

## 비접촉식 구강외 스캐너와 비디오방식 구강내 스캐너를 이용하여 제작된 보철물의 내면정확도 비교

박진영, 김지환\*, 정일도, 이광영\*\*, 김원수\*\*\*

고려대학교 보건과학대학 보건과학연구소, 고려대학교 대학원 보건과학과 치의기공전공\*,  
원광보건대학교 치기공과\*\*, 대전보건대학교 치기공과\*\*\*

### Comparison of the Internal Fitness of Prostheses Fabricated with Non-Contact Extra-Oral Scanner and Intra-Oral Video Scanner

Jin-Young Park, Ji-Hwan Kim\*, Il-Do Jeong, Gwang-Young Lee\*\*, Won-Soo Kim\*\*\*

Institute for Health Science, College of Public Health Science, Korea University  
Department of Dental Laboratory Science & Engineering, College of Health Science, Korea University\*  
Department of Dental Laboratory Technology, Wonkwang Health Science University\*\*  
Department of Dental Laboratory Technology, Dae-jeon Health Science of College\*\*\*

#### [Abstract]

**Purpose:** The purpose of this study was to evaluate the internal fitness of prostheses fabricated with non-contact extra-oral scanner and those fabricated with intra-oral video scanner, with a comparative accuracy analyses of their precision and trueness.

**Methods:** A polymethyl methacrylate (PMMA) model was fabricated by replicating a master model. The prostheses in the first group were fabricated based on the PMMA model with an intra-oral video scanner (IVS group). Following the fabrication of work models with Type IV Stone that were based on the PMMA model, the prostheses in the second group were fabricated with a non-contact extra-oral scanner (ENB group). The precision and trueness of the prostheses were calculated from comparisons of the three-dimensional images of the internal surfaces of the prostheses and those of the master model. Kruskal-Wallis tests were used to determine the statistical significance, with the level of type 1 error set at 0.05.

**Results:** Trueness ( $P < 0.009$ ) and precision ( $P < 0.001$ ) did not differ significantly between the ENB and IVS groups. The IVS group exhibited lower trueness values and larger precision values than the ENB group.

**Conclusion:** Although no significant differences were found in the internal fitness of the prostheses that were fabricated by the two different scanners, the intraoral video scanner-fabricated prostheses had better trueness, whereas the non-contact extra-oral scanner-fabricated prostheses had better precision.

◉ **Key words:** Accuracy, CAD/CAM, Color-difference map, Precision, Three-dimensional analysis, Trueness

\* 본 연구는 주식회사 큐라움의 지원을 받아 수행한 연구입니다.

Corresponding author	Name	김 원 수	Tel.	042-670-9182	E-mail	wskim@hit.ac.kr
	Address	대전광역시 동구 충청로 21, 대전보건대학교 6301호				
Received	2019. 10. 14	Revised	2019. 12. 2	Accepted	2019. 12. 18	

## I. 서론

치과보철물 제작을 위하여 작업과정의 효율성뿐만 아니라 품질의 최적화 목적으로, 제조 공정의 자동화가 가능한 Computer-aided design/computer aided manufacturing (CAD/CAM)기술이 개발되었다(Beuer et al, 2008). 또한, 모델스캐너의 기본작업인 인상 채득에서 오는 인상재료의 변형, 석고의 수축과 팽창, 그 뿐 아니라 매몰, 주조 등의 오차(Christensen, 2008; Christensen, 2009)의 문제점이 두드러지면서부터 이를 해결하고자 하는 노력이 CAD/CAM 발달함에 따라 3차원 형상의 디지털 모델의 사용이 증가하여 중요해지고 있다(Ender & Mehl, 2013).

