレフィンバーは、過度の振動を防ぐ目的として逆回転で使用できる。
6.  $\phi$  3.3mm のドリルを  $\phi$  4.1mm のインプラントのファイナルドリルとして使用する。
7. 顎堤の頬舌的な幅が 3.0mm 以下でも適応となる。
8. トレフィンバーした部位の骨が完全に破折した場合は、骨を整復後、最低 2 ヶ月間待機する。
9. トレフィンバーの深度はインプラント長の 20 ~ 40% (2 ~ 4mm) 程度が望ましい。
10. テーパードインプラントを用いる。
11. 二回法も考慮する。



図 1 Straumann Bone Level Tapered System のツイストドリル



図 2 CARS 法に必要なトレフィンバー

### 上顎前歯部

上顎前歯部において、硬組織と軟組織の解剖学的形態を調和させ、審美的な修復を実現することは決して容易ではない。前述した方法である GBR, OBG, RS, DO など、硬組織再建のための様々な手技が報告されているが、歯間乳頭の萎縮や消失は術後しばしば認められる。Buser D らは、6 年間の追跡研究において、GBR を伴ったインプラント埋入により骨レベルの維持と安定した頬側の軟組織の維持を示している。<sup>2</sup> しかし、GBR 後においても、歯間乳頭はしばしば萎縮が見られた。Cosyn J らは、GBR 併用のインプラント埋入や GBR 後に段階的にインプラント埋入を行った場合と比較して、抜歯後即時インプラント埋入がより良好な審美的結果をもたらすことを示した。<sup>17</sup> RS と DO においては、術後の歯間乳頭の形態が不完全であることが多かった。これは、外科的介入の回数と乳頭挙上術を繰り返したことに起因すると考えられる。

歯間乳頭の血管分布は、顎堤を横断する血管吻合部により供給されている。フラップの形成により血液供給が繰り返し阻害されると、線維芽細胞が早期に活性化する。その結果、過剰な線維性瘢痕組織の形成につながる可能性がある。創傷の一次治癒を達成するためには、骨造成術に先立ち、軟組織の構造とその量を適切な状態にすることも重要である。軟組織移植は、骨造成術に有利な血液供給の場を形成するため、将来のインプラントと審美的な結果を得るための予知性の高い基礎を築くことができる。

### 上顎前歯部 (Anterior Maxilla: Amax) の CCC

上顎前歯部において、特に骨の量が十分でないケースにおいて審美的要求を満たすことは決して容易ではない。また、審美性を向上のために硬組織および軟組織の形態を調和させる必要があるため、上顎前歯部におけるインプラント埋入は非常に難易度の高い治療となる。

臨床医は3Dプリントモデルを用いて患者の解剖学的形態をよく理解し、最終的な審美的結果を念頭に置いて手術計画を立案することが推奨される。GBRは、顎堤のカントゥア形態を改善するために、CARS法と組み合わせて検討することができる。しかしながらGBRを行う際は、確実な一次閉鎖を確保するために適切なフラップ形成を行う必要がある。上唇小帯は一次閉鎖の妨げになる可能性があるため、GBRの前に小帯切除術を検討することは有効である。GBRには粒子の大きな異種骨を使用する。これは、大きな粒子は小さなものと比較して、より吸収速度が遅いことが知られているため、血液供給と形態の安定性に優れていると考えられるためである。吸収性ウシ心膜組織由来メンブレンであるペリカディウムメンブレンは、他のメンブレンよりも比較的容易に伸展できるため推奨される。また、メンブレンを固定させるために、タックが必要となる。GBRを行う際には必ず合成吸収性ブレイド縫合糸である4-0バイクリル縫合糸により水平マットレス縫合を行い、テンションフリーの一次閉鎖を行う。また、最初のGBRにより理想的な顎堤のカントゥアが得られなかった場合、二次手術時に小粒子の異種骨により追加的にGBRを行うことも可能である。

1. 3Dプリントモデルによる手術のシミュレーション (図3 a-h)。
2. フラップ形成の前に小帯切除術を検討する。
3. GBRにより顎堤のカントゥア形態を改善することができる (図4 a-e)。
4. 血液供給と形態の安定性を高めるため、粒子の大きな異種骨を使用する。
5. ペリカディウムメンブレンを用いる。
6. メンブレンを安定させるためにタックで固定する。
7. 4-0バイクリル縫合糸により水平マットレス縫合を行い、テンションフリーの一次閉鎖を行う。
8. 二次手術時に、顎堤のカントゥアの改善を目的に粒子の小さな異種骨片を使用できる。

#### 上顎臼歯部

上顎臼歯部の水平的及び垂直的骨欠損を伴う症例では、CARS法と共に上顎洞挙上術(SA)、またはGBRを行うことで、骨造成の成績が向上することがある。CARS法と上顎洞フィステル形成術の併用は、水平および垂直的な歯槽骨欠損を改善する低侵襲の方法である。患者によって骨形態や骨質が異なるため、多くの場合ではそのそれぞれに適したアプローチが必要となる。CARS法は、頬側のフラップ形成量が少なく頬側の口腔前庭の可動域が少なくて済むため、軟組織の移植を必要とする症例は極めて少ない。また、Froumらの報告では、CARS法の組織学的所見において、骨癒合後2ヶ月で新たな骨が形成されていることが確認された。<sup>12</sup> 現在報告されている限られた研究では、新たな臨床的アプローチであるCARS法は、予知性が高く、術後の合併症が少ない術式であり、GBRやSAとの併用により、さらに治療成績が向上する可能性があると考えられる。<sup>13</sup>

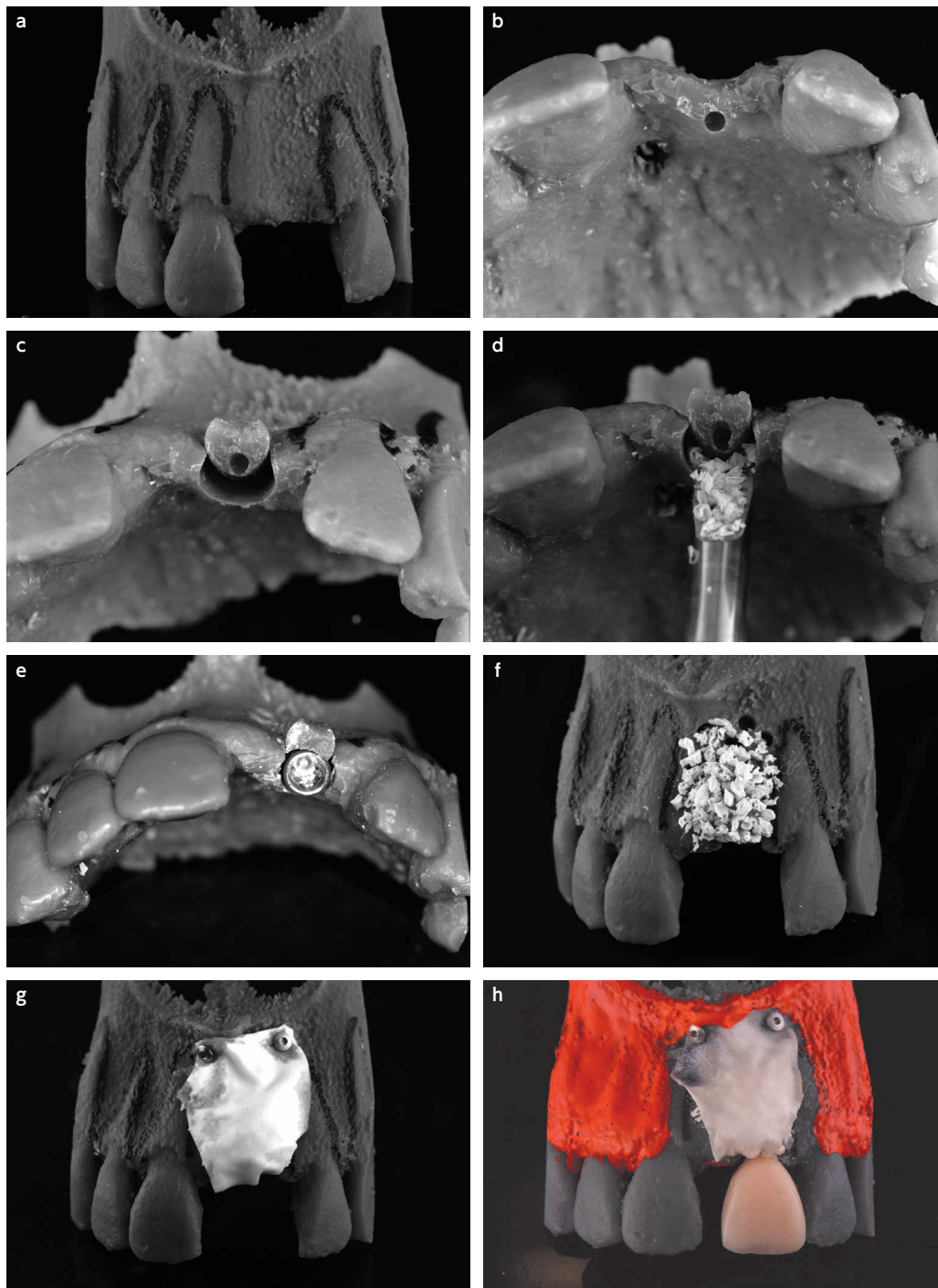


図3 a. 上顎左側中切歯の3Dプリントモデル b. Straumann Bone Level Tapered Systemのツイストドリルにより $\phi$  2.2mmから始め,  $\phi$  2.8mmで終了 c. ツイストドリルの角度に沿ってトレフィンバーを使用 d. 粒子の大きい異種骨片を, 隙間を埋めるように補填 e.  $\phi$  4.1 x 10 mmのインプラントを埋入 f. 骨補填材を補填後の唇側面観 g. メンブレンをタックにより固定 h. 最終補綴物のシミュレーション

