

치과용 스캐닝 시스템의 개발과 가변형 상악용 트레이의 재현성

Development of Dental Scanning System and Reproduction of Adjustable Upper Dental Impression Tray

차 영 엽*, 엄 상 호

(Young-Youp Cha and Sang-Ho Eom)

Abstract: This study was performed to development a dental three-dimensional laser scanning system and measure the accuracy of new adjustable upper dental impression tray. The metal stock, individual, and new adjustable stock trays were used for 30 stone casts(10 casts each) duplicated a resin master model of maxilla. The dental stone was poured in a vinyl polysiloxane impressions and allowed to set for on hour. The master model and the duplicated casts were digitized using a dental scanning system. The distance between the reference points were measured and analyzed on the graphic image of 3D graphic software of CATIA. The statistical significance of the differences between the groups was determined by a two-way ANOVA. There were no significant differences between the accuracies of the adjustable stock tray and the master model except only anterior arch width on the upper arch. The adjustable upper stock tray showed clinically acceptable accuracies of the study cast produced by them.

Keywords: dental system, scanning system, dental impression tray, CAD/CAM system

I. 서론

치과 임상에서 진단모형이나 작업모형을 제작할 목적으로 인상을 채득하게 된다. 인상은 치아와 주위 구강조직의 형태 및 관계를 재현할 수 있는 음형을 말하는 것으로 반유동성 물질을 넣어 그것이 경화되게 함으로써 만들어 지게 된다. 인상채득을 위해서는 인상재와 함께 트레이(tray)가 필요하며 사용하는 인상재의 종류와 인상채득의 목적에 따라 여러 형태의 트레이가 사용된다. 인상용 트레이는 기성 트레이와 개인 트레이가 사용되고 있으며, 그 중에서 기성 트레이는 치아의 유무에 따라 유치악용과 무치악용으로 나누어진다.

기성 트레이는 주로 비가역성 수성 인상재와 가역성 수성 인상재를 이용한 인상채득 시 사용되고 있으며, 개인 트레이는 주로 고무인상재를 이용한 인상채득 시에 사용하게 되는데 이는 인상재의 두께를 균일하게 하여 인상재의 경화 시 나타나는 크기의 변화를 최소화하기 위함이다[1]. 개인 트레이를 사용한 인상채득 시 인상재의 두께가 2-4mm로 유지될 때 탄성 인상재는 적절한 체적 안정성을 갖는다[2]. 하지만 이러한 개인 트레이의 사용은 시간적, 경제적으로 많은 부담을 주고 있어 최근에는 진단용 모형 제작뿐만 아니라 작업모형의 제작을 위해 정밀 인상재를 사용하는 경우에도 기성 트레이를 활용하는 빈도가 증가하는 추세에 있다.

정확한 인상은 인상재의 선택, 인상재의 혼합비와 혼합

시간, 해부학적 구조물에 적절한 인상방법과 인상재를 담을 수 있는 트레이, 인상재의 제거법, 인상재의 보관시간 등의 영향을 받게 되는데 성공적인 인상이 채득되기 위해서 우선 사용되는 인상재는 임상적으로 요구되는 경화의 특징과 정확성, 견고성 및 영구성을 가져 변형이 적어야 하며 경제적으로도 합당하고 조작이 간편해야 한다[3]. 또한 인상에 영향을 주는 여러 요인 중 인상재의 발전은 괄목한 것으로 인상재료의 조작성과 정확성은 크게 향상되었다. 탄성 인상재는 높은 탄성복원력을 가지며 낮은 변형율과 적절한 쪼김 저항을 가진다.

아울러 트레이도 개인 트레이를 위한 각종 레진의 개발이 이루어지고 있고 다양한 형태의 기성 트레이가 소개되고 있다. 개인 트레이의 제작 시 자가증합 아크릴릭 레진, 열가소성 레진, 그리고 최근에는 광 중합형 레진 등이 사용되고 있으며, polycaprolactone 재료가 새로이 등장하기도 했다. 기성 트레이는 보통 금속 재료로 제작되고 있으나, 그 사용 용도에 따라 열가소성 재료나 레진을 이용하여 제작하기도 한다.

