

# 디지털 구강스캐너로 모형 없이 제작한 전부지르코니아 수복물의 변연 및 내면 적합도 평가

이종원<sup>1</sup> · 박지만<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>이대목동병원 치과보철과, <sup>2</sup>관악서울대학교치과병원 치과보철과, 치학연구소

## Evaluation of marginal and internal gap under model-free monolithic zirconia restoration fabricated by digital intraoral scanner

Jong-Won Lee<sup>1</sup>, Ji-Man Park<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Prosthodontics, Ewha Womans University Mokdong Hospital, Seoul, Republic of Korea

<sup>2</sup>Department of Prosthodontics and Dental Research Institute, Seoul National University Gwanak Dental Hospital, Seoul, Republic of Korea

**Purpose:** The aim of this study was to evaluate the marginal and internal adaptation of monolithic zirconia restoration made without physical model by digital intraoral scanner. **Materials and methods:** A prospective clinical trial was performed on 11 restorations as a pilot study. The monolithic zirconia restorations were fabricated after digital intraoral impression taking by intraoral scanner (TRIOS, 3shape, Copenhagen, Denmark), computer-aided designing, and milling manufacturing process. Completed zirconia crowns were tried in the patients' mouth and a replica technique was used to acquire the crown-abutment replica. The absolute marginal discrepancy, marginal gap, and internal gap of axial, line angle, and occlusal part were measured after sectioning the replica in the mesiodistal and buccolingual direction. Statistical analysis was performed using Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U test ( $\alpha=.05$ ). **Results:** From the adaptation analysis by replica, the statistically significant difference was not found between mesiodistal and buccolingual sections ( $P>.05$ ), but there was significant difference among the measurement location ( $P<.01$ ). The amount of absolute marginal discrepancy was larger than those of marginal gap and internal gap ( $P<.01$ ). **Conclusion:** Within the limitations of this study, the adaptation accuracy of model-free monolithic zirconia restoration fabricated by intraoral scanner exhibited clinically acceptable result. However, the margin of zirconia crown showed tendency of overcontour and cautious clinical application and follow up is necessary. (*J Korean Acad Prosthodont* 2016;54:210-7)

**Keywords:** Intra-oral scanner; Computer aided design-computer aided manufacturing (CAD-CAM); Model-free prosthesis; Replica technique

### 서론

1886년 Land에 의해 전부도재관이 처음 소개된 이후로 치아 색 수복물을 위한 세라믹 재료 발달은 끊임없이 이루어져 왔다. 그 중 최근에 관심을 받고 있는 재료는 지르코니아이다. 지르코니아는 심미적인 점 외에도 생체적합성이 우수하고, 산과

알칼리에 대한 부식 저항성도 뛰어나며, 전기적 절연성과 낮은 열전도율을 가지고 있다.<sup>1,3</sup> 또한 강도, 파절인성, 내마모성과 같은 기계적 물성이 현저하여 구치부의 전부도재 수복물로서 사용할 수 있다.<sup>4</sup> 지르코니아 코팅 위에 축성하는 장식형 도재가 박리되거나 깨져나가는 현상이 보고되어,<sup>5,8</sup> 소구치 후방의 비심미영역에서는 단일관 전체를 지르코니아로 제작하는 전

\*Corresponding Author: Ji-Man Park

Department of Prosthodontics and Dental Research Institute, Seoul National University Gwanak Dental Hospital, Building 86, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 08826, Republic of Korea

+82 (0)2 6747 6114; e-mail, jimarn@gmail.com

Article history: Received February 16, 2016 / Last Revision April 11, 2016 / Accepted April 12, 2016

※ This work was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF), funded by the Ministry of Science, ICT, and Future Planning (NRF-2013R1A1A1076022).

© 2016 The Korean Academy of Prosthodontics

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

부 지르코니아관(monolithic zirconia crown)이 최근 많이 사용되고 있는데, 상부도재 파절이 없으며 대합 자연치아에 대한 마모가 적은 장점이 있다.<sup>9,10</sup>

지르코니아 블록을 밀링 가공하기 위해서는 디자인된 수복물의 형태 정보를 수치화하여 밀링머신에 입력해야 하는데, 원하는 수복물의 디자인을 하기 전에 구강 내 지대치의 형태 정보를 디지털로 변환하는 작업이 필요하다. 2000년대 초반 이 작업은 인상재로 인상을 채득하고, 석고를 부어 모형을 만든 후, 기공실용 디지털 스캐너를 통하여 이루어졌다.<sup>2,11,12</sup> 최근에는 기술의 발달로 인하여 구강스캐너가 소개되었고, 수복 치료의 작업흐름(workflow)을 단축시킬 수 있게 되었다.

구강스캐너의 정확성에 대하여 Ender와 Mehl<sup>13</sup>은 금속모형에서 통상적 인상으로 얻은 석고모형을 레퍼런스 스캐너와 구강스캐너 CEREC AC Bluecam (Sirona, Bensheim, Germany)과 Lava C.O.S (3MESPE, St. Paul, MN, USA)로 스캔한 데이터를 비교하였을 때 서로 비슷한 정확성을 보였다고 하였다. Seelbach 등<sup>14</sup>은 금속모형을 CEREC AC Bluecam, Lava C.O.S, iTero (Cadent, NJ, USA) 등의 구강스캐너 3종으로 디지털 스캔 방법과 폴리비닐실록산 실리콘으로 통상적 인상채득한 방법으로 수복물을 제작한 후 적합도를 비교하였을 때, 내면간극과 변연 정확도에서 두 군이 서로 유사한 결과를 보였다고 보고하였다. 이는 정확성 측면에 있어 디지털 인상법을 적용하고 그 데이터를 바탕으로 수복물을 제작하는 방법의 임상 적용 가능성을 보여준다.

