

총의치 제작에 적용 가능한 디지털 기술과 임상적 고찰

전북대학교 치과대학 치과보철학교실

이정진*, 송광엽, 박주미

ABSTRACT

Application and consideration of digital technology for removable complete denture

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Chonbuk National University

Jung-Jin Lee, Kwang-Yeob Song, Ju-Mi Park

Digital technology has changed various aspects of the clinical dentistry. The intraoral scanner and Computer-aided design / Computer-aided manufacturing (CAD-CAM) technology are widely used in fabricating fixed prostheses and in implant surgery. These technologies greatly improved the efficiency of clinical and laboratory procedures. With all newly introduced software, devices, and clinical studies, digital technology has been actively applied in removable prostheses. It is now possible to fabricate the removable prostheses more quickly and easily through subtractive and additive manufacturing. Various clinical and laboratory protocols were introduced by many manufacturers. The purpose of this review is to summarize the literature on digital technology for fabricating complete denture with current status and future perspectives.

Key words : Removable complete denture, Digital denture, CAD-CAM, Subtractive manufacturing, Additive manufacturing

Corresponding Author : 이정진

전라북도 전주시 덕진구 백제대로 567 전북대학교 치과대학 치과보철학교실

E-mail : wjdwls04@gmail.com

I. 서론

치아 상실 부위에 임플란트를 이용한 고정성 보철 치료가 많은 장점이 있지만, 여러 가지 제약으로 제작이 어려울 경우 가철성 보철물이 완전무치악 환자를 위한 주요 치료 방법이 될 수 있다. 총의치를 이용한 완전무치악 환자의 치료는 다수의 임상, 가공 과정을 필요로 하며 치과의사와 기공사 간의 원활한 의사소통을 토대로 각 단계가 적절히 이루어져야 좋은 결과를 얻을 수 있다¹⁾. 현재 일반적인 총의치 치료 과정은 예비인상 채득, 최종인상 채득, 악간관계 기록, 시적 및 의치 장착과 같이 5~6회의 내원을 필요로 한다. 이러한 과정은 치과의사와 기공사, 환자 모두에게 번거로운 과정이며 많은 수고와 노력이 필요하다.

‘디지털(digital)’이라는 단어를 들어보지 못한 사람은 거의 없을 것이다. 주위를 둘러보면 생활 속에서도 넘쳐나는 디지털 장비와 자료에 둘러싸여 사는 요즘이다. 1980년대 초반에 Computer-aided design/Computer-aided manufacturing (CAD-CAM) 기술이 치과 영역에 적용되기 시작한 후 디지털 기술은 치과 진료에 큰 영향을 주었으며, 진료실의 모습이나 치료 과정에도 많은 변화가 있었다. 구강 스캐너를 이용한 인상채득을 비롯하여 CAD-CAM을 이용한 보철물의 제작, 임플란트 식립을 위한 가이드 제작 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이러한 기술은 가철성 보철물을 이용한 치료에도 적극적으로 활용되고 있다. 디지털을 활용해 얻을 수 있는 가장 큰 장점은 과정의 단순화(simplification)이다(Fig. 1). 1990년대 Maeda 등²⁾에 의해 디지털 기술을 활용한 총의치 제작이 소개된

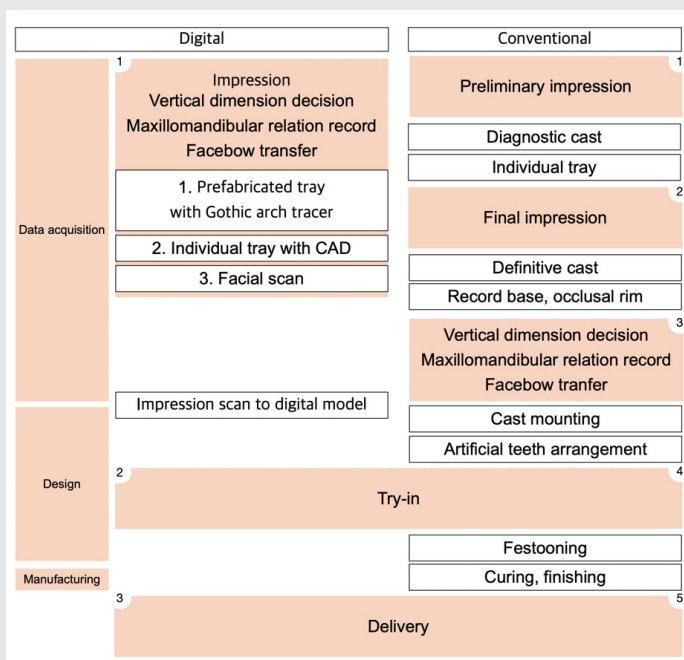


Figure 1. Digital and conventional workflow for fabrication of removable complete denture.

