

## 백색광과 청색 LED 방식의 광학스캐너로 채득된 디지털 모형의 비교분석

최 석 순\*, 김 재 흥, 김 지 환

신구대학교 치기공과\*, 고려대학교 대학원 보건과학과 치의기공전공

## Comparative analysis on digital models obtained by white light and blue LED optical scanners

Seog-Soon Choi\*, Jae-Hong Kim, Ji-Hwan Kim

Dept. of Dental Technology, Shingu University\*

Dept. of Health Science Specialized in Dental Lab. Science & Engineering, Graduate School, Korea University

### [Abstract]

**Purpose:** The purpose of this study was to analyze and compare the relative accuracy of digitized stone models of lower full arch, using two different scanning system.

**Methods:** Replica stone models(N=20) were produced from lower arch acrylic model. Twenty digital models were made with the white light and blue LED(Medit<sup>®</sup>, Korea) scanner. Two-dimensional distance between the landmarks were measured on the Delcam CopyCAD<sup>®</sup>(Delcam plc, UK). Independent samples t-test was applied for comparison of the groups. All statistical analyses were performed using the SPSS software package(Statistical Package for Social Sciences for Windows, version 12.0).

**Results:** The absolute disagreement between measurements made directly on the two different scanner-based dental digital models was 0.02-0.04mm, and was not statistically significant(P>0.05).

**Conclusion:** The precision of the blue LED optical scanner was comparable with the digitization device, and relative accuracy was similar. However, there still is room for improvement and further standardization of dental CAD technologies.

◉ **Key words** : blue LED, optical scanner, relative accuracy, white light

교신저자	성명	김 지 환	전화	02-940-2843	E-mail	kjh2804@korea.ac.kr	
	주소	서울시 성북구 정릉3동 산1번지 고려대학교 보건과학대학 호림관 420호					
접수일	2014. 1. 29		수정일	2014. 3. 13		확정일	2014. 3. 24

## I. 서 론

정확한 구강 환경의 재현은 치과 보철물 제작에서 가장 중요한 과정이다(Luthardt et al, 2008). 기존 보철물의 제작방식은 치과용 인상재를 tray에 적당량 담아 치료부위의 음형을 획득하고, 그곳에 치과용 경석고를 부어 석고 양형을 완성함으로써 치과 보철물의 작업 모형을 제작할 수 있었다. 하지만, 1971년 Francois Duret에 의해 처음으로 컴퓨터를 이용한 치과 수복물 제작을 시작으로 지난 20년간 디지털 기술의 발전과 CAD/CAM 시스템의 도입은 구강 인상채득 후 수작업을 행하는 전통적인 아날로그 제작방식에 많은 변화를 가져오게 했다(Christensen, 2009). 이러한 변화는 치과용 지르코니아의 도입과 치과용 스캐너의 개발로 인해 더욱 가속화 되었고, 특히 치과용 스캐너는 치과공공 업무가 아날로그에서 디지털로 변화하는 전환점이라고 할 수 있다. 환자의 인상체에 석고를 부어 양형을 만들고 이것을 치과용 스캐너로 스캐닝하여 3차원 표면을 컴퓨터에 이미지화함으로써 CAD 프로그램으로 보철물 설계 작업을 시작할 수 있다(Miyazaki et al, 2009).

치과영역에서 스캐너는 턱과 치아의 기하학적 형태를 3차원적으로 측정하여 그것을 디지털 데이터로 바꾸는 장치이며 기본적으로 광학식과 기계식 방법이 있다. 광학식 스캐너는 소위 “triangulation procedure” 라고 불리는 과정을 통해 3차원 구조를 수집한다. 여기서 송신부인 빛(레이저, 백색광, 청색 LED)과 수신 장치가 서로 일정하게 명확한 각도를 이루고 있는데 이 각도를 이용하여 컴퓨터가 수신 장치의 이미지로부터 3차원 데이터를 계산해 낸다. 백색광이나 청색광, 레이저 빔이 사용되고(Beuer et al, 2008), 기계식 스캐너는 ProCera® system(Nobel biocare, Sweden)처럼 탐침봉(touch probe)을 이용하여 직접 닿게 하여 기계적으로 선을 인식하고 볼이 주는 위치 값과 3축에서 주는 좌표 값을 환산하여 정보를 획득함으로써 3차원 구조를 측정하는 방법이다. 하지만 탐침봉을 이용한 접촉식 방법은 정밀도가 우수한 반면, 측정 범위가 좁고 시간이 오래 걸리는 단점이 있다(May et al, 1993). 최근 소개된 광학 방식으로 청색 LED를 사용하는 치과용 스캐너는 기존에 사용하던 레이저 센서로

