

구강 스캐너 거울면의 오염도가 스캔 데이터의 정확도에 미치는 영향 평가

부산대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실
정윤수, 정창모, 윤미정, 허중보, 이소현, 이현중

ORCID ID

Yun-Su Jeong,  <https://orcid.org/0000-0002-2146-7529>

Chang-Mo Jeong,  <https://orcid.org/0000-0001-5009-9799>

Mi-Jung Yun,  <https://orcid.org/0000-0003-3093-8406>

Jung-Bo Huh,  <https://orcid.org/0000-0001-7578-1989>

So-Hyoun Lee,  <https://orcid.org/0000-0003-4862-8721>

Hyeonjong Lee,  <https://orcid.org/0000-0002-1669-2975>

ABSTRACT

Evaluation of the effect of contamination of the scan-mirror of an intra-oral scanner on the accuracy of the scan data: A pilot study

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Pusan National University

Yun-Su Jeong, Chang-Mo Jeong, Mi-Jung Yun, Jung-Bo Huh, So-Hyoun Lee, Hyeonjong Lee

Purpose: This study was conducted to evaluate the influence of contamination of the scan-mirror on the accuracy of obtained scan data by using two type of intra-oral scanner.

Materials & methods: After printing the Crown & inlay specimens according to the ISO standard, the data values of the specimens were calculated using a model scanner and two intra-oral scanners. Experimental groups were classified into three groups according to cleanliness of scan-mirror. Each group performed 10 repeated scans. Data analysis was performed with statistical software (SPSS 25, IBM Corp., Armonk, New York, USA) to check the normality of data sets and ANOVA & Bonferroni test was performed for multiple comparisons between groups.

Results: The d1(top diameter of cylinder), d2(bottom diameter of cylinder), h(cylinder height) values of the crown specimens and d1(top diameter of cavity), d2(bottom diameter of cavity), h(cavity height) of the inlay specimens compared with the reference data using two intra-oral scanners were similar for each group.

Discussion: In the scanning process, it was observed on the screen that a data value that deviated from the normal range was inputted in the group with higher level of contamination, but they were removed through the software's own filtering and post-processing, and it was found that there was no significant effect on the result values.

Conclusion: Under the conditions of this study, as the degree of contamination of the scan-mirror surface increased, an inaccurate capture screen appeared, but it did not significantly affect the accuracy and precision of the scan data.

Key words : intra-oral scanner, accuracy, scan-mirror

Corresponding Author

Hyeonjong Lee, DMD, PhD. Assistant Professor

Department of Prosthodontics, Pusan National University Dental Hospital, 20, Geumo-ro, Mulgeum-eup, Yangsan-si, Gyeongsangnam-do, 50612, South Korea

E-mail : hyunjongqq@gmail.com

ACKNOWLEDGEMENT This study was supported by a 2-year research grant from Pusan National University

서론

구강 내 환경을 복제하여 진단 및 복제 모델을 통한 보철물 제작은 치과 진료 과정의 중요한 부분이다. 기존에는 인상채득과 모형제작을 통한 구강 내 환경을 재현하였으며, 기술이 발전함에 따라 치의학에 디지털화가 접목되면서 컴퓨터를 이용한 인상 채득 및 보철물 제작 과정이 대중화되고 있다. 치의학의 디지털화를 통해 기존의 인상채득 및 모형제작에 의한 재현 방법을 대체하고 있으며, 이를 통한 정확성에 영향을 주는 요소에 대한 연구와 기술 발전을 위한 노력이 지속되고 있다^{1~10)}.

