https://doi.org/10.14368/jdras.2025.41.3.188
ISSN 2384-4353 eISSN 2384-4272

Original Article

Surface roughness of flowable bulk fill composite resin by different polishing protocols

Youn-Su Choi, Youngmin Kwon, Jin-Woo Kim, Se-Hee Park, Kyung-Mo Cho*
Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Gangneung-Wonju National University, Gangneung, Republic of Korea

Purpose: This study aimed to evaluate the surface characteristics of full body bulk fill flowable composite resins when polished using the same protocols applied to conventional flowable composite resins. **Materials and Methods:** One conventional composite resin (Filtek Supreme Flowable) and three full body bulk fill flowable composite resins (Metafil Bulk Fill, Charisma Bulk Flow ONE, G-aenial BULK Injectable) were tested. Specimens were polished using three methods: Soflex™ Extra-thin, One Gloss midi, and One Gloss midi combined with Jiffy brush. Surface roughness (Sa) was measured using a confocal laser scanning microscope, and surface morphology was examined under a scanning electron microscope. Statistical analysis was performed using two-way ANOVA and Scheffé's test. **Results:** No interaction was found between the composite resin type and polishing method. Metafil Bulk Fill showed the highest surface roughness, while specimens polished with Soflex™ Extra-thin showed the smoothest surfaces ($P < 0.05$). **Conclusion:** The surface roughness of full body bulk fill composite resins varies depending on the resin type and polishing method. Therefore, understanding each product's characteristics and selecting an appropriate polishing technique is essential for achieving a clinically acceptable surface finish and long-term success of the restoration. **(J Dent Rehabil Appl Sci 2025;41(3):188-97)**

Key words: bulk fill; composite resin; full body; polishing; surface roughness

서론

복합레진은 자연치아의 법랑질, 상아질과 필적할만한 물리기계적 특성 및 광학적 특성을 모방하는 수복재료이다.[1,2] 치아와 유사한 색조의 심미수복에 대한 수요의 증가, 전치부와 구치부 모두 적용 가능하다는 점, 치질과의 높은 접착력, 그리고 세라믹 등의 기타 심미 수복물에 비해 합리적인 가격 등으로 인해 치과에서의 복합레진의 사용이 급증했으며,[3-5] 기술이 발전함에 따라 복합레진의 물리적, 기계적, 광학적 특성은 지속적으로 개선되고 연구되고 있다.[3,6,7]

복합레진은 필러의 단위 부피 당 함량 증가와 입자 크기의 감소를 통해 마모저항성과 연마성의 한계를 극복하였으며,[8] 높은 표면 광택과 낮은 표면 거칠기, 높은 기계적 특성 등을 목표로 하였다.[9,10] 하지만 이는 복합레진의 강성(rigidity)의 증가와 중합수축 응력의 증가를 유래하므로 두께 2 mm 이하 층의 적절한 적층 충전이 요구된다.[2] 적층 충전은 시간이 오래 소요되고 공극(void)이 발생할 수 있으며, 적절하게 시행되지 않을 경우 중합되지 않은 영역이 잔존하여 강도 저하, 적절한 밀폐의 실패 또는 술 후 민감 등의 조기 실패를 유발할 수 있다는 단점이 있다.[3]

최근에는 크고 깊은 와동의 제한적인 중합 깊이와 적층 충전의 긴 소요 시간 및 높은 술식 민감도 등의 단점을 극복하기 위해 적층충전의 필요성을 줄이고 수복 과정을 단순화하여 더 깊은 두께로 충전할 수 있는 "Bulk fill"

*Correspondence to: Kyung-Mo Cho
Professor, Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Gangneung-Wonju National University, 7, Jukheon-gil, Gangneung, 25457, Republic of Korea
Tel: +82-33-640-2467, Fax: +82-33-640-3103, E-mail: drbozon@gwnu.ac.kr
Received: June 13, 2025/Last Revision: July 7, 2025/Accepted: July 7, 2025

Copyright© 2025 The Korean Academy of Stomatognathic Function and Occlusion.
©It is identical to Creative Commons Non-Commercial License.

복합레진이 출시되었다.[1,3] 기계적 특성을 향상시키기 위해 필러의 단위 부피 당 함량을 높이고 입자의 크기는 줄이는 방향으로 개발되어 온 기존의 복합레진과는 다르게, bulk fill 복합레진은 중합 깊이를 향상시키기 위해 필러의 함량을 줄이고 필러 입자의 크기를 증가시키는 등의 방향으로 발전되었다.[11] Bulk fill 복합레진은 이로 인해 높은 투명도를 가져 최대 4 mm의 단일 층으로 충전할 수 있어 임상 단계 수와 중합 수축 응력을 줄이는 성질을 갖추고 있다.[1,6,11] 따라서, bulk fill 복합레진은 레진-필러 계면에서 빛의 산란량이 증가하여 광개시제를 활성화할 수 있는 빛의 흡수량이 증가하게 되지만,[3] 필러 함량이 감소함에 따라 물리기계적 성질이 저하되어 굴곡강도, 압축강도, 파괴인성, 내마모성이 저하되며,[12] 기존의 복합레진과는 다른 조성으로 인해 광학적 특성의 차이를 보이고 이는 표면 거칠기에 영향을 미칠 수 있다.[13]