측정된 데이터에 비해 높은 정밀도를 보이며 빠른 시간 내에 측정이 가능한 것으로 알려져 있으며, 주변 조명 조건에 영향을 받지 않고, 자유로운 상황에서 사용이 가능하다. 때문에 레이저 방식과 같이 덮개를 덮지도 않고도 주변이 100% 노출된 상태에서도 선명한 이미지와 날카로운 부분 등의 재현 능력이 뛰어나다(Identica, 2014). 또한 백색광이나 레이저 빔을 사용할 때 보다 전력 효율이 약 60%가량 높으며, 다른 방식의 스캐너보다 품질 수명이 약 6배 높다고 평가되고 있기에, 현재 CAD 시장에 소개되어 각광을 받으며 판매되고 있는 실정이다.

치과용 CAD/CAM system을 바탕으로 하는 모든 보철물 역시 구강 인상체로부터 제작되므로 정확한 인상채득은 매우 중요하다(Luthardt et al, 2006). 뿐만 아니라 어떤 종류의 스캐너로 스캐닝 과정을 거쳤는지 역시 정밀한 디지털 모형을 획득하는데 영향을 주고 나아가 치과 보철물의 정확도에 영향을 끼치게 된다(Kim et al, 2011). 치과교정학 분야에서는 3차원 디지털 모형의 눈부신 진보와 더불어 그 정밀도에 대한 연구가 활발히 진행되어왔다. 주로 전통적인 석고 모형과 디지털화 된 모형의 측정치에 대한 오차를 평가하여 검증되었으며, 통계적으로 유의성이 있다고 판명되어 임상적으로 허용 가능하다는 연구결과를 발표하였다(Quimby et al, 2004; Stevens et al, 2006).

하지만 레이저 빔 방식의 스캐너와 백색광 방식을 사용한 스캐너에 대한 연구들은 다양한 선행연구(Motohashi et al, 1999; Lee et al, 2012)들을 통해 검증된 반면, 최근에 개발되어 주목을 받고 있는 청색 LED 광원을 사용한 연구는 일부 산업용 스캐너를 치과영역에 적용시켜 실험한 선행연구는 있지만, 치과용 청색 LED 스캐너를 사용한 연구는 거의 없는 형편이다.

이에 본 연구는 치과 CAD/CAM system을 이용하여 간접법으로 보철물 제작과정 중에 백색광 방식의 광학 스캐너 기반의 3차원 디지털 모형과 청색 LED 방식을 이용하여 제작된 디지털 모형의 상대 정확도를 평가하기 위해 각 계측지점간의 거리 측정으로 도출된 결과 값을 근거로 비교분석하였다. 이 과정을 통하여 가장 최근에 출시된 청색 LED 스캐너의 성능 평가를 위함이며, 선행연구에서 입증된 백색광 방식의 스캐너로 획득한 디지털 모형과의

비교를 통해 임상에서의 도입 가능성 여부를 가늠해보고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 실험 재료

#### 1) 하악 주모형 준비

유치악 하악 아크릴릭 구강모형(500B-1, Nissin Dental Product, Japan)을 주모형으로 선정하였다(Fig. 1). 치아의 마모나 충생이 없는 이상적인 치열로서 치아모양에 따른 스캐닝의 제약이 없고 측정의 오차를 최소화하기 위함이다.

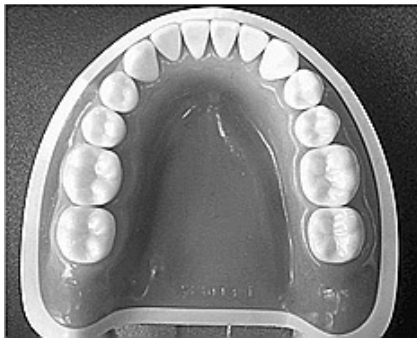


Fig. 1. Lower full arch model

#### 2) 실험모형 제작

주모형을 대상으로 연구 모형을 제작하기 위해 치과용 실리콘(Deguform®, DeguDent GmbH, Germany)을 이용하여 20개의 몰드를 제작하였다. 스캐닝 시 최적의 작업모형을 채득하기 위해 스캔용(Scannable)석고의 한

종류인 aesthetic-basegold®(Dentona, Germany)를 제조사의 지시에 따른 혼수비(W/P)로 vacuum mixer system을 이용하여 30초간 혼합한 후 기포가 생기지 않도록 조심스럽게 주입하였다. 충분한 시간을 두어 경화를 시킨 후 인상체에서 석고 모형을 분리하였다(Fig. 2).