디지털 구강스캔법으로 제작한 수복물과 전통적 인상채득으로 만든 수복물을 비교하는데 가장 정확한 방법은, 각 군의 시편을 지대치에 시멘트 접착한 후 이를 절단(section)하여 비교하는 것이지만, 절단된 수복물의 재활용이 어렵고, 지대치를 절단해야 하기 때문에 임상 연구로는 적절치 않다는 실질적인 어려움이 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로 레플리카 술식(replica technique)이 소개되었다. 레플리카 술식은 수복물 내부에 흐름성이 좋은 저점도의 실리콘 재료를 주입하여 지대치에 장착하고 경화시간이 끝나면 시멘트 공간을 채운 실리콘 재료가 수복물에서 떨어지지 않도록 조심해서 지대치에서 제거한 후, 수복물 내부에 또 다른 폴리비닐실록산 실리콘 재료를 주입하여 지대치를 재현하는 것이다. 복제물(replica)을 절단하여 시멘트 역할을 한 실리콘의 두께를 측정하여 보철물의 변연간극과 내면간극을 측정할 수 있다. 레플리카 술식의 신뢰도와 정확도에 대하여 여러 문헌에서 믿을만하다고 보고하고 있다.<sup>15-19</sup> Syrek 등<sup>20</sup>의 *in vitro* 연구에서 Lava C.O.S 구강스캐너로 디지털 인상을 채득한 군과 폴리비닐실록산 실리콘으로 전통적인 인상을 채득한 군에서 각각 지르코니아 코핑을 제작하여 레플리카 술식으로 평가한 결과 구강스캐너 군에서 더 작은 변연간극을 보였다.

임상적으로 디지털 구강인상 술식을 적용할 때 중요한 것은 구강인상 데이터가 실제 지대치의 형태를 얼마나 정확하게 표현하는지의 진도(trueness)와, 그 장비의 반복 정확성이 어느 정도인가의 정밀도(precision) 뿐만 아니라 CAD-CAM 제작 과정을

통하여 완성된 수복물의 적합도이다. 변연간극(marginal gap)과 내면간극(internal gap)은 장기적으로 오래 가는 수복물을 위한 중요한 요소이다. 환자를 대상으로 한 임상 연구로서 구강스캐너로 채득한 디지털 데이터로 석고모형 없이 제작한 전부지르코니아관(monolithic zirconia restoration)의 변연간극과 내면간극을 평가한 연구는 많지 않다.

본 연구의 목적은 구강스캐너로 자연치 수복치료를 하는 환자를 대상으로, 모형 없는(model-free) 술식으로 만든 전부지르코니아 수복물을 구강 내에 직접 장착할 때의 적합도를 분석하여 임상 적용의 가능성을 평가하는 것이다. 이를 위해 레플리카 술식으로 전부지르코니아 수복물의 변연오차(absolute marginal discrepancy), 변연간극 및 내면간극을 비교 평가하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상

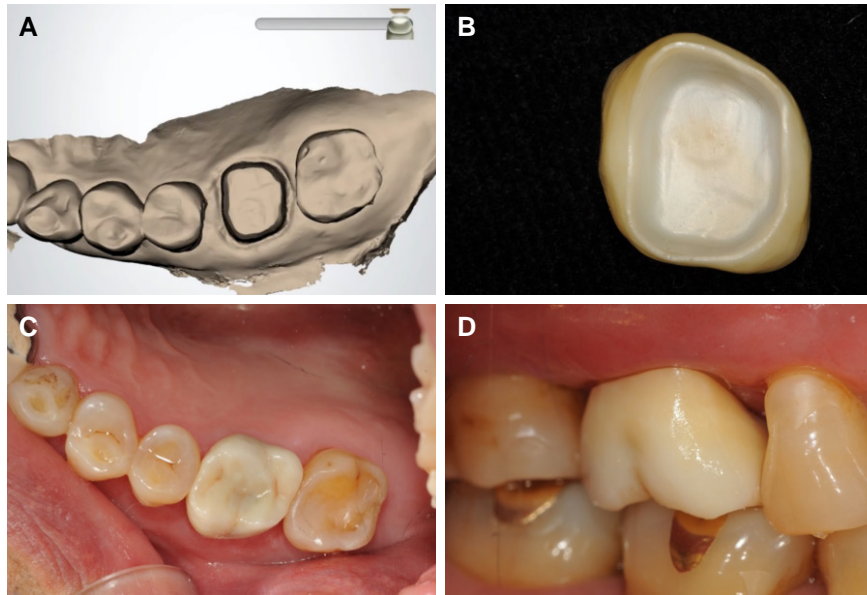
본 연구는 이화여자대학교 목동병원 Institutional Review Board의 승인(EUMC 2014-05-006)을 받았다. 치아우식이나 치아파절로 인해 치아 삭제 및 보철 수복이 필요한 환자를 대상으로 하였으며, 선정 기준은 '만 19세 이상의 대상 질환에 의해 치아를 수복해야 하는 환자로, 본 임상연구의 취지에 자발적으로 동의하고 제외 기준에 해당되지 않는 자'로 하였다. 제외기준은 '치주염이 심하여 발치해야 하는 자, 그리고 우식이 심하여 보철물로 수복하지 못하고 발치해야 하는 자'로 설정하였다. 피험자 모집을 한 결과 총 9명(남자 4명, 여자 5명)의 환자들이 모집되었다. 평균나이는 48세이었고, 특별한 전신질환을 가진 피험자는 없었다. 제작한 수복물은 총 11개로서, 지대치의 변연 형태는 chamfer 디자인으로 치아형성을 하였다. 본 연구는 본격적인 임상연구를 진행하기 전, 표본수를 정하는 검정력을 파악하기 위한 예비연구(pilot study)이었기 때문에 표본수가 많지 않았다.

