

# 단일 수복물과 3본 고정성 수복물 지대치 모델에서 삼차원 분석을 통한 구강 스캐너의 정확도 비교

황미양<sup>1,3</sup> · 손큰바다<sup>2,3</sup> · 이완선<sup>3</sup> · 이규복<sup>1,3\*</sup>

경북대학교 치과대학 <sup>1</sup>치과보철학교실, <sup>2</sup>치의과학과, <sup>3</sup>첨단치과의료기기개발연구소

## Comparison of the accuracy of intraoral scanner by three-dimensional analysis in single and 3-unit bridge abutment model: *In vitro* study

Mei-Yang Huang<sup>1,3</sup>, Keunbada Son<sup>2,3</sup>, Wan-Sun Lee<sup>3</sup>, Kyu-Bok Lee<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyungpook National University, Daegu, Republic of Korea

<sup>2</sup>Department of Dental Science, Graduate School, Kyungpook National University, Daegu, Republic of Korea

<sup>3</sup>Advanced Dental Device Development Institute (A3DI), Kyungpook National University, Daegu, Republic of Korea

**Purpose:** The purpose of this study was to evaluate the accuracy of three types of intraoral scanners and the accuracy of the single abutment and bridge abutment model. **Materials and methods:** In this study, a single abutment, and a bridge abutment with missing first molar was fabricated and set as the reference model. The reference model was scanned with an industrial three-dimensional scanner and set as reference scan data. The reference model was scanned five times using the three intraoral scanners (CS3600, CS3500, and EZIS PO). This was set as the evaluation scan data. In the three-dimensional analysis (Geomagic control X), the divided abutment region was selected and analyzed to verify the scan accuracy of the abutment. Statistical analysis was performed using SPSS software ( $\alpha = .05$ ). The accuracy of intraoral scanners was compared using the Kruskal-Wallis test and post-test was performed using the Pairwise test. The accuracy difference between the single abutment model and the bridge abutment model was analyzed by the Mann-Whitney U test. **Results:** The accuracy according to the intraoral scanner was significantly different ( $P < .05$ ). The trueness of the single abutment model and the bridge abutment model showed a statistically significant difference and showed better trueness in the single abutment ( $P < .05$ ). There was no significant difference in the precision ( $P = .616$ ). **Conclusion:** As a result of comparing the accuracy of single and bridge abutments, the error of abutment scan increased with increasing scan area, and the accuracy of bridge abutment model was clinically acceptable in three types of intraoral scanners. (*J Korean Acad Prosthodont* 2019;57:102-9)

**Keywords:** Intraoral scanner; Three-dimensional data; Accuracy; Three-dimensional analysis

\*Corresponding Author: Kyu-Bok Lee

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, A3DI, Kyungpook National University,  
2177 Dalgubuldaero, Jung-gu, Daegu 41940, Republic of Korea  
+82 (0)53 600 7674; e-mail, kblee@knu.ac.kr

Article history: Received December 19, 2018 / Last Revision January 14, 2019 / Accepted  
January 16, 2019

©2019 The Korean Academy of Prosthodontics

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

※ This work was supported by Institute for Information & Communications Technology Promotion (IITP) grant funded by the Korea government (MSIP) (B0101-19-1081, Development of ICT based software platform and service technologies for medical 3D printing applications) and Industrial Strategic Technology Development Program (10062635, New hybrid milling machine with a resolution of less than 10  $\mu$ m development, using open CAD/CAM S/W integrated platforms for one day prosthetic treatment of 3D smart medical care system) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

## 서론

치과 분야에서 computer aided design and computer aided manufacturing (CAD/CAM) 시스템은 1971년 Duret에 의해 연구가 시작되었고, 1980년대초 임상에 도입된 후 지속적인 발전을 거듭하였다.<sup>1,2</sup> 그리고 현재의 치과 임상과정은 점차 디지털 작업과정 (digital workflow)으로 대체되어가고 있다.<sup>3</sup>

전통적인 제작 방법에서 인상 채득방식의 단점을 보면 인상재의 보관에 따른 수분 손실과 팽윤 현상 (swelling effect)이 발생하고, 석고의 팽창에 따른 변형이 발생한다.<sup>4</sup> 또한 제작된 석고모형은 관리의 어려움과 파손이 일어날 수 있는 단점이 있다.<sup>5-7</sup> 반면 치과용 CAD/CAM 시스템은 스캔 데이터의 보관이 간편하고 재현성이 높다.<sup>8</sup> 또한 수복물을 보다 용이하게 제작하고, 제작 시간을 단축하여 많은 양의 수복물을 생산할 수 있다.<sup>9</sup> 따라서 치과용 CAD/CAM 시스템은 전통적인 인상 채득방식의 문제점을 보완할 수 있다.

치과용 CAD/CAM 시스템을 통한 수복물의 제작은 세 가지의 과정으로 진행된다. 구강 내의 경조직과 연조직을 3차원적으로 스캔하는 과정 (data capture process), 스캐닝한 데이터를 바탕으로 수복물을 디자인하는 CAD 과정 (design process), 그리고 CAD 소프트웨어에서 디자인한 수복물을 출력하는 CAM 과정 (manufacturing process)이다. 특히 CAD/CAM 시스템에서 스캔하는 과정은 수복물 제작에 있어 가장 기본이 되고 상당한 영향을 미치는 과정이다.<sup>10</sup>

치과용 CAD/CAM 시스템에서 스캔하는 과정은 두 가지의 방법이 있다. 임상에서 구강 스캐너로 구강 내를 스캔하는 방법과 기공실에서 데스크탑 스캐너로 작업 모형을 스캔하는 과정이다. 스캔 데이터의 높은 재현성은 수복물의 변연 및 내면 적합도에 중요한 영향을 미친다.<sup>11</sup> 만일 수복물의 적합도가 우수하지 못할 경우에는 2차 우식증과 치주질환 등이 발생될 수 있다.<sup>12</sup>

국제 표준화 기구 (ISO)에 따른 스캐너의 정확도 (Accuracy)는 진도 (trueness)와 정밀도 (precision)를 통해 평가된다.<sup>13</sup> 진도는 실제 데이터와 스캔 데이터 사이의 유사성을 나타내고, 정밀도는 스캔 데이터 간의 일치 수준을 나타내 것으로 반복 정밀도 (reproducibility)와 같은 의미로 사용되고 있다.

