https://doi.org/10.14368/jdras.2024.40.3.149
ISSN 2384-4353 eISSN 2384-4272

Original Article

Effect of fabrication method and surface polishing on the surface roughness and microbial adhesion of provisional restoration

Yeon-Ho Jung, Hyun-Jun Kong, Yu-Lee Kim*
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Wonkwang University, Iksan, Republic of Korea

Purpose: This study aims to investigate the effects of provisional restoration fabrication methods and surface polishing on surface roughness and microbial adhesion through in vitro experiments. **Materials and Methods:** 120 cylindrical provisional restoration resin blocks (10 × 10 × 2.5 mm) were manufactured according to four fabrication methods, and 30 specimens were assigned to each group. Afterwards, they were divided into non-polishing group, #400 grit SiC polishing group, and #800 grit SiC polishing group and polished to a 10 × 10 × 2 mm specimen size (n = 10). The surface roughness Ra and Ry of the specimen was measured using a Surface Roughness Tester. Three specimens were extracted from each group and were coated with artificial saliva, and then *Streptococcus mutans* were cultured on the specimens at 37°C for 4 hours. The cultured specimens were fixed to fixatives and photographed using a scanning electron microscope. For statistical analysis, the two way of ANOVA was performed for surface roughness Ra and Ry, respectively, and the surface roughness was tested post-mortem with a Scheffe test. **Results:** The fabrication method and the degree of surface polishing of the provisional restorations had a significant effect on both surface roughness Ra and Ry, and had an interaction effect. There was no significant difference in Ra and Ry values in all polishing groups in DLP and LCD groups. **Conclusion:** The fabrication method and surface polishing of the provisional restoration had a significant effect on surface roughness and showed different adhesion patterns for *S. mutans* adhesion. **(J Dent Rehabil Appl Sci 2024;40(3):149-58)**

Key words: temporary dental restoration; CAD-CAM; 3D printing; milling; surface roughness; bacterial adhesions

서론

고정성 보철물에서 임시 수복물은 지대치 형성 후 최종 수복물 제작 기간 동안 치아와 치아 주변 조직을 보호하고 심미와 저작 기능을 회복시키며 대합치의 과맹출 및 인접 치아의 이동을 방지한다. 최적의 임시 수복물은 생물학적, 기계적, 심미적 요구를 만족시켜야 한다. 임시 수복물 제작용 레진을 선택할 때 고려해야할 사항은 재료의 강도, 열 발생 정도, 제작 과정 중 체적 안정성, 변연 적합성, 알레르기 반응에 대한 여부 등이다. 또한 만족할 만한 심미성과 적절한 색조, 변색 저항성, 광택, 재료의 표면 거칠기가 중요한 고려 사항이다.[1,2]

임시 수복 재료는 화학적 조성에 따라 두 그룹으로 나눌 수 있다. polymethylmethacrylate (PMMA) 및 polyethyl/butyl methacrylate (PEMA)를 포함하는 methacrylate 또는 acrylic resin을 기반으로 하는 재료 및 bisphenol A-glycidyl dimethacrylate (Bis-GMA), urethane dimethacrylate (UDMA)와 같은 dimethacrylate 또는 bis-acryl/composite resin을 기반으로 하는 재료로 구분할 수 있다.[3]

전통적으로 임시 수복물을 제작하는 방법은 PMMA 계열의 자가중합형 레진을 이용하여 구강 내에서 술자가

*Correspondence to: Yu-Lee Kim
Professor, Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Wonkwang University, 895 Muwang-ro, Iksan, 54538, Republic of Korea
Tel: +82-63-859-2929, Fax: +82-63-857-4002, E-mail: pro11@wonkwang.ac.kr
Received: July 12, 2024/Last Revision: July 19, 2024/Accepted: July 29, 2024

Copyright© 2024 The Korean Academy of Stomatognathic Function and Occlusion.
©It is identical to Creative Commons Non-Commercial License.

직접적으로 임시 수복물을 제작하는 직접법과, 삭제된 석고 모형 상에서 임시 수복물을 제작하는 간접법이 있다. 최근에는 Computer aided design/Computer aided manufacturing (CAD/CAM) 시스템의 발전으로 CAD 프로그램을 이용하여 임시 수복물을 디자인하고 가공 기계를 이용하여 제작할 수 있다. 전통적인 방법보다 제작 과정이 단순하고 가공 정밀도가 높아졌다.[4] 이러한 가공 방식은 절삭 가공(subtractive manufacturing)과 적층 가공(additive manufacturing)으로 구분할 수 있다.[5] 절삭 가공법은 미리 중합한 PMMA 블록을 이용하여 재료 표면의 다공성을 방지하고 소량의 잔존 유리 단량체로 화학 물질에 대한 환자의 노출도를 최소화할 수 있다. 또한 충분한 기계적 성질, 마모 저항성을 보인다.[6] 하지만 절삭 공구에 의한 오차가 발생하며 이로 인해 다양한 오차가 발생할 수 있고, 소음이 발생하며 작업시간이 오래 걸리며 절삭 공구의 움직임에 제한이 있다.[7]

적층 가공법은 재료를 한 층 한 층 적층해서 물체를 형성해가는 제작 방식으로, 기존의 공구를 사용한 가공 방식에 비해서 빠르고 가격이 저렴하며 재료의 낭비가 없다는 점 등의 장점이 있다.[8] 3D 프린터는 출력 방식에 따라 구분할 수 있는데 대표적으로 FDM (Fused Deposition Modeling), SLA (StereoLithography Apparatus), SLS (Selective Laser Sintering), DLP (Digital Light Processing), LCD (Liquid Crystal Display) 방식 등이 있다.[9]

