



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2017년 8월

2017년 8월
박사학위논문

박사학위논문

완전 무치악에서 임플란트 디지털 인상의 정확성

완전 무치악에서
임플란트
디지털 인상의
정확성

조선대학교 대학원

치 의 학 과

김 려 운

김
려
운

완전 무치악에서 임플란트 디지털 인상의 정확성

Accuracy of Digital Implant Impression
for Edentulous patients

2017년 8월 25일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

김 려 운

완전 무치악에서 임플란트 디지털 인상의 정확성

지도교수 손 미 경

이 논문을 치의학 박사학위 논문으로 제출함.

2017년 4월

조선대학교 대학원

치 의 학 과

김 려 운

김려운의 박사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 정재헌 (인)

위원 조선대학교 교수 강동완 (인)

위원 조선대학교 교수 손미경 (인)

위원 전남대학교 교수 임현필 (인)

위원 조선대학교 교수 허유리 (인)

2017년 6월

조선대학교 대학원

목 차

표 목 차	ii
도 목 차	iii
영문초록	v
I. 서 론	1
II. 실험 재료 및 방법	4
III. 연구 결과	18
IV. 총괄 및 고찰	21
V. 결 론	26
참고문헌	27

표 목 차

Table 1. Deviations(mm) of each groups	18
Table 2. Result of Shapiro-Wilk normality test ($p>0.05$)	19
Table 3. Bonferroni correction after One-Way ANOVA	19

도 목 차

Fig. 1. Marking for implant positions	4
Fig. 2. Surgical drill connection on surveyor	4
Fig. 3. Implant fixture installation into the acrylic resin model	5
(a) Drilling for fixture installation	
(b) Fixture installation by surgical kit	
(c) Fixture installation by torque wrench	
(d) Parallel installation of fixtures	
Fig. 4. Index formation at the border of model	6
(a) Formation of Index by denture bur	
(b) Individual tray can be placed in the same position relative to the index	
Fig. 5. Control group	6
(a) Preparation for scanning	
(b) STL image of control group	
Fig. 6. Fabrication of Open tray	7~8
(a) Connection of pick-up type impression copings	
(b) Placement of baseplate wax as spacer	
(c) Individual tray fabrication	
(d) Open trays fabricated using 3D printing	
Fig. 7. Fabrication of Closed tray	8
(a) Closed tray fabricated using 3D printing	
(b) Replicas of Closed tray	
Fig. 8. Closed tray impression technique with transfer impression coping	9
(a) Transfer type impression copings place on acrylic resin model	
(b) Transfer type impressions	
(c) Connection of Transfer impression coping and fixture analog	

(d) Placing transfer type impression coping-analog assembly into impressions

Fig. 9. Open tray impression technique with pick-up impression copings(non-splinted) 10~11

(a) Pick-up type impression copings place on acrylic resin model

(b) Pick-up type impressions

(c) Connection of fixture analog with impression coping

Fig. 10. Open tray impression technique with pick-up impression copings (splinted) 12

(a) Splinted pick-up type impression copings

(b) Section of duralay splint

(c) Re-splinting with duralay resin

Fig. 11. Master cast 12

Fig. 12. Scanning of master cast 13

(a) Connection of Scan Adapter on master cast

(b) STL image of master cast

Fig. 13. Scanning using intraoral scanner 14

(a) Trios[®] Intraoral scanner

(b) STL image using intraoral scanner

Fig. 14. Scan Adapter and Reference marker 15

Fig. 15. Splinted Scan Adapter with plastic bar connection 15

Fig. 16. 3D image analysis 16~17

(a) Align between scan data

(b) Central axis of Scan Adaptor

(c) Plane of Scan Adaptor

(d) Coordinates

ABSTRACT

Accuracy of Digital Implant Impression for Edentulous patients

Kim Ryeewoon , D.D.S.

Advisor : Prof. Son, Meekyoung, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Dentistry

Graduate School of Chosun University

Purpose : The purpose of this study is to compare the accuracy of digital and conventional impression techniques using an intraoral scanner in producing implant fixed superstructure in fully edentulous patients, in addition, to evaluate the clinical applicability of intraoral scanners and to propose a method to reduce errors of digital impressions.

Materials and methods : Two implant fixtures(UFIL, DIO Implant, Busan, Republic of Korea) were inserted in the acrylic resin dentiform reproducing a completely edentulous mandible. Digital images were obtained by taking digital impressions with a dental model scanner(S600 ARTI model scanner, Zirkonzhan, South Tyrol, Italy) after connecting the digital scan adapter to the implant fixtures, and the images were used as those of the control group. Conventional and digital impression techniques were employed to take impressions for production of the implant superstructure connecting the two implants. This study was conducted categorized by a total of six experimental groups; Group 1 - Closed tray impression technique with transfer impression coping, Group 2 - Open tray impression technique with pick-up impression coping(non-splinted),

Group 3 - Open tray impression technique with pick-up impression coping(splinted). Group 4 - Digital impression with scan adapter (non-splinted), Group 5 - Digital impression with scan adapter and reference marker, Group 6 - Digital impression with scan adapter (splinted).

In Group 1, 2, and 3, a conventional impression technique was introduced using an impression body. A plaster model was made after taking impressions by producing the same shape of an individual tray with a 3D printer(ProJet[®] 3510 DP Pro, 3D Systems, Rock Hill, SC, USA) to adjust evenly the thickness of impression body, and digital images were acquired with a dental model scanner after connecting the digital impression coping to the imitation model. In Group 4, 5, and 6, digital images were obtained with an intraoral scanner(Trios[®], 3shape Dental Systems, Copenhagen, Denmark) after connecting the scan adapter to the implant fixtures inserted in the dentiform model. Digital images of six experimental groups were matched with those of the control group using the optimal matching algorithm of a 3D image analysis program(Geomagic Design X 2014; 3D systems, USA), and scanning errors were calculated. One-Way ANOVA test was applied to assess the significance between six experimental groups($p < 0.05$), and a multiple comparison post-hoc test was performed using Bonferroni correction.

Results : Average error values between the experimental groups and the control group in Group 1~6 were $0.00600 \pm 0.00245\text{mm}$, $0.00686 \pm 0.00431\text{mm}$, $0.00490 \pm 0.00296\text{mm}$, $0.01042 \pm 0.00179\text{mm}$, $0.00566 \pm 0.00303\text{mm}$, and $0.00606 \pm 0.00221\text{mm}$, respectively. The greatest average error value was observed in Group 4, which shows statistically significant differences with other groups except for Group 2. There were no statistically significant

differences between other groups except for Group 4.

Conclusion : The digital impression taking by an intraoral scanner can be an alternative to a conventional impression technique because showing clinically acceptable errors in producing the fixed implant superstructure of completely edentulous mandible. It is recommended for taking more accurate impressions to place the reference marker between digital impression coping or to take digital impressions by connecting two digital impression coping when taking digital impressions of two implants in the edentulous condition.

Key words: Accuracy, Intraoral scanner, Digital impression, Implant superstructure, Reference marker

I. 서 론

다수 임플란트의 연결고정에 있어 임플란트 고정체와 상부 보철물의 정확하고 수동적인 적합(accurate and passive fit)은 임플란트의 성공을 위한 필수적인 요소 중의 하나이다¹. 특히, 나사 유지형 임플란트 보철물에서 수동적 적합이 이루어지지 않은 경우, 지대주 나사의 변형(distortion), 나사 풀림(loosening), 나사 및 지대주 연결부 파절, 그리고 더 심각하게는 임플란트 고정체 파절이나 골유착 소실로 인한 임플란트 실패를 야기한다^{2, 3}.

정확하고 수동적인 적합을 갖는 임플란트 보철물의 제작을 위해서는 인상채득 과정부터 기공과정에 이르기까지 여러 단계에서의 정확성이 요구된다. 일반적으로 임플란트 보철물은 식립된 임플란트 고정체에 인상용 코핑을 연결한 후 고무인상재를 이용하여 인상을 채득하고 석고모형 제작, 납형형성(wax-up), 주조 및 연마 등 기공과정을 거쳐 완성된다. 이와 같이 각각의 인상 및 기공 단계를 통한 일련의 보철물 제작과정에서 각 단계마다 수많은 변수가 존재하므로 보철물의 오차는 불가피하다⁴.

