http://doi.org/10.14347/kadt.2017.39.1.1

치과 캐드캠 ISO평가 기준에 준한 지대치 경석고 모형 및 인상체 스캐닝의 반복측정안정성 비교 평가

전진훈, 황성식, 김총명*, 김동연*, 김지환*, 김웅철*
경동대학교 메디컬캠퍼스 치기공학과, 고려대학교 대학원 보건과학과 치의기공전공*

Comparative evaluation of repeatability of scanning abutment tooth stone model and impression : Applied assessment of CAD/CAM ISO standard in dentistry

Jin-Hun Jeon, Seong-Sig Hwang, Chong-Myeong Kim*, Dong-Yeon Kim*, Ji-Hwan Kim*, Woong-Chul Kim*
Department of Dental Technology, Medical Campus, KyungDong University
Department of Dental Laboratory Science & Engineering, College of Health Science, Korea University*

[Abstract]

Purpose: The purpose of this in vitro study compared to evaluation of repeatability of scanning abutment tooth stone model and impression applied CAD/CAM ISO standard in dentistry.

Methods: To evaluate repeatability of scanning abutment tooth stone model, were repeatedly scanned to obtain 11 data via 3D stereolithography (STL) files. 10 data (STL files) were compared with the first 3D data (STL file), and the error sizes were measured by using 3D superimposing software(n=10). Also, the repeatability of scanning abutment tooth impression was evaluated with the same procedure. Independent t test was performed to evaluate the repeatability of scanning abutment tooth stone model versus impression through root mean square(RMS) and standard deviation(SD)(α=0.05).

Results: RMS±SD with regard to repeatability were 14.7±2.5㎛, 17.1±4.0㎛, respectively, with scanning abutment tooth stone model and impression(p=0.129).

Conclusion: This study results showed a little different repeatability of scanning abutment tooth stone model and impression applied CAD/CAM ISO standard in dentistry, will suggest futures good studies and clinical advantages.

Key words: repeatability, CAD/CAM, color-difference-map, blue light scanner

교신저자	성명	김 웅 철	전화	010-8257-8592	E-mail	kuc2842@korea.ac.kr
	주소	서울 성북구 안암로 145 고려대학교 보건과학대학 치기공학과				

접수일	2016. 10. 24	수정일	2017. 3. 9	확정일	2017. 3. 17

Ⅰ. 서 론

치과 분야에 캐드캠(CAD/CAM)이 도입이 되면서 이와 관련된 장비(스캐너, 밀링 장비, 3D printer 등)들의 평가가 중요시 되고 있다(Seker et al, 2016; Zhou et al, 2016). 치과 관련 캐드캠 장비의 평가에 관한 ISO 12836에 의하면 현재 3번 브릿지 모형과 인레이에 관한 내용이 설명되어 있으나, 이는 아직 임상적인 자유곡면 치아를 평가하는데 있어서는 부족한 부분들이 있다.

따라서 캐드캠 장비에 대한 평가 중 가장 기본이 되며 중요성이 높은 스캐너의 반복측정안정성평가가 우선 되어야 하며, 가장 기본적인 기준이 되는 싱글 지대치 경석고 모형에 대한 평가가 필요하다. ISO-12836에 따르면 반복측정안정성 평가는 동일한 환경 하에 하나의 시편을 하나의 스캐너로 반복적인 스캐닝을 해야한다(Ender et al, 2013; Jeon et al, 2016). 즉 스캐너의 반복적인 스캐닝의 데이터간의 오차가 적어야 높은 반복측정안정성을 보인다고 할 수 있다.

한편 최근 치과 분야에 관심이 모아지고 있는 인상체 스캐닝의 반복측정안정성 또한 중요한 캐드캠 장비 평가부분 중 하나이다(Jeon et al, 2015; Lee et al, 2016). 환자의 구강 내 환경을 채득한 인상체를 직접 스캐닝 함으로써 얻은 데이터를 가지고 캐드 작업을 통하여 디자인한 데이터를 밀링 장비로 연동시켜 보철물을 제작하기도 하며, 최근엔 밀링 장비가 아닌 3D printer를 이용하여 보철물을 제작하기도 한다(Kim et al, 2016). 이러한 작업을 통하여 기존의 인상체에 경석고를 부어 모형을 제작하는 과정을 생략할 수 있으므로 경제적, 시간적 이득을 볼 수 있다는 장점들이 있다(Koch et al, 2016).