DLP 방식의 출력은 SLA와는 달리 포인트 경화가 아닌 단면 층을 경화시키므로 제작 속도가 빠르다. 세밀한 표면조도와 정밀도가 있는 조형을 만들 수 있어 복잡한 형상의 치과용 보철물과 같은 소형 제품과 높은 정밀도를 요구하는 제품 제작에 사용되고 있다. LCD 방식의 3D 프린터의 사용도 증가하였다. DLP 3D 프린터와 유사하게 작동하지만 가장 큰 차이점은 광원 유형이다. LCD를 사용하여 UV 광선을 선택적으로 마스킹하여 수지의 선택된 영역만 레이어에서 경화되도록 한다. LCD 밀도가 높을수록 마스크에 사용 가능한 픽셀이 더 많아져 더 선명한 이미지와 더 높은 해상도의 부품을 만들 수 있다는 의미이며, 이에 대량 생산과 대형 부품의 정확한 인쇄가 가능하다.[10,11]

최종 수복물과 비교하여 임시 수복물은 표면 거칠기가 더 높고 변연 적합이 낮아 표면에 더 많은 치태 침착이 발생한다. 표면의 거칠기는 세균 부착에 중요한 임상적 중요성을 가진다. 거친 표면은 기질 표면적이 증가, 세균 군집에 용이한 환경과, 세균 군집의 탈락 방해 등이 세균 접착 및 군집에 바람직한 환경을 제공한다.[12,13] 충분한 연마는 표면 거칠기와 치태 축적을 감소시킬 수 있다.[14]

마무리 및 연마 절차는 심미성과 매끄럽고 광택이 나는 보철물을 얻기 위해 필수적인 것으로 간주된다. 연마 작업은 적절한 재료와 기술을 사용하여 표면을 처리하는 것으로 가장 일반적으로 사용되는 시스템에는 실리콘 팁, 다양한 입자 크기의 연마 팁 및 재료 표면의 화학 물질 사용이 있다.[15-17] 시중에는 다양한 연마 방법이 나와 있어 어떤 방법이 가장 적합한 시스템인지 결정하기가 어려우므로,[16,18,19] 연마 정도에 따른 재료의 표면 거칠기와 이에 따른 세균 부착도를 비교해 볼 필요가 있다.

이에 본 연구의 목적은 임시 수복물의 제작 방식(Conventional, CAD/CAM PMMA milling, DLP 3D printing, LCD 3D printing)과 표면 연마 정도(No polishing, #400, #800)에 따라 표면 거칠기와 *Streptococcus mutans* (*S. mutans*)의 부착 양상에 대해 알아보고자 하였다.

연구 재료 및 방법

임시 수복용 레진 시편 제작

총 120개의 원통형 임시 수복 레진 블록(10 × 10 × 2.5 mm)을 제작하였고, 제작 기준에 따라 전통적인 PMMA resin을 이용한 제작법(Conventional), CAD/CAM을 이용한 절삭 가공법(Milling), 3D printer resin을 이용한 적층 가공법(DLP, LCD)으로 군을 분류하였고, 각 군당 30개의 시편을 배정하였다(Table 1, 2). 각 시편은 다음과 같은 제작 과정에 따라 제작하였다.

1) 전통적인 아크릴 레진을 이용한 제작법(Conventional): 직경 10 mm, 높이 2.5 mm 크기의 원형 구멍을 뚫어 제작한 실리콘 몰드를 이용하여 PMMA 계열의 자가중합형 resin (Tokuso Cure fast, Tokuyama Dental, Tokyo, Japan)을 중합하여 10 × 10 × 2.5 mm 크기의 레진 블록을 30개 제작하였다.
2) CAD/CAM을 이용한 절삭 가공법(Milling): CAD/CAM PMMA resin block (Kuwotech PMMA, Kuwotech, Gwangju, Republic of Korea)을 milling machine (Promill, Protek korea, Deajeon, Republic of Korea)으로 10 × 10 × 2.5 mm 원통형 레진 블록을 30개 제작하였다.
3) DLP, LCD 3D printer를 이용한 적층 가공법(DLP,

LCD): CAD software (Meshmixer, Autodesk)를 이용하여 10 × 10 × 2.5 mm 원통을 디자인하였다. 위 디자인을 STL 파일로 전환 후 printer software에 전달하여 spure를 달고 슬라이싱하였다. DLP 3D printer (Vittro Lite, 3delight, Hwasung, Republic of Korea), LCD 3D printer (Vittro L35, 3delight)를 이용하여 액상의 광중합 resin (DIOnavi-C&B, DIO Implant, Busan, Republic of Korea)을 100 μm의 출력 두께로 수직 위치에서 30개의 시편을 출력하였다. 모든 시편은 에탄올 용액을 이용하여 세척하였고, 광중합기(Vittro Q50, 3delight)로 8분간 후처리하였다.

표면 연마

모든 시편은 실리콘 카바이드(SiC) 연마지를 이용하여 균일하게 연마하여 표면의 거칠기 정도를 통일시키고자 하였다. 연마를 하지 않은 군(No Polishing; NP), #400 grit까지 SiC 연마를 시행하는 군(#400), #800 grit까지 SiC 연마를 시행하는 군(#800), 총 3개의 군으로 나누었고 최종적으로 각 군당 10개의 시편을 배정하였다. #120, 400, 800 grit SiC 연마지를 이용하여 10 × 10 × 2 mm 시편 사이즈가 되도록 연마하였다. 모든 시편 사이즈는 digital vernier caliper를 이용하여 확인하였다. NP 군은 한쪽 면만 #120 grit SiC로 연마를 시행하여 10 × 10 × 2 mm 시편 사이즈가 되도록 연마하였다. 시행한 면과 시행하지 않은 면을 구분할 수 있게 분류하여 대조군으로 사용하였다. #400 군은 원통의 한 면을 SiC 연마지를 이용하여 #120, 400 grit까지 연마하였다. #800 군은 원통의 한 면을 SiC 연마지를 이용하여 #120, 400, 800 grit까지 연마하였다. 모든 군의 시편은 10분간 증류수로 초음파 세척하였고 24시간 동안 건조하였다(Fig. 1).

