

전자 서베잉을 이용한 서베이드 금관과 국소의치 프레임워크 디자인

홍용신 · 박은진 · 김성균 · 박재영 · 허성주 · 박지만*

¹이화여자대학교 임상치의학대학원 치과보철학교실, ²서울대학교 치의학대학원 치과보철학교실

구강 스캐너와 CAD/CAM 기술로 인해 컴퓨터로 제작하는 방식이 활발히 보급된 고정식 보철 증례와는 달리, 의치를 디지털 방식으로 제작하는 데에는 아직 한계가 많다. 촉각을 느낄 수 있는 입력 장비와 전자 서베잉의 개념, 그리고 쾌속조형법의 적용으로 인해 국소의치를 디지털로 제작할 수 있는 솔루션이 최근 소개되고 있다. 본 증례 보고에서는 이러한 국소의치의 디지털 솔루션을 이용하여 총 다섯 명의 환자에서 서베이드 금관 및 국소의치를 제작하였다. 인상 과정상의 문제로 모형과 실제 치아 사이의 형태적 차이가 있었던 경우를 제외하고는 국소의치의 적합도는 우수했으며, 장착 후 안정성과 착탈 시의 유지력 또한 임상에서 적용하는 데에 문제가 없었다. (*대한치과보철학회지* 2011;49:354-61)

주요단어: 촉각 입력장치; 전자 서베잉; CAD; 쾌속 조형법

서론

산업의 여러 분야에서 광범위하게 사용되고 있는 CAD/CAM (Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing) 기술은 치과 분야에서도 괄목할 만한 성장을 이루었고 초기에 단순한 세라믹 인레이를 제작하는 제한적인 영역에서부터 다양한 재료를 이용한 크라운, 브릿지 등의 고정성 보철물의 제작에 널리 활용되고 있다.¹² 그러나 이러한 제조법을 가철성 혹은 임플란트 보철물에까지 적용하기에 아직까지는 힘든 점이 많으며, 여전히 국소의치의 모든 보철과정은 대부분 기존 아날로그식 방식으로 해결하고 있다.

영국의 웨일즈 치과대학병원의 Williams 등이 2004년 처음으로 전자 서베잉 및 디지털 개념의 국소의치 제작에 대한 시도를 하고 이에 대한 개념을 소개하였다. 스캔된 모델을 바탕으로 디지털 서베잉을 시행한 후 금속 프레임워크를 주조하기 위한 플라스틱 패턴을 제작하는 것이 큰 골자인데, 이를 위해 수학 범용 소프트웨어인 MatLab (The MathWorks Inc, Natick, MA, USA) 언어를 기반으로 제작한 Surface Studio (Alias-Wavefront, Toronto, Ontario, Canada) 프로그램을 기반으로 디지털 서베잉을 시도하였다. 전자 서베잉의 원리는 치아 표면을 구성하고 있는 삼각형 면 형태의 기본 단위인 폴리곤이 위를 향하는지 아래를 향하는지의 여부에 따라 최대풍윤부 상하로 나누는 것으로서, 스캔을 통해 재현된 모델에서 치아의 형태를 분석하여 최대풍윤부를 기준으로 서베이션 상방과 하방을 구분하고, 언더컷의 위치와 양을 정확히 얻을 수 있다.³⁴ 이는 서베이어를

이용한 실제 서베잉과 유사하며 모델의 경사가 디지털 서베이션의 결정에 영향을 주기 때문에 입체적인 분석을 통해서 최적화된 모델의 경사를 결정한다. 프로그램에서 얻어지는 데이터를 토대로 하는 전자 서베잉은 실제 서베잉보다 빠르고 정확하게 시행할 수 있다.

최근 소개된 디지털 방식의 국소의치 제작 방법은 디자인과 생산의 두 가지 과정으로 나뉜다. 우선 intellifit™ (Sensable®, Wilmington, MA, USA) 디지털 수복 시스템은 입력장비로서 촉감 (Haptic)을 디지털 방식으로 변화시키는 Phantom device와 CAD 디자인용 프로그램으로서 FreeForm Modeling 시스템을 보철물 디자인 작업에 사용할 수 있다. 다음으로 디지털 프린팅의 개념으로 플라스틱 패턴을 생산하고 이를 코발트크롬 합금으로 주조하게 된다.⁵⁷

우선 디자인 과정은 다음과 같다. 통상적인 기능인상 채득을 통해 얻어진 환자의 석고 모델을 백색광 레이저를 소스로 하는 3차원 스캐너를 사용하여 화일로 저장하게 된다. 이 데이터는 먼저 커서가 그냥 통과해 버리는 점군(point cloud) 데이터에서 삼각형의 면, 즉 폴리곤(polygon)의 집합으로 이루어져서 커서가 통과하지 못하는 데이터로 변환된다. 디지털 모델링 프로그램인 FreeForm 소프트웨어의 주요한 입력 도구는 햅틱 인터페이스 (Phantom Desktop haptic interface; SensAble® Technologies Inc)인데, 이는 폴리곤 벽에 커서가 닿으면 포스피드백(Forced Feedback) 효과를 통해 더 이상 커서가 안으로 들어가지 못하게 하여 치아 모형의 삼차원적 형태를 촉각으로 느끼면서 조각 작업을 쉽게 할 수 있게 도와 준다.⁶ 데이터는 면으로서 안과 밖

*교신저자: 박지만

158-710 서울시 양천구 목5동 911-1 이화여자대학교 임상치의학대학원 치과보철학교실 02-2650-5631; e-mail, jimarn@ewha.ac.kr