최근에 개발된 청색광 스캐너는 기존의 여러 가지 스캐너에 비하여 경석고 모형 스캐닝 오류가 적고 스캐닝의 반복측정안정성도 높다고 알려져 있다(Ender et al, 2016). 또한 청색광 스캐너는 경석고 모형 뿐만 아니라 인상체 스캐닝에도 높은 반복측정안정성을 보였다는 연구들이 있다(Luthardt et al, 2005; Jeon et al, 2016). 하지만 치과 캐드캠 분야의 ISO평가 기준에 준한 지대치 경석고 모형 및 인상체 스캐닝에 대한 반복측정안정성에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았으며, 현재치과 분야에서 주로 쓰이고 있는 청색광 스캐너를 이용한 비교 연구가 필요한 실정이다.

따라서, 본 연구의 목적은 치과 캐드캠 ISO평가 기준에 준한 지대치 경석고 모형 및 인상체 스캐닝의 반복측정안정성 비교 평가하는 것이다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 지대치 경석고 모형 및 인상체 제작

본 연구에서는 치과 캐드캠 ISO평가 기준에 준한 지대치 경석고 모형 제작에 있어 지대치 상단부는 직경 5.2mm, 하단부는 직경 8mm 그리고 치관의 길이는 10mm 마지막으로 지대치관의 기울기는 8°의 각도를 부여하였다(ISO-12836, 2012). 캐드디자인을 한 후 이를 밀링 작업을 통해 티타늄 지대치 모형을 완성

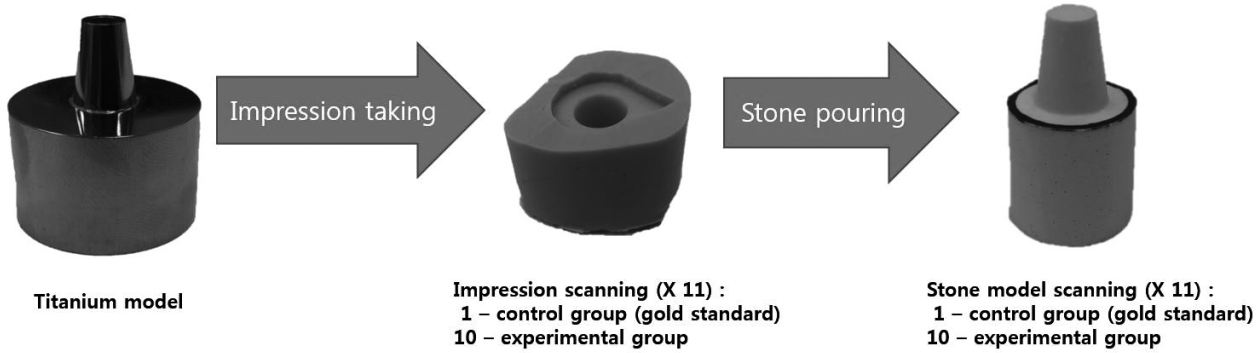

Figure 1. Scheme showing the experimental procedure

하였다(Fig. 1). 이 후 인상체 스캐닝이 가능한 silicone rubber 인상재 중 가장 흐름성이 좋고 정교한 인상채득이 가능한 extra light body (Aquasil Ultra, Dentsply, USA)를 사용하여 티타늄 지대치 모형을 복제한 인상체를 얻었다.

또한 최근 스캐닝에 최적화된 재료(Snow rock 3D scan stone, DK mungyo, Korea)로 알려진 제품으로 지대치 경석고 모형을 제작하였다.

2. 반복측정안정성 확인을 위한 지대치 경석고 모형과 인상체 스캐닝

본 연구에서는 최근 개발된 청색광 스캐너(Identica blue®, Medit, Korea)를 이용하여 치과 캐드캠 ISO평가 기준에 준한 지대치 경석고 모형과 인상체 스캐닝에 대한 반복측정안정성을 비교평가를 다음과 같은 방법으로 진행하였다.

