

Prospect for 3D Printing Technology in Medical, Dental, and Pediatric Dental Field

Sangho Lee

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Chosun University

Abstract

One of the fields to which the 3D printing technology can be applied is the field of medicine. Recently, the application of 3D printing technology to the bio-medical field has been gradually increasing with the commercializing of the bio-compatible or bio-degradable materials.

The technology is currently contributing to the biomedical field by reducing times required for operations or minimizing adverse effects through preoperative identification of post-surgical consequences or model surgery with artificial bones and organs. This technology also enables the production of customized biomedical auxiliary products like hearing aids or artificial legs etc.

For the field of dentistry, the 3D printing technology is also expected to elevate the level of dental treatment by making the customized orthodontic models, crown, bridge, inlay, and surgical guides for implant and surgery.

However, issues remaining unidentified or incomplete in printing materials, modeling technology, software technology associated with CAD, verification of bio-stability and bio-effectiveness of materials or in compatibility and standardization of the technology are yet to be solved or be clarified for the full-scale application of the 3D printing technology, thus, it seems such issues should be resolved through further studies.

Key words : 3D printing, Bio-printing, Rapid prototyping, Dentistry

I. 서 론

3D 프린팅이란 3D 스캐너 혹은 컴퓨터단층촬영(CT) 등의 기기로 물체를 인식한 후 3D 모델링 소프트웨어로 그린 설계를 이용하여, 잉크젯 프린터와 같은 원리로 금속이나 플라스틱 같은 물질을 분사하거나 적층하는 방식으로 층층이 쌓아 올려 입체적인 물건을 출력하는 기술이다(Fig. 1). 이와 같은 3D 프린팅 기술은 미세한 물질을 한층 한층 쌓아 올려서 물체를 조형한다고 해서 적층가공(additive manufacturing)이라 부르기도 하며 넓은 의미의 쾌속조형(rapid prototyping, RP)의 한 기술로 분류되기도 한다. 최근 3D 프린팅 기술이 미래의 주요 기술로 자리매김하고 있고 산업혁명에 버금갈 정도의 성장원

로서 제조업, 의료업계 등 국가 산업 전반에 걸쳐 새로운 동력을 제공할 수 있는 핵심 기술로 급부상하고 있다.

이와 같은 기술에 대해 미국 타임지는 “미래 10대 고속 성장 사업”에 포함시켰으며 영국의 이코노미스트지는 “3차 산업혁명을 이끌어갈 기술 산업”으로 평가할 만큼 혁신적인 기술로 인정 받고 있다. 우리 정부도 2014년 미래창조과학부와 산업통상자원부가 제조업 혁신 및 창조경제 활성화를 견인할 수 있는 3D 프린팅 산업 육성을 위해 범정부 차원의 “3D 프린팅 산업 발전 전략”을 수립하고 3D 프린팅 산업 발전협의회를 구성하여 국가 차원의 중·장기적 기술 확보 전략을 위한 로드맵을 발표한 바 있다¹⁾.

이 로드맵에 의하며 국가 3D 프린팅 산업의 핵심 활용분야를

Corresponding author : Sang-Ho Lee

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Chosun University, 309, Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju, 61452, Korea

Tel: +82-62-220-3865 / Fax: +82-62-225-8240 / E-mail: shclee@chosun.ac.kr

Received November 13, 2015 / Revised November 19, 2015 / Accepted November 17, 2015

www.kci.go.kr

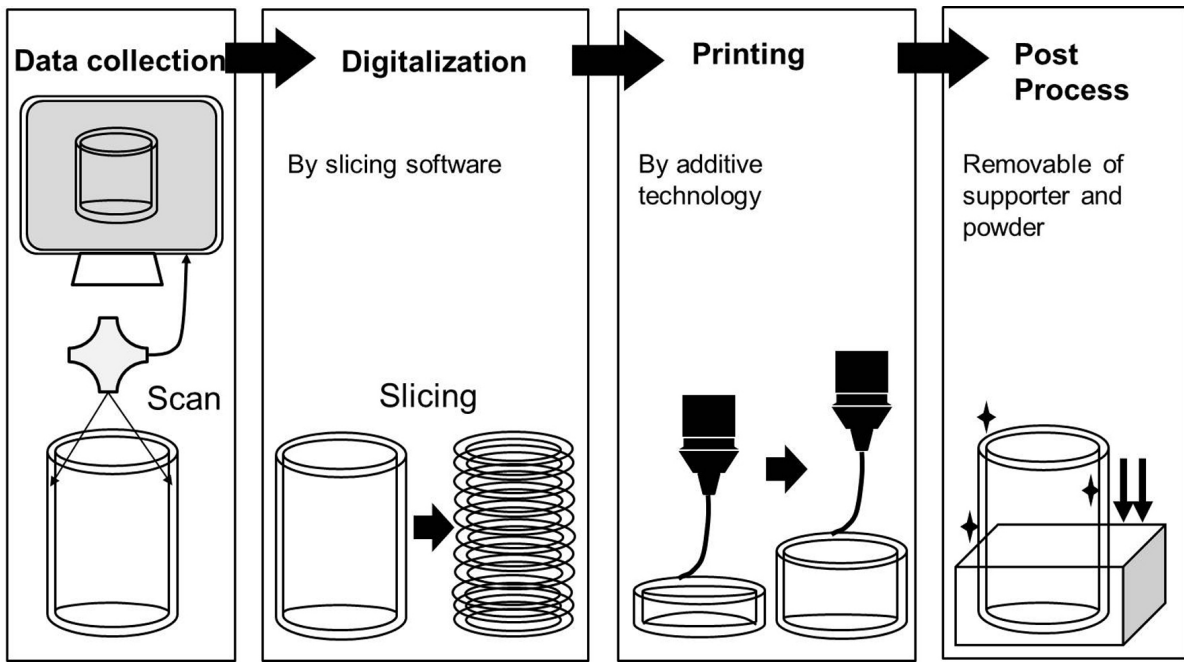


Fig. 1. The 3D printing mechanics and process. The data is collected with 3D scanner or CT and digitalized by the slicing software. The solid body is made by the layer manufacturing and the final product is born after the post process such as removability of supporter or raw materials.

치과용 의료기기, 인체이식 의료기기, 맞춤형 치료물, 스마트 금형, 맞춤형 개인용품, 3D 전자부품, 수술기기 부품, 발전용 부품, 디자인 서비스, 콘텐츠 육성 서비스 분야 등 10대 분야로 선정하여 육성한다는 방침이다. 그중 치과 의료기기의 분야는 시술에 사용되는 각종 치아 모델과 임시치아, 투명교정기, 그리고 치과용 임플란트 등이 해당되며 이를 집중적으로 육성하여 글로벌 시장을 선점하고 해외시장 진출을 도모한다는 목표를 수립하였다¹⁾.

이와 같이 3D 프린팅 기술이 주목받는 이유는 무엇일까? 이는 복잡한 부품을 기존의 어셈블리 방식으로 조립 생산하던 과정을 일체형, 맞춤형으로 생산하고 수정, 보완이 가능하며 금형이 필요없고 공정방식이 가공하는 방식이 아니라 적층하여 쌓아가는 방식이므로 재료의 낭비가 없다. 따라서 생산성 향상과 비용 절감효과가 뛰어날 것으로 전망되기 때문이다²⁾.

3D 프린터는 과거에는 시제품을 만드는데 사용하였으나 근래에는 최종 완성품을 만드는 단계에 접어들었고 앞으로 3D 프린터는 상품을 생산하는 기계로 변모하리라 기대된다. 이 경우 해외는 물론 국내에서도 제조업계의 큰 변화를 몰고 올 것으로 짐작되는데, 한국은 현재 전 세계 3D 프린터 사용량의 3% 정도에 불과하나 IT 기술이 발달하고 전문 인력이 풍부하므로 곧 양적, 질적인 면에서 세계 최고 수준으로 도약할 가능성이 크다³⁾.

3D 프린팅 기술은 이처럼 산업 전반에 걸쳐 활용될 것으로 기대되지만 이중에서도 가장 효과적으로 활용될 수 있는 분야는 의학 분야이다. 최근 국내에서 상하악골 수술에 얼굴 골격을

모형을 제작하고 절제범위와 시술 후의 형태를 시술 전에 미리 확인하여 시술시간을 단축하고 부작용을 최소화 하는 시도들이 많이 이루어지고 있다.

치의학 분야에도 3D 프린팅 기술이 소개되면서 치과 의료기술이 새로운 차원으로 도약할 가능성이 커지고 있으며 이와 함께 치과 의료산업을 견인할 수 있는 불루오션으로 자리매김하고 있다.

이 글에서는 국내의 3D 프린팅 기술현황과 의치의학 분야에서의 적용 가능성 및 응용분야, 그리고 소아치과학 분야에서 3D 프린팅 기술의 활용 가능성에 대해 알아보려 한다.

II. 3D 프린팅의 역사

3D 프린팅 기술의 역사는 30년 전으로 거슬러 올라가는데, 1984년 미국의 "3D System사"의 Chuck Hull이 플라스틱 액체를 중합하여 물체를 찍어내는 광중합방식(SLA)의 쾌속조형 시스템을 발명한 것이 3D 프린팅 기술의 시초라고 볼 수 있다. 그는 자신의 회사에서 자외선을 이용하여 플라스틱판을 경화시키는 공정을 보고 3D 프린터에 대한 아이디어를 얻었으며 1986년 이를 입체인쇄술(stereolithography)이란 이름으로 특허를 출원하였다⁴⁾.

3D 프린팅 기술은 오래전부터 넓은 의미의 쾌속조형이란 기술로 제조업, 의료분야, 교육분야 등에서 사용되어 오고 있는데, 이와 같은 쾌속조형은 3D CAD 소프트웨어를 사용하여 3

차원적 모델을 구현, 제품을 만드는 기술로서 그동안 전문가 영역에 국한되어 있었으나 근래에 장비, 기술의 발전과 함께 급속히 대중화되고 있는 추세에 있다.

이와 같은 쾌속조형은 Numerical control (NC), Computer numerical control (CNC), 3D 프린팅 방식이 있는데, 기존의 NC와 CNC는 조형방식이 조각(carving)방식이고 3D 프린터는 적층(additive)방식이다. 또한 사용되는 소프트웨어는 NC와 CNC의 경우는 CAD/CAM이나 3D 프린터는 CAD이다. 이 두 가지 방식중 동시제작 가능 개수나 제작 가능한 재료, 형상 제한 여부 등을 고려할 때 3D 프린터가 훨씬 활용도가 높다고 할 수 있다.

