단일 도재 수복물의 가공 정밀도가 변연 및 내면 적합도에 미치는 영향

손큰바다^{1,2} · 유범영^{1,2} · 이규복^{2,3*}

경북대학교 치과대학 ¹치의과학과, ²첨단치과의료기기개발연구소, ³치과보철학교실

Effect of machining precision of single ceramic restorations on the marginal and internal fit

Keunbada Son^{1,2}, Beom-Young Yu^{1,2}, Kyu-Bok Lee^{1,3*}

¹Department of Dental Science, Graduate School, Kyungpook National University, Daegu, Republic of Korea

²Advanced Dental Device Development Institute (A3DI), Kyungpook National University, Daegu, Republic of Korea

³Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyungpook National University, Daegu, Republic of Korea

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the machining precision and the marginal and internal fit of single restorations fabricated with three types of lithium disilicate ceramic blocks and to evaluate the correlation. **Materials and methods:** Single restorations were designed using a CAD software program. The crown designed model file was extracted from the CAD software program. Three types of lithium disilicate blocks (Rosetta; HASS, IPS e.max CAD; Ivoclar vivadent, VITA Suprinity; VITA) were milled using a milling machine. For the fabrication of the crown scanned model file, the intaglio surface of the restoration was digitized using a contact scanner. Then, using the three-dimensional inspection software (Geomagic control X; 3D Systems), the process of the overlap of the crown designed model and the scanned model and 3-dimensional analysis was conducted. In addition, the marginal and internal fit of the crowns was evaluated by a silicone replication method. The difference among three types of single ceramic crown was analyzed using a Kruskal-Wallis H test, and Spearman correlation analysis was performed to analyze the correlation between machining precision and fitness ($\alpha=.05$). **Results:** There was a significant difference in the machining precision and the marginal and internal fit according to the type of ceramic block ($P<.001$). In addition, the machining precision and the marginal and internal fit were positively correlated ($P<.001$). **Conclusion:** The marginal fit of crowns fabricated according to the types of ceramic blocks was within the clinically acceptable range ($< 120 \mu\text{m}$), so it can be regarded as appropriate machining precision applicable to all clinical aspects in terms of the marginal fit. (*J Korean Acad Prosthodont* 2020;58:313-20)

Keywords: Ceramic; Machining precision; Marginal and internal fit; Single restoration

서론

치과용 computer-aided design and computer-aided manufacturing (CAD-CAM) 시스템에서 원내에서의 제작은 소결 시간이 빠르고 심미적인 소재인 리튬 디실리케이트 도재 소재 (lithium

disilicate ceramic material)가 널리 사용되고 있다.¹⁻⁵ 또한 이전의 연구에서 리튬 디실리케이트 소재로 제작된 수복물에서 높은 생존율(survival rate)을 보여 임상적으로 검증되었다.⁶ 그리고 원내(chairside) CAD-CAM 시스템에서는 진료 시간을 줄이기 위해서 4축 밀링 장비를 선호한다.^{4,5,7,8}

*Corresponding Author: Kyu-Bok Lee

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, A3DI, Kyungpook National University, 2177 Dalgubuldaero, Jung-gu, Daegu 41940, Republic of Korea

+82 (0)53 600 7674; e-mail, kblee@knu.ac.kr

Article history: Received July 21, 2020 / Last Revision September 11, 2020 / Accepted September 14, 2020

© 2020 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/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

※ 이 논문은 2020년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제번호: 10062635), 또한 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “국가혁신클러스터사업(P0006691_레이저 활용 수요자 맞춤형 멀티형 핸드피스 시스템 개발)”의 지원을 받아 수행된 연구결과임.

