

1

절삭가공과 적층가공으로 제작한 임시수복물의 두께에 따른 굴곡강도 비교

김민선¹, 이재인¹

¹원광대학교 치과대학 치과보철학교실

ORCID ID

Minseon Kim,  <https://orcid.org/0000-0003-4887-9045>

Jae-In Lee,  <https://orcid.org/0000-0002-3026-0693>

ABSTRACT

Comparison of flexural strength according to thickness between provisional restorations fabricated by subtractive and additive manufacturing

Min-seon Kim¹, Jae-in Lee¹

¹Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Wonkwang University

Purpose : The purpose of this study is to compare flexural strength according to the thickness of provisional restoration materials manufactured by subtractive and additive methods using CAD-CAM system.

Materials and methods : It was divided into three groups with different manufacturing methods, the CON group manufactured by the traditional method, the MIL group manufactured by subtractive methods and the DLP group manufactured by additive methods. Each group was divided into 3 groups by varying the thickness of the specimen (1.0 mm, 1.5 mm, 2.0 mm), and a total of 9 experimental groups were set. Fifteen specimens for each group were prepared in the form of a bar and the flexural strength was measured.

Results : According to the manufacturing method, the MIL group showed the highest flexural strength, followed by the DLP group and the CON group($p<0.01$). In the MIL and DLP groups, the flexural strength increased statistically significantly as the thickness increased ($p<0.01$), but in the CON group, there was no statistically significant difference in the flexural strength at 1.5 mm thickness and 2.0 mm thickness($p>0.05$).

Conclusion : Provisional restorative resins fabricated by subtractive methods showed higher flexural strength than those made by additive manufacturing, and both showed superior flexural strength than those fabricated by traditional methods. Active use of the CAD-CAM system in the dental field is recommended, however, as the flexural strength decreases statistically as the thickness of the material decreases, we need to be careful about reduction in the thickness of the material.

Key words : flexural strength, CAD-CAM, 3D printing

Corresponding Author

Jae In Lee, DDS, MS, Phd, Professor

Professor, Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Wonkwang

University, 77 Doosan-ro, Seo-gu, Daejeon, 35233, Republic of Korea

Tel : +82-42-366-1100 / Fax : +82-42-366-1115 / E-mail : cash78@empas.com

I. 서론

자연치나 임플란트에서 고정성 보철물 수복시 일정기간 임시수복물을 사용한다. 임시수복물은 지대치 보호, 인접치 및 대합치의 이동 방지, 치은건강 유지에 중요한 역할을 하고 교합과 심미성의 진단에도 유용하다¹⁾. 따라서 임시수복물은 최종수복물 제작까지 소요되는 기간동안 구강내에서 적절한 기능을 하며 유지되도록 제작해야 한다²⁾.

임시수복물 재료는 기본적으로 생물학적, 심미적으로 적합한 성질을 가져야 하며 충분한 기계적 물성을 가져 기능적 부하에 대해 저항하고 탈락하지 않아야 한다³⁾. 임시수복물의 파절이 발생하면 임시수복물의 다양한 보호 기능을 상실할 뿐만 아니라 환자가 이를 수리하기 위해 한 번 더 내원해야 하는 문제가 발생한다⁴⁾. 재료의 강도가 이러한 수복물의 파절 방지에 중요하며 그 중 굴곡강도는 환자가 임시수복물을 장기간 사용해야 할 때, 또는 비기능적 악습관을 가지거나 long-span 보철물을 수복하는 경우 중요하다³⁾.

전통적인 임시수복물 제작방법은 polymethyl methacrylate (PMMA) 계열의 자가중합형 레진을 사용해 구강 내에서 직접 제작하는 직접법과 환자의 모형을 사용해 제작하는 간접법이 있다. 직접법은 레진 단량체가 구강 점막에 해를 입히거나, 레진의 중합수축에 따라 적합도가 감소하고, 술자의 숙련도에 따라 시간적, 심미적 문제를 일으킬 수 있다⁵⁾. 간접법 역시 기공과정에서의 오류나 레진의 중합수축에 따른 적합도 감소나 기계적 성질 저하의 가능성 있다^{5,6)}. 최근 computer aided design and computer aided manufacturing (CAD-CAM) 기술이 확대되면서 이러한 기존 방식의 단점들을 보완한 수복물의 제작이 가능해졌다⁷⁾. CAD-CAM을 이용한 수복물 제작방법에는 절삭가공(subtractive manufacturing)과 적층가공(additive manufacturing)이 있다⁷⁾.

