ORIGNAL ARTICLE

대한치과의사협회지 2025; 63(3): 79-84
https://doi.org/10.22974/jkda.2025.63.3.002

Accuracy on scanned images of orthodontic bracket and wire in oral cavity by intraoral scanners: A pilot study

교정용 브라켓과 호선이 구강 내 스캔 영상의 정확성에 미치는 영향: 예비연구

Sooji Noh[1], Won Hee Lim[2,*]

[1]Seoul Clear Orthodontic Clinic, Seoul, Korea
[2]Department of Orthodontics, Seoul National University Dental Hospital, Seoul, Korea

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study was to compare the impact of orthodontic brackets/wires on the accuracy in patients' mouth acquired by an intraoral scanner.
Materials and Methods: Dental arch before bracket (C) and after bracket placement (B), and after insertion of orthodontic wire (B&W) were scanned in seven patients. For superimposition of the 3D images between C and B (C/B), C and B&W (C/B&W) and B and B&W (B/B&W), all data were converted into stereolithography file format and explored with 3D analysis software. Mean maximum discrepancy values and mean discrepancy values were collected and investigated after superimposition between two images at different time intervals. Wilcoxon signed rank test was used for statistical analysis.
Results: Values at both C/B and C/B&W showed relatively maximum deviation in each patient when compared values at B/B&W. Mean maximum discrepancy value in B/B&W showed the lowest one among three values. Mean discrepancy value in C/B, C/B&W and B/B&W exhibited insignificant differences. Therefore, differences between two images at each interval showed statistically insignificant difference ($p<0.01$).
Conclusions: Although there was variation between patients, effects of orthodontic brackets and orthodontic wire on the 3D images taken by intraoral scanners were clinically insignificant. Digital intraoral scanners can be used with care by replacing impression during orthodontic treatment. ***(J Korean Dent Assoc 2025; 63(3): 79-84)***

Key words : Dimensional Measurement Accuracy; Orthodontic Brackets; Orthodontic Wires

서론

디지털 데이터는 자료의 보관 및 공유가 용이하고 컴퓨터 소프트웨어를 이용한 다양한 이용이 가능하다는 장점이 있어 기존의 아날로그 자료들을 대체하고 있다. 진료실에서 구강스캐너가 일상적으로 사용됨에 따라 정확성과 재현성에 관한 연구가 다양하게 진행되었다. 초창기 연구에서는 인상채득을 통해 얻은 석고모형과 이 모형을 스캔하여 얻은 3차원 디지털 영상의 정확성 비교를 통하여 스캐너의 정확성에 대한 연구가 진행되었으며, 두 그룹 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다[1,2]. 구강스캐너를 이용해 구강내를 직접 스캔한 영상을 석고모형을 스캔한 영상과 비교했을 때 임상적으로 사용 가능한 정확성을 갖는 것으로 보고되었다[3-7]. 또한 구강내 스캐너들 사이의 정확성에 대한 연구도 보고되었다[8]. 교정용 브라켓과 호선이 구강스캐너 영상에 미치는 영향에 대한 연구가 발표되었는데, 구내에서 직접 스캔한 영상이 아닌 모형에서 스캔하여 비

Received Oct 29, 2024; Revised Mar 06, 2025; Accepted Mar 06, 2025
This study was supported by grant no 02-2019-0020 from the SNUDH Research Fund.

*Corresponding author: Prof. Won Hee Lim
Department of Orthodontics, Seoul National University Dental Hospital, 101, Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul, 03080, Korea.
Tel: +82-2-2072-0272, E-mail: whlim@snu.ac.kr

ISSN: 0376-4672
eISSN: 2713-7961

Copyright© 2025 by Korean Dental Association
This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC-ND) license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

교한 것이었다[9,10].

교정 치료 기간에 치료 과정을 확인하고 평가하기 위해 인상 채득하는 경우가 많이 있는데, 교정치료 중에 치아의 동요도는 증가되어 있고, 브라켓과 교정용 와이어로 인해 언더컷이 많은 상태에서의 인상 채득은 환자에게 큰 불편감을 줄 수 있다. 따라서 교정용 브라켓과 교정용 호선이 장착되어 있는 경우에도 구강스캐너를 통해 3차원 영상을 획득할 수 있다면 교정영역에서 구강스캐너의 활용도가 높아질 것이다. 현재까지 구강스캐너의 정확성을 평가한 대부분의 연구들은 모형을 이용하거나 교정용 브라켓과 교정용 호선 등 부착물이 없는 치열을 대상으로 진행되었으며 구강내의 치열에 교정용 브라켓과 교정용 호선이 장착된 경우 3차원 디지털 영상의 정확도에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서, 본 연구는 구강스캐너를 이용하여 교정용 브라켓과 교정용 호선이 치열의 영상에 미치는 정확도에 대해 알아보고자 한다.