이에 따라, 최초에 개발된 bulk fill 복합레진은 낮은 물리기계적 및 표면적 특성으로 인해 기존의 복합레진을 표층에 충전하는 것을 필요로 하는 기저재로서 사용되어 왔으며,[2,3,12] 이는 "base" 또는 "low viscosity" bulk fill 복합레진으로 분류된다.[3,14] 하지만 최근에는 표층에 기존의 복합레진 충전이 필요하지 않은 one-step 재료로서 필러 함량이 더 높은 bulk fill 복합레진이 소개되었으며,[2] 이는 "full body" 또는 "high viscosity" bulk fill 복합레진으로 분류된다.[3,14] 이러한 full body bulk fill 복합레진의 기계적 특성은 교합력을 견딜 만큼 충분한 표면 경도와 내마모성을 갖는 것으로 관찰되어 고응력 영역에 사용하기에 충분하지만,[6,11,13] 표면 특성에 대한 정보는 비교적 제한적이다.[6]

수복물의 표면 거칠기와 같은 표면 특성은 세균의 군집화 및 치태 침착, 색조 안정성, 마모저항성, 심미성 등과 같은 요소들에 영향을 미쳐 수복물의 임상 결과를 결정하는 데 중요한 역할을 한다.[1,2] 따라서, 마무리와 연마 과정은 수복물의 심미성 뿐만 아니라 수명에 영향을 미치는 핵심 임상 단계이며,[1,7] 불충분한 마무리 및 연마는 수복물 높은 마모도, 치태침착, 이차우식 및 치은 자극 등의 임상적인 문제를 유발하여 수복물의 임상적인 성공을 저해할 수 있으므로 적절한 마무리와 연마 과정을 통한 최적의 표면 거칠기를 형성하는 것은 필수적이다.[2]

따라서, 이 연구의 목표은 다양한 연마 시스템이 표층에 기존의 복합레진 충전을 필요로 하지 않는 full body bulk fill 복합레진의 표면 거칠기에 어떠한 영향을 미치는지 확인하고 기존의 복합레진과 비교하는 것을 목표로 한다.

연구 재료 및 방법

기존의 일반적인 flowable 복합레진인 Filtek Supreme Flowable (3M ESPE, St. Paul, USA)과 3종의 bulk fill flowable 복합레진인 Metafil Bulk Fill (Sun medical, Shiga, Japan), Charisma Bulk Flow ONE (Kulzer, Hanau, Germany), G-aenial BULK Injectable (GC, Tokyo, Japan)을 사용하였으며, 실험에서 사용된 각 복합레진의 구성 성분은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Composition of materials used in this study

Material	Type	Manufacturer	Composition	Filler load	Particle size
Metafil Bulk Fill	Full body bulk fill	Sun medical	Matrix: Methacrylate monomers, Acrylate monomers, Aromatic amine Fillers: N.A	70.0% by weight 47.6% by volume	0.01 - 8.00 μm
Charisma Bulk Flow ONE	Full body bulk fill	Kulzer	Matrix: Methacrylate monomers, UDMA Fillers: Ytterbium trifluoride (YBF_3), silicone dioxide (SiO_2), Titanium dioxide (TiO_2)	65% by weight 41% by volume	0.02 - 5 μm
G-aenial BULK Injectable	Full body bulk fill	GC	Matrix: Bis-EMA, UDMA Fillers: barium glass, silicone dioxide (SiO_2)	70% by weight	0.15 μm
Filtek Supreme Flowable	Conventional	3M ESPE	Matrix: Bis-GMA, TEGDMA, Procrylat Fillers: Ytterbium trifluoride (YBF_3), silicone dioxide (SiO_2), Zirconia	65% by weight 46% by volume	0.6 - 1.4 μm

Data from manufacturers' websites and/or product catalogs.
UDMA: urethane dimethacrylate; Bis-EMA: bis-phenol A ethoxylated dimethacrylate; Bis-GMA: bis-phenol A glycidyldimethacrylate; TEGDMA: triethylenglycol dimethacrylate; N.A: not available.

시편제작

원통형 테플론 몰드를 사용하여 4종의 복합레진 별로 직경 4 mm, 높이 6 mm인 시편을 각각 45개씩 제작하였다. 테플론 몰드 내부에 복합레진을 충전한 뒤, 상부에는 mylar strip과 슬라이드 글라스로 압박하고 중합하여 시편을 제작하였다. 일반적인 복합레진인 Filtek Supreme Flowable은 2 mm씩 3번에 나누어 적층 충전하였으며 3종의 bulk fill flowable 복합레진은 3 mm씩 2번에 나누어 적층충전 하였다. 각 적층 충전마다 LED 광중합기(B&Lite S, B&L Biotech, Ansan, Korea)를 사용하여 40초씩 800 mW/cm^{2}로 중합하였다. 모든 시편의 표면에 320 grit의 사포를 동일하게 적용하여 균일하게 거친 표면을 형성하였으며, 이후 각 복합레진의 45개의 시편을 연마 방법에 따라 임의로 15개씩 3개의 소그룹으로 나누었다.

연마과정

세 가지 연마 방법을 각각의 소그룹에 적용하였다. 각 연마 과정은 한 명의 술자가 시행하였으며, 동일한 low-speed contra-angle handpiece (Synea Fusion Contra angle Handpiece, W&H, Bürmoos, Austria)를 사용하였다. 본 연구에서 사용한 연마의 종류와 기구는 Table 2에 나타내었다.

Silicone point type의 연마로는 One Gloss midi (Shofu, Kyoto, Japan)를, silicone point와 brush를 함께 사용한 연마 방법은 One Gloss midi (Shofu)와 Jiffy brush (Ultradent Products Inc., South Jordan, USA)를 순서대로 사용하였으며, soft abrasive disc type의 연마 방법으로는 Soflex™ Extra-thin (3M ESPE)를 coarse, medium, fine, superfine 순으로 4단계를 순차적으로 사용하였다. 모든 연마는 제조사의 지시대로 시행하였으며, 매 단계마다 3-way syringe를 사용하여 20초간 수세하였다. 또한, 모든 연마기구는 모든 시편마다 교체하여 기구 1개 당 1개의 시편을 연마하였다.

