

CAD/CAM 수복의 임상적 고찰

경희대학교 치과병원 치과보존과
김현정

ABSTRACT

Clinical considerations of CAD/CAM restoration

Department of Conservative Dentistry,
Kyung Hee University Dental Hospital, Seoul, Korea
Hyun-Jung Kim, DDS, MSD.

The rapid evolution of CAD/CAM (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacture) led to a dramatic impact on all disciplines of dentistry especially in the fields of prosthodontics and restorative dentistry. This article is to examine the history, advantages & disadvantages and some clinical considerations of CAD/CAM restoration.

Key words : CAD/CAM (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacture), preparation, fabrication, cementation

Corresponding Author

김현정

서울특별시 동대문구 경희대로23 경희대학교치과병원 치과보존과

E-mail : kimhyunjung@khu.ac.kr

I . 서론

산업화가 진행된 이래, 생산활동은 모든 분야에서 점차적으로 분업화와 기계화가 진행되었다고 해도 과언이 아니다. 이러한 추세는 1980년대 치의학분야에도 도입되기 시작되면서, 수작업을 거치지 않고 컴퓨터와 장치에 의해 제작된 수복물이 등장하게 되었다. 이 후 30년 동안, 눈부신 기술의 발전을 통해 최근 임상에서는 간접수복치료를 당일에 마무리 할 수 있을 정도의 진료가 이루어 지고 있다.

이러한 CAD/CAM 수복의 장단점 및 역사를 이해하고, 임상적으로 고려해야 할 사항들에 대해 고찰하고자 한다.

II . CAD/CAM 수복의 정의

CAD/CAM은 Computer-aided design/computer-aided manufacturing의 약어로 설계 혹은 제조단계에서 컴퓨터를 이용하는 개념을 나타내며, 치의학분야에서는 간접수복물의 디자인과 제작을 위해 컴퓨터를 이용하는 것을 의미하고 있다. 대체적으로 ‘milling process’을 거쳐 제작하는 간접수복을 의미한다. CAD/CAM은 3가지 구성요소를 필연적으로 가지게 된다. 첫째, 아날로그의 실제 정보를 3차원 디지털 정보로 변환시킬 수 있는 스캐너, 두번째는 획득한 디지털 정보를 처리하여 수복물을 디자인하는 소프트웨어, 마지막으로 소프트웨어상에서 디자인한 수복물을 실제로 제작할 수 있는 생산 장치를 그 구성요소로 가지게 된다.

CAD/CAM 시스템은 그 위치에 따라 3가지의 다른 제작 개념을 가지게 된다. 첫번째는 ‘진료실 제작 개념’이다. 이러한 시스템은 진료실 내에 모든 시스템의 구성 요소가 존재하게 된다. 이 경우 기공실을 거치지 않고, 진료실 내에서 스캐너부터 제작까지 모두 가능하게 된다. 구강 스캐너의 사용은 전통적인 인상 채득

방법에 비해, 진료실의 환경을 쾌적하게 만들고 디지털로 정보를 저장함으로써 모형과 인상재의 보관의 필요성을 줄이게 된다. 또한 환자의 시간과 비용 또한 절약할 수 있는 장점을 가진다. 두번째 개념은 ‘기공실 제작 개념’으로 전통적인 워크플로우와 거의 유사하다. 임상가가 전통적인 인상채득 후 인상체 혹은 작업 모형을 기공실로 송부하면, 기공실에서 아날로그 정보를 디지털화하여 제작시에 CAD/CAM 시스템을 이용하는 것이다. 세번째는 ‘중앙화 제작 개념’이다. 가장 분업화된 개념으로서 스캐닝 센터와 제작 센터가 분리되어 있어 스캐닝 후 디자인만 하는 센터에서 정보를 제작 센터로 송부하면 중앙화된 제작 센터에서 기공물의 제작이 이루어 지게 된다. 이 모든 과정이 독립적이기 때문에 각 프로세스에 전문화된 장비와 인력이 투입되게 된다.