임플란트 보철물의 정확하고 수동적인 적합에 영향을 주는 요인으로는 인상채득 방법, 인상재 종류, 임플란트의 식립 각도 및 깊이, 임플란트 연결부의 종류, 석고모형 제작 및 보철물 기공과정에서 오차, 임플란트 구성요소의 잘못된 안착 등이 보고되고 있다^{5, 6}. 기존의 연구에 의하면, 이러한 많은 요인 중 특히 정확한 인상채득과 이를 통해 임플란트 고정체의 위치를 구강내의 상태와 동일하게 재현한 주모형(master cast)의 제작은 임플란트 보철물의 정확하고 수동적인 적합을 얻기 위한 필수적인 사항으로 보고되고 있다^{7~10}.

임플란트 보철물 제작을 위한 일반적인 인상채득 방법은 인상용 코핑을 임플란트 고정체에 연결하고 고무인상재를 이용해 인상을 채득하는 closed tray impression technique과 open tray impression technique이 있다. Closed tray impression technique은 임플란트 고정체에 transfer type 인상용 코핑을 연결하고 기성 트레이나 개인트레이를 사용해 인상을 채득하는 방법이다. Open tray impression technique은 임플란트 고정체에 pick-up type 인상용 코핑을 연결하고 인상채득 하는 방법으로써 인상재가 굳은 후 인상체를 코핑과 함께 제거하기 위해 인상용 코핑 나사로 접근할 수 있는 구멍을 갖는 개인트레이

를 사용해 인상을 채득하는 방법이다. Transfer type 인상용 코핑으로 인상을 채득하는 경우, 인상용 코핑과 임플란트 고정체 아날로그(lab analog)를 구강 외에서 체결하여 인상체에 재위치시키는 과정에서 오차가 발생할 수 있다. Pick-up type 인상용 코핑을 이용한 인상채득은 transfer type 인상용 코핑을 이용한 경우보다 정확하다고 알려져 있으나^{1, 11, 12} 인상체를 제거하고 인상체 내에 위치한 코핑과 고정체 아날로그를 연결할 때 인상체가 단단하지 않은 경우 코핑이 인상체내에서 움직일 수 있다. 다양한 인상채득방법에서 나타나는 이러한 오차 외에도 주모형을 제작하는 과정에서도 치과용 석고의 체적 변화에 의한 오차가 발생된다¹³.

보철물 가공과정을 단순화하고 정확한 보철물 제작을 위해 1980년대 초부터 CAD/CAM(Computer-aided design / Computer-aided manufacturing) 기술이 치과에 소개되고 치과보철물 제작기술로 발전해오고 있다^{10, 14, 15}. CAD/CAM 기술을 통한 가공과정의 단순화에 더하여 최근에는 인상재를 사용하지 않고 광학 스캔을 통해 구강 내 형태를 직접 인기할 수 있는 다양한 구강스캐너가 개발되어 사용됨으로써 디지털 인상채득을 통한 임상과정의 단순화가 동시에 이루어지고 있다¹⁶. 구강 스캐너의 사용은 인상채득 과정과 석고 모형제작 과정 중의 오차를 줄이는 것뿐만 아니라 환자의 불편감 감소, 교차감염 예방, 약공의 3차원적인 시각화, 경제적 이점 등을 가지고 있으며¹⁷, 특히 임플란트 보철 제작의 영역에서 인상채득의 디지털화는 임플란트 보철물의 공간, 임플란트-보철물 계면의 깊이, 출현 윤곽(emergence profile) 등을 가공과정 시작 전에 평가할 수 있어 그 활용이 늘어나고 있는 추세이다¹⁸.

치과보철물의 제작에 있어 구강스캐너의 사용이 증가하면서 디지털 인상채득의 정확도와 재현성에 대한 연구가 활발히 이루어져오고 있으며 임플란트 보철물 제작에 있어서의 활용성도 보고되고 있다^{9, 19~21}. 그러나, 대부분의 연구가 유치악 환자에서 결손부위의 임플란트 인상채득에 한정되어 있고, 완전 무치악 환자에서 디지털 인상채득의 정확성에 대한 연구는 매우 미비하다. 이는 완전 무치악 환자에서 구강 스캐너를 사용한 디지털 인상채득이 매우 제한적이기 때문이다. 그 이유로는 첫째, 치아가 모두 상실되어 있으므로 경조직이 아닌 움직이는 연조직을 스캔하기 때문에 오차 발생 가능성이 높다. 둘째 특히 하악의 경우 혀와 협점막의 움직임, 타액 방습의 어려움 등이 있다. 셋째, 전악 유치악을 구강 스캐너를 사용해 스캔하였을 때의 정확도는 부

분만을 스캔하였을 때와 비교하여 유의할 만큼 낮으며, 스캔 범위가 증가할 수록 오차도 같이 증가한다¹⁶. 이는 구강 스캐너가 부분의 이미지를 연결(stitch)해 나가면서 전체 이미지를 형성하는 과정을 거치므로 연결해야 하는 이미지가 많아질수록, 즉 스캔 범위가 넓을수록 스캔 오차가 누적되는 경향이 있기 때문이다²². 따라서, 완전 무치악 환자에서는 전악 디지털 인상채득이 필요하므로 임상적으로 큰 오차를 유발한다²³. 넷째, 무치악 인상은 해부학적 인상이 아닌 기능인상을 채득해야하므로 근육의 움직임을 인기할 수 없다는 것도 완전 무치악 환자에서 디지털 인상채득의 한계점이다. 이러한 여러 가지 제한점으로 인해 완전 무치악 환자에서는 기능인상을 채득하는 것이 추천되고 있다.

완전 무치악 환자에서 두 개 이상의 임플란트를 식립한 경우, 대합치의 상태나 임플란트 기능여부에 따라 다양한 치료방법이 가능하다. 마그네틱이나 locator와 같은 단일의 stud 어태치먼트를 연결하여 임플란트 오버덴처를 만드는 경우 외에도, 임플란트를 바(bar)로 연결한 임플란트 바 오버덴처, 두 개 이상의 임플란트를 고정성으로 연결하고 후방연장 국소의치를 제작하는 방법 등이 소개되고 있다. 이처럼 무치악에서 두 개 이상의 임플란트를 바나 고정성 보철물로 연결고정 하는 경우, 조직부는 무치악 증례와 같이 변연형성과 기능인상 방법으로 인상을 채득하더라도 보철물의 고정성 부분은 디지털 인상채득을 통해 제작함으로써 가공 과정을 단순화하고 오차를 줄일 수 있으며, 제작 시간과 노력을 절약할 수 있다.

본 연구는 하악 완전 무치악의 경우에서 두개의 임플란트를 식립하고 연결 고정하기 위해 인상채득을 하는 경우, 기존의 일반적인 인상채득 방법과 디지털 인상채득 방법의 정확성을 비교, 분석함으로써 디지털 인상채득의 임상적 유용성을 평가하고, 디지털 인상채득의 정확성을 높이기 위한 임상적 방법을 제시하고자 한다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 연구 모형 제작

1) 임플란트 고정체 식립

하악 완전 무치악을 형상화한 경질 아크릴 레진 모형(E51-TRM.322; Nissin Dental Prod Inc, Kyoto, Japan)을 준비하고, 직경 4.0mm, 길이 10mm의 임플란트(UFII, DIO Implant, Busan, Republic of Korea) 고정체 두 개를 모형 상에 식립하기로 계획하였다. 하악 완전 무치악에서 견치부분, 즉 치조제의 정중선에서 각 임플란트 중심까지 거리가 10mm가 되고, 두 임플란트의 중심 간의 거리가 20mm가 되도록 정중선을 중심으로 대칭적 위치에 임플란트 식립 위치를 표시하였다(Fig. 1).



Fig. 1. Marking for implant positions.

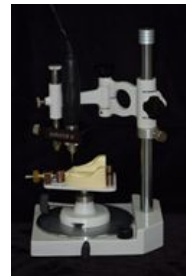


Fig. 2 Surgical drill connection on surveyor.

