

제작방법에 따른 임플란트 수술 가이드의 정확성비교: stereolithography와 positioning device로 제작한 수술 가이드

권창렬¹ · 최병호² · 정승미^{1*} · 주상돈³

연세대학교원주의대 ¹치과보철과, ²구강악안면외과, ³대구예치과

연구 목적: 최근 정확하면서도 외상이 적은 임플란트 식립을 위해 임플란트 수술용 가이드가 많이 쓰이고 있다. 그 중 대표적인 방식이 stereolithography 방식과 positioning device로 제작한 방식이다. 본 연구는 이 두 가지 방식의 정확성을 비교하기 위하여 4 가지 형태의 치아상실 모델에서 실험 후 정확성에 관하여 분석하였다.

연구 재료 및 방법: 4가지 형태 치아 결손 모델 각각에 대하여 stereolithography 방법과 positioning device를 이용한 방법으로 수술 가이드를 제작하였다. 제작된 수술 가이드를 제작에 사용되었던 치아모델에 장착하여 수술 가이드의 내면과 모델의 치아표면 사이 공간크기를 측정하여 가이드의 적합도를 평가하였다. 또한 이 수술 가이드를 이용하여 총 40개 모델에서 임플란트 시술을 진행하고, 시술 후 모델을 다시 cone-beam computed tomography 촬영 하여 수술 전후 영상을 중첩시켜 계획 상의 임플란트와 실제 시술한 임플란트의 위치를 비교하였다. 통계학적인 검증을 위하여 PASW Statistics[®] 18.0을 이용하여서 Mann-Whitney U 검정을 사용하였다.

결과: 수술 가이드 내면과 모델 사이 공간크기가 stereolithography는 1.4 ± 0.3 mm이고, positioning device는 0.4 ± 0.3 mm로 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($P < .05$). Stereolithography는 오차가 근원심 측에서 $3.9 \pm 1.6^\circ$, 협설 측에서 $2.7 \pm 1.5^\circ$, 깊이에서 1.9 ± 0.9 mm였다. 반면 positioning device는 오차가 근원심 측에서 $0.7 \pm 0.3^\circ$ 였고, 협설 측에서 $0.3 \pm 0.2^\circ$, 깊이에서 0.4 ± 0.2 mm였다. 두 수술 가이드 제작방법은 모든 방향에서의 오차에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($P < .05$).

결론: 본 연구의 결과는 stereolithography 방법보다 positioning device를 이용하여 수술 가이드를 제작할 때 C.T.와 임플란트 치료 계획 프로그램을 이용하여 미리 계획한 임플란트 식립 위치와 방향으로 더 정확하게 식립 할 수 있음을 보여 주었다. (대한치과보철학회지 2012;50:271-8)

주요단어: ; 수술용 가이드; 수술용 스텐트; Anyguide; Computer-aided Surgery; 무피판 임플란트

서론

치과에 컴퓨터단층촬영(CT)의 도입은 치은 절개 후 치조골을 보면서 임플란트의 식립 위치를 결정하던 방식에서 벗어나, 절개하지 않고도 골의 형태와 보철치료에 적합한 위치를 알 수 있게 해주었다.^{1,4} 이처럼 미리 술 전에 설정한 식립 위치를 실제 구강 내에 재현하기 위해 일반적으로 수술 가이드가 사용된다. 수술 가이드란 CT와 임플란트 치료 계획 프로그램을 이용하여 식립 위치와 방향을 결정하여 이대로 수술하도록 제작된 도구이다.⁵

근래 수술 가이드 제작은 주로 2가지 방법 즉, stereolithography 방법과 positioning device를 이용하여 제작하는 방법이 사용되고 있다.^{6,7} Stereolithography 방법은 시뮬레이션 프로그램으로 수술 가이드를 디자인한 후, 그대로 레이저를 이용하여 레진을 경화시켜 제작하는 방법이다.^{8,9} Positioning device로 제작하는 방

법은 계획된 디자인대로 positioning device를 이용하여 그 위치에 임플란트 식립을 가이드 하는 금속 슬리브를 레진 템플레이트에 위치시켜 수술 가이드를 제작하는 방법이다.⁴ Stereolithography 방법은 $2.6^\circ - 7.9^\circ$ 의 각도오차와 0.8-3.2 mm의 수직 깊이의 오차를,^{2,10,12} positioning device를 이용한 방법은 $1.2^\circ - 8.4^\circ$ 의 각도오차와 0.5 - 1.9 mm의 수직 깊이의 오차를 보인다고 문헌에 보고되었다.^{4,13,14}

그 동안 수술 가이드의 정확성에 관한 논문들은 대상 환자, 사용한 수술 가이드의 형태, 수술 가이드 제작방법 등이 다양하여,⁶ 정확도를 객관적으로 비교하기가 어려웠다. 이에 본 연구에서는 4가지 형태의 치아상실 모델 20개를 준비하여 각 모델에서 stereolithography와 positioning device를 이용하여 수술 가이드를 제작하고 이를 이용하여 각 치아모형에서 임플란트를 시술하여 제작방법에 따른 수술 가이드의 정확성에 관하여 비교 분석하였다.

*교신저자: 정승미

강원도 원주시 일산동 162 연세대학교 원주의과대학 치과보철과 033-741-1435: email, smj3@yonsei.ac.kr

원고접수일: 2012년 9월 11일 / 원고최종수정일: 2012년 10월 8일 / 원고채택일: 2012년 10월 12일

© 2012 대한치과보철학회

© 이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 3.0 대한민국 라이선스에 따라 이용하실 수 있습니다.