재료 및 방법

서울대학교치과병원 교정과에 내원한 환자 중 골격적 기형이나 치아의 결손이 없고 고정식 교정장치 부착 치료가 계획되어 있는 영구 치열기 환자 7명의 하악 치열궁을 대상으로 하였으며 서울대학교 치과병원 Institutional Review Board (ERI25006)의 승인을 받았다. 한 사람(SJN)에 의해 스캔이 진행되었으며, 구강내 스캐너 사용에 익숙해지기 위하여 스캔 연습을 20회 진행하였다[11]. 사용한 구강스캐너는 Trios 3 (3Shape, Copenhagen, Denmark)이며, 소프트웨어는 Sirona Cerec (Dentsply Sirona, Charlotte, NC, USA)이었다. 스캔 순서는 하악의 왼쪽 구치부의 협측 교합면(bucco-occlusal)에서 시작하여 전치부로 향하면서 s 모양으로 움직이며 전치부의 협측, 절단면과 설측면으로 진행하여 오른쪽 구치부의 협측 교합면으로 옮겨간 후에 설측면으로 진행하여 왼쪽 구치부로 향했다. 빠진 부분이 있는 경우에는 추가적인 스캔이 진행되었다. 교정용 브라켓(Damon Q, Brea, CA, USA)을 부착하기 전(control, C), 브라켓을 부착한 후 브라켓만 있는 상태(bracket, B), 교정용 호선(014NiTi, Ormco, Oragne, CA, USA)까지 삽입한 상태(bracket and wire, B&W), 즉 총 3회에 걸쳐 Trios3를 이용하여 대상자의 구강내 스캔을 시행하였다(Fig. 1).

모든 데이터는 표준화된 제작사의 소프트웨어 프로그램을 이용하여 Stereolithography(STL) 파일로 추출하였다[12]. 중첩하기 전에 분석의 최적화를 위하여 데이터의 크기를 줄이고자 각각의 이미지는 dentogingival line의 1mm 아래에서 trimming을 하고 중요하지 않은 부분의 optical artifacts를 배제시켰다[13]. Geomagic control X(Oqton, Santa Clara, CA, USA) 프로그램의 Best Fit Alignment 기능(Fig. 2)을 이용하여 비교하였다[14]. C/B, C/B&W와 B/B&W에서 각각 10회의 중첩을 시행하였다(Fig3). 중첩 프로그램을 통하여 모델 간의 3차원적인 변위 차이를 최대 변위 차이(mean maximum discrepancy values; +/-)와 평균 변위 차이 (mean discrepancy values; +/-)로 구하였다. 최대 변위 차이는 최대 변위값의 평균(average of maximum deviation value)이며, 평균 변위 차이는 3D 중첩에서 2개의 이미지 사이의 변위 차이의 평균(average of mean deviation values)이다[15]. 최소제곱법 (Root Mean Square)에 근거하여 변위값(discrepancy values)을 계산하였다. Geomagic Verify™ (Oqton, Santa Clara, CA, USA)를 이용하여 정량적인 분석을 시행하였다.

