

치과용 복합레진으로 수리된 CAD-CAM hybrid 수복물의 전단결합강도

문윤희¹ · 이종혁^{2*} · 이명구¹

¹단국대학교 보건복지대학원 구강보건학과, ²단국대학교 치과대학 치과보철학교실

Shear bond strength of dental CAD-CAM hybrid restorative materials repaired with composite resin

Yun-Hee Moon¹, Jonghyuk Lee^{2*}, Myung-Gu Lee¹

¹Department of Oral Health, Graduate School of Public Health & Social Welfare, Dankook University, Cheonan, Republic of Korea

²Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University, Cheonan, Republic of Korea

Purpose: This study was performed in order to assess the effect of the surface treatment methods and the use of bonding agent on the shear bond strength (SBS) between the aged CAD-CAM (computer aided design-computer aided manufacturing) hybrid materials and added composite resin. **Materials and methods:** LAVA Ultimate (LU) and VITA ENAMIC (VE) specimens were age treated by submerging in a 37°C water bath filled with artificial saliva (Xerova solution) for 30 days. The surface was ground with #220 SiC paper then the specimens were divided into 9 groups according to the combination of the surface treatment (no treatment, grinding, air abrasion with aluminum oxide, HF acid) and bonding agents (no bonding, Adper Single Bond 2, Single Bond Universal). Each group had 10 specimens. Specimens were repaired (added) using composite resin (Filtek Z250), then all the specimens were stored for 7 days in room temperature distilled water. SBS was measured and the fractured surfaces were observed with a scanning electron microscope (SEM). One-way ANOVA and Scheffe test were used for statistical analysis ($\alpha=0.05$). **Results:** Mostly groups with bonding agent treatment showed higher SBS than groups without bonding agent. Among the groups without bonding agent the groups with aluminum oxide treatment showed higher SBS. However there was no significant difference between groups except two subgroups within LU group, which revealed a significant increase of SBS when Single Bond Universal was used on the ground LU specimen. **Conclusion:** The use of bonding agent when repairing an aged LAVA Ultimate restoration is recommended. (*J Korean Acad Prosthodont 2016;54:193-202*)

Keywords: Hybrid restorative material; Resin nano-ceramic; Polymer infiltrated ceramic network; Shear bond strength; Computer aided design-computer aided manufacturing (CAD-CAM)

서론

심미적인 욕구의 증가, 소재의 개발과 발전 등과 함께 computer aided design-computer aided manufacturing (CAD-CAM) 시스템을 이용한 치과용 보철물은 날로 발전하고 있다. 치과용 CAD-CAM 시스템에는 주로 단일 소재(zirconia, metal, titanium, PMMA, glass ceramic 등)를 사용하여 제작한 보철물이 주를 이루었으나, 최근에는 이러한 단일소재가 가지고 있는 각각의 장, 단점을 보완하여 세라믹+폴리머, 세라믹+레진 등과 같이 복합

소재로 발전하고 있으며 이러한 복합소재를 이용한 hybrid type 보철물의 개발과 연구가 새로이 진행되고 있는 추세이다.¹

치과용 CAD-CAM 시스템을 소재의 발달에 따른 관점에서 구분하여 보면 1990년대 이전부터 사용되던 백류석 강화유리 세라믹(leucite reinforced glass ceramic)인 IPS Empress (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)와 압축 장석 도재(compressed feldspathic porcelain)인 VITA MK II (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) 등의 제품은 2000년대 초반까지 주종을 이루었지만 150 MPa 정도의 낮은 굴곡강도, 많은 치질 삭제 요구량, 높은 접

*Corresponding Author: Jonghyuk Lee

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University,
119 Dandae-ro, Dongnam-gu, Cheonan 31116, Republic of Korea
+82 (0)41 550 1973: e-mail, hyuk928@dankook.ac.kr

Article history: Received December 24, 2015 / Last Revision April 24, 2016 / Accepted April 27, 2016

© 2016 The Korean Academy of Prosthodontics

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

착강도의 레진 시멘트의 사용이 요구되는 단점들이 대두되면서 물성의 보완이 요구되었다. 이러한 단점을 보완하기 위해 유리 세라믹 기질에 lithium disilicate 필러를 넣어 강도를 보강시킨 IPS e. max (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)는 360 MPa 정도로 강도가 높아져 사용의 범위가 넓어지면서 CAD-CAM시장의 급성장으로 연결 되는 결과를 낳았다. 2011년 이후 레진의 용이한 조작성과 세라믹의 심미성을 강조한 치과용 CAD-CAM 제품이 개발되었고 hybrid소재의 제품으로 분류되었다.²

Hybrid 제품은 레진의 물성을 개선하거나 보완하기 위해 개발한 복합레진(composite resin) 방식과 복합세라믹(composite ceramic)의 두 가지로 크게 나누어 볼 수 있다. 최근 나노기술의 발달로 복합레진의 쉬운 조작성과 세라믹의 심미성을 융합시킨 새로운 CAD-CAM 소재인 LAVA Ultimate (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)가 개발 되었고 이는 레진에 세라믹의 심미성과 강도를 부여하고자 개발된 제품으로 resin nano ceramic (RNC)이라고도 하며, 80 wt%의 나노 세라믹을 특허 받은 silane-coupling agent를 이용하여 20 wt%의 레진기질과 화학적인 결합을 유도하여 제작한 제품이다. VITA ENAMIC (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany)은 polymer infiltrated ceramic (PIC) network이라고도 하며 86 wt%의 장식 세라믹 사이에 14 wt%의 폴리머를 침투시켜 필러가 아닌 이중격자구조(dual network structure)로 제작한 제품으로 LAVA Ultimate보다 세라믹 함량이 높아 우수한 기계적인 특성을 얻을 수 있다고 하였다.³

유리세라믹은 심미성이 좋고, 높은 색 안정성과 생체적합성, 내구성이 좋은 장점이 있는 반면 낮은 파절저항성과 자연치(대합치)를 마모시킨다는 단점을 가지고 있다. 반면 복합레진은 대합치의 기능을 잘 흡수할 수 있을 정도의 낮은 탄성률을 가지고 있어 대합치를 적게 마모시킨다는 장점이 있으나, 강도가 자연치나 세라믹에 비해 낮은 단점이 있다.