Fig. 2. Replica stone model(N=20)

#### 3) 측정 기구 및 디지털 모형 획득

디지털 모형으로 변환하고자 다른 방식의 optical (White light, Blue LED) 3D scanner(Identica®, Medit, Korea)를 이용하여 각각 10개씩 모두 스캐닝 하였다. 구동 테이블 위에 모형을 위치시킨 후 전악의 스캔 선택으로 설정하여 스캔을 시작하였다. 피사체에서 반사된 광선을 점과 면으로 인식한 후, mesh를 생성하여 각 점을 면으로 합성하고 점과 면을 연결하여 삼각망으로 형성하였다, 각각의 경로에 따라 얻은 mesh data를 stitching algorithm을 통해 반자동으로 통합하여 완전한 모형의 형상을 얻었다. 추가로 스캔 데이터가 부족한 부분을 보완하여 완성된 스캔 데이터를 획득하였다(Fig. 3).

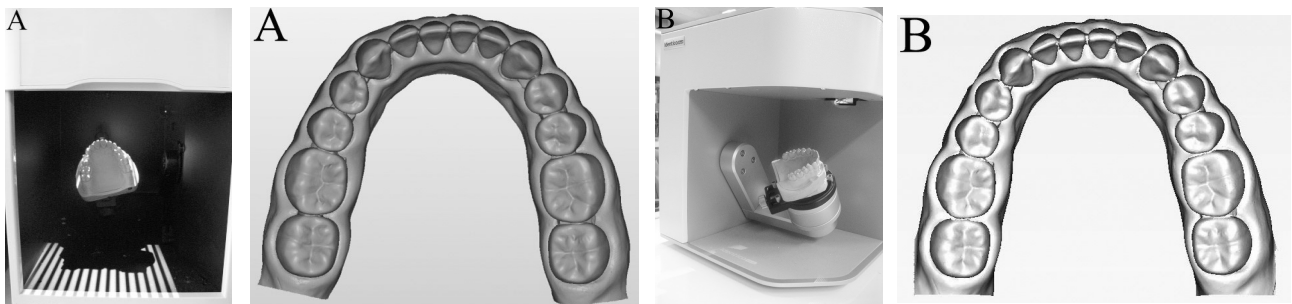


Fig. 3. Photograph of the different scanning system. Two different scanner-based dental digital models(N=20)  
A. White light, B. Blue LED

### 2. 실험 방법

하악 디지털 모형의 비교분석을 위해 Alcan 등(2009)의 연구와 Creed 등(2011)의 연구에서 사용한 계측지점을 본 연구에 알맞게 수정하여 총 4곳에 측정 지점을 지정하였다. 하악 좌측 견치 교두를 '1' point, 하악 우측 견치 교두를 '2' point로 정의하였으며, 하악 좌측 제1대구치 근심협측 기능교두정을 '3' point, 하악 우측 제1대구치 근심협측 기능교두정을 '4' point로 정의하였다(Fig. 4). 1-2는 견치간 폭경 (좌우측 견치의 첨두정 연결한 선), 3-4는 구치간 폭경 (좌우측 제1대구치의 근심협측교두정을 연결한 선), 1-3, 2-4는 치열궁장경 (좌우측 각각 견치의 첨두정과 제1대구치의 근심협측교두정을 연결한

선)을 의미한다. 디지털모형의 측정은 치아의 해부학적 형태에 근거하여 직선적인 거리를 측정하였다(Table 1).

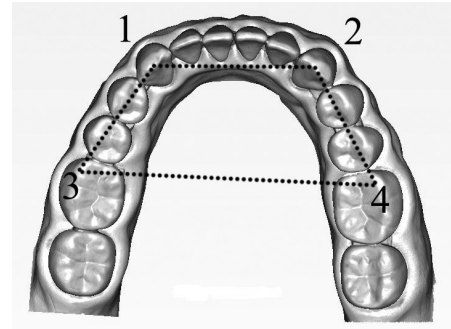


Fig. 4. Reference points on the digital model

Table 1. Landmark definitions on digital models

Reference point	Measurement	Definition
1-2	Lower 3-3	Cusp tip of the lower right cuspid to the same point on the lower left cuspid
3-4	Lower 6-6	Mesiobuccal cusp tip of the lower right first molar to the same point on the lower left first molar
1-3	Lower L3-L6	Cusp tip of the lower left cuspid to the mesiobuccal cusp tip of the lower left first molar
2-4	Lower R3-R6	Cusp tip of the lower right cuspid to the mesiobuccal cusp tip of the lower right first molar

