

3

네비게이션 수술용 가이드를 이용한 치조정 접근식 상악동 거상술 : 증례보고

¹한림대학교 임상치의학대학원, ²한림대학교 의과대학 치과학교실

나지연¹, 조란영^{1,2}, 장원석^{1,2}, 조승원^{1,2}, 이상민^{1,2}, 온성운^{1,2}, 양병은^{1,2}, 변수환^{1,2}

ORCID ID

Jiyeon Na,  <https://orcid.org/0000-0002-1063-9217>

Ranyeong Cho,  <https://orcid.org/0000-0001-7264-3417>

Won-Seok Jang,  <https://orcid.org/0000-0003-4820-6588>

Seoung-Won Cho,  <https://orcid.org/0000-0003-0739-7971>

Sangmin Yi,  <https://orcid.org/0000-0002-3659-8572>

Sung-Woon On,  <https://orcid.org/0000-0001-6192-1530>

Byoung-Eun Yang,  <https://orcid.org/0000-0002-4446-6772>

Soo-Hwan Byun,  <https://orcid.org/0000-0003-0739-7971>

ABSTRACT

Crestal approach for maxillary sinus augmentation by using navigation surgical guide: case report

¹Graduate School of Clinical Dentistry, Hallym University

²Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Dentistry, College of Medicine, Hallym University

Jiyeon Na¹, Ranyeong Cho^{1,2}, Won-Seok Jang^{1,2}, Seoung-Won Cho^{1,2}, Sangmin Yi^{1,2},
Sung-Woon On^{1,2}, Byoung-Eun Yang^{1,2}, Soo-Hwan Byun^{1,2}

Running title: Crestal approach by using surgical guide

Objective : The purpose of this study is to introduce a novel method for safe and precise crestal approach technique for sinus augmentation and implant placement using digital technology. The study further aims to verify effectiveness of the technique in implant placement and sinus augmentation.

Materials and Methods : 5 patients who needed crestal approach sinus augmentation for implant placement were collected. There were more than 4mm residual bone in those patients. Intraoral image taking and CBCT taking were performed for digital planning. Digital planning was conducted for crestal approach sinus augmentation and implant placement. 2 navigation surgical guides(crestal/implant) were fabricated for each patient.

Results : 10 implants were placed in the patients without specific problems by using crestal approach surgical guide and implant surgical guide.

Conclusion : Crestal approach for maxillary sinus augmentation by using navigation surgical guide would be a reliable treatment option for successful implant placement in insufficient residual bone height of maxilla.

Key words : implant, sinus augmentation, navigation, digital, surgical guide, crestal approach

Corresponding Author

Soo-Hwan Byun, Professor

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Hallym University Sacred Heart Hospital

11, Gwanpyeong-ro 170beon-gil, Dongan-gu, Anyang-si, Gyeonggi-do, 14066, South Korea

Tel : 82-31-380-3870 / Fax : 82-31-380-1726 / Email : purheit@daum.net

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by Nano-Convergence Foundation(www.nanotech2020.org) funded by the Ministry of Science and ICT(MSIT, Korea) & the Ministry of Trade, Industry and Energy(MOTIE, Korea). [Project Name: Dental implant placement guide robot system based on permanent magnet positioning device/Project Number: 20014921]

This work was supported by the Korea Medical Device Development Fund grant funded by the Korea government(the Ministry of Science and ICT, the Ministry of Trade, Industry and Energy, the Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea, the Ministry of Food and Drug Safety). (Project Number: KMDF_PR_20200901-0237, 1711138501)

This work was supported by the Korea Medical Device Development Fund grant funded by the Korea government(the Ministry of Science and ICT, the Ministry of Trade, Industry and Energy, the Ministry of Health & Welfare, the Ministry of Food and Drug Safety). (Project Number: KMDF_PR_20200901_0305, 1711138993)

This research was supported by a grant of the Korea Health Technology R&D Project through the Korea Health Industry Development Institute(KHIDI), funded by the Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea. (Grant Number : HI20C2114).