절삭가공은 사전중합된 PMMA 블록을 사용해 절삭하는 방식으로 전통적인 방법에 비해 잔여 단량체 배출이 적고 색안정성과 광학적 성질이 우수하며 제작을 간편하게 한다. 이 방식은 이미 치과분야에서 다양한 수복치료에 사용하고 있지만 절삭기구가 마모되고 모노블록의 남은 부분을 사용할 수 없어 재료의 낭비가 심하며 정밀성이 부족하다는 단점이 있다^{8,9)}.

적층가공은 금속이나 플라스틱 등의 물질을 층층이 쌓아 올려 조형하는 방법으로 절삭가공의 단점을 보완해 현재 새롭게 각광받고 있는 제작 방식이다¹⁰⁾. 임시수복물의 제작에는 주로 stereolithography apparatus(SLA)와 digital light processing(DLP) 방식이 사용되며 두 가지 모두 광경화성 액상 수지를 고형화시키는 원리이지만 출력력이 점단위로 되는 것과 면단위로 되는 것에 차이가 있다. 이는 언더컷이나 정밀한 부분의 재현이 가능하다는 장점이 있다¹¹⁾.

최근 CAD-CAM을 이용해 제작한 수복물을 치과치료에 활용하려는 노력이 많아지면서 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 여러 연구에서 전통적인 방식으로 제작한 것과 비교해 절삭가공 및 적층가공 방식으로 제작한 임시수복재료의 파절강도, 굴곡강도, 적합성 등에 대한 연구가 시행되었다. 이전의 연구들은 일정한 두께 및 형태의 시편을 제작해 연구가 시행됐지만 실제 임상에서 임시수복물은 지대치 삭제량, 대합치와의 거리 등에 따라 다양한 두께로 제작된다. 따라서 본 연구에서는 다양한 방법으로 제작한 임시수복용 레진의 두께를 임상적으로 적용 가능한 범위 내에서 다양하게 하여 각 두께마다 제작방법에 따른 굴곡강도의 차이가 있는지 연구해보고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 연구 재료

시편의 제작방법에 따라 PMMA 계열의 자가중합 레진(Tokuso curefast, Tokuyama Dental Corp, Toyko, Japan)을 전통적인 방법으로 직접 제작한 시편을 CON군으로 하였고, CAD-CAM system으로 디자인해 PMMA 블록(TS PMMA Block, TS DENTAL, Seoul, Korea)을 밀링기(ARUM 5X-200, DOOWON ID, Daejeon, Korea)로 절삭해 제작한 시편을 MIL군, 광경화성 액상수지(ARUM C&B HYBRID, DOOWON ID, Daejeon, Korea)를 DLP 타입의 3D 프린터(ARUM DLP, DOOWON ID, Daejeon, Korea)로 적층해 제작한 시편을 DLP군으로 하였다(Table 1).

2. 연구 방법

1) 시편 제작

CON군은 stainless steel mold를 제작한 후 제조사에서 지시하는 비율과 시간으로 재료를 섞어 주입하였고, 유리판으로 압접해 경화시켰다. MIL군과 DLP군은 CAD software(Rhinoceros Rhino 3D, McNeel, Seattle, America)로 디자인하여 제작하였다.

시편은 치과용 복합레진의 국제규격 ISO10477에 따라 바 형태로 계획하였다. 시편의 길이는 25 mm 폭은 2

mm 이었으며, 두께는 임상적으로 적용 가능한 범위 내에서 1.0 mm, 1.5 mm, 2.0 mm로 설정하였다.

각각의 제작방법 (CON, MIL, DLP) 및 두께(1.0 mm, 1.5 mm, 2.0 mm)에 따라 9개의 실험군을 설정하였고, 한 군당 15개의 시편을 제작하였다.

2) 굴곡강도 측정

모든 시편은 37°C의 증류수에 24시간동안 보관한 후 universal testing machine (Instron 5848, Instron, Canton, USA)으로 3점 굽힘 시험을 하였다. 두 지지대의 거리는 15 mm로 설정해 분당 2 mm의 속도로 하중을 가하였다(Fig. 1). 시편이 파절되는 시점까지 하중을 N 단위로 측정해 다음의 공식으로 굴곡강도(MPa)를 계산하였다.

$$\sigma = 3Fl/2bh^2$$

σ : 굴곡강도(MPa)

F: 시편에 가해진 최고 하중(N)

l: 지지대 간의 거리(mm)

b: 시편의 폭(mm)

h: 시편의 두께(mm)

