

유지형태와 접착제 종류에 따른 수지 접착형 수복물과 법랑질간의 전단결합강도 및 파절양상에 관한 연구

서울대학교 치과대학 치과보철학교실

趙美淑 · 梁在鎬

I. 서론

결손치 수복을 위한 통상적인 가공의치 제작방법은 인접 자연치의 건전치질을 삭제하는 비가역적인 방법으로 치수에 미치는 생물학적인 문제점^(23, 53)과 시술과 정중 환자가 많은 불편을 겪는 단점을 가지고 있다.

최근 광범위하게 이용되는 수지 접착형 수복물은 보다 보존적인 술식으로 치질삭제량이 적고, 치료기간이 짧으며, 심미적으로 우수하기 때문에 전치부 수복에 많이 이용되고 있으나^(3, 18, 23, 58), 법랑질 표면을 부식시켜 접착성 레진으로 접착하기 때문에 유지력의 결여, 균일한 부식조건 부여의 곤란⁽²¹⁾, 레진의 노출에 의한 마모 및 우식⁽⁶⁾ 등이 문제점으로 지적되고 있다.

1995년 Bounocore⁽⁷⁾가 85% 인산으로 법랑질을 부식시켜 레진과 법랑질을 부식시켜 레진과 법랑질의 결합을 시도한 이래 1965년 Bewen⁽⁵⁾에 의해 BIS-GMA를 포함한 복합레진이 소개되어 치질에 대한 레진의 결합력을 증가시키기 위한 노력이 계속되어 왔다. 1973년 Rochette⁽³⁵⁾이 치주고정을 위해 사용한 거대 유지 구조인 perforated retainer는 구강내에 노출된 레진의 마모와 파절, 금속구조물의 두께부족으로 인한 파절등의 결점이 있어 금속면에서 미세 유지구조를 얻기 위한 연구가 시작되었다.

80년대에 들어오면서 Thompson⁽⁴⁸⁾과 Livaditis⁽²⁸⁾ 등이 전기화학적 식각에 의해 금속면의 micro pore로부터 기계적인 유지를 얻어 레진과의 결합력을 증진시킬 수 있음을 보고함에 따라 수지접착형 수복물은 많은 발전을 보게 되었다.

그 후 전기화학적 식각법의 결합력에 관한 연구^(2, 48-52)와 임상적 연구⁽²⁸⁻³⁰⁾가 계속되었으나, 전기화학적 식각법의 불편함과 단점을 극복하기 위한 새로운 유지구조의 필요를 느끼게 되었다.

1984년 Moon과 Hudgins^(24, 33, 34) 등은 sieved salt를 이용해 금속면에 미세 유지구조를 얻었으며, Mohsen⁽³²⁾ 등은 mesh-work형태의 Duralingual을 사용하여 cast-mesh technique의 편리함과 우수한 결합력을 보고한 바 있다. 그 후로도 금속과 레진의 결합력을 증가시키기 위하여 비금속 합금의 표면을 처리하기 위한 여러가지 방법이 소개되었는데, 1986년 Tanaka⁽⁴⁴⁾ 등은 산화용액으로 처리하여 레진결합에 필요한 산화막을 형성할 수 있다고 하였으며, 또한 양극산화 처리법을 이용한 EZ-OXIZOR를 개발하였다.

이러한 비귀금속 합금을 이용한 수지 접착형 수복물은 식각된 금속면의 반사에 의해 갈색이나 어두운 청색의 절단부 변색^(29, 60)을 야기시켜 심미성을 손상시키는 단점외에도 구조성의 저하, 제한된 금속면 처리방

법⁽⁴³⁾, 생체 친화성 부족⁽⁵³⁾ 등 여러가지 문제점이 있어 금합금을 수지 접착형 수복물에 이용할 수 있는 방법들이 연구되기 시작했다. Tanake등이 소개한 표면 열처리법⁽⁴⁶⁾, Yamashita⁽⁶¹⁻⁶²⁾ 등이 발표한 주석 전석법, 이온 방전을 이용한 이온 도금법 등이 금합금을 사용하는 방법들이다.

다른 접착제에 비해 레진 접착제는 열팽창계수가 크므로 법랑질과 레진접착제 사이의 결합강도 측정시 구강환경과 유사한 조건으로 온도변화를 가하는 것은 큰 의의가 있다고 보여진다.

Thermocycling은 구강상태와 유사한 조건아래 수복물을 위치시킨 다음 구강내에서 볼 수 있는 한계적 온냉의 상태를 모방하여 수복물과 치아 및 수복물에 입자간의 열팽창계수의 차이로 인한 재료의 물성변화를 평가하는 방법이다.

이에 본 연구에서는 Oxy-Etch 식각기에 의한 전기 화학적 식각법, Kura-Ace tin plater를 이용한 주석 전석법, 납형조각시 sieved salt를 이용하는 salt 처리법, mesh-pattern을 mesh처리법 등 4가지 방법으로 표면처리한 금속 시편을 제작하여 4-META 함유 레진 접착제인 Superbond C&B와 인산 에스텔계 레진 접착제인 Panavia EX로 접착하여 만능시험기로 전단 결합강도를 비교측정하고, 주사전자 현미경을 이용하여 파절양상을 관찰한 결과 다소의 지점을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

치아는 발거 즉시 생리적 식염수에 보관된 상하악 영구치 80개를 이용하였고, 치아의 부식은 37%인산용액으로 1분간 시행하였다. 금속은 Ni-Cr계합금인 Verabond(Alba Dent Inc.)와 도재 소부용 귀금속 합금인 PG-S(Hankuk Engelhard Corp.)를 사용하였고, 레진 접착제는 인산 에스텔계 레진 접착제인 Panavia EX(Kuraly Co, Kyoto, Japan)와 4-META계 레진 접착제인 Superbond C&B(Sun-Medical Co.Ltd., Kyoto, Japan)를 사용하였다.

2. 연구방법

(1) 시편제작

1) 치아 시편

치과용 고속 절삭 bur로 건전한 치아의 치근을 절단한 후 법랑질 표면에 직경 약4mm의 평활면이 노출되도록 순면을 electric-polisher(Polimet Polisher, Beuheler Ltd.)에 #240 grit의 SiC 연마지를 부착하여 연마하였다. 이 치아를 레진 block 제작용 장치를 이용하여 레진 block을 제작하였다(Fig.1). 일정한 높이가 되도록 저속 다이아몬드 휠 절단기(Beuhler Ltd.)로 절단하였으며, 표면 연마용 시편 고정장치에 순면이 노출되도록 부착한 후 # 320, 400, 600 grit의 SiC 연마지로 연마하였다. 이어 1 μ m alumina(Beuhler Ltd.)로 연마한 후 연마된 시편을 증류수에서 10분간 초음파 세척한 후 건조시켰다.

2) 금속시편

① 전기화학적 식각군

4mm의 직경을 가진 금속 주형(Fig. 2)내로 인레이 왁스(Shofu Co., Japan)를 주입해 납형을 제작하였다. 고온 인산염 결합 매물체인 Hi-Temp 2.(Whip Mix Corp., Louisville, Kentucky, U.S.A.)에 매몰한 후 120분간 실온에서 경화시키고 제조회사의 지시대로 소환하여 고주파 주조기(Yoshida, Co., Japan)를 이용하여 Verabond로 주조하였다. 주조체의 금속피착면을 평평하게 유지하기 위해 산화알루미늄으로 분사 처리한 후, #200, #400, #800, #1200 SiC 연마지로 연마하였다.

Oxy-Etch 식각기(Oxy dental products, Inc., Hillside, New Jersey, U.S.A.)(Fig. 3.)를 사용해 10% 황산액에서 300mA/cm²의 전류로 3분간 식각처리한 후, 18% 염색액에 10분간 초음파 세척해 증류수에 수세하여 건조시켰다.

② 주석 전석군

금속 주형내로 인레이 왁스를 주입하여 제작한 납형을 Biovest(Dentsply Co., U.S.A.)로 매몰한 후 PG-S 금속으로 주조하였다. 금속 피착면을 평평하게 위해 전기화학적 식각처리군과 동일한 연마과정을 거쳤다.

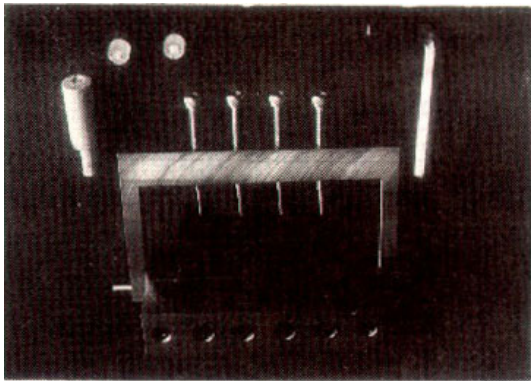


Fig. 1. Metal device for teeth-resin block

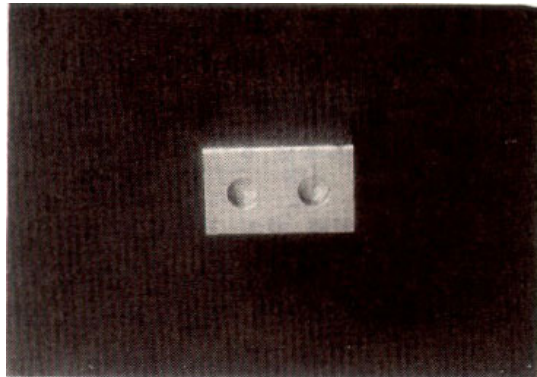


Fig. 2. Metal mold for wax pattern

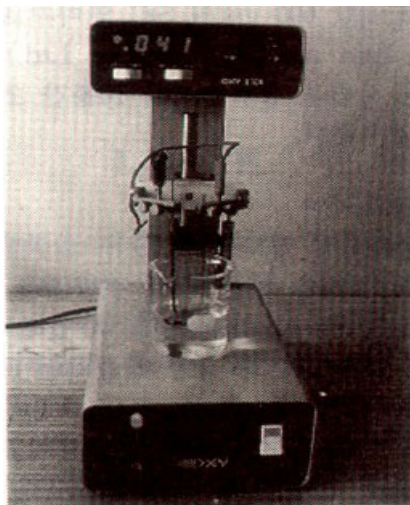


Fig. 3. Oxy-Etch



Fig. 4. Kura-Ace

Kura-Ace(Kuralay Co., Ltd., Osaka, Japan)(Fig.4) 장치의 제어부, 전석대, 핀셋 전극을 접속시킨 후, 금속시편을 수세용기에 넣어 1분간 세척하였다. 핀셋 전극을 사용해 피전석물을 잡고 전석액중에 담그고 15초간 전석을 실시했다.

