

세척 방법 및 세척 시간에 따른 3D 프린팅 방식으로 제작된 임시 보철물의 변연 및 내면 적합도 평가

Evaluation of Marginal and Internal Gap of Temporary
Prosthesis Fabricated by 3D Printing Method According to
Rinsing Method and Rinsing Time

배지현¹, 최재원^{2*}

Ji-Hyeon Bae¹, Jae-Won Choi^{2*}

〈Abstract〉

This study was to evaluate the effect of different rinsing times and methods on the accuracy of temporary prostheses fabricated by 3D printing method. Sixty temporary prostheses were fabricated with LCD types of 3D printer(Halot-Sky, Creativity, Shenzhen, China) and divided into six groups (n = 10) based on rinsing times and methods. All specimens were rinsed with 99% isopropanol alcohol for 5 and 10 min using three methods-hand washed, ultrasonic cleaning, and automated washing. All specimens were polymerized for 3 minutes under the same conditions. The marginal and internal gaps of specimens were examined using a replica technique. The light-body silicone thickness was measured at 6 reference points(Absolute marginal discrepancy, Marginal, Chamfer, Axial, Angle, and Occlusal gap). All measurements were performed by a stereomicroscope. Reference point images were taken at 100× magnification and then measured using an image analysis program. Statistical analysis was performed using Two-way ANOVA, One-way ANOVA, and the Kruskal-Wallis test (p = .05). The marginal and internal gaps were statistically different according to the rinsing methods and rinsing times(p < .001). In the rinsing time, the temporary prosthesis rinsed for 5 minutes group showed higher accuracy than 10 minutes group. In the rinsing method,

1 정회원, 부산대학교 치의학과 치과보철학교실, 대학원생

1 Graduate Student, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Pusan National University

2* 정회원, 교신저자, 부산가톨릭대학교 치기공학과, 조교수
E-mail: jwchoi@cup.ac.kr

2* Assistant Professor, Dept. of Dental Laboratory Science, College of Health Science, Catholic University of Pusan
E-mail: jwchoi@cup.ac.kr

the hand washing group showed higher accuracy than the automated washing group.

Keywords : Three-dimensional printing, temporary crown, Rinsing method, Rinsing time, Accuracy

1. 서론

최근 치과분야에서 활발하게 사용되고 있는 Computer aided design and computer aided manufacturing (CAD-CAM) 시스템을 이용한 치과용 보철물의 제작은 전통적인 치과용 보철물 제작 과정에서 발생하는 단점을 최소화할 수 있다[1].

치과용 CAD-CAM 방식에는 절삭 가공(subtractive manufacturing)과 적층 가공(additive manufacturing)이 있다[2]. 절삭 가공 방식은 블록 형태의 재료를 치과용 밀링 버로 삭제하여 원하는 최종 형상을 얻어내는 방식이다[3]. 하지만 복잡한 형상의 함몰 부위 재현이 어렵고 블록 형태의 재료를 삭제하여 제작하는 방식으로 원재료의 낭비 및 밀링 버의 소모가 많다는 단점이 있다[4]. 반면 적층 가공 방식은 분말이나 액체 형상의 원재료에 재료를 경화시키는 레이저를 필요한 부위에만 조사하여 여러 개의 층을 연속적으로(layer by layer) 쌓아 올려 원하는 최종 형상을 얻어내는 방식이다[5]. 적층 가공 방식은 절삭 가공 방식에 비해 복잡한 형상을 재현할 수 있고 재료의 낭비가 적어 경제적인 장점이 있다[6].

치과분야에서 주로 사용하는 광경화 적층 방식의 대표적인 예로 SLA(stereolithography apparatus), DLP(digital light processing), LCD(liquid crystal display)가 있다[7,8]. SLA 방식의 3D 프린터는 광경화성 액상 수지의 한 층에 점 형태의 단일 지점 자외선 레이저가 이동하며 경화 시켜 원하는 최종 형상을 쌓아 올리는 방식이며[9], DLP 방식의 3D 프린터는 광경화성 액상 수지의 한 층 전

체를 자외선 레이저로 조사하여 한 번에 경화 시켜 쌓아 올리는 방식이다[10]. LCD 방식의 3D 프린터는 광경화성 액상 수지의 한 층 전체를 LCD와 LED(light emitting diode)를 이용하여 한 번에 경화 시켜 쌓아 올리는 방식이다[11]. 최종 보철물보다 정밀한 가공을 요하지 않는 임시 보철물의 제작에는 경화 면적에 따른 속도의 차이로 DLP 방식과 LCD 방식이 주로 사용되고 있지만 아직까지 LCD 방식을 활용한 임시 보철물을 평가한 연구는 부족한 실정이다.

