

새로운 디지털 치과수복의 시대에 대해서

신 종 우

신홍대학 치기공과

I. 서 론

디지털은 21세기를 읽는 코드이다. 반도체 및 컴퓨터에서 시작된 디지털화의 물결이 통신, 가전 등 전자·정보·의료 산업 전반으로 파급되는 가운데 기술융합과 IT의 발전을 촉진하면서 전 산업에서 이른바 '제 2의 산업혁명'으로 불리는 디지털 혁명이 일어나고 있다. 디지털 기술의 발전은 과거에는 경험할 수 없었던 시장 및 경쟁 환경을 제공하고 있으며, 더불어 매우 빠른 속도로 진행됨에 따라 모든 산업 전반에 걸쳐 엄청난 파급효과를 몰고 오고 있다.

먼저 디지털의 의미를 살펴보면, 디지털(digit)은 사람의 손가락이나 동물의 발가락이라는 의미에서 유래한 말이다. 아날로그와 대응하며, 임의 시간에서의 값이 최소값의 정수배로 되어 있고 그 이외의 중간 값을 취하지 않는 양을 가리킨다. 구체적인 예로 디지털 시계의 표시를 들 수 있는데, 시계가 바늘로써 연속적으로 시간을 표시하는 것이 아니라 시·분·초 등으로 구획하여 문자로 표시한다. 따라서, 디지털이란? 일반적으로 데이터를 한 자리씩 끊어서 다루는 방식이라 할 수 있으며, 애매모호한 점이 없고, 정밀도를 높일 수 있다는 특징이 있다. 디지털(digital)은 전자기기 등에 자료를 인식하고 저장하는 방식의 하나로 아날로그(analog)와 대비된다. 이러한 디지털은 0과 1의 조합을 통해 모든 정보를 표현할 수 있으며, 사람의 목소리를 아날로그로 표현한다면 연속파형의 형태로 나타나지만, 이것을 디지털화 하면 0과 1의 조합으로 표현된다. 즉, 연속적인 신호나 현상을 그 자체의 물리량으로 나타내는 아날로그에 비해, 디지털은 이진법의 수치에 대응시켜 개별적인 수량으로 취급하는 데 컴퓨터는 디지털 방식으로 정보를 받아들이고 저장하는 대표적 기기이다.

지난 5월 6일부터 8일까지 성황리에 개최되었던 2008년 서울 디지털 포럼은 상상력(imagination)을 주제로 기업, 학계, 정부 등 각 분야에서 디지털과 관련된 세계 정상급 연사들을 초청하여, 범세계적 디지털 혁명의 현황에 대해 토론하고 미래의 비전을 제시하는 국제 포럼(기술, 정보, 미디어, 엔터테인먼트, 우주)으로 진행되었다. 포럼에서 제시된 대표적인 내용은 "디지털 다음의 10년은 지난 10년과 너무나 다를 것이다"였다. 다시 말해 변화의 개념은 '과학적 상상력이 빛의 속도로 달려가는 시대', '불가능한 모든 것들이 사라지는 시대', '상상하는 모든 것들을 현실로 바꿀 수 있는 시대'라고 할 수 있으며, 이 모든 시대가 활짝 열렸고 진행되고 있다고 하였다. 그 이유는 "무어의 법칙"을 인용해 보면 알 수 있듯이 발전의 속도가 실로 엄청 빠르게 진행되고 있다는 것이다. 다시 말해, 하드웨어의 발전은 소프트웨어 발전속도가 빨라질 수 있는 기반을 만들었고 이러한 속도가 빨라질 수록 인터넷 가치는 디지털 문화 발전과 더불어 더욱 더 상승할 것이라고 예견할 수 있다. 이처럼 디지털 시스템의 발전은 앞으로 복잡한 현대인의 삶을 더욱 더 간편하고 편리함을 제공해주는 시대로 격상할 것이며, 이에 따라 치과시장에서도 많은 변화를 예고하고 있으며, 이미 그 변화에 포함되고 있는 실

정이다.

단적인 예로 디지털 세상은 놀라운 신세계다. 우리들은 인터넷과 디지털 신기술을 통해 옛날에는 영화나 상상 속에서만 가능했던 일들을 현실에서 실제로 체험하고 있다. 보이지 않고 의식하지 않은 상태에서 우리들의 삶은 네트워크로 연결된다. 쇼핑도 온라인으로 하고 금융, 상거래도 온라인으로 한다. 우선 아파트가 사이버 공간으로 이어지면서 직장생활을 하는 바쁜 주부들을 위해 온라인을 통한 장보기가 이미 현실적으로 가능해졌다. 또 냉장고가 바로 집 앞 슈퍼마켓과 온라인, 혹은 무선으로 연결돼 냉장고에 없는 식품들이 자동으로 주문되기도 한다. 바쁜 직장여성들은 직장에서 온라인으로 미리 필요한 식품을 주문해 뒀다가 퇴근할 때 그냥 들고 오기만 하면 되는 세상에 살고 있다.