*이 논문은 2010년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(2010-0002797)임.

연구 재료 및 방법

1. 실험용 모델

레진을 이용하여 4가지 형태로 치아가 결손된 모델을 만들었다. 모델은 상악의 경우 우측 중절치, 측절치, 좌측 중절치, 측절치 4개가 결손된 모델과 좌측 중절치 하나만 결손된 모델을 각각 제작하였다. 하악의 경우 좌 우 제1, 2 대구치가 모두 결손된 모델과 좌측 제2 소구치와 제1, 2 대구치와 우측 제2 소구치, 제1 대구치가 결손된 모델을 준비하였다. 그래서 싱글 케이스와 부분 무치악인 경우와 Kennedy class II인 후방연장 케이스와 Kennedy class III인 케이스 그리고 상악과 하악을 각각 준비하여서 각 경우를 비교할 수 있도록 했다(Fig. 1A). 실리콘으로 치은 부위를 만들고, Misch 골밀도 분류 D3에¹⁵ 해당하는 골질의 나무재질로 치조골 부위를 만들었다.

2. CT 영상 중첩에 사용될 기준점 설정

임플란트 식립 전후 모델의 영상을 중첩시켜 정확성을 영상에서 측정하기 위해 모델 바닥에 깊이와 너비가 1 mm gutta-percha marker 10개를 만들었다(Fig. 1B).

3. 수술 가이드 제작

Stereolithography 방법과 positioning device를 이용한 방법으로 4가지 형태 치아 결손 모델 각각에 대하여 각각 5개씩 총 20개의 수술 가이드를 제작하였다.

(1) Stereolithography 방법으로 수술 가이드 제작

먼저 방사선 가이드를 제작하였다. 실험 모델을 복제하여 석고모형을 만들어 Orthocryl[®](Dentaurum, Ispringen, Germany) 레진

을 부어 레진 템플레이트를 만들었다. 템플레이트의 형태는 모든 치아와 치은점막을 덮는 형태로 제작을 하며, 10개의 gutta-percha marker (직경 1 mm)를 분산 만들었다(Fig. 2A).

이렇게 제작된 방사선 가이드를 모델에 장착한 상태에서 cone beam computer tomography (Vatech, HwaSung, South Korea) 촬영을 한 다음 방사선 가이드만 다시 한번 더 촬영하였다. 이 2개의 DICOM (digital imaging and communications in medicine) 파일을 Osstem Quickguide[®](Osstem, Seoul, Korea) 소프트웨어로 옮겨서 표시해두었던 10개의 gutta-percha marker를 기준으로 두 영상을 중첩한 뒤 수술 가이드를 디자인하였다(Fig. 2B). 이 데이터를 패속조형(rapid prototyping)기계에 입력하여, 레이저로 레진을 경화시켜 가이드의 실물을 만들면서 임플란트의 식립 위치와 방향에 임플란트와 드릴이 통과할 수 있도록 원통형의 공간을 만들어 준다. 이 부위에 금속 슬리브를 장착하여 수술 가이드를 완성하였다(Fig. 3).

(2) Positioning device를 이용한 수술 가이드 제작

먼저 방사선 가이드를 제작하였다. 실험 모델을 복제하여 석고모형을 만들어 투명한 Orthocryl[®] 레진을 부어 레진 템플레이트를 만들었다. 레진 템플레이트를 모형에 장착한 뒤 positioning device인 I.P.S.[®](Implant Position System, SchutzDental GmbH, Rosbach, Germany) 테이블 위에 모형을 얹고 영점의 위치를 잡았다. 영점의 위치에서 타이타늄 재질의 가이드핀(길이 10 mm, 두께 3 mm)을 임플란트를 식립 할 부위마다 위치시키고 레진으로 고정 한 뒤 gutta-percha marker (직경 1 mm) 2개를 레진 템플레이트에 표시하여 CT영상 분석 시에 기준으로 사용할 수 있게 하였다(Fig. 4A).

제작한 방사선 가이드를 모델에 장착한 상태에서 1번만 CBCT 촬영을 하였다. DICOM 파일을 Simplant[®](Materialise, Leuven, Belgium) 소프트웨어로 옮긴 뒤 최종 보철 수복물과 골의 형태를 고려하여 임플란트 위치를 결정하였다(Fig. 4B). 가이드