광경화 적층 방식 3D 프린터의 제작과정은 데이터의 처리, 제조, 후처리의 3단계 과정으로 나눌 수 있다[12]. 데이터 처리 단계는 구강스캐너 및 모형스캐너로 획득한 환자의 구강 데이터를 활용하여 임시 보철물을 디자인하고 이를 제품으로 가공할 수 있도록 데이터를 처리하는 과정이며[13], 제조 단계는 여러 개의 층을 연속적으로(layer by layer) 쌓아 올려 인쇄하는 공정이다[14]. 후처리 단계는 잔여 수지 제거를 위한 세척 공정과 최종 중합 공정으로 구성된다[15].

이 등의[16] 연구에서는 DLP 방식으로 제작된 임시 보철물에 후처리 단계의 세척 시간에 따른 임시 보철물의 적합도를 평가하였고 세척 시간의 차이는 임시 보철물 적합도와 관련성이 있으며 DLP 방식의 임시 보철물 제작에서 10분 정도의 후처리 세척 시간을 권장하였다. Mostafavi 등의[17] 연구에서는 DLP 방식으로 막대 형상의 시편을 제작하여 세척 용매 및 세척 시간이 치수 정확도에 미치는 영향에 대해 평가하여 트리 프로필렌 글리콜 메틸 에테르(tripropylene glycol monomethyl

ether) 세척 용매로 3~4분간 초기 세척을 시행하고 2~3분간 재 세척을 시행하는 것이 가장 높은 치수 정확도가 관찰되었다고 보고하였다. 또한, Katheng 등의[18] 연구에서는 SLA 방식으로 제작한 의치상 레진에 다양한 세척 시간과 방법을 적용하여 trueness and precision를 평가하였다. 5, 10, 15분의 세척시간과 수동, 초음파, 자동 세척기를 사용한 실험군을 평가한 결과, 10분과 15분 동안 자동 세척기를 사용하거나, 15분 동안 초음파 세척을 시행하는 것이 최적의 후처리 공정이라고 보고하였다.

선행연구에서처럼 후처리 단계의 세척 공정이 임시 보철물의 정확도에 영향을 미칠 수 있음에도 불구하고[19,20] 아직까지 후처리 단계의 세척 공정에서 잔류 수지 제거 정도가 적층 가공물의 정확도에 미치는 영향에 대한 연구가 부족한 실정이며, LCD 방식의 후처리 공정 단계에서 세척 방법과 세척 시간에 따른 임시 보철물의 변연 및 내면 적합도의 상관관계에 관한 연구 또한 거의 전무하다.

따라서 본 연구에서는 LCD 방식으로 제작된 임시 보철물에 각각 수동 세척, 초음파 세척, 자동 세척 방식을 적용하고 세척시간을 5분, 10분으로 나누어 진행하여 이에 따른 변연 및 내면 적합도를 평가하고자 한다.

2. 재료 및 방법

본 연구의 진행 과정을 Fig. 1에 도식화 하였다.

본 실험을 위해 dentiform (PER5001-UL-SCP-AK-28, Nissin Dental, Kyoto, Japan)의 상악 좌측 제1대구치(#26)의 전부 주조관 기성 지대치를 사용하였다. 작업 모형을 제작하기 위해 실리콘 인상재(Imprint II, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)로 지대치를 포함한 구강 모형의 인상채득을 시행하였다. 인상체에 치과용 경석고(Snow rock, Mungyo, Gimhae, South Korea)를 주입하여 경

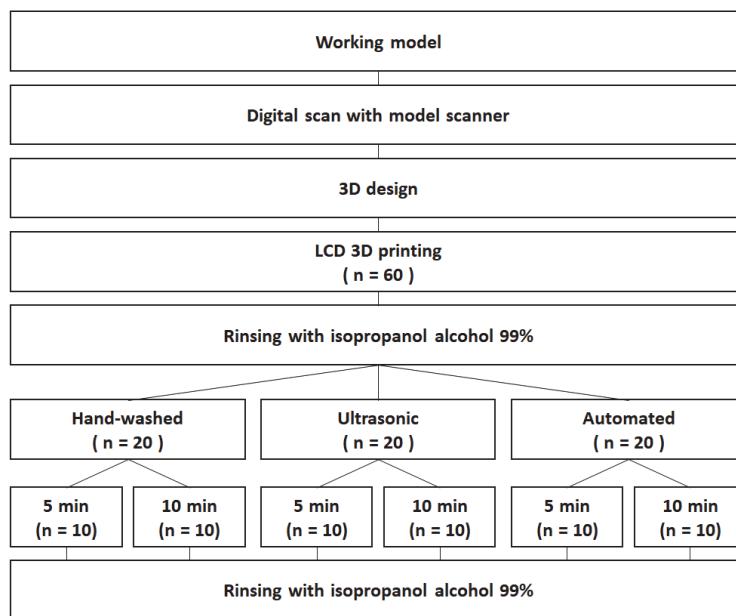


Fig. 1 Experimental design

화시켜 총 60개의 작업모형을 제작하였다.

