

## 3차원 컴퓨터 그래픽 기술을 이용한 KONUS 내관의 설계와 제작

조선대학교 치과대학 보철학교실, 덴탈그래픽\*, 충북대학교 컴퓨터교육과\*\*

김인섭 · 김병오\* · 유관희\*\* · 강동완

### I. 서 론

컴퓨터의 3차원 그래픽 기술과 3차원 가공기술의 발전은 의료분야에 많은 변화를 가져오고 있다. Computed Tomography<sup>1-3)</sup>, Magnetic Resonance Image 등에 의해 얻어진 정보 자료를 3차원 입력기로 입력하여 3차원적으로 모델링한 후 Rapid prototyping<sup>4,5)</sup>기계를 이용하여 3차원으로 출력하여 수술 전 임상 모의수술을 시행하거나, 컴퓨터에 의한 원격수술이 시도되고 있다<sup>6)</sup>. 치의학의 분야에서도 CAD-CAM<sup>7-9)</sup>이 도입되어 손상된 치아의 경조적을 수복하는 치료 중 Inlay나 도재관의 core 등을 기공사에 의한 수작업이 아닌 컴퓨터와 동작기계로 제작하고 있다<sup>10)</sup>.

SIEMENS에서 개발한 CEREC 시스템은 삭제된 치아의 3차원입력과 설계, CAM가공이 시스템화되어 있어 치아삭제 후 인상채득과 가공과정 없이 inlay<sup>11)</sup>, onlay<sup>12,13)</sup>, laminate<sup>14)</sup>등을 당일 제작하고 있다. Nobel Biocare사에서 제작한 Pro-cera는 세계 여러 곳에 3차원 입력기를 설치하고 입력된 지대치의 데이터를 스웨덴 본사에 전송한 후, 스웨덴과 미국에 있는 가공공장에서 자료를 전송받아 도재관 core를 대량생산하고 있다<sup>15)</sup>. 유사한 시스템으로 cICERO<sup>16)</sup>가 있으며 여러 연구가 진행 중에 있다.

컴퓨터 3차원그래픽을 기반기술로 한 인공치관의 생산은 3차원 입력과 설계, 동작기계에 의한 가공의 과정으로 나눌 수 있다. 이중에 3차원 입력과 가공의 과정은 상업용기계의 발전에 의존하고 있으나 인공

치관의 설계는 치과학계의 노력으로 이루어야 할 부분이다. 인공치관의 설계는 내면의 형성과 외면의 형성으로 나누어지며, 내면은 지대치의 요소가 주요한 변수가 되고 외면의 형성은 인접치와 대합치 등이 변수가 된다. 본 연구의 목적은 인공치관의 내면과 외면의 형성에 필요한 요소를 연구하고 비교적 단순한 모형인 Konus 내관을 3차원 컴퓨터 그래픽으로 설계하고 가공기계를 이용하여 인공치관의 제작방법을 고안하는 데 있다.

### II. 실험재료 및 방법

시편으로는 임상적 유용성을 확인하기 위하여 삭제된 표준 치아모형을 선택하지 않고 6개의 지대치를 가진 실제 환자의 경석고모형을 사용하였으며, 25 $\mu$ m의 오차를 가지는 접촉식 3차원 입력기로 컴퓨터에 입력하였다. 컴퓨터를 이용한 내관의 설계는 CATRS (Computer Aided Teeth Reconstruction Systems)<sup>17,18)</sup> 프로그램을 이용하였다. 인공치관의 모형을 생산하는 CAM(Computer Aided Manufacturing)으로는 상업용 기계를 이용하였다. 입력, 설계와 제작의 과정은 다음과 같다.

#### 1. 지대치의 3차원 입력

지대치 정보를 컴퓨터에 입력하는 방법에는 구강 내에서 직접 입력하는 방법과 인상채득에 의해 석고모형을 제작한 후 입력하는 방법이 있다. 본 연구에서는



Fig. 1. Working cast

환자의 경석고 모형에 접촉식 센서에 의한 직접 접촉으로 x, y, z 좌표 자료를 얻는 방법으로 입력하였다.

