



Review Article

디지털 덴티스트리의 전환과 치위생교육 도입의 필요성

고혜빈¹ · 서영주² · 원복연³ · 오상환⁴

¹연세대학교 치과대학 치과생체재료공학교실 및 연구소 · ²건양대학교 대학원 의과학과 · ³대전보건대학교 치위생과 · ⁴건양대학교 치위생학과

Transformation of digital dentistry and the need of introducing education in dental hygiene

Hye-Bin Go¹ · Young-Joo Seo² · Bok-Yeon Won³ · Sang-Hwan Oh⁴

¹Department and Research Institute of Dental Biomaterials and Bioengineering, Yonsei University College of Dentistry

²Department of Medicine Science, Graduate School of Konyang University

³Department of Dental Hygiene, Daejeon Health Institute of Technology

⁴Department of Dental Hygiene, Konyang University

Corresponding Author 1: Sang-Hwan Oh, Department of Dental Hygiene, Konyang University, 158 Gwanjeodong-ro, Seo-gu, Daejeon-si, 35365, Korea, Tel: +82-42-600-8447, E-mail: dentsh27@konyang.ac.kr

Corresponding Author 2: Bok-Yeon Won, Department of Dental Hygiene, Daejeon Health Institute of Technology, 21 Chungjeong-ro, Dong-gu, Daejeon-si, 34504, Korea, Tel: +82-42-670-9192, Fax: +82-42-670-9564, E-mail: bywon@hit.ac.kr

ABSTRACT

Objectives: This study aimed to understand the definitions, types, and principles of computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) and scanners due to the introduction of digital workflows. **Methods:** This study was based on information from the government's law and articles published in academic journals. **Results:** CAD/CAM is a technology that measures the shape three-dimensionally, saves it as data, designs it into the desired shape, and processes the product. Scanners, which are classified as intraoral and extraoral scanners, measure teeth and the intraoral environment three-dimensionally and convert them into three-dimensional (3D). A 3D printer is a machine that creates a 3D object by layering materials based on a 3D drawing. It can be classified into four types according to the method: extrusion, powder bonding, lamination, and photopolymerization methods. The most used 3D printer methods in dentistry are stereolithography and digital light processing, and they are widely used in prosthetic, surgical, and orthodontic fields. **Conclusions:** As the dental system is digitized, it is expected that the government will classify the dental hygienist scope of work and the universities will reflect the curriculum; it is necessary to develop excellent dental hygienists, diversify the educational pathways, and establish policies to meet the needs of the increasing number of patients.

Key Words: CAD, CAM, Digital, Scanner, 3D printer

색인: 캐드, 캠, 디지털, 스캐너, 3D 프린터

서론

의료기사 등에 관한 법률 시행령 제2조 제1항에 따른 치과위생사의 업무 범위는 교정용 호선의 장착·제거, 불소 바르기, 보건기관 또는 의료기관에서 수행하는 구내 진단용 방사선 촬영, 임시 충전, 임시 부착물의 장착, 부착물의 제거, 치석 등 침착물의 제거, 치아 본뜨기, 그 밖에 치아 및 구강 질환의 예방과 위생에 관한 업무이다[1]. 이 중 치아 본뜨기는 구강 내 형상을 확보하기 위한 업무이다. 치아 본뜨기의 전통적인 방식은 알지네이트 또는 고무인상재 등을 이용하여 구강 내를 인상채득 하는 방법이다. 이 인상체에 석고를 부어 작업모형 제작과 납형을 제작

한 후 매몰 및 주조과정을 거쳐 보철물이 완성된다[2].

1986년 4차 산업혁명을 맞아 CAD/CAM 장비가 생산되었고, 치과계에 디지털 워크플로우 시스템이 도입되면서 치아 본뜨기 또한 스캐너 사용으로 인해 많은 변화가 일어났다. 이 시스템은 프로그램을 이용하여 간단하게 환자의 구강을 스캔하여 형상을 확보하고, 보철물 등을 알맞게 디자인하여 3D printer 또는 Milling 장치로 제작해 환자에게 적용한다[3,4].

종래 방식보다 스캐너를 사용하였을 때의 장점은 인상재의 경화 시간이 소요되지 않아 시간을 단축시킬 수 있고, 석고 모델의 파손 또는 분실의 위험이 없으며, 공간적 제한으로부터 보관이 용이하다. 또한, 치과와 기공소 간 인상재 및 석고 모델 운송이 필요하지 않고, 데이터 전송으로 의사소통의 효율성이 높아진다. 환자의 입장에서는 기존 인상재의 이물감으로부터 불편감이 감소되며, CAD/CAM 사용으로 기공과정이 줄어들어 치료가 빠르게 진행된다[3,5,6].

치과의사나 치과기공사들만 디지털 치의학에 참여했던 과거와는 달리, 최근에는 치과의사, 치과위생사, 치과기공사 등 모든 치과 분야 종사자들이 치과용 디지털 장비를 활용하고 있다. 이러한 변화에도 불구하고 관련지식은 대학 정규 교육과정보다 치과계 협회나 학회의 보수교육 및 세미나 형태로 소개되고 있다[7,8]. 또한 Kang 등[9]은 교육내용이 직종 간 구분없이 사용 방법에 초점을 맞추고 있으며, 교육은 대부분 판매 업체에서 주관하고 있다고 하였다.

