

표면처리된 복합레진에 대한 수리용 레진의 결합강도에 관한 연구

경희대학교 치과대학 보존학교실
강현숙 · 최호영

Abstract

A STUDY ON THE BOND STRENGTH OF REPAIR RESIN TO THE SURFACE TREATED COMPOSITE RESINS

Hyun-Sook Kang, D. D. S., M. S. D., Ho-Young Choi, D. D. S., Ph. D.
*Department of Conservative Dentistry, Division of Dentistry,
Graduate School, Kyung Hee Univ.*

Composite resin repair requires strong bond strength between the new and old materials. The objective of the current study was to identify the optimal treatments for sufficient bond strengths. Bondings between same kinds of materials and cross bondings using chemical curing composites and light curing composites were tested. Surface treatments included the methods of sand-blasting, acid etching and coating of bonding agent. Seven kinds cases of combinations from three kinds of methods were experimented and compared with a control group of which surfaces were highly polished. Measurements of shear bond strength and observations of surface morphologic changes using a scanning electron microscope were done.

Following conclusions were drawn :

1. The highest bond strength among composite resins were exhibited by the treatment of the sand-blasting and the coating of bonding agent.
2. Acid etched surfaces showed the lowest bond strength. Bond strengths obtained from experimental groups including acid etching were lower than those obtained from same kinds of experimental groups without acid etching.
3. Simple method of the coating of bonding agent produced the slightly increased bond strength on chemical curing composite and reduced bond strength on light curing composite.
4. Bonding surfaces of chemical curing composite resin showed slightly higher bond strengths than light curing composite resin, however significant differences were not confirmed statistically.
5. More significant irregular surfaces were created by sand-blasting method than acid etching method.
6. A principal component of fillers of both resins was silicon. Acid etching method produced the separations and degradations of fillers, these were significant on light curing composite resins which containing barium fillers.

1. 서 론

복합레진 수복재는 기계적 성질이 금속 수복재에 비해 약하기 때문에 구강내에서 복합레진의 폭넓은 사용에 많은 제약이 있었으나, 혼합형 필러(hybrid filler)를 비롯한 다양한 필러의 이용으로 복합레진의 기계적 성질이 개선되었고, 이에 따라 복합레진은 구치용으로 까지 사용하게 되었다.

그러나 아직도 복합레진 수복물의 마모와 파절등의 문제점이 보고되고 있다¹⁾. Leinfelder 등²⁾ 과 Fan 등³⁾ 그리고 Kusy 와 Leinfelder⁴⁾ 등은 복합레진의 마모에 관한 연구를 행하였으며, Lambrechts 등⁵⁾ 은 복합레진 수복물의 부분적인 파절에 관하여 보고하였고, Hembree 와 Taylor⁶⁾ 그리고 Wu 등⁷⁾ 은 복합레진 수복물의 변연누출에 대해 보고한 바 있다. 이러한 복합레진 수복물의 문제점을 해결하는 방법은 재수복하는 방법과 기존의 수복물을 수리해 주는 방법으로 나뉘어 진다.

재수복을 목적으로 기존의 수복물을 제거하는 것은 남아있는 치아의 구조를 약하게 할 수 있으며, 치수자극을 초래할 수 있어⁸⁾, 와동이 깊은 경우에 이미 성공적으로 시술되어 있는 복합레진 수복물을 완전히 제거한다는 것은 또 다른 문제점을 유발시킬 수도 있다.

따라서 기존의 레진 수복물 표면에 새로운 레진을 결합시켜 상실된 레진 수복물을 회복시켜 주는 방법은 임상적으로 큰 의미를 가진다⁹⁾. 이에 관하여 Crumpler 등⁸⁾ 은 기존의 레진 수복물을 재시술해 주는 방법에 비해, 가장 중요한 장점은 무엇보다도 경제성과 마취의 필요성이 없으며, 레진수복물을 수리할 때 기존의 레진과 새로이 접착되는 레진 사이에서 충분한 결합강도를 얻을 수만 있다면, 레진수복물을 재시술하여 주는 방법보다 이것을 수리하여 주는 방법이 진로시에 선호될 것이라고 하였다.

이미 중합되어 있는 복합레진에 새로운 복합레진을 결합시킬 때, 새로이 결합되는 복합레진의 레진기질을 이루는 단량체의 탄소이중결합이 기존의 레진표면과 반응할 수 있으면, 별도의 표면처리 과정 없이 두 레진간에 화학적 결합을 이

룰 수 있다.

이러한 화학적 결합이 일어나기 위해서는 기존의 레진 표면에 탄소이중결합을 가지는 반응하지 않은 단량체가 존재하여야 한다. 이에 관한 Van Kerckhoven 등¹⁰⁾ 의 연구에서는 적외선 분광법 (Infrared spectroscopy) 으로 BIS-GMA 계 복합레진의 중합 후 남아 있는 잔류미반응 탄소이중결합을 측정 한 결과 40% 내지 57%의 불포화 이중결합이 남아 있음을 확인하고 따라서 임상적으로 이미 중합된 BIS-GMA 레진이라고 할지라도 새로운 레진과 화학적으로 결합되는 것이 가능할 것이라고 하였다.

일반적인 치과용 복합레진의 레진기질은 BIS-GMA 나 UDMA (Urethane dimethacrylate) 로 이루어지는데, 이 두 단량체는 모두 methacrylate기를 반응기로 사용하고 있어서, 두 가지 단량체 공히 이중결합부의 포화에 의해 중합이 일어난다. 따라서 불포화 이중 결합의 양이 같으면 레진기질의 종류에 의해서 결합강도는 크게 영향을 받지 않을 것이며, Gregory 등¹¹⁾ 에 의하면 화학적으로 다른 성분의 복합레진을 결합시킬 때 결합강도의 재료간 차이는 없다고 하였다.

이상과 같이 이미 중합되어 있는 레진에 새로운 레진을 결합시킬 때 레진기질의 종류에 따른 결합강도의 증가는 기대할 수 없었기 때문에 기존의 레진을 기계적 혹은 화학적으로 표면처리하여 결합강도를 증가시키는 방법을 개발하고자 많은 연구가 이루어져 왔다.

선학들에 의해 연구된 새로운 레진의 결합을 위한 기존 레진 수복물의 표면처리 방법은 샌드블라스팅(sandblasting) 방법, 산부식(acid etching) 방법, 그리고 접착제 (bonding agent) 도포 방법등 크게 세가지로 분류된다.

샌드블라스팅 방법은 50 마이크론 크기의 알루미나 입자로 복합레진의 표면을 불규칙한 형태가 되도록 마모시켜 기계적 결합이 가능한 유지형태를 부여해 주는 것으로 Crumpler 등⁸⁾ 과 Turner 와 Meiers¹²⁾, Swift 등¹³⁾ 그리고 Latta 와 Barkmeier¹⁴⁾ 에 의해 연구되었다.

산부식방법은 불화수소산으로 복합레진의 필러를 부식시켜, 필러가 있던 자리에 발생되는 미

새공간을 기계적 결합을 위한 유지형태로 사용하게 된다. 이 방법은 Horn¹⁵⁾에 의해 소개된 바 있는, 불소를 이용한 도재 라미네이트의 산부식 방법으로 부터 유래되었으며, 복합레진의 표면처리법으로서 Swift 등⁹⁾ 그리고 Latta 와 Barkmeier¹⁴⁾에 의해 소개되었다.

접착제를 이용하는 방법은 접착제의 단량체의 낮은 점도와 그로 인한 우수한 침투성 그리고 단량체의 반응성향을 이용하는 것으로, Lloyd 와 Dhuru¹⁶⁾, Eli 등^{17,18)} 그리고 Boyer 등¹⁹⁾ 과 정등²⁰⁾의 보고가 있다.

이미 경화된 레진에 대한 새로운 레진의 결합강도가 충분한가에 대해서는 아직도 논란이 되고 있는데, Forsten 과 Valiaho²¹⁾는 표면처리에 의해 두 재료간의 결합강도가 크게 증가한다고 하였고, Boyer 등²²⁾ 과 Lloyd 등²³⁾은 영향이 없다고 하였으며, Reisbick 와 Brodsky²⁴⁾는 레진간의 재결합강도는 재료 자체의 강도에 비해서 현저히 낮다고 한 바 있다.

레진수복물의 수리시 이미 중합된 레진 표면을 처리하는 방법은 샌드블라스팅법, 산부식법, 그리고 접착제 도포방법등이 응용 가능하나 이에 관하여 선학들의 연구결과의 차이가 심하고 국내에서는 연구가 미진한 실정이며, 산부식방법을 이용하는 경우는 필러의 성분에 의해 각기 다른 결합 양상을 보일 것으로 사료되었다. 따라서 이러한 표면처리 방법들을 경화된 복합레진에 적용한 후 새로운 복합레진을 재결합시켰을 때 결합강도를 측정 비교하고, 표면의 구조 및 성분변화를 관찰하여 최적의 표면처리방법을 구하고자 본 연구를 계획하였다.

본 연구에서는 경화된 화학중합형과 광중합형 복합레진의 표면에 샌드블라스팅법, 산부식법 혹은 접착제 도포방법등 세가지 표면처리 방법을 단독 혹은 조합을 이루어 시행한 후 새로운

레진을 결합시켰을 때 결합강도를 측정하고, 표면처리 후의 표면형태변화와 성분의 변화를 관찰하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용된 복합레진은 화학중합형과 광중합형복합레진 각 1 종 이었다(Table 1).

복합레진은 경화후 37±1°C 증류수 수조에 1주일간 침지시킨 후 실험에 사용하였고, 실험에 사용된 레진시편의 표면 상태는 고도 연마된 것으로 하였다. 즉 경화후 수조에 침지시켜 1주일 이 경과된 복합레진시편을 수조에서 꺼내어 경조직 연마기 (Grinder-polisher, Buehler Ltd., England) 에서 800번, 1000번, 그리고 1200번 사포 순으로 주수하에 순차연마한 뒤 0.05 마이크론 알루미나 현탁액으로 최종연마하여 평활한 표면을 실험에 사용하였다.

2. 실험방법

1) 표면처리방법

샌드블라스팅은 Microetcher(Fig. 1, Danville Engineering, U.S.A.) 로 행하였으며, 이때 마모재 입자는 50 마이크론 크기의 산화알루미나였고 60 psi 압력으로 10 mm 거리에서 표면에 대해 45° 각도로 15 초간 행하였다. 샌드블라스팅이 완료된 복합레진 시편표면은 1 분간 수세후 건조하였다.