③ Salt 처리군

금속 주형의 바닥에 No.1 sable brush로 Duralay lubricant(Reliance Dental Mfg. Co., Worth, III.)를 sieved salt(U.S standard sieve series, Humboldt Mfg. Co., Chicago, III.)(Fig. 5)를 뿌리고 조심스럽게 털어내어 salt가 한 겹만 덮이도록 주의하였다. 약 12-18 인치의 거리에서 model spray(J.F.Jelenko and

co., Armonk, N.Y.)를 뿌려주어 monomer에 충분히 적신후 Duralay powder를 찍어서 salt위에 발랐다. 완성된 시편을 제거하여 micropencil로 2-3초간 blasting한 후 60 μ m크기의 alumina로 blasting을 행하였다. salt를 녹여내기 위해 tap water로 수세한 후 건조시켰다. microscope로 표면을 관찰하여 필요한 경우는 추가로 blasting을 시행하는데 overblasting은 salt에 의해 형성된 표면조도를 감소시키므로 주의하였다. Duralay의 높은 표면장력을 해소하기 위해 isopropyl alcohol과 물을 동량 섞어서 표면에 발라 주었다. Hi-Temp 2.로 매몰하여 Verabond로 주조하였다.

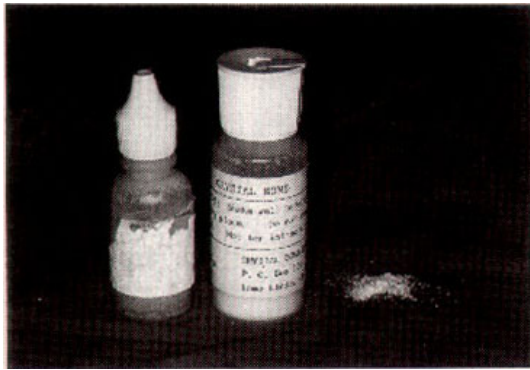


Fig. 5. Sieved salt and model spray

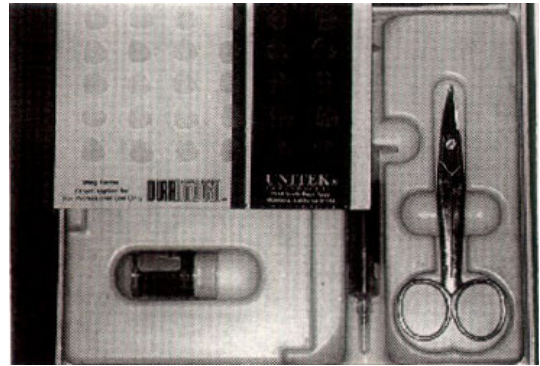


Fig. 6. Duralingual mesh pattern

Table. 1. Experimental condition

Group	Alloy	Treatment method	Cementing resin
1. El-P	Verabond	Electrochemical etching	Panavia EX
2. El-S	Verabond	Electrochemical etching	Superbond C&B
3. Sa-P	Verabond	Sieved salt treatment	Panavia EX
4. Sa-S	Verabond	Sieved salt treatment	Superbond C&B
5. Me-P	Verabond	Cast-mesh pattern	Panavia EX
6. Me-S	Verabond	Cast-mesh pattern	Superbond C&B
7. Sn-P	PG-S	Kura-Ace	Panavia EX
8. Sn-S	PG-S	Kura-Ace	Superbond C&B

El, electrochemical etching ; Sn, tin-plating (Kura-Ace) ; Sa, salt treatment ; Me, mesh treatment ; P, Panavia EX ; S, Superbond C&B.

④ Mesh 처리군

금속 주형내로 인레이 왁스를 주입하여 제작한 납형을 꺼내어 한 면에 Duralingual mesh pattern(Duralingual., Unitek corp., Morovia, Calif.)(Fig. 6)을 붙인후 Hi-Temp 2.에 매몰하여 Verabond로 주조하였다. 60 μ m 크기의 alumina로 blasting을 시행한 후 18% 염산액에 침지하고 15분간 초음파 세척을 한뒤 수세하여 건조하였다.

4가지 금속 피착면 처리군을 각각 Panavia EX와 Superbond C&B로 접착하여 8개 군으로 나누고 (Table. 1), 각 군의 시편 수는 10개로 총 80개를 제작하였다. 전기화학적 식각군은 El, 주석 전석군은 Sn,

salt 처리군은 Sa, mesh 처리군은 Me로 표시하였으며, Panavia EX는 P, Superbond C&B는 S로 표시하였다.

3) 경도 측정용 레진 시편

Thermocycling에 따른 레진 접착제의 경도변화를 측정하기 위해 금속 주형을 이용해 레진시편을 제작하였다. 레진의 표면을 #400, #600 grit의 SiC 연마지로 연마한 다음 1 μ m 알루미늄으로 최종 연마하였으며, 증류수에서 초음파 세척하여 건조시킨후 1000회의 thermocycling을 시행하였다.

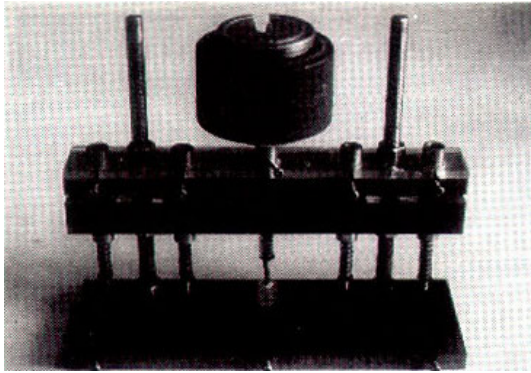


Fig. 7. Metal for metal-resin bonding

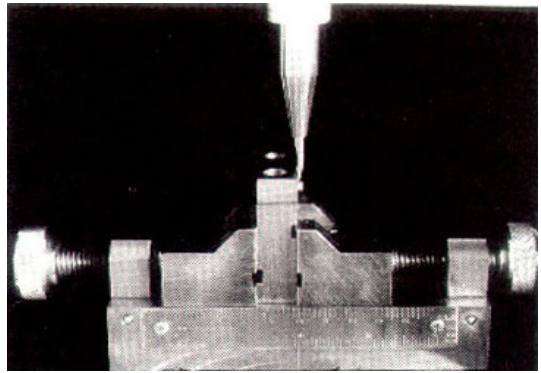


Fig. 8. Universal testing machine(instron)

(2) 금속시편의 접착

전단결합강도 측정을 위한 금속시편과 범랑질간의 접착을 위해 접착용 장치(Fig. 7)를 제작하였고, 10kg의 sspring 압력을 가하여 시편을 접착하였다. 두가지 레진 접착제의 혼합은 각각 제조자의 지시에 따랐다. 접착제 교반 시작 10분 이후 37℃의 생리적 식염수에 넣고 24시간 방치하였다. Thermocycling은 24 시간 후 시행하였다.

(3) 전단결합강도의 측정

Thermocycling은 5℃와 55℃에서 계류시간 15초, 배수후 계류시간 15초의 조건으로 1000회 시행하였다. 시편을 만능시험기(Instron Model 1125)(Fig. 8)에 고정후 chart speed 20 mm/min로 전단결합강도를 측정하였다.

(4) 주사전자 현미경 관찰

금속의 처리에 따른 피착면의 상태와 레진 접착후 접착계면의 양상을 살펴보기 위해 low speed wheel cutter(Isomet Low Speed Saw,Beuhler LTD)(Fig. 9)를 이용하여 접착면의 중앙부를 절단한 후 레진과의 경계면을 광학 현미경과 주사전자 현미경(JSM-T2000)으로 관찰하였다.

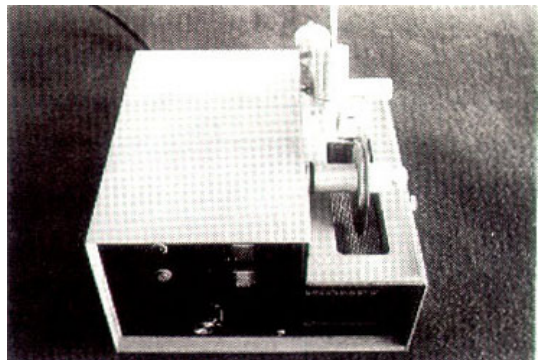


Fig. 9. Isomet Low Speed saw

III. 연구성적

1. 전단결합강도

피착면 처리방법과 접착제 종류에 따른 8군간의 전단결합강도 차이를 알아보기 위하여 Turkey's Student range Test와 Duncan's multiple Range Test를 실시하였다. 각 군의 전단결합강도를 측정후 결과는 Table 2, Fig. 10과 같다.

Thermocycling 시행 후의 전단결합강도를 비교한 결과 주석 전석군은 $p < 0.01$ 에서, salt 처리군은 $p < 0.05$ 에서 Panavia EX가 Superbond C&B보다 컸다.

Panavia EX로 접착한 네 군의 전단결합강도를 비교한 결과(Table 3), 주석 전석군과 전기화학적 식각군

Table. 2. Shear bond strength(MPa) before and after thermocycling

Thermocycling	Before	After	Before	After
Sn	25,17 (1,93)	27,26 (5,97)	18,55 (4,07)	18,23 (7,50)
El	26,89 (3,23)	26,25 (3,98)	32,12 (2,52)	23,03 (1,93)
Sa	--	20,20 (1,70)	--	14,25 (1,61)
Me	--	15,97 (5,07)	--	14,62 (3,22)

El, electrochemical etching ; Sn, tin-plating ; Sa, salt treatment ; Me, mesh treatment.

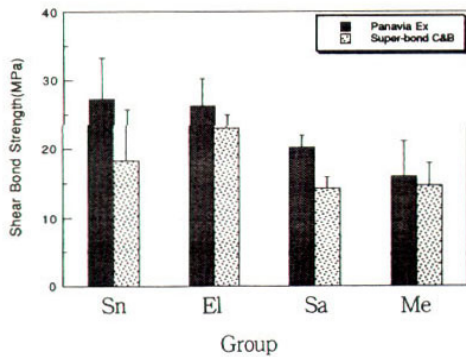


Fig. 10. Shear bond strength(Mpa) of each group after thermocycling.(El, electrochemical etching;Sn, tin-plating; Sa, salt treatment;Me, mesh treatment.)

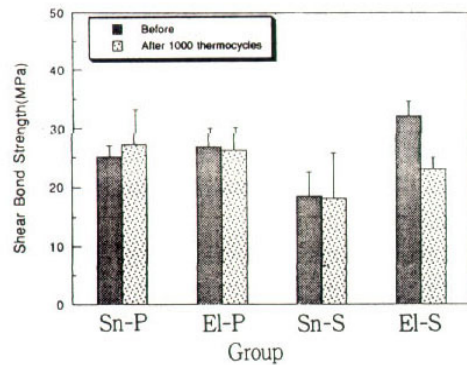


Fig. 11. Comparison of shear bond strength(Mpa) before and after thermocycling.(El, electrochemical etching;Sn, tin-plating; Sa, salt treatment;Me, mesh treatment; P, Panavia EX;S, Superbond C&B)

Table. 3. Shear bond strength(MPa) of Panavia EX-bonding groups after thermocycling

Group	Shear bond strength(MPa)	Turkey grouping
Sn	27,26 (5,97)	A
El	26,25 (3,98)	A
Sa	20,20 (1,70)	B
Me	15,97 (5,07)	B

El, electrochemical etching ; Sn, tin-plating ; Sa, salt treatment ; Me, mesh treatment.