구강 내에서 교합관계는 수직적인 하중뿐만 아니라 측방압 등의 영향을 받기 때문에 여러 구강 내 운동역학적인 상황, 개인적인 이상 습관 혹은 식습관 등은 보철물의 수명에 악영향을 끼칠 수 있으며 그로 인해 발생하는 파절 등의 수리과정은 꼭 필요한 과정이라 할 수 있다. 이러한 수리에 관한 선행 연구는 복합레진, 도재, 교정장치 등의 여러 방면에 걸쳐 연구되었으며, 이는 구강 내에서 기존 수복물이 파절되거나 손상된 경우 수복물의 완전제거로 인해 우려되는 문제를 보다 합리적이

고 효율적인 방법으로 해결하고자 하는 노력이 꾸준히 이루어졌다는 것을 의미한다.

Hybrid 소재에 대한 지금까지의 연구를 보면, Rocca 등⁴은 CAD-CAM용 복합 소재로 제작한 수복물은 일반 세라믹으로 제작한 수복물보다 수리가 용이한 장점이 있다고 하였고, Frankenberger 등⁵은 CAD-CAM 재료와 수리용 레진과의 결합강도는 수리 시 사전처리 방법에 따라 각 재료별 결합강도에 차이를 보인다고 하였다.

레진을 기본으로 하는 재료들은 세라믹에 비해서 구강 내에서 수리작업 시 더 많은 이점을 가지고 있다. 그러나 CAD-CAM 재료 중 hybrid 계열은 레진도 아니며 도재도 아닌 복합재료 형태를 가지므로 구강 내에서 적절한 수리가능 여부와 수리 후의 내구성을 파악해야 할 필요가 있다. 기존 수복재료의 구강 내 환경에서 효과적인 수리방법에 대한 연구가 많이 있어왔으나, 아직 새로 개발된 LAVA Ultimate나 VITA ENAMIC으로 제작된 보철물의 수리에 관한 연구는 부진한 실정이다.

이에 본 연구에서는 구강 내 환경에서 일정기간 사용되었던 LAVA Ultimate와 VITA ENAMIC 보철물을 광중합 레진을 이용하여 수리를 실시하였을 때를 가정하여 실험을 설계하였으며 이들 재료의 수리전단결합강도가 임상에서 요구되는 유효한 수준의 결합강도를 갖는지 알아보려고 하였다. 본 연구에서 제시된 귀무가설은 '두 재료의 수리 전단결합강도는 기존의 도재수리 전단결합강도와 차이가 없으며 두 재료 간에도 차이가 없다'와 '표면처리 방법에 따른 영향도 없다'로 정하였으며 이번 연구를 통하여 검증해 보고자 하였다.

재료 및 방법

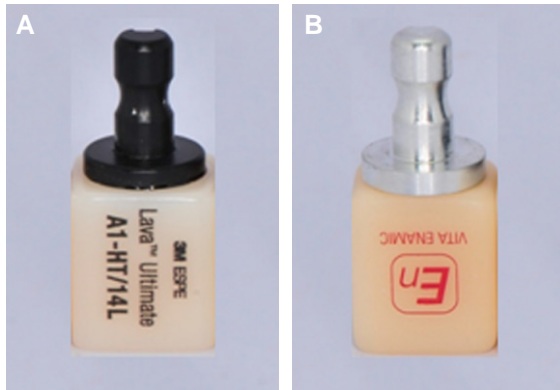
치과용 수복물을 구강 내에서 수리할 때 실제 임상에서 많이 사용하는 방법인 grinding, 50 μ m aluminum oxide air abrasion, 4% HF acid etching을 사용하여 LAVA Ultimate와 VITA ENAMIC을 단계적으로 처리하였으며 이들을 도재와 비교하기 위해 장식계도 재시편(CZR: CERABIEN ZR, Kuraray Noritake Dental Inc, Nagoya, Japan)을 준비하였다. 수리 재료로는 광중합형 복합레진인 Filtek Z250 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)을 사용하였다. 파절양상 관찰을 용이하게 하기 위하여 base 재료는 A3의 색조를 사용하고, 수리 재료는 A1의 색조를 사용하였다 (Table 1). 표면처리에 사용

Table 1. Base and repair material in this study

Material	Shade	Composition	Filler (% content)	Manufacturer
LAVA Ultimate	A3	Polymer with approx. 80 wt% inorganic filler	Nanoparticle cluster (80 wt%)-resin	3M ESPE, St. Paul, MN, USA
VITA ENAMIC	A3	Fine-structure feldspathic ceramic 86 wt%, Polymer 14 wt%	Fine ceramic network (86 wt%)-PMMA	Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany
CERABIEN ZR	A3	Feldspathic glass ceramic		Kuraray Noritake Dental Inc., Nagoya, Japan
Filtek Z250	A1	Bis-GMA, Bis-EMA	Silica, zirconium oxide	3M ESPE, St. Paul, MN, USA

Table 2. Material compositions used for surface treatment in this study

Material	Composition	Manufacturer
Cobra No.1594-1205	50 μ m aluminum oxide	Renfert GmbH, Hilzinger, Germany
4% PORCELAIN ETCHANT	4% Hydrofluoric acid	Bisco, Inc., Schaumburg, IL, USA
Adper Single Bond 2	Bis-GMA, HEMA, Dimethacrylates, Polyalkenoic acid copolymer, Ethanol, Water	3M ESPE, St. Paul, MN, USA
Single Bond Universal	MDP phosphate monomer, DM, HEMA, Vitrebond copolymer, Filler, Ethanol, Water, Silane	3M ESPE, St. Paul, MN, USA

**Fig. 1.** Dental CAD-CAM hybrid block. (A) LAVA Ultimate, (B) VITA ENAMIC.**Table 3.** Composition of artificial saliva (Xerova solution) per 100 mL

Calcium Chloride Hydrate	15 mg
Carboxymethylcellulose Sodium	1 g
Dibasic Potassium Phosphate	34 mg
D-Sorbitol	3 g
Magnesium Chloride	5 mg
Potassium Chloride	120 mg
Sodium Chloride	84 mg

된 재료들은 Table 2에 정리하였으며 접착재료로는 Adper Single Bond 2, Single Bond Universal을 사용하였다.

실험에 사용된 치과용 CAD-CAM hybrid 재료는 제조 방식이 서로 다른 특징을 가지고 있는 대표적인 두 제품인 LAVA Ultimate와 VITA ENAMIC을 사용하였다 (Fig. 1). 가로 5 mm \times 세로 5 mm \times 높이 3 mm의 사각기둥 형태 시편을 정밀절삭기계 (Precision lapping machine SPL-15, Okamoto machine Tool Works, Yokohama, Japan)를 이용하여 제작하였다. 제작된 시편을 직경 30 mm \times 높이 20 mm의 원기둥 형태의 테플론(Teflon) 몰드에 교정용 아크릴릭 레진인(Ortho-jet, Lang dental, Wheeling, IL, USA)을 사용하여 포매하였다. 이후 구강 내에서의 유사성을 부여하기 위하여 인공타액(Xerova solution, KOLMAR Korea Co., LTD, Sejong, Korea) (Table 3)에 침적시켜 37°C의 항온수조(WiseBath, DAIHAN Scientific Co., LTD, Wonju, Korea)에 4주간 보관하여 시효처리(artificial aging)를 실시하였다.