3) 통계 분석

통계 분석은 IBM SPSS Statistics 28 (SPSS Inc, Chicago, USA) 프로그램을 이용하였고, 제작방법과 시편

Table 1. Materials used in this study

group	Product	Methods	Composition	Manufacturer
CON	TokusoCureFast	Conventional	Polymethyl methacrylates	Tokuyama Dental Corp, Toyko, Japan
MIL	PMMA DISK	CAD-CAM milling	Polymethyl methacrylates	DOOWON ID, Daejeon, Korea
DLP	3D polymer	3D printing	Bis-acrylic	DOOWON ID, Daejeon, Korea

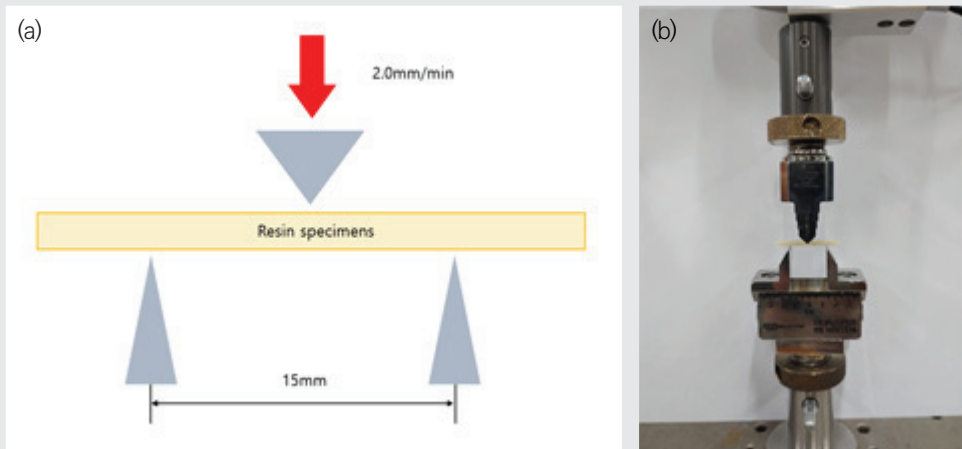


Fig. 1. (a) Schematic diagram of test. (b) Universal testing machine for 3-point flexural strength test.

의 두께에 따른 굴곡강도의 비교분석을 위해 One-way ANOVA와 사후 검정으로 Tukey test를 실시하였고 신뢰 수준 95%에서 통계적 유의성을 검증하였다.

III. 결과

절삭가공으로 제작한 두께 2.0 mm 군에서 133.96 ± 5.76 MPa로 가장 높은 굴곡강도를 보였고 전통적인 방법으로 제작한 두께 1.0 mm 군에서 65.36 ± 9.71 MPa로 가장 낮은 굴곡강도를 보였다.

제작방법에 따라서는 MIL군, DLP군, CON군 순으로 굴곡강도가 유의하게 높았고($p < 0.01$), 모든 두께의 군에서 같은 결과를 나타냈다.

MIL군과 DLP군은 두께가 증가할수록 굴곡강도가 유의하게 증가했다($p < 0.01$). CON군은 1.0 mm와 1.5 mm, 그리고 1.0 mm와 2.0 mm 군들 사이에서는 두께가 두꺼

운 군에서 통계적으로 유의하게 높은 굴곡강도를 보였지만($p < 0.01$), 1.5 mm와 2.0 mm군은 통계학적으로 유의미한 차이가 없었다($p > 0.05$). 하지만 평균 결과값은 CON군의 2.0 mm 두께에서 76.88 ± 7.28 MPa, 1.5mm 두께에서 73.32 ± 5.70 MPa로 2.0 mm 군에서 근소하게 높은 값을 보였다(Table 1, Fig. 2).

IV. 고찰

최근 CAD-CAM을 치과치료에 활용하려는 노력이 증대되면서 다양한 연구가 이루어지고 있으며, 임플란트 치료의 증가로 장기간동안 구강내에 임시수복물을 유지하는 것이 더욱 중요해졌다. 임시수복물이 충분한 굴곡강도를 가질 때 장기간 구강내에서 적절히 유지될 수 있으며, 이에 본 연구에서는 CAD-CAM을 이용해 절삭가공 및 적층가공 방식으로 제작한 임시수복물의 굴곡강도에 대해

Table 2. Mean flexural strength (mean $\pm$ SD) in experimental groups (unit : MPa)

group	CON	MIL	DLP
1.0 mm	65.36 $\pm$ 9.71a	112.87 $\pm$ 6.17 ^c	102.17 $\pm$ 4.59 ^f
1.5 mm	73.32 $\pm$ 5.70 ^b	122.95 $\pm$ 7.30 ^d	118.84 $\pm$ 4.29 ^g
2.0 mm	76.88 $\pm$ 7.28 ^b	133.96 $\pm$ 5.76 ^e	128.41 $\pm$ 3.82 ^h

위 첨자의 같은 소문자는 통계적으로 유의한 차이가 없음을 의미한다 (p>0.05).