이에 본 연구에서는 치위생 교육과정에 포함되어야 할 내용인 CAD/CAM과 스캐너의 정의, 종류 및 원리와 응용에 대해 알아보려고 한다.

본론

본 연구는 학술지에 게재된 논문을 바탕으로 디지털 덴티스트리의 발전과정과 방법을 분석한 문헌 기반의 서술적 단면 조사 연구이다. 연구 내용은 치과용 디지털 장비인 CAD/CAM, 구강 스캐너, 3D printer 관련 논문을 조사하여 이론적인 정의와 종류, 원리를 정리하여 치위생 교육 과정에 포함되어야 할 내용인 치과-의료분야에서의 활용법에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다. 2022년 3월부터 2022년 8월까지 국내·외 학술지에 게재된 논문을 탐색하여 디지털 덴티스트리 자료를 수집하였다. 수집한 자료는 치과용 디지털 장비 개념과 활용을 중심으로 분류한 후 분석하였다.

1. CAD/CAM의 역사

CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing)은 1980년대 스위스 취리히 대학의 W. Mörmann과 M. Brandestini가 컴퓨터와 디지털 카메라를 이용하여 디지털 방식으로 치아 수복물을 만들 수 있는 장비를 고안하면서 시작되었다. 1986년 CEREC이라는 최초 치과용 CAD/CAM 장비를 생산하게 되었고 이는 인레이와 온레이 제작에 국한되었으나 1997년부터 치관 제작이 가능했으며, 2000년대부터 Ceramic block과 함께 Zirconia의 사용이 확대되며 급속도로 발전하였다[4,6,10].

CAD/CAM이란 형태를 3차원적으로 측정하고 데이터로 저장하며, 컴퓨터의 지원으로 원하는 형상으로 디자인해 3D printer 또는 Milling 장치로 전송하여 제품을 가공하는 기술을 통틀어 일컫는 말이다[11]. <Table 1>은 CAD/CAM을 분석한 결과이다.

CAD/CAM은 크게 SCAN, CAD 그리고 CAM으로 분류할 수 있다. SCAN은 입력 장치로써, 인상채득 역할을 하는 장치이다. 모델 스캐너 또는 구강 스캐너를 이용하여 치아의 형태와 구강 내 환경을 3D data로 변환하여 컴퓨터로 가져온다. CAD는 처리 장치로써, 컴퓨터를 이용하여 3D data를 바탕으로 보철물 등을 설계 및 디자인하는 방식이다. 다시 말해, CAD는 디자인 소프트웨어로 다양한 종류의 치관이나 의치의 프레임, 인레이, 온레이 등을 디자인하여 제작 가능하게 한다[4,12].

Table 1. The function of CAD/CAM

Classification	Function
SCAN	Input device Tooth shape and oral environment are converted into 3D data and imported into a computer
CAD	Processing device Design prosthesis based on 3D data
CAM	Output device (1) Milling device (2) 3D printer Fabrication of dental prostheses

CAM은 출력 장치로, 크게 Milling 장치와 3D printer로 분류할 수 있다. 이는 디자인 소프트웨어로 만들어진 데이터를 3D printer 또는 Milling 장치로 전송하여 치과 보철물 등을 제작한다. Milling 장치는 Block을 깎아 제작하는 시스템으로 Milling 축의 수에 따라 3축, 4축, 5축 장치로 구분되며 축의 수가 높을수록 정교하게 Ceramic crown, Zirconia crown 등을 제작할 수 있다. 3D printer는 X축, Y축, Z축을 이용하여 3차원적인 물체를 제작하는 방법이며, 치과에서는 주로 Surgical guide, 모델, 임시치관 등의 제작에 사용된다[13].

2. 스캐너

스캐너는 구외 스캐너와 구내 스캐너로 분류한다. 구외 스캐너는 모델 스캐너라고도 불리며 전통적인 방법으로 인상채득 후 인상체 또는 석고 모델을 스캔하여 3D data로 변환할 때 사용한다. 구내 스캐너는 구강 스캐너라고도 불리며 광원을 이용하여 치아 및 구강 내 환경을 스캔한다. 즉, 구강 스캐너는 치아와 구강 내 환경을 3차원적으로 측정하고 이를 3D data로 변환하는 장치이다[14]. <Table 2>는 스캐너를 분류한 결과이다.

Table 2. Classification of scanner

Classification	Characteristics
Extra-oral scanner (=Model scanner)	Used to scan the gypsum model after impression taking and convert it to 3D data
Intra-oral scanner (=Oral scanner)	Used when scanning teeth or the intraoral environment using a light source

구내 스캐너의 종류, 잡는 법 및 장·단점을 <Table 3>에 제시하였다.

