

절삭 및 적층가공법으로 제작된 지르코니아 멀론 파절 시험 모형의 가공정확도 평가

이희정^{1,2}, 배지명^{1,3}, 오승한^{1,3,*}

¹원광대학교 치과대학 치과생체재료학교실

²부천대학교 자연과학대학 치기공과

³원광대학교 치과대학 생체재료·매식연구소

Evaluation of machining accuracy of zirconia Merlon fracture test models fabricated by subtractive and additive manufacturing

Heejung Lee^{1,2}, Ji-Myung Bae^{1,3}, Seunghan Oh^{1,3,*}

¹Department of Dental Biomaterials, College of Dentistry, Wonkwang University, Iksan, Republic of Korea

²Department of Dental Technology, College of Natural Science, Bucheon University,
Bucheon, Republic of Korea

³Institute of Biomaterial-Implant, College of Dentistry, Wonkwang University, Iksan, Republic of Korea

The machining accuracy of zirconia prostheses fabricated by the subtractive (SM) and additive manufacturing (AM) was evaluated using the Merlon fracture test model in ISO 18675 (2022). The SM specimens were fabricated by a DWX-51D (Roland, Sydney, NSW, Australia) using two zirconia blocks (Katana Zirconia HT; KH, Katana Zirconia STML; KS). The AM specimens were prepared by a DLP type 3D printer INNI-II (AON, Gunpo, Korea) using zirconia liquid slurry (INNI-CERA; PZ). The specimen STL image was acquired using a model scanner (E3, 3 Shape A/S, Copenhagen, Denmark). The machining accuracy of the specimens was analyzed by the RMS method superimposing the reference STL image and the specimen STL image in image analysis software (Geomagic Control X, 3D Systems, Rock Hill, SC, USA). From the results of the machining accuracy analysis, the KH and KS groups showed statistically significantly better machining accuracy (lower RMS) than the PZ group ($P < 0.05$). The KH and KS groups showed higher machining accuracy as the thickness decreased, and the 0.2 mm and 0.3 mm experimental groups showed statistically significantly better machining accuracy than the 0.4 mm experimental group ($P < 0.05$). On the other hand, the PZ group showed better machining accuracy as the thickness increased, with the 0.4 mm group showing statistically significantly better machining accuracy than the 0.2 mm and 0.3 mm groups ($P < 0.05$). Within the limitation of this study, the thickness of the final zirconia prosthesis fabricated by additive manufacturing should be at least 0.4 mm for clinical use in dentistry.

Keywords : Merlon fracture test model, Subtractive manufacturing, Additive manufacturing, Zirconia, Machining accuracy

Heejung Lee (ORCID: 0000-0003-0567-2853)

Ji-Myung Bae (ORCID: 0000-0002-8607-8604)

*Correspondence: Seunghan Oh (ORCID: 0000-0002-7250-721X)

460 Iksan-daero, Iksan, Jeonbuk 54538, Republic of Korea

Affiliation: Department of Dental Biomaterials and the Institute

of Biomaterials and Implant, Wonkwang University College of

Dentistry, Iksan, Republic of Korea

Tel: +82-63-850-6982, Fax: +82-63-857-6982

E-mail: shoh@wku.ac.kr

Received: Mar. 06, 2024; Revised: Mar. 22, 2024; Accepted: Mar. 25, 2024

서론

치과 보철물은 제작 방법에 따라 CAD/CAM system은 절삭 및 적층가공법으로 분류된다. 절삭가공(subtractive manufacturing)법은 디지털 치과기술로 지르코니아 보철물들을 제작하는데 널리 사용되고 있다(1, 2). 절삭가공법은 일률적인 보철물들을 제작할 수 있는 장점이 있지만, 재료 소모와 밀링 버 마모, 그리고 보철물의 국부적인 파절, 밀링 버의 직경에 따라 미세 재현성의 정확도가 떨어지는 단점이 있다(3-5). 적층가공(additive manufacturing)법은 1981년 Kodama가 3D 모델 생산 기술을 도입한 이후로 최근에는 치과에서 다양한 적층가공법인 입체석판인쇄술(stereolithography; SLA), 용융 적층모델링(fused deposition modeling; FDM), 선택적 레이저 소결(selective laser sintering; SLS)을 활용하여 치과 보철물을 제작하고 있다(6-9).