각각의 작업 모형은 모델 스캐너(Medit T510, Medit, Seoul, Korea)를 이용하여 스캔을 시행하고 CAD 소프트웨어(3Shape dental system, 3Shape, Copenhagen, Denmark)를 이용하여 상악 좌측 제1대구치를 디자인하였다. 임시 보철물 디자인 과정에서 시멘트 공간 설정 값은 지대치의 변연에서 1 mm 상방으로 80 μ m의 공간을 부여하였다. 또한, 내면 적합도 평가를 위한 실리콘 복제법 실험의 편의를 위해 디자인이 완성된 임시 보철물의 외측 협설로 원기둥 형상의 요철을 디자인하였다. 디자인이 완료된 임시 보철물 STL파일은 50 μ m의 적층 두께 조건을 설정하고 LCD 방식의 3D 프린터(Halot-Sky, Creality, Shenzhen, China)와 광경화성 액상 수지(C&B NFH Hybrid, ARUM Dentistry, Daejeon, South Korea)를 사용하여 총 60개의 임시 보철물을 출력하였다.

출력된 60개의 임시 보철물은 세척 방법(수동 세척, 초음파 세척, 자동 세척)과 세척 시간(5분, 10분)에 따라 6개의 군으로 분류하였다. 모든 세척 방법에는 99%의 이소프로필 알콜 (Isopropyl Alcohol for Disinfection; Green Pharmaceutical, Jincheon, Korea)이 사용되었다. 수동 세척 군은 메탈 수조와 브러쉬, 초음파 세척 군은 초음파 세척기(SD-80W, Sungdong Ultrasonic, Seoul, South Korea), 자동 세척 군은 자동 세척기(Twin Tornado, Medifive, Seoul, Korea)를 이용하여 각각 5분과 10분간 세척을 시행하였다. 세척이 완료된 각 군의 시편은 UV LED 광경화기(ODS Cure Box, ODS, Incheon, South Korea)를 사용하여 3분 동안 경화를 시행하였다(Fig. 2).

세척 방법과 세척 시간에 따른 시편의 적합도 평가를 위해 실리콘 복제법을 사용하였다.

후경화가 완료된 임시 보철물의 내면에 흐름성이 높은 light body type의 실리콘 인상재

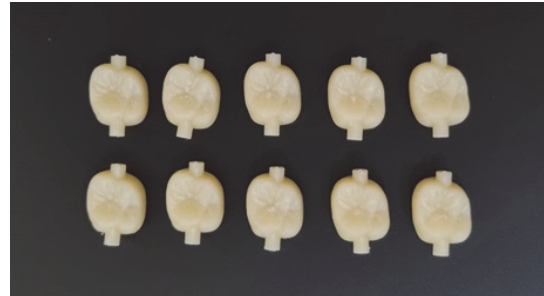


Fig. 2 Temporary crown fabricated by LCD 3D printing system

(Imprint II, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)를 주입하고, 임시 보철물의 내면형상과 상반되는 작업 모형의 지대치에 체결하였다. 이때, 정확한 변연 및 내면적합도의 상관관계 값을 얻기 위해 임시 보철물을 작업 모형의 일률적 위치에 고정시키고, 시험자의 일정한 악력(grip strength)을 이용하여 5분간 유지하여 시료를 제작하였다. 실리콘 인상재의 경화시간이 약 5분으로 경화 과정 중 위치 변형을 최소화하기 위해 좌·우 임시 보철물 인접면과 상·하 교합점을 지지점으로 설정하였다.

light body type의 실리콘 인상재가 완전히 경화된 후 지대치에서 실리콘이 분리되지 않도록 임시 보철물을 조심스럽게 분리하고 손상된 인상재가 없는지 확인 하였다. 실리콘 인상재의 변형 및 찢어짐을 방지하기 위해 임시 보철물의 내면이 인기된 실리콘 인상재에 추가로 실리콘 인상재(Smart sil, Seilglobal, Busan, South Korea)를 보강하였다. 보강된 실리콘이 완전히 경화된 후 블레이드를 이용하여 협설 및 근원심 방향으로 절단하였다. 절단된 실리콘은 광학 현미경(BX51, Olympus, Tokyo, Japan)을 이용하여 100 배율로 촬영하고 촬영된 사진은 이미지 분석 프로그램 I-Solution ver. 8.1 (IMT I-Solution, Inc., Coquitlam, BC, Canada)을 이용하여 내면 적합도를 측정 분석하였다. Holmes 등[21] 분류에 근거하여 절대 변연 간