이상과 같이 모든 분야에 적용되고 있는 디지털 시대는 치과경영에도 급변하게 초기 접목화되고 있으며, '디지털 치과경영'이라는 용어도 이제 낯설지 않고 귀에 거슬리지도 않는 용어로 우리 곁에 와 있는 것이 사실이다. 치과경영에서 디지털은 여러 가지의 의미를 내포하고 있다. 먼저 디지털 기술이 새로운 치과경영을 일으키는 원동력으로 작용하고 디지털 기술을 바탕으로 컴퓨터가 발전해 인류의 역사를 정보화시대로 바꾼다는 뜻을 담고 있다고 해도 과언이 아닐 것이다.

따라서 여태까지 아날로그 방식을 이용하였던 복잡한 치과보철 수복분야가 디지털화로 단순화 되고 글로벌 환경에서 경쟁하며, 서로 영향을 크게 미치기 때문에 디지털 치과수복 분야가 앞으로 치과경제에 경쟁력과 효율성 측면에서 엄청난 효과를 가져다 줄 수 있다고 예견할 수 있다.

본 장에서는 디지털 기술이 치과보철수복에 초기 접목되고 있는 현실에 발맞추어 아래와 같이 3부로 나누어 이론적인 배경과 적용범위 등에 대해서 논해보고자 한다

1부: Digital Impression & Digital Workflow System

2부: CAD/3D Modeling & 3D Printer System

3부: CAD/3D Modeling & CAD/CAM System

II. 본 론

1. Digital Impression & Digital Workflow

치과계에 관습적으로 이용하여 왔던 인상재를 이용하여 구강 인상을 실시하고 얻어진 인상체에 모형재를 부어 경석고 작업모형을 제작한 다음 보철물을 제작할 수 받게 없었던 아날로그 시스템(Analog system)이 21세기 디지털 영상 시대에 발맞추어 디지털 인상(digital impression)에 의한 디지털 작업모형(digital workflow) 시대로 치과분야에 활짝 열리고 있다.

구강 내 양형의 형태를 인상을 통해 작업모형을 얻었던 아날로그 시스템은 단계별 복잡성으로 인하여 구강 내 양형의 형태를 완전하게 경석고 작업모형으로 재현하는 과정에 오차 범위 발생으로 작업모형이 제작될 수 밖에 없기 때문에 정밀적합성의 보철물을 얻어내는 데에는 한계가 있기 때문에 이를 해결하는 것이 치과계 종사자의 최대 숙원과제이었던 것이 현실이었다(그림 1). 이처럼 간접법으로 작업모형을 얻는 아날로그 시스템은 단계별 과정을 아무리 정밀하게 진행한다고 해도 구강 내 양형의 형태를 디지털 시스템으로 작업모형을 얻는 직접법을 능가할 수는 없다.

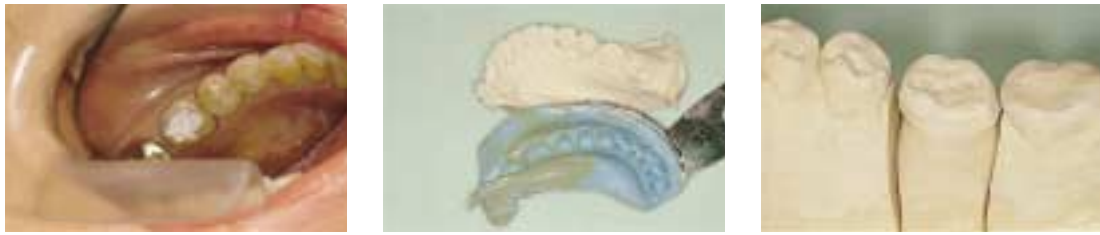


그림 1 아날로그 방법으로 얻어진 작업모형 공정

Digital workflow를 더 자세히 보기 전에 현재 치과시장을 살펴보면, 전세계적으로 작년 한 해 동안 1억 4000개 이상의 인상이 채득되었다고 한다. 그 설문조사에 의하면 미국의 치과기공소 중 59%가 의사가 의뢰하는 작업 중 가장 힘든 부분이 '부적절한 인상' 이라고 답하였다고 한다. 그 이유를 살펴보면, 인상을 채득하는 과정은 치과외과에게 있어서 힘들고 시간을 많이 요구하는 과정이 될 수 있으며, 더불어 치과기공소에서는 석고모형(stone model)을 제작하는 과정이 지지분하고 노력을 많이 요하는 작업이 될 수 있기 때문이다. 그리고 아마 가장 중요한 것은 인상을 채득하는 과정이 환자에게 결코 유쾌하지 않은 경험을 제공하고 있기 때문일 것이다.