### 2. 방법

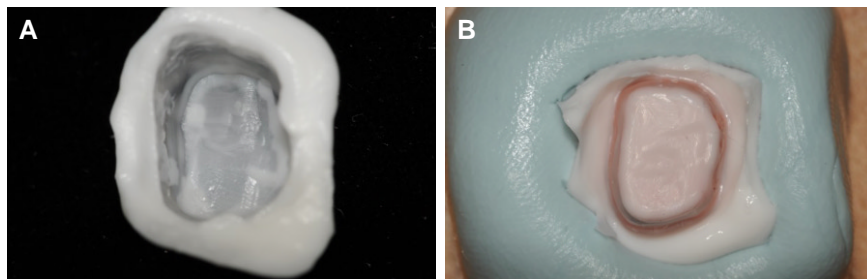
#### (1) 디지털 인상의 채득 및 전부지르코니아 수복물의 제작

TRIOS (3shape, Copenhagen, Denmark) 구강스캐너를 이용하여 디지털 인상을 채득하였다. 전통적인 인상법과 동일하게 치은열구에 치은압배사(Ultrapak, Ultradent Products, South Jordan, UT, USA)를 5분간 삽입 후, 제조회사의 권장대로 스캔을 하였다. 이 과정은 구강스캐너 장비에 능숙한 임상이 1인이 동일한 촬영 조건과 속도로 시행하였다.

스캔된 구강 데이터를 CAD 소프트웨어(Dental System, 3shape)에서 불러들여 수복물 형태를 디자인하였다. 완성된 디자인을 바탕으로 4축 밀링머신(Cameleon 4 Axis, Dentaim, Seoul, Korea)을 이용하여 지르코니아 블록(Z-match Block, Dentaim, Seoul, Korea)을 밀링하였으며, 최종 열처리하여 완성하였다(Fig. 1).



**Fig. 1.** Clinical case of model-free monolithic zirconia crown produced by intraoral scanner. (A) Intraoral scan data, (B) Intaglio surface of completed crown, (C) Occlusal view of monolithic zirconia crown, (D) Lateral view of restoration.



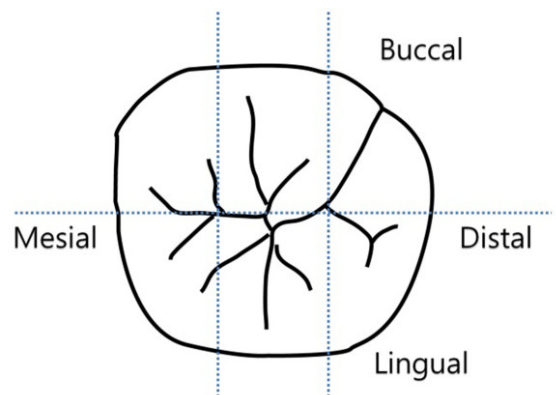
**Fig. 2.** Replica technique procedure to measure the internal fit of monolithic zirconia crown. (A) Internal gap was taken with silicone registration material, (B) Replica was fabricated with silicone stabilizing registration material of different color.

## (2) 수복물 시적 및 레플리카 술식

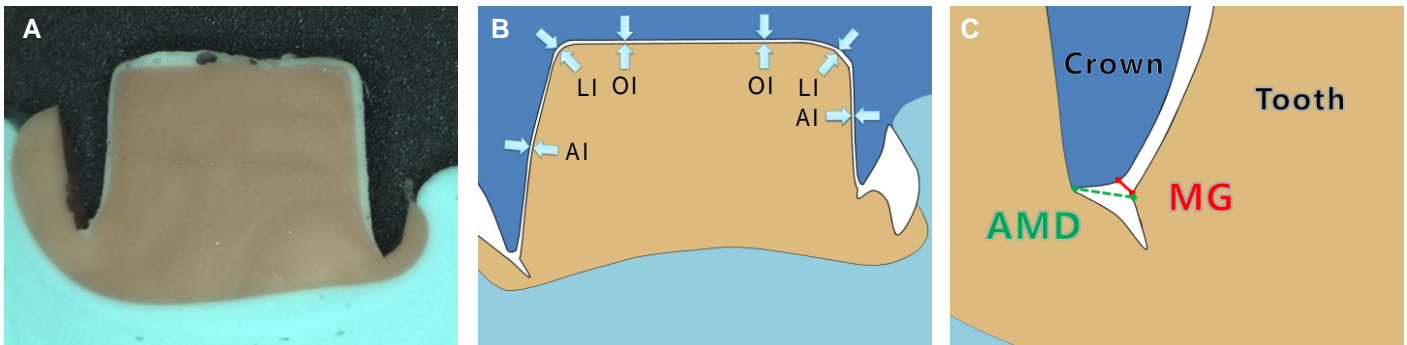
변연 및 내면간극 평가를 위해 레플리카 술식을 사용하였다. 수복물의 접촉점, 변연, 교합 등의 초기 평가 후에 내면인기재 (Fit checker II, GC Corporation, Tokyo, Japan)를 전부지르코니아관 내면에 채우고 지대치에 장착하였다. 경화가 된 2분 뒤에 내면인기재가 손상되지 않도록 조심스럽게 지대치에서 제거하고, 찢어짐이나 기포가 없는지 확인하였다. 내면을 폴리비닐실록산 실리콘(Examixfine Injection type, GC Corporation)으로 채운 뒤 베이스를 퍼티 타입 실리콘(Exafine Putty type, GC Corporation)으로 보강하였다 (Fig. 2).

## (3) 내면적합도 측정 및 분석

레플리카 시편을 근원심으로 1회, 협설로 2회 절단하여 단면을 얻었다 (Fig. 3). 각 절단면의 간극 측정을 위해 실체현미경 (SMZ-168-TL, Motic Inc., Wetzlar, Germany) 상에서 사진을 얻었다. 디지털 현미경 카메라(Moticam 3, Motic Inc., Wetzlar, Germany)로 촬영 전에 금속 자를 레퍼런스로 삼아 길이 보정을 하였고, 측



**Fig. 3.** Intersections of the replica preparation for microscopic measurement.



**Fig. 4.** Cross-section of replica specimens. (A) Buccolingual section,  $\times 30$ , (B) Schematic diagram,  $\times 30$ , (C) Magnified diagram of B,  $\times 100$ .