데이터의 통계 처리는 SPSS Statistics 30.0(SPSS Inc., Chicago,

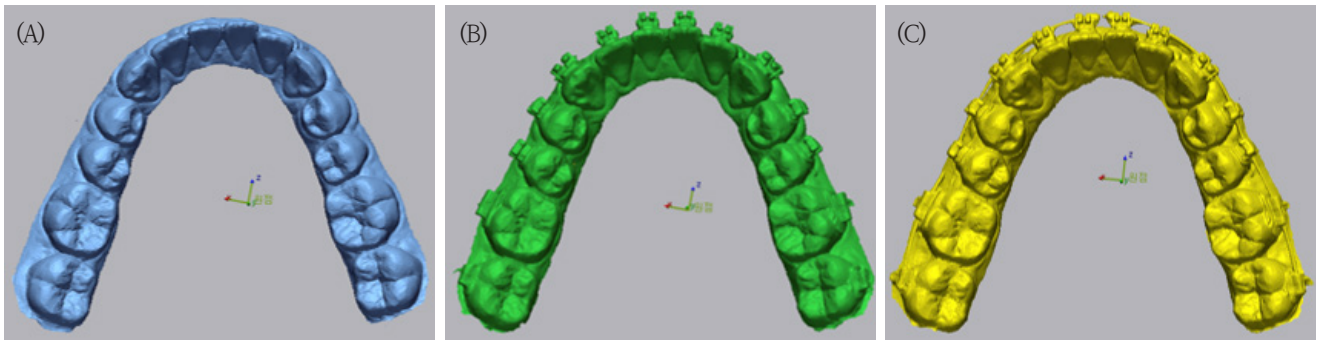

Figure 1. Three-dimensional images taken by oral scanner before (A), after placement of orthodontic brackets (B), and after insertion of orthodontic wires (C).

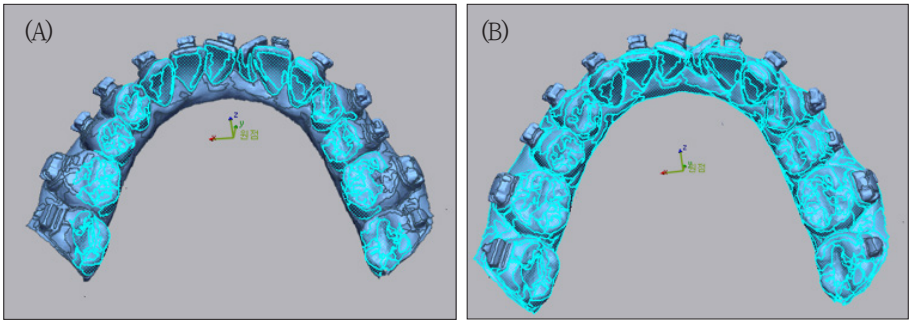

Figure 2. A. The occlusal and lingual surfaces of teeth are superimposed using the best fit method. B. Best fit alignment program is used to find discrepancy values between superimposed images.

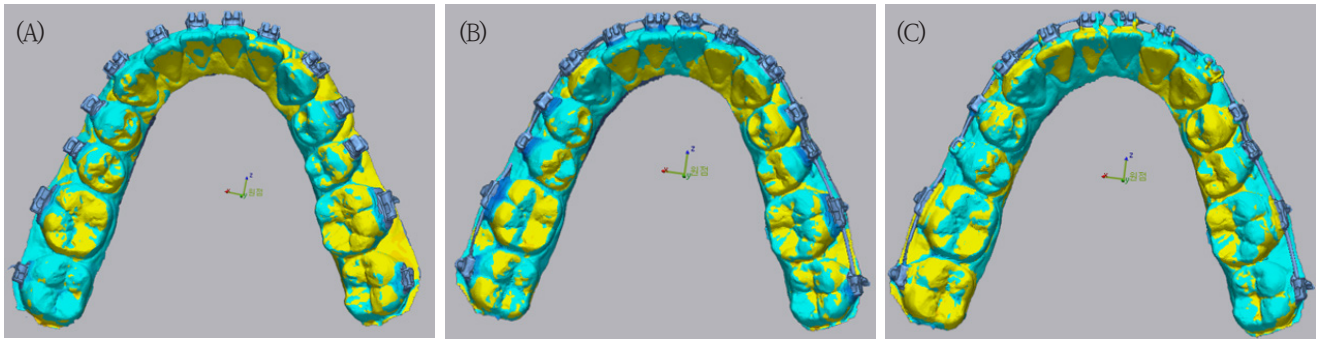

Figure 3. A. Images between before and after bracket placement are superimposed. B. Images between before bracket placement and after insertion of orthodontic wire on bracket are superimposed. C. Images between after bracket placement and after insertion of orthodontic wire on bracket are superimposed.

IL, USA)를 이용하였고, 교정용 브라켓과 교정용 와이어가 이미지에 미치는 영향을 평가하기 위하여 사용한 통계 검정 방법은 일표본 윌콕슨 부호 순위 검정(one-sample Wilcoxon signed rank test)로 유의수준 0.01 이하에서 귀무가설을 채택하였다.

