creative commons

COMMONS DEED

저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 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

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000267147

2019년 2월
박사학위논문

다양한 스캔바디를 이용한 디지털 인상의 정확성 비교

조선대학교 대학원

치 의 학 과

김 지 혜

2019년 2월 박사학위논문

다양한 스캔 바디를 이용한 디지털 인상의 정확성 비교

김 지 혜

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

다양한 스캔바디를 이용한 디지털 인상의 정확성 비교

Comparison of the accuracy of digital impression using various scan bodies

2019년 2월 25일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

김 지 혜

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

다양한 스캔바디를 이용한 디지털 인상의 정확성 비교

지도교수 손 미 경

이 논문을 치의학 박사학위 논문으로 제출함

2018년 10월

조선대학교 대학원

치 의 학 과

김 지 혜

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

김지혜의 박사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 정 재 헌 (인)

위 원 조선대학교 교수 최 한 철 (인)

위 원 조선대학교 교수 손 미 경 (인)

위 원 전남대학교 교수 박 상 원 (인)

위 원 조선대학교 교수 허 유 리 (인)

2018년 12월

조선대학교 대학원

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

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 ····· 14

Ⅳ. 총괄 및 고찰 ····· 17

Ⅴ. 결 론 ····· 21

참고문헌 ····· 22

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 목 차

Table 1. Trueness and precision of the digital models according to different scan bodies (unit: mm) ····· 14

Table 2. Bonferroni correction after Mann-whitney in trueness ····· 15

Table 3. Bonferroni correction after Mann-whitney in precision ····· 15

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

도 목 차

Fig. 1. Study model ····· 4
Fig. 2. Implant fixture installation into the acrylic resin model ····· 5
(a) Surgical drill connection on surveyor
(b) Drilling for fixture installation
(c) Fixture installation by surgical kit drill, parallel installation of fixtures
(d) Final installation of two implants
Fig. 3. Scan body ····· 6
(a) Digital abutment
(b) H-scan body
(c) Scan adaptor
Fig. 4. Gypsum model produced after connecting DA ····· 7

Fig. 5. Gypsum model produced after connecting HS ····· 7

Fig 6. Control and experimental groups ····· 10
(a) Control group, After connecting the DA to the implant fixture placed on the study model, scan with the model scanner and extract the DA
(b) Experiment 1, After connecting the DA to the implant fixture placed on the study model, scan with the oral scanner and then extract the DA
(c) Experiment 2, DA were connected and silicone impression was taken. Gypsum models were fabricated and then scanned with model scanner. DA digital data were extracted.
(d) Experiment 3, HS were connected and scanned with intraoral scanner. From the digital model, virtual DA were connected and DA digital data were extracted.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(e) Experiment 4, HS were connected and silicone impression was taken. Gypsum models were fabricated and then scanned with model scanner. From the digital model, virtual DA were connected and DA digital data were extracted.

(f) Experiment 5, SA were connected and scanned with intraoral scanner. From the digital model, virtual DA were connected and DA digital data were extracted.

Fig 7. Classification of control and experimental groups, convert all extracted DA files to STL files ····· 11

Fig 8. Scan bodies ····· 13

(a) Control group

(b) Experimental group

(c) Superimposition of the experimental group to the control group

(d) 3D compare. Analysis of three-dimensional displacement difference between two groups by +/- value

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

Comparison of the accuracy of digital impression using various scan bodies

Kim Jihye, D.D.S.
Advisor : Prof. Son, Meekyoung, D.D.S., M.S.D., Ph.D.
Department of Dentistry
Graduate School of Chosun University

Purpose : Various scan bodies, which are needed for intraoral or model scanning, were introduced for making implant abutment. There is still question about the accuracy of digital impression. So, the aim of this study is to evaluate the accuracy of digital scanning using 3 different scan bodies for the abutment level and fixture level digital impression.

Materials and methods : Two Implant fixtures(UFII, DIO Implant, Busan, Republic of Korea) were placed on #35, 36 missing area of acrylic dentiform model. 3 types of scan bodies (Digital abutment(DA), H-scan body(HS), Scan adapter(SA)) were connected to the implant fixtures. And then conventional and digital impression were performed. The control and experimental groups were the below.

Control- DA were connected to the fixtures placed on the study model and scanned with model scanner (S600 ARTI model scanner, Zirkonzhan, South Tyrol, Italy). From the obtained digital model, DA digital data were extracted.

Group 1- DA were connected to the fixtures placed on the study model and scanned with intraoral scanner (Trios®, T12A, 3 shape Trios A/S, Copenhagen, Denmark). From the obtained digital model, DA digital data

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

were extracted.

Group 2- DA were connected to the fixtures placed on the study model and impression was taken with silicone material. Gypsum models were fabricated and then scanned with model scanner. From the obtained digital model, DA digital data were extracted.

Group 3- HS were connected to the fixtures placed on the study model and scanned with intraoral scanner. From the obtained digital model, virtual DA were connected and DA digital data were extracted.

Group 4- HS were connected to the fixtures placed on the study model and impression was taken with silicone material. Gypsum models were fabricated and then scanned with model scanner. From the obtained digital model, virtual DA were connected and DA digital data were extracted.

Group 5- SA were connected to the fixtures placed on the study model and scanned with intraoral scanner. From the obtained digital model, virtual DA were connected and DA digital data were extracted.

DA STL files which were extracted from each experimental group, overlapped using 3D analysis program(Geomagic Design X 2014; 3D systems, USA). Trueness and precision were measured for the accuracy of the data. The measurement values through the 3D analysis were calculated using root mean square(RMS). To statistical analysis, Kruskal-Wallis test were performed.

Results : In the comparison of trueness (RMS: Mean±SD), experimental group 1 showed statistically different with groups 3,4,5 ($p<0.005$). In the Precision, there were statistically different between group 1 and 3,4,5 ($p<0.005$), and between groups 1 and 2, between groups 3 and 4 ($p<0.005$).

Conclusions : Within the limitations of this in vitro study, the digital impression taken by an intraoral scanner at abutment level showed higher trueness and precision than the digital impression made at the fixture

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

level. All measurements value of digital impression showed clinically acceptable accuracy.

Key words: Accuracy, Dental implant, Digital impression, Scan body, Digital abutment.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅰ. 서 론

최근 치과 영역에서 CAD/CAM (computer aided design/computer aided manufacture) 기술을 이용한 치과 보철물의 제작이 비약적으로 증가 및 발전하면서 현재는 안정화 수준에 이르고 있다. 치과 영역에서 CAD/CAM은 1971년 치과의사 Francois Duret이 처음으로 컴퓨터를 이용한 치과 보철물을 제작한 것을 시작으로 하여 1983년에는 CEREC이라는 최초의 치과용 CAD/CAM 장비가 생산되기 시작하였다[1,2]. 2000년대에 들어서는 티타늄이나 지르코니아 같은 재료를 활용할 수 있게 되면서 CAD/CAM은 임플란트 보철물의 제작 영역에서도 그 활용이 증가하고 있다[3].