CAD/CAM 시스템은 이제껏 ‘기공실 제작 개념’으로 이용 되어 왔지만, 최근에는 진료실에서 모든 프로세스를 거치는 ‘진료실 제작 개념’의 수복물 제작이 보편화되는 추세이다. 이후의 논의에서는 임상가가 모든 과정에서 관여하는 ‘진료실 제작 개념’의 수복물 제작에 대해서 초점을 맞추고, 이 과정에서 고려해야 할 사항에 대해서는 후반부에서 논의하고자 한다.

III . CAD/CAM 수복의 역사

CAD/CAM의 기술은 1960년대 개발되어 항공기, 자동차 생산 분야에 도입되어 제조에 이용되기 시작하였고, 10년정도 지난 70년대에 치의학 분야에 처음 도입되었다. 1971년 Duret은 지대지의 광학인상에 기반한 크라운을 제작할 수 있는 첫번째 치의학분야에서의 CAD/CAM 시스템을 고안했다. 이후 상용화된 장치로 출시 된 시스템은 1985년 Mormann에 의해 개발된 CEREC이다. 초기 개발된 기술에 의하면 인레이, 온레이, 비니어, 크라운의 제작에 한정되어 있었다. 그러나 현재는 고정성 부분 의치, 임플란트 지

대치의 제작이 가능하며, 교정 분야에서도 널리 이용되고 있다(예, Invisalign).

CAD/CAM 시스템은 진료실내에서 크게 증가하는 비율로 도입되고 있다. 전 세계 30000명의 치과 의사가 광학인상기와 밀링기를 소유하고 있으며, 대략적으로 15만개 이상의 CEREC 수복물이 제작되었음이 보고되고 있다.

Tidchag 등에 의하면, 진료실 내에서 행해지는 광학 인상 기술을 이용하여 제작한 CAD/CAM 도재 단일 전장관 수복물은 전통적인 열가압방식으로 제작된 도재 전장관과 유사한 수준의 마진 및 내면 적합성을 가진다고 보고 하였다.

30년전에는 공상과학 소설에 나오는 기술이라 생각되던 CAD/CAM 기술은 현재 치의학분야에서 점점 발전하며 일상의 진료 행위로 여겨지고 있다.

IV. CAD/CAM 수복의 장·단점

간접 수복시 CAD/CAM 시스템을 이용하는 것은 전통적인 간접 수복물의 제작 방식에 비해 많은 장점을 가진다. 우선 광학 인상의 채득은 전통적인 인상 채득에 비해 빠르고 쉽게 가능하다. 모형의 제작, 왁스업, 매몰, 주조, 소환 등의 일련의 과정이 생략되기 때문에 광학 인상의 채득 후 수복물의 디자인의 단계까지 약 1분 정도의 데이터 처리 과정만 필요할 뿐이다. 다만 광학 인상 채득은 어느 정도의 숙련된 과정이 필요하다. 인상을 채득하는 당일에 수복물의 접착까지 완료할 수 있어 환자 또한 내원 횟수를 줄이고 시간을 절약할 수 있게 되며, 이 과정에서 임시 수복물의 필요성이 없어지게 되고, 상아 세관의 오염 가능성이 줄어든다.

전통적인 인상 채득 방법을 통해 간접 수복물의 제작 과정에서는 필연적으로 인상체 혹은 모형이 실물의 형태로 기공소로 이동하게 된다. 실물 정보는 변형 가능성이 있으며, 정보가 소실되는 경우에 복구가 어려

우며, 일련의 제작 과정 중 발생할 수 있는 실패에서 자유로울 수 없다. 디지털 정보로 변환되는 CAD/CAM 시스템을 이용하는 경우 광학 인상으로 채득된 정보 및 디자인 정보의 호환이 안전하며, 기공소로 전달되는 과정에서 변형이나 소실될 가능성이 적다. 또한, 디지털 정보는 컴퓨터 혹은 디스크에 보관되기 때문에 전통적인 제작 과정에서 발생하는 모형의 보관에 비해, 정보 보관의 효율성에서 큰 장점을 가진다.