3차원 형상을 얻는 방법으로는 모델스캐너와 구강 스캐너가 대표적으로 있다. 모델스캐너는 구강에서 인상 채득한 인상체에 석고를 부어 제작된 석고 모형을 가지고 스캔하여 3차원 형상의 디지털 모델을 얻는다(Jeon et al, 2015a; Jeon et al, 2015b). 모델스캐너 중 청색 광 스캐너는 특정 패턴을 얻고자하는 물체에 투영시켜 그 패턴의 변형된 형태로부터 3차원 자료를 얻어내며 (Jeon et al, 2015a; Jeon et al, 2015b), 선명한 이미지를 얻을 수 있으며 스캔 속도가 비교적 빠르다(Jeon et al, 2015a; Jeon et al, 2015b).

그리고 구강 스캐너는 환자 치아를 직접 스캔하는 작업으로 3차원 형상의 디지털 모델을 얻을 수 있다(Kim et al, 2014a; Kim et al, 2014b; Jeong et al, 2016). 구강 스캐너 중 Video streamline 스캐너는 파워더 없이 제작할 수 있으며, Video streamline 기술을 이용하여 동영상을 찍듯이 치아의 표면을 스캔하고, 원래의 치아가 가지고 있는 정보인 변색, 아말감 필링, 골드 필링 등의 색상을 그대로 읽어내며, 긴 스펬의 스캔에도 적합하다. 또한, 높은 촬영 심도는 높은 품질과 정밀도의 이미지를 전달해 주며, 치아와 맞닿아 있을 때도 촬영할 수 있다. 또한, 매우 작은 카메라의 헤드 사이즈 덕분에 구치부와 같이 촬영이 어려운 부위에도 손쉽게 접근할 수 있는 특징이 있다(Masri & Driscoll, 2015).

치과보철물 제작에 있어 구강 상태를 인기 하는 인상 채득 과정은 중요한 단계 중 하나이며 보철물의 적합에

영향을 주는 정확성과 최종보철물의 내구성이나 생존율 같은 장기간의 중요한 요소이다(Ender & Mehl, 2013; Ender & Mehl, 2014).

부적합한 적합의 경우 치주병변, 플러그 축적, 이차 우식, 미세누출, 염증근관 치료, 치주질환을 야기시킨다(Park et al, 2015). 따라서, 보철물의 적합이 중요하며, e Silva의 논문에 따르면 적합한 적합은 인상채득의 정확도와 인상체의 품질에 의존한다고 보고하고 있다(e Silva et al, 2014).

치과분야에서 탄성중합체 재료로 인상 채득하는 것은 흔히 사용되어온 전통적인 인상채득방식이다(Ender & Mehl, 2014; Park et al, 2015). 이 재료는 정확한 안정성과 정밀성을 보인다(Christensen, 2008). 그러나, 인상체 변형이 쉽고, 인상체가 찢어지거나, 마진 구별이 어렵고, 중요한 부위에 기포가 발생하거나 단점으로 부적합하다는 문제가 제기되고 있는 실정이다(e Silva et al, 2014). 또한, 전통적인 인상채득방식의 경우 석고 모델을 제작하여 보철물을 제작하기에 종종 석고 모델의 문제에 직면하고 있으며 전체 오차의 내재되어 있는 잠재적인 오차가 존재한다(e Silva et al, 2014).

이러한 문제를 해결하고자 구강스캐너를 이용한 인상 채득방식의 중요성이 주목받고 있는 실정이며 많은 개발과 연구가 이루어지고 있다. 따라서 이 연구의 목적은 모델스캐너와 구강스캐너를 이용하여 제작된 보철물의 내면정확도 비교하는 것이다. 귀무가설은 모델스캐너와 구강스캐너의 내면 정확도는 차이가 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 시편제작

본 연구에서는 모델스캐너를 이용하여 제작된 보철물인 대조군(Extra-oral scanner & non-contact blue light, ENB군) 과 구강스캐너를 이용하여 제작된 보철물인 실험군 (Intra-oral scanner & Video streamline, IVS군)들로 실험을 실시하였다. 각 군당 5개의 시편을 제작하여 총 10개의 시편을 제작하였다(Table 1, fig. 1).