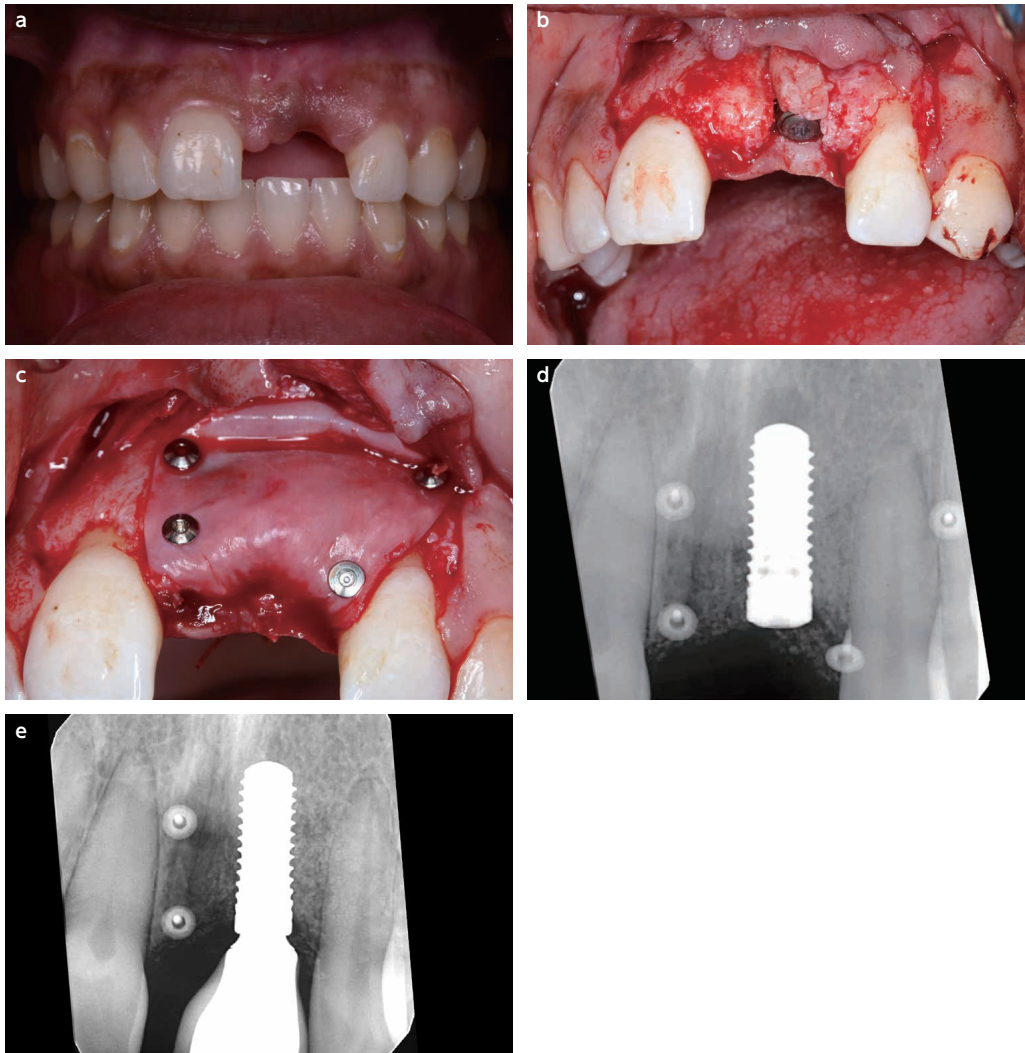


図4 a. 上顎左側中切歯欠損の術前口腔内写真 b. CARS法を行い、 $\phi$  4.1 x 10mm のインプラントを埋入 c. GBR を実施 d. 術後エックス線写真 e. オッセオインテグレーション後に装着した最終補綴物

#### 上顎臼歯部 (Posterior Maxilla: PoMax) の CCC (図 5 a-g)

CARS 法と上顎洞挙上術との併用は、GBR と上顎洞挙上術の併用よりも侵襲が少なく、水平的・垂直的な顎堤の再生が可能な方法である。骨の破折が懸念される時は、トレフィンバーを逆回転させることで骨削合時の振動を最小限にすることで対処することができる。しかしながら、海綿骨の力学的特性が低く骨折の危険性が高いため、海綿骨が多い場合には CARS 法は禁忌となる。トレフィンバーの使用を開始する前に、シュナイダーメンブレンの挙上を終える必要がある。シュナイダーメンブレンの挙上後、上顎洞底最下部の境界までトレフィンバーによる骨断片の形成を行う、その後、挙上したシュナイダーメンブレンと上顎洞底との間に粒子の大きい異種骨を充填する。

1. 骨吸収を伴う小臼歯部に最適。
2. 上顎洞挙上術と同時に行うことが可能。
3. 上顎洞のシュナイダーメンブレン挙上後、上顎洞下縁までトレファインが可能。
4. 感染を最小限にするために GBR を避けることがある。
5. 骨が海綿状で密度が疎な場合、骨折の危険性が高いため CARS 法は禁忌である。



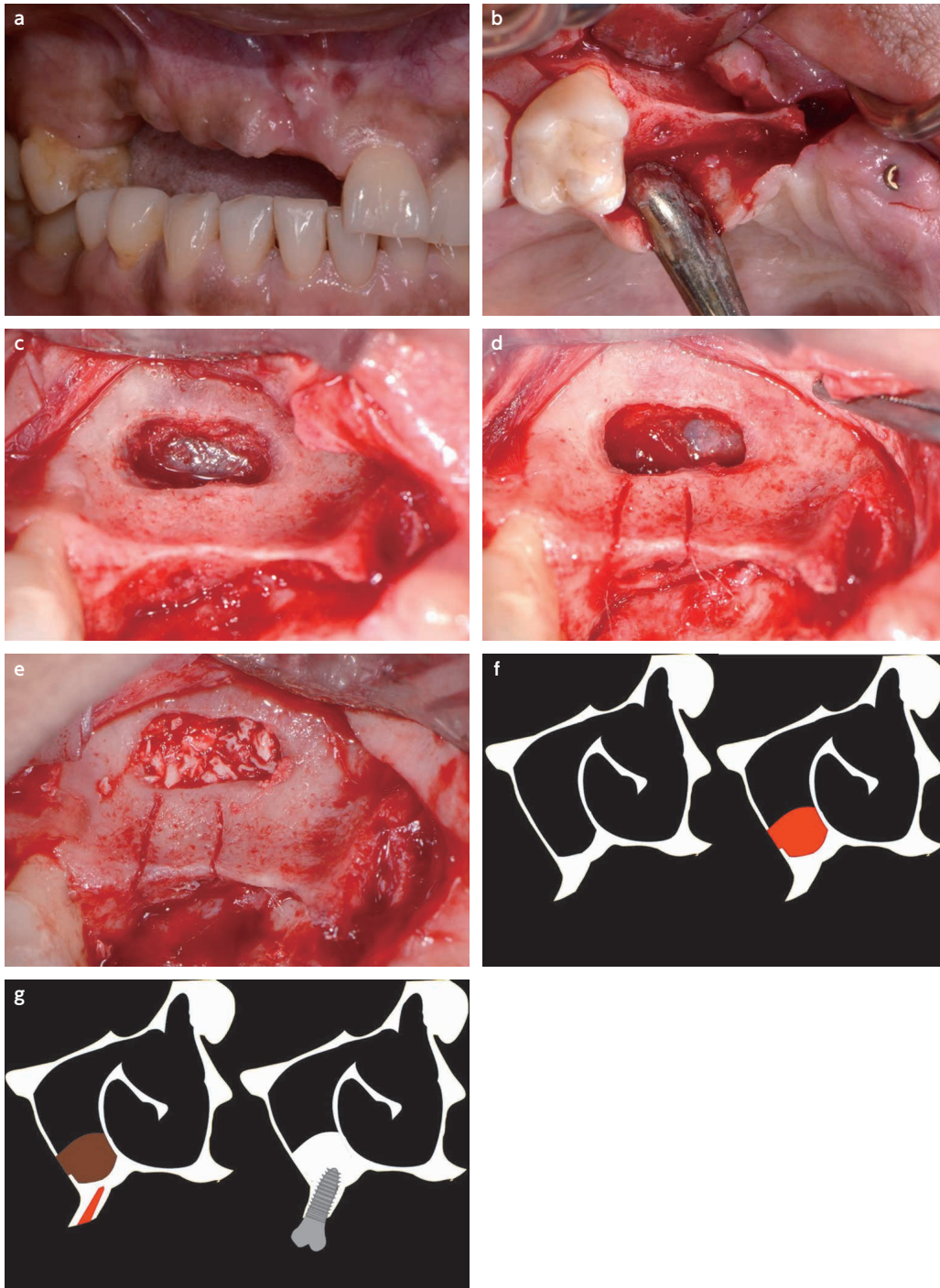


図5 a. 上顎右第二小臼歯から上顎右側側切歯までを欠損している術前口腔内写真 b. Straumann Bone Level Tapered System のツイストドリル (φ 2.2mm から始まりφ 2.8mm で終了) c. ラテラルウィンドウ法 d. シュナイダー膜の挙上後、トレフィンパーを使用 e. 粒子の大きい異種骨片を補填 f. シュナイダー膜を挙上 g. トレフィンパーを使用し、骨造成とインプラント埋入を行った

## 下顎前歯部

下顎前歯部は解剖学的にも特に重要な構造物がなく、骨質はタイプⅡおよびタイプⅢが多いため、インプラント埋入に適した部位と言える。しかしながら、顎堤の頬舌的な吸収は高頻度に認められる。顎堤の高さを減少させることでインプラント埋入に必要な頬舌の幅径を得ることは骨造成を行わない場合の選択としては有効ではあるが、上部構造の歯冠長が長くなることで、審美性や清掃性が損なわれる可能性がある。下顎前歯部の単独歯インプラント埋入では、近遠心的な距離の不足も懸念される。この問題は、隣接歯から1mmの距離で骨のレベルを維持することが示されているプラットフォームスイッチングインプラントを歯槽骨縁下に埋入することで対処することができる。このような場合には、直径の小さいインプラントを選択することも有効である。さらに、下顎前歯部が1歯以上欠損している症例もしばしば見られるが、チタン合金製インプラントの機械的特性の向上や機能的負荷の軽減により、下顎前歯部におけるロングスパンのブリッジやカンチレバー形態の補綴物の選択が可能となっている。

## 下顎前歯部 (Anterior Mandible: Aman) の CCC (図 6 a-g)

下顎前歯部では、歯槽骨頂の骨幅が著しく薄いことが多い。ナイフエッジ状の歯槽骨頂はインプラント埋入には適しておらず、トレフィンバーやインプラントの角度に影響を与える可能性がある。従って、インプラント埋入に適した厚みのある骨を形成するために、局所的な歯槽骨頂の骨形成術を始めに行う必要がある。下顎前歯部では、隣在歯との近遠心的な距離が限られていることも多いため、より小さなトレフィンバーを使用する。その部位は機能的負荷が小さいため、直径2.9mmのような細いインプラントが理想となる。皮質骨の割合が高く血液供給が少ない場合、まず骨造成を行い、後日インプラント埋入を行うという段階的なアプローチが適応となる。GBRを同時に行うことはせず、理想的な骨のカントゥアが得られない時は、二次手術時に追加的に骨造成を行う。

1. 小さいトレフィンバーを使用する。
2. トレフィンバーは隣在歯の歯軸の方向に沿う必要がある。
3. GBRを同時に行わない。
4. インプラント径は2.9mmでも可。
5. 二次手術時にさらに骨造成を行うことができる。

