

투고일 : 2016. 1. 8

심사일 : 2016. 1. 21

게재확정일 : 2016. 1. 25

임플란트 가이드 수술을 위한 Planning 방식에 대한 고찰

연세대학교 치과대학 치과보철과학교실

김 종 은, 김 남 훈, 박 지 현, 심 준 성

ABSTRACT

A procedure for the computer-guided implant planning: A narrative review

Department of Prosthodontics, Yonsei University College of Dentistry
Jong-Eun Kim, Nam-Hoon Kim, Ji-Hyun Park, June-Sung Shim

Prosthetic-driven implant placement is a concept considering the dental implant restoration first based on the final form of that prosthesis to be restored. The latest development of the imaging technology and digital dentistry was able to be obtained the high quality images of CBCT with low radiation exposure and it has also enabled the process to reconstruct the intraoral state in three dimensions due to the development of the intraoral, model and impression scanner. Computer-guided implant placement simulations and template production was able to be more widely used in this context. In this narrative review, the features and the types of implant surgical guides will be introduced. It will also be described the diagnosis and treatment plan using computer-guided implant software to reduce the number of visit and to increase the accuracy of the implant surgery through the top-down approach based on the shape and location of the final prosthesis.

Key words : dental implant, guided surgery, computer, planning, CAD/CAM, digital technologies

Corresponding Author

심준성

주소: 서울특별시 서대문구 신촌로 50-1

연세대학교 치과대학병원 보철과, 03722

Tel : 02-2228-3157, Fax : 02-312-3598, E-mail address: jfshim@yuhs.ac

서론

최종적으로 수복될 보철물의 형태를 기반으로 하여 임플란트를 식립하는 prosthetic-driven implant placement는 임플란트 보철수복을 우선 고려하는 개념이다. 이를 위하여 수술용 template을 이용하는 임플란트 가이드 수술의 필요성이 1980년대 중반쯤

부터 언급되기 시작하였다. 치과 임플란트의 식립과 보철수복이 다른 치과의사에 의하여 이루어지는 경우가 많았기 때문에 두 임상가 사이의 커뮤니케이션이 필요하며, 이 과정이 예지성 있는 결과를 얻는데에 중요하다라는 문제인식이 이루어져 왔다.²⁾

전통적인 석고모형 기반의 임플란트 수술가이드가 오랜기간 제작되어 왔으나, 최근의 영상기술 및 디지

털 치의학의 발전은 환자에게 방사선 피폭이 적으면서도 양질의 영상을 Cone-beam Computed Tomography(CBCT)를 통하여 얻어낼 수 있게 하였고, 구강 스캐너 및 모델 스캐너, 인상체 스캐너 등의 발전으로 인하여 환자 구강 내 형상을 3차원적으로 재구성하는 과정도 가능하게 되었다. 이런 배경 속에 computer-guided 임플란트 식립 시뮬레이션과 수술가이드 활용이 보다 널리 활용될 수 있게 되었다.

본 고찰에서는 top-down 방식의 computer-guided implant planning 을 통한 진단 및 치료 계획 수립으로, 환자 내원 횟수를 줄이고 임플란트 수술의 정확도를 높이는 방법에 대해 서술하고자 한다.

Computer-guided implant surgical template의 특징

임플란트 수술 가이드를 제작하게 되면 술자는 임플란트 식립 시에 고려해야 하는 수많은 요소들에서 보다 자유로울 수 있다. 임플란트 식립의 위치를 정하는 일이나 그 밖에 주변 구조물들에 대한 고려에 많은 에너지를 빼앗기지 않고도 임플란트를 식립할 수 있다. CBCT 데이터와 환자의 구강 내 상황을 연결짓는 것의 한계로 더 많은 분석을 하지 못하였던 것과는 다르게 많은 정보를 얻을 수 있다. 해부학적 구조물에 대해 술전에 충분히 고려할 수 있기 때문에 minimal invasive 한 수술이 가능하며³⁾, 최종 보철물의 형태를 참고하여 top-down 방식으로 계획을 수립하므로

임플란트 지대주의 방향이나, screw type의 보철물인 경우에는 hole의 위치도 예상할 수 있다. 이런 것들을 고려해 수립한 치료계획은 노인이나 전신병력 환자 등 오랜 수술을 받기 힘들거나 관혈적 술식에 민감한 환자들에게 도움이 될 수 있다. 또한 미리 보철물을 만들어 두는 과정을 통해 immediate restoration도 가능하다. 심미적으로 critical 한 케이스에도 도움이 된다. 이는 결과적으로 적절한 교합을 형성하고 부하를 가하는 일이나, 구강위생을 원활하게 하는 것에 모두 긍정적인 영향을 미칠 수 있다. 특히나 flapless 테크닉을 사용한 임플란트 수술에는 이런 진단과정을 통한 수술가이드 제작이 필수적이다.

단점 역시 존재하는데 잔존치아가 적거나 연조직을 통해 지지를 얻어야 하는 수술가이드의 경우 식립 장치의 안정성이 떨어진다는 것이다. 또한 개구량이 적은 환자에서는 수술가이드를 사용하여 구치부에 임플란트를 식립하는 경우에 접근성이 많이 떨어질 수 있는 문제점을 안고 있다⁴⁾. 수술가이드와 가이드 드릴 시스템에 익숙해지기까지의 learning curve가 존재하는 것도 술식 도입전 대비해야 할 사항이다⁵⁾. Free-hand 로 수술하는 것에 비하여 수술가이드에 설정된 위치로 드릴링하고 식립할 수 있기 때문에 deviation을 줄일 수 있으나, 계획한 위치에 임플란트가 식립하기 위해서는 시술중에 수술가이드의 정확하고 안정적인 유지가 가능하여야 하고 제작 과정의 오차를 줄일 수 있어야 한다. 임플란트 수술 가이드의 장, 단점을 표 1에 정리해 보았다.