고분자 기반 적층가공법은 임시 의치, 인공 치아 및 임플란트 수술 가이드를 생산하는 데 생체 적합 3D 프린팅 재료를 활용하여 주로 사용되고 있고(10, 11), 최근에 금속 기반 적층가공법은 금관가공의치, 국소의치의 금속 프레임, 수술 기구 및 구강/악안면 임플란트 등을 제작하는데 이용되고 있다(12). 세라믹 기반의 적층가공법은 분말이나 액체 형태의 재료를 사용하여 여러 층을 쌓아 설계된 형상을 획득하는 방법으로 절삭가공법에 비해 재료 소모가 적고 복잡한 구조물이나 언더컷의 우수한 재현성의 장점이 있다. 그러나, 세라믹은 레이저 조사 시 비전도성으로 국부적인 온도구배가 발생하며, 급격한 가열과 냉각에 따른 열충격, 낮은 분산성, 기포 및 표면 결함으로 인한 낮은 물리적 강도 등의 문제를 내포하고 있다(13-16). 이러한 문제점을 보완하기 위해 고분자 슬러리에 세라믹 분말을 혼합한 적층가공용 지르코니아 슬러리가 개발되었다(17-19).

최근 슬러리 기반 적층가공법으로 제작된 보철물에 관한 연구가 많이 소개되고 있지만(20, 21), 슬러리 기반 적층가공법 중에서 SLA방식과 유사한 DLP (Digital Light Processing)방식은 광경화성 액체가 들어있는 수조에서 한 층씩 레이저를 조사하여 설계된 형상을 제작하는 방식

으로, 속도가 빠르고 크기가 큰 모형도 제작가능하며 가격이 저렴한 장점이 있다(22, 23). 이러한 장점으로 절삭가공 시 발생하는 블록의 많은 소모와 밀링 버의 교체 비용과 같은 절삭가공법 기반 제조 공정의 한계를 극복할 수 있는 우수한 잠재력을 가지고 있다(24).

절삭가공법으로 제작된 치과 보철물의 정밀도와 정확도에 관한 연구는 많지만(25-28), Merlon 파절 시험 모델을 이용하여 제작된 지르코니아의 가공정확도 평가에 대한 기준이 명확하지 않고, 절삭가공법과 세라믹 슬러리를 이용하여 적층가공법으로 제작된 지르코니아 보철물의 가공정확도에 관한 연구는 아직 미비한 실정이다.

이에 본 연구에서는 ISO 18675(2022)에 제시된 Merlon 파절 시험 모델을 이용하였고, 디지털 기반의 지르코니아 보철물이 치과 임상 적용 가능성을 알아보기 위해 절삭 및 적층가공법로 제작된 지르코니아 시편의 가공정확도를 비교평가하여 적층가공법으로 제작되는 치과보철물의 치과 임상에서 활용 가능한지 알아보고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구재료

연구에 사용된 재료는 지르코니아 보철물의 가공정확도를 평가하기 위해 투명 블록(Milling Katana Zirconia HT; KH)과 다층 및 다색 블록(Milling Katana Zirconia STML; KS)을 사용하여 절삭가공하였고, INNI-CERA 지르코니아 액상 슬러리(Printing Zirconia; PZ)를 사용하여 적층가공하였다. 그리고 각각의 가공방법에 적합한 제조장비를 사용하였다(Table 1).

2. 절삭 및 적층가공법으로 제작된 시편 제작

1) 참조 STL 이미지 제작

ISO 18675 (2022)에 있는 Merlon 파절 시험 모델은 표준에 제시된 제작도면을 활용하여 AutoCAD 소프트웨어(AUTODESK Co., San Rafael, CA, USA)에서 4개의 벽(Merlon)과 1개의 바닥(bottom)으로 구성된 참조 STL

Table 1. Materials and devices used in this study

Group	Product	Manufacturer	Composition	Device
Subtractive Manufacturing	KH	Katana Zirconia HT	3 mol% yttria-containing zirconia	DWX-51D (Roland, Sydney, NSW, Australia)
	KS	Katana Zirconia STML	5-5.5 mol% yttria-containing zirconia	
Additive Manufacturing	PZ	INNI-CERA	3 mol% yttria-containing zirconia, Zirconia liquid 75~85%, liquid Binder 15~25%	INNI-II (AON, Gunpo, Korea)

이미지 파일을 제작하였다(Figure 1). 참조 STL 이미지 파일에서 Merlon 영역과 bottom 영역의 두께는 전체 두께 조건들 중에서 치과 임상에서 가장 일반적으로 사용되는 두께인 0.2, 0.3, 및 0.4 mm로 설정하였다.

