

Merlon 파절 시험 모형을 이용한 CAM용 세라믹 블록의 절삭가공성 평가

이희정¹, 배지명^{1,2}, 오승한^{1,2,*}

¹원광대학교 치과대학 치과생체재료학교실

²원광대학교 치과대학 생체재료·매식연구소

Machinability evaluation of ceramic blocks for CAM by merlon fracture test model

Heejung Lee¹, Ji-Myung Bae^{1,2}, Seunghan Oh^{1,2,*}

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

²Institute of Biomaterial-Implant, College of Dentistry, Wonkwang University, Iksan, Republic of Korea

In this study, the machinability of two silica-based and two zirconia-based ceramic blocks was evaluated by using the Merlon fracture test model in accordance with the International Standard "ISO/DIS 18675 Dentistry — Machinable ceramic blanks (2020)". The two silica-based blocks of Vitablocs Mark II (VM) and IPS e.max CAD LT (IC) were machined with Cerec inLab MC ×5 (Dentsply Sirona, Bensheim, Germany), and the two zirconia-based blocks of Katana Zirconia HT (HT) and Katana Zirconia STML (ST) were machined with DWX-51D (Roland, Sydney, NSW, Australia). For the evaluation of the machinability of the prepared specimens, one Merlon wall was subdivided into 10, and the intact surface was counted among the ten divided surfaces. Each sample having four Merlon walls was rated out of 40. The surface roughness of the prepared specimens was measured using a surface probe microscope. The machinability of the prepared specimens in 0.4 mm group (32.00 ± 3.82) showed the highest score values compared to other groups ($P < 0.05$). Also, the machinability decreased in proportion to the machined thickness of the specimens. A comparative test of the machinability of silica-based and zirconia-based blocks showed that the machinability scores of two zirconia-based blocks were significantly higher than those of silica-based blocks ($P < 0.05$). From the result of surface roughness measurement, two silica-based blocks (VM and IC) showed a rough surface in the bottom area and a smooth region in the Merlon area. On the contrary, two zirconia-based blocks (HT and ST) showed a smooth surface in the bottom area and a rough surface in the Merlon area. These results confirmed that the material for used for computer aided milling (CAM), the block pre-treatment process, and the insertion direction of the milling bur seemed to affect the machinability of the block for CAM. Therefore, within the limitation of this study, we can expect that additional research considering external factors such as various block materials, cutting machines, and milling burs would be necessary.

Keywords : Merlon fracture test, Ceramic block, Silica, Zirconia, Machinability, Surface roughness

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. 04, 2022; Revised: Mar. 22, 2022; Accepted: Mar. 22, 2022

서론

CAD/CAM 시스템을 이용하여 치과 보철물을 제작하는 가장 대표적인 가공 방법인 절삭가공법은 전용의 밀링 블록 또는 디스크 블록을 절삭하면서 설계된 형상을 획득하는 방법으로(1), 균질의 보철물을 제작할 수 있는 장점이 있는 반면에 많은 재료 소모와 유지 비용, 그리고 밀링 공구(bur)의 직경의 따라 미세부 재현성이 떨어지는 단점이 있다(2,4). CAM용 세라믹 블록은 백류석 강화형 글라스 세라믹, 리튬 디실리케이트 글라스 세라믹 등의 실리카계 블록과 이트리아가 첨가된 부분 안정화 지르코니아로 구성된 지르코니아계 블록으로 구분되며, 최근에는 반투명 지르코니아 블록과 하이브리드 세라믹 블록 등이 소개되고 있다(5-8). 일반적으로, 세라믹 블록은 절삭가공 시 발생할 수 있는 파절(fracture)이나 칩핑(chipping)이 없는 치과 보철물의 제작이 가장 중요하다. 절삭가공에 관련된 요소에는 절삭가공기의 유형 및 절삭가공 과정 중의 진동, 절삭공구의 마모, 절삭되는 재료의 탄성변형 등이 있는데(9-11), 이러한 요소들이 보철물의 최종 결과에 영향을 미친다. 잘못된 절삭가공의 결과로 발생한 파절이나 칩핑은 치과 보철물의 기계적 물성 및 변연과절에 영향을 미칠 수 있다(12). 부정확한 변연은 치태의 축적으로 염증과 치은퇴축을 일으키고(13), 치아우식 및 치주질환의 발생으로 보철물의 장기적인 수명과 성공의 실패의 원인이 된다(14, 15).