이처럼 간접법인 아날로그 시스템의 문제점을 해결하기 위해 대안으로 직접법인 digital impression & digital workflow 공정을 개략적으로 살펴보면 첫째, digital workflow는 digital impression으로 부터 시작된다. 즉, 지대치 삭제 후 구강 내 형태를 디지털로 스캔 하여 얻어진 영상물을 웹 상으로 치과기공실로 보낸다. 둘째, 전자우편으로 치과기공실에 보내온 구강 내 형태인 디지털 영상물을 기본으로 치형 분할(die sawing)하고 마진 디자인과 대합치와의 관계 등의 이상유무 등을 확인한다. 셋째, 기공실에서 정리한 영상물의 자료가 모델 제작소로 전달되고 동시에 CAD/CAM 디자인과 밀링을 위해 치과기공소로 전달된다. 그러면 모델 제작소에서 레이저로 유동성 레진에 반복적으로 조사(쾌속조형법-SLS)해주면 디지털 영상물의 형태가 완전하게 레진 작업모형으로 얻어진다(그림 2). 그리고 가상의 모델 파일은 치과기공소에서 모델을 받으면 원하는 방법에 따라 보철물을 제작하여 치료실로 보내면 된다. 이처럼 디지털 인상 시스템에 의한 작업모형 제작법은 복잡한 단계별과정을 줄일 수 있어 오차 발생 범위가 적기 때문에 정밀적합성의 높은 보철물을 제작할 수 있다. 따라서 환자에게 만족도 높은 보철물을 제공할 수 있는 장점으로 앞으로 임상적용에 범위가 확대될 것으로 내다볼 수 있다.

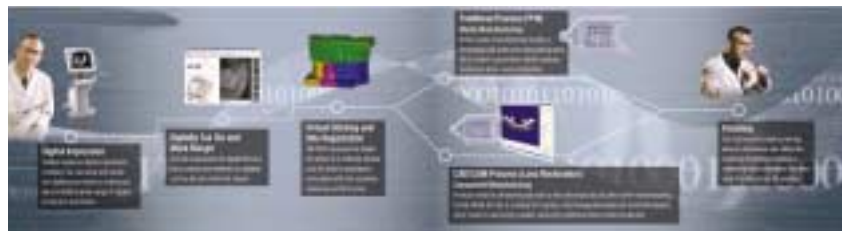


그림 2 Digital impression & digital workflow 공정

Digital workflow system에서 이용되는 쾌속조형법(RP system)은 컴퓨터상에서 작업한 3차원 CAD Modeling Data로부터 3차원 모델링 형상과 동일 형상의 시제품을 신속하게 조형해내는 기술이다. 수지 작업모형 제작공정에 이용되는 쾌속조형의 SLA system은 UV Laser로 CAD data의 단면 정보를 광경화성 수지에 선택적 조사하여 광중합으로 경화시켜 적층시키는 방법을 이용한다(그림 3).

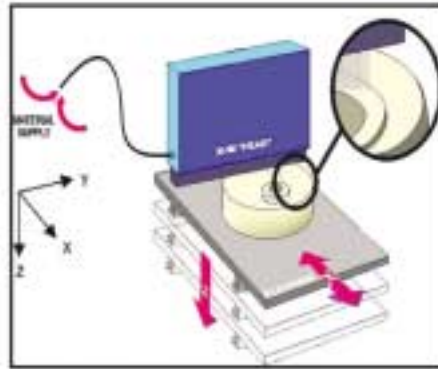


그림 3 빠른조형법(RP system)의 원리(SLS)

모델 제작과정을 세부적으로 살펴보면 첫 번째, STL 파일이 SLA 기계에 보내지면 software가 model을 단면으로 자른다 이때 SLA 기계 안의 reservoir에는 photo-sensitive polymer resin이 담겨 있다. 두 번째, Ultra-violet laser가 모델의 디자인을 레진의 표면에 남기게 된다. 이때 ultra violet light에 노출되면 레진은 경화가 된다. 세 번째, 이러한 초기 경화가 끝나면 blade가 레진을 한 겹 더 더하게 되고 레이저가 모델의 디자인을 다시 남기게 된다. Blade는 반복적으로 레진을 겹겹이 더하게 되고 경화가 일어나면 바닥에서부터 모델이 만들어진다. 제작과정이 끝나면 완성된 모델은 reservoir에서 나와서 최종 단계로 가게 되며, 모델은 post curing apparatus로 옮겨져서 제작과정을 마무리하게 된다. 이처럼 SLA는 정확하고 일관되고 오래 지속되는 모델을 제작함과 더불어 SLA 모델은 석고모형보다 정교하고 깨끗하며, 치과기공소에 있어서 추후의 이점은 복잡하게 석고모형을 제작해야만 했던 일을 치과기공사가 그 대신 더 가치 있는 작업을 할 수 있다(그림 4).



그림 4 Digital Workflow에 의한 보철물 제작과정

이상에서 살펴본 바와 같이 앞으로 펼쳐질 digital workflow system은 accuracy, quality, accessibility, comfort, communication, productivity 등의 장점을 제공하며, 치과의사와 치과기공사가 협력하여 치과학을 변화시키는데 크게 일조할 수 있다고 할 수 있다.