제조공업에서는 대량으로 제작된 제품이 정확하게 제작되었는지를 평가하는 삼차원적 평가가 많이 이루어지고 있다.⁹ 이는 육안검사보다 시간을 절약할 수 있으며, 스캐너의 발전으로 정확한 분석이 가능하다.¹⁰ 마찬가지로 치과용 CAD-CAM 기술의 보급으로 인해 삼차원 데이터의 평가가 수많은 연구에 의해 평가되고 있다.^{4,5} 치과용 CAD-CAM 시스템에서는 디자인된 수복물이 실제로 제작된 수복물과 일치하는 것에 대한 평가가 중요하다.^{4,5,11,12} 일치도가 낮을 경우 수복물의 변연 및 내면 적합도에 영향을 미칠 수 있기 때문이다.^{4,11,12} 가공 정밀도 (machining precision)는 캐드 소프트웨어에서 디자인되었던 것과 제작된 수복물이 얼마나 유사하게 제작되었는지를 나타낸다.^{4,11,12} 그리고 우수한 가공 정밀도를 보여주는 보철물은 구강내 조정 시간이 줄어드는 장점을 가져올 수 있다.^{4,12} 이전의 연구에 따르면 리튬 디실리케이트 블록의 종류에 따라서 제작된 수복물의 가공 정밀도가 달라질 수 있다고 하였다.¹² 그러나 도재 재료의 가공 정밀도와 수복물의 변연 및 내면 적합도의 상관관계에 관한 연구는 여전히 부족하다.

치과용 CAD-CAM 시스템의 발전으로 관련 의료기기의 여러 연구들이 이루어지고 있다.¹³⁻²¹ 여러 연구 중에서도 고정성 수복물의 변연 및 내면 적합도는 성공적인 보철 치료를 위해 가장 중요한 요소 중 하나이다.¹³⁻¹⁶ 우수한 변연 적합도는 건강한 치주상태를 유지하고 레진 시멘트의 용해를 방지한다.^{13,14,16} 그리고 적절한 내면 적합도는 보철물의 탈락 저항력을 증가시켜준다.^{13,16} 이러한 이유로 수복물의 예후를 결정하는 변연 및 내면 적합도의 연구는 많이 이루어지고 있다.^{4,5,13-16} 최근 치과용 CAD-CAM 시스템의 발전으로 고정성 보철물의 변연 적합도는 100 μm 이내의 매우 적은 값을 보여주고 있으며, 대부분의 문헌에서는 100 - 120 μm 아래의 값을 임상적으로 허용 가능한 변연 적합도 값으로 보고되고 있다.^{13,16,17}

이 연구의 목적은 3 종류의 치과용 리튬 디실리케이트 도재로 제작된 단일 수복물의 가공 정밀도와 변연 및 내면 적합도를 평가하고, 가공 정밀도와 적합도의 상관관계를 분석하는 것이다. 따라서 이 연구의 첫 번째 귀무 가설은 3 종류의 치과용 리튬 디실리케이트 도재로 제작된 수복물의 가공 정밀도와 변연 및 내면 적합도는 차이가 없는 것이다. 두 번째 귀무 가설은 가공 정밀도와 변연 및 내면 적합도는 상관관계를 가지지 않는 것이다.

재료 및 방법

샘플 크기를 결정하기 위해서 파일럿 실험을 5회 진행하였고, 검정력 소프트웨어(G*Power v3.1.9.2, Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf, Germany)를 사용하여 20의 샘플 수가 계산되어졌다(actual power = 98.93%; effect size (f) = 0.61; power = 98.9%; α = .05).

산업용 캐드 소프트웨어(SolidWorks Pro 2015, Dassault Systems Solid-Works Corp., Waltham, MA, USA)를 이용하여 단일 수복을 위한 지대치를 설계하였다(높이; 7.5 mm, 수렴

각; 12°, Margin depth; 0.5 mm chamfer).¹² 설계된 지대치는 5축 밀링 장비(RXP200DS, Röders GmbH, Soltau, Germany)를 사용하여, Poly-ether-ketone-ketone (Pekkton, Cendres+Métaux, Biel/Bienne, Switzerland) 소재로 제작하였다. 적합도 평가 시에 근원심 및 협설면의 기준을 위해서 지대치의 근원심 및 협설면 중앙 하방에 기준점을 표기하였다 (Fig. 1). 그리고 구강 스캐너 (EZIS PO, DDS, Seoul, Republic of Korea)를 이용하여 제작된 지대치를 가상 모형으로 디지털화 하였다.