표면 조도(Surface roughness, Ra) 측정

시편의 중심 부분에서 공초점레이저현미경(confocal laser scanning microscope)(Leica DCM8; Leica Microsystems, Wetzlar, Germany)을 이용하여 350 μm × 264 μm 영역의 표면 평균 조도를 측정하였다.

통계 분석

복합레진 요인과 연마 방법 요인이 표면조도 결과에 상호작용하는가를 평가하기 위하여 이원배치 분산분석(Two-way ANOVA)을 하였다. 이원배치 분산분석을 한 결과에서 유의한 차이가 있는 경우 어느 부분에서 차이가 있는지를 알아보기 위해 Scheffe test를 이용하여 사후검정을 했다. 모든 통계 분석은 95% 유의수준에서 SPSS Ver 26.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)를 사용하여 진행을 하였다.

주사전자현미경을 이용한 표면 특징 관찰

복합레진별로 각각의 연마 후 표면 형상을 알아보기 위하여 주사전자현미경(Field emission scanning electron microscope)(QUANTA FEG 250, FEI, Hillsboro, USA) 촬영을 하였다. 시편의 전체가 나오도록 촬영하여 표면 전체의 특징을 관찰하고 500배, 5000배로 확대 촬영하여 보다 상세한 표면 특징을 관찰하였다.

Table 2. Polishing protocols used in this study

Type	Material	Manufacturer	Composition	Particle size
Silicone point	One Gloss midi	Shofu	Synthetic rubber (Polyvinylsiloxane), Alumina grit (Al_2O_3), silicone dioxide (SiO_2)	80 μm
Silicone point & Silicone brush	One Gloss midi	Shofu	Same as above	80 μm
	Jiffy brush	Ultradent Products Inc.	fibers impregnated with silicone carbide (SiC)	4 μm
Soft abrasive disc	Soflex™ Extra-thin (4 steps)	3M ESPE	Elastomer with aluminum oxide (Al_2O_3)	Coarse: 50 - 90 μm Medium: 10 - 40 μm Fine: 3 - 9 μm Superfine: 1 - 7 μm

Data from manufacturers' websites and/or product catalogs.

결과

다양한 복합레진과 연마 방법의 조합들의 표면 형태를 나타내는 3차원 이미지들은 Fig. 1에 나타내었다. 또한, 각각의 복합레진에서 세 가지 연마 방법으로 연마하여 나타난 표면조도를 Table 3에 나타내었다.

복합레진 요인과 연마 방법 요인이 표면조도 결과에 상호작용하는가를 평가하기 위한 이원배치 분산분석 결과를 Table 4에 나타내었으며 Fig. 2에 그래프로 나타내었다. 이원배치 분산분석 결과 복합레진의 종류와 연마 방법에서 유의한 차이가 있었으나 두 요인 사이에 상호작용은 없었다.