Future in Motion을 세부적으로 살펴보면 첫째, 3D-in-Motion기술로 연속적인 비디오 이미지를 포착하며 둘째, 터치 스크린 모니터로 임프레션을 실시간으로 보여줄 수 있으며 셋째, 비디오 영상, 2D 고화질 혹은 3D 입체 영상으로 치아삭제(preparation)와 마진을 확인할 수 있으며 넷째, 디지털 처방전을 만들고 랩으로 보내주고 넷째, 전통적 방식(인상재)의 임프레션에 비해서 환자들이 선호하며 다섯째, 트레이 선택, 재료의 조제와 세팅, 임프레션을 소독하고 옮기는 등의 과정이 필요 없는 장점을 제공하고 있다.

5년 이상의 임상 데이터를 가지고 치과시장에 초기접목하고 있는 3M ESPE사의 digital workflow는 기술적으로 진보된 제작 기술인 stereo lithography(SLA)를 이용하여 기존의 석고를 부어 제작하는 stone model 제작과정을 대체하였다고 할 수 있다.

따라서 치의학계는 놀라운 디지털 이미지의 비약적인 발전으로 치과 내의 인상채득 업무는 앞으로 전혀 달라질 것이며, 환자들은 편하고 일방적이지 않은 진료를 받게 될 것이고 궁극적으로 훌륭한 수복물을 제공받을 수 있을 것으로 사료된다.

2. CAD/3D Modeling & CAD Printer System

근래, 로봇의 발전(+ 인식)을 통한 인터랙션과 타블렛 PC 및 터치 스크린 등이 제2디지털 시대로 진입하면서 생소하게만 들려왔던 촉각(햅틱, Haptic)이란 단어가 낯설지 않은 것을 느낄 수가 있으며, 급속하게 모든 산업분야를 주축으로 치과시장에도 초기 접목되고 있는 실정이다. 햅틱은 실질적인 촉감을 디지털 방식으로 변환하여 인간과 컴퓨터의 상호작용을 수행하는 장치로 가상 물체가 실제 존재하는 것처럼 느낄 수 있는 생동감(life-like force feedback)을 제공하는 것으로서, 기구에 의한 모형상의 모델링시대에서 컴퓨터 상에서 촉각에 의한 촉감의 모델링 시대로 진화하고 있다고 할 수 있다.

촉감의 모델링 시스템에 이용되고 있는 FreeForm Modeling(FFM) 시스템은 촉각을 사용할 수 있는 모델링 시스템으로서 실시간으로 힘의 피드백을 받을 수 있는 강력한 모델링 소프트웨어이며, 유기체 형상 및 수작업에 의한 조각을 처리함에 있어 아주 훌륭한 도구라고 할 수 있다(그림 5).



그림 5 촉각에 의한 촉감의 모델링 시스템

FreeForm Modeling System의 장점을 살펴보면 첫째, 복잡하고, 생물체적 또는 고도로 세밀한 형상 디자인을 위한 시장 주도적이고 전문적인 조각 개념의 CAD 툴을 제공할 수 있으며 둘째, 촉감을 제공하는 촉각 장치 사용(Photo-realistic 렌더링, 제조 가능한 모델, 급속 조형 또는 밀링을 위한 파일, CAD/CAM 어플리케이션과의 상호 운용, 금형으

로 만들 수 있는 파트 및 금형을 삽입 기능) 할 수 있다. FreeForm을 사용 중인 가장 큰 산업 분야를 살펴보면 완구 및 경품, 신발, 의료 및 치과, 가정용품, 수집품, 동전, 메달, 부조, 자동차 분야를 들 수 있다(그림 6, 7).



그림 6 산업분야에 사용 중인 FreeForm(완구 및 경품, 신발, 의료 및 치과)



그림 7 산업분야에 사용 중인 FreeForm(가정용품, 보석류, 수집품, 동전, 메달, 자동차)

종이의 문서출력 범위에 머물러 있었던 프린터가 3차원 프린팅 기술의 등장으로 입체영상을 그대로 복제하는 “디지털 3차원 실물 복사시대가”가 열리면서 원거리에서도 실물 데이터를 주고 받을 수 있는 시대로 진화하고 있다. 단적인 예로 건축설계사가 건물을 설계하기 위해서는 종이와 연필이 필요하다. 자신의 머릿속에 있는 이미지를 정리한 후 건물을 세부적으로 그리고, 다시 실물의 축소모형을 스티로폼이나 골판지 등을 이용해 만들어 보는 것이 일반적인 관례였다. 그런데 이렇게 설계한 도면을 출력할 때 종이에 그려진 형태 대신 실제 축소 모형이 3차원으로 눈앞에 만들어진다면? 또는 병원에서 환자의 자기공명영상장치(MRI)나 컴퓨터단층촬영(CT)을 찍기만 하면 바로 실물 형태의 내부 장기가 출력돼 나오는 시대가 도래되고 있는 실정이다(그림 8).