AMD: absolute marginal discrepancy, MG: marginal gap, AI: axial internal gap, LI: line angle internal gap, OI: occlusal internal gap.

정 소프트웨어(ImageJ version 1.47, National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA)를 이용하여 변연적합도와 내면간극을 측정하였다. 변연적합도는 Holmes 등<sup>21</sup>의 분류에 근거하여 변연오차와 변연간극으로 나누어 측정하였다 (Fig. 4). 레플리카에서 시행한 측정 항목은 아래와 같다.

- \* 변연오차(absolute marginal discrepancy): 치아의 변연 끝에서 보철물의 변연 끝까지의 거리
- \* 변연간극(marginal gap): 치아의 변연 끝에서 보철물의 내면까지의 수직거리
- \* 축벽부 내면간극(axial internal gap): 지대치 길이방향의 중앙에서 치아의 축벽과 보철물 내면 간의 수직거리
- \* 선각부 내면간극(line angle internal gap): 축벽과 교합면의 이행부위의 치아면에서 보철물 내면까지의 수직거리
- \* 교합면부 내면간극(occlusal internal gap): 교합면을 3등분했을 때 측정부에 가까운 1/3 위치의 치아면에서 보철물 내면까지의 수직거리

#### (4) 통계분석

레플리카 시편으로부터 측정된 데이터는 통계 소프트웨어(SPSS Ver. 20.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 평균과 표준편차를 구하였다. 변연오차와 변연간극 간의 차이, 그리고 축벽부, 선각부, 교합면부에서의 내면간극 차이를 평가하기 위해 Mann-Whitney U 검정과 Kruskal-Wallis 검정을 수행하였다( $\alpha = .05$ ).

#### 결과

구강스캐너로 모형 없이 제작한 전부지르코니아관을 대상으로 레플리카를 통해 간접 측정한 변연오차, 변연간극, 그리고 축벽부, 선각부, 교합면부 내면간극의 평균 및 표준편차는 Table 1과 같다. 변연오차의 평균은  $222 \pm 115 \mu\text{m}$ 이었고, 변연간극은  $101 \pm 60 \mu\text{m}$ , 그리고 내면간극은  $90 \pm 37 \mu\text{m}$ ,  $120 \pm 71 \mu\text{m}$ ,  $105 \pm 64 \mu\text{m}$  (축벽부, 선각부, 교합면부)이었다. 협설, 근원심에

**Table 1.** Mean marginal and internal fit of monolithic zirconia restorations made from intraoral scan data without physical model

	Absolute discrepancy marginal	Marginal gap ( $\mu\text{m}$ )				Internal gap ( $\mu\text{m}$ )				
		Marginal gap	Overall	P value	Axial	Line angle	Occlusal	Overall	P value	
Mesial	$197.9 \pm 148.7^a$	$85.2 \pm 65.1^b$	$141.5 \pm 126.0$	.025*	$88.9 \pm 44.1$	$102.2 \pm 50.7$	$100.8 \pm 58.5$	$97.3 \pm 50.2$	.765	
Distal	$264.8 \pm 136.7^a$	$127.9 \pm 58.1^b$	$196.4 \pm 124.1$	.005*	$91.2 \pm 20.1$	$124.7 \pm 77.7$	$131.3 \pm 95.7$	$115.7 \pm 72.1$	.522	
Mesiobuccal	$227.7 \pm 132.7^a$	$100.6 \pm 52.9^b$	$164.2 \pm 118.1$	.011*	$86.0 \pm 38.2$	$121.1 \pm 59.5$	$84.9 \pm 45.6$	$97.3 \pm 50.0$	.104	
Mesiaolingual	$211.7 \pm 92.6^a$	$91.0 \pm 58.4^b$	$151.4 \pm 97.6$	.003*	$83.7 \pm 33.4$	$124.0 \pm 72.4$	$108.8 \pm 73.1$	$105.5 \pm 62.8$	.352	
Distobuccal	$254.7 \pm 76.1^a$	$114.9 \pm 80.4^b$	$184.8 \pm 104.7$	.002*	$100.7 \pm 53.3$	$130.5 \pm 93.2$	$96.0 \pm 77.4$	$109.1 \pm 75.6$	.341	
Distolingual	$177.7 \pm 85.3^a$	$84.3 \pm 34.8^b$	$131.0 \pm 79.5$	.005*	$87.0 \pm 26.2$	$119.5 \pm 81.1$	$112.5 \pm 84.2$	$106.3 \pm 68.4$	.647	
Overall	$222.4 \pm 115.2^a$	$100.7 \pm 59.7^b$	$161.5 \pm 109.9$	<.001*	$89.6 \pm 36.5^b$	$120.3 \pm 71.4^a$	$105.7 \pm 72.8^b$	$105.2 \pm 63.5$	.019*	
P value	.348	.485	.269		.927	.961	.803	.881		

\*Statistically significant if  $P < .05$ ; ab, letters indicate a homogenous subset of groups.