현재 치과임상에서 사용되고 있는 유치악용 기성 트레이는 개인의 각기 다른 악궁 크기에 따라 일반적으로 상악 3개, 하악 3개로 모두 6개가 사용되고 있다. 그러나 경우에 따라서는 악궁이 커서 기존의 기성 트레이로는 인상을 채득할 수 없어 트레이를 변형시켜 인상을 채득해야하는 등의 어려움을 겪고 있다. 또한 한국인의 악궁형태는 서양인과 비교할 때 서로 차이점이 있으며, 크기에 있어서도 한국인이 서양인에 비해 견치간 거리, 구치간 거리가 큰 것으로 알려져 있다[4]. 그러나 국내에서 널리 사용되고 있는 기성 트레이는 서양인에 맞게 만든 외국제품이거나 국산이라 하더라도 외국제품을 모방한 제품이다. 따라서 한국인 악궁에 맞는 트레이의 설계 및 평가가 필요한 실정이다.

신 등[5]은 한국인 성인에 대한 기성 트레이의 적합도에

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2009. 10. 12., 수정: 2009. 11. 25., 채택확정: 2010. 1. 15.

차영엽: 원광대학교 기계공학부(ggypcha@wonkwang.ac.kr)

엄상호: 원광대학교 치과대학 대학원(aceimplant@naver.com)

※ 본 논문은 2009학년도 원광대학교 교비지원에 의하여 연구하였음.

※ 상기 논문은 제어·로봇·시스템학회 전북제주시부의 학술대회에서 초안이 발표되었습니다.

관하여 연구하였으며, 소형과 중형 트레이의 사용빈도가 현저하게 낮아 트레이의 크기가 대체로 작으며 트레이의 폭경에 있어서도 상악 구치부 협측에서 특히 좁은 것을 알 수 있었으며 또한 구개부의 인상재 두께는 너무 커 변형이 필요하다는 것과 하악의 설소대 부위의 트레이 길이가 다소 길다는 사실을 알 수 있었다. 또한 송 등[4]은 악궁의 크기와 형태에 관한 연구에서 한국형 유치악용 트레이의 설계치를 제시하였으며, 신 등[5]은 이 설계치를 바탕으로 제작한 트레이의 적합도에 관하여 연구하였다. 이들의 연구에서 악궁은 그 쪽에서는 차이가 있지만 악궁의 전후방 길이에는 차이가 없다는 것을 알 수 있었으며, 이는 기성 트레이가 그 쪽에 의해 크기가 구분되는 것이 바람직하다는 결론을 내릴 수 있었다. 동 등[6]은 폭을 조절할 수 있는 트레이가 있으면 상악 1개, 하악 1개 모두 2개의 트레이로 모든 악궁에 적용시킬 수 있다는 점에 착안하여, 가변형 치과 인상용 트레이를 고안하였다. 다른 특징으로서 양 구치부에 2개, 전치부에 1개의 stop이 부착되어 있어 인상재의 균일한 두께를 유지할 수 있으며 동시에 트레이가 악궁의 크기에 따라 자동적으로 폭이 조절될 수 있도록 되어 있다.

일반적인 치의학 연구를 위한 첫 번째 관문은 치아모형의 정밀한 3차원 입력과 여기서 얻어진 데이터를 이용한 3D 치아재현과 이에 따른 3D 치아가공을 위한 CAD/CAM 시스템의 구성이다. 아직 구강 내 직접 입력은 난반사 등 기술적으로 어려운 측면이 있다. 그래서 일반적으로 치아모형의 입력을 많이 사용하며, 사용되는 센서로는 접촉식과 비접촉식이 있다. 특히 3차원 입력기로는 안면 피부 입력기, CT나 MRI를 이용한 입력기, 구강 내 직접입력기, 석고 모형 입력기 등이 있으며, 정보획득 방법으로는 간섭현상, 레이저 센서, 레인지 카메라, x-ray를 이용한 방법, 접촉 센서를 이용한 방법 등 다양한 접근방법이 시도되고 있다.

접촉식 입력기의 속도는 레이저 센서 등을 사용하는 비접촉식보다 2배정도 느리고 0.02mm 분해능의 입력이 가능하며 4축으로 구동하면 거의 모든 영역의 스캐닝(scanning)이 가능하고 이 정도면 다양한 치아 형태를 수치화 할 수 있다. 따라서 현미경으로 석고모형을 관찰하는 것과 같은 표면 재현성이 있으나 비좁은 공간 사이의 접근성에 문제가 있다. 비접촉식에서는 레이저 센서를 많이 사용하나, 급경사와 인접치아 입력에서는 예기치 못한 데이터 간섭 등이 종종 발생하며, 또한 광 삼각분할 레이저 측정방법은 입력받지 못하는 영역 등이 나타날 수 있다.