Table 1. Material used to fabricate the provisional restoration

Method	Material	Type	Manufacturer
Conventional	Tokuso Cure fast	Polymethyl methacrylates	Tokuyama Dental, Tokyo, Japan
Milling	Kuwotech PMMA	Polymethyl methacrylates	Kuwotech, Gwangju, Republic of Korea
DLP	DIOnavi-C&B	bis-acryl	DIO Implant, Busan, Republic of Korea
LCD	DIOnavi-C&B	bis-acryl	DIO Implant, Busan, Republic of Korea

Table 2. Machines used for Milling and 3D printing

Method	Material	Manufacturer
Milling	Promill	Protek korea, Deajeon, Republic of Korea
DLP	Vittro Lite	3delight, Hwasung, Republic of Korea
LCD	Vittro L35	3delight, Hwasung, Republic of Korea

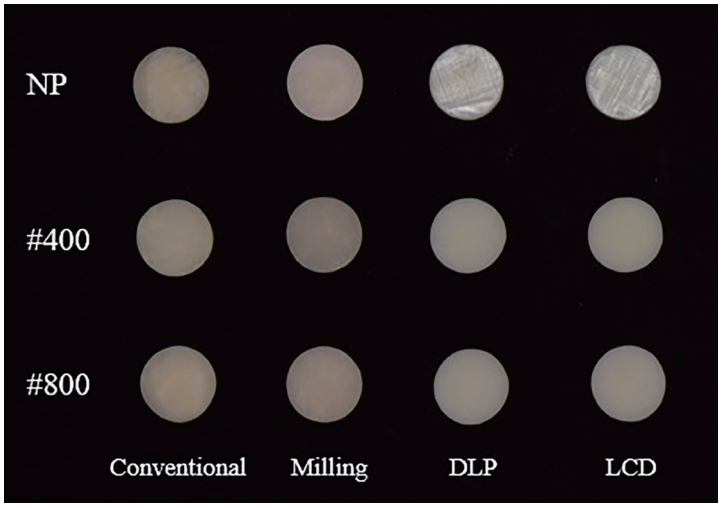

Fig. 1. Resin block group NP, #400, #800 polished with SiC paper.

표면 거칠기 측정

표면 거칠기는 표면조도측정기(Surftest Extreme SV-3000S4, Mitutoyo, Kanagawa, Japan)를 이용하여 Ra와 Ry를 측정하였다. Ra 값은 표면조도측정기로 기록한 표면의 평균 거칠기 값을 의미하고 Ry 값은 단면 곡선의 최저점과 최고점까지의 높이를 나타내는 거칠기의 최대값을 의미한다. 최초의 표면 거칠기 측정 전, 모든 시편은 10분간 증류수로 초음파 세척하였다. 표면조도측정기의 컷 오프(cut-off) λc는 0.8 mm로, 측정 길이는 5 mm로 설정하였다. 시편을 표면조도측정기에 고정시킨 뒤, 0.2 mm/s의 속도로 움직이는 바늘로 거칠기를 측정하였다. 각 시편마다 3번씩 스캐닝하여 Ra 값과 Ry 값을 기록하였다.

세균 배양 및 부착

냉동 보관된 *Streptococcus mutans* (*S. mutans*)를 1.5 ml 채취하여 13.5 ml BHI 액체 배지에 접종하여 24시간 호기성 배양하였다. 배양이 끝난 후 biophotometer (ELX800, BioTek Instruments, Vermont, USA)를 이용하여 액체배지에 부유 시 optical density (OD)를 측정하였다. OD 값이 0.33 으로 관측되었고, 타액 내 세균 농도 (1×10^8)와 비슷한 수치로 만들기 위해 0.3 ml *S. mutans* 부유액을 이용하였다. 각 군당 3개의 시편을 추출하였고 세균 부착 실험 전 각각의 시편을 EO 가스를 이용하여 멸균시킨 뒤, 24-well에 넣어 1 ml 인공타액에 37°C에서 1시간 동안 배양함으로써 타액 박막이 형성될 수 있도록 하였다. 인공타액은 Artificial Saliva (TB0927, TMALAB, Goyang, Republic of Korea)를 이용하였다. 각 well의 시편을 1 ml씩의 PBS로 3번 세척 후, 시편이 담긴 24-well에 각각 0.3 ml의 *S. mutans* 부유액과 0.7 ml의 인공타액을 넣고 4시간 동안 37°C에서 호기성 배양하였다. 부착되지 않은 *S. mutans*를 제거하기 위해 1 ml씩의 PBS 로 다시 3회 세척하였다.

세균 부착도 관찰

부착된 세균을 양적으로 관찰하기 위해 앞선 각 군당 3개의 시편을 선택하여 고정액에 고정시켜 주사전자현미경(S-4800, Hitachi, Chiyoda, Japan) 사진을 촬영하였다. 각각의 표면에서 임의로 3 장의 고배율 사진(×4000)을 촬영하였다.