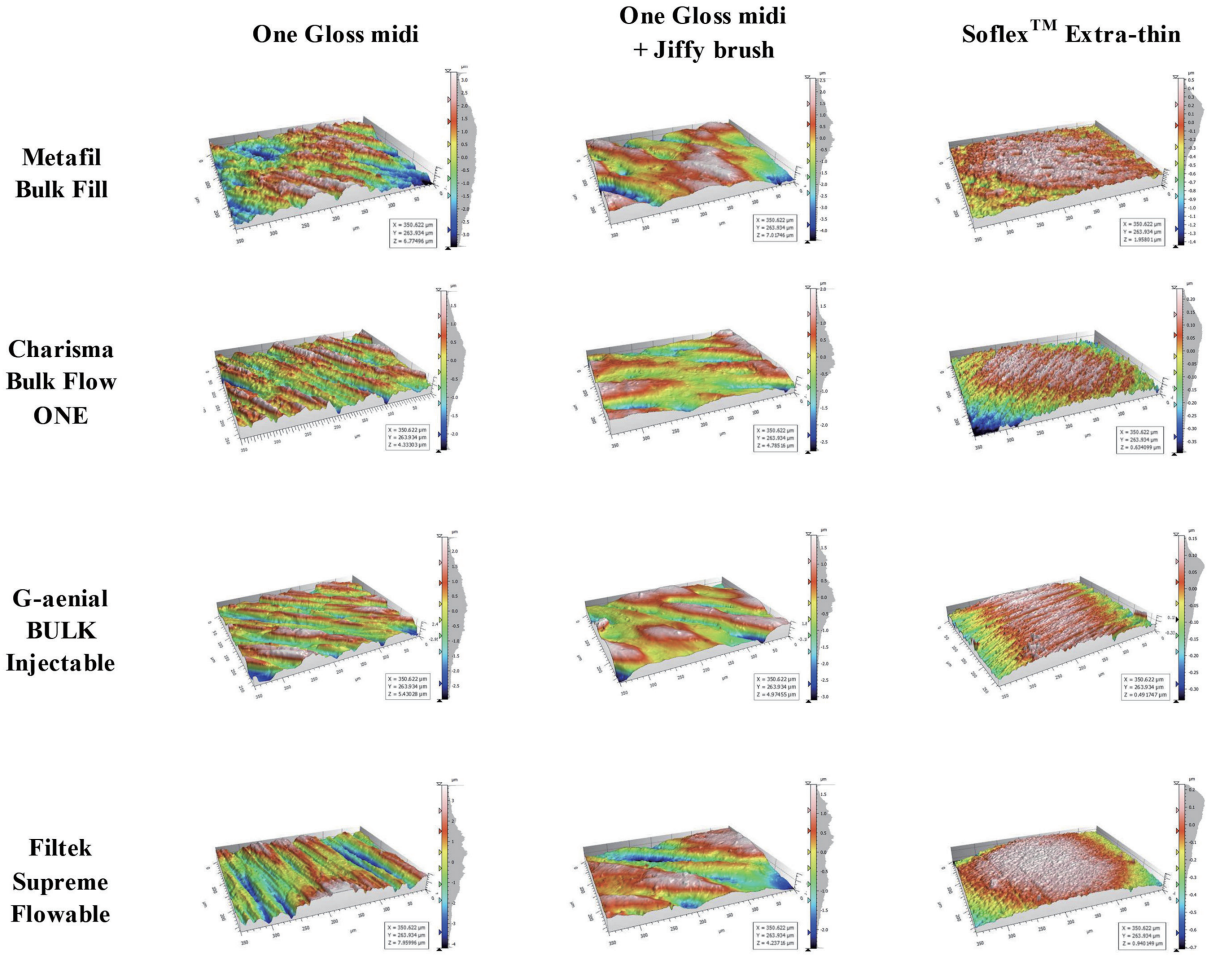

Fig. 1. 3D surface topography of confocal laser scanning microscope, according to different composite resin and polishing systems.

Table 3. Surface roughness of each experimental condition (Mean ± Standard Deviation, μm)

Composite resin	One Gloss midi	One Gloss midi & Jiffy brush	Soflex™ Extra-thin
Metafil Bulk Fill	1.028 ± 0.285	0.638 ± 0.158	0.218 ± 0.054
Charisma Bulk Flow ONE	0.800 ± 0.236	0.597 ± 0.172	0.122 ± 0.028
G-aenial BULK Injectable	0.778 ± 0.164	0.574 ± 0.139	0.096 ± 0.024
Filtek Supreme flowable	0.892 ± 0.278	0.540 ± 0.075	0.117 ± 0.029

Table 4. Result of Two-way ANOVA test

Source	Type III Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Corrected Model	17.312[a]	11	1.574	58.017	< .001
Intercept	51.234	1	51.234	1888.714	< .001
Resin	.565	3	.188	6.940	< .001
Polishing	16.522	2	8.261	304.532	< .001
Resin*Polishing	.225	6	.038	1.384	.224
Error	4.557	168	.027		
Total	73.104	180			
Corrected Total	21.869	179			

a. R squared = .792 (Adjusted R Squared = .778).

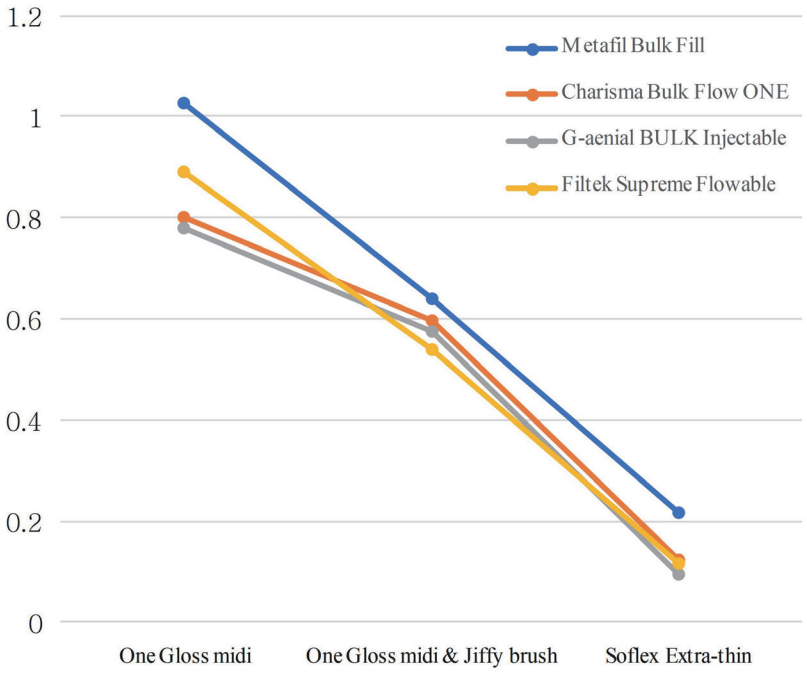

Fig. 2. Plot diagram of surface roughness at each experimental condition.

이원배치 분산분석에서 유의한 결과를 나타낸 복합레진 요인과 연마 방법 요인에 대하여 Scheffe's test를 이용하여 사후검정한 결과 Metafil Bulk Fill이 다른 복합레진에 비하여 거친 표면을 나타내었으며, 연마 방법에서는 One Gloss midi만 이용해 연마를 한 군이 가장 거친 표면을 보였으며 Soflex™ Extra-thin을 사용한 군이 가장 매끈한 표면을 보였다($P < 0.05$).