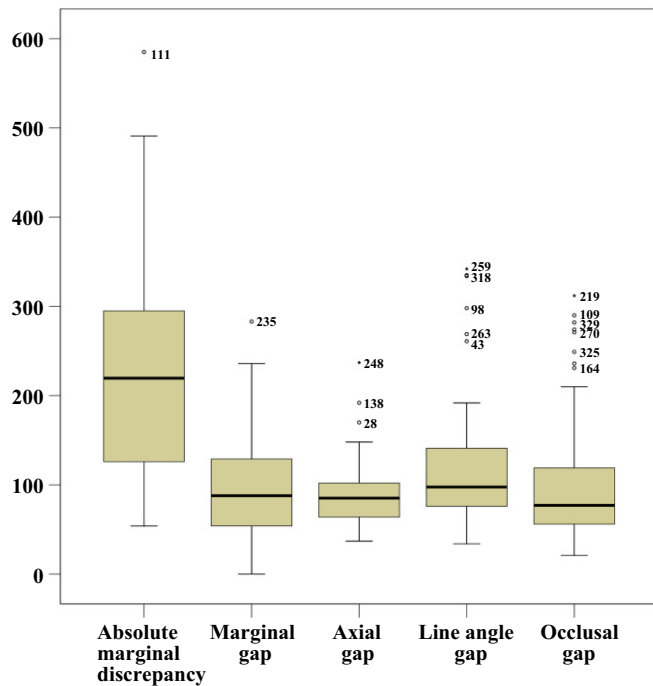


Fig. 5. Box plot of mean marginal and internal fit of monolithic zirconia restorations made from intraoral scan data without physical model.

따른 절단면 위치에 따라서는 원심과 원심협측에서 큰 경향을 보였으나, 통계적으로는 유의하지 않았다 ( $P > .05$ ). 적합도 측정 위치에 따른 비교 시 변연오차가 변연간극과 보다 더 큰 값을 가졌으며, 내면간극 중에서는 선각부가 다른 부위보다 더 컸다 ( $P < .05$ ) (Fig. 5).

## 고찰

McLean과 von Fraunhofer<sup>22</sup>은 전통적인 주조관의 변연간극과 내면간극이 100 - 120  $\mu\text{m}$ 일 때 임상적으로 허용 가능하다고 보고하였다. 전부도재관은 변연간극의 임상적 허용범위가 전통적인 방식대로 제작되는 경우 1 - 161  $\mu\text{m}$ ,<sup>23,24</sup> CAD-CAM 방식으로 제작되는 경우 17 - 118  $\mu\text{m}$ 로 보고되고 있다.<sup>25-31</sup> 구강스캐너로 디지털인상을 채득하여 제작한 수복물의 변연간극을 보고한 기존 연구를 보면, Brawek 등<sup>32</sup>은 실제 환자를 대상으로 한 연구에서 Lava C.O.S.의 경우, 변연간극이 51  $\mu\text{m}$  (Min: 0  $\mu\text{m}$ , Max: 213  $\mu\text{m}$ ), 내면간극은 130  $\mu\text{m}$  (Min: 0  $\mu\text{m}$ , Max: 257  $\mu\text{m}$ ), CEREC AC Bluecam은 변연간극이 83  $\mu\text{m}$  (Min: 4  $\mu\text{m}$ , Max: 236  $\mu\text{m}$ ), 내면간극은 129  $\mu\text{m}$  (Min: 23  $\mu\text{m}$ , Max: 314  $\mu\text{m}$ )이었다고 보고하였다. 본 연구에서 변연간극은 평균 100.7  $\mu\text{m}$  (Min: 0  $\mu\text{m}$ , Max: 283  $\mu\text{m}$ ), 내면간극은 105.2  $\mu\text{m}$  (Min: 21  $\mu\text{m}$ , Max: 342  $\mu\text{m}$ )으로, 변연간극의 경우 기존 연구들에 비해 다소 컸으나 임상적으로 허용가능한 범위에 속하였다. 기존 연구들에서는 내면간극이 변연간극보다 큰 경향을 보였으나, 본 연구에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 밀링가공

전에 소프트웨어 상에서 접착제 공간을 설정할 때 변연부보다 측벽부를 10  $\mu\text{m}$  더 크게 설정을 했음에도 불구하고 이러한 결과를 보인 것은 본 임상연구에서 연구자가 환자의 지대치 형성 시 지대치 기울기(taper)가 적은 엄격한 치아삭제를 하였고, 밀링가공 장비에서 삭제 툴의 크기를 가장 작은 단위까지 사용하였기 때문으로 판단된다.

변연간극과 내면간극 각 측정항목에서의 협설, 근원심측의 절단면별 비교 결과 유의한 차이가 발견되지 않았다. 이전 연구<sup>33</sup>에서 전통적 방법으로 인상채득하여 제작한 금합금관, 지르코니아관, 밀링가공 금속관의 변연간극을 비교하여 보고하였는데, 밀링가공 금속관 군이 원심단면에서 비열등성 한계를 넘지 못하였으며, 이 연구결과와는 상반된 결과이다. 그 이유로서 원심변연측에는 실리콘 인상재가 잘 흘러들어가는지 눈으로 확인하지 못하는 경우가 있는 반면, Trios 구강스캐너로는 스캐너 팁을 근원심치열 방향에 직각으로 위치한 채로 스캐너를 회전하면서 지대치의 원심 변연에 접근이 가능하였고, 본 연구에서 원심 변연을 모니터 상에서 매번 확인하였기 때문으로 생각할 수 있다.

변연간극의 최대치에 대해서는 임상적으로 허용 가능한 합의된 보고가 없어서 본 연구결과가 부적절하다고는 말할 수 없으나, McLean이 언급한 임상적으로 허용 가능하다고 통상적으로 판단하는 100 - 120  $\mu\text{m}$ 보다 큰 수치를 보였다. 이는 앞에서 언급한 기존의 연구 결과와 마찬가지로 이치이다. 변연간극이 크면 그만큼 루팅 접착제의 용해 가능성 및 지대치가 이차우식에 이환될 가능성이 커지기 때문에, 장기간의 성공에 문제를 가져올 수 있으므로, 주의 깊은 추적관찰이 필요할 것으로 사료된다.