통계 분석

통계분석은 SPSS 20.0 program (IBM SPSS Statistics v20.0l, IBM, Armonk, USA)을 사용하여 처리하였다. 임시 수복물의 제작 방식과 연마 정도에 따른 표면 거칠기를 알아보기 위해 two-way ANOVA ($P = 0.05$)를 이용하여 검정하고 Scheffe test ($P = 0.05$)를 통해 사후 검정하였다.

결과

표면 거칠기 Ra와 Ry는 제작 방식($P = 0.00$)과 연마 정도($P = 0.00$)에 따라 유의미한 차이를 보였고, 두 변수 간 상호작용($P = 0.00$)을 확인할 수 있었다. 사후 검정한 결과, 표면 연마 정도(NP, #400, #800)에 따라 Ra 값에 있어 Conventional, DLP, LCD 군은 유의한 차이를 보였고, Milling 군은 유의한 차이를 보이지 않았다. Ry 값에 있어 Conventional 군은 유의한 차이를 보였고, Milling, DLP, LCD 군은 유의한 차이를 보이지 않았다. 제작 방식(Conventional, Milling, DLP, LCD)에 따라 Ra 값에 있어 NP 군은 유의한 차이를 보였고, #400, #800 군은 유의한 차이를 보이지 않았다. Ry 값에 있어 NP, #800 군은 유의한 차이를 보였고, #400 군은 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 3, Fig. 2).

주사전자현미경 사진 촬영을 통해 세균 부착 수준을 보기 위해 각 시편을 촬영한 결과, *S. mutans* 부착은 연마를 진행할수록 그 수가 감소하는 양상을 보였다. 또한 DLP, LCD 군에서 Conventional, Milling 군보다 세균 부착 양상이 적었다(Fig. 3 - 5).

고찰

치과 재료의 마모는 구강 환경에 영향을 받을 수 있다. 개인의 식단과 타액은 수복 재료와 반응하여 구조를 손상시키고 물리적, 기계적 특성에 영향을 미칠 수 있다. 단단한 구강 조직의 거칠기는 구강 미생물의 부착과 유지에 중요한 역할을 한다. 특히, 치은 연상의 표면 거칠기는 치태 형성을 증가시킨다. 거친 수복물 표면에 치태 축적이 증가하면 치주 조직에 염증이 발생한다. 따라서 부적절한 연마는 거친 표면 형성을 유발하여 더 많은 치태 축

Table 3. Mean value and standard deviation of average surface roughness (Ra) and maximum peak to valley roughness height (Ry). Different uppercase, lowercase letters denote statistical differences among materials

Group	Polish	Ra (Mean ± STD/μm)	Ry (Mean ± STD/μm)
Conventional	NP	3.53 ± 0.20^{A}	33.30 ± 2.76^{a}
	#400	1.03 ± 0.04^{BCD}	11.82 ± 0.70^{bc}
	#800	0.65 ± 0.02^{DE}	14.75 ± 1.31^{b}
Milling	NP	0.79 ± 0.04^{DE}	8.78 ± 0.69^{bcd}
	#400	0.72 ± 0.02^{DE}	9.13 ± 0.58^{bcd}
	#800	0.46 ± 0.01^{E}	7.02 ± 0.48^{cd}
DLP	NP	1.29 ± 0.76^{BC}	10.70 ± 1.08^{bcd}
	#400	0.75 ± 0.02^{DE}	5.09 ± 0.09^{cd}
	#800	0.45 ± 0.01^{E}	3.71 ± 0.20^{d}
LCD	NP	1.35 ± 0.07^{B}	15.53 ± 2.01^{b}
	#400	0.85 ± 0.03^{CDE}	10.65 ± 0.47^{bcd}
	#800	0.46 ± 0.01^{E}	9.19 ± 0.87^{bcd}

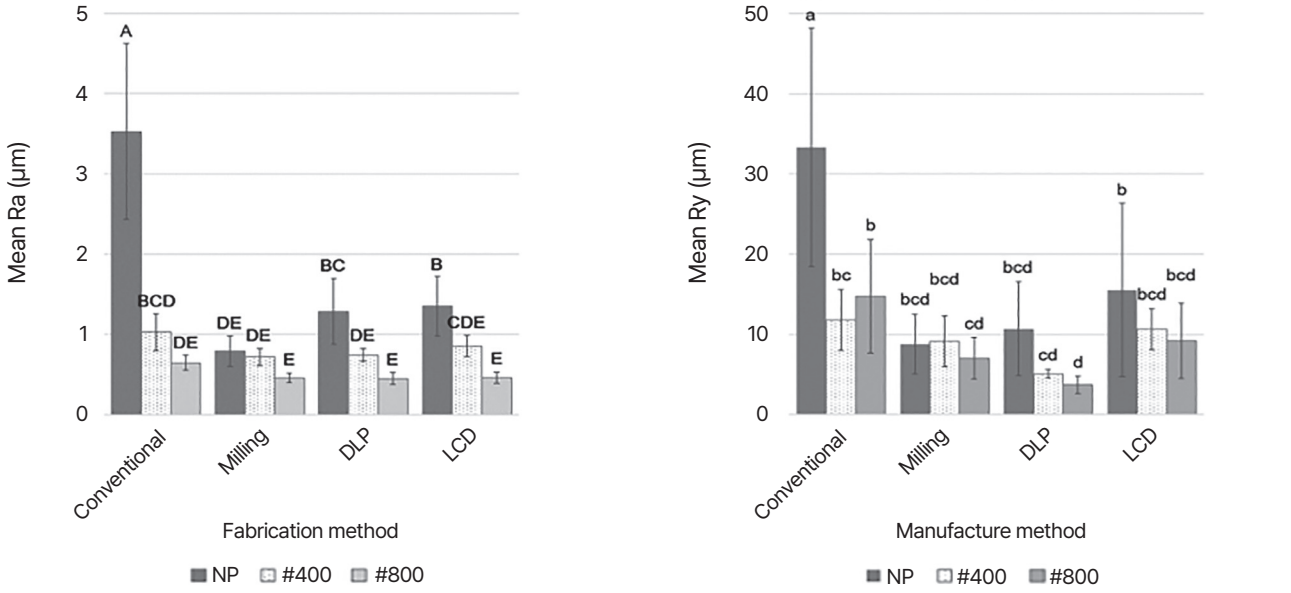

Fig. 2. Effects of Fabrication method and polishing on average surface roughness (Ra) and maximum peak to valley roughness height (Ry). Different uppercase letters denote statistical differences among materials.