서론

상악골에서 임플란트 식립을 하는 경우 골부족으로 인해 골이식이 필요한 경우가 있다. 특히 상악 구치부의 경우 수평골이 부족한 경우도 있지만 상악동 함기화로 인해 수직골이 부족한 경우도 많다. 이러한 경우 짧은 임플란트를 심어서 이러한 문제를 해결하는 경우도 있지만 구치부의 저작력을 감당하기 위해 상악동 골이식과 함께 임플란트를 식립하는 경우가 대부분이다. 상악동 골이식하는 방법은 치조정 접근식 상악동 거상술(crestal approach sinus lifting)과 측방 접근식 상악동 거상술(lateral approach sinus lifting)이 있다. Tatum등이 측방접근식 상악동 거상술을 제안하였으며 Summers등이 치조정 접근식 상악동 거상술을 제안하였다¹⁻³⁾. 두 술식 모두 장시간에 걸쳐 많은 임상가에게 사용되어온 임상적으로 입증된 수술 방법이다. 잔존골이 4mm이하일 경우 측방 접근식 상악동 거상술을 추천하며 잔골이 4mm이상인 경우에는 치조정 접근식 상악동 거상술을 많이 사용한다⁴⁾. 이러한 상악동 거상술을 쉽고 안전하게 하기 위해 많은 기구가 제안되었으며 특히 측방 접근식 상악동 거상술을 좀 더 정확하게 하기 위해 CAD/CAM(computer aided design/computer aided manufacturing)을 이용하여 측방 접근 위치를 가이드 하는 장치를 만드는

방법을 제안하기도 하였다⁵⁻⁸⁾. 그럼에도 불구하고 이러한 상악동 거상술은 상악동 주위의 혈관 등으로 인한 출혈, 상악동막 천공, 수술 감염등으로 인해 일부 임상가들에게는 아직도 어려운 술식으로 생각되어지고 있다⁹⁻¹¹⁾. 최근에는 디지털 기술이 발달해 가면서 새로운 디지털 장비와 프로그램이 출시되고 있다. 다양한 디지털 구강스캐너, 3D프린터, 3D프로그램들의 사용이 가능해지면서 치과분야에서도 디지털 시스템을 이용한 치과 치료가 가능하게 되었다. 임플란트 수술에서도 이러한 디지털 시스템이 적용되면서 예전보다 안전하고 정확한 임플란트 식립을 위한 네비게이션 임플란트 치료가 가능하게 되었다¹²⁾. 이러한 네비게이션 임플란트 시스템은 수술 전에 환자 구강내 인상채득을 통해 석고모형을 만들어서 모형을 스캔하거나 직접 구강내를 디지털 스캐닝하여 구강내 디지털 이미지를 확보한 것과 CBCT 방사선영상 데이터를 중첩하는 과정이 필요하다. 이러한 과정을 통해 얻은 중첩된 데이터를 임플란트 가이드 프로그램에 적용하여 향후 임플란트 보철이 완성될 위치를 예측하고 주위 해부학적 구조물을 고려하여 적절한 임플란트 위치를 설정한다. 그리고 설정된 임플란트 위치에 맞춰 임플란트 수술용 디지털 가이드를 밀링장비나 3D프린터로 제작하게 된다. 지금까지 이러한 디지털 임플란트 식립 시스템은 단순히 임플란트의 최종 위치만을 고려하여 사용되어 왔

다. 하지만, 최근에는 이러한 디지털 가이드 시스템을 이용한 단순히 임플란트 식립만이 아닌 측방접근식 상악동 거상술에도 적용 가능한 방법을 제안하기도 하였다⁶⁾. 본 연구에서는 치조정접근식 상악동 거상술에서 적용 가능한 네비게이션 수술용 가이드 시스템을 제안하며 관련 증례를 보고하고자 한다.