## 下顎臼歯部

3～6ヶ月以上歯が欠損している下顎臼歯部の顎堤が高度に吸収している無歯顎患者へのインプラント治療は、困難であることが多い。これは、垂直的および水平的な骨の吸収によるものである。その結果、インプラント埋入前に十分な骨量を確保するために、通常、歯槽堤造成術を行う必要がある。これらの造成術には、骨および骨代用グラフト（自家骨移植、同種骨移植、異種骨移植、人工生体移植材）、GBR、生物学的製剤（エムドゲイン、多血小板血漿（PRP）、血小板由来成長因子（PDGF）、骨形成タンパク質（BMP））、オンレーグラフト、インレーグラフト、歯槽堤分割術、歯槽堤拡大術、骨延長術（DO）などが含まれる。このような下顎臼歯部の顎堤が高度に吸収している部位にインプラントを埋入するための治療法としては、下歯槽神経移動術を用いる方法もあるが、これは非常に複雑な手技であり、常に危険性と合併症の可能性が伴う。<sup>18,19</sup>

下歯槽神経の側方にインプラントを埋入するという手技が存在するが、これにより歯槽堤増成術の必要性を回避することができる。現在において、高度に吸収した下顎臼歯部へのこの手技に関する研究は限られている。高度に吸収した下顎臼歯部へのインプラント埋入は、下歯槽神経へのインプラント側方埋入が有効である。<sup>20-21</sup> この術式の利点としては、低侵襲性であること、手術時間が短いこと、歯槽堤増成術の必要性が少ないこと、術後合併症の可能性が少ないことなどが挙げられる。本報告では、骨幅に制限があるため下歯槽神経の外側で骨量を増加させるために、水平方向への骨造成（CARS法とGBR）が行われた。

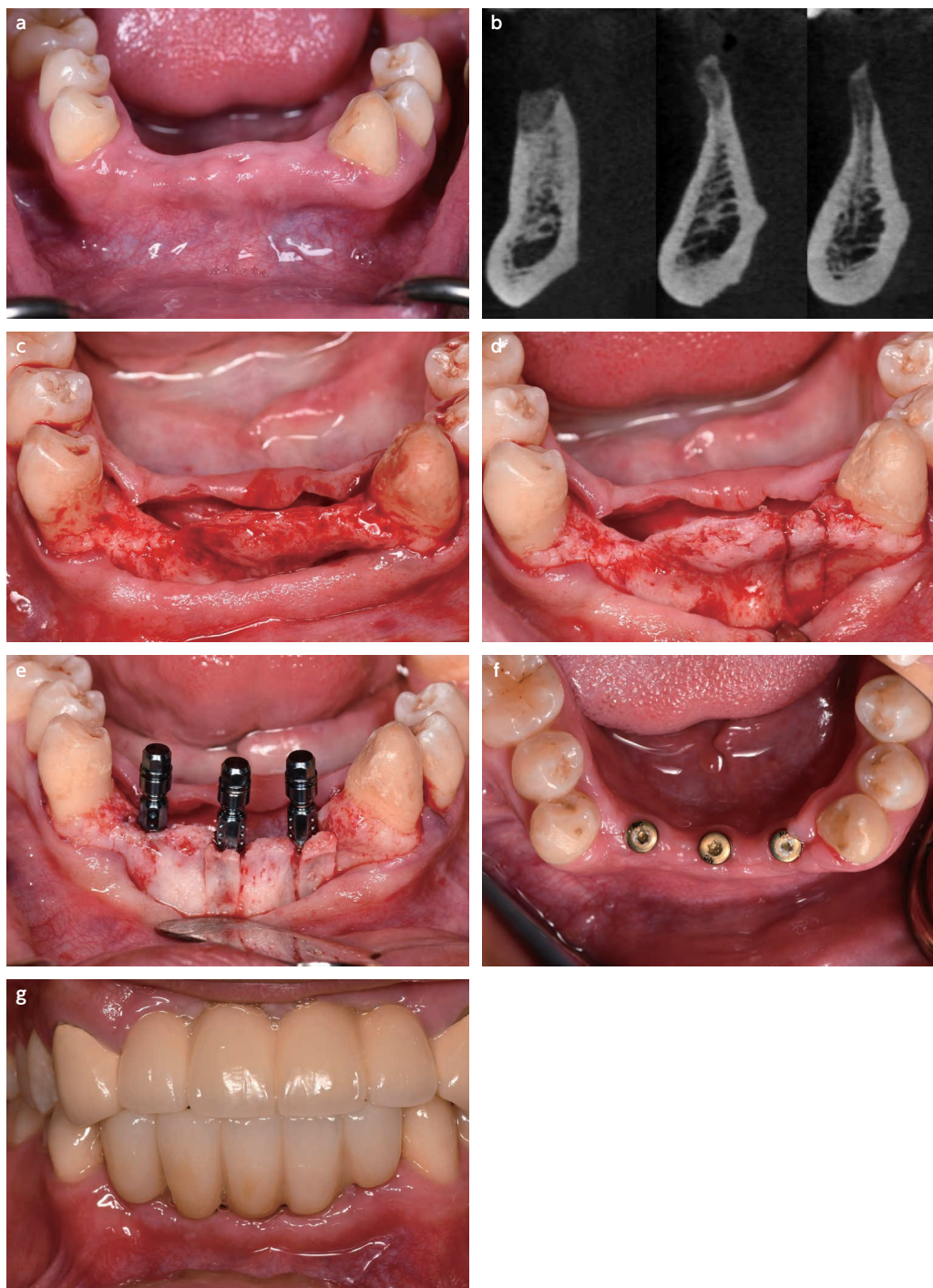


図6 a. 下顎前歯部欠損の術前口腔内写真 b. CBCTによる欠損部位の矢状断面 c. 全層弁の形成 d. 最初のトレフィンパー形成 e.  $\phi$  3.3 x 10 mmのインプラントを3本埋入 f. ヒーリングアットメントを装着 g. 最終補綴物の装着





図7 a. 下顎右側第一小臼歯欠損の下顎臼歯部の術前口腔内写真 b. 全層弁の形成 c. 下顎右側第一小臼歯部位に形成したトレフィンバー d. インプラント埋入 e. 最終補綴物の装着 f.g. 最終補綴物の口腔内写真

#### 下顎臼歯部 (Posterior Mandible: PoMan) の CCC (図7 a-g)

下顎臼歯部のインプラント埋入に際し、最も注意すべき点の一つは、下歯槽神経の位置である。また、オトガイ孔も注意すべき解剖学的構造物であり、オトガイ孔への侵襲を与えないフラップ形成が重要となる。CARS法は、下歯槽神経の損傷を防ぐために、下歯槽神経の側方へのインプラント埋入 (ILIAN: implant lateral to inferior alveolar nerve technique) と併用して行うことができる。そのため、この部位ではトレフィンバーの角度が特に重要となる。



下顎臼歯部では唇側骨のカントゥアが非常に突出した形態であることが多い（図8）。この唇側の突出形態により、トレフィンバーを歯冠歯根方向に用いることは不可能である。また、インプラントが下歯槽神経を回避できるように下歯槽神経より頬側でトレフィンバーを使用することからも、唇側骨のカントゥアを形成することが必要となる。唇側骨のカントゥアの形成が適応されない場合、舌側方向からトレフィンバーを使用することは可能であるが、そのような場合は理想的な補綴物の形態を得ることはできない。複数のインプラント埋入を行う際は、その都度知覚鈍麻を確認するために個々にインプラント埋入を行うことが必要である。

1. 下歯槽神経の側方へのインプラント埋入（ILIAN：implant lateral to inferior alveolar nerve technique）との併用が可能。
2. オトガイ孔への不要な外傷を避けるために、フラップ形成に注意する。
3. インプラントとトレフィンバーの角度を合わせるため、唇側骨のカントゥアを整える。
4. 舌側方向からトレフィンバーを用いることも可能。
5. インプラントは1本ずつ埋入しその都度知覚鈍麻を確認する。

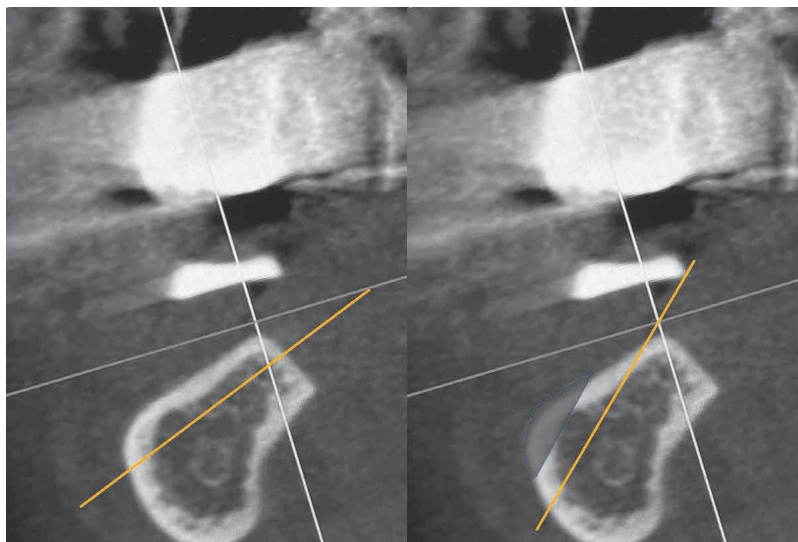


図8 突出した下顎臼歯部の唇側骨のカントゥア形態

## 結論

解剖学的形態、生体力学的負荷、審美的要求の違いにより、インプラント治療に必要とされる条件はその症例によりそれぞれ異なる。術前の正確な診査診断、エビデンスに基づく最適な治療法の選択、そして、実際の手技の正確性が治療成功の鍵となる。本研究では、インプラント埋入を可能にするために、上顎洞挙上術と同時に CARS 法を併用し、良好な結果を得たことを実証した。段階的な外科処置により、他の外科的手法の術後に起こりうる合併症を最小限に抑えながら、硬組織と軟組織を形成する新たな手法を示した。

## 文献

1. Nyman S, Lang NP, Buser D, Bragger U. Bone regeneration adjacent to titanium dental implants using guided tissue regeneration: a report of two cases. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1990 Spring; 5(1): 9-14.
2. Buser D, Bragger U, Lang NP, Nyman S. Regeneration and enlargement of jaw bone using guided tissue regeneration. *Clin Oral Implants Res*. 1990;1(1):22-32.
3. Esposito M, Grusovin MG, Felice P, Karatzopoulos G, Worthington HV, Coulthard P. The efficacy of horizontal and vertical bone augmentation procedures for dental implants-a Cochrane systematic review. *Eur J Oral Implantol*. 2009 Sep 1; 2(3): 167-184.