산부식에는 9.6% 불화수소산(HF, Hydrofluoric acid, Junsei Co., Japan) 용액을 이용하였다. 부식액 접촉량은 0.1 ml 이었고, 부식시간은

Table 1. Restorative composite resins used in this study

Composite resin	Code	Curing type	Lot No.	Manufacturer
ClearFil F-II	C	Chemical curing	FC-1418, FU-1526	Kuraray, Japan
ClearFil Photoposterior	P	Light curing	0024A	Kuraray, Japan

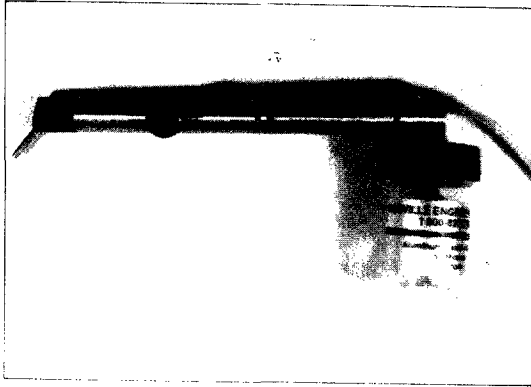


Fig. 1. Microsandblaster using abrasives of aluminum oxide contained in the bottle of right side.

1분 이었으며, 부식 후에는 20초 간 수세후 건조하였다.

접착제는 Scotchbond 2(3M, U.S.A.)를 사용하였다. 복합레진의 표면에 프라이머(primer)는 도포하지 않았고, 재결합되는 복합레진을 결합시키기 직전에 접착제(bonding agent)를 얇게 도포한뒤 60초간 광조사 하였다.

2) 전단결합강도

① 실험군의 분류

복합레진의 연마된 표면을 표면처리하지 않은 경우를 대조군으로 하여 샌드블라스팅, 산부식 혹은 접착제 도포를 시행한 경우를 실험군으로 하였고, 세가지 표면처리 방법의 조합으로 샌드블라스팅 후 산부식하는 방법, 산부식후 접착제를 도포하는 방법, 샌드블라스팅 후 접착제를 도포하는 방법, 그리고 샌드블라스팅 후 산부식하고 접착제를 도포하는 방법 등을 포함시켜 대조군인 무처리군외에 7가지 표면처리 실험군을 설정하였다. 화학중합형과 광중합형 두 가지 복합레진의 표면을 무처리를 포함한 8가지 방법으로 표면처리한 후에 두 가지의 복합레진을 결합시켜 결합강도를 측정하였다. 총실험군의 수는 32군이었으며, 군당 시편수는 10 개로 하였고 실험군의 구성은 Table 2와 같다.

② 시편제작 및 측정

결합강도 측정시 시편의 고정과 표면처리시 취급을 용이하게 하기 위해서 복합레진을 레진

Table 2. Codes and numbers for each experimental groups

Resin restoration	Surface treatment								Repair resin
	N	S	E	B	SE	EB	SB	SEB	
C	C N C ¹	C S C ²	C E C ³	C B C ⁴	C SE C ⁵	C EB C ⁶	C SB C ⁷	C SEB C ⁸	C
	C N P ⁹	C S P ¹⁰	C E P ¹¹	C B P ¹²	C SE P ¹³	C EB P ¹⁴	C SB P ¹⁵	C SEB P ¹⁶	P
P	P N C ¹⁷	P S C ¹⁸	P E C ¹⁹	P B C ²⁰	P SE C ²¹	P EB C ²²	P SB C ²³	P SEB C ²⁴	C
	P N P ²⁵	P S P ²⁶	P E P ²⁷	P B P ²⁸	P SE P ²⁹	P EB P ³⁰	P SB P ³¹	P SEB P ³²	P

C : Clearfil F-II

P : Photo Posterior

N : No treatment (control of each row)

S : Sandblasting

E : Etching

B : Bonding agent

블럭에 형성된 와동에 충전하였다. 직경 2.5 cm 높이 1.5 cm 의 레진 블럭의 상단면 중앙에 직경 4 mm 깊이 1 mm 의 와동을 형성한 후 복합레진을 충전하고 유리판을 덮은 뒤 수지압으로 눌러 평면이 되도록 하였다. 이때 화학중합형 복합레진은 15 초간 혼합한 뒤 충전하였고 광중합형 복합레진은 충전 후 60 초간 광조사 (Heliomat Type H2, Vivadent Co., Austria) 하였다.

모두 320개의 레진블럭을 마련한 뒤, 레진블럭을 두군으로 나누어 160개의 레진블럭에는 화학중합형 복합레진을 충전하였으며, 나머지 160개의 레진블럭에는 광중합형 복합레진을 충전하였다. 각각 160개씩으로 나누어진 두 종류의 레진블럭은 다시 20 개씩, 8 가지 군으로 나누었으며, Table 2와 같이 8 가지 표면처리를 시행하였다. 표면처리가 끝난 복합레진의 표면에 내경 3 mm 높이 1 mm 의 몰드를 부착하여 재결합되는 레진을 주입경화시킬 수 있도록 하였다.

동일한 표면처리를 시행한 20 개씩의 레진블럭을 두가지로 분류하여 10개씩으로 나눈뒤 각각 화학중합형 혹은 광중합형 복합레진을 결합시켰다. 결합이 완료된 시편은 $37 \pm 1^\circ\text{C}$ 증류수 수조에 24 시간 보관한 뒤 결합강도 측정에 이용하였다. 결합강도 측정은 Fig.2 와 같고, 만능시험기 (Instron, 4467, USA) 에서 분당 1 mm 속도로 하중을 가하여 시편이 분리되는 최대하중을 구한 뒤 단위면적당 결합강도로 환산하였으며, 군당 10 개 시편의 평균을 각 실험군의 진단 결합강도로 하였다.

각 실험군간의 통계적 유의성 검정은 ANOVA test 의 Duncan test 를 이용하였으며, 0.05 수준에서 유의차를 인정하였다.

3) 전자현미경관찰

내경 3 mm 높이 1 mm 크기의 몰드에 복합레진을 주입경화시켜 원판형 복합레진 시편을 제작 후, 레진시편의 표면을 800 번부터 1200 번 사포까지 주수하에 순차연마하여 평활한 표면이 되도록 하였다.

화학중합형과 광중합형 복합레진 시편을 표면처리하지 않은 것과 산부식한 것, 샌드블라스팅

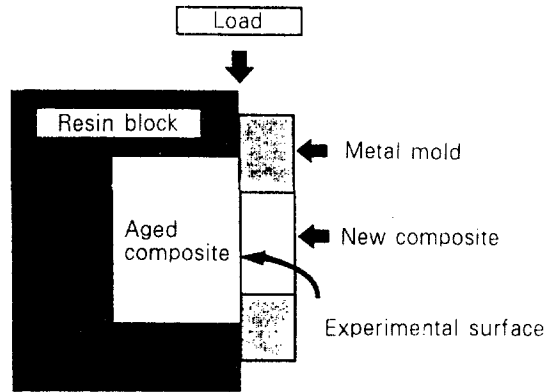


Fig. 2. Schematic diagram of the re-bonding assembly. Resin block was used to be hold on the zig for the measurement of shear bond strength. The thickness of metal mold was 1 mm and its inner diameter was 3mm. The direction of loading is indicated by the large arrows.

한 것, 또는 샌드블라스팅 후 산부식한 것 등 모두 8 가지의 시편을 제작하였고, 이외에 전단결합강도 측정 후 분리된 시편의 파절면중에서 대표적인 것을 전자현미경 관찰용 시편으로 포함시켰다.

시편을 스티브에 고정된 후 금도금 (IB-3 ION coater, Eiko Co., Japan) 하고, 전자현미경 (S-2300, Hitachi Co., Japan) 에서 20 kvp 의 가속전압으로 표면을 관찰하였다.

4) 성분분석

본 연구에서 사용된 화학중합형 복합레진과 광중합형 복합레진의 필러의 성분과 산부식한 후 필러의 성분변화를 분석하였다.

성분분석을 위한 시편을 스티브에 고정된 후 90 초간 금이온 코팅 (Polaron SC 502, Fisons Inc., England) 을 하였으며, 성분분석기 (Electron Dispersive X-ray Microanalysis, LINK ISIS, Oxford Inc., England) 에서 가속전압 20 kvp 의 전자빔으로 4000 배의 배율에서 필러부위만을 성분분석하였다.

III. 실험성적

1. 전단결합강도

중합된 레진표면을 Table 2와 같이 표면처리하고 새로운 레진을 결합시켰을 때 측정된 전단결합강도는 Table 3과 같다.

실험군을 재료의 종류에 따라 분류하면, 화학중합형복합레진 (ClearFil F-II)에 화학중합형복합레진을 결합시킨 경우, 화학중합형복합레진에 광중합형복합레진(PhotoPhosterior) 을 결합시킨 경우, 광중합형복합레진에 화학중합형복합레진을 결합시킨 경우, 그리고 광중합형복합레진에 동일한 광중합형복합레진을 결합시킨 경우 등 4 가지로 나눌 수 있다. 수치중에서 *표시된 것은 이와 같이 동일한 재료를 사용한 실험군들

내에서 표면처리를 하지 않은 경우에 비해서 표면처리에 의해 통계적으로 유의하게 결합강도가 증가된 것이며, # 표시된 것은 통계적으로 유의하게 결합강도가 감소된 경우이다(Table 3).

이러한 분류의 실험군들 내에서 표면처리의 종류에 따른 효과를 비교하여 보면 산부식에 의해서는 결합강도가 현저히 감소하였고, 샌드블라스팅후 접착제를 도포하여 주는 방법에 의해서는 결합강도가 크게 증가하는 것으로 나타났다.

화학중합형복합레진끼리 결합시킨 경우 표면처리를 하지 않았을 때 결합강도는 404.47 kgf/cm² 이었으며, 표면처리군중에서 결합강도가 통계적으로 유의하게 증가된 것은 샌드블라스팅을 하고 접착제를 도포한 군의 559.75 kgf/cm² 이었다.

Table 3. Summary of re-bond strengths for mechanical conditioning, chemical conditioning, and bonding agent conditioning techniques.

Surface treatment	Shear bond strength (Kgf/cm ²) (Old resin + New resin)				
	ClearFil F-II + ClearFil F-II	ClearFil F-II + Photo Posterior	Photo Posterior+ ClearFil F-II	Photo Posterior+ Photo Posterior	
No treatment	404.47 ± 85.18	396.90 ± 120.19	392.94 ± 110.33	438.91 ± 116.62	408.31
Sandblasting	422.53 ± 54.73	491.85 ± 111.76	493.97 ± 61.95	478.88 ± 86.31	471.81
Etching	372.07 ± 90.51	323.03 ± 114.40 [#]	250.58 ± 36.62 [#]	301.44 ± 107.48 [#]	311.18
Bonding agent	450.82 ± 93.29	432.90 ± 137.36	354.93 ± 75.52	387.43 ± 107.33	406.52
Sandblasting + Etching	403.43 ± 87.18	386.69 ± 43.55	341.42 ± 44.52	349.95 ± 84.90	370.37
Etching + Bonding agent	384.49 ± 87.83	379.93 ± 116.81	334.26 ± 91.73	354.31 ± 92.54	363.25
Sandblasting + Bonding agent	559.75 ± 57.96 [*]	572.72 ± 43.61 [*]	515.66 ± 64.44 [*]	514.01 ± 58.14	540.54
Sandblasting + Etching + Bonding agent	434.19 ± 110.57	435.45 ± 73.88	382.23 ± 56.93	465.68 ± 43.92	429.39
	428.97	427.43	383.25	411.33	Total mean shear bond strength

: Significant reduction of bond strength compared to no treated group.