절삭가공법으로 제작된 보철물의 정밀도(precision) 및 정확도(accuracy)에 관한 연구는 많이 소개되었지만(16-19), 블록의 절삭가공성 평가에 대한 연구는 많이 알려져 있지 않다. 최종 보철물의 변연 및 내면 적합도(fitting accuracy)를 평가하는 연구는 모든 보철물이 파절이나 칩핑 없이 제작된 것을 전제 조건으로 수행되는 연구이다. 절삭가공성을 평가하는 방법으로 육안검사 또는 주사전자현미경을 가장자리 칩핑(edge chipping)을 확인하는 정성평가 기반의 CAM용 블록의 절삭가공성을 확인하는 연구가 많이 진행되어 왔다(20-23). 따라서, 절삭가공 중에 발생하는 파절이나 칩핑을 정량평가하는 연구는 아직 미비하다고 볼 수 있다. 최근 세라믹 블록의 절삭가공성 평가가 “ISO/DIS 18675 Dentistry — Machinable ceramic blanks (2020)”내 Merlon 파절 시험으로 소개되었다(24). 해당 표준 내에 명시된 시험

방법은 4개의 분할된 수직 벽(Merlon)과 바닥(bottom)을 가진 시편을 이용하여 벽과 바닥의 두께를 0.1-0.5 mm까지 0.05 mm 단위로 STL 파일을 제작한 후, 절삭가공기를 이용하여 절삭가공한다. 가공된 시편을 육안검사를 이용하여 벽과 바닥의 파절 여부를 확인하는 것이다. 이때, 벽을 수직으로 3등분하여 파절되는 정도를 점수화하여 정량평가하여 세라믹 블록의 절삭가공성을 평가하게 된다. 본 연구진은 절삭가공할 시편의 두께를 0.2 mm, 0.3 mm, 0.4 mm로 설정하여 해당 표준에 제시된 시험법으로 예비연구를 수행하였고, 3등분으로 분할된 벽의 절삭가공성을 정량평가하는 방법이 다소 정밀도가 떨어진다는 결론을 도출하였다.

이에 본 연구에서는 국제표준 “ISO/DIS 18675 Dentistry — Machinable ceramic blanks (2020)”에 제시된 Merlon 파절 시험용 시편을 기반으로 기존 표준에 제시된 3등분 평가 대신 10등분 평가로 세분화하여 좀 더 정밀한 절삭가공성 평가를 수행하였다. 이번 연구에서는 2종의 실리카계와 2종의 지르코니아계 블록을 이용하여 절삭가공성의 정량평가를 수행하였고, 절삭가공된 벽과 바닥면의 표면 거칠기를 분석하여 절삭가공성과의 상관관계를 평가하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

연구에 사용될 실험재료는 세라믹 블록의 절삭가공성을 평가하기 위해 2종의 실리카계 블록과 2종의 지르코니아계 블록을 사용하였고, 각각의 블록에 적합한 2종의 절삭가공기를 사용하였다(Table 1).

2. 시편 제작

1) 시편 제작용 기준 STL 이미지 제작

세라믹 블록의 절삭가공성 평가용 시편은 “ISO/DIS 18675 Dentistry — Machinable ceramic blanks (2020)”에 제시된 4개의 벽(Merlon)과 1개의 바닥으로 구성된 Merlon 파절시험 시편을 이용하였다. 해당 표준에 제시된 제작도면을 바탕으로 3차원 설계프로그램(AutoCAD, AUTODESK Co., San Rafael, CA, USA)에서 기준 STL 이미지 파일을

Table 1. Materials and group classification used in this study.

	Groups	Materials	Product Name	Manufacturer	Milling Machine
Silica	VM	Feldspathic	Vitablocs Mark II	Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany	Cerec inLab MC X5 (Dentsply Sirona, Bensheim, Germany)
	IC	Lithium disilicate	IPS e.max CAD LT	Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein	
Zirconia	HT	3 mol% yttria-containing zirconia	Katana Zirconia HT (Single color)	Kuraray Noritake Dental, Tokyo, Japan	DWX-51D (Roland, Sydney, NSW, Australia)
	ST	5-5.5 mol% yttria-containing zirconia	Katana Zirconia STML (Multilayer color)		

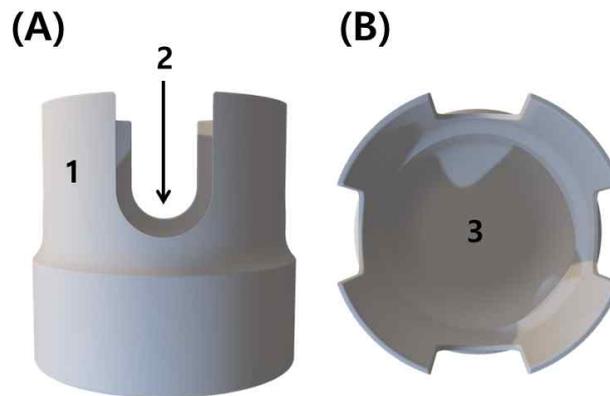


Figure 1. The front view (A) and the plane view (B) of Merlon fracture test specimens, (1) Merlon, (2) Insert direction, (3) Bottom Thickness of Merlon and bottom of each group (0.2 mm, 0.3 mm, 0.4 mm)

제작하였다. 각 그룹당 두께별 시편의 개수는 5개이고, Merlon 영역과 bottom 영역의 벽 두께는 표준에 명시된 전체 두께 조건들 중에 임상에서 가장 보편적으로 사용되는 두께인 0.2 mm, 0.3 mm, 0.4 mm로 설정하였다(Figure 1).