결과

1. 각 군에서 최대 변위 차이

C/B, C/B&W와 B/B&W에서의 최대 변위 차이를 각 환자에서 살펴보면 다음과 같다(Fig. 4). 1, 2, 6번째 환자에서는 브라켓을 부착한 후(C/B)에 최대 변위 차이가 가장 컸고, 브라켓을 부착한 후에 교정용 와이어를 삽입한 경우(B/B&W)에 가장 작은 값을 보였다. C/B, C/B&W와 B/B&W의 값은 1군에서 1.13, 1.05, 0.81이며, 2군에서 0.72, 0.72, 0.52 였고, 6군에서 0.97, 0.94, 0.81이었다. 3, 4, 5, 7번째 환자에서는 C/B&W에서 최대 변위 차이가 가장 큰 값을 보였고, B/B&W에서 가장 작은 값을 보였다. C/B, C/B&W와 B/B&W의 값은 3군에서 0.73, 0.94, 0.82이며 4군에서 0.8, 0.89, 0.75이며 5군에서 0.69, 0.76, 0.68이고 7군에서 0.86, 0.99, 0.77이었다. 위 데이터를 통하여 치아에 브라켓을 부착하거나, 교정용 와이어를 삽입했을 때의 영향을 볼 수 있었다.

2. 최대 변위 차이와 평균 변위 차이

최대 변위 차이 값에서는 B/B&W 값이 C/B, C/B&W와 비교했을 때 가장 낮았다(Fig. 5). 평균 변위 차이는 C/B, C/B&W와 B/B&W 사이에서 통계학적인 차이는 없었다. 중첩한 두 스캔 영상들이 일치함을 귀무가설로 정하고 유의수준 0.01 이하에서 통계 처리하였을 때 연구 초기에 세운 귀무가설이 채택되었다. 즉 교정용 브라켓과 교정용 호선의 장착 유무는 구강 내 3차원 디지털 영상의 정확도에 임상적으로 유의할 만한 영향을 미치지 않았다.

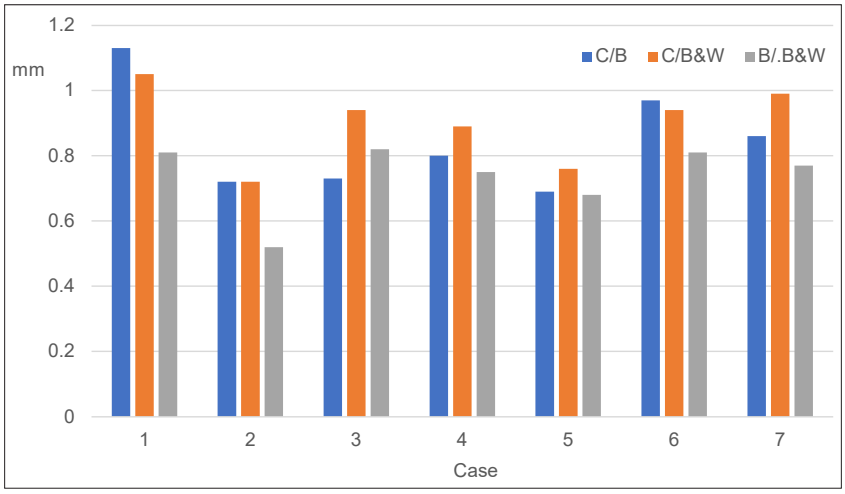

Figure 4. Mean maximum discrepancy values between before (C) and after bracket placement (B), between before bracket placement (C) and after insertion of orthodontic wire on bracket (B&W), and after bracket placement (B) and after insertion of orthodontic wire on bracket (B&W) show different characteristics.