* : Significant increase of bond strength compared to no treated group.

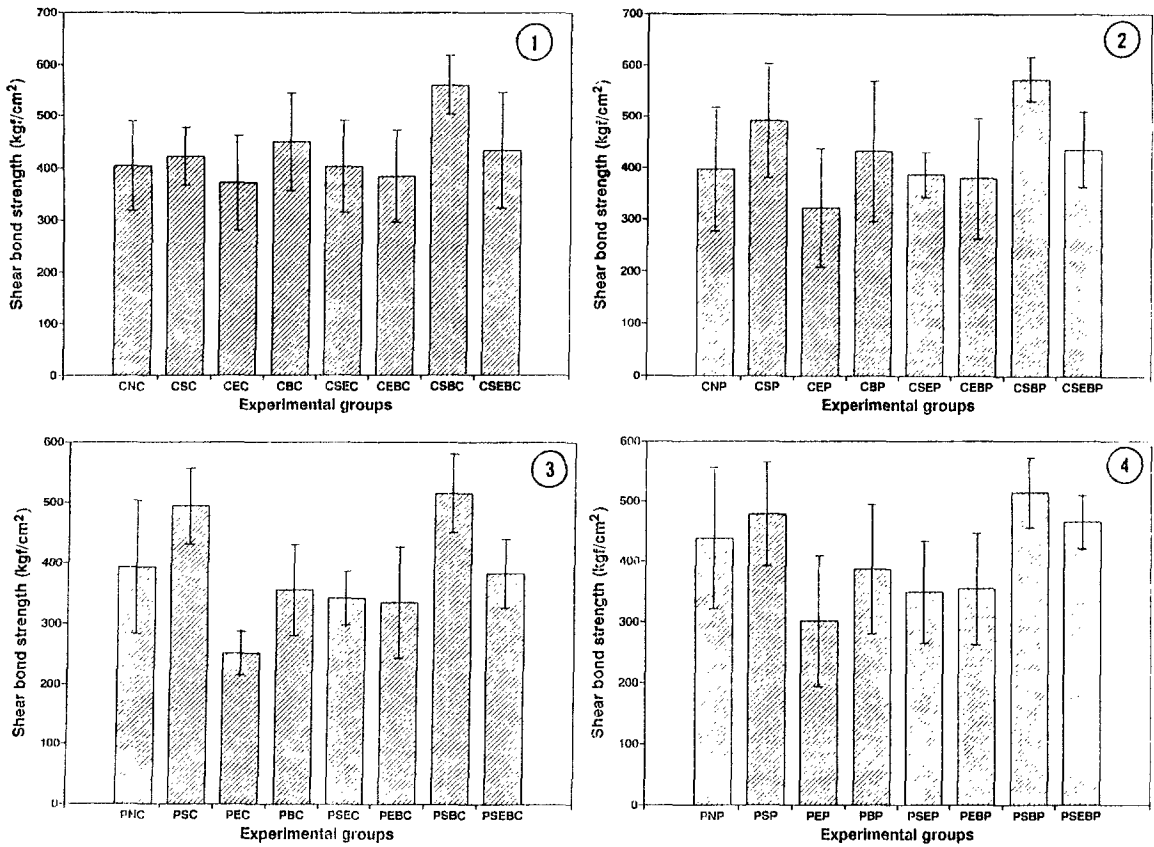


Fig. 3. Comparison of shear bond strengths of rebonded composite resins bonded after the various treatment on the surface of polymerized composite resins. ①: Chemical curing composite-Chemical curing composite. ②: Chemical curing composite-Light curing composite. ③: Light curing composite-Chemical curing composite. ④: Light curing composite-Light curing composite. (Code abbreviations: N:No treatment S:Sandblasting E:Etching B:Bonding agent)

화학중합형복합레진에 광중합형복합레진을 결합시켰을 때 표면처리하지 않은 경우의 결합강도는 396.90 kgf/cm^2 이었으며, 이 경우에 비해서 산부식한 실험군에서는 323.03 kgf/cm^2 으로 통계적으로 유의하게 감소된 결합강도를 보였고, 샌드블라스팅 후 접착제를 도포한 실험군에서는 572.72 kgf/cm^2 로 높아진 결합강도를 나타내었으며, 통계적 유의성이 있었다.

광중합형복합레진에 화학중합형복합레진을 결합시켰을 때도 이와 유사한 결과를 보였는데, 표면처리하지 않았을 때의 결합강도가 392.94 kgf/cm^2 이었고 산부식시의 결합강도는 250.58 kgf/cm^2 으로 감소하였으며, 샌드블라스팅후 접

착제를 도포한 경우의 결합강도는 515.66 kgf/cm^2 으로 높아졌고, 이러한 변화는 모두 통계적 유의성이 있었다.

광중합형복합레진에 광중합형복합레진을 결합시켰을 때는 표면처리하지 않았을 때 결합강도가 438.91 kgf/cm^2 이었으며, 산부식하였을 때는 301.44 kgf/cm^2 로 유의하게 감소하였고, 샌드블라스팅 후 접착제를 도포하였을 때는 514.01 kgf/cm^2 로 크게 증가하였으나, 통계적 유의성은 없었다.

Fig.3은 표면처리가 결합강도에 미치는 영향을 비교한 것이다. ①은 화학중합형복합레진끼리 결합시킨 경우이며, ②는 화학중합형복합레

진에 광중합형복합레진을 결합시킨 경우이고, ③은 광중합형복합레진에 화학중합형복합레진을, ④는 광중합형복합레진끼리 결합시킨 경우이다.

네가지 그래프 모두에서 샌드블라스팅을 하고 접착제를 도포하여준 경우가 가장 높은 결합강도를 나타내었으며, 샌드블라스팅만 하거나 접착제도포만 행하여 준 군이 다음으로 높은 결합강도를 나타내었다. 산부식만 한 경우에는 가장 낮은 결합강도를 나타내었다.

Table 3의 가장 우측 칼럼에 있는 평균치는 재료의 종류에 관계없이 표면처리의 종류가 같은 모든 실험군의 평균을 구한 것이며, Fig. 4는 이것을 비교한 것이다. 역시 샌드블라스팅과 접착제도포를 행해주는 표면처리방법이 높은 결합강도를 보였고, 샌드블라스팅만 행해주는 표면처리방법이 다음으로 높은 결합강도를 보였다.

산부식만 해주는 표면처리방법은 가장 낮은 결합강도를 보였다. 샌드블라스팅만 행하는 표면처리방법이 보인 결합강도에 비해 샌드블라스팅과 산부식을 행하는 표면처리방법의 결합강도는 낮아졌고, 접착제만 도포해 주는 방법에 비해 산부식하고 접착제를 도포해 주는 경우의 결합강도가 낮아졌으며, 샌드블라스팅하고 접착제를

도포해 주는 방법에 비해 산부식까지 해주는 방법의 결합강도도 낮아졌다. 여러가지 조합에 의해 구성되는 표면처리방법에 산부식이 포함되는 경우는 포함되지 않은 방법에 의해 얻어질 수 있는 결합강도를 감소시키는 것으로 나타났다.

Fig. 5는 표면처리하지 않은 경우의 결합강도에 비해서 표면처리하였을 때 결합강도의 증감을 나타낸 것이다. 양수로 표현된 경우는 표면처리에 의해서 결합강도가 증가된 것이며, 음수

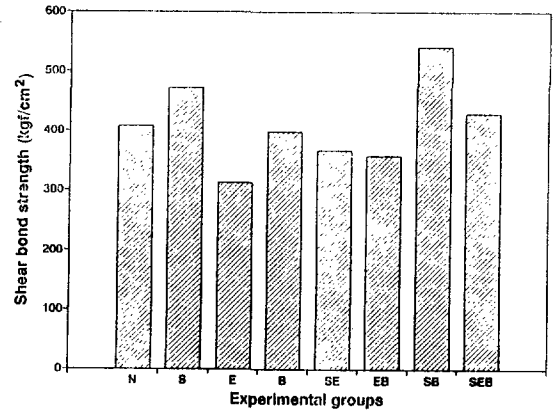


Fig. 4. Effects of surface treatment on the bond strengths without the considerations of composite combinations.

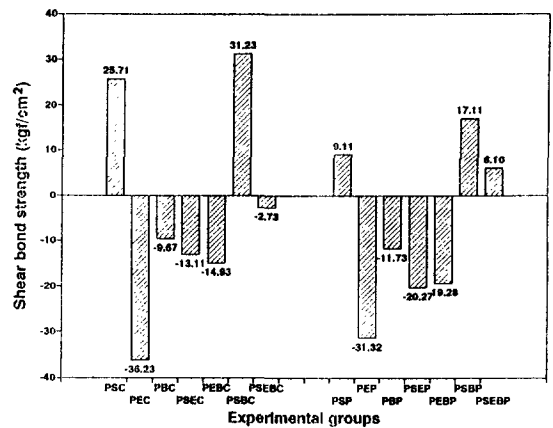
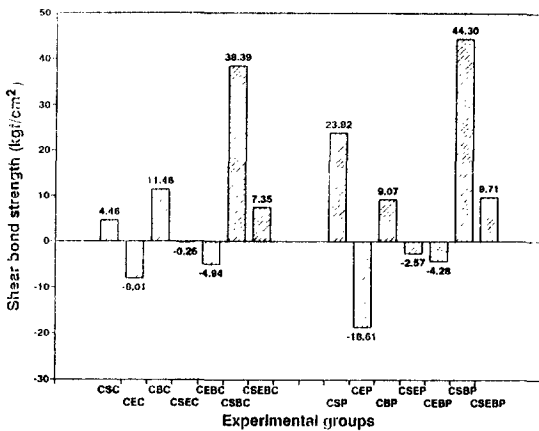


Fig. 5. Increase rates of bond strengths of experimental groups at the comparison to no-treated group of each material combination. Unit is percent. Increasing effects by the combination of sandblasting and bonding agent were significant on the chemical curing composites, decreasing effects by the etching were significant on the light curing composites. By the surface treatment using bonding agent alone, bond strengths were increased on the chemical curing composites, but decreased on the light curing composite.

로 나타난 것은 표면처리에 의해 결합강도가 감소된 경우이다. 샌드블라스팅후 접착제를 도포하여 결합강도가 증가되는 효과는 화학중합형복합레진에서 더 높게 나타나고 있고, 산부식에 의해 결합강도가 감소되는 것은 광중합형복합레진에서 현저하였다.

화학중합형복합레진에서는 접착제를 도포하는 것만으로도 결합강도가 증가하였으나, 광중합형복합레진에서는 이 경우에 결합강도가 감소하였다.

Table 3의 가장 아래 행의 평균치는 표면처리의 종류를 무시하고 재료의 조합에 따른 평균치를 구한 것이며, Fig. 6은 이것을 비교한 것이다.