2) 시편 가공

시편을 제작하기 위해 기준 STL 이미지를 CAM 소프트웨어에 입력한 후, 교합면 영역을 시편의 평평한 bottom 영역으로 설정하고 마진 영역을 4개의 Merlon 영역으로 설정하여 삽입방향이 되도록 위치시켰다. 시편의 절삭가공 중에 발생할 수 있는 충격을 최소화하기 위하여 시험 시편 간 거리는 최소 2 mm 간격으로 배치하였다. 본 연구에서 선택

된 실리카계 블록인 Vitablocs Mark II (VM)와 IPS e.max CAD LT (IC) 블록은 Cerec inLab MC ×5 (Dentsply Sirona, Bensheim, Germany)로 절삭 가공하였고, 지르코니아계 블록인 Katana Zirconia HT (HT)와 Katana Zirconia STML (ST) 블록은 CAD/CAM 밀링장비 DWX-51D (Roland, Sydney, NSW, Australia)로 절삭 가공하였다. 시편의 개수는 각 그룹당 두께 별로 5개씩 총 60개의 시편을 절삭 가공하여 제작하였다(Figure 2).

3. 절삭가공성 평가

절삭가공이 완료된 시편은 Merlon 영역과 bottom 영역의 파절 여부를 평가하였다. 시편 당 4개의 Merlon 영역은

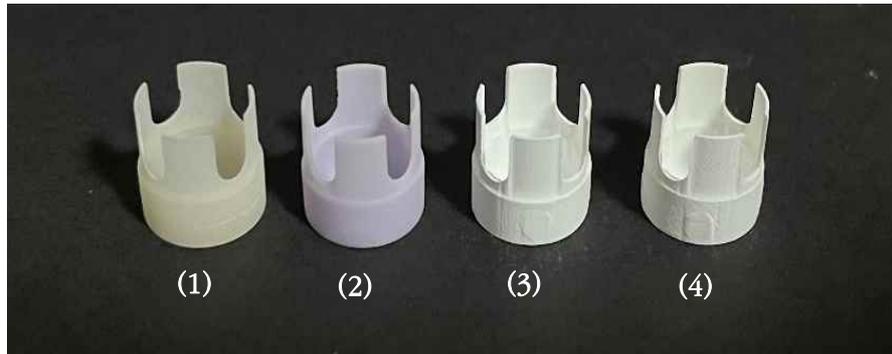


Figure 2. The photo image of machined specimens of (1) VM, (2) IC, (3) HT, and (4) ST

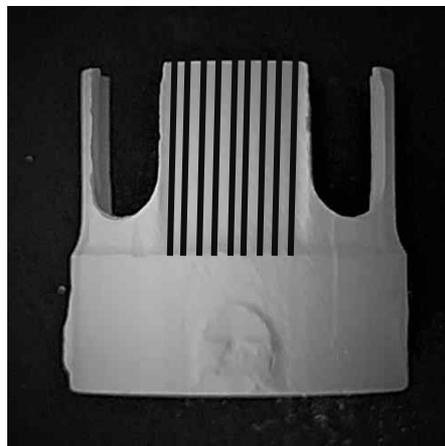


Figure 3. The photography of ten divided walls at Merlon area

10등분한 후 파절 여부를 점수화하여 정량평가하였고, bottom 영역은 육안으로 구멍이 관찰되면 파절된 것으로 파절 여부만 평가하였다(Figure 3). 네 개 Merlon의 10등분된 부위들 중에 파손되지 않고 남아 있는 부위만을 1점으로 인정하여 각 시편 당 40점 만점 기준으로 절삭가공성 점수를 산정하였다.

4. 절삭가공된 세라믹 블록의 표면조도 측정

절삭가공된 CAM용 세라믹 블록의 Merlon 영역과 bottom 영역의 표면조도를 측정하기 위해 표면 프로브 현미경 (Surface Probe microscope: SPM, SIS, PROBES, Seoul, Korea)을 이용하여 평균 거칠기(Average Roughness: Sa)와 제품군 평균 거칠기(Root Mean Square Roughness: Sq)를

측정하였다. 각 실험군의 측정된 표면조도는 Topography 이미지로 나타내었다.