연구방법

한림대학교 의료원 치과에 내원한 환자중 상악동 골이식 이 필요한 임플란트 식립예정인 환자를 대상으로 하였다. 방사선 검사를 통해 상악동까지 잔존골이 4mm 이상인 환자중 네비게이션 수술 가이드 시스템을 이용한 임플란트 식립에 동의한 환자 5명을 선별하였다. 본 연구는 한림대학교 성심병원 임상연구 위원회(IRB, Institutional Review Board) 승인을 받았다. (IRB number: 2020-05-010) 대상자들은 파노라마 방사선 검사와 CBCT 방사선 검

사를 시행하였고 구강내 디지털 이미지를 확보하였다. 방사선 영상은 DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine) 파일로 저장되었다. 구강내 디지털 이미지는 두가지 방법을 사용하여 획득하였다. 알지네이트 인상채득 후 석고모형을 만들어서 모델스캐너(Rainbow Scanner; Dentium)를 이용하거나 디지털구강스캐너(Medit i500; Medit corp.)를 이용하여 구강내 디지털 이미지를 확보하였다. 이렇게 확보한 디지털 이미지는 모두 STL(standard tessellation language) 파일 형태로 저장되었다. 방사선 영상과 구강내 디지털 이미지는 임플란트 식립 가이드 프로그램상에서 같은 위치로 중첩되었다(3Shape Implant Studio; 3Shape A/G, Digital Guide; Dentium). 임플란트 식립 가이드 프로그램 상에서 상악동하연 경계부위 까지 거리가 약 1mm가 되도록 적절한 크기의 임플란트를 위치시켰다(Fig. 1a). 이렇게 결정된 위치를 기반으로 치조정 접근식 상악동 거상술을 위한 첫 번째 수술가이드를 디자인하였다(Fig. 1b). 추가적으로

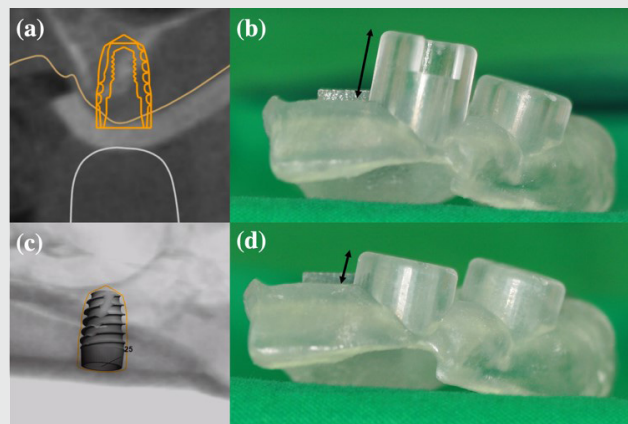


Figure 1. Navigation surgical guide for crestal approach sinus augmentation and implant placement. a) Digital planning for crestal approach sinus augmentation; b) Navigation surgical guide for crestal approach sinus augmentation; c) Digital planning for implant placement; d) Navigation surgical guide for implant placement

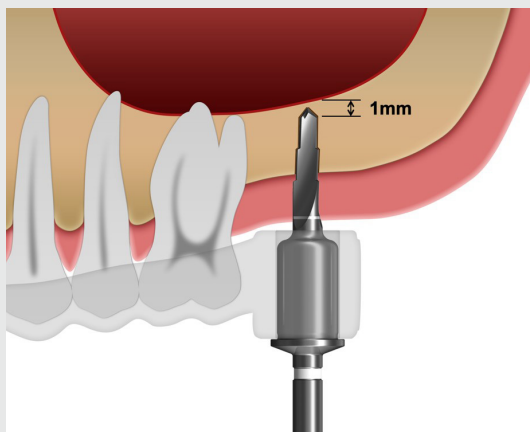


Figure 2. Drilling for crestal approach sinus augmentation by using navigation surgical guide

상악동 하연과 상관없이 식립하고자 하는 임플란트 위치에 맞춰 임플란트 식립을 위한 두번째 수술용 가이드도 디자인하였다 (Fig. 1c,1d). 이렇게 디자인한 2개의 수술용 가이드를 3D 프린터 (ProJet 6000 HD; 3D systems, USA) 또는 디지털 밀링 장비(Rainbow Milling Machine, Dentium, Korea)를 이용하여 제작하였다. 임플란트 수술시 2% 리도카인 국소마취제로 마취를 시행하고 절개 및 박리를 시행하였다. 이때 절개는 치조정의 협설측 중간 위치에서 1mm정도 설측으로 이동하여 시행하였으며 박리는 전층박리를 시행하였다. 그리고 치조정 접근식 상악동 거상술을 위한 수술가이드(DIGITAL GUIDE SYSTEM, DENTIUM)를 이용하여 상악동하연 하방 1mm까지 임플란트 드릴링을 단계별로 시행하였으며 그 단계마다 osteotome 기구(DASK kit, DENTIUM)도 직경을 늘려가며 상악동 하연을 거상시켰다 (Fig. 2). 식립하고자 하는 임플란트 직경까지 임플란트 드릴링을 완료한 후 상악동하연에 맞춰서 osteotome 기구로 추가 상악동 거상하였다. 거상된 상악동 내부에는 합성골(OS-