이전 연구를 보면 단일 수복물 지대치 모델에서는 인상재를 이용한 인상 채득 방법보다 구강 스캔이 높은 정확도를 보여주고 있다.<sup>14-18</sup> 그러나 다른 연구에서 전악 (Complete arch)을 스캔하였을 때의 정확도는 인상 채득 방법이 더 좋은 정확도를 가지는 것을 확인하였다.<sup>19-23</sup> 대신 교정 치료를 위한 비가역성 수교질 인상재 (irreversible hydrocolloid material)의 전악 인상과 비교한다면 구강 스캔의 정확도가 보다 높은 것으로 평가되고 있다.<sup>24-26</sup> 그러나 이전의 연구를 보면 임상에서 가장 많이 치료되는 단일 수복물 지대치와 3본 고정성 수복물 지대치 모델의 스캔 정확도를 비교하는 연구는 부족한 실정이다. 따라서 이 연구의 목적은 3종류의 구강 스캐너에 따른 정확도와 단일 수복물 지대치와 3본 고정성 수복물 지대치 모델의 정확도를 평가하는 것이다. 이 연구의

첫번째 귀무가설은 3종류의 구강 스캐너 정확도는 차이가 없는 것이고, 두번째 귀무가설은 단일 수복물 지대치와 3본 고정성 수복물 지대치 모델의 정확도는 차이가 없는 것이다.

## 재료 및 방법

본 연구에서는 스터디 모델 (Basic Study Models, KaVo, Biberach, Germany)에서 단일 수복물 지대치 (#16)와 제1대구치가 상실된 3본 고정성 수복물 지대치 (#25, #26, #27)를 제작하였다 (Fig. 1). 지대치는 치은연상 마진 (supragingival chamfer radius, 1 mm, angle, 6°)으로 형성하고, 교합면에서 1.5 mm를 삭제하였다. 그리고 삭제된 지대치를 스터디 모델에 부착하고 실리콘 인상재 (Deguform, Degudent, Hanau, Germany)를 사용하여 복제하였다 (Fig. 1). 중합이 완료된 복제 몰드에 석고를 주입하고, 경화 후 제거하였다 (Fig. 1). 완성된 모형은 8배율의 기공용 현미경으로 관찰하고 결함이 없는 것을 확인하였다. 이 모형을 주 모형 (Reference model)으로 설정하였다.

샘플 크기를 결정하기 위해서 파일럿 실험을 3회 진행하였고, power analysis (G\*Power v3.1.9.2, Heinrich-Heine-Universität, Dusseldorf, Germany)를 하였을 때 적절한 샘플의 크기는 5회로 계산되었다 (actual power = 99.9%; power = 99%;  $\alpha$  = .05).

제작된 주 모형은 2 × 5 Mpx의 해상도와 Blue LED를 가지는 산업용 three-dimensional (3D) 스캐너 (Solutionix C500, Medit, Seoul, Korea)로 스캔하였고, 이를 참조 스캔 데이터로 설정하였다 (Fig. 1). 그리고 스캐너의 사용이 숙련된 1명의 작업자가 스캐너 교정 후 스캔을 획득하였다. 이 산업용 스캐너의 스캔 촬영 방식은 Phase-shifting optical triangulation 방식이다.<sup>27</sup>

3종류의 구강 스캐너 [CS3600 (Carestream Dental, Rochester, NY, USA), CS3500 (Carestream Dental), 그리고 EZIS.PO (DDS, Seoul, Korea)]를 이용하여 주 모형을 5회 스캔 하였다 (Fig. 1). 이를 평가 스캔 데이터로 설정하였다. 각 구강 스캐너의 사용이 숙련된 1명의 작업자가 처음부터 10번까지의 스캔을 제외하고, 추가적으로 5번 스캔을 진행하였다. 이는 구강 스캐너의 학습이 정확도에 영향을 미칠 수 있기 때문이다.<sup>28,29</sup> 3D 분석을 위해서 standard tessellation language (STL) 파일로 추출하였다 (Fig. 1). 그리고 각 구강 스캐너의 촬영 원리를 보면 CS3500과 EZIS PO는 two-dimensional (2D) 이미지를 3D 형상으로 정합하는 Active triangulation 방식이고,<sup>30</sup> CS3600은 연속적인 데이터를 3D 형상으로 정합하는 Active speed 3D video 방식이다.<sup>31</sup>

3D 분석을 위해 사용된 소프트웨어는 ISO-12836에서 권장되는 Geomagic사의 검사 소프트웨어 (release 2018.0.0, Geomagic Control X, 3Dsystems, Cary, NC, USA)를 이용하였다. 검사 소프트웨어에서 참조 스캔 데이터는 지대치와 인접 치아로 분할되었다. 그리고 평가 스캔 데이터를 불러오고 초기 정렬 (Initial alignment) 후, 최적 정렬 (Best-fit alignment)을 진행하였다. 이때 샘플링 비율은 100%로 지정하였다. 그리고 3D 비교분석에서 지대치의 스캔 정확도를 보기 위해 분할된 지대치를 선택하여 분