원고접수일: 2011년 10월 17일 / 원고최종수정일: 2011년 10월 19일 / 원고채택일: 2011년 10월 24일

이 구분되는 데이터 형식인 stereolithography (STL) 화일로 저장되며 화일의 해상도는 표면을 구성하는 삼각형의 면, 즉 폴리곤이 얼마나 촘촘하게 밀집해 있느냐에 의해 결정된다. 같은 모델을 스캔했다 하더라도 그 표면을 재현하는 폴리곤의 크기가 작고 많을수록 더 높은 해상도를 가지게 되고, 화일의 크기 역시 커지게 된다. 그러나 화일이 커질수록 작업에 소요되는 시간이 길어지기 때문에 해상도와 화일크기를 모두 고려하여 치과 영역에서 요구하는 적절한 수준에 맞추게 된다. FreeForm 소프트웨어를 이용하면 전자 서버임이 가능하고, 언더컷을 측정하여 모형에 표시한 다음에 모형을 보호모드로 고정한 후 그 상부에 프레임워크의 모양을 디자인 할 수 있게 된다. 이 프로그램에는 디자인을 위해 유용한 기능들이 많은데, 설측바를 위한 반월형 패턴 등의 주연결장치를 위한 미리 제작된 라이브러리가 있고, 왁스업의 개념과 동일하게 CAD 디자인의 일부를 축성하여 올릴 수 있는 '그루브 툴'과 불질로 왁스 면을 매끈하게 하는 개념인 '스무스 툴'이 내재되어 있어 실제 기공과정을 동일하게 재현해낼 수 있다.⁸

다음으로 디지털 프린팅 기술로 CAD 디자인을 일명 '희생 패턴(sacrificial pattern)'이라고 하는 플라스틱 패턴을 만들어 이를 매몰, 소환한 후 금속으로 주조하게 된다. 디지털 프린팅이란 CAD 프로그램을 이용해 디자인한 형상을 실물로 제작하거나 역설계(reverse engineering) 기법을 이용하여 기존의 물체를 복제하는 방법으로, 기존의 사무기기용 프린터가 2차원적인 문서를 인쇄한다고 했을 때 디지털 프린터는 물건을 생산하는 실물복제기라고 할 수 있다. 방법론적인 용어로서 이를 stereolithography 또는 rapid prototyping (RP)이라고 지칭한다. RP 시스템의 원리는 CAD 데이터의 정보대로 레이저를 플라스틱 수지와 같은 액체 재료에 선택적으로 조사하여 층층히 경화시키거나, 가루화된 재료를 한층 한층 쌓아올려 형태를 형성하고 이를 단면별로 적층시켜 모형을 제작하는 것이다.⁴⁹

치과영역에서의 적용은 모델링(모형 스캔과 보철물 디자인)

인)과 프린팅(주조를 위한 패턴모형의 생산)으로 요약될 수 있으며, 프린팅을 통해 제작된 플라스틱 패턴은 이후 기존 아날로그 방법에 따라 주조와 연마과정을 거쳐 완성된다. 모델 스캔은 약 5 - 15분 정도의 작업시간과 1시간 정도가 소요되며, 스캔에서 아이콘을 'dragged and dropped' 하여 프레임워크를 제작하는데 걸리는 시간은 대략 40여분이 된다. 이로써 보철물의 생산시간을 단축하고, 자료를 백업장비에 장기간 보관하여 동일한 형태를 나중에 동일하게 재제작할 수 있는 장점을 갖게 된다. 또한 단시간에 여러 개의 패턴을 한꺼번에 대량생산하는 것이 가능하기 때문에 밀링이 가지고 있는 한계를 극복할 수 있을 것으로 여겨진다.⁶

본 증례 보고의 목적은 전자 서버임의 개념을 적용한 SensAble®사의 intellifit™ 시스템을 이용하여 디지털 방식으로 삽입 철거로를 결정하여 서버이드 금관을 제작하고, 국소의치 금속 프레임 디자인 또한 유지암의 언더컷을 컴퓨터에서 설정하여 안정과 유지가 좋은 국소의치를 제작하는 것이다. 이를 위해 총 5명의 환자에서 디지털 방식의 국소의치를 제작하여 좋은 결과를 얻었기에 보고하고자 한다.

증례보고

증례 1

첫번째 증례는 62세 남환으로 전반적인 구강검진과 치료를 위해 내원하였다. 구강위생이 좋지 못한 상태였고 #13과 #38에 치아 동요도가 있어 발치 후 국소의치를 제작하기로 하였다. 상악은 #17, 23을 이용한 국소의치를, 하악은 #32 - 36까지 자연치를 이용하고 #46을 근관치료 및 원심 치근절단술 후 #45와 함께 서버이드 크라운으로 사용하기로 하였다(Fig. 1).