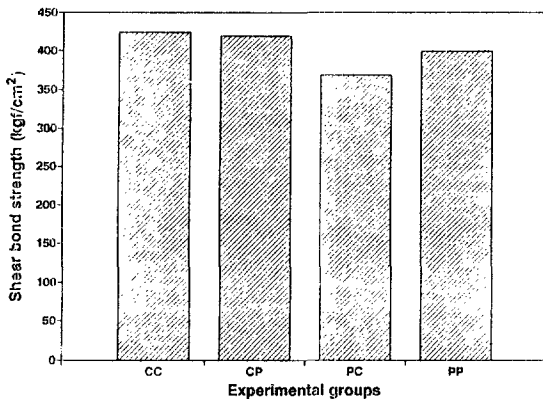


Fig. 6. Comparison of total mean bond strengths of experimental groups designed from each composite combinations.

화학중합형복합레진이 다소 높은 결합강도를 보이고 있으나, 통계적 의미는 없었다.

2. 전자현미경관찰

화학중합형복합레진의 표면처리에 따른 표면의 변화는 Fig. 7과 같고, Fig. 8은 광중합형복합레진에서의 표면변화이다. 각각의 Fig. 에서 N은 복합레진의 표면을 1200번 사포에서 연마한 뒤 알루미나현탁액으로 고도연마한 경우이며, S는 샌드블라스팅을 한 경우이고, E는 산부식을

한 경우이다. SE는 샌드블라스팅한 뒤 다시 산부식한 경우이다.

전반적으로 산부식표면처리방법에 비하여 샌드블라스팅을 행하는 표면처리방법이 더욱 현저한 요철을 형성하였으며, 산부식처리에 의한 부식표면양상은 화학중합형복합레진과 광중합형복합레진이 각기 다른 양상으로 나타났다.

Fig. 7은 화학중합형복합레진의 경우로서 연마된 표면(N)에서 거대한 크기의 필러입자와 중간크기의 필러입자 그리고 미세한 필러입자가 나타나 있다. 비록 활택한 표면이 되도록 고도연마하였으나, 레진기질부와 필러입자의 경도차이에 의해서 거대필러입자사이부분이 거칠게 나타났다. 필러입자단면은 활택한 표면을 보이고 있다. 샌드블라스팅을 시행한 경우(S)에는 기계적 결합에 필요한 표면요철이 형성되어 있었으며, 요철형성부는 레진기질과 필러부분 모두에 형성되었고 필러의 샌드블라스팅에 의한 예리한 파절면이 관찰되었다. 산부식을 한 경우(E)에는 연마된 표면에 비해서 큰 변화는 관찰되지 않았으나, 연마된 표면(N)에서는 필러와 레진기질의 결합부분에 틈새가 전혀 없었던 반면, 산부식한 경우에는 거대필러의 주변에 레진기질부와 틈새가 형성되어 있어 레진기질과 필러의 분리가 일어나는 양상을 나타내었다. 샌드블라스팅을 한 뒤 재차 산부식한 경우(SE)에서는 필러의 경계부가 명확하게 나타났고 부분적으로 필러가 탈락된 부위가 확인되었다.

Fig. 8은 광중합형복합레진의 경우로서 연마 표면(N)과 샌드블라스팅처리된 표면(S)은 화학중합형의 경우와 유사한 소견을 나타내었다. 그러나 산부식한 표면(E)에서는 필러와 레진기질 사이에 틈새가 형성되는 것 이외에 미세필러입자가 있던 자리에 공간이 형성되었으며 거대필러입자중에서는 산부식에 의해 내부부위가 되는 것이 관찰되었다. 샌드블라스팅을 한 뒤 재차 산부식한 경우(SE)에서는 필러의 경계부가 명확하게 나타나 상당수의 필러가 레진기질과 완전히 고립되었으며, 부분적으로 필러가 탈락된 부위가 확인되었다.

Fig. 9는 화학중합형복합레진의 산부식된 표

면을 고배율로 관찰한 것이다. 필러입자와 레진 기질사이의 틈새가 필러를 완전히 둘러 싸고 있었으며, 필러입자의 단면도 산부식에 의해 미약하게 변화를 일으킨 것으로 나타났다. 레진기질 부분에는 미세한 공간이 형성되어 있었는데, 이것은 미세필러가 있던 자리인 것으로 사료되었다.

Fig. 10은 광중합형복합레진의 산부식된 표면을 고배율로 관찰한 것이다. ①에서는 필러의 입

자와 레진기질이 분리되어 있는 것과 중간크기의 필러입자가 있던 부위가 부식되어 공간으로 남아있는 소견을 보이고 있으며, ②에서는 필러가 탈락되는 것과 레진기질의 미세필러입자가 있던 자리에 구멍이 형성되어 있는 것을 나타내고 있다. ③과 ④에서는 산부식에 의해 필러입자가 붕괴되어 거대필러내부에 들어 있던 미세구상형필러의 노출이 관찰되었다.

Fig. 11 은 광중합형 복합레진의 표면을 산부

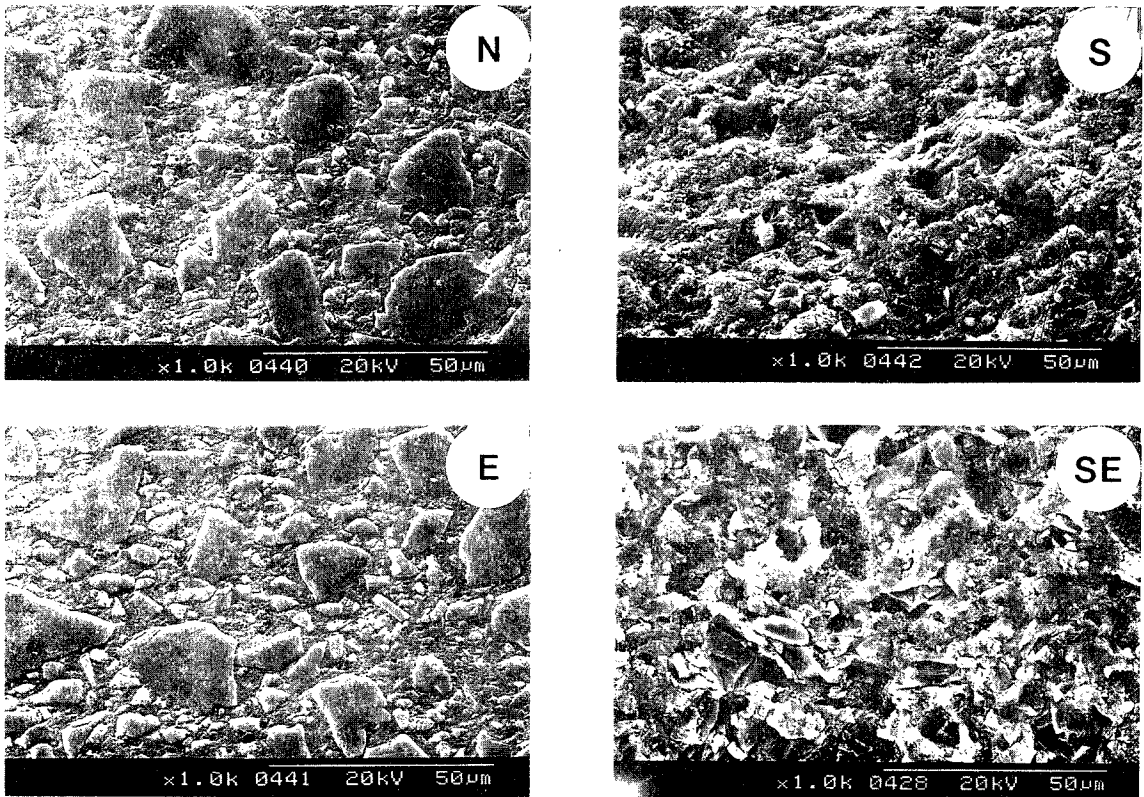


Fig. 7. SEM view of chemically cured composite resin surfaces of no treatment (N), sand blasting(S), etching(E), and etching after sand blasting(SE). Surface highly polished without any surface treatment(N) showed a little rough surface due to the difference of hardness of resin matrix and filler particles. The sand blasting(S) created the surface irregularity aided to the micromechanical retention. By the hydrofluoric acid etching(E), abrasion tracts became evident on filler surfaces, and gaps between filler and resin matrix were shown. After the treatment of sand blasting and acid etching(SE), gaps became more evident and filler particles were separated from resin matrix. (X 1000)

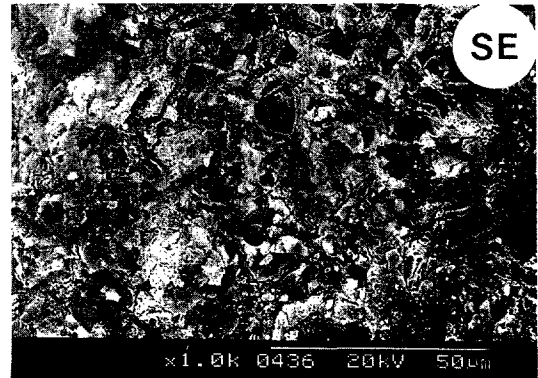
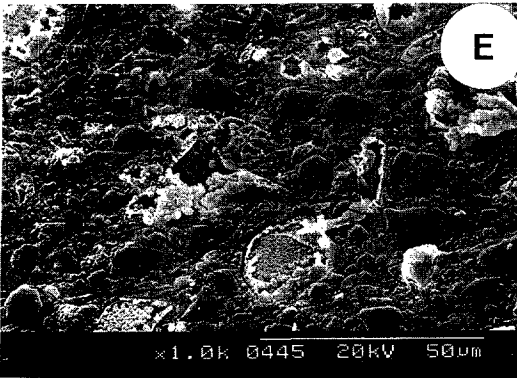
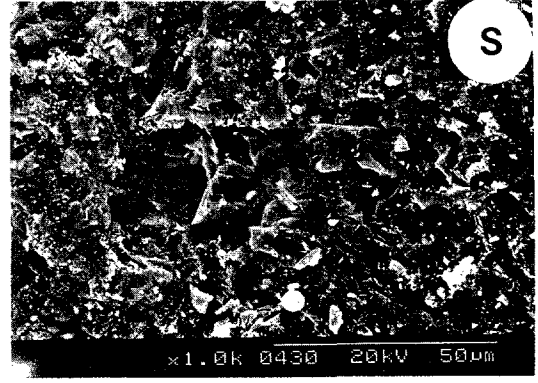
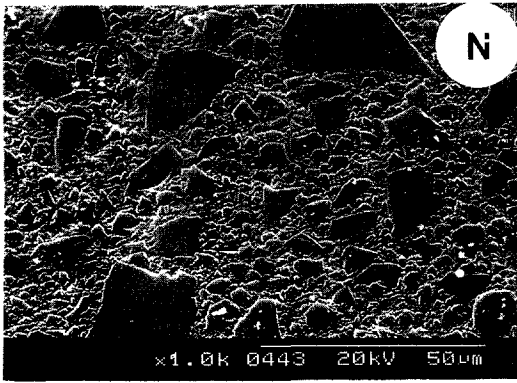


Fig. 8. SEM view of light cured composite resin surfaces of no treatment (N), sand blasting(S), etching(E), and etching after sand blasting(SE). Surfaces of highly polished(N) and of sand blasted(S) were similar with those of chemically cured composite resin. The hydrofluoric acid etching(E) formed the pit surfaces and the degraded filler particles. After the treatment of sand blasting and acid etching(SE), gaps between fillers and resin matrix separated the filler particles from resin matrix completely. (X 1000)