아크릴 레진 모형 상에 두개의 임플란트가 평행하게 식립되도록 구멍(hole)을 형성하기 위하여 핸드피스가 장착된 밀링 장비(Surveyor II; Saeshin precision Ind. Co., Daegu, Republic of Korea)에 임플란트 수술 기구(UF Surgical Kit, DIO Implant, Busan, Republic of Korea)를 연결하였다(Fig. 2). 밀링 장비에 장착된 수술용 드릴을 이용하여 표시한 위치에 Ø3.2의 임플란트 고정체 식립 구멍을 형성하여(Fig. 3a) 고정체 길이의 2/3 정도까지 식립한 후(Fig. 3b) 수동 기구(torque wrench)로 전체 고정체가 레진 모형에 들어갈 때까지 식립하였다(Fig. 3c). 반대편의 고정체도 동일한 방법으로 평행을 유

지하면서 식립하였다(Fig. 3d). 고정체를 아크릴 레진 모형내에 식립할 때 고정체의 식립 조임력 외에도 강력 접착제를 사용함으로써 향후 상부 인상용 코핑을 조이거나 풀 때 고정체가 움직이지 않고 고정되도록 하였다.

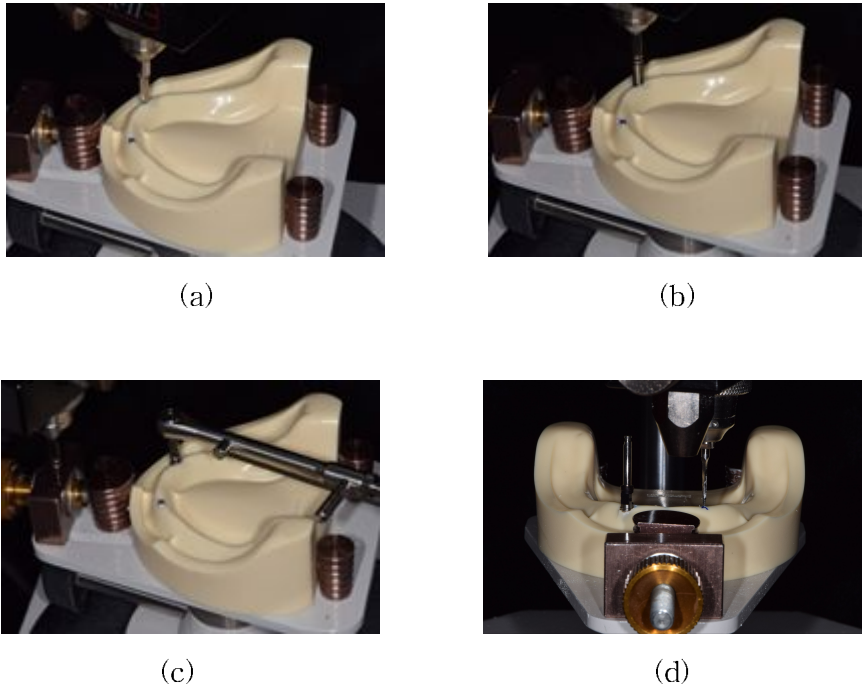


Fig. 3. Implant fixture installation into the acrylic resin model. (a) Drilling for fixture installation, (b) Fixture installation by surgical kit, (c) Final installation by torque wrench. (d) Parallel installation of fixtures.

2) 모형 하단에 index 표시

인상채득을 위한 개인 트레이(individual tray)를 제작하기 전, 트레이의 위치변화에 따른 인상체의 변형(deformation) 오류를 줄이고자 아크릴 레진 모형 변연부위에 3개의 index를 denture bur로 형성(Fig. 4a)하여 여러 번의 인상채득을 시행할 때마다 모형에 개인 트레이가 동일한 곳에 위치할 수 있도록 하였다(Fig. 4b).

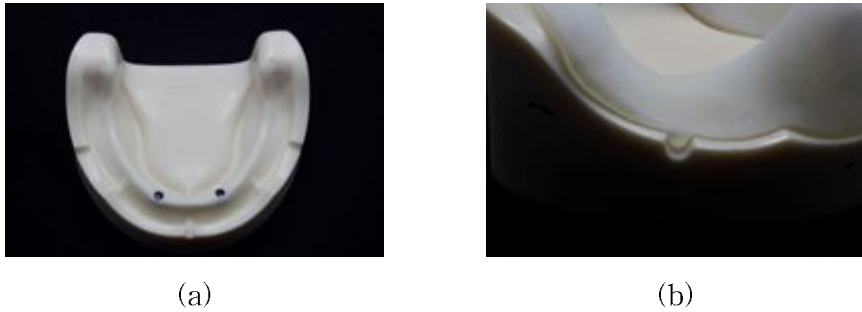


Fig. 4. Index formation at the border of model. (a) Formation of index by denture bur, (b) Individual tray can be placed in the same position relative to the index.

2. 대조군(Control Group) 이미지 획득

임플란트 고정체가 식립된 아크릴 레진 모형에 디지털 인상용 코핑(Submerged Scan Adapter, Ø4.0X11.2mm, DIO Implant, Busan, Republic of Korea)을 20Ncm으로 연결하고 코핑 부위를 반사 방지 스프레이(Easy Scan, Nabakem, Republic of Korea)로 얇게 도포한 후(Fig. 5a) 치과용 모델 스캐너(S600 ARTI model scanner, Zirkonzhan, South Tyrol, Italy)로 스캔하였다. 스캔하여 획득한 STL 파일 이미지(Fig. 5b)를 대조군으로 하였다.



Fig. 5. Control group. (a) Preparation for scanning, (b) STL image of control group.

3. 일반적 방법의 인상채득

1) 개인용 트레이(Individual tray) 제작

아크릴 레진 모형에 식립된 고정체에 pick-up 인상용 코핑(Pick-up Impression Coping, Hex type, SSPI 5513H, Dio, Busan, Republic of Korea)을 토크렌치(torque wrench)를 이용하여 20Ncm으로 연결하고(Fig. 6a), 인상재 공간을 위해 무치악 부위에는 baseplate wax(Kims Modeling wax, Kim's international Inc., Seoul, Republic of Korea) 한 장 두께를, pick-up impression coping 주변은 두 장 두께로 감싸고 나사 구멍(screw hole)이 노출되도록 하였다(Fig. 6b). 모형과 baseplate에 분리제를 바른 후 tray resin(Instant Tray Mix, Lang, Dental Manufacturing Co, Inc, Wheeling, IL, USA)을 이용하여 Open tray를 제작하였다(Fig. 6c).

제작된 Open tray를 모델 스캐너(S600 ARTI model scanner, Zirkonzhan, South tyrol, Italy)를 이용하여 스캔 한 후 STL(STereo Lithography)파일로 변환하여 3D 프린터(ProJet® 3510 DPPro, 3D Systems, Rock Hill, SC, USA)와 연결되어 있는 CAD 소프트웨어(Geomagic® freeform®, 3D systems, Rock Hill, SC, USA)로 옮겼다. 치과용 플라스틱(VisiJet® M3 Stoneplast, 3D Systems, Rock Hill, SC, USA)을 재료로 하여 3D 프린터로 동일한 형태의 Open tray 18개를 제작하였다(Fig. 6d).



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 6. Fabrication of Open tray. (a) Connection of pick-up type impression copings, (b) Placement of baseplate wax as spacer, (c) Individual tray fabrication, (d) Open trays fabricated using 3D printing.

Open tray 제작 과정에서 이미 스캔하여 변환한 STL파일을 CAD(Computer-aided design) 소프트웨어(Gemagic® freeform®, 3D systems, Rock Hill, SC, USA) 상에서 나사 구멍(screw hole)을 막고 Open tray 제작방법과 같이 3D 프린터를 이용하여 9개의 Closed tray를 제작하였다(Figs. 7a and 7b).



(a)



(b)

Fig. 7. Fabrication of Closed tray. (a) Closed tray fabricated using 3D printing, (b) Replicas of Closed tray.