발치와 치근절단술 후 치유 기간을 거치고, 국소의치 제작을 위한 구강형성을 하였다. 서버이드 크라운 제작을 위해 #45, 46

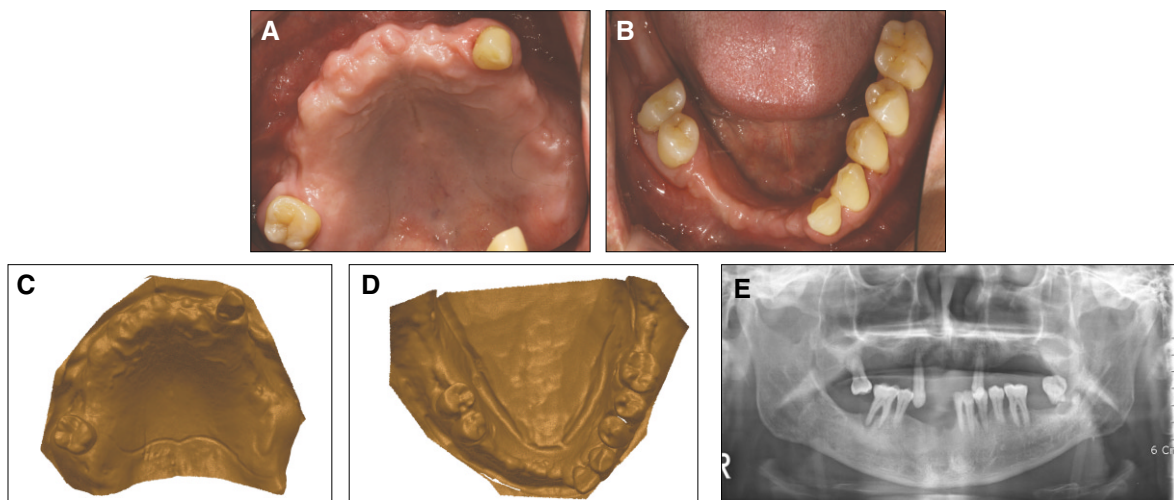


Fig. 1. Initial photograph of clinical case 1. A, B: initial occlusal view, C, D: the solid computer model of the patient's cast, E: initial panoramic view.

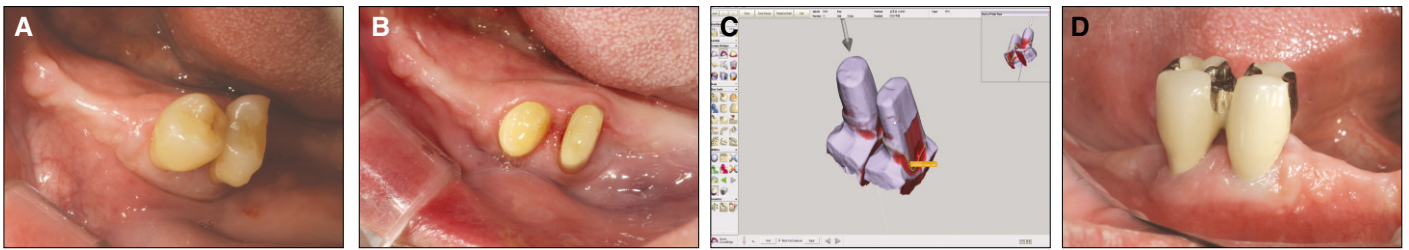


Fig. 2. Surveyed crown fabrication utilizing electronic surveying. (Case 1) A: clinical photo after hemi-section surgery of lower right first molar, B: after preparation for surveyed restoration, C: electronic view of abutment teeth after setting 'path of insertion', D: completed surveyed crown.

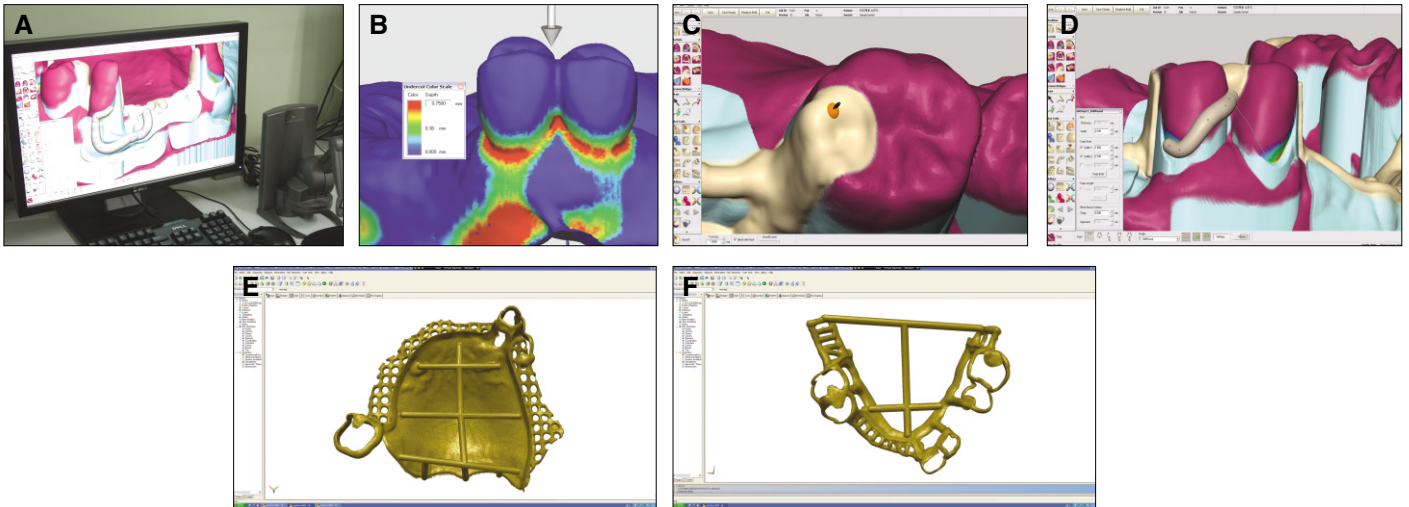


Fig. 3. Computer-aided designing procedures of case 1. A: haptic input device and FreeForm CAD software, B: electronic surveying, C: occlusal rest and minor connector designing, D: retentive tip goes below 'height of contour' (light blue color) and into the notch (rainbow color) made during electronic surveying, E, F: completed upper and lower framework design with sprue structure for metal casting.