Table 1. Scanner type used in this study

Group	Scanner type	brand	Manufacturer
ENB	FemaleExtra-oral scanner (non-contact blue light)	Identica Blue	Medit Co. Ltd
IVS	Intra-oral scanner (Video streamline)	Cerec® omnicam	Sirona Dental System

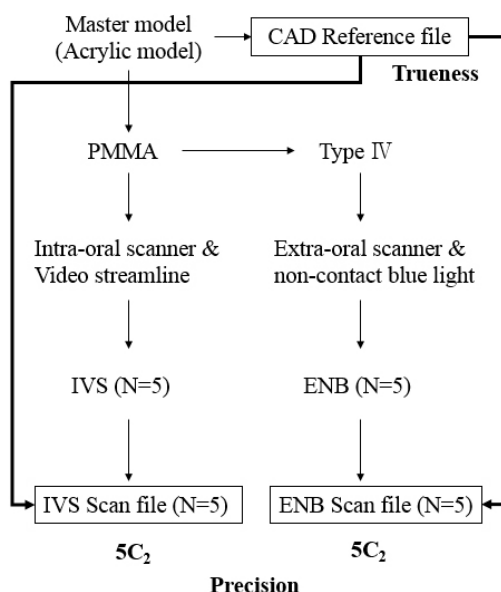


Figure. 1. A digital workflow of this study.

## 2. 주모형 제작

아크릴 모델 (AG-3 ZPVK 16, Fracaco GmbH, Tett nang, Germany)을 실리콘 (Deguform®; DeguDent GmbH, Hanau-wolfgang, Germany)이 용하여 복제한 후 PMMA (JT; Lang Dental Mfg. Co. Inc., Wheeling, IL, USA)를 부어서 주 모형을 얻었다.

## 3. 연구모형 제작

주 모형을 복제하여 음형의 부위에 type IV 석 고(Dentona esthetic-base gold; Dentona AG, Dortmund, Germany)을 주입시켜 연구모형을 얻었다. 비 접촉식 청색광 스캐너 (Identica® BLUE; Medit Co. Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 5번 스캔 하여 얻어진 파일을 가지고 디자인 프로그램 (Delcam PowerSHAPE Pro®, Delcam Plc; Birmingham)을 이

용하여 임상적인 크라운을 디자인하였다. 4축 밀링장비 (Cendres & Metaux SA; Biel-Bienne, Switzerland)를 이용하여 Pekkton framework을 5개 반복 밀링 한 후 복합수지 (micro-hybrid resin composite, Gradia Direct; GC, Tokyo, Japan)로 외형을 축성하여 Pekkton 크라운(ENB군)을 제작하였다.

주 모형을 구강스캐너 (Cerec® omnicam; Sirona Dental System, Bensheim, Germany)를 이용하여 5번 스캔하여 RST-Cerec 파일을 얻었다. RST-Cerec 파일을 가지고 CEREC Connect software 4.3을 이용하여 임상적인 크라운을 디자인하였다. 4축 밀링장비 (Cendres & Metaux SA; Biel-Bienne, Switzerland) 이용하여 Pekkton 하부구조을 5개 반복 밀링 한 후 복합수지 (micro-hybrid resin composite, Gradia Direct; GC, Tokyo, Japan)로 외형을 축성하여 Pekkton 크라운(IVS군)을 제작하였다.

## 4. 스캐너와 분석 소프트웨어

모델스캐너와 구강스캐너를 이용하여 제작된 보철물의 내면을 비 접촉식 청색광 스캐너로 스캔하여 3차원 형상의 디지털 데이터로 변환하였다.

변환된 수많은 점들로 이루어진 point cloud 데이터는 3D 검증 소프트웨어(Geomagic Verify; Geomagic GmbH, Stuttgart, Germany)로 기존파일(CAD Reference file)의 3D-surface 형상을 투영시켜 Color difference map을 얻었다. Color difference map은 차이가 없는 부분을 green color로 나타내었고, 양의 오차를 red color, 음의 오차를 blue color로 나타내었다. 총 Point의 개수는 개당 약 66,554개이고 서로 겹쳐진 기존 파일(CAD Reference file)과 모든 point 사이의 간격 오차를 소프트웨어 상에서 Root Mean Square (RMS)값으로 환산하여 그 평균과 표준편차를 구하였다(Fig. 2).