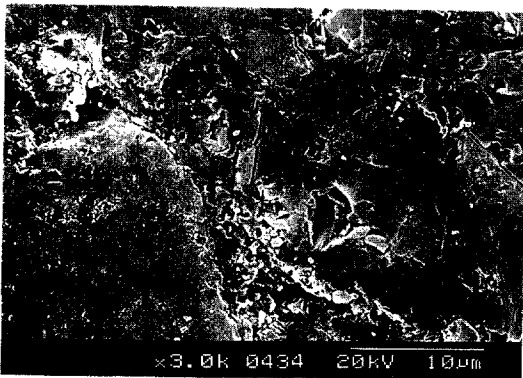


Fig. 9. Acid etched surface of chemically cured composite resin. Gaps between fillers and resin matrix are shown and the slight changes on surfaces of filler particles were observed. Micro-porosities were formed on the site of resin matrix which were assumed as the location of microfillers. (X 3000)

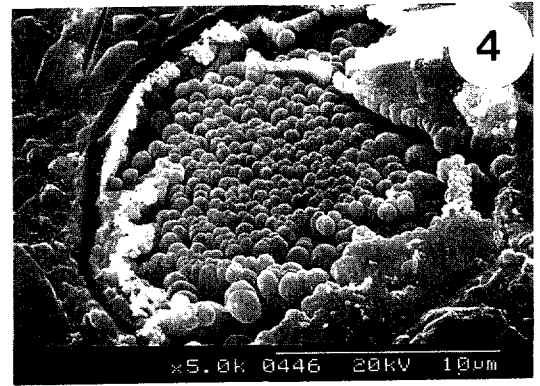
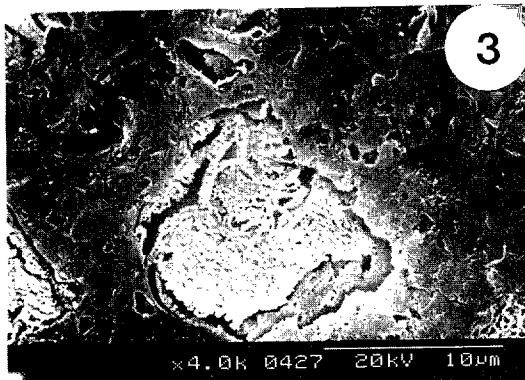
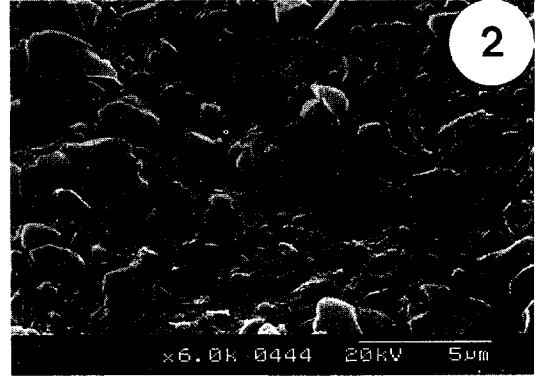


Fig. 10. Acid etched surface of light cured composite resin surfaces. Separations between fillers and resin matrix ①, micro-porosities formed on resin matrix ② and the degradations of reinforced filler particles containing spherical fillers(③ and ④) were exhibited.

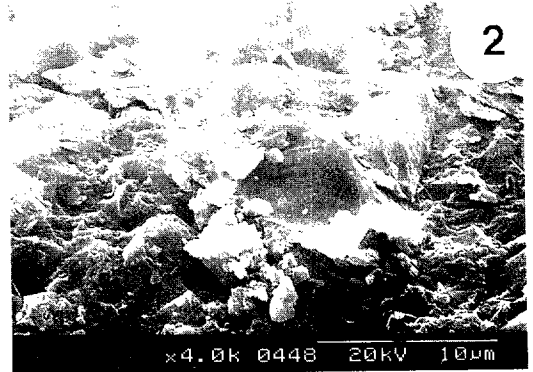
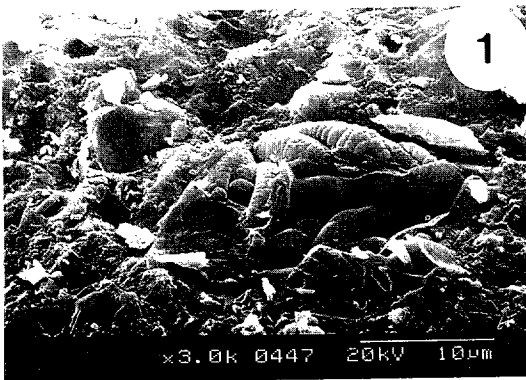


Fig. 11. Debond surface of photo posterior which was etched, coated with a bonding agent, and bonded with clearFil F-II. Fracture of sub-surface of Photoposterior was occurred. It could be assumed because of the fractured and exposed filler shapes ① were resembled with it of filler observed in Fig.10 ④. Displacement of filler during debonding was occurred ②.

식한 뒤 접착제를 도포하고 다른 종류의 레진인 화학중합형 복합레진을 결합시킨 뒤 결합강도의 측정에 의해서 다시 둘로 분리된 시편 표면 중 피착면이었던 광중합형 복합레진의 관찰 결과이다. ①에서는 분리시 필러의 파절이 나타난 것을 보이고 있다. 파절되어 노출된 필러의 단면은 미세한 구상형 입자로 이루어진 듯한 양상을 나타내었으며, 이것은 산부식된 광중합형 복합레진의 표면 관찰 (Fig.10-④)에서 나타난 필러 내부의 구상형 입자와 유사하였다. 따라서 파절은 광중합형 복합레진의 표층 직하부에서 일어난 것으로 사료되었다. ②의 사진은 결합부의 분리시 필러가 떨어져 나간 모습을 나타낸 것이다.

①의 사진은 산부식에 의해 필러가 약화되어 결합부의 분리시 필러 파절이 일어난 것으로 사료되며, ②의 사진은 산부식에 의해 필러와 레진 기질사이의 분리가 일어날 수 있음을 의미하는 것으로 사료되었다.

3. 성분분석

화학중합형 복합레진의 필러의 성분을 분석한 결과는 Fig. 12와 같다. Silicon(Si)이 주성분을 이루고 있으며 aluminum(Al), calcium(Ca), barium(Ba) 등은 검출 되지 않았다. 모든 시편에서 소량의 lithium(Li)이 검출되었고 1개의 시편에서는 zinc(Zn)가 검출되었다.

각 성분의 함량은 silicon이 34.93 % 이었고, 그밖의 성분은 극히 미량인 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에 사용된 화학중합형 복합레진의 필러는 주로 silica(SiO₂)로 이루어진 것이었다.

Fig. 13은 광중합형 복합레진의 필러의 성분을 분석한 결과이다. 역시 silicon이 주성분을 이루고 있으며 lithium, aluminum 그리고 barium이 검출되었다.

각 성분의 함량은 silicon이 44.91 % 이었고, aluminum이 5.26 % 그리고 barium이 9.11 % 이었다. Lithium은 화학중합형에서와 같이 미량성분이었다.

Fig. 14는 Fig. 12의 화학중합형 복합레진에 함유되어 있는 필러를 산부식한 후에 다시 성분

분석한 결과이다. 두 그림 사이에 패턴의 큰 변화는 보이지 않았으며, 주성분은 silicon이었고 함량은 42.65 % 이었다.

Fig. 15는 Fig. 13의 광중합형 복합레진에 함유되어 있는 필러를 산부식한 후에 다시 성분분석한 결과로서 Fig. 10-④에 보이는 구상형 입자의 성분을 의미한다.

산부식전과 후에 측정된 두 분석그림 사이에 패턴의 큰 변화가 나타났으며, 성분비는 silicon이 5.16 % 로 현저히 감소하였고, barium이 13.21 % 로 다소 증가하였으며, aluminum도 10.24 % 로 상대적으로 약간 증가한 것으로 나타났다. 반면 fluoride의 함량은 66.30 % 로 나타나 불소의 흡착이 일어나는 것으로 확인되었다.

IV. 고 찰

비록 복합레진의 기계적 성질이 우수하여 구치용으로 사용할 수 있다고는 하나 아직까지 금속수복물을 완전히 대체할 수 있다는 보고는 없다. Lutz 등²⁵⁾의 연구에 따르면 복합레진을 구치용으로 사용하는 경우에 임상적으로 가장 중요한 문제점은 마모라고 하였으며, 따라서 아직 복합레진이 아말감의 완전한 대체재료는 될 수가 없다고 하였다.

그럼에도 불구하고 복합레진은 현재 모든 형태의 와동에 이용되고 있으며, 그밖에 금속주조체의 전장재료와 교정용 브라켓 접착체로서 그리고 동요치아의 고정을 위하여 사용되고 있다. 이와 같이 복합레진이 폭넓게 이용됨에 따라 복합레진을 수리해 주어야 하는 경우도 점차 넓어져 가고 있다. 복합레진으로 이루어진 수복물을 수리해 주어야 하는 이유로는 결합부의 실패, 수복물 자체의 파절 및 변색, 그리고 화학적이거나 기계적인 이유로 레진수복물 표면의 상실등을 들 수 있다.

레진 수복물 표면의 상실중에서 특히 마모에 관하여 많은 선학들의 연구가 있었으며, Leinfelder 등²⁾은 구치부이외에 전치부용 복합레진의 현저한 마모현상을 보고한 바 있고, Fan