디지털화된 지대치는 치과용 캐드 소프트웨어(EZIS VR, DDS, Seoul, Republic of Korea)에 불러와서 단일 수복물을 디자인하였다. 파일럿 실험을 통해서 수복물 디자인 과정 시에 적절한 내면 설정 값이 정해졌다(시멘트 간격; 80 μm). 그리고 디자인된 가상 수복물은 가공 정밀도 평가에서 기준 데이터로의 사용을 위해서 stereolithography (STL) 파일로 추출되었다.

STL 파일은 4축 밀링 장비(EZIS HM, DDS, Seoul, Republic of Korea)로 이동되었다. 본 연구에서 사용된 4축 밀링 장비는 제조사에 의하면 $\pm 1 \mu\text{m}$ 의 가공 정확도와 최대 63,000 rpm의 스핀들 속도, 그리고 가공 시간은 15 min/unit의 조건에서 사용되었다.⁵ 3 종류의 리튬 디실리케이트 도재 소재(Rosetta [HASS, Gangneung, Republic of Korea], IPS e.max CAD [Ivoclar vivadent AG, Schaan, Liechtenstein], 그리고 VITA Suprinity [Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany])을 사용하였다. 3 종류의 리튬 디실리케이트 블록은 밀링 유닛에 체결되었고 가공을 하였다 (Fig. 2). 본 연구의 파일럿 테스트를 통해 1개의 밀링 버 세트(Step Bur 12 and Cylinder Pointed Bur 12s, Dentsply Sirona, York, PA, USA)를 사용하여 5회의 수복물 가공을 실시하였고, 가공 정밀도에 차이가 없는 결과를 확인하였다 ($P = .448$). 따라서 가공 시에 5회당 하나의 밀링 버 세트로 교체하였다. 가공된 도재 수복물은 제조사의 권장사항에 따라서 후 가공되어졌다.

제작된 수복물은 초음파 세척기를 이용하여 증류수에서 5분간 잔여물을 제거하였다. 건조 후 움직임이 없이 지그에 체결하고 접촉식 스캐너(DS10, Renishaw plc, Gloucestershire, UK)를 이용하여 수복물 내면을 스캔하였다 (Fig. 3A). 정밀한 스캔을

Fig. 1. Die with ceramic restoration preparation.

Fig. 2. Lithium disilicate ceramic crowns, from left to right: IPS e.max CAD; Rosetta; VITA Suprinity.

위해 매회 스캐너의 교정을 실시하였다. 그리고 스캔된 가상 수복물은 가공 정밀도 평가에서 테스트 데이터로의 사용을 위해서 STL 파일로 추출되었다.

본 연구에서는 삼차원 분석을 위해서 삼차원 검사 소프트웨어 (Geomagic control X, 3D Systems Inc., Rock Hill, SC, USA)를 사용하였다. 소프트웨어에서 수복물 디자인 모델 파일을 불러오고 (Fig. 3B), 수복물 내면만을 삼차원 비교를 하기 위해서 수복물 변연을 경계로 하여 내면 영역만 분할되었다 (Fig. 3C). 수복물 스캔 모델 파일을 불러오고 초기 정렬을 실시하였다. 가상 수복물의 분할된 내면을 지정하고, 지정된 부분의 포인트 클라우드 포인트에서만 최적 정렬(best fit alignment)하여 중첩되었다. 샘플링 비율은 100%로 지정하였다.

삼차원적 차이는 분할된 내면의 모든 데이터포인트에 대해 계산되었다 (Fig. 3D). 이때 데이터 포인트는 root mean square (RMS) 값으로 계산하였고, 공식은 다음과 같다.¹²

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

모든 데이터 포인트에서 $x_{1,i}$ 는 참조 스캔 데이터에서 i 번 일 때의 측정 포인트 위치이고, $x_{2,i}$ 는 평가 스캔 데이터에서 i 번 일 때의 측정 포인트 위치이다. 그리고 n 은 각 분석에서 측정된 모든 데이터 포인트의 수를 말한다. RMS 값은 데이터의 편차가 얼마나 다른 지를 알 수 있다. 낮은 RMS 값은 중첩된 데이터의 높은 삼차원적 일치 정도를 나타낸다.¹²