시효처리가 끝난 시편에 임상에서 수리 시 카바이드 버나미 세입자 다이아몬드 포인트로 보철물 표면을 삭제했을 때와 유사한 표면 거칠기를 제공하기 위해 SiC paper no. 220을 사용하여 시편표면을 삭제하였다. 이후 표면처리방법 ① no treatment ② 50 μ m aluminum oxide (3기압 10 mm 거리 10초간 적용, 초음파세척) ③ 4% HF acid (1분간 적용 후 세척)으로 구별하여 적용하고, 접착재료 ① no treatment ② Adper Single Bond 2 ③ Single Bond Universal (각각 10초간 광중합)로 구별하여 적용하였다. 각각의 표면처리를 적용한 시편을 크게 9개의 group으로 나누고, LAVA Ultimate와 VITA ENAMIC의 두 제품에 동일한 방법을 적용하여 총 18개의 subgroup으로 분류하였으며 이중 4% HF acid를 적용한 group은 추가적으로 도재시편(CZR)을 대조군으로 준비하였다. 각 subgroup당 시편의 수는 10개로 하였으며 21개 subgroup 총 210개의 시편을 준비하였다 (Table 4).

준비된 시편과 수리용 레진의 결합을 위하여 시편의 정중앙에 아크릴 몰드를 수직으로 위치시키고 광중합 레진 Filtek Z250을 사용하여 직경 2 mm \times 높이 4 mm의 원기둥 형태로 축성하였다. 중합을 위하여 3M ESPE Visio Alfa (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)를 이용하여 2회에 나누어 20초의 광중합을 실시하였다.

수리가 완료된 시편은 실온 증류수에 1주일간 보관하고 만능물성시험기(Quasar 5, Galdabini, Cardano al Campo, Italy)를 이용하여 0.5 mm/min의 하중속도를 적용하고 접착된 레진이 분리될 때의 최대하중 값을 단위면적당 결합강도 값인 MPa로 환산하였다. 그 계산식은 shear bond strength (MPa) = $Kg \times 9.8 / \pi r^2$ 로 하였다.

전단결합강도를 측정하고 파절면의 파절양상을 관찰하였으며 응집성 파절, 부착성 파절, 혼합성 파절 등의 세 가지 파절양상으로 분류하였다. 응집성 파절(cohesive fracture)이란 시효처리된 시편 내에서 파절이 일어난 경우이고, 부착성 파절(adhesive fracture)이란 수리용 재료에서 파절이 일어난 경우이며, 혼합성 파절(mixed fracture)이란 응집성 파절과 부착성 파절이 동시에 일어난 경우로 분류하였다. 파절면의 관찰을 위하여 시편의 표면을 백금 코팅하였으며 주사전자현미경으로(Sigma 500, Carl Zeiss, Cherry Hinton, England) 관찰하였다. 시편의 표면처리 방식에 따라 polishing, aging, SiC paper, aluminum oxide, HF acid 적용에 따른 표면 변화를 관찰하기 위하여 200배 촬영과 20,000배 촬영을 실시하였다. 통계처리는 IBM SPSS Version 23을 사용하였으며, 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고 사후분석으로는 Scheffe test를 시행하였다.

Table 4. Summary of surface treatment protocols for each group

Group	Surface treatment	N	
1	LU 1	SiC paper	10
	VE 1		
2	LU 2	SiC paper + Adper Single Bond 2	10
	VE 2		
3	LU 3	SiC paper + Single Bond Universal	10
	VE 3		
4	LU 4	SiC paper + Air abrasion(aluminum oxide)	10
	VE 4		
5	LU 5	SiC paper + Air abrasion(aluminum oxide) + Adper Single Bond 2	10
	VE 5		
6	LU 6	SiC paper + Air abrasion(aluminum oxide) + Single Bond Universal	10
	VE 6		
7	LU 7	SiC paper + HF etching	10
	VE 7		10
	Po 7		10
8	LU 8	SiC paper + HF etching + Adper Single Bond 2	10
	VE 8		10
	Po 8		10
9	LU 9	SiC paper + HF etching + Single Bond Universal	10
	VE 9		10
	Po 9		10

LU; LAVA Ultimate, VE; VITA ENAMIC, Po; Porcelain (CZR)

결과

LAVA Ultimate의 경우 SiC paper로 연마처리한 면에 Single Bond Universal로 처리한 LU3 (12.76 ± 12.48 MPa)가 높은 결합강도를 보였고, VITA ENAMIC의 경우 SiC paper로 처리한 후 50 μm aluminum oxide를 적용한 다음 접착재료로 처리한 VE5 (9.77 ± 7.95 MPa)와 VE6 (9.42 ± 9.11 MPa)가 접착재료의 종류에 상관없이 높은 결합강도를 보였다 (Table 5). 접착재료의 영향을 살펴보면 LAVA Ultimate의 경우 모든 표면처리 조건에서 Single Bond

Universal을 사용했을 때 좀 더 높은 결합강도를 보이는 경향을 보였으나 VITA ENAMIC의 경우는 접착재료의 종류에 따른 차이가 크게 나타나지 않았다.

접착재료의 영향을 배제한 상태에서의 결합강도는 group 1 (SiC paper 적용), group 4 (SiC paper + aluminum oxide 적용), group 7 (SiC paper + HF acid 적용)을 비교하여 확인할 수 있었으며, LAVA Ultimate과 VITA ENAMIC 모두 SiC paper + aluminum oxide를 적용한 LU4 (2.59 ± 3.72 MPa), VE4 (4.06 ± 3.84 MPa)에서 가장 높은 결합강도를 보였다.