임플란트 보철물의 제작에 있어 임플란트 고정체와 상부 보철물의 정확하고 수동적인 적합(accurate and passive fit)은 임플란트의 성공을 위한 필수적인 요소 중의 하나이다[4]. 수동적 적합이 이루어지지 않아 임플란트 고정체와 지대주간의 미세간극이 형성될 경우 반복적인 나사 풀림(loosening), 나사 변형(distortion), 구성 요소의 파절과 같은 보철적 실패가 발생하고, 더 나아가 임플란트 주위염 및 골유착의 소실로도 이어질 수 있다[5-8]. 따라서 정확하고 수동적인 적합을 갖는 임플란트 보철물의 제작을 위해서는 인상 채득부터 기공 과정까지 여러 단계에서 정확성이 요구된다. 그 중 정확한 인상 채득은 가장 먼저 선행되어야 하는 중요 요소이다.

현재까지 정확한 임플란트 인상 채득을 위한 여러 방법들이 소개되어 왔다. 인상 재료 및 tray의 선택[9] 방법, 다양한 인상채득 방법(폐쇄형 또는 개방형 트레이 인상법[10,11], splint 또는 non-splint방법[12,13]) 들이 제시되었다. 이러한 전통적인 인상 채득 방법으로 제작된 임플란트 보철물은 임상적으로 받아들일 만한 결과를 가져왔다[14,15]. 그럼에도 불구하고 이러한 제작 방식은 여러 단계의 과정을 통한 기공 오류의 누적 및 환자의 불편감 발생 등이 단점으로 지적되고 있다[16-18].

치과에서 CAD/CAM은 디지털 영상을 얻고, 얻어진 디지털 영상의 데이터를 처리하여 보철물을 디자인하고, 디자인된 보철물을 제작하는 단계로 이루어져 있다. 이 중 디지털 영상을 얻는 방법에는 인상체 스캔, 석고 모형 스캔, 구강 스캔 방법이 있다. 인상체나 석고 모형을 스캔하는 방법은 실리콘

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

인상재를 이용하여 인상을 채득하고 석고 모형을 제작해야 하므로 기존의 전통적인 인상 채득 방법을 시행해야 함에는 변함이 없다. 구강 스캔 방법은 스캐너가 인식할 수 있는 영상 획득용 코핑인 스캔바디(scan body)를 임플란트 고정체에 연결한 다음 구강 내를 직접 스캔하는 방법이다. 이러한 방식으로 채득된 디지털 인상을 CAD 프로그램으로 전송하면 프로그램에서는 영상 획득용 스캔바디의 위치를 역추적하여 임플란트의 위치를 인식하여 보철물을 디자인하고 제작하게 된다.

구강 스캐너의 사용은 기존의 실리콘 인상 채득 과정 중에 발생할 수 있는 오차(인상체의 변형, 인상용 코핑과 임플란트 아날로그를 재위치시키는 과정 중의 오차) 및 석고 모형 제작 과정 중의 오차를 줄일 수 있다. 뿐만 아니라 환자의 불편감 감소, 교차 감염 예방, 3차원적인 시각화, 경제적 이점 등을 가지고 있다[19]. 특히 임플란트 보철 영역에서 임플란트 보철물의 공간, 임플란트-보철물 계면의 깊이, 출현 윤곽 등을 기공 과정 시작 전에 화면상으로 평가할 수 있어 그 활용이 늘어나고 있는 추세이다[20].

현재까지 디지털 인상채득에 관한 연구들을 살펴보면, An 등[21,22,23]은 구강 스캐너를 이용한 지대치의 디지털 인상 채득과 전통적인 인상 채득 간의 정확성을 비교하였고, Abdel-Azim[24]은 임플란트 고정체를 심은 후 디지털 인상의 정확성에 대해 연구하였으며, Anh 등[25]은 구강 스캐너로 채득한 영상의 재현성을 비교하였다. 디지털 인상 채득 방법과 전통적인 인상 채득 방법 간의 인상의 정확성에서 유의한 차이가 있는 가를 평가한 선행 연구들을 살펴보면 각각의 인상채득 방법으로 얻어진 보철물의 적합도를 비교하거나[21,22,23], 얻어진 모델 간의 위치 편차가 있는지를 중첩하여 비교하였다[26,27]. 지금까지 발표된 연구에 따르면 전통적인 방법과 비교하였을 때 디지털 인상채득 방법을 통해 얻어진 모델이나 보철물은 임상적으로 받아들일 만한 결과를 보여준다고 보고하였다[21-27].

최근 디지털 제작 방식에서 임플란트 지대주 제작을 위해 구강 및 모델 스캔에 필요한 다양한 종류의 스캔바디가 소개되고 있다. 다양한 스캔바디에 따른 인상의 정확성을 평가한 연구는 없기에 본 연구에서는 디지털 인상을 위해 공급되는 3종의 스캔바디를 이용하여 평행하게 심은 두 개의 임플란트 고정체의 위치를 스캔한 후 스캔바디에 따라 얻어진 디지털 모델의 위치 편차를 비교함으로써 다양한 스캔바디에 따른 디지털 인상의 정확성(accuracy)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

을 평가하고자 한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅱ. 실험 재료 및 방법

1. 연구 모형 제작

1) 연구 모형 준비

연질의 핑크색 soft 점막으로 구성된 하악 아크릴 레진 모형(E50-532; Nissin Dental Prod Inc, Kyoto, Japan)을 준비한다. #35, 36 부위가 결손된 하악 1/4악 부위(#31~#37)를 실험 대상으로 한다(Fig. 1).

Fig. 1. Study model.