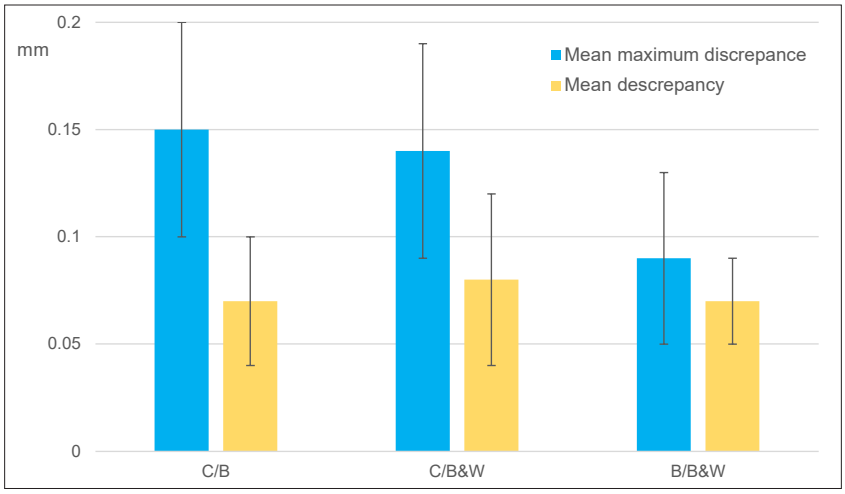

Figure 5. Mean maximum discrepancy values and mean discrepancy values show disparity between before (C) and after bracket placement (B), between before bracket placement (C) and after insertion of orthodontic wire on bracket (B&W), and after bracket placement (B) and after insertion of orthodontic wire on bracket (B&W).

고찰

본 실험은 교정용 브라켓과 교정용 호선이 삽입된 경우에 구강내 스캔의 정확도를 평가하기 위하여 진행하였다. 교정용 브라켓을 부착하거나(C/B) 교정용 호선이 삽입된 후(C/B&W)에 최대 변위 차이 값이 컸다. 교정용 브라켓 부착한 후와 교정용 호선 삽입 후의 최대 변위 차이 값(B/B&W)은 다른 범주의 값들과 비교할 때 제일 낮은 값을 보였다. 즉 교정용 브라켓 부착한 후와 교정용 호선이 삽입된 후를 중첩했을 때 최대 변위 차이 값의 변화가 가장 적었다.

3D 중첩 분석 프로그램을 통해 최대 변위 차이와 평균 변위 차이 값을 구할 수 있다[15]. 10번 중첩한 3D 이미지의 최소제곱법에 의한 값의 평균값을 이번 실험에서 사용하였으며 이는 변위의 전체 절대값(total absolute amount of discrepancies)을 의미한다. 대부분의 부위에서 평균 변위 차이 값은 작으나, 불규칙적으로 큰 값을 보이는 경우가 있는데 이는 이미지의 중

요한 부분에서 최대변위가 일어난 것으로 구강내에서 스캔한 부위의 이미지 영상의 질이 떨어지는 경우이다. 이럴 경우에는 다시 스캔을 해서 임상적 오류가 없도록 주의해야 한다.

스캐너의 종류에 따른 정확도를 측정한 연구들에서 보면 CS3600(Care-stream Dental, Atlanta, USA)이 높은 정확도를 보였다[16-18]. 이는 인공 타액이 있는 모델에서 진행된 실험들이었다. 스캐너들 사이에 정확성의 차이가 존재하지만, 스캐너 자체의 차이 보다는 사용한 인공 타액의 두께 차이에 의한 오류에 기인한다고 볼 수 있다. 부위에 따라서 인공 타액은 교정용 브라켓에 1600um의 두께로 덮힐 수 있으며, 이런 경우에 스캔한 이미지의 최대 변위 차이를 야기할 수 있다[19]. 또한, 인공 타액에 의해 형성된 버블이 스캔하는 영상에 잡힐 경우에 전체 변위 차이에 영향을 줄 수 있다. 본 실험에서 보이는 변위의 차이의 일부도 교정용 브라켓을 덮은 타액의 차이로부터 기인했다고 사료된다.

본 실험에서 사용된 Trios 3을 인공 타액이 있는 제작된 모델에서 스캔했을 경우에 최대 변위 차이를 보인 것은 레진이었고 그 다음이 메탈, 세라믹 브라켓 순이었다[12,18,19]. 즉, 사용한 교정용 브라켓의 종류에 따라서 스캔의 정확성에 차이를 보였다. 인공 타액이 있는 모델에서 메탈 브라켓이 쉽게 스캔 되지 않아서 여러 차례의 스캔 과정을 통해서 이미지를 완성했다는 보고가 있었다[18]. 본 실험에서 구강 스캐너를 이용하여 환자에서 직접 스캔할 때 스캔 횟수를 반복하는 경우는 있었지만 완성도 있는 이미지를 얻을 수 있었다. 알려진 대로 구강 스캐너를 이용할 경우에는 제한된 공간, 주변 연조직, 타액과 보철 수복물 등이 스캔의 정확도에 영향을 미칠 수 있다[4,17,20]. 이런 환경적 한계들이 구강 스캐너들의 정확성에 미치는 영향에 관한 여러 보고들이 있으나 대부분의 연구는 인공 타액이 없는 모델 위에서 스캔한 것들이다[8,21-23]. 정확도와 신뢰도를 갖춘 실용적인 스캐너들에 대한 구강 스캐너에 관한 지속적인 연구가 필요하다. 구강 내 보철물의 스캔 정확성에 대한 연구와 더불어 교정용 브라켓이 장착된 경우에 정확하게 재현할 수 있는 스캐너의 개발이 필요하다. 또한, 중첩할 때의 차이를 나타내는 여러 용어들이 사용되고 있는데 광범위한 실험을 통하여 이들 용어의 정리가 필요하다[11,15,16].