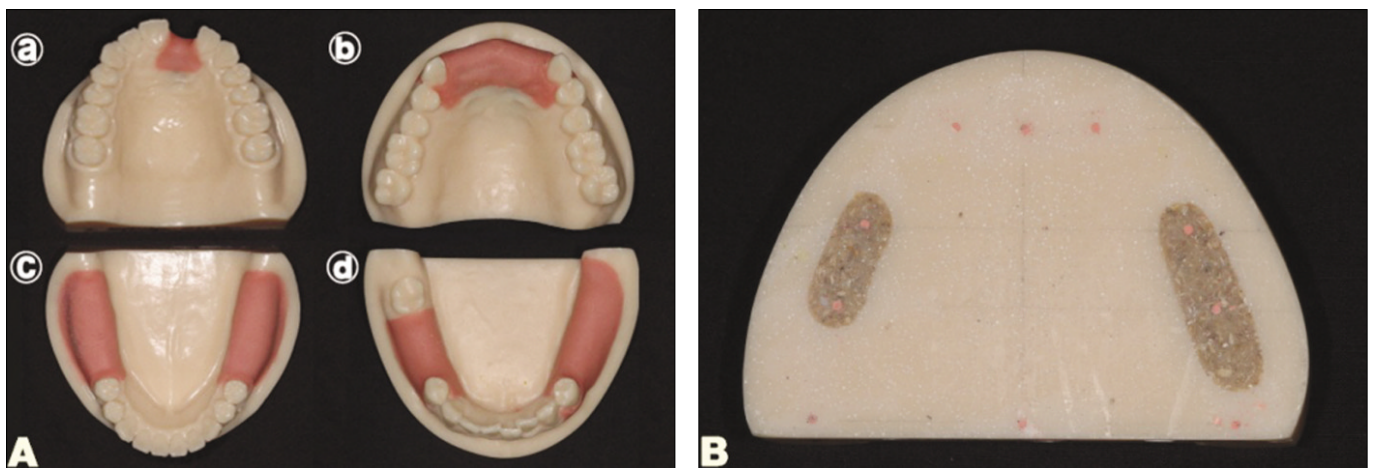


Fig. 1. Models for study. A: Partial edentulous models, (a): Single missing model, (b): Kennedy Class-IV model, (c): Kennedy Class-I model, (d): Kennedy Class-III model. B: Gutta-percha markers.

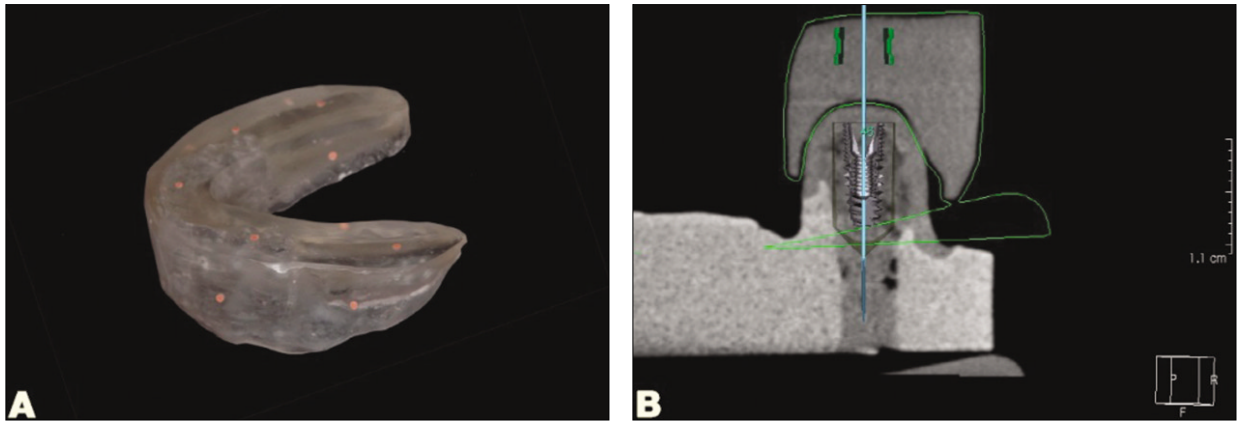


Fig. 2. The radiographic guide and designing the surgical guide with stereolithography. A: Radiographic guide for stereolithography, B: Design the surgical guide with Osstem Quickguide®.

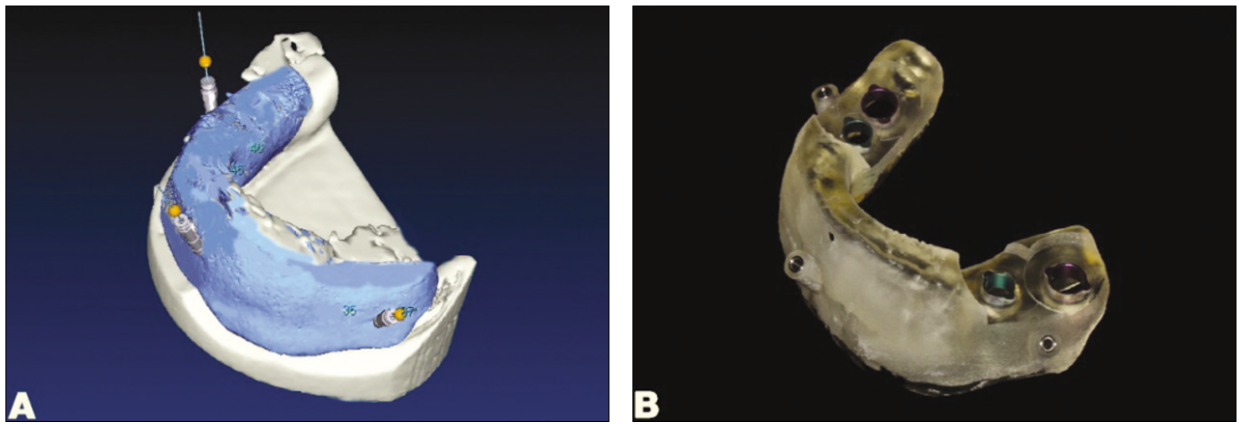


Fig. 3. Fabricating the surgical guide with stereolithography. A: Fabricating the surgical guide after fusing the two groups of CBCT DICOM files. B: Stereolithography fabricated surgical guide.