Table 5. Descriptive statistics for the shear bond strength test (Unit: MPa)

Material/surfaces treatment	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6	Group 7	Group 8	Group 9
	Non		S.B.2		S.B.U		HF acid		
	Non	S.B.2	S.B.U	Non	S.B.2	S.B.U	Non	S.B.2	S.B.U
LU	LU1	LU2	LU3	LU4	LU5	LU6	LU7	LU8	LU9
	0.01 (± 0.01)	3.75 (± 1.26)	12.76 (± 12.48)*	2.59 (± 3.72)	3.96 (± 2.88)	4.95 (± 2.86)	0.27 (± 0.43)	3.57 (± 4.96)	6.28 (± 3.34)
VE	VE1	VE2	VE3	VE4	VE5	VE6	VE7	VE8	VE9
	0.61 (± 0.42)	4.47 (± 1.88)	6.4 (± 4.14)	4.06 (± 3.84)	9.77 (± 7.95)*	9.42 (± 9.11)	0.62 (± 0.54)	7.36 (± 8.53)	6.16 (± 3.34)
Po							Po7	Po8	Po9
							0.37 (± 0.44)	1.84 (± 0.82)	3.19 (± 2.65)*

LU: LAVA Ultimate, VE: VITA ENAMIC, Po: Porcelain, S.B.2: Adper Single Bond 2, S.B.U: Single Bond Universal, *Highest values in each material.

표면처리 방법과 접착재료의 사용을 종합해 보았을 때 VE4 (4.06 ± 3.84 MPa), VE5 (9.77 ± 7.95 MPa), VE6 (9.42 ± 9.11 MPa) 를 관찰한 결과 aluminum oxide 적용 후 접착재료의 적용은 aluminum oxide만 적용한 group보다 접착재료의 종류에 상관없이 평균 결합강도를 2배 이상 증가시키는 것으로 나타났다.

도재수복물의 수리 시 추천되는 불산 도포 방법을 LAVA Ultimate와 VITA ENAMIC에 적용하여 보았을 때를 비교한 group 7 - 9에서는 불산 도포 후 접착재료를 적용한 도재보다 LAVA Ultimate나 VITA ENAMIC이 모두 높은 값을 보였으며 특히 Single Bond Universal의 사용이 세 가지 재료 모두에서 고르게 높은 결합 강도를 보였다.

파절강도 값에 대한 통계처리결과 group간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 Scheffe test로 사후검정을 시행하였다 (Table 6). 사후분석결과 LU1-LU3 (P = .027), LU3-LU7 (P = .037), LU3-Po7 (P = .042)에서 유의한 차이가 확인 되었다 (Fig. 2).

파절양상 분석에서 접착재료를 적용하지 않은 모든 group에서 부착성 파절의 형태가 대부분 나타났고, 접착재료 중 Single Bond Universal을 적용한 LU9, VE9 group에서 100% 응집성 파절 양상이 나타났으며 전반적으로 Single Bond Universal을 사용했을 때 표면처리나 재료에 상관없이 높은 응집성 파절 양상을 보였다. Adper Single Bond 2를 적용한 group에서는 대부분 부착성 파절양상을 보였지만 50 μm aluminum oxide를 적용한 경우 LU5, VE5 두 개 group 모두에서 응집성 파절이 증가한 것을 관찰할 수 있었다 (Fig. 3, Fig. 4, and Fig. 5).

SEM을 이용한 파절면 관찰에서 SiC paper를 이용한 grinding 후 접착재료를 처리하지 않은 LU1, VE1에서는 시편 표면에 잔존된 레진이 관찰되지 않아 수리용 레진과의 결합이 전혀 일어나지 않은 것을 관찰할 수 있었다. 그러나 접착재료를 사용한 group들에서는 접착레진이 시편에 결합하여 표면처리 시 형성된 미세구조에 결합하고 있는 양상을 볼 수 있었고 대부분의 파절이 시편과 접착재료 간에서 시작되어 진행된 것을 확인할 수 있었다.

시편의 표면처리 후 양상을 SEM으로 관찰하였을 때 시효처리 전 시편표면에 노출되어 있는 입자의 양상에서 VITA ENAMIC이 좀 더 거친 입자의 형태를 보이는 것을 볼 수 있었다 (Fig. 6). 인공타액에서 1달간의 시효처리 후 큰 변화는 관찰되지 않았으나 노출되어 있던 표면 입자들의 거칠기가 줄어든 것을 볼 수 있었다 (Fig. 7). 표면을 SiC paper로 처리한 후 두 시편 모두 가공에 의한 줄무늬 형태가 관찰되었으며 높은 배율로 관찰시 필러와 레진기질의 결합 양상이 좀 더 확실하게 드러나 보이는 것을 알 수 있었다 (Fig. 8). LAVA Ultimate의 경우 필러가 레진기질과 잘 결합되어 있는 것을 볼 수 있었고 VITA ENAMIC의 경우 거칠기가 매우 증가되어 있으며 필러가 많이 노출되어 있는 것이 관찰되었다. Aluminum oxide로 처리한 표면 (Fig. 9)과 HF acid 처리한 표면 (Fig. 10)을 비교해 보면 HF acid 처리한 group에서 필러의 용해로 인한 깊은 요철이 형성되어 있으며 VITA ENAMIC에서 좀 더 심하게 영향을 받았음을 알 수 있었다.

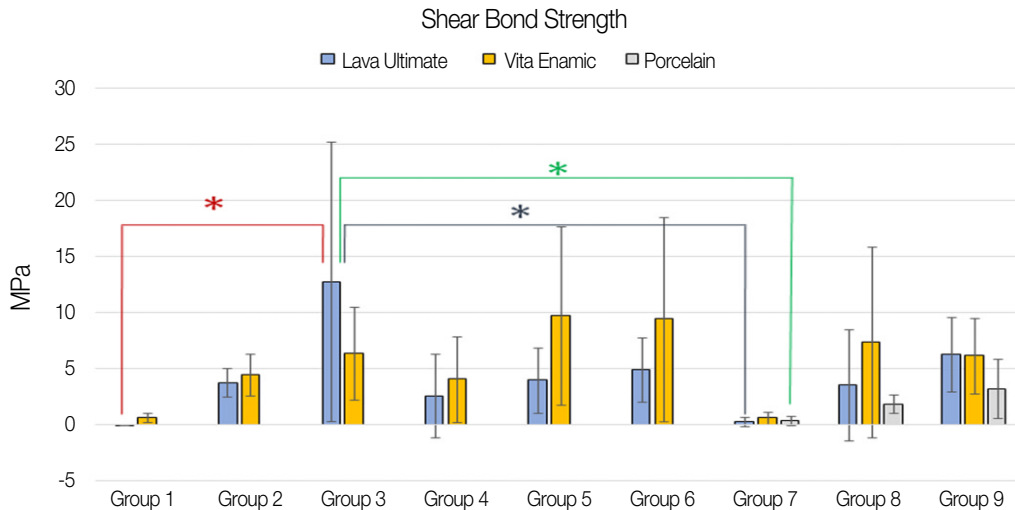


Fig. 2. Means and standard deviations of shear bond strength of experimental groups with marks denoting statistical significance (* denotes P < .05).