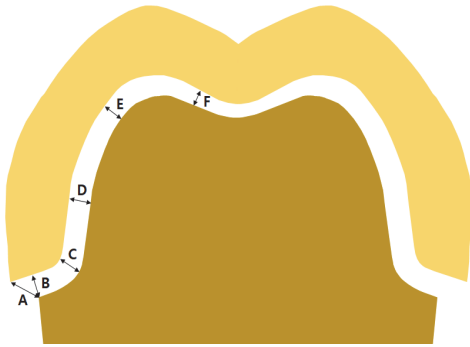


Fig. 3 Schematic of measurement points. (A) Absolute marginal discrepancy, (B) Marginal gap, (C) Chamfer gap, (D) Axial gap, (E) Angle gap, (F) Occlusal gap

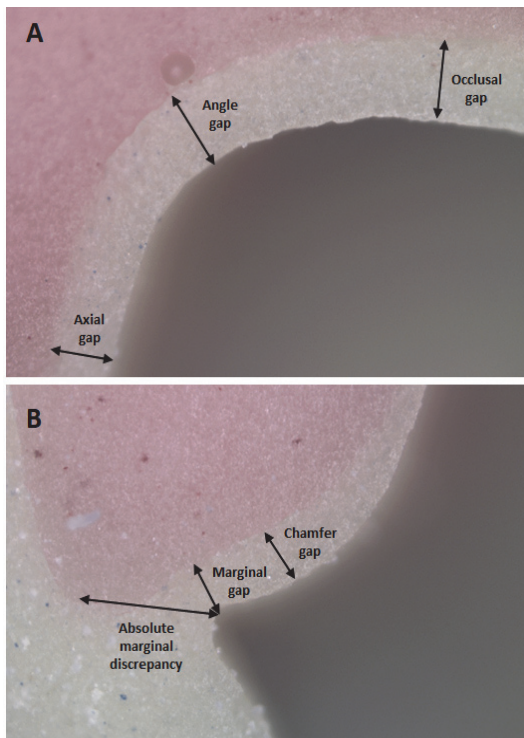


Fig. 4 Cross-section view of replica specimens were with a stereomicroscope at $\times 100$ magnification (A) Axial gap, Angle gap, Occlusal gap, (B) Absolute marginal discrepancy, Marginal gap, Chamfer gap

격(absolute marginal discrepancy), 변연 간격(marginal gap), 챔퍼 간격(chamfer gap), 축벽 간격(axial gap), 교두 간격(angle gap), 교합 간격(occlusal gap)의 측정 기준을 설정하였다(Fig. 3, 4). 측정의 오차를 최소화하기 위해 한 명의 시험자가 3회 반복 측정을 시행하여 평균값을 사용하였다.

통계분석에는 SPSS 소프트웨어 버전 28.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였다. 각 측정 영역에서 사용된 세척방법과 세척시간에 따른 상호작용효과를 알아보기 위하여 이원분산분석(two-way ANOVA)을 실행하였다. 또한 각 군 간의 통계적 차이를 알아보기 위해 정규성을 만족하는 경우에는 일원분산분석(one-way ANOVA)을 시행하고 Levene의 등분산성 가정 여부에 따라 Scheffe 분석 및 Dunnett T3 분석을 통해 사후검정을 실시하였다. 또한, 정규성을 만족하지 못하는 경우에는 비모수 검정인 Kruskal Wallis test를 시행하고 사후 검정에는 Bonferroni correction을 적용한 Dunn 분석을 실시하였다. 통계적 유의 수준은 0.05로 지정하였다.

3. 결과 및 고찰

각 측정 영역에서 사용된 세척방법과 세척시간에 따른 상호작용효과를 알아보기 위하여 이원분산분석의 결과를 Table 1에 나타내었다.

이원분산분석 결과, 세척방법과 세척시간 따른 상호작용효과는 유의미하지 않았다 ($F = 2.444, p = 0.088$). 반면, 세척시간에 따른 변연 및 내면 적합도는 통계적으로 유의미한 차이를 나타내었고 ($p < .001$), 5분 세척($138.25 \pm 61.96 \mu m$), 10분 세척($186.44 \pm 89.64 \mu m$) 순으로 평균값이 관찰되었다. 이는 세척시간이 증가할수록 세척과정에서 임시 보철물의 재료인 광중합 수지가 과잉 세척되어 표면의 재료 손실이 더 많이 발생한 것

Table 1. Two-way ANOVA with washing time and washing method

독립변인	제공합	자유도	평균제공	F value	P value	부분 에타 제곱
수정된 모형	317382.657 ^a	5	63476.531	11.139	<.001	.136
절편	9487748.086	1	9487748.086	1664.883	<.001	.825
세척시간	209014.275	1	209014.275	36.677	<.001	.094
세척방법	80516.179	2	40258.090	7.064	<.001	.038
세척시간 * 세척방법	27852.203	2	13926.101	2.444	.088	.014
오차	2017356.420	354	5698.747			
전체	11822487.163	360				
수정된 합계	2334739.077	359				