2) 인상제를 이용한 인상채득

인상용 코핑의 체결부터 인상채득, 석고모형 제작 등 전 과정은 모두 한명의 보철과 의사에 의해 시행되었다.

(1) Closed tray impression technique with transfer impression coping: Group 1

Transfer type의 인상용 코핑(Transfer Impression Coping, Hex type, SSTI 5515H, Dio, Busan, Republic of Korea) 18개와 3D 프린터로 동일하게 제작한 Closed tray 9개를 준비하였다. Transfer type의 인상용 코핑을 아크릴 레진모형의 임플란트 고정체에 20Ncm으로 체결하고(Fig. 8a), 인상용 코핑 주변을 vinyl polysiloxane 인상재(EXAMIXFINE cartridge, regular type, GC Co., Tokyo, Japan)로 먼저 도포한 후, 트레이 내면에 충분한 양의 인상재를 담았다. 인상재가 담긴 트레이를 연구 모형 상에 위치시키고, 모형에 표시한 index부위에 트레이가 정확히 위치하도록 인상재 경화가 완료될 때까지 손으로 눌러주었다. 5분 경과 후 트레이를 모형에서 제거하고(Fig. 8b), 모형에서 제거한 transfer type 인상용 코핑을 임플란트 고정체 아날로그(DIO laboratory fixture analog, DIO Implant, Busan, Republic of Korea)와 연결하여(Fig. 8c) 인상체에 인기된 형태에 맞추어 코핑을 위치시켰다(Fig. 8d). 위의 과정을 반복하여 9개의 인상체를 얻었다.



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 8. Closed tray impression technique with transfer impression coping.
 (a) Transfer type impression copings place on acrylic resin model, (b) Transfer type impressions, (c) Connection of Transfer impression coping and fixture analog, (d) Placing transfer type impression coping-analog assembly into impressions.

(2) Open tray impression technique with pick-up impression coping (non-splinted): Group 2

Pick-up 인상용 코핑 18개와 3D 프린터로 동일하게 제작한 Open tray 9개를 준비하였다. Pick-up 인상용 코핑을 20Ncm의 힘으로 텐티폼 모형의 고정체에 각각 연결한 후(Fig. 9a) transfer type 인상체득과 동일하게 vinyl polysiloxane 인상재로 코핑 주위를 먼저 도포하고 트레이에 인상재를 채운 후 모형에 위치시켰다. 인상재가 경화되기 전에 나사 구멍(screw hole) 부위의 인상재를 제거하고, 5분 경과 후 노출된 나사 구멍을 통해 인상용 코핑의 나사를 풀고 인상재와 인상용 코핑을 동시에 제거하였다(Fig. 9b). 아날로그를 인상체에 묻힌 인상용 코핑과 연결하였다(Fig. 9c). 위의 과정을 반복하여 총 9개의 인상체를 얻었다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 9. Open tray impression technique with pick-up impression copings (non-splinted). (a) Pick-up type impression copings place on acrylic resin model, (b) Pick-up type impressions, (c) Connection of fixture analog with impression coping.

(3) Open tray impression technique with pick-up impression coping (splinted): Group 3

18개의 pick-up 인상용 코핑과 3D 프린터로 동일하게 제작한 Open tray 9 개를 준비하였다. Pick-up 인상용 코핑을 20Ncm의 힘으로 텐티폼의 고정체에 연결한 후, 치실을 이용하여 2개의 코핑 사이를 서로 연결하고, 치실 위로 흐름성이 있는 상태의 아크릴 레진(Duralay, Dental Reliance Manufacturer, Worth, IL, USA)을 도포하여 경화시켰다(Fig. 10a).

연결고정(splinted)된 인상용 코핑을 모형에서 제거한 후 0.3mm두께의 양면 다이아몬드 디스크(Komet® 918B/220, Komet, Lemgo, Germany)로 코핑 사이 duralay resin 연결부를 절단하였다. 절단하여 분리된 인상용 코핑을 다시 모형상에 위치시키고 20Ncm의 힘으로 체결하였다(Fig. 10b). 절단된 틈 사이를 duralay resin으로 다시 연결한 후(Fig. 10c) Group 2와 동일한 방법으로 인상채득하고, 임플란트 고정체 아날로그를 연결하였다.

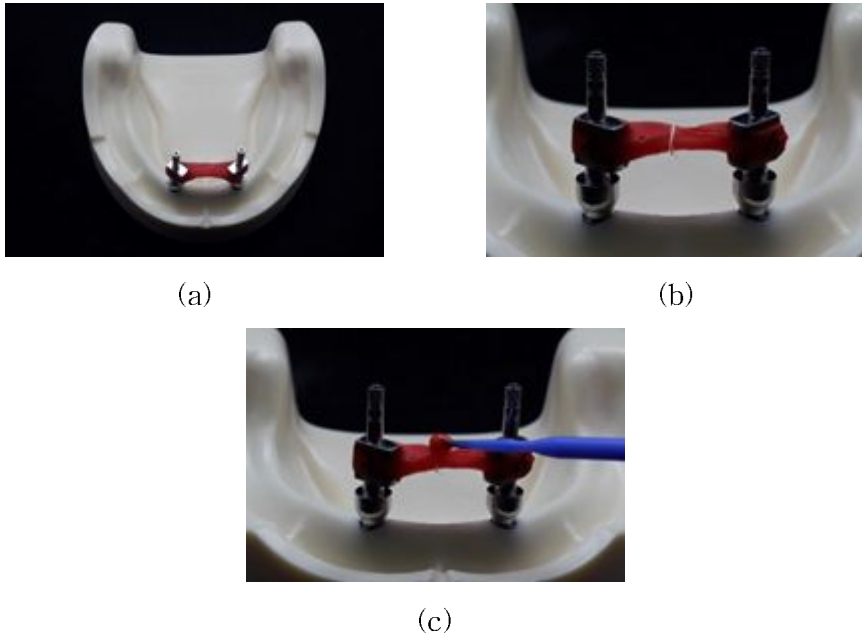


Fig. 10. Open tray impression technique with pick-up impression copings (splinted). (a) Splinted pick-up type impression copings, (b) Section of duralay splint, (c) Re-splinting with duralay resin.

2) 석고 모형 제작

일반적인 인상법으로 채득한 Group 1, 2, 3의 총 27개의 인상체에 W/P 비율을 20:100 으로 진공혼합한 type IV dental stone(GC FujiRock EP, GC Co., Tokyo, Japan)을 부어 주모형을 제작하였다(Fig. 11).



Fig. 11. Master cast.

3) 석고 모형의 이미지 획득

임플란트 인상용 코핑을 이용하여 일반적인 방법으로 인상 채득하여 제작한 주모형 상의 고정체 아날로그에 각각 디지털 인상용 코핑인 Scan Adapter를 20Ncm의 힘으로 연결하였다. Scan Adapter에 반사 방지 스프레이(Easy Scan, Nabakem, Republic of Korea)를 얇게 도포한 후(Fig. 12a) 각 1회씩 치과용 모델 스캐너로 스캔하여 Groups 1, 2, 3의 이미지(Fig. 12b)를 획득하였다.



Fig. 12. Scanning of master cast. (a) Connection of Scan Adapter on master cast, (b) STL image of master cast.

4. 디지털 인상채득

구강 스캐너를 이용한 스캔도 모두 동일한 한 명의 보철과 의사에 의해 시행되었으며, 스캐너 사용의 충분한 훈련 후에 스캔을 진행하였다.

1) Digital impression with Scan Adapter (non-splinted):

Group 4

아크릴 레진 모형에 식립된 고정체에 디지털 인상용 코핑을 20Ncm의 힘으로 연결한 후 구강 스캐너(Trios®, T12A, 3shape Trios A/S, Copenhagen, Denmark)(Fig. 13a)로 9회 스캔하여 이미지를 획득하였다(Fig. 13b).