주사전자현미경으로 촬영한 영상을 Fig. 3부터 Fig. 6까지 나타내었다. 네 종류의 복합레진 모두에서 One Gloss midi 만 이용한 시편에서는 거친 입자가 지나가면서 만든 듯한 형상의 흠집이 보였다. One gloss midi를 사용한 다음 Jiffy brush를 사용하면 앞서 생긴 흠집이 무뎌지며 좀 더 매끈한 표면이 만들어졌으며, Soflex™ Extra-thin을 사용한 시편에서는 전반적으로 흠집이 보이지 않았다. 모든 복합레진에서 Jiffy brush와 Soflex™ Extra-thin을 사용하면서 표면이 녹는 것처럼 복합레진 기질과 필러의 경계가 모호해지는 형상이 보였다. G-aenial BULK Injectable은 균일한 크기와 모양의 작은 필러 입자로 구성이 되고 다른 세 종류의 복합레진은 모두 크고 작은 크기와 여러 형태의 필러 입자가 혼합되어 구성된 형상을 보였다. 필러 입자의 크기는 G-aenial BULK Injectable이 가장 작았으며 그 다음 Charisma Bulk Flow

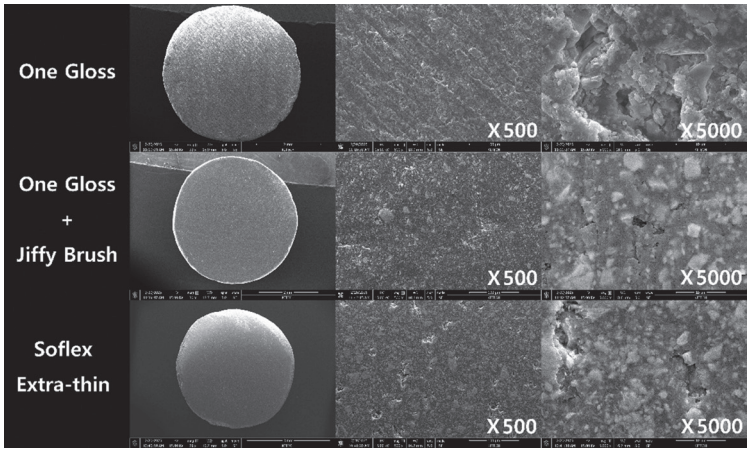

Fig. 3. Representative SEM images of the polished Metafil Bulk Fill in each polishing protocols.

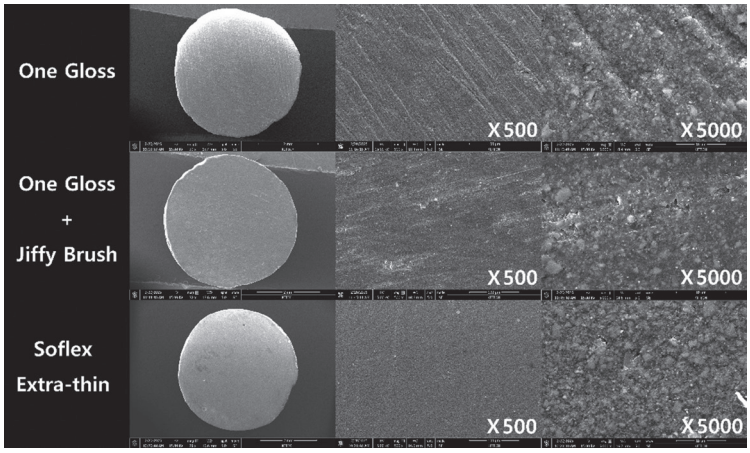

Fig. 4. Representative SEM images of the polished Charisma Bulk Flow ONE in each polishing protocols.

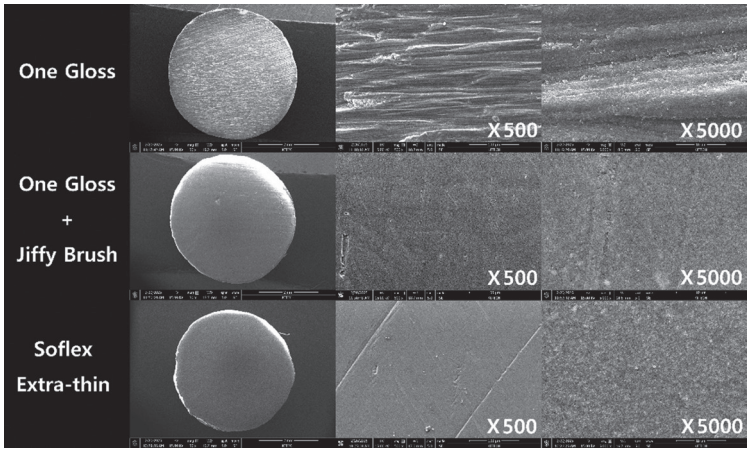

Fig. 5. Representative SEM images of the polished G-aenial BULK Injectable in each polishing protocols.

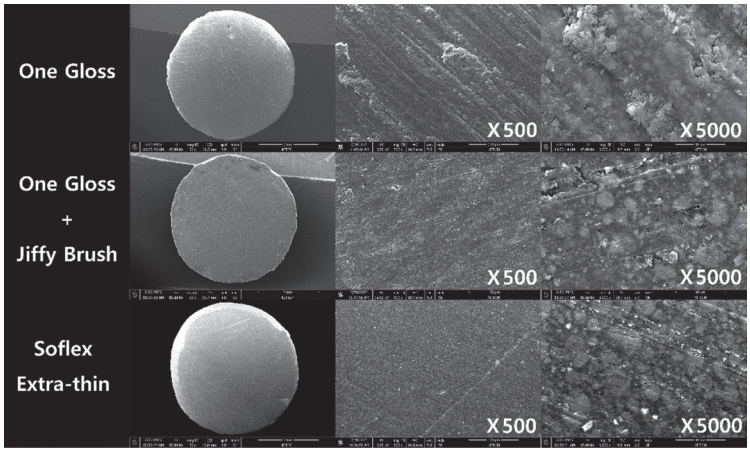

Fig. 6. Representative SEM images of the polished Filtek Supreme Flowable in each polishing protocols.