Fig. 2. Chart of mean flexural strength in experimental groups

연구해보고자 하였다. 또한 기존의 한가지 두께의 시편에 국한된 굴곡강도 측정 연구들과 달리 임상적으로 활용될 만한 다양한 두께의 시편에서 임시수복물 재료의 제작방법을 다르게 했을 때 굴곡강도에 차이가 있는지 비교하고자 하였다.

임시수복물 제작에 주로 사용되는 3D printing 방식에는 SLA와 DLP 기술이 있다. SLA는 광경화성 액상수지에 점 형태의 빔을 조사하고 반사경을 이용해 단면을 그리면서 출력물을 제작하는 방식이다¹²⁾. DLP는 광경화성 액상수지를 사용하는 점은 같지만 반사경 없이 빔 프로젝터를 이용해 층 전체를 한번에 중합시켜 제작한다¹³⁾. 이런 출력

방식의 차이에 의해 DLP 방식은 SLA 방식보다 더 빠른 시간 내에 제작이 가능하며¹⁴⁾ 두가지 방식 사이에 정밀도는 유의한 차이가 없다고 보고된다¹²⁾. DLP 방식은 높은 정밀도와 빠른 작업속도를 장점으로 가져 임시수복물 제작에 많이 이용되며 이에 본 연구에서도 DLP 방식으로 제작한 시편을 사용하였다.

실험결과 모든 두께에서 MIL군의 굴곡강도가 가장 높았으며 DLP군, CON군 순으로 굴곡강도가 낮았다. Lim과 Lee¹⁵⁾의 연구에서도 임시수복 재료의 굴곡강도는 절삭가공한 군에서 가장 높았고 다음으로는 3D printing 방식, 전통적인 제작 방식 순이었다. 3D printing 방식 중에

서도 SLA 방식이 DLP 방식으로 제작한 군보다 굴곡강도가 높았다. Cho와 Choi¹⁶⁾의 연구에서도 절삭가공한 군의 굴곡강도가 가장 높았고 DLP방식, SLA 방식, 전통적인 제작방식 순으로 굴곡강도가 낮았다. 본 연구에서도 선행연구들과 유사한 결과를 나타냈다.

CON군에 비해 MIL군이 통계적으로 유의하게 높은 굴곡강도를 나타내는 것은 절삭가공시 사용되는 PMMA 블록과 관련이 있다. CON군과 MIL군 재료의 성분은 같지만 MIL군에서 사용된 PMMA 블록은 제조과정에서 미리 중합하므로 낮은 다공성을 가져 높은 기계적 강도를 가진다¹⁷⁾. 또한 CAD-CAM system을 이용해 가공되므로 제작 과정 중의 재료 팽창이나 수축과 같은 문제를 줄일 수 있다¹⁸⁾. 이에 비해 전통적인 제작 방법은 술자가 liquid와 powder를 직접 혼합하는 과정에서 공기가 함입해 내부 기포가 많이 발생하게 되며¹⁹⁾, 중합 수축 과정에서의 오차나 미중합 단량체 등에 의해 기계적 강도가 감소하게 된다²⁰⁾.

DLP군도 CON군에 비해 통계적으로 유의하게 높은 굴곡강도를 나타냈는데 이는 재료 자체의 차이와 제작과정에서의 중합도와 관련이 있는 것으로 보인다. 적층가공에 사용되는 재료의 구성성분을 제조사에서 자세히 밝히지는 않지만²¹⁾ 보통 bisphenol-A glyceroldimethacrylate (Bis-GMA), triethylene glycoldimethacrylate (TEGDMA) 등의 단량체를 주성분으로 하며 다양한 종류의 광개시제를 포함한다²²⁾. 자가중합형 레진보다 광중합형 레진의 기계적 성질이 높다는 선행연구가 있으며²³⁾, 술자가 직접 제작한 것과 CAD-CAM system을 이용한 것에서 중합도에 차이가 있을 것으로 보인다.