본 연구는 3차원 치과용 스캐닝 시스템을 개발하고, 레진으로 제작된 마스터모형을 금속 기성 트레이, 개인 트레이와 새로 개발된 가변형 트레이를 이용하여 인상을 채득하고 모형을 제작한 후 3차원 치과용 스캐닝 시스템을 이용하여 인상 전 마스터 모델과 인상 후 석고모형의 미세 형태 변화를 비교 연구함으로써 가변형 트레이의 모형 재현성을 알아보려고 한다.

II. 치과용 Scanning 시스템

치과용 트레이의 재현성 연구를 위해서는 트레이로 제작된 시편에 대한 x, y, z 좌표의 3차원 데이터 확보가 필요

하다. 이를 위하여 3차원 입력기를 이용하여 필요한 3차원 데이터를 확보하는데, 이러한 3차원 입력기는 일반 산업현장에서는 반도체의 기관검사와 복제생산 분야에서 사용되고 있으며, 고고학에서도 출토된 유물을 손상시키지 않고 자료를 얻기 위해서 이용되며, 최근 많은 연구가 진행되고 있다. 레이저 거리계를 이용한 비접촉식 3차원 입력기는 일반적으로 정밀도가 0.01mm 이하이고 치아의 급경사와 margin 부위에서 미세한 틈의 입력이 가능하여야 한다. 부수적으로 저렴한 가격과 사용방법이 간단하여 이용에 불편이 없어야 할 것이다.

여기서는 4축 구동 시스템과 레이저 거리센서를 이용한 비접촉식 치과용 스캐닝 시스템을 제작하고, 이에 필요한 구동 알고리즘을 작성하였고, 3차원 데이터를 이용하여 3차원 입체를 재구성한다. 그리고 금속 기성 트레이, 개인 트레이와 새로 개발된 가변형 트레이를 이용하여 인상을 채득하고 모형을 제작한 실제의 시편을 스캐닝하여, 여기서 얻어진 데이터를 다시 3D 입체로 재구성하고 이 결과들을 서로 비교하여 가변형 트레이의 모형 재현성을 알아보려고 한다.

그림 1은 본 연구를 위해서 개발된 3D 스캐닝 시스템의 구동부를 보여주고 있다. 전체는 4축으로 구성되어 있어서, 수평 테이블 위에 Mitsubishi사의 AC 서보모터로 구동되는 X, Y, θ 축이 장착되고 그 위에 모형을 고정하기 위한 척 테이블이 장착된다. 또한 이 척 테이블에 수직으로 Mitsubishi사의 AC 서보모터로 구동되는 Z축이 장착되어 있고, 그 Z축 테이블 위에 치아 스캐닝을 위한 센서가 부착되는데, 비접촉 센서로는 Keyence사의 LK-081 레이저 거리 센서가 사용되고, 이 센서의 분해능은 0.003mm이다.

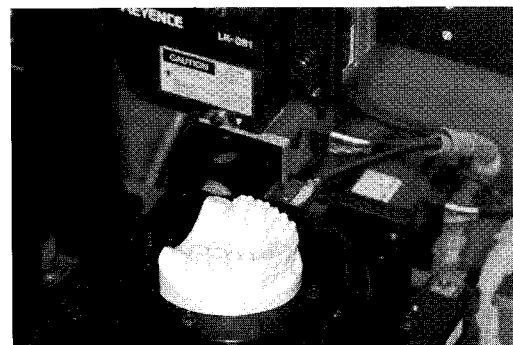


그림 1. 개발된 스캐닝 시스템의 사진.

Fig. 1. Photograph of the developed scanning system.