5. 통계분석

통계적 유의성을 검증하기 위하여 SPSS 프로그램 (Statistical Product and Service Solutions Version 25.0; IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하였다. 두께와 제품에 따른 절삭가공성에 차이가 있는지 알아보기 위해 비모수적인 방법인 Kruskal Wallis test로 분석하였고, 두께 및 제품별 그룹 간 사후비교(Post hoc test)는 Mann-Whitney U 검정과 Bonferroni 보정으로 수행하였다. 모든 통계분석은 95%의 유의수준에서 검정하였다($\alpha=0.05$).

결 과

1. Merlon 파절 시험을 이용한 세라믹 블록의 절삭가공성 평가

모든 조건에 대한 절삭가공성을 평가한 값을 평균과 표준편차로 Table 2에 나타내었고, 두께 별 절삭가공성 결과와 제품 별 절삭가공성 결과는 Table 3과 4에 나타내었다. 해당 점수는 시편당 40점 만점 기준으로 측정되었고, 실험군당 5개의 시편을 제작하여 절삭가공성을 평가하였다.

두께에 따른 절삭가공성을 평가한 결과에 따르면, 0.2 mm는 22.75 ± 10.70 , 0.3 mm는 28.15 ± 8.27 , 0.4 mm는 32.00 ± 3.82 의 값을 나타냈다(Table 3). 사후검정 결과, 0.4 mm 실험군이 0.2 mm 실험군보다 통계적으로 우수한 절삭가공도를 나타내었다($P < 0.05$).

제품에 따른 절삭가공성을 평가한 결과에 따르면, 지르코니아 계열 블록 중의 하나인 ST의 절삭가공성은 34.03 ± 1.82 으로 가장 높은 값을 나타냈으며, HT (32.83 ± 2.04), IC (25.93 ± 6.64), 그리고 VM (17.73 ± 9.68)의 순서로 절삭가

공성 결과를 나타내었다(Table 4). 사후검정 결과, 제품별로 지르코니아계 블록 2종(HT, ST)의 절삭가공성이 실리카계 블록 2종(VM, IC)의 절삭가공성보다 통계적으로 유의하게 높았다($P < 0.05$). 또한, 지르코니아계 블록 내에서는 제품간의 통계적 유의차가 없었으나($P > 0.05$), 실리카계 블록 내에서는 IC가 VM보다 통계적으로 우수한 절삭가공성을 나타내었다($P < 0.05$).

Bottom 영역의 육안검사 결과, VM과 IC에서는 모든 두께에서 파절이 없었고 HT에서는 0.2 mm 두께의 시편 모두 파절이 있었으며, ST에서는 5개 시편 중 3개의 파절이 있었다(Table 5).

2. 표면조도 측정

절삭가공된 시편에서 Merlon과 bottom 영역의 표면을 표면 프로브 현미경으로 측정된 평균 거칠기(Sa)값과 평균 거칠기(Sq)결과를 Table 6에 나타내었고, 표면조도 이미지는 Figure 4에 나타내었다. 표면조도 결과와 이미지를 바탕으로 실리카계 블록인 VM과 IC에서는 bottom 영역이

Table 2. The machinability scores of the experimental groups according to different thicknesses

Thickness	Groups			
	VM	IC	HT	ST
0.2 mm	8.04 ± 1.94	18.00 ± 4.18	31.40 ± 1.51	33.20 ± 2.16
0.3 mm	17.20 ± 9.57	29.20 ± 3.70	33.20 ± 1.92	34.00 ± 1.41
0.4 mm	27.60 ± 1.34	30.06 ± 2.07	34.90 ± 0.54	35.70 ± 0.90

Table 3. Mean and standard deviation of the machinability scores between thickness

Thickness	Mean	SD	95% CI		P-value
			Min	Max	
0.2 mm	22.75^a	10.70	17.74	27.75	.013
0.3 mm	28.15^{ab}	8.27	24.27	32.02	
0.4 mm	32.00^b	3.82	30.20	33.79	

The same letters indicate no significant difference ($\alpha = 0.05$)

Table 4. Mean and standard deviation of the machinability scores between experimental groups

Groups	Mean	SD	95% CI		P-value
			Min	Max	
VM	17.73 ^a	9.68	12.37	23.99	.000
IC	25.93 ^b	6.64	22.25	29.61	
HT	32.83 ^c	2.04	31.69	33.96	
ST	34.03 ^c	1.82	33.29	35.30	

The same letters indicate no significant difference ($\alpha = 0.05$)