RMS값의 산출식은 다음과 같은 방정식으로 계산된다.

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

$X_{1,i}$ 는 기존파일(reference)의 측정포인트  
 $X_{2,i}$ 는 시험군파일(Test file)의 측정포인트  
 $n$ 은 측정포인트들의 수를 합을 의미한다.

RMS 두 개의 데이터가 0으로부터 얼마나 떨어져 있는지를 나타내는 척도이다.

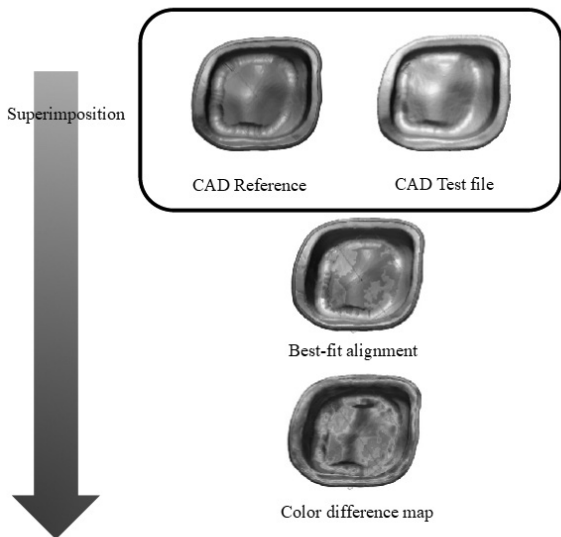


Figure 2. The three-dimensional measurement method for evaluating scanner type.

### 5. 분석 소프트웨어를 이용한 분석

스캐너를 통하여 얻은 지대치 위에 디자인을 통해 얻은 기존 파일(CAD Reference file)과 제작된 보철물의 내면을 3차원 형상의 디지털 데이터로 변환된 파일을 3D 검증 소프트웨어(Verify; Geomagic GmbH, Stuttgart, Germany)를 사용하여 각각 겹쳐 내면의 Trueness를 비교하였다(Fig. 3).

제작된 보철물의 3차원 형상의 디지털 데이터를 가지고 3D 검증 소프트웨어를 사용하여 서로 비교할 수 있는 조합 방식으로 각각 겹쳐 내면의 Precision을 비교하

였다(Fig. 3).

### 6. 통계처리

모델스캐너와 구강 스캐너의 정확도를 평가하기 위하여 기존 파일과 제작된 보철물의 내면의 3차원 형상의 디지털 데이터를 가지고 Trueness 값과 Precision 값을 구하고 정확도의 기술적 통계는 평균, 표준편차로 나타내었다(Table 2). 모델스캐너를 이용하여 제작된 보철물인 대조군(Extra-oral scanner & non-contact blue light, ENB군)과 구강 스캐너를 이용하여 제작된 보철물인 실험군 (Intra-oral scanner & Video streamline, IVS군)간 차이의 통계적 유의성을 검정하기 위하여 비모수 검정방법인 Kruskal-Wallis test를 시행하였다. 통계적 판단을 위하여 제1종 오류의 수준을 0.05로 하였고, 통계분석은 IBM SPSS Statistics 23.0(IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하여 수행하였다.

### III. 결과

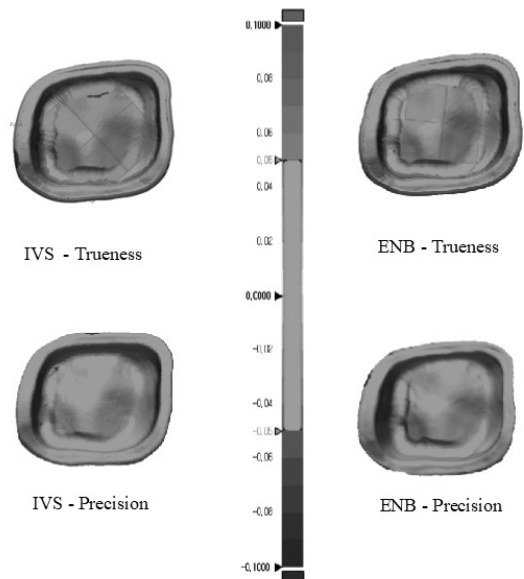


Figure 3. Accuracy (Trueness, Precision) evaluation of scanner type (IVS, ENB)