하지만 이러한 CAD/CAM 시스템을 이용하기 위해서는 초기 투자비용이 크고, 임상가는 이 시스템의 사용을 위해 숙련을 위한 시간과 교육이 필요하다.

실제 전통적인 방식의 인상 채득과 같이, 광학 인상을 채득하는 경우에도 수복물 제작을 위해서 정확한 인상의 채득이 필요한 것은 두말할 나위가 없으며, 마진과 대합치 및 주변 연조직을 명확하게 채득해야만 잘 적합되는 수복물을 얻을 수 있다.

V. CAD/CAM 수복에서 고려해야 할 임상적 고찰

1. CAD/CAM 수복을 위한 와동 형성시 고려 사항

CAD/CAM 시스템을 이용하여 간접 수복물을 제작할 때에는 와동 형성의 질이 수복물의 마진 적합성에 영향을 줄 수 있다.²⁾ 변연의 디자인은 heavy chamfer, modified shoulder가 적당하고, beveled shoulder, chamfer, feather, shoulder 디자인의 변연은 피하는 것이 좋다. 특히 변연부의 두께가 두꺼운 경우 변연부에서 lipped margin이 발생하지 않도록 유의해야 한다.

CAD/CAM 수복물의 재료로 복합레진계열 블록이나 세라믹 계열의 블록을 사용하는 경우가 대부분이기 때문에, 수복물이 파절저항성을 가지기 위해서는 수복물의 두께 또한 중요하다. 정상적인 교합력을 감당

하기 위해서 최소 0.5mm 이상의 수복물 두께를 가져야 한다.²⁾ 실제 Chen 등은 수복물의 파절 저항성과 수복물의 두께 사이에는 양의 선형적 상관관계를 가진다고 보고하였다. 그러므로 레진, 세라믹 계열의 블록을 이용하여 CAD/CAM 수복시 수복물이 충분한 두께를 가질 수 있도록 와동 형성시에 고려해야 한다.

CAD/CAM 시스템을 이용하여 부분 도재관이나 인레이, 온레이등을 제작하는 경우 전체적인 수복물 디자인에 대해 고려할 필요가 있다. Seo 등에 의하면, CEREC 3를 이용하여 부분 도재관 제작하는 경우, 가장 단순한 디자인을 가진 수복물에서 변연부 혹은 내부 적합성이 증가함을 보고하였다³⁾. 부분적으로 교두를 포함하는 수복물을 디자인 하는 경우, 전통적인 방법에 의한 교두를 피개하는 것보다는 단순화된 부분 전장관으로 수복물 디자인을 단순화 시키는 것이 수복물의 적합성 개선 및 내구성 증진에서 유리할 수 있음을 고려해야 한다.

우식이 심하여 치은 연하까지 확장되어 있는 증례에서 인레이나 온레이, 전장관 수복을 하는 경우 ‘치경부 변연 재위치 (Cervical margin relocation)’에 대해 고려할 필요가 있다. 일명, box elevation, margin up 등으로도 불리운다. 접착성 간접 수복물의 와동 형성시 치경부 변연 재위치에 의한 실제 밀폐 효과에 대해서는 논란이 존재한다. 그러나 CAD/CAM 시스템을 이용하여 간접 수복물을 제작할 때는 크게 두 가지 원인에서 치경부 변연 재위치를 추천한다. 첫째는 변연을 치은 연상으로 올려 광학 인상의 정확도를 높이기 위함이며, 두번째는 수복물의 접착시, 출혈을 피하고 오염되지 않은 조건에서 접착을 진행하기 위함이다⁴⁾.

2. CAD/CAM 수복물 제작시 고려사항

Chairside CAD/CAM 시스템에서 이용할 수 있는 블록은 feldspathic ceramic (예, Vita bloc Mark II, CEREC blocs), leucite-reinforced

ceramic (예, IPS Empress, Paradigm C), lithium disilicate ceramic (예, IPS E.max CAD, LiSi), zirconia reinforced lithium silicate (ZLS, 예, Celtra Duo), composite block (예, Cerasmart, Lava ultimate, Magic duro, Vita Enamic 등)과 zirconia block 이 존재한다. 수복물을 디자인 할 때 재료의 선택이 선행되어야 한다.