표 1. 임플란트 가이드 수술의 장·단점

장점	단점
<ul style="list-style-type: none"> - 임플란트 수술과정 및 시간이 단축됨 - 3차원 planning 소프트웨어에서 환자의 해부학적 관계를 고려한 수술계획 가능 - Minimal invasive surgery - 심미적으로 critical한 환자에게 유리 - 일정한 quality 의 수술결과 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 임플란트 수술 계획 및 가이드 제작에 많은 시간과 노력이 소요됨 - 연조직지지, 골지지 수술가이드의 안정성 떨어짐 - 개구량이 적은 환자에서의 접근성 제한 - Learning curve가 필요함

임플란트 수술용 가이드 시스템의 분류

임플란트 수술용 가이드 장치는 그 특성에 따라서 다양한 분류가 가능하다(표 2). 지지를 얻는 조직에 따라서는 치아지지, 연조직지지, 골지지로 나뉘어지는데⁶⁾, 골지지 수술 가이드는 정확성과 실용성이 떨어져 제한적으로 적용되며, 일반적으로 부분 무치악의 경우 치아지지, 완전무치악은 연조직지지 수술 가이드 장치로 제작하게 된다.

Jung 등⁷⁾은 수술가이드의 원리에 따라서 static guide 및 dynamic guide로 분류하였다. Dynamic guide는 임플란트를 식립하는 과정에서 드릴의 위치를 실시간으로 추적하여 정확하게 임플란트 드릴링을 하고 식립하는 것을 목표로 하는 시스템으로 네비게이션 시스템이라고도 불리운다. Static guide는 미리 소프트웨어에서 디자인한 임플란트 위치에 따라 가이드 장치에 위치한 슬리브(Guide sleeve)가 실제 임플란트 위치를 결정하는 것으로 흔히 사용되는 가이드 시스템이다.

슬리브 시스템에 따른 분류도 가능하다⁸⁾. 고정형 슬리브는 가이드 장치에 고정된 슬리브의 직경이 임플란트 드릴의 상부에 그대로 재현되어 있어 어떤 사이즈의 드릴을 넣어도 슬리브의 방향을 따를 수 있는 시스템이다. 고정형 슬리브 key handle을 같이 사용하는 방식도 있는데 이는 슬리브의 외경은 고정형 슬리브와 동일하지만 가이드 드릴의 직경이 차이가 날 때 슬리브에 개재시키는 key handle의 내경을 드릴의 외경에 맞게 바꿔주는 방식이다. 마지막으로 슬리브가 없는 방식이 있다. 이는 3D프린터로 가이드 장치를 출

력할 때 임플란트 가이드 드릴의 상부 직경에 맞게 hole 을 형성하여 프린팅 이후 해당 hole 을 다듬는 것만으로 사용이 가능하게 되는 시스템이다. 이 시스템은 3D 프린팅 이후에 후가공 작업만을 거치면 되고, 슬리브를 별도로 고정하는 작업이 없어도 되기 때문에 제작과정의 편의성이 있다.

본 고찰에서는, 현재 많이 사용되는 3D프린팅 방식으로 제작된 치아지지 혹은 연조직 지지의 static guide 장치를 중심으로 다루고자 한다.

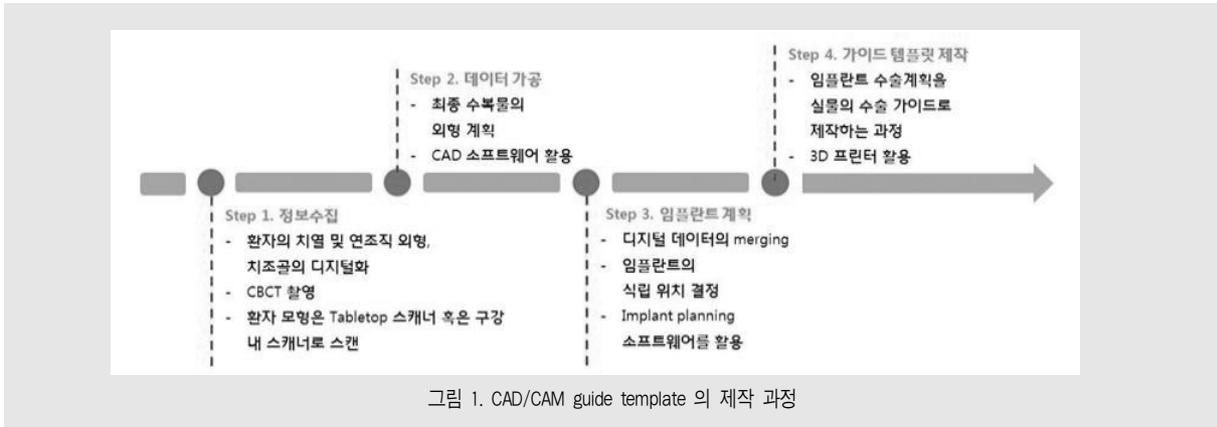
Computer-guided implant surgical template의 일반적 Planning 과정

CAD/CAM 임플란트 수술용 가이드 장치 제작의 큰 흐름에 대하여 4단계로 그림 1에 표현하였다.

Step 1은 환자에 대한 정보수집 과정이며, step 2는 수집한 정보를 기반으로 한 데이터의 1차가공 과정으로 주로 CAD 소프트웨어에서 이루어진다. Step 3는 임플란트 수술 planning 소프트웨어에서 시행하는 임플란트 수술계획 단계이며, 마지막 step 4는 임플란트의 수술계획에 따라 static implant guide template의 실물을 제작하는 과정이다. Step 3에서 디지털화 된 환자정보와 CBCT를 중첩해야 하는 이유는 CBCT에는 환자 무치악 부위의 골조직을 확인할 수 있으나 연조직의 외형을 알 수 없고, 환자 구강 내를 인기한 석고모형에서는 연조직의 외형만 알 수 있을 뿐 골조직의 양이나 형태를 알 수 없기 때문이다. 그래서 두 데이터에서 공통적으로 얻어 낼 수 있는

표 2. 임플란트 가이드 시스템의 분류

기준	분류
지지조직별 분류	치아지지, 연조직지지, 골지지
수술가이드의 원리	Dynamic guide, static guide
드릴 슬리브의 구성	고정형 슬리브, key 사용방식 고정형 슬리브, sleeveless 가이드



치아 데이터가 중첩을 위한 연결고리로 사용된다.

임플란트 가이드 수술을 위한 planning의 자세한 단계들은 부분무치악 환자와 완전무치악 환자에서 전반적으로 차이를 보인다. 임플란트 수술 planning을 위하여 부분무치악 환자에서는 환자의 CBCT와 석고모형을 통해 얻을 수 있는 데이터의 수집이 필요하며, 완전무치악에서는 치아가 없으므로 중첩을 할 수 있는 연결고리 역할을 하는 방사선 촬영용 가이드(Radiographic guide)를 환자가 장착한 후 촬영한 CBCT와 방사선 촬영용 가이드만 촬영한 CBCT가 필요하다(그림 2). 증례별 임플란트 surgery planning의 세부 과정은 이런 단계를 통하여 이루어진다.