Table. 4. Shear bond strength(MPa) of Superbond C&B-bonding groups after thermocycling

Group	Shear bond strength(MPa)	Turkey grouping
El	23,03 (1,93)	A
Sn	18,23 (7,50)	A B
Sa	14,25 (1,61)	B
Me	14,62 (3,22)	B

El, electrochemical etching ; Sn, tin-plating ; Sa, salt treatment ; Me, mesh treatment.

Table. 5. Knoop hardness number(kg/mm²) of resin-cement before and after thermocycling.

Material	Before	After
Panavia EX	54.05 (3.64)	18.28 (2.87)
Superbond C&B	9.32 (0.40)	11.26 (0.73)

이 salt 처리군과 mesh 처리군보다 컸다.($p < 0.05$).

Superbond C&B로 접착한 네 군의 전단결합강도를 비교한 결과(Table 4), 전기화학적 식각군만이 salt 처리군과 mesh 처리군보다 컸다($p < 0.05$).

주석 전석군과 전기화학적 식각군의 전단결합 강도를 thermocycling 시행 전후로 비교한 결과(Fig. 11), Panavia EX로 접착한 주석 전석군을 제외한 모든 군에서 thermocycling 시행 후 강도가 감소하였다.

그러나 Superbond C&B로 접착한 전기화학적 식각군만이 thermocycling 시행 전 32.12 MPa에서 thermocycling 시행 후 23.03 MPa로 통계적으로 유의한 감소를 보였다($p < 0.01$).

2. 레진 경도실험

연구에 사용된 레진 접착제인 Panavia EX와 Superbond C&B의 물성이 thermocycling 전후로 변화하는 양상을 평가하기 위해 표면연마된 복합레진시편을 5℃와 55℃에서 계류시간 15초의 조건으로 thermocycling을 시행한 후, Panavia EX 50g, Superbond C&B 10g의 압입하중을 가하여 Knoop hardness number를 측정된 결과 Table 5와 Fig.12와 같다.

Thermocycling 시행 전과 후 모두에서 Panavia EX와 Superbond C&B의 경도에 차이가 있었으며($p < 0.01$), thermocycling 시행 후 Panavia EX는 경도가 감소하였고, Superbond C&B는 경도가 증가하였다($p < 0.01$).

Knoop cone을 형성하여 광학현미경으로 관찰한 결과, thermocycling을 시행하기 전 표면연마된 Panavia EX 시편에서는 평활한 레진면에 연마된 filler들이 관찰되고 있으나, thermocycling을 시행한 시편에서는 표면층 레진의 균열과 미세한 소공 및

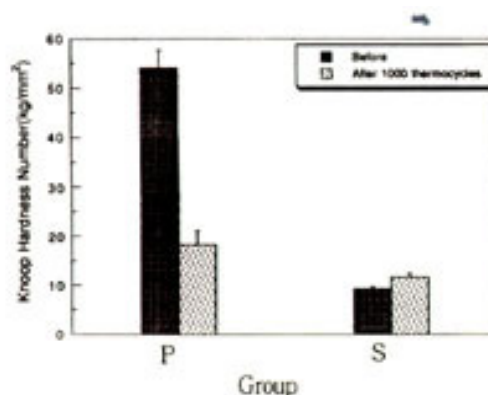


Fig. 12. Knoop hardness number(kg/mm²) of resin-cement before and after thermocycling.(P, Panavia EX;S, Superbond C&B)

filler들이 돌출된 양상이 관찰되었으며, 또한 Knoop cone의 크기로 미루어보아 표면층에서 경도가 저하되었음을 알 수 있다.

Superbond C&B의 경우는 thermocycling을 시행하기 전에 비해 thermocycling을 시행한 후 평활한 연마면과 경도가 증가된 양상이 관찰되었다.

3. 파절양상과 주사전자 현미경 소견

전단결합강도 측정 후 금속표면과 치아면을 stereoscope로 관찰한 다음, 파절영역의 크기에 따라 법랑질과 레진 계면의 파절(E/R), 레진과 금속 계면의 파절(R/M), 레진과 합금의 계면에서 시작된 균열이 법랑질과 법랑질과 레진의 계면으로 이동하며 파절되는 복합파절(E/R/M) 및 법랑질 파절로 분류한 결과가 Table 6과 같다.

Thermocycling 시행 전 Panavia EX 접착군은 법랑질에서 파절이 높았으며, Superbond C&B 접착군은 주석 전석군에서는 레진과 합금 계면의 높은 파절(R/M)양상을 보였고, 전기화학적 식각군에서는 금속과 레진간에 화학적 결합을 이루므로 법랑질과 레진 계면(E/R)이나 법랑질의 높은 파절양상을 보였다. Thermocycling 시행 후 Panavia EX 접착군은 레진과 합금의 계면에서 시작된 균열이 법랑질과 법랑질과 레진의 계면으로 이동되며 파절되는 복합 파절양상이

Table. 6. The location of bond failure of each group before and after thermocycling

Group	E/R	R/M	E/R/M	Enamel Fr.	Sum
Sn-P(C)	2			3	5
Sn-P		1	6	2	9
El-P(C)	3			5	8
El-P	1	2	4	2	9
Sa-P	1		8		9
Me-P	6	3			9
Sn-S(C)		4		1	5
Sn-S		6	3		9
El-S(C)	4		1	3	8
El-S		8	1		9
Sa-S		8	1		9
Me-S		9			9

Sn, tin-plating ; El, electrochemical etching ; Sa, salt treatment ; Me, mesh treatment ;
P, Panavia EX ; S, Superbond C&B ; C, Control

가장 높게 나타났으며, 기계적 유지군중 salt 처리군은 복합 파절양상을 보였으나, mesh 처리군은 법랑질과 레진의 계면에서 높은 단순 파절양상을 보였다.

반면에 Superbond C&B 접착군은 거의 모든군에서 합금과 레진의 계면에서 높은 파절양상을 보였는데, 법랑질과 레진의 계면에 비해 레진과 합금의 계면에서 상대적으로 열팽창율의 차이가 많이 나므로 레진과 합금간 계면에서 미세균열이 전파되어 이러한 파절양상을 보였다(Fig. 13-Fig. 21).

레진과 합금 경계면의 주사전자 현미경 소견은 전기화학적 식각군의 표면에서 가장 뚜렷한 미세 요철구조를 가진 산화층을 관찰할 수 있었고, Panavia EX의 경우 bonding agent의 침착층과 레진 입자의 interlocking에 의한 기계적 결합현상을 보였으며 식각된 면의 요철부에서 미세한 와동과 crack이 발견되었다.

Mesh 처리군과 salt 처리군에서는 식각군과 달리 거대 유지구조를 가지므로 미세 요철구조에 의한 기계적 결합은 적게 나타났다(Fig. 22-Fig. 29).

금속표면의 면처리에 따른 주사전자 현미경 소견을 보면, 전기화학적 식각군은 수지상 결정구조 사이에서 대부분의 조직상실과 미세한 공정조직을 관찰할 수 있

었고, 수지상 결정구조 내에서는 석출상인 gamma prime 상이 상실되어 있었다. 주석 전석군은 식각된 주석 입자들이 전석되어 있는 것을 보여주고 있다(Fig. 30-Fig. 33).

IV. 총괄 및 고안

법랑질의 외형을 수정하는 정도의 치질삭제로 결손치를 수복하는 수지 접착형 수복물의 발달은 치과보철학 역사의 전기를 이룩하였다. 특히 Thompson⁽⁴⁹⁾이 전기화학적 식각법을 도입하면서 레진과 금속간의 결합력이 크게 개선되었으며, 그의 실험결과에 따르면 약 Mpa 정도로써 이값은 레진과 법랑질간의 결합력과 비교하여 거의 두 배에 달하는 것이었다. 그 이후 전기화학적 식각법의 결합력에 관한 많은 연구가 이루어졌고 임상적 사용도 활발히 이루어지게 되었다. 그러나 이 전기화학적 식각법은 식각과정의 번거로움이나 장비가 필요하다는 불편함은 접어두더라도 두가지의 결정적인 문제점^(13, 14, 21)을 노출시켰는데, 그것은 비금속 합금에만 사용이 제한된다는 점과 식각결과가 아주 technique-sensitive⁽⁴¹⁾하다는 점이다.

Livaditis⁽³⁰⁾가 실험한 바에 의하면, 전기화학적 식각법의 평균 결합력은 약 16.0 MPa±6.9 정도로 높은 결합력을 보였으며 실제 임상에서도 충분한 결합력을 보이는 것으로 나타났으나 반면에 평균결합력의 표준 편차 역사 크게 나타나 식각효과가 일정하지 않음을 반증해 주고 있다.

Sloan⁽⁴¹⁾이 실제로 여러 치과기공소에 시편을 보낸 후 식각결과를 비교해 본 결과 기공소에 따라 식각결과에 차이가 많은 것으로 나타났다. 또한 Zidan⁽⁶⁴⁾은 전기화학적 식각법에 사용하는 8가지 비금속의 식각결과를 비교해 본 결과 각 금속의 식각결과에서 유의한 차이를 얻었으며, 그중 Rexillum III가 가장 뚜렷하고 분명한 식각상태를 나타냈다고 보고하였다.

이러한 전기화학적 식각법의 단점을 보완하기 위하여 80년대 들어와 두 개의 대안이 제기되었는데, salt crystal을 이용하는 방법^(33, 34)과 mesh-pattern을 이용하는 방법⁽³²⁾이 그것이다. Salt crystal을 이용하는 방법은 전기화학적 식각법에 비해 덜 technique-sensitive하고 면의 처리결과를 육안으로 쉽게 평가할 수 있다는 장점이 있으며, 가장 중요한 점은 Pd-Co 합금을 비롯한 모든 치과용 합금을 사용할 수 있다는 것이다⁽³⁴⁾.

Moon⁽³¹⁾의 실험결과에 따르면 이 방법은 임상에 필요한 충분한 유지력을 가지며 가장 큰 결합력을 발휘하는 salt의 크기는 149-250 μm ⁽³³⁾으로 나타났다. 그러나 그의 주장과는 달리 주조후 금속면의 상태는 매우 불규칙하고 오히려 전기화학적 식각법에 비해 더 technique-sensitive한 결과를 보였다.

실제로 본 연구에서 저자가 느낀 문제점은 salt를 한 겹으로만 균일하게 뿌린다는 것이 상당히 어려우며, 또한 각 시편마다 균일한 결과를 얻게끔 뿌리기는 더욱 어려워 전기화학적 식각법이 가지는 단점인 일정치 못한 식각결과 만큼이나 이것 역시 유지가 일정하지 않은 금속 피착면을 형성한다는 것이었다.