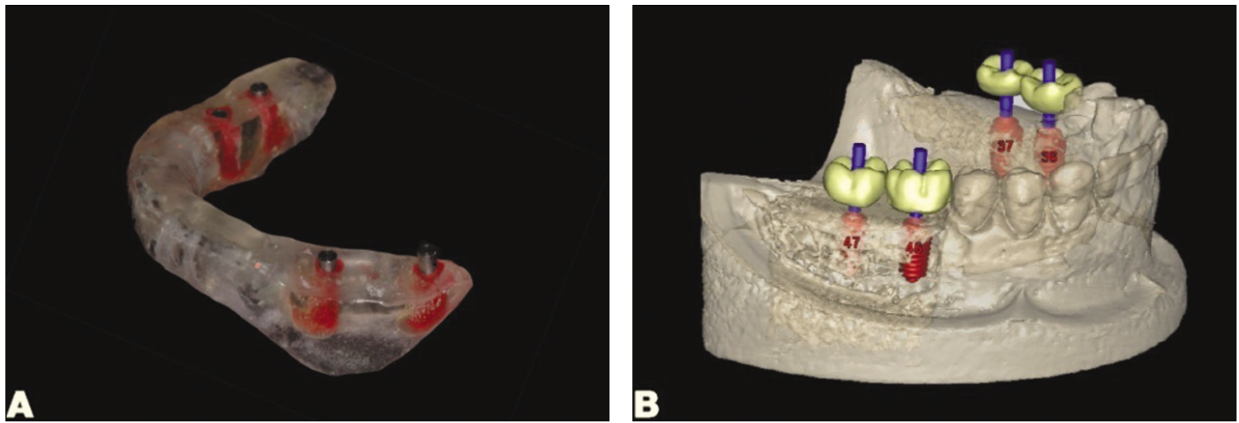


Fig. 4. The radiographic guide and designing the surgical guide with positioning device. A: Radiographic guide for positioning device, B: Design the surgical guide with Simplant®.

핀과 기준점을 이용하여 결정된 임플란트 위치에 대한 x, y, z 좌표 값을 구하였다. I.P.S.®를 이용하여 이 좌표 값 대로 모델상에서 이동할 위치를 찾고 그 위치에 금속 슬리브를 Pattern Resin® (GC, Tokyo, Japan)으로 레진 템플레이트에 고정하여 수술가이드를 완성하였다(Fig. 5).

4. 수술 가이드를 이용한 시술

4가지 형태 치아 결손 모델 각각에 대하여 stereolithography 방법으로 제작된 5개의 수술 가이드와 positioning device로 제작된 5개의 수술 가이드를 이용하여 총 40개 모델에서 각각 무피판

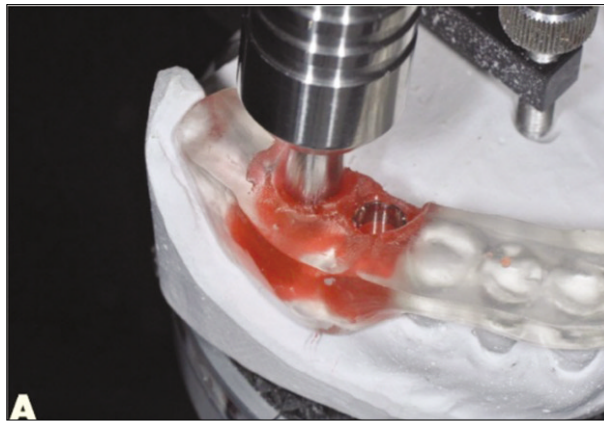


Fig. 5. Fabricating surgical guide with positioning device. A: Fabricating the surgical guide with positioning device, B: Laboratory fabricated surgical guide with positioning device.

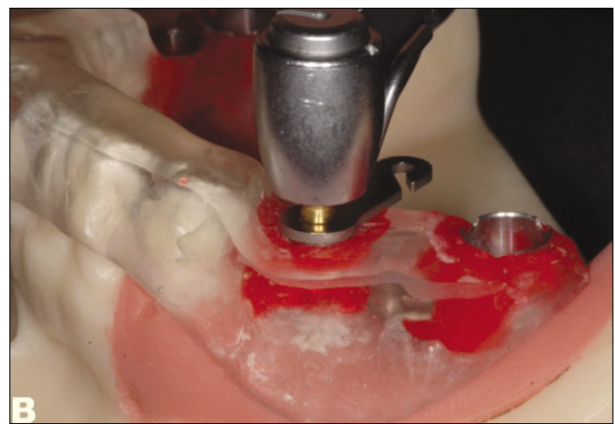
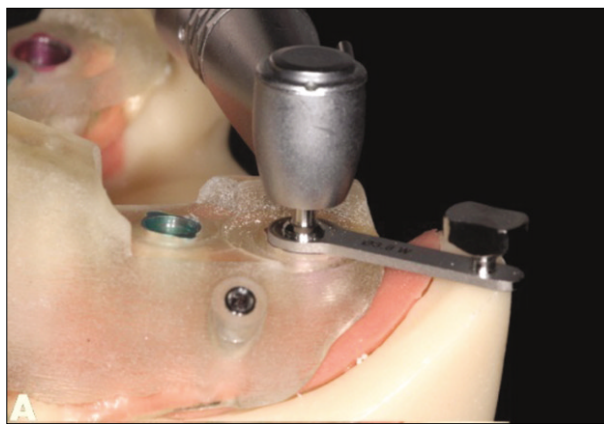


Fig. 6. Flapless implant surgery with surgical guides. A: Flapless implant surgery with stereolithography fabricated surgical guide, B: Flapless implant surgery with laboratory fabricated surgical guide.