변연 및 내면 적합도를 평가하기 위해서 실리콘 페이스트(Fit Checker, GC, Leuven, Belgium)를 수복물의 내면에 채우고, 지대치에 조심스럽게 안착시켰다. 그리고 정확하게 위치되었는지를 확인하고, 손가락으로 힘(finger pressure)을 가했다. 모든 시편에 유사한 힘을 가하기 위해서 한 명의 술자에 의해 평가되었으며, 충분한 휴식 아래 진행되었다. 실리콘의 중합이 완료되고, 지대치에 복제된 실리콘이 떨어지지 않게 조심스럽게 수복물을 분리하였다. 실리콘의 변형 및 찢어짐을 방지하기 위해 복제된 실리콘에 다른 실리콘 페이스트(Aquasil Ultra XLV, Dentsply Detrey GmbH, Konstanz, Germany)를 덮어주었다. 동일한 위치의 절단을 위해서 지대치 하방에 표기된 기준점을 중합이 완료된 실리콘에 표기하였고, 표기된 점을 기준으로 실리콘을 협설 및 근원심 방향으로 절단하였다. 절단면은 산업용 비디오 현미경 시스템(IMS 1080P; SOMETECH, Seoul, Korea)으로 60 배율에서 이미지를 캡처하였다. 캡처된 이미지는 소프트웨어

Fig. 3. Procedure for evaluating machining precision. (A) Contact scanning of intaglio surface, (B) A crown designed model. (C) Segmentation of intaglio surface, (D) Data points evaluated for 3D analysis.

Fig. 4. Schematic of (A) marginal and (B) internal fit. (a) Absolute marginal discrepancy, (b) Marginal gap, (c) Internal gap.

(ITPlus 5.0, SOMETECH, Seoul, Korea)에 불러오고, 소프트웨어에서 제공하는 도구를 이용하여 원하는 위치를 선택 및 거리 측정되어졌다. 변연 및 내면 적합도는 절대 변연 간격(absolute marginal discrepancy), 변연 간격(marginal gap), 그리고 내면 간격(chamfer, axial, angle, 그리고 occlusal 영역)이 측정되었다 (Fig. 4). 내면 간격에서 chamfer 영역은 지대치 chamfer의 중앙 부분, axial 영역은 지대치 chamfer와 angle 두 지점의 중앙 부분, angle 영역은 지대치 angle의 중앙 부분, 그리고 occlusal 영역은 지대치 angle과 지대치 교합면의 중앙 지점을 기준으로 중앙 부분에서 측정되었다 (Fig. 4B).

모든 데이터는 SPSS statistical software (release 25.0, IBM, Chicago, IL, USA)을 사용하여 분석되었다. 우선 Shapiro-Wilk test를 통해 데이터의 정규 분포를 조사하였고, 정규 분포를 이루지 못했다. 따라서 결과 값은 중위 값(median)과 사분범위(interquartile range)로 나타냈다. 그리고 Kruskal-Wallis H Test 및 사후 검정으로 Mann-Whitney U-test 및 Bonferroni correction Method를 이용하여 그룹 간의 차이를 분석하였다 ($\alpha = .05$).

그리고 상관관계를 분석하기 위해서 Spearman correlation analysis를 하였다 ($\alpha = .05$). 이전의 연구에 따라서 Spearman correlation coefficient의 크기에 따라서 상관관계를 구분하였다.²² 상관관계 계수의 매우 높음(± 0.9 and above), 높음(± 0.7 to < 0.9), 중간(± 0.5 to < 0.7), 낮음(± 0.3 to < 0.5), 거의 없음($\pm < 0.3$)의 기준을 통해서 변수 간의 상관관계를 설명하였다.²²

결과

3종의 도재 수복물의 가공 정밀도 결과는 Fig. 4와 같다. 3종의 도재 수복물에 따라서 유의한 가공 정밀도의 차이를 보였다 ($P < .001$). IPS e.max CAD (29.4 (27.8 - 41.1) μm)와 Rosetta (28.3 (24.1 - 29.7) μm)는 유의미한 차이가 없었으며 ($P > .05$), VITA Suprinity (37.9 (37.3 - 39.4) μm)에 비해서 우수한 가공 정밀도를 보였다 ($P < .001$; Fig. 5).