2) 시편 제작

참조 STL 이미지 파일은 각 실험군에 적합한 CAM 소프트웨어에 입력하였다. Merlon 영역과 bottom 영역의 두께는 0.2 mm, 0.3 mm 및 0.4 mm로 설정하였고, 변연에 해당하는 영역은 4개의 Merlon 영역(Figure 1의 1번)으로 설정하고, 교합면에 해당하는 영역은 시편의 평평한 bottom 영역(Figure 1의 2번)으로 설정하여 삽입 방향(Figure 1의 3번)을 결정하였다. 절삭 및 적층가공기

로 제작하기 전에 보정작업을 시행하였고, 도구, 가공 전략 및 가공 매개변수를 제조사의 지시사항에 따라 설정하였다. 2종의 지르코니아 CAM용 블록 (KH, KS)을 절삭용 기기인 DWX-51D로 절삭가공하였다. 절삭 완료 후, 소결 과정 없이 가공정확도를 평가하였다. 적층가공법은 INNI-CERA 지르코니아 액상 슬러리로 DLP방식의 3D printer인 INNI-II (AON, Gunpo, Korea)을 이용하여 적층 가공하였다. 적층 완료된 시편은 고분자 잔여물을 제거하기 위해 에탄올로 세척하였고, 후 중합 및 추가 소결 과정 없이 최종 시편을 제작하였다. 각 그룹당 두께별로 10개씩 30개의 시편을 제작하였다.

3. 가공정확도 평가

절삭 및 적층으로 제작된 시편은 모형 스캐너(E3, 3 Shape A/S, Copenhagen, Denmark)를 이용하여 시편 STL 이미지 파일을 획득하였다. 3차원 이미지 분석 소프트웨어인 Geomagic Control X (3D Systems, Rock Hill, SC, USA)를 사용하여 가공정확도를 평가하였다. 참조 STL 이미지와 시편 STL 이미지 파일을 초기 정렬을 한 후에 최적 정렬을 통해 중첩시켰다. 중첩된 참조 STL과 시편 STL 이미지 파일을 삼차원 비교 분석 및 다음의 공식을 통해 RMS (Root Mean Square)값을 산출하였다.

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

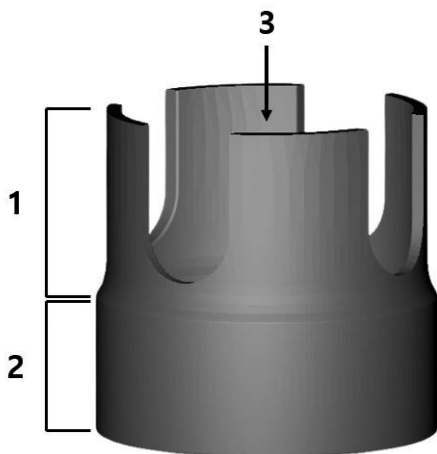


Figure 1. The reference STL image of Merlon fracture test specimens. (1) Merlon, (2) Bottom, (3) Insert direction

n은 측정된 포인트의 총 수이고, $X1,i$ 는 참조 STL 이미지 파일의 i번 일 때의 측정 포인트이며, $X2,i$ 는 시편 STL 이미지 파일의 i번 일 때의 측정 포인트이다. RMS 값은 낮을수록 중첩된 데이터의 높은 삼차원 일치도를 나타낸다고 할 수 있다.

참조 STL 이미지와 시편 STL 이미지 파일간의 불일치는 color difference map으로 시각화하였다. 허용 오차의 범위는 $-50 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ 로 설정하였고, 녹색으로 표시된다. 빨간색으로 갈수록 참조 STL 이미지 파일에 비해 양의 차이를 나타내고, 파란색으로 갈수록 참조 STL 이미지 파일에 비해 음의 차이를 나타낸다(Figure 2).

4. 통계분석

도출된 모든 결과값들에 사용된 통계분석은 SPSS 프로그램을 이용하였다. 시편 전체 영역에서의 가공방법과 두께에 따른 가공정확도에 차이가 있는지 알아보기 위해 one-way analysis of variance (one-way ANOVA)로 분석하였고, Games-Howell test로 사후검정하였다 ($\alpha=0.05$).

결과

1. 다양한 가공법으로 제작된 지르코니아 보철물의 가공정확도 평가

가공정확도를 비교 평가하여 도출된 RMS값은 평균(표준편차)로 나타내었고, 비교평가에서 절삭가공법(KH, KS)군에서는 두께가 얇아질수록 높은 가공정확도를 나타내었으며, 적층가공법(PZ)군에서는 두께가 두꺼워질수록 높은 가공정확도를 나타내었다(Table 2).

두께에 따른 가공정확도를 평가한 결과에 따르면, 모든 두께 조건에서 KS군은 가장 우수한 RMS값을 나타내었고(Figure 3), 절삭가공법인 KH와 KS군은 적층가공법인 PZ군보다 통계적으로 유의하게 우수한 가공정확도(낮은 RMS)를 나타내었다($P<0.05$).

절삭 및 적층가공법에 따른 가공정확도를 평가한 결과에 따르면, 절삭가공법(KH, KS)군은 두께가 얇아질수록 높은 가공정확도를 나타내었고(Figure 4), 0.2 mm 및 0.3 mm 실험군은 0.4 mm 실험군보다 통계적으로 유의하게 우수한 가공정확도(낮은 RMS)를 나타내었다($P<0.05$).