대부분의 ceramic block이 파절 저항성의 면에서 hybrid block보다 유리하지만, 밀링 후 소성 과정을 거치면서 marginal gap이 증가할 수 있음을 염두에 두고 있어야 한다. 변연부의 봉쇄 혹은 파절 저항성의 중요도에 따라 재료의 선택이 달라질 수 있으므로 증례에 따라 장단점을 고려하여 재료를 선택해야 한다.⁵⁾

각 CAD/CAM 시스템은 전용의 소프트웨어를 내장하고 있다. 대부분의 소프트웨어에서 internal space, marginal gap, contact strength 등의 parameter를 디자인 전에 설정 혹은 이후 조정이 가능하다. 인레이, 비니어, 도재 전장관, 지르코니아 전장관 등 수복물의 종류 및 형태에 따라서 이러한 parameter 값은 달라지며, 수복물의 종류에 미리 숙지하고 있는 것이 유리하다. 또한 Shim 등에 의하면, Sirona 사의 CEREC 소프트웨어를 이용한 연구에서 spacer parameter 값과 소프트웨어의 버전은 각각 전장관의 적합성에 통계적으로 유의한 차이를 야기하였다고 보고하였다⁶⁾. CAD/CAM 시스템을 이용한 수복물 제작시 최신의 소프트웨어를 이용하여 디자인 하는 것이 보다 유리하다고 할 수 있다.

3. CAD/CAM 수복물의 접착시 고려사항

CAD/CAM 수복물의 접착시 예외없이 먼저 선행되어야 할 술식은 러버댐 격리이다. 접착과정에서 타액과 혈액에 의한 오염을 방지하고, 술식 영역을 술자가 제어할 수 있는 좋은 환경을 제공한다.

CAD/CAM 시스템을 이용하는 수복시 가장 빈번

하게 이용되는 재료는 hybrid block과 ceramic block이다. Hybrid block은 그 기질이 주로 복합 레진인 경우가 많으며, 각 재료별로 제조사의 지시사항을 따라 수복물의 표면 처리를 하는 것이 권장된다. 복합 레진을 기질로 가지는 간접 수복물의 내면 처리에 있어 sand-blasting은 필수적이라 할 수 있다.⁷⁾ glass-ceramic 계열의 블록은 불산을 이용하여 표면 처리를 한다. 각 블록별로 유리 기질의 함량의 차이로 인해 불산을 적용하는 시간이 다르므로, 이용하려고 하는 블록의 불산 적용 시간을 파악하고 있어야 한다.

접착시 사용할 수 있는 레진시멘트는 그 중합 반응의 형태에 따라, 화학중합(자가중합), 광중합 및 이중중합형 시멘트로 나뉜다. 광중합형 레진 시멘트는 작업시간이 충분하고 색조 안정성이 뛰어나다는 장점이 있다. 하지만, 광조사기의 광원이 수복물 하방까지 도달하는데 한계가 있기 때문에 수복물의 두께에 따라 사용이 제한적일 수 있다. 또한 블록의 색조가 어두운 경우 광원 도달이 제한적이므로 수복물의 두께와 색조에 대한 고려가 필요하다. 비니어 혹은 3mm 이하의 두께를 가진 전장관 수복물의 접착에는 사용 가능하지만, 인레이나 온레이 등 깊은 교합면 부위를 가지는 수복물에서는 사용이 어려울 수 있는 것이다. 대부분의 증례에서 이중 중합 레진 시멘트를 사용하는 것이 일반적이고도 술자에게 편의성을 제공할 것이다.

광중합 레진 시멘트나 이중중합 레진 시멘트는 lack-curing 이후 잔여 시멘트를 제거하는 과정이 필요하다. 이때 익스플로러, 외과용 scapels (특히 15c blade), universal curette 등을 이용할 수 있으며, 인접면에 존재하는 잉여 시멘트 제거를 위해서 tofflemire matrix를 precurve 시켜 인접면을 통과시키는 방법도 이용할 수 있다.