Table 6. The result of one-way ANOVA for experimental groups

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between	2433.900	20	121.695	5.277	.000
Within	4358.793	189	23.062		
Total	6792.693	209			

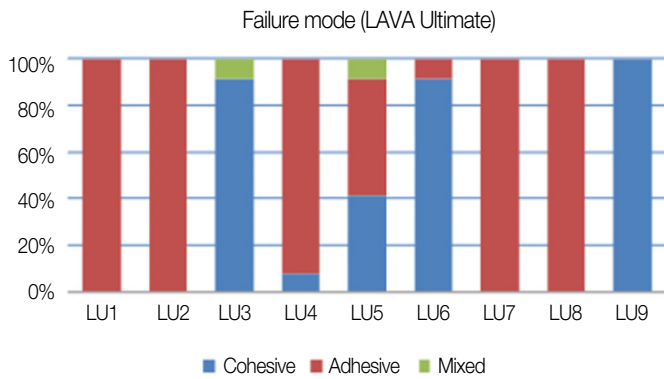


Fig. 3. Prevalence of failure modes after shear bond strength test (LAVA Ultimate).

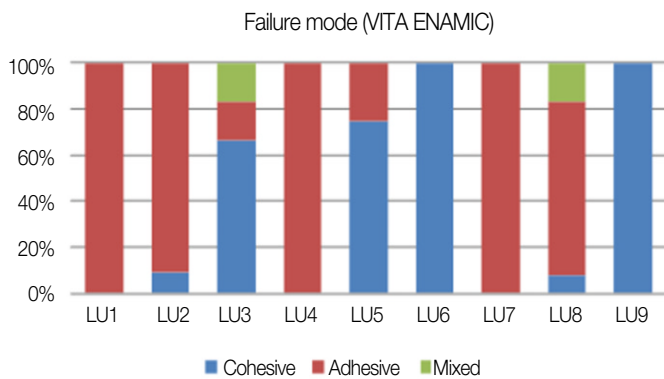


Fig. 4. Prevalence of failure modes after shear bond strength test (VITA ENAMIC).

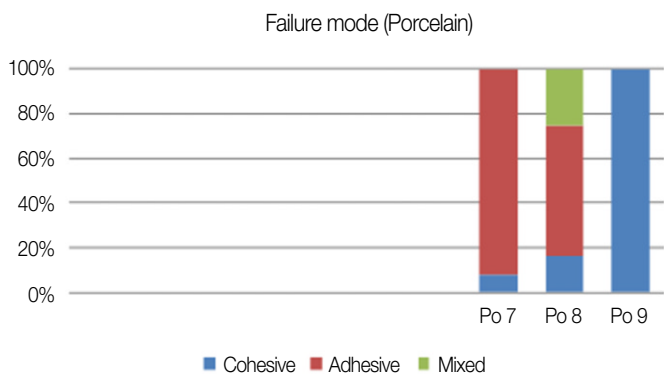


Fig. 5. Prevalence of failure modes after shear bond strength test (Porcelain).

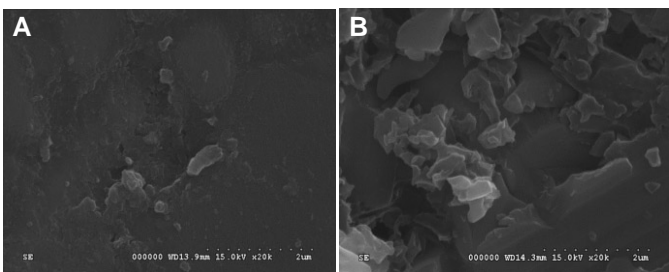


Fig. 6. Scanning electron microscopic photomicrograph of polished surface of specimens before aging ($\times 20,000$ magnification). (A) LAVA Ultimate, (B) VITA ENAMIC.

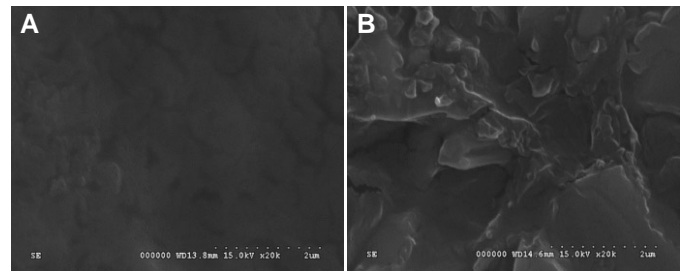


Fig. 7. Scanning electron microscopic photomicrograph of specimens after artificial aging by submerging in artificial saliva for 1 month ($\times 20,000$ magnification). (A) LAVA Ultimate, (B) VITA ENAMIC.

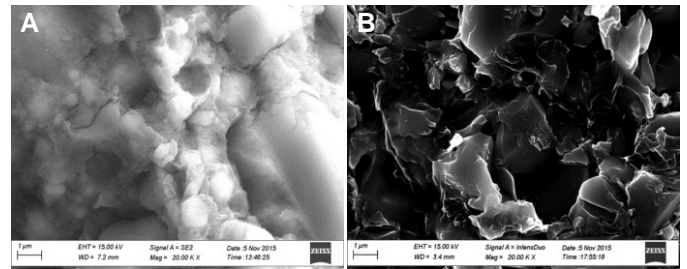


Fig. 8. Scanning electron microscopic photomicrograph of specimens after #220 SiC paper grinding ($\times 20,000$ magnification). (A) LAVA Ultimate, (B) VITA ENAMIC.

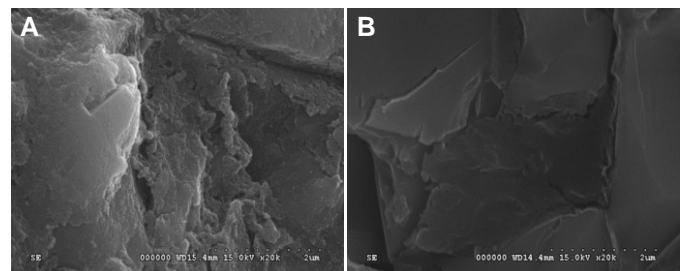


Fig. 9. Scanning electron microscopic photomicrograph of specimens after aluminum oxide abrasion and ultrasonic cleaning ($\times 20,000$ magnification). (A) LAVA Ultimate, (B) VITA ENAMIC.