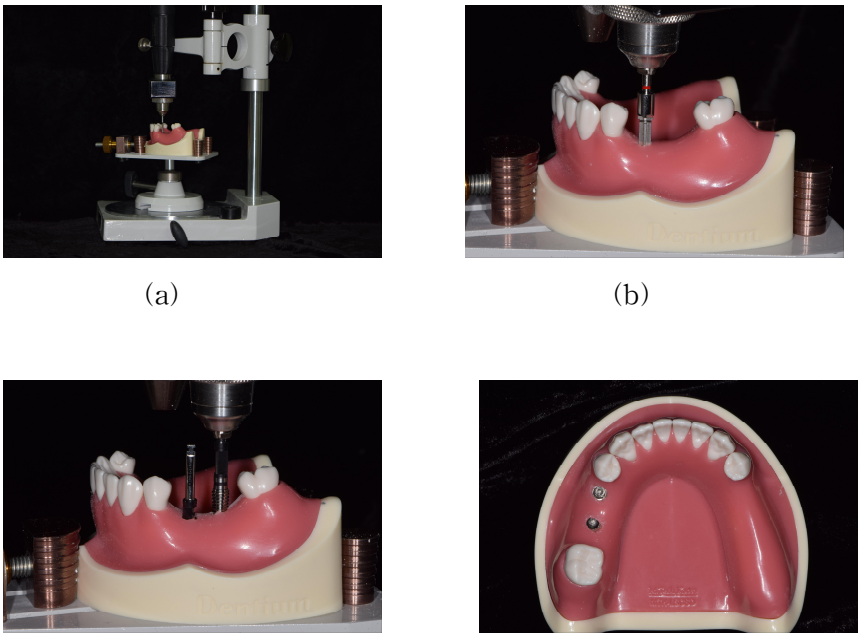
2) 임플란트 고정체 식립

#35, 36 위치에 해당하는 결손 부위에 직경 4.0mm, 길이 11.5mm의 임플란트 고정체(UFII, DIO Implant, Busan, Republic of Korea) 두 개를 식립하기로 계획하였다. 준비된 모형을 핸드피스가 장착된 밀링 장비(Surveyor II, Saeshin precision Ind. Co., Daegu, Republic of Korea)에 고정시키고, 교합평면에 수직하면서, 두 개의 임플란트가 서로 평행하게 식립될 수 있도록 위치를 조정하였다(Fig. 2a). 고정체 식립을 위한 구멍(hole) 형성은 실제 임상에서 사용되는 수술 기구(UF Surgical Kit, DIO Implant, Busan, Republic of Korea)를 이용하였다. 제조사가 추천하는 드릴 순서에 따라 드릴링을 시행하여 직경 3.2 mm의 최종 구멍을 형성하였다(그림 Fig. 2b). 그리고 밀링 장비에 장착된 수술용 드릴을 이용하여 임플란트 고정체를 식립하였다(그림 2c,

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

d). 임플란트와 고정체의 고정을 보강하기 위하여 cyanoacrylate 성분의 강력 접착제(Loctite 401, Henkel, Düsseldorf, Germany)를 고정체 표면과 모형 사이에 주의하여 적용하였다.



(a) (b)

(c) (d)

Fig. 2. Implant fixture installation into the acrylic resin model. (a) Surgical drill connection on surveyor, (b) Drilling for fixture installation, (c) Fixture installation by surgical kit drill, parallel installation of fixtures, (d) Final installation of two implants.

2. 디지털 인상용 스캔바디의 연결

임플란트 고정체가 식립된 연구 모형에 3종의 디지털 인상용 스캔바디(Digital abutment, H-scan body, Scan Adaptor, DIO Implant, Busan, Republic of Korea)를 토크렌치(torque wrench)를 이용하여 20Ncm으로 연결하였다.

디지털 인상용 코핑은 스캐너가 인식할 수 있는 스캔바디로 임플란트 고

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

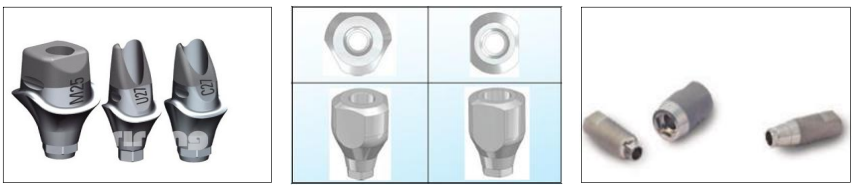
정체에 연결하여 스캔닝만으로 임플란트의 위치를 알려주는 역할을 한다. 본 연구에서는 3종의 스캔바디를 사용하였다(fig. 3).

Digital abutment(DA, DPR 2555H, DMR 2555H, DIO Implant, Busan, Republic of Korea)는 스캔이 가능한 기성 abutment이다. 기존의 기성 abutment보다 형태가 좀 더 자연치의 형태에 가깝게 제작된 abutment이다(Fig. 3a). 기성 어버트먼트의 기능과 디지털 인상용 코핑의 역할을 동시에 수행한다.

H-scan body(HS, HSCAN 561H, HSCAN 661H, DIO Implant, Busan, Republic of Korea)는 healing abutment의 역할을 수행하면서 동시에 스캔이 가능한 인상용 코핑의 역할을 한다(Fig. 3b). HS를 연결한 후 스캐닝을 시행하면 임플란트 고정체의 위치를 알려주는 역할을 한다.

Scan adaptor(SA, Submerged Scan Adapter, Ø4.0X11.2mm, DIO Implant, Busan, Republic of Korea)는 구강 내 Fixture 또는 석고 모델의 lab analog에 연결하여 구강스캐너 또는 치과용 모델 스캐너로 스캔 받아 임플란트 고정체의 위치를 인식시키는 디지털 인상용 코핑이다(Fig. 3c).

Abutment를 임플란트 고정체에 연결한 후 그 외형을 인상 채득하는 것, 즉 abutment 수준에서 인상 채득하는 것을 abutment level 인상이라 하고, 임플란트 fixture 자체의 인상을 채득하는 것, 즉 fixture를 기준으로 인상용 코핑을 장착하여 fixture 수준에서 인상 채득하는 것을 fixture level 인상이라고 한다. 인상 채득 수준으로 분류하자면 DA는 abutment level의 인상을 위한 스캔바디이고 HS및 SA는 fixture level의 인상을 위한 스캔바디이다.



(a) (b) (c)

Fig. 3. Scan body. (a) Digital abutment, (b) H-scan body, (c) Scan adaptor.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 석고모형의 제작

연구 모형에 DA를 연결한 후 다음과 같은 방식으로 석고 모형을 제작하였다. vinyl polysiloxane 인상재(EXAMIXFINE cartridge, regular type, GC Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 10회 인상채득 하였다. 채득한 10개의 인상체에 W/P 20:100 비율로 진공 혼합한 type IV dental stone(GC FujiRock EP, GC Co., Tokyo, Japan)을 부어 10개의 석고 모형을 제작하였다(Fig. 4). DA를 연결한 연구 모형에서 DA를 제거한 후, HS를 연결하고 같은 방식으로 10개의 석고 모형을 제작하였다(Fig. 5).

Fig. 4. Gypsum model produced after connecting DA.

Fig. 5. Gypsum model produced after connecting HS.

4. 연구 모형과 석고 모형의 디지털 인상 채득

구강 스캐너(Trios®, T12A, 3shape Trios A/S, Copenhagen, Denmark) 및 치과용 모델 스캐너(S600 ARTI model scanner, Zirkonzhan, South Tyrol, Italy)를 이용하여 3종의 스캔바디를 연결한 연구 모형 및 제작한 석고 모형의 스캔을 시행하였다. 스캔은 숙련된 한 명의 임상가에 의해 시행되었

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

으며, 스캐너 사용의 충분한 훈련 후에 스캔을 진행하였다. 스캔 범위는 31번 치아부터 37번 치아까지로 하였다. 구강 스캐너로 스캔 시행 시 그 사용은 37번 치아를 시작으로 31번까지 교합면을 따라 먼저 스캔하고 이어 설측 측면으로 구강 스캐너를 45-90도 각도로 굴려 설측 측면을 따라 37번까지 스캔 시행한다. 그 후 37번 협측 측면으로 굴려 협측 측면을 따라 협면 스캔을 31번까지 시행한다. 상기 순서대로 전체 스캔을 완료한 후 부족한 부위는 추가적인 스캔을 시행하였으며 스캔 자체의 오차를 최소화하기 위해 30번대 악궁만 스캔 대상으로 하였다.

