

턱교정 수술에서 3차원 입체 모델과 치아 석고모형의 결합을 이용한 하악 근원심 골편간 간섭의 예측

권대근¹ · 이상한¹ · 김종배² · 남기영²

¹경북대학교 치과대학 구강악안면외과학교실,

²계명대학교 의과대학 치과 구강악안면외과학교실

Abstract (J. Kor. Oral Maxillofac. Surg. 2003;29:163-168)

A PREDICTION OF BONY INTERFERENCE BETWEEN PROXIMAL & DISTAL SEGMENT OF THE MANDIBLE WITH INTEGRATED 3D SOLID MODEL AND DENTAL CAST IN ORTHOGNATHIC SURGERY

Kwon Tae-Geon¹, Lee Sang-Han¹, Kim Jong-Bae², Nam Ki-Young²

¹Department of Oral & Maxillofacial Surgery, College of Dentistry
Kyungpook National University

²Department of Oral & Maxillofacial Surgery, Dong-San Medical Center,
College of Medicine, Keimyung University

Three-dimensional solid model has not been widely used in surgical prediction of orthognathic surgery because frequent artifacts from occlusal restorations or prosthesis limited the usefulness of simulated surgery involving occlusion. We prepared three-dimensional(3D) solid model from CT data and integrated the 3D solid model with dental cast using a face-bow transfer technique combined with skeletal reference measurement and confirmation with cephalometric radiographs. With this simple and easy method, it was possible to predict bony interference between the proximal and distal segment of the mandible so that we can prevent condylar displacement after sagittal split ramus osteotomy of the mandible with prominent asymmetry. The method error was within 2mm and it seemed to be useful in preoperative planning for maxillofacial surgery with maxillo-mandibular occlusal change.

Key words : 3D model, Orthognathic surgery, Face-bow

I. 서 론

하악전돌증이나 하악후퇴증 환자에게 흔히 이용되는 하악지 시상골절단술은 견고고정이 도입된 이후 술후 회복기간이 짧고 술후 재발이 적은 등의 여러 가지 장점을 가지고 있어 임상가에게 널리 이용되는 악교정수술이다. 하지만 심한 하악 비대칭환자에게 하악지를 시상분할한후 원심골편을 이동하면 정중선 편위로 인한 좌우 이동량의 현저한 차이 때문에 근 원심간의 골편간에 간섭이 생기며, 이 상태에서 그대로 견고고정을 시행하게 되면 과두의 변위를 초래하게 된다. 이러한 과두의 편위는 수술

후 결과에 상당한 영향을 미치게 되어 심한 경우 재수술의 필요성이 제기되기도 한다. 만일 이러한 간섭이 어느 방향에서 어떠한 정도로 생기는지 수술전에 미리 예측할수 있다면 이러한 문제점들을 실제 수술에서는 피할수 있을 것이다. 구강악안면외과 영역에서 3차원 모형을 이용한 수술방법은 최근 많은 문헌에서 보고되고 있으나 악교정수술에 이를 적용할 때 가장 큰 문제점은 고정용 브라켓이나 강선 등에 의하여 초래되는 **metallic artifact** 때문에 3차원 모델상에서 치열의 형태가 정확히 나타나지 않는다는 것이다. 치아의 형태가 정확히 나타나지 않기 때문에 정확한 원심골편의 이동량을 예측할 수 없고 이 때문에 골편간의 간섭을 정확히 예측해 볼수가 없으므로 3차원 모델은 수술전 진단시 단순한 보조역할 정도밖에 할 수가 없었다.

이에 저자들은 치과용 석고모형에서 알 수 있는 정확한 교합관계의 변화를 3차원 모형에 옮기는 방법을 고안하여 상악과 하악 치열간의 관계의 변화와 이에따른 근원심간의 골편위치와 관계를 미리 파악하여, 수술시 과두위치의 변화 없이 시상골절단술과 견고고정을 시행하는 일련의 방법을 소개하고자 한다.

권 대 근

700-421 대구광역시 중구 삼덕동 2가
경북대학교 치과대학 구강악안면외과

Kwon Tae-Geon, D.D.S., Ph.D.

Dept. of OMFS, College of Dentistry Kyungpook National University

Samduck-2-Ga, Jung-Gu, Daegu city, 700-721, Korea

Fax : +82-53-426-5365 Tel : +82-53-420-5911, 5912

E mail: kwondk@wmail.knu.ac.kr

※이 연구는 2003년도 경북대학교 의학연구소 연구비의 지원으로 이루어졌음.