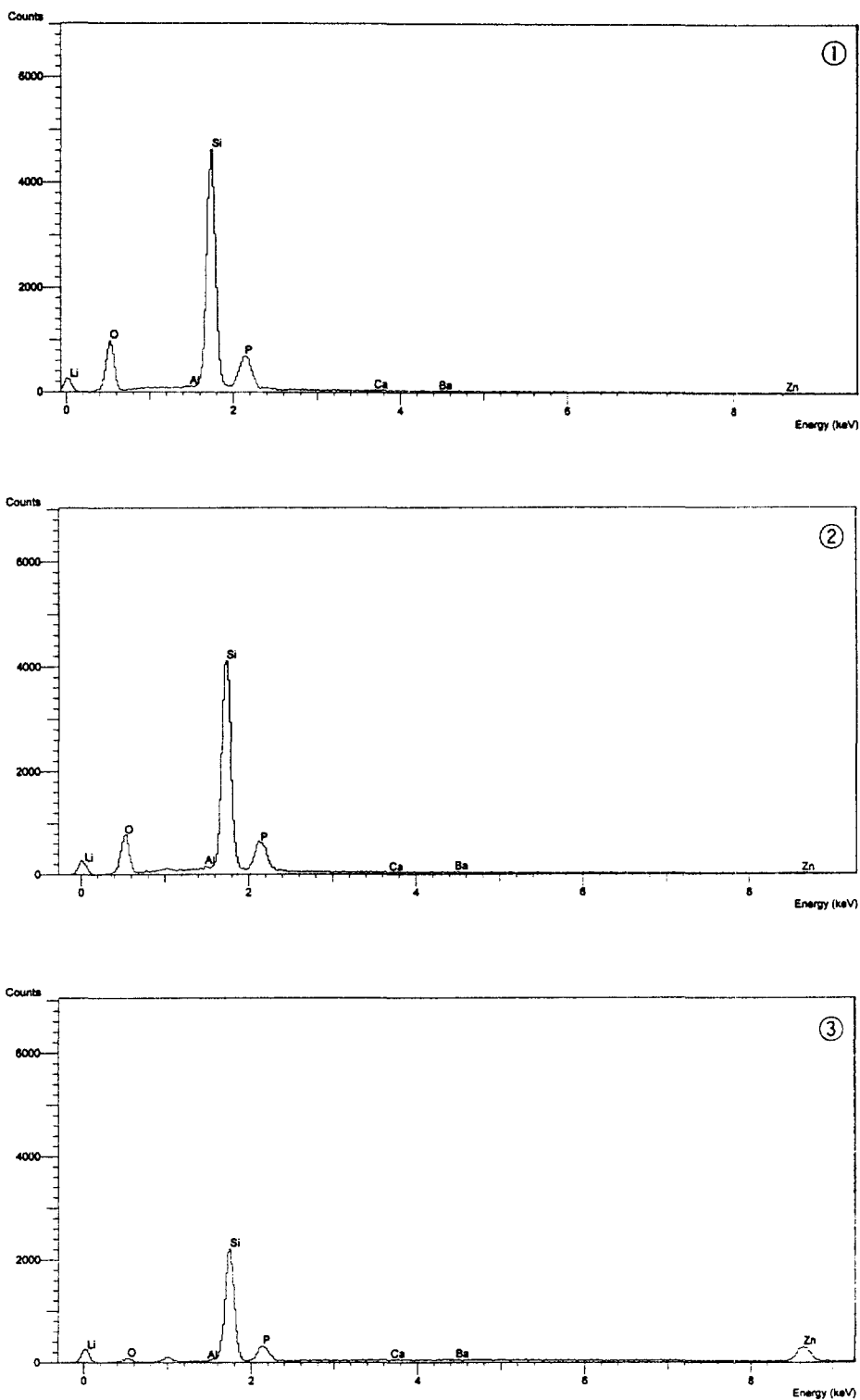


Fig. 12. Results of compositional analysis of a chemical curing composite resin. Main component was a silica containing a small amount of lithium. On third specimen ③ zinc was detected.

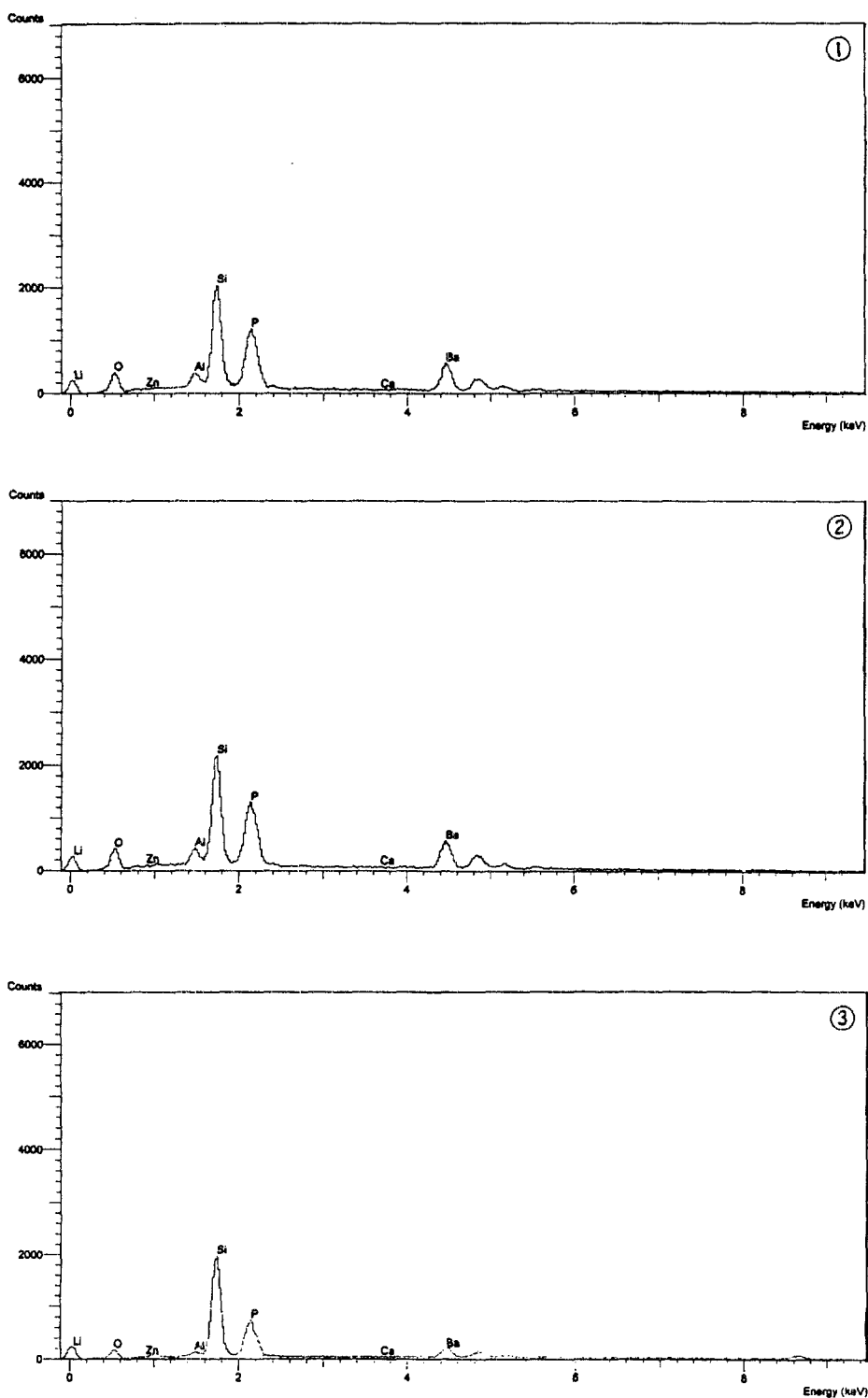


Fig. 13. Results of compositional analysis of a chemical curing composite resin. Except the main component of silicon, the others such as lithium, aluminum, barium were detected on all specimens with similar patterns.

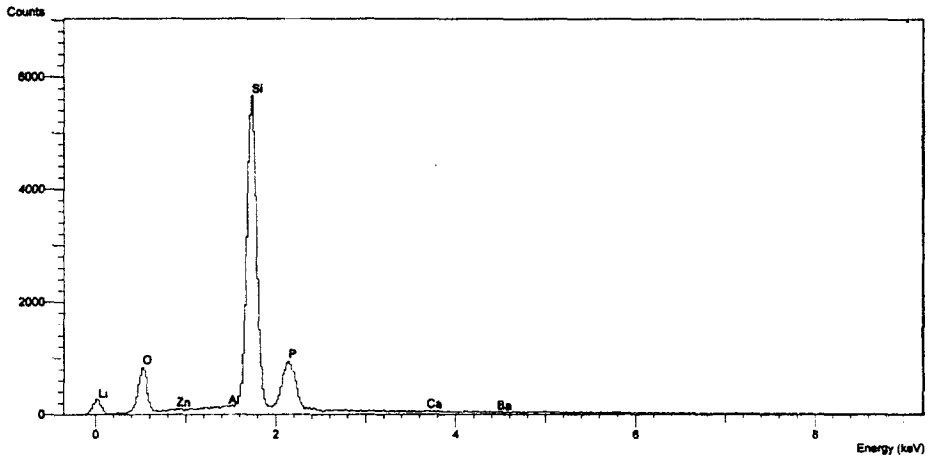


Fig. 14. Analysis of component of a filler of chemical curing composite resin after acid etching. Any of significant difference between Fig. 11 and Fig. 13 was not exhibited.

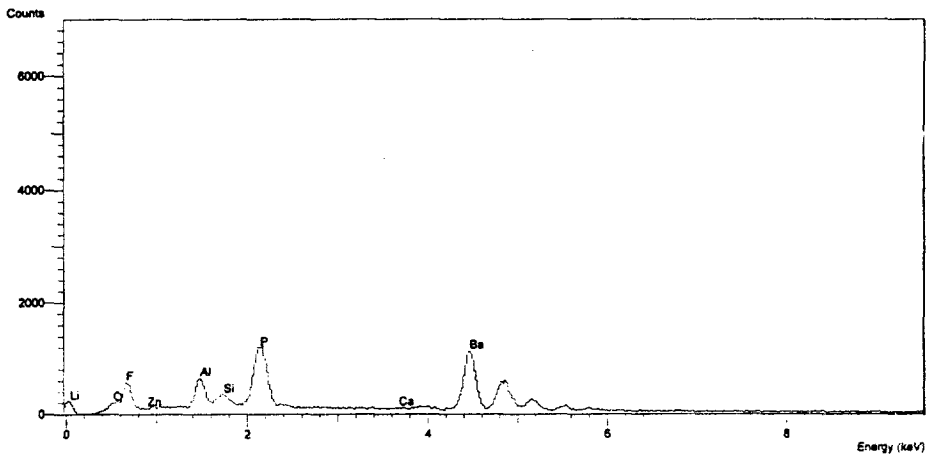


Fig. 15. Analysis of component of a filler of light curing composite resin after acid etching. The height of peak of silicon was lowered, and the new peak of fluoride was formed.

등³⁾은 재료의 종류에 따른 마모의 차이를 연구하였으며, Kusy와 Leinfelder⁴⁾는 구치용 복합레진의 마모양상을 형태적으로 연구하였다.

레진 수복물의 수리를 대상으로 하여 시행된 본 연구의 결과는 상실된 복합레진 수복물의 수리의 경우 뿐 아니라 레진과 레진의 결합으로 이루어지는 경우인 레진인레이의 접착과 실란트의 주기적인 재도포, 그리고 레진치아와 의치상의

결합 및 파절된 의치상의 재결합²⁶⁾에 관한 기초 연구로서도 가치가 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 샌드블라스팅방법, 산부식방법 그리고 접착제를 도포하는 방법을 이용하였을 때, 샌드블라스팅 방법과 접착제를 도포하는 방법이 결합강도를 증가시킬 수 있는 방법인 것으로 나타났다.

표면처리를 하지 않고 연마된 레진표면에 새

로운 레진을 결합시켰을 때의 평균 결합강도는 408.31 kgf/cm² 이었던 반면, 샌드블라스팅을 행해준 경우의 평균결합강도는 471.81 kgf/cm² 로 증가되었다. 이와 같은 결과는 Swift 등⁹⁾에 의해서도 보고되었는데, 샌드블라스팅방법과 산부식방법의 비교에서 샌드블라스팅방법에 의해 결합강도가 유의하게 증가되었다고 하였으며, Turner 와 Meiers¹²⁾도 샌드블라스팅 처리한 경우에 결합강도가 가장 높았다고 하였다.