3D printing technique은 이미 제작한 형상물을 복제하거나 3차원 컴퓨터지원설계(CAD)를 이용해 만든 형상을 실물



그림 8 실물형상의 프린터 시대

로 제작함으로써 설계 오차를 줄이고 ‘역공학(완성된 제품을 상세히 분석해 기본적인 설계내용을 추적) 설계가 이루어지도록 하고 있다. 다시 말해보면, 이 같은 일을 가능케 하는 3D Printer는 글자 대신 물건을 찍어내는 실물복제기라고 할 수 있으며, 운영체제는 물체를 3차원 설계해 프린터 노즐에서 액체형 플라스틱이나 금속 파우더 등을 뿌려 설계 모양대

로 만드는 RP(쾌속조형, 신속조형) 시스템을 이용한다.

RP system은 컴퓨터상에서 작업한 3차원 CAD Modeling Data로부터 3차원 모델링 형상과 동일 형상의 시제품을 신속하게 조형해내는 기술이다. 수지 작업모형 제작공정에 이용되는 쾌속조형의 SLA system은 UV Laser로 CAD data의 단면 정보를 광경화성수지에 선택적 조사하여 광중합으로 경화시켜 적층시키는 방법을 이용한다(그림 9).

상기와 같이 컴퓨터의 소프트웨어 발전속도가 빨라질 수록 인터넷 가치는 디지털 문화 발전과 더불어 더욱 더 상승할

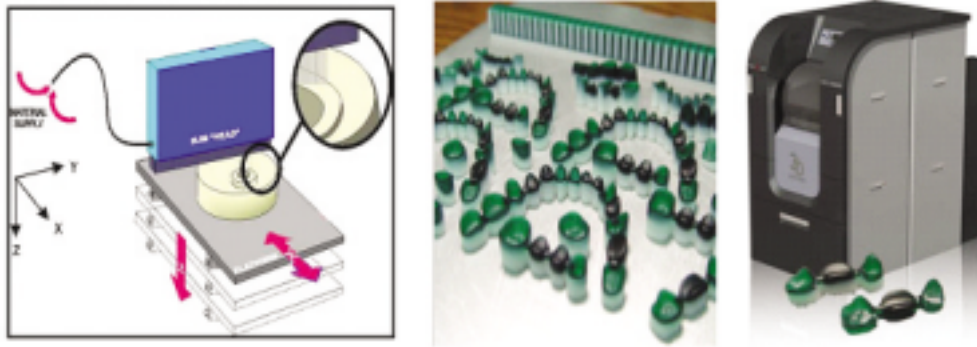


그림 9 RP system의 SLA 공법원리와 실제 프린터 종류

것이며, 이로 인해 보철물 제작 시 이용되는 복잡한 치과기공과정을 간편하고 편리함을 제공해주는 시대로 격상시켜 치과시장에서도 많은 변화를 예고하고 있다. 단적인 예로, framework 제작 시 일반적으로 주모형에 디자인과 relief 및 block out을 거쳐 복제과정을 통해 내화성 모형을 얻은 다음 납형을 제작하여 왔다. 하지만 이 방법은 복잡한 단계별 제작과정(아날로그 시스템)으로 인한 변형의 차이가 많이 발생되어 정밀 적합성이 요구되는 보철물을 얻는 데에는 한계가 있었던 것이 사실이다(그림 10).

상기와 같이 관습적으로 이용되어 왔던 치과보철물 제작의 아날로그 시스템은 CAD/3D Modeling & CAD/Printer



그림 10 납형의 framework을 얻기 위한 아날로그 시스템

System이 도입되면서 시장에서의 많은 변화의 물결을 예견하고 있다. 치과보철물 제작에 새롭게 도입되고 있는 CAD/3D Modeling & CAD/Printer System을 대략적으로 살펴보면 대체적으로 3가지 과정으로 나눌 수 있다(그림 11~13). 첫째, 스캔 및 디자인 과정 둘째, RP system에 의한 프린팅 과정 셋째, 주조 및 연마과정을 들 수 있다.

앞으로 일반적으로 이용하고 있는 치과보철물 디자인 환경에 FreeForm을 더하게 되면 디자이너들은 더욱 창의력을



그림 11 스캔 & 디자인, 모델링 과정



그림 12 RP 시스템에 의한 프린터 과정



그림 13 매물 및 주조 과정

가질 수 있으며, 더 넓은 선택의 폭을 가지게 되며, 생산 시간을 단축할 수 있으며, 디자인 의도와 맞는 제품을 완성 할 수 있으며, 직관적인 인터페이스로 쉽고 빠르게 배울 수 있으며, 새로운 워크 플로우(Workflow)를 가능하게 하며, 빠르게 시장(경쟁 우위 및 비용 절감)에 진입 할 수 있다.

이처럼 디지털 시대가 급변하면서 치과보철시장에도 아날로그 방식을 밀어내고 있는 실정이다. 밀링의 한계 때문에 소량생산에 머물러 있던 CAD/CAM System에서 CAD/3D modeling & printing system의 대량생산으로 발판을 제공해 주고 있다. 다시 말해 컴퓨터로 형이상학적인 형상을 재현(CAD/3D modeling)하고 3D printer로 단시간에 출력물을 단계별로 쌓아 실제 모양을 만들어 낼 수 있는 ‘꿈의 기술’에 시대에 진입하였다고 할 수 있다. 이처럼 디지털 세상의 발전은 치과보철 시장에서의 변환된 판도를 더욱 더 가속화 할 것으로 내다볼 수 있다(그림 14).