이후 1991년 미국의 "Stratasys사"에 의해 FDM 방식이 개발되었고, 미국 "Helysis사"와 캐나다의 "Cubic Technology사"가 LOM방식의 3D 프린터를 출시하였다. 1995년 독일 "EOS사"가 SLS 방식의 프린터를 개발하였다. 2000년 이스라엘의 "Object Geometries사"가 polyjet 방식의 프린터를 출시하였으며 이후 미국, 영국, 독일 등의 국가에서 여러 조형방식의 3D 프린터가 개발되면서 3D프린터 시장이 더욱 활기를 띠게 되었다. 근래에 들어 관련 기반 기술이 더욱 향상되고 더 저렴한 3D 프린터가 시장에 출시되면서 대중화되었다. 현재 세계 프린터 시장을 선도하고 있는 3D 프린터 제조회사는 미국의 "Stratasys사", "3D Systems사", 독일 "EOS사", 이스라엘 "Object사" 등이며 개인용 3D 프린터 제조사는 "RepRap사", "MackerBot사", "Bits From Bytes사", "Beijing Tiertime사" 등이 있다⁵⁾. 국내의 경우 현재 "캐리마", "인스텍", "로켓", "아이씨뱅크", "준팩토리" 등 10여개 제조, 유통회사가 있으며 이들 업체의 국내시장 점유율이 10%에 불과할 정도로 시장진출은 미미한 상황이다.

Ⅲ. 3D 프린터의 종류

3D 프린팅 기술은 사용하는 원료 혹은 재료의 특징에 따라 액체, 분말, 고체기반으로 구분되는데 액체를 사용하는 방식(stereo lithography apparatus)은 광중합 특성을 가진 폴리머에 레이저를 조사하여 박막(thin layer)을 생성하여 적층시키는 방법으로 정밀도는 높으나 내구성이 약하는 단점을 가지고 있다. 잉크젯 프린터가 이와 같은 프린팅 방식으로 알려져 있으며 "3D system사"의 CIP방식이 대표적인 예이다. 분말을 사용하는 방식(selective laser sintering)은 분말을 분사하고 레이저를 조사하여 이들 분말을 융합시키는 방식으로 합성수지, 세라믹, 금속 등 다양한 원료를 사용할 수 있어 다양한 제품을 생산할 수 있다. 이와 같은 분말 기반 방식에는 DMLS (direct metal laser sintering), 3DP (three dimensional printing)방식 등이 있다. 미국 "3D system사"의 SLS, 독일의 "EOS사"의 SLS가 여기에 속한다. 고체기반 방식은 노즐에서 고열을 발산하여 플라스틱이나 왁스를 필라멘트혹은 실 형태로 분사하여 얇은 layer를 쌓아가는 방식으로 FDM (fused deposition modeling)방식이라 부른다. 미국의 유명한 3D 프린터 제작회사인 "Stratasys사"에 의해 개발되었는데 가정용으로 많이 보급되고 있다. FDM 방식은 다른 방식보다 장치의 구조와 프로그램이 간단하기 때문에 가격과 보수 유지비용이 낮다. 또한 다양한 소재의 적용이 가능하고 대형화가 가능하지만 표면조도의 질이 높지 않고 경화시 소재가 흘러내리는 것을 방지하기 위해 지지대가 필요하며 프린팅 후에 지지대의 제거 과정이 추가로 필요하다 점과 조형속도가 느리다는 단점이 있다^{2,3,6)} (Fig. 2).

상기의 재료에 의한 분류방식이 아닌 조형방식에 의한 분류

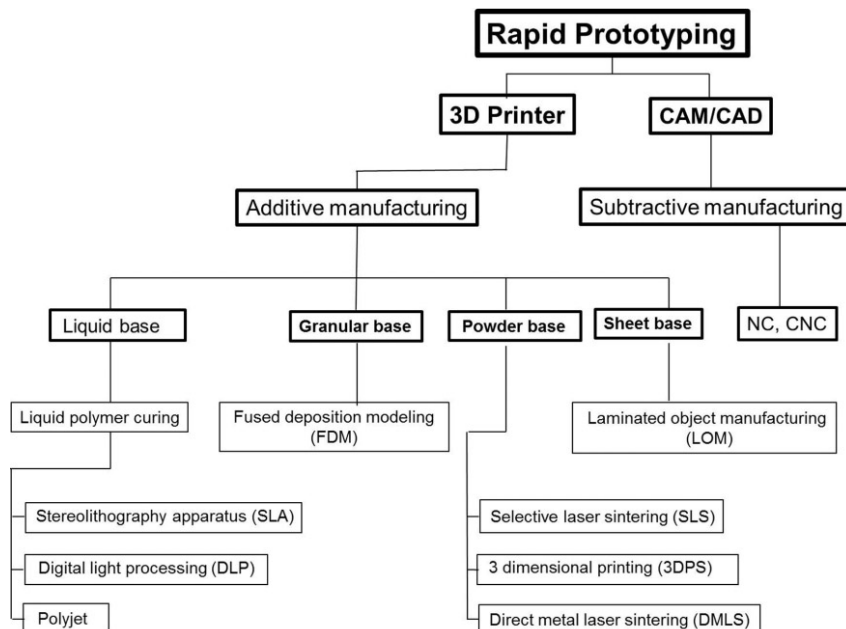


Fig. 2. Classification of 3D printer by printing materials.

는 미국재료시험학회(ASTM)이나 ISO의 분류방식에 근거하면 크게 재료압출(material extrusion), 재료분사(material jetting), 광중합(photo polymerized), 분말적층용융(powder bed fusion), 접착제 분사(binder jetting), 고에너지 직접조사(direct energy deposition), 시트접합(sheet lamination) 등 7가지 방식으로 구분된다. 재료압출방식은 가는 필라멘트를 노즐 안에서 녹여 연속적으로 밀어내면서 3차원적으로 이동하며 출력하는 적층방식이며 FDM이 여기에 해당된다(Fig. 3). 재료분사는 노즐에서 액체상태의 잉크나 분말을 분사하고 이를 자외선 등의 빛으로 경화시키는 조형 방식이며 polyjet가 여기에 해당된다. 광중합은 액체 상태의 광경화성 수지에 레이저 등

의 빛을 투사하여 적층하는 방식으로 SLA와 DLP등이 여기에 해당된다(Fig. 4, 5). 분말적층용융은 금속 파우더 등의 가루형태의 소재에 레이저를 조사하고 선택적으로 용융, 적층하는 방식이며 SLS, DMLS 등이 여기에 해당된다(Fig. 6). 접착제 분사는 가루형태의 모재위에 액체 접착제를 분사시켜 적층하는 방법으로 3DP가 여기에 해당된다(Fig. 7). 시트접합은 접착제 분사 방식과 유사하게 접착성의 종이나 플라스틱, 금속 sheet를 액상의 접착제를 분사하여 접합, 조형해 가는 방식이며 LOM이 여기에 해당된다. 고에너지 직접조사방식(direct energy deposition, DMD)은 레이저나 전자빔으로 원 소재를 녹여 부착시키는 방식으로 DMT 등이 여기에 해당된다^{1,3,6)}.

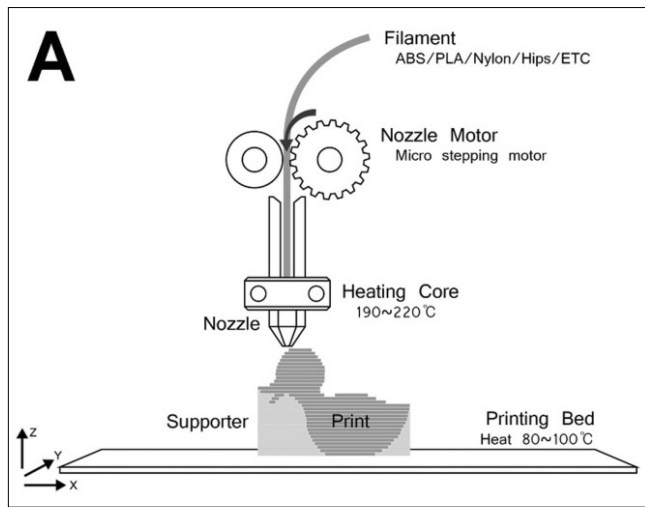


Fig. 3. 3D printing mechanics. (A) FDM technology. (B) Colorful filaments for printing material of FDM printer. cited on <http://www.glucklab.com/shop/main/service2.php>.

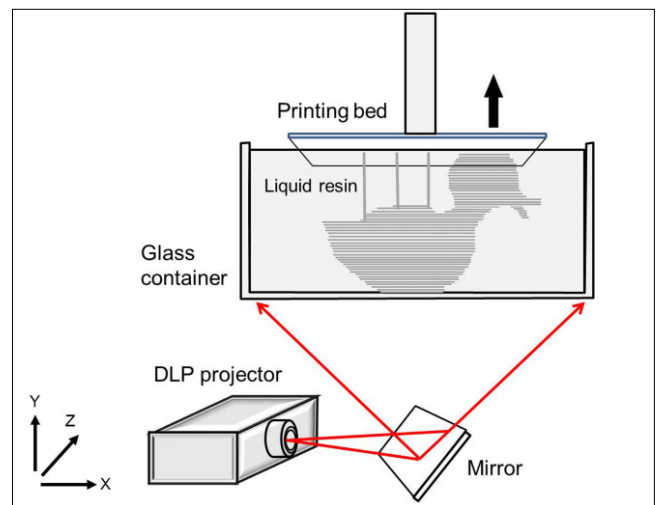
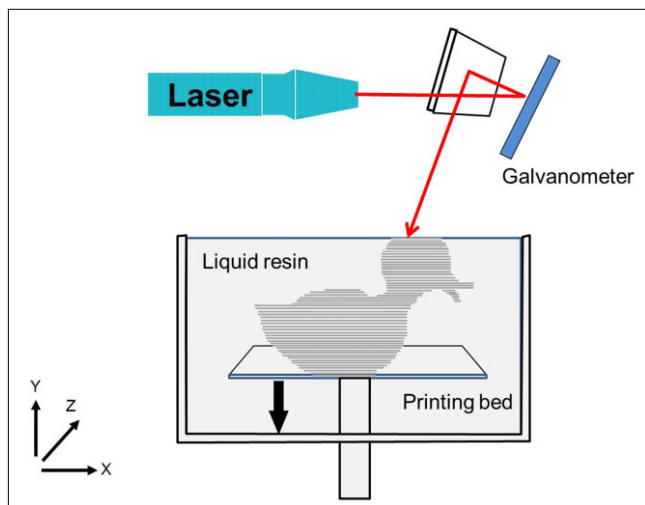


Fig. 4. 3D printing mechanics of SLA technology.