(a)



(b)

Fig. 13. Scanning using intraoral scanner. (a) Trios[®] Intraoral Scanner
(b) STL image using intraoral scanner

2) Digital impression with Scan Adapter and Reference marker: Group 5

길이 5mm, 폭 4mm, 높이 4mm의 모서리가 둥근 직육면체 형태의 지르코니아 블록(ZIRCONIA PRETTAU®, Zirkonzahn, South tyrol, Italy)을 가공(milling), 소성하여 디지털 마커(digital reference marker)로 사용하였다. 제작된 디지털 마커는 임플란트 고정체가 식립된 아크릴 레진 모형에서 2개의 Scan Adapter 사이, 즉 하악 잔존치조제정의 정중선(median line)에 해당하는 부위에 광중합형 레진(3M Filtek Z350XT Flowable, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)으로 고정하였다(Fig. 14). 디지털 마커를 부착한 상태에서 구강 스캐너로 9회 스캔하였다.

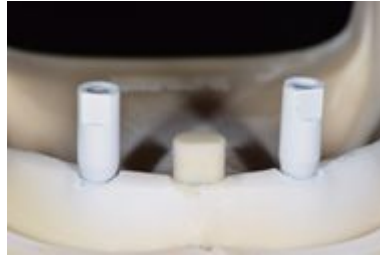


Fig. 14. Scan Adapter and Reference marker.

3) Digital impression with Scan Adapter(splinted): Group 6

아크릴 레진모형 내 임플란트 고정체에 두 개의 Scan Adapter를 20Ncm의 힘으로 연결하였다. 치과용 microbrush의 솔(brush) 부분을 제거하고, 플라스틱 막대부분을 디지털 인상용 코핑 사이 거리보다 약간 짧게 자른 후, 한쪽 면이 편평하도록 삭제하여 편평한 면을 만들었다. 삭제 조정된 microbrush를 두개의 Scan Adapter사이에 아크릴 모형상의 치조제 2mm 상방으로 위치되도록 하고 편평한 면이 전방을 향하게 한 상태에서 양 끝을 광중합형 레진으로 Scan Adapter에 연결고정한 후(Fig. 15) 구강 스캐너로 9회 반복 스캔하였다.



Fig. 15. Splinted Scan Adapter with plastic bar

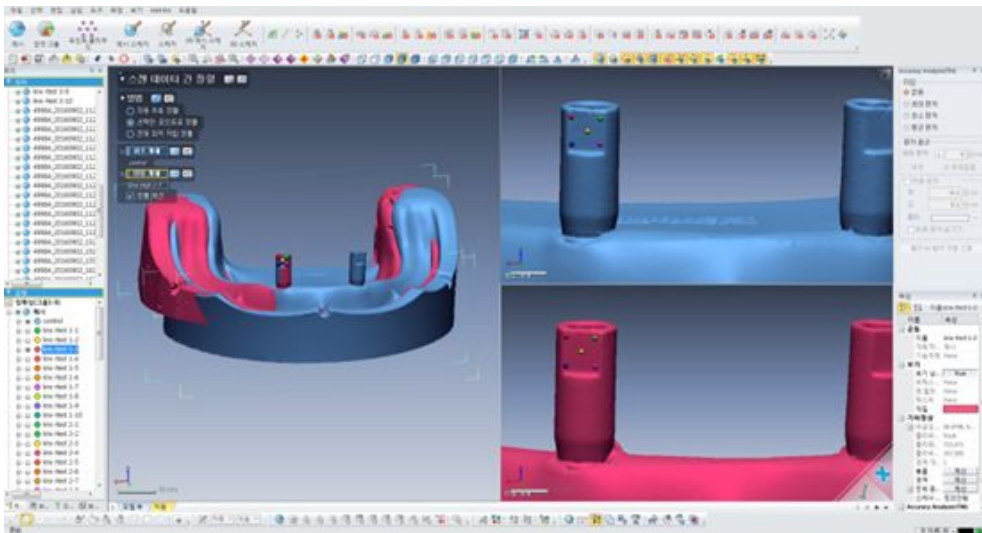
5. 이미지 중첩 및 대조군과의 오차값 산출

모든 스캔된 파일은 STL(STereoLithography) 파일로 변환하여 3차원 이미지 분석 프로그램(Geomagic Design X 2014; 3D systems, USA)상에서 최적 중첩 알고리즘을 이용하여 이미지 중첩을 시행하였다. 대조군과 실험군 이미지의 하악 우측 견치부위에 위치한 Scan Adapter의 편평한 면의 각 모서리

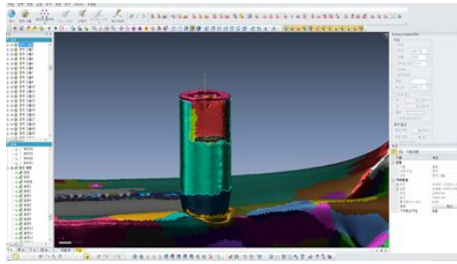
와 중앙에 기준점(reference point)을 찍어 ‘스캔 데이터간 정렬(Align between scan data)’도구를 이용하여 중첩을 시행하였다(Fig. 16a). 중첩 후 대조군과의 오차는 하악 좌측 견치부위의 Scan Adapter 원통의 중심축(Fig. 16b)과 최상단면의 교차점(Fig. 16c)의 x축, y축, z축 좌표(Fig. 16d)간의 거리를 아래와 같은 수식으로 계산하여 도출하였다.

$$\text{스캔 오차} = \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2 + (z_0 - z_1)^2}$$

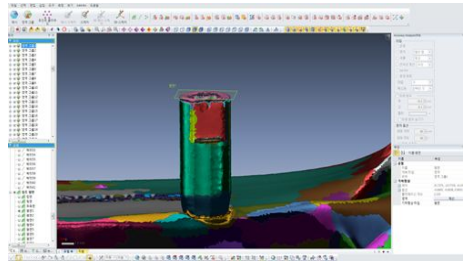
x_0 : 대조군의 x 축 좌표	x_1 : 실험군의 x 축 좌표
y_0 : 대조군의 y 축 좌표	y_1 : 실험군의 y 축 좌표
z_0 : 대조군의 z 축 좌표	z_1 : 실험군의 z 축 좌표



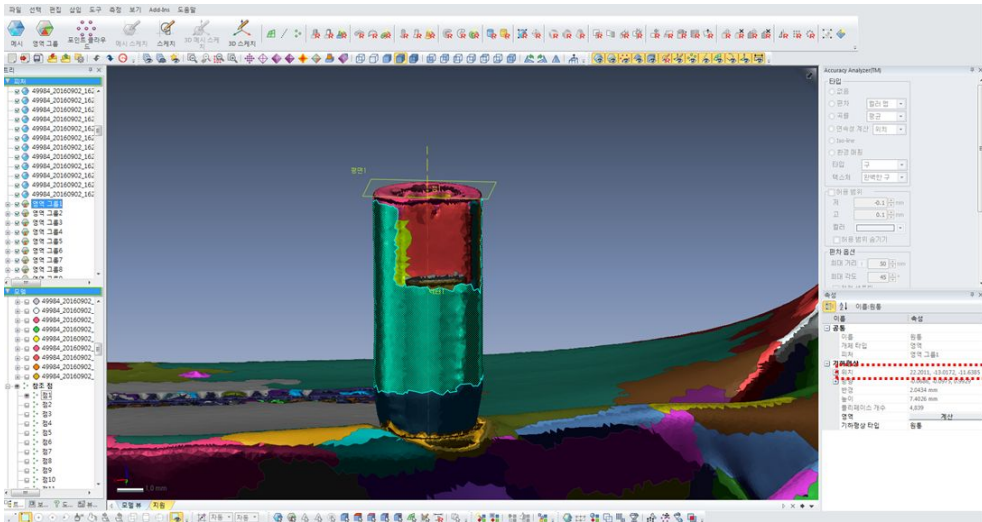
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 16. 3D image analysis. (a) Align between scan data. (b) Central axis of Scan Adaptor. (c) Plane of Scan Adaptor. (d) Coordinates.

6. 통계 분석

각 그룹의 정확성 비교를 위한 통계는 dbSTAT 4.5(dbSTAT Co., Chuncheon, Korea)를 사용하여 분석하였다. 우선 각 그룹의 결과값의 정규성 분포여부를 Shapiro-Wilk test로 확인하였다. 6개 그룹간의 통계적 유의성 평가는 One-Way ANOVA test를 사용하였고, Bonferroni correction을 이용해 사후검정을 시행하였다($p < 0.05$).