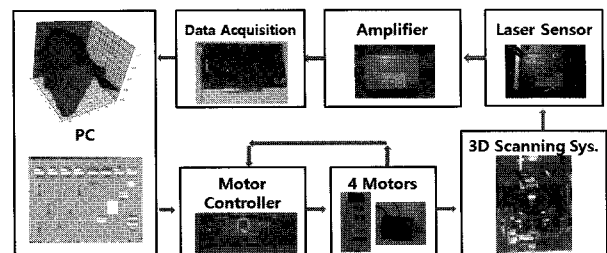


그림 2. 개발된 스캐닝 시스템의 구성도.

Fig. 2. Schematic of the developed scanning system.

그림 2는 본 연구에서 개발한 치과용 스캐닝 시스템의 구성도를 보여주고 있다. Host 컴퓨터와의 사용자 인터페이스를 위하여 Visual C++로 개발된 치과용 스캐닝 시스템의 제어패널에서 스캐닝할 치아모형의 왼쪽 아래와 오른쪽 위의 두 점과 수평과 수직의 스캐닝 간격을 지정하면, 삼성로크웰사의 8축 MMC 모터 컨트롤러에 연결된 4개의 AC 서보모터의 구동에 의해서 스캐닝 시스템의 구동부가 움직이고, 칩 테이블의 치아모형 위에 장착된 레이저 거리센서에 의해서 얻어진 센서정보는 Amplifier를 통과하여 제어용 컴퓨터의 PCI 슬롯에 장착된 Adventec사의 PCI-1710 데이터 획득장치와 본 연구에서 Visual C++로 개발된 사용자 인터페이스용 제어패널에서 거리데이터로 환산되어 3D 데이터가 얻어진다. 이렇게 얻어진 3D 데이터는 CATIA S/W를 이용하여 치아모형을 재구성하고, 몇 개의 형상 특이점간의 거리를 측정하고, 각각을 비교할 수 있다.

III. 치과용 트레이의 실험 모형제작

1. 치과용 트레이 제작

치과용 트레이의 재현성 연구를 위하여 유치악 자연치를 재현한 러버몰드(Rubber mould, Trimunt, Kyoto, Japan)와 다이레진(Polyurock, Metalor, Swiss)을 이용해 그림 3과 같이 상악 마스터 모형을 제작하였다. 그리고 실험에 사용한 트레이는 기성 메탈 트레이, 개인 트레이, 본 실험을 위해 제작된 가변형 트레이를 사용한다.

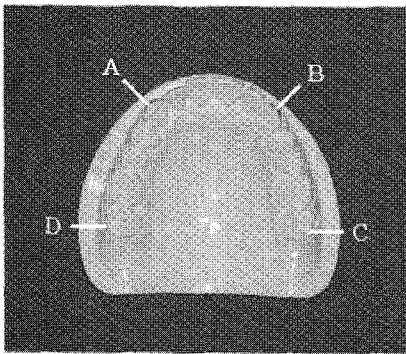


그림 3. 상악용 마스터 모델과 측정위치.
Fig. 3. Photograph of the developed scanning system.

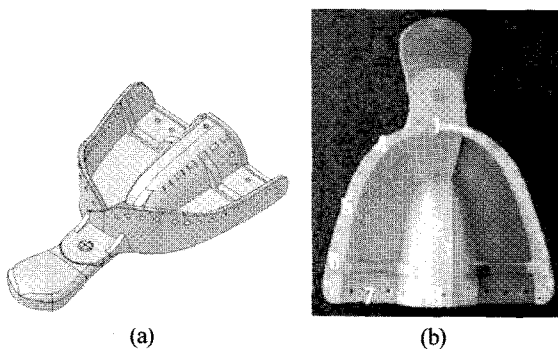


그림 4. 가변형 상악용 트레이의 3D 모형(a)과 시제품(b).
Fig. 4. 3D model(a) and product(b) of adjustable upper dental impression tray.

기성 금속 트레이는 현재 널리 쓰이는 제품(Impression Tray, Frontierdental, Korea)으로 선택하였고, 개인 트레이는 핑크왁스 두 장으로 약 2mm의 균일한 공간을 부여할 수 있도록 하고 전치부위와 구치부위에 3개의 스탱을 형성하여 트레이 레진(SR Ivolen, Ivoclar vivadent AG, Liechtenstein)으로 제작하였다. 그리고 제작된 가변형 트레이 각 부위별 크기는 송 등[4]의 연구결과에 따른 악궁의 크기 분석결과를 이용하여 설계된 트레이 수치를 기본으로 하고, 신 등[5]에 의한 적합도 분석결과를 감안하여 조정하였다.