이러한 단점을 보완하기 위해 woven screen wire 형태의 mesh-pattern을 이용하여 주조하는 방법이 소개되었는데⁽³²⁾, 이 pattern은 아주 규칙적인 작은 undercut들을 가짐으로써 접착제와 매우 훌륭한 기계적인 결합을 나타내며, 이 방법 역시 모든 치과용 금속

에 사용이 가능하다는 장점을 가진다고 하였다⁽¹⁵⁾. 본 연구를 통하여 볼 때 이 방법이 salt 이용법에 비하면 기성품의 mesh pattern을 사용함으로써 균일한 금속 피착면을 얻는다는 문제점은 해결하였으나, 결합강도는 금속면에서 화학적 결합을 얻는 전기화학적 식각법이나 주석 전석법에 비해 떨어짐을 알 수 있다.

이러한 수지 접착형 수복물들은 많은 장점을 가지면서도 불구하고 실제 임상에서 몇가지 심미적인 문제점을 나타내고 있는데, 그 중 하나가 절단부의 범랑질을 통한 투시에 의해 변색이 일어나며 특히 범랑질의 두께가 얇은 하악 전치부에서 심미적인 문제를 일으킨다는 점이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 식각후 은색이 나타나는 합금 또는 금합금을 선택하거나 opaque resin⁽²⁶⁾을 사용하기도 하며, Livaditis는 금도금을 응용하는 방법을 보고하였다. 본 실험에서는 금합금에 Yamahita등이 소개한 주석 전석법⁽⁵⁵⁻⁵⁶⁾을 사용하여 보았다.

Thermocycling을 시행한 후 전단결합강도를 측정 한 결과, Panavia EX 접착군 중에서는 주석 전석군이, Superbond C&B 접착군 중에서는 전기화학적 식각군이 가장 큰 전단결합강도를 보인 것으로 나타났다. 또한 두 접착군 모두 mesh 처리군이나 salt 처리군과 같은 기계적 유지군의 전단결합강도에 비해 통계적으로 유의하게 큰 값을 보였다. 이는 산부식 처리나 주석 전석에 의해 미세한 요철구조가 형성되어 레진 접착제와 결합할 수 있는 표면적이 크게 증대되었기 때문으로 생각된다.

본 연구에서는 주석 전석법이 27.26 Mpa, 전기화학적 식각법이 26.25 MPa로써 주석 전석법이 약간은 크게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었으며, 이는 Creuger등이 결과⁽¹⁰⁻¹¹⁾와도 일치 한다. Creuper는 주석으로 금속표면을 전석함으로써 오히려 표면의 microporosity가 감소되어 비금속을 sandblasting한 것보다 결합력이 떨어진다고 하였으며, sandblasting한 것보다 결합력이 떨어진다고 하였으며, silicoating 법에 비하면 전단결합 강도가 절반밖에 안되는 수준이라고 하였다.

그러나 Gate⁽²⁰⁾ 등은 주석 전석법이 비금속에 sandblasting하는 방법과 같은 수준의 결합력을 보인

다고 하였으며, 1 μ m 크기의 주석 입자가 금속표면에 도포되어 이것이 미세유지구조와 아울러 화학적 결합을 유도하는 것이며 주석 전석으로 생성되는 산화층은 마치 도재소성에 의해 형성되는 산화층과 같다고 하였다. Gate는 같은 주석 전석법을 사용하더라도 Pd-noble alloy에 Micro-Tin tin plater를 이용하는 것이 가장 결합력이 떨어진다고 하였다.

본 연구에서도 주사전자 현미경으로 관찰시 금합금 표면에서 주석 입자가 금속표면에서 미세한 유지면을 형성하고 있음을 관찰할 수 있었다.

Watanabe⁽⁵⁴⁾에 의하면 금합금을 사용하는 경우, sandblasting만 하는 것보다 주석 전석을 같이 하는 것이 전단결합강도가 훨씬 크다고 하였으며, 또한 Ni-Cr계 합금에 전기화학적 식각법을 사용하는 것보다 훨씬 전단결합강도가 크다고 하였다.

본 연구에서도 thermocycling 시행 전 각 군의 전단결합강도를 비교한 결과, Superbond C&B로 접착한 전기화학적 식각군이 $p < 0.01$ 에서 가장 큰 값을 보였다. Watanabe는 thermocycling을 시행하지 않고 전단결합강도를 측정할 실험에서 주석 전석법의 경우, Panavia EX의 전단결합강도가 1.88kg/mm²으로써 Superbond C&B의 전단결합강도가 2.60kg/mm²으로써 Superbond C&B가 2.80kg/mm²으로써 Superbond C&B의 전단결합강도가 크긴 하지만 통계적으로 유의한 차이는 없다고 하였다.

정⁽⁶⁹⁾은 그의 연구에서 주석 전석법의 경우, 두 접착제 간에 유의한 전단결합강도의 차이는 없는 것으로 보고하였다. 본 연구에서는 thermocycling을 시행한 후에는 전기화학적 식각군을 제외한 모든 군에서 Panavia EX의 전단결합강도가 Superbond C&B의 전단결합강도보다 큰 것으로 나타났다.

특히 주석 전석군의 경우, Panavia EX가 27.26Mpa, Superbond C&Brk 18.23 MPa로써 Panavia EX의 전단결합강도가 훨씬 큰 것으로 나타났다. 그러나 thermocycling을 시행하지 않고 37 $^{\circ}$ C 증류수에 24시간 보관한 후 전단결합강도를 비교한 결과는 Superbond C&B로 접착한 전기화학적 식각군이 32.12 Mpa로써 Panavia EX로 접착한 전기화학적 식각군의 26.89 MPa보다 전단결합강도가 큰 것으로 나

타났다.

Superbond C&B로 접착한 전기화학적 식각군이 가장 큰 전단결합가오도를 보인 것은 Panavia EX가 filler를 포함하므로 젖음성(wettability)이 떨어지는데 반해, Superbond C&B의 경우 filler가 없어 젖음성이 상대적으로 우수하여 전기화학적 식각에 의해 형성된 미세유지구조와의 강력한 결합이 가능했기 때문으로 보인다.

Thermocycling에 따른 전단결합강도의 변화를 보기 위해 1000회의 thermocycling시행 전후로 전단결합강도를 비교해 본 결과, Panavia EX로 접착한 군에서는 thermocycling시행 전후에 전단결합강도에 유의한 차이가 없었으나, Superbond C&B로 접착한 군은 전기 화학적 식각군에 전단결합강도가 32.12MPa에서 23.03MPa로 유의하게 감소하였다. Panavia EX 접착군이 전단결합강도에 유의한 차이가 없는 것은 접착제내에 filler를 다량 포함하므로 열응력이 반복적으로 작용하는 동안에 상대적으로 열팽창이 크지 않고, 오히려 미반 응 레진의 중합이 촉진되어 결합강도가 감소하지 않았다고 생각도니다⁽⁶⁵⁾ 주석 전석군의 경우는 thermocycling 시행 전 25.17 MPa에서 thermocycling 시행 후 27.26 MPa로 오히려 약간 증가한 것으로 나타났다.

반면에 Superbond C&B는 filler가 포함되지 않아 상대적으로 열팽창율이 크기 때문에 주석 전석군과 같이 열팽창율이 큰 금합금을 사용한 경우는 열팽창과 수축의 차이가 적게 나서 전단결합강도가 thermocycling에 의해 유의한 차이를 보이지 않았으나, Verabond 금속을 사용한 전기화학적 식각군에서는 금속과 레진간에 상대적으로 열팽창과 수축의 차이가 크기 때문에 금속의 접착제면에 균열 형성 및 높은 잔유응력이 발생하고, 또한 이는 Superbond C&B접착군의 파절양상과도 일치하는 결과이다.

다른 재료에 비하면 레진 접착제의 열팽창 계수는 상당히 큰 편이므로 레진과 표면처리된 금속간의 유지력에 의해 결합력이 좌우되는 수지 접착형 수복물의 전단결합강도 측정시 구강환경과 유사한 조건으로 온도변화를 가하는 것은 큰 의의가 있을 것이다. 특히 본 연구에서는 filler를 포함한 접착제와 filler 를 포함하

지 않은 접착제의 차이를 비교하고자 thermocycling에 의한 전단결합강도의 변화를 관찰한 결과, Superbond C&B의 경우 thermocycling에 의해 전단결합강도가 통계적으로 유의하게 감소하는 것으로 나타났다.

Thermocycling이 레진 접착제의 결합강도에 미치는 영향에 관하여 Chan⁽⁸⁾, O'brien⁽³⁶⁾ 등의 보고가 있었으며, Davidson⁽¹²⁾은 레진 접착제의 종류에 따라 중합 수축력, 물 흡수력등의 차이로 인해결합강도가 변화함을 보고하였다.

Tanaka⁽⁴⁵⁾는 Superbond C&B의 경우, 500회의 thermocycling 까지는 결합강도가 감소하지 않으나 1000회 이후 결합강도의 감소가 심하여 2000회가 넘어가면 500회에 비해 결합강도가 1/3수준으로 떨어진다고 하였다. Jeffrey⁽²⁵⁾도 1000회의 thermocycling 이후 Superbond C&B의 결합강도는 $p < 0.02$ 에서 현저히 감소하는 것으로 보고하였다. 또한 Brunson⁽⁴²⁾ 등은 thermocycling이 인장결합강도에는 별 영향을 주지 않지만 전단결합강도에는 현저한 감소효과를 가져와, thermocycling 전에는 전단결합강도가 인장결합강도의 4배 정도에 달하나 thermocycling후에는 전단결합강도가 인장결합강도의 2배 정도로 감소한다고 하였다.

이렇게 thermocycling에 의해 결합강도가 감소하는 이유는 결합계면에서 레진의 중합수축력을 극복하지 못해 접합면에 gap 이 생기고 미세누출로 인해 물이 흡수되어 레진 tag 의 가수분해가 일어났기 때문으로 보인다⁽²²⁾.

Thermocycling 시행 시 물의 순환조건에 관하여 살펴보면, Ben-Amar⁽⁴⁾ 등은 1분, Munksgaard⁽³⁵⁾, Retief⁽³⁸⁾는 15초의 계류시간이 적절하다고 하였고, Wendt⁽⁵⁵⁻⁵⁶⁾ 등은 복합 레진이 미세누출에 대한 온도 변화의 효과에 대해 기술하면서 구강상태를 모방한 온도차이에 대해 최저 4-8°C, 최고 45-60°C의 온도가 적절하다고 보고하였다. Hirabayashi⁽²²⁾ 등은 광중합형 복합레진이 thermocycling 시 압축강도는 큰 변화를 보이지 않으나, 굽힘강도, 마모저항 및 경도가 감소하며 filler와 레진 기질의 계면에서 균열이 형성됨을 보고하였다.