구강 내 환경을 디지털화하는 방법은 모형 스캔 방법과 구강 스캔 방법으로 나눌 수 있다. 특히 진료실에서는 구강 스캐너를 이용하여 구강 내 환경을 3차원적으로 재현하고 있다. Zimmermann 등은 기존의 전통적 인상채득의 오차는 거의 없고, 쾌적하며 인상채득 결과를 바로 확인 가능하기 때문에 빠르고 쉽게 재인상 채득이 가능하다고 언급하였다¹¹⁾. 현재 구강 스캐너는 기술의 발전에 따라 다양한 종류가 개발되었으며, 그 활용도 또한 점차 증가하고 있는 추세이다¹²⁾. Joda 등은 구강 스캐너를 이용한 인상 채득이 환자들의 불편감을 감소시키면서 치료 만족도가 높음을 언급하였다¹³⁾. 그러나 스캐너의 경우 스캐너 종류에 따른 기술적 차이^{2,4)}와 보정, 술자의 움직임 등 다양한 요소에 영향을 받을 수 있으며, 특히 모형 스캔과 다르게 구강 내 환경에 의해 영향을 받기 쉽다. 구강 내 환경에서 혈액이나 타액 등의 얼룩으로 인해 스캐너 팁은 오염될 수 있으며, 이로 인해 빛의 정반사에 영향을 받아 정확도에 영향을 줄 수 있다. 또한 스캐너 팁은 타액과 고온 고압멸균에 의한 얼룩에 의해서도 오염될 수 있으며, 이와 같은 얼룩도 스캐너의 정확도에 영향을 줄 수 있다. 이와 같이 스캐너 팁의 오염도가 스캔 정확도에 영향을 줄 수 있으나 그 영향 정도가 어느 정도 인지에 대한 연구는 현재 미비한 실정이다.

본 연구는 진료실 상황을 가정하여 두 종류의 스캐너를 이용하여 청결도에 따라서 분류된 스캐너 팁 상태에 따른 스캔 데이터의 정확도를 측정하였다. 이를 통해 스캐너 팁의 오염도가 스캔 데이터의 정확도에 주는 영향을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

1. Reference 시편 제작

ISO 20896-1 : 2019의 기준에 따라 구강스캐너의 정확도를 측정하기 위해 디자인 소프트웨어(Fusion360, Autodesk, San Rafael, California, United States)를 이용하여 시편을 디자인하였다(Fig. 1). 디자인된 파일을 3D printer(Nextdent 5100, Nextdent B.V., Soesterberg, Netherlands)의 메뉴얼에 따라 광 경화성 레진(Model 2.0(Peach), Nextdent B.V., Soesterberg, Netherlands)을 이용하여 출력 및 후 처리를 통해 시편을 획득하였다.

2. 스캐너 팁 설정 및 시편 스캔

모델 스캐너(E3, 3Shape, Copenhagen, Denmark)를 이용하여 제작된 크라운 및 인레이 시편을 스캔하여 Reference 데이터를 추출하였다. 이후 시편과 두 종류의 구강스캐너인 i500 스캐너(Medit, Seoul, South Korea)와 Prime 스캐너(CEREC, USA)를 이용하여 숙련된 단일 시험자가 스캔을 시행하였다. 구강내 환경 재현을 위해 35세 건강한 남성의 타액을 채취하여 스캐너 팁의 거울면에 적용 및 건조 시킨 후 얼룩 형태를 멸균 및 소독된 팁(Clean tip, C), 10-30%의 오염된 팁(Mild dirt tip, M), 50%이상 오염된 팁(Heavy dirt tip, H) 세 군으로 분류하였다. 스캔 과정은 일반적인 실내광(약 1000 lux)하에 청

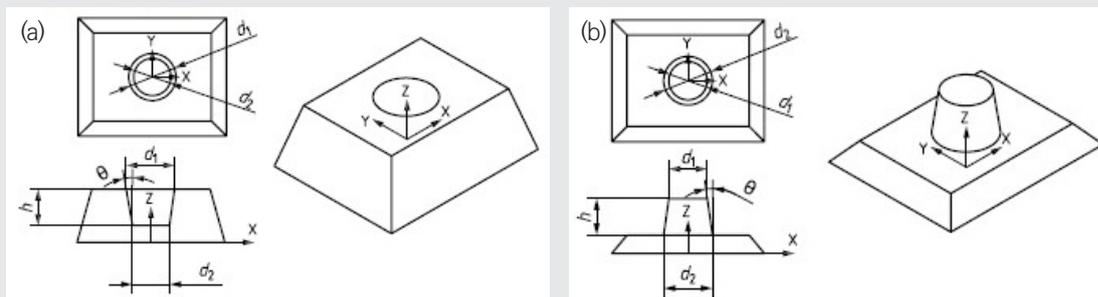


Figure 1. Specimen design and measurement point in accordance with ISO(20896-1:2019) (a) inlay(d_1 : top diameter of cavity (8.0 ± 0.5), d_2 : bottom diameter of cavity (6.3 ± 0.5), h : cavity height (6.0 ± 0.5)), (b) crown(d_1 : top diameter of cylinder (6.3 ± 0.5), d_2 : bottom diameter of cylinder (8.0 ± 0.5), h : cylinder height (6.0 ± 0.5))