## 2. 변연찾기

변연찾기는 인공치관 재건에서 가장 기본이 되는 과정으로 원래의 치아표면과 삭제된 치아 면과의 정확한 경계 지점을 찾아내는 것으로 석고모형의 3차원 입력이 이루어진 후 작업치아를 선택하고 변연찾기를 시작한다. 본 연구에 이용된 CATRS는 핀 다이 작업 없이 석고모형에서 직접 입력된 데이터를 가지고 변연을 찾고 있으며, 석고모형에 존재할 수 있는 기포 등을 자동으로 제거하는 기능을 가지고 있다. 그러나 아주 큰 기포는 프로그램으로 제거할 수 없으며 3차원 입력 전에 제거되어 있어야 한다. 변연을 찾는 방법으로는 선정된 작업범위 내에서 석고표면의 기울기 변화를 측정하여 변연의 종류에 관계없이 반자동으로 변연을 찾았다.

## 3. 시멘트 공간의 부여

시멘트가 최대의 강도를 발휘할 수 있는 균일한 두께의 피막형성을 기존의 기공작업에서는 석고 모형에 die spacer를 바르는 방법을 사용하지만 본 연구에서는 컴퓨터에 입력된 지대치표면에서 25 $\mu$ m 만큼 확대하여 시멘트 공간을 부여하였다. 변연에서는 20 $\mu$ m로 좁게 확대하여 좁더 긴밀한 접촉을 유도하였다. 이 확대된 시멘트 공간의 외면은 인공치관의 내면이 된다.

## 4. Konus 내관의 모델링

CATRS를 이용한 원추내관의 설계는 내관의 최

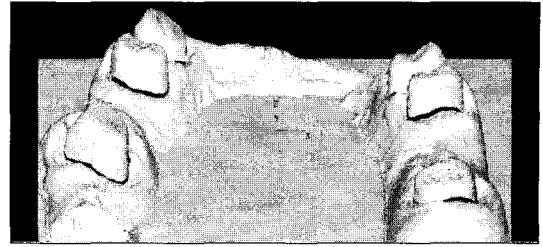


Fig. 2. Three dimensional modeling of the scanned working cast

소, 최대 두께와 원추각의 요소를 지정하여 모델링한다. 또한 원추내관의 외면 데이터와 외관의 내면 데이터는 일치하므로 내관의 외면 데이터를 기준으로 외관을 모델링하면 내관과 외관은 최대 접합력을 확보할 수 있으며 내관과 외관을 독립적으로 동시에 가공하는 것이 가능하게 된다

## 5. 가공

모델링에 의해서 제작된 데이터는 사용된 CAM 프로그램에서 가공조건을 설정하고 그 조건에 따라 공구가 지나가는 경로가 생성한다. 이 경로는 공작기계의 컨트롤러에 전달되어 가공이 시작된다. 본 연구에서는 10 $\mu$ m의 정밀도를 가지는 공작기계를 사용하여 공업용 밀링 왁스를 가공하고, 가공된 납형을 주조하였다.

## Ⅲ. 연구결과

접촉식 3차원 입력기를 이용하여 실제 환자의 석고모형을 컴퓨터에 입력하고 CATRS로 Konus 내관을 설계, CAM으로 가공하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

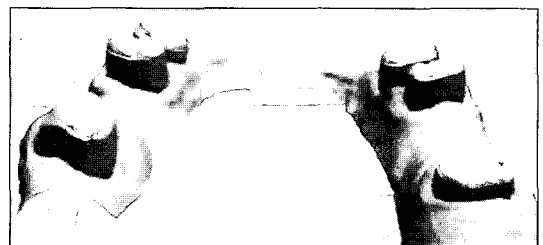


Fig. 3. Designing of konus inner crown on the computer graphics.