의 치아삭제 후 통상적인 실리콘 인상채득을 시행하였고, 얻어진 모델을 3D 스캔하여 서베이드 크라운 제작을 위해 전자서베잉 과정을 거쳤다. FreeForm 프로그램을 이용하여 미리 구강형성한 하악의 다른 치아의 유도면과 평행하는 삽입철거로를 설정한 후, 최적의 지지와 안정 형태를 갖는 크라운의 형태를 형성하였다. 디자인이 완성된 후 RP 기술을 이용하여 주조를 위한 플라스틱 패턴을 만들었고, 매몰과 주조 및 마무리 과정을 거쳐 코핑을 제작하고 도재를 축성하여 완성하였다. 서베이드 금관의 접착은 resin-modified GI (Fuji CEM, GC, Tokyo, Japan)로 하였다(Fig. 2).

미리 제작한 개인 트레이로 기능인상을 채득하였고, 통상적인 방법으로 석고 주모형을 제작하였다. 모델을 스캔한 후 전자서베잉을 하였다. 서베이어 상에서 모델에 경사를 바꾸어가며 이상적인 삽입 철거로를 형성하는 것과 유사하게, 모델의 경사를 조절하며 언더컷의 양을 확인하고 삽입 철거로를 결정하여 클래스프나 레스트가 위치할 대략적인 위치를 결정하였다. 프레임워크 제작을 위해 의치상과 인공치아의 위치를 고려하여 mesh의 위치와 형태를 디자인하고, 설측바와 구개관 형태의 주연결장치를 형성 후 피니시 라인을 설정하였다. 이후 레스트를 디자인하고 butt-joint를 부여하였으며, 의치상을

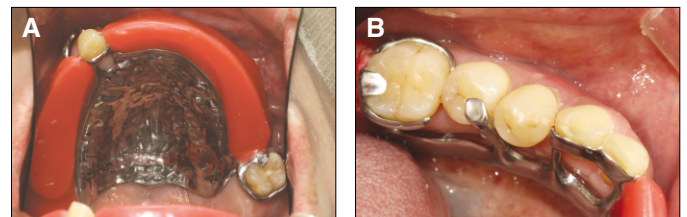


Fig. 4. Framework fit check procedure at patient 1. A: Occlusal view of upper arch, B: framework fits well on lower teeth.

주연결장치에 연결하는 부연결장치의 격자구조 디자인을 한 후 상악에 환상형 클래스프를, 하악에 환상형 클래스프와 치간공극 클래스프(#44, 45)를 형성하여 프레임워크의 디자인을 완성하였다. 전체 디자인에서부터 각 구성요소까지 전체적으로 검토한 후, 주조를 위한 주입선을 추가로 디자인하였다(Fig. 3). RP 기술을 이용하여 플라스틱 패턴을 제작하였다. 이후의 과정은 기존 국소의치 제작과정과 동일하게 매몰과 주조 및 마무리과정을 거쳐 프레임워크가 제작되었고 구강에 시적하여 적합도를 확인하였다. 상악은 잘 적합되었고, 하악은 우측 구치부에서 수차례의 조정과정을 거쳤는데, 석고 주모델과 프

레이미워크와의 적합도는 양호한 것으로 보아 인상채득시의 인상체의 변형에 의한 오차로 분석되었다(Fig. 4).

증례 2

두 번째 환자는 50대 여환으로 양쪽 상악 구치를 발치한 후 의치를 제작하기 위하여 본원에 내원하였다. 상악 6전치만 잔존하여 Kennedy class I의 국소의치를 제작하였다. 의치를 처음으로 하게 된 환자로서 임시의치 단계에서 이물감을 많이 호소하시어, 주연결장치로서 전방 구개부는 열어주는 broad palatal plate를 선택하였다. 양쪽 상악 견치의 골지지는 양호하였다.

좌우 견치의 원심에 유도면을 형성하고, cingulum 레스트 시트를 위해 설면을 삭제하여 구강형성을 마무리한 후, 미리 제작한 개인 트레이를 이용하여 기능인상을 채득하였다. 삼차원 모델 스캔 후 전자 서베잉 시에 좌우 견치 유도면과 평행하는 삽입 절거로를 정하고, 견치 순면에 최대 풍융부 하방의 언더컷 부위를 표시하였다. 나중에 디자인을 위해 유지암의 팁이 위치할 부분의 지대치 표면을 안으로 움푹 들어가게 릴리프를 해 주었다. 구성요소 디자인 과정에서는 둥근 구멍이 뚫린 그물구조의 mesh를 가장 먼저 형성하였고, 이들을 연결하면서 지대치와 구개부위를 지나가는 테두리 선을 이어 주연결장치를 디자인하였다. 좌우 견치의 최대풍융부를 따르다가 서베잉 과정에서 릴리프했던 언더컷 부위로 이행되는 환상형 클래스프를 형성하였다. Cingulum 레스트를 형성하고 이를 연결하는 부연결장치와 유도면, 그리고 mesh 주위에 butt joint를 가진 피니시 라인을 디자인하였다. '그루브 툴'을 이용하여 연결부위에 두께 보강을 한 뒤, '스무스 툴'로 보강부위를 부드럽게 다듬음으로써 디자인을 완성하였다. RP와 casting을 통해 완성된 프

레이미워크를 환자에게 시적하였을 때 모델 상에서와 마찬가지로 잘 적합되었고, 인공 치아를 배열하여 국소의치를 완성하였다(Fig. 5).