TEON3, GENOSS)을 이식하였다. 그리고 두번째 디지털 가이드를 이용하여 예정된 사이즈의 임플란트를 계획된 위치에 식립하였다. 마지막으로 봉합은 4-0 또는 5-0 polyamide 봉합사(Dafilon; B.Braun Melsungen A/G)로 시행하였다. 임플란트 식립 완료 후 파노라마 방사선 사진과 CBCT 검사를 시행하였다.

연구결과

총 5명의 환자에서 네비게이션 수술용 가이드를 이용한 치조정 접근식 상악동 거상술을 사용하여 총 8개의 임플란트(Superline, Dentium)를 식립하였다. 제2소구치 부위 3개, 제1대구치부위 4개, 제2대구치 부위 1개의 임플란트가 식립되었으며 모든 환자에서 상악동염과 같은 수술 후 문제점은 관찰되지 않았다. 대상자들의 성별, 나이, 술 전/후 치조골 높이, 사용된 임플란트 종류, 추적관찰 기간등을 기록하였으며 임상적으로 별다른 문제점이 관찰

Table 1. 대상자 식립 부위 및 임플란트 종류

대상자	성 별	나 이	식립부위	치조골 높이 (전/후) : mm	상악동막 천공	임플란트 종류	술 후 부작용	제작방식	관찰기간
1	M	57	#26 27	5/8	무	Superline(Dentium): 4.5*8/4.5*8	무	3D printing	6mon
2	M	64	#15 16	5.5/8	무	Superline(Dentium): 4.0*8/4.5*8	무	Milling	18mon
3	F	60	#15 16	6/8	무	Superline(Dentium): 4.0*8/4.5*8	무	Milling	20mon
4	F	68	#25	4.5/8	무	Superline(Dentium): 4.0*8	무	3D printing	9mon
5	M	71	#16	5/8	무	Superline(Dentium): 4.5*8	무	Milling	24mon

되지 않았다 (Table 1). 술후 방사선 검사 상에서 이식된 골은 안전하게 위치하였으며 임플란트 역시 계획된 위치에 식립되었음을 확인하였다.

고찰

상악동 골이식은 상악골에서 수직골이 부족한 경우 유용한 술식이며 치조정접근식 상악동 거상술과 측방접근식 상악동 거상술로 나눌 수 있다. 많은 임상가들이 측방접근식 상악동 거상술과 치조정접근식 상악동 거상술 모두 어려운 술식이라고 생각하고 꺼려하는 경우가 있다. 이중 치조정접근식 상악동 거상술은 보이지 않는 공간에서 상악동 하연을 거상하는 방법이므로 거상 중 상악동막이 천공되거나 거상 후 이식된 골이 제대로 위치되지 않았을 때 그것을 정확히 파악하기가 어렵다는 점에서 문제가 발생할 가능성이 있다. 치조정접근식 상악동 거상술을 좀더 안전하고 쉽게하기 위해 다양한 수술 기구가 개발되어왔다. 먼저 골 삭제시, 천공 가능성을 낮추기 위해 개발된 기구들이 있다. 골을 삭제하는 드릴을 다이아몬드로 코팅하여 점막에 드릴이 직접 닿아도 점막이 찢어질 가능성을 낮추거나 아니면 드릴의 끝을 편평하게 하여 수직적으로 날카