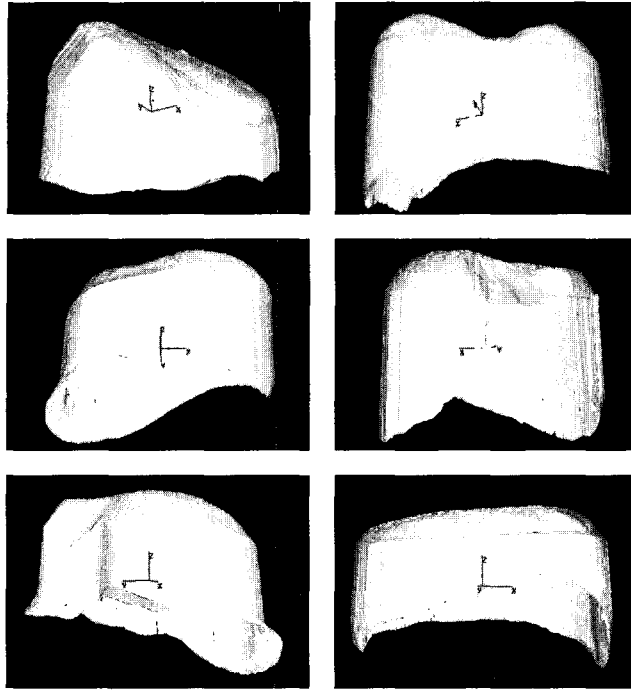


Fig. 4. Designed konus inner crowns.

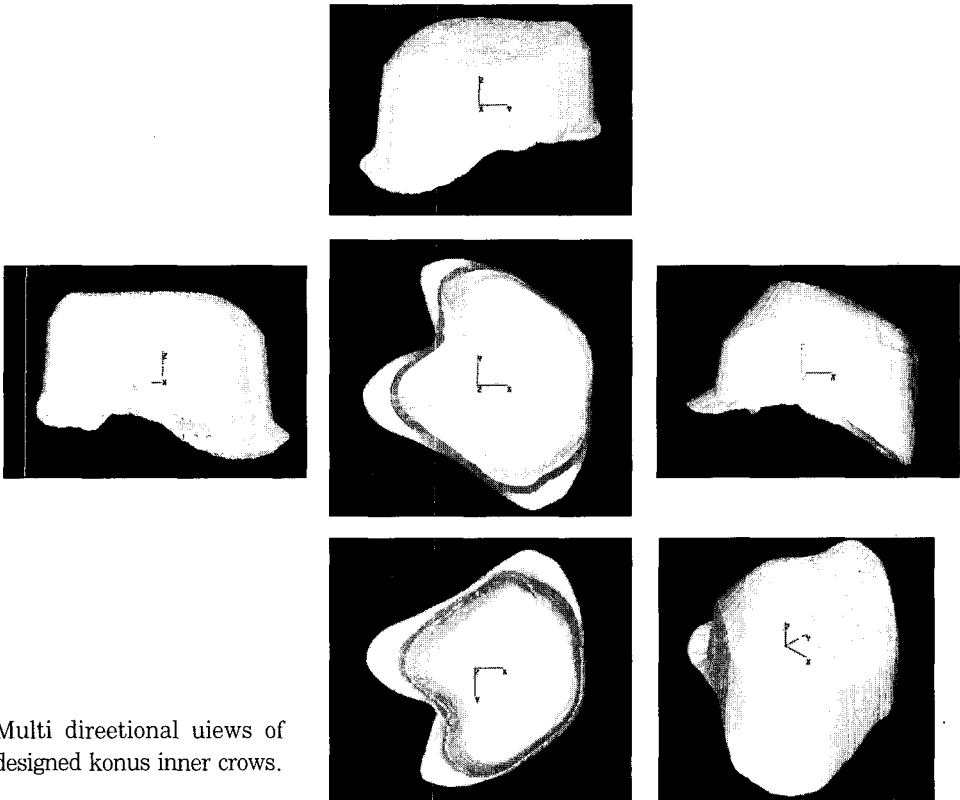


Fig. 5. Multi directional views of designed konus inner crowns.