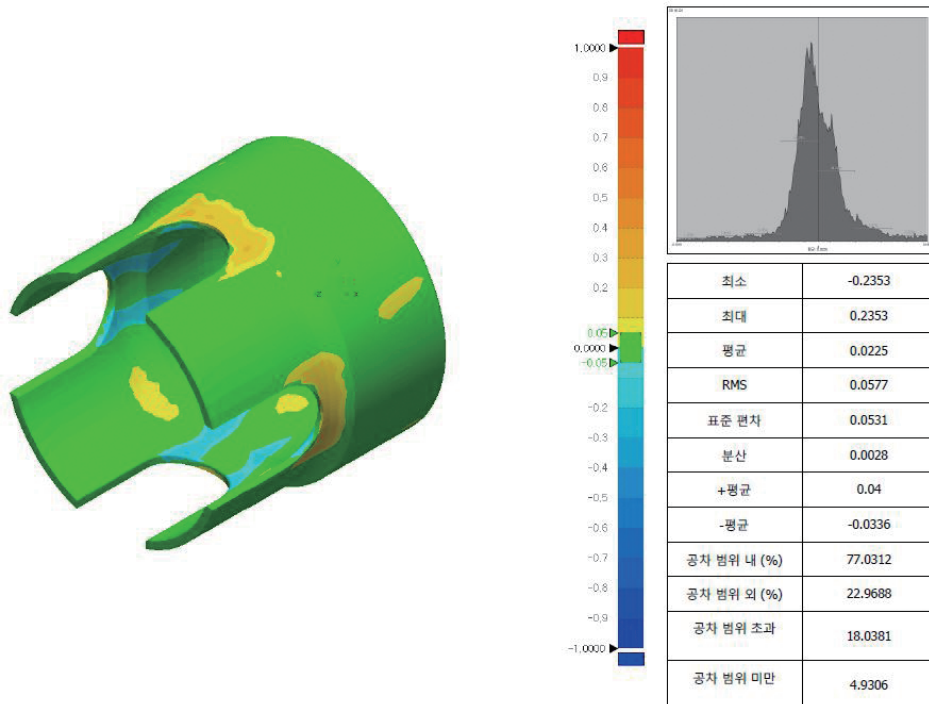


Figure 2. Color difference map used 3D image analysis

Table 2. Results of the manufacturing accuracy of the model of the Merlon fracture test

Group	Thickness		
	0,2 mm	0,3 mm	0,4 mm
KH	74,34(13,79)	77,12(13,96)	91,07(4,72)
KS	71,09(16,18)	73,23(14,89)	89,52(4,24)
PZ	128,07(10,90)	126,82(10,39)	101,04(8,96)

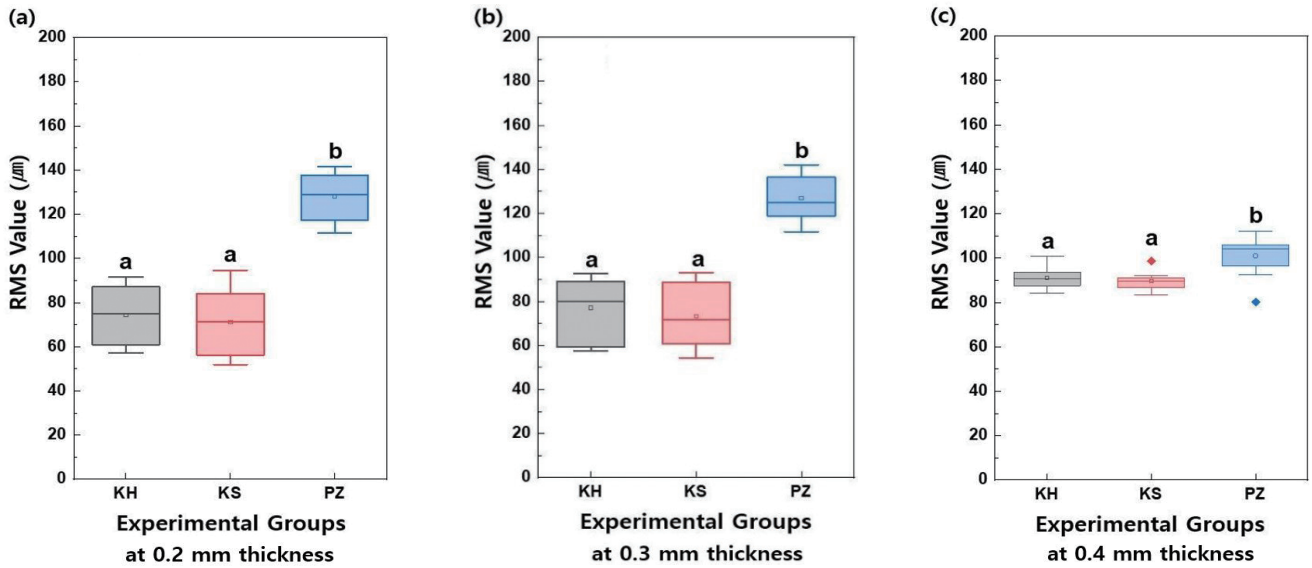


Figure 3. The manufacturing accuracy of all experimental groups according to the different thicknesses.