Fig. 5. Results of machining precision according to the type of lithium disilicate ceramic blocks. Significance determined by Mann-Whitney U-test and Bonferroni correction Method, $*P < .05$. n.s.: non-significant difference.

3종의 도재 수복물의 변연 및 내면 적합도의 결과는 Fig. 6와 같다. 절대 변연 간격의 결과는 IPS e.max CAD (87.2 (81 - 90.8) μm)와 Rosetta (84.8 (78.8 - 103.5) μm)는 유의미한 차이가 없었으며 ($P > .05$), VITA Suprinity (110.6 (93.6 - 136.8) μm)에 비해서 우수한 절대 변연 간격을 보였다 ($P = .001$; Fig. 6A). 변연 간격의 결과는 IPS e.max CAD (71.4 (61.2 - 90.1) μm)와 Rosetta (73.8 (63.9 - 77.9) μm)는 유의미한 차이가 없었으며 ($P > .05$), VITA Suprinity (97.2 (76.4 - 123.5) μm)에 비해서 우수한 변연 간격을 보였다 ($P < .001$; Fig. 6B). 내면 간격의 결과는 IPS e.max CAD (146.7 (142.8 - 161.5) μm)와 Rosetta (149.1 (148 - 151.6) μm)는 유의미한 차이가 없었으며 ($P > .05$), VITA Suprinity (152.6 (149.9 - 167.1) μm)에 비해서 낮은 내면 간격을 보였다 ($P = .007$; Fig. 6C).

Fig. 6. Results of marginal and internal fit according to the type of lithium disilicate ceramic blocks. (A) Absolute marginal discrepancy. (B) Marginal gap. (C) Internal gap. Significance determined by Mann-Whitney U-test and Bonferroni correction Method, * $P < .05$. n.s.: non-significant difference.

요소들 간의 상관관계의 결과는 Table 1과 같다. 가공 정밀도와 절대 변연 간격은 우수한 양의 상관관계를 가졌다 ($P < .001$; correlation coefficient = .702). 가공 정밀도와 변연 및 내면 간격은 중간 정도의 양의 상관관계를 가졌다 ($P < .001$; correlation coefficient = .636 and .516).

고찰

이 연구의 결과를 통해 3 종류 도재 블록에 따라서 가공 정밀도와 변연 및 내면 적합도는 유의미한 차이가 있음을 확인하였다 ($P < .001$; Fig. 5 and Fig. 6). 그리고 가공 정밀도와 적합도는 모두 양의 상관관계를 가졌다 ($P < .001$; Table 1). 따라서 이 연구의 두 가지 귀무가설은 모두 거절되었다.

이전의 연구에서는 3 종류 도재 블록에 따라서 가공 정밀도의 차이를 검증하였다.¹⁰ 이 연구와 동일한 결과로 도재 블록에 따라서 가공 정밀도는 유의미한 차이를 가졌다.¹⁰ 그러나 가공 정밀도가 변연 및 내면 적합도에 어떠한 영향을 미치는지에 관한 연구는 되지 않았다. 이 연구에 나타난 결과는 도재 블록의 가공 정밀도가 변연 및 내면 적합도에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하였고, 도재 블록의 가공 정밀도가 좋지 않은 경우에는 변연 및 내면 적합도에 악영향을 미친다는 결론을 얻을 수 있었다.

이전의 연구에서는 CAD-CAM 시스템으로 제작된 수복물의 변연 적합도가 100 μm 이내의 매우 적은 값을 보여주고 있다.¹¹ 120 μm의 변연 간격을 초과하는 고정성 보철물은 치주염, 시멘트 용해, 그리고 2차 우식 등의 이유로 장기적 안정성에 불리할 수 있다.^{11,14} 따라서 대부분의 문헌에서는 100 - 120 μm 아래의 값을 임상적으로 허용 가능한 변연 적합도로 보고되고 있다.^{11,14} 이 연구에서 나타난 결과에서도 이전의 연구에서 치과용 CAD-CAM 시스템으로 제작된 수복물과 같이 변연 적합도가 120 μm 이내의 적은 값을 보여주고 있다. 그리고 도재 블록의 종류에 따라서 제작된 수복물의 변연 적합도는 임상적 허용 범위에 있었다. 본 연구에서 변연 적합도의 측면에서 본다면 모두 임상에 적용할 수 있는 적절한 가공 정밀도로 간주할 수 있다.