Table 5. The scores of the visual inspection of the bottom area

Thickness	Groups			
	VM	IC	HT	ST
0.2 mm	0/5	0/5	5/5	3/5
0.3 mm	0/5	0/5	0/5	0/5
0.4 mm	0/5	0/5	0/5	0/5

Score = The number of specimens with fractured bottom / The number of total specimens

Table 6. The results of Sa and Sq of the experimental groups measured by surface probe microscopy (Unit: nm)

Measurement \ Groups	VM		IC		HT		ST	
	Bottom	Merlon	Bottom	Merlon	Bottom	Merlon	Bottom	Merlon
Sa	77.85	62.04	83.80	47.85	70.43	77.40	54.91	66.27
Sq	99.31	78.87	119.00	60.35	89.96	101.50	70.36	84.32

Merlon 영역보다 거친 표면을 나타내었고, 지르코니아계 블록인 HT와 ST에서는 Merlon 영역이 bottom 영역보다 거친 표면을 나타내었다.

고 찰

일반적으로, 세라믹 블록은 절삭가공 시 발생할 수 있는 파절이나 칩핑은 블록과 절삭가공기의 호환성, 절삭가공기

기의 작동방식, 절삭공구의 디자인, 블록 자체의 기계적 물성 등 수많은 외부적 요인에 영향을 받는다(9-11). 따라서, 본 연구에서는 이러한 외부적인 요인들을 최소화하기 위하여 실리카계 블록용 절삭가공장비와 지르코니아 블록용 절삭가공장비를 각각 1종을 선택해서 사용하였고, 밀링용 버 또한 제조사에서 권장하는 실리카용과 지르코니아용으로 재사용없이 사용하였다. 두께 별 절삭가공성 평가 결과, 0.4 mm 실험군(32.00±3.82)이 가장 높은 절삭가공성을 나타내었고(P<0.05), 두께가 얇아질수록 절삭가공성이

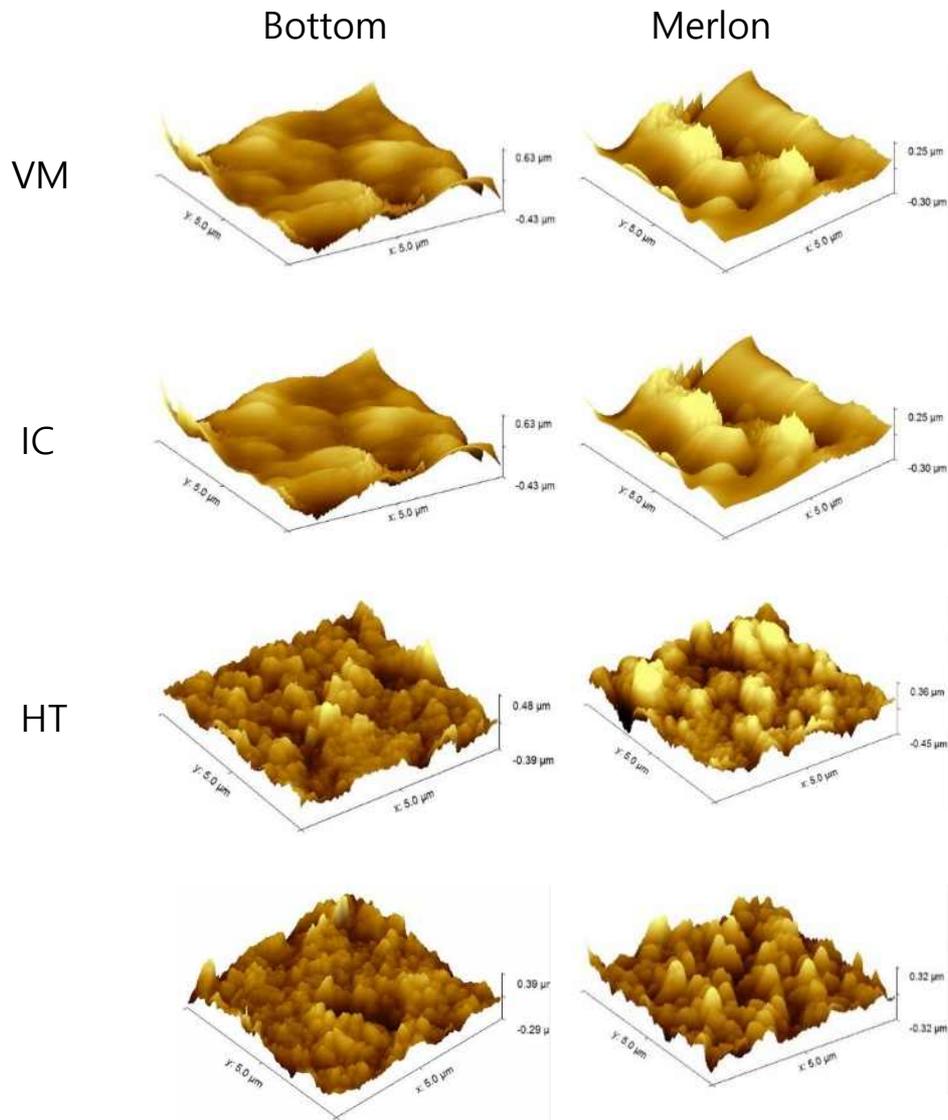


Figure 4. The surface roughness images of the experimental groups captured by surface probe microscopy.