트레이 형상 모델링은 CATIA V3R9(Dassault system, France)를 사용하였고 그림 4에서 보여진다. 트레이 재료는 ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) 합성수지를 사용하였으며, Unigraphics (Unigraphics Solutions, USA)와 Fanuc (Fanuc Co, Japan)의 NC 밀링을 이용하여 시제품을 제작하였다. 힌지는 트레이의 안전성과 악궁의 형태 변화 등을 감안하여 트레이 본체와 핸들의 부착부에서 10mm 떨어진 부위에 위치시켰다. 상악 전치부에 1개와 양 제1 대구치 교합면에 1개씩 모두 3개 스탱을 부여하였다. 스탱의 높이는 2mm 이며, 트레이를 구강내 적합시 그 폭이 자동으로 조절 되도록 사면을 부여하였다.

2. 실험모형 제작

가변형 트레이와 기성 트레이는 트레이 부위에 헤비 바디 실리콘 인상재(Imprint II Penta, 3M ESPE, Germany)를 자동믹서(Pentamix 2, 3M ESPE, Germany)를 이용해 적용하였고 모델에는 건 타입 라이트 바디 실리콘 인상재(Imprint II Garant, 3M ESPE, Germany)를 적용하여 한번에 인상을 채득하였다. 약 5분후 마스터 모델을 분리하고 인상체 내면에 wetting agent를 도포한 후 Type IV 치과용 석고(GC Fujirock EP, GC Europe N.V.,E.C.)를 제조사의 지시에 따른 혼수비로 진공믹서(Wamix-2, Wassermann, Germany)를 이용하여 30초간 믹싱한 후 바이브레이터에서 기포가 생기지 않도록 조심스럽게 인상체에 넣은 후 1시간이 지난 다음 인상체에서 모델을 분리한 후, 베이스몰드와 Type IV 치과용 석고(GC Fujirock EP, GC Europe N.V.,E.C.)를 이용해 베이스를 형성하였다.

개인 트레이의 변연과 내면에 실리콘 접착제(Universal Adhesive, Heraeus Kulzer, Germany)를 바른 후 2분간 건조시킨 후 건 타입 라이트바디 실리콘 인상재(Imprint II Garant, 3M ESPE, Germany)를 이용해 기포가 없도록 마스터 모형의 치아부위와 조직부위에 적용시키고 트레이 내면에 적용하여 인상을 채득하였다. 5분 후 마스터 모델을 분리하고 인상체 내면에 wetting agent를 도포한 후 Type IV 치과용 석고(GC Fujirock EP, GC Europe N.V.,E.C.)를 제조사의 지시에 따른 혼수비로 진공믹서(Wamix-2, Wassermann, Germany)를 이용하여 30초간 믹싱한 후 바이브레이터 상에서 기포가 생기지 않도록 조심스럽게 인상체에 주입하였다. 1시간이 지난 다음 인상체에서 모델을 분리한 후, 베이스몰드와 Type IV 치과용 석고(GC Fujirock EP, GC Europe N.V.,E.C.)를 이용해 베이스를 형성하였다. 이상과 같은 방법으로 상악 각기 3종류의 트레이를 이용해 각 시편 당 10개씩 총 30개의 실험모형이 제작되었다.

IV. 실험

레진으로 제작된 마스터모델을 금속 기성 트레이, 개인 트레이와 새로 개발된 가변형 트레이를 이용하여 인상을 채득하고 모형을 제작한 후 3차원 치과용 스캐닝 시스템을 이용하여 인상 전 마스터 모델과 인상 후 석고모형의 미세 형태 변화를 비교함으로써 가변형 트레이의 모형 재현성을 알아보고자 한다. 수평 길이의 변화를 측정하기 위해 그림 3과 같이 좌우측 견치의 첩단과 좌우측 제1대구치의 근심 협측 교두정을 포함하는 4개의 포인트 간의 길이변화를 6 부위에서 측정한 결과의 예가 그림 5에 나와 있다. 마스터 모델의 디지털 영상과 30개 석고모형의 디지털 영상이 프로그램에서 중첩되었고 3차원적인 변형량이 측정된 후 2-way analysis of variance(ANOVA; $p < 0.05$)를 이용해 각각의 그룹 간의 차이여부가 검증되었다.