이후 디지털 기술은 가철성 보철치료의 임상적 효율성과 편의성을 향상시키고, 진료 및 가공 과정을 단순화하여 오류 발생 가능성을 줄이는데 긍정적인 역할을 하고 있다. 이에 본 글에서는 총의치를 이용한 치료에서 전통적인 제작 과정과 비교하여 현재 적용 가능한 디지털 기술에 대해 소개하고 임상적 고려사항에 대해 알아보려고 한다.

II. 총의치 제작 과정에서 디지털 기술의 적용

1. 데이터 획득 (Data acquisition)

1) 인상채득

총의치 제작 시에 인상채득은 치료의 첫걸음이다. 이상적인 인상은 잔존 치조제 뿐만 아니라 기능 시 주변 연조직의 변연 한계까지 적절하게 기록해야 한다. 이를 위해서는 해부학적 구조, 인상 채득 방법과 사용하는 재료의 물성에 대한 이해를 바탕으로 구강 주위 근육의 기능적 움직임을 반영하는 인상 채득이 중요하다. 통상적인 총의치 인상 채득에는 적절한 트레이를 선택하고 비가역성 수성콜로이드 또는 고무인상재와 같은 탄성인상재를 사용한다. 예비 인상을 채득하고 적절한 길이로 연장된 개인 트레이를 제작하여 변연형성 후 최종인상을 채득하고 모형을 제작한다. 무치악 부위 인상 채득에 가장 많이 사용되는 개념은 선택적 가압법이다. 선택적 가압법은 트레이 제작 시 부여하는 인상재 공간이나 인상재의 흐름성을 이용하여 가압 부위를 조절하는 방법이다. 이를 통해 압력 부담에 적절한 부위에 기능압을 전달하고 완압 부위에 큰 부담이 가해지지 않도록 하는 것이다.

총의치 인상 시에도 구강 스캐너를 활용하여 잔존

치조제를 인상 채득하여 디지털 모형 제작이 가능하다. 구강 스캐너는 기존 방법보다 인상 채득에 필요한 시간과 불편을 줄여 환자의 만족도를 높일 수 있다^{3,4)}. 이미 고정성 또는 임플란트 보철 치료에는 활발하게 활용되고 있으며, 이를 총의치 치료에 활용하는 증례들도 보고되었다. 대부분 구강 스캐너는 비접촉식으로 광학적으로 다양한 원리를 이용하여 연속적으로 촬영된 이미지를 이어 붙여(stitching) 3차원 데이터를 생성한다. 정적(static)이고 형태가 불규칙한 치아를 스캔할 때는 큰 불편이 없다. 그러나 균일하거나 완만한 형태를 보이는 치조제나 구개부는 이미지가 엇갈리게 붙기도 하며, 변연 한계 조직은 근육의 움직임이나 견인(retraction)의 정도, 방향에 따라 형태와 위치가 변하기 때문에 완전 무치악의 경우 스캔에 제약이 존재한다(Fig. 2). 치조제와 구개부를 쉽게 스캔하기 위한 다양한 방법^{5~7)}도 소개되었지만 변연 한계 조직의 스캔은 현실적으로 쉽지 않다. 구강 스캐너를 이용하면 무압인상이 가능하다. 압력을 가하지 않아야 하는 flabby tissue 인상 채득에는 적절히 활용할 수 있다.⁸⁾ 하지만 선택적 가압법으로 인상을 채득하는 것은 불가능하다. 따라서, 적절한 기능압이 가해지고 근육과 조화를 이루는 변연 한계 형태를 기록하기 위해서는 디지털 인상은 한계가 있다.