Fig. 5. 3D printing mechanics of DLP technology.

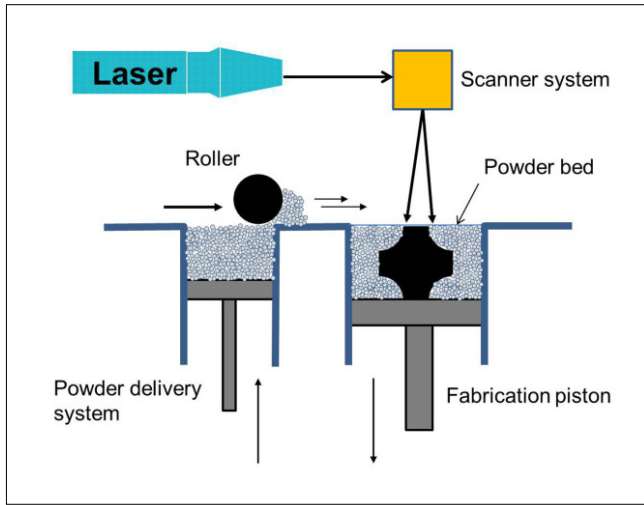


Fig. 6. 3D printing mechanics of SLS technology.

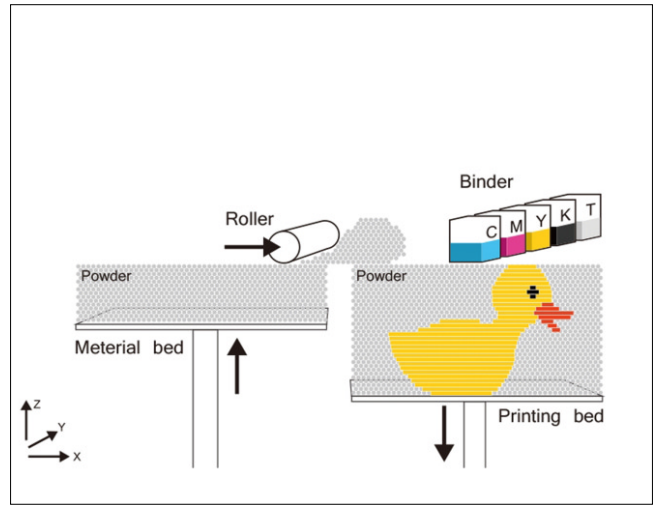


Fig. 7. 3D printing mechanics of 3DP technology. cited on <http://www.glucklab.com/shop/main/service2.php>

Ⅳ. 의료분야에서의 3D 프린터의 활용

의료분야에서 3D 프린팅이 활용되는 이유 중의 하나는 사람의 몸 구조나 형태가 각 개인마다 다르기 때문에 환자 개개인의 신체에 대한 맞춤형 치료를 시행하거나 기구를 제작하는데 3D 프린팅이 큰 역할을 하기 때문이다. 또한 자기공명영상장치(MRI)나 CT 등 의료분야에서의 3D 데이터의 사용이 증가하면서 이에 따른 환자의 디지털 데이터를 활용한 신체 모형이나 의료용 기구를 제작할 수 있는 기반이 조성되고 있기 때문이다.

3D 프린터로 환자의 신체 부위를 모형으로 제작하면 실제 수술에 앞서 의료진이 수술 계획을 세우거나 모의 수술을 진행할 수 있으며 또한 수술을 안전하게 가이드 할 수 있는 구조물을 미리 제작하여 적용함으로써, 수술 시간을 단축하고 성공률을 높일 수 있다.

최근에는 보청기, 의족, 치아 보철물 등 개인 맞춤형 의료 보형물 제작에도 3D 프린팅 기술이 사용되고 있으며 또한 재생의학 분야에서 지지체(scaffold) 제작에 활용하여 살아있는 세포를 원하는 형태로 조형할 수 있기 때문에 기존의 금속이나 플라스틱으로 제조된 지지체보다 조직의 유착율을 높일 수 있다. 이

와 같은 3D 프린팅 기술이 의료분야에 확산, 도입되고 있는데, 정형외과, 치과, 성형외과, 그리고 암 수술에 이르기까지 3D 프린터가 활용되고 있다. 그 대표적인 응용 분야 몇 가지를 아래와 같이 정리할 수 있다.

1. 의족, 의수, 보청기 등 신체보조 및 재활기구

생체적합성과 크게 관련 없는 일반소재를 이용하여 신체 골격과 맞게 제작된 보조기구를 이용하여 의족, 의수를 환자의 신체 구조에 잘 적합되도록 맞춤형으로 제작하여 환자가 편리하게 사용할 수 있다. 현재 3D 프린터를 이용해 제작하여 가장 흔히 사용되고 있는 의료 보조 기기 중의 하나는 맞춤형 보청기이다. 3D 스캐너를 이용해서 환자의 귀 모양을 정확하게 인식하고, 이를 3D 프린터로 출력하면, 환자의 귀에 정확히 맞는 보청기가 제작되어 환자들은 더 편리하게 보청기를 착용할 수 있다. 의수와 의족도 환자 개개인에 맞게 맞춤형으로 제작할 수 있으며 기존의 수작업에 비해 제작시간이 단축되고 스캔 자료가 보존되므로 파손, 분실하더라도 다시 손쉽게 제작할 수 있다(Fig. 8).

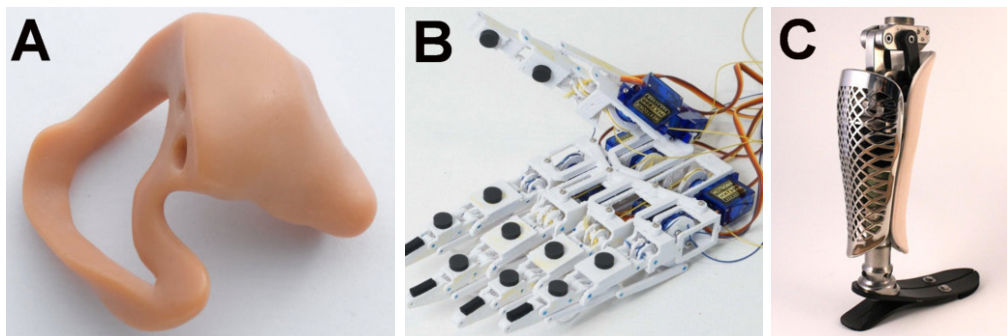


Fig. 8. 3D printed prosthodontics; hearing aids (left), artificial hand (middle), and artificial leg (right). cited on <http://www.javelin-tech.com/3d-printer/materials/polyjet-photopolymer>, <http://www.designsori.com/so/598499>, <http://techholic.co.kr/archives/7446>

2. 수술모형이나 수술 가이드 구조물

외과수술을 위한 치료 계획수립이나 수술상황을 재현(simulation)하는 사전연습을 위한 도구로 활용할 수 있으며 실제 수술실에서 수술을 안전하고 정확하게 시행하기 위한 가이드 구조물 제작에 활용하고 있다. 가이드 구조물을 사용할 경우 각종 수술용 도구를 시술부위에 정확히 위치하거나 적용할 수 있어 수술의 안전성과 성공률을 높일 수 있다. 2002년 미국 UCLA 병원에서 삼쌍둥이 분리수술을 시행하였는데, 복잡한 뇌혈관구조와 신체 경계부의 구조로 인해 100시간 가량 소요될 예정의 수술을, 3D 모델을 만들어 수술계획을 수립하고 예행연습을 시행한 결과 22시간 만에 성공적으로 시행한 사례가 있다.

3. 바이오 프린팅(Bio-printing)

살아있는 세포를 원하는 형상으로 적층하여 조직이나 장기를

제작하는 기술로서 조직공학(tissue engineering) 혹은 재생의학(regenerative medicine)의 기본이 되는 기술이다. 이를 위한 가장 중요한 요소가 지지체(scaffold)이며 이는 생체적합성이 우수하고 표면적이 크고 다공성이어야 하며 적절한 물리화학적 성질과 성형 가공성이 요구된다⁷⁻⁹⁾. 또한 외부감염으로부터 세포를 보호하며 세포에 산소와 영양분을 공급하고 이산화탄소를 쉽게 배출할 수 있는 구조여야 한다. 또한 혈관 생성 후에는 자연적으로 체내에서 생분해되어야 한다. 이렇게 세포가 자랄 수 있도록 하는 지지체는 조직공학의 기본요소로서 콜라겐, 젤라틴, 전분, 텍스트란, 키토산 등의 천연고분자 소재와 poly lactic-co-glycolic acid (PLGA), poly glycolic acid (PGA), poly lactic acid (PLA), poly caprolactone (PCL) 등의 합성 생분해 고분자가 주된 성분이며 이를 이용하여 3D 지지체를 제작하는데, solvent-casting particulate leaching, 가스발포법(gas forming), fiber bonding, 상분리법(phase separation), 전기방사법(electrospinning) 등 여러 가지 방법이 이용되고 있다^{7,9-11)}(Fig. 9).