적과 치주 조직 염증을 유발한다. 적절하게 진행된 연마는 수복물이 구강 내에서 적절하게 기능을 할 수 있게 하는 중요한 과정이다.[20,21]

수많은 생체 내 연구에서 표면 거칠기가 치은연상 치태 형성 및 치주 건강에 미치는 영향을 조사했다. 거친 표면(치관, 임플란트 지대치)은 더 많은 치태(두께 영역 및 집락 형성 단위)를 축적하고 유지한다. 며칠 동안 치태가 형성되면 거친 표면에는 운동성 유기체와 스피로헤타의 비율이 증가하는 성숙한 치태가 형성된다. 결과적으로, 거친 표면을 가진 치관은 염증이 있는 치주로 더 자주 둘러싸여 있으며, 출혈 지수가 높고 열구액 생성이 증가하며 조직학적으로 염증이 있는 조직이 특징이다. 다공성, 강도, 유지력, 청결성, 심미성, 편안함, 바람직한 윤곽, 적절한 흠집, 조화로운 교합 및 색상 안정성이 있는 윤기 있고 매끄러운 표면은 잘 통합된 임시 수복물에 기여하는 요소이다.[22]

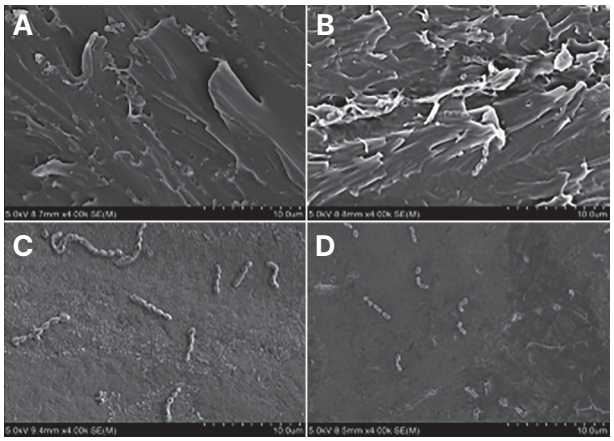

Fig. 3. SEM evaluation of bacterial adhesion on NP group resin surface at ×4000 level. (A) Conventional, (B) Milling, (C) DLP, (D) LCD.

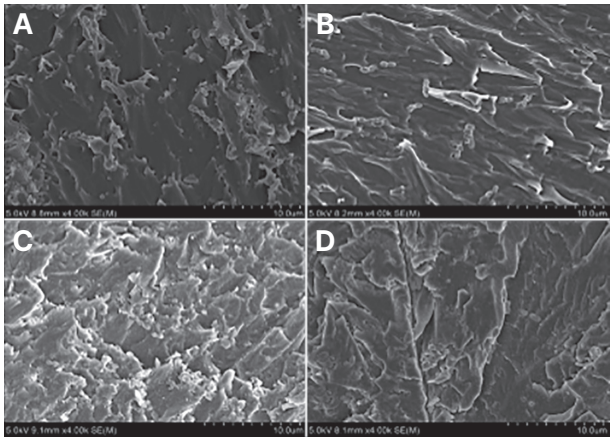

Fig. 4. SEM evaluation of bacterial adhesion on #400 group resin surface at ×4000 level. (A) Conventional, (B) Milling, (C) DLP, (D) LCD.

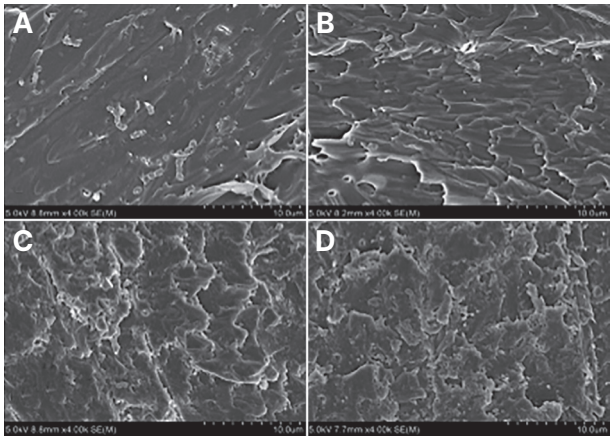

Fig. 5. SEM evaluation of bacterial adhesion on #800 group resin surface at ×4000 level. (A) Conventional, (B) Milling, (C) DLP, (D) LCD.

표면 거칠기 매개변수 Ra는 기준 길이 내 표면의 평균 거칠기 값을 의미하고 치과 문헌에서 가장 일반적으로 보고되는 매개변수이다.[23,24] 그러나 Ra만으로는 표면을 구별하기에는 충분하지 않을 수 있다. 특정 조건에서는 다른 매개변수(Rq, Ry 또는 Rz)가 더 중요할 수 있으므로 표면 마감을 적절하게 지정하려면 Ra 외에 다른 매개변수도 사용해야 한다.[24] 본 연구에서는 가장 일반적으로 사용되는 Ra와 단면 곡선의 최저점과 최고점까지의 높이를 나타내는 거칠기의 최대값을 의미하는 Ry에 대해 표면 거칠기를 측정하였다.