첫 번째로 인상체를 청색광 스캐너의 테이블 위에 고정시킨 후 연속적으로 11번의 스캐닝을 실시하였다(Fig. 2). 처음 스캐닝한 데이터를 대조군으로 놓고 나머지 10개의 데이터를 실험군으로 놓았고, 총 11개의 3차원 형상 데이터(STL file)를 얻었다(I1~I11)(Fig. 1)

두 번째로 앞선 지대치 인상체 스캐닝의 반복측정안정성 평가와 동일한 방법으로 지대치 경석고 모형 스캐닝의 반복측정안정성 평가를 위해 청색광 스캐너의 테이블 위에 고정시킨 후 연속적으로 11번의 스캐닝을 실시하였다. 처음 스캐닝한 데이터를 대조군으로 놓고 나머지 10개의 데이터를 실험군으로 놓았고, 총 11개의 3차원 형상 데이터(STL file)를 얻었다(S1~S11)(Fig. 1).

얻어진 3차원 형상 데이터들(STL files)에서 불필요하고 부정확한 부분들은 삭제하였다(Hayashi et al, 2013; Logozzo et al, 2014).

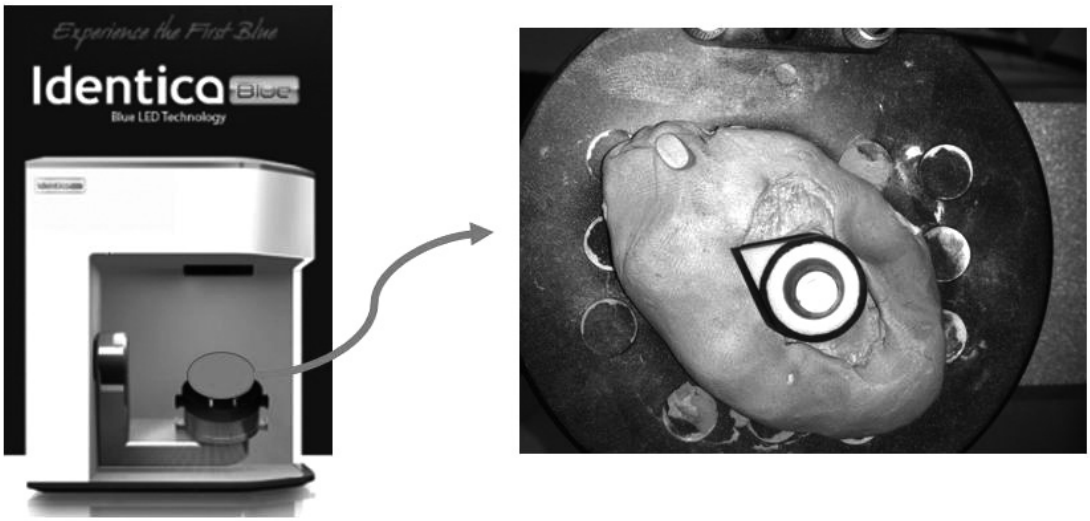

Figure 2. Blue light scanner & scanning table

3. 3D 중첩 소프트웨어를 이용한 분석

청색광 스캐너를 이용하여 얻은 지대치 경석고 모형과 인상체의 3D 형상 데이터(STL file)들을 가지고 반복측정안정성을 아래와 같은 방법으로 확인하였다. 우선 3D 중첩 소프트웨어(Geomagic Verify 2015, Geomagic GmbH, USA)를 이용하여 지대치 경석고 모형의 스캐닝 반복측정안정성을 확인하였는데, 첫 번째로 스캐닝 3차원 형상 데이터(control group, STL file, S_1)와 다른 하나의 3차원 형상 데이터 (experimental group, STL file, S_2~11)를 각각 일대일 중첩시킴으로써 10개의 color-difference-map과 report를 얻었다.

또한, 청색광 스캐너를 이용한 지대치 인상체 스캐닝 반복측정안정성 확인은 위의 경석고 모형의 스캐닝 반

복측정안정성 확인 방법과 동일하게 분석하였고, 이를 통하여 10개의 color-difference-map과 report를 얻었다.