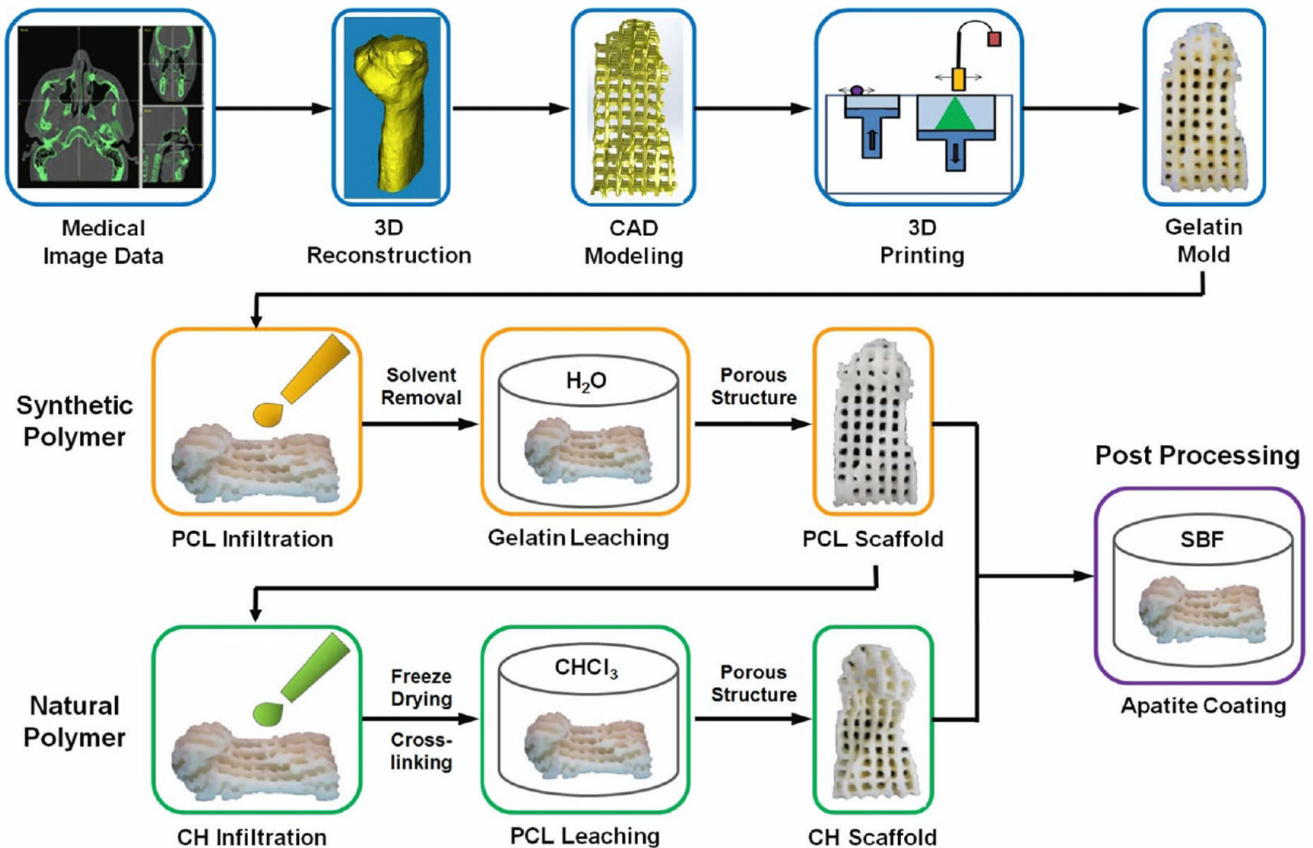


Fig. 9. Scaffold fabrication process by indirect 3DP. cited on Biofabrication. 2013 Dec;5(4):045003. doi: 10.1088/1758-5082/5/4/045003

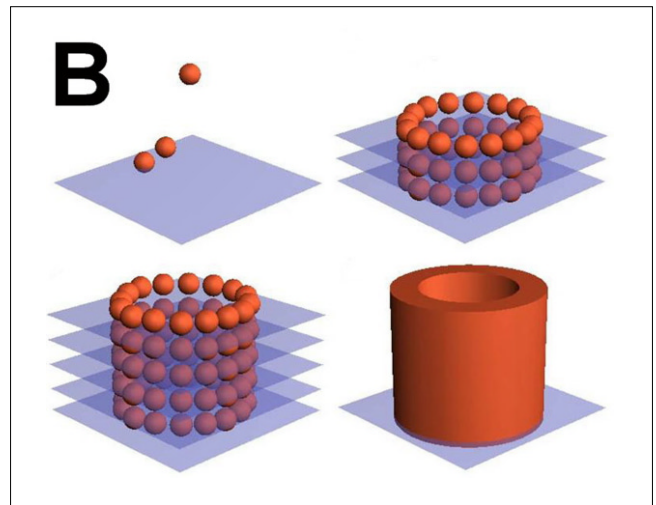
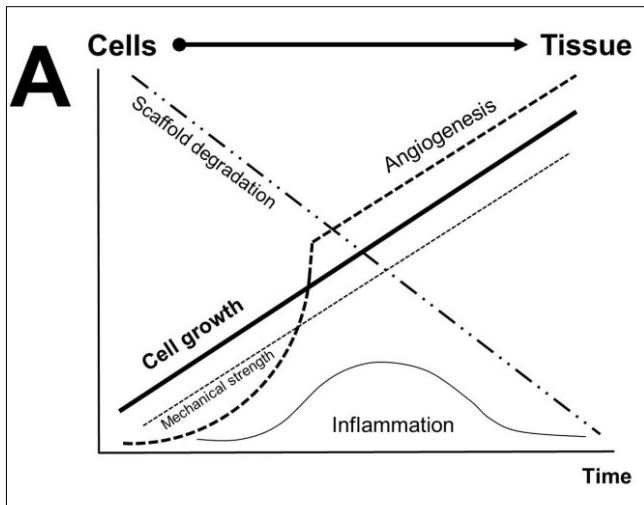


Fig. 10. Process of tissue generation. A. 3D culturing process from cells to tissue. B. Printed cells fuse together and scaffold dissolves, which resulted in living tissue. cited on <http://gopaultech.com/blog/2007/11/organ-printer-could-save-countless-lives/>

근래에는 신속조형 장비, 즉 SLA, SLS, FDM, 3DP 등의 3D 프린터를 이용하여 지지체의 공극률을 높여 표면적을 크게 하고, 공극간의 연결성을 높여 세포의 침투와 유착률을 높이며 영양분이나 산소의 공급을 향상시키고자 하는 노력이 이루어지고 있다. 이와 함께 잉크 카트리지에 세포액들을 채워 분사함으로써 혈관, 피부, 신장, 골, 연골 등의 장기를 만들어 내는 바이오 프린팅 기술이 발전하고 있다^{7,11)} (Fig. 10). 이와 같은 바이오 프린팅을 통해 제작된 장기는 환자 개개인의 맞춤형 장기로 면역반응을 최소화 할 수 있는 점이 장점이다. 지금까지는 장기 수요공급의 심각한 불일치로 장기를 이식하기 위해서는 “장기를 기다리면서 울고 이식 후에는 면역반응으로 운다” 라는 말을 나올 정도로 장기 구하기도 어렵고 면역반응의 부작용이 컸으나 앞으로는 이와 같은 문제점들이 점차 개선될 전망이다. 이와 같은 장기 이식기술의 발전과 함께 앞으로 가슴성형, 코성형, 안면성형 등 성형 분야에서도 바이오 프린팅 기술이 점차 일반화될 수 있을 것으로 생각된다.

치의학 분야에서도 골이나 연골 등 생체재료를 이용하여 제작하려고 하고 나아가 생체친화적이고 생분해되는 고분자 재료를 이용하여 치아 지지체를 제작한 후 세포나 BMP7 등의 골형성 인자를 주입하여 치조골 및 치주조직을 재생하고자 하는 시도가 이루어지고 있다^{12,13)} (Fig. 11).

2015년 현재 우리나라의 바이오 메디컬 프린팅 사업 관련 국책사업은 200억 규모로 70여개 연구기관에 투자되고 있는데, 한 예로 피부재생을 위한 환부 직접도포용 3D 바이오 프린터 개발에 카이스트, 서울대학병원, 한국기계연구원 등의 연합연구팀에게 30여억 원이 투자되고 있다.

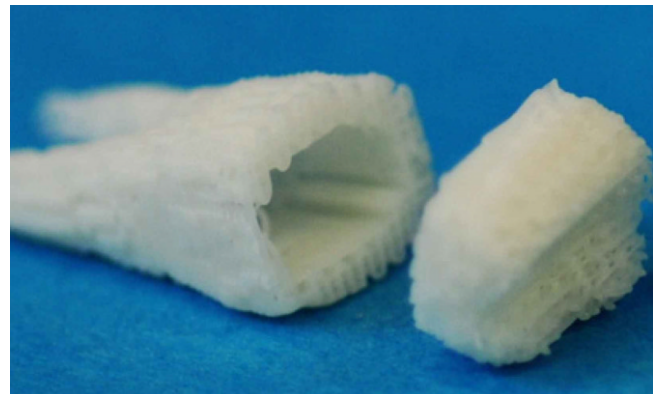


Fig. 11. Tooth scaffold fabricated by 3D printing with biocompatible, biodegradable material. A body's stem cells or blended cocktail of stroma-delivered factor-1 and BMP7 were delivered into scaffold microstructure to induced the hard tissue and periodontal tissue. cite on <http://www.popsci.com/science/article/2010-05/new-technique-uses-bodys-stem-cells-regenerate-teeth>

4. 제약분야

FDA는 2015년 제약계에서는 최초로 미국 “Aprecia사”가 3D 프린팅 플랫폼인 “ZipDose”을 이용해 제작한 간질약인 SPRITAM™을 승인한 바 있다. 이 약은 고농도의 용량이 구강 내에서 빨리 흡수될 수 있도록 설계되었는데, 이와 같이 3D 프린팅을 이용해 약을 제작할 경우 약의 표면적, 형태, 녹는 속

도 등을 자유롭게 조절할 수 있어 농도와 흡수시간을 환자 개개인에 맞춤형으로 제작할 수 있고 따라서 안정성과 약효를 획기적으로 개선할 수 있다고 알려졌다¹⁴⁾.

5. 치의학 분야

현재까지 치아 교정을 위해 석고로 환자 치아의 모델을 제작하고 이를 기본 구조로 하여 교정장치나 임플란트 등을 수작업으로 제작해왔다. 최근에는 3D 스캐너, 치과용 CT 등 디지털 기반 기기로 스캔한 환자 치아 및 치열 데이터를 기반으로 직접 3D 프린터를 통해 교정 장치나 임플란트 스텐트 등을 제작하는 것이 가능해졌다. 또한 악골이나 치아모형, 수술용 기구 등을 제작할 수 있어 과거에 비해 훨씬 신속하고 정확한 시술이 가능해졌다.

이처럼 치과 분야에서 3D 프린팅 기술 도입이 늘자 업계는 발 빠르게 관련 솔루션 출시를 서두르고 있다. 2013년 5월 서울 코엑스에서 열린 '2013 서울 국제 치과 전시회(SIDEX 2013)'에서는 다양한 3D 프린팅 장비들이 선보여졌다. 특히 전 세계 3D 프린팅 분야 1위 업체인 미국 "Stratasys사"에서는 소규모 치과 기공소 및 클리닉을 위한 업체 최초 덴탈 전용 데스크톱 3D 프린터를 선보였다. 기존에는 높은 비용으로 인해 대형 기공소에서만 3D 프린팅 기술을 도입할 수 있었던데 반해, 새로 출시된 데스크톱 3D 프린터는 소규모 기공소나 클리닉에서도 저렴한 비용으로 손쉽게 디지털 치의학 솔루션을 구축할 수 있는 것이 특징이다.