부분무치악의 임플란트 planning 과정

부분무치악의 경우, Step 1에서 시행되는 환자의 구강 내 환경의 디지털화 작업은 진료실에서 상, 하악 인상을 채득하고 바이트를 채득한 후 기공실에서 석고모형을 제작하여 모델스캐너로 스캔하는 과정을 말한다. 구강 내 스캐너가 있다면 진료실에서의 상, 하악, 바이트를 구강 내 스캔하는 과정으로 대체할 수 있다. 이렇게 얻어진 데이터는 대부분 STL이라는 파일형식으로 데이터가 생성된다. 그리고 CBCT를 촬영하여 환자의 임플란트 식립부위의 잔존치조골 영상을 얻는다. CBCT 데이터는 DICOM 형식의 데이터이다.

그 다음 과정은 이 STL 데이터와 환자의 CBCT



DICOM 데이터를 임플란트 surgery planning 소프트웨어로 불러와서 잔존 치아부위를 기준으로 하여 중첩시킨 후 임플란트 식립 위치를 계획하는 것이다. 잔존치아의 개수가 많거나 넓게 분포할수록 중첩과정이 쉽고 정확하게 이루어질 수 있다. 이 때 top-down방식의 수술계획을 위하여 기존 방식의 임플란트 계획처럼 모형상에 아날로그 방식의 왁스업을 시행한 후 왁스업한 치아를 스캔하여 그 외형 및 위치를 활용할수도 있고, CAD 소프트웨어 상에서 virtual wax-up을 시행할 수도 있다. 발치 전의 석고모형이나 구강 내 스캔 등의 데이터가 있다면 그것의 외형을 활용할 수도 있다. 임플란트 surgery planning 소프트웨어 상에서 wax-up 된 치아의 위치를 기준으로 임플란트 식립 위치를 결정할 수 있다. 이 위치를 기준으로 임플란트 수술 가이드가 템플릿이 제작된다(그림 3).

완전무치악의 임플란트 planning 과정

완전무치악의 경우에는 과정이 판이하게 다르다. 석고모형이나 구강 내 스캔을 통한 구강 내 조직의 상태

와 CBCT의 영상을 중첩할 수 있는 믿을만한 연결고리가 존재하지 않는다. 완전무치악의 인상을 채득하는 것은 무치악 부위 연조직의 외형을 인기하는 것인데, CBCT에는 연조직의 외형이 잘 나오지 않기 때문이다.

완전무치악 케이스에서는 환자의 기존 의치나 최소한 납의치를 활용하여야 하며 이를 복제하여 방사성 촬영용 가이드를 제작해야 한다. 자세한 제작 방식에 대해서는 후반부에 다시 소개될 것이다. 제작된 방사선 촬영용 가이드를 환자에게 착용하게 하고 CBCT를 촬영한다(Scan 1). 그리고 template만 CBCT를 촬영한다(Scan 2). 두 종류의 DICOM 데이터를 얻은 후 임플란트 surgery planning 소프트웨어로 불러온다. Radiographic guide를 기준으로 중첩이 완료되면 완전무치악 부위 위에 의치의 외형을 복원해 낼 수 있으며 이것을 기준으로 임플란트 식립을 계획하게 된다. 연조직만을 기준으로 임플란트 수술 가이드가 제작되므로 가이드를 수술 중 고정해 주기 위한 anchor pin의 위치도 함께 계획되어야 한다. 임플란트의 식립 위치가 결정되면 scan 2의 의치만 촬영한 DICOM 파일이 최종 임플란트 수술 가이드



그림 3. 부분무치악 환자의 임플란트 수술 가이드 제작 과정

드의 외형이 될 수 있고, 식립이 계획된 위치에 맞게 슬리브나 hole 이 그 외형안에 위치하게 하는 것이다 (그림 4).

여기까지가 일반적으로 많은 문헌에서 설명되는 두 가지 임플란트 계획방식이다. 그러나 실제 임상상황에는 단순히 두 가지 방식만으로는 분류할 수 없으며, 고려해야 할 다양한 변수들이 존재한다. 따라서 위에 소개한 두 가지 방식 이외의 진단에 고려할 사항과 진단방식에 대해서도 고민해 보아야 한다.

임플란트 수술 가이드의 제작을 위한 추가적 고려사항

임플란트 수술 가이드 제작에서 가장 핵심적으로 고려해야 할 사항은 1) CBCT와 구강 내 환경을 원활하게 중첩 시킬 수 있는지 여부, 2) 환자의 교합 채득이 가능하도록 안정된 상태인지 여부와 3) top-down 방식의 진단의 접근을 위한 보철물 외형을 어떤 방식으로 설정할 것인지에 대한 것이며, 이에 따라 크게 4 가지 증례로 분류해 보았다. 여기서 소개하는 모든 임플란트 플래닝 과정에서 임플란트 계획을 위한 캐드

소프트웨어는 3Shape dental system software (3Shape A/S, Copenhagen, Denmark), Exocad® software (Exocad GmbH, Darmstadt, Germany), 임플란트 surgery planning 소프트웨어는 In2Guide® software (Cybermed Co., Seoul, Korea) 및 R2gate (Megagen implant, Kyungbook, Korea)가 사용되었다.