아직은 정적 인상을 채득하는 현재 구강 스캐너의 기술로는 이상적인 총의치 인상을 채득하기 어려워 인상재를 이용하여 전통적인 방법으로 채득한 인상체를 디지털화하는 방법이 대안이 될 수 있다. 첫 번째 방법으로 디지털 의치를 제작을 위해 고안된 기성 트레이를 사용하여 인상 채득하고 이를 스캔하여 digital model을 얻을 수 있다. 장치 트레이에 gothic arch tracer나 bite block이 연결되어 인상 채득과 동시에 수직고경과 약간 관계를 동시에 기록할 수 있다(Fig. 3). 두 번째로 비가역성 수성콜로이드를

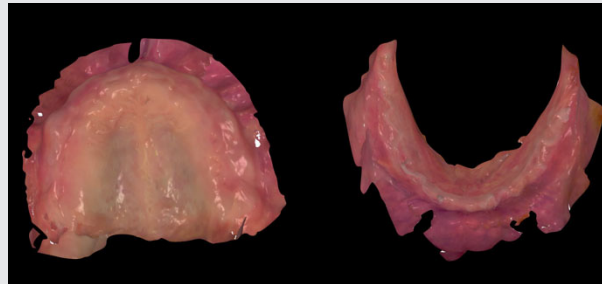


Figure 2. Edentulous scan with intraoral scanner (Trios 3; 3shape A/S)



Figure 3. Prefabricated tray for digital denture. A, Tray with gothic arch tracer (Dentca). B, Tray with bite block (Baltic denture).

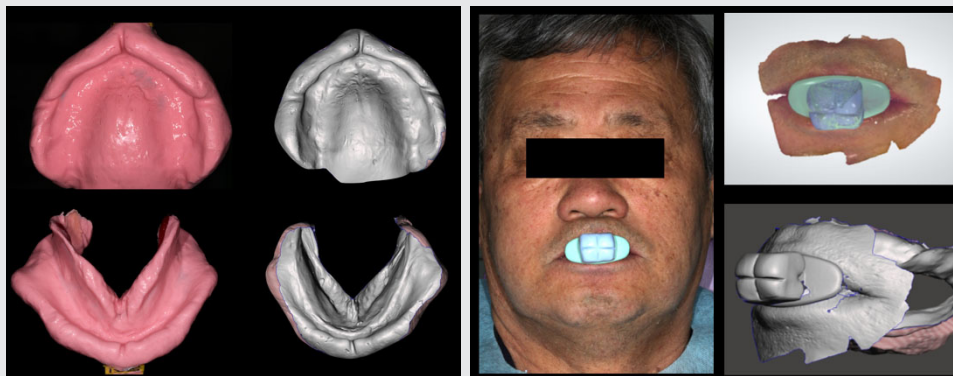


Figure 4. A, Preliminary impression was scanned using intraoral scanner. B, Tentative maxillomandibular relation was recorded with centric tray (Ivoclar vivadent).

이용하여 예비인상을 채득하고 구강 또는 모델 스캐너로 스캔하여 digital model을 제작한다(Fig. 4). CAD 프로그램을 이용하여 개인 트레이를 설계하고 절삭(subtractive) 또는 첨가(additive) 가공하여 제작한다. 필요에 따라 트레이에 gothic arch tracer를 부착할 수 있도록 설계할 수 있다. 이후 변연형성 후 최종인상을 채득하고 이를 스캔하여 최종 digital model을 제작할 수 있다(Fig. 5). 셋째로 기존 의치가 있다면 이를 활용하여 최종 인상을 채득하고 이를 스캔하는 방법이 있다. 이 방법은 기존 의치의 적합이나 교합이 큰 문제가 없는 경우에 활용할 수 있다.

2) 수직고경 결정 및 악간관계 기록, 안궁이전 (Facebow transfer)

수직고경 결정과 악간관계 기록은 복잡하고 어려운 과정으로 여겨진다. 의치의 유지, 안정을 위해서는 정확한 교합 관계가 큰 역할을 하기 때문에 이 과정은 매우 중요하다. 전통적인 과정에서는 최종 모형 상에 레진과 왁스를 이용하여 기록상(record base)과 교합제 occlusal rim)를 제작한다. 기록상은 의치의 최종 변연 형태와 유사해야 하며, 교합제는 예상되는 치아의 위치에 맞게 제작되어야 적절한 악간관계를 기록하고 연조직 지지를 확인할 수 있다. 교합제를 환자의 구강 내에 시적하고 조절하여 수직고경 결정 및 악간관계를 기록하고 안궁 이전하여 교합기에 장착한다.