증례 3

세 번째는 60대 여환으로 오래 쓰던 하악 틀니가 잘 맞지 않아서 내원하였다. 구치부의 잔존치조골 흡수로 의치의 안정성이 좋지 않았고, 클라스프의 파절로 인해 수리가 어려워서 국소의치를 재제작하기로 하였다. 하악에 #33, 34, 35와 #42, 43, 44 치아만 잔존된 상태였으며, 전방 결손부를 고정성 보철물로 연결하기를 원치 않고, #44 서베이드 금관 재제작 또한 원치 않으셔서 현재의 상태를 최대한으로 이용하기 위해 디지털 서베잉을하기로 하였다. 최후방 지대치 원심과, 최전방 지대치 근심에 서로 평행하도록 유도면을 형성하고, #33, 43의 설면에 cingulum 레스트시트를 위해 지대치를 삭제하고, #34, 35의 근심 교합면에도 레스트시트를 형성하였다.

구강형성 후 개인 트레이를 이용하여 그린 컴파운드로 변연형성 및 폴리설파이드 인상채로 최종 기능인상을 채득하였다. 대구치가 포함되지 않고 잔존치아가 많지 않기 때문에 인상체 변형이 크지 않을 것으로 판단하여, 변형모형을 따로 제작하지 않고 악궁 전체를 한 번에 채득하였다. 3D 모델 스캔과 전자 서베잉, 프레임워크 제작을 진행하였다. 둥근 그물형태의 mesh 위에 설측바 형태의 주연결장치, 소구치의 교합면 레스트와 견치로 연장되는 설면 레스트를 형성하고 I-bar형태의 클래스프를 디자인하였다. 주조를 통해 완성된 프레임워크는 양호한 적합도를 보였고, 완성된 국소의치의 적합도와 안정성이 좋은 것을 확인하였다(Fig. 6).

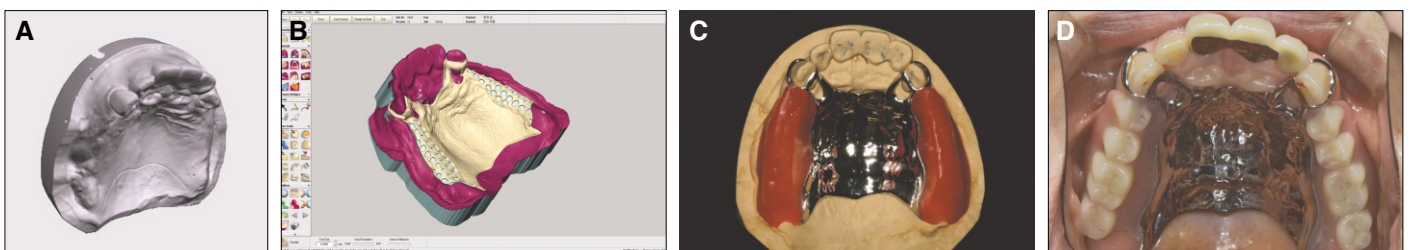


Fig. 5. Summarized photographs of case 2. A: the solid computer model of the patient's cast, B: electronic surveying and framework design on FreeForm software, C: completed framework on master cast, D: final prosthesis put on patient's upper arch.

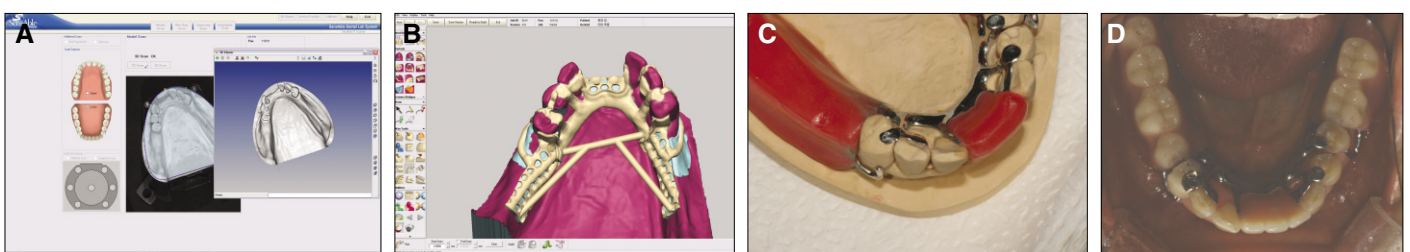


Fig. 6. Summarized photographs of case 3. A: scanning procedure, B: completed framework design, C: framework fit check on master model, D: final prosthesis in the mouth.

증례 4

다음 증례로서 40대 남환이 상악 구치부 결손부를 수복하기 위하여 내원하였고, #13과 #23, 24, 25에 자연치 구강형성만을 하고 국소의치를 제작하기로 결정하였다. 최후방 지대치 원심에 유도면을 서로 평행하게 형성하고, #13과 #23, 24, 25의 설면 및 근심 교합면을 삭제하는 구강형성 및 연마를 시행한 후 개인 트레이를 이용하여 기능인상을 채득하였다. 이후 첫번째 증례와 동일한 과정을 거쳐 3D 모델 스캔과 전자 서버임, 프레임워크 제작을 진행하였다. 그물 구조의 mesh 위에 broad palatal plate 주 연결장치, 우측 견치에 cingulum 레스트 및 I-bar, 좌측 최후방 소구치에 RPA 시스템으로 디자인을 완성하였다. 주조를 통해 완성된 프레임워크를 환자에게 시적하였을 때 구강내에서의 추가적인 조절없이 잘 적합되는 것을 확인하였고, 국소의치 완성 후 1년 까지 체크하였는데, 여전히 양호한 적합도를 보였으며 환자로 만족하였다 (Fig. 7).