Type I - 부분무치악 환자 중 상실치아 개수가 적은 경우

한 개 내지 두 개 등 매우 적은 개수의 치아를 상실하고 교합이 안정되어 있는 부분무치악 케이스에서는 임플란트 수술계획이 매우 단순하다. 기존에 소개된 부분무치악 환자의 planning 과정에 준하여 진행하면 된다. 상, 하악 인상을 채득하여 study cast를 만들고 바이트를 채득하여, 이 자료들을 3차원 스캐너로 스캔하여 데이터를 생성한다. 환자는 CBCT 촬영 시에 특별한 장치가 없이 촬영할 수 있다. CBCT 촬영 직후 체어사이드에서 환자에게 치료계획에 대하여 설명할 필요성이 있을 때는 방사선 촬영용 가이드를 장착하고 촬영할 수 있다. 그러나 이 장치의 외형은 추

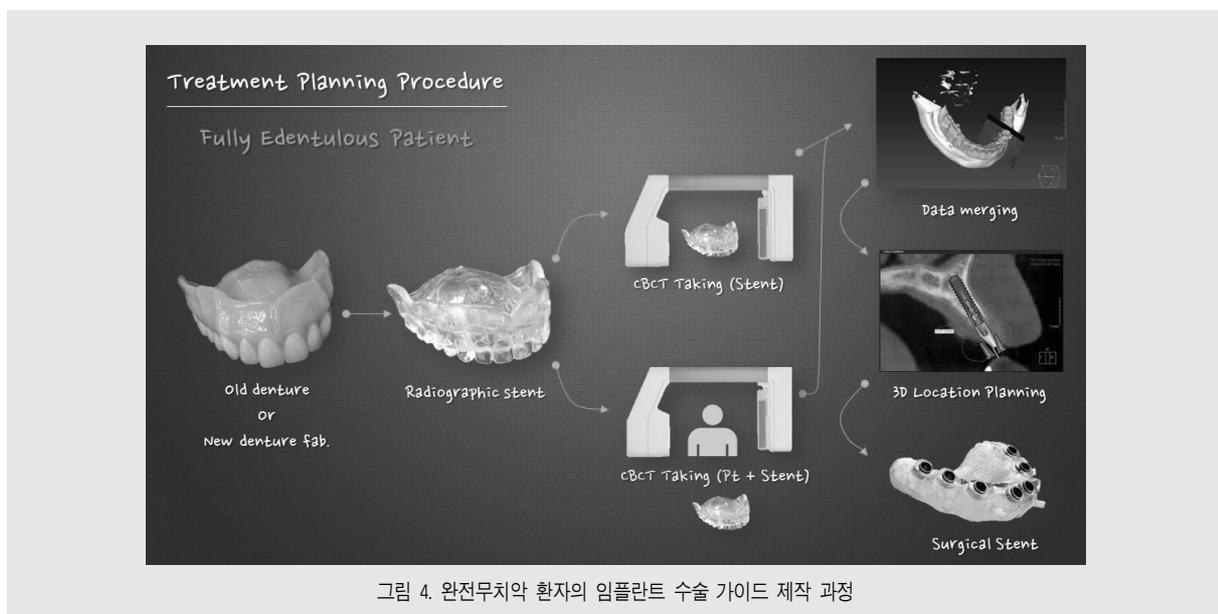


그림 4. 완전무치악 환자의 임플란트 수술 가이드 제작 과정

임상가를 위한 특집 1

후 제작되는 수술가이드의 제작에는 영향을 주지 않는다. CAD 소프트웨어에서 virtual wax-up을 시행한 후 임플란트 직경 및 위치 등을 계획한다(그림 5).

상실치아의 개수가 적은 케이스에서는 bite tray로 상, 하악의 인상 및 바이트 채득을 한 번에 한 후 플래닝 하는 것도 술자 및 환자의 편의를 위하여 많은 도움

이 될 수 있다(그림 6, 7). 바이트 트레이로 인상을 채득하는 경우에는 CBCT 데이터와의 중첩을 위하여 활용할 수 있는 치아 개수가 적기 때문에 상실치 인접 부위에 보철물이 없는 것이 좋다. 보철물이 있는 경우 CBCT 상에 scattering이 발생하므로 CBCT와의 중첩을 방해한다.



그림 5. 하악 우측 제2대구치 상실 부위에 virtual wax-up을 시행한 상태



그림 6. Bite tray로 인상을 채득한 후 Exocad® 소프트웨어에서 불러와 virtual wax-up 시행

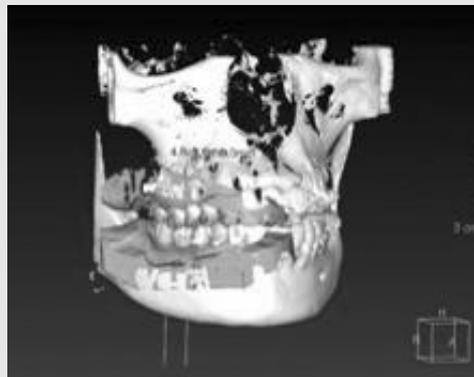


그림 7. In2Guide® 소프트웨어에서 CBCT와 중첩시켜 임플란트 직경 및 위치를 결정하고 있다.

Type II - 부분무치악 환자 중 치아 상실부위가 많으며, 국소의치를 활용한 치료계획을 수립할 경우

치아 상실부위가 많거나 전치부를 포함하는 경우에는 기존에 환자가 가지고 있는 국소의치가 있을 가능성이 높으며, 기존의 국소의치가 없더라도 임플란트 치료를 진행하는 동안에 임시 국소의치의 제작을 요하는 경우가 많다. 이 때는 기존의 국소의치 혹은 새롭게 제작한 국소의치의 인공치 위치를 활용하여 임플란트 치료계획을 수립하고, 임플란트 수술 가이드를 제작할 수 있다. 이 때 중요하게 확인할 것은 잔존치의 개수가 너무 적거나, 잔존치아에 수복된 보철물이 너무 많거나, 잔존치가 한쪽에 몰려있는 등 환자 구강 내 데이터와 CBCT의 중첩을 제한할 만한 요소가 없어야 한다는 것이다.

또한 임플란트 식립을 계획하기 전 기존의 국소의치를 평가하여, 심미적, 기능적으로 문제가 없는지를 평가하는 것이 중요하며, 치아배열이나 내면의 적합도도 적절한지 평가하는 것이 중요하다.