II. 재료 및 방법

1. 3차원 RP(Rapid Prototype) model 의 제작

수술전 환자의 두부를 본원 진단방사선과에서 CT 촬영하였다 (Somatom Plus 4, Siemens). CT 촬영시 scan의 폭은 1mm 거리는 2mm 로 설정하였으며 데이터는 compact disc 로 옮겨져 RP model 제작사인 CyberMed 사에 전송하였다. 이 데이터를 기초로하여 실물크기의 3차원모델이 만들어졌으며 (Fig. 1), 제작과정은 Choi 등(2002)⁹⁾의 보고에 나타난 바와 같다.

2. 치아석고모형과 3차원 안면 골격모형의 결합

하악이 상악-두개골복합체에서 분리된 상태로 제작되기 때문에 하악의 수술전 위치를 Luhr⁸⁾가 고안한 방법과 같이 condyle positioning plate 로 미리 인기하였다. 8 hole miniplate 로 하악 상



Fig. 1. 3D solid model of the patient with facial asymmetry. For this patient, bilateral sagittal split ramus osteotomy was planned (Rt.: 0mm, Lt.: 13.5mm setback)

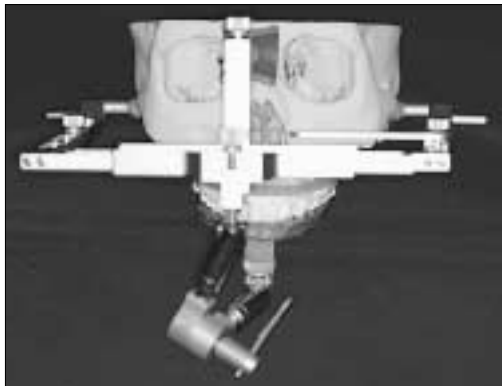


Fig. 2-a. Maxillary dental cast was mounted on 3D model by face-bow transfer (Girrbach[®] articulator system).

행지 전방부와 상악을 연결하여 고정한 후, 다시 나사를 풀고 miniplate를 제거하여 근심골편의 위치를 인기하였다.

상악 치열과 하악 치열이 있는 부위를 모두 제거해 내고 난후 먼저 상악 치열 석고모형을 3차원 모델에 부착하였다. 수술전 환자로부터 채득된 face-bow (Artex Girrbach articulator, Girrbach[®] Dental GmbH, Pforzheim, Germany)에 상악 치아모형을 위치시키고 face-bow의 ear rod 와 nasion relator 가 3차원 모델의 외이도와 nasion 에 적절히 위치되면 상악 치아 모형을 3차원 모델에 부착시켰다. Nasion relator는 연조직 nasion 의 위치에 맞게 제작되었으므로 3차원 모델상의 골격성 nasion 과 약간의 차이가 있다. 이때의 오차를 방지하기 위하여, 환자로부터 face-bow transfer를 할 때 좌우 orbitale와 좌우 견치 bracket tip 까지의 수직거리를 미리 측정하여 이 거리가 정확하게 재현되도록 상악 치아 석고모형을 3차원 모델에 위치시켰다 (Fig. 2-a).

술전 환자로부터 미리 채득한 상-하악 치열간 관계의 기록 (interocclusal wax-bite) 대로 하악 치열 석고모형을 상악 치열 모형에 위치시키고, 하악치열이 제거된 하악 3차원 모델을 전술한 condyle positioning plate 에 인기된대로 위치시킨후 하악 치열 석고 모형과 하악 3차원 모델을 부착시켰다 (Fig. 2-b).

최종적으로 치아 석고 모형이 결합된 3차원 모델에 측모두부 방사선사진을 촬영하여 실제 환자의 측모두부방사선사진과 비교하였다. Nasion과 incisor tip, orbitale 와 molar cusp tip 간의 거리가 일치하는지 확인하여 오차를 최소화 하였다 (Fig. 3).

3. 모의 수술의 시행

수술실에서 시행하는 통상적인 하악 양측 시상골 분할술을 시행하여 근원심 골편을 분리한후 (Fig. 4-a) 상 하악간 예정된 위치로 하악을 이동하였다 (Fig. 4-b). 이 환자의 경우 하악우측은 0mm 좌측은 13.5mm 이동하여 우측의 원심골편의 후방부가 근심골편과 간섭을 일으켜 그대로 두었을 경우 Fig. 5-a에서 관찰되



Fig. 2-b. After maxillary dental cast was integrated to 3D solid model, mandibular dental cast was mounted with wax bite. Then, condyle positioning plate was adapted passively and fixed with screws.