그림 14 RP 프린터에 의해 출력된 레진 framework

3. CAD/CAM System

치과보철학 분야에 CAD/CAM(Computer Aided Design=컴퓨터 지원 설계/Computer Aided Manufacturing= 컴퓨터 지원 생산) 시대가 시작된 초창기는 대부분 컴퓨터를 이용한 보철물 장치 제작이 주류를 이루었지만 1980년대 초기부터 지속적인 이 분야의 연구성으로 인하여 현재에는 작업모형의 디지털화에 따른 수복물 설계에서 보철물 완성까지 할 수 있는 단계로 발전하여 이용되고 있는 것이 현재 상황이다. CAD/CAM system 공정은 CAD로 부품을 설계·분석(스캔 및 디자인)한 다음 CAM을 통해 부품을 생산(밀링)하는 기법을 말한다. 오늘날 컴퓨터를 이용한 치과기공은 급속도로 발전하고 있으며, 다양한 재료를 이용한 인레이, 크라운, 브릿지, substructure 등 밀링 시스템을 이용한 제작 영역이 점점 더 확대되고 있는데 그 이유를 살펴보면 이산화 지르코늄과 같은 혁신적인 재료의 개발이 이러한 과정을 더욱 발전시킨 원동력이라고 할 수 있다.

현재의 추세는 세계적으로 큰 치과재료 회사들이 너도나도 CAD/CAM System에 대한 연구와 더불어 개발에 박차를 가하고 있으며, 그 결과로 인하여 고가의 CAD/CAM 장비에서 저가의 보급형으로 치과보철학 분야에 보급될 날이 멀지 않았다고 볼 수 있다. 이러한 급변한 시대적인 변화로 인하여 복잡한 수작업에 의한 보철물 제작방법(Lost Wax technique, 그림 15, 16)에서 단순 제작과정인 기계 자동화의 CAD/CAM System으로 전환되면서 생체친화성, 정밀적 합성, 심미성의 지르코니아를 생산할 수 있어 앞으로 치과보철학 분야에 선두주자로 자리매김할 수 있다고 할 수 있다.

따라서 복잡한 기공과정을 간단하게 CAD/CAM이 대행하면서 기공소에는 수작업에 따른 기공제작의 일손이 줄어들면서 기계가 대행하지 못한 적합도나 대합치와 관계, 기능성에 따른 심미성의 secondary part에 치중하면서 환자가 원하는 만족도 높은 보철물을 제작할 수 있다.



그림 15 Lost Wax technique의 납형 및 매몰과정



그림 16 Lost Wax technique의 소환 및 주조와 연마과정

현재에는 누구나 CAD/CAM System의 장점에 따른 장비 구매의 필요성을 강하게 원하지만 연구 개발에 따른 디자인의 변경과 고가의 장비 앞에서 주춤하고 있는 것이 현실이다. 따라서 앞으로 치과기공분야에 CAD/CAM System이 고가의 장비에서 저가의 보급형이 보급되는 날이 멀지 않을 것으로 내다 볼 수 있으며, 이러한 시대적인 변화에 앞장 선다면 고비용의 저 효율화로 인한 많은 어려움에서 저비용의 고효율화 치과기공소(실) 경영으로 탈 바꿈 할 수 있다고 본다(그림 16). 구치부에서 세라믹 보철물은 한때는 single unit에만 한정된 적이 있었으나 CAD/CAM 기술로 인하여 고강도 세라믹을 이용한 보철물 제작이 가능하게 되었으며, 이제는 치과재료로 지르코니아를 사용함으로써, 치과의사는 전치부와 구치부 모두에 multi-unit 보철물을 제작할 수 있다. 왜냐하면 지르코니아의 굴곡강도와 fracture toughness가 이러한

부분을 일부 가능하게 한 요인이라고 할 수 있다. 하지만 아직도 많은 제조사에서 제작하는 지르코니아 재료는 제조과정 이 서로 다르며 안정성에서도 차이가 있는 것이 사실이다.