Table 3. Types, how to grasp, advantages and disadvantages of intra-oral scanner

Intra-oral scanner	Division	Part
Types	1st generation scanner	After taking a picture of the scan site, it is connected through computer calculation to switch to a CAD task
	2nd generation scanner	Scan by taking a video
How to grasp	Pen type	Hold a scanner like holding a pen
	Handel type	Hold the scanner's wand using the palm of your hand
	Gun type	Hold a scanner like a gun
Advantages	Ease of storage, saving of materials, one-day prosthesis possible, utilization of digital data	
Disadvantages	Requires practice time investment, high initial cost, limitations of case	

1) 종류

구내 스캐너는 촬영 방법에 따라 1세대와 2세대로 분류된다. 1세대 스캐너는 스캔 부위를 사진 찍은 후에 컴퓨터가 계산을 통해 이어 붙여 CAD 작업으로 전환하는 방법을 사용한다. 이는 사진을 이어 붙여야 하며, 사진이 많아 데이터가 자동으로 완성되지 않으면 데이터 센터에서 CAD 디자이너가 수동으로 사진을 정렬해야 하는 단점이 있다.

반면, 2세대 스캐너는 동영상으로 촬영하듯 스캔하여 구강 내 영상을 이어 붙이는 과정이 필요 없어 시간을 단축시킬 수 있다. 그러나 영상에 왜곡이 생긴 경우에 추후 수정이 어렵다는 단점이 있다[14].

2) 잡는 법

① Pen type

펜을 잡듯이 스캐너를 잡는 방법이다. 비교적 스캐너의 사이즈가 작으며 무게 중심이 잘 잡혀 있는 스캐너들이 해당된다. 다른 치과 기구들 처럼 편안하게 잡을 수 있으며 좌우 회전 시 손가락만으로 조절이 가능해 손쉽게 방향 전환이 가능하고, 상·하악도 쉽게 스캔할 수 있어 사용하기에 쉽다.

② Handle type

손바닥을 이용해 스캐너의 몸통을 잡는 방법이다. Pen type scanner로 잡기에는 조금 큰 사이즈의 스캐너를 이 형태로 잡는다. 익숙해지면 손목에 무리가 적게 가지만, 회전이 용이하지 않아 최후방 치아의 후면이나 인접치의 접촉면 하방 등에는 적용이 어렵다는 단점이 있다.

③ Gun type

용어 그대로 총을 잡듯이 잡는 방법이다. 스캐너 몸체에 손잡이가 따로 달린 형태로 오래 들고 있기에 용이하고, 조작버튼이 방아쇠 위치에 있어서 조작하기 편리하다. 그러나 상·하악 촬영 시 스캔용 팁의 방향을 180도로 돌려 끼워야 하는 것이 단점이다. 또한, 손가락이나 손목이 아닌 팔의 움직임으로 스캔의 방향을 전환하므로 손의 피로도는 감소시킬 수 있으나 적응하기에는 어려운 점이 있다[15].

3) 장점

① 보관 용이성

모델을 보관하는 부분에서 안정성과 재사용이 용이하다. 석고 모델이나 인상재의 파절 및 변형의 위험이 없으며, 필요시 컴퓨터로 간단히 파일을 검색하여 디지털 모델을 찾아 활용할 수 있다[6,16].

② 재료 절약

스캐너를 사용한 디지털 인상채득 시 인상재의 사용이 불필요하며 폐기물이 발생하지 않는다. 또한, 기존 인상채득의 경우 재채득 시 인상재가 추가로 소모되었으나, 디지털 인상채득은 여러 번 채득하여도 추가 비용이 발생하지 않는다[6].

③ One day 보철 가능

환자가 내원한 당일에 보철물을 장착하는 One day 보철이 가능하다. 치과 내에 스캐너, CAD, 3D printer 혹은 Milling 장치를 구비하고 있다면 석고 Pouring, Wax up, 주조 및 매몰 등의 작업이 필요 없기 때문에 하루 만에 보철을 제작하고 장착할 수 있다[17].

④ Digital data 활용

환자의 CBCT data에 스캔된 치아 및 치주조직 Data를 컬러로 병합하여 사용할 수 있다. 석고 모델을 사용하지 않더라도 첫 내원 시 진단과 수술 후 예측, Surgical guide 제작이 가능하다[18].

4) 단점

① 학습곡선

학습곡선(Learning curve)이란 시간에 따른 학습의 변화를 도식화한 것이다. 인간이 처음 작업을 수행할 때는 익숙하지 않아서 많은 시간이 필요하지만 작업을 반복할수록 숙련되어 작업시간이 줄어드는데, 이 같은 현상을 학습효과(Learning effect)라고 하며 이 효과를 수학적 모델로 표현한 것이 학습곡선이다. 디지털 인상은 완전히 새로운 인상채득 방법이기 때문에 초반에는 평평한 학습곡선을 가진다. 이에 스캐너를 처음 사용하는 술자는 제조사의 스캔 기술을 익혀야 하며, 상당한 연습시간의 투자가 필요하다[19].

② 높은 비용

디지털 인상을 시작하기 위해서는 기존 방법보다 많은 비용이 필요하다. 스캐너, CAD 및 CAM 모두 필요하고, 고가의 장비이기 때문이다. 또한, Wand 부분을 떨어뜨리거나 기타 장비가 고장 및 파손되었을 경우 수리비용이 적지 않다. 그러나, 구강 스캐너의 정확도와 편리성, 확장성을 고려한다면 충분한 투자 가치가 있다고 많은 사람들은 판단하고 있다[4,6].