감소되는 경향을 나타내었다. 이는 부분 소결된 벌크 형태의 지르코니아계 블록과 완전 소결된 소형블록 형태의 실리카계 블록의 전처리 조건에 상관없이 동일하게 나타난 결과이다. 일반적으로, 절삭가공되는 동안 밀링용 버로부터 전달되는 진동과 마찰을 세라믹 블록이 견뎌내야 하는데, 벽의 두께가 얇아질수록 부분 파절 및 칩핑을 견뎌내는 힘이 약해지므로 절삭가공성이 떨어진다고 판단된다.

또한, 제품에 따른 절삭가공성 평가 결과를 보면, 지르코니아계 블록인 ST의 절삭가공성 결과가 34.03 ± 1.82 으로 가장 높은 값을 나타냈으며, 지르코니아계 블록 2종의 절삭

가공성이 실리카계 2종 블록의 절삭가공성보다 유의차있게 높게 나타났다($P < 0.05$). 이는 해당 세라믹 블록의 전처리 과정에 의한 소결 정도의 차이에서 비롯된다고 추측되는데, 일반적으로 부분 소결된 지르코니아계 블록은 완전 소결된 실리카계 소형블록보다 블록 자체의 치밀화가 상대적으로 덜하다. 따라서, 제한된 조건의 절삭가공 공정 중에 발생하는 블록의 밀링용 버에 대한 마찰 저항성이 지르코니아계 세라믹이 실리카계 세라믹에 비하여 낮고, 아주 쉽게 절삭가공이 이루어진 것으로 판단된다. 그리고, 같은 실리카계 블록 내에서는 장석(Feldspar) 계열의 VM이 리튬 디실리케

이트 계열의 IC에 비하여 낮은 절삭가공성을 나타냈는데, 이는 소재 자체의 기계적 물성의 차이에 기인한다고 추측된다. 동일하게 완전 소결된 조건에서 대략 100 MPa의 굴곡강도를 보이는 장식 계열의 VM 블록에 비하여 리튬 디실리케이트 성분의 IC 블록은 4배 이상의 강한 강도를 가지고 있다(25). 따라서, 구성성분의 차이로 인한 낮은 기계적 강도로 인하여 절삭가공 시 밀링용 버의 마찰에 따른 충격으로 인하여 강도가 낮은 VM 블록의 절삭가공성이 더 낮게 나타난 것으로 추측된다. Bottom 영역의 파절 여부 결과, 지르코니아계 블록의 0.2 mm 실험군에서만 파절이 관찰되었다. 이는 밀링용 버의 삽입방향과 밀접한 관련이 있는데, 버의 삽입방향이 bottom과 수직으로 이루어지기 때문에 버의 날카로운 팁 부분으로 절삭가공이 이루어진다. 따라서, 부분 소결되어 충분한 강도를 가지지 못하는 지르코니아계 블록의 가장 얇은 두께 조건에서는 bottom 영역에서의 파절 발생 가능성이 아주 높다고 볼 수 있다.

시편의 Merlon 영역의 표면조도 결과를 비교 평가해보면, 절삭가공성과 유사한 경향을 나타내는 것으로 확인되었다. 이는 밀링용 버의 삽입방향과 Merlon의 방향이 수평이므로 절삭가공 시 버의 측면으로 블록이 절삭가공된다. 따라서, 상대적으로 균질한 표면을 가지게 되고, 재료의 순수한 성질에 따라 표면조도의 차이가 발생하게 된다. Bottom 영역은 밀링용 버의 삽입방향과 수직면이므로 버의 뾰족한 팁 부분으로 절삭가공되기 때문에 Merlon에 비하여 상대적으로 상이한 표면조도 결과를 나타내었다. Figure 4의 표면조도 이미지에서는 완전 소결된 실리카계 블록 2종은 유리질 기반의 소재로 구성되어 있기 때문에 절삭면에서 결정입자가 관찰되지 않았고, 부분 소결된 지르코니아계 블록 2종에서는 대략 직경 3-4 μm 의 지르코니아 결정입자가 관찰되었다.