Superbond C&B는 약 12년전 일본에서 개발되어 친수성기와 소수성기를 모두 가지는 4-meta(4-methacryloxy-ethyl trimellitate anhydride)의 adhesion-promoting effect로 인해 치아에서는 상아질의 collagen과 결합하고, 치과용 금속 특히 비금속과 adhesion이 잘 되어 접착성 레진으로써 뛰어난 결합력을 발휘하는 것으로 생각되어져 왔다⁽⁴⁵⁾. 그러나 본 실험결과에 의하면 thermocycling을 시행하기 전에는 비귀금속과의 결합력이 뛰어나, 전기 화학적 식각군에서 32.12 MPa로 가장 큰 값을 보였으나 thermocycling 시행 후 결합력이 23.03 MPa로 유의하게 감소하였다.

이러한 결과는 파절양상의 소견과도 일치하는 것으로서 Superbond C&B 접착군은 thermocycling 시행 전에는 전기화학적 식각군의 경우 범랑질과 레진 계면이나 범랑질 내의 높은 파절양상을 보였으나, thermocycling 시행 후 레진과 합금의 계면에서 높은 파절양상을 보여 이는 이 재료가 금속과의 열팽창률의 차이를 극복하지 못하고 계면에서 미세균열이 전파되어 일어난 결과라고 생각되어진다.

이에 반해 Panavia EX의 경우 thermocycling 후 결합력의 감소가 적었고, 주석 전석군에서는 오히려 약간 결합력이 커진 것으로 나타났다. Panavia EX는 인산 에스테르계 BIS-GMA 복합형 레진으로써 monomer를 구성하는 원자단의 인산기(P-OH,P=O)가 금속피착면 처리에 의해 형성된 표면의 사나화막과 수소결합과 아울러 van DER Waal's force에 의한 결합도 가능하여 금속과 기계적 결합이외에 화학적 결합도 하는 장점을 가지다⁽⁶⁹⁾. Jenkins⁽²⁶⁾에 의하면 Panavia EX와 금속과의 결합가아도는 전기화학적 식각군에서 39.42MPa이었고, air-abrading 처리만 한 금속에서는 41.72MPa으로써 그는 Maryland bridge 사용시 굳이 electro-etching을 시행할 필요가 없다고 주장하였다.

박등의 실험⁽⁶⁶⁻⁶⁷⁾에서 전기화학적으로 부식처리한 Verabond 금속을 Panavia EX로 치면에 접착한 경우 169.6kg/cm² 이상의 접착가아도를 얻었고, 김⁽⁶⁴⁾ 등도 147.23kg/cm²임을 보고하였다. 본 실험후에 26.25MPa로 나타났다.

또한 Panavia EX는 법랑질과의 결합강도가 25.99 MPa로써 결합력이 뛰어나며, ferrari의 microleakage 실험⁽⁴⁶⁾에 의하면 레진-법랑질 계면에서 methylene-blue staining이 없는 단일체로서의 결합을 가진다고 하였다.

그러나 ferrari⁽⁴⁷⁾는 주사전자 현미경으로 Panavia EX의 다양한 결합조건을 관찰하여 본 결과, 결합력은 뛰어나지만 젖음성은 부족하여 microscopic retention은 크지 않은 것으로 보고하였다.

Franklin⁽⁴⁹⁾도 Panavia EX는 유지형태가 분명한 금속표면과 특히 결합력이 우수한 것으로 보고하였는데 본 실험의 파절양상 소견을 보면 thermocycling을 시행하기 전 Panavia EX 접착군은 모든 군에서 법랑질의 높은 파절양상을 보여 금속은 물론 치아와의 결합강도가 우수한 것으로 나타났다.

또한 thermocycling을 시행한 이후에는 금속과 레진 계면에서 시작된 균열이 양상을 보여 thermocycling에 의해 금속-레진간의 결합강도가 저하되지 않음을 입증하고 있다.

본 실험에서는 thermocycling에 따른 레진 접착제의 물성변화를 살펴보고자, 레진 접착제의 경도 실험을 해 보았는데, thermocycling 전후에 Panavia EX와 Superbond C&B 모두 유의하게 경도의 차이를 보였다.

본 실험에서는 thermocycling에 따른 접착제의 물성변화를 살펴보고자, 레진 접착제의 경도 실험을 해 보았는데, thermocycling 전후에 Panavia EX와 Superbond C&B 모두 유의하게 경도의 차이를 보였다.

Panavia EX는 경도가 감소하였고, Superbond C&B는 경도가 증가한 것으로 나타났는데 이는 레진시편의 주사전자 현미경 소견에서 knoop cone의 크기 변화로써 알 수 있다. 이것은 Panavia EX의 경우 ceramic filler는 열팽창계수가 낮으나 레진은 레진은 열팽창계수가 크므로 thermocycling에 의해 열응력이 반복적으로 작용하는 동안에 표면층에서 레진의 열화(degradation)와 용해 및 filler의 탈락이 일어남에 따라 표면층으로부터 내부로 진행하여 레진의 물성이 저하되기 때문으로 생각된다.

그러나 Superbond C&B는 filler를 포함하지 않으므로 반복되는 열응력이 작용하는 동안에 표면층에서 레진의 열화와 용해가 일어났으나, 반면에 열로 인해 중합이 촉진되었기 때문에 미소한 정도의 상승을 가져왔다고 생각된다.

본 실험에서는 식각처리한 verabond 금속표면의 주사전자현미경 관찰에서, 수지상 결정구조사이의 공정조직과 gamma prime 상의 불규칙한 부식양상을 관찰할 수 있었는데, simonsen⁽⁴⁰⁾ 등은 Ni-Cr-Be 합금과 레진의 접착력은 전기화학적 식각에 의하여 수지상 결정구조사이의 beryllium이 풍부한 interdendritic eutectic과 intradendritic gamma prime상이 빠져나감으로써 얻어지는 증가된 표면적 때문이라고 한 바 있다. Ni-Cr계 합금의 공정조직은 1345°C에서 면심입방격자를 갖는 47% Cr을 함유한 gamma 고용체와 체심입방격자를 갖는 72.7% Cr을 함유한 alpha 고용체로 이루어진 조직이며, 서냉에 따라 590°C에서 alpha 고용체와 gamma 고용체의 포석반응(Peritectoid reaction)에 의하여 규칙격자를 갖는 Ni₂Cr의 gamma prime상이 석출된다⁽⁴⁷⁾.

수지 접착형 수복물의 결합력을 구성하는 요소^(9, 27)는 레진과 금속간의 결합력, 레진 자체의 응집 결합력 및 레진과 탈회된 법랑질간의 결합력으로 볼 수 있는데 따라서 결합시리페의 원인 또한 각 요소에 따라 달라진다고 할 수 있으며 일반적으로 금속면의 처리방법에 따라 다양한 결합력을 보고 하고 있는데^(59, 65, 67-70) 그 외에도 합금의 종류⁽³¹⁾, 금속면과 법랑질면의 처리방법에 따른 bonding agent의 젖음성⁽⁵⁶⁾, 레진의 종류 등 결합력에 영향을 주는 요소⁽⁵⁷⁾는 여러가지가 있을 것이다.

수지 접착형 수복물의 경우 주된 유지력을 레진의 접착력에서 얻게 되므로 보다 조작이 간편하면서 어떤 치과용 금속과도 결합력이 뛰어난 레진접착제의 개발이 필요하리라 생각되며, 특히 보철물은 구강내에서 지속적인 온도변화와 저작압, 그에 따른 미세균열의 전파로 탈락되는 것이므로 온도 변화에 따라 물성이 크게 좌우되지 않는 접착제의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

IV. 결론

저자는 레진 접착제에 따른 4가지 수지 접착형 수복물과 법랑질간의 전단결합강도 및 파절양상을 비교하기 위하여 Ni-Cr계 합금인 Verabond와 도재 소부용금합금인 PG-S로 주조한 금속시편을 주석 전석군, 전기 화학적 식각군, salt 처리군, mesh 처리군의 네가지 방법으로 피착면을 처리하여 법랑질 시편과 Panavia EX와 Superbond C&B로 접착한 후, thermocycling 시행 전후로 전단결합강도를 측정하고 주사전자 현미경으로 파절양상을 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Thermocycling 시행 후 전단결합강도를 측정한 결과, 전기화학적 식각군과 주석 전석군이 mesh 처리군과 salt 처리군보다 컸으며, 또한 주석 전석군과 salt 처리군의 경우 Panavia EX가 Superbond C&B보다 컸다($p < 0.05$).
2. Thermocycling 시행 전 주석 전석군과 전기화학적 식각군의 전단결합강도를 비교한 결과 Superbond C&B로 접착한 전기화학적 식각군이 32.12 MPa로 가장 컸다. ($p < 0.01$).
3. 주석 전석군과 전기화학적 식각군의 전단결합강도를 thermocycling 시행 전후로 비교한 결과, Superbond C&B로 접착한 전기화학적 식각군은 32.12 Mpa 에서 23.03 MPa로 유의하게 감소하였다($p < 0.01$).
4. Thermocycling 시행 전 bond failure를 주사전자 현미경으로 관찰한 결과 Panavia EX 접착군은 법랑질 내의 높은 파절빈도를 보였고 Superbond C&B 접착군 중 주석 전석군은 레진과 합금의 계면에서, 전기화학적 식각군은 법랑질과 레진의 계면에서 adhesive failure 양상을 보였다.
5. Thermocycling 시행 후 bond failure를 주사전자 현미경으로 관찰한 결과, Panavia EX 접착군은 주로 cohesive failure를 보였으며, Superbond C&B 접착군은 레진과 합금 계면의 adhesive failure 양상을 보였다.