③ Case의 한계

광학 방식을 이용한 스캔법과 Modeless로 이루어지는 작업으로 모든 케이스에 활용하기에는 한계가 있다. 금속 보철물과 같이 표면에 광택이 있는 물체를 스캔할 경우 난반사(Scattering)되어 정보를 정확하게 얻기 어렵다. 또한, 구강 내 습한 환경이 스캐너에 김 서림을 유발하여 정확도를 떨어뜨릴 수 있다. 잇몸에 출혈이 있거나 치은열구액이 나오는 경우, 타액이 많은 경우에는 지대치의 마진을 정확하게 스캔하기 어렵다. 또한, 협소대나 설소대 등 동적 인상을 채득하는 것은 불가능하여 가철성 보철물을 제작에 한계가 있다[14].

4. 3D 프린터

3D printing은 쾌속조형기술로 Rapid prototyping (RP)라고도 부르며, 적층제조를 나타내는 Additive Manufacturing (AM)으로도 불리고 있다. 3차원 도면을 바탕으로 물질을 적층하여 3차원 물체를 만들어내는 기계를 말하며, 대개 제작단과 노즐로 구성되어 있다. 3D modeling data 기반으로 물체를 출력하기에 적절한 재료를 사용하고, X인 가로축과 Y인 세로축으로 한 2차원 인쇄기술에 Z축인 높이를 더하여 3차원의 입체적 물체를 만들어낸다. 노즐이 움직이며 단면을 형성하는 것이 X축, 제작단이 좌우로 움직여 성형을 돕는 것이 Y축, 그리고 제작단이 상하로 움직여 다음 단면을 만들도록 하는 것이 Z축이다. 이렇게 3개의 축이 움직여 3차원의 물체를 제작한다[20].

전통적인 제조방법과 3D printing에 대해서 비교해보면, 전통적인 제조방법은 Wax up, 매몰, 주조 등 많은 공정을 통해서 하나의 제품이 제작되며, 넓은 제조공간과 많은 장비가 필요하다. 반면에, 3D printing은 넓은 공간과 다양한 장비들 없이 작은 공간에서도 손쉽게 완성된 부품을 제작할 수 있으며, 적층하여 쌓아가는 방법으로 재료를 절약할 수 있다[11,20].

1) 역사

3D printer의 역사는 1980년대부터 시작된다. 1984년 Charles Hull이 디지털 데이터로 3차원 물체를 프린트할 수 있는 기술을 개발하여, 1986년 최초의 상용 3D printer인 SLA (stereolithography) 방식의 Printer가 특허 출원되었다. 1988년 FDM (Fused Deposition Modeling) 방식이 개발되었으며, 지속적으로 발전되어 1996년 처음으로 3D printer가 콤팩트형기계를 지칭하는 Rapid prototyping으로 사용하기 시작했다[21-24].

2) 재료

3D printer의 재료는 분말, 액체, 고체 3가지로 분류한다. 분말재료를 사용하는 대표적인 3D printer인 SLS (Selective Laser Sintering) 방식의 경우, 고출력 레이저를 분말 베드에 선택적으로 조사하여 레이저에 소결된 입자들이 적층되어 원하는 형상을 제작하는 기술이다. 분말이 채워져 있어 별도의 서포터는 필요하지 않고, 완료된 후 사용했던 분말은 새로운 분말과 섞어서 사용한다. 액체재료를 사용하는 대표적인 3D printer인 DLP 방식의 경우, 액체 레진을 수조에 붓고, 광원을 쏘아 Printing하는 방식이다. Printing 후에 세척과 후경화라는 후처리 과정이 필요하다. 이는 업체, 재료마다 조건이 다양하다. 고체재료를 사용하는 대표적인 3D printer인 FDM의 경우, 고체를 녹여 노즐로 한 층씩 쌓아서 원하는 형상으로 제작하는 방식이다. 고체재료 자체만으로는 3D 형상을 제작하기 어려우며, 열을 가해 용점 바로 위의 온도로 제작하게 된다[20,21].

3) 종류

3D printer의 종류는 크게 4가지의 방식으로 나눌 수 있다. 첫 번째는 압출 방식으로 FDM (Fused Deposition Modeling)이 이에 해당된다. 필라멘트 형태의 열가소성 수지를 용점 위의 온도로 노즐 안에서 용융시켜 가는 실 형태로 압출하여 적층하는 방식이다. 두 번째는 분말결합 방식으로 SLS, SLM, EBM, DMT, PBP가 여기에 해당된다. SLS (Selective Laser Sintering) 방식은 분말을 레이저 빔으로 소결하여 조형하는 방식이며, SLM (Selective Laser Melting) 방식은 분말을 에너지 밀도가 높은 레이저 빔으로 Melting하여 조형하는 방식이다. 세 번째는 라미네이션 방식으로 LOM (Laminated Object Manufacturing)이 이에 해당된다. 필름 형태의 얇은 재료를 칼이나 레이저로 절단하여 접합하여 조형하는 방식이다. 네 번째는 광중합 방식이다. SLA, DLP, Polyjet, MJM이 여기에 해당된다. SLA는 Stereolithography Apparatus의 약자로 액상 광경화성 수지에 광원을 조사해서 한 번에 한 층씩 굳혀가는 적층 방식이다. DLP는 Digital Light Processing 방식으로 액상 광경화성 수지에 조형하고자 하는 모양의 광원을 한 번에 투사하면서 수지를 층층이 경화시키는 Printer이다. 치과에서 많이 사용하는 Printer 방식은 SLA와 DLP이다[21,25]. <Table 4>는 3D printer의 종류를 분석한 결과이다.