본 연구에서 3 종류 도재 블록에 따라서 가공 정밀도와 변연 및 내면 적합도는 유의미한 차이가 있었다 ($P < .001$; Fig. 5). 리

Table 1. Results of correlation analysis of machining precision and fitness (P -value (correlation coefficient))

	Machining precision	AMD	MG	IG
Machining precision	-	< .001 (.702)	< .001 (.636)	< .001 (.516)
AMD	< .001 (.702)	-	< .001 (.980)	< .001 (.919)
MG	< .001 (.636)	< .001 (.0980)	-	< .001 (.947)
IG	< .001 (.516)	< .001 (.0919)	< .001 (.947)	-

AMD; absolute marginal discrepancy, MG; marginal gap, IG; internal gap.

튴 디실리케이트 도재 블록의 절삭율이 다르기 때문에 종류에 따라서 가공 정밀도가 달라지는 결과를 가정할 수 있다. 이전의 연구에 따르면 도재 블록의 종류에 따라서 이송량(feed rate)과 절삭 깊이(depth of cut)가 달라질 수 있다고 하였고, 다른 도재 소재에 비해 리튬 디실리케이트 세라믹 소재가 가장 가공하기 어려웠다고 했다.^{23,24} 그러나 이러한 가정이 신뢰를 가지기 위해서는 리튬 디실리케이트 블록의 경도를 측정하여 가공 정밀도와 상관관계를 분석하는 추후 연구가 필요로 한다.

이 연구에 나타난 방법에는 몇 가지 한계점이 있다. 우선 3종의 도재 블록으로만 평가가 진행되었다는 점이다. 최근에는 발전된 도재 재료를 조합한 다양한 도재 계열의 블록이 출시되고 있으며, 앞으로 새로운 제품들의 평가도 추가적으로 필요로 한다. 그리고 이 연구에 나타난 방법은 원내(chairside) CAD-CAM에서 가장 많이 사용되는 4축 밀링 장비를 사용하였다. 이전의 연구 결과를 참고하면 축의 개수에 따라서 가공 정밀도의 결과가 달라질 수 있으므로,^{7,25,26} 5축 밀링 장비와의 비교도 필요할 것으로 사료된다. 마지막으로 본 연구에서 사용된 실험 모델의 크기가 도재 수복을 위한 표준 모델로 보기는 어렵지만, 연구의 재현성과 이전의 연구에서 사용된 크기를 기준으로 제작되었다.¹² 연구에서 선정한 조건 이외의 도재 수복물을 위한 지대치에서의 추가 연구가 필요하다.

결론

구강 외 연구의 한계 내에서 3 종류의 리튬 디실리케이트 도재 블록을 이용하여 제작된 단일 수복물의 가공 정밀도와 변연 및 내면 적합도를 평가하였으며, 그에 따른 결론은 다음과 같다.

도재 블록의 종류에 따라서 가공 정밀도와 변연 및 내면 적합도는 영향을 받았다. 도재 수복물의 제작 시에 낮은 가공 정밀도는 변연 및 내면 적합도에 악영향을 미칠 수 있다. 도재 블록의 종류(Rosetta; IPS e.max CAD; VITA Suprinity)에 따라서 제작된 수복물의 변연 적합도는 모두 임상적 허용 범위(< 120 µm)에 있었기 때문에, 변연 적합도의 측면에서 본다면 모두 임상에 적용할 수 있는 적절한 가공 정밀도로 간주할 수 있다.

ORCID

Keunbada Son <https://orcid.org/0000-0002-3177-8005>

Beom-Young Yu <https://orcid.org/0000-0003-1070-3386>

Kyu-Bok Lee <https://orcid.org/0000-0002-1838-7229>

References

1. Park GH, Son K, Lee KB. Feasibility of using an intraoral scanner for a complete-arch digital scan. *J Prosthet Dent* 2019;121:803-10.
2. Park JM, Kim RJ, Lee KW. Comparative reproducibility

analysis of 6 intraoral scanners used on complex intracoronary preparations. *J Prosthet Dent* 2020;123:113-20.