(a) 0,2 mm thickness, (b) 0,3 mm thickness, and (c) 0,4 mm thickness

(Different letters indicate statistical significances in each graph by one-way ANOVA at $\alpha = 0,05$)

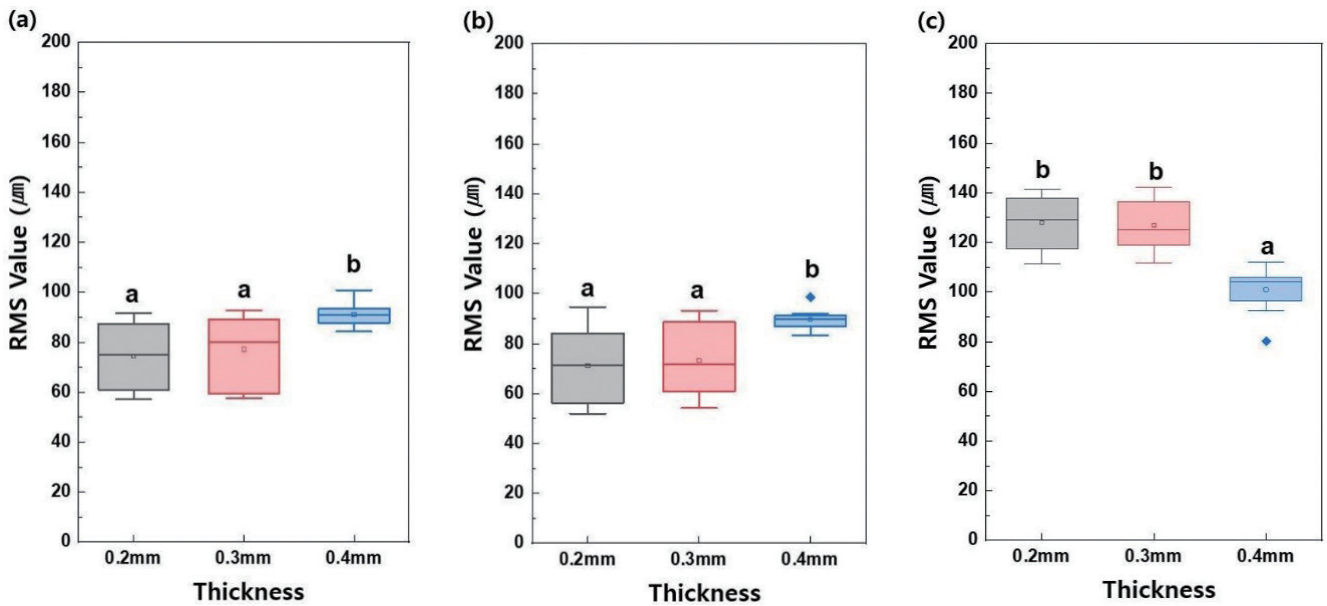


Figure 4. The manufacturing accuracy of all experimental groups according to the different technology.

(a) KH group, (b) KS group, and (c) PZ group

(Different letters indicate statistical significances in each graph by one-way ANOVA at $\alpha = 0,05$)

고찰

적층가공법(PZ)군은 두께가 두꺼워질수록 우수한 가공정확도를 나타냈으며, 0.4 mm 실험군이 0.2 mm 및 0.3 mm 실험군보다 통계적으로 유의하게 우수한 가공정확도(낮은 RMS)를 나타내었다($P < 0.05$).

삼차원 비교 분석으로 시편의 중첩된 전체 이미지에서 대표적인 부분만 발취한 이미지는 color difference map으로 시각화하여 나타내었다(Figure 5). 시편의 중첩된 이미지를 비교해봤을 때, KH와 KS군은 $\pm 50 \mu\text{m}$ 내에서 고르게 분포되는 경향을 보였고 0.4 mm 두께에서만 Merlon 영역이 양의 차이를 나타내었으며, PZ군은 Merlon과 bottom 영역의 전체적인 부분에서 양의 차이를 보였다(Figure 5).