임플란트 시술을 진행하였다. Positioning device로 제작된 수술 가이드는 이 가이드를 위해 제작된 Anyguide® 수술키트(MegaGen, Seoul, South Korea)로, stereolithography로 제작된 수술 가이드는 Quick Guide® 수술키트(Osstem, Seoul, South Korea)로 진행하였다. 드릴링은 임플란트의 길이와 직경에 따라 수술키트에 있는 드릴 순서대로 진행하였다(Fig. 6).

5. 수술 가이드 정확도 평가

(1) 수술 가이드 구강 내 적합성 평가

수술 가이드를 치아모델에 장착하고, 최후방 치아 중간까지 수술용 가이드를 삭제 후 가이드의 내면과 모델 사이에 생긴 최대 공간크기를 캘리퍼스를 이용하여 공간의 수직높이로 측정하였다(Fig. 7).

(2) 계획한 임플란트와 실제 식립 된 임플란트의 비교 분석

수술 후 모델을 CBCT촬영하여 Simplant® 프로그램에서 불러왔다. 모델 바닥의 10개의 기준점, 3차원 영상을 이용하여 원래 계획하였던 임플란트의 위치와 현재 임플란트의 위치를 입력



Fig. 7. Measuring the gap between the surgical guide and the model to evaluated the fitness.

후 수술 전후 모델의 영상중첩을 시행하였다. 모델 바닥의 10개의 기준점들을 각각 연결한 선을 기준삼아서 근 원심, 협설 각도 및 수직 깊이의 오차를 측정했다(Fig. 8).

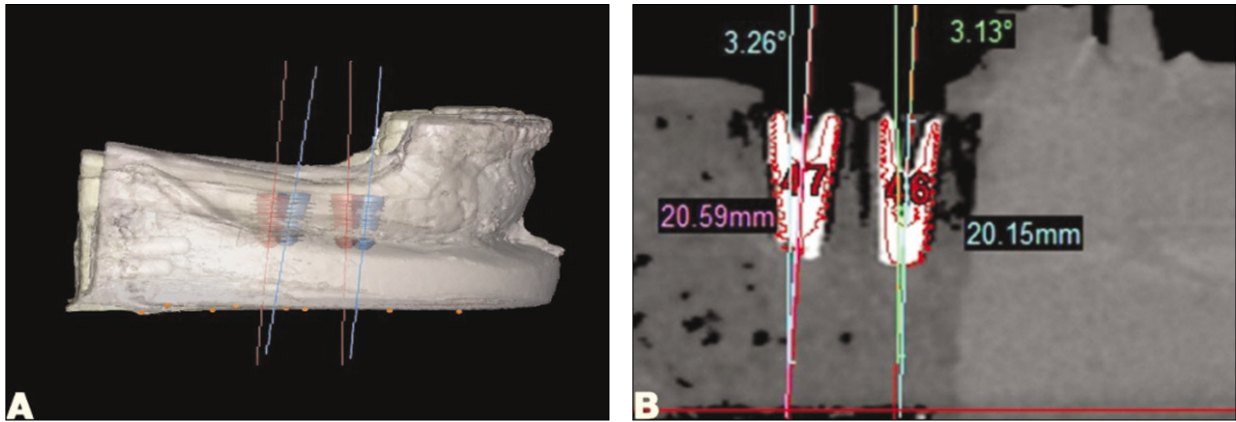


Fig. 8. Evaluating the accuracy of surgical guides. A: Image fusion of pre- and post-operative image, B: The accuracy of surgical guide was evaluated.

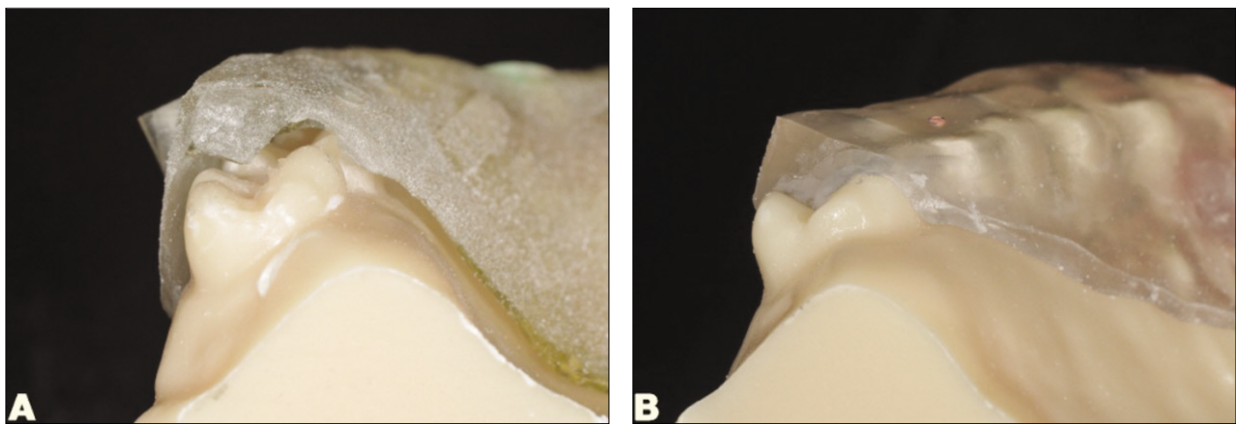


Fig. 9. The gap between the surgical guide and the model. A: Stereolithography, B: Laboratory fabricated.