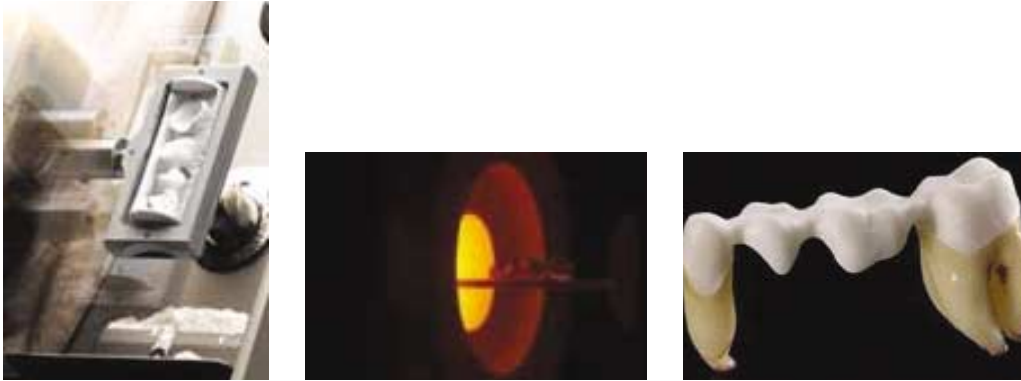


그림 17 CAD/CAM System을 이용한 구치부 브릿지 코핑 제작과정

CAD/CAM System에 이용되고 있는 신소재 재료인 Zirconium은 보통 지르코늄 광물에서 얻어지며, 공업적으로 중요한 지르코늄과 산소의 화합물로서 일반적으로 지르코늄(zirconium(Zr))이라고 부르고 있으며, 주기율표 4족에 속하는 금속으로서 원자로의 구조물로 사용되고 있다. 지르코늄은 많은 양의 산소·질소·수소를 흡수하고 있으며, 약 800℃에서 화학적으로 산소와 결합하여 산화물(ZrO₂)이 된다.

이산화 지르코늄(ZrO₂ : 지르코니아라고도 함)은 녹는점이 매우 높은(약 2,700℃) 흰색이나 황갈색 고체로서 보통 연마제, 내화물, 연료 전지에 쓰이는 세라믹, 그리고 내산성 및 내알칼리성 유리의 성분으로 금속 강도 이상으로 개발되었다. 이러한 개발에 힘입어 근래에 우리 치과임상에 생체적합성, 기능성, 심미성을 모두 갖춘 신소재 재료로 각광(강도와 투명도 그리고 절삭력에서 상당히 우수한 재료로 평가) 받으면서 심미치과보철에 널리 이용되고 있는 것이 현실이다(그림 18).



그림 18 PFM보다는 생체친화성과 적합성 및 강도와 심미성 등에서 우수한 CAD/CAM System

심미에 대한 끊임없는 욕구는 불투명 재료인 금속을 사용하지 all-ceramic 보철물을 제작하기 위한 여러 가지 코핑 재료들의 개발을 촉진시켜 온 것이 사실이다. 그 결과 세라믹이 치과보철에 응용되면서 심미에 대한 많은 욕구가 충족되었으며, 그로 인하여 지금은 심미보철 치료 중 하나로 자리 잡고 있다(그림 19).



그림 19 PFM(左)과 Lava™ crown(中, 右)

기술로 인하여 Alumina와 Zirconia와 같은 고강도의 세라믹 재료로 치과보철물을 만드는 것이 가능해졌다. 그러나 예전에는 구치부의 세라믹 수복은 single unit에만 한정이 되었으나 현재는 지르코니아가 치과재료로 사용이 되면서 세라믹 수복물을 전치와 구치 모두에 적용할 수 있는 시대에 와있다. 지르코니아 재료가 높은 굴곡강도(알루미나와 비교하여 거의 두 배)와 뛰어난 fracture toughness를 제공할 수 있기 때문이다.

현재 치과보철에 이용되고 있는 Zirconium milling CAD/CAM system에는 두 가지 방식이 있는데 그 중 첫 번째는 Zirconium 전문 생산공장의 대형 전기로에서 sinter-firing공정을 거쳐 생산된 1200Mpa의 강도를 지닌 하드 지르코늄을 밀링하는 시스템과 두 번째는 최근에 개발된 방법인 sinter-firing 되지 않은 소프트 지르코늄을 먼저 20%이상 크게 밀링하여 소형 개별 전기로에서 1200℃로 8~11시간 정도 sinter-firing를 하는 방식이 있다. 그 후 Sinter-firing된 하드 지르코늄을 밀링하여 생산한 코핑은 투명도가 좋고 1000~1200Mpa의 고강도를 유지하고 있어 브릿지가 긴 경우에도 이용할 수 있지만 장시간 밀링과정 때문에 경제성에서 문제가 대두되어 근래에는 대체적으로 sinter-firing 되지 않은 소프트 지르코늄을 이용하고 있는 실정이다. 지르코늄은 알루미나 옥사이드인 인세람 보다 강한 강도를 가지고 있으며, 비귀금속에 버금가는 강도와 인세람을 능가하는 투명도를 얻을 수 있어 브릿지 케이스의 all-ceramic 심미 보철의 길을 열었다고 할 수 있으며, CAD/CAM을 이용한 지르코니아 제작과정(LAVA system)은 다음과 같다(그림 20~27).