증례 5

마지막 증례로 50대 여환이 심한 만성 치주염으로 전반적인 치아 동요 증상을 호소하며 내원하였다. 발치 후 상악에는 우측 소구치 두 개만 잔존하고, 하악에는 #32, 31, 41, 42, 43 다섯 개의 치아만 잔존하게 되었고, 임시 의치로 교합고경을 유지하며 발치와 치유를 기다린 후 자연치 구강형성만 하여 상하악 국소의치를 제작하기로 하였다.

하악 최후방 지대치 원심면과 상악 소구치의 양쪽 끝에 유도면을 형성하고, 교합면 및 설면 레스트시트를 형성하였다. 상악은 개인 트레이로 기능인상을 바로 최종 인상으로 채득하였는데, 하악은 치아가 짧은 데 반해 혀가 비대하여 기능인상 도중 환자분이 무의식적으로 혀를 과도하게 움직여서 폴리실과 이드 인상제 중합 도중 트레이가 밀려 인상체가 변형되는 문제가 있었다. 따라서 알지네이트 인상으로 만든 석고모형에서 금속 프레임워크를 먼저 제작한 후, 프레임 상에 개인 트레이

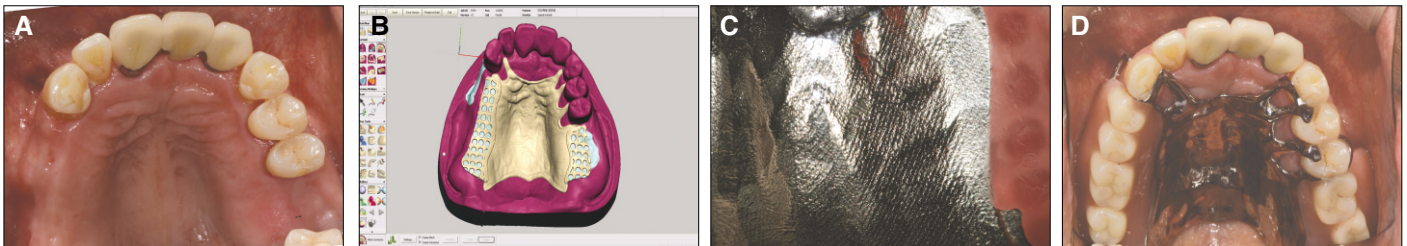


Fig. 7. Summarized photographs of case 4. A: occlusal view after natural teeth alteration, B: completed framework design, C: tissue surface of framework and characteristic contour line on palate area, D: final prosthesis put on patient's upper arch.

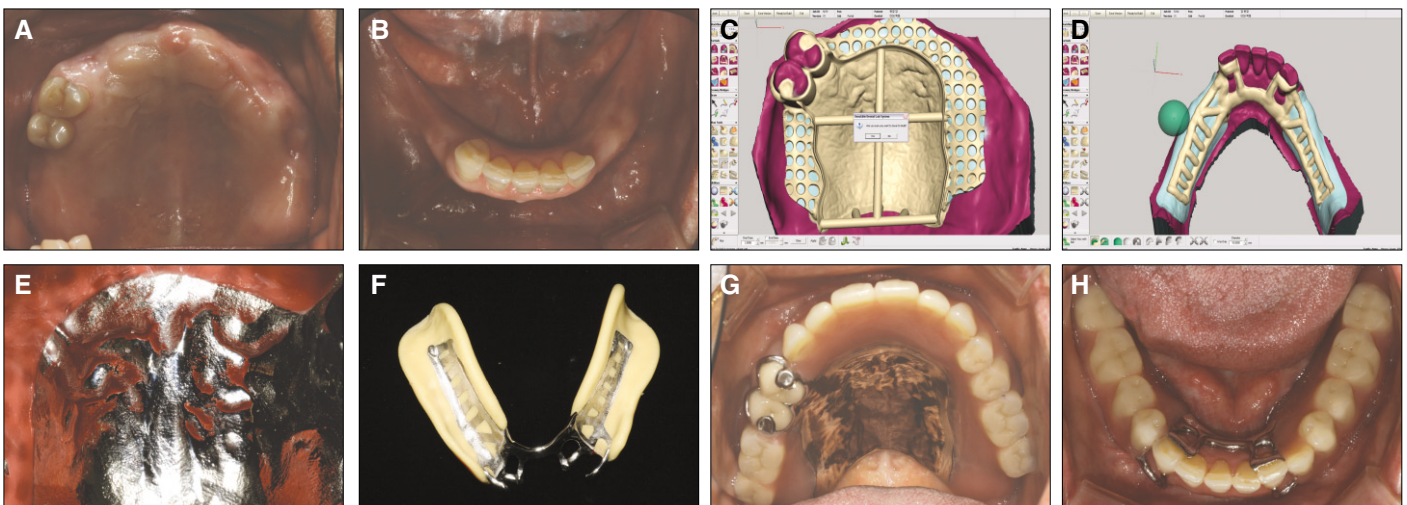


Fig. 8. Summarized photographs of case 5. A, B: initial occlusal view, C, D: digital surveying and CAD design, E: tissue surface of upper framework (contour line), F: completed lower framework with individual tray for functional impression of distal extension base, G, H: final prostheses.

를 만들어 기능인상을 다시 채득하여 변형모형(altered cast)을 만들고, 의치를 소성하는 방법을 사용하였다. 상악은 등근 그물 형태의 mesh 위에 full palatal plate 주연결장치, 소구치 양쪽에 교합면 레스트를 형성하고 환상형 클래스프를 디자인하였으며 하악은 격자구조의 mesh위에 설측바 형태의 주연결장치, 측절치와 견치에 설면 레스트를 형성하고 I-bar형태의 클래스프를 디자인하였다. 주조를 통해 완성된 프레임워크를 환자에게 시적했을 때 상하악 모두 큰 문제없이 잘 적합되었고, 이후 하악은 기능인상을 채득하여 변형모형을 제작한 후 상하악 치아배열 하여 국소의치를 완성하였다(Fig. 8).