변연오차는 변연 부위에서의 전체적인 부적합(misfit)을 반영하기 때문에 임상적으로 중요하다. 변연부에서의 수복물과 지대치 간 부적합 형태는 Holmes 등<sup>21</sup>이 간극오차와 연장오차의 관점에서 여섯 가지 카테고리로 분류하여 보고하였다. 기본적으로 변연간극은 접착제 용해 측면에서 중요하게 고려되어야 하는데, 이와 별개로 변연간극이 0으로 수렴하더라도 변연오차가 큰 차이를 보일 경우 변연이 과풍용되거나 저연장된 것이라고 하였다. 과풍용의 경우 치은 건강에 좋지 않으며, 저연장된 변연에도 치태 침착의 문제가 생길 수 있다고 하였다. 수복물과 지대치의 형태를 고려할 때 변연간극보다 변연오차가 크거나 같은 것이 보통인데, 본 연구에서는 Holmes가 제시한 카테고리 중에서 변연간극이 존재하면서 과풍용된 형태의 부적합 사례가 가장 많았으며, 레플리카 측정 결과 변연오차의 평균이 222  $\mu\text{m}$ 로 변연간극보다 큰 값을 보였다. Kohorst 등<sup>34</sup>은 서로 다른 CAD-CAM 시스템과 재료를 대상으로 한 연구에서 변연오차를 보고하였는데, 완전소결 지르코니아 블록 (fully sintered zirconia block) 군의 경우 평균 52.7  $\mu\text{m}$  (Min: 23.3  $\mu\text{m}$ , Max: 103.9  $\mu\text{m}$ )이었지만, 반소결 지르코니아 블록(partially sintered zirconia block)을 사용한 세 군의 변연오차는 185.4 - 190.4  $\mu\text{m}$ 의 범위였고, 그 중 한 군의 최대값은 308.5  $\mu\text{m}$ 에 달하였다. 본 연구에서는 반

소결 지르코니아 블록을 사용하였으며, 변연오차는 기존 연구보다 큰 경향을 보였다. 본 연구에서 변연오차가 큰 과푼용된 보철물이 제작되게 된 원인 요소들을 정리해 보면 구강스캐너와 밀링머신 등의 장비의 정확도, CAD 및 CAM 소프트웨어의 알고리즘 성능, 숙련되지 않은 사용자 등으로 나누어볼 수 있다. 특히 정확한 보철물을 위해 구강스캐너의 성능을 이해하고 스캐너가 인식할 수 있는 정도의 명확한 구강형성, 구강스캐너 자체에 숙련되어 빠짐없이 정확하게 디지털 인상을 형성해야 하는 등의 임상가 측면의 요소가 고려되어야 하며, 획득된 데이터 상에 인기된 마진의 위치를 캐드 소프트웨어에 정확히 설정하고, 교합관계를 정확하게 확인, 그리고 보철물 디자인 시 내면 조정치를 지대치 형태에 맞게 입력해야 하는 등 캐드 디자이너가 가져야 하는 요소를 갖추어야 한다.

본 예비연구에서는 이러한 요소들 중에서 숙련되지 않은 사용자에 대한 영향이 가장 컸다고 판단된다. 전통적인 주조 수복물의 변연은 feather-edge의 형태로도 직접 주조가 가능한 반면 CAD-CAM으로 제작되는 지르코니아 수복물의 변연은 가공 중의 파절을 방지하기 위하여 밀링가공 시에는 변연이 일정 두께로 제작된다. 이후 기공소에서 지르코니아관의 변연을 수작업으로 후가공을 하는데, 이 때 다이 모형이 있으면 치근에서 올라오는 자연스러운 출연형태를 참고로 할 수 있기 때문에 이상적인 두께의 변연 형태를 잡기가 수월하다. 하지만 구강스캐너로 인상채득을 하고, 특별히 모형을 프린트하여 준비하지 않았을 경우에는 다이 모형이 없기 때문에 블라인드 트리밍으로 인해 이상적인 변연의 형태 및 두께를 재현하기가 어렵다. 이러한 이유로 과푼용된 수복물이 환자 구강 내에 시적된 것이라 판단할 수 있다. 설령 구강스캔 데이터를 모형으로 출력하여 후가공에 참고한다 하더라도 한계가 있는데, 통상적인 인상 과정에서 인상재가 치은연하로 흘러들어가서 치근 형태를 어느 정도 깊이까지지는 재현하는 데에 비해, 구강스캐너로 스캔 시에는 광학기술의 한계로 인해 인상재가 인기하는 정도까지 치은연하 치근의 형상을 스캔하는 것이 불가능하다. 따라서 구강스캐너로, 특히 모형 없이 수복물을 제작할 때에 임상가는 이러한 특성을 파악하여 환자 구강 내에서 시적 시에 과푼용의 가능성을 염두에 두어야 할 것이다. 보철물의 과푼용은 주변 치은조직을 압박하거나 하방 치태 침착의 문제를 불러일으킬 수 있으며, 철저한 구강 위생 관리와 정기적인 내원 및 평가가 요구된다.

본 연구에서는 구강스캐너로 디지털 인상을 채득 후 모형을 만들지 않는 개념(model-free concept)으로 제작한 전부지르코니아관의 내면적합도와 내면간극을 레플리카 술식으로 측정하였다. 레플리카 술식은 임상연구에서 환자의 치아를 직접 절단하는 것이 불가능하므로 지대치의 상태를 복제하여 간접적으로 적합도를 분석하는 방법이다. 보철물의 적합도를 분석하는 여러 가지 방법 중 임상연구에서 흔히 사용되는 레플리카 술식을 모형에서만 적용할 수 있는 수복물-다이모형 절단 연구와 비교 시 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 실

리콘 재료의 타입에도 영향을 받지 않았다는 보고가 있다.<sup>16,17</sup> 몇몇 측정치는 접착제 공간을 위해 캐드 소프트웨어상에서 부여한 설정치 보다 작았다. 그 이유로 레플리카 술식을 위해 내면인기재를 수복물에 도포하고 지대치에 시적할 때에, 내부의 접착제를 위한 보상공간이 클 경우 지르코니아관이 정확한 위치에 안착되지 못하고 의도된 위치에서 약간 틀어져서 고정되었을 가능성이 있다. 이렇게 틀어진 양이 미미하기 때문에 술자가 인지하지 못했을 수 있다. 또한 거리 측정 프로그램을 사용하는 과정에서 측거점 선택 시, 픽셀 단위의 측정상의 오차가 생겼을 수 있다.