모델스캐너를 이용하여 제작된 보철물인 대조군 (Extra-oral scanner & non-contact blue light, ENB군) Trueness값의 평균(표준편차)는 32.92(1.45)  $\mu\text{m}$ 로 나타났고 Precision값의 평균은 13.16(1.22)  $\mu\text{m}$ 로 나타났으며, 구강 스캐너를 이용하여 제작된 보철물인 실험군 (Intra-oral scanner & Video streamline, IVS군) Trueness값의 평균은 29.16(1.19) $\mu\text{m}$ 로 나타났고 Precision값의 평균은 16.38(1.54)  $\mu\text{m}$ 로 나타났다 (Table 2 and Fig. 4). Trueness에서 IVS군이 ENB군보다 작은 값을 보였으며, Precision에서 ENB군이 IVS군보다 작은 값을 보였고, 비모수 검정방법인 Kruskal-Wallis test 시행한 결과 ENB군과 IVS군간 Trueness ( $P < 0.009$ ), Precision ( $P < 0.001$ )에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다 (Table 2, Fig. 4).

Fig. 2를 보면 ENB군과 IVS군의 Precision은 전체적으로 green color를 보였으며 마진부위에 약간의 negative discrepancies (blue color)를 보였다. ENB군과 IVS군의 Trueness는 전체적으로 green color를 보였으나 교합면 부위에서 positive discrepancies (red color)가 강하게 나타났다.

Table 2. Comparison of discrepancies in scanner type

Accuracy	Group	Mean (Standard Deviation) $\mu\text{m}$	P value
Trueness	ENB	32.92(1.45)	$P < 0.009$
	IVS	29.16(1.19)	
	Total	31.04(2.34)	
Precision	ENB	13.16(1.22)	$P < 0.001$
	IVS	16.38(1.54)	
	Total	14.77(2.14)	

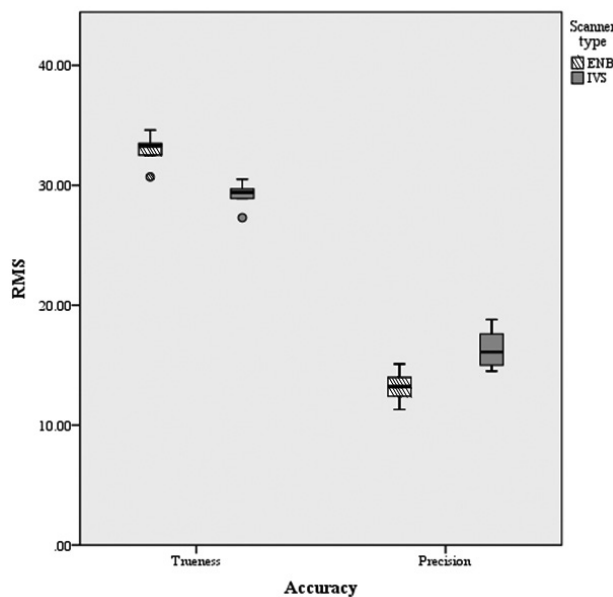


Figure 4. Box plot showing the trueness and precision of prostheses fabricated with blue light scanners and intraoral video scanners.