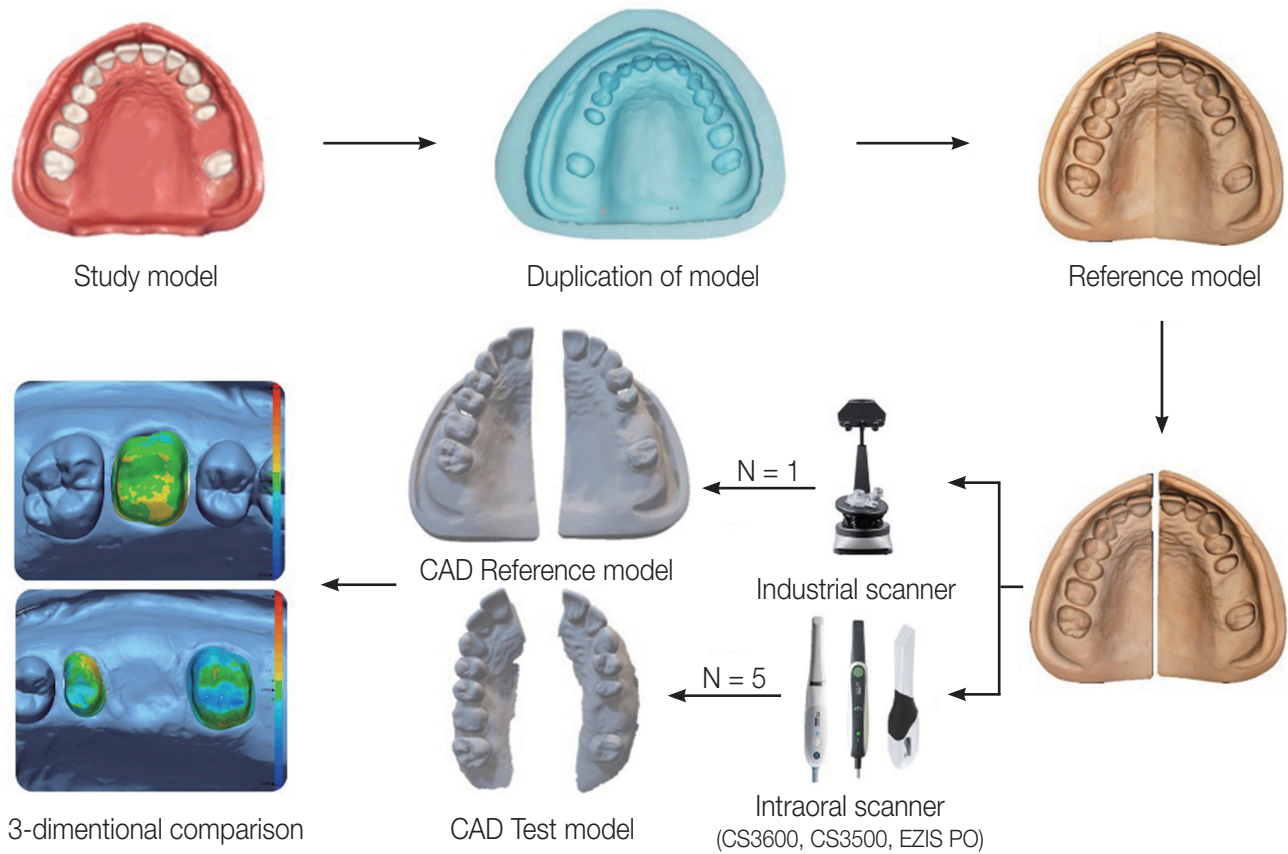


Fig. 1. Experimental design.

석하였다. 분석결과는 단일 수복물과 3본 고정성 수복물 지대치의 모든 데이터 포인트에 대해 계산되었다. 이때 데이터 포인트는 Root Mean Square (RMS) 값으로 계산하였고, 공식은 다음과 같다.

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

모든 데이터 포인트에서  $x_{1,i}$ 는 참조 스캔 데이터에서  $i$ 번 일 때의 측정 포인트 위치이고,  $x_{2,i}$ 는 평가 스캔 데이터에서  $i$ 번 일 때의 측정 포인트 위치이다. 그리고  $n$ 은 각 분석에서 측정된 모든 데이터 포인트의 수를 말한다.

RMS 값은 서로 다른 스캔 데이터의 편차가 얼마나 다른 지를 알 수 있다. 낮은 RMS 값은 중첩된 데이터의 높은 삼차원적 일치 정도를 나타낸다. 3D 비교를 컬러 맵(color difference map)으로 보여주었고,  $\pm 100 \mu\text{m}$ 의 범위(20 color segments)와  $\pm 10 \mu\text{m}$ 의 허용 공차범위(녹색)를 지정하였다.

본 연구에서 사용된 통계분석은 SPSS Statistics (IBM Co., Armonk, NY, USA)를 이용하여 분석하였다( $\alpha = .05$ ). 우선

shapiro-Wilk test를 통해 데이터의 정규분포를 조사하였다. 그리고 정규분포를 이루지 않았기 때문에 3종류의 구강 스캐너 정확도는 비모수 검정인 kruskal-wallis test를 실시하여 비교하였고 pairwise test로 사후 검정을 실시하였다. 단일 수복물 지대치 모델과 3본 고정성 수복물 지대치 모델의 정확도 차이는 mann-whitney U test로 분석하였다.