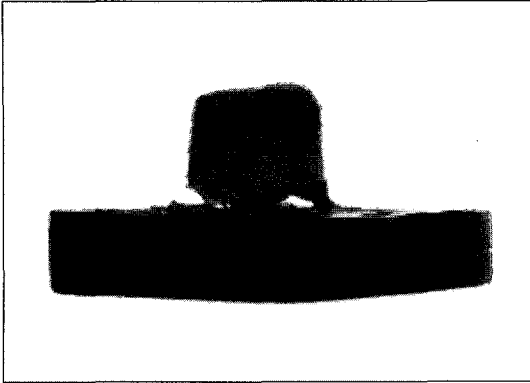


Fig. 6. Wax pattern milled by CAM.

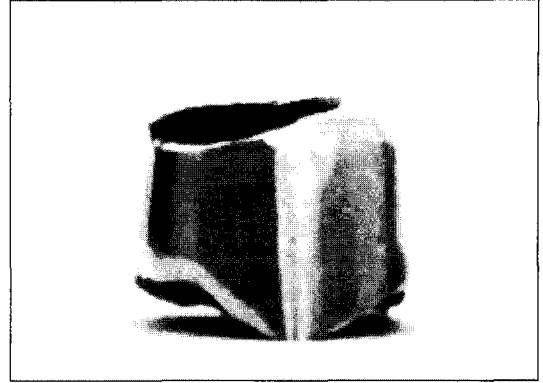


Fig. 7. Konus inner crown after casting.

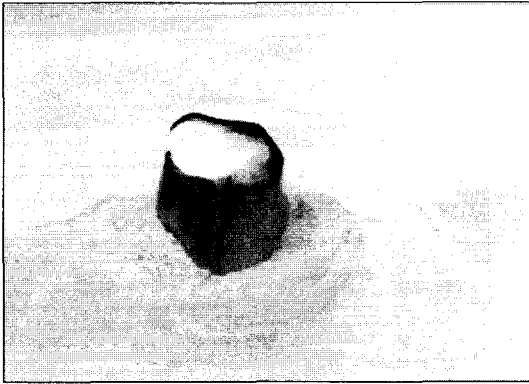


Fig. 8. Konus inner crown placed on the abutment.

컴퓨터 상에 6개의 지대치를 지닌 환자의 석고모형이 모델링 되었다(Fig. 2). 최소, 최대 두께와 원추각의 요소를 지정하여 Fig. 3, 4와 같이 Konus 내관을 설계하였고, Fig. 5는 설계된 Konus 내관의 여러 방향에서의 모습을 보여주고 있다.

모델링된 Konus 내관을 공업용 밀링wax로 10mm의 정밀도로 가공하였다 (Fig. 6). Fig. 7과 8은 통법에 의해 구조된 내관과 석고모형에 장착된 모습이다.

#### IV. 총괄 및 고안

컴퓨터를 이용한 인공치아 제작은 치아를 포함한 구강정보의 입력, 보철물의 3차원 모델링, 컴퓨터에 의해 제어되는 동작기계체에 의한 3차원 출력 등의 3단계 과정을 거치게 된다. 지대치 정보를 컴퓨터에 입력하는 방법으로는 구강 내에서의 직접입력방법

과 석고모형에서의 간접입력방법이 있다. Sirona사의 CEREC 시스템은 구강 내에서 3차원적으로 직접 입력하는 방법을 사용하여 구강 내 실시간 입력이라는 장점을 보이고 있지만 적용범위가 한정적이고 레이저 scan 방식의 일반적 문제점인 난반사문제<sup>20)</sup>를 가지고 있다. 구강 외에서 석고모형을 입력하는 방법은 비교적 정확하고 다수의 지대치에 적용할 수 있어서 현재의 기술수준에서는 채용할 수 있는 가장 현실적인 방법이라 할 수 있다. 석고모형에서 정보를 입력받는 방법으로는 레이저와 광학의 간섭현상을 이용하는 방법<sup>21)</sup>과 접촉식 입력기<sup>22)</sup>, 현미경을 이용하는 방법이 있다. 레이저는 point 와 line 방식으로 나누어지고 레이저의 발광부와 수광부가 일치하거나 발광부와 수광부가 일정각도로 떨어진 삼각분할 방법으로 측량하고 있다. 그러나 레이저가 석고모형에 반사될 때 많은 산란광이 나타나고, 반사되는 위치와 수광부 센서 사이에 인접치아가 놓인 경우는 자료가 입력되지 못하는 부분으로 남게 된다<sup>20)</sup>. 또한 Point 레이저를 이용한 방법에서는 레이저 pointer가 급경사 부위에 위치한 경우는 pointer의 모양이 원이 아닌 긴 타원으로 되어 타원의 중심을 찾는 것이 쉽지 않다. 매우 정밀한 측정이 가능한 반면 접촉하므로써 측정시간이 오래 걸린다는 단점을 가지고 있는 접촉식은 핀 다이에 의해 채택되어 사용하고 있다. 그러나 기공사에 의한 pin-die작업이 있어서 기공과정의 단축과 컴퓨터 자동화라는 관점에서 보면 개선되어야 할 요소이다<sup>15)</sup>. 현미경을 이용하는 방법은 렌즈의 배율에 의한 초점으로 상의 가장자리 정보를 추출하는 것인데 작은 크기의 물체를 3