제한된 연구 조건 내에서, 본 연구는 ISO/DIS 18675에 제시된 Merlon 파절실험 시편을 이용하여 4종의 세라믹 블록의 두께에 따른 절삭가공성 평가와 표면분석을 시행하였고, 세라믹 소재, 블록의 전처리 공정 및 밀링용 버의 삽입방향 등이 절삭가공성에 많은 영향을 미친다는 것을 확인하였다. 또한, 본 연구에서 제시한 절삭가공성 평가방법이 다양한 CAM용 세라믹 블록의 임상적으로 적용 가능한 최소 가공 두께에 대한 기준이 될 것으로 사료된다.

결론

본 연구에서는 세라믹 블록의 국제표준 “ISO/DIS 18675 Dentistry — Machinable ceramic blanks (2020)”에 나와 있는 Merlon 파절 시험 모형을 이용하여 실리카계 블록 2종과 지르코니아계 블록 2종의 절삭가공성을 평가하였다. 두께에 따른 절삭가공성 평가에서는 0.4 mm 실험군 (32.00 ± 3.82)이 가장 높은 절삭가공성을 나타내었고 ($P < 0.05$), 두께가 얇아질수록 절삭가공성이 감소되는 경향을 나타내었다. 제품에 따른 절삭가공성 평가에서는 지르코니아계 블록인 ST의 절삭가공성 결과가 34.03 ± 1.82 으로 가장 높은 값을 나타냈으며, 지르코니아계 블록 2종의 절삭가공성이 실리카계 2종 블록의 절삭가공성보다 유의차있게 높게 나타났다($P < 0.05$). 그리고, 표면조도 결과를 바탕으로 실리카계 블록인 VM과 IC에서는 bottom 영역이 Merlon 영역보다 거친 표면을 나타내었고, 지르코니아계 블록인 HT와 ST에서는 Merlon 영역이 bottom 영역보다 거친 표면을 나타내었다. 이러한 결과들은 세라믹 소재, 블록의 전처리 공정 및 밀링용 버의 삽입방향 등이 절삭가공성 등의 외부 요인에 많은 영향을 받는 것을 확인하였다. 따라서, 본 연구를 기반으로 다양한 블록 소재, 절삭가공기기, 및 밀링용 버 등의 외부요인을 고려한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Lee WS, Lee DH, Lee KB. Evaluation of internal fit of interim crown fabricated with CAD/CAM milling and 3D printing system, J Adv Prosthodont. 2017;9(4): 265-70.
2. Strub JR, Rekow ED, Witkowski S. Computer-aided design and fabrication of dental restorations - Current systems and future possibilities. J Am Dent Assoc. 2006;137(9):1289-96.
3. Kang SY, Park JH, Kim JH, Kim WC. Accuracy of provisional crowns made using stereolithography apparatus and subtractive technique. J Adv Prosthodont.

- dont. 2018;10(5):354-60.
4. Torabi K, Farjood E, Hamedani S. Rapid prototyping technologies and their applications in prosthodontics, a review of literature. *J Dent (Shiraz)*. 2015;16(1):1-9.
 5. Bunek S. Ceramics and surface treatments. *Dental Advisor*. 2018;35(3):2-6.
 6. Komine F, Tomic M, Gerds T, Strub JR. Influence of different adhesive resin cements on the fracture strength of aluminum oxide ceramic posterior crowns. *J Prosthet Dent*. 2004;92(4):359-64.
 7. Ko C, Wang Z, Tseng H, Lee D, Guez C. Advances in Bioceramics and Biotechnologies II: Ceramic Transactions, ed. JM McKittrick, R Narayan and H Lin. 2014:135-48.
 8. Conrad HJ, Seong WJ, Pesun GJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: A systematic review. *J Prosthet Dent*. 2007;98(5):389-404.
 9. Mormann WH, Schug J. Grinding precision and accuracy of fit of CEREC 2 CAD-CIM inlays. *J Am Dent Assoc*. 1997;128(1):47-53.
 10. Lebon N, Tapie L, Vennat E, Mawussi B. Influence of CAD/CAM tool and material on tool wear and roughness of dental prostheses after milling. *J Prosthet Dent*. 2015;114(2):236-47.
 11. Yara A, Goto S, Ogura H. Correlation between accuracy of crowns fabricated using CAD/CAM and elastic deformation of CAD/CAM materials. *Dent Mater J*. 2004;23(4):572-6.
 12. 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(2):174-9.
 13. Schwartz NL, Whitsett LD, Berry TG, Stewart JL. Unserviceable crowns and fixed partial dentures: life-span and causes for loss of serviceability. *J Am Dent Assoc*. 1970;81(6):1395-401.
 14. Burns DR, Beck DA, Nelson SK, Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the Academy of Fixed P. A review of selected dental literature on contemporary provisional fixed prosthodontic treatment: report of the Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the Academy of Fixed Prosthodontics. *J Prosthet Dent*. 2003;90(5):474-97.
 15. Walton JN, Gardner FM, Agar JR. A survey of crown and fixed partial denture failures: length of service and reasons for replacement. *J Prosthet Dent*. 1986;56(4):416-21.
 16. 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.
 17. 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.
 18. 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.
 19. Hamza TA, Ezzat HA, El-Hossary MM, Katamish HA, Shokry TE, Rosenstiel SF. Accuracy of ceramic restorations made with two CAD/CAM systems. *J Prosthet Dent*. 2013;109(2):83-7.
 20. Miura S, Kasahara S, Kudo M, Okuyama Y, Izumida A, Yoda M, et al. Clinical chipping of zirconia all-ceramic restorations. *Interface oral health science* 2014: Springer, Tokyo; 2015;317-23.
 21. Zhang Y, Chai H, Lee JJ, Lawn BR. Chipping resistance of graded zirconia ceramics for dental crowns. *J Dent Res*. 2012;91(3):311-5.
 22. Zhang Y, Lee JJ, Srikanth R, Lawn BR. Edge chipping and flexural resistance of monolithic ceramics. *Dent Mater*. 2013;29(12):1201-8.
 23. Hampe R, Theelke B, Lumkemann N, Stawarczyk B.