본 연구의 결과에 따르면 레진재료의 종류에 상관없이 표면을 연마해 준 경우에 408.31 kgf/cm² 의 결합강도를 보인 반면 산부식만 행해 준 경우에는 311.18 kgf/cm² 으로 결합강도가 감소하였고, 산부식 후 다시 접착제를 도포해 준 경우에는 363.25 kgf/cm² 으로 결합강도가 다소 증가하였다. 이러한 현상은 복합레진을 재결합한 후 계면에서의 색소침투를 연구한 Chalkey 와 Chan²⁷⁾의 연구에서도 동일하게 나타났는데, 복합레진의 표면을 처리하여 주지 않은 경우에 비하여 산부식만을 행해준 경우 색소침투의 감소현상은 없었으나, 산부식후 접착제를 도포한 경우에는 색소의 침투 정도가 현저히 감소하였다고 하였다. 이들은 복합레진 표면의 산부식의 목적을 표면 불순물이나 오염물질의 제거로 하였다.

이와 같이 접착제를 도포한 경우에 결합강도가 증가되는 것은 Turner 와 Meiers¹²⁾ 그리고 Eli 등¹⁸⁾에 의해서도 보고된 바 있다. 그러나 Turner 와 Meiers¹²⁾의 연구에서는 접착제의 종류에 따라서 결합강도가 심하게 영향을 받았다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 1종의 접착제를 연구 대상으로 하였으나, 현재 임상에서 사용되고 있는 다양한 종류의 접착제가 레진의 결합강도에 어떻게 영향을 미치는가에 관해서는 앞으로 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 레진이 경화된 뒤 수조에 1주일간 침치시킨 후에 표면을 1 mm 가량 마모시키고 다시 표면을 고도로 연마하여 노출면을 형성하였고, 이 노출면을 표면처리후 즉시 새로운 레진을 결합시켰을 때의 결합강도를 측정하였다. 이것은 진료시 레진의 표면을 버(bur)로 삭제하여 수복물 내부의 레진을 노출시킨 뒤 새로

운 레진을 결합시키게 되기 때문이었으며, 레진의 노출면이 형성된 후 시간이 경과하였을 때 새로운 레진을 결합시키게 되면 본 연구와는 상이한 결과를 보일 것으로 사료된다. Reisbick 와 Brodsky²⁴⁾는 새로운 레진이 결합될 레진 표면을 형성한 후 시간의 경과에 따른 결합강도를 측정 보고한 바 있으며, 그 결과에서는 시간의 경과에 따라 결합강도가 현저히 낮아지는 것으로 보고되어 있다. 시간의 경과에 따라 레진의 결합강도가 감소하는 것은 레진수복물내부에 남아 있는 잔류미반응 단량체의 상대적 함량이 계속적으로 감소하기 때문인 것으로 사료된다.

이 현상은 Boyer 등¹⁹⁾의 연구에서도 관찰이 되었는데, 시간의 경과에 따른 광중합형 레진의 재결합강도를 측정한 결과, 시간의 경과에 따라서 결합강도가 감소하였으며, 이는 복합레진의 경화패턴과 그 양상이 일치한다고 하였다.

Ruyter²⁸⁾의 연구에 의하면 잔류미반응 단량체의 함량은 대기중의 산소와 접촉되는 레진의 표면에서 높다. 따라서 본 연구에서와 같이 경화된 레진의 표면을 제거한 경우에 비해서 레진의 표면을 제거하지 않은 경우에 결합강도가 더욱 높을 수 있으나, 구강내에서는 레진의 표면이 오염되어 있을 수 있으므로 손상된 표면의 하부구조가 노출되도록 본 연구에서와 같이 표면마모를 시키는 것이 필수적이다.

레진의 종류에 따라서도 미반응 단량체의 함량이 많은 경우에는 재결합강도가 높아질 수 있다. Chalkey 와 Chan²⁷⁾의 연구에서는 동종의 재료를 결합시킨 경우에 비해서 이종의 레진을 결합시킨 경우가 우수한 결과를 보인바 있는데, 그것은 피착면에 미반응단량체의 함량이 많았기 때문이라고 추정된 바 있다.

Asmussen²⁹⁾의 연구에 따르면, 수복용 레진의 잔류 이중결합부의 수량에 영향을 미치는 요인으로는 diethyl paratoluidine과 benzoyl peroxide 그리고 camphoroquinone 과 같은 반응조절제 등의 함량이 있다고 하였으며, 각종 레진의 종류에 따라 잔류이중결합의 잔류량이 다르게 나타날 수 있다고 하였다.

그러나 레진의 결합을 우수하게 하기 위해서 미반응단량체의 함량이 많은 경우를 임상적으로

우수한 경우로 해석할 수는 없다. Ferracane³⁰⁾의 연구에 의하면, 미반응 단량체의 함량은 레진의 경도와 역상관관계를 가진다고 하였으며, 따라서 미반응 단량체가 많다는 것은 복합레진 수복물의 기계적 성질이 불량함을 의미하게 된다.

Sogo 등³¹⁾은 경화된 레진의 표면에 미반응 단량체의 양을 증가시키기 위해서 유기용매를 도포하는 방법에 관하여 연구를 시행한 바 있고, 의치상용 레진과 레진치아의 결합을 증가시키기 위한 유기용매를 주성분으로 하는 시판상품이 개발되어 있으나, 결합강도는 그다지 증가되지 않는 것으로 보고되어 있다.

위의 연구와 유사한 목적으로 Harashima 등³²⁾은 묽은 단량체를 경화된 레진표면에 도포하여 중합된 레진의 분자구조를 느슨하게 한 뒤에 분자구조사이로 가교중합용 단량체를 침투시켜 가장 표층의 미반응층을 형성하여 주도록 하여 새로운 레진이 표층의 미반응층과 결합할 수 있도록 하는 방법을 소개한 바 있으며, methyl methacrylate 와 ethylene dimethacrylate 의 혼합물을 이 용도로 이용하였다.

Chan과 Boyer³³⁾는 접착면에 benzoyl peroxide 의 함량을 증가시키면 새로운 레진의 결합시 반응기가 접착면의 내부로 benzoyl peroxide 와 반응하기 위해서 이동을 빨리하기 때문에 결합강도가 높아질 것이라고 하였다.

불화수소산은 일반적으로 도재의 결합과 수리를 위해서 표면처리를 할때 이용된다^{34,35)}. 복합레진의 표면을 불화수소산으로 부식하면 복합레진의 필러를 용해시킨다는 것은 Kula 등^{36,37)}에 의해 보고된 바 있다. 산부식된 복합레진의 필러는 레진의 종류에 따라 각기 다른 부식양상을 나타내었다. 산부식전에 행한 필러의 성분분석 결과에 의하면 본 연구에서 사용한 화학중합형 복합레진은 silica 를 주성분으로 하는 필러를 사용하고 있었으며, 광중합형 복합레진은 알루미늄과 바리움이 함유된 silica 를 필러로 사용하는 것으로 확인되었다. 따라서 산부식에 의한 두가지 레진의 표면변화의 차이는 화학중합과 광중합이라는 중합방식의 차이가 아닌 필러 재질의 차이인 것으로 사료되었다.

Bowen과 Cleek³⁸⁾의 연구에 의하면 필러의 강

화와 방사선불투과성의 목적을 위하여 필러의 silica 성분외에 alumina(Al_2O_3), boric anhydride(B_2O_3), barium fluoride(BaF_2), barium oxide(BaO) 등이 이용될 수 있으며, 그밖에 미량 첨가 성분으로서 magnesium oxide(MgO), titanium dioxide(TiO_2), zirconium dioxide(ZrO_2), zinc oxide(ZnO), aluminum phosphate ($AlPO_4$), phosphate pentoxide(P_2O_5) 등이 사용된다고 한 바 있다. 본 연구에서 사용한 광중합형 복합레진의 필러는 이와 같은 성분중의 일부를 포함한 것으로 사료되며, 이러한 성분이 불화수소산과 반응을 할 수 있는가에 대해서는 앞으로 연구가 이루어져야 할 것이다. 본 연구의 결과에서는 산부식후 이들 필러에서 불소의 함량이 증가된 것으로 보아 반응이 이루어진 것으로 사료된다.

Silica 만으로 이루어진 필러는 불소에 대해서 내산성을 보였으나, 다른 금속 성분이 첨가된 필러의 경우는 불소에 의해서 심하게 파괴되고 불소가 금속성분과 반응하여 구상형의 새로운 불화물을 형성한 것으로 사료되었다.

그러나 불소처리에 의해 복합레진의 표면에 형성된 요철은 결합강도를 증가시키지는 못하였다. 전반적으로 불소처리된 후의 필러입자는 레진기질로 부터 분리가 시작되는 소견을 보였으며, 따라서 결합강도의 측정시 계면의 필러가 용이하게 탈락되기 때문에 결합강도가 낮아지는 것으로 사료된다. 불화수소산 부식에 의해서 결합강도가 증가하지 못하는 것은 Crumpler 등⁸⁾과 Swift 등¹³⁾에 의해서도 확인된 바 있다.

불소의 처리에 의한 필러와 레진기질의 분리화 현상은 Bowen 과 Cleek³⁸⁾에 의해서 확인된 바 있으며 이러한 현상을 depolymerization 이라고 하였다. 불소에 의해 필러의 분리가 일어나면 구조적으로 결합부의 기계적 성질이 약화되는 것이며, 따라서 결합강도가 낮아지게 된다. 결합부의 기계적 성질이 결합강도에 미치는 영향은 Boyer 등²²⁾에 의해 확인 보고된 바 있다.

그러나 Gregory 등¹¹⁾은 산으로 레진의 표면을 처리하여 주면 표면의 오염물질을 세척하여 줄 수 있고, 경화된 레진의 표면을 재활성화(reenergize) 할 수 있어, 접착제의 도포시 우수

한 습윤현상이 일어나기 때문에 결합강도를 증가시킬 수 있다고 한 바 있다.

산부식에 의해 결합강도가 감소하게 되는 또 다른 이유로는 불소에 의한 레진 기질의 연화를 생각할 수 있다.

이와 같은 불소는 예방의 목적으로 구강내에 다양한 형태를 가지고 도포되며, 수복물의 표면과 접촉하게 된다. 특히 복합레진이나 실란트의 표면에 불소가 접촉되는 경우에는 본 연구의 결과와 같은 필러의 부식과 탈락을 유발할 수 있으며, 이와 같은 사항은 Yaffe 와 Zalkind³⁹⁾에 의해 관찰된 바 있다. 그들은 예방목적에 의한 불소제에 의해서 복합레진의 표면에 핏트와 요철이 형성되었다고 보고하였으나, 복합레진의 필러의 유형과 성분에 대해서는 고려하지 않았고, 다만 불소에 의해 실리카가 용해될 수 있다는 사실에 입각하여 필러의 용해 가능성을 주장하였다.