#### IV. 고찰

최근 CAD/CAM의 발달로 3차원 형상의 디지털 모델을 얻기 위한 스캐너방식의 관심이 대두되면서 기존의 인상체득 과정을 보완하기 위한 디지털 구강 인상체득 과정이 개발되었다(Christensen, 2008). 디지털 구강 인상체득 과정은 구강 내 상황을 intraoral scanner로 취득하여 가상모델을 기반으로 최종 수복물을 제작하는 방식이다(Ender & Mehl, 2014). 최근까지만 해도 디지털 구강 인상체득의 Accuracy를 측정하기 위하여 선거리 측정이 사용되었다. 그러나 Brosky 등(Brosky et al, 2002) 연구에 의하면 더 이상 디지털 구강 인상체득 방법에서는 선거리 측정이 사용되지 않는다고 보고하였으며, 디지털 모델의 accuracy는 비교하고자 하는 대상을 original geometry와 겹쳐봄으로써 편차를 3차원 거리로 산출할 수 있다고 보고하고 있다(Ender & Mehl, 2014). 현 연구에서는 모델스캐너와 구강 스캐너의 두 가지 스캐너를 비교하고자 3-Dimensional Superimposition Techniques을 이용하여 precision과 trueness를 측정하여 Accuracy를 구하였다.

Accuracy에는 trueness와 precision(ISO 5725-1, 1994) 두 가지 요인에 의해서 결정된다. Trueness는 original geometry로부터 실험군의 편차를 설명하는 것이다. Precision은 실험군 사이의 deviation을 나타낸다(Ender & Mehl, 2014).

이 연구의 결과, ENB군이 IVS군보다 Precision이 작은 값을 보여 모델스캐너가 동일한 조건 내에서 연속적인 측정으로 얻어진 결과값이 우수하다는 것을 알 수 있다(Table 2, Fig.4). IVS군의 경우 카메라 봉(wand)을 손으로 잡고 스캔을 해야 하기에 작업자의 숙련도에 따른 오차가 발생한 것으로 볼 수 있다. 또한, 구강 내 스캐너는 단일 이미지를 순차적으로 결합하여 스캔 데이터를 형성하는 스티칭(Stitching) 기술을 사용한다. 스티칭 기술의 경우 이미지가 잘못 결합이 되는 경우 이미지 변형을 일으켜 정밀성(precision)에 부정확한 영향을 준다(Nedelcu & Persson, 2014).

그러나 Trueness에서는 IVS군이 ENB군보다 작은 값을 보여 실제 모델과의 정확성(Trueness)에서는 구강 스캐너가 우수한 것을 알 수 있다. 이는 ENB군의 경우 작업모형작업이 수반되므로 인상채득 과정에서 수축과 팽창으로 인해 체적변화가 생기므로 모델스캐너가 낮은 정확성 가졌을 것이다. 그러나 ENB군과 IVS군 Trueness ( $P < 0.009$ )이므로 차이가 별로 없다는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구의 귀무가설은 기각되었다.

Trueness의 Color difference map을 살펴보면 IVS, ENB군 모두 편차가 보이지 않으므로 보철물 내면이 전반적으로 green color를 띄며 내면의 교합면 우각부위 부분의 양의 오차인 red color가 보인다. 이것은 두 군 모두에서 비슷한 양상을 보였기에 밀링 시 bar의 직경으로 인하여 덜 절삭된 것이다. Precision도 IVS, ENB군 모두 편차가 보이지 않으므로 전체적으로 green color를 보인다. 그러나 Precision의 경우에는 동일한 조건 내에서 제작되었기에 양의 오차가 보이지 않았다. 마진부분의 약간의 음의 오차가 보였으나 이는 미비하다고 볼 수 있다.

또한, 이전에 많은 연구에서 치과보철물의 허용 가능한 수치를 39~120 $\mu$ m 제안한 적이 있으며(Mously et al, 2014) 단일 보철물에 관하여 64~83 허용 가능한 수

치로 보고하고 있다. (May et al, 1998) 따라서 두 스캐너 모두 내부 적합성이 임상적 허용 범위에 존재함을 알 수 있다.

현 연구에서는 구강의 스캔 시 발생하는 구강 환경적인 요인을 배제함으로써 혼란 변수를 제거하여 스캐너에 따른 정확도를 실질적으로 비교하였다는 점에서 의의가 있다. 그러나 구강 내 스캐너를 이용하여 구강을 직접 스캔하지 못하여 임상적으로 평가하지는 못하였다는 연구의 한계점이 있다. 차후 연구에서는 구강을 고려한 연구가 폭넓게 진행되어야 할 것이다.