5. 실험군의 분류

대조군과 실험군을 다음과 같이 분류하였다.

1) 대조군

임플란트 고정체가 식립된 연구 모형에 Digital abutmtent(DA, #35:DPR 2555H, #36:DMR 2555H, DIO Implant, Busan, Republic of Korea)를 20Ncm으로 연결하고 DA 부위에 반사 방지 스프레이(Easy Scan, Nabakem, Republic of Korea)를 얇게 도포한 후 치과용 모델 스캐너(S600 model scanner, Zirkonzhan, South Tyrol, Italy)로 스캔하였다. 스캔 시행하여 얻어진 디지털 모형에서 DA만 따로 추출하였다(Fig. 6a).

2) 실험군

총 5개의 실험군으로 분류하였다.

실험군 1. 연구 모형에 식립된 고정체에 DA(#35:DPR 2555H, #36:DMR 2555H, DIO Implant, Busan, Republic of Korea)를 20Ncm으로 연결하고 구강 스캐너(Trios®, T12A, 3shape Trios A/S, Copenhagen, Denmark)로 10회 스캔 하였다. 스캔하여 얻어진 디지털 모형에서 DA만 따로 추출하였다(Fig. 6b).

실험군 2. 연구 모형에 식립된 고정체에 DA를 20Ncm으로 연결한 후 vinyl polysiloxane 인상재(EXAMIXFINE cartridge, regular type, GC Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 10회 인상채득 하였다. 이를 통해 제작한 10개의 석고 모

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

델을 치과용 모델 스캐너(S600 ARTI model scanner, Zirkonzhan, South Tyrol, Italy)로 스캔하였다. 스캔 시행하여 얻어진 디지털 모형에서 DA만 추출하였다(Fig. 6c)

실험군 3. 연구 모형에 식립된 고정체에 HS(#35:HSCAN 561H, #36:HSCAN 661H, DIO Implant, Busan, Republic of Korea)를 20Ncm으로 연결한 후 구강 스캐너로 10회 스캔하였다. 스캔 시행하여 얻어진 디지털 모형에서 3 Shape dental system^{TM}(3Shape,Copenhagen,Denmark) 소프트웨어를 이용하여 임플란트 고정체의 위치를 설정하였다. 임플란트 고정체의 위치 설정 방법은 다음과 같다. 먼저 HS의 형명(#35:HSCAN 561H, #36:HSCAN 661H)을 입력하여 HS의 library를 불러온다. 불러온 library와 디지털 모형상의 HS를 정합한다. 정합이 완료되면 임플란트 고정체의 위치 좌표가 잡히게 된다. 이렇게 위치가 설정된 임플란트 고정체에 프로그램 상에서 DA(#35:DPR 2555H, #36:DMR 2555H)를 가상으로 연결한 후 DA만 따로 추출하였다(Fig. 6d).

실험군 4. 연구 모형에 식립된 고정체에 HS를 20Ncm으로 연결한 후 vinyl polysiloxane 인상재를 이용하여 10회 인상채득 하였다. 인상 채득하여 제작한 10개의 석고 모델을 치과용 모델 스캐너로 스캔하였다. 스캔 시행하여 얻어진 디지털 모형에서 실험군 3에서와 같은 방법으로 임플란트 fixture의 위치를 설정하고 DA를 프로그램 상에서 가상으로 연결한 후 DA만 따로 추출하였다(fig. 6e).

실험군 5. 연구 모형에 식립된 고정체에 SA(SA, Submerged Scan Adapter, Ø4.0X11.2mm, DIO Implant, Busan, Republic of Korea)를 20Ncm으로 연결한 후 구강 스캐너로 10회 스캔하였다. 스캔 시행하여 얻어진 디지털 모형에서 실험군 3에서와 같은 방법으로 임플란트 fixture의 위치를 설정하고 DA를 프로그램상에서 가상으로 연결한 후 DA만 따로 추출하였다(fig. 6f).

각 실험군에서 따로 추출한 모든 DA 파일은 STL 파일로 변환하였다(fig. 7).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 6a. Control group,
After connecting the DA to the implant fixture placed on the study model, scan with the model scanner and extract the DA.

Fig. 6b. Experiment 1,
After connecting the DA to the implant fixture placed on the study model, scan with the intraoral scanner and then extract the DA.

Fig. 6c. Experiment 2,
DA were connected and silicone impression was taken. Gypsum models were fabricated and then scanned with model scanner. DA digital data were extracted.

Fig. 6d. Experiment 3,
HS were connected and scanned with intraoral scanner. From the digital model, virtual DA were connected and DA digital data were extracted.

Fig. 6e. Experiment 4,
HS were connected and silicone impression was taken. Gypsum models were fabricated and then scanned with model scanner. From the digital model, virtual DA were connected and DA digital data were extracted.

Fig. 6f. Experiment 5
SA were connected and scanned with intraoral scanner. From the digital model, virtual DA were connected and DA digital data were extracted.

Fig. 6. Control and experimental groups.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 7. Classification of control and experimental goups, convert all extracted DA files to STL files.

6. 이미지 중첩

추출된 모든 DA의 STL 파일들은 3차원 이미지 분석 프로그램(Geomagic Design X 2014; 3D systems, USA)상에서 최적 중첩 알고리즘을 이용하여 이미지 중첩을 시행하였다. DA의 평편한 면의 각 모서리와 중앙에 기준점을 찍어 5점, 총 10점을 기준점으로 하여 '스캔 데이터 간 정렬(Align between scan data)' 도구를 이용하여 이미지 중첩을 시행하였다(fig. 7a, b, c). Trueness는 각 실험군의 스캔 데이터를 대조군의 스캔 데이터와 중첩시켜 평가하였고(n=10), precision은 각 실험군 내 스캔 데이터를 콤비네이션 수식을 사용한 중첩을 통하여 평가하였다(n=45). 3차원 분석 결과는 시각적인 편차를 보여주는 Color map으로 확인한 후, Root mean square(RMS) 값으로 정량적 수치를 산출하였다. 여기서 (+/−)부호는 두 모델을 중첩했을 때 차이가 나는 방향성을 의미한다(fig. 7d).