## 결과

단일 수복물 지대치 모델에서 진도의 측정결과는 EZIS PO에서는  $20.74 \pm 1.04 \mu\text{m}$ , CS3500에서  $15.70 \pm 0.60 \mu\text{m}$ , 그리고 CS3600에서  $8.66 \pm 0.40 \mu\text{m}$ 의 평균 값을 보였다 (Fig. 2A). CS3500은 두 스캐너와 유의한 차이가 없었다 ( $P > .05$ )(Fig. 2A). 정밀도의 측정결과는 EZIS PO에서는  $26.24 \pm 1.36 \mu\text{m}$ , CS3500에서  $16.45 \pm 1.22 \mu\text{m}$ , 그리고 CS3600에서  $5.44 \pm 0.52 \mu\text{m}$ 의 평균 값을 보였다 (Fig. 3A). CS3600은 CS3500 그리고 EZIS PO와 비교하여 통계적으로 유의하게 낮은 정밀도 값을 보였다 ( $P < .05$ )(Fig. 3A).

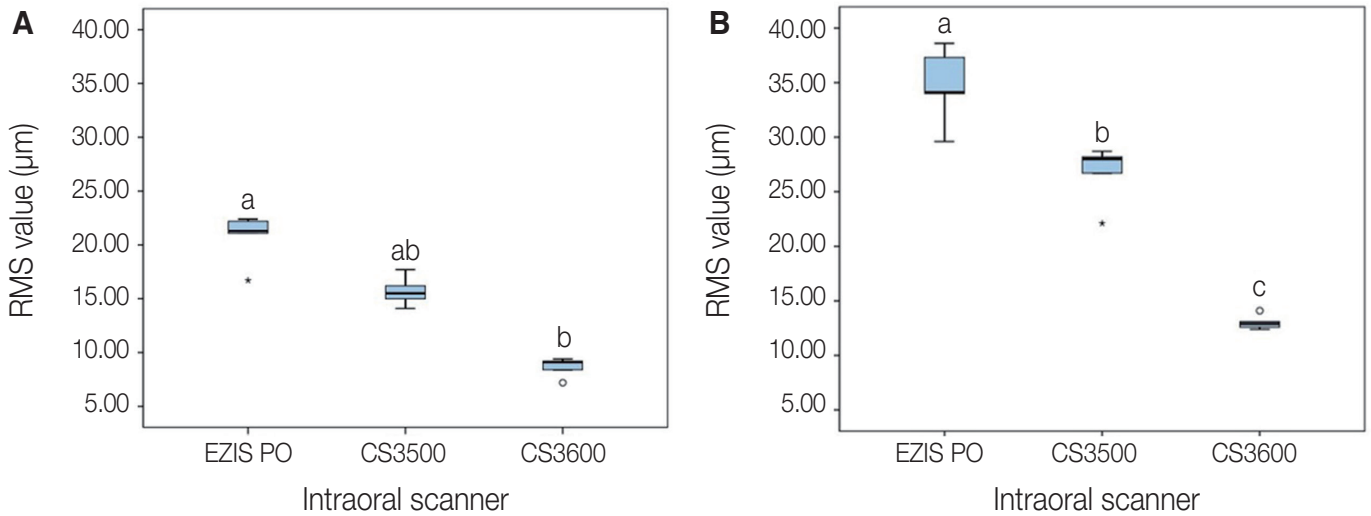
3본 고정성 수복물 지대치 모델에서 진도의 측정결과는 EZIS

PO에서는  $34.72 \pm 1.56 \mu\text{m}$ , CS3500에서  $26.74 \pm 1.21 \mu\text{m}$ , 그리고 CS3600에서  $13.02 \pm 0.29 \mu\text{m}$ 의 평균 값을 보였다 (Fig. 2B). 3종류의 구강 스캐너는 모두 유의한 차이가 있었다 ( $P < .001$ ) (Fig. 2B). 정밀도의 측정결과와 EZIS PO에서는  $25.24 \pm 2.06 \mu\text{m}$ , CS3500에서  $10.70 \pm 0.41 \mu\text{m}$ , CS3600에서  $8.73 \pm 0.69 \mu\text{m}$ 의 평균 값을 보였다 (Fig. 3B). CS3600과 CS3500은 유의한 차이가 없었다 ( $P = .528$ ) (Fig. 3B).

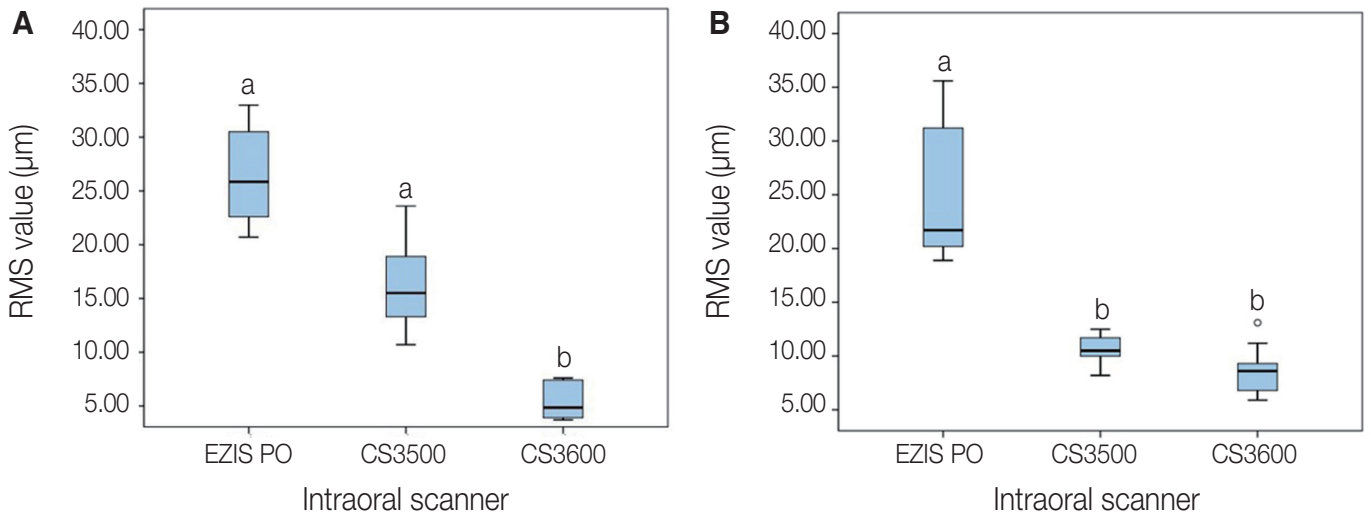
단일 수복물 지대치 모델과 3본 고정성 수복물 지대치 모델의 진도는 통계적으로 유의한 차이를 보여주었으며, 3본 고정