교정용 브라켓과 교정용 호선의 장착 유무는 구강 내에서 스캔한 3차원 디지털 영상의 정확도에 임상적으로 유의할 만한 영향을 미치지 않는다는 결과를 통해, 교정치료 중에도 구강 스캐너를 이용하여 영상을 획득하는 과정이 인상 채득 하는 과정을 대체할 수 있게 될 것으로 사료되며 폭넓은 실험을 통하여 스캐너의 정확도와 재현성에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Conflicts of Interest: None

References

1. Ender A, Mehl A. Full arch scans: conventional versus digital impressions - an in-vitro study. Int J Comput Dent 2011; 14: 11-21.
2. Dalstra M, Melsen B. From alginate impressions to digital virtual models: accuracy and reproducibility. J Orthod 2009; 36: 36-41.
3. Wiranto MG, Engelbrecht WP, Tutein Nolthenius HE, van der Meer WJ, Ren Y. Validity, reliability, and reproducibility of linear measurements on digital models obtained from intraoral and cone-beam computed tomography scans of alginate impressions. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2013; 143: 140-7.
4. Flugge 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.
5. Grunheid 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.
6. Aragon 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.
7. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Diagnostic accuracy and measurement sensitivity of digital models for orthodontic purposes: a systematic review. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2016; 149: 161-70.
8. Goracci C, Franchi L, Vichi A, Ferrari M. Accuracy, reliability, and efficiency of intraoral scanners for full-arch impres-

sions: a systematic review of the clinical evidence. Eur J Orthod 2016; 38: 422-8.
9. Jung YR, Park JM, Chun YS, Lee KN, Kim M. Accuracy of four different digital intraoral scanners: effects of the presence of orthodontic brackets and wire. Int J Comput Dent 2016; 19: 203-15.
10. Park JM, Choi SA, Myung JY, Chun YS, Kim M. Impact of othodontic backets on the itraoral scan data accuracy. Biomed Res Int 2016; 2016: 5075182.
11. 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.
12. 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: 93-101.
13. Vogel AB, Kilic F, Schmidt F, Rubel S, Lapatki BG. Optical 3D scans for orthodontic diagnostics performed on full-arch impressions. Completeness of surface structure representation. J Orofac Orthop 2015; 76: 493-507.
14. Nedelcu R, Olsson P, Nyström I, Rydén J, Thor A. Accuracy and precision of 3 intraoral scanners and accuracy of conventional impressions: a novel in vivo analysis method. J Dent 2018; 69: 110-8.
15. 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.
16. Renne W, Ludlow M, Fryml J, Schurch Z, Mennito A, Kessler R, Lauer A. Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: an in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons. J Prosthet Dent 2017; 118: 36-42.
17. Treesh JC, Liacouras PC, Taft RM, Brooks DI, Raiciulescu S, Ellert DO, Grant GT, Ye L. Complete-arch accuracy of intraoral scanners. J Prosthet Dent 2018; 120: 382-8.
18. Song J, Kim M. Accuracy on scanned images of full arch models with orthodontic brackets by various intraoral scanners in the presence of artificial saliva. Biomed Res Int 2020; 2020: 2920804.
19. Kurz M, Attin T, Mehl A. Influence of material surface on the scanning error of a powder-free 3D measuring system. Clin Oral Investig 2015; 19: 2035-43.
20. Zimmermann M, Mehl A, Mormann WH, Reich S. Intraoral scanning systems - a current overview. Int J Comput Dent 2015; 18: 101-29.
21. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. BMC Oral Health 2017; 17: 149.
22. 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. e1.
23. Di Fiore A, Meneghello R, Graiff L, Savio G, Vigolo P, Monaco C, Stellini E. Full arch digital scanning systems performances for implant-supported fixed dental prostheses: a comparative study of 8 intraoral scanners. J Prosthodont Res 2019; 63: 396-403.