본 연구는 본격적인 임상연구를 위한 예비연구로서 표본의 수가 적고, 치아 총생, 치관 길이 차이, 악궁 형태 등의 환자 구강 내 조건과 치과적 특성들에 대한 영향을 배제하는 포함 및 제외기준에 대한 고려가 부족했다. 본격적인 임상 연구에서 나타날 수 있는 문제점을 미리 파악하기 위한 목적으로는 충분하나, 구강스캐너로 모형 없이 디지털 기술로만 제작하는 한가지 방식으로 시도했고, 다른 방법과의 비교임상연구가 아니라는 한계가 있다. 하지만 구강스캐너를 사용할 때 지대치가 하나이며, 접촉점 및 교합을 도재 축성으로 형성할 필요가 없는 구치부의 전부지르코니아 증례에서는 모델리스 컨셉의 인상을 흔히 하게 되고, 이에 대한 임상평가를 하였다는 것에 의미가 있다고 사료된다. 앞으로의 연구에서는 적절한 표본수와 환자 특성 및 구강스캐너의 한계점을 고려한 포함 및 제외 기준을 설정하여 변수를 통제하여 진행하여야 할 것이다.

## 결론

본 연구의 한계 내에서 다음의 결론을 얻을 수 있었다. 공초점 스캔원리의 구강스캐너로 모형 없이 전부지르코니아관을 제작 후 환자에 시적한 결과, 변연간극 및 내면간극이 임상적으로 허용 가능한 범위 내에 있었다. 다만 변연오차가 크며, 전체적으로 수복물의 변연부가 과푼용되는 경향을 보여서 이에 대한 주의 깊은 관찰 및 임상 적용이 요구된다.

## ORCID

Ji-Man Park <http://orcid.org/0000-0003-0018-1166>

## References

1. Vagkopoulou T, Koutayas SO, Koidis P, Strub JR. Zirconia in dentistry: Part 1. Discovering the nature of an upcoming bioceramic. *Eur J Esthet Dent* 2009;4:130-51.
2. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials* 1999;20:1-25.
3. Covacci V, Bruzzese N, Maccauro G, Andreassi C, Ricci GA, Piconi C, Marmo E, Burger W, Cittadini A. In vitro evaluation of the mutagenic and carcinogenic power of high purity zirconia ceramic. *Biomaterials* 1999;20:371-6.