절삭 및 적층가공법으로 제작된 시편의 가공정확도를 평가하기 위해 삼차원 중첩방법을 통해 산출된 RMS값으로 비교 평가하였다. 2종의 가공기술로 제작된 시편 전체 영역에서의 가공정확도 비교평가에서 절삭가공법(KH, KS)군에서는 두께가 얇아질수록 높은 가공정확도를 나타내었고, 적층가공법(PZ)군에서는 두께가 두꺼워질수록 높은 가공정확도를 나타내는 반대의 결과가 도출되었다. 이는 적층가공에 사용된 3D 프린터의 특성에 의한 영향을 받은 결과일 수 있다. 본 연구에 사용된 DLP 방식의 3D 프린터는 넓은 면적을 빠르게 제작할 수 있는 장점이 있지만(29), 레이저 빔이 렌즈를 통해 확장하기 때문에 레이저 광원의 직진도가 렌즈 왜곡의 영향을 받아 치과 보철물의 정확도가 낮아진다(20). 따라서, 본 연구에서

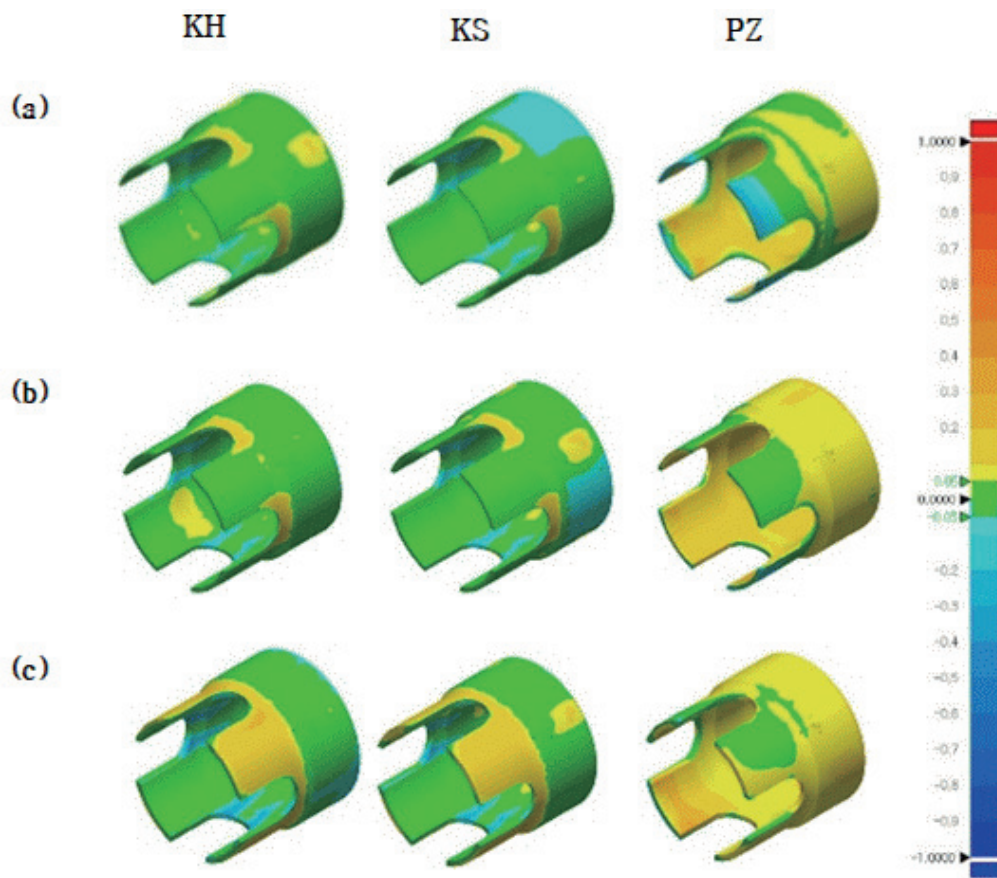


Figure 5. Images of superimposed specimens by 3D image analysis software. (a) 0.2 mm thickness, (b) 0.3 mm thickness, and (c) 0.4 mm thickness

사용된 모형 제작을 위하여 Merlon(벽)영역이 위로 향하게 위치시켜 적층가공하였는데, 두께가 얇아질수록 더 정밀한 적층을 요구하게 되므로 적층가공법에서는 Merlon의 두께가 얇아질수록 Merlon의 변형이 더 심하게 증가될 수 있다고 판단된다. 이에 반하여 절삭가공법은 밀링용 버의 절삭과정으로 Merlon이 제작되므로 동일한 밀링용 버의 허용오차가 다른 두께에 적용되므로, Merlon의 두께가 얇을수록 절삭에 대한 오차가 더 작아질 것으로 추측된다.