차원으로 입력하는데 적당하다.

본 연구에서는 석고모형을 접촉식으로 입력하는 방법을 이용하였다. 그러나 석고모형은 인상채득과 석고모형제의 제작 과정 중, 또는 3차원 입력과정과 출력 과정 중에 오차가 발생할 수 있으나 설계 프로그램에 의해 이러한 오차에 대한 보정이 가능하므로 각 과정의 오차에 대한 연구가 진행되면 좀더 정밀한 보철물의 제작이 가능해질 것이다. 그러나 궁극적으로는 오차가 적은 3차원 입력을 위하여 구강 내에서의 다수의 지대치에 대한 정보를 입력할 수 있는 입력장치의 개발에 관한 연구가 있어야 할 것이다.

석고모형의 3차원 입력이 이루어진 후 작업치아를 선택하고 변연찾기를 시작한다. 변연찾기는 인공치관 제작에서 가장 기본이 되는 과정으로 원래의 치아표면과 삭제된 치아 면과의 정확한 경계 지점을 찾아내는 것이다. 변연을 찾기 위한 연구는 Kunii 등<sup>23)</sup>에 의해 이루어진 것이 있는데 이것은 singularity를 이용한 것으로 치아면과 삭제된 치아면과의 경계 부분은 singularity가 발생할 것이라는 전제 하에 진행된 연구이다. 그러나 많은 변수를 지닌 치아에서는 항상 그렇지 만은 않다. 입력된 정보 중에는 변연 외에도 치은부위에서 능각이 생길 수도 있고 삭제된 치질면에도 능각이 만들어질 수 있기 때문이다. Pro-cera와 Cicero 시스템에서는 기공사에 의한 편다이 작업으로 확보된 변연에서 3차원입력을 하는 방법으로 이러한 어려움을 피해가고 있다<sup>15)</sup>. CATRS는 pin-die작업 없이 석고모형에서 직접 입력된 데이터를 가지고 변연을 찾고 있다. 그러나 아직 숨겨진 변연의 경우에 자동으로 찾아내지 못하고 있으며 수동으로 찾고 있다. 따라서 진료실에서 가능한 정확한 인상방법을 사용하여 확실하게 변연을 노출하는 것이 필요하다.

시멘트가 최대의 강도를 발휘할 수 있는 균일한 두께의 피막을 형성하기 위해서는 기존의 기공작업에서는 석고 모형에 다이 스페이서를 바르는 방법을 사용하고 있지만 기공사가 경험에 의존하므로 편차가 발생할 수 있다. Pro-cera시스템은 입력된 지대치를 다결정 세라믹의 수축량인 약 20%정도를 확대하여 밀링한 후<sup>24)</sup>, 99.5%의 순수한 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 다결정 구조를 입히고 고압 고온으로 소결하는 과정에서 발생하는 평균적인 수축량을 고려하여 시멘트 공간을 부여하고 있다. CATRS에서는 컴퓨터를 이용하여 지

대치와 인공치관 사이에 시멘트 공간을 지대치 표면으로부터 일정하게 확대하고 술자의 요구에 따라 확대량을 다르게 할 수 있다.