는 바와 같은 우측 과두의 측방 변위가 초래되었다. 이와같은 변위를 방지하기 위하여 근심 골편의 내측을 삭제하였다 (Fig. 5-b). Condyle positioning plate가 부착된 상태의 근심골편이 원심골편

과 거의 접촉하지 않는 상태까지 근심골편의 내측을 삭제하였으며 이때 간섭이 일어나는 부위, 골삭제량 등을 충분히 파악하여 수술시에 참고하도록 하였다 (Fig. 5-c).



Fig. 3. To evaluate the accuracy, lateral cephalogram were taken from the patient and 3D model integrated with dental cast. Each lineal measurement (Or-Molar cusp tip, Na-Incisor cusp tip) were compared. (* : landmarks used in the study)



Fig. 4-a. Conventional bilateral sagittal split ramus was performed on 3D model and proximal segment was secured with condyle positioning plate.



Fig. 4-b. Distal mandibular segment was repositioned according to expected maxillomandibular occlusal relationship.

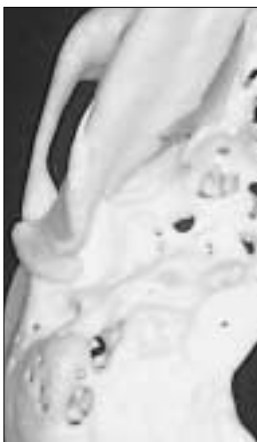


Fig. 5-a. Because of the lateral rotational movement of the right distal segment, displacement of proximal segment after surgery was predicted.

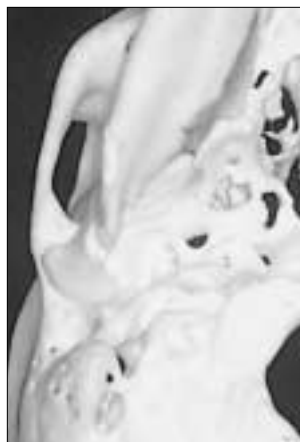


Fig. 5-b. After removing the bony interference between the proximal and distal segment, condyle-fossa relation returned to normal and condylar displacement was minimized.



Fig. 5-c. To prevent interbony interference and condyle dislocation, posterior-medial side of proximal segment should be reduced as dashed area indicates.

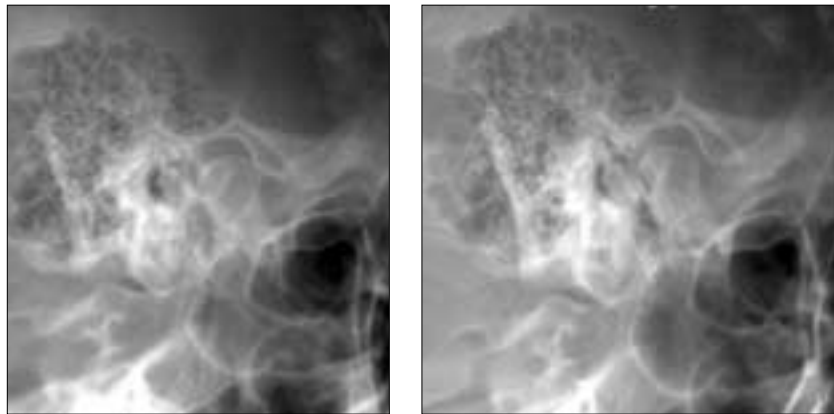
III. 결과 및 고찰

치아모형이 부착된 상태의 3차원 입체모형이 실제 환자의 상태를 재현하는데 수반되는 오차를 측정하기 위하여 각각의 측모 두부방사선 사진을 촬영하여 Orbitale와 molar cusp tip 간거리 및 Nasion 과 incisal tip 간의 거리를 각각 측정하여본 결과 각각 1.5mm, 1.8mm 의 차이가 있음을 알수 있었다. 이는 CT 데이터로부터 안면골의 3차원 입체모형을 만드는데 동반되는 오차인 1~2mm 또는 1% 이내의 오차로써 Santler 등(1995)³⁾이 제시한 허용오차 이내에 해당하는 것으로써 본 방법의 유용성을 입증하는 것이다.