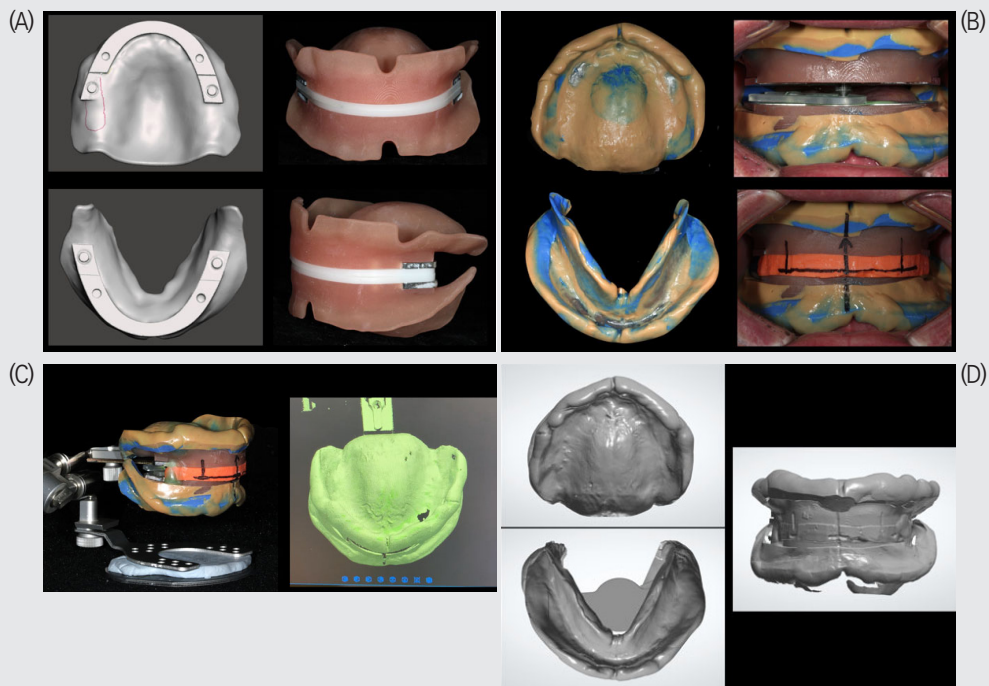


Figure 5. A, Individual tray with gnathometer CAD (Ivoclar vivadent) was fabricated with additive manufacturing. B, Final impression and maxillomanibular relation record were taken in the same visit. C, Impression was scanned using laboratory scanner. D, Definitive digital model.

디지털 과정에서는 악간 관계 기록은 상, 하악 스캔 후 헵측에서 악간관계를 스캔하여 이를 기준으로 정렬하여 이루어진다⁹⁾. 유치악의 경우 악간관계 스캔 및 정렬에 큰 어려움이 없지만 무치악의 경우는 몇 가지 제약이 따른다. 첫째는 악간관계 스캔 시 교합제가 없이 상악에 대한 하악의 3차원적 위치를 고정시키기 어렵다는 것이다. 하악이 스캔 과정에 계속 움직이게 되면 정확성이 떨어진다. 두번째는 무치악 치조제는 형태가 완만하고 불규칙한 형태를 가지지 않기 때문에 헵측에서 스캔한 악간기록에 정렬 시키는 것이 쉽지 않다.

결국 무치악의 악간관계를 기록하기 위해서는 교합제나 기존 의치와 같이 물리적인 무언가가

필요하다. 이런 이유로 대부분의 디지털 의치 제작을 위한 프로토콜은 기성 재료를 사용한 인상채득과 악간관계 기록을 동시에 하는 방법을 제안하고 있다. 물론 전통적 방법과 같이 상, 하악 트레이를 제작하여 인상 채득 후 석고 모형을 제작하고 기록상과 교합제를 제작하여 악간관계 기록 후 디지털 의치를 제작하는 것도 가능하다.