## V. 결론

두 개의 서로 다른 스캐너에 의해 제작된 보철물 내부 적합성이 큰 차이가 보이지 않았지만, 구강 내 스캐너가 모델스캐너보다 trueness 값이 우수하였으며, 반면에 precision은 모델스캐너가 더 좋은 값을 보였다. 그리고 두 스캐너 모두 임상적으로 사용한 범위 안에 있다.

## REFERENCES

- Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dental J*, 204(9), 505-511, 2008.
- Brosky ME, Pesun IJ, Lowder PD, DeLong R, Hodges JS. Laser digitization of casts to determine the effect of tray selection and cast formation technique on accuracy. *J Prosthet Dent*, 87(2), 204-209, 2002.
- Christensen GJ. Will digital impressions eliminate the current problems with conventional impressions. *J Am Dent Assoc*, 139(6), 761-763, 2008.
- Christensen GJ. Impressions are changing:

- deciding on conventional, digital or digital plus in-office milling. *J Am Dent Assoc*, 140(10), 1301–1304, 2009.
- Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. *J Prosthet Dent*, 109(2), 121–128, 2013.
- Ender A, Mehl A. In-vitro evaluation of the accuracy of conventional and digital methods of obtaining full-arch dental impressions. *Quintessence Int* (Berlin, Germany: 1985), 46(1), 9–17, 2015.
- e Silva JSA, Erdelt K, Edelhoff D, Araújo É, Stimmelmayer M, Vieira LCC, et al. Marginal and internal fit of four-unit zirconia fixed dental prostheses based on digital and conventional impression techniques. *Clin Oral Investig*, 18(2), 515–523, 2014.
- ISO 5725–1. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results–Part 1: General principles and definitions. Geneva, Switzerland. International Organization for Standardization, 1994.
- Jeon JH, Choi BY, Kim CM, Kim JH, Kim HY, Kim WC. Three-dimensional evaluation of the repeatability of scanned conventional impressions of prepared teeth generated with white- and blue-light scanners. *J Prosthet Dent*, 114(4), 549–553, 2015a.
- Jeon JH, Jung ID, Kim JH, Kim HY, Kim WC. Three-dimensional evaluation of the repeatability of scans of stone models and impressions using a blue LED scanner. *Dent Mater J*, 34(5), 686–691, 2015b.
- 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*, 115(6), 755–759, 2016.
- Kim JH, Kim KB, Kim WC, Kim JH, Kim HY. Accuracy and precision of polyurethane dental arch models fabricated using a three-dimensional subtractive rapid prototyping method with an intraoral scanning technique. *Korean J Orthod*, 44(2), 69–76, 2014a.
- Kim JH, Kim KB, Kim SH, Kim WC, Kim HY. Quantitative evaluation of common errors in digital impression obtained by using an LED blue light in-office CAD/CAM system. *Quintessence Int*, 46(5), 401–407, 2014b.
- Masri R, Driscoll C. *Clinical Applications of Digital Dental Technology*. John Wiley & Sons, 2015.
- Nedelcu RG, Persson AS. Scanning accuracy and precision in 4 intraoral scanners: An in vitro comparison based on 3-dimensional analysis. *J Prosthet Dent*, 112(6), 1461–1471, 2014.
- Park JY, Kim HY, Kim JH, Kim JH, Kim WC. Comparison of prosthetic models produced by traditional and additive manufacturing methods. *J Adv Prosthodont*, 7(4), 294–302, 2015.
- Mously HA, Finkelman M, Zandparsa R, Hirayama H. Marginal and internal adaptation of ceramic crown restorations fabricated with CAD/CAM technology and the heat-press technique. *J Prosthet Dent*, 112(2), 249–256, 2014.
- May KB, Russell MM, Razzoog ME, Lang BR. Precision of fit: the Procera AllCeram crown. *J Prosthet Dent*, 80(4), 394–404, 1998.