Reference

1. Aboush, Y.E.Y. : Cast metal resin-bonded dental restorations : Effect on the resin-to-metal bond of storage conditions before cementation. *J. Prosthet. Dent.*, 67 : 293-295, 1992.
2. Asterious, K., Eugenia, T., and Sarah G. : A comparison of the shear strength of chemically versus electrolytically etched metal retainers. *J. Prosthet. Dent.*, 67 : 614, 1992.
3. Barrack, G. : Recent advances in etched cast restorations. *J. Prosthet. Dent.*, 52 : 619, 1984.
4. Ben-Amar A., Liberman R., Nordenbag D., and Renert H., Gordon M. : The effect on marginal microleakage of using a combination of cavity varnishes and calcium hydroxide intermediary bases in vitro study, *Quint.Int.*, 12 : 821-825, 1985.
5. Bowen, R.I. : adhesive bonding of various methods to hard tooth tissue, IV. : Bonding to dentin, enamel and fluoroapatite improved by use of surface active comonomer. *J. Dent. Res.*, 44 : 906, 1965.
6. Brady, T., doukoudakis, A., Rasmussen, S.t. : Experimental comparison between perforated and etched-metal resin-bonded retainers. *J. Prosthet. Dent.*, 54 : 361, 1985.
7. Buonocore, M.G. : A simple method for increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J. Dent. Res.*, 34 : 849, 1985.
8. Chan, D.c., Reinhardt, J.W. and Boyer D.B. : composite resin compatibility and bond longevity of dentin bonding agent. *J. Dent. Res.*, 66 : 292, 1987.
9. Craig, R.G. : Restorative dental materials. 7th ed., The C.V. Mosby Company, 1985.
10. Creugers, N.H. J., van't Hof, M.A., Vrijhoef, M.M.A. : A clinical comparison of three types of resin retained cast metal prostheses. *J. Prosthet.*

- Dent. 56 : 297, 1986.
11. Greugers, N.H.J., Welle, P.R., and Vrijhoef, M.M.A. : Four bonding systems for resin-retained cast metal prostheses. Dent, Mater. 4 : 85, 1988.
 12. Davidson, C.L., and Feilzer, A. : The competition between the composite dentin bond strength and the polymerization contraction stress. J. Dent.Res., 63 : 1369-1399, 1984.
 13. Del Castillo, E.and Thompson, V.P. : Electrolytically etched nonprecious alloys : Resin bond and laboratory variable. J.Dent. Res. 61 : 186, 1992.
 14. Eshleman, J.R.Moon, P.C., Barnes. : Clinical evaluation of cast metal resin-bonded anterior fixed partial denture. J.Prosthet. Dent., 51 : 761, 1984.
 15. Eugene, E.L. : An alternative resin-bonded restoration. J.Prosthet. Dent. 52 : 247-249, 1984.
 16. Ferrari, M., Cagidiaco, M.C., and Breschi, R. : Evaluation of resin-bonded retainers with the scanning electron microscope. J.Prosthet. Dent. 59 : 160, 1988.
 17. Ferrari, M., Cagidiaco, M.C., and Brechi, R. : Microscopic examination of resin bond to enamel and retainer with a phosphate monomer resin. J.Prosthet. Dent. 57 : 298-304, 1987.
 18. Flemming, I. : Resin-bonded prostheses for posterior teeth. J.Prosthet.Dent.68 : 239, 1992.
 19. Franklin, G.G., David, A.K., William, F.P.M., and Gregory, H. : Shear bond strength of two resin adhesives for acid etched metal prostheses. J.Prosthet. Dent.65 : 787-9, 1991.
 20. Gates, W.D., Diaz-Arnold, A.M., Aquilino, S. A. : Comparison of the adhesive strength of a BIS-GMA cement to tin-plated and non-tin plated alloys. J.Prosthet. Dent.69 : 12-16, 1993.
 21. Hill, G.L., Zidan, O., Gomez-Marin, O. : Bond strengths of etched metals : Effect of errors in surface area estimation. J.Prosthet. Dent., 56 : 41, 1986.
 22. Hirabayashi S., Normoto R., Harashima I., and Hirasawa T. : The surface degradation of various light-cured composite resins by thermal cycling.shika Inriyo, Kikai 9 : 53, 1990.
 23. Howe, D.F.and Denehy, G.H. : Anterior fixed partial dentures utilizing the acid etch technique and a cast metal framework. J.Prosthet. Dent., 27 : 28, 1997.
 24. Hudgins, J.L., Moon, P.C., Knap, F.G. : Particle-roughened resin-bonded retainers. J.Prosthet. Dent., 53 : 471, 1985.
 25. Jeffrey, C., Warren, S., Antoinette, T., and Robert, M. : Shear bond strength of a 4META adhesive system. J.Prosthet. Dent.67 : 42-5, 1992.
 26. Jenkins, C.B.G., Aboush, Y.E.Y. : The bond strength of a new adhesive recommended for resin bonded bridges. J.Dent. Res, 1985(Abstr.No.18).
 27. Johnston, J.F., Phillips, R.O., and Dykema, R.W. : Modern practice in crown and bridge prosthodontics.3th ed, Philadelphia, W.B.Saunders. Co. P.52, 1971.
 28. Livaditis, G.J. : Cast metal resin-bonded retainers, J.Prosthet. Dent., 59 : 153, 1988.
 29. Livaditis, G.J., Tate, D.L. : Gold plating etched-metal surfaces of resin-bonded retainers. J.Prosthet. dent., 59 : 153, 1988.
 30. Livaditis, G.J., Thompson, V.P. : etched castings. An improved mechanism for resin-bonded retainers. J.Prosthet. dent., 47 : 52, 1982.
 31. Meier, J.G., Jensen, M.E., Mayclin, T. : Effect of surface treatment on the bond strength of etched metal resin-bonded retainers. J.Prosthet. Dent., 57 : 133, 1987.
 32. Mohsen, Taleghani., Karl, F.L., and Akram, T. : An alternative to cast etched

- retainers. *J. Prosthet. Dent.*, 58 : 424, 1987.
33. Moon, P.C. : Bond strengths of the lost salt procedure : A new retention method for resin-bonded retainers. *J. Prosthet. Dent.*, 57 : 435-439, 1987.
 34. Moon, P.C., Knap, F.J. : Acid-etched bridge bond strength utilizing a new retention method. *J. Dent. Res.*, 62(special issue)(Abstr.No.296), 1983.
 35. Munksgaard, E.C., Itoh, K., and Jorgensen, K.D. : Dentin-polymer bond in resin fillings tested in vitro by thermo and load cycling. *J. Dent. Res.*, 64 : 144, 1985.
 36. O'Brien, J.A., Retief, D.H., and Bradley, E.L. : Shear bond strength of new dentin bonding restorative system. *J. Dent. Res.*, 66 : 292, 1987.
 37. Philips, R.W. : Skinner's science of dental materials. 8th ed. W.B. Saunders Company, 126, 1982.
 38. Retief D.H. : Dentin bonding agents : a deterrent to microleakage? In quality evaluation of dental restorations—criteria for placement and replacement, K. Anusavice (ed), Quint. Publishing Co., Inc., Chicago, IL, USA 185-195, 1989.
 39. Rochette, A.L. : Attachment of a splint to enamel of lower anterior teeth. *J. Prosthet. Dent.*, 30 : 418, 1973.
 40. Simonsen, R., Thompson, V., and Barrack, G. : Etched cast restorations : Clinical and laboratory techniques. Quintessence Publishing Co., Chicago, 1983.
 41. Sloan, K.M., Lorey, R.F., and Meyers, G.E. : Evaluation of laboratory etching of cast metal resin-bonded retainers. *AADR*, 1983(Abstr.No.1220).
 42. Sturdevant, J.R., Brunson, W.D., and Brantely, C.F. : bond strength of resin-bonded metal castings. *Dent Mater.* 1 : 219-224, 1985.
 43. Tanaka, T., Atsuta, M., Nakabayashi, N., Masuhara, E. : Surface treatment of gold alloys for adhesion. *J. Prosthet. Dent.* 60 : 271, 1988.
 44. Tanaka, T., Fujiyama, E., Shimizu, H., Atsuta M. : Surface treatment of nonprecious alloys for adhesion fixed partial dentures. *J. Prosthet. Dent.*, 55 : 456, 1986.
 45. Tanaka, T., Nagata, K., Takeyama, M., Atsuta, M., Nakabayashi, N., and Masuhara E. : 4-META opaque resin—A new resin strongly adhesive to nickel-chromium alloy. *J. Dent. Res.* 60 : 1697-1706, 1981.
 46. Tanaka, T., Nagata, K., Takeyama, M., Nakabayashi, N., Masuhara, E. : Heat treatment of gold alloy to get adhesions with resins. *J. Jpn. Soc. Dent. Appar. Mater.*, 21 : 96, 1980.
 47. Thaddeus, B.M. : binary alloy phase diagrams. Vol.1, Am. Society for Metals, 839, 1986.
 48. Thompson, V.P., et al. : Statistical distributions of tensile adhesive bond strengths. *J. Dent. Res.* 65 : 237, 1986.
 49. Thompson, V.P., Del Castillo, E., Livaditis, G.J. : Resin-bonded retainers. Part 1 : Resin alloys. *J. Prosthet. Dent.*, 50 : 771, 1983.
 50. Thompson, V.P., Del Castillo, E., Livaditis, G.J. : Resin bond to electrolytically etched nonprecious alloys for resin bonded prosthesis. *J. Dent. Res.*, 60(Special issues A) : 327(Abstr.No.265), 1981.
 51. Thompson, V.P., Grolman, K.M., Liao, R. : Bonding of adhesive resins to various nonprecious alloys. *J. Prosthet. Dent.*, 64(Special issue) : 314, 1985. (Abstr. No.1258)
 52. Thompson, V.P., Wood, M. : Etched casting bonded retainers recalls : Results at 3-5 years. *J. Dent. Res.*, 65 : 748, 1986(Abstr. No.265).
 53. Tylman, S.D. : Theory and practice of crown and fixed partial prosthodontics. 6th ed. St. Louis, The C.V. Mosby Co. P.246, 1970.
 54. Watanabe, F., Powers, J.M., and Lorey, R.E. : In Vitro bonding of prosthodontic adhesive to dental

- alloys. *J.Dent. Res.*, 62(2) : 479, 1988.
55. Wendt., S.L. : A laboratory and clinical evaluation of a heat-cured composite resin inlay, A thesis, university of Alabama School of Dentistry, Birmingham, AL.
 56. Wendt S.L., Jebeles C.A., and Leinfelder K.F. : Comparative bond strengths for two dentinal smear layer cleansers. *Dent. Mater.*, 6(1) : 1-4.
 57. Williams, V.D., Ana, D.A. : Bond versus rebond strengths of three luting agents for resin bonded fixed partial denture. *J.Prosthet. Dent.* 67 : 289, 1992.
 58. Williams, V.D., Denehy, G.E., Thayer, K.E., et al. : acid-etched retained cast metal prostheses. : A seven year retrospective study. *J.A.D.A.*, 108 : 629, 1984.
 59. Williams, V.D., Drennon, D.G., Silverstone, L.M. : the effect retainer design on the retention of filled resin acid-etched fixed partial dentures. *J.Prosthet. Dent.*, 48 : 417, 1982.
 60. Wood, M., Thompson, V.P. : Masking tooth color changes of etched castings : Comparison of composites. *AADR*, 1983(Abstr. No.1221)
 61. Yamashita, A : A dental adhesive and it's clinical applications. Quintessence Publishing Co. Tokyo, 1983.
 62. Yamashita, A., Yamami, S., Ishii, M., Yamaguchi, T., Uramoto, T. : Procedure for applying adhesive resin(MMA-TBB) to crown and bridge restoration. *J.Jph. Pros. Soc.*, 26 : 1118, 1982.
 63. Zardiackas, L.D. : Tensile adhesion of composite resin cements to etched alloy and enamel. *Quintessence Int.* 17 : 483, 1986.
 64. Zidan, O. : Etched base-metal alloys : comparison of relief patterns, bond strengths and fracture modes. *Dent. Mater.*, 1 : 209-213, 1985.
 65. 김 운, 배 태성, 송 광엽, 박 찬운 : 합금의 표면처리에 따른 resin과 Alloy간의 전단강도. *전북치대 논문집* 6 : 49, 1988.
 66. 박 상원, 양 홍서 : 식각된 비귀금속 합금과 법랑질간의 접착인장강도에 관한 연구. *대한 치과보철학회지*, 24 : 303, 1987.
 67. 박 현석, 이 선형, 양 재호, 장 완식 : 식각된 비귀금속 합금과 법랑질을 복합레진계 세멘트로 접착시킨 경우의 접착인장강도에 관한 연구. *대한 치과보철학회지*, 24 : 85, 1985.
 68. 양 재호 : Maryland bridge의 적용분포와 결합실패에 관한 임상적 연구(1). *대한 치과보철학회지*, 24 : 7, 1986.
 69. 정 금태, 양 재호, 이 선형, 정 현영 : 반복주조된 치과용 합금의 피착면 처리방법에 따른 접착성 수지와와의 접착 강도에 관한 실험적 연구. *대한 치과보철학회지*. 28 : 53-66, 1990.
 70. 조 인호 : 상이한 설계법 및 접착제를 사용한 접착성 주조보철물의 접착강도에 관한 비교연구. *치과임상*, 77 : 67, 1988.