안궁이전(facebow transfer)은 기준 평면에 대한 상악의 위치를 교합기에 옮기는 과정이다. 디지털 과정에서도 가상 교합기를 활용할 수 있다. 제조사에 따라서는 기준 평면에 대한 상악의 위치를 가상 교합기로 이전하기 위한 안궁을 제공하기도 한다. 또한 3차원 스캐너를 활용하여 안면을 스캔하고 구강 또는

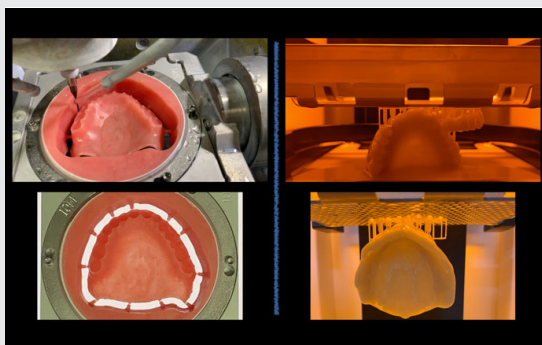


Figure 6. Subtractive (left) and additive (right) manufacturing for denture base.

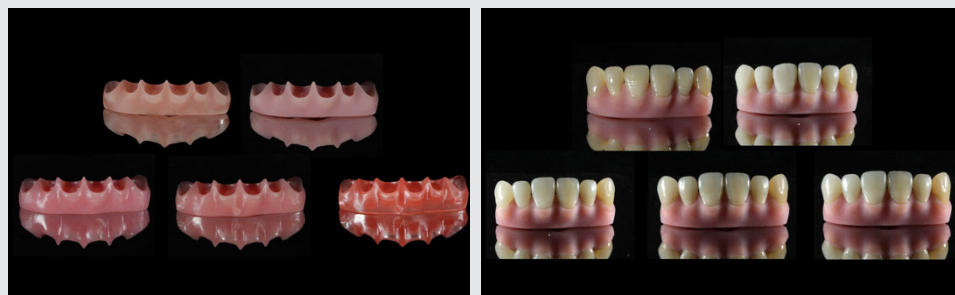


Figure 7. A, B Various digital denture could be fabricated using subtractive and additive manufacturing.

인상체 스캔 데이터와 정렬하여 교합 평면 결정이나 인공치 배열에 참고할 수 있다. 또한, 넓은 field of view (FOV)를 갖는 cone-beam CT를 이용하여 얻은 DICOM 파일을 3차원 파일로 변환하여 사용할 수 있다. 연조직 뿐만 아니라 과두의 위치도 함께 평가할 수 있다는 장점이 있으나, 불필요한 방사선 노출과 같은 단점도 있어 적극적으로 활용하기는 쉽지 않다.

2. 디자인 (Design) - 인공치 배열과 치은 형성

인공치의 위치와 형태는 기능, 심미적으로 매우 중요하다. 환자 안모를 참고하여 인공치를 선택하고 모형의 해부학적 지표를 참고로 이전의 치아 위치를 예상하여 인공치를 배열한다. 디지털 총의치에서도 이러한 원칙과 과정은 동일하다. 다만 왁스와 조각도가 아닌 디지털 모형상에서 인공치아 라이브러리를 활용하여 마우스를 이용한다는 것이 다르다. CAD 프로그램상에서 교합 평면을 결정하고 적절한 인공치를 선택한다. 설정된 해부학적 지표에 맞도록 인공치가 일차적으로 배열된다. 상하악 및 치조제 관계, 환자의 특성, 연조직 지지에 맞추어 치아의 위치,

경사를 조절한다. 이후 의치상 변연의 경계를 설정하고 다양한 디지털 조각 도구를 활용하여 의치상의 외형을 형성한다. 전통적 방법에서 인공치 배열과 치은 형태의 수정은 매우 번거롭고 어려운 과정이다. 하나의 치아 위치가 변하면 다른 치아들의 위치를 모두 수정해야 하고, 이에 따른 치은의 외형도 바뀌게 된다. 그러나 CAD 프로그램에서는 간단한 마우스 조작으로 인공치를 바꿀 수 있으며, 개별 치아의 위치, 경사를 변경하더라도 다른 치아의 수정이 용이하다. 또한 치은 형성이 어느 정도 자동화 이루어지기 때문에 시간이 절약된다. 그리고 안면 스캔 데이터나 2차원 이미지를 중첩하여 활용하면 환자의 안모와 적절히 조화된 인공치를 선택하고 배열할 수 있다. 또한, 디지털 환경에서는 모형을 모든 방향에서 볼 수 있고, 단면을 통해 치아-치조제의 위치관계를 평가하고 객관적인 수치를 통해 확인 할 수 있어 치과의사와 기공사 간의 의사소통이 보다 원활하게 이루어 질 수 있다.