DLP 군과 MIL군 중에서는 MIL군이 통계적으로 유의하게 높은 굴곡강도를 나타냈다. PMMA 블록은 미리 중합된 상태에서 제작하기 때문에 설계된 형태와 동일한 크기로 가공되며 제작 과정 중 재료의 팽창이나 수축 문제를 최소화할 수 있다¹⁸⁾. 이에 비해 적층 가공법은 재료 출력

후 광중합이 이루어지는데 그 과정에서 보철물 잔류 응력에 의해 변형이 일어나거나²⁴⁾, 빛의 양이나 산란, 회절로 중합 과정에서 오차가 발생할 수 있다²⁵⁾. 다양한 선행 연구에서도 적층가공으로 제작한 임시수복용 재료는 기계적 강도가 절삭가공용 레진보다는 낮지만 자가중합형 레진보다는 높은 것으로 나타났다²⁶⁾.

시편의 두께를 다르게 했을 때 CON군, MIL군, DLP군 모두 두께가 감소할수록 굴곡강도가 감소했다. 임시 수복재료의 두께에 따른 굴곡강도를 비교한 선행연구가 많지 않아 정확한 비교는 어렵지만 PMMA 레진 의치상에서 두께가 감소할수록 굴곡강도가 감소한다는 선행 연구와는 일치하는 결과를 보였다²⁷⁾. MIL군과 DLP군은 모든 두께에서 ISO 10477:2018에서 제시한 임시 고정성 수복물의 최소 굽힘강도인 65 MPa 이상으로 나타나 임상적으로 허용 가능한 수준이었지만, CON군에서는 1 mm 두께에서 65MPa보다 낮은 굴곡강도를 나타낸 시편도 있었다. 따라서 전통적인 방법에서 얇은 두께로 임시보철물 제작할 때 술자의 주의 깊은 조치가 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서 MIL군, DLP군의 2 mm 두께 시편 굴곡강도 값은 같은 크기의 시편으로 연구한 다른 선행연구들에 비해 결과 값이 낮게 나타났다^{15,16)}. 이는 각 제조회사마다 재료의 구성 성분에 차이가 있어 기계적 물성이 다르게 나타나는 것으로 보인다. 특히 적층가공에서는 3D 프린터 장비의 광원 종류나 세기에 의한 영향도 있을 것으로 보인다.

본 연구는 실제 구강 내 환경을 재현하지 않았으며 실제 임상에서 사용하는 수복물 형태로 시편을 제작하지 않았다는 점에서 한계가 있다. 실제 하나의 수복물 내에서 두께는 한가지로 일정하기 어렵고 구강 내 환경에 따라 다르게 제작되므로 단순히 시편의 두께에 따른 굴곡강도와는 차이가 있을 것이다. 따라서 다양한 임상 조건에 따른 실험 설계 및 장기적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구의 한계 내에서 절삭가공으로 제작한 임시수복용 레진은 적층가공으로 제작한 것보다 높은 굴곡강도를 보였고 두 가지 모두 전통적인 방법으로 제작한 것 보다 는 뛰어난 굴곡강도를 나타냈다. 절삭가공 및 적층가공으