부분무치악 환자 중에 기존 의치를 가지고 있고, 해당 국소의치의 치아배열이 양호하며, 내면의 적합도도 좋은 경우에는 해당 인공치 위치를 임플란트 치료 계획의 가이드로 사용할 수 있다. 이 경우에는 추후 무치악 부위를 고정성보철물로 전환하는 경우나, 기존 의치를 이용하여 임플란트 지지 국소의치로 변환할 경우에도 모두 활용이 가능하다. 이 경우에는 1) 환자의 부분무치악 상태의 인상과 2) 국소의치를 착용한 상태

의 인상 3) 국소의치 자체, 이렇게 3가지 자료를 스캔하여 STL 데이터를 생성하여 준다. 그리고 환자는 type I 에서의 진단과정과 마찬가지로 특별한 구강 내 장치 없이 CBCT를 촬영할 수 있다. 이 3가지 데이터는 CAD 소프트웨어 상에서 중첩되어 환자가 구강 내에 의치를 장착하고 있는 상태를 재구성 해줄 수 있으며(그림 8A), 임플란트 planning 소프트웨어에서 이 관계를 그대로 import 할 수 있으므로 환자의 의치위치를 CBCT와 함께 보면서 임플란트 계획을 세울 수 있다(그림 8B). 환자의 CBCT는 의치가 없는 상태의 환자 부분무치악 모델과 중첩되며, 최종 가이드 template도 이 데이터 위에서 만들어진다.

기존의치를 평가하였을 때, 치아배열 위치가 적절하나 내면적합이 좋지 않은 경우에는 의치의 내면을 relining 해주는 과정을 먼저 시행한 후 앞의 과정과 동일하게 플래닝을 시행할 수 있다.

그 밖에 환자의 기존 의치가 없거나, 사용하기에 부적절한 경우에는 국소의치를 제작하는 과정을 먼저 시행하여 주며, 새롭게 제작된 국소의치를 가지고 같은 방식의 플래닝을 시행한다. 임플란트를 계획하고 식립하고 보철물을 제작하기까지 환자는 이 의치를 사용할 수 있다.

Type III - 부분무치악 환자 중 환자 구강 내 데이터와 CBCT의 중첩이 제한되는 경우

부분무치악 환자는 잔존치아를 기준으로 환자 구강

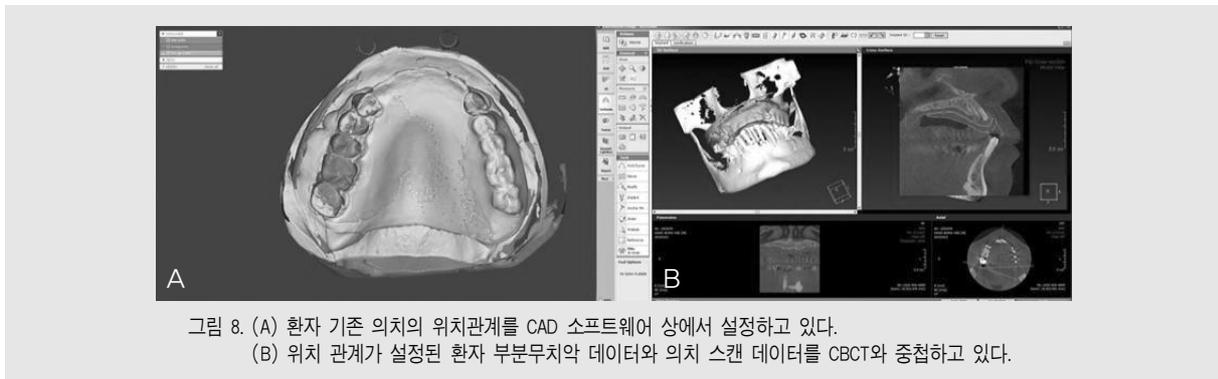


그림 8. (A) 환자 기존 의치의 위치관계를 CAD 소프트웨어 상에서 설정하고 있다.
(B) 위치 관계가 설정된 환자 부분무치악 데이터와 의치 스캔 데이터를 CBCT와 중첩하고 있다.

임상가를 위한 특집 1

내 STL데이터와 CBCT를 중첩하게 된다. 그러나 잔존치의 개수가 적은 경우나, 잔존치의 보철물이 많아 CBCT에 scattering이 심한 경우, 그리고 잔존치가 고루 퍼져 있지 않고 한쪽에만 모여 있는 경우 등에는 환자 구강 내 데이터와 CBCT의 중첩 과정이 제한될 수 있다⁹⁾(그림 9). 이런 경우에는 치아가 하나도 남아 있지 않아 CBCT와의 중첩이 불가능한 완전무치악 증례와 동일한 경우로 생각할 수 있기 때문에, 중첩과정을 보조할 수 있는 도구가 필요하다.

고려할 수 있는 옵션 중에 하나는 완전무치악 환자 증례의 치료계획 방식과 거의 동일하게 중첩을 위한 방사성 촬영용 가이드를 제작해 주는 것이다. 예비인상을 채득하여 진단모형을 만든 후, 가상 왁스업을 진행해 준다(그림 10). 잔존 치아가 남아있으므로, 치아 지지형 방사선 촬영용 가이드를 제작하여 주고, gutta percha을 10군데 정도 정하여 삽입하여 준다(그림 11). 환자는 이것을 착용하고 CBCT를 촬영하게 되며, stent만 한번 더 CBCT를 촬영하게 된다.



그림 9. 보철물이 제작된 소수잔존치를 가진 환자 증례



그림 10. 치아 지지 radiographic 가이드의 제작을 위하여 virtual wax-up을 시행



그림 11. 치아 지지 radiographic guide 및 환자의 부분무치악 진단모형

이 가이드를 중심으로 중첩을 시행하게 된다. 부분 무치악 환자에서 dual scan 방식을 통해 임플란트 치료계획을 수립할 때 주의할 점은 radiographic stent를 제작할 때 넣는 gutta percha의 위치를 잔존치아 주변에 놓지 않아야 한다는 것이다. 그 이유는 잔존치아 부분에서 scattering이 생겨 중첩에 제한이 되기 때문에 이 과정을 시행하는 것이고, 중첩에 가이드로 사용하기 위하여 넣는 gutta percha의 이미지가 잔존치아 때문에 발생하는 scattering 때문에 왜곡될 수 있어 정확도를 떨어뜨릴 수 있기 때문이다. 또한 radiographic stent을 정확하게 착용해야 한다. 잔존치가 적기 때문에 장착 상태가 불안정 할 수 있으며 이것은 계획한 임플란트 위치에 오차를 유발할 수 있다¹⁰⁾. 약간의 불완전한 장착은 임플란트 식립각도에 영향을 주며, crestal 부위에서는 그 오차가 크지 않지만, apex로 내려갈수록 계획된 식립위치와 차이가 생길 수 있다.