3차원 적인 거리변화의 측정 결과가 그림 6에서 보여 지고, 각 위치간의 거리변화는 표 1에서 보여 진다. 여기서 SD (Standard Deviation)는 표준편차, DMM (Deviation with Master Model)은 마스터 모델과의 오차를 나타낸다. 상악에서 A-B 간의 거리차는 개인 트레이에서 81.9 μ m로 가장 작고, A-C 간의 거리차는 가변형 트레이에서 117 μ m로 가장 작고, A-D 간의 거리차는 금속 트레이에서 32.8 μ m로 가장 작고, B-C 간의 거리차는 금속 트레이에서 -13.8 μ m로 가장 작고, B-D 간의 거리는 가변형 트레이에서 12.5 μ m로 가장 작고, C-D 간의 거리는 가변형 트레이에서 -7.4 μ m로 가장 작았다.

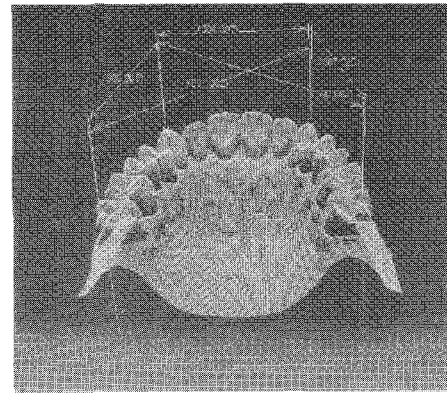


그림 5. 상악 3D 스캐닝 결과 예.

Fig. 5. Example of 3D scanning result in upper dent.

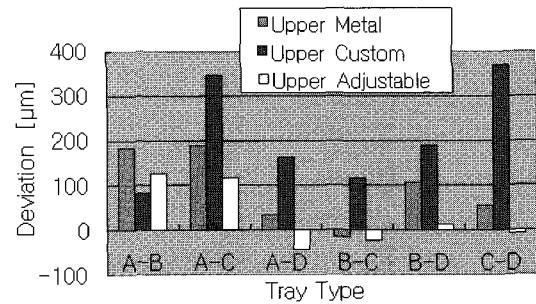


그림 6. 상악에서 각 트레이에 따른 편차.

Fig. 6. Deviation according to each tray in upper dent.

표 1. 트레이 형태에 따른 각 점들 사이의 거리.

Table 1. Distance between each point according to tray types.

| Location measured | Tray Type | Distance (mm) | SD | N | DMM(μ m) | Duncan's Grouping |
|-------------------|-----------------|---------------|-------|----|---------------|-------------------|
| A-B | Master Model | 36.418 | 0.002 | | | A |
| | Metal Tray | 36.602 | 0.074 | 10 | 184.3 | B |
| | Custom Tray | 36.45 | 0.119 | 10 | 81.9 | AB |
| | Adjustable Tray | 36.543 | 0.087 | 10 | 125.6 | B |
| A-C | Master Model | 59.177 | 0.031 | | | A |
| | Metal Tray | 59.367 | 0.107 | 10 | 189.7 | B |
| | Custom Tray | 59.523 | 0.135 | 10 | 345.8 | C |
| | Adjustable Tray | 59.294 | 0.131 | 10 | 117.0 | AB |
| A-D | Master Model | 38.107 | 0.033 | | | AB |
| | Metal Tray | 38.14 | 0.106 | 10 | 32.8 | AB |
| | Custom Tray | 38.269 | 0.227 | 10 | 161.9 | B |
| | Adjustable Tray | 38.065 | 0.07 | 10 | -42.2 | A |
| B-C | Master Model | 37.051 | 0.028 | | | A |
| | Metal Tray | 37.037 | 0.083 | 10 | -13.8 | A |
| | Custom Tray | 37.167 | 0.203 | 10 | 115.6 | A |
| | Adjustable Tray | 37.028 | 0.233 | 10 | -22.5 | A |
| B-D | Master Model | 59.223 | 0.001 | | | A |
| | Metal Tray | 59.329 | 0.073 | 10 | 106.2 | AB |
| | Custom Tray | 59.412 | 0.13 | 10 | 189.3 | B |
| | Adjustable Tray | 59.235 | 0.096 | 10 | 12.5 | A |
| C-D | Master Model | 57.554 | 0.053 | | | A |
| | Metal Tray | 57.609 | 0.075 | 10 | 55.5 | A |
| | Custom Tray | 57.923 | 0.185 | 10 | 369.1 | B |
| | Adjustable Tray | 57.547 | 0.103 | 10 | -7.4 | A |