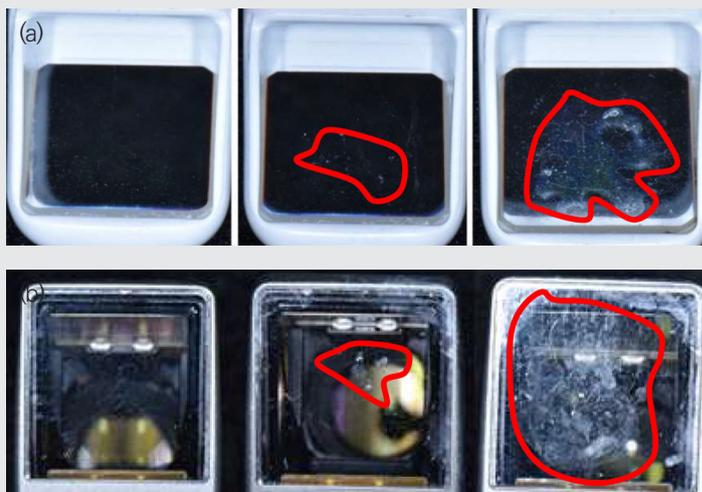


Figure 2. (left) Clean tip, (middle) Mild dirt tip, (right) Heavy dirt tip (a)i500, (b)Primescan

결도가 각기 다른 스캐너 팁을 이용하여 시편을 10회씩 반복 스캔 시행하였다(Fig. 2). 모든 스캔 파일은 Stereolithography (STL) 파일로 추출하였다.

3. 데이터 측정 및 분석

데이터 측정은 계측 전문 프로그램 (Gom Inspect., Gom, Braunschweig, Germany)을 이용하였다. 추출된 각각의 STL 파일을 ISO(20896-1:2019) 기준에 따라 계

측하여 크라운의 경우 원통 윗면 지름(d1), 원통 아랫면 지름 (d2), 원통 높이 (h)값을, 인레이 시편의 경우 와동 윗면 지름(d1), 와동 아랫면 지름(d2), 와동의 깊이(h)값을 구하였다.

각 그룹의 STL 파일과 reference데이터를 중첩시켜 면 대 면 분석을 시행하였다. 크라운 및 인레이 원통과 와동 및 주변 평면을 포함된 영역을 사용하여 중첩을 시행하였으며, 크라운 및 인레이 해당 부분을 구성하는 5352개의 모든 점을 활용하여 중첩된 스캔 데이터의 표면 사이 전체적인 평균 거리와 표준편차를 측정하였다(Fig. 3).

데이터는 통계 프로그램(SPSS 25, IBM Corp., Armonk, New York, USA)을 이용하여 95% 유의수준으로 정규성 검정 후 ANOVA test를 수행하였으며, 사후 검정으로 Bonferroni 검정을 통해 그룹간 다중비교를 실시하였다. ($p < 0.05$)

결과

Reference 데이터와 i500 및 prime 구강스캐너를 이

용한 스캔 데이터 사이의 각 군 거리를 분석한 결과, 두 스캐너를 이용하여 획득한 크라운 및 인레이 시편에 대한 스캔 데이터를 분석했을 때의 각 스캔 팁 그룹별 d1, d2, h값은 다음과 같다(Table 1).

두 종류의 스캐너를 이용하여 크라운 및 인레이 시편의 3차원 면대 면 분석에서 reference 데이터와 각 군의 거리를 분석한 결과는 다음과 같다(Table 2).