Table 4. Type of 3D printer

Type of 3D printer	Name	Characteristics
Extrusion method	FDM (Fused Deposition Modeling)	A method in which a filament-like thermoplastic resin is melted in a heated nozzle and extruded into a thread-like layer
Powder bonding method	SLS (Selective Laser Sintering)	A method of modeling by sintering powder with a laser beam
	SLM (Selective Laser Melting)	A method of modeling by melting powder with a laser beam
Lamination method	LOM (Laminated Object Manufacturing)	A method in which a film-like material is cut with a knife or laser and joined with a bonding agent to create a model
Photopolymerization method	SLA (Stereolithography Apparatus)	A method in which ultraviolet light is applied to liquid photocurable resin to harden it one layer at a time
	DLP (Digital Light Processing)	A method in which the resin is hardened layer by layer while projecting the desired shape of light onto the liquid photo-curing resin at once

① FDM (Fused Deposition Modeling)

일정한 직경을 가진 필라멘트 형태의 열가소성 물질을 노즐 안에서 Heating core를 만나 용해시켜 가는 실 형태로 출력한다. 출력한 물질을 아래에 위치한 Printing bed에 적층해 나가면서 Printing하는 방식이다. 장비 및 재료 가격이 저렴하다는 장점이 있지만, 출력물 표면 품질이 좋지 않고, 강도가 약하며, 가공 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다[26,27].

② SLS (Selective Laser Sintering)

베드의 분말에 레이저 빔을 선택적으로 쏘면 레이저가 지나간 부분은 분말입자가 소결되어 결합하게 된다. Printing bed와 Material bed가 존재하며, Printing bed는 아래로, Material bed는 위로 움직인다. 레이저가 지나가 소결하면 롤러가 움직여 Material bed의 재료를 프린팅 베드로 옮겨주고, 다시 레이저가 소결을 하면 재료를 쌓아주는 과정을 반복하여 제작되는 방법이다. 소결되지 않은 분말이 출력된 형상을 잡아 주기 때문에 서포터가 필요하지 않다는 장점을 가지고 있다. 또한, 다른 Printer 방식에 비해 강도가 강한 편이다. 그러나 장비 크기가 너무 크고, 장비 가격이 높다는 단점이 있다[21,24,25].

③ SLA (Stereolithography Apparatus)

광경화성 액체 레진이 담긴 수조에 자외선 광원을 레이저 등 다양한 방법으로 위에서 거울을 통해 투사하여 경화시키는 방법이다. 이때 수조 안에 레진이 충분히 채워져 있어야 한다. 위에서 경화가 일어나며 Printing bed가 한 층씩 아래로 내려가는데 이때 3차원 물체가 형성된다. 출력물 표면 품질이 매우 우수하다는 장점을 가지고 있으나, 장비 및 재료 가격이 높고, 세척과정과 후경화가 필요하다는 단점이 있다[21,25,28].

④ DLP (Digital Light Processing)

SLA 기반의 기술로 광경화성 액체 레진이 담긴 수조의 아래에서 광원을 투사하여 레진을 굳혀 적층하는 방식이다. SLA와 반대로 아래 광원이 나오고 그 광원이 한 층씩 굳혀서 3차원 물체가 형성된다. Printing bed 또한 SLA와 반대로 한 층씩 위로 올라간다. 출력물 표면 품질이 매우 우수하고 SLA에 비하여 큰 프린팅이 가능하며 빠르다는 장점을 가지고 있다. 그러나 장비 및 재료 가격이 높으며, 세척과정과 후경화가 필요하다라는 단점이 있다[21].

5. 치과 임상에서의 3D printer

<Table 5>는 치과 임상에서의 3D printer 활용을 분석한 결과이다.

Table 5. Utilization of 3D printers in clinical dentistry

Dental clinical field	Part
Prosthetics	Used in the manufacture of dental prosthetics, Produced with CAD/CAM milling equipment and 3D printer
Oral and maxillofacial surgery	3D diagnostic models, Surgical guides, etc.
Orthodontics	Diagnostic models, Retainers, Custom bracket fabrication, etc.

1) 보철 분야

보철 분야에서는 일반적으로 치아 보철물 제작에 사용되고 있다. 왁스 패턴 제작의 경우, 3D printer를 사용하여 일정한 두께로 정교하게 제작하여 보철물의 정확성을 높일 수 있다. All ceramic crown은 주로 CAD/CAM milling 장치에 의해 제작되고 있다. 그러나 블록 절삭으로 재료 낭비가 많고, 표면에 미세한 Crack이 형성될 수 있는 문제점으로 인해 3D printing 기술로 적층하여 제작하는 방법이 시도되고 있다[20].