으로 사료된다. 또한, 세척방법에 따른 변연 및 내면 적합도는 통계적으로 유의미한 차이를 나타내었고(p < .001), 수동 세척 방식(143.05 ± 62.81 μm), 초음파 세척 방식(164.47 ± 80.40 μm), 자동 세척 방식(179.50 ± 92.38 μm) 순으로 평균값이 관찰되었다. 사후검정 결과, 수동 세척 방식과 자동세척 방식에 통계적으로 유의미한 차이가 있었다(p < 0.05). 이는 자동 세척 방식의 세

척과정에서 수동 세척 방식과 초음파 세척 방식보다 임시 보철물의 재료인 광중합 수지가 과잉 세척되어 표면의 재료 손실이 더 많이 발생한 것으로 사료된다.

제작한 임시 보철물의 세척 방법 및 세척 시간에 따른 각 영역에서 변연 및 내면 적합도의 평균값 및 편차는 Table 2와 Fig. 5~10에 나타내었다. 절대 변연 간격, 변연 간격, 챔퍼 간격, 측벽

Table 2. Mean gap dimensions and standard deviation

Group	Mean(±SD) μm					
	Absolute marginal discrepancy	Marginal	Chamfer	Axial	Angle	Occlusal
5H	205.26 (± 33.45)	109.95 (± 39.53)	104.49 ^{a,b} (± 24.21)	55.26 (± 9.25)	137.72 ^a (± 29.40)	174.73 ^{a,b} (± 34.01)
5U	200.64 (± 44.35)	112.81 (± 46.45)	121.12 (± 25.68)	53.05 ^a (± 8.94)	136.42 ^b (± 43.22)	191.77 (± 44.48)
5A	232.73 (± 29.59)	132.95 (± 48.75)	113.81 (± 26.48)	62.63 (± 17.24)	144.79 ^c (± 28.72)	198.31 (± 32.20)
10H	200.53 (± 34.86)	128.31 (± 28.01)	147.14 (± 39.54)	59.70 (± 9.40)	168.87 (± 35.79)	224.68 (± 60.32)
10U	250.54 (± 34.95)	179.57 (± 58.64)	181.06 ^a (± 67.04)	71.28 (± 15.76)	192.92 (± 55.65)	282.46 ^a (± 67.69)
10A	265.07 (± 84.20)	223.38 (± 123.44)	189.59 ^b (± 65.61)	76.68 ^a (± 16.93)	234.24 ^{a,b,c} (± 61.13)	279.84 ^b (± 85.23)
p	.035	.003	.002	.022	<.001	.002

Mean values groups with the same letters indicate statistically significance at p<0.05 level. 5H; Hand washing for 5 minutes, 5U; Ultrasonic washing for 5 minutes, 5A; Automated washing for 5 minutes, 10H; Hand washing for 10 minutes, 10U; Ultrasonic washing for 10 minutes, 10A; Automated washing for 10 minutes.

간격, 교두 간격, 교합 간격의 모든 측정 영역에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

절대 변연 간격 측정 영역의 평균값을 서로 비교한 결과, 10H군($200.53 \pm 34.86 \mu\text{m}$), 5U군($200.64 \pm 44.35 \mu\text{m}$), 5H군($205.26 \pm 33.45 \mu\text{m}$), 5A군 ($232.73 \pm 29.59 \mu\text{m}$), 10U군 ($250.54 \pm 34.95 \mu\text{m}$), 10A군 ($265.07 \pm 84.20 \mu\text{m}$) 순으로 평균값이 관찰되었다. 이는 Kruskal-Wallis test에서 통계적으로 유의미한 차이를 나타내었으나($p = 0.035$), 사후검증에서 유의미한 차이를 나타내지 않았다(Table 2, Fig. 5).

변연 간격 측정 영역의 평균값을 서로 비교한 결과, 5H군($109.95 \pm 39.53 \mu\text{m}$), 5U군($112.81 \pm 46.45 \mu\text{m}$), 10H군($128.31 \pm 28.01 \mu\text{m}$),

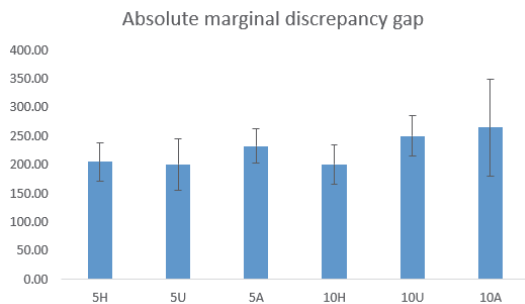


Fig. 5 Mean and standard deviation of Absolute marginal discrepancy gap of six experimental groups