4. 통계처리

Geomagic Verify 2015 소프트웨어를 통하여 얻은 report에서 지대치 경석고 모형과 인상체 각각의 10개 정량적 데이터 RMS(root mean square)값을 얻었다.

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

스캐닝 된 2개의 데이터를 중첩시켰을 때 3차원 공간 좌표상(x, y, z축)에 있는 2개의 점의 위치의 위상 차를 모두 제곱한 값들의 합을 그 점의 갯수로 나눈 뒤 제곱근을 취하면 RMS값이 구해지게 되는데, 이는 일반적인 산술평균(mean)을 구하는 값에 비하여 더욱 신뢰도가 높고 정확한 값이라고 할 수 있다. 그 이유는 각 데이터들의 차는 양의 값과 음의 값이 공존하므로 단순한 합을 구하는 산술평균(mean)으로는 표현하는 것은 한계가 있기 때문이다.

따라서, 지대치 경석고 모형과 인상체 각각 10개씩의 RMS 데이터들을 통계 프로그램 (SPSS version 24.0, SPSS Inc., USA)을 활용하여 independent t test를 시행하였다. 이 때, 제 1종 오류의 수준은 0.05로 정하였다.

Ⅲ. 결 과

Table 1은 치과 캐드캠 ISO평가 기준에 준한 지대치 경석고 모형 및 인상체 스캐닝의 반복측정안정성 비교 평가를 확인하기 위하여 RMS±SD(정량적 데이터)를 보여주고 있으며, 두 데이터 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다(p=0.129).

Table 1. Quantitative evaluation of repeatability of scanning abutment tooth stone model versus impression

(Unit : ㎛)

No.(Superimposing)	Material		
	Stone	Impression	
1(1–2)	15.7	19.9	P*
2(1–3)	9.4	20.8	
3(1–4)	13.4	13.5	
4(1–5)	15.3	21.6	
5(1–6)	13.8	17.8	
6(1–7)	14.2	14.9	
7(1–8)	14.6	14.0	
8(1–9)	14.6	9.4	
9(1–10)	18.1	20.5	
10(1–11)	18.2	18.5	
RMS**±SD*** (95% CI****)	14.7±2.5 (12.9~16.5)	17.1±4.0 (14.2~19.9)	0.129

*P : p-value about independent t-test (α=0.05), RMS : root mean square
***SD : standard deviation, ****CI : confidence interval

다음으로 Fig. 3은 치과 캐드캠 ISO평가 기준에 준한 지대치 경석고 모형 및 인상체 스캐닝의 반복측정안정성 비교 평가를 확인하기 위하여 color-difference-map(정성적 데이터)을 보여주고 있다.

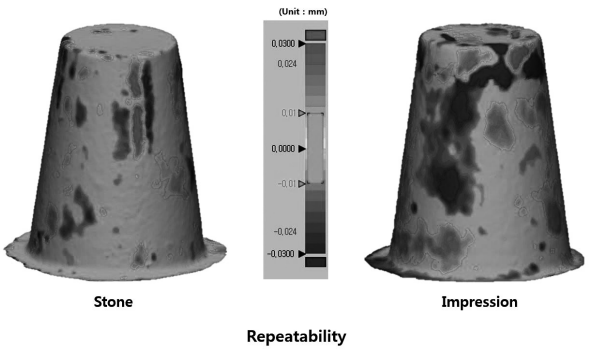

Figure 3. Color-difference-map : Qualitative evaluation of repeatability of scanning abutment tooth stone model versus impression

지대치 경석고 모형의 스캐닝의 반복측정안정성을 확인하기 위한 color-difference-map의 경우 전체적으로 거의 오차가 없는 green색을 보였고, 장축 부분에서만 약간의 negative (blue) 오차와 positive (red) 오차가 나타났다(Fig. 3).

한편, 지대치 인상체 스캐닝의 반복측정안정성을 확인하기 위한 color-difference-map의 경우 전체적으

로는 오차가 적은 green색을 보였으나, 경석고 모형보다 많은 negative (blue) 오차와 positive (red) 오차가 나타났으며 특히 장축부분에서 크게 나타났다(Fig. 3).