이상적인 시멘트 공간은 20~40 $\mu$ m<sup>25)</sup>이다. 컴퓨터 설계과정에서는 오차가 발생하지 않으므로 40 $\mu$ m이 내의 오차를 가진 인공치관을 만들기 위해서는 입력과 출력에서의 상한 허용오차는 약 20 $\mu$ m의 범위 내에 있어야 한다. 또한 하한 허용오차는 가급적 적어야 한다. 현재 상용화되어 있는 3차원 입력기와 공작기계의 오차는 약 50 $\mu$ m에서 1 $\mu$ m 이하까지 정밀도를 가지고 있으며 속도와 기능 가격에서 다양한 종류가 있다.

기존의 이중관 제작법으로 열가소성 레진과 원추면을 밀링으로 형성하는 Konometer가 이용되지만 숙련된 기공기술에 의존하고 있다. 내관은 아주 얇은 두께로 제작되어야 외관에 충분한 강도나 심미공간의 부여가 가능하므로 보통 0.3mm 정도 두께의 열가소성레진을 사용하고 있다<sup>26)</sup>. CATRS를 이용한 원추내관의 설계는 내관의 최소, 최대 두께와 원추각의 요소를 지정하여 이 요소들이 조화를 이룬 최적의 균형을 가진 Konus 내관을 모델링 한다.

모델링에 의해서 제작된 데이터는 사용된 CAM 프로그램에서 가공조건을 설정하고 그 조건에 따라 공구가 지나가는 경로가 생성된다. 이 경로는 공작기계의 컨트롤러에 전달되어 가공이 시작된다. 공구 사용시 고려하여야 할 가공조건으로는 일반적으로 공구의 직경, 공구의 회전수, 가공깊이, 공구의 이송속도와 공구의 가공간격 등이 있으나 공구의 가공간격을 제외한 다른 조건은 사용하는 공구에 의해 이미 공구를 제작하는 제작회사가 제시하고 있다. 이 조건보다 무리한 회전수나 이송속도, 가공깊이는 공구의 파절이나 변형을 가져올 수 있어 가공할 소재의 물성과 모양, 공구의 특성에 따라 최적의 가공조건을 설정하여야 한다<sup>27)</sup>. 공구의 가공간격은 가공 후 표면 거칠기를 결정하게 되는데, 가공간격이 조밀할수록 매끄러운 표면을 얻을 수 있다. 공구의 직경은 표현력의 정도를 결정하는 것으로 두꺼운 공구는 깊이 파인 홈을 가공하지 못하고 지나가는 반면 직경이 작은 공구는 세밀한 부분까지 가공이 가능하다. 일반적으로 직경이 큰 공구로 황삭가공을 하고 직경이 작은 공구로 정삭가공을 한다. 여러 개의 공구를 동시에 사용함으로써 가공시간을 많이 단축할 수

으며, 현재 일반적으로 공작기계의 정밀도는 여러 종류가 있어 1 $\mu$ m이하까지 정밀 가공이 가능하므로 인공치관을 가공하는데 충분하다.

CAM에서 사용되는 소재가 정해지면 이미 상업화 되어 일반화된 최적의 가공조건을 갖춘 기준에 의해 가공하게 된다. 소재는 공작기계로 가공할 수 있는 것이면 모두 가능하므로 wax, 금, 치과용 합금, 치과용 세라믹 등 거의 모든 종류의 소재를 이용할 수 있다<sup>28)</sup>. 또한 다축 공작기계를 사용한다면 어떤 곡면도 가공이 가능하다. 또한 그러나 좀더 높은 정밀도를 얻기 위해서 치과보철에서 이용하는 소재에 대한 연구가 있어야 할 것이다.

공작기계는 정밀도와 작업속도에 따라 가격이 다양하다. 실험적으로는 정밀한 기계를 사용하여 오차를 줄일 수 있으나, 임상적으로 널리 이용되기 위해서는 정밀도, 비용, 시간의 적정성이 확보되어야 할 것이다.