치태 예방과 관련하여 치아 수복물의 Ra 0.2 μm 표면 거칠기를 목표로 해야 하고,[25] Wietnam과 Eames[26]는 표면 거칠기가 0.7 - 1.44 μm인 시편에서 치태 축적이 발생한다고 보고하였다. 본 연구에서 얻은 Ra 값은 모든 시편에서 0.2 μm 이상이므로 최대 #800 girt 연마 정도는 단기 임시 수복물에만 정당화될 수 있다.[27] 치과 기공소 작업의 지연, 복잡한 치료 계획의 장기화 또는 환자의 부재로 인해 영구 수복물의 전달이 연기되는 상황에서 주의하는 것이 매우 중요하다.[28]

본 연구에서는 네 가지 임시 수복물 제작 방법(Conventional, Milling, DLP, LCD)과 표면 연마 정도(NP, #400, #800)에 따른 표면 거칠기를 측정하고 비교하였다. 표면 거칠기 Ra와 Ry에 대하여 제작 방법과 표면 연마 간에 상호작용 효과가 있었으며, 제작 방법과 표면 연마 둘 다 표면 거칠기에 영향을 미치는 인자임을 알 수 있었다. 연마 여부와 관계없이 Conventional 군이 가장 거친 표면 거칠기를 보였다. 연마를 진행하지 않은 경우 Milling 군이 가장 낮은 표면 거칠기를 보였고 연마를 시행해도 Ra 값에 유의한 차이가 없었는데, 이는 Milling 제작 방식이 미리 가공된 PMMA block을 이용하고 bur를 통한 기계적 가공으로 인해 출력물 그대로도 낮은 표면 거칠기를 보이기 때문이라고 사료된다. 연마를 시행한 경우 DLP 군이 가장 낮은 표면 거칠기를 보였다. LCD 군은 표면 거칠기가 DLP 군과 통계적으로 유의미한 차이를 보이지는 않았지만, LCD 군의 표면 거칠기의 평균값은 좀 더 높았다.

본 연구에서 Conventional 군은 디지털 방식(Milling, DLP, LCD)으로 제작된 군보다 표면 거칠기가 더 높았다. 다른 연구자들에 의해서도 비슷한 결과가 보고되었다.[29-31] CAD/CAM Milling 제작 방식이 Conventional 제작 방식보다 표면 거칠기가 낮다고 보고하였고,[31] 디지털 방식(Milling, DLP, LCD)으로 제작된 임시 수복물보

다 Conventional 방식으로 제작된 PMMA resin에서 더 높은 표면 거칠기를 보고하였다.[32] 또한 Semoneti 등[33]에 의하면 3D printing으로 만든 임시 수복물의 표면 거칠기를 기존 기술로 제작한 acrylic resin 및 bis-acryl resin 임시 수복물의 표면 거칠기와 비교하였을 때, printing된 그룹보다 Conventional 제작 방식에서 더 높은 표면 거칠기를 발견하였다. 이는 NP 군에서 Conventional 군이 Milling, DLP, LCD 군과 유의한 차이를 보이는 본 연구 결과를 뒷받침하였다. Conventional 군의 표면 거칠기가 높은 것은 시편 제작 시 액상과 분말을 손으로 혼합하여 함유된 기포에 의한 것으로 추정된다.[30,34]

본 연구에서는 디지털 방식 (Milling, DLP, LCD)으로 제작된 군간 연마 후 표면 거칠기 Ra와 Ry에 유의한 차이를 보이지 않았다. Conventional 군은 #800 SiC paper까지 연마해야 Ra에서 위의 디지털 방식(Milling, DLP, LCD)으로 제작된 군과 유의한 차이를 보이지 않았다. 반대로 Ry는 #800 SiC paper까지 연마해도 디지털 방식(Milling, DLP, LCD)으로 제작된 군과 유의한 차이를 보였다. 이는 임상적으로 Conventional 군이 다른 군보다 연마의 필요성이 높다는 것을 의미할 수 있다. 또한 DLP와 LCD는 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않아 임상적으로 출력 방식 간 표면 거칠기에서 유의한 차이가 없음을 확인할 수 있었다.

CAD/CAM Milling과 Conventional 제작 방식 사이의 박테리아 집락화를 비교한 연구에서, Conventional 제작 방식보다 Milling 및 3D printing 제작 방식에서 낮은 *S. mutans* 부착을 보였다.[35] 반대로 Conventional 제작 방식보다 3D printing 제작 방식이 임시 수복물에서 *S. mutans* 부착이 더 높은 것으로 나타났다고 보고한 연구도 있었다.[33] 본 연구에서는 주사전자현미경을 이용하여 시편에 배양된 부착 양상을 확인하였는데, 연마를 진행할수록 세균 수가 감소하는 양상을 확인할 수 있었고, bis-acryl resin을 이용하여 3D printing한 DLP, LCD 군이 PMMA resin을 이용하여 제작한 Conventional, Milling 군보다 세균 수가 더 낮음을 확인할 수 있었다. 이는 임상적으로 충분한 연마가 수행되어야 세균의 부착이 감소할 수 있음을 시사한다.

본 연구의 한계는 다음과 같다. 첫째로 본 연구에 사용된 시편은 평평한 표면을 포함하는 디스크 형태로 준비되었지만 치아 형태의 요철 및 돌출로 인해 효과적인 연마 공정이 불가능할 수 있으며 거칠기와 세균 부착에 영향을 미칠 수 있다. 둘째로 본 연구에서 진행된 *S. mutans* 부착 수준을 평가하기 위한 정량적인 평가가 이루어지지 못해 부착 양상만을 확인한 점이다. 셋째로 본 연구의 결과를 확증하고 박테리아 부착에 영향을 미치는 다른 요인을 평가하기 위해서는 추가적인 시험관 내 및 생체 내 연구가 필요하다.