(3) 통계방법

두 수술 가이드의 구강 내 적합성과 오차를 비교 및 각 모델에 따른 오차를 비교하였다. 통계모집단이 정규분포를 따르지 않아서 Mann-Whitney U 검정을 사용하였다. 유의수준은 0.05 미만으로 하였으며, 통계프로그램은 PASW Statistics® 18.0 (SPSS Inc., IL, USA)을 사용하였다.

결과

1. 수술 가이드의 적합성 평가 결과

두 수술 가이드의 적합성 비교에서 stereolithography보다 positioning device가 통계학적으로 유의성 있게($P < .05$) 우수한 결과를 보였다(Fig. 9, Table 1).

2. 계획한 임플란트와 실제 식립 된 임플란트의 비교분석

두 수술 가이드의 각도 및 식립 깊이에 대한 비교에서 stereolithography보다 positioning device가 통계학적으로 유의성 있게

($P < .05$) 우수한 결과를 보였다(Table 2). 4가지 치아 상실 모델에 따른 두 수술 가이드의 오차를 비교에서도 stereolithography보다 positioning device가 통계학적으로 유의성 있게($P < .05$) 우수한 결과를 보였다(Tables 3 - 5).

Table 1. The fitness of the surgical guides to the models

	Stereolithography (n = 20)	Positioning device (n = 20)	P-value
Gap (mm)	1.1 ± 0.5	0.5 ± 0.2	.005

Table 2. The accuracy of the surgical guides: angle and depth

	Stereolithography (n = 20)	Positioning device (n = 20)	P-value
Angle - mesiodistal (°)	3.9 ± 1.6	0.7 ± 0.3	.029
Angle - buccolingual (°)	2.7 ± 1.5	0.3 ± 0.2	.029
Depth (mm)	1.9 ± 0.9	0.4 ± 0.2	.008

Table 3. The accuracy of the surgical guides on each model: Mesiodistal angle (°)

	Stereolithography (n = 20)	Positioning device (n = 20)	P-value
Model a	1.5 ± 0.8	0.8 ± 0.2	.046
Model b	2.3 ± 1.9	0.5 ± 0.3	.032
Model c	5.4 ± 0.3	0.7 ± 0.3	.008
Model d	4.8 ± 1.3	0.7 ± 0.3	.008

Table 4. The accuracy of the surgical guides on each model: Buccolingual angle (°)

	Stereolithography (n = 20)	Positioning device (n = 20)	P-value
Model a	0.9 ± 0.0	0.3 ± 0.2	.008
Model b	2.0 ± 1.4	0.2 ± 0.2	.008
Model c	3.9 ± 0.4	0.4 ± 0.3	.000
Model d	3.9 ± 0.4	0.5 ± 0.3	.013

Table 5. The accuracy of the surgical guides on each model: Depth (mm)

	Stereolithography (n = 20)	Positioning device (n = 20)	P-value
Model a	1.1 ± 0.2	0.2 ± 0.2	.008
Model b	1.2 ± 0.3	0.4 ± 0.3	.003
Model c	2.9 ± 0.3	0.5 ± 0.2	.008
Model d	2.3 ± 1.0	0.4 ± 0.3	.009

고찰

Stereolithography는 제작의 간편성 때문에 임플란트 수술, 악교정 수술, 골결손 재건, 연조직 재건, 상악동 골이식 등에 응용되고 있다.^{11,16-19} 하지만 고가이고, 주문 시간이 많이 들어서 임상에서 널리 사용되는데 장애가 된다.²⁰ 최근 문헌들에서 stereolithography 수술 가이드는 평균각도 2.6° - 7.9°이고 평균 수직 깊이 0.8 - 3.2 mm의 오차를 보고한다.^{2,10,11,21} 본 연구에서는 평균 오차는 비슷하였지만, 최대각도오차가 5.6°, 최대 수직 깊이 오차가 3.2 mm로 상악동이나 하치조신경 같은 중요한 해부학적 구조물 침범이나 골천공될 수 있는 오차가 나왔다.

이런 오차의 원인은 제작과정에서 찾을 수 있다. 쾌속조형법은 레이저로 레진을 경화시키는데 이때 수축과 팽창이 일어나면서 오차가 생기며,²² 재료를 소독하면서 재료의 변형이 일어난다.²³ 또한 CT 자체도 0.4 mm의 오차를 보인다.²⁴

수술 가이드를 위한 positioning device로 I.P.S.[®](Implant Position System, SchutzDental GmbH, Rosbach, Germany), GonyX[®](Straumann, Basel, Switzerland), X1med3D[®](Georg Schick Dental GmbH, Heidelberg, Germany) 등이 있다. 이 방법은 치과 기공실에서 만들 수 있는 장점이 있는데, stereolithography 보다 제작 비용과 제작시간을 줄

일 수 있다. 그리고 단 한 번의 CT촬영으로 제작이 가능하여 촬영시간과 DICOM 파일 전송 시간이 단축된다.