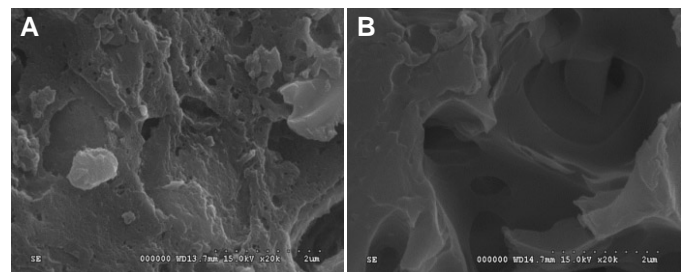


Fig. 10. Scanning electron microscopic photomicrograph of specimens after HF acid etching for 1 minute ($\times 20,000$ magnification). (A) LAVA Ultimate, (B) VITA ENAMIC.

고찰

심미적인 욕구의 증가, 새로운 소재의 개발과 치료술식의 발전과 함께 치과 보철물은 날로 발전하고 있다. 좋은 보철물의 요구조건으로는 심미적, 기능적 우수함뿐 아니라 쉬운 유지보수 능력 또한 고려되어야 한다. 구강 내의 다양한 환경에 노출된 보철물의 마모 및 손상은 불가피한 것으로 손쉬운 유지 보수는 치과의사와 환자 모두에게 경제적으로나 시간적으로 도움이 된다. 현재까지 구강 내에서 시행되고 있는 고정성 보철물의 수리를 위하여 결합력을 증진시키려는 많은 연구들이 있어왔으나 대부분 도재 수리시스템의 개발과 연구가 주를 이루었다. 따라서 신소재의 사용의 증가추세와 함께 이들 신소재의 수리시스템에 관한 연구가 좀 더 필요하며 본 연구에서는 두 종류의 치과용 CAD-CAM hybrid 수복재료의 구강 내 수리방법에 관한 연구를 수행하였다.

도재 수복물의 수리시스템은 산처리나 bur로 도재 표면을 처리하는 등의 기계적인 유지력을 증가시키는 방법과 silane coupling agent 등의 사용으로 화학적인 결합력을 증가시키는 방법을 이용하여 수리용 레진과의 접착력을 증가시켜 왔다.⁶ 레진을 기본으로 하는 재료들은 세라믹에 비교하여 수리의 과정에서 구강 내 작업 시 더 많은 이점을 가지고 있을 것으로 간주되어 왔다. 그럼에도 불구하고 기존에 오염된 복합레진과 새로운 복합레진의 결합 시 기계적 또는 화학적인 표면처리는 높은 결합력을 위해 반드시 필요한 것으로 보고되어 왔다.⁷ 치과용 CAD-CAM 수복재료 중 hybrid 계열은 레진과 도재의 복합재료 형태를 가지므로 구강 내에서 적절한 수리를 위해 고려해야 할 새로운 문제들을 가지고 있다.

본 연구에서는 SiC paper를 이용하여 구강 내에서 bur를 이용하여 보철물 표면을 처리하는 것과 동일한 효과를 가지도록 한 다음, aluminum oxide를 이용한 air abrasion 방법 그리고 acid etching 방법 등의 기계적인 유지력을 증가시키는 방법⁸ 그리고 화학적인 결합력을 높이기 위해 silane과 functional monomer가 함유된 접착재료를 이용하는 방법을 사용하였다.

이전 연구들에서 기계적인 결합력을 제공하기 위한 방법으로 임상에서 사용되는 카바이드 bur나 미세입자 다이아몬드 포인트로 삭제한 것과 유사한 표면 처리방식은 SiC paper no.220의 적용으로 재현하는 것이 가장 유사하다고 하였으며,⁹ air abrasion 방법 중 50 μm의 aluminum oxide를 이용한 방법이 레진의 결합을 위해 가장 적절한 크기라고 하였고,^{10,11} acid etching 방법은 크게 인산과 불산 처리법으로 나누어 볼 수 있으나 VITA ENAMIC은 5% HF acid 사용을 권고하고 있으며, LAVA Ultimate에 인산을 적용한 인장결합강도 시험에서 인산의 적용은 큰 영향을 미치지 않는다고 하였다.¹²

이 중 본 연구에서 사용된 기계적인 유지력에 의한 결과로 aluminum oxide를 이용한 air abrasion 적용이 결합강도 수치에 영향을 미치는 결과를 보였지만 화학적인 결합력 제공을 위한 접착재료를 사용한 group과 비교하여 볼 때 낮은 결합력을 보이

는 것으로 나타났다. 이는 aluminum oxide를 이용한 air abrasion 적용이 접착체면의 표면적을 확장시켜 기계적인 유지력을 증가시키는 하였으나 이러한 micro-mechanical retention은 접착재료를 사용할 때 얻어지는 결합력에는 못 미치기 때문인 것으로 생각되었다.

화학적 결합력을 제공하기 위한 방법으로 무기물의 표면과 중합분자의 접착을 증진시키기 위한 방법으로 silane coupling agent의 사용이 제안되고¹³⁻¹⁵ silane을 처리하기 전에 불산이나 인산 등의 사용이 silane의 효과를 증진시킬 수 있다¹⁶ 고 하였다. 최근 수복과정을 단순화하려는 노력의 일환으로 methacrylic monomer, silane, phosphoric monomer 등이 포함된 universal adhesive 시스템이 개발되어 접착레진의 결합강도 증진에 도움이 된다¹⁷ 고 하여 본 연구에서는 silane coupling agent를 별도로 사용하지 않고 silane을 함유한 접착재료인 Single Bond Universal과 silane을 함유하지 않은 동일회사 제품인 Adper Single Bond 2를 적용하여 그 차이를 관찰하고자 하였다.

중간매개체로 사용된 접착재료는 결합강도를 상당히 개선시켰으며, 특히 LAVA Ultimate의 경우 Single Bond Universal의 적용은 가장 좋은 결과(12.76 ± 12.48 MPa)를 나타냈는데, 이는 LAVA Ultimate의 성분인 80 wt% nanoceramic particles와 20 nm silica nanomer, 4-11 nm zirconia nanomer 등의 기질 적인 차이가 Single Bond Universal의 silane이나 phosphoric monomer와의 결합에 기여한 바가 있을 것으로 사료된다.