3. 시적 (Try-in)

인공치를 배열하고 치은 형성한 납의치(wax



Figure 8. Monolithic digital denture with stain and resin veneering.

denture)를 환자의 구강 내에 시적하여 교합과 연조직 지지를 통한 심미성 회복이 적절한지 평가한다. 디지털 과정에서는 디자인된 의치를 절삭 또는 첨가 가공을 통해 시적 의치(try-in denture)를 제작한다. 납의치와 비교하여 디지털 기술로 제작한 시적 의치는 의치상과 인공치가 연결되어 있어 개별 치아의 수정이 불가능하다는 단점이 있다.

4. 가공 (Manufacturing)

전통적인 과정에서는 납의치를 매몰한 후 의치상을 온성(curing)하고 마무리하여 의치를 완성한다. 가공과정에 매우 번거롭고 힘든 과정이며 재료와 중합 방법에 따라 다르긴 하지만 많은 시간을 필요로 한다. 온성 과정의 오류로 인해 의치상에 기포나 결함이 존재하기도 하는데 이 경우 인상 채득 과정부터 다시 시작해야 한다.

기본적으로 디지털 의치는 절삭 또는 첨가 가공하여 제작한다(Fig. 6). 디지털 기술을 활용한 충의치는 재료와 가공 방법의 선택에 따라 다양한 조합으로 제작이 가능하다(Fig. 7). CAD를 이용해 디자인한 의치는 Stereolithography(STL) 파일로 저장되며, 절삭 가공을 위한 CAM 프로그램이나 첨가 가공을 위한 slicing 프로그램을 통해 장비를 통해 가공이 가능하도록 계산하는 과정을 거친다. 의치상과 인공치아를 따로 가공하여 접착(duolithic)하거나 의치상과 인공치를 하나로 연결(monolithic)해 만들 수 있다. 전자의 경우 인공치 삽입을 위해 치아 접착 부위에 언더컷이 없도록 가공해야 하며, 탈락 가능성을 줄이기 위해 접착에 사용하는 재료와 표면 처리를 통해 인공치와 의치상의 결합력을 높여야 한다. 또한 인공치를 붙이는 과정에서 위치의 변화가 발생해 최종 의치의 교합에 문제가 발생할 수 있기 때문에 접착을 위한 지그를 이용해야 한다. 후자의 경우 인공치

접착에 의해 발생할 수 있는 문제를 줄일 수 있으나, 인공치와 의치상이 동일 재료로서 단일 색조를 가진다. 치아와 치은 부위의 심미성을 위해 multi-layer PMMA 원판을 이용해 가공 하거나 치아의 착색 또는 레진을 이용한 전장을 고려해볼 수 있다(Fig. 8). 많은 제조사가 이러한 기계적, 심미적 한계를 극복하기 위해 다양한 가공 전략을 소개하고 있어 해결될 것으로 기대할 수 있다.

III. 디지털 의치를 위한 임상적 고찰

의치를 제작하는 방법에 따라 사용되는 재료는 각각의 장, 단점을 가진다. 절삭 가공은 Polymethyl methacrylate (PMMA) 원판을 깎아서 의치를 제작한다. PMMA 원판은 고도로 중합되고 압축된 상태로 기포나 내부 결함이 적어 기계적 강도가 우수하며, 잔존 단량체의 비율이 낮아 생물학적으로도 안정하다¹⁰⁾. 또한 레진의 중합이 완료된 상태에서 의치가 가공되기 때문에 중합에 의한 수축이 없어 정확도가 우수하다^{11,12)}. 그러나 재료의 소비가 많고, 원판의 크기나 장비에 따라 크기가 너무 크거나 조직부 언더컷이 심한 경우 가공이 어려울 수 있다.

첨가 가공은 광경화성 액상 레진을 한층 씩 적층하여 3차원적인 구조물을 형성하는 방식이다. 광원과 모듈에 따라 SLA, DLP, LCD 등의 다양한 3D 프린터가 사용된다. 절삭 가공에 비해 복잡한 형상을 재현하는데 유리하며, 버려지는 재료가 적다. 그러나 광원에 의해 중합되기 때문에 수축에 의해 변형될 수 있으며, 출력물 제작 후 세척, 후경화(post curing)와 같은 후작업이 필요하다. 또한 재료학적, 생물학적 측면에 대한 장기간의 임상 결과가 부족하다.