결론

임시 수복물의 제작 방식과 표면 연마는 표면 거칠기에 유의한 영향을 미쳤고 상호작용 효과가 있었다.

Conventional 군, DLP 군, LCD 군에서는 NP에서 표면 거칠기가 높았다.

Milling 군에서는 연마정도가 표면 거칠기에 영향을 미치지 않았다.

적층 가공법으로 제작하는 DLP 군, LCD 군은 연마정도에 따른 표면 거칠기의 결과가 동일하였다.

Acknowledgements

이 논문은 2023학년도 원광대학교 교비지원에 의해서 연구됨.

ORCID

Yeon-Ho Jung https://orcid.org/0009-0006-9582-4599
Hyun-Jun Kong https://orcid.org/0000-0001-9331-3572
Yu-Lee Kim https://orcid.org/0000-0003-1350-5895

References

1. Lee EJ, Kang JK, Kim KN. Physical and Mechanical Properties of Light-Cured Resin Temporary Restorative Materials. Korean J Dent Mater 2012;39:225-332.
2. Tjan AH, Castelnuovo J, Shiotsu G. Marginal fidelity of crowns fabricated from six proprietary provisional materials. J Prosthet Dent 1997;77:482-5.
3. Burns DR, Beck DA, Nelson SK; Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the Academy of Fixed Prosthodontics. A review of selected dental literature on contemporary provisional fixed prosthodontic treatment: report of the Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the Acade-

my of Fixed Prosthodontics. J Prosthet Dent 2003; 90:474-97.
4. Tallarico M. Computerization and digital workflow in medicine: Focus on digital dentistry. Materials 2020;13:2172.
5. Kim KB, Kim JH, Kim WC, Kim JH. Three-dimensional evaluation of gaps associated with fixed dental prostheses fabricated with new technologies. J Prosthet Dent 2014;112:1432-6.
6. Rayyan MM, Aboushelib M, Sayed NM, Ibrahim A, Jimbo R. Comparison of interim restorations fabricated by CAD/CAM with those fabricated manually. J Prosthet Dent 2015;114:414-9.
7. Shin MS. Effect of milling tool wear on the internal fit of PMMA implant interim prosthesis. J Tech Dent 2019;41:63-9.
8. Digholkar S, Madhav VNV, Palaskar J. Evaluation of the flexural strength and microhardness of provisional crown and bridge materials fabricated by different methods. J Indian Prosthodont Soc 2016; 16:328-34.
9. Stampfl J, Liska R. New materials for rapid prototyping applications. Macromol Chem Phys 2005; 206:1253-6.
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 J Dent Mater 2019;46:139-52.
11. Tsolakis IA, Papaioannou W, Papadopoulou E, Dalampira M, Tsolakis AI. Comparison in Terms of Accuracy between DLP and LCD Printing Technology for Dental Model Printing. Dent J (Basel) 2022;10:181.
12. Buergers R, Rosentritt M, Handel G. Bacterial adhesion of Streptococcus mutans to provisional fixed prosthodontic material. J Prosthet Dent 2007; 98:461-9.
13. Köroğlu A, Sahin O, Dede DÖ, Yilmaz B. Effect of different surface treatment methods on the surface roughness and color stability of interim prosthodontic materials. J Prosthet Dent 2016;115: 447-55.
14. Ionescu A, Wutscher E, Brambilla E, Schneider-Feyrer S, Giessibl FJ, Hahnel S. Influence of surface properties of resin-based composites on in vitro S treptococcus mutans biofilm development. Eur J Oral Sci 2012;120:458-65.
15. Barbosa GK, Zavanelli RA, Guilherme AS. Efeito de diferentes técnicas de acabamento e polimento sobre a rugosidade de resinas acrílicas utilizadas para restaurações provisórias. Ciênc Odontol Bras 2009;12:15-22.
16. Rutkunas V, Sabaliauskas V. Effects of different repolishing techniques on colour change of provisional prosthetic materials. Stomatologija 2009;11: 102-12.
17. Scheibe KG, Almeida KG, Medeiros IS, Costa JF, Alves CM. Effect of different polishing systems on the surface roughness of microhybrid composites. J Appl Oral Sci 2009;17:21-6.
18. Apolinário TA, Sampaio Filho HR, Gouvêa CV, Vanzillotta PS, Oliveira DP. Efeito de diferentes bebidas na superfície de resinas acrílicas autopolimerizáveis submetidas a dois tipos de polimento. Rev Bras Odontol 2011;88:8-11.
19. Guler AU, Kurt S, Kulunk T. Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. J Prosthet Dent 2005;93:453-8.
20. Tupinambá ÍVM, Giampá PCC, Rocha IAR, Lima EMCX. Effect of different polishing methods on surface roughness of provisional prosthetic materials. J Indian Prosthodont Soc 2018;18:96-101.
21. Ho TK, Satterthwaite JD, Silikas N. The effect of chewing simulation on surface roughness of resin composite when opposed by zirconia ceramic and lithium disilicate ceramic. Dent Mater 2018;34:e15-24.
22. Young HM, Smith CT, Morton D. Comparative in vitro evaluation of two provisional restorative materials. J Prosthet Dent 2001;85:129-32.
23. Scurria MS, Powers JM. Surface roughness of two polished ceramic materials. J Prosthet Dent 1994; 71:174-7.
24. Ayad MF, Rosenstiel SF, Hassan MM. Surface roughness of dentine after tooth preparation with different rotary instrumentation. J Prosthet Dent 1996;75:122-8.
25. Bollen CM, Papaioanno W, Van Eldere J, Schepers E, Quirynen M, Van Steenberghe D. The influence of abutment surface soughness on plque accumu