3. Braian M, Wennerberg A. Trueness and precision of 5 intraoral scanners for scanning edentulous and dentate complete-arch mandibular casts: A comparative in vitro study. *J Prosthet Dent* 2019;122:129-36.
4. Jang D, Son K, Lee KB. A comparative study of the fitness and trueness of a three-unit fixed dental prosthesis fabricated using two digital workflows. *Appl Sci* 2019;9:1-12.
5. Lee JJ, Son K, Bae EB, Choi JW, Lee KB, Huh JB. Comparison of the trueness of lithium disilicate crowns fabricated from all-in-one and combination CAD/CAM systems. *Int J Prosthodont* 2019;32:352-4.
6. Araujo NS, Moda MD, Silva EA, Zavanelli AC, Mazaro JV, Pellizzer EP. Survival of all-ceramic restorations after a minimum follow-up of five years: A systematic review. *Quintessence Int* 2016;47:395-405.
7. Bosch G, Ender A, Mehl A. A 3-dimensional accuracy analysis of chairside CAD/CAM milling processes. *J Prosthet Dent* 2014;112:1425-31.
8. Kirsch C, Ender A, Attin T, Mehl A. Trueness of four different milling procedures used in dental CAD/CAM systems. *Clin Oral Investig* 2017;21:551-8.
9. Martinez S, Cuesta E, Barreiro J, Alvarez B. Analysis of laser scanning and strategies for dimensional and geometrical control. *Int J Adv Manuf Tech* 2010;46:621-9.
10. Choi YK, Banerjee A. Tool path generation and tolerance analysis for free-form surfaces. *Int J Mach Tool Manu* 2007;47:689-96.
11. Wang W, Yu H, Liu Y, Jiang X, Gao B. Trueness analysis of zirconia crowns fabricated with 3-dimensional printing. *J Prosthet Dent* 2019;121:285-91.
12. Son K, Yu BY, Yoon TH, Lee KB. Comparative study of the trueness of the inner surface of crowns fabricated from three types of lithium disilicate blocks. *Appl Sci* 2019;9:1798.
13. Papadichou S, Pissiotis AL. Marginal adaptation and CAD-CAM technology: A systematic review of restorative material and fabrication techniques. *J Prosthet Dent* 2018;119:545-51.
14. de Paula Silveira AC, Chaves SB, Hilgert LA, Ribeiro AP. Marginal and internal fit of CAD-CAM-fabricated composite resin and ceramic crowns scanned by 2 intraoral cameras. *J Prosthet Dent* 2017;117:386-92.
15. Renne W, Wolf B, Kessler R, McPherson K, Mennito AS. Evaluation of the marginal fit of CAD/CAM crowns fabricated using two different chairside CAD/CAM systems on preparations of varying quality. *J Esthet Restor Dent* 2015;27:194-202.
16. Son K, Lee S, Kang SH, Park J, Lee KB, Jeon M, Yun BJ. A comparison study of marginal and internal fit assessment methods for fixed dental prostheses. *J Clin Med* 2019;8:785.
17. Dolev E, Bitterman Y, Meirowitz A. Comparison of marginal fit between CAD-CAM and hot-press lithium disilicate crowns. *J Prosthet Dent* 2019;121:124-8.

18. Lee DH. Digital approach to assessing the 3-dimensional misfit of fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent* 2016;116:836-9.
19. Son K, Lee WS, Lee KB. Prediction of the learning curves of 2 dental CAD software programs. *J Prosthet Dent* 2019;121:95-100.
20. Son K, Lee KB. Prediction of learning curves of 2 dental CAD software programs, part 2: Differences in learning effects by type of dental personnel. *J Prosthet Dent* 2020;123:747-52.
21. Elsaka SE, Elnaghy AM. Mechanical properties of zirconia reinforced lithium silicate glass-ceramic. *Dent Mater* 2016;32:908-14.
22. Dancey C, Reidy J. Statistics without maths for psychology. Pearson Higher Ed; 2014. p. 124-56.
23. Colombo M, Poggio C, Lasagna A, Chiesa M, Scribante A. Vickers micro-hardness of new restorative CAD/CAM dental materials: evaluation and comparison after exposure to acidic drink. *Materials (Basel)* 2019;12:1246.
24. Song XF, Ren HT, Yin L. Machinability of lithium disilicate glass ceramic in in vitro dental diamond bur adjusting process. *J Mech Behav Biomed Mater* 2016;53:78-92.
25. Bohez EL. Compensating for systematic errors in 5-axis NC machining. *Comput Aided Des* 2002;34:391-403.
26. Kim CM, Kim SR, Kim JH, Kim HY, Kim WC. Trueness of milled prostheses according to number of ball-end mill burs. *J Prosthet Dent* 2016;115:624-9.