프로그램 상에서 측정된 길이를 비교한 결과 대부분의 측정부위에서 마스터 모델에서의 길이보다 실험 모델에서 길이가 증가하는 양상을 보였으나, 상악에서는 개인 트레이의 변형량이 크고, 많은 부위에서 가변형 트레이가 금속 기성 트레이나 개인 트레이 보다 좋은 결과를 나타냈다. 그리고 실험 시 가변형 트레이가 모형과 분리 시 가장 용이하였다. 이러한 용이한 분리가 인상체에 무리한 힘을 줄여 정확한 인상을 가능하게 했으리라 생각된다.

V. 결론

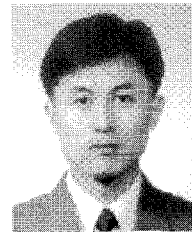
본 연구는 치과용 3차원 레이저 스캐닝 시스템을 개발하여 레진으로 제작된 마스터모형을 개인 트레이와 금속 기성 트레이 그리고 새로 개발된 가변형 트레이를 이용하여 인상을 채득하고 모형을 제작한 후 인상 전 마스터모형과 인상 후 석고모형의 미세 형태 변화를 비교 연구함으로써 각 트레이의 모형 재현성을 알아보았다. 정확한 측정을 위해 개발된 치과용 3차원 레이저 스캐닝 시스템은 보다 객관적이고 정확한 길이 데이터를 얻을 수 있었다. 실험에서는 전반적으로 트레이 간의 정확도에는 큰 차이가 없었고 가변형 트레이가 유동적인 경첩을 가짐에도 불구하고 횡적으로 안정적인 양상을 보였다. 따라서 새로 개발된 치과용 스캐닝 시스템의 유용성이 입증되었고, 가변형 트레이 사용의 편리함과 경제성은 물론이고 기존의 트레이에 필적할 만한 정확성을 가짐으로써 그 임상적인 사용이 기대 된다 할 수 있다.

참고문헌

- [1] G. A. Zarb, B. Bergman, J. A. Clayton, and H. F. MacKay, "Prosthetic treatment for partially edentulous patients," The C. V. Mosby Co., Louis, 1978.
- [2] J. M. Clancy, F. R. Scandrett, and R. L. Ettinger, "Long-term dimensional stability of three current

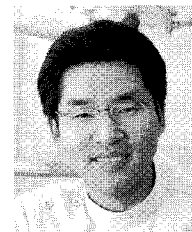
elastomers," *J Oral Rehabil*, vol. 10, pp. 325-328, 1983.

- [3] N. Shigeto, H. Murata, and T. Hamada, "Evaluation of the methods for dislodging the impression tray affecting the dimensional accuracy of the abutments in a complete dental arch cast," *J Prosthet Dent.*, vol. 61, pp. 54-58, 1989.
- [4] 송대성, 강석구, 조혜원, 동진근, "한국형 유치악용 기성트레이의 개발에 관한 연구," *J Wonkwang Dental Research Institute*, vol. 5, no. 3, pp. 85-124, 1995.
- [5] 신수정, 박정용, 오상천, 동진근, "한국형 유치악용 기성트레이의 적합도에 관한 연구," *J Wonkwang Dental Research Institute*, vol. 7, no. 1, pp. 193-209, 1997.
- [6] J. K. Dong, S. C. Oh, and M. J. Kim, "Development of adjustable dental impression trays," Proc. of 10th Meeting of the International College of Prosthodontists, Canada Halifax. no. 51, 2003.



차 영 업

1984년 부산대 기계공학과 졸업. 1987년 한국과학기술원 생산공학과 석사. 1995년 한국과학기술원 정밀공학과 박사. 1995년~현재 원광대학교 기계자동차공학부 교수. 관심분야는 로봇과 영상처리.



염 상 호

1995년 원광대 치의학과 졸업. 2003년 원광대 치의학과 석사. 2005년 원광대 치의학과 박사. 관심분야는 치과보철.