성 수복물 지대치 모델( $24.82 \pm 9.57 \mu\text{m}$ )보다 단일 수복물 지대치( $15.03 \pm 5.34 \mu\text{m}$ )에서 더 좋은 정확도를 나타냈다 ( $P < .05$ ) (Fig. 4A). 그러나 정밀도에서는 단일 수복물 지대치 모델( $16.04 \pm 9.26 \mu\text{m}$ )과 3본 고정성 수복물 지대치 모델( $14.89 \pm 8.44 \mu\text{m}$ )은 유의미한 차이를 보여주지 않았다 ( $P = .616$ ) (Fig. 4B).

Figure 5의 컬러 맵을 보면 EZIS PO는 교합면 영역에서 음의 변위, 변연 영역에서 양의 변위를 보여준다. CS3500은 변연 영역에서 양의 변위를 보여준다. 그리고 CS3600에서는  $10 \mu\text{m}$  이상의 변위는 거의 나타나지 않았다 (Fig. 5).

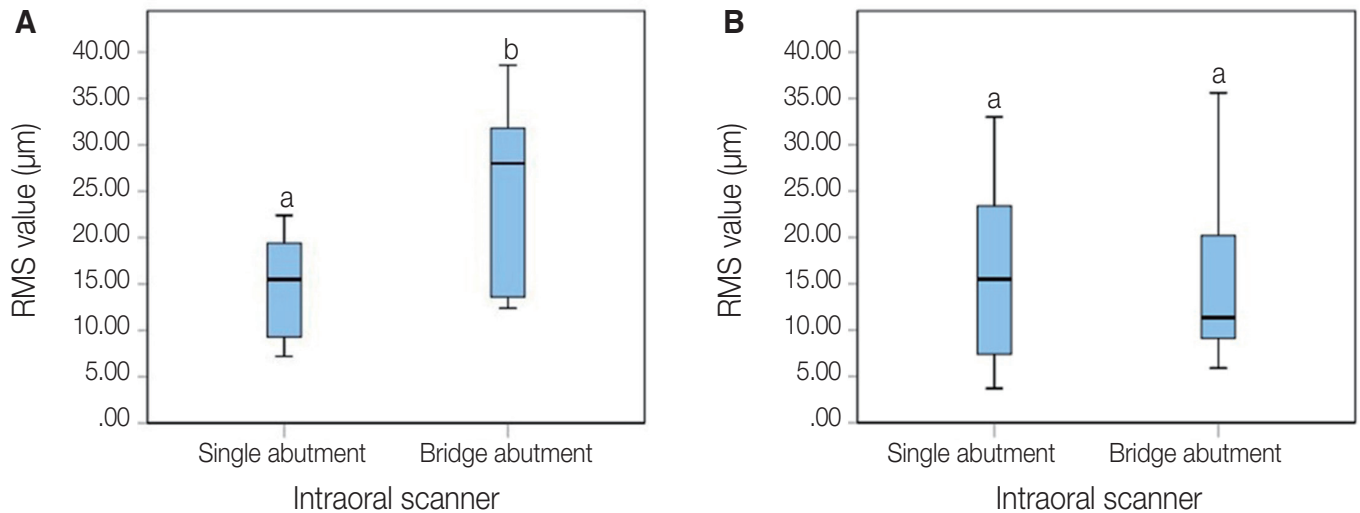


**Fig. 2.** Comparison of trueness according to intraoral scanner. (A) Single abutment, (B) Bridge abutment. Different letters indicate significant differences ( $P < .05$ ). Circle points indicate outliers.

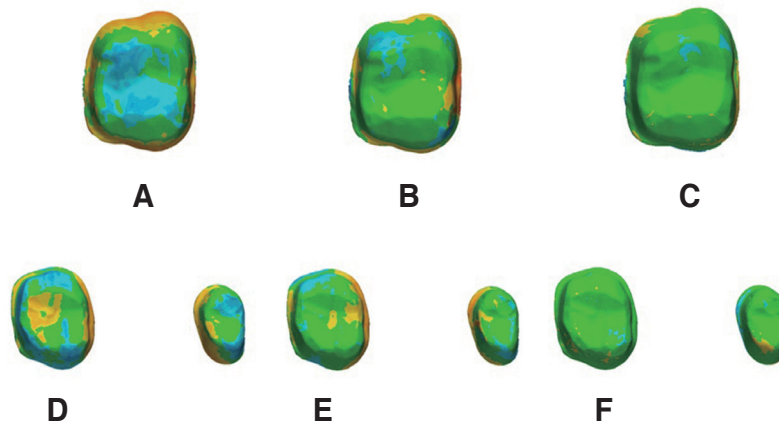


**Fig. 3.** Comparison of precision according to intraoral scanner. (A) Single abutment, (B) Bridge abutment. Different letters indicate significant differences ( $P < .05$ ). Circle points indicate outliers.