본 연구의 한계점을 확인해보면, 가공정확도를 평가하기 위해서 절삭가공된 시편의 소결 과정과 적층가공된 시편의 후중합 및 소결 과정을 진행하지 않고 시편을 제작하였다. 이에 본 연구에서 도출된 결과로는 후중합 및 소결 과정 후 발생할 수 있는 변형 및 수축에 대한 오차를 예측할 수 없다. 따라서 향후에는 절삭 및 적층가공법의 가공성 평가 시 후중합 및 소결 과정 후에 어떠한 차이가 있는지 평가되어야 할 것이다.

따라서, 본 연구 결과를 바탕으로 우수한 가공정확도가 요구되는 지르코니아 보철물은 0.2 mm 두께에서 임상적으로 적용 가능성이 높은 것으로 판단되고, 적층가공법으로 제작되는 치과 보철물의 경우에는 최소 0.4 mm 두께를 권장한다. 이에 본 연구에 제시된 가공정확도 평가 방법은 임상적으로 적용 가능한 소재 및 가공기술의 최소 두께에 대한 기준이 될 것으로 판단된다.

결론

본 연구에서는 각종 가공법으로 제작된 지르코니아에 대한 가공성 평가 기준을 제시하고자 절삭 및 적층가공법으로 제작된 지르코니아 시편의 가공정확도를 비교 평가하였다. 절삭 및 적층가공법으로 제작된 시편 전체 영역에 대한 가공 정확도 비교평가 결과, 절삭가공법인 KH와 KS군은 두께가 얇아질수록 우수한 가공정확도(낮은 RMS)를 나타내었다. 결론적으로 지르코니아계 블록은 0.2 mm 두께에서 임상적으로 절삭가공이 가능함을 확인하였으며, 제한된 실험 조건 내에서 적층가공법으로 제

작된 최종 보철물의 임상적으로 적용 가능한 두께는 0.4 mm 이상은 되어야 한다고 판단된다.

사사

이 논문은 제1저자 이희정의 박사학위논문을 수정하여 작성한 것임

참고문헌

1. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J.* 2008;204(9):505-11.
2. Miyazaki T, Hotta YJAdj. CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. *Aust Dent J.* 2011;56:97-106.
3. Rekow ED, Erdman AG, Riley DR, Klamecki BJToBE. CAD/CAM for dental restorations-some of the curious challenges. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1991;38(4):314-8.
4. Fuster-Torres MA, Albalat-Estela S, Alcaniz-Raya M, Penarrocha-Diago M. CAD / CAM dental systems in implant dentistry: update. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2009;14(3):E141-5.
5. Ortorp A, Jonsson D, Mouhsen A, Vult von Steyern P. The fit of cobalt-chromium three-unit fixed dental prostheses fabricated with four different techniques: a comparative in vitro study. *Dent Mater.* 2011;27(4):356-63..
6. Kodama H. Automatic method for fabricating cubic shapes, as a three-dimensional information display method. *J IEICE* 1981;J64-C:237-41.
7. Hull C. Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography. US patent. 1986:US45753 30A.
8. Deckard C. Method and apparatus for producing parts