본 연구에서 positioning device는 현재까지 보고된 문헌들에 비해 낮은 오차 값을 보여서 중요 해부학적 구조물이 근접해 있는 증례에서도 안전하게 시술할 수 있음을 알 수 있었다. 이 역시 원인을 제작과정에서 찾을 수 있다. 즉, 정밀 인상에 의한 모형에 직접 레진을 부어서 만들기 때문에 레진 경화 중 수축과 팽창이 일어나도 치아 모형에 대한 적합성이 높게 유지된다. 그리고 이 때 사용하는 자가중합용 아크릴릭 레진은 중합 과정에 일어나는 수축과 팽창이 0.06 - 0.10 mm 정도로 상당히 작은 변형적은 편이다.²⁵ 그래서 적합도 관찰에서 stereolithography 방법으로 제작한 수술 가이드보다 우수한 적합도를 보였으며, 모델에 따른 관찰에서도 통계적으로 유의성 있게 적은 오차를 보였다.

정확성을 비교 평가하기 위해서는 동일한 조건의 치아 상태를 가진 대상에서 실험하는 것이 중요하나, 많은 수술 가이드의 정확성에 관한 논문들은 대상 환자가 다양하여서 객관적으로 비교하기가 어려웠다.^{11,21} 본 연구에서는 동일 치아모형에서 비교 평가하였고 다양한 결손모델 각각의 경우에도 비교하였다. 수술 가이드의 정확성을 비교 평가하는데 중요한 또 다른 요인은 시술 전후 영상을 중첩시키는 방법이다. 시술 전후 임플란트의 위치를 비교한 대부분 논문들에서 영상중첩을 이용해서 비교를 하였지만 중첩할 때 어떤 방법으로 하였는지 명확한 기술이 없었다.^{11,26,27} Pfluger 등²⁸은 수술 전후 영상을 명확한 기준점 없이 중첩하는 방법은 2.2 - 2.3 mm의 오차를 보이는 부정확한 방법이라고 보고하였다. 본 연구에서는 미리 모델 제작 시 모델 바닥에 10개의 기준점을 만들어 영상중첩에 사용하여 수술 전후 모델의 영상을 정확하게 중첩시키도록 하였고, 그래서 술 후 분석을 위한 영상중첩에서 객관적 기준을 마련하여 그 정확성을 높였다.

결론

본 연구를 통해 positioning device를 이용하여 제작한 수술 가이드는 stereolithography로 제작한 수술 가이드보다 구강내 적합성이 우수하며, 낮은 오차를 보였다. Stereolithography 방법보다 positioning device를 이용하여 수술 가이드를 제작할 때 CT와 임플란트 치료 계획 프로그램을 이용하여 미리 계획한 임플란트 식립 위치와 방향으로 더 정확하게 식립할 수 있다.

참고문헌

1. Choi BH, Jeong SM, Kim J, Engelke W. Flapless implantology. London: Quintessence Publishing Co, 2010, p. 66-71.
2. Van Assche N, van Steenberghe D, Guerrero ME, Hirsch E, Schutyser F, Quirynen M, Jacobs R. Accuracy of implant placement based on pre-surgical planning of three-dimensional cone-beam images: a pilot study. J Clin Periodontol 2007;34:816-21.