2) 구강악안면외과 분야

구강악안면외과 분야에서는 3D 진단용 모델과 Surgical guide가 대표적이다. 3D 진단용 모델은 수술 부위를 재현하여 컴퓨터상에서 진단과 분석, 데이터 보관이 이루어진다. 그러므로 석고 모형과 달리 훼손이나 분실, 보관 공간 필요 등의 문제가 없어 매우 유용하다. 또한, 소프트웨어의 도움으로 분석하여 수술의 정확성과 안전성을 향상시킬 수 있다. 특히 임플란트 수술의 경우, CAD로 개개인에 맞춰 식립 위치와 각도 등을 계획하고, 3D printer로 Surgical guide를 제작할 수 있다. 이로 최소한의 침습으로 효율적 식립이 가능하다[20,29].

3) 교정 분야

교정 분야에서는 진단용 모델, Retainer, 맞춤형 Bracket 제작 등에 사용이 가능하다. 구강 스캐너를 통해 진단용 모델을 얻을 시 교합 접촉에 관한 정보도 알 수 있다. 폐구 상태에서 모든 접촉점을 캡처하므로 환자의 교합분석에 매우 유용하다. Retainer의 경우, 교정 후 치아를 그 위치에 유지하기 위해 사용하는 장치로 개개인의 치아와 구강상태에 맞춰 3D Printer로 제작이 가능하다. 또한, 환자 개개인의 치아에 맞는 맞춤형 Bracket도 제작이 가능하다[20,30].

결론

치의학분야는 디지털 기술이 가장 효과적으로 활용될 수 있는 분야 중 하나이다. CAD/CAM이 도입된 1980년대 이후 많은 발전이 이루어졌고, 현재에도 발전하고 있다. 디지털 장비의 개발로 인해 사용 편의성이 높아짐에 따라, CAD/CAM, 구강 스캐너, 3D 프린터 등의 치과용 디지털 장비가 진료실과 치과기공소에 지속해서 도입되고 있다. 전통적인 인상채득과 보철물 제작 방법의 경우, 대부분의 작업이 수작업으로 진행되기 때문에 개인차에 의해 차이가 생기게 된다. 한 사람이 제작하더라도 보철물의 일관성을 보장하기는 어렵다. 이러한 대안으로 디지털 CAD/CAM 기술이 널리 활용되고 있다. 모델 스캐너와 구강 스캐너를 활용한 디지털 치료는 환자의 불편감이나 통증, 시간 소요, 많은 단계를 거치는 과정 등 전통적인 인상채득 방법의 단점을 극복하고 빠르고 정확하게 임상 및 기공 술식을 규격화해가고 있다. 많은 사람들이 디지털 방사선 장비가 필름을 대체한 것처럼 디지털 CAD/CAM이 인상채와 주조보철을 완전히 대체할 것이라고 예상하고 있다[7,31].

CAD/CAM의 시스템 중에서 가장 기본이 되는 것은 구강 스캐너이다. 본 연구에서 스캐너는 치아와 구강 내 환경을 3차원적으로 측정하고 이를 3D data로 변환하는 장치이며, 구강 내와 구강 외 스캐너로 분류된다. 선행 연구에서는 디지털 인상이 일정 수준 이상의 정확성을 보이고 있으며, 기존 전통방식으로 제작한 보철물보다 더 정확하다고 보고하였다. 구강 스캐너의 최신 경향은 앞서 제시되었던 2세대 제품으로 동영상 촬영 방식을 택하고 있다. 많은 업체에서 김서림 방지 열선, 컬러 스캔 등의 발전을 보여 주며, 구강 스캐너의 세대 교체가 진행되고 있다 [32,33].

최근, 치과용 3D printer가 개발되면서 정밀도가 높은 광경화 방식의 치과용 SLA, DLP 프린터의 보급 및 사용이 증가하였다. SLA 3D printer는 광경화성 액체 레진에 자외선 레이저를 조사하여 광중합하고 적층하는 방식을 말하며, 축이 위, 아래로 움직이며 점 단위로 적층을 하면서 경화된다. DLP 3D printer는 광경화성 액체 레진에 자외선 레이저를 조사하여 광중합하고 적층하는 방식은 동일하지만, 점 단위가 아닌 면 단위로 한 번에 조사하여 적층하면서 경화된다. 현재까지 DLP와 SLA 3D printer로 사용 가능한 광경화성 액체 레진은 임시치관, 임시의치, 개인 트레이, 모델, Implant surgical guide, Splint 등이 개발되었다. 이에 따라 제작이 가능한 치과 보철물은 임시치관, 임시의치, Implant surgical guide, Splint 등으로 매우 다양하며, 앞으로 더 많은 영역에서 사용될 것으로 예상된다[6,11,13].