Kula 등⁴⁰⁾은 예방목적으로 구강내에 사용되는 불소에 의해서 필러가 첨가된 실란트의 표면은 심하게 손상을 받았으나, 필러가 첨가되지 않은 실란트의 표면은 변화가 없었다고 하여 불소에 의해 필러의 용해가 일어날 수 있음을 확인하였다. 이들의 연구에서는 소량의 lithium 이 첨가되어 있는 실리카 필러와 barium 이 첨가되어 있는 필러 그리고 aluminum 이 첨가되어 있는 필러의 부식소견을 비교하였는데, 필러의 성분에 따라 각기 다른 양상이 관찰되었다고 하였다.

불소처리에 의한 필러의 반응은 본 연구의 결과에서도 필러의 성분에 따라 다르게 나타날 수 있는 것으로 확인되었다. 이와 같은 결과는 Kula 등³⁷⁾의 결과와도 일치하는 것으로서 zinc glass, barium boroaluminosilicate glass 그리고 boroaluminosilicate glass 가 불소에 의해 현저히 부식된다고 하였으며, strontium glass 의 경우는 필러의 내부에 부식소견이 나타났다고 하였다.

본 연구에서 사용한 세가지 표면처리 방법 이외에 Sogo 등³¹⁾과 Boyer 등²²⁾이 보고한 실란(silane)을 이용하는 방법이 있을 수 있다. 실란은 무기질과 유기질 사이에 화학적인 결합을 유도할 수 있으므로, 복합레진의 표면을 마모시켜서 필러가 노출되도록 한 뒤, 실란을 처리하고

새로운 레진을 결합시키면 두 재질간에 결합을 이룰 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

복합레진수복물을 수리할 때는 중합된 레진과 새로운 레진간의 결합강도가 충분하여야 한다. 본 연구의 목적은 레진간의 충분한 결합강도를 보이는 표면처리방법을 결정하기 위한 것이며, 화학중합형과 광중합형복합레진을 같은종류의 것으로 결합시킨 경우와 다른 종류의 것으로 결합시킨 경우를 실험하였다. 표면처리방법은 샌드블라스팅법, 산부식법, 그리고 접착제도포법이었고, 이 방법들을 단독으로 사용한 경우와 복합적으로 사용한 경우를 연구대상으로 하였다. 전단결합강도를 측정하고 전자현미경으로 표면변화를 관찰하고 또한 성분분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 복합레진의 재결합강도는 샌드블라스팅후 접착제를 도포하였을 때 가장 높았다.
2. 산부식만 행하였을 때 결합강도가 가장 낮았고, 표면처리방법에 산부식이 포함되는 경우의 결합강도는 산부식이 포함되지 않은 방법에 의해 얻어질 수 있는 결합강도에 비해 반드시 낮았다.
3. 접착제만 도포하여 주는 방법은 피착면이 화학중합형복합레진인 경우에는 결합강도를 증가시켰으나, 피착면이 광중합형복합레진인 경우 결합강도를 감소시켰다.
4. 화학중합형복합레진 피착면이 광중합형복합레진 피착면에 비해 다소 높은 결합강도를 보였으나, 통계적 의의는 없었다.
5. 샌드블라스팅이 산부식에 비하여 더욱 현저한 요철을 형성하였다.
6. 광중합 및 화학중합형복합레진에서 필러의 주 성분은 silicon 이었으며, 산부식에 의해 필러의 분리, 탈락 및 붕괴가 나타났고, 이러한 현상은 바륨 필러를 함유한 광중합형복합레진에서 현저하게 나타났다.

REFERENCES

1. Lambrechts, P., Vanherle, G., Vuylsteke, M., et al. : Quantitative evaluation of the wear resistance of posterior dental restorations : a new three-dimensional measuring technique, *J.Dent.*, 12 : 252-267, 1984.
2. Leinfelder, K.F., Sluder, T.B., Sockwell, C.L., Strickland, W.D., and Wall, J.T. : Clinical evaluation of composite resins as anterior and posterior restorative materials, *J.Prosthet.Dent.*, 33 : 407-416, 1975.
3. Fan, P.L., Powers, J.M., and Craig, R.G. : *In vitro* wear of microfilled and visible light cured composites, *J.Dent.Res.*, 58 : 2116-2119, 1979.
4. Kusy, R.P., and Leinfelder, K. : Pattern of wear in posterior composite restorations, *J.Dent.Res.*, 56 : 544-544, 1977.
5. Lambrechts, P., Aমেye, C., and Vanherle, G. : Conventional and microfilled composite resins. Part II : Chip fractures, *J.Prosthet.Dent.*, 48 : 527-538, 1982.
6. Hembree, J.H., and Taylor, T.J. : Marginal leakage of visible light-cured composite resin restorations, *J.Prosthet.Dent.*, 52 : 790- , 1984.
7. Wu, W., Cobb, E., Dermann, K., and Rupp, N.W. : Detecting margin leakage of dental composite restorations, *J.Biom.Mat.Res.*, 17 : 37-43, 1983.
8. Crumpler, D.C., Bayne, S.C., Sockwell, S., Brunson, D., and Roberson, T.M. : Bonding to resurfaced posterior composites, *Dent.Mater.*, 5 : 417-424, 1989.
9. Swift, E.J., LeValley, B.D., and Boyer, D.B. : Evaluation of new methods for composite repair, *Dent.Mater.*, 8 : 362-365, 1992.
10. Van Kerkhoven, H., Lambrechts, P., Van Beylen, M., Davidson, C.L., and Vanherle, G. : Unreacted methacrylate groups on the surfaces of composite resins, *J.Dent.Res.*, 61 : 791-796, 1982.
11. Gregory, W.A., Pounder, B., and Bakus, E. : Bond strengths of chemically dissimilar repaired composite resins, *J.Prosthet.Dent.*, 64 : 664-668, 1990.
12. Turner, C.W., and Meiers, J.C. : Repair of and aged, contaminated indirect composite resin with a direct, visible-light-cured composite resin, *Oper. Dent.*, 18 : 187-194, 1993.
13. Swift, E.J., Brodeur, C., Cvitko, E., and Pires, J.A.F. : Treatment of composite surfaces for indirect bonding, *Dent.Mater.*, 8 : 193-196, 1992.
14. Latta, M.A., and Barkmeier, W.W. : Bond strength of a resin cement to a cured composite inlay material, *J.Prosthet.Dent.*, 72 : 189-193, 1994.
15. Horn, H.R. : Porcelain laminate veneers bonded to etched enamel, *Dent.Clin.North Am.*, 27 : 671-684, 1983.
16. Lloyd, C.H., and Dhuru, V.B. : The effect of a commercial bonding agent upon the fracture toughness (K'_{IC}) of repaired heavily filled composite, *Dent.Mater.*, 1 : 83-85, 1985.
17. Eli, I., Weiss, E., Littner, M.M., and Drutman, M. : Sequentially light-cured composites strength of bond between layers, *J.Prosthet.Dent.* 56 : 158-161, 1986.
18. Eli, I., Liberman, R., Levi, N., and Haspel, Y. : Bond strength of joined posterior light-cured composites : comparison of surface treatments, *J. Prosthet. Dent.* 60 : 185-189, 1988.
19. Boyer, D.B., Chan, K.C., and Reinhardt, J.W. : Build up and repair of light cured composites bond strength, *J.Dent.Res.*, 63 : 1241-1244, 1984.
20. 정인교, 민병순, 최호영, 박상진 : 구치부용 Composite resin의 부분재수복시의 접착 강도에 관한 실험적 연구, *경희치대논문집*, 9 : 425-432, 1987.
21. Forsten, L., and Valiaho, M.L. : Transverse and bond strengths of restorative resins, *Acta Odontol Scand.*, 29 : 525-537, 1971.
22. Boyer, D.B., Chan, K.C., and Torney, D.L. : The strength of multilayer and repaired composite resin, *J.Prosthet.Dent.*, 39 : 63-68, 1978.
23. Lloyd, C.H., Baigrie, D.A., and Jeffrey, I.W. : The tensile strength of composite repairs, *J.Dent.*, 8 : 171-177, 1980.
24. Reisbick M.H., and Brodsky J.F. : Strength parameters of composite resins, *J. Prosthet.Dent.*, 26 : 178-185, 1971.
25. Lutz, F., Phillips, R.W., Roulet, J.F., and Setcos, J.C. : *In vivo* and *in vitro* wear of potential posterior composites. *J.Dent.Res.*, 63 : 914-920, 1984.
26. Ohtani, T., Maeda, Y., Enomoto, K., Sogo, M., Okada, M., Nokubi, T., and Okuno, Y. : Study on denture repair cases; part 1 survey on the resin denture base fractures, *J.Jpn.Prostodont.Soc.*, 35

- : 977-982, 1991.
27. Chalkley, Y., and Chan, D.C.N. : Microleakage between light cured composites and repairs, *J.Prosthet.Dent.*, 56 : 441-444, 1986.
 28. Ruyter, I.E. : Unpolymerised surface layers on sealants, *Acta.Odontol.Scand.*, 39 : 27-32, 1981.
 29. Asmussen, E. : Factors affecting the quantity of remaining double bonds in restorative resin polymers, *Scand.J.Dent.Res.*, 90 : 490-496, 1982.
 30. Ferracane, J.L. : Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins, *Dent.Mater.*, 1 : 11-14, 1985.
 31. Sogo, M., Okada, M., Seya, N., Maeda, Y., Nokubi, T., Okuno, Y., and Tsutsumi, S. : Effective treatment method for repairing damaged surface of hard type acrylic denture teeth with light curing composite resin, *J.Jpn.Prostodont.Soc.*, 34 : 1039-1043, 1990.
 32. Harashima, I., Nakabayashi, N., and Hirasawa, T. : Aspects on resin-to-resin bonding, *Adhesiv.Dent.*, 11 : 156-164, 1993.
 33. Chan, K.C., and Boyer, D.B. : Repair of conventional and microfilled composite resins, *J.Prosthet.Dent.*, 50 : 345-350, 1983.
 34. Stangel, I., Nathanson, D., and Hsu, C.S. : Shear strength of the composite bond to etched porcelain, *J.Dent.Res.*, 66 : 1460-1465, 1987.
 35. Lacy, A.M., Laluz, J., Watanabe, L.G., and Dellinges, M. : Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite, *J.Prosthet.Dent.*, 60 : 288-291, 1988.
 36. Kula, K., Nelson, S., and Thompson, V. : In vitro effect of APF gel on three composite resins, *J.Dent.Res.*, 62 : 846-849, 1983.
 37. Kula, K., Nelson, S., Kula, T., Van Thompson, : In vitro effect of acidulated phosphate fluoride gel on the surface of composites with different filler particles, *J.Prosthet.Dent.* 56 : 161-169, 1986.
 38. Bowen, R.L., and Cleek, G.W. : A new series of X-ray-opaque reinforcing fillers for composite materials, *J.Dent.Res.*, 51 : 177-182, 1972.
 39. Yaffe, A., and Zalkind, M. : The effect of topical application of fluoride on composite resin restorations, *J.Prosthet.Dent.*, 45 : 59-62, 1981.
 40. Kula, K., Thompson, V., Kula, T., Nelson, S., Selvaggi, R. : In vitro effect of topical fluorides on sealant materials, *J.Esthetic Dent.*, 4 : 121-127, 1992.