고찰

구강스캐너의 도입과 CAD/CAM 발전을 통해 디지털화를 이용한 보철물 제작이 널리 활용되고 있다. 더욱이 기술이 발전하면서 디지털화된 분야에서 정확성에 영향을 줄 수 있는 요소들에 대한 관심이 많아졌으며, 특히 구강스캐너의 정확도 및 정밀도에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다. 스캐너의 원리는 내부 광원의 빛이 팁에 있는 거울면을 통해 반사되어 사물에 도달하고, 다시 거울면으로 재반사되어 내부 센스로 들어가서 데이터를 획득하는 과정을 거친다. 진료실에서 구강스캐너 사용 시 쉽게 구

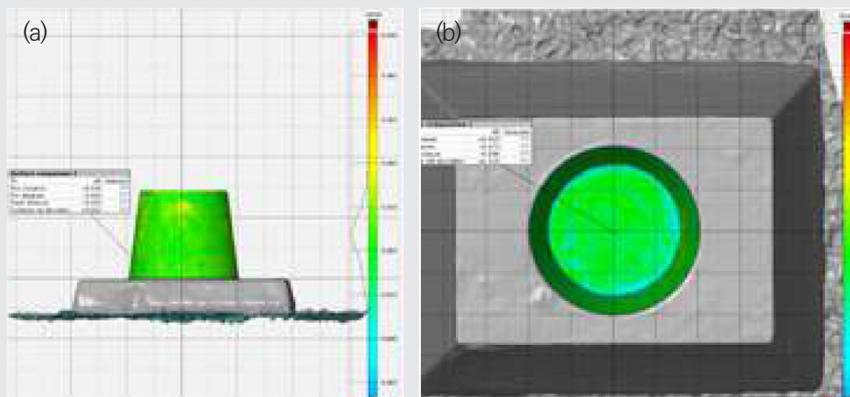


Figure 3. 3D surface to surface analysis with color code ± 0.1 mm minimum/maximum (a) inlay (b) crown

Table 1. Mean value and standard deviation of difference between the reference data and scan data acquired by two intra-oral scanners (i500, prime) (unit : micron)

Group	d1		d2		h		
	iS	PS	iS	PS	iS	PS	
Crown	H (Heavy dirt tip)	-4±27 ^a	67±9 ^a	-1±14 ^a	-20±8 ^a	14±48 ^a	-22±19 ^a
	M (Mild dirt tip)	12±9 ^a	69±4 ^a	15±23 ^a	-19±5 ^a	-10±35 ^a	11±22 ^b
	C (Clean tip)	11±11 ^a	66±5 ^a	20±19 ^a	-15±3 ^a	-10±24 ^a	-11±20 ^{ab}
Inlay	H (Heavy dirt tip)	28±18 ^a	103±12 ^a	7±23 ^a	-53±4 ^a	-27±36 ^a	18±65 ^a
	M (Mild dirt tip)	6±36 ^a	99±18 ^a	13±19 ^a	-61±3 ^b	-20±28 ^a	-79±50 ^b
	C (Clean tip)	37±16 ^a	102±12 ^a	23±39 ^a	-56±7 ^{ab}	-20±39 ^a	-45±79 ^{ab}

Different letters indicate significant differences in column in each group according to the contamination of the scan tip(p<0.05)

*iS : i500 scanner(Medit, Seoul, South Korea)

*PS : Prime scanner(CEREC, USA)

Table 2. Mean value and standard deviation of difference between reference data and scan data acquired by intra-oral scanners (i500, prime) on 3D surface to surface comparison (unit : micron)

Group	Mean ± SD		
	iS	PS	
Crown	H (Heavy dirt tip)	2±7 ^{Aa}	9±2 ^{Ba}
	M (Mild dirt tip)	5±3 ^{Aa}	9±2 ^{Ba}
	C (Clean tip)	7±4 ^{Aa}	9±1 ^{Aa}
Inlay	H (Heavy dirt tip)	-5±4 ^{Aa}	-7±1 ^{Aa}
	M (Mild dirt tip)	-4±5 ^{Aa}	-4±2 ^{Ab}
	C (Clean tip)	-11±8 ^{Aa}	-6±3 ^{Ab}

Values followed by the same lower case letters in a column and capital letters on the lines do not differ significantly (p<0.05)

강내 혈액이나 타액 등 오염물질에 의해 스캐너 팁의 거울면에 얼룩이 발생하게 되며 이와 같은 오염도에 의해 스캔 데이터 값에 부정적인 영향을 끼칠 가능성이 있다. 또한 스캐너 팁의 고온고압멸균 시 발생할 수 있는 미세한 얼룩 무늬 또한 스캐너 팁 거울면에 오염을 일으킬 수 있다. 그러나 이와 같은 오염도와 관련된 연구 및 데이터가 부족하여 본 연구를 통해 스캐너 팁의 거울면 오염도에 따른 스캔 정확도의 영향을 확인하고자 하였다.