고찰

SensAble®사의 intellifit™ 시스템을 이용하여 제작된 프레임워크의 구개측 내면에는 등고선 모양의 특징적인 형태를 볼 수 있는데(Fig. 7C), 이러한 특징적인 무늬가 생기는 이유는 RP machine에서 레진 파우더를 축성할 때 한번에 20마이크론 높이씩 올리게 되는데, 다섯 층의 레진을 올린 후에 광중합을 하고 다시 다섯 층의 축성을 하는 반복 과정을 거친다. 이렇게 100마이크론 높이의 다섯 층이 광중합 되면서 수축을 하면 결과적으로 100마이크론, 즉 0.1 mm 높이 마다 등고선 형태의 경계선이 생기는 것으로 판단된다. 그러나 임상적으로 보았을 때 환자가 이 무늬를 느끼지 못하고 불편감을 호소하지 않았고, 치과의사가 의치 장착시에 느끼는 적합도 역시 우수했다.

도재를 프린팅하는 기술은 아직 사용되지 않기 때문에 첫번째 증례의 서베이드 크라운 협측에 올린 도재는 기공사의 수작업에 의해 축성되었으며, 이 부위의 언더컷 역시 서베이어에서 추가적으로 다듬어졌다. 하지만 레스트시트 뿐만 아니라 유도면(guiding plane)을 전자 서베잉으로 설정한 삽입철거로를 기준으로 하여 제작하였기 때문에 의치의 적합도 증가와 안정성 향상에 영향을 줄 수 있었다. 특히 전자 서베잉 과정에서 유지부가 위치하는 치아의 최대 풍융부 하방에 부가적인 언더컷을 형성한 결과(Fig. 3E), 임상가는 의치의 유지암이 지대치의 언더컷에 들어가서 안착하는 느낌을 명확하게 느낄 수 있었다. 디지털 개념의 국소의치 프레임워크를 수차례 제작한 결과 적합도에 문제가 있어 조정을 하는 경우는 인상 과정의 문제로 제작된 모형과 실제 치아 사이의 형태가 다른 경우에 한정되었고, 대부분의 경우 임상적으로 쓰이기에 적합한 정확도를 가졌으나 이후의 인공치 배열 및 레진 중합과정에서 오차가 발생할 가능성을 배제할 수는 없었다.

본 증례에서 인상 채득은 통상적으로 사용되는 선택가압 기능인상법으로 얻어졌다. 현재 고정성 수복물 제작을 위해 삭제된 치아의 구강내 디지털 인상 채득법은 활발히 적용되고 있지만 무치악 부위가 넓고 구개 부위를 인기해야 하는 의치 인상에는 한계가 있다. 구강내 카메라의 1회 촬영 영역의 넓이가 제한되어 있기 때문에 수회에 걸쳐 촬영한 이미지를 나중에 겹쳐야 하는데, 평활한 조직면이 넓게 펼쳐진 부분은 촬영

한 컷끼리 정확히 연결되지 못하는 기술적인 한계 아직 존재한다. 또한 환자의 근육 운동이 수반되는 가동성 조직의 인상을 단순한 영상 촬영 방식으로 채득하는 데에는 아직 기술적으로 해결하지 못하는 부분이 많이 남아 있다. 디지털 워크플로우의 개념으로 처음부터 끝까지 보철물을 디지털 방식으로 제작하기 위해서는 이러한 문제를 해결할 수 있는 새로운 아이디어가 필요하다 하겠다.

Intellifit™ 시스템을 이용하여 국소의치를 제작하는 것이 결과적으로 볼 때 왁스업 과정만을 컴퓨터 디자인으로 하는 것에 불과하다고 볼 수 있으나, 디지털 화일로 불러들인 악궁 모형의 자료를 전자 서베잉 과정을 통해 언더컷을 정밀하게 분석하고 유지암의 끝이 들어갈 위치에 부가적인 언더컷을 형성할 수 있으며, 가장 유리한 삽입철거로를 쉽게 찾아서 이를 서베이드 크라운과 국소의치 프레임워크 제작에 활용할 수 있다는 것에 의미를 둘 수 있으며, 디자인한 데이터를 백업 스토리지에 보관하여 추후 보철물 재제작이나 보완이 필요한 경우에 이를 다시 활용할 수 있는 점은 디지털 방식만이 갖는 장점이라 할 수 있겠다.

또한 상용화되어 국내에 들어온 intellifit™ 시스템에는 RP 머신만 선택할 수 있어서, 주조를 거쳐야 하는 소환패턴까지 제작하는 것이 한계이지만, 코발트크롬 등의 금속합금을 미세한 분말로 가공하여 이를 레이저로 녹이면서 쌓아올리는 selective laser melting (SLM) 방식의 장비를 사용하게 되면 최종 결과물까지 디지털로 제작할 수 있을 전망이다. 기술이 발전하여 현재 이 장비로 제작한 결과물의 표면조도는 만족할 만한 수준이지만, 장비의 가격이 십억대를 넘어가는 고가이다. 가격이 현실화가 되어 보급되기 시작한다면, 레진 프린팅 후의 광중합 과정, 매물 과정과 소환시의 팽창, 주조 과정 중의 부피 수축에 따른 체적 부정확성을 극복하고, 디지털 방식이 가진 장점을 극대화시킬 수 있을 것이다.^{4,7,10}

앞으로는 더 나아가서 유한요소분석 모형과 연계하여 상하악 교합시에 교합력을 가장 적절히 분산할 수 있는 인공치의 위치를 CAD 디자인 상에서 결정할 수 있게 도와주는 분야,¹¹ 그리고 치아 배열이 끝난 후 왁스를 의치상레진으로 대체하는 데에 통상적인 함(flasking) 과정 대신 함 자체를 RP로 제작함으로써 레진만 패킹하면 되게끔 하는 노력도 최근 시도되고 있어,¹² 앞으로 의치 영역에서의 디지털화에도 발전할 수 있는 부분이 충분히 많다고 할 수 있겠다.