Ⅳ. 고 찰

Table 1은 최근 개발된 청색광 스캐너에 대한 치과 캐드캠 ISO평가 기준에 준한 지대치 경석고 모형 및 인상체 스캐닝의 반복측정안정성 비교 평가를 확인하기 위한 정량적 데이터를 보여주고 있는데, 두 데이터 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다(p=0.129).

일반적으로 임상에서는 치과 캐드캠 분야에서 사용하는 스캐너의 스캐닝 반복측정안정성은 지대치 경석고 모형이 인상체 스캐닝에 비해 우수하다는 것이 당연시 여겨지고 있었다(Trifkovic et al, 2014; Logozzo et al, 2014). 하지만 본 연구결과에 따른 정량적 데이터를 살펴보면 지대치 경석고 모형과 인상체의 스캐닝 반복측정안정성 RMS±SD값은 2~3㎛정도의 미세한 차이만을 보이고 있다는 점에서 의의가 있다.

한편, Fig. 3은 치과 캐드캠 ISO평가 기준에 준한 지대치 경석고 모형 및 인상체 스캐닝의 반복측정안정성 비교 평가를 확인하기 위하여 color-difference-map을 통한 정성적 데이터를 보여주고 있으며 과학적 분석 및 해석은 다음과 같다.

경석고 모형에 비해 인상체에서 전반적으로 positive (red) 오차와 negative (blue) 오차가 많으며, 특히 지대치의 장축방향에서 더 많은 오차가 나타났다. 그 이유는 인상체의 경우 그림자가 생기는 부분이 있으므로 스캐닝 시 오차를 일으킬 확률이 높으며, 또한 스캐너의 청색광 레이져가 단위면적당 비춰지는 영역이 z축(장축)방향으로 넓어짐으로써 부정확한 스캐닝 데이터를 수집할 가능성이 높기 때문이다(Jeon et al, 2016). 하지만 최근 개발된 청색광 스캐너는 단파장의 광원(blue light)을 사용하므로 스캐닝 대상물의 외형이나 색 등 스캐닝 오차에 영향을 주는 변수에 대하여 최소한의 영향을 받으며, 경석고 모형 및 인상체 스캐닝에 있어서 높은 반복측정안정성을 보인다는 연구들이 있었다(Jeon et al, 2015).

또한 본 연구에서는 보다 신뢰도 높은 연구 결과를 얻기 위하여 실험 설계에 있어 몇 가지 추가적인 노력을 기울였다. 우선 인상체 제작에 사용된 silicon rubber 인상재(Aquasil Ultra, Dentsply, USA)는 흐름성이 좋고 정확한 인상채득이 가능한 세계적으로 공인받은 재료이며 동시에 광학식 스캐닝용로 최적화된 인상재로 알려져 있다(Jeon et al, 2014). 다음으로 3D 스캔 스톤(Snow rock 3D scan stone, DK mungyo, Korea)을 사용하여 경석고 모형을 제작하였는데, 이 또한 최근 치과용 스캐너의 스캐닝에 최적화되어 개발된 재료로 알려져 있다. 마지막으로 본 연구에서 3D 중첩 소프트웨어(Geomagic Verify 2015, Geomagic GmbH, USA)를 이용하여 지대치 경석고 모형의 스캐닝 반복측정안정성을 확인하였는데, 이 소프트웨어는 치의학, 의학, 공학 등 연구분야에 있어서 세계적으로 가장 높은 신뢰도와 정확도를 인정받고 있다.