VI. CAD/CAM 수복의 미래

현재 CAD/CAM 시스템은 각 제조사별로 각자의 시스템과 폐쇄적인 개별 파인 시스템을 가지고 있다. 의학, 치의학 분야의 영상이 DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine)의 형태로 통합되어 누구나 접근할 수 있는 형태로 개방된 것 같이 CAD/CAM 시스템 또한 이러한 통합 과정이 필요하다고 생각된다. 실제 이러한 변화는 일어나고 있는 중이다. 광학 인상을 통해 얻은 정보는 3차원 computed tomography (CT) 이미지와 중첩할 수도 있게 되고, 이 정보의 통합은 guided surgery, guided endodontics를 가능하게 하였다.

정보의 채득은 현재는 주로 카메라를 이용한 광학 인상으로 이루어지고 있지만, 초음파를 통한 정보 획득도 활발하게 연구되고 있다.⁸⁾ 초음파 인상을 이용하게 된다면, 비침습적으로 치은 연하에 있는 변연부 인상 채득이 가능하게 된다. 실제 수복물 제작의 영역뿐 아니라, 수술에 이용할 수 있는 활용도 또한 더욱 증대될 것이다.

또한 제작의 분야는 현재 milling을 통한 제작이 주를 이루고 있다. 이미 우리 생활에 널리 퍼지고 있는 3D 프린팅 기술 또한 제작의 한 방법으로 고려할 수 있다. 3D 프린팅 기술이 아직은 polymer를 이용하는 것에 국한되어 있고, ceramic을 재료로 이용하고 있지는 않은 실정이다.

지난 10여년 간 CAD/CAM 시스템은 많은 진로실로 보급되며 미약적인 발전을 거듭해 왔다. CAD/CAM 수복에 관한 연구도 활발하게 이뤄지고 있다. 30년전 겨우 상상할 수 있던 미래는 우리의 현실이 되었다. 수많은 임상 경험과 증례 그리고 이를 연구하는 임상가의 관심이 또 앞으로 30년의 미래를 변화시킬 것이다.

참 고 문 헌

1. Renne W, McGill ST, Forshee KV, DeFee MR & Mennito AS (2012) Predicting marginal fit of CAD/CAM crowns based on the presence or absence of common preparation errors *The Journal of prosthetic dentistry* 108(5) 310-315.
2. Chen C, Trindade FZ, de Jager N, Kleverlaan CJ & Feilzer AJ (2014) The fracture resistance of a CAD/CAM Resin Nano Ceramic (RNC) and a CAD ceramic at different thicknesses *Dental materials* 30(9) 954-962.
3. Seo D, Yi Y & Roh B (2009) The effect of preparation designs on the marginal and internal gaps in Cerec3 partial ceramic crowns *journal of dentistry* 37(5) 374-382.
4. Frankenberger R, Hehn J, Hajto J, Kramer N, Naumann M, Koch A & Roggendorf MJ (2013) Effect of proximal box elevation with resin composite on marginal quality of ceramic inlays in vitro *Clinical oral investigations* 17(1) 177-183.
5. Azarbal A, Azarbal M, Engelmeier RL & Kunkel TC (2018) Marginal Fit Comparison of CAD/CAM Crowns Milled from Two Different Materials *Journal of Prosthodontics* 27(5) 421-428.
6. Shim JS, Lee JS, Lee JY, Choi YJ, Shin SW & Ryu JJ (2015) Effect of software version and parameter settings on the marginal and internal adaptation of crowns fabricated with the CAD/CAM system *Journal of Applied Oral Science* 23(5) 515-522.
7. Brosh T, Pilo R, Bichacho N & Blutstein R (1997) Effect of combinations of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites *The Journal of prosthetic dentistry* 77(2) 122-126.
8. Alghazzawi TF (2016) Advancements in CAD/CAM technology: options for practical implementation *Journal of Prosthodontic Research* 60(2) 72-84.