EXPLANATION OF FIGURES

Fig.13. SEM photomicrographs showing bond failure of tin-plated group with Panavia EX at resinside.(x30)(x2000)

Fig.14. SEM photomicrographs showing bond failure of tin-plated group with Panavia EX at teethside.(x50)(x3000)

Fig.15. SEM photomicrographs showing bond failure of tin-plated group with Superbond C&B.(x30)(x2000)

Fig.16. SEM photomicrographs showing bond failure of electrochemically etched group with Panavia EX.(x30)(x600)

Fig.17. SEM photomicrographs showing bond failure of electrochemically etched group with Superbond C&B.(x30)(x600)

Fig.18. SEM photomicrographs showing bond failure of salt-treated group with panavia EX.(x30)

Fig.19. SEM photomicrographs showing bond failure of salt-treated group with Superbond C&B.(x30)

Fig.20. SEM photomicrographs showing bond failure of mesh-treated group with Panavia EX.(x30)

Fig.21. SEM photomicrographs showing bond failure of mesh-treated group with Superbond C&B.(x30)

Fig.22. SEM photomicrographs showing cross-section of tin-plated group with Panavia EX.(x1000)(x2000)

Fig.23. SEM photomicrographs showing cross-section of tin-plated group with Superbond C&B.(x1000)

Fig.24. SEM photomicrographs showing cross-section of electrochemically etched group with Panavia EX.(x1000)(x2000)

Fig.25. SEM photomicrographs showing cross-section of electrochemically etched group with Superbond C&B.(x1000)

Fig.26. SEM photomicrographs showing cross-section of salt-treated group with Panavia EX.(x500)

Fig.27. SEM photomicrographs showing cross-section of salt-treated group with Superbond C&B.(x500)(x1000)

Fig.28. SEM photomicrographs showing cross-section of mesh-treated group with Panavia EX.(x300)

Fig.29. SEM photomicrograps showing cross-section of mesh-treated group with Superbond C&B.(x300)

Fig.30. SEM photomicrograps showing the surface of electrochemically etched alloy.(x1000)(x4000)

Fig.31. SEM photomicrograps showing the surface of tin-plated alloy.(x1000)(x4000)

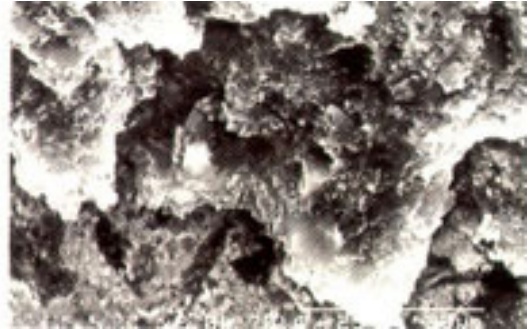
Fig.32. SEM photomicrograps showing the surface of salt-treated alloy.(x30)(x100)

Fig.33. SEM photomicrograps showing the surface of mesh-treated alloy.(x30)(x100)

논문사진부도 ①



Fig. 13 (×30)



(×2000)

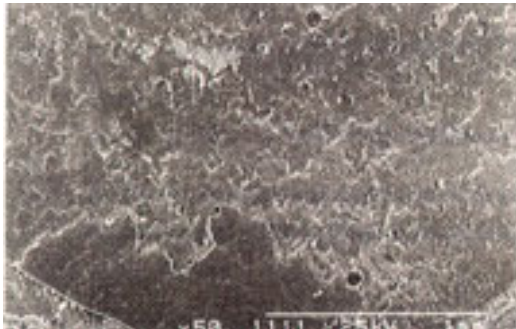
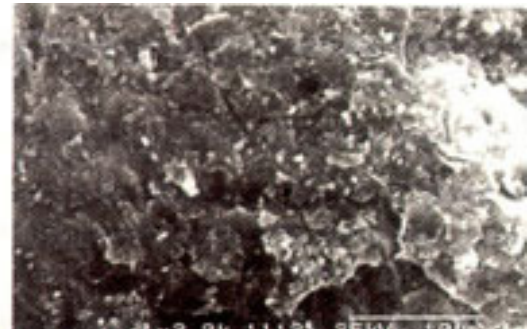


Fig. 14 (×50)



(×3000)

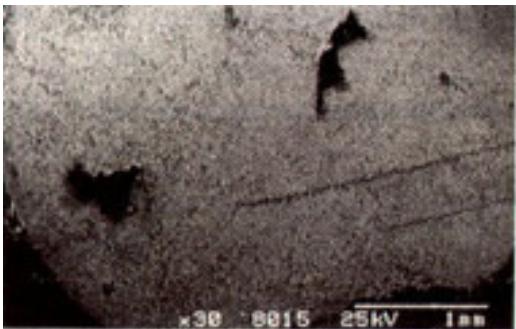
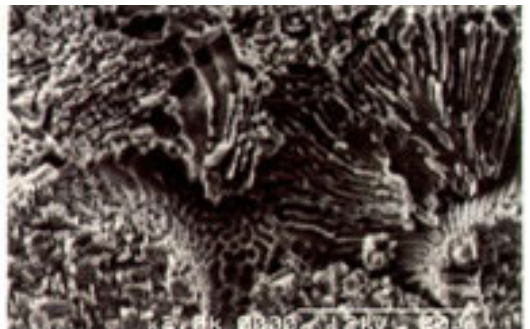


Fig. 15 (×30)



(×2000)

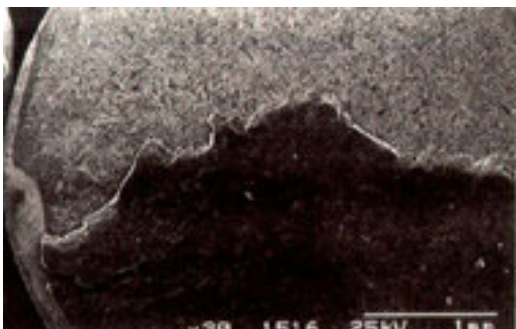
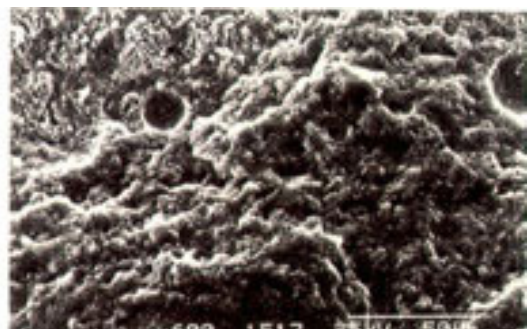


Fig. 16 (×30)



(×600)

논문사진부도 ②

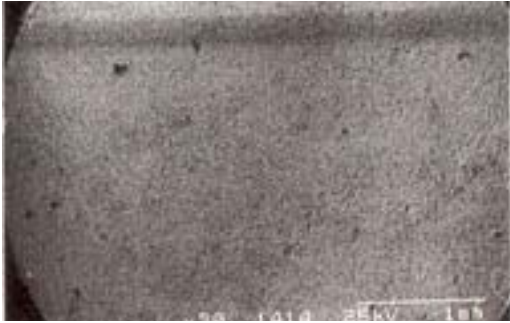
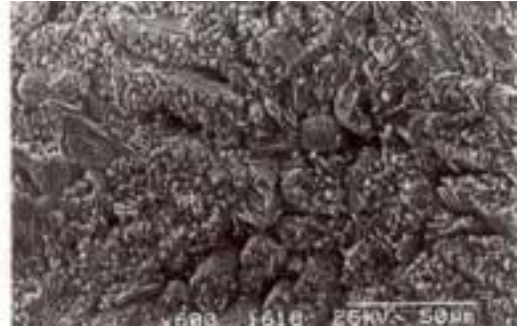


Fig. 17. ($\times 30$)



($\times 600$)

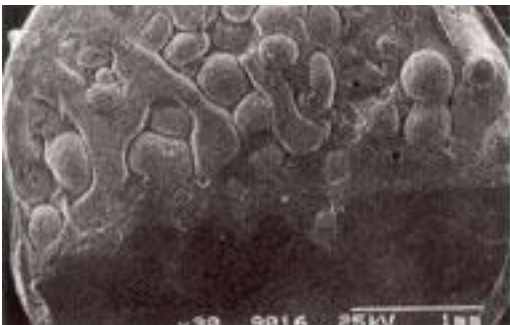


Fig. 18. ($\times 30$)



Fig. 19. ($\times 30$)



Fig. 20. ($\times 30$)

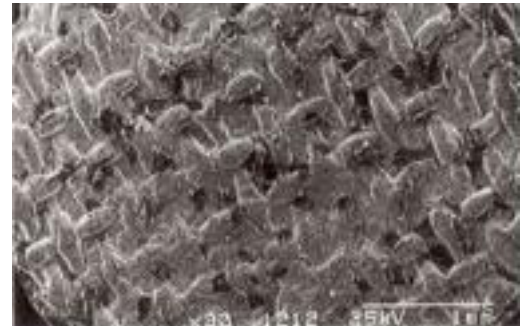


Fig. 21. ($\times 30$)



Fig. 22. ($\times 1000$)



(2000)

논문사진부도 ③

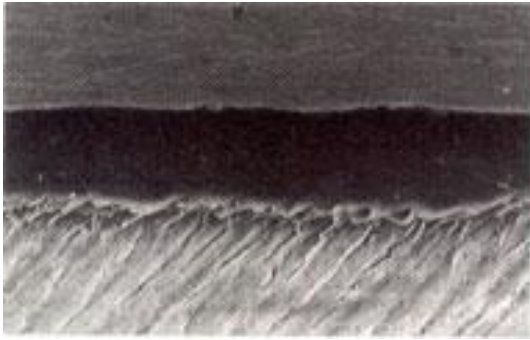


Fig. 23. ($\times 1000$)