3. Valente F, Schirotti G, Sbrenna A. Accuracy of computer-aided oral implant surgery: a clinical and radiographic study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:234-42.
4. Horwitz J, Zuabi O, Machtei EE. Accuracy of a computerized tomography-guided template-assisted implant placement system: an in vitro study. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:1156-62.
5. Fortin T, Champeboux G, Bianchi S, Buatois H, Coudert JL. Precision of transfer of preoperative planning for oral implants based on cone-beam CT-scan images through a robotic drilling machine. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:651-6.
6. Behneke A, Burwinkel M, Behneke N. Factors influencing transfer accuracy of cone beam CT-derived template-based implant placement. *Clin Oral Implants Res* 2012;23:416-23.
7. Park JM, Yi TK, Jung JK, Kim Y, Park EJ, Han CH, Koak JY, Kim SK, Heo SJ. Accuracy of 5-axis precision milling for guided surgical template. *J Korean Acad Prosthodont* 2010;48:294-300.
8. Stumpel LJ. Deformation of stereolithographically produced surgical guides: an observational case series report. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;14:442-53.
9. Winder J, Bibb R. Medical rapid prototyping technologies: state of the art and current limitations for application in oral and maxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2005;63:1006-15.
10. Di Giacomo GA, Cury PR, de Araujo NS, Sendyk WR, Sendyk CL. Clinical application of stereolithographic surgical guides for implant placement: preliminary results. *J Periodontol* 2005;76:503-7.
11. Ruppini J, Popovic A, Strauss M, Spüntrup E, Steiner A, Stoll C. Evaluation of the accuracy of three different computer-aided surgery systems in dental implantology: optical tracking vs. stereolithographic splint systems. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:709-16.
12. Van Steenberghe D, Malevez C, Van Cleynenbreugel J, Bou Serhal C, Dhoore E, Schutyser F, Suetens P, Jacobs R. Accuracy of drilling guides for transfer from three-dimensional CT-based planning to placement of zygoma implants in human cadavers. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:131-6.
13. Dreiseidler T, Neugebauer J, Ritter L, Lingohr T, Rothamel D, Mischkowski RA, Zöller JE. Accuracy of a newly developed integrated system for dental implant planning. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:1191-9.
14. Schneider D, Marquardt P, Zwahlen M, Jung RE. A systematic review on the accuracy and the clinical outcome of computer-guided template-based implant dentistry. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:73-86.
15. Misch CE, Qu Z, Bidez MW. Mechanical properties of trabecular bone in the human mandible: implications for dental implant treatment planning and surgical placement. *J Oral Maxillofac Surg* 1999;57:700-6.
16. Sohmura T, Hojo H, Nakajima M, Wakabayashi K, Nagao M, Iida S, Kitagawa T, Kogo M, Kojima T, Matsumura K, Nakamura T, Takahashi J. Prototype of simulation of orthognathic surgery using a virtual reality haptic device. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2004;33:740-50.
17. Vakharia KT, Natoli NB, Johnson TS. Stereolithography-aided reconstruction of the mandible. *Plast Reconstr Surg* 2012;129:194e-195e.
18. Schultes G, Gaggl A, Kärcher H. Results of measurement of pre- and postoperative milling models of orthodontic-surgical treatment of dysgnathia patients. *Mund Kiefer Gesichtschir* 1998;2:S139-44.
19. Ciocca L, Mazzoni S, Fantini M, Marchetti C, Scotti R. The design and rapid prototyping of surgical guides and bone plates to support iliac free flaps for mandible reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2012;129:859e-61e.
20. Chiarelli T, Franchini F, Lamma A, Lamma E, Sansoni T. From implant planning to surgical execution: an integrated approach for surgery in oral implantology. *Int J Med Robot* 2012;8:57-66.
21. van Steenberghe D, Naert I, Andersson M, Brajnovic I, Van Cleynenbreugel J, Suetens P. A custom template and definitive prosthesis allowing immediate implant loading in the maxilla: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17:663-70.
22. Choi SH, Samavedam S. Modelling and optimisation of Rapid Prototyping. *Comput Ind* 2002;47:39-53.
23. Widmann G, Zangerl A, Keiler M, Stoffner R, Bale R, Puelacher W. Flapless implant surgery in the edentulous jaw based on three fixed intraoral reference points and image-guided surgical templates: accuracy in human cadavers. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:835-41.
24. Nguyen E, Boychuk D, Orellana M. Accuracy of cone-beam computed tomography in predicting the diameter of unerupted teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140:e59-66.
25. Nejatidanesh F, Lotfi HR, Savabi O. Marginal accuracy of interim restorations fabricated from four interim autopolymerizing resins. *J Prosthet Dent* 2006;95:364-7.
26. Ozan O, Turkyilmaz I, Ersoy AE, McGlumphy EA, Rosenstiel SF. Clinical accuracy of 3 different types of computed tomography-derived stereolithographic surgical guides in implant placement. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:394-401.
27. Chen X, Yuan J, Wang C, Huang Y, Kang L. Modular preoperative planning software for computer-aided oral implantology and the application of a novel stereolithographic template: a pilot study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2010;12:181-93.
28. Pfluger T, Vollmar C, Wismüller A, Dresel S, Berger F, Suntheim P, Leinsinger G, Hahn K. Quantitative comparison of automatic and interactive methods for MRI-SPECT image registration of the brain based on 3-dimensional calculation of error. *J Nucl Med* 2000;41:1823-9.

Evaluation of the accuracy of two different surgical guides in dental implantology: stereolithography fabricated vs. positioning device fabricated surgical guides

Chang-Ryeol Kwon¹, DDS, Byung-Ho Choi², DDS, PhD, Seung-Mi Jeong^{1*}, DDS, PhD, Sang-Dong Joo³, DDS, PhD

¹Department of Prosthodontics, ²Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Wonju College of Medicine, Yonsei University, Wonju, South Korea,

³Ye Dental Clinic, Daegu, South Korea

Purpose: Recently implant surgical guides were used for accurate and atraumatic operation. In this study, the accuracy of two different types of surgical guides, positioning device fabricated and stereolithography fabricated surgical guides, were evaluated in four different types of tooth loss models. **Materials and methods:** Surgical guides were fabricated with stereolithography and positioning device respectively. Implants were placed on 40 models using the two different types of surgical guides. The fitness of the surgical guides was evaluated by measuring the gap between the surgical guide and the model. The accuracy of surgical guide was evaluated on a pre- and post-surgical CT image fusion. **Results:** The gap between the surgical guide and the model was 1.4 ± 0.3 mm and 0.4 ± 0.3 mm for the stereolithography and positioning device surgical guide, respectively. The stereolithography showed mesiodistal angular deviation of $3.9 \pm 1.6^\circ$, buccolingual angular deviation of $2.7 \pm 1.5^\circ$ and vertical deviation of 1.9 ± 0.9 mm, whereas the positioning device showed mesiodistal angular deviation of $0.7 \pm 0.3^\circ$, buccolingual angular deviation of $0.3 \pm 0.2^\circ$ and vertical deviation of 0.4 ± 0.2 mm. The differences were statistically significant between the two groups ($P < .05$). **Conclusion:** The laboratory fabricated surgical guides using a positioning device allow implant placement more accurately than the stereolithography surgical guides in dental clinic. (*J Korean Acad Prosthodont* 2012;50:271-8)

Key words: Surgical guide; Surgical stent; Anyguide; Computer-aided surgery; Flapless implant

*Corresponding Author: Seung-Mi Jeong

Department of Prosthodontics, Yonsei University, Wonju College of Medicine, 162 Ilsan-dong, Wonju, South Korea

+82 33 741 1435 : e-mail: smj3@yonsei.ac.kr

Article history

Received September 11, 2012 / Last Revision October 8, 2012 / Accepted October 12, 2012