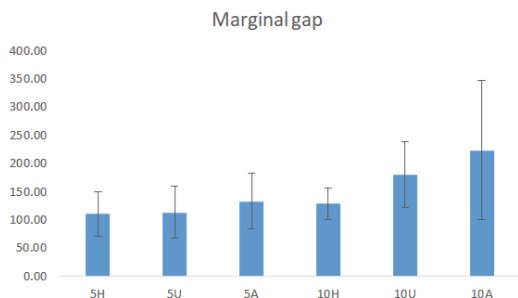


Fig. 6 Mean and standard deviation of Marginal gap of six experimental groups

5A군($132.95 \pm 48.75 \mu\text{m}$), 10U군($179.57 \pm 58.64 \mu\text{m}$), 10A군($223.38 \pm 123.44 \mu\text{m}$) 순으로 평균값이 관찰되었다. 이는 일원분산분석에서 통계적으로 유의미한 차이를 나타내었으나($p = 0.003$), 사후검증에서 유의미한 차이를 나타내지 않았다(Table 2, Fig. 6).

챔퍼 간격 측정 영역의 평균값을 서로 비교한 결과, 5H군($104.49 \pm 24.21 \mu\text{m}$), 5A군($113.81 \pm 26.48 \mu\text{m}$), 5U군($121.12 \pm 25.68 \mu\text{m}$), 10H군($147.14 \pm 39.54 \mu\text{m}$), 10U군($181.06 \pm 67.04 \mu\text{m}$), 10A군($189.59 \pm 65.61 \mu\text{m}$) 순으로 평균값이 관찰되었다. 5H군($104.49 \pm 24.21 \mu\text{m}$)은 10U군($181.06 \pm 67.04 \mu\text{m}$), 10A군($189.59 \pm 65.61 \mu\text{m}$)에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 값을 나타내었다(Table 2, Fig. 7).

측벽 간격 측정 영역의 평균값을 서로 비교한 결과, 5U군($53.05 \pm 8.94 \mu\text{m}$), 5H군($55.26 \pm 9.25 \mu\text{m}$) 10H군($59.70 \pm 9.40 \mu\text{m}$) 5A군 ($62.63 \pm 17.24 \mu\text{m}$) 10U군($71.28 \pm 15.76 \mu\text{m}$), 10A군($76.68 \pm 16.93 \mu\text{m}$)순으로 평균값이 관찰되었다. 5U군($53.05 \pm 8.94 \mu\text{m}$)은 10A군 ($76.68 \pm 16.93 \mu\text{m}$)에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 값을 나타내었다(Table 2, Fig. 8).

교두 간격 측정 영역의 평균값을 서로 비교한

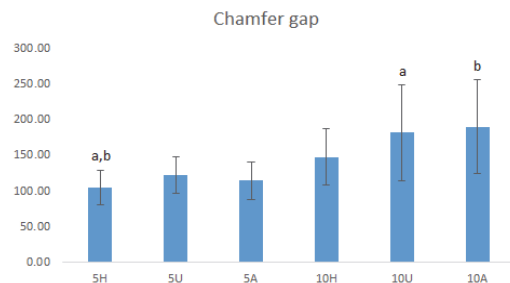


Fig. 7 Mean and standard deviation of Chamfer gap of six experimental groups. Mean values groups with the same letters indicate statistically significance at $p < 0.05$ level

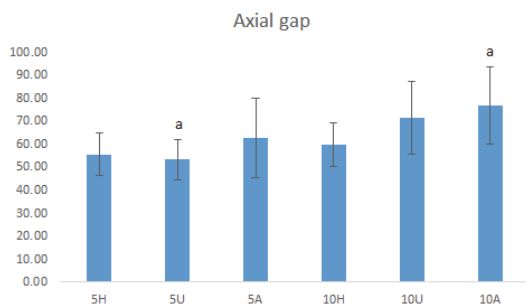


Fig. 8 Mean and standard deviation of Axial gap of six experimental groups. Mean values groups with the same letters indicate statistically significance at $p < 0.05$ level

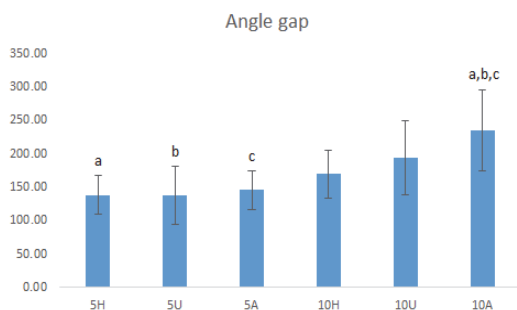


Fig. 9 Mean and standard deviation of Angle gap of six experimental groups. Mean values groups with the same letters indicate statistically significance at $p < 0.05$ level