4. Marx RE, Carlson ER, Eichstaedt RM, Schimmele SR, Strauss JE, Georgeff KR. Platelet-rich plasma growth factor enhancement for bone grafts. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 85: 638-646.
5. Jung RE, Glauser R, Schärer P, Hämmerle CH, Sailer HF, Weber FE. Effect of rhBMP-2 on guided bone regeneration in humans. *Clin Oral Implants Res.* 2003 Oct; 14 (5): 556-568.
6. Losa PM, Cebrian JL, Guiñales J, Burgueño M, Chamorro M. Mandibular fracture after inferior alveolar nerve lateralization: a rare and misunderstood complication. *Journal of Craniofacial Surgery.* 2015 Oct 1; 26 (7): e682-e683.
7. French D, Ofec R, Levin L. Long term clinical performance of 10871 dental implants with up to 22 years of follow-up: A cohort study in 4247 patients. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2021 Jun;23(3):289-297. doi: 10.1111/cid.12994. Epub 2021 Mar 25. PMID: 33768695; PMCID: PMC8359846.
8. Clauser T, Lin GH, Lee E, Del Fabbro M, Wang HL, Testori T. Risk of early implant failure in grafted and non-grafted sites: A systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Implantol (Berl).* 2022 Mar 10;15(1):31-41. PMID: 35266666.
9. Chiapasco M, Zaniboni M, Boisco M. Augmentation procedures for the rehabilitation of deficient edentulous ridges with oral implants. *Clin. Oral Impl. Res.* 2006; 17 (Suppl. 2): 136-159.
10. Froum SJ, Cho S-C, Loomer PM, Georgantz A, Suzuki T, Yu YCP, Use of 3D Printing in Dental Implant Education. *Dental Learning* 2016.
11. Froum SJ, Kadi RO, Wangsrimgkol B, Hengjeerajaras P, Reis N, Yu PYC, Cho SC. The Custom Alveolar Ridge-Splitting (CARS) Technique for Predictable Horizontal Ridge Augmentation in the Atrophic Anterior Maxilla: A Retrospective Case Series Study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2021 May-Jun;41(3):397-403. doi: 10.11607/prd.5411. PMID: 34076636.
12. Maketone P, Leung M, Bergamini M, Paul Yu YC, Froum S, Cho S-C. Histologic Findings 8 Weeks After Customized Alveolar Ridge-Splitting Technique. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry.* 2021;41(5): e191-e198. doi:10.11607/prd.5507
13. Bergamini M, Froum FJ, De Carle L, Muchhala S, Reis N, Leung M, Sawada M, Alzaharani K, Bannawat S, Yu YCP, Cho SC. Customized Alveolar Ridge Slitting Tech Combined with Guided Bone regeneration or Sinus Lift Aug in Maxillary Deficient Ridges. Accepted for publication *Int. J. Periodontics Restorative Dent* 2022
14. Kimm H, Froum SJ, Eriguel J, Kalaw A, Najafi Abrandabadi S, Cho SC. The Custom Alveolar Ridge Splitting (CARS) Technique for Predictable Horizontal Ridge Augmentation in the Atrophic Posterior Mandible – A Case Report. Accepted for publication *Int. J. Periodontics Restorative Dent* 2022.
15. Greenstein G, Cavallaro J. Managing the Buccal Gap and Plate of Bone: Immediate Dental Implant Placement. *Dent Today.* 2013;32(3):70, 72-77.
16. Wang HL, Misch C, Neiva RE. "Sandwich" bone augmentation technique: rationale and report of pilot cases. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2004 Jun;24(3):232-245.
17. Cosyn J, Eghbali A, Hanselaer L, De Rouck T, Wyn I, Sabzevar MM, Cleymaet R, De Bruyn H. Four modalities of single implant treatment in the anterior maxilla: a clinical, radiographic, and aesthetic evaluation. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2013 Aug;15(4):517-30. doi: 10.1111/j.1708-8208.2011.00417.x. Epub 2012 Jan 11. PMID: 22236111.
18. Scipioni A, Bruschi GB, Calesini G. The edentulous ridge expansion technique: A five-year study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1994; 14: 451-459.
19. Hu GH, Froum SJ, Alodadi A, Nose F, Yu YP, Suzuki T, Cho SC. A Three-Stage Split-Crest Technique: Case Series of Horizontal Ridge Augmentation in the Atrophic Posterior Mandible. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2018;38(4):565-573.
20. Daróz SR, Cardoso ES, Manso MC, Vidigal GM. Evaluation of bone width lateral to the mandibular canal as an alternative approach for implant installation. *Implant Dent.* 2013; 22: 97-101.
21. Froum JS, Reis N, Gonzalez E, Barsoum A, Yu PYC, Manasse M, Cho SC. Inferior Alveolar Nerve (ILIAN) – A Retrospective Study of a Treatment Option for Severely Atrophic Posterior Mandibular Ridge. Accepted for Publication. *Int. J. Periodontics Restorative Dent.* 2022

## Case Report

# Opción de Tratamiento Alternativo Para Las Crestas Alveolares Atróficas: Técnica Personalizada De División de La Cresta Alveolar

Erick Lima <sup>1)</sup> Gebin Zhu <sup>1)</sup> Chih Hao Shyu <sup>1)</sup> Soma Fukui <sup>1)</sup>  
 Angela Vida Kalaw <sup>1)</sup> Hyongsup Kimm <sup>2)</sup> Fuyuki Nose <sup>2)</sup> Adam Barsoum <sup>3)</sup>  
 Paul Yung Cheng Yu <sup>3)</sup> Sang-Choon Cho <sup>3)</sup>

1) Resident, Advanced Program for International Dentists in Implant Dentistry, Ashman Department of Periodontology and Implant Dentistry, New York University College of Dentistry, New York, New York, USA; Private Practice, New York, New York, USA.

2) Former Resident, Advanced Program for International Dentists in Implant Dentistry, Ashman Department of Periodontology and Implant Dentistry, New York University College of Dentistry, New York, New York, USA.

3) Faculty, Advanced Program for International Dentists in Implant Dentistry, Ashman Department of Periodontology and Implant Dentistry, New York University College of Dentistry, New York, New York, USA.

Correspondencia: Dr. Erick Lima. e-mail:el3215@nyu.edu el

## Resumen

Las restauraciones soportadas por implantes han demostrado ser una opción predecible para reemplazar los dientes perdidos. En casos de cantidad inadecuada de hueso, el volumen óseo puede aumentarse mediante procedimientos de aumento óseo. Varios factores pueden afectar la regeneración ósea, incluida la morfología del defecto en el lugar del implante. Se sabe que un defecto rodeado de paredes óseas (un defecto intraóseo) produce una regeneración muy satisfactoria. El objetivo de este informe es presentar las consideraciones clínicas prácticas de la técnica personalizada de división de la cresta alveolar en varios sitios clínicos.

## Introducción

La regeneración ósea guiada (ROG) se considera uno de los procedimientos más ampliamente aceptados para el aumento de la cresta alveolar. Esta técnica ofrece resultados favorables en términos de aumento óseo con seguimiento a largo plazo después de la colocación del implante. Su previsibilidad ha sido demostrada durante muchos años permitiendo una adecuada regeneración de los defectos óseos y otorgando una estética y función adecuadas a la prótesis dental sobre implantes.<sup>1-3</sup> Dependiendo de la morfología y extensión del defecto, se han descrito diferentes variaciones de GBR. Además, el injerto en bloque onlay (OBG), la osteogénesis por distracción (DO), la división de la cresta (RS) y el injerto mandibular interposicional (MI) también se han documentado como opciones viables para la regeneración ósea adecuada. Sin embargo, la técnica de aumento de cresta convencional puede presentar inconvenientes y limitaciones, como la exposición de la membrana, la infección del sitio, la reabsorción de los materiales y la necesidad de procedimientos de aumento aditivos debido a los resultados impredecibles.<sup>4-8</sup>

La cirugía de implantes mínimamente invasiva está ganando popularidad.<sup>9</sup> La esencia de los procedimientos mínimamente invasivos debe ser aquella que abarque una cirugía eficiente y meticulosa con complicaciones intraoperatorias mínimas a través de una evaluación y planificación preoperatorias exhaustivas, lo que da como resultado una curación más rápida. La evaluación detallada del paciente, el encerado diagnóstico de la restauración anticipada en relación con el reborde edéntulo y la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) con plantillas radiográficas mejoran la evaluación de los sitios edéntulos y son esenciales para la planificación del tratamiento. Recientemente, la impresión 3-D está disponible comercialmente y el archivo CBCT DICOM se puede convertir en un archivo estereolitográfico, que luego se puede emplear para construir un modelo craneal tridimensional.<sup>10</sup> Los médicos pueden familiarizarse con las crestas edéntulas de un paciente y ensayar los procedimientos planificados con estos modelos.

La técnica de división de la cresta alveolar personalizada (CARS) introducida recientemente puede representar una técnica de aumento viable y mínimamente invasiva para los defectos óseos horizontales. Esta técnica personalizada de división del reborde alveolar está indicada para el tratamiento de rebordes horizontales severamente atróficos que consisten únicamente en hueso cortical con un suministro de sangre reducido. Este tipo de defecto a menudo requiere

múltiples cirugías para obtener el volumen óseo horizontal necesario antes de la colocación de los implantes dentales. El objetivo de CARS es convertir un defecto extraóseo en intraóseo con la ayuda de un taladro de trépano.<sup>11-14</sup> La ciencia detrás de CARS se basa en la distancia del espacio bucal descrita por Greenstein et al. para tomas de extracción inmediata.<sup>15</sup> Si la distancia entre el implante y la placa bucal es inferior a 3 mm, no está indicado el material de injerto óseo adicional. La única indicación para colocar material de injerto es en casos estéticos en los que se coloca un material de xenoinjerto externamente para mejorar el contorno de la cresta y evitar una mayor reabsorción de la placa cortical de acuerdo con Hom-Lay Wang et al.<sup>16</sup> Tal como lo describieron Froum y Kadi et al., CARS tiene una tasa de éxito similar en comparación con la técnica convencional de división de la cresta, pero demostró una morbilidad reducida del paciente, un tiempo de tratamiento más corto y un sitio quirúrgico minimizado a medida que la expansión se localiza en el sitio planificado del implante.

La elección de una solución quirúrgica adecuada para un problema específico del sitio o un defecto complejo depende de la comprensión del resultado esperado y la limitación del procedimiento elegido, así como de la tasa de complicaciones asociada. El objetivo de este informe es presentar las consideraciones clínicas prácticas de la técnica personalizada de división de la cresta alveolar en diversas situaciones clínicas.

#### Consideraciones clínicas críticas generales (CCC) para CARS

La indicación para la técnica CARS incluye un ancho de la cresta alveolar menor de 3 mm. La mayoría de las técnicas convencionales de división de crestas están indicadas en crestas de más de 3 mm. La razón es que CARS emplea fresas de trépano para la creación del segmento bucal. El grosor de la hoja de la barra de trépano es de 0.25 mm, una construcción muy delgada en comparación con el otro dispositivo para cortar huesos. Por lo tanto, el pequeño tamaño de las fresas de trépano permite realizar una división de la cresta alveolar mínimamente traumática en crestas alveolares con deficiencia horizontal grave.

El contorno del hueso labial es fundamental porque las fresas siguen el contorno labial de la cresta alveolar, dictando la angulación de la colocación del implante y el trépano. Esto es especialmente cierto en la parte posterior de la mandíbula, donde el contorno óseo labial que sobresale a menudo lingualiza la angulación del trépano, lo que impide una orientación coronal-apical del trépano. Como resultado, antes de iniciar la osteotomía, examine el contorno del hueso labial y realice el contorno de la cresta para lograr una angulación de trépano ideal.