치과기공소에서는 3D 프린팅 기술을 3D 구강스캐닝, CAD-

CAM 및 디자인 소프트웨어 등과 결합해 치과용 스톤 모델 및 투명 교정기는 물론 실제 치아와 유사한 베니어 prototype 등 다양한 치과 교정장치를 신속하고 정교하게 제작할 수 있다. 또한 환자의 케이스를 디지털 데이터로 보관할 수 있어 다량의 모형을 보관하기 위한 공간이 필요 없는 것도 장점이다.

치과분야에서 3D 프린팅 공정기술별 적용 분야를 요약해 보면 다음과 같다. 교정용 retainer 제작 등을 위해 주로 SLA 프린터가 사용되며 polyjet 프린터도 사용할 수 있다. 보철용 coping을 위해서는 DLP 프린터가 이용된다. 치열모델 제작에는 DLP, SLA, polyjet 등의 프린터가, 그리고 denture framework은 FDM, DLP, SLS 등의 프린터를 이용해 제작할 수 있다(Fig. 12).

(1) 보철 분야

치과분야에서 가장 일반적으로 응용되는 부분은 치아 보철물 제작이며 3D 프린터에 의해서 치아 보철물의 제작 방법이 획기적으로 개선되고 있는 추세이다. 현재 금속전장관 혹은 도재전장관(all ceramic crown) 등의 치아 보철물의 제작 과정은 전적으로 치기공사의 수작업으로 이루어지기 때문에 인력, 시간, 재료의 소모가 많고 복잡한 공정과 이에 따른 오차, 재료의 변형 등 최종 보철물의 정확도에 오차가 생길 수 있는 소지가 많다. 그러나 CAD-CAM 및 3D 프린팅 기술이 도입되면서 제작 시간이 대폭적으로 줄어들고, 제작 과정에서의 오차가 최소화될 수 있게 되었다. 물론 구강 내 스캔을 위한 카메라의 정확성에 관해서는 논란이 있지만 앞으로 이러한 문제도 해결되어 기존의 보철물 제작방식을 대체하리라 사료된다.

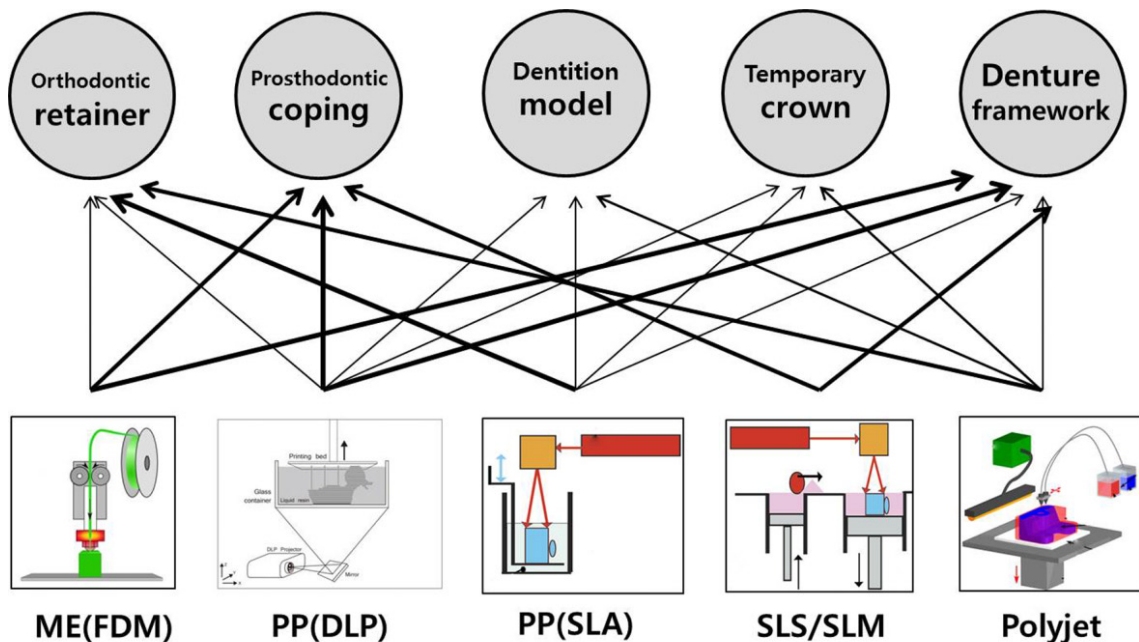


Fig. 12. Application of 3D printers in dental field.

① 왁스 패턴 제작

금속전장관, 도재전장관, RPD framework 등은 시간이 많이 걸리며 왁스 패턴의 질이 기공사의 기술에 좌우된다. 그러나 WaxPro™ 등의 소프트웨어를 탑재하고 있는 CAD와 3DP 등의 3D 프린터를 사용하여 왁스 패턴을 일정한 두께로 정교하게 제작할 수 있어 보철물의 정확성을 높일 수 있다. 또한 인상 채득과 모델 제작 등 여러 과정들을 생략할 수 있어 제작 시간을 단축시킬 수 있다¹⁵⁾.

② 금속 casting, 안면 수복물, 충의치를 위한 mold 제작

금속 casting을 위한 세라믹 mold, 안면결손부위 수복을 위한 폴리우레탄이나 실리콘 의안보철물 제작을 위한 mold, 충의를 위한 mold (flask)를 제작한다. 이와같은 공정은 왁스 패턴 제작과 제거과정을 생략하므로 이 과정에서 발생하는 수축을 줄여서 오차를 줄일 수 있으며 노동력과 시간을 절약할 수 있다¹⁵⁾.

앞으로는 위에서 기술한 왁스 패턴을 제작 후 burn out시켜 금속을 casting하는 시대는 지나갈 것으로 예상되는데, 그 이유는 3D 프린터(direct metal printing, DMP)로 직접 metal coping을 제작하는 기술들이 소개되고 있기 때문이다(Fig. 13). 그 예로 미국 “BEGO사”는 laser sintering 3D프린터로 코롬-코발트-몰리브덴 금속 분말이나 크롬-팔라듐 금속 분말을 이용하여 직접 metal coping을 제작하는 기술을 개발하였다. 이와 같이 적층 방식으로 제작된 coping은 casting에 의해 제작된 coping에 비해 정확도가 매우 높다¹⁶⁾(Fig. 14). 앞으로 DMP는 치과분야에서 crown, bridge, denture framework 등의 제작에 활용될 가능성이 높은 3D 프린터이다.

③ CAD와 3D 프린터를 이용하여 RPD 프레임 제작할 수 있으며 특히 SLM, SLS과 같은 금속분말 적층 방식의 3D 프린터를 사용할 경우 직접 금속 프레임을 제작할 수 있다¹⁷⁾(Fig. 15).

④ 도재전장관

현재 CAD/CAM milling system에 의해 zirconia ceramic을 조각하여 crown을 제작하고 있는데, 재료 낭비가 많고 절삭 기구의 날이 쉽게 닳고, 표면에 미세한 crack이 형성되는 문제점들이 제기되고 있다. 그러나 3D 프팅 기술로 zirconia powder를 paste화 하여 적층한 후 furnace에서 900℃로 소결



Fig. 14. Three-unit bridge manufactured by BEGO company from an STL file using its laser sintering additive manufacturing system.

		Dental	Medical	Industrial
Stainless Steel	<ul style="list-style-type: none"> 315L SS 17-4 SS 15-5 			
Titanium	<ul style="list-style-type: none"> Ti pure grade 1 Ti pure grade 2 Ti6Al4V EL1 Ti6Al4V 			
Super alloy	<ul style="list-style-type: none"> CoCrMo CoCrWMo Inconel 718 Inconel 600 			
Aluminium	<ul style="list-style-type: none"> AlSi10mg 			
Exotics	<ul style="list-style-type: none"> Tantalum Tungsten 			

Fig. 13. Materials for direct metal printing in dental, medical and industrial fields.

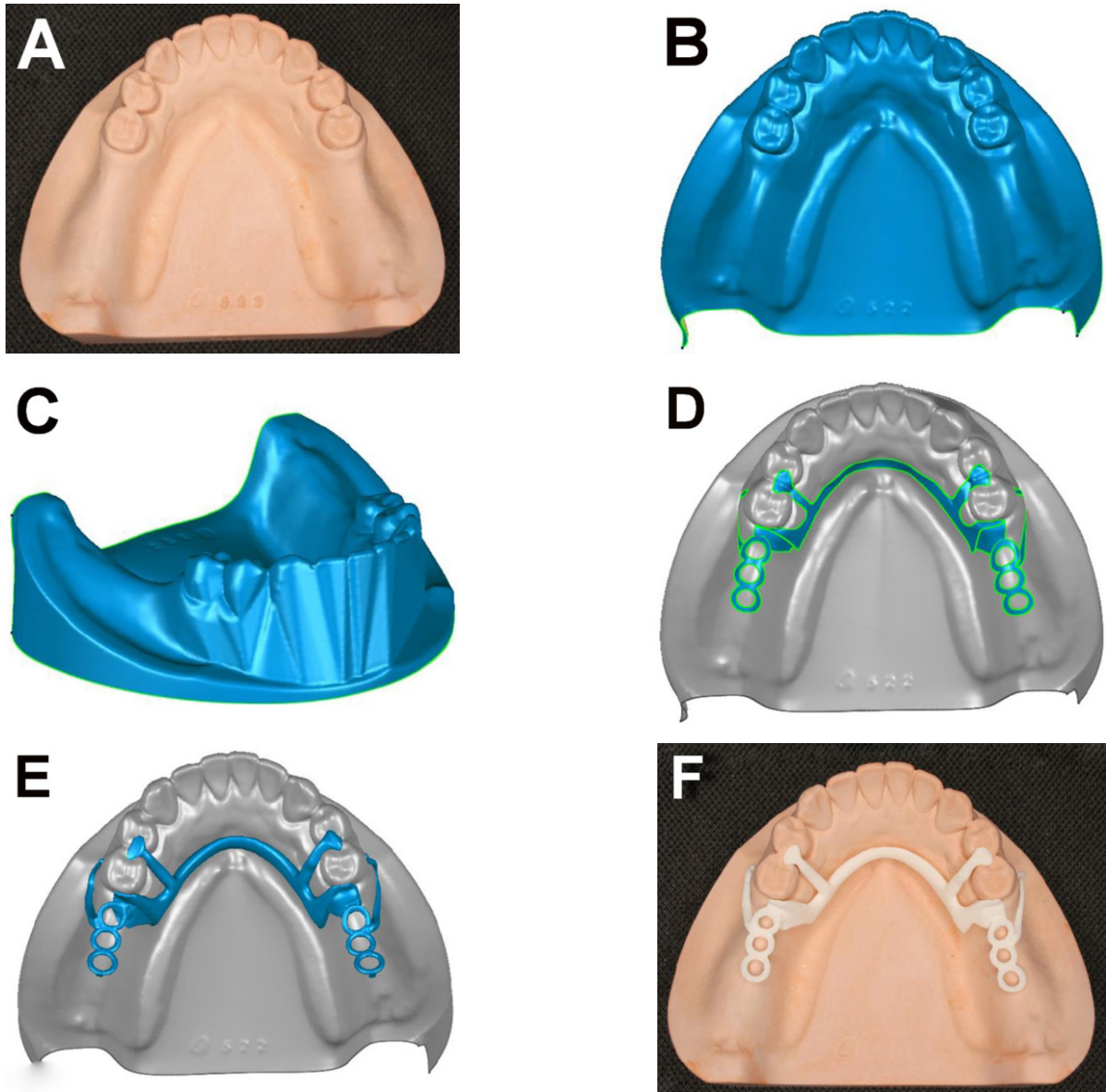


Fig. 15. A. Stone cast model representing class I Kennedy. B. 3D model of the cast was scanned using 3D scanner. C. Isometric view of the model after undercut blockage with flat areas. D. Full design of the RPD component created as thin surface relieved from the model surface. E. Final 3D model after volume creation and smoothing of the sharp angles. F. 3D printed framework placed on the stone cast. cited on Int J Advanced Research 2 : 686-694, 2014.