Ⅲ. 연구 결과

실험군별로 얻은 대조군과의 오차값은 Table 1과 같으며 각 그룹의 결과 값은 정규성 분포를 보였다($p > 0.05$)(Table 2). 6개 그룹 평균값의 통계적 유의성 평가를 위해 One-Way ANOVA test를 시행한 결과 $p = 0.0037$ 로 그룹들 간의 평균값이 동일하지 않게 나타났다($p < 0.05$). 따라서, Bonferroni correction을 이용해 사후검정을 실시하여 각 실험군 간의 통계적 유의성을 확인하였다(Table 3).

Table 1. Deviations(mm) of each groups

Sample No.	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6
1	0.00416	0.01340	0.00610	0.01166	0.00493	0.00703
2	0.00867	0.00011	0.00623	0.00858	0.00880	0.00983
3	0.00868	0.00728	0.00751	0.01175	0.00642	0.00248
4	0.00598	0.00822	0.00228	0.01135	0.00149	0.00515
5	0.00868	0.01195	0.00332	0.00849	0.01106	0.00592
6	0.00693	0.00277	0.00323	0.00796	0.00696	0.00758
7	0.00548	0.00678	0.00234	0.01029	0.00356	0.00648
8	0.00320	0.00304	0.00228	0.01045	0.00258	0.00673
9	0.00223	0.00813	0.01078	0.01327	0.00516	0.00332
Mean	0.00600	0.00686	0.00490	0.01042	0.00566	0.00606
±SD	±0.00245	±0.00432	±0.00296	±0.00178	±0.00303	±0.00221

Table 2. Result of Shapiro-Wilk normality test ($p > 0.05$)

Experimental group	Shapiro-Wilk Test	
	Statistic	Significance
Group 1	0.9117	0.3228
Group 2	0.9591	0.7825
Group 3	0.8561	0.0860
Group 4	0.9423	0.5997
Group 5	0.9779	0.9487
Group 6	0.9652	0.8455

Table 3. Bonferroni correction after One-Way ANOVA

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5
Group 2	1.0000				
Group 3	1.0000	1.0000			
Group 4	0.0345*	0.1830	0.0030*		
Group 5	1.0000	1.0000	1.0000	0.0165*	
Group 6	1.0000	1.0000	1.0000	0.0375*	1.0000

* The mean difference is significant at the 0.05 level.

1. 일반적인 인상채득 간의 정확성 평가

기존의 일반적인 방식으로 인상채득하여 제작한 석고 모형에서 획득한 이미지와 대조군과 비교하여 측정된 오차의 평균과 표준편차는 Table 1과 같다. Transfer type 인상용 코핑으로 인상을 채득한 Group 1과 대조군 사이 오차의 평균 및 표준편차는 $0.00600 \pm 0.00245\text{mm}$, pick-up type 인상용 코핑을 연결하지 않고 인상채득한 Group 2는 $0.00686 \pm 0.00432\text{mm}$, pick-up type

인상용 코핑을 레진으로 연결고정하여 인상채득한 Group 3은 $0.00490 \pm 0.00296\text{mm}$ 의 오차를 나타냈다. Group 1, 2, 3은 통계적인 유의성이 확인되지 않았다($p > 0.05$)(Table 3).

2. 디지털 인상채득 간의 정확성 평가

디지털 인상용 코핑인 Scan Adapter만을 체결하여 인상채득한 Group 4($0.01042 \pm 0.00178\text{mm}$)는 Scan Adapter 사이에 Reference marker를 부착한 Group 5($0.00566 \pm 0.00303\text{mm}$), Scan Adapter 사이를 플라스틱 bar로 연결고정한 Group 6($0.00606 \pm 0.00221\text{mm}$)와 비교하여 더 낮은 정확성을 보였다 (Table 3). Group 5와 6은 통계적 유의성이 관찰되지 않았다.

3. 일반적 방식의 인상채득과 디지털 인상채득의 정확성 비교

일반적인 인상채득법과 디지털 인상채득법의 정확성을 비교한 결과, Group 4가 Group 2를 제외한 다른 실험군에 비해 더 큰 오차를 보였다 (Table 3). Group 4를 제외한 디지털 인상채득 그룹인 Group 5와 6은 일반적인 인상채득법의 오차와 통계적으로 유의할만한 차이가 없었다.

IV. 총괄 및 고찰

현재 치과계의 흐름은 디지털화를 향해 급격히 발전되고 있지만 여전히 완전 무치악 환자에서 디지털을 이용한 보철물의 제작은 제한적이다. 특히 현재 상용되고 있는 구강 스캐너를 통한 3차원 디지털 영상의 경우 대부분 연속촬영방식으로 구강 내에서 고정된 경조직을 인식하여 중첩해나가는 방식이므로 움직이는 연조직으로 이루어져 있는 완전 무치악 환자의 경우에는 구강 스캐너(intraoral scanner)를 이용한 디지털 인상채득이 불가능하며 따라서 완전 무치악 환자의 구강 스캐너 활용에 대한 연구 또한 미미한 상황이다.

임플란트 오버덴치, 특히 바 연결 오버덴치의 경우는 기능인상(impression making)만으로 제작해야하는 총의치와 달리 임플란트 고정체의 정확한 위치의 인기(impression taking)와 연조직의 기능인상(impression making)이 동시에 요구된다. 무치악에서 전치부에 임플란트를 식립한 후 임플란트를 고정성으로 연결하고 후방은 부분의치로 제작하는 경우도 마찬가지이다. 따라서, 임플란트를 연결고정하여 바(bar) 또는 고정성 보철물을 제작하기 위해 임플란트의 정확한 위치를 구강 스캐너로 인기하여 디지털 인상을 채득할 수 있다면, 환자의 불편감 감소와 인상채득 횟수 및 시간의 단축, 가공과정의 축소 등 효율적인 치료과정을 진행할 수 있다.

최근 구강 스캐너를 통한 3차원 디지털 획득 영상에 대한 정확성이 연구과제로 떠오르면서 International Organization for Standardization(ISO)에서는 스캐너의 정확도에 대한 국제 표준화 규격을 명시하였다²⁴. 이것에 따르면 정확도 분석은 기존해 행해오던 선형 분석이 아니라 3차원 이미지 분석을 통한 정확도 측정을 권장하며, 구강 스캐너 정확도 평가를 위한 대조군으로서 연구 모형을 3차원 이미지로 변환하기 위하여 광학식 모델 스캐너의 사용을 추천하고 있다. 광학식 모델 스캐너의 스캔 과정 중 생길 수 있는 오차는 약 0.01mm 이하로 알려져 있으며, 구강 스캐너 보다 그 정확성이 우수하다고 평가되고 있어^{22, 25}, 본 연구에서도 대조군을 3차원 이미지화하는데 광학식 모델 스캐너를 사용하였다. ISO에서는 3차원 이미지 분석에는 Geomagic 사의 프로그램 사용을 추천하였기에²⁴, 본 연구에서도 Geomagic Design X 2014를 사용하여 3차원 이미지를 중첩하여 중첩 시 생기는 오차를 분석하였다.