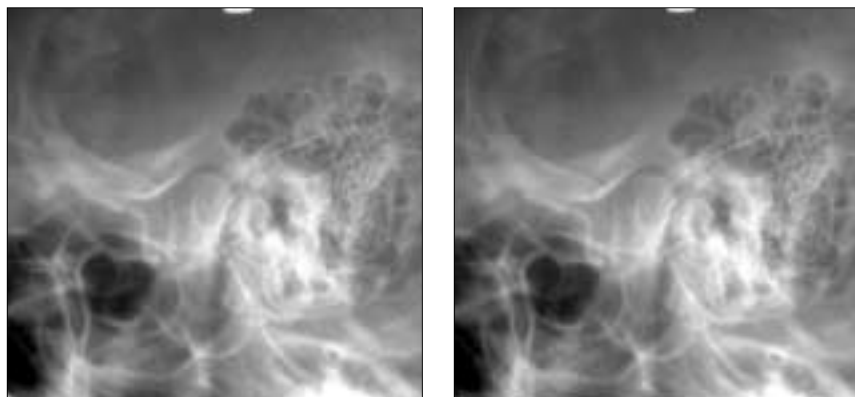
모의 수술을 시행할 당시에 contouring 되었던 mini-plate를 이용하여 근심 골편위치를 인기할 경우 수술시간을 단축할수 있었다. 모의 수술에서 나타난 골편간의 간섭은 수술시에도 그대로 관찰되었고 술전에 측정된 양만큼 수술시에 삭제한 결과 골편간의 간섭을 최소화 하여 수술후 좌우 악관절 위치는 술전과 거의 동일하게 유지됨을 알수 있었으며(Fig. 6) 만족할만한 결과를 얻었다(Fig. 7).

3차원 입체 모델은 구강악안면외과 영역에서 여러 가지 유용성이 있음이 밝혀졌으나 치아와 교합 형태에 대한 재현도에 한계가 있다는 것이 단점으로 지적되어져 왔다. 악간 관계를 정확히 파악하고 인기하는 것이 악교정수술의 양호한 결과를 얻는데 필수적인 요소라고 할 수 있으나 치아의 아말감 충전에서부터 보철물, 교정용 브라켓등에 이르기까지 여러 가지 metallic artifact 등으로 인하여 3차원 모델의 정확도를 유지하는데 어려움이 있었다.

이를 극복하기 위하여 Kärcher 등(1992)⁴⁾은 CT 촬영전에 3개의 나사를 상악에 심고 bite splint를 이와 연결한 후 CT 촬영하여 3차원 모델을 만들었다. 제작된 3차원 모형에 이러한 splint 와 나사가 하나의 위치 참조기로서 역할 하도록 하여 치아 석고모형이 3차원 모형에 적절히 결합될 수 있게 하는 것이 3차원 모델에 석고모형을 결합시키는 최초의 시도인 이 방법의 핵심이었다. 하지만 이 경우 추가적인 나사를 심는 과정이 번거로웠고 금속나사 자체가 정확히 재현되지 않는 단점이 있었다. Terai 등⁵⁾은 3mm 지름의 세 개의 세라믹 칩을 얼굴에 붙인 상태에서 CT 촬영하여 이 칩들과 face-bow transfer 에 의해서 인기된 bite-fork를 이용하



Right TMJ (pre-, and post-operative view)



Left TMJ (pre-, and post-operative view)

Fig. 6. Transcranial radiograph of right TMJ (upper left: pre-operative, upper right: post-operative) and left TMJ (lower left: pre-operative, lower right: post-operative). Conspicuous joint dislocation was not detected.



Fig. 7. Pre- and post-operative frontal view of the patient.

여 3차원 모델에 치아 석고모형을 부착시키는 방법을 이용하였다. 하지만 이 방법 또한 Kärcher 등의 방법과 마찬가지로 그 기준점(reference marker)의 수직적 정확도가 CT slice 의 거리에 좌우되며 기준점자체를 3차원 모델에서 정확히 인식하는 자체의 오차가 있었다. Onish 등⁶⁾은 반조절성 교합기와 함께 이용되는 face-bow를 이용하여 상악치열의 위치를 bite-fork 에 인기하였다. 3차원 모델에 실제 환자에게 행해진 face-bow transfer를 다시 반복하여 상악치열 석고모형을 3차원 모델에 위치시켰다. 이 경우 저자도 인정하는 바와 같이 외이도와 연조직 Nasion 에 끼워진 face-bow 와 bite fork 가 과연 3차원 두개안면모형에 그대로 재위치 될 수있는가 하는 문제가 있다. 하지만 실제 연조직 두께를 CT 상에서 파악하여 이만큼을 보상적으로 덧붙이고 본 연구에서 이용된 방법처럼 좌우 orbiale와 좌우 견치 bracket tip 까지의 수직거리를 미리 측정하여 이 거리가 정확하게 재현되도록 상악치아 석고모형을 3차원 모델에 위치시킨다면 더욱 정확도를 향상시킬수 있을것으로 사료된다.