본 연구에서는 깨끗한 상태의 스캐너 팁을 대조군으로 설정하고 각 상황에 맞춰 나타날 수 있는 오염도에 차이를

두기 위해 약간의 미약한 얼룩을 중간 오염도 군으로 설정하였으며, 스캐너 팁 거울면이 심하게 얼룩진 상태를 가정하여 가장 심한 오염군으로 설정한 후 각각의 군에 따른 스캔 데이터를 획득하여 비교 분석하였다. ISO(20896-1:2019) 기준에 맞춰 크라운 및 인레이 시편을 디자인 및 3D 프린팅하여 제작하였으며, 모형 스캐너와 두 종류의 구강스캐너(i500, Medit, Seoul, South Korea & Primescan AC, CEREC, USA)를 이용하여 ISO 기준에 맞춰 d1, d2, h 및 3차원 면 대 면 분석을 진행하였다. 설정된 ISO 기준에 맞춰 측정하기에는 원통 및 와동의 평균적인

변위를 충분히 대표하지 못할 가능성이 존재하였다. 이에 따라 실험군 원통 및 와동 표면의 약 5200여개의 점에서 가장 가까운 reference 데이터 표면으로의 3차원적 거리 데이터를 활용하여 면 대 면 측정과 평균 및 표준편차를 계산하였으며, 이때 color coding을 통해 전반적인 변위 양상을 시각적으로 표현하였다.

ISO 기준에 따른 d1, d2, h의 그룹별 계측 오차 평균과 표준편차를 비교한 결과를 보면 크라운 시편의 얼룩이 심한 H 그룹 d1 값이 두 스캐너에서 오히려 더 낮은 오차 값을 보였다. 애초에 많은 얼룩의 스캐너 팁에서 정확도 및 정밀도가 낮을 수 있을 것이라는 가정하에 실험을 진행하였으나, 정확도가 좀 더 높게 측정된 반면에 정밀도는 상대적으로 낮은 것으로 나왔다. 정밀도가 낮게 평가된 것은 스캔 시 결과값이 일정하지 않다는 것을 의미하며, 각 그룹별로 상이한 결과를 보이는 것으로 나타났다.

면대 면 분석 결과에서 i500 스캐너는 H그룹에서 reference 표면과의 평균 변위량이 2 micron으로 C나 M 그룹보다 작게 나왔지만 표준편차가 7 micron으로 깨끗하거나 얼룩이 약간 묻은 그룹에 비해서 높은 수치가 나왔다. 이는 정확도가 높은 반면 정밀도는 낮게 평가된 것을 뜻한다. 반면 prime 스캐너에서는 평균 변위량이 9 micron으로 모든 그룹에서 일정하게 나왔으며 표준편차 값은 깨끗한 스캐너 팁 그룹에서 1 micron으로 가장 낮은 수치를 보였다.

i500과 prime스캐너를 비교하면, d1, d2, h 계측 오차량 평균값과 면대면 분석에서 i500이 더 높은 정확도를 보였으나, h값을 제외한 계측 값을 비교 시 정밀도는 prime 스캐너에서 더 높은 값을 보였다. 그러나 통계분석 결과 얼룩의 정도가 스캔 데이터의 정확도나 정밀도에 크게 영향을 주지 않음을 알 수 있었다. 두 스캐너 중 i500의 경우 13mmx14mm의 FOV(field of view)값을 갖는 고속 동영상 촬영 방식으로 얼룩이 있는 스캐너 팁을 사용할 경우 스캔 과정에서 후처리 전단계인 cloud point

데이터들이 여러 곳에서 이상 값으로 채득 되는 것을 확인할 수 있었다. 반면 prime스캐너의 경우 16x16mm의 FOV를 갖으며 1초에 1,000,000개의 3D포인트를 캡처하고 50,000개의 이미지를 통합할 수 있는 특징이 있다. 두 스캐너의 경우 스캐너 팁의 표면 얼룩에 의해 이상 값을 측정하더라도 실시간 필터링 과정을 통해 point cloud 데이터의 대부분이 제거되며, 자체 후처리 과정을 통해 최종 결과 데이터에서는 reference 데이터와 상당히 근접하게 나오는 것을 확인할 수 있었다.