수리용 복합레진은 복합레진 내의 단량체가 가진 탄소이중결합으로도 충분한 결합을 이룰 수 있지만, 구강 내에서 장기간 구강 내 타액에 오염된 상태라면, 불포화 이중결합이 거의 존재하지 않기 때문에 수리시 표면에 기계적인 결합력 제공을 위한 적절한 표면처리 방법은 반드시 선행 되어야 할 것이라고 하였다.¹⁸ 구강 내에서 타액에 오염된 상황을 재현하기 위하여 본 연구에 적용한 방법은 인공타액을 구강 내의 환경과 유사하게 37℃의 항온수조에 보관하여 시효처리하는 방식을 사용하는데 이러한 실험의 경우 인공타액을 적용하지 않은 group에 비하여 보다 낮은 전단결합강도를 보였다고 하였으며,^{7,19} Flores 등²⁰은 서로 다른 종류의 레진을 중합한 다음 5분 후 수리 시에는 결합력의 차이가 심했으나 1주일 후 수리 시에는 그 차이가 없어졌고 1개월 후 수리 시에는 결합력이 거의 같아졌다고 하였다. 본 실험은 시편의 시효처리를 위하여 4주간 인공타액에 침적하였고 수리용 레진을 적용한 후에는 시편 간 수리시간에 따른 오차를 줄이기 위해 1주간 물에 침적하였다.

항온 침적처리는 시간경과에 따른 노후화를 위한 제안이며 열순환(thermocycling)은 열 충격과 시간경과에 따른 내구성을 위한 제안인데 구강 내의 상황과 유사한 환경적인 요인을 제공하기 위하여 사용하는 방법으로 제안되었다. Lauvahutanon 등²¹은 컴포지트 레진과 달리 치과용 CAD-CAM hybrid 수복재료는 세라믹 필러의 함량-VITA ENAMIC (86.4%)와 LAVA Ultimate (73.1%)-이 높을수록 열순환 후 기계적인 특성이 유의하게 감소하지 않았다고 하였다. 이에 따라 본 연구에서는 항온 침적을

통한 노후화만 실시하고 열순환은 실시하지 않았다. 하지만 이번 실험에서 접착재료의 적용부에 대한 열순환에 의한 변형을 간과했을 가능성은 본 연구의 한계점으로 볼 수 있다.

또한 이번 연구에서 표준편차가 크게 나타난 점을 본 실험의 가장 큰 약점으로 들 수 있는데, 표준편차가 크게 나타나는 원인이 재료의 취성 때문인지, 시험 과정상의 문제인지 알 수는 없었다. 그러나 일반적으로 전단결합강도 측정을 위한 시편 제작을 위하여 teflon mold를 사용하지만, 본 실험에서는 광중합 복합레진의 광중합을 위하여 투명한 special acrylic mold를 제작하여 사용하였다. 본 실험과 유사한 Frankenberger 등²²의 실험에서는 teflon mold를 대신해 투명한 special silicon mold를 사용하기도 하였는데, 이는 광중합 이후 광중합 복합레진을 mold에서 분리하는 과정에서 발생하는 stress를 사전에 방지하기 위한 부분이라 생각된다.

날로 발전하고 있는 치과용 CAD-CAM hybrid 수복재료는 연구개발만큼이나 유지보수에도 관심이 증가할 것이다. 그 활용도가 점차 증가함에 따라 여러 연구가 더욱 활성화되기 위하여 꾸준한 연구와 함께 연구를 위한 ISO 규격 등의 제시가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서 제시된 첫 번째 귀무가설인 '두 재료의 수리 전 단결합강도는 기존의 도재수리 전단결합강도와 차이가 없으며 두 재료 간에도 차이가 없다'는 통계적으로 부정되지 못하였으나 '표면처리 방법에 따른 영향도 없다'는 LAVA Ultimate의 경우 접착재료를 사용한 group이 사용하지 않은 group보다 유의하게 높은 값을 보여주어 표면처리에 따른 차이가 있는 것으로 판단되었다.

본 연구결과 접착재료를 도포하지 않은 group에서 전혀 결합기전이 발생하지 않았고, 접착재료를 도포하는 것이 치과용 CAD-CAM hybrid 수복물의 수리 시 복합레진과의 접착에 효과적인 것으로 나타났다. 또한 air abrasion 후에 접착재료를 도포한 것이 결합기전에 도움을 주는 것으로 나타났다. 그러나 본 연구는 구강 내가 아닌 실험적 환경에서 시행된 것으로 임상에서 적용되는 여러 환경적 요소를 더욱 다양하게 적용한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결론

본 연구에서는 hybrid type 소재인 LAVA Ultimate와 VITA ENAMIC을 이용해 제작된 시편을 인공타액에 4주간 침적하여 시효처리 과정을 적용시킨 후, 표면처리와 접착재료가 광중합 복합레진과의 전단결합강도에 미치는 영향을 측정하고 파절양상을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

LAVA Ultimate는 SiC paper로 grinding 처리한 면에 Single Bond Universal의 접착재료로 처리한 경우 가장 큰 전단결합 강도를 보였으며 이는 접착재료를 도포하지 않은 group과 유의한 차이를 보였다 ($P < .05$). VITA ENAMIC의 경우 SiC paper와 aluminum oxide로 표면처리 후 접착재료를 도포한 group이 접착재료의

종류에 상관없이 다른 처리 group에 비해 높은 결합강도를 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. LAVA Ultimate의 경우 Single Bond Universal을 사용했을 때 좀 더 높은 결합강도를 보이는 경향을 보였으나 VITA ENAMIC은 접착재료의 종류에 따른 차이가 유의하게 나타나지 않았다. 도재와의 비교에서 비록 유의한 결과를 보이지는 못했으나 이들 두 재료가 도재에 비해 높은 평균의 전단결합 강도를 보였다.