Collection @ chosun

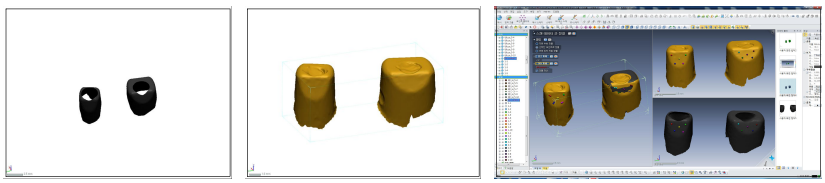
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

7. RMS 수치

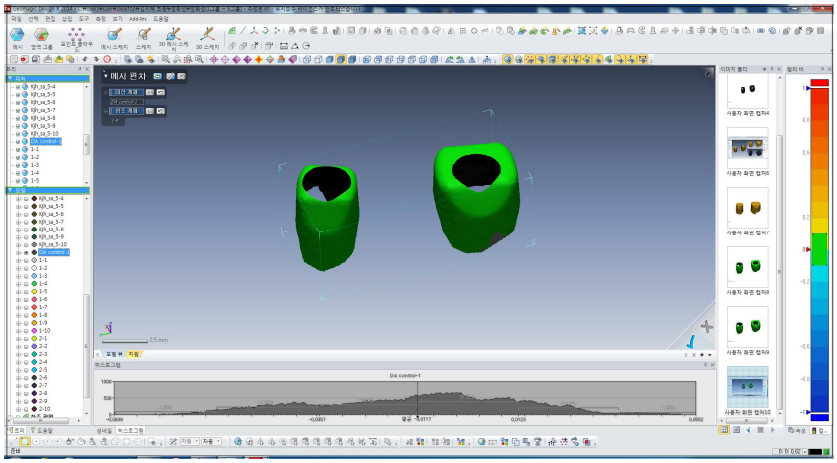
RMS수치는 양의 값과 음의 값이 동시에 존재하는 실험에서 그 편차의 정도를 정하는데 사용하는 수치이다. 대조군과 실험군을 중첩하였을 때 팽창으로 인한 오차는 양의 값으로, 수축으로 인한 오차는 음의 값으로 나타나게 된다. 이런 양의 값과 음의 오차가 동시에 존재하는 경우 그 절대 수치를 알아보는 방법 중의 하나이다. 낮은 RMS 수치는 대조군과 실험군 사이의 오차가 적음을 나타낸다. RMS는 다음과 같은 수식으로 계산되어 진다.

$$\mathrm{RMS} = \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_{1,i} - x_{2,i})^2}$$

여기서 $x_{1,i}$ 기준점의 측정점이고, $x_{2,i}$는 실험군 데이터의 측정점이다. n은 총 데이터 수이다.



(a) (b) (c)



(d)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 7. Scan bodies (a) Control group, (b) Experimental group, (c) Superimposition of the experimental group to the control group, (d) 3D compare. Analysis of three-dimensional displacement difference between two groups by +/- value.

8. 통계 분석

각 그룹의 정확성 비교를 위한 통계는 IBM SPSS Statistics 23 (IBM Co, Armonk, NY, USA)를 사용하여 분석하였으며 95% 유의수준으로 평가하였다. 각 집단의 결과값의 정규성 검정을 하기 위하여 Shapiro-Wilk test를 실시하였고, 정규분포하지 않음이 확인되어($p<0.05$), 비모수 검증인 Kruskal-Wallis test를 실시하여 비교하였다. 유의한 차이가 나타나 사후분석으로 Bonferroni법으로 조정한 유의수준 (0.05/10=0.005)을 적용하여 Mann-Whitney U test를 실시하였고, 집단 간 유의한 차이가 있는지 확인하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅲ. 연구 결과

본 연구에서는 다양한 스캔바디에 따른 인상의 정확성(accuracy)을 비교하였다. 정확성(accuracy)은 서로 다른 스캔바디에 따라 채득한 스캔 영상이 기준 영상에 얼마나 일치하는가를 나타내는 trueness와 같은 조건에서 반복하여 채득한 스캔 영상이 서로 간에 얼마나 같게 재현되었는가를 나타내는 precision으로 설명되었다.

스캐너들로 취득된 디지털 모형의 trueness와 precision은 3차원 분석 프로그램을 통해 디지털 모형을 중첩하여 그 거리 차이인 RMS 값으로 보고하였다.

측정결과 Trueness 와 Precision은 Table 1과 같다.

Table 1. Trueness and precision of the digital models according to different scan bodies (unit: mm)

	Experimental group	N	RMS		X^2	p
			Mean	SD		
Trueness	Group 1	10	.0256	.00106	23.104	.000**
	Group 2	10	.0380	.02582		
	Group 3	10	.0341	.00252		
	Group 4	10	.0386	.01572		
	Group 5	10	.0341	.00121		
Precision	Group 1	45	.0184	.01272	7.757	.000**
	Group 2	45	.0648	.09235		
	Group 3	45	.0483	.01929		
	Group 4	45	.0588	.01890		
	Group 5	45	.0536	.01659		

*p<0.05, **p<0.01

실험군들 간 차이가 있는지 Kruskal-Wallis test를 실시하였고, 실험군들 간 유의한 차이가 나타나($p<0.05$) 사후분석으로 Bonferroni법으로 조정한 유의수준(0.05/10=0.005)을 적용하여 Mann-Whitney U test를 실시하였다.

그 결과 trueness에서는 실험군 1과 실험군 3,4,5 간의 유의한 차이를 보였으

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

나($p<0.005$), 나머지 실험군 간에는 서로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2). 실험군 1은 연구 모형에 DA를 연결하여 구강 스캐너로 스캔 시행한 군으로 abutment를 연결한 상태에서 그 외형의 인상을 채득하였으므로 abutment level의 인상 채득군이고, 실험군 3은 연구 모형에 HS를 연결한 후 구강스캐너로 스캔 시행한 군이며, 실험군 4는 연구모형에 HS를 연결한 후 실리콘 인상 채득하여 석고모델을 제작한 후 이 석고 모델을 치과용 모델 스캐너로 스캔을 시행한 군이며, 실험군 5는 연구모형에 SA를 연결하여 구강 스캐너로 스캔을 시행한 군으로, 실험군 3,4,5는 디지털 인상 채득 결과가 fixture 자체의 인상을 채득하는 것으로 fixture level의 인상 채득군이다. 실험군 3,4,5에서는 얻어진 디지털 모델 상에서 가상으로 DA를 연결한 후 연결된 DA와 대조군의 DA를 중첩하여 그 위치 차이를 평가하였다. 그 결과 abutment level에서 구강 스캐너로 스캔 시행한 군과 fixture level에서 인상 채득한 군들 간의 유의한 차이를 보여주었으며 abutment level에서 구강 스캐너로 스캔 시행한 군에서 더 낮은 RMS 값을 보여주었다. Abutment level에서 실리콘 인상 채득하여 제작한 석고 모형을 디지털 인상 채득한 군과 fixture level의 인상 채득군들 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.005$).