ONE, Filtek Supreme Flowable, Metafil Bulk Fill의 순서로 크게 관찰되었다. Soflex™ Extra-thin으로 연마를 하더라도 필러 입자의 형태를 파악할 수 있었지만 Filtek Supreme Flowable에서는 필러 입자가 뭉개지는 형상을 보여 다른 복합레진과는 차이가 나는 결과를 보였다.

고찰

수복물의 표면 거칠기와 같은 표면 특성은 세균의 군집화 및 치태 침착, 색조 안정성, 마모저항성 등과 같은 요소들에 영향을 미쳐 임상 결과를 결정하는 데 중요한 역할을 한다.[1,2] 또한, 심미치과학 측면에서 복합레진 수복재를 사용하는 것은 자연치아의 형태와 기능을 회복하기 위한 것으로, 이는 정확한 색조 일치와 매끄러운 수복물의 표면을 통해 얻을 수 있다.[7] 따라서, 마무리와 연마 과정은 수복물의 수명과 심미성에 영향을 미치는 핵심 임상 단계로서, 매끄러운 표면의 수복물은 성공적인 수복물의 큰 요소 중 하나이다.[7,15] 본 연구에서는 다양한 연마 시스템이 다양한 full body bulk fill 복합레진의 거칠기에 미치는 영향을 조사했다.

수복물 표면의 매끄러움은 복합레진의 종류에 달려있으며, 이는 대부분 복합레진의 필러(종류, 입자의 모양과 크기, 분포), 유기 기질, 그리고 그들의 계면에 따라 달라진다.[16,17] 이전 연구에 따르면 필러 입자의 크기는 거칠기에 보다 큰 영향을 미치며 작은 필러 입자를 가진 복합레진보다 큰 입자를 가진 복합레진에서 거칠기가 더 뚜렷하게 나타나는 것을 알 수 있다.[5,18] 즉, 필러 입자의 크기가 작은 복합레진은 순차적인 연마 과정을 통해 광택이 높아지고 표면 거칠기 값이 낮아지며,[16] 이는 작은 크기의 필러 입자를 사용함으로써 입자 간 간격이 감소하며 이를 통해 부드러운 기질이 더 보호되고 필러 입자가 탈락하는 양상이 감소하기 때문이다.[5,19,20] 또한, 보다 작은 크기의 필러 입자가 탈락하므로, 표면에는 작은 공극만이 남아 낮은 표면 거칠기를 갖게 된다.[7] 본 연구에서 동일한 연마 방법 내에서 복합레진 간 비교한 결과, Metafil Bulk Fill 복합레진을 제외한 두 가지 full body bulk fill 복합레진은 일반적인 복합레진과 유의할만한 거칠기의 차이를 보이지 않았다. 제조사들에 따르면, Metafil Bulk Fill 복합레진의 필러 입자 크기는 0.01 - 8.00 μm, Charisma Bulk Flow ONE은 0.02 - 5.00 μm, G-aenial BULK Injectable은 0.15 μm, Filtek Supreme Flowable은 0.6 - 1.4 μm로, 위와 같은 결과는 Metafil Bulk Fill 복합레진이 다른 복합레진에 비해 큰 필러 입자 크기를 가지는 것으로 인한 결과로 설명될 수 있다.

동일한 복합레진 내에서 연마 방법 간 비교 연구 결과, One Gloss midi만 이용한 군이 가장 거친 표면을 보이고 Soflex™ Extra-thin을 사용하여 연마한 군이 가장 매끈한 표면을 보였다($P < 0.05$). Paolone 등에 따르면, 최종 연마 기구의 구성은 최종적인 표면 거칠기에 영향을 미칠 수 있다.[2] 제조사에 따르면, 본 연구에서 사용된 최종 연마 기구의 입자 크기는 One Gloss midi는 80 μm, Jiffy brush는 4 μm, Soflex™ Extra-thin (superfine)은 1 - 7 μm로, One Gloss midi가 다른 연마 기구에 비해 큰 입자를 가지기 때문에 One Gloss midi만을 사용한 실험군이 가장 거친 표면을 보이는 것으로 해석할 수 있다. 또한, 이전의 연구들에 따르면, 산화 알루미늄 플렉시블 디스크 연마 기구는 연마 시 필러 입자를 탈락시키거나 구멍을 만들지 않고 필러와 기질을 동일하게 마모시켜 매끄러운 표면을 생성한다고 알려져 있다.[21,22] 또한, 표면 거칠기와 광택은 연마 시간과 연마 시 가해지는 압력에 크게 의존함이 보고되었으며,[23] Soflex™ Extra-thin은 여러 단계를 거치기 때문에 연마 시간이 길다. 따라서, 이와 같은 서로 다른 연마 기전과 여러 연마 단계로 인한 긴 소요 시간은 Soflex™ Extra-thin 군에서 가장 낮은 표면 거칠기를 갖는다는 결과를 뒷받침한다.

해당 연구에서 수집된 연마 후의 표면 거칠기 범위는 One Gloss midi만을 사용한 군은 약 0.778 - 1.028 μm, One Gloss midi와 Jiffy brush를 함께 사용한 실험군에서는 0.54 - 0.638 μm, 그리고 Soflex™ Extra-thin을 사용하여 연마한 군은 약 0.096 - 0.218 μm이다. 연구들에 따르면 환자들은 수복물의 표면 거칠기가 0.5 μm를 초과할 때만 인지할 수 있으며,[24,25] 마무리 및 연마 과정의 목적은 법랑질과 같은 표면을 제공하는 것이므로 이상적인 복합레진의 최종 거칠기는 교합 영역의 법랑질-법랑질 접촉부위의 거칠기인 0.64 μm와 유사해야 한다.[26] 따라서, Soflex™ Extra-thin을 사용한 군과 One Gloss midi와 Jiffy brush를 함께 사용한 군은 임상적으로 허용 가능한 정도의 표면 거칠기를 보이나, One Gloss midi만을 사용한 군은 그렇지 않음을 알 수 있다. 즉, One Gloss midi만을 사용하여 연마하는 방법은 레진 종류와 상관없이 최종 연마 방법으로는 부적절하다고 볼 수 있다.