FreeForm 소프트웨어와 Phantom 장비의 비용은 3만달러(약 4천만원) 정도이고, 3차원 스캐너와 RP machine까지 갖추게 되면 상당히 고가로서, 가격대비 효용 측면에서 실제 임상에서 널리 사용되기에는 아직 쉽지는 않으나, 곳곳에서 생겨나는 milling & RP 센터에서 투자를 늘리고 있기 때문에 조금씩 증가되고 있는 추세이다.

결론

모형 스캔에서 시작해서 전자 서베잉, 삽입철거로 기준에 따른 서베이드 금관 디자인, CAD를 이용한 국소의치 각 구성요소의 디자인과 연결, 소환 패턴의 RP 생산에 이르는 과정에 따라 총 다섯 환자의 증례에서 디지털 방식으로 국소의치를 제작하였다. 인상 자체의 문제를 제외하고는 금속 프레임워크의 적합도는 우수했고 장착 후 안정성과 착탈시의 저항감 및 유지력 또한 임상에서 적용하는 데에 문제가 없었다. 앞으로 금속의 고체 파우더 적층(SLM) 등의 보완 기술들이 활발히 개발되고 적용된다면 국소의치학 영역의 디지털화 역시 먼 미래는 아닐 것이라고 사료된다.

참고문헌

1. Fasbinder DJ. Clinical performance of chairside CAD/CAM restorations. *J Am Dent Assoc* 2006;137:22S-31S.
2. Syrek A, Reich G, Ranftl D, Klein C, Cerny B, Brodesser J. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *J Dent* 2010;38:553-9.
3. Han J, Wang Y, Lü P. A preliminary report of designing removable partial denture frameworks using a specifically developed software package. *Int J Prosthodont* 2010;23:370-5.
4. Eggbeer D, Bibb R, Williams R. The computer-aided design and rapid prototyping fabrication of removable partial denture frameworks. *Proc Inst Mech Eng H* 2005;219:195-202.
5. Williams RJ, Bibb R, Rafik T. A technique for fabricating patterns for removable partial denture frameworks using digitized casts and electronic surveying. *J Prosthet Dent* 2004;91:85-8.
6. Williams RJ, Bibb R, Eggbeer D, Collis J. Use of CAD/CAM technology to fabricate a removable partial denture framework. *J Prosthet Dent* 2006;96:96-9.
7. Williams RJ, Bibb R, Eggbeer D. CAD/CAM in the Fabrication of Removable Partial Denture Frameworks: A Virtual Method of Surveying 3D Scanned Dental Casts. *Quintessence J Dent Technol* 2004;2:268-76.
8. Bibb RJ, Eggbeer D, Williams RJ, Woodward A. Trial fitting of a removable partial denture framework made using computer-aided design and rapid prototyping techniques. *Proc Inst Mech Eng H* 2006;220:793-7.
9. Pham DT, Gault RS. A comparison of rapid prototyping technologies. *Int J Mach Tool Manuf* 1998;38:1257-87.
10. Yadroitsev I, Bertrand Ph, Smurov I. Parametric analysis of the selective laser melting process. *Appl Surf Sci* 2007;253:8064-9.
11. Kibi M, Ono T, Dong J, Mitta K, Gonda T, Maeda Y. Development of an RPD CAD system with finite element stress analysis. *J Oral Rehabil* 2009;36:442-50.
12. Sun Y, Lü P, Wang Y. Study on CAD&RP for removable complete denture. *Comput Methods Programs Biomed* 2009;93:266-72.

Surveyed restoration and RPD framework design utilizing electronic surveying

Yong-Shin Hong¹, DDS, **Eun-Jin Park¹**, DDS, PhD, **Seong-Kyun Kim²**, DDS, PhD,
Jai-Young Koak², DDS, PhD, **Seong-Joo Heo²**, DDS, PhD, **Ji-Man Park^{1*}**, DDS, PhD

¹*Department of Prosthodontics, School of Medicine, Ewha Womans University, Seoul,*

²*Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Seoul National University, Seoul, Korea*

There are still many limitations on fabricating dentures using digital method while computerized production of fixed prostheses utilizing intraoral scanner and CAD/CAM technology has propagated rapidly. Recently the digital solution of fabricating removable partial denture by applying haptic input device, electronic surveying, and rapid prototyping was introduced. In this case presentation, five patients were treated with surveyed crown and removable partial dentures by this digital solution. Fit of dentures was excellent except for one case which showed morphological difference between the actual teeth and that of master cast by the erroneous impression process. There also was not any problem of stability and retention after adaptation in the clinical setting. (*J Korean Acad Prosthodont* 2011;49:354-61)

Key words: Haptic input device; Electronic surveying; CAD; Rapid prototyping

*Corresponding Author: **Ji-Man Park**

Department of Prosthodontics, School of Medicine, Ewha Womans University, 911-1 Mok-5dong, Yangcheon-gu, Seoul, 158-710, Korea

+82 2 2650 5631; e-mail, jimarn@ewha.ac.kr

Article history

Received October 17, 2011 / Last Revision October 19, 2011 / Accepted October 24, 2011