일반적인 인상채득 방법 간의 정확도 차이에 대하여 Carr 등¹은 pick-up type의 인상용 코핑을 사용하는 경우 코핑과 아날로그의 연결을 명확히 확인할 수 없고, 아날로그를 체결하는 과정에서 오차가 발생할 수 있다고 하였으며, transfer type의 인상용 코핑을 사용하는 경우에는 인상체에 코핑을 재위치 시키는 과정이 오차를 발생시키는 원인이라고 명시하고 있다. Transfer type 인상용 코핑을 이용한 인상채득법과 pick-up 인상용 코핑을 이용한 인상채득법의 정확성을 비교한 많은 연구들이 진행되어 왔으며 2008년에 발표된 Lee 등¹⁰의 논문에서는 임플란트 인상채득의 정확성에 대한 기존 논문들을 분석한 바 있다. 이 종설 논문에 의하면, 임플란트 인상채득에 따른 정확성에 대해 연구한 14개의 논문 중 7개의 연구에서는 pick-up type 인상용 코핑을 이용한 인상채득과 transfer type의 인상용 코핑을 이용한 인상채득의 정확도에 유의할만한 차이가 없다고 하였으며, 5개의 논문에서는 pick-up type이, 2개의 논문에서는 transfer type이 더 정확하다고 하였다. 또한 각 연구마다의 임플란트의 개수 차이를 조사하였으며, 본 연구와 같이 2개의 임플란트를 식립하여 인상채득의 정확성을 평가한 연구는 두 개였고^{26, 27}, 두 연구 모두 pick-up type의 인상채득과 transfer type의 인상채득간의 정확도 차이는 없다고 보고하였다. 본 연구에서도 완전 무치악 환자에서 두 개의 임플란트를 식립하고 임플란트 인상채득의 정확성을 평가한 결과, pick-up type 인상용 코핑을 이용한 인상채득과 transfer type 인상용 코핑을 이용한 인상채득에서 정확성의 차이가 관찰되지 않아 기존 연구와 동일한 결과를 보여주었다.

임플란트의 일반적인 인상채득법에 대한 기존의 논문^{9, 28}에서는 인상용 코핑을 연결하는 방법이 다수의 임플란트 인상채득 시 가장 정확하였다고 보고하였다. Papaspyridakos 등⁹의 연구에서는 일반적인 임플란트 인상채득 방법들 간의 3차원 분석을 시행하였으며 그 결과, 연결고정과 비연결고정 간에 z축, 즉 수직적인 차이는 발견되지 않았으나, 수평적인 x축과 y축에서 차이가 발생하였으며 연결고정이 더 정확도 높은 인상채득법이라고 발표하였다. 이러한 연결고정의 여부에 따른 오차 발생 원인에 대하여 인상용 코핑 사이를 연결고정 하지 않는 경우 인상체의 변형과 석고 모형 제작 시 석고의 변형에 의한 코핑 간의 상대적인 위치 변화가 발생하여 그 정확도가 떨어지기 때문이라고 유추할 수 있으며, 연결고정을 한 경우에는 인상체 내에서나 석고 모

형 제작 시에 임플란트 간의 상대적인 위치변화를 억제할 수 있고, 아날로그 연결 시 발생할 수 있는 회전을 방지할 수 있다. 정확한 인상채득을 위해서는 연결고정하는 재료도 고려사항에 포함되어야 한다. Assif 등²⁹의 연구에서는 연결고정하는 재료에 따른 영향을 평가하였으며, 자가중합 아크릴릭 레진이 정확성에 기여한다고 평가하였지만, dual-cure 레진으로 연결고정한 경우 정확성이 떨어진다고 보고하였다. Spector 등³⁰의 연구에서도 연결고정하는 재료의 변형에 대해 언급하였으며, 연결고정하는 재료와 코핑 사이의 연결이 끊어지는 경우도 오히려 인상채득의 정확도를 떨어뜨리는 요인으로 파악된다³¹. Kim 등³²의 연구에서는 pick-up type 코핑을 연결고정하지 않는 방법(non-splint technique)이 인상채득(impression-making procedure)동안에는 더 정확한 반면, 모형 제작 과정(cast fabrication procedure)동안에는 연결고정한 방법(splint technique)이 더 정확하다고도 발표하였다. Lee 등¹⁰의 종설 논문에서는 인상용 코핑의 연결고정(splint) 여부에 따른 정확도에 대해서도 조사하였는데, 총 17개의 연구 중 7개의 연구에서는 연결고정 여부와 인상채득의 정확도는 관련이 없다고 보고하였고, 7개의 연구에서는 연결고정 시 인상이 더 정확하다고 하였으며, 3개의 연구에서만 연결고정하지 않는 것이 더 정확하다고 보고하였다. 본 연구에서는 pick-up type 인상용 코핑의 연결유무가 정확성에 영향을 주지 않았다. 즉, 두 개의 임플란트와 같이 소수의 임플란트 인상을 채득하는 경우는 인상의 정확성이 인상용 코핑의 종류나 연결고정 유무에 영향을 받지 않는 것으로 판단된다.

본 연구에서 사용된 Trios®는 다양한 구강 스캐너(CEREC® Blucam, CEREC® Omnicam, Cadent iTero®, Lava® COS, Lava® True Definition Scanner, Trios®) 중에서 가장 우수한 정확성을 보여주어 그 성능을 입증한 바 있다³³. 본 연구에서 Trios®로 디지털 인상채득 시 디지털 인상용 코핑인 Scan Adapter만을 체결하여 스캐닝을 한 경우는 $0.01042 \pm 0.00178\text{mm}$ 로서 가장 큰 오차를 나타내고 있지만, 이 값은 기존의 연구³³에서 전악 유치악을 Trios®로 스캔하였을 때의 평균 오차인 $0.0475\text{mm} \pm 0.0274$ 보다 작은 값을 나타냈다.

전악(full-arch) 유치악 환자의 일반 인상채득과 디지털 인상채득간의 차이를 비교한 Ender 등³³의 연구에서는 인상재(polyether)를 이용하여 채득한 인상을 디지털화하여 인상체의 정확도에 대해 평가하였을 때 인상체의 변형

은 0.017~0.040mm로 나타났다. 반면, 본 연구에서 완전 무치악에 식립된 2개의 임플란트를 일반적인 방법으로 인상채득하여 디지털화 하였을 때의 변형은 전악 유치악 환자의 변형보다 낮은 값(0.005~0.007mm)을 가진다. 이와 같은 결과는 유치악의 인상채득시에는 고무인상재의 찢김 저항성으로 인한 변형이나 인상재의 탄성력(elastic properties) 등으로 오차가 발생³⁴하기 때문이다. 전악 유치악에서 구강 스캐너 사용 시 오차가 큰 이유는 구강 스캐너의 작동 원리에 있다. Trios®와 같은 구강 스캐너는 LED를 이용한 공초점 방식(confocal scanning)을 실시간 렌더링(real time rendering)하는 방법으로 이미지를 형성하는데 이러한 구강스캐너가 인식하고 정합해야하는 이미지 수가 많아질수록 오차가 발생하기 때문이다²². 반대로 완전 무치악이나 임플란트의 식립 위치가 구강 스캐너의 헤드(scanning head) 크기를 넘어가는 경우 연속촬영 방식에서 정합할 수 있는 뚜렷한 형태의 구조가 없기 때문에 오차 발생에도 영향을 주는 것으로 추측할 수 있다. 임플란트 사이 무치악 조직에 대해 Andriessen 등³⁵은 2개의 임플란트 사이 무치악 부위의 조직이 불안정하거나 조직의 높이 변화가 적거나 없는 경우 정합이 어려우나 안정적인 점막과 높이 변화가 충분하다면 임플란트 간 거리가 최대 30mm 이하에서 성공적인 구강 스캐닝이 가능하다고 하였다.

본 연구에서는 두 개의 임플란트에 Scan Adapter만 연결한 경우(Group 4)가 Scan Adapter 사이에 디지털 마커를 부착한 경우(Group 5)나 연결한 경우(Group 6)보다 오차가 더 크게 나타났다. 이는 구강 스캐너 헤드의 크기를 넘어가는 구조물의 정합 시 오차가 발생되므로, 정합의 기준점으로 도움이 될 수 있는 디지털 마커나 플라스틱 bar 와 같은 연결 구조물을 추가하는 것이 임플란트 위치를 정확히 인기하는데 도움이 될 수 있음을 보여준다.

임플란트는 0.05mm 범위 내의 수평적 움직임이 있으므로 하악에 2개의 임플란트 식립 시 허용할 수 있는 보철물의 허용 오차범위는 0.1mm(0.05mm×2) 이하이다³⁵. 본 연구 결과에서는 디지털 인상 채득 시 발생한 오차가 모두 이 범위 안에 포함되므로 완전 무치악에서 두 개의 임플란트의 구강 스캐너를 이용한 보철물의 제작은 임상적으로 허용할만한 수준이라고 평가할 수 있다. 무치악 덴티폼에 임플란트를 식립한 후 Trios®와 polyether 인상재를 이용한 석고 모형의 정확도를 비교분석한 Pappaspyridakos 등²¹의 연구 결과도, 구강 스캐너와 석고 모형에서 유의수준을 벗어나는 정확도의 차이는 없었다고 보고하

면서, 본 연구 결과와 같이 완전 무치악에서 구강스캐너의 임상적 유용성을 입증한 바 있다.