Table 2. Bonferroni corretion after Mann-whitney in trueness

	Group1	Group2	Group3	Group4
Group2	.010			
Group3	.000**	.174		
Group4	.000**	.112	.879	
Group5	.000**	.130	.910	.820

*p<0.005 p<0.001**

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Precision에서는 실험군 1과 3,4,5 간의 유의한 차이를 보였으며($p<0.005$), 실험군 1과 2, 실험군 3과 4 간의 유의한 차이를 보였으나($p<0.005$), 나머지 집단 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 3). Precision에서도 실험군 1인 abutment level에서 구강 스캐너로 인상 채득한 군과 실험군 3,4,5인 fixture level에서 인상 채득한 군들 간의 유의한 차이를 보였다. 그리고 실험군 1과 2, 실험군 3과 4 간의 유의한 차이를 보였다. 실험군 2는 실험군 1을 실리콘 인상 채득하여 석고모델을 제작한 군이고, 실험군 4는 실험군 3을 실리콘 인상 채득하여 석고모델 제작한 군이다. 구강 스캐너로 스캔한 군(실험군 1과 3)이 실리콘 인상 채득하여 제작한 석고 모형을 스캔한 군(실험군 2와 4) 보다 더 낮은 RMS 값을 보여주었다.

Table 3. Bonferroni corretion after Mann-whitney in precision

	Group1	Group2	Group3	Group4
Group2	.000**			
Group3	.000**	.872		
Group4	.000**	.020	.003**	
Group5	.000**	.107	.015	.392

*p<0.005 p<0.001**

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅳ. 총괄 및 고찰

치의학 분야에 CAD/CAM(computer-aided design / computer-aided manufacturing) 기술의 도입 이래로 디지털 치과 기술이 급속도로 발전하고 있다. CAD/CAM 기술에 있어 디지털 영상을 얻는 방식은 초기에는 전통적인 방식으로 인상 채득하여 얻어진 석고 모델을 모델 스캐너로 스캔하여 디지털 영상을 얻는 간접 방식이었다면, 최근 구강 스캐너의 발전으로 구강 내를 직접 스캔하여 디지털 영상을 얻는 직접 방식으로 점차 확대되고 있다.

구강 스캐너 및 모델 스캐너로 임플란트 인상 채득하여 얻은 인상의 정확성에 관한 연구는 여러 보고되고 있다. Moura[28] 등은 상악 무치악 모형에 6개의 임플란트를 식립한 후 모델 스캐너로 디지털 인상 채득한 군과 전통적인 방법(pick-up type과 transfer type)으로 인상채득한 군, 전통적인 방법으로 인상채득한 후 모델 스캐너로 스캔 시행한 군으로 나누어 정확성을 비교하였다. 그 결과 인상 채득 방법들 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. Marghalani[29] 등은 하악의 부분 무치악에 2개의 서로 다른 type의 임플란트를 서로 다른 각도로 식립한 후 2개의 구강 스캐너(CEREC Omnicam®, True Definition®)를 이용한 디지털 인상채득 방법과 전통적인 인상채득 방법 간의 정확성을 비교하였다. 임플란트의 type, 인상 채득의 방법에 따른 정확성의 차이는 보였지만 모두 유의한 차이를 보이지는 않았고 그 차이는 임상적으로 받아들일만한 수치라고 보고하였다. Papaspyridakos[30] 등은 하악의 무치악 모형에 5개의 임플란트를 식립한 후 구강스캐너(TRIOS®)와 polyether를 이용한 주모형(master cast)의 정확도를 비교 분석하는 실험을 하였다. 실험 결과 구강스캐너와 주모형에서 유의수준을 벗어나는 정확도의 차이는 없었다는 결과를 발표하였다. 이와 같이 임플란트 인상 채득에 대한 모델 스캐너 및 구강 스캐너의 정확성에 대해서는 연구되고 임상적으로 받아들일 만한 수치의 오차를 보인다고 보고되고 있지만 다양한 스캔바디에 따른 인상의 정확성에 대한 연구는 보고된 바가 없다.

CAD/CAM 시스템에 사용되는 치과용 디지털 장비의 정확성을 측정하기 위해 국제 표준화 규격인 International Standardizing Organization (ISO)12836에서는 정확성(accuracy)을 trueness와 precision으로 구분하여 측

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

정한다고 제시하였다[31]. Trueness는 반복적인 측정을 통해 채득한 측정값들이 실제와 얼마나 같은지를 나타내는 정도이고, precision은 규정된 조건에서 채득한 각각의 측정값들의 일치 정도를 의미하며 reproducibility라고도 한다[31]. 이 방법을 위해 정확도 분석은 기존해 행해오던 선형 분석이 아니라 3차원 이미지 분석을 통한 정확도 측정을 권장하였고 대조군과 실험군의 스캔 영상을 최적 중첩(Best fit alignment)시켜 비교하는 3차원 분석 프로그램의 사용을 권장하였다. 이 국제 표준화 규격에서는 3차원 분석 프로그램으로 Geomagic (3D systems., NC, USA)이나 Surfacer (Imageware Inc., Ann Arbor, MI, USA)를 명시하였다[31]. 따라서 본 연구에서는 기준 모델을 오차가 약 0.01mm 이하로 보고된[32,33] 높은 정확성을 가진 광학식 모델 스캐너(S600 ARTI model scanner, Zirkonzhan, South Tyrol, Italy)로 스캔한 영상을 대조군으로 하여 실험군의 스캔 영상과의 중첩을 통해 trueness를 측정하고, 동일한 조건하에서 반복 채득한 스캔 영상의 중첩을 통해 precision을 측정하였다. 본 연구에서도 Geomagic Design X 2014를 사용하여 3차원 이미지를 중첩하여 중첩 시 생기는 오차를 분석하였다. 본 연구에서 소개된 DA는 abutment level에서 인상이 가능한 디지털 인상용 코핑으로 abutment의 위치와 외형이 바로 채득되므로 고정체의 위치를 역추적 할 필요가 없다. 따라서 HS와 SA를 통해 채득된 fixture level의 디지털 모델에서 library에서 불러온 가상의 DA를 fixture에 연결하여 연결된 DA를 서로 중첩하여 위치 편차를 비교함으로써 디지털 인상의 정확성을 평가하였다.

2004년 최초로 스캔이 가능한 인상용 코핑(Encode Abutment, Biomet 3i)이 소개되었고[34], 그 이후 Staumann사에 의해 최초로 'scan body'로 명명되어진 인상용 코핑이 소개되었다. 그리고 현재 임플란트 회사들에서는 수종의 다양한 scan이 가능한 인상용 코핑을 제공하고 있다. 회사마다 그 크기와 모양이 다르지만 스캔바디는 일반적으로 3부위로 구분 지을 수 있다. 상부 1/3 부위는 scan region, 중간 1/3 부위는 body, 하부 1/3 부위는 base로 불리운다[35]. Scan region은 하나 또는 그 이상의 평평한 면으로 이루어져 있다. 이 부위는 표면을 인식할 수 있는 기준면으로 작용하여 임플란트의 방향과 각도를 파악하여 디지털로 기록할 수 있도록 한다. Body는 scan region과 base이 중간부위이다. Scan region과 body는 보통 polyetheretherketone(PEEK)이나 티타늄 합금, 알루미늄 합금을 가공하여 제작된다. 이러한 재료가 갖는 가공성

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(machinability)과 생산 공차(manufacturing tolerance)는 scan body의 정확성을 평가할 때 중요한 고려 요소이다. Base는 임플란트 고정체와 scan body가 만나는 부위로 scan region과 body 부위와 동일한 재질인 경우도 있고 다른 경우도 있다. Base는 스캔바디를 임플란트 고정체에 연결할 때 변위에 영향을 미치는 부위이다[36].