로운 부분을 최소화한 기구 등이 있었다. 그리고 상악동 점막을 안전하게 거상하기 위해 개발된 수압거상 기구들도 있다. 수압거상 기구들은 상악동과 개통된 이후 점막을 안전하게 거상하기 위해 개발된 기구이다. 또한 이러한 기구들을 사용하기 전에 1mm이하의 잔존 골을 남기고 골을 삭제하고 상악동 하연에 가장 가깝게 접근하는 것이 매우 중요하다. 일반적으로 파노라마 방사선 사진이나 CBCT 방사선 사진을 통해 술자의 경험을 바탕으로 치조정에서 상악동 하연까지 거리를 측정하고 그 거리에서 약 1mm정도 짧게 골삭제를 시행한다. 안전한 골삭제를 위해 골삭제 드릴이 일정 깊이 이상 들어가지 않도록 stopper를 드릴에 끼우는 방법도 많이 사용되고 있다. 하지만 술자의 경험에만 의존한 골삭제나 stopper를 이용한 방법은 정확도가 떨어져서 불충분한 골삭제나 과도한 삭제로 인한 천공 가능성이 높아진다. 그리고 상악동 격벽과 같은 해부학적 구조물이 있는 경우 술자의 경험에만 의존한 치조정 접근식 상악동 거상술은 어려움이 있는 경우가 있다¹³⁾. 이러한 경험에 의존한 과거의 방법을 개선하기 위해 최근에는 디지털 시스템을 이용한 다양한 상악동 거상술이 제안되고 있다. 측방접근식 상악동 거상술시 측방접근 위치를 정확하고 쉽게 설정할 수 있도록 수술용 가이드도 제안되었으며 이와 함께 임플란트의 이상적인 위치 결정을 위한 임플란트용 수술가이드도 많이 사

용되고 있다^{5,6,14,15}). 하지만 치조정 접근식 상악동 거상술을 위한 수술용 가이드 시스템에 대한 연구는 많지 않다. 본 연구에서는 상악동 하연까지의 정확한 골삭제를 위해 술전에 CBCT영상과 구강이미지에 근거하여 네비게이션 수술용 가이드를 디자인하였으며 이를 이용하여 정확하고 신속한 치조정접근식 상악동 거상술을 할 수 있었다. 치조정 접근식 상악동 거상술이 보이지 않는 공간에서 시행되는 술식임에도 불구하고 미리 디자인된 수술용 가이드를 이용하여 정확하게 최소한의 수직적 골만 남길 수 있어서 손쉽게 상악동 골이식을 할 수 있었다. 하지만 상악동 거상술 가이드가 장점만 있는 것은 아니다. 첫번째로 임플란트 식립 가이드외에 상악동 거상술 가이드를 추가 사용해야한다는 점이다. 물론, stopper가 있는 드릴을 사용하면 이러한 추가 가이드 사용을 피할 수 있지만 모든 임플란트 회사에서 stopper 드릴이나오는 것이 아니므로 이러한 추가 상악동 거상술용 가이드 제작을 염두해야 한다. 그리고 stopper도 드릴에 정확히 고정 안되고 움직일 수 가능성이 있기 때문에 정확하지 않을 가능성이 있다. 두번째는 가이드 자체가 부피감이 있어서 환자가 수술 중 불편감을 느낄 수 있다는 점이다⁷). 세번째로 기존의 전통적인 치조정 접근식 상악동 거상술에

비해 술전에 디지털 계획을 위한 준비와 이러한 계획을 바탕으로 수술용 가이드를 제작하는 과정이 필요하다는 점이다. 수술용 가이드 제작 과정 중 인상채득시 발생하는 오차, 부정확한 구강내 적합, 방사선 영상의 부정확성, 가이드 제작시 발생하는 오차등으로 인해 약간의 오차가 생길 수 있으나 이러한 오차는 주의한다면 예방할 수 있다고 판단된다¹⁶⁻¹⁹). 마지막으로 우리가 제안하는 가이드를 이용하여 아무리 적절한 높이로 골을 삭제하고 하더라도 골이식을 하더라도 상악동 점막을 박리하는 과정에서 점막 자체가 너무 얇아서 천공될 가능성을 완벽하게 예방할 수 있는 것은 아니다. 치조정 접근식 상악동 거상술을 하는 경우 항상 술자는 보이지 않는 상악동 점막 천공 가능성을 염두해야 한다.