El Straumann Comprehensive System es el más óptimo para la técnica CARS porque el cono al final de las fresas Straumann reduce una cantidad significativa de vibración, minimizando el riesgo de fractura del segmento trepanado. La broca de trépano del Straumann Comprehensive System se utiliza en la parte bucal de la cresta alveolar, después de la broca de 2.8 mm, para crear el segmento. Una nota importante durante la etapa de trépano es que el procedimiento podría realizarse en la dirección inversa para disminuir la vibración, minimizando aún más el riesgo de fractura, especialmente en el hueso tipo IV. La profundidad del trépano debe ser de 2 a 4 mm (20 a 40 %) más larga que la longitud planificada del implante para garantizar la flexibilidad suficiente del segmento trepanado para recibir los implantes dentales. Si el segmento está densamente corticado con un riego sanguíneo mínimo, se podría considerar un enfoque en dos etapas de injerto óseo y luego el reingreso para la colocación del implante. En el escenario donde ocurrió la fractura, esperar al menos 2 meses después de la readaptación del segmento trepanado.

Después de una trepanación exitosa, use fresas de perfil para completar la osteotomía. Esto se debe a que las brocas helicoidales son demasiado agresivas, lo que aumenta el riesgo de fractura. Además, se deben utilizar fresas de perfil más pequeñas que el tamaño planificado del implante para completar la osteotomía. Por ejemplo, un diámetro de implante planificado de 4.1 mm debe tener una fresa de perfil de 3.3 mm para completar la osteotomía. De esta manera, se minimiza el riesgo de fractura y se logra la estabilidad primaria.

El implante cónico es ideal para la técnica CARS porque la geometría cónica no requiere una gran osteotomía. Además, los implantes cónicos son menos agresivos en el segmento trepanado, disminuyendo el riesgo de fractura.

1. Primero alise el contorno del hueso labial si la superficie es irregular.
2. Las fresas siguen el contorno labial de la cresta alveolar
3. Utilice brocas helicoidales Straumann Comprehensive para taladrado de 2.2 mm y 2.8 mm (Fig. 1).
4. Use la broca Trepine después de la perforación de 2.8 mm (Fig. 2).
5. El trépano se puede invertir en la dirección para evitar una vibración excesiva.
6. Utilice la fresa Profile para implantes de 3.3 mm de diámetro como fresa final para implantes de 4.1 mm
7. Indicado incluso para ancho de cumbrera inferior a 3 mm
8. Espere al menos 2 meses después de la readaptación si el segmento trepanado está completamente fracturado
10. La profundidad del trépano debe ser un 20-40 % (2-4 mm) más larga que la longitud del implante
11. Usar implante cónico
12. Se puede considerar un enfoque en dos etapas





(Fig.1) Diagrama de Ejercicios Integrales. Sistema Straumann Bone Level Tapered.



(Fig.2) Se necesitan taladros de trépano para CARS. Straumann

### Maxilar anterior

Lograr una restauración estética con una topografía armoniosa de tejido duro y blando en el maxilar anterior es una empresa desafiante. Se han descrito una variedad de procedimientos diferentes para el aumento de tejido duro, como GBR, OBG, RS y DO. Sin embargo, la dehiscencia, contracción o pérdida de las papilas interdentes sigue siendo un hallazgo posquirúrgico frecuente. Buser D y sus colegas han ilustrado el mantenimiento del nivel óseo y los tejidos blandos mediobucles estables mediante la colocación simultánea de implantes con GBR en un estudio de seguimiento de 6 años.<sup>2</sup> Sin embargo, las papilas interdentes a menudo aparecían romas después del procedimiento GBR. Cosyn J y sus colegas demostraron que el tratamiento inmediato con implantes logró mejores resultados estéticos que la colocación simultánea de implantes con GBR y el tratamiento con implantes por etapas en el hueso injertado.<sup>17</sup> El llenado incompleto de la papila a menudo se asoció con los dos últimos grupos. Los autores atribuyeron este hallazgo al número de intervenciones quirúrgicas ya la elevación repetida de la papila.

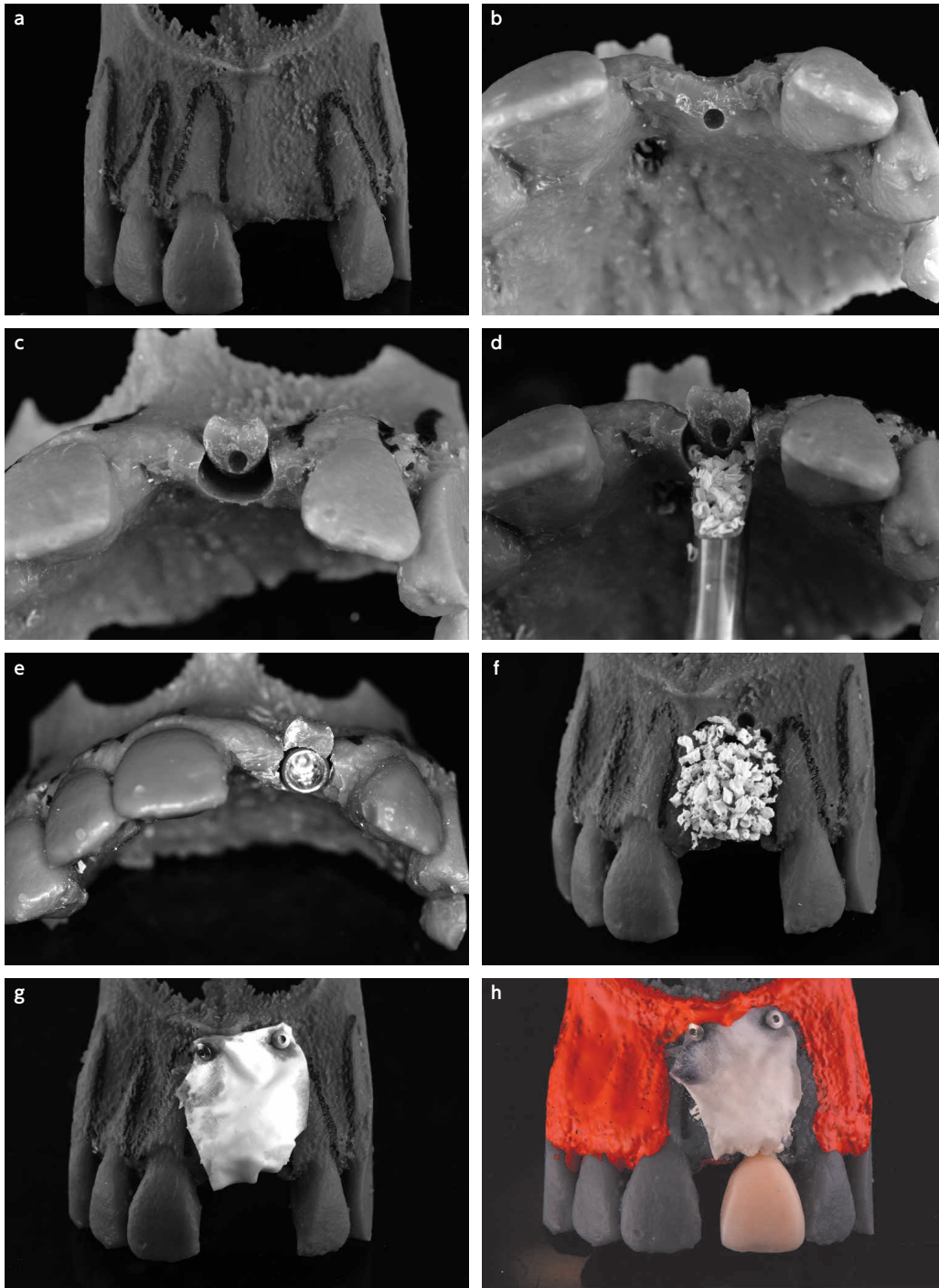
La vascularización de la papila es suministrada por las anastomosis vasculares que cruzan la cresta alveolar. La interrupción repetida del suministro vascular a través de la elevación del colgajo puede conducir a la formación de tejido cicatricial como resultado de la activación prematura de los fibroblastos y la formación de un exceso de tejido cicatricial fibrótico. Una arquitectura y un volumen de tejido blando favorables antes de los grandes procedimientos de aumento también son importantes para lograr el cierre primario de la herida. El injerto de tejido blando crea un lecho de suministro de sangre ventajoso para el procedimiento de aumento óseo, lo que da como resultado una mayor previsibilidad y establece una base sólida para el éxito futuro de los implantes y la estética.

### CCC para maxilar anterior (AMax)

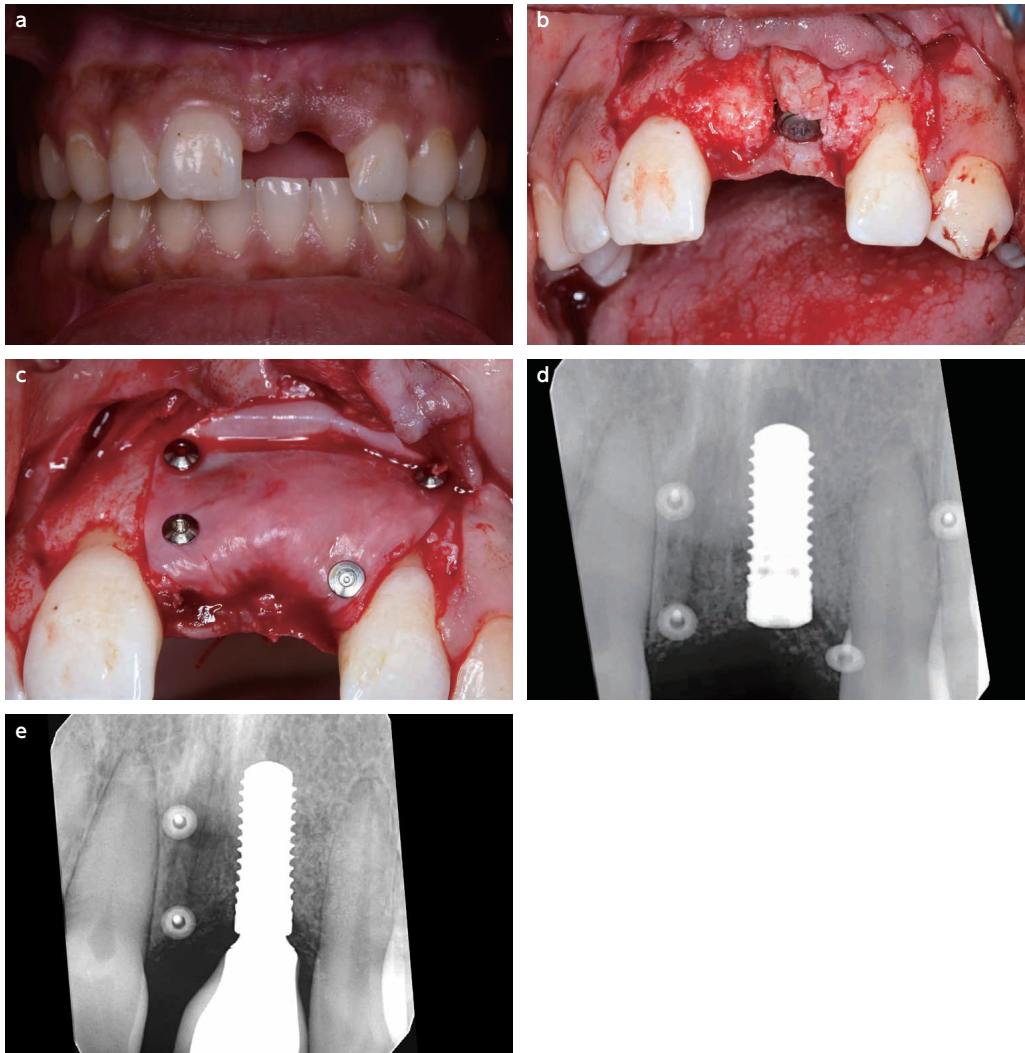
La carga de los requisitos estéticos es un desafío para la colocación de implantes en el maxilar anterior, especialmente en los casos en los que no se dispone de suficiente volumen óseo. Además, el requisito de una topografía de tejido duro y blando armoniosa y estéticamente agradable aumenta aún más la dificultad para la colocación de implantes en el maxilar anterior.