본 연구의 한계점은 기능적, 화학적 노화 등과 같은 표면 거칠기에 영향을 미치는 모든 요소가 다 고려되지 않았으며, mylar strip만을 사용한 시편의 표면 거칠기에 대

한 연구가 진행되지 않았고 연구에 사용된 연마 방법 외에도 시판되는 연마 기구가 매우 광범위하므로, 향후 이러한 한계점을 보완하여 추가적인 연구가 이루어져야 할 것이다. 또한, 본 연구에선 시편을 지그에 장착이 가능하도록 높이가 6 mm인 원기둥 형태로 제작하였는데, 이는 연구에 사용된 4 종의 복합레진이 모두 단층으로 충전될 수 있는 최대 두께 이상으로, 적층충전이 불가피했다는 점 또한 한계점으로 고려될 수 있다. 더불어, 연마 전의 마무리(finishing) 단계는 해부학적인 형태를 부여하고 25 μm 크기 이상의 입자를 제거하여 최종 거칠기에 영향을 미칠 수 있는데,[27,28] 본 연구에서는 사포만을 사용하여 모든 시편의 표준 표면을 형성하고 연마하였기 때문에 다양한 마무리 방법들이 표면 거칠기에 미칠 수 있는 영향이 고려되지 않았다는 점을 한계점으로 볼 수 있다. 마지막으로, 본 연구는 in vitro 환경에서 수행되었으며, 구강 내 실제 상황(타액, 교합력, 기능성 마모 등)과는 차이가 있을 수 있다는 한계점이 있다.

결론

Flowable 형태의 full body bulk fill 복합레진 3종과 일반 flowable 복합레진 1종의 연마 방법에 따른 표면조도를 비교, 평가한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Metafil Bulk Fill을 제외한 full body bulk fill 복합레진은 일반 flowable 복합레진과 유사한 표면연마 결과를 보였다.
2. 모든 복합레진에서 One Gloss midi만 사용해 연마를 한 경우 가장 거친 표면을, Soflex™ Extra-thin를 사용해 연마를 한 경우 가장 매끈한 표면을 나타내었다.

위 연구를 바탕으로 bulk fill 복합레진을 와동의 내부에서 표면까지 이용하는 경우 제품의 종류와 연마 방법에 따라서도 다른 결과가 나타날 수 있으므로 제품의 특성을 정확히 파악하여 연마를 하여야 하며, 표면의 거칠기가 낮은 제품을 선택하여 사용해야 할 것이다.

Acknowledgements

이 논문은 2023년도 강릉원주대학교치과병원 협동임상연구비(CR2301) 지원에 의하여 수행되었음.

ORCID

Youn-Su Choi https://orcid.org/0009-0003-1439-4573
Youngmin Kwon https://orcid.org/0000-0002-5832-7466
Jin-Woo Kim https://orcid.org/0000-0002-0004-0710
Se-Hee Park https://orcid.org/0000-0002-4052-4082
Kyung-Mo Cho https://orcid.org/0000-0003-3464-9425

References

1. Freitas F, Pinheiro de Melo T, Delgado AH, Monteiro P, Rua J, Proença L, Caldeira J, Mano Azul A, Mendes JJ. Varying the Polishing Protocol Influences the Color Stability and surface roughness of bulk-fill resin-based composites. J Funct Biomater 2020;12:1.
2. Paolone G, Moratti E, Goracci C, Gherlone E, Vichi A. Effect of Finishing Systems on Surface Roughness and Gloss of Full-Body Bulk-Fill Resin Composites. Materials (Basel) 2020;13:5657.
3. Chesterman J, Jowett A, Gallacher A, Nixon P. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: A review. Br Dent J 2017;222:337-44.
4. Yap AU, Lye KW, Sau CW. Surface characteristics of tooth-colored restoratives polished utilizing different polishing systems. Oper Dent 1997;22:260-5.
5. Moraes RR, Gonçalves LS, Lancellotti AC, Consani S, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA. Nanohybrid resin composites: nanofiller loaded materials or traditional microhybrid resins? Oper Dent 2009;34:551-7.
6. Ishii R, Takamizawa T, Tsujimoto A, Suzuki S, Imai A, Barkmeier WW, Latta MA, Miyazaki M. Effects of Finishing and Polishing Methods on the Surface Roughness and Surface Free Energy of Bulk-fill Resin Composites. Oper Dent 2020;45:E91-E104.
7. Gömleksiz S, Gömleksiz O. The effect of contemporary finishing and polishing systems on the surface roughness of bulk fill resin composite and nanocomposites. J Esthet Restor Dent 2022;34:915-23.
8. Chen MH. Update on dental nanocomposites. J Dent Res 2010;89:549-60.
9. Kumari CM, Bhat KM, Bansal R. Evaluation of