**Fig. 4.** Comparison of accuracy according to abutment type. (A) Trueness, (B) Precision. Different letters indicate significant differences ( $P < .05$ ).



**Fig. 5.** Comparison of color difference map according to intraoral scanner. (A) EZIS PO (single), (B) CS3500 (single), (C) CS3600 (single), (D) EZIS PO (bridge), (E) CS3500 (bridge), (F) CS3600 (bridge).

## 고찰

본 연구에서 3종류의 스캐너(CS3600, CS3500, EZIS PO)에 따른 정확도를 평가하였고 유의한 차이가 있음을 보여주었다 ( $P < .05$ ). 그리고 단일 수복물 지대치와 3본 고정성 수복물 지대치 모델을 비교하였을 때 유의한 차이가 있음을 보여주었다 ( $P < .05$ ). 따라서 이 연구의 귀무가설은 모두 거절되었다. Fukazawa 등<sup>32</sup>의 연구에 따르면 수복물의 수용가능한 시멘트 공간을 이유로 스캔 데이터의 허용 범위는 100 μm 이하로 제시하였다. 본 연구에서 3종류의 구강 스캐너에 따른 단일 수복물 지대치와 3

본 고정성 수복물 지대치 모델의 정확도는 100 μm의 스캔 허용 범위에 들어있다(CS3600, 13.02 μm; CS3500, 26.74 μm; EZIS PO, 34.72 μm).

구강 스캐너에서 스캔 오차가 발생하는 이유는 스캔 시작점으로부터 2D 이미지를 획득하여 3D 이미지로 정합되기 때문이다.<sup>33</sup> 스캔을 진행하는 작업자가 동일하더라도 스캐너의 팁의 이동과 스캔의 순서가 달라질 수 있으므로 3D 이미지 형성에 영향을 미친다. 만약 3D 이미지를 형성하는 과정에 2D 이미지의 증가, 잘못된 이미지의 정합으로 인해 스캔의 범위가 길어지면 스캔 오차가 축적이 되는 경향을 보여준다.<sup>34</sup>

구강 스캐너에 대한 연구를 살펴보면, Ender 등<sup>24</sup>의 연구에서는 실제 임상 환경에서 각 구강 스캐너로 획득된 15개의 모델을 분석하였고, Flügge 등<sup>22</sup>은 실제 임상 환경과 작업모형에서 획득된 10개의 디지털 모델을 분석하였다. 그리고 구강 내 조건(타액, 제한된 간격)은 스캔의 부정확성에 기여한다고 하였다. 그러나 이 연구는 실제 임상 환경에서 실험되지 않았고, 구강 외 조건에서 주 모형을 사용하여 실험되었다. 따라서 이 연구에서는 실제 임상 환경에서 나타날 수 있는 오류는 감안되지 않았다.

Su 등<sup>34</sup>의 연구에서 스캔의 영역이 다른 5개 모델을 준비하였고, 스캔 영역의 증가에 따라 안 좋은 정확도를 보여주었다. 특히 부분 무치악이 있는 3본 고정성 수복물에서 비교적 안 좋은 정확도를 보여주었다. 이는 구강 스캐너의 특성상 부분 무치악에서 이미지 정합에 의한 오차로 확인하였다. Vecsei 등<sup>16</sup>의 연구에서 세가지 영역의 부분 무치악이 있는 모델에서 스캔 정확도를 측정하였다. 긴 스캔 영역에서 안 좋은 정확도를 보여주어 다른 논문과 같은 경향을 보여주었다. 본 연구에서는 부분 무치악(#26)이 있는 3본 고정성 수복물 지대치 모델(#24, #25, #26)과 단일 수복물 지대치 모델(#16)의 정확도를 비교하였다. 그리고 다른 연구와 마찬가지로 스캔 영역이 증가될수록 스캔의 정확도는 안 좋아지는 경향을 보여주었다 (Fig. 4A).

이 연구가 다른 연구와 다른 점은 3D 분석을 하는 과정에 있다. Lim 등<sup>35</sup>, Jeong 등<sup>21</sup>, 그리고 Ender 등<sup>24</sup>의 연구를 보면 구강 스캐너를 이용하여 가상의 모델을 획득하고, 스캔된 모든 영역에서 최적 정렬(Best-fit alignment)을 하여 3D 분석을 하였다. 이러한 방법에서는 전체적인 정확도를 알 수는 있으나 어느 한 부분에 커다란 불일치가 있다고 가정을 하면 최적 정렬(Best-fit alignment)을 통해 다른 부분에 오류가 발생할 수 있다. 따라서 3D 비교의 컬러 맵(color difference map)에서 나타나는 부분적인 컬러의 불일치가 상대적으로 정확한 불일치를 나타내는지는 알기 어렵다. 이러한 이유로 이 연구에서는 단일 수복물과 3본 고정성 수복물 모형의 지대치만 분석 소프트웨어에서 분할하여 Fig. 4와 같이 3D 분석하였다. 이 방법을 통해 스캔 데이터에서 인접 치아는 3D 분석에서 제외되었고, 오류는 계산되지 않았다.

본 연구에서 고려 되어야 할 부분이 있다. 우선 구강 외에서 진행되는 구강내에서 발생할 수 있는 오류는 반영되지 않았다. 그리고 3본 고정성 수복물 지대치 모델에서 스캔의 정확도는 임상적으로 허용 가능하다고 하였지만 실제 수복물을 제작을 통한 추가적인 연구가 필요하다.