### 3. 디지털 모형 측정

획득된 데이터는 Delcam Copycad®(Delcam plc, UK)를 사용하여 각 계측지점의 직선거리를 측정하였다. '모델분석'이라는 도구 메뉴를 선택하여 data에 좌표를 지정 후 두 좌표간의 거리를 계산하여 측정값을 도출한

다. 측정 시 가상 평면상에서 측정하기 실제 모델과 혼동하여 다른 지점을 찾을 수 있기 때문에 표시 해두었던 지점을 중심으로 측정을 하였다. 각 실험군 10개의 모형을 동일한 방법을 적용하여 반복 측정하였다(Fig. 5).

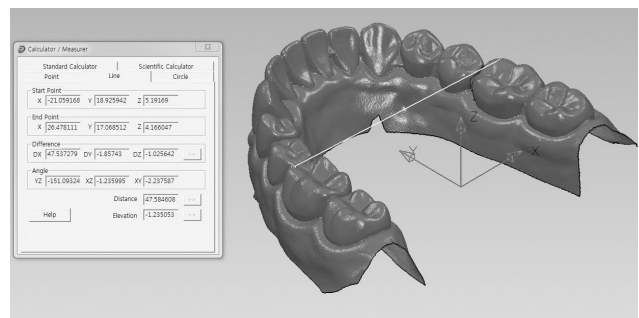
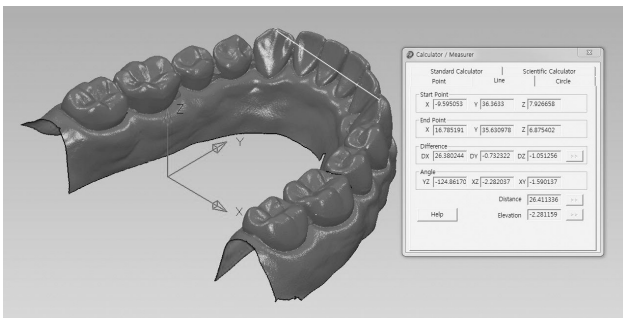


Fig. 5. Virtual measurement

#### 4. 분석방법

측정된 결과는 통계적 유의성을 검증하기 위하여 SPSS Version 12.0 for win(SPSS Inc., IL, USA)을 이용하였으며, 다른 방식의 원리로 채득된 디지털 모형의 측정값 결과는 평균과 표준편차로 보고되었다. 대상 표본의 모집단이 정규 분포하고 두 집단의 분산이 동질적인 것으로 평가되었으므로 독립표본 t-검정 통계기법을 사용하여 평균차이의 유의성을 검정하였으며, 제1종 오류의 수준은 0.05로 하였다.

#### III. 결 과

각 실험군에 지정된 계측지점의 거리를 측정하여 평균과 표준편차로 나타내었고, 계측지점 간 측정값의 오차를 산출하여 상대정확도를 평가하였다(Table 2). White light군과 Blue LED군의 각 계측지점간의 차이는 극히 작게 0.02~0.04mm로 나타났다. 각 디지털 모형별 동일한 계측지점의 값의 차이가 있는지 알아보기 위해 독립표본 t-검정 결과, 모든 계측지점에서 통계적으로 유의한 차이가 없음이 판명되었고, 적정수준의 상대정확성이 확보 되었다( $p>0.05$ ).

Table 2. Agreement between two different scanner-based digital models in assessing dental arch relationship

Measurement	N	White light		Blue LED		Absolute disagreement	p-value
		Mean*	SD	Mean	SD		
Lower 3-3	10	26.75	0.11	26.78	0.19	0.03	0.567
Lower 6-6	10	38.52	0.18	38.50	0.16	0.02	0.784
Lower L3-L6	10	26.99	0.09	26.97	0.14	0.02	0.761
Lower R3-R6	10	27.18	0.15	27.14	0.12	0.04	0.503