surface roughness of different restorative composites after polishing using atomic force microscopy. J Conserv Dent 2016;19:56-62.
10. Terry DA. Direct applications of a nanocomposite resin system: Part 1 - The evolution of contemporary composite materials. Pract Proced Aesthet Dent 2004;16:417-22.
11. Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill Resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. Oper Dent 2013;38:618-25.
12. Didem A, Gözde Y, Nurhan Ö. Comparative Mechanical Properties of Bulk-Fill Resins. Open J Compos Mater 2014;4:117-21.
13. Kim EH, Jung KH, Son SA, Hur B, Kwon YH, Park JK. Effect of resin thickness on the microhardness and optical properties of bulk-fill resin composites. Restor Dent Endod 2015;40:128-35.
14. Van Ende A, De Munck J, Lise DP, Van Meerbeek B. Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature. J Adhes Dent 2017;19:95-109.
15. Lassila L, Säilynoja E, Prinssi R, Vallittu PK, Garoushi S. The effect of polishing protocol on surface gloss of different restorative resin composites. Biomater Investig Dent 2020;7:1-8.
16. Erdemir U, Yildiz E, Eren MM. Effects of sports drinks on color stability of nanofilled and microhybrid composites after long-term immersion. J Dent 2012;40 Suppl 2:e55-63.
17. Guler S, Unal M. The Evaluation of Color and Surface Roughness Changes in Resin based Restorative Materials with Different Contents After Waiting in Various Liquids: An SEM and AFM study. Microsc Res Tech 2018;81:1422-33.
18. Antonson SA, Yazici AR, Kilinc E, Antonson DE, Hardigan PC. Comparison of different finishing/polishing systems on surface roughness and gloss of resin composites. J Dent 2011;39 Suppl 1:e9-17.
19. Ergücü Z, Türkün LS. Surface Roughness of novel resin composites polished with one-step Systems. Oper Dent 2007;32:185-92.
20. Can Say E, Yurdagüven H, Yaman BC, Özer F. Surface roughness and morphology of resin composites polished with two-step polishing systems. Dent Mater J 2014;33:332-42.
21. Jung M. Surface roughness and cutting efficacy of composite finishing instruments. Oper Dent 1997;22:98-104.
22. Roeder LB, Tate WH, Powers JM. Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of packable composites. Oper Dent 2000;25:534-43.
23. Waheeb N, Silikas N, Watts D. Initial polishing time affects gloss retention in resin composites. AM J Dent 2012;25:303-6.
24. Monterubbianesi R, Tosco V, Orilisi G, Grandini S, Orsini G, Putignano A. Surface evaluations of a nanocomposite after different finishing and polishing systems for anterior and posterior restorations. Microsc Res Tech 2021;84:2922-9.
25. Jang JH, Kim HY, Shin SM, Lee CO, Kim DS, Choi KK, Kim SY. Clinical effectiveness of different polishing systems and self-etch adhesives in class V composite resin restorations: Two-year randomized controlled clinical trial. Oper Dent 2017;42:19-29.
26. Willems G, Lambrechts P, Braem M, Vuylsteke-Wauters M, Vanherle G. The surface roughness of enamel-to-enamel contact areas compared with the intrinsic roughness of dental resin composites. J Dent Res 1991;70:1299-305.
27. Elgammal YA, Temirek MM, Hassanein OE, Abdelaziz MM. The Effect of Different Finishing and Polishing Systems on Surface Properties of New Flowable Bulk-fill Resin Composite. J Contemp Dent Pract 2023;24:587-94.
28. Avsar A, Yuzbasioglu E, Sarac D. The Effect of Finishing and Polishing Techniques on the Surface Roughness and the Color of Nanocomposite Resin Restorative Materials. Adv Clin Exp Med 2015;24:881-90.

연마 방법에 따른 flowable bulk fill 복합레진의 표면 거칠기

최연수 대학원생, **권영민** 대학원생, **김진우** 교수, **박세희** 교수, **조경모*** 교수
국립강릉원주대학교 치과대학 치과보존학교실

목적: 표층 적용이 가능한 full body bulk fill flowable 복합레진을 일반 복합레진과 동일하게 연마했을 때의 표면 특성을 평가하고자 하였다.
연구 재료 및 방법: 일반 복합레진인 Filtek Supreme Flowable과 3종의 full body bulk fill flowable 복합레진인 Metafil Bulk Fill, Charisma Bulk Flow ONE, G-aenial BULK Injectable을 사용하였다. 시편은 Soflex™ Extra-thin, One Gloss midi, One Gloss midi + Jiffy brush의 세 가지 방법으로 연마하였고, 공초점레이저현미경과 주사전자현미경을 이용해 표면 조도 및 형상을 분석하였다. 통계는 이원배치 분산분석 및 Scheffe's test를 시행하였다.
결과: 복합레진 종류와 연마 방법 간 상호작용은 없었으며, Metafil Bulk Fill이 가장 거친 표면을 나타냈고, 연마 방법에서는 Soflex™ Extra-thin 사용군이 가장 매끈한 표면을 보였다($P < 0.05$).
결론: Full body bulk fill 복합레진은 복합레진의 종류와 연마 방법에 따라 표면 거칠기가 차이날 수 있으므로 적절한 제품과 연마 방법을 선택하는 것이 중요하다.

(구강회복응용과학지 2025;41(3):188-97)

주요어: bulk fill; 복합레진; full body; 연마 방법; 표면 거칠기

*교신저자: 조경모
(25457)강원특별자치도 강릉시 죽헌길 7 국립강릉원주대학교 치과대학 치과보존학교실
Tel: 033-640-2467 | Fax: 033-640-3103 | E-mail: drbozon@gwnu.ac.kr
접수일: 2025년 6월 13일 | 수정일: 2025년 7월 7일 | 채택일: 2025년 7월 7일