### V. 결 론

컴퓨터를 이용한 인공치관의 제작방법과 기반기술을 연구하기 위하여 3차원 컴퓨터 그래픽 기술을 사용하여 Konus 내관을 설계하고 컴퓨터로 제어되는 정밀 공작기계로 가공하였다. 이 연구로 입력과 설계와 가공에 관한 전 과정을 구현하여 제안하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 석고모형의 3차원 입력기술을 연구하였고 디지털 데이터로 지대치의 모형을 구현하였다.
2. 변연을 인식하고 확정하는 기술을 확보하였다.
3. 시멘트 공간의 두께를 임의로 설정하는 기술을 확보하였다.
4. Konus 내관을 설계하는 기술을 확보하였다.
5. Konus 내관의 변연을 자동 또는 술자의 의도에 따라 수동으로 설정할 수 있게 되었다.

앞선 여러 연구자들의 노력과 본 연구로 기공과정의 단축에 의한 제작 시간의 단축 그리고 정밀도를 높일 수 있는 방법과 가능성을 확인하였다. 향후 다른 보철장치 제작에 대한 설계기술의 개발과 3차원 기반기술의 발전, 특히 3차원 입력기술과 치의학 영역의 3차원 컴퓨터 그래픽 기술의 발전으로 보다 더 정밀하고 다양한 인공치아의 대량생산이 가능하게 될 것으로 기대한다.

1. Kris Verstreken, Johan Van Cleynenbreugel, Guy Marchal, et al. Computer-assisted planning of implant surgery: A three-dimensional approach. *Int J Oral & Maxillofacial implants* 1996;11:6: 806-810.
2. Alan Stoler. Helical CT scanning for CAD/CAM subperiosteal implant construction. *J Oral implantology* 1996;22:3/4: 247-257.
3. Marjorie Jeffcoat, Robert L. Jeffcoat, Michael S. Reddy. Planning interactive implant treatment with 3-D computed tomography. *JADA* 1991;122:40-44.
4. 中川 威雄, 丸谷 洋二저, 정해도 번역, 적층조형 시스템 1998, 성안당, 155-172.
5. Yoshinobu Maeda Y, Masataka Minoura M, Sadami Tsutsumi S, Masatoshi okada, Takashi Noku A CAD/CAM system for removable denture. Part 1 : Fabrication of complete dentures. *Int J Prosthodontics* 1994;7:1:17-21.
6. 원격수술 관련 신문기사, 1999년 5월 10일 한겨레신문, 1999년 6월 1일 천자신문, 1999년 6월 2일 한국경제, 1999년 6월 7일 서울경제.
7. Harald O. Heymann, Stephen C. Bayne, John R. Sturdevant, et al. The clinical performance of CAD/CAM-generated ceramic inlays. *JADA* 1996 August;127:1171-1181.
8. Eugene E. E. EaBarre, Urs C. Belser, Jean-Marc Meyer, Larry Watanabe, et al. Computer aided design and transverse strength of screw-retained attachments. *Int J Prosthodontics* 1994;7: 323-328.
9. Paul-Georg, Jost-Brinkmann, Vittorio Cacciafesta, et al. Computer-aided fabrication of lingual retainers. *J Clinical Orthodontics* 1996 October;30:10: 559-563.
10. Hong Yan Chen, Reinhard Hickel, James C Setcos, et al. Effect of surface finish and fatigue testing on fracture strength of CAD/CAM and pressed-ceramic crowns. *J Prosthetic Dentistry*