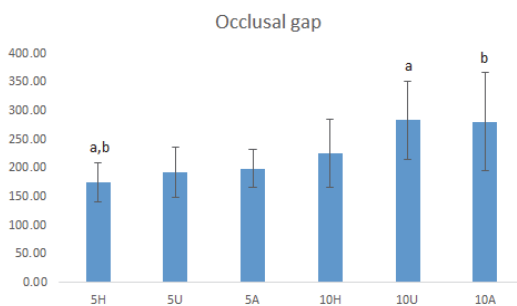


Fig. 10 Mean and standard deviation of Occlusal gap of six experimental groups. Mean values groups with the same letters indicate statistically significance at $p < 0.05$ level

결과, 5U군($136.42 \pm 43.22 \mu\text{m}$), 5H군($137.72 \pm 29.40 \mu\text{m}$), 5A군($144.79 \pm 28.72 \mu\text{m}$), 10H군($168.87 \pm 35.79 \mu\text{m}$), 10U군($192.92 \pm 55.65 \mu\text{m}$), 10A군($234.24 \pm 61.13 \mu\text{m}$)순으로 평균값이 관찰되었다. 10A군($234.24 \pm 61.13 \mu\text{m}$)은 5H군($137.72 \pm 29.40 \mu\text{m}$), 5U군($136.42 \pm 43.22 \mu\text{m}$), 5A군($144.79 \pm 28.72 \mu\text{m}$)에 비해 통계적으로 유의하게 높은 값을 나타내었다(Table 2, Fig. 9).

교합 간격 측정 영역의 평균값을 서로 비교한 결과, 5H군($174.73 \pm 34.01 \mu\text{m}$), 5U군($191.77 \pm 44.48 \mu\text{m}$), 5A군($198.31 \pm 32.20 \mu\text{m}$), 10H군($224.68 \pm 60.32 \mu\text{m}$), 10A군($279.84 \pm 85.23 \mu\text{m}$), 10U군($282.46 \pm 67.69 \mu\text{m}$)순으로 평균값이 관찰되었다. 5H군($174.73 \pm 34.01 \mu\text{m}$)은 10U군($282.46 \pm 67.69 \mu\text{m}$), 10A군($279.84 \pm 85.23 \mu\text{m}$)에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 값을 나타내었다(Table 2, Fig. 10).

4. 결론

본 연구에서는 LCD 방식으로 제작된 임시 보철물에 각각 수동 세척, 초음파 세척, 자동 세척 방식을 적용하고 세척시간을 5분, 10분으로 나누어 진행하여 이에 따른 변연 및 내면 적합도를 분석해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

본 연구의 한계 내에서, LCD 방식으로 제작된 임시 보철물의 세척방식 및 세척 시간은 변연 및 내면 적합도에 영향을 미칠 수 있다. 자동 세척 방식에 비해 수동 세척 방식에서 보다 정밀한 변연 및 내면 적합도가 확인 되었으며, 10분의 세척 시간보다 5분의 세척시간을 적용하였을 때 보다 정밀한 변연 및 내면 적합도가 확인 되었다. 그 이유는 자동 세척 방식을 적용하거나 적정 세척 시간 이상의 시간을 소요하였을 때 임시 보철물의

재료인 광중합 수지가 과잉 세척되어 표면의 재료 손실이 더 많이 발생한 결과로 사료되며, 이에 대한 주의 깊은 관찰 및 임상 적용을 권장하는 바이다. 또한, 챔퍼 간격, 축벽 간격, 교두 간격, 교합 간격의 측정 영역에서 10분간 자동세척을 시행한 군이 유의하게 높은 평균값을 나타내어 양호하지 않은 적합도를 나타내었다.

본 연구에서는 변연 및 내면 적합도 측정에 있어서 시편의 수가 제한적이고 실리콘 복제법의 한 가지 측정 방법만을 사용해 측정의 기준점 수가 적어 임시 보철물 내면의 부분적인 영역에서만 변연 및 내면 적합도 측정 결과를 보여주었다. 향후 연구에서는 본 연구의 한계점을 고려하여 심도 있는 추가 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