실제 구강에서는 스캐너 조작 시에 구강 내 습도, 타액의 존재, 협측 연조직 존재 및 개구 제한으로 인한 구강 스캐너의 접근 어려움, 환자나 술자의 미세한 움직임 등의 한계²²를 가지고 있고 더 많은 오차를 유발할 수 있을 것이라 예상된다. 하지만 디지털 인상채득이 경제적이고, 효율적이며, 시간 활용면에서 더 편리한 방법임에는 분명하다³⁶. 디지털 인상채득을 더욱 잘 이용할 수 있도록 그 정확성을 증가시키는 방법과 사용의 편의를 위하여 다양한 방법에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

V. 결 론

하악 완전 무치악 임플란트의 다양한 인상채득에 따른 정확성을 비교평가한 결과, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

1. 인상재를 이용한 일반적인 임플란트 인상채득 시 인상용 코핑의 종류나 연결고정유무에 따른 차이는 없었다.
2. 구강스캐너를 이용한 디지털 인상의 경우, 디지털 인상용 코핑 사이에 디지털 마커를 위치시키거나 플라스틱 바로 서로 연결 고정하여 스캔한 경우 그 정확성이 더 우수하였다.
3. 구강 스캔을 이용한 디지털 인상채득은 일반적인 인상채득법과 비교하여, 정확성에 있어 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

위와같은 결과로 볼 때, 하악 완전 무치악에서 두 개의 임플란트를 식립하고 바(bar)나 고정성 보철물 제작 시, 디지털 인상채득은 임상적으로 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Carr AB. Comparison of impression techniques for a five-implant mandibular model. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:448-455.
2. Nanconecy MM, Teixeira ER, Shinkai RS, Frasca LC Cervieri A. Evaluation of the accuracy of 3 transfer techniques for implant-supported prostheses with multiple abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:192-198.
3. Winter W, Mohrle S, Holst S, Karl M. Bone loading caused by different types of misfits of implant-supported fixed dental prostheses: a three-dimensional finite element analysis based on experimental results. *Int J Oral Maxillofac Implants Res* 2010;25:947-952.
4. Aglietta M, Siciliano VI, Zwahlen M, Brägger U, Pjetursson BE, Lang NP, Salvi GE. A systematic review of the survival and complication rates of implant supported fixed dental prostheses with cantilever extension after an observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:441-451.
5. Choi JH, Lim YJ, Yim SH, Kim CW. Evaluation of the accuracy of implant-level impression techniques for internal-connection implant prostheses in parallel and divergent models. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:761-768.
6. Kim S, Nicholls JL, Han CH, Lee KW. Displacement of implant components from impression to definitive casts. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:747-755.
7. Abduo J, Bennani V, Waddell N, Lyons K, Swain M. Assessing the fit of implant fixed prostheses: a critical review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010;25:506-515.

8. Eliasson A, Örtorp A. The accuracy of an implant impression technique using digitally coded healing abutments. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;14:30-38.
9. Papaspyridakos P, Benic GI, Hogsett VL, White GS, Lal K, Gallucci GO. Accuracy of implant casts generated with splinted and non-splinted impression techniques for edentulous patient: an optical scanning study. *Clin Oral Implants Res* 2012;23:676-681.
10. Lee H, So JS, Hochstedler JL, Ercoli C. The accuracy of implant impressions: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2008;100:285-291.
11. Assif D, Fenton A, Zarb G, Schmitt A. Comparative accuracy of implant impression procedures. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1992;12:112-121.
12. Phillips KM, Nicholls JI, Ma T. The accuracy of three implant impression technique; A three-dimensional analysis. *Int J Oral Maxillofac Implant* 1994;9:533-540.
13. American Dental Association: Council on dental materials, ANSI/ADA specification No. 25 for Dental Gypsum Products. American Dental Association, Chicago, 1987:640-644.
14. Del'Acqua MA, Arioli-Filho JN, Compagnoni MA, Mollo Fde A Jr. Accuracy of impression and pouring techniques for an implant-supported prosthesis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;23:226-236.
15. Jang HK, Kim S, Shim JS, Lee KW, Moon HS. Accuracy of impressions for internal-connection implant prosthesis with various divergent angles. *Int J oral Maxillofac Implants* 2011;26:1011-1015.
16. Patzelt SB, Emmanouilidi, A, Stampf S, Strub JR, Att W. Accuracy of full-arch scans using intraoral scanners *Clinical Oral Investig*

2014;18:1687-1694.

17. Lee SJ, Gallucci GO. Digital vs. conventional implant impressions: efficiency outcomes. *Clin Oral Implants Res* 2012;24:111-115.

18. Christensen GJ. Impressions are changing: deciding on conventional, digital of digital plus in-office milling. *J Am Dent Assoc* 2009;140:1301-1304.

19. Güth JF, Keul C, Stimmelmayer M, Beuer F, Edelhoff D. Accuracy of digital models obtained by direct and indirect data capturing. *Clin Oral Investig* 2013;17:1201-1208.

20. Lee SJ, Betensky RA, Gianneschi GE, Gallucci GO. Accuracy of digital versus conventional implant impressions. *Clin Oral Implants Res* 2015;26:715-719.

21. Papaspyridakos P, Gallucci GO, Chen CJ, Hanssen S, Naert I, Vandenberghe B. Digital versus conventional implant impressions for edentulous patients: accuracy outcomes. *Clin Oral Implants Res* 2016;27:465-472.

22. Flügge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;144:417-418.

23. Su TS, Sun J. Comparison of repeatability between intraoral digital scanner and extraoral digital scanner: An in-vitro study. *J Prosthodont Res* 2015;59(4):236-242.

24. International organization for Standardization. ISO-12836: Dentistry - Digitizing device for CAD/CAM systems for indirect dental restorations - test methods for assessing accuracy. International Organization for Standardization. Geneva: Switzerland. 2012

25. Keating AP, Knox J, Bibb R, Zhurov AI. A comparison of plaster, digital and reconstructed study model accuracy. *J Orthod* 2008;35:191-201.
26. Carr AB. Comparison of impression techniques for a two-implant 15-degree divergent model. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:468-475.
27. Cabral LM, Guedes CG. Comparative analysis of 4 impression techniques for implants. *Implant Dent* 2007;16:187-194.
28. Nanconecy MM, Teixeira ER, Shinkai RS, Frasca LC Cervieri A. Evaluation of the accuracy of 3 transfer techniques for implant-supported prostheses with multiple abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:192-198.
29. Assif D, Nissan J, Varsano I, Singer A. Accuracy of Implant impression splinted techniques; effect of splinting material. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:885-888.
30. Spector MR, Donovan TE, Nicholls JI. An evaluation of impression techniques for osseointegrated implants. *J Prosthet Dent* 1990;63:444-447.
31. Burawi G, Houston F, Byrne D, Claffey N. A comparison of the dimensional accuracy of the splinted and unsplinted impression techniques for the Bone-Lock implant system. *J prosthet Dent* 1997;77:68-75.
32. Kim S, Nicholls JI, Han CH, Lee KW. Displacement of implant components from impressions to definitive casts. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2006;21:747-755.
33. Ender A, Attin T, Mehl A. In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. *J*

Prosthet Dent 2016;115:313-320.

34. DeLong R, Pintado MR, Ko CC, Hodges JS, Douglas WH. Factors influencing optical 3D scanning of vinyl polysiloxane impression materials. J Prosthodont 2001;10:78-85.

35. Andriessen FS, Rijkens DR, van der Meer WJ, Wismeijer D. Applicability and accuracy of an intraoral scanner for scanning multiple implants in edentulous mandibles: A pilot study. J Prosthet Dent 2014;111:186-194.

36. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. BMC oral health 2014;14:10.