(sintering)하여 구워내는 방식이 새롭게 시도되고 있다. 소결 후 25% 정도의 수축이 있다는 점이 앞으로 대중화될 수 있느냐를 가늠하는 문제점으로 지적되고 있다. 그러나 자체 구조와 물성은 제외하고는 기존의 방식으로 구워내는 ceramic과 구조적으로 별 차이가 없다고 알려져 있다. 그러나 조각을 하지 않고 3D 프린팅을 이용하여 적층방식으로 제작하는 도재전장관이 좀 더 일반화 되기 위해서는 많은 연구가 필요하다⁵⁾.

(2) 외과 분야

외과분야에서는 수술부위의 구조나 형태를 재현한 진단용 모

델을 제작하며 수술을 위한 decision making을 돕고 3D 프린터를 통하여 제작된 template나 guide를 통하여 수술의 정확성과 안전성을 증진시킬 수 있다. 임플란트 식립시 surgical guide 제작을 위해 3D 프린팅 기술이 이미 적용되고 있다¹⁸⁾ (Fig.16)

또한 하악골 재건술에 RP 혹은 3D 프린팅 기술이 적용된다. 하악의 경우 복잡한 3차원적 구조와 근육 부착, 그리고 복잡한 혈관 분포로 인하여 그 어는 수술보다 실패율이 높다고 알려져 있다. 그러나 3D 프린팅을 통하여 하악의 입체 모델을 제작하고 수술 전 좌우대칭, 치아교합, 악관절 관계 등 구조분석과 질

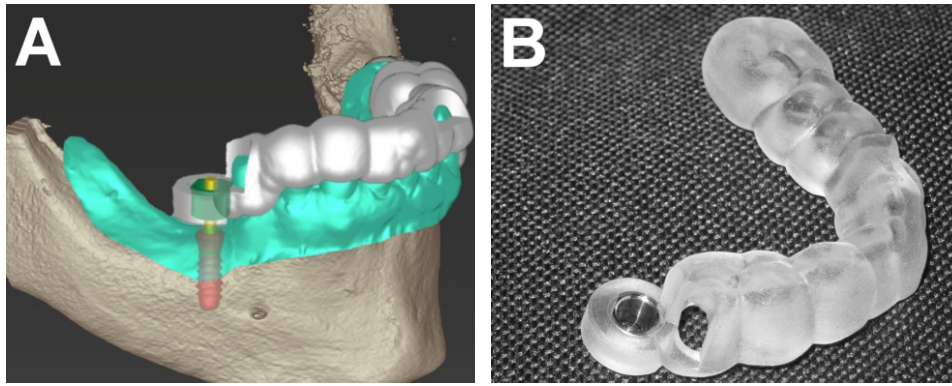


Fig. 16. A. Virtual drilling guide as an offset of the tooth surfaces showing image of intraoral soft tissues provided by the intraoral scan fused with the radiologic data and the virtual image of the planned implant. B. Printed implant drilling guide with metal insert and fenestrations for placement control. cited on 3D Plot of Implant Drilling Guide. J Oral Maxillofac Surg. 71:1340-1346, 2013.

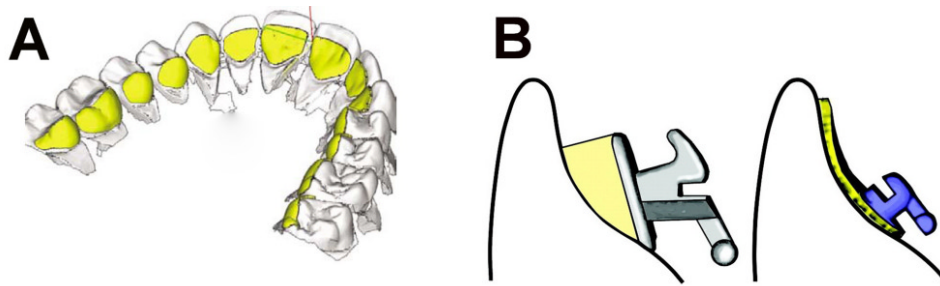


Fig. 17. A. Digital setup with individually defined bracket bases, B. Conventional lingual bracket (left) and customized bracket (Right). cited on Am J Orthod Dentofacial Ortho, 124:593-599, 2003.

제부위의 simulation을 통한 정확한 치료계획을 수립할 수 있으며, 3차원적 모델에서 bone plate를 제작하거나 골 결손 부위 자가골 이식을 위한 이식골의 정확한 형태를 재현할 수 있다¹⁹⁾.

이외에도 구강악안면 보철물, 소위 '인공턱뼈'의 제작을 통해 수술방법과 결과를 획기적으로 개선할 수 있다. 지난 2011년 6월 벨기에 하셀트 대학 의사들이 골수염으로 하악을 상실한 노인 환자의 턱뼈를 3D 프린터로 제작한 티타늄 보철물로 대체하는 수술을 시도하여 성공을 거둔바 있다. 이 환자의 경우에는 나이 등의 다른 여건 때문에 기존의 전통적인 재건술의 경우 수술시간도 20시간 이상 소요되어 위험하다고 판단되었으며 또한 수술 후에도 환자는 수개월 동안 입원해야 하며, 음식물을 저작하기 어려운 상황에 처할 수 있는데, 사전 제작한 티타늄 턱뼈를 이용한 수술은 단 4시간 만에 끝났으며, 환자는 다음날부터 제대로 말하고 음식물을 삼킬 수 있었으며 다른 염증반응이나 면역반응이 없었다고 보고되고 있다²⁰⁾.

(3) 교정분야

교정분야에서는 진단용 치아모델에 처음 응용되었다. 1999년 OrthoCAD™ (Cadent, Carlstadt, NJ, USA)가 처음으로 디지털 모델 시장에 소개된 이후 현재까지 많은 시스템들이 개발, 시판되고 있다. 이와 같은 상용화된 시스템은 디지털 데이

터를 수집하기 위해 스캐너가 사용되고 있는데 구강 스캐너를 사용하여 환자 구강 내에서 직접 스캔할 수 있는 직접방식과 알지네이트 인상 모델이나 플라스틱 모델에서 스캔할 수 있는 간접방식이 있으며 간접방식은 데스크탑 스캐너, 구강 스캐너, 그리고 CT를 이용하고 있다. 현재 iTero™ (Align Technology Inc., San Jose, CA, USA), 3D Progress™ (Medical Height Technology Co., Verona, Italy), PlanScan™ (E4D Technologies, Richardson, TX, USA) 등 10여 개의 구강 스캐너가 시판되고 있으며 데스크탑 스캐너의 경우 Ortho Insight 3D™ (Motion View Software, LLC, Chattanooga TN, USA), Maestro 3D™ (AGE Solutions, Piza, Italy), 3Shape R 500™ (3 Shape Co., Copenhagen, Denmark) 등 5~6개가 시판되고 있다. 이외에도 최근에는 facial 스캐너가 개발, 시판되고 있다.

교정용 3D 프린터도 개발, 시판되고 있는데, Objet30 OrthoDesk™ (Stratasys Ltd., Eden Prairie, MI, USA), Ultra 3SP Ortho™ (EnvisionTEC, Gladbeck, Germany) 등 5~6개가 소개되고 있다²¹⁾. 이들 프린터를 이용해 주로 진단용 모델, retainer, surgical guide, 그리고 맞춤형 bracket이나 arch wire 등을 제작하고 있다^{22,23)} (Fig. 17).

(4) 소아치과 분야

소아치과 분야는 수복과 외과분야에 주로 이용할 수 있을 것으로 전망되는데, 아직까지 3D 프린팅을 이용하여 소아치과에 관련된 진단과 치료에 대한 시도를 한 연구, 보고는 거의 없는 실정이다.

① 자가치아이식(Autotransplantation)

성장기 어린이들에게서 치아의 결손과 매복, 과잉치 등이 발견되는 예가 많고 이를 해결하기 위한 방법의 하나로 자가치아이식을 시행한 사례는 상당히 많다. 자가치아이식을 성공적으로 시행하기 위해서 가장 중요한 요소는 시술과정에서 공여부 치아의 치근막 손상을 최소화 하여 이식 후 유착이나 치근 흡수와 같은 부작용을 줄여주는 것이다. 이를 위해 공여치의 발치를 치근막의 손상없이 매우 조심스럽게 시행해야 하며 수여부의 골재 및 성형시 공여치아를 이용한 적합여부 횡수와 구강의 시간을 최대한 줄여주는 것이다. 또한 수여부에 형성한 치조와가 공여치의 치근과 밀착도가 적절하여 치근막에 산소와 영양분이 효율적으로 공급되도록 하는 것이다.

이를 위해 최근에는 공여할 치아의 모형을 RP 방식을 이용, 제작하여 시술과정에서 guide로 사용하고 있다. 이와 같은 시도는 아직 많이 이루어지고 있지 않은데, 해외에서는 이를 보고한 논문이 5~6편에 지나지 않으며 국내에서는 2~3편의 증례가 보고된 바 있다^{24,25)}. RP를 이용한 자가치아이식의 장점은 trial and error 방식의 수여부 치조와(alveolar socket) 형성 과정에서 guide로서 자연치를 사용하지 않고 모형치를 사용하므로써 공여치 치근의 수여부 치조와에 대한 무리한 접촉을 피할 수 있고 구강의 시간을 단축시킬 수 있어 이식할 치아의 치근막 손상을 최소화 할 수 있다는 점이다²⁶⁾.