사 사

이 논문은 2022년도 부산가톨릭대학교 교내연구비에 의하여 연구되었음

참고문헌

- [1] Alharbi. N., Osman. R., Wismeijer. D., "Effects of build direction on the mechanical properties of 3D-printed complete coverage interim dental restorations.", *Journal of Prosthetic Dentistry*, vol. 115, pp.760-767, (2016).
- [2] van Noort. R., "The future of dental devices is digital.", *Dental Materials*, vol. 28, pp. 3-12, (2012).
- [3] Lee. WS., Lee. DH., Lee. KB., "Evaluation of internal fit of interim crown fabricated with CAD/CAM milling and 3D printing system.", *Journal of Advanced Prosthodontics*, vol. 9, pp. 265-270, (2017).
- [4] Mai. HN., Lee. KB., Lee. DH., "Fit of interim crowns fabricated using photopolymer-jetting 3D printing.", *Journal of Prosthetic Dentistry*, vol. 118, pp. 208-215, (2017).
- [5] Hoang. LN., Thompson. GA., Cho. SH., Berzins. DW., Ahn. KW., "Die spacer thickness reproduction for central incisor crown fabrication with combined computer-aided design and 3D printing technology: an in vitro study", *Journal of Prosthetic Dentistry*, vol. 113, pp. 398-404, (2015).
- [6] Liu. Q., Leu. MC., Schmitt. SM., "Rapid prototyping in dentistry: technology and application.", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 29, pp. 317-335, (2006).
- [7] Quan. H., Zhang. T., Xu. H., Luo. S., Nie. J., Zhu. X., "Photo-Curing 3D Printing Technique and Its Challenges.", *Bioactive Materials*, vol. 5, pp. 110-115, (2020).
- [8] Jung. HK., Lee. SH., "Mechanical Properties of DLP-type Dental 3D Printing Temporary Tooth Material.", *Journal of Korean Society of Industry Convergence*, vol. 24, no. 3, pp. 373-376, (2021).
- [9] Azari. A., Nikzad. S., "The evolution of rapid prototyping in dentistry: a review." *Rapid Prototyping Journal*, vol. 15, pp. 216-225, (2009).
- [10] Park. SJ., Lee. HA., Lee. SH., Seok. S., Lim. BS., Kwon. JS., Kim. KM., "Comparison of physical properties of the various 3D printing temporary crown and bridge resin.", *Korean Journal of Dental Materials*, vol. 46, pp. 139-152, (2019).
- [11] Chen. H., Cheng. DH., Huang. SC., Lin. YM., "Comparison of flexural properties and cytotoxicity of interim materials printed from mono-LCD and DLP 3D printers.", *Journal of Prosthetic Dentistry*, vol. 126, pp. 703-708, (2020).
- [12] Piedra-Cascón. W., Krishnamurthy. VR., Att. W., Revilla-León. M., "3D printing parameters, supporting structures, slicing, and post-

- processing procedures of vat-polymerization additive manufacturing technologies: A narrative review.”, *Journal of Dentistry*, vol. 109, 103630, (2021).
- [13] Rekow. D., “Computer-aided design and manufacturing in dentistry: a review of the state of the art.”, *Journal of Prosthetic Dentistry*, vol. 58, no. 4, pp. 512-516, (1987).
- [14] Hada. T., Kanazawa. M., Iwaki. M., Arakida. T., Soeda. Y., Katheng. A., Otake. R., Minakuchi. S., “Effect of printing direction on the accuracy of 3D-printed dentures using stereolithography technology.”, *Materials*, vol. 13, 3405, (2020).
- [15] Karakurt. I., Lin. L., “3D printing technologies: techniques, materials, and post-processing.”, *Current Opinion in Chemical Engineering*, vol. 28, pp. 134-143, (2020).
- [16] Lee. BI., You. SG., You. SM., Kang. SY., Kim. JH., “Effect of rinsing time on the accuracy of interim crowns fabricated by digital light processing: An in vitro study.”, *The Journal of Advanced of Prosthodontics*, vol. 13, no. 1, pp. 24-35, (2021).
- [17] Mostafavi. D., Methani. M. M., Piedra-Cascón, W., Zandinejad. A., Revilla-León. M., “Influence of the rinsing postprocessing procedures on the manufacturing accuracy of vat-polymerized dental model material.”, *Journal of Prosthodontics*, vol. 30, no. 7, pp. 610-616, (2021).
- [18] Katheng. A., Kanazawa. M., Komagamine. Y., Iwaki. M., Namano. S., Minakuchi. S., “Effect of post-rinsing time and method on accuracy of denture base manufactured with stereolithography.”, *The Journal of Advanced Prosthodontics*, vol. 14, no. 1, pp. 45-55, (2022).
- [19] Revilla-León. M., Özcan. M., “Additive manufacturing technologies used for processing polymers: current status and potential application in prosthetic dentistry.”, *Journal of Prosthodontics*, vol. 28, pp. 146-158, (2019).
- [20] Stansbury. JW., Idacavage. MJ., “3D printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities.”, *Dental Materials*, vol. 32, pp. 54-64, (2016).
- [21] Holmes. JR., Bayne. SC., Holland. GA., Sulik. WD., “Considerations in measurement of marginal fit.”, *Journal of Prosthodontics*, vol. 62, pp. 405-408, (1989).

(접수: 2023.05.27. 수정: 2023.06.09. 게재확정: 2023.06.22.)