방사선 불투과성 scanning tray(R2tray; Megagen implant, Kyungbook, Korea)를 활용하는 치료계획 방식도 고려할 수 있다(그림 12). 진료실에서는 일반적인 부분무치악 환자의 진단 과정처럼 환자의 상, 하악 인상 및 바이트를 채득하게 된다. 이 과정 외에 scanning tray로 한번 더 환자 치아를 인가하게 되는데 이 과정에는 고무인상재나 교합채득용 재료를 트레이에 주입하여 치아의 indentation 을 인가한다. 환자는 scanning tray 안의 재료가 굳어 치아에 단단히 고정되면, 이것을 착용한 채로 CBCT를 촬영하게 된다(그림 13). 소수 잔존치에 사용하므로 치아에 단단히 고정되도록 폴리이써를 주로 사용한다.

기공실에서는 상, 하악 진단모형 및 scanning tray를 가지고 중첩에 활용하는데, 상, 하악 진단모형을 각각 스캔한 후 scanning tray에 수술부위의 진단모형을 넣은채로 한 번 더 스캔을 하여 STL 데이터를 생성한다(그림 14). CBCT와의 중첩은



그림 12. Scanning tray로 활용되는 R2tray의 외형

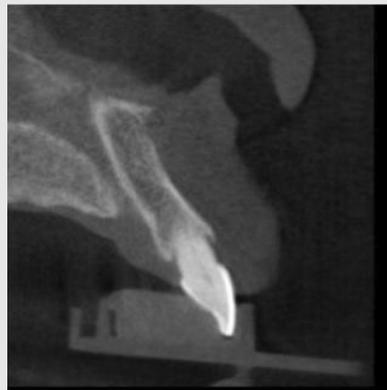


그림 13. Scanning tray에 인상재를 주입한 후 환자치열에 적용하여 CBCT를 촬영

임상가를 위한 특집 1

scanning tray에 수술부위의 진단모형을 넣어 스캔한 데이터와 이루어지며, 이 데이터와 수술부위 진단모형만 스캔한 데이터의 위치관계를 정해주면, CBCT와 잔존치조제 데이터 간의 관계를 재구성 해 줄 수 있다(그림 15).

Type IV - 완전무치악 환자 증례

앞서 소개한 완전무치악 환자 증례의 치료계획 방식

이다. 완전무치악의 경우도 의치내면의 적합도가 좋은지 기존 완전의치의 치아배열과 약간관계가 적절한지에 대하여 평가가 선행되어야 한다. 중첩에 사용되는 매개체인 radiographic stent의 형태가 최종적인 수술가이드의 형태로 그대로 이행된다는 것이 중요한 특징이라 하겠다. 기존의치를 투명한 아크릴릭 레진 등으로 복제한 후 복제한 덴처에 방사선불투과성인 gutta percha를 10군데 정도 넣어 준다(그림 16).



그림 14. Scanning tray를 이용한 중첩과정에 필요한 데이터들. 상, 하악 진단모형(left), 임플란트 진단이 필요한 악궁에 적용된 scanning tray 에 해당 진단모형을 적용한 스캔 데이터(center), 상, 하악 교합관계 데이터(right).

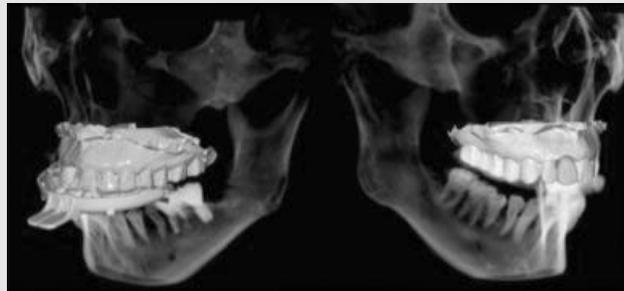


그림 15. Scanning tray를 활용하여 환자 구강데이터를 CBCT와 중첩한 화면

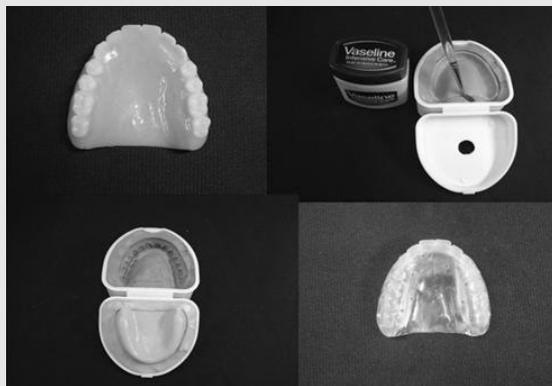


그림 16. 환자의 의치를 아크릴릭 레진으로 복제한 후, 중첩의 기준이 되는 Gutta percha를 넣어주었다

레진 재료는 CBCT에서 그 외형이 나오지 않기 때문에 CBCT를 두번 촬영하여 진행하는 dual scan 방식의 경우에는 이 gutta percha가 DICOM 데이터들의 중첩을 위한 기준점 역할을 한다¹¹⁾. 원활한 중첩을 위하여 삽입하는 gutta percha는 반구 형태가 되도록 하는 것이 좋다(그림 17).

중첩이 완료되면 CBCT와 환자의 의치 관계를 확인할 수 있으며, 의치의 외형을 참고하여 적절한 위치에 임플란트를 계획 할 수 있다(그림 18). 수술 시에는 치아지지 수술가이드에 비하여 그 정확성이 떨어질 수

있기 때문에 주의깊게 가이드를 구강 내에 위치시켜야 하며, 수술 가이드의 제작시에는 anchor pin을 고정할 수 있는 구조물을 만들어 주어 수술 시에 안정된 위치에 있도록 도움을 주어야 한다¹¹⁾. 상악 완전무치악에 비하여 하악 완전무치악의 경우에는 그 지지조직의 면적이 더 좁기 때문에 가이드의 위치 안정성이 더 떨어질 가능성이 높다.

임플란트 수술 가이드 제작을 위한 진단시에 증례별로 다양한 방식의 접근이 가능하다. Type 별 진단 워크플로우를 그림 19에 정리하였다.