Debido a los desafíos mencionados anteriormente, se recomienda el uso de modelos impresos en 3D para simular la cirugía, ya que los médicos pueden tener una mejor idea de las deficiencias anatómicas de sus pacientes y planificar sus cirugías teniendo en cuenta el resultado estético final. GBR podría considerarse en combinación con CARS para mejorar el contorno de la cresta. Sin embargo, antes de realizar GBR, se debe asegurar la liberación adecuada del colgajo para lograr un cierre primario seguro. El frenillo labial podría aliviarse antes de la GBR ya que el frenillo puede interferir con el cierre primario. Para realizar GBR, se debe usar un xenoinjerto de partículas grandes para mejorar el suministro de sangre y la estabilidad dimensional, ya que se sabe que el xenoinjerto tiene una tasa de reabsorción más lenta en comparación con el xenoinjerto de partículas pequeñas. Se recomienda la membrana de pericardio, ya que se puede estirar mucho más fácilmente que otros tipos de membrana. Se deben usar tachuelas para estabilizar la membrana. Debe usarse sutura de colchonero horizontal con Vicryl 4-0 para un cierre primario sin tensión siempre que se realice GBR. Si la GBR inicial no logró el contorno ideal de la cresta, se podría realizar una GBR adicional con xenoinjerto de partículas pequeñas en la cirugía de segunda etapa.

1. Simular cirugía con modelo impreso en 3D (Fig. 3 a-h)
2. Considere la frenectomía antes de abrir el colgajo
3. Puede combinarse con GBR para mejorar el contorno de la cumbre (Fig. 4 a-e).
4. Use xenoinjerto de partículas grandes para un mejor suministro de sangre y estabilidad dimensional
5. Usar membrana de pericardio
6. Tachuelas para estabilizar la membrana
7. Sutura de colchonero horizontal con Vicryl 4-0 para cierre primario sin tensión
8. Puede colocar un xenoinjerto de partículas pequeñas en la etapa 2 de la cirugía para mejorar el contorno de la cresta



(Fig.3) Una. Modelo impreso en 3D del incisivo central izquierdo del maxilar anterior. b. Utilice la broca helicoidal del kit Straumann, comenzando desde 2.2 mm y terminando en 2.8 mm. C. Trefina siguiendo la misma angulación que la broca helicoidal. d. Se podría colocar un xenoinjerto de partículas gruesas para llenar el espacio. e. Implante 4.1 x 10 mm colocado. F. vista labial con material de injerto colocado. g. membrana con tachuelas colocadas sobre material de injerto. H. Simulación de restauración final.



(Fig.4) Imagen prequirúrgica del incisivo central izquierdo faltante. b. CARS realizados con colocación de implante 4.1 x 10 mm. C. GBR realizado. d. Radiografía postoperatoria. mi. Corona colocada después de la osteointegración.

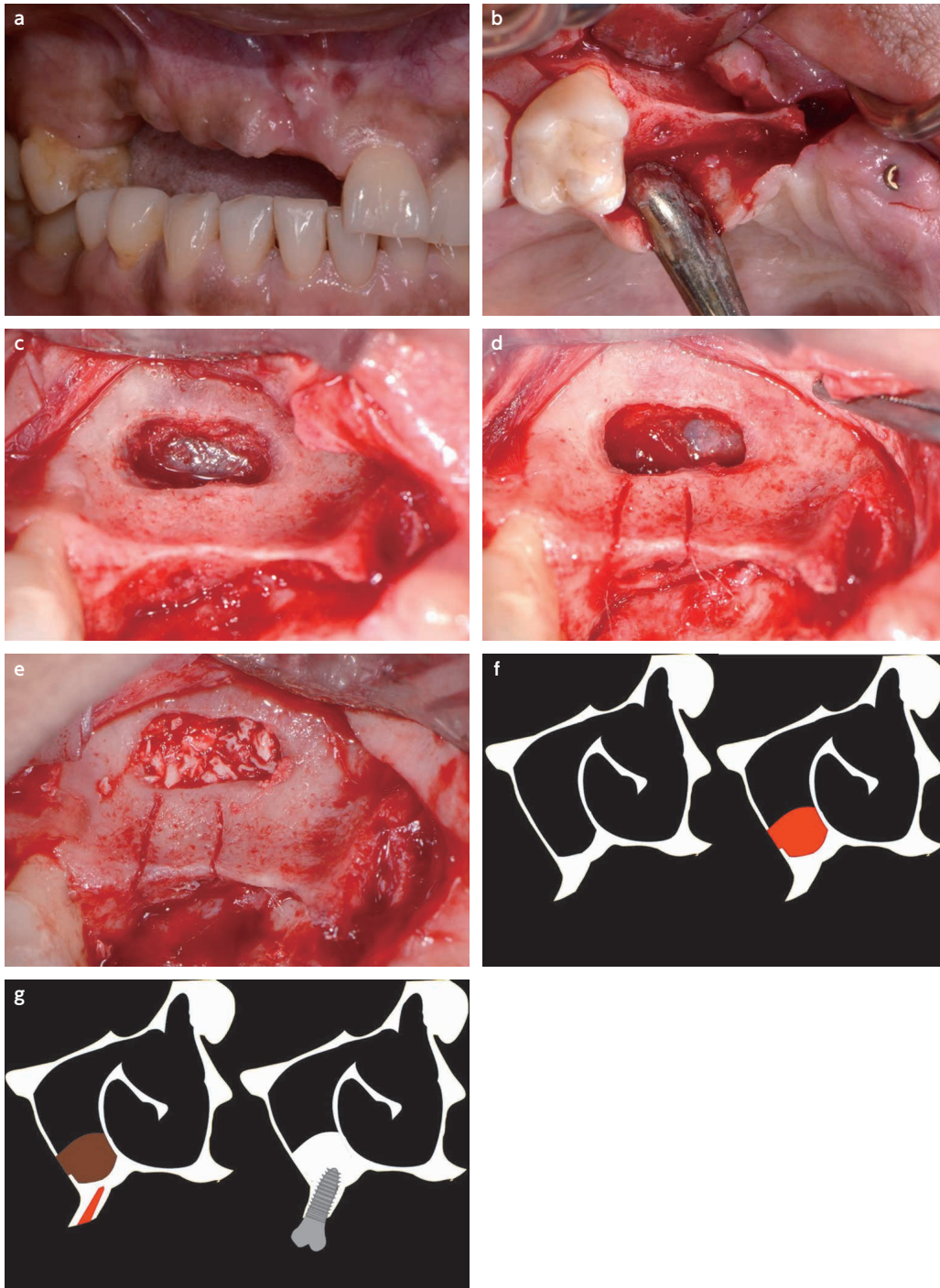
#### Maxilar posterior

En los casos de crestas con defectos tanto horizontales como verticales en el maxilar posterior, la combinación de CARS con aumento de seno (SA) o GBR puede mejorar el resultado de los procedimientos de aumento. La combinación de CARS y la técnica de antrostomía SA presenta un método menos traumático para aumentar la pérdida ósea alveolar horizontal y vertical. Debido a las diferencias en la morfología ósea y la calidad ósea entre pacientes, a menudo se requiere un enfoque individualizado específico. El CARS, debido a su reflejo del colgajo bucal limitado y la movilización limitada del vestíbulo bucal, requiere un aumento adicional de tejido blando en muy pocos casos. Además, como informaron Froum et al., los hallazgos histológicos de la técnica CARS mostraron formación de hueso nuevo después de 2 meses de consolidación ósea.<sup>12</sup> Dentro de las limitaciones del presente estudio, la técnica CARS recientemente introducida representa una estrategia válida, predecible y técnica menos invasiva con mínimas complicaciones postoperatorias, que puede combinarse con GBR o SA para mejorar los resultados del tratamiento.<sup>13</sup>

CCC para maxilar posterior (PoMax) (Fig. 5 a-g)

1. Ideal para regiones premolares atróficas
2. Se puede realizar con aumento de seno simultáneo
3. El trépano puede llegar hasta el borde inferior del seno después de la elevación de la membrana.
4. Evite GBR para minimizar la infección
5. CARS está contraindicado si el hueso es demasiado esponjoso debido a un mayor riesgo de fractura





(Fig.5) Foto prequirúrgica del maxilar posterior al que le falta el segundo premolar derecho al incisivo lateral derecho. b. Fresas helicoidales de Straumann Bone Level Tapered System, desde 2.2 mm hasta 2.8 mm. c. Ventana lateral. d. Borde inferior de la membrana sinusal levantado y trepanado. mi. Se colocó xenoinjerto de partículas gruesas. F. Membrana sinusal levantada. g. Se realizó trépano, se colocó injerto óseo e implante.



### Mandíbula anterior

La ausencia de estructuras vitales junto con la calidad ósea tipo II/III que se encuentra con frecuencia hacen que la región anterior de la mandíbula sea adecuada para la colocación de implantes. Sin embargo, el adelgazamiento de la región coronal del reborde alveolar es un hallazgo frecuente. La reducción de la altura de la cresta hasta que se obtenga el ancho óseo adecuado para la colocación apical posterior del implante puede ser una opción sin injerto, pero también se asocia con una mayor longitud de la corona, lo que puede comprometer la estética y el acceso para la higiene. La distancia mesial-distal insuficiente es otra preocupación para el reemplazo de un incisivo mandibular único. Este problema se puede abordar mediante la colocación subcrestal de un implante de cambio de plataforma, que se ha demostrado que mantiene el nivel del hueso con una separación de 1 mm de los dientes adyacentes. Los implantes de diámetro estrecho también se pueden emplear en tales situaciones. Además, los pacientes a menudo presentan falta de más de un incisivo inferior. Sin embargo, la carga funcional reducida y las propiedades mecánicas mejoradas de los implantes de aleación de titanio permiten el uso de puentes de tramo largo o restauraciones en voladizo en la región mandibular anterior.