비대칭환자의 하악지 시상골 절단술시 예상되는 골편간의 변위를 미리 3차원 모델과 치아모형으로 미리 예측해보고자 하는 시도는 Fuhrmann등⁷⁾이 시도한바 있다. 이 연구에서는 특별히 고안된 부가적인 장치(special transfer template)를 이용하였으며, 이는 CT scan 상의 scan number를 기준으로 실제 3차원 모델을 위치시키고 여기에 맞게 치아 석고모형을 위치시키는 방법으로 어떠한 기준점이 이용되었는지 정확성이 있는지에 대하여는 별다른 언급이 없었다.

본 연구에서 이용된 방법은 비교적 간단하면서도 정확한 예측을 할 수 있다는 장점이 있으며 Terai 등⁸⁾이 지적한바와 마찬가지로 3차원 모델자체의 오차를 줄이면서 두부방사선 사진을 부가적으로 촬영하여 정확성을 확인하는 과정을 거친다면 오차의 가능성을 더욱 줄일수 있을 것으로 사료된다.

IV. 결 론

3차원 CT 영상과 이를 통하여 얻어진 3차원 모델은 안면기형 환자의 기형부위를 보다 효과적으로 분석하고 모의수술을 행할 수 있다는 장점 때문에 최근 널리 이용되고 있다. 악교정수술의 특성상 교합관계의 변화가 골편간 이동량과 방향을 결정짓게 됨에도 불구하고 이러한 CT 상에서 metallic artifact 로 인한 치열모형의 정확한 3차원 모델로의 재현이 불가능하여 악교정수술에서 3차원 모형은 하나의 참고자료만으로 이용될 수 밖에 없는 한계점이 있었다. 이에 본 연구에서는 이와같은 단점을 개선하기 위하여 치아석고모형과 3차원 모형을 face-bow transfer 는 방법으로 결합하고, 환자의 골격성 계측점을 기준으로 수직적 거리를 계측하여 정확도를 높이고자 하였다. 측두두부방사선 사진을 촬영하여 본 방법의 오차를 측정하여본 결과, 방법오차가 2mm 이내로 임상적인 유용성이 있음을 알수있었다. 또한 본 방법을 통하여, 술후 예상되는 골편간 간섭의 부위 및 간섭정도와 최적의 골절단선, 술후 예상 결과 등을 미리 알아볼 수 있었으며, 이때 과두 위치 보존 장치(condyle positioning plate)를 미리 환자의 골격에 contouring 해놓음으로써 수술시간을 단축하는 등의 여러 가지 장점이 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Choi JY, Kim NK, Kim Y, Lee JK, Kim MJ, Lee LH, Kim MJ: Analysis of errors in medical rapid prototyping models. *Int J Oral & Maxillofac Surg.* 2002;31:23-32.
2. Luhr HG: The significance of condylar position using rigid fixation in orthognathic surgery. *Clin Plast Surg.* 1989;16:147-56.
3. Santler G, Kärcher H, Ruda C, Kern R: The accuracy of three dimensional models. Analysis and correction of possible errors. *Comput Aided Surg.* 1995;2:3-11

4. Karcher H: Three-dimensional craniofacial surgery: transfer from a three-dimensional model (Endoplan) to clinical surgery: a new technique (Graz). *J Cranio-Maxillo-Fac Surg.* 1992;20:125-31.
5. Terai H, Shimahara M, Sakinaka Y, Tajima S: Accuracy of integration of dental casts in three-dimensional models. *J Oral Maxillofac Surg.* 1999;57:662-5 discussion 666.
6. Onishi K, Maruyama Y: Three-dimensional solid model integrated with dental model for maxillofacial surgery. *Plast Reconstr Surg.* 2001;108:1696-9.
7. Fuhrmann RA, Frohberg U, Diedrich PR: Treatment prediction with three-dimensional computer tomographic skull models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994;106:156-60.