중간 얼룩으로 설정된 그룹과 같이 스캐너 거울면의 10% 내외 얼룩은 임상에서 흔히 나타날 수 있다. 통계적으로 이는 깨끗한 팁과 스캔 데이터 값에 큰 차이가 없었으며, 스캔 과정에서도 큰 어려움이 없었다. 얼룩이 심한 경우에도 스캔 과정 시 특정 부분에서 이상 값을 보였으나 곧바로 주변의 양호한 데이터가 추가로 입력되거나 후처리 과정을 통해 결과적으로 정확도 및 정밀도에서 깨끗한 스캔 팁을 갖는 그룹과 큰 차이가 없도록 나타난 것으로 예상된다. 그러나 오염이 심할 경우 위와 같은 후처리 과정 등이 필요하여 더 많은 스캔 과정이 필요하였으며, 이에 따라 더 많은 시간이 소요됨을 확인할 수 있었다.

본 연구는 두개의 스캐너를 이용하여 각 그룹별로 10회의 반복 스캔 만을 시행했으며, 추가적인 스캐너 비교와 더불어 full arch 스캔을 통한 정밀도 및 정확도 검사, 스캔 시 소요되는 시간 등 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

결론

본 연구 조건 하에서, 스캔 팁 거울면의 약간의 얼룩은 스캔 데이터의 정확도 및 정밀도를 떨어뜨리지 않았으며, 심한 얼룩의 경우에도 정확도 및 정밀도에 큰 영향을 주지 않았다.

참고 문헌

1. Revilla-León M, Subramanian SG, Krishnamurthy VR, Özcan M. Clinical Study of the Influence of Ambient Light Scanning Conditions on the Accuracy (Trueness and Precision) of an Intraoral Scanner. *J Prosthet Dent* 2020;29(2):107-106.
2. Wong KY, Esguerra RJ, Chia VAP, Tan YH, Tan KBC. Three-Dimensional Accuracy of Digital Static Interocclusal Registration by Three Intraoral Scanner Systems. *J Prosthet Dent* 2018;27(2):120-119.
3. Lim J-H, Park J-M, Kim M, Heo S-J, Myung J-Y. Comparison of digital intraoral scanner reproducibility and image trueness considering repetitive experience. *J Prosthet Dent* 2018;119(2):225-232.
4. Chiu A, Chen YW, Hayashi J, Sadr A. Accuracy of CAD/CAM digital impressions with different intraoral scanner parameters. *Sensors (Switzerland)*. 2020;20(4).
5. Mennito AS, Ludlow ME, Renne WG, Evans ZP, Lauer AW, Patel RB. Evaluation of the effect scan pattern has on the trueness and precision of six intraoral digital impression systems. *J Esthet Restor Dent* 2018;30(2):113-112.
6. Shearer BM, Cooke SB, Halenar LB, et al. Evaluating causes of error in landmark-based data collection using scanners. *PLoS ONE*. 2017;12(11):1-37.
7. Li H, Lyu P, Wang Y, Sun Y. Influence of object translucency on the scanning accuracy of a powder-free intraoral scanner: A laboratory study. *J Prosthet Dent* 2017;117(1):93-101.
8. Oh KC, Park J-M, Moon HS. Effects of Scanning Strategy and Scanner Type on the Accuracy of Intraoral Scans: A New Approach for Assessing the Accuracy of Scanned Data. *J Prosthodont* 2020:0-5.
9. Vág J, Nagy Z, Simon B, et al. A novel method for complex three-dimensional evaluation of intraoral scanner accuracy. *Int J Comput Dent* 2019;22(3):239-238.
10. Camardella LT, Breuning H, de Vasconcellos Vilella O. Accuracy and reproducibility of measurements on plaster models and digital models created using an intraoral scanner. *J Orofac Orthop* 2017;78(3):211-210.
11. Ender A, Zimmermann M, Mehl A. Accuracy of complete- and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. *Int J Comput Dent* 2019;22(1):11-10.
12. Kihara H, Hatakeyama W, Komine F, et al. Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. *J Prosthodont* 2020;64(2):109-113.
13. Joda T, Brägger U. Patient-centered outcomes comparing digital and conventional implant impression procedures: a randomized crossover trial. *Clin Oral Implants Res* 2016;27(12):0-1.