\*Units are represented in millimeters

#### IV. 고 찰

치과 보철 치료에서 CAD/CAM의 도입은 3차원 데이터 입력, 설계, 가공, 소재 등의 4개의 분야로 나누어 접근할 수 있으며 첫 번째 입력단계에서는 석고모형의 표면을 분할하여 수많은 X, Y, Z 좌표 데이터를 형성하고, 설계단계에서는 변연 설정과 재료의 특성에 적합한 하부구조의 두께를 지정하여 설계한다. 설계된 3차원 데이터는 가공 데이터 즉 NC 데이터로 전환하여 역시 소재의 특성에 맞게 기계가공을 실시하게 된다. 이렇게 하면 작업을 하는 치과기공사의 경험과 숙달된 기술이 아닌 정밀한 3차원 입력기와 다양한 설계 프로그램 등의 발전이 정확한 보철물이 제작되는 연관관계가 성립된다. 데이터 입력 과정을 통해 얻은 3차원 디지털 모형은 기존의 석고 모형이나 인상체와 대조적으로 파절이나 분실될 우려가 없다. 뿐만 아니라, 데이터베이스 구축이 가능하여 저장이 간편하고

검색 또한 용이하다. 그리고 데이터를 복사하거나 이메일 등을 통해 다른 곳으로 전송이 가능하며 여러 사람들과 같이 자료를 공유함으로써 환자 치료에 있어서 원활한 커뮤니케이션이 이루어질 수 있다(Delong et al, 2003). 하지만, 치과용 스캐너의 성능이나 스캐너의 종류, 피사체의 표면형태와 재질, 3차원 데이터의 변환과정 중 발생할 수 있는 오류, 사용자의 숙련도에 따른 측정오류 등, 다양한 오차가 발생할 수 있다. 더욱이 치과에서 사용되는 스캐너는 산업용으로 사용되는 것보다 상대적으로 매우 작고 복잡한 형태의 치아를 스캔하기 때문에 본래의 형상과 완전히 똑같은 3차원 형상으로는 재구성되기 더욱 어렵다. 그럼에도 불구하고 이러한 3차원 형상은 곧 환자에게 적용될 보철물을 제작하는데 바탕이 되기 때문에 정밀성과 재현성이 더욱 요구된다.

본 연구는 광학 방식 중 청색 LED 방식의 스캐너를 이용하여 3차원 디지털 모형으로 채득한 후 지정된 계측지

점의 계측 값을 통해 임상 치과 기공분야에서 널리 사용 중인 백색광 방식 기반으로 채득된 디지털 모형과 비교하여 그 정확성을 평가하였다. 계측지점을 전용 소프트웨어를 이용하여 2차원적 선계측 결과를 통해 각기 다른 방식으로 전환된 디지털 모형의 상대 정확성을 비교분석하기 위함이다. 백색광 스캐너로 전환된 디지털 모형의 계측값과 비교하였을 때 청색 LED 스캐너 기반의 디지털 모형은 유사한 채득되는 경향을 보였다. 동일한 계측지점의 수치 값의 차이가 있는지 알아보기 위한 독립표본 t-검정의 시행결과, 다른 광학 방식의 스캐너로 채득된 디지털 모형의 모든 지점에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않아 적정수준의 정확성을 획득하였다( $p > 0.05$ ) (Table 2). 선행연구에서는 전악의 모형이 아닌 개개의 지대치를 통해 치과용 스캐너의 정확성을 평가하였는데, Persson 등 (2006)은 접촉식 스캐너와 비접촉식 스캐너를 사용하여 각각의 지대치를 반복 측정 한 데이터를 NSI Registration 소프트웨어를 이용하여 3차원 형상을 서로 겹치게 함으로써 각 스캐너의 정확도와 안정성을 비교한 연구를 보고하였다. 실험결과 두 스캐너 모두 10 $\mu$ m 이내의 작은 오차만이 관측되어 임상적으로 허용 가능하였고, 접촉식 스캐너는 정밀성이 우수하며, 반면에 레이저 방식은 안정성이 우수한 것으로 판명되었다. 또한 santoro 등 (2003)은 디지털 모형이 원본 모형 보다 0.16~0.49mm 정도 작게 채득된다는 연구결과를 보고하였으며, 그 차이는 미비한 수준이기에 임상에서 사용하는데 문제가 없다고 보고 하였으며, 다른 연구는 디지털 모형이 석고 모형 보다 0.2~0.3mm 정도 작게 재현되지만 교정 장치를 제작하는데 전혀 지장 없다는 결론을 내었다(Zilberman et al, 2003).