- 1999;82:468-475.
11. Dan Nathanson, Douglass N. Riis, Gennaro L. Cataldo, et al. CAD/CAM ceramic inlays and onlays : using an indirect technique. *JADA* 1994 april;125:421-427.
  12. Johannes C. Nel, Driessen, Cornell H. Moution. Pieter K. Potential role of CAD/CAM for posterior porcelain restorations. *J Esthetic Dentistry* 1994;6:5:282-285.
  13. Werner H. Mörmann, Jens Schug. Grinding precision and accuracy of fit of cerec2 CAD/CIM inlays; *JADA* 1997 January;128:47-53.
  14. Perng-Ru Liu, Barry P. Isenberg, Karl F. Leinfelder. Evaluating CAD/CAM generated ceramic veneers. *JADA* 1993 April;124:59-63.
  15. Prestipino V, Ingber A, Kravitz J. Clinical and laboratory considerations in the use of a new all-ceramic restorative system. *Pract Periodont Aesthet Dent.* 1998 Jun-Jul;10(5):567-575.
  16. Harry W, Jef M, Marious. A Measurement of margin of partial-coverage tooth preparation for CAD/CAM. *Int J Prosthodontics* 1999;12:395-400.
  17. 엄성권, 김병오, 유재수, 유관희. 치아 재건을 위한 Conus 내관 모델링. 한국정보과학회 추계 학술발표대회 자료집 1999;571- 573.
  18. 엄성권, 김병오, 유재수, 유관희. 치아 재건 시스템을 위한 컴퓨터 모델링 기술. 한국정보과학회 추계 학술발표대회 자료집 1999;598-600.
  19. Craig RG. *Restorative Dental Materials*. Mosby 1993:184.
  20. Kawahata N., Ono H., Nishi Y. et al. Trial of duplication procedure for complete denture by CAD/CAM: *J Oral Rehabilitation* 1997;124:7:540-548.
  21. *Manual of DATA SCUCPT. LASER DESIGN SYSTEM, INC.* 1999.
  22. Dastane A., Vaidyanathan T.K, J. et al. Development and evaluation of 3-D digitization and computer graphic system to study the anatomic tissue and restoration surfaces. *J Oral Rehabilitation* 1996 January;23:1:25-34.
  23. Kunii TL, Anoshkina EV, Belyaev AG, Okunev O G, Ridges and ravines : a singularity approach. *Int J Shape Modeling* 1994;1:1:1-12.
  24. Andersson M, Razzoog ME, Oden A, Hegenbarth EA, Lang BR. Procera : a new way to achieve an all-ceramic crown. *Quintessence Int.* 1998 May;29(5):285-96.
  25. Steven MC, Peter RW, The effect of die-spacing on crown retention. *Int J Prosthodontics* 1996; 21-29.
  26. Körber, K. 저, 우이형역, 원추관 신흥인터넷서널 1998;136-138.
  27. ツールエンジニア 편집부, 심증수 역, 머시닝센터 활용매뉴얼, 성안당 1998; 43-45.
  28. 이영희. 최신 난삭재가공기술, (주)기술정보 1995;10-31.

---

**Reprint request to:**

**Dong-Wan Kang**

Department of Prosthodontics, College of Dentistry Chosun University  
 588, Seosuk-Dong, Dong-Gu, Kwoangju, 501-717, Korea  
 Tel. +82-62-220-3620 Fax. +82-62-228-9789  
 dwkang@mail.chosun.ac.kr

ABSTRACT

## DESIGN AND FABRICATION OF INNER KONUS CROWN USING THREE DIMENSIONAL COMPUTER GRAPHICS

In-Sup kim, Byung-Oh Kim\*, Kwan-Hee Yoo\*\*, Dong-Wan Kang

*Dept. of Prosthodontics, College of Dentistry, Chosun University,*

*\*Dental Graphics and*

*\*\*Dept. of Computer Education, Chungbuk National University*

A fabrication method of inner and outer crown using CAD/CAM is presented. The information of abutment teeth is transferred to a computer through a 3-dimensional scanner. A Konus inner and outer crown is designed on a computer and a real crown is machined based on this design using CAM. This method can save laboratory time and reduce inaccuracies compare to conventional casting procedure.

A stone model with six prepared abutment teeth from a patient was used in this study. Three dimensional information from the model was transferred to a computer using a contact type 3-dimensional scanner with a  $25\mu\text{m}$  accuracy. All margins were identified on a computer image where there is a change in surface taper of a model. To provide a cement space, the image of a inner surface of a Konus inner crown was duplicated  $25\mu\text{m}$  apart from the surface of a prepared abutment teeth image. The cement space was  $20\mu\text{m}$  at the cervical margin. All Konus crowns were machined with a  $10\mu\text{m}$  accuracy.

It was concluded that this method can reduce working-time for the laboratory process and increase accuracy. A further research is required to make a simplified process for a more complex prosthesis.