본 연구 결과 trueness에서는 abutment level에서 구강 스캐너로 인상 채득군과 fixture level에서 인상 채득한 군들 간의 유의한 차이를 보여주었다. 이 두 군 간의 유의한 차이가 있다는 결과는 실제 abutment와 임플란트 고정체 간의 체결이 fixture level에서 인상 채득하여 생성된 디지털 모델 상에서 라이브러리에서 가져온 가상의 abutment와 fixture 간의 체결과는 차이가 있음을 말해준다. Stimmelmayr 등[37]은 스캔바디가 정확성에 영향을 줄 수 있다고 보고하였다. Amin 등[38]은 스캔바디의 정확성에 영향을 미치는 요인으로 'machining tolerance'를 제시하였다. 2개의 금속 구성 요소 사이의 접합은 마이크로미터 수준에서 볼 때 다양한 공간적 관계에서 일어나기 때문에 내재하는 오차를 가지게 된다고 하였다. 임플란트 인상은 금속의 인상용 코핑을 이용하여 두 금속 요소 사이의 접합에 의한 인상 채득이 이루어지므로 고유의 내재하는 오차를 가지게 된다. 이 고유의 내재하는 오차를 machining tolerance라고 정의하였다. 그 오차를 22-100㎛라고 보고하였고 체적의 다양성, 표면의 거칠기를 그 요인으로 지목하였다[39]. 임플란트 인상에 관한 리뷰 논문에서도 machining tolerance는 정확성에 영향을 미치는 요인으로 지목하였고 그 오차를 0.6-136㎛라고 보고하였다[40]. Machining tolerance를 허용 오차. 생산 공차, 제조 공차라고 표현하기도 한다. DA, HS, SA와 fixture간의 체결은 두 금속 구조물간의 접합으로 machining tolerance만큼의 discrepancy가 발생하게 된다. 본 연구에서 실험군들의 대조군과의 위치 편차의 평균을 살펴보면 모두 100㎛이내의 값으로 모두 machining tolerance 이내의 값의 보여주었다. Jemt와 Lie 등도 150㎛까지의 차이는 어떠한 장기간의 임상적 합병증을 일으키지 않는다고 보고하였다[41]. 따라서 본 실험에서 보여준 오차는 임상적으로 받아들인 만한 오차라 평가할 수 있다. 본 실험에서 abutment level 인상군인 group 2와 fixture level 인상군인 group 3,4,5 간에는 유의한 차이를 보이지 않았는데 이는 group 2의 경우 연구 모형을 복제 과정 시 사용되는 고무인상재와 경석고 모형재의 체적 변화율이 trueness에 영향을 주

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

었다고 사료된다.

Precision에서도 abutment level에서 구강 스캐너로 인상 채득 군과 fixture level에서 인상 채득한 군들 간의 유의한 차이를 보여주었다. 그리고 연구 모형을 구강 스캐너로 스캔 시행한 군과 연구모형을 복제한 석고모델을 모델 스캐너로 스캔 군 간의 유의한 차이를 보여주었다. Craig 등[42]은 부가중합형 실리콘은 0.05-0.1% 중합수축 한다고 밝혔고, Millstein[43]은 초경석고의 팽창률이 0.04-0.2%로 다양하다고 밝혔다. 연구 모형을 복제 과정 시 사용되는 고무인상재와 경석고 모형재의 체적 변화율이 precision에 영향을 주었다고 사료된다. Güth 등[27]의 연구에서도 구강 스캐너로 직접 디지털 인상을 채득한 방식과 실리콘 인상 채득하여 제작한 석고모델을 디지털 인상 채득한 간접 방식 간의 인상의 정확성을 평가하였는데 직접 방식으로 디지털 인상 채득한 방식이 더 정확하였다고 보고하였다.

Fluegge 등[44]은 더 짧고 더 작은 스캔바디의 경우 정확도가 감소한다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 fixture level 인상 채득 시 사용된 HS와 SA간에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 즉, 같은 수준에서 인상 채득 시 스캔 바디의 모양이나 크기에 따른 결과의 차이는 보여주지 않았다.

본 연구는 실제 구강 환경이 아닌 실험용 모형을 구강스캐너로 스캔하였으므로, 구강 내 상황을 완전히 재현하지 못하였다. 구강스캐너는 스캐너 팁의 크기 때문에 좁은 입안 공간에서는 스캐너의 움직임에 제약을 받을 수 있고, 환자의 타액이나 입김, 움직임, 술자의 미세한 움직임 등이 스캔 영상의 정확성에 영향을 줄 수 있다[32]. 따라서 실제 환경에서는 더 많은 오차를 유발할 것으로 예상된다. 또한 본 연구는 두 개의 임플란트가 서로 평행하게 식립된 1/4악 모형에서 실험되었으므로 후속 연구에서는 다수의 임플란트가 식립된 전악의 경우, 인접치가 없는 무치악에 임플란트가 식립된 경우, 평행하게 식립되지 않은 경우 등을 고려하여 진행이 필요하다고 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

V. 결 론

3종의 스캔바디에 따른 디지털 인상 채득의 정확성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

디지털 인상 채득 시, abutment level에서 구강 스캐너로 인상 채득하는 것이 fixture level에서 인상 채득하는 것보다 더 높은 trueness와 precision을 보여주었다. 그리고 abutment level에서 실리콘 인상 채득하여 제작한 석고 모형을 디지털 인상 채득하는 것은 fixture level에서 인상 채득한 것과 trueness와 precision에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 구강 스캐너로 직접 스캔하는 것이 석고 모형을 스캔하는 것보다 더 우수한 precision을 보여주었다. 하지만 본 연구에서 보여준 모든 오차 값들은 임상적으로 허용 가능한 오차 범위였다. 그리고 fixture level에서 인상 채득 시 스캔 바디의 모양이나 크기에 따른 결과의 차이는 보여주지 않았다. 이와 같은 결과로 볼 때, 디지털 인상 채득 시 다양한 스캔바디에 따른 사용 적응증과 장,단점 및 발생할 수 있는 오차를 이해하고 다양한 임상 상황에 따라 이를 선택적으로 사용한다면 정확한 보철물 제작에 도움이 될 것으로 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

참 고 문 헌

1. Duret F, Blouin JL, Duret B. CAD-CAM in dentistry. J Am Dent Assoc 1988;117:715-20.

2. Mörmann WH. The evolution of the CEREC system. J Am Dent Assoc 2006;137:7S-13S.

3. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. Br Dent J 2008;204:505-11.

4. Carr AB. Comparison of impression techniques for a five-implant mandibular model. Int J Oral Maxillofac Implants 1991;6:448-55.

5. Becker W, Becker BE, Newman MG, Nyman S. Clinical and microbiologic findings that may contribute to dental implant failure. Int J Oral Maxillofac Implants 1990;5:31-8.