최근에는 3차원 영상분석프로그램을 통해 모형치의 제작은 물론 이식치를 어떤 방향과 경사 그리고 어느 깊이까지 위치시킬 것인가에 대해 사전에 simulation을 할 수 있고 이 과정을 통해 공여치 치근막의 노출을 최소화 할 수 있으며 불필요한 골삭제를 피할 수 있다. 또한 안전하고 정확한 시술을 위해 골삭제를 위한 stent 혹은 guide를 3D 프린터로 제작할 수 있다 (Fig. 18).

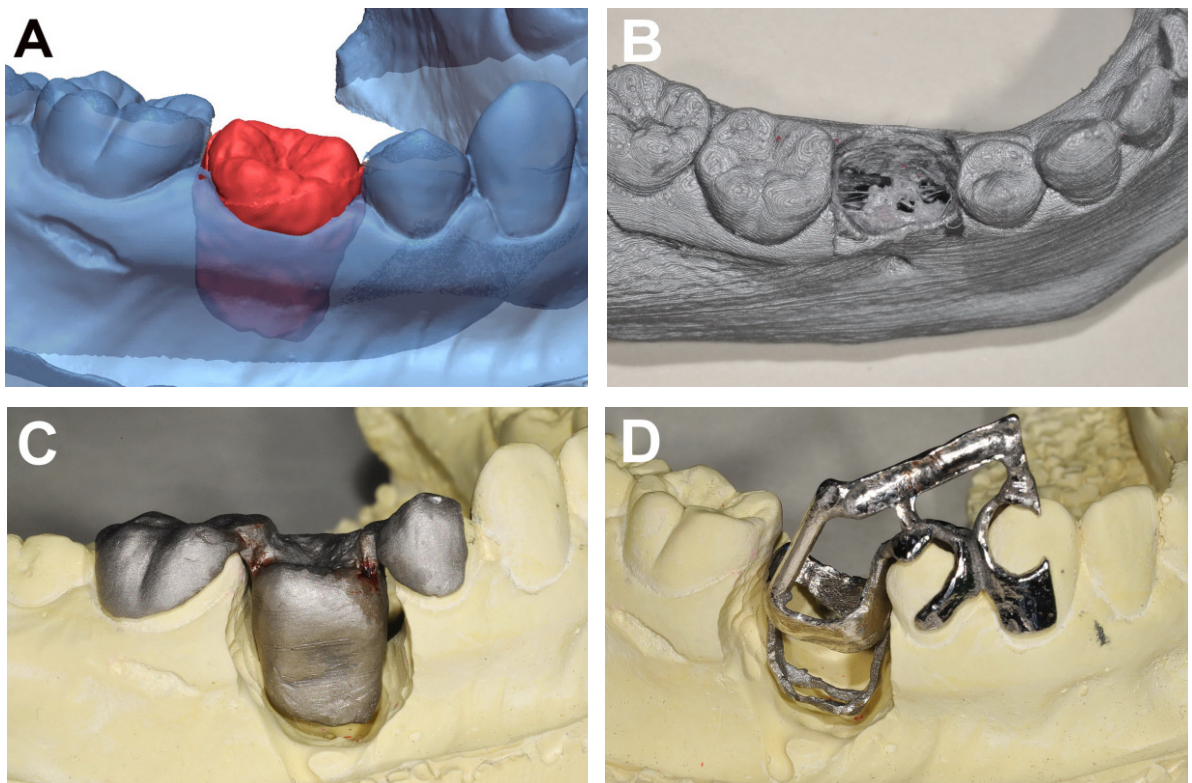


Fig. 18. Surgical guider for autotransplantation. A. Simulation of transplanted tooth with scanning and 3D imaging computer software. B. 3D printing model of recipient site showing socket for transplantation. C. 3D printing model of surgical guider. D. Surgical guider for drilling depth made by 3D printed wax pattern and metal casting.

② 유전치 수복

유전치를 수복하는 방법은 기존의 celluloid strip crown, zirconia crown, open faced stainless steel crown 등 여러 가지 방법이 있으나 이 모두가 기성품이어서 각각의 치아에 맞추는 과정이 시간이 많이 걸린다는 문제점이 있다²⁷⁾.

이와 같은 문제점을 개선하기 위해 맞춤형 crown을 제작할 수 있는데, 구강 내에서 치아 삭제 후 인상을 채득하여 제작한 모형틀을 scan하거나 혹은 직접 구강 내에서 스캔하여 digital 입

체모형(STL file)을 만든 다음 CAM/CAD를 사용하여 crown 모형을 디자인하고 zirconia 재료를 이용하여 crown을 조각하는 방법을 생각해 볼 수 있겠다. 또한 스캔한 자료를 STL file로 저장한 후 GEOMagix™ 같은 이미지 분석, 조형 프로그램에 넣어 crown을 디자인하고 그 표면을 1 mm 두께로 감싸는 소위, strip crown form 형태를 디자인 한 후 3D 프린터를 이용, 제작하여 레진의 운반, 매개체로 사용하는 방법을 생각해 볼 수 있겠다(Fig. 19).

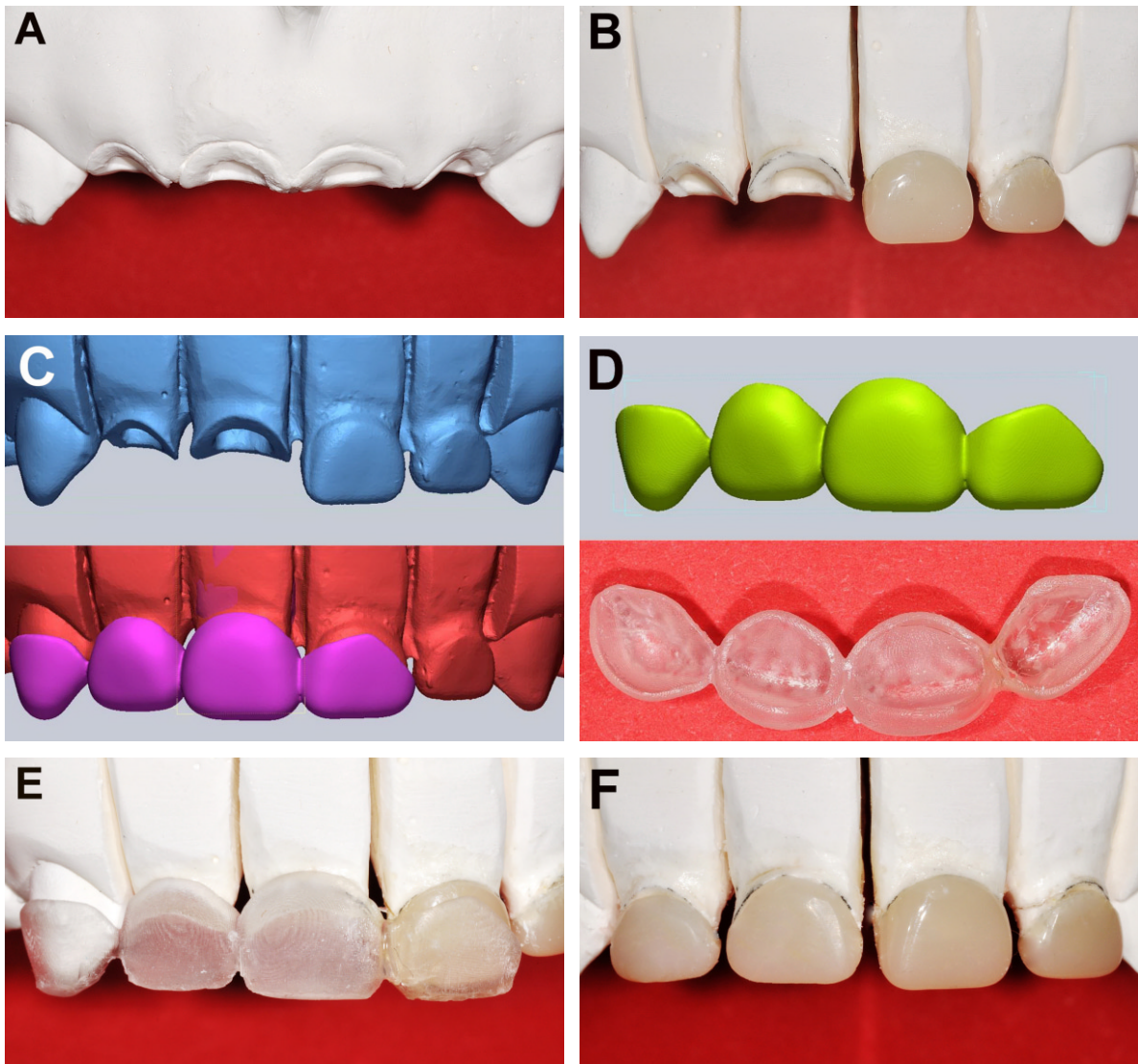


Fig. 19. Fabrication of short post crowns for primary anterior teeth. A. Preparation of teeth for short post crown. B. Zirconia short post crown made with CAM/CAD system. C. 3D scanning model (upper) and stent for strip crown designed by 3D imaging software (lower). D. 3D stent image (upper) and printed material of stent (lower). E. Checking the stent on working model before placement of composite resin. F. Placement of short post crown, Left central and lateral primary incisors : Zirconia crowns fabricated by CAM/CAM system, Right central and lateral primary incisors : Resin crowns fabricated by 3D printing technology.

③ 전문가 불소국소도포

현재 시판되고 있는 대부분의 불소 바니쉬는 주된 성분이 천연송진(레진)이어서 도포시 치아의 일시적 착색과 불쾌한 맛, 끈적끈적한 질감으로 인해 학령기 어린이 및 청소년에게 거부감을 갖게 한다. 또한 치면에 오래 붙어있지 않고 타액이나 음식에 의해 쉽게 씻겨져 내려가므로 구강 내에서 적절한 불소농도를 오랫동안 유지해 줄 수 없다는 한계점을 가지고 있다.