로 제작한 군에서 재료의 두께가 감소하면 굴곡강도가 통계학적으로 유의성 있게 감소하였다. 따라서 치과분야에 CAD/CAM system을 적극적으로 활용하는 것이 권장되지만 두께 감소에 대해서는 주의가 필요할 것으로 보이며 CAD/CAM system과 관련해 임상적으로 유용한 연구가 다양하게 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Singh A, Garg S. Comparative Evaluation of Flexural Strength of Provisional Crown and Bridge Materials-An Invitro Study. *J Clin Diagn Res* 2016;10(8):ZC72-77.
2. Burns DR, Beck DA, Nelson SK. 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):474-497.
3. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Vargas MA. Flexural strength of provisional crown and fixed partial denture resins. *J Prosthet Dent* 2002;87(2):225-228.
4. Hamza TA, Rosenstiel SF, Elhosary MM, Ibraheem RM. The effect of fiber reinforcement on the fracture toughness and flexural strength of provisional restorative resins. *J Prosthet Dent* 2004;91(3):258-264.
5. Syed M, Chopra R, Sachdev V. Allergic Reactions to Dental Materials-A Systematic Review. *J Clin Diagn Res* 2015;9(10):ZE04-09.
6. Arora A, Yadav A, Upadhyaya V, Jain P, Verma M. Comparison of marginal and internal adaptation of copings fabricated from three different fabrication techniques: An in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc* 2018;18(2):102-107.
7. Abdullah AO, Tsitrou EA, Pollington S. Comparative in vitro evaluation of CAD/CAM vs conventional provisional crowns. *J Appl Oral Sci* 2016;24(3):258-263.
8. Park ME, Shin SY. Three-dimensional comparative study on the accuracy and reproducibility of dental casts fabricated by 3D printers. *J Prosthet Dent* 2018;119(5):861.e1-861.e7.
9. Sun J, Zhang FQ. The application of rapid prototyping in prosthodontics. *J Prosthodont*. 2012;21(8):641-644.
10. Kim SB, Kim NH, Kim JH, Moon HS. Evaluation of the fit of metal copings fabricated using stereolithography. *J Prosthet Dent* 2018;120(5):693-698.
11. Liu Q, Leu MC, Schmitt SM. Rapid prototyping in dentistry: technology and application. *Int J Adv Manuf Technol* 2006;29:317-335.
12. Stansbury JW, Idacavage MJ. 3D printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities. *Dent Mater* 2016;32(1):54-64.
13. Alharbi N, Osman RB, Wismeijer D. Factors Influencing the Dimensional Accuracy of 3D-Printed Full-Coverage Dental Restorations Using Stereolithography Technology. *Int J Prosthodont*. 2016;29(5):503-510.
14. Elsaka SE. Bond strength of novel CAD/CAM restorative materials to self-adhesive resin cement: the effect of surface treatments. *J Adhes Dent* 2014;16(6):531-540.
15. Lim JH, Lee JI. Comparative study of flexural strength of temporary restorative resin according to surface polishing and fabrication methods. *J Dent Rehabil Appl* 2021;37(1):16-22.
16. Cho WT, Choi JW. Comparison analysis of fracture load and

참 고 문 헌

- flexural strength of provisional restorative resins fabricated by different methods. *J Korean Acad Prosthodont* 2019;57(3):225-231.
17. Yao J, Li J, Wang Y, Huang H. Comparison of the flexural strength and marginal accuracy of traditional and CAD/CAM interim materials before and after thermal cycling. *J Prosthet Dent* 2014;112(3):649-657.
 18. Kim CM, Kim SR, Kim JH, Kim HY, Kim WH. Trueness of milled prostheses according to number of ball-end mill burs. *J Prosthet Dent* 2016;115(5):624-629.
 19. Reepomaha T, Angwaravong O, Angwarawong T. Comparison of fracture strength after thermo-mechanical aging between provisional crowns made with CAD/CAM and conventional method. *J Adv Prosthodont* 2020;12(4):218-224.
 20. Chadwick RG. Thermocycling—the effects upon the compressive strength and abrasion resistance of three composite resins. *J Oral Rehabil* 1994;21(5):533-543.
 21. Revilla-Leon M, Meyers MJ, Zandinejad A, Ozcan M. A review on chemical composition, mechanical properties, and manufacturing work flow of additively manufactured current polymers for interim dental restorations. *J Esthet Restor Dent* 2019;31(1):51-57.
 22. Park SJ, Lee HA, Lee SH, Seok SH, Lim BS, Kwon JS, et al. Comparison of physical properties of the various 3D printing temporary crown and bridge resin. *Korean J Dent Mater* 2019;46(3):139-152.
 23. Xu HH, Quinn JB, Giuseppetti AA, Eichmiller FC, Parry EE, Schumacher GE. Three-body wear of dental resin composites reinforced with silica-fused whiskers. *J Dent Mater* 2004;20(3):220-227.
 24. Jeong SJ, Cho HW, Jung JG, Kim JM, Kim YL. Comparative evaluation of marginal and internal fit of metal copings fabricated by various CAD/CAM methods. *J Korean Acad Prosthodont* 2019;57(3):211-218.
 25. Berger U. Aspects of accuracy and precision in the additive manufacturing of plastic gears. *J Virtual Phys Prototype* 2015;10(2):49-57.
 26. Won S, Kang HG, Ko KH, Huh YH, Park CJ, Cho LR. Review on additive manufacturing of dental materials. *J Dent Rehabil Appl* 2021;37(1):1-15.
 27. Lee DH, Lee JS. Comparison of flexural strength according to thickness between CAD/CAM denture base resins and conventional denture base resins. *J Dent Rehabil Appl* 2020;36(3):183-195.