그러나 본 연구에서도 몇 가지 한계성이 존재한다. 우선, 기존의 2차원적 측정방법에서 벗어나 3D 중첩 방법을 사용하여 반복측정안정성을 검증하였으나, 두 데이터간의 오차를 최소화하여 검증하는 best fit alignment 과정을 설명하기는 어려웠다(Dahlmo et al, 2001; Flügge et al, 2013). 왜냐하면 3D 중첩 소프트웨어를 이용하여 얻은 정성적 · 정량적 데이터에서의 오차가 스캐닝 과정에서 일어난 오차인지 아니면 best fit alignment 과정에서의 오차인지를 판단하기 어렵기 때문이다. 이 밖에도 광학식 스캐너의 종류 중 하나인 청색광 스캐너의 스캐닝 시 발생하는 빛의 반사 및 굴절 그리고 산란 등으로 인한 오차 등을 설명하기 어려운 부분이 있었다(Naidu & Freer, 2013; Trifkovic et al, 2014). 따라서 앞으로의 연구에서는 이러한 한계들을 극복할 수 있도록 3D 중첩 소프트웨어를 이용한 스캐닝의 반복측정안정성 평가에서의 오차를 줄이는 방안을 모색하고, 또한 청색광 스캐너의 지대치 모형 스캐닝 및 인상체 스캐닝 품질 개선을 위한 노력이 지속적으로 이루어졌으면 한다.

V. 결 론

치과 캐드캠 ISO평가 기준에 준한 지대치 경석고 모형 및 인상체 스캐닝의 반복측정안정성은 거의 차이를 보이지 않았으며, 본 연구 결과는 치과분야의 연구 및 임상적 활용 가능성이 높을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

Dahlmo KI, Andersson M, Gellerstedt M, Karlsson S. On a new method to assess the accuracy of a CAD program. Int J Prosthodont, 14, 276-283, 2001.

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, Attin T, Mehl A. In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. J Prosthet Dent, 115(3), 313-320, 2016.

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, 144(3), 471-478, 2013.

Hayashi K, Sachdeva AU, Saitoh S, Lee SP, Kubota T, Mizoguchi I. Assessment of the accuracy and reliability of new 3-dimensional scanning devices. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 144(4), 619-625, 2013.

ISO-12836: 2012. Digitizing devices for CAD/CAM systems for indirect dental restorations - Test methods for assessing accuracy. Geneva: International Organization for Standardization. Accessed December 22, 2015.

Jeon JH, Kim HY, Kim JH, Kim WC. Accuracy of 3D white light scanning of abutment teeth impressions: evaluation of trueness and precision. J Adv Prosthodont, 6(6), 468-473, 2014.

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, 2015.

Jeon JH, Kim DY, Lee JJ, Kim JH, Kim WC. Repeatability and reproducibility of individual abutment impression, assessed with a blue light scanner. J Adv Prosthodont, 8(3), 214-218, 2016.

Kim DY, Jeon JH, Kim JH, Kim HY, Kim WC. Reproducibility of different arrangement of resin copings by dental microstereolithography: Evaluating the marginal discrepancy of resin copings. J Prosthet Dent, Sep 16, 2016.

Koch GK, Gallucci GO, Lee SJ. Accuracy in the digital workflow: From data acquisition to the digitally milled cast. J Prosthet Dent, 115(6), 749-754, 2016.

Lee SM, Hou Y, Cho JH, Hwang HS. Dimensional accuracy of digital dental models from cone-beam computed tomography scans of alginate impressions according to time elapsed after the impressions. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 149(2), 287-294, 2016.

Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpelä A, Mäkynen A. Recent advances in dental optics – Part I: 3D intraoral scanners for

restorative dentistry. Opt Lasers Eng, 54, 203-221, 2014.

Luthardt RG, Loos R, Quaas S. Accuracy of intraoral data acquisition in comparison to the conventional impression. Int J Comput Dent, 8(4), 283-294, 2005.

Naidu D, Freer TJ. Validity, reliability, and reproducibility of the iOC intraoral scanner: a comparison of tooth widths and Bolton ratios. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 144(2), 304-310, 2013.

Seker E, Ozcelik TB, Rathi N, Yilmaz B. Evaluation of marginal fit of CAD/CAM restorations fabricated through cone beam computerized tomography and laboratory scanner data. J Prosthet Dent, 115(1), 47-51, 2016.

Trifkovic B, Budak I, Todorovic A, Vukelic D, Lazic V, Puskar T. Comparative analysis on measuring performances of dental intraoral and extraoral optical 3D digitization systems. Measurement, 47, 45-53, 2014.

Zhou Q, Wang Z, Chen J, Song J, Chen L, Lu Y. Development and evaluation of a digital dental modeling method based on grating projection and reverse engineering software. J Prosthet Dent, 115(1), 42-46, 2016.