본 연구는 치과 치료의 디지털화에 대비하여 CAD/CAM과 스캐너, 3D printer의 역사, 정의, 종류 및 원리를 파악하였다. CAD/CAM, 스캐너, 3D printer의 사용이 실제 임상에서 증가하고 있지만, 임상에서 사용하기 전까지는 사용법조차 모르는 경우가 많고, 관련 세미나가 개설되어 있다 하더라도 사용법 교육이 대부분이다. 이에 따라 디지털 덴티스트리 기술의 빠른 보급과 변화에 적응하고, 이를 적절한 증례에 정확하게 활용하기 위해 시스템의 원리와 응용에 대한 교육이 우선되어야 할 것이며, 계속 연구를 통해 디지털 덴티스트리로의 전환과 활용을 위한 구체적인 방안이 제시되어야 할 것으로 사료된다.

치과용 디지털 장비가 점차 빠르게 보편화됨에 따라 이에 맞춰 치과의료종사자들의 교육 및 연구의 패러다임이 변화가 필요하다. Kim 등[35]의 선행연구를 통해, 디지털화 되어가는 치과치료에 대처하기 위해 치과위생사도 치과용 디지털 장비에 대한 다방면의 교육을 진행하고, 기술을 습득하여야 한다고 언급되었다. 전국 치기공(학)과 21개의 대학 모두 치과용 디지털 장비와 관련된 교육이 개설되어있었던 반면 2022년 현재 전국 치위생(학)과 83개 대학 중 치과용 디지털 장비와 관련된 과목을 개설한 대학은 11개에 불과했으며, 대학마다 교과목명, 이수구분, 이수시기, 학점 등이 모두 상이한 것으로 조사되었다. 치위생(학)과의 임상치위생학 교육과정 표준화와 전문적인 치과위생사 배출, 교육의 질을 높이기 위해 치위생(학)과에서도 공통된 교육과정을 마련하여 디지털 덴티스트리 역량을 갖춘 전문 치과위생사 양성을 위한 노력이 필요할 것으로 사료된다[7,8,34,35].

Conflicts of Interest

The authors declared no conflicts of interest.

Authorship

Conceptualization: HB Go, SH Oh; Data collection: HB Go; Formal analysis: HB Go, YJ Seo, SH Oh; Writing-original draft: HB Go, YJ Seo; Writing-review&editing: HB Go, YJ Seo, BY Won, SH Oh

References

1. Korean Law Information Center [Internet]. Enforcement decree of the medical service technologists, etc. act[cited 2022 Jul 18]. Available from: <https://www.law.go.kr/main.html>.
2. Chochlidakis KM, Paspaspyridakos P, Geminiani A, Chen DJ, Feng J, Ercoli C. Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* 2016;116(2):184-90. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.12.017>
3. Bae MS, Song KY, Ahn SG, Park JM, Lee JJ, Seo JM. Application of various digital technique on full mouth rehabilitation: a case report. *J Korean Acad Prosthodont* 2021;59(1):43-54. <https://doi.org/10.4047/jkap.2021.59.1.43>
4. Skorulska A, Piszko P, Rybak Z, Szymonowicz M, Dobrzyński M. Review on polymer, ceramic and composite materials for CAD/CAM indirect restorations in dentistry-application, mechanical characteristics and comparison. *Materials* 2021;14(7):1592. <https://doi.org/10.3390/ma14071592>
5. Song JB, Lee JH, Ha SR, Choi YS, Choi SY. A case report of single crown restoration using an intraoral scanner for occlusal evaluation. *J Korean Acad Prosthodont* 2021;59(3):341-9. <https://doi.org/10.4047/jkap.2021.59.3.341>
6. Seo KS, Kim SJ, Kwon JH, Chang JS. Implant digital impression with intraoral scanners: a literature review. *Implantology* 2017;21(1):2-13. <https://doi.org/10.32542/implantology.20170001>
7. Kim JH, Lee HJ, Go SM, Kim HC. A survey on dental personnel's perceptions of digital dentistry and dental digital equipment. *J Kor Dent Assoc* 2021;59(5):262-74. <https://doi.org/10.22974/jkda.2021.59.5.001>
8. Yang JE, Woo JM, Kim SJ. Effect of the level of digital literacy of dental hygienists on occupational self-efficacy and organizational commitment. *J Korean Acad Oral Health* 2022;46(2):99-105. <https://doi.org/10.11149/jkaoh.2022.46.2.99>
9. Kang HK, Lee SJ, Jang KA, Heo SE. Dental hygienists' needs for convergence education according to the use of digital intraoral scanners. *J Korea Conver Soc* 2018;9(5):69-75. <https://doi.org/10.15207/JKCS.2018.9.5.069>
10. Nassani MZ, Ibraheem S, Shamsy E, Darwish M, Faden A, Kujan O. A survey of dentists' perception of chair-side CAD/CAM technology. *Healthcare(Basel)* 2021;9(1):68. <https://doi.org/10.3390/healthcare9010068>
11. Kim MS, Kim WG, Kang W. Evaluation of the accuracy of provisional restorative resins fabricated using dental 3D printers. *J Korean Soc Dent Hyg* 2019;19(6):1089-97. <https://doi.org/10.13065/jksdh.20190094>
12. Ting-Shu S, Jian S. Intraoral digital impression technique: a review. *J Prosthodont* 2015;24(4):313-21. <https://doi.org/10.1111/jopr.12218>
13. Park CJ. Current status and future perspectives of CAD/CAM fabricated complete denture. *J Kor Dent Assoc* 2014;52(6):346-53. <https://doi.org/10.22974/jkda.2014.52.6.002>
14. Kim RW, Jang GW, Heo YR, Son MK. Understanding and application of digital impression in dentistry. *Kor J Dent Mater* 2014;41(4):253-61. <https://doi.org/10.14815/kjdm.2014.41.4.253>
15. Park HN, Kim WH, Lim YJ, Lee WJ, Han JS, Lee SP. The user-friendly, ergonomic design aspect of recent intraoral scanners: a literature review. *J Dent Rehabil Appl Sci* 2015;31(3):221-30. <https://doi.org/10.14368/jdras.2015.31.3.221>
16. Kim SH, Kim JH, Kim CK. Reliability and accuracy of digital impression obtained from CS-3500 intraoral scanner. *J Dent Hyg Sci* 2015;15(5):673-8. <https://doi.org/10.17135/jdhs.2015.15.5.673>
17. Park DI, Son HJ, Kim WC, Kim JH. Evaluation of repeated measurement stability of dentition type of maxillary anterior tooth: an *in vitro* study. *J Tech Dent* 2019;41(3):211-7. <https://doi.org/10.14347/kadt.2019.41.3.211>
18. Kang SH, Jeong SM, Shin JO, Fang JW, Kim DH, Choi BH. Full mouth rehabilitation with dental implant utilizing 3D digital image and CAD/CAM system: case report. *J Dent Rehabil Appl Sci* 2015;31(2):158-68. <https://doi.org/10.14368/jdras.2015.31.2.158>
19. Róth I, Czigola A, Gellért Joós-Kovács GL, Dalos M, Hermann P, Borbély J. Learning curve of digital intraoral scanning-an *in vivo* study. *BMC Oral Health* 2020;20(1):287. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01278-1>
20. Lee SH. Prospect for 3D printing technology in medical, dental, and pediatric dental field. *J Korean Acad Pediatr Dent* 2016;43(1):93-108. <https://doi.org/10.5933/JKAPD.2016.43.1.93>