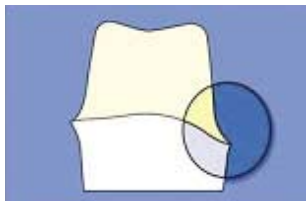


그림 20 Preparation

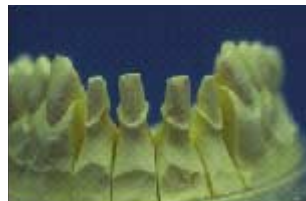


그림 21 Model preparation



그림 22 Scan



그림 23 Design



그림 24 Milling



그림 25 Sintering



그림 26 Veneering



그림 27 Cementation

전세계적으로는 다양한 CAD/CAM System이 개발되어 이용되고 있지만 우리나라에는 제일 먼저 외국에서 도입되어 알루미늄 코핑을 얻었던 Procera system에 뒤를 이어 sinter-firing 공정을 거친 하드 지르코늄을 이용하는 digDENT CAD/CAM system이 있고 sinter-firing 되지 않은 소프트 지르코늄을 이용하는 Cercon Smart Ceramics System, Everest system, LAVA™ All Ceramic System, CEREC inLAB 등이 이용되고 있으며, 한국제품으로는 CeraSys System, 텐타임, 등이 널리 임상 적용에 폭을 점차적으로 넓히고 있다.

이처럼 단순 제작과정인 기계 자동화의 CAD/CAM System으로 전환되면서 생체친화성, 정밀적합성, 심미성의 지르코니아를 생산할 수 있어 앞으로 치과보철학 분야에 선두주자로 자리매김할 수 있다고 할 수 있다(그림 28, 29).

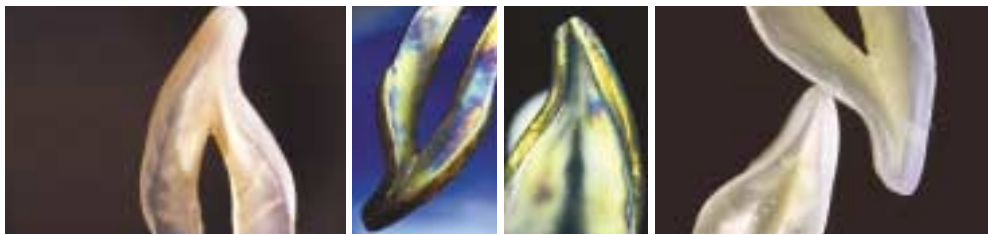


그림 28 LAVA CAD/CAM System을 이용한 지르코니아의 우수한 심미성 확인

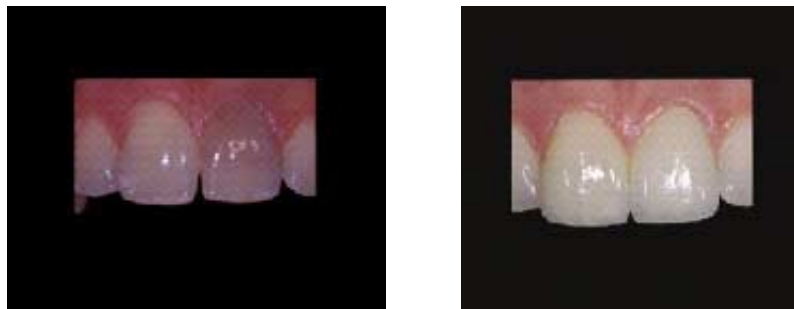


그림 29 지르코니아를 이용한 전치부의 심미성 우수

III. 결 론

첫째, digital workflow system은 accuracy, quality, accessibility, comfort, communication, productivity 등의 장점을 제공하며, 치과의사와 치과기공사가 협력하여 치과학을 변화시키는데 크게 일조할 수 있다고 할 수 있다

둘째, 디지털 시대가 급변하면서 치과보철시장에도 아날로그 방식을 밀어내고 있는 실정이다. 밀링의 한계 때문에 소량생산에 머물러 있던 CAD/CAM System에서 CAD/3D modeling & printing system의 대량생산으로 발판을 제공해주고 있다.

셋째, CAD/CAM System은 단순 제작과정인 기계 자동화로 전환되면서 생체친화성, 정밀적합성, 심미성의 지르코니아를 생산할 수 있어 앞으로 치과보철학 분야에 선두주자로 자리매김할 수 있다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

Shannon AJT, Qian F, Tan P, Gratton D. In-Vitro Vertical Marginal Gap Comparison of CAD/CAM

Zirconium Copings, IADR #0828, 2007.

Piwowarczyk A, Lauer HC. Determining the marginal fit of CAD/CAM bridge frameworks. Pan European Federation Conference (PEF;CED) #0254, 2006.

Beuer F, Fischer T, Erdelt KJ, Aggstaller HU, Spiegl K, Gernet W. IADR #1336 and In vitro Study Marginal fit of Lava restorations, 2005.

Beuer F, Fischer T, Erdelt KJ, Aggstaller HU, Spiegl K, Gernet W. industrial report, LAVA CAD/CAM technical manual, 2006.

Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, Sulik WD. Considerations in measurement of marginal fit. J Prosthet Dent, 62, 405-408, 1989.

SensAble™ Dental Lab System(Training manual).

3M ESPE Lava Chair side Oral Scanner C.O.S.