## 결론

구강 외 연구의 한계 내에서 3종류의 구강 스캐너에 따른 정확도와 단일 수복물 지대치와 3본 고정성 수복물 지대치 모델의 정확도를 평가하였다. 3종류의 구강 스캐너에 따라 정확도는 유의한 차이를 보여주었고 ( $P < .001$ ), CS3600에서 가장 좋은 결과를 보여주었다 ( $P < .05$ ). 그리고 단일 수복물과 3본 고정성 수복물 지대치의 정확도를 비교한 결과, 3본 고정성 수복물에서 정확

도가 유의하게 낮았다 ( $P < .05$ ). 3종류의 구강 스캐너에서 3본 고정성 수복물 지대치 모델의 스캔 정확도는 임상적으로 허용 가능하다( $< 100 \mu\text{m}$ ).

## ORCID

Mei-Yang Huang <https://orcid.org/0000-0002-6974-6068>

Keunbada Son <https://orcid.org/0000-0002-3177-8005>

Wan-Sun Lee <https://orcid.org/0000-0002-4410-5854>

Kyu-Bok Lee <https://orcid.org/0000-0002-1838-7229>

## References

- Ng J, Ruse D, Wyatt C. A comparison of the marginal fit of crowns fabricated with digital and conventional methods. *J Prosthet Dent* 2014;112:555-60.
- Wesemann C, Muallah J, Mah J, Bumann A. Accuracy and efficiency of full-arch digitalization and 3D printing: A comparison between desktop model scanners, an intraoral scanner, a CBCT model scan, and stereolithographic 3D printing. *Quintessence Int* 2017;48:41-50.
- Kang BG, Kim HJ, Chung CH. Accuracy of the CT guided implant template by using an intraoral scanner according to the edentulous distance. *J Korean Acad Prosthodont* 2017;55:1-8.
- Sedda M, Casarotto A, Raustia A, Borracchini A. Effect of storage time on the accuracy of casts made from different irreversible hydrocolloids. *J Contemp Dent Pract* 2008;9:59-66.
- Chandran DT, Jagger DC, Jagger RG, Barbour ME. Two- and three-dimensional accuracy of dental impression materials: effects of storage time and moisture contamination. *Biomed Mater Eng* 2010;20:243-9.
- Mah J, Hatcher D. Current status and future needs in craniofacial imaging. *Orthod Craniofac Res* 2003;6:10-6.
- White AJ, Fallis DW, Vandewalle KS. Analysis of intra-arch and interarch measurements from digital models with 2 impression materials and a modeling process based on cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:456.e1-9.
- Kwon HJ, Kim KK, Yi WJ. Comparison of digital models generated from three-dimensional optical scanner and cone beam computed tomography. *J Dent Rehabil Appl Sci* 2016;32:60-9.
- Persson A, Andersson M, Oden A, Sandborgh-Englund G. A three-dimensional evaluation of a laser scanner and a touch-probe scanner. *J Prosthet Dent* 2006;95:194-200.
- van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dent Mater* 2012;28:3-12.
- Park JH, Seol JH, Lee JJ, Lee SP, Lim YJ. Comparative study on quality of scanned images from varying materials and surface conditions of standardized model for dental scanner

- evaluation. *J Dent Rehabil Appl Sci* 2018;34:104-15.
12. Felton DA, Kanoy BE, Bayne SC, Wirthman GP. Effect of in vivo crown margin discrepancies on periodontal health. *J Prosthet Dent* 1991;65:357-64.
13. ISO 5725-1. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results - Part 1: General principles and definitions. International Standards Organization (ISO); Geneva; Switzerland, 1994. Available at: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:5725:-1:ed-1:v1:en>
14. Lee JJ, Jeong ID, Park JY, Jeon JH, Kim JH, Kim WC. Accuracy of single-abutment digital cast obtained using intraoral and cast scanners. *J Prosthet Dent* 2017;117:253-9.
15. Bohner LOL, De Luca Canto G, Marció BS, Laganá DC, Sesma N, Tortamano Neto P. Computer-aided analysis of digital dental impressions obtained from intraoral and extraoral scanners. *J Prosthet Dent* 2017;118:617-23.
16. Vecsei B, Joós-Kovács G, Borbély J, Hermann P. Comparison of the accuracy of direct and indirect three-dimensional digitizing processes for CAD/CAM systems - An in vitro study. *J Prosthodont Res* 2017;61:177-84.
17. Patzelt SB, Emmanouilidi A, Stampf S, Strub JR, Att W. Accuracy of full-arch scans using intraoral scanners. *Clin Oral Investig* 2014;18:1687-94.
18. Ender A, Mehl A. In-vitro evaluation of the accuracy of conventional and digital methods of obtaining full-arch dental impressions. *Quintessence Int* 2015;46:9-17.
19. Ender A, Mehl A. Full arch scans: conventional versus digital impressions-an in-vitro study. *Int J Comput Dent* 2011;14:11-21.
20. Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. *J Prosthet Dent* 2013;109:121-8.
21. Jeong ID, Lee JJ, Jeon JH, Kim JH, Kim HY, Kim WC. Accuracy of complete-arch model using an intraoral video scanner: An in vitro study. *J Prosthet Dent* 2016;115:755-9.
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;144:471-8.
23. Kim KR, Seo K, Kim S. Comparison of the accuracy of digital impressions and traditional impressions: Systematic review. *J Korean Acad Prosthodont* 2018;56:258-68.
24. Ender A, Attin T, Mehl A. In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. *J Prosthet Dent* 2016;115:313-20.
25. Grünheid T, McCarthy SD, Larson BE. Clinical use of a direct chairside oral scanner: an assessment of accuracy, time, and patient acceptance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;146:673-82.
26. Aragón ML, Pontes LF, Bichara LM, Flores-Mir C, Normando D. Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: a systematic review. *Eur J Orthod* 2016;38:429-34.
27. Choi JH, Lim YJ, Lee WJ, Han JS, Lee SP. Review of recent developments for intra-oral scanners. *J Dent Rehabil Appl Sci* 2015;31:112-25.
28. Kim J, Park JM, Kim M, Heo SJ, Shin IH, Kim M. Comparison of experience curves between two 3-dimensional intraoral scanners. *J Prosthet Dent* 2016;116:221-30.
29. Son K, Lee WS, Lee KB. Prediction of the learning curves of 2 dental CAD software programs. *J Prosthet Dent* 2019;121:95-100.
30. Kim RJ, Park JM, Shim JS. Accuracy of 9 intraoral scanners for complete-arch image acquisition: A qualitative and quantitative evaluation. *J Prosthet Dent* 2018;120:895-903.
31. Imburgia M, Logozzo S, Hauschild U, Veronesi G, Mangano C, Mangano FG. Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study. *BMC Oral Health* 2017;17:1-13.
32. Fukazawa S, Odaira C, Kondo H. Investigation of accuracy and reproducibility of abutment position by intraoral scanners. *J Prosthodont Res* 2017;61:450-9.
33. Nedelcu RG, Persson AS. Scanning accuracy and precision in 4 intraoral scanners: an in vitro comparison based on 3-dimensional analysis. *J Prosthet Dent* 2014;112:1461-71.
34. Su TS, Sun J. Comparison of repeatability between intraoral digital scanner and extraoral digital scanner: An in-vitro study. *J Prosthodont Res* 2015;59:236-42.
35. Lim JH, Park JM, Kim M, Heo SJ, Myung JY. Comparison of digital intraoral scanner reproducibility and image trueness considering repetitive experience. *J Prosthet Dent* 2018;119:225-32.