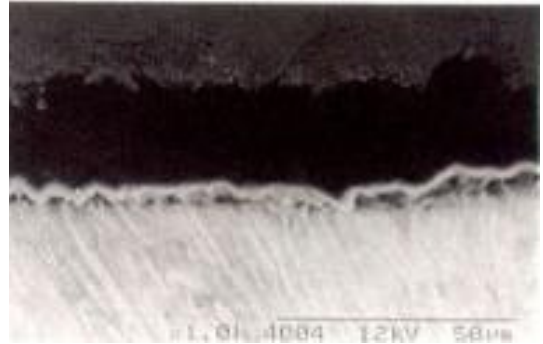


Fig. 25. ($\times 1000$)

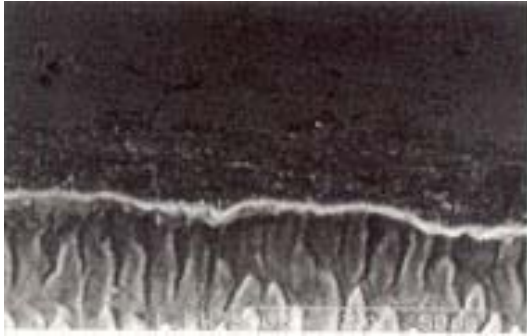
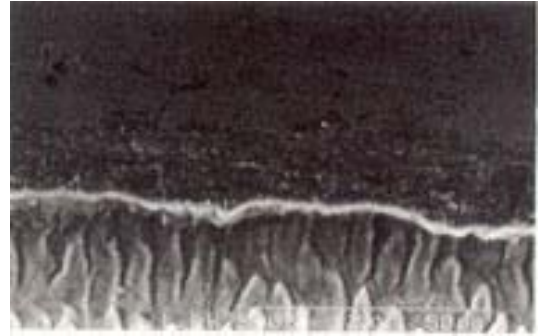


Fig. 24. ($\times 1000$)



($\times 2000$)

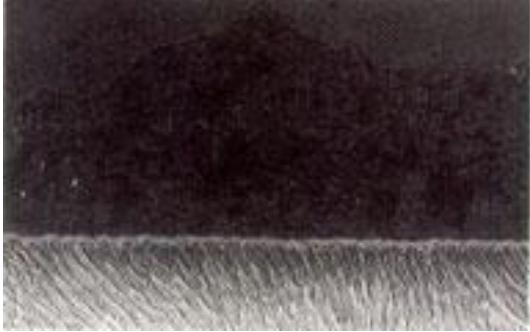


Fig. 26. ($\times 500$)

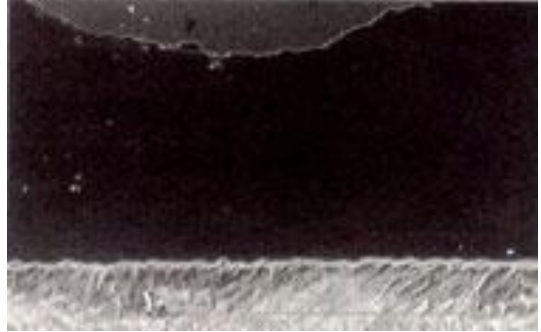


Fig. 27. ($\times 500$)

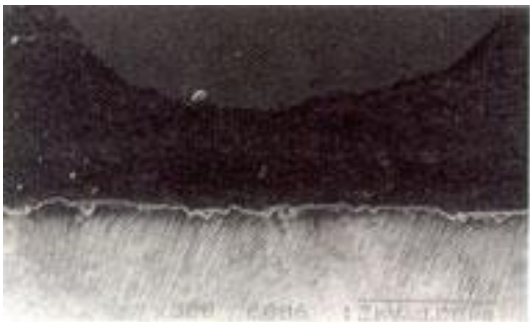


Fig. 28. ($\times 300$)

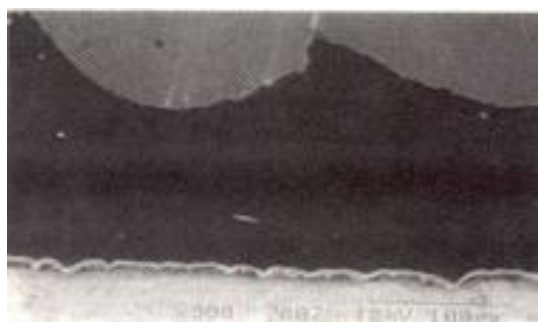


Fig. 29. ($\times 300$)

논문사진부도 ④

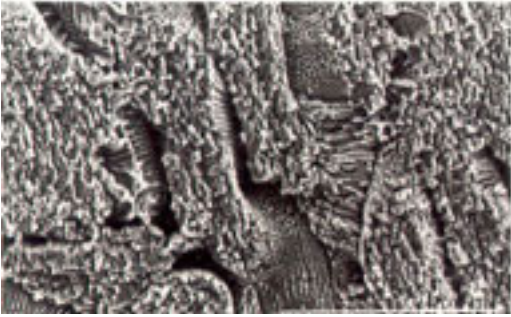


Fig. 30. ($\times 1000$)



($\times 4000$)

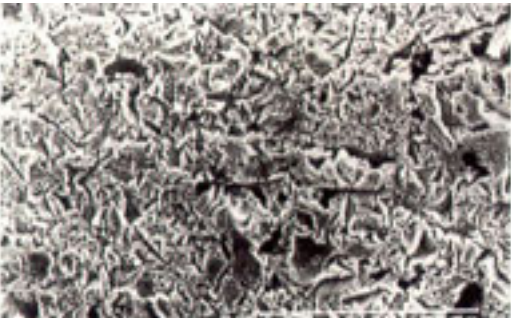
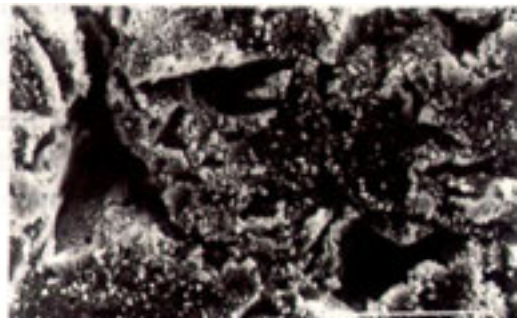


Fig. 31. ($\times 1000$)



($\times 4000$)

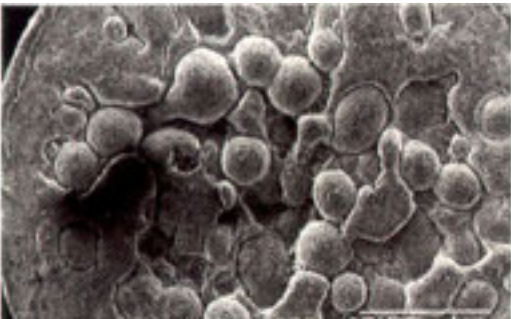
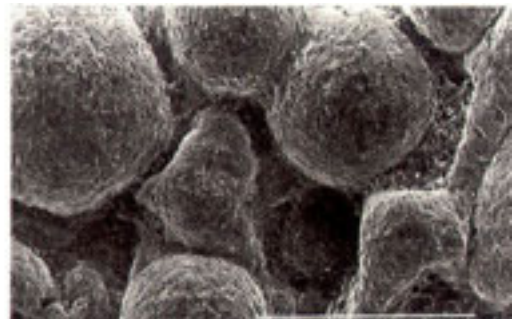


Fig. 32. ($\times 30$)



($\times 100$)

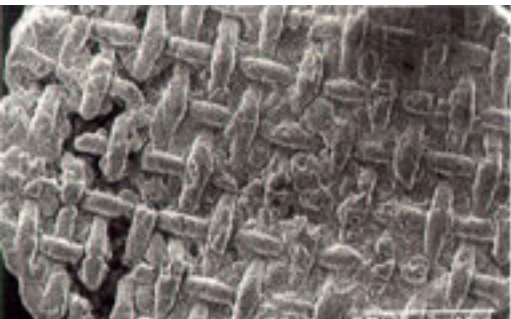
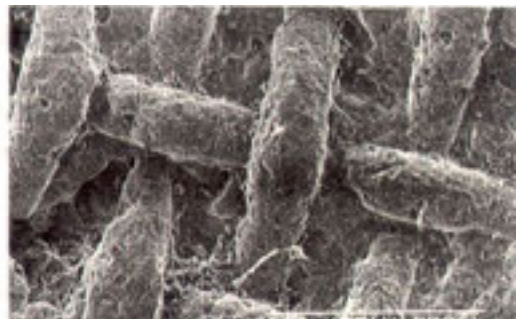


Fig. 33. ($\times 30$)



($\times 100$)

=Abstract =

A STUDY ON THE SHEAR BOND STRENGTH BETWEEN RESIN-BONDED RETAINERS AND ENAMEL ACCORDING TO THE ADHESIVE RESINS AND RETENTION TYPES

Mi-Sook Cho · Jae-Ho Yang

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Seoul National University

The purpose of this study was to evaluate the shear bond strength between various resin-bonded retainers and enamel according to the adhesive resins and retention types and observe the bond failure modes with scanning electron microscope(SEM).

For this purpose, the following eight sub-groups were tested in shear bond strength : 1) electrochemically etched group(Verabond) using Panavia EX and Superbond C&B 2) tin-plated group(PG-S) using Panavia EX and Superbond C&B 3) salt-treated group(Verabond) using Panavia EX and Superbond C&B 4) mesh-treated group(Verabond) using Panavia EX and Superbond C&B.

Thermocycling test was conducted on the condition of 15 second dwell time each in 5°C and 55°C bath. Shear bond strength was measured by Instron Universal Testing Machine(model 1125).

The obtained results were as follows :

1. After thermocycling, the shear bond strengths of tin-plated group and electrochemically etched group were significantly greater than those of salt-treated group and mesh-treated group. And the shear bond strength of Panavia EX was greater than that of Superbond C&B with salt-treated group and tin-plated group($p < 0.05$).
2. Before thermocycling, electrochemically etched group using Superbond C&B produced the greatest shear bond strength($p < 0.01$).
3. The shear bond strength of electrochemically etched group using Superbond C&B was significantly decreased after thermocycling($p < 0.01$).
4. In observation of bond failure modes before thermocycling, Panavia EX highly exhibited enamel fracture. Tin-plated group using Superbond C&B adhesive failure between metal and resin and electrochemically etched group using Superbond C&B exhibited adhesive failure between enamel and resin.
5. In observation of failure modes after thermocycling, Panavia EX exhibited cohesive failure and Superbond C&B exhibited adhesive failure between resin and metal.

Key words : resin-bonded retainer, resin cement, thermocycling, shear bond strength.