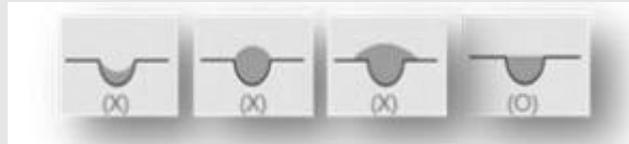


그림 17. Gutta percha를 복제의치에 넣어줄 때의 적절한 외형

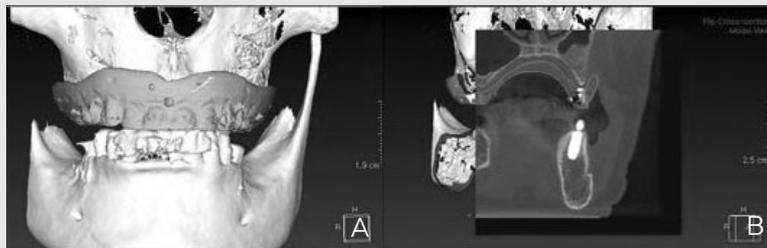


그림 18. (A) 환자의 기존 의치를 기준으로 하여 CBCT와 중첩, (B) 의치와 CBCT의 중첩 상태를 cross-section view로 확인할 수 있고, 의치 외형에 맞추어 임플란트를 계획할 수 있다.

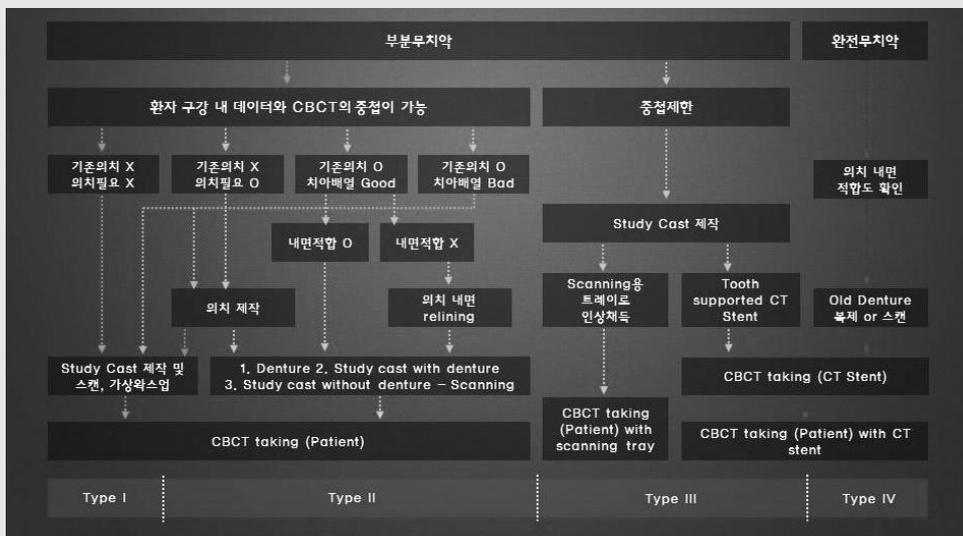


그림 19. 임플란트 수술 가이드 제작시 Type별 진단 워크플로우

임플란트 수술 가이드의 제작

임플란트 planning 소프트웨어 상에서 임플란트의 직경 및 위치를 결정하였다면 이 정보를 다시 CAD 소프트웨어에서 불러와 임플란트 수술 가이드를 제작할 수 있다. 수술 가이드의 제작시에는 어떤 임플란트 드릴 키트를 사용할 것인지에 따라 가이드 시스템을 결정해 주어야 하며, 환자의 구강 내 환경에 적절하게 수술 가이드의 디자인을 해 주어야 한다. 디자인 한 파일을 STL 포맷의 데이터로 export하여 3D 프린팅용 소프트웨어로 전송하여 준다. 3D 프린팅 소프트웨어에서는 적절한 형태로 출력될 수 있게 support를 세우는 작업등을 시행하게 되며, 3D프린터로 출력할 수 있는 형태가 최종 구성된다. 3D 프린터로 출력하

여 주면 임플란트 수술 가이드의 실물이 완성된다.

최종적으로 만들 수 있는 가이드의 형태

이런 과정을 거쳐 임플란트 수술 가이드 템플릿이 제작되며, 함께 사용할 임플란트 수술 키트에 따라 템플릿의 형태도 다양하다. 2mm 직경의 pilot drill까지 사용할 수 있는 가이드는 2mm 드릴 이후의 과정은 free hand로 진행하므로, 임플란트의 진단 시에 설정한 위치나 각도에 대해 수술시 최대한의 자유도를 부여할 수 있다. 또한 임플란트의 최종 직경에 따라 mini-diameter나 regular-diameter 슬리브가 적용된 가이드도 사용될 수 있다.

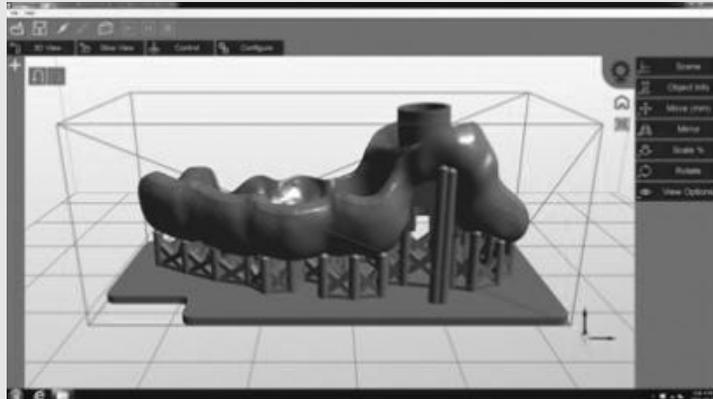


그림 20. 3D 프린팅 소프트웨어에서 수술 가이드 디자인 파일을 불러온 화면



그림 21. DLP 방식의 3D 프린터 (Meg Printer; Megagen implant, Kyungbook, Korea)

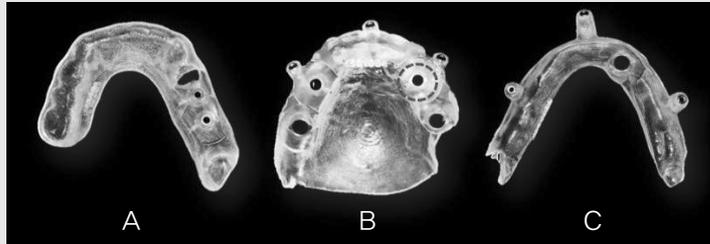


그림 22. 다양한 형태의 임플란트 수술 가이드.
(A) Pilot drill용 가이드 (B) Mini-diameter (C) Regular-diameter 슬리브 수술 가이드