현재 국외에서는 이를 극복하기 위한 치면에 오랫동안 붙어 있으면서 불소를 서서히 유리하는 완속유리(slow-release) 불소 전달체계(delivery system)를 개발하고 있지만 이물감이나 접착력 등의 문제로 인하여 실용화 되지 못하고 있다²⁸⁾. 최근 접착태양형 불소제제를 개발한 연구 논문이 보고되고 있으나 더욱 접착력이 향상되어야 한다는 문제점을 가지고 있다^{29,30)}.

상기의 접착태양형의 불소제제의 문제점을 개선하기 위해 3D 프린팅 기술을 응용할 수 있는데, 생체친화적, 생분해형 천연고분자인 젤라틴이나 혹은 합성 고분자인 PVA 등에 NaF를 혼합하고 이를 소재로 하여 치아의 순면을 덮을 수 있는 박막을 프린팅하는, 소위 맞춤형 불소제제를 생산할 수 있을 것으로 사료된다(Fig. 20). 이 경우 박막이 치아 인접면의 틈새에 위치하므로 기계적인 결합력이 강화되어 부착력이 현저히 개선될 수 있을 것으로 기대된다.

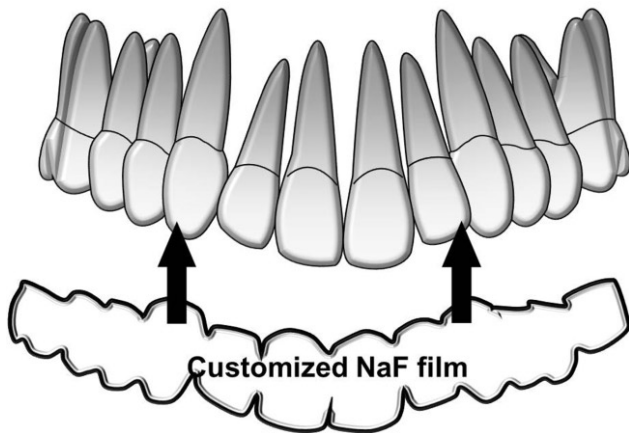


Fig. 20. Fluoride adhesive film made by 3D printer is attached to the labial/buccal surface of the teeth. For close attachment, the labial/buccal surface is tapped lightly with a cotton swab, and the interdental space was pressed using a plastic stick so the film could penetrate through the space.

V. 요약

3D 프린팅 기술이 가장 효과적으로 활용될 수 있는 분야의 하나가 의학분야이다. 3D 프린팅 기술은 최근들어 더욱 상업화 되고 프린팅에 사용되는 재료(소재) 또한 생체친화성, 생분해성 고분자를 이용 가능하게 됨에 따라 생체의료분야에서의 활용성

이 점차적으로 높아지고 있는 추세에 있다.

생체의료분야에서는 수술 모형을 제작하고 절제범위와 시술 후의 형태를 시술 전에 미리 확인하여 시술시간을 단축하고 부작용을 최소화하는데 기여하고 있으며 이와 함께 인공 골과 장기를 생산함으로써 이식에 따른 부작용을 감소시킬 수 있는 계기를 마련하고 있다. 또한 보청기, 의족 등 맞춤형 의료 보조용품을 생산하고 있다.

치의학 분야에도 3D 프린팅 기술을 이용하여 crown, bridge, inlay 등의 보철 수복물 제작, 교정 장치 및 모델 제작, 임플란트 식립이나 외과 수술을 위한 수술용 가이드 제작 등 치과 의료기술을 한 차원 더 높일 수 있을 것으로 전망된다.

그러나 아직은 프린팅 재료(소재), 조형기술, CAD 관련 소프트웨어 기술, 생체안정성과 유효성 검증, 호환성과 표준화 등 해결해야 할 과제가 산적해 있어 앞으로 이에 대한 지속적인 연구, 개발이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

References

1. Ministry of Science, ICT and Future Planning, Ministry of Trade, Industry and Energy : Roadmap of the strategy for 3D printing technology. *Report on the 3D printing-2014 year*, 1-39, 2014.
2. Kwak KH, Park SH : Trend of the global 3D printing industry technology. *J of the KSME*, 53:58-60, 2013.
3. Park HW : 3D printing Technology and Applications -Overview. *J of the KSME*, 54:32-35, 2014.
4. DH Freedman : Layer By Layer-Technology Review 115.1 (2012): 50-53. Academic Search Premier. Web. 26 July 2013.
5. Assessments on Wikipedia-3D printing. Available from URL: https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing (Assessed on October 5, 2015).
6. Choi HW, Kim HC : 3D Printing Technologies-A Review. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 14:1-8, 2015.
7. Chia HN, Wu BM : Recent advances in 3D printing of biomaterials. *J Biol Eng*, 9:2-14, 2015.
8. Park SA, LEE JH, Kim WD : Development of biomimetic scaffold for tissue engineering. *Elastomers and Composites*, 44:106-111, 2009.
9. Park SH, Yim SG, Yang SY, et al. : 3D printing technology for biomedical applications. *KIC News*, 1891:67-78, 2015.
10. Park SH, Park JH, Lee HJ, et al. : Current status of biomedical applications using 3D printing technology. *J Korean Soc Precis Eng*, 31:1067-1076, 2014.
11. Lee JY, Choi B, Wu B, et al. : Customized bio-

- mimetic scaffolds created by indirect three-dimensional printing for tissue engineering. *Biofabrication*, 5:045003. doi: 10.1088/1758-5082/5/4/045003. 2013.
12. Obregon F, Vaquette, Lvanovski S, *et al.* : Three-dimensional bioprinting for regenerative dentistry and craniofacial tissue engineering, *J Dent Res*, 94: 143S-52S, 2015.
 13. Kim K, Lee CH, Kim BK, *et al.* : Anatomically shaped tooth and periodontal regeneration by cell homing. *J Dent Res*, 89:842-847, 2010.
 14. Assessments on Aprecia Pharmaceuticals-FDA approves the first 3D printed drug product. Available from URL: <http://www.curepilepsy.org/downloads/articles/3D-Printed-Drug-Product.pdf> (Assessed on October 5, 2015).
 15. Sun J, Zhang FQ : The Application of Rapid Prototyping in Prosthodontics. *J Prosthodont*, 21:641-644, 2012.
 16. Assessments on Metal Powder Report-3D printing of dental restorations. Available from URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026065713700626> (Assessed on October 5, 2015).
 17. Hussein MO, Hussein LA : Novel 3D modeling technique of removable partial denture framework manufactured by 3D printing technology. *Int. J Advanced Research*, 299:686-694, 2014.
 18. Flügge TV, Nelson K, Schmelzeisen R, *et al.* : Three-dimensional plotting and printing of an implant drilling guide: simplifying guided implant surgery. *J Oral Maxillofac Surg*, 71:1340-1346, 2013.
 19. Cohen A, Laviv A, Berman P, *et al.* : Mandibular reconstruction using stereolithographic 3-dimensional printing modeling technology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 108:661-666, 2009.
 20. Assessments on the JoongAng Daily Health Media-3D printer produced an artificial jaw, the world's first transplant success. Available from URL: <http://jhealthmedia.joins.com/news/articleView.htm?idxno=3085> (Assessed on October 5, 2015).
 21. Taneva E, Kusnoto B, Evans CA : Issues in Contemporary Orthodontics (ISBN 978-953-51-2161-9); chapter 9 (3D Scanning, Imaging, and Printing in Orthodontics). Farid Bourzgui Pub Co. 147-188, 2015.
 22. Nasef AA, El-Beialy AR, Mostafa YA : Virtual techniques for designing and fabricating a retainer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 146:394-398, 2014.
 23. Wiechmann D, Rummel V, Thalheim A, *et al.* : Customized brackets and arch wires for lingual orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 124:593-599, 2003.
 24. Lee SJ, Jeong IY, Lee CY, *et al.* : Clinical application of computer-aided rapid prototyping for autotransplantation of the teeth. *The Journal of Korean Dental Association*, 38:994-996, 2000.
 25. Cho NJ, Lee NY, Lee SH : Autotransplantation of an impacted maxillary canine using rapid prototyping : a case report. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 34: 498-505, 2007.
 26. Schmidt SK, Clevery DG : Tooth autotransplantation: An overview and case study. *J Mich Dent Assoc*, 96:36-41, 2-14.
 27. Kim SH, Kim YJ, Kim S, *et al.* : A comparison of decisions for primary anterior teeth between pediatric dentists and general dentists. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 39:242-248, 2012.
 28. Andreadis GA, Toumba KJ, Curzon ME : Slow-release fluoride glass devices: in vivo fluoride release and retention of the devices in children. *Eur Arch Paediatr Dent*, 7:258-261, 2006.
 29. Lee KY, Lee SH, Lee NY : Evaluation of fluoride-releasing capacity from polyvinyl alcohol polymer tape supplemented with NaF in oral cavity. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 40:89-97, 2013.
 30. Kim MJ, Lee SH, Lee NY, *et al.* : Evaluation of the effect of PVA tape supplemented with 2.26% fluoride on enamel demineralization using microhardness assessment and scanning electron microscopy: In vitro study. *Arch Oral Biol*, 58:160-166, 2013.

국문초록

의료 3D 프린팅 기술의 전망 및 소아치과분야에서의 활용

이상호

조선대학교 치의학전문대학교 소아치과학교실

3D 프린팅 기술이 가장 많이 활용될 수 있는 분야의 하나가 의학분야이다. 3D 프린팅 기술은 최근들어 더욱 상업화되고 프린팅에 사용되는 재료 또한 생체친화성, 생분해성 고분자를 이용 가능하게 됨에 따라 생체의료분야에서의 활용성이 점차적으로 높아지고 있는 경향이다.

생체의료분야에서는 수술 모형을 제작하고 절제범위와 시술 후의 형태를 시술 전에 미리 확인하여 시술시간을 단축하고 부작용을 최소화하고 있으며 인공 골과 장기를 생산함으로써 이식에 따른 부작용을 감소시키고 있다. 또한 보청기, 의족 등 맞춤형 의료 보조용품을 생산하고 있다.

치의학 분야에도 크라운, 덴처 등의 보철 수복물 제작, 교정 장치 및 모델 제작, 임플란트 식립이나 외과 수술을 위한 수술용 가이드 제작 등 치과 의료기술을 한 차원 더 높일 수 있을 것으로 전망된다.

그러나 아직은 프린팅 재료(소재), 조형기술, CAD 관련 소프트웨어 기술, 생체안정성과 유효성 검증, 호환성과 표준화 등 해결해야 할 과제가 산적해 있어서 앞으로 이에 대한 지속적인 연구, 개발이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

주요어: 3D 프린팅, 바이오 프린팅, 쾌속조형, 치의학

www.kci.go.kr