### CCC para mandíbula anterior (AMan) (Fig. 6 a-g)

El contorneado óseo vertical a menudo es necesario en la parte anterior de la mandíbula porque la región coronal muy delgada de la cresta alveolar es un hallazgo común. La porción coronal con filo de cuchillo no favorece la colocación del implante y puede influir en la trepanación y en la angulación del implante. Por lo tanto, la osteoplastia coronal localizada debe realizarse al principio para exponer hueso más grueso que pueda recibir mejor los implantes dentales.

La distancia mesial-distal limitada también se encuentra a menudo en esta región de la mandíbula. Como resultado, se debe usar un trépano más pequeño. El diámetro pequeño del implante (2.9 mm) puede ser ideal debido a la baja carga funcional en esta área de la mandíbula. Si el hueso está muy corticado con poco suministro de sangre, se puede usar un enfoque en dos etapas donde se coloca el injerto óseo y luego se reingresa en una fecha posterior para la colocación del implante. Sin embargo, debe evitarse la GBR simultánea. En el caso de que no se logre el contorno óseo ideal, se puede realizar un injerto adicional durante la cirugía de segunda etapa.

1. Usa un trépano más pequeño
2. El trépano debe seguir la angulación del diente vecino
3. Evite GBR simultáneos
4. El implante puede tener un diámetro de 2.9 mm.
5. Se pueden realizar injertos adicionales durante la cirugía de etapa 2

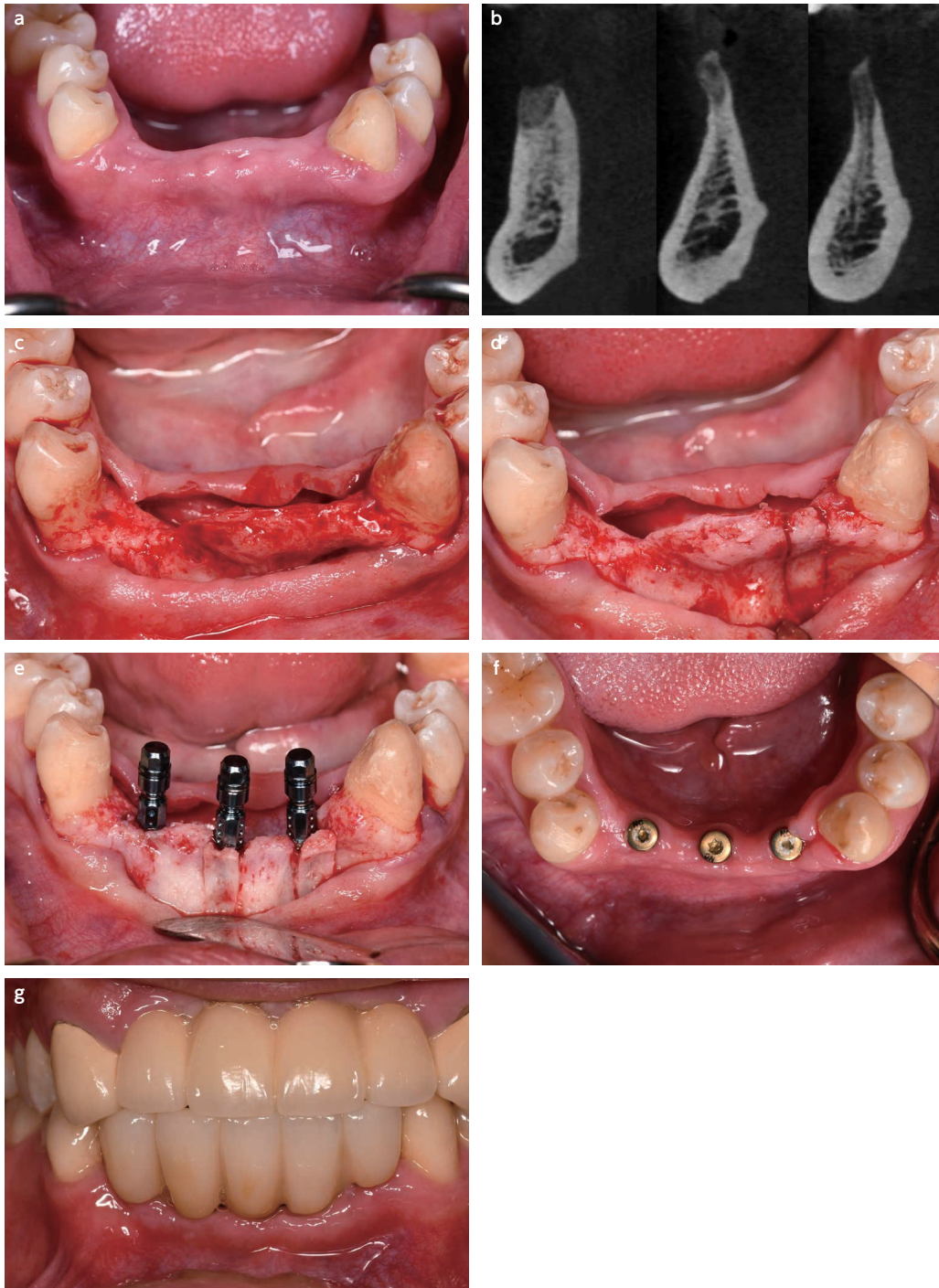
### Mandíbula posterior

Los pacientes con mandíbulas posteriores edéntulas gravemente atróficas a las que les faltan dientes durante más de 3 a 6 meses y desean implantes dentales para reemplazar esos dientes a menudo presentan un desafío para la colocación exitosa de implantes. Esto se debe a que el hueso vertical y horizontal suele ser deficiente. Como resultado, generalmente existe la necesidad de procedimientos de aumento de la cresta alveolar para lograr un volumen óseo adecuado antes de la colocación del implante dental. Estos procedimientos de aumento incluyen el uso de injertos óseos y sustitutos óseos (autoinjertos, aloinjertos, xenoinjertos o aloplastos), GBR, productos biológicos (Emdogain, plasma rico en plaquetas (PRP), factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF) y proteína morfogénica ósea (BMP)), injerto onlay/inlay, técnica de división/expansión de la cresta alveolar y DO. Una opción de tratamiento adicional para la colocación de implantes en estas áreas incluye la transposición/lateralización del NIA. Sin embargo, esta es una técnica muy compleja que conlleva un alto riesgo y posibles complicaciones.<sup>18,19</sup>

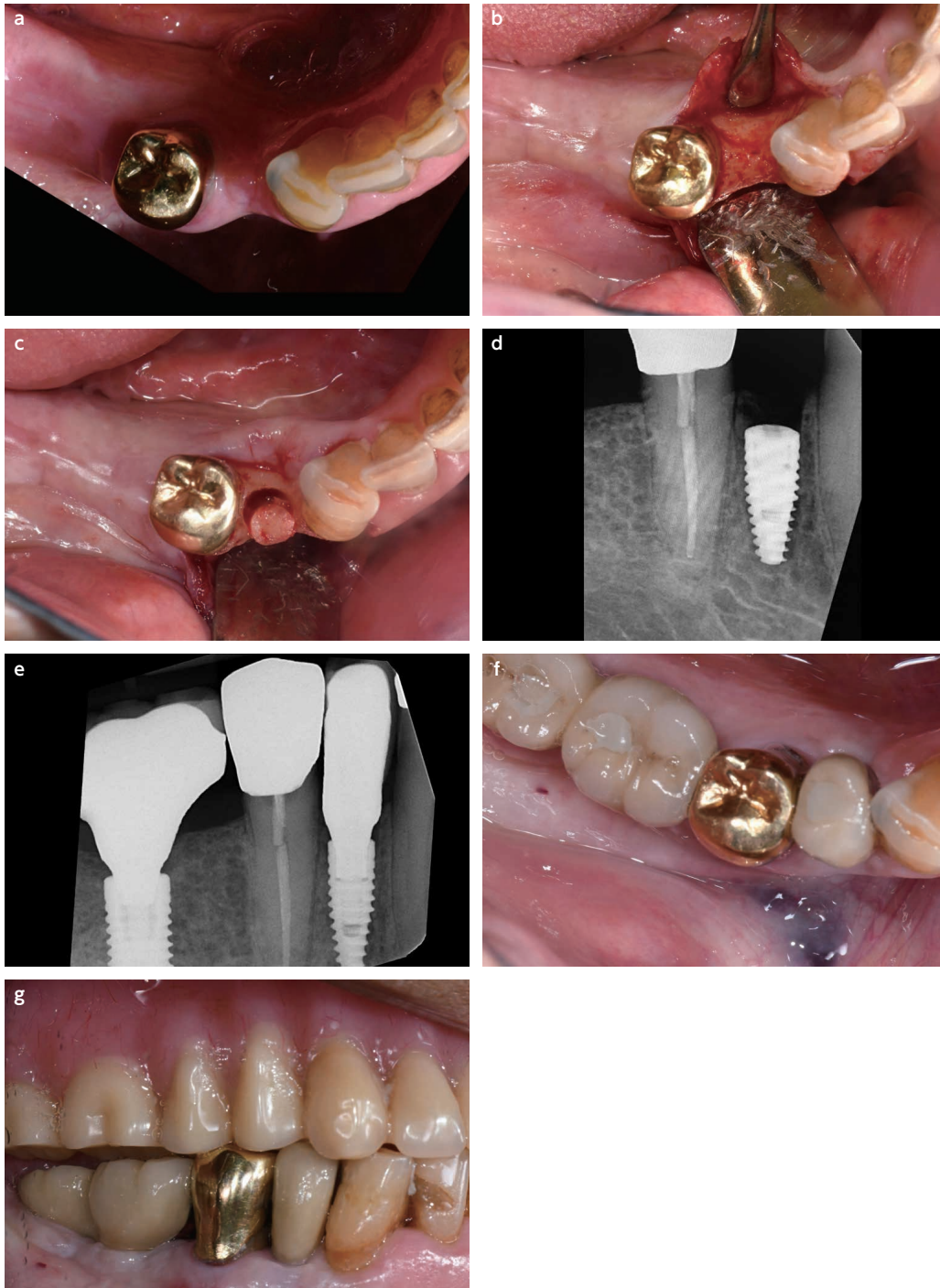
Una opción de tratamiento alternativa es colocar un implante lateral al nervio alveolar inferior, lo que puede evitar la necesidad de aumentar el reborde alveolar. Actualmente, existen estudios limitados con respecto a esta opción de tratamiento alternativo para la mandíbula posterior gravemente atrófica. Además, esta opción puede requerir procedimientos de aumento óseo previos o concomitantes para permitir la colocación del implante lateral al IAN. La colocación lateral del implante al NIA es viable en casos de mandíbulas edéntulas posteriores atróficas.<sup>20-21</sup> Las ventajas de esta técnica incluyen menos trauma, menos tiempo quirúrgico, menos necesidad de aumento del reborde alveolar y menos complicaciones postoperatorias. Las limitaciones de la presente técnica incluyen la habilidad del operador, el grosor lateral adecuado de la cresta alveolar y el riesgo de parestesia. Cuando existía un ancho óseo limitado, en esta serie de casos se utilizaron técnicas de aumento horizontal (CARS y GBR) para aumentar el volumen óseo lateral al NIA.