IV. 디지털 의치 제작의 발전 방향

통상적으로 총의치 제작을 위해서는 5-6회의 내원과 다수의 가공 과정이 필요하다. 내원 횟수와 임상 및 가공 과정의 감소는 치과의사, 기공사, 환자 모두에게 행복한 일이다. 디지털 기술을 활용하면 의치 제작 과정이 단순화되고 다양한 디지털 데이터의 통합(integration)을 통한 다각적 진단 및 디자인이 가능하다. 그리고 더 쉽고 빠르게 치료가 가능할 것이다. 완전 무치악 환자에서 총의치를 이용한 치료에 대해 치과의사와 기공사는 기존 제작 방식에 관한 다양한 오류 가능성과 문제점에 대해 이미 알고 있다. 이러한 오차들을 줄이기 위해 많은 노력이 시도되어 왔고, 디지털 기술의 도움으로 많은 성과를 얻을 수 있었다. 그러나, 디지털 기술이 만능은 아니다. 과정의 단순화가 더 나은 임상적 결과를 보장하는 것은 아니기 때문이다. 디지털 기술은 그 자체로서의 결과가

아니라 예측 가능하고 더 나은 결과를 위한 도구라고 생각해야 한다. 발전하는 디지털 도구는 기본적인 임상 원칙에 근거했을 때 그 빛을 나타낼 수 있을 것이다.

디지털 기기와 처리 기술은 이미 3차 산업혁명 과정에서 이미 어느 정도 진행되었다고 볼 수 있다. 새로운 패러다임이 제시되는 4차 산업혁명 시대에서는 디지털 기술이 독립된 존재가 아니라 일상적인 치과 영역에서는 임상에 통합되어 활용되는 것이 핵심이라고 생각한다. 원초적으로 치과의사는 손가락(digit)이 환자와 가장 가까이 접하고 있다. 이러한 손가락을 통해 얻어지고 조작되는 데이터가 실제 치과의사, 치과 기공사 그리고 환자에게 적용되어 효율성을 높이고 예지성 있는 치료가 이루어지는 진료실이 진정한 디지털 치의학(digital dentistry)에 어울리는 치과의 모습이 아닐까 생각해본다.

참 고 문 헌

1. Cunha TR, Vecchia Della MP, Regis RR, et al. A randomised trial on simplified and conventional methods for complete denture fabrication: Masticatory performance and ability. *J Dent* 2013;41:133-42.
2. Maeda Y, Minoura M, Tsutsumi S, Okada M, Nokubi T. A CAD/CAM system for removable denture. Part I: Fabrication of complete dentures. *Int J Prosthodont* 1994;7:17-21.
3. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC Oral Health* 2014;14:10.
4. Yoon HI, Lee SM, Park EJ. Comparison of patient satisfaction with digital and conventional impression for prosthodontic treatment. *J Korean Acad Prosthodont* 2016;54:379-86.
5. Lee JH. Improved digital impressions of edentulous areas. *J Prosthet Dent* 2017;117:448-9.
6. Fang JH, An X, Jeong SM, Choi BH. Digital intraoral scanning technique for edentulous jaws. *J Prosthet Dent* 2018;119:733-5.
7. Fang JH, An X, Jeong SM, Choi BH. Development of complete dentures based on digital intraoral impressions? Case report. *J Prosthodont Res* 2018;62:116-20.
8. Hong SJ, Lee H, Paek J, et al. Combining Conventional Impressions and Intraoral Scans: A Technique for the Treatment of Complete Denture Patients with Flabby Tissue. *J Prosthodont* 2019 [Epub ahead of print].
9. Russo Lo L, Ciavarella D, Salamini A, Guida L. Alignment of intraoral scans and registration of maxillo-mandibular relationships for the edentulous maxillary arch. *J Prosthet Dent* 2019 [Epub ahead of print].
10. Baba NZ, AlRumaih HS, Goodacre BJ, Goodacre CJ. Current techniques in CAD/CAM denture fabrication. *Gen Dent* 2016;64:23-8.
11. AlHelal A, AlRumaih HS, Kattadiyil MT, Baba NZ, Goodacre CJ. Comparison of retention between maxillary milled and conventional denture bases: A clinical study. *J Prosthet Dent* 2017;117:233-8.
12. Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I, Steinmassl P-A. CAD/CAM produces dentures with improved fit. *Clin Oral Investig* 2018;22:2829-35.