ORCID

Yun-Hee Moon <http://orcid.org/0000-0003-3926-5738>

Jonghyuk Lee <http://orcid.org/0000-0003-1976-4089>

References

1. He LH, Purton D, Swain M. A novel polymer infiltrated ceramic for dental simulation. *J Mater Sci Mater Med* 2011;22:1639-43.
2. Kim HC. Ceramic materials for chair side CAD/CAM. *J Korean Acad Esthet Dent* 2014;23:16-26.
3. Kurbad A, Kurbad S. A new, hybrid material for minimally invasive restorations in clinical use. *Int J Comput Dent* 2013;16:69-79.
4. Rocca GT, Bonnafous F, Rizcalla N, Krejci I. A technique to improve the esthetic aspects of CAD/CAM composite resin restorations. *J Prosthet Dent* 2010;104:273-5.
5. Frankenberger R, Hartmann VE, Krech M, Krämer N, Reich S, Braun A, Roggendorf M. Adhesive luting of new CAD/CAM materials. *Int J Comput Dent* 2015;18:9-20.
6. Lee JY, Im EB. A shear bond strength of resin cements bonded to pressable porcelain with various surface treatments. *J Korean Acad Prosthodont* 2003;41:379-86.
7. Kang HS, Choi HY. A study on the bond strength of repair resin to the surface treated composite resins. *J Korean Acad Cons Dent* 1995;20:487-507.
8. Amaral R, Ozcan M, Bottino MA, Valandro LF. Microtensile bond strength of a resin cement to glass infiltrated zirconia-reinforced ceramic: the effect of surface conditioning. *Dent Mater* 2006;22:283-90.
9. Lee YG, Moon SR, Cho YG. Effect of cutting instruments on the dentin bond strength of a self-etch adhesive. *J Korean Acad Cons Dent* 2010;35:13-9.
10. Lee CW, Kim JW, Lee SH. A study on microleakage of composite resin after surface treatment. *J Korean Acad Pediatr Dent* 1998; 25:103-15.
11. Ozcan M. Evaluation of alternative intra-oral repair techniques for fractured ceramic-fused-to-metal restorations. *J Oral Rehabil* 2003;30:194-203.
12. Stawarczyk B, Krawczuk A, Ilie N. Tensile bond strength of resin composite repair in vitro using different surface preparation conditionings to an aged CAD/CAM resin nanoceramic. *Clin Oral Invest* 2015;19:299-308.
13. Daniels MW, Francis LF. Silane adsorption behavior, microstructure, and properties of glycidoxypolytrimethoxysi-

- lane-modified colloidal silica coatings. *J Colloid Interface Sci* 1998;205:191-200.
14. Ozcan M. The use of chairside silica coating for different dental applications: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2002;87:469-72.
 15. Egilmez F, Ergun G, Cekic-Nagas I, Vallittu PK, Ozcan M, Lassila LV. Effect of surface modification on the bond strength between zirconia and resin cement. *J Prosthodont* 2013;22:529-36.
 16. Swift EJ Jr, Cloe BC, Boyer DB. Effect of a silane coupling agent on composite repair strengths. *Am J Dent* 1994;7:200-2.
 17. Brosh T, Pilo R, Bichacho N, Blutstein R. Effect of combinations of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. *J Prosthet Dent* 1997;77:122-6.
 18. Hisamatsu N, Atsuta M, Matsumura H. Effect of silane primers and unfilled resin bonding agents on repair bond strength of a prosthodontic microfilled composite. *J Oral Rehabil* 2002;29:644-8.
 19. Ru ME. Influence of artificial saliva contamination on bonding of dentin adhesives to dentin. *J Korean Acad Cons Dent* 1992;17:383-97.
 20. Flores S, Charlton DG, Evans DB. Repairability of polyacid-modified composite resin. *Oper Dent* 1995;20:191-6.
 21. Lauvahutanon S, Takahashi H, Shiozawa M, Iwasaki N, Asakawa Y, Oki M, Finger WJ, Arksornnukit M. Mechanical properties of composite resin blocks for CAD/CAM. *Dent Mater J* 2014;33:705-10.
 22. Frankenberger R, Hartmann VE, Krech M, Krämer N, Reich S, Braun A, Roggendorf M. Adhesive luting of new CAD/CAM materials. *Int J Comput Dent* 2015;18:9-20.

치과용 복합레진으로 수리된 CAD-CAM hybrid 수복물의 전단결합강도

문윤희¹ · 이종혁^{2*} · 이명구¹

¹단국대학교 보건복지대학원 구강보건학과, ²단국대학교 치과대학 치과보철학교실

목적: 본 연구에서는 치과용 CAD-CAM (computer aided design-computer aided manufacturing) hybrid 수복재료인 LAVA Ultimate와 VITA ENAMIC을 광중합 복합레진을 사용하여 수리할 때 표면처리방법(grinding, air abrasion with aluminum oxide, HF acid)과 접착재료(Adper Single Bond 2, Single Bond Universal)의 종류가 두 재료 사이의 전단결합강도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 하였다.

재료 및 방법: LAVA Ultimate와 VITA ENAMIC 시편을 30일간 37°C의 인공타액(Xerova solution)에 보관하여 시효처리를 실시한 후 각각 SiC paper grinding한 것, grinding 후 air abrasion처리를 추가한 것, grinding 후 HF 처리한 것으로 분류하고 각각 no bonding, Adper Single Bond 2, 또는, Single Bond Universal 도포로 세분하여 9개의 group, 총 18개의 subgroup으로 나누어 실험을 실시하였다(N=10). HF 처리group에서는 도재시편을 대조군으로 추가하였다(N=10). 표면 처리 후 광중합 복합레진(Filtek Z250)을 각각의 시편에 부착하고 이를 1주일간 실온의 물에 침적시켰고 이후 전단결합강도를 측정하고 파절양상 및 표면처리 효과를 SEM으로 확인하였다. One-way ANOVA를 이용하여 group 간의 유의성을 분석하였고 사후 분석으로 Scheffé test를 실시하였다($\alpha=.05$).

결과: 실험 결과 접착재료 처리를 한 group들이 접착재료 처리를 하지 않은 group에 비해 모든 표면처리에서 더 높은 전단결합력을 나타내었으며, 표면처리만 시행한 group에서는 aluminum oxide air abrasion이 전단결합력의 증가에 약간의 영향을 미치는 것으로 나타났으나 통계적 유의성은 보이지 않았다.

결론: LAVA Ultimate와 VITA ENAMIC의 두 재료를 광중합 복합레진을 이용하여 수리를 실시할 경우 각각의 재료에 적합한 표면처리방법과 접착재료의 선택에 대한 연구가 더 필요할 것으로 사료된다. 특히 LAVA Ultimate의 경우 접착재료의 사용은 추천된다고 사료되었다. (*대한치과보철학회지* 2016;54:193-202)

주요단어: 하이브리드수복재료; 레진나노세라믹; 수지침투세라믹구조; 전단결합강도; 캐드캠

*교신저자: 이종혁

31116 충남 천안시 동남구 단대로 119 단국대학교 치과대학 치과보철학교실

041 550 1973: e-mail, hyuk928@dankook.ac.kr

원고접수일: 2015년 12월 24일 / 원고최종수정일: 2016년 4월 24일 / 원고채택일:

2016년 4월 27일

© 2016 대한치과보철학회

CC 이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 3.0 대한민국 라이선스에 따라 이용하실 수 있습니다.