- by selective sintering. US patent. 1989:US4863538A.
9. Crump S. Apparatus and method for creating three-dimensional objects. US patent. 1989:US5121329A.
 10. Abduo J, Lyons K, Bennamoun M. Trends in computer-aided manufacturing in prosthodontics: a review of the available streams. *Int J Dent*. 2014;783948.
 11. Dawood A, Marti BM, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. *Br Dent J*. 2015;219(11):521-9.
 12. Barbin T, Veloso DV, Del Rio Silva L, Borges GA, Presotto AGC, Barao VAR, et al. 3D metal printing in dentistry: An in vitro biomechanical comparative study of two additive manufacturing technologies for full-arch implant-supported prostheses. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2020;108:103821.
 13. Meiners W, Wissenbach K, Gasser A. Selective laser sintering at melting temperature. US patent. 2001: US6215093B1.
 14. Mercelis P, Kruth JP. Residual stresses in selective laser sintering and selective laser melting. *Rapid Prototyping J*. 2006;12(5):254-65.
 15. Hao L, Dadbakhsh S, Seaman O, Felstead M. Selective laser melting of a stainless steel and hydroxyapatite composite for load-bearing implant development. *J Mater Process Tech*. 2009;209(17):5793-801.
 16. Won S, Kang HG, Ko KH, Huh YH, Park CJ, Cho LR. Review on additive manufacturing of dental materials. *J Dent Rehabil Appl Sci*. 2021;37(1):1-15.
 17. Marcus HL, Beaman JJ, Barlow JW, Bourell DL. Solid freeform fabrication-powder processing. *Am Cerma Soc Bull*. 1990;69(6):1030-1.
 18. Sachs E, Cima M, Williams P, Brancazio D, Cornie J. Three dimensional printing: rapid tooling and prototypes directly from a CAD model. *J Ind Eng Int*. 1992;114(4):481-8.
 19. Beaman JJ, Marcus HL, Bourell DL, Barlow JW, Crawford RH, Mcalea KP. Solid Freeform Fabrication: A New Direction in Manufacturing. 1997;2061:25-49.
 20. He R, Liu W, Wu Z, An D, Huang M, Wu H, et al. Fabrication of complex-shaped zirconia ceramic parts viaa DLP- stereolithography-based 3D printing method. *Ceram Int*. 2018;44(3):3412-6.
 21. Son YT, Son K, Lee KB. Marginal and internal fit of interim crowns fabricated with 3D printing and milling method. *J Dent Rehabil Appl Sci*. 2020;36(4):254-61.
 22. Cho WT, Choi JW. Comparison analysis of fracture load and flexural strength of provisional restorative resins fabricated by different methods. *J Korean Acad Prosthodont*. 2019;57(3):225-31.
 23. Park SJ, Lee HA, Lee SH, Seok S, Lim BS, Kwon JS, et al. Comparison of physical properties of the various 3D printing temporary crown and bridge resin. *Kor J Dent Mater*. 2019;46(3):139-52.
 24. Galante R, Figueiredo-Pina CG, Serro AP. Additive manufacturing of ceramics for dental applications: A review. *Dent Mater*. 2019;35(6):825-46.
 25. Beuer F, Naumann M, Gernet W, Sorensen JA. Precision of fit: zirconia three-unit fixed dental prostheses. *Clin Oral Investig*. 2009;13(3):343-9.
 26. 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(3):319-25.
 27. Hamza TA, Ezzat HA, El-Hossary MMK, Katamish HAEM, Shokry TE, Rosenstiel SF. Accuracy of ceramic restorations made with two CAD/CAM systems. *J Prosthet Dent*. 2013;109(2):83-7.
 28. 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(4):352-4.
 29. Nakamoto T, Yamaguchi K, Abraha AP. Consideration on the producing of high aspect ratio micro parts using UV sensitive photopolymer. *MHS'96 Proceedings of the Seventh International Symposium Micro Machine and Human Science*; 1996:53-8.

절삭 및 적층가공법으로 제작된 지르코니아 멀론 파절 시험 모형의 가공정확도 평가

이희정^{1,2}, 배지명^{1,3}, 오승한^{1,3,*}

¹원광대학교 치과대학 치과생체재료학교실

²부천대학교 자연과학대학 치기공과

³원광대학교 치과대학 생체재료·매식연구소

본 연구에서는 ISO 18675 (2022)에 제시된 Merlon 파절 시험 모델을 이용하여 절삭 및 적층가공법으로 제작된 지르코니아 보철물의 가공정확도를 평가하였다. 절삭가공법으로 제작된 시편은 2종의 지르코니아계 블록(Katana Zirconia HT; KH, Katana Zirconia STML; KS)을 사용하여 DWX-51D (Roland, Sydney, NSW, Australia)로 절삭 가공하였다. 적층가공법으로 제작된 시편은 지르코니아 액상 슬러리(INNI-CERA; PZ)를 사용하여 DLP 방식의 3D 프린터 INNI-II (AON, Gunpo, Korea)로 적층 가공하였다. 모델 스캐너(E3, 3 Shape A/S, Copenhagen, Denmark)로 스캔하여 절삭 및 적층가공법으로 제작된 시편에서 시편 STL 이미지 파일을 획득하였다. 절삭 및 적층가공법으로 제작된 시편의 가공정확도 평가는 3차원 이미지 분석 소프트웨어(Geomagic Control X, 3D Systems, Rock Hill, SC, USA)에서 참조 STL 이미지와 시편 STL 이미지를 중첩하여 삼차원 중첩방법으로 산출된 RMS값으로 분석하였다. 제조 시편들의 가공정확도 평가 결과, KH와 KS 군이 PZ 군보다 통계적으로 유의하게 우수한 가공정확도(낮은 RMS)를 나타내었다($P < 0.05$). KH와 KS 군은 두께가 얇아질수록 높은 가공정확도를 나타내었고, 0.2 mm 및 0.3 mm 실험군은 0.4 mm 실험군보다 통계적으로 유의하게 우수한 가공정확도를 나타내었다($P < 0.05$). 반면에, PZ군은 두께가 두꺼워질수록 우수한 가공정확도를 나타냈으며, 0.4 mm 실험군이 0.2 mm 및 0.3 mm 실험군보다 통계적으로 유의하게 우수한 가공정확도를 나타내었다($P < 0.05$). 제한된 실험 조건 내에서, 적층가공법으로 최종 지르코니아 보철물을 제작할 때 치과임상에서 적용 가능한 두께는 최소 0.4 mm 이상으로 제작할 것을 제안한다.

색인단어 : Merlon 파절 시험 모델, 절삭가공, 적층가공, 지르코니아, 가공정확도