단일 도재 수복물의 가공 정밀도가 변연 및 내면 적합도에 미치는 영향

손큰바다^{1,2} · 유범영^{1,2} · 이규복^{2,3*}

경북대학교 치과대학 ¹치의과학과, ²첨단치과의료기기개발연구소, ³치과보철학교실

목적: 본 연구의 목적은 3 종류의 치과용 도재 블록으로 제작된 단일 수복물의 가공 정밀도와 변연 및 내면 적합도를 평가하고, 상관관계를 분석하는 것이다.

재료 및 방법: 3 종류의 치과용 도재 블록(Rosetta; HASS, IPS e.max CAD; Ivoclar vivadent, VITA Suprinity; VITA)으로 제작된 단일 수복물의 가공 정밀도와 변연 및 내면 적합도를 평가하였다. 캐드 소프트웨어에서 단일 수복물을 디자인하였고, 수복물 디자인 모델(crown designed model) 파일의 제작을 위해 디자인 후 캐드 소프트웨어에서 추출하였다. 그리고 수복물 디자인 모델 파일은 밀링 장비를 사용하여 도재 블록(lithium disilicate ceramic block)을 가공하였다. 수복물 스캔 모델(crown scanned model) 파일의 제작을 위해서 접촉식 스캐너를 이용하여 제작된 수복물의 내면을 디지털화 하였다. 그리고 삼차원 검사 소프트웨어(Geomagic control X; 3D Systems)를 이용하여, 수복물 디자인 모델과 스캔 모델의 중첩과 가공 정밀도의 삼차원 분석의 단계로 진행되었다. 그리고 제작된 수복물의 변연 및 내면 적합도는 실리콘 복제 방법으로 평가되었다. 3 종류의 단일 도재 수복물의 차이는 Kruskal-Wallis H test를 통해 분석되었고, 가공 정밀도와 변연 및 내면 적합도의 상관관계를 분석하기 위해서 Spearman correlation analysis을 하였다 ($\alpha = .05$).

결과: 도재 블록의 종류에 따라서 가공 정밀도와 변연 및 내면 적합도는 유의미한 차이가 있었다 ($P < .001$). 그리고 가공 정밀도와 변연 및 내면 적합도는 서로 양의 상관관계를 보였다 ($P < .001$).

결론: 도재 블록의 종류에 따라서 제작된 단일 수복물의 변연 적합도는 임상적 허용 범위에 있었기 때문에($< 120 \mu\text{m}$), 적합도 측면에서 모두 임상에 적용할 수 있는 적절한 가공 정밀도로 간주할 수 있다. (대한치과보철학회지 2020;58:313-20)

주요단어: 도재; 가공 정밀도; 변연 및 내면 적합도; 단일 수복물

*교신저자: 이규복

419470 대구광역시 중구 달구벌대로 2177

경북대학교 치과대학 치과보철학교실, 첨단치과의료기기개발연구소

053 600 7674; e-mail, kblee@knu.ac.kr

원고접수일: 2020년 7월 21일 / 원고최종수정일: 2020년 9월 11일 / 원고채택일: 2020년

9월 14일

© 2020 대한치과보철학회

이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 4.0 대한민국 라이선스에 따라 이용하실 수 있습니다.

※이 논문은 2020년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제번호: 10062635), 또한 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “국가혁신클러스터사업(P0006691_레이저 활용 수요자 맞춤형 멀티형 핸드피스 시스템 개발)”의 지원을 받아 수행된 연구결과임.