lation and peri-implant mucositis. Clin Oral Implants Res 1996;7:201-11.
26. Weitman RT, Eames WB. Plaque accumulation on composite surfaces after various finishing procedures. J Am Dent Assoc 1975;91:101-6.
27. Şen D, Göller G, İşsever H. The effect of two polishing pastes on the surface roughness of bis-acryl composite and methacrylate-based resin. J Prosthet Dent 2002;88:527-32.
28. Augusto MG, de Andrade GS, Caneppele TMF, Borges AB, Torres CRG. Nanofilled bis-acryl composite resin materials: Is it necessary to polish? J Prosthet Dent 2020;124:494.e1-5.
29. Shim JS, Kim HC, Park SI, Yun HJ, Ryu JJ. Comparison of Various Implant Provisional Resin Materials for Cytotoxicity and Attachment to Human Gingival Fibroblasts. Int J Oral Maxillofac Implants 2019;34:390-6.
30. Köroğlu A, Sahin O, Dede DÖ, Yilmaz B. Effect of different surface treatment methods on the surface roughness and color stability of interim prosthodontic materials. J Prosthet Dent 2016;115: 447-55.
31. Nassary Zadeh P, Lümkemann N, Eichberger M, Stawarczyk B, Kollmuss M. Differences in Radiopacity, Surface Properties, and Plaque Accumulation for CAD/CAM-Fabricated vs Conventionally Processed Polymer-based Temporary Materials. Oper Dent 2020;45:407-15.
32. Giti R, Dabiri S, Motamedifar M, Derafshi R. Surface roughness, plaque accumulation, and cytotoxicity of provisional restorative materials fabricated by different methods. PLoS One 2021;16:e0249551.
33. Simoneti DM, Pereira-Cenci T, Dos Santos MBF. Comparison of material properties and biofilm formation in interim single crowns obtained by 3D printing and conventional methods. J Prosthet Dent 2022;127:168-72.
34. Alt V, Hannig M, Wöstmann B, Balkenhol M. Fracture strength of temporary fixed partial dentures: CAD/CAM versus directly fabricated restorations. Dent Mater 2011;27:339-47.
35. Hao Y, Huang X, Zhou X, Li M, Ren B, Peng X, Cheng L. Influence of Dental Prosthesis and Restorative Materials Interface on Oral Biofilms. Int J Mol Sci 2018;19:3157.

임시 수복물의 제작 방식과 표면 연마가 표면 거칠기와 세균 부착에 미치는 영향

정연호 대학원생, **공현준** 조교수, **김유리*** 교수
원광대학교 치과대학 치과보철학교실

목적: 본 연구의 목적은 임시 수복물의 제작 방법과 표면 연마가 표면 거칠기와 세균 부착에 미치는 영향을 in vitro 실험을 통해 알아보고자 함이다.
연구 재료 및 방법: 120개의 원통형 임시 수복 레진 블록(10 × 10 × 2.5 mm)을 네 가지 제작 방식(Conventional, CAD/CAM milling, DLP 3D printing, LCD 3D printing)에 따라 제작하였고, 각 군당 30개의 시편을 배정하였다. 이후 연마를 시행하지 않은 군(NP), #400 grit SiC 연마군, #800 grit SiC 연마군으로 나누어 10 × 10 × 2 mm 시편 사이즈가 되도록 연마하였다(n = 10). 표면조도측정기(Surftest Extreme SV-3000S4, Mitutoyo, Kanagawa, Japan)를 이용하여 시편의 표면 거칠기 Ra와 Ry를 측정하였다. 각 군에서 3개의 시편을 추출하여 시편을 인공 타액으로 코팅 후, 시편에 *Streptococcus mutans*를 4시간 동안 37°C에서 배양하였다. 배양한 시편을 고정액에 고정시켜 주사전자현미경(S-4800, Hitachi, Chiyoda, Japan) 사진을 촬영하였다. 통계 분석은 표면 거칠기 Ra, Ry에 대해 각각 two-way ANOVA ($P = 0.05$) 후 Scheffe test ($P = 0.05$)로 사후 검정 시행하였다.
결과: 임시 수복물의 제작 방식과 표면 연마 정도는 표면 거칠기 Ra와 Ry 모두에 유의한 영향을 주었고, 상호작용 효과가 있었다. Ra 값은 NP 군에서 제작 방식에 따라 유의한 차이가 있었다. Ry 값은 NP, #800 군에서 제작 방식에 따라 유의한 차이가 있었다. DLP와 LCD 군은 모든 연마군에서 Ra, Ry 값이 유의한 차이가 없었다.
결론: 임시 수복물의 제작 방식과 표면 연마는 표면 거칠기에 유의한 영향을 보였고 *S. mutans* 부착에 대해 다른 부착 양상을 보였다.

(구강회복응용과학지 2024;40(3):149-58)

주요어: 임시 수복물; CAD/CAM; 밀링, 3D 프린팅; 표면 거칠기; 세균 부착

*교신저자: 김유리
(54538)전북특별자치도 익산시 무왕로 895 원광대학교 치과대학병원 치과보철과
Tel: 063-859-2929 | Fax: 063-857-4002 | E-mail: pro11@wonkwang.ac.kr
접수일: 2024년 7월 12일 | 수정일: 2024년 7월 19일 | 채택일: 2024년 7월 29일