본 실험의 결과를 토대로 청색 LED 기반의 디지털 모형을 백색광 방식의 스캐너와 비교하여 상대 정확도를 규명하였다. 실험 결과 유사하게 디지털 모형이 채득되었고, 그 오차도 극히 작게 측정되어 임상적으로 문제가 없는 것으로 조사되었다. 하지만 다양한 임상증례 모형의 계측분석이나 그 후의 제작과정을 거쳐 완성된 치과 보철물의 적합도 평가까지 동반되어야 할 것으로 판단된다. 따라서 본 실험결과와 일반화에는 일정정도의 한계를 내포하게 된다. 향후 더욱 객관적이며 신뢰성 있는 측정도

구를 사용한 부가적인 실험이 추가로 이루어져야 한다고 사료된다.

## V. 결 론

본 연구는 현재 임상에서 사용되고 있는 비접촉 방식의 백색광 스캐너와 최근에 출시된 청색 LED 스캐너로 획득된 디지털 모형의 상대 정확도를 평가하기 위해 4곳의 계측지점을 통해 분석한 결과, 두 모형의 오차는 거의 보이지 않았으며, 이는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않아 다른 방식으로 채득된 디지털 모형의 상대 정확성은 확인 되었다. 결론적으로 청색 LED 스캐너로 채득된 디지털 모형의 정확성은 검증되었으나, 보다 세분화된 계측이나 보다 다양한 임상 증례를 통한 후속연구와 실제 제작되는 보철물에 대한 평가까지 뒷받침되어야 할 것으로 생각된다.

## REFERENCES

- Alcan T, Ceylanoglu C, Baysal B. The relationship between digital model accuracy and time-dependent deformation of alginate impressions. *Angle Orthod*, 79(1), 30-36, 2009.
- Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry, an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J*, 204(9), 505-511, 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.
- Creed B, Chung HK, Jeryl DE, James JX, Lee A. Comparison of the accuracy of linear measurement obtained from cone beam computerized tomography images and digital

- models. *Semin Orthod*, 17(2), 49-56, 2011.
- DeLong R, Heinzen M, Hodges JS, Ko CC, Douglas WH. Accuracy of a system for creating 3D computer models of dental arches. *J Dent Res*, 90(1), 434-440, 2003.
- Dental CAD-CAM, Identica Blue Led information, Germany. <http://www.dentalcadcomeshop.com/Identica-Blue-Led>, 2014.
- Kim JH, Kim JH, Kim HY. A study on common errors in digital impressions: An example of CEREC AC. *J Korean Acad Dent Tech*, 33(3), 211-218, 2011.
- Lee KT, Kim JH, Kim WC, Kim JH. Three-dimensional evaluation on the repeatability and reproducibility of dental scanner-based digital models. *J Korean Acad Dent Tech*, 34(2), 213-220, 2012.
- Luthardt RG, Koch R, Rudolph H, Walter MH. Qualitative computer aided evaluation of dental impressions in vivo. *J Dent*, 22(4), 69-76, 2006.
- Luthardt RG, Walter MH, Weber A, Koch R, Rudolph H. Clinical parameters influencing the accuracy of 1- and 2- stage impressions: a randomized controlled trial. *Int J Prosthodont*, 21(4), 322-327, 2008.
- May KB, Russell MM, Razzoog ME, Lang BR. Precision of fit: the Procera AllCeram crown. *J Prosthet Dent*, 80(2), 394-404, 1993.
- Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J*, 28(1), 44-56, 2009.
- Motohashi N, Kuroda T. A 3D computer-aided design system applied to diagnosis and treatment planning in orthodontics and orthognathic surgery. *European J Orthod*, 21(3), 263-274, 1999.
- Persson A, Andersson M, Oden A, Sandborgh-Englund G. A three-dimensional evaluation of a scanner and a touch-probe scanner. *J Prosthet Dent*, 95(3), 194-200, 2006.
- Quimby ML, Vig KW, Rashid RG, Firestone AR. The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *Angle Orthod*, 74(2), 298-303, 2004.
- Santoro M, Galkin, M. Teredesai, Nicolay OF, Cangialosi TJ. Comparison of measurements made on digital and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 124(1), 101-105, 2003.
- Stevens DR, Flores-Mir C, Nebbe B, Raboud DW, Heo G, Major PW. Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 129(2), 794-803, 2006.
- Zilberman O, Huggare JA, Parikakis KA. Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three - dimensional virtual orthodontic models. *Angle Orthod*, 73(3), 301-306, 2003.