4. Koutayas SO, Vagkopoulou T, Pelekanos S, Koidis P, Strub JR. Zirconia in dentistry: part 2. Evidence-based clinical breakthrough. *Eur J Esthet Dent* 2009;4:348-80.
5. Raigrodski AJ, Chiche GJ, Potiket N, Hochstedler JL, Mohamed SE, Billiot S, Mercante DE. The efficacy of posterior three-unit zirconium-oxide-based ceramic fixed partial dental prostheses: a prospective clinical pilot study. *J Prosthet Dent* 2006;96:237-44.
6. Roediger M, Gersdorff N, Huels A, Rinke S. Prospective evaluation of zirconia posterior fixed partial dentures: four-year clinical results. *Int J Prosthodont* 2010;23:141-8.
7. Rinke S, Gersdorff N, Lange K, Roediger M. Prospective evaluation of zirconia posterior fixed partial dentures: 7-year clinical results. *Int J Prosthodont* 2013;26:164-71.
8. Sailer I, Gottnerb J, Kanelb S, Hammerle CH. Randomized controlled clinical trial of zirconia-ceramic and metal-ceramic posterior fixed dental prostheses: a 3-year follow-up. *Int J Prosthodont* 2009;22:553-60.
9. Albashaireh ZS, Ghazal M, Kern M. Two-body wear of different ceramic materials opposed to zirconia ceramic. *J Prosthet Dent* 2010;104:105-13.
10. Jung YS, Lee JW, Choi YJ, Ahn JS, Shin SW, Huh JB. A study on the in-vitro wear of the natural tooth structure by opposing zirconia or dental porcelain. *J Adv Prosthodont* 2010;2:111-5.
11. Suttor D, Bunke K, Hoescheler S, Hauptmann H, Hertlein G. LA-VA—the system for all-ceramic ZrO<sub>2</sub> crown and bridge frameworks. *Int J Comput Dent* 2001;4:195-206.
12. Filser F, Kocher P, Weibel F, Lüthy H, Schärer P, Gauckler LJ. Reliability and strength of all-ceramic dental restorations fabricated by direct ceramic machining (DCM). *Int J Comput Dent* 2001;4:89-106.
13. Ender A, Mehl A. Full arch scans: conventional versus digital impressions—an in-vitro study. *Int J Comput Dent* 2011;14:11-21.
14. Seelbach P, Brueckel C, Wöstmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clin Oral Investig* 2013;17:1759-64.
15. Reich S, Wichmann M, Nkenke E, Proeschel P. Clinical fit of all-ceramic three-unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems. *Eur J Oral Sci*. 2005;113:174-9.
16. Laurent M, Scheer P, Dejou J, Laborde G. Clinical evaluation of the marginal fit of cast crowns—validation of the silicone replica method. *J Oral Rehabil* 2008;35:116-22.
17. Rahme HY, Tehini GE, Adib SM, Ardo AS, Rifai KT. In vitro evaluation of the "replica technique" in the measurement of the fit of Procera crowns. *J Contemp Dent Pract* 2008;9:25-32.
18. Kohorst P, Brinkmann H, Dittmer MP, Borchers L, Stiesch M. Influence of the veneering process on the marginal fit of zirconia fixed dental prostheses. *J Oral Rehabil* 2010;37:283-91.
19. Reich S, Uhlen S, Gozdowski S, Lohbauer U. Measurement of cement thickness under lithium disilicate crowns using an impression material technique. *Clin Oral Investig* 2011;15:521-6.
20. Syrek A, Reich G, Ranfl D, Klein C, Cerny B, Brodesser J. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *J Dent* 2010;38:553-9.
21. Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, Sulik WD. Considerations in measurement of marginal fit. *J Prosthet Dent* 1989;62:405-8.
22. McLean JW, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br Dent J* 1971;131:107-11.
23. Schaerer P, Sato T, Wohlwend A. A comparison of the marginal fit of three cast ceramic crown systems. *J Prosthet Dent* 1988;59:534-42.
24. Pera P, Gilodi S, Bassi F, Carossa S. In vitro marginal adaptation of alumina porcelain ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 1994;72:585-90.
25. Groten M, Girthofer S, Pröbster L. Marginal fit consistency of copy-milled all-ceramic crowns during fabrication by light and scanning electron microscopic analysis in vitro. *J Oral Rehabil* 1997;24:871-81.
26. Sulaiman F, Chai J, Jameson LM, Wozniak WT. A comparison of the marginal fit of In-Ceram, IPS Empress, and Procera crowns. *Int J Prosthodont* 1997;10:478-84.
27. Boening KW, Wolf BH, Schmidt AE, Kästner K, Walter MH. Clinical fit of Procera AllCeram crowns. *J Prosthet Dent* 2000;84:419-24.
28. Suárez MJ, González de Villaumbrosia P, Pradies G, Lozano JF. Comparison of the marginal fit of Procera AllCeram crowns with two finish lines. *Int J Prosthodont* 2003;16:229-32.
29. Yeo IS, Yang JH, Lee JB. In vitro marginal fit of three all-ceramic crown systems. *J Prosthet Dent* 2003;90:459-64.
30. Bindl A, Mörmann WH. Marginal and internal fit of all-ceramic CAD/CAM crown-copings on chamfer preparations. *J Oral Rehabil* 2005;32:441-7.
31. Nakamura T, Tanaka H, Kinuta S, Akao T, Okamoto K, Wakabayashi K, Yatani H. In vitro study on marginal and internal fit of CAD/CAM all-ceramic crowns. *Dent Mater J* 2005;24:456-9.
32. Brawek PK, Wolfart S, Endres L, Kirsten A, Reich S. The clinical accuracy of single crowns exclusively fabricated by digital workflow—the comparison of two systems. *Clin Oral Investig* 2013;17:2119-25.
33. Park JM, Hong YS, Park EJ, Heo SJ, Oh N. Clinical evaluations of cast gold alloy, machinable zirconia, and semiprecious alloy crowns: A multicenter study. *J Prosthet Dent* 2016;115:684-91.
34. Kohorst P, Brinkmann H, Li J, Borchers L, Stiesch M. Marginal accuracy of four-unit zirconia fixed dental prostheses fabricated using different computer-aided design/computer-aided manufacturing systems. *Eur J Oral Sci* 2009;117:319-25.

# 디지털 구강스캐너로 모형 없이 제작한 전부지르코니아 수복물의 변연 및 내면 적합도 평가

이종원<sup>1</sup> · 박지만<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>이대목동병원 치과보철과, <sup>2</sup>관악서울대학교치과병원 치과보철과, 치학연구소

**목적:** 본 연구의 목적은 실제 환자에서 디지털 구강스캐너로 모형 없이 제작한 보철물의 변연 및 내면 적합도를 평가하는 것이다.

**대상 및 방법:** 전향적 임상시험으로 시행한 본 예비 연구는 총 11개의 수복물을 대상으로 하였다. 구강스캐너(TRIOS, 3shape, Copenhagen, Denmark)로 디지털 구강인상을 채득한 후, 캐드 디자인 및 밀링 가공 과정을 통해 전부지르코니아 수복물을 제작하였다. 완성된 지르코니아관을 환자 구강 내에 시적하였고, 레플리카 술식으로 보철물-지대치 복제물을 얻었다. 이를 근원심, 협설 방향으로 잘라 변연오차, 변연간극과 측벽부, 선각부, 교합면부의 내면간극을 측정하였다. 통계처리는 Kruskal-Wallis 검정과 Mann-Whitney U 검정을 이용하여 통계적 유의성을 분석하였다( $\alpha=.05$ ).

**결과:** 복제물을 통한 적합도 분석 결과, 근원심, 협설 절편 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $P>.05$ ). 변연간극에 불일치가 있었으며, 변연 오차가 변연간극 보다 컸다( $P<.01$ ).

**결론:** 본 연구의 한계 내에서, 구강스캐너로 모형 없이 제작한 전부지르코니아 수복물의 적합도는 임상적으로 허용할만한 결과를 보였다. 그러나 지르코니아관의 변연부위가 과푼음되는 경향이 있었으므로 주의 깊은 임상 적용 및 추적 연구가 요구된다. (대한치과보철학회지 2016;54:210-7)

**주요단어:** 구강스캐너; 캐드캠; 모형 없이 제작한 보철물; 레플리카 술식

\*교신저자: 박지만

08826 서울 관악구 관악로 1 관악서울대학교 치과병원 치과보철과, 치학연구소

02 6747 6114; e-mail, jimarn@gmail.com

원고접수일: 2016년 2월 16일 / 원고최종수정일: 2016년 4월 11일 / 원고채택일: 2016년

4월 12일

© 2016 대한치과보철학회

© 이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 3.0 대한민국 라이선스에 따라 이용할 수 있습니다.

※ 이 논문은 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2013R1A1A1076022).