- Impact of artificial aging by thermocycling on edge chipping resistance and Martens hardness of different dental CAD-CAM restorative materials. *J Prosthet Dent*. 2021;125(2):326-33.
- 24, International Organization for Standardization, ISO/ DIS 18675:2020, Dentistry-Machinable ceramic blanks, Geneva: ISO;2020.
- 25, Sen N, Us YO. Mechanical and optical properties of monolithic CAD-CAM restorative materials. *J Prosthet Dent*. 2018;119(4):593-9.

Merlon 파절 시험 모형을 이용한 CAM용 세라믹 블록의 절삭가공성 평가

이희정¹, 배지명^{1,2}, 오승한^{1,2,*}

¹원광대학교 치과대학 치과생체재료학교실

²원광대학교 치과대학 생체재료·매식연구소

본 연구에서는 세라믹 블록의 국제표준 “ISO/DIS 18675 Dentistry — Machinable ceramic blanks (2020)” 에 나와 있는 Merlon 파절 시험 모형을 이용하여 실리카계 블록 2종과 지르코니아계 블록 2종의 절삭가공성을 평가하였다. 실리카계 블록인 Vitablock Mark II (VM)와 IPS e.max CAD LT (IC)은 Cerec inLab MC ×5 (Dentsply Sirona, Bensheim, Germany)로 절삭 가공하였고, 지르코니아계 블록인 Katana Zirconia HT (HT)와 Katana Zirconia STML (ST)은 DWX-51D (Roland, Sydney, NSW, Australia)로 절삭 가공하였다. 가공된 시편의 절삭가공도 평가는 하나의 Merlon을 10분할하고, 10분할된 벽들 중에 파절되지 않은 깨끗한 벽을 점수화하여 시편 당 40점 만점으로 평가하였다. 또한, 표면 프로브 현미경을 이용하여 평균 거칠기와 제곱근 평균 거칠기를 측정하였다. 두께에 따른 절삭가공성 평가에서는 0.4 mm 실험군(32.00±3.82)가 가장 높은 절삭가공성을 나타내었고(P<0.05), 두께가 얇아질수록 절삭가공성이 감소되는 경향을 나타내었다. 실리카계와 지르코니아계 블록의 절삭가공성 비교평가에서는 지르코니아계 블록 2종의 절삭가공성 결과가 실리카계 블록 2종의 절삭가공성 결과보다 유의차있게 높게 나타났다(P<0.05). 표면조도 측정 결과, 실리카계 블록인 VM과 IC에서는 bottom 영역이 Merlon 영역보다 거친 표면을 나타내었고, 지르코니아계 블록인 HT와 ST에서는 Merlon 영역이 bottom 영역보다 거친 표면을 나타내었다. 이러한 결과들은 CAM용 소재, 블록의 전처리 공정 및 밀링용 버의 삽입방향 등이 절삭가공성 등의 외부 요인에 많은 영향을 받는 것을 확인하였다. 따라서, 본 연구를 기반으로 다양한 블록 소재, 절삭가공기기 및 밀링용 버 등의 외부요인을 고려한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

색인단어 : Merlon 파절 시험, 세라믹 블록, 실리카, 지르코니아, 절삭가공성, 표면조도