6. Skalak R. Biomechanical considerations in osseointegrated prostheses. J Prosthet Dent 1983;49:843-8.

7. Sones AD. Complications with osseointegrated implants. J Prosthet Dent 1989;62:581-5.

8. Werner W, Stefan M, Stefan H, Matthias K. Bone loading caused by different types of misfits of implant-supported fixed dental prostheses: a three-dimensional finite element analysis based on experimental results. Clin Oral Impl Res 2010;25:947-52

9. Burton JF, Hood JA, Plunkett DJ et al. The effects of disposable and custom-made impression trays on the accuracy of impressions. J Dent 1989;17:121-3.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

10. Carr AB. A Comparison of impression techniques for a five-implant mandibular model. Int J Oral Maxillofac Implants 1991;6:448-55.

11. Barrett MG, de Rijk WG, Burgess JO. The accuracy of six impression techniques for osseointegrated implants. J Prosthodont 1993;2:75-82.

12. Assif D, Fenton A, Zarb G. Comparative accuracy of implant impression procedures. Int J Periodontics & Restorative Dentistry 1992;12:112-21.

13. HeeJe L, Joseph SS, Hochstedler JL. The accuracy of implant impressions: A systematic review. J Prosthet Dent 2008;100:285-91.

14. Clancy JM, Scandrett FR, Ettinger RL. Long-term dimensional stability of three current elastomers. J Oral Rehabil 1983;10:325-33.

15. Jamani KD, Harrington E, Wilson HJ. Rigidity of elastomeric impression materials. J Oral Rehabil 1989;16:241-8.

16. Christensen GJ. The state of fixed prosthodontic impressions: room for improvement. J Am Dent Assoc 2005;136:343-6.

17. Johnson GH, Mancl LA, Schwedhelm ER, Verhoef DR, Lepe X. Clinical trial investigating success rates for polyether and vinyl polysiloxane impressions made with full-arch and dual-arch plastic trays. J Prosthet Dent 2010;103:13-22.

18. Patzelt SB, Emmanouilidi A, Stampf S, Strub JR, Att W. Accuracy of fullarch scans using intraoral scanner. Clin Oral Investig 2014;18:1687-94.

19. Lee SJ, Gallucci GO. Digital vs. conventional implant impressions: efficiency outcomes. Clin Oral Impl Res 2012;22:111-5.

20. Christensen GJ. Impressions are changing. J Am Dent Assoc

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2009;140:1301-4.

21. An S, Kim S, Choi H, Lee JH, Moon HS. Evaluating the marginal fit of zirconia copings with digital impressions with an intraoral digital scanner. J Prosthet Dent 2014;112:1171-5.

22. Seelbach P, Brueckel C, Wöstmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. Clin Oral Investig. 2013;17:1759-64.

23. Zarauz C, Valverde A, Martinez-Rus F, Hassan B, Pradies G. Clinical evaluation comparing the fit of all-ceramic crowns obtained from silicone and digital intraoral impressions. Clin Oral Investig 2016;20:799-806.

24. Abdel-Azim T, Zandinejad A, Elathamna E, Lin W, Morton D. The influence of digital fabrication options on the accuracy of dental implant-based single units and complete-arch frameworks. Int J Oral Maxillofac Implants 2014;29:1281-8.

25. Anh JW, Park JM, Chun YS, Kim M, Kim M. A comparison of the precision of three-dimensional images acquired by 2 digital intraoral scanners: effects of tooth irregularity and scanning direction. Korean J Orthod 2016;46:3-12.

26. Lee SJ, Betensky RA, Gianneschi GE, Gallucci GO. Accuracy of digital versus conventional implant impressions. Clin Oral Implants Res 2015;26:715-9.

27. Güth JF, Keul C, Stimmelmayr M, Beuer F, Edelhoff D. Accuracy of digital models obtained by direct and indirect data capturing. Clin Oral Investig 2013;17:1201-8.

28. Moura RV, Kojima AN, Saraceni CHC, Bassolli L, Balducci I, Özcan M, Mesquita AMM. Evaluation of the accuracy of conventional and

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

digital Impression techniques for implant Restorations. J of Prosthodont 2018:1.

29. Marghalani A, Weber HP, Finkelman M, Kudara Y, El Rafie K, Papaspyridakos P. Digital versus conventional implant impressions for partially edentulous arches: An evaluation of accuracy. J Prosthet Dent 2018;119:574-579.

30. Papaspyridakos P, Gallucci GO, Chen CJ, et al. Digital versus conventional implant impressions for edentulous patients: Accuracy outcomes. Clin Oral Implants Res 2015;27:465 - 72.

31. 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 Standization. Geneva: Switzeland. 2012

32. 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;144:417-8.

33. Keating AP, Knox J, Bibb R, Zhurov AI. A comparison of plaster, digital and reconstructed study model accuracy. J Orthod 2008;35:191-201

34. Wilk BL. Intraoral Digital Impressioning for Dental Implant Restorations Versus Traditional Implant Impression Techniques. 2015;36:529-30, 532-3.

35. Mizumoto RM, Yilmaz B. J Intraoral scan bodies in implant dentistry: A systematic review. Prosthet Dent. 2018;120:343-352.

36. Kim KS, Lim YJ, Kim MJ, Kwon HB, Yang JH, Lee JB, Yim SH. Variation in the total lengths of abutment/implant assemblies generated

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

with a function of applied tightening torque in external and internal implant-abutment connection. Clin Oral Implants Res 2011 Aug;22:834-9.

37. Stimmelmayr M, Guth JF, Erdelt K, et al. Digital evaluation of the reproducibility of implant scanbody fit-an in vitro study. Clinical Oral Investigations 2012;16:851-6.

38. Amin S, Weber HP, Finkelman M, El Rafie K, Kudara Y, Papaspyridakos P. Digital vs. conventional full-arch implant impressions: a comparative study. Clin Oral Implants Res 2017;28:1360-7.

39. Ma T, Nicholls JI, Rubenstein JE. Tolerance measurements of various implant components. Int J Oral Maxillofac Implants 1997;12:371-5.

40. Lee H, So JS, Hochstedler JL, Ercoli C. The accuracy of implant impressions: a systematic review. J Prosthet Dent 2008;100:285-91.

41. Jemt T, Lie A. Accuracy of implant supported prostheses in the edentulous jaw: analysis of precision of fit between cast gold alloy frameworks and master casts by means of a three-dimensional photogrammetric technique. Clinical Oral Implants Research. 1995;6: 172-18.

42. Craig RH. A review of properties of rubber impression materials. J Mich Dent Assoc 1977;59:254-61.

43. Millstein PL. Determining the accuracy of gypsum casts made from type IV dental stone. J Oral Rehabil 1992;19:239-43.

44. Flügge TV, Att W, Metzger MC, Nelson K. Precision of dental implant digitization using intraoral scanners. Int J Prosthodont 2016; 29:277-83.

Collection @ chosun