고찰

임플란트 가이드 수술의 정확도를 위해서는 가이드가 정확하게 제작되는 것이 중요하며, 가이드의 try-in 시에 정확히 제작되었는지 여부에 대한 평가가 선행되어야 한다. 소프트웨어 상에서 언더컷을 블록아웃 하는 과정 등에서 실수가 있는 경우도 있으며, 가이드를 3d 프린터로 출력하는 과정에서도 오차가 발생할 수 있기 때문이다. 적합도의 확인은 보통 수술가이드의 치아지지 부위에 일정 크기의 window 를 형성하여 열어줌으로써 잔존치아 교합면과의 적합도를 통해 확인하기도 하며, 무치악 부위 연조직의 적합도를 통해 평가할 수도 있다. 증례에 따라 더욱 정확한 수술가이드의 제작이 필요한 경우에는 인상채득 시 알지네이트보다 고무인상재 등의 정밀한 재료를 사용한다면 더 나은 결과를 얻을 수 있다.

임플란트의 기본적인 프로토콜은 발치 이후에 치조제가 치유되고 나서 식립되는 것이기 때문에 임플란트를 진단하기 위한 인상채득 시기가 발치 이후 얼마 경과하지 않은 시점이라면 최종적으로 수술 시 사용하는 임플란트 가이드의 적합도가 떨어질 수 있다.

완전 무치악 환자의 경우 기존 의치를 복제하여 radiographic guide를 제작하는 등의 과정을 거쳐야 하기 때문에 조금 더 편하게 수술가이드 제작을 진행하기 위한 진단방식도 소개된 바 있다. 의치의 내면을 인상재 등을 통하여 아주 정확하게 인기한 후 이내

면을 스캔하고 이미지를 반전시켜 무치악 양형을 얻어내는 방식에 대해 소개하기도 하였다²⁾.

구치부 개구량을 확인하는 과정도 매우 중요하다. 제1대구치나 제2대구치가 무치악 부위인 경우 환자의 개구량이 부족하면 가이드 수술이 불가능할 수 있다. 수술 가이드가 구강 내 적합 된 상태에서 가이드 키가 들어가기도 하며, 드릴이 들어가야 하는데 그 특성상 드릴이 옆에서 들어갈 수 없고 슬리브 방향으로 수직으로 삽입되어야 하기 때문이다. 그래서, 구치부 수술을 하는 경우에는 가이드 수술이 가능한지 미리 구치부 개구량을 확인해 주어야 하며 수술가이드 템플릿의 디자인 시에도 구치부에 적합하도록 최대한 낮게 제작하고, 처음부터 최종길이의 드릴을 사용하는 것보다 짧은 드릴 부터 단계적으로 사용하는 것을 고려해 볼 만하다.

요약

진료실 및 기공실에서 사용되는 디지털 CAD/CAM 장비 및 소프트웨어의 발전은 급속하게 진행되고 있으며, CBCT 등의 영상 진단 기술도 발전을 거듭하고 있다. 임플란트 진단 분야에서도 더욱 정확하게 환자의 해부학적인 요소를 판별해 낼 수 있고, 우리가 원하는 위치에 임플란트를 계획할 수 있게 되었다. 디지털을 이용한 임플란트 진단 과정과 수술 가이드 제작 과정에서, 증례별 고려사항들을 숙지하고 소프트웨어나

기기들을 원활히 다룰 수 있으며, 오차의 발생을 최소한으로 할 수 있는 세심한 진행이 동반된다면 임플란트 수술 및 수복과정이 술자나 환자 모두에게 편리함을 제공해 줄 수 있을 것이다.

이상의 과정을 임상가가 시행하지 않고 전문업체를

이용하더라도 임상가는 임플란트 수술계획과 수술을 위한 가이드 템플릿의 제작 과정에 대한 충분한 사전 지식과 이해를 갖추는 것이 임플란트의 적절한 식립 및 수복, 최적의 효율성과 환자의 안전에도 기여할 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1. Edge MJ. Surgical placement guide for use with osseointegrated implants. *J Prosthet Dent* 1987;57(6):719-22.
2. Engelman MJ, Sorensen JA, Moy P. Optimum placement of osseointegrated implants. *J Prosthet Dent* 1988;59(4):467-73.
3. Fortin T, Bosson JL, Isidori M, Blanchet E. Effect of flapless surgery on pain experienced in implant placement using an image-guided system. *The International journal of oral & maxillofacial implants* 2005;21(2):298-304.
4. Cassetta M, Di Mambro A, Giansanti M, Stefanelli L, Cavallini C. The intrinsic error of a stereolithographic surgical template in implant guided surgery. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 2013;42(2):264-75.
5. Moraschini V, Velloso G, Luz D, Barboza EP. Implant survival rates, marginal bone level changes, and complications in full-mouth rehabilitation with flapless computer-guided surgery: a systematic review and meta-analysis. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 2015.
6. Eshraghi T, McAllister N, McAllister B. Clinical applications of digital 2-D and 3-D radiography for the periodontist. *Journal of Evidence Based Dental Practice* 2012;12(3):36-45.
7. Jung RE, Schneider D, Ganeles J, et al. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24(7):92-109.
8. Koop R, Vercruyssen M, Vermeulen K, Quirynen M. Tolerance within the sleeve inserts of different surgical guides for guided implant surgery. *Clinical oral implants research* 2013;24(6):630-34.
9. Mora MA, Chenin DL, Arce RM. Software tools and surgical guides in dental-implant-guided surgery. *Dental clinics of North America* 2014;58(3):597-626.
10. Russig LL, Schulze RK. Effects of minute misregistrations of prefabricated markers for image-guided dental implant surgery: an analytical evaluation. *Clin Oral Implants Res* 2013;24(12):1339-46.
11. Pettersson A, Komiyama A, Hultin M, N?sstr?m K, Klinge B. Accuracy of virtually planned and template guided implant surgery on edentate patients. *Clinical implant dentistry and related research* 2012;14(4):527-37.
12. 강세하, 정승미, 신재옥, et al. 3 차원 디지털 영상 과 CAD/CAM 시스템을 활용한 전악 임플란트 수복 증례. *구강회복응용과학지* 2015;31(2):158-68.