결론

치조정접근식 상악동 거상술에서 적용가능한 네비게이션 수술 가이드 시스템은 상악동 골이식술을 동반한 임플란트 식립의 안정성과 편의성을 높인다는 점에서 임상적 효용성이 있을 것이라 사료된다.

참 고 문 헌

1. Boyne PJ, James RA. Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. *J Oral Surg.* 1980;38(8):613-616.
2. Tatum H, Jr. Maxillary and sinus implant reconstructions. *Dent Clin North Am.* 1986;30(2):207-229.
3. Summers RB. Sinus floor elevation with osteotomes. *J Esthet Dent.* 1998;10(3):164-171.
4. Testori T, Weinstein R, Wallace S. Maxillary sinus surgery and alternatives in treatment. Quintessence Publ.; 2009.
5. Osman AH, Mansour H, Atef M, Hakam M. Computer guided sinus floor elevation through lateral window approach with simultaneous implant placement. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2018;20(2):137-143.
6. Cho SW, Yang BE, Cheon KJ, Jang WS, Kim JW, Byun SH. A Simple and Safe Approach for Maxillary Sinus Augmentation with the Advanced Surgical Guide. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(11).
7. Goodacre BJ, Swamidass RS, Lozada J, Al-Ardah A, Sahl E. A 3D-printed guide for lateral approach sinus grafting: A dental technique. *J Prosthet Dent.* 2018;119(6):897-901.
8. Jordi C, Mukaddam K, Lambrecht JT, Kuhl S. Membrane perforation rate in lateral maxillary sinus floor augmentation using conventional rotating instruments and piezoelectric device—a meta-analysis. *Int J Implant Dent.* 2018;4(1):3.
9. Testori T, Weinstein T, Taschieri S, Wallace SS. Risk factors in lateral window sinus elevation surgery. *Periodontol 2000.* 2019;81(1):91-123.
10. Park WB, Han JY, Kang P, Momen-Heravi F. The clinical and radiographic outcomes of Schneiderian membrane perforation without repair in sinus elevation surgery. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2019;21(5):931-937.
11. Marin S, Kimbauer B, Rugani P, Payer M, Jakse N. Potential risk factors for maxillary sinus membrane perforation and treatment outcome analysis. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2019;21(1):66-72.
12. Nickenig HJ, Wichmann M, Hamel J, Schlegel KA, Eitner S. Evaluation of the difference in accuracy between implant placement by virtual planning data and surgical guide templates versus the conventional free-hand method – a combined in vivo – in vitro technique using cone-beam CT (Part II). *J Craniomaxillofac Surg.* 2010;38(7):488-493.
13. Neugebauer J, Ritter L, Mischkowski RA, et al. Evaluation of maxillary sinus anatomy by cone-beam CT prior to sinus floor elevation. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2010;25(2):258-265.
14. Mandelaris GA, Rosenfeld AL. A novel approach to the antral sinus bone graft technique: the use of a prototype cutting guide for precise outlining of the lateral wall. A case report. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2008;28(6):569-575.
15. Mandelaris GA, Rosenfeld AL. Alternative applications of guided surgery: precise outlining of the lateral window in antral sinus bone grafting. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009;67(11 Suppl):23-30.
16. Al Yafi F, Camenisch B, Al-Sabbagh M. Is Digital Guided Implant Surgery Accurate and Reliable? *Dent Clin North Am.* 2019;63(3):381-397.
17. Schubert O, Schweiger J, Stimmelmayer M, Nold E, Guth JF. Digital implant planning and guided implant surgery – workflow and reliability. *Br Dent J.* 2019;226(2):101-108.
18. Tatakis DN, Chien HH, Parashis AO. Guided implant surgery risks and their prevention. *Periodontol 2000.* 2019;81(1):194-208.
19. Apostolakis D, Kourakis G. CAD/CAM implant surgical guides: maximum errors in implant positioning attributable to the properties of the metal sleeve/osteotomy drill combination. *Int J Implant Dent.* 2018;4(1):34.