# 단일 수복물과 3본 고정성 수복물 지대치 모델에서 삼차원 분석을 통한 구강 스캐너의 정확도 비교

황미양<sup>1,3</sup> · 손근바다<sup>2,3</sup> · 이완선<sup>3</sup> · 이규복<sup>1,3\*</sup>

경북대학교 치과대학 <sup>1</sup>치과보철학교실, <sup>2</sup>치의과학과, <sup>3</sup>첨단치과의료기기개발연구소

**목적:** 이 연구의 목적은 단일 수복물 지대치와 3본 고정성 수복물 지대치 모델에서 3종류의 구강 스캐너에 따른 정확도를 평가하는 것이다.

**재료 및 방법:** 본 연구에서는 단일 수복물 지대치와 제1대구치가 상실된 3본 고정성 수복물 지대치를 제작하고, 이를 주모형으로 설정하였다. 제작된 주 모형은 산업용 삼차원 스캐너로 스캔하였고, 이를 참조 스캔 데이터로 설정하였다. 3종류의 구강 스캐너(CS3600, CS3500, 그리고 EZIS PO)를 이용하여 주 모형을 5회 스캔 하였다. 이를 평가 스캔 데이터로 설정하였다. 삼차원 비교분석(Geomagic control X)에서 지대치의 스캔 정확도를 평가하기 위해 분할된 지대치를 선택하여 분석하였다. 통계분석은 SPSS 소프트웨어를 이용하여 분석하였다 ( $\alpha = .05$ ). 구강 스캐너 정확도는 kruskal-wallis test를 실시하여 비교하였고, pairwise test로 사후 검정을 실시하였다. 단일 수복물 지대치 모델과 3본 고정성 수복물 지대치 모델의 정확도 차이는 mann-whitney U test로 분석하였다.

**결과:** 구강 스캐너에 따른 정확도의 측정결과는 모두 유의한 차이를 보였다 ( $P < .05$ ). 그리고 단일 수복물 지대치 모델과 3본 고정성 수복물 지대치 모델의 진도(trueness)는 통계적으로 유의한 차이를 보여주었으며, 단일 수복물 지대치에서 더 좋은 진도를 나타냈다 ( $P < .05$ ). 정밀도(precision)에서는 유의미한 차이가 없었다 ( $P = .616$ ).

**결론:** 단일 수복물과 3본 고정성 수복물 지대치의 정확도를 비교한 결과, 스캔 영역이 늘어날수록 지대치 스캔의 오류는 증가하였고, 3종류의 구강 스캐너에서 3본 고정성 수복물 지대치 모델의 스캔 정확도는 임상적으로 허용 가능하다. (대한치과보철학회지 2019;57:102-9)

**주요단어:** 구강 스캐너; 삼차원 데이터; 정확도; 삼차원 분석

\*교신저자: 이규복

419470 대구광역시 중구 달구벌대로 2177

경북대학교 치과대학 치과보철학교실, 첨단치과의료기기개발연구소

053 600 7674; e-mail, kblee@knu.ac.kr

원고접수일: 2018년 12월 19일 / 원고최종수정일: 2019년 1월 14일 / 원고채택일: 2019년

1월 16일

©2019 대한치과보철학회

©이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 4.0 대한민국 라이선스에 따라 이용할 수 있습니다.

※이 논문은 2019년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구이며(과제번호: B0101-19-1081, ICT 기반 의 의료용 3D 프린팅 응용 S/W 플랫폼 및 서비스 기술개발), 또한 2019년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제번호: 10062635).