21. Oh SH. 3D printing of ceramics: introduction and the feasibility in dentistry. *J Kor Dent Assoc* 2020;58(7):448-59.
22. Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography [Internet]. Google[cited 2022 Apr 20]. Available from: <https://patents.google.com/patent/US4575330A>.
23. Apparatus and method for creating three-dimensional objects [Internet]. Google[cited 2022 Apr 22]. Available from: <https://patents.google.com/patent/US5121329A>.
24. Method and apparatus for producing parts by selective sintering [Internet]. Google[cited 2022 Apr 20]. Available from: <https://patents.google.com/patent/US4863538>.
25. Kafle A, Luis E, Silwal R, Pan HM, Shrestha PL, Bastola AK. 3D/4D printing of polymers: fused deposition modelling (FDM), selective laser sintering (SLS), and stereolithography (SLA). *Polymers* 2021;13(18):3101. <https://doi.org/10.3390/polym13183101>
26. Carneiro OS, Silva AF, Gomes R. Fused deposition modeling with polypropylene. *Materials & Design* 2015;83(15):768-76. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.06.053>
27. Park SM, Park JM, Kim SK, Heo SJ, Koak JY. Flexural strength of 3D-printing resin materials for provisional fixed dental prostheses. *Materials* 2020;13(18):3970. <https://doi.org/10.3390/ma13183970>
28. Jacobs PF. *Rapid prototyping & manufacturing: fundamentals of stereolithography*. Michigan: Society of Manufacturing Engineers; 1992: 1-434.
29. Flügge TV, Nelson K, Schmelzeisen R, Metzger MC. Three-dimensional plotting and printing of an implant drilling guide: simplifying guided implant surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2013;71(8):1340-6. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2013.04.010>
30. Nasef AA, El-Beialy AR, Mostafa YA. Virtual techniques for designing and fabricating a retainer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;146(3):394-8. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2014.01.025>
31. Song ES, Kim BJ, Lim YJ, Lee JJ. Survey study on the preference of dental medical personnel for dental CAD/CAM milling machines. *J Korean Acad Prosthodont* 2018;56(3):188-98. <https://doi.org/10.4047/jkap.2018.56.3.188>
32. Choi JH, Lim YJ, Lee WJ, Han JS, Lee SP. Review of recent developments for intra-oral scanners. *J Dent Rehabil Appl Sci* 2015;31(2):112-25. <https://doi.org/10.14368/jdras.2015.31.2.112>
33. Park JM, Park EJ, Heo SJ. Suitable scanning procedures for various prosthodontic treatment and the utilization of intraoral scanner. *J Kor Dent Assoc* 2014;52(6):354-62. <https://doi.org/10.22974/jkda.2014.52.6.003>
34. Ahn SH, Lee CH. Analysis of dental hygienists' perception of knowledge and attitude toward digital oral scanner. *J Korean Soc of Dent Hyg* 2019;19(1):33-44. <https://doi.org/10.13065/jksdh.20190007>
35. Kim YS, Park HS, Ku IY. Perceptions of dental hygienists toward digital dentistry. *J Korean Soc of Dent Hyg* 2013;13(6):909-16. <https://doi.org/10.13065/jksdh.2013.13.06.909>