### CCC para Mandíbula Posterior (PoMan) (Fig. 7 a-g)

El mayor desafío de colocar un implante dental en una mandíbula posterior deficiente es el nervio alveolar inferior. Además, el agujero mentoniano también es una estructura anatómica que debe tenerse en cuenta. Como resultado, es necesario un manejo cuidadoso del colgajo para evitar traumatismos en el agujero mentoniano. CARS se puede combinar con ILIAN (técnica de implante de nervio alveolar lateral a inferior) para evitar daños en IAN. Por lo tanto, la angulación del trépano es especialmente crítica en esta región.



(Fig.6) Fotografía prequirúrgica de dientes anteriores mandibulares faltantes. b. Diferentes cortes sagitales de la cresta en CBCT. c. Colgajo de espesor completo reflejado. d. Primer trépano realizado. e. Se realizó otro trépano y se colocaron tres implantes de 3.3 x 10 mm. f. Pilares de cicatrización colocados. g. Restauración final colocada.

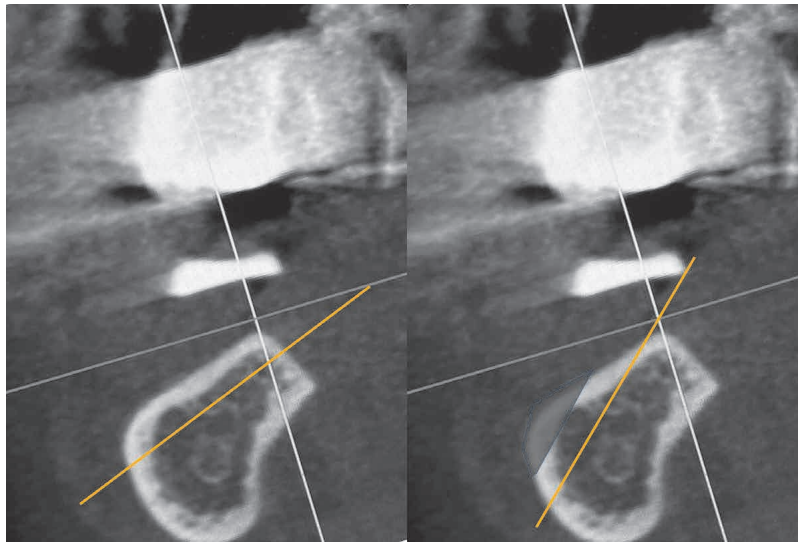


(Fig.7) Fotografía prequirúrgica de la mandíbula posterior a la que le falta el primer premolar mandibular derecho. b. Colgajo de espesor completo reflejado. C. Trépano realizado in situ en primer premolar mandibular derecho. d. Implante colocado. e. Restauraciones finales colocadas. f-g. Foto clínica de restauraciones finale.



El contorno del hueso labial suele ser muy protrusivo en la parte posterior de la mandíbula (Fig. 8). Esta protuberancia evita que el trépano se realice en dirección coronal-apical. Por lo tanto, se debe realizar el contorneado óseo labial para permitir que el trépano se haga lateral a la NIA para que los implantes dentales puedan evitar la NIA. En el escenario donde no está indicado el contorneado del hueso labial, la trepanación desde la dirección lingual es viable, pero dicha angulación no es ideal para la restauración protésica. Si se planea un tratamiento con múltiples implantes dentales, se pueden colocar individualmente en diferentes momentos para verificar el entumecimiento

1. Puede combinarse con la técnica ILIAN (implante lateral al nervio alveolar inferior)
2. Manejo cuidadoso del colgajo para evitar traumatismos innecesarios en el agujero mentoniano
3. Contornee el hueso labial para lograr la angulación adecuada del trépano para que coincida con el implante
4. La trefina desde la dirección lingual puede ser una opción
5. Los implantes se pueden colocar uno por uno para verificar el entumecimiento



(Fig.8) Contorno óseo labial protrusivo en la mandíbula posterior

## Conclusión

Las diferencias en la anatomía, la carga biomecánica y las demandas estéticas hacen que las necesidades de tratamiento para la colocación de implantes en diferentes ubicaciones anatómicas sean distintas entre sí. La evaluación preoperatoria precisa, la selección de la opción de tratamiento más adecuada en función de la evidencia disponible y la ejecución meticulosa de la cirugía planificada son los parámetros clave para un resultado exitoso. El estudio actual demostró un resultado exitoso utilizando la técnica CARS simultáneamente con SA para permitir la colocación del implante. El tratamiento quirúrgico paso a paso mostró una forma alternativa de crear tejido duro y blando mientras se minimizan los riesgos y complicaciones postoperatorias de otras técnicas quirúrgicas.

## Referencias

1. Nyman S, Lang NP, Buser D, Bragger U. Bone regeneration adjacent to titanium dental implants using guided tissue regeneration: a report of two cases. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1990 Spring; 5(1): 9-14.
2. Buser D, Bragger U, Lang NP, Nyman S. Regeneration and enlargement of jaw bone using guided tissue regeneration. *Clin Oral Implants Res*. 1990;1(1):22-32.
3. Esposito M, Grusovin MG, Felice P, Karatzopoulos G, Worthington HV, Coulthard P. The efficacy of horizontal and vertical bone augmentation procedures for dental implants-a Cochrane systematic review. *Eur J Oral Implantol*. 2009 Sep 1; 2(3): 167-184.
4. Marx RE, Carlson ER, Eichstaedt RM, Schimmele SR, Strauss JE, Georgeff KR. Platelet-rich plasma growth factor enhancement for bone grafts. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 85: 638-646.
5. Jung RE, Glauser R, Schärer P, Hämmerle CH, Sailer HF, Weber FE. Effect of rhBMP-2 on guided bone regeneration in humans. *Clin Oral Implants Res*. 2003 Oct; 14 (5): 556-568.
6. Losa PM, Cebrian JL, Guiñales J, Burgueño M, Chamorro M. Mandibular fracture after inferior alveolar nerve lateralization: a rare and misunderstood complication. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2015 Oct 1; 26 (7): e682-e683.
7. French D, Ofec R, Levin L. Long term clinical performance of 10 871 dental implants with up to 22 years of follow-up: A cohort study in 4247 patients. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2021 Jun;23(3):289-297. doi: 101111/cid.12994. Epub 2021 Mar 25. PMID: 33768695; PMCID: PMC8359846.



8. Clauser T, Lin GH, Lee E, Del Fabbro M, Wang HL, Testori T. Risk of early implant failure in grafted and non-grafted sites: A systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Implantol (Berl)*. 2022 Mar 10;15(1):31-41. PMID: 35266666.
9. Chiapasco M, Zaniboni M, Boisco M. Augmentation procedures for the rehabilitation of deficient edentulous ridges with oral implants. *Clin. Oral Impl. Res.* 2006; 17 (Suppl. 2): 136–159.
10. Froum SJ, Cho S-C, Loomer PM, Georgantz A, Suzuki T, Yu YCP, Use of 3D Printing in Dental Implant Education. *Dental Learning* 2016.
11. Froum SJ, Kadi RO, Wangrimongkol B, Hengjeerajaras P, Reis N, Yu PYC, Cho SC. The Custom Alveolar Ridge-Splitting (CARS) Technique for Predictable Horizontal Ridge Augmentation in the Atrophic Anterior Maxilla: A Retrospective Case Series Study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2021 May-Jun;41(3):397-403. doi: 10.11607/prd.5411. PMID: 34076636.
12. Maketone P, Leung M, Bergamini M, Paul Yu YC, Froum S, Cho S-C. Histologic Findings 8 Weeks After Customized Alveolar Ridge-Splitting Technique. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*. 2021;41(5): e191-e198. doi:10.11607/prd.5507
13. Bergamini M, Froum FJ, De Carle L, Muchhala S, Reis N, Leung M, Sawada M, Alzahrani K, Bannawat S, Yu YCP, Cho SC. Customized Alveolar Ridge Slitting Tech Combined with Guided Bone regeneration or Sinus Lift Aug in Maxillary Deficient Ridges. Accepted for publication *Int. J. Periodontics Restorative Dent* 2022
14. Kimm H, Froum SJ, Eriguel J, Kalaw A, Najafi Abrandabadi S, Cho SC. The Custom Alveolar Ridge Splitting (CARS) Technique for Predictable Horizontal Ridge Augmentation in the Atrophic Posterior Mandible – A Case Report. Accepted for publication *Int. J. Periodontics Restorative Dent* 2022.
15. Greenstein G, Cavallaro J. Managing the Buccal Gap and Plate of Bone: Immediate Dental Implant Placement. *Dent Today*. 2013;32(3):70, 72-77.
16. Wang HL, Misch C, Neiva RF. "Sandwich" bone augmentation technique: rationale and report of pilot cases. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2004 Jun;24(3):232-245.
17. Cosyn J, Eghbali A, Hanselaer L, De Rouck T, Wyn I, Sabzevar MM, Cleymaet R, De Bruyn H. Four modalities of single implant treatment in the anterior maxilla: a clinical, radiographic, and aesthetic evaluation. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2013 Aug;15(4):517-30. doi: 10.1111/j.1708-8208.2011.00417. x. Epub 2012 Jan 11. PMID: 22236111.
18. Scipioni A, Bruschi GB, Calesini G. The edentulous ridge expansion technique: A five-year study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1994; 14: 451–459.
19. Hu GH, Froum SJ, Alodadi A, Nose F, Yu YP, Suzuki T, Cho SC. A Three-Stage Split-Crest Technique: Case Series of Horizontal Ridge Augmentation in the Atrophic Posterior Mandible. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2018;38(4):565–573.
20. Daróz SR, Cardoso ES, Manso MC, Vidigal GM. Evaluation of bone width lateral to the mandibular canal as an alternative approach for implant installation. *Implant Dent*. 2013; 22: 97–101.
21. Froum JS, Reis N, Gonzalez E, Barsoum A, Yu PYC, Manasse M, Cho SC. Inferior Alveolar Nerve (ILIAN) – A Retrospective Study of a Treatment Option for Severely Atrophic Posterior Mandibular Ridge. Accepted for Publication. *Int. J. Periodontics Restorative Dent*. 2022