

다양한 표면 처리 방법에 따른 비귀금속과 접착성 레진간의 결합력에 관한 연구

단국대학교 치과대학 치과보철학교실

류형렬 · 임주환 · 조인호

1. 서 론

대부분의 환자들은 결손부에 대한 기능과 심미 회복시 보다 보존적인 보철 치료를 원한다. 이들 모두가 고려된 술식인 레진 접착 수복물은 결손치아의 수복, 치주 고정 및 교정 치료후의 보정 장치 등으로 널리 사용되어 왔다.

1973년 프랑스의 Rochette가 하악전치의 치주고정을 위해 천공유지장치를 레진으로 접착시키는 치료를 행한 이래로³⁵⁾ 접착성 레진의 개발 및 발전에 힘입어 Yamashita⁴⁹⁾와 Thompson 등⁴⁴⁾은 각각 금속피착면을 화학적, 기계적으로 처리하여 접착강도와 접착내수성이 증가된 adhesion bridge와 Maryland bridge를 설계하였고 현재까지 유지장치의 접착강도를 증가시키기 위한 많은 실험적 연구 및 임상적 결과가 발표되어 왔으나 범광질에 국한된 최소의 치아삭제, 치은연상 변연, 심미성, 짧은 치료시간, 낮은 치료수가 등의 많은 장점들 이면에 최대 한계점인 낮은 접착강도로 인해 레진 접착 수복물은 영구적인 보철물로서 인정받기에는 여전히 어려운 실정이다.

레진 접착 수복물의 접착력에 관여하는 요소로는 금속유지 장치의 설계 및 적합도, 접착제의 물리·화학적 성질, 치아면의 처리, 금속 접착면의 처리 등이 있다.⁵⁾ 일부 연구에서는 접착성 레진과 금속면 간의 결합강도보다는 접착성 레진과 치아간의 결합강도가 더 낮은 것으로 보고되기도 하였으나^{27,28)} 실제 임상에서는 금속의 적절한 처리여부, 접착전 표면오염, 접착시 불완전한 안착, 온도변화와 같은 구강내

환경요인 등의 영향을 받아 레진과 금속 사이의 탈락이 많이 보고되고 있다.^{16,19,42,45,46)} 임 등⁶⁾은 접착제의 종류나 금속유지장치의 설계 및 금속피착면 처리 방법 등은 접착인장강도에 크게 영향을 미치지 않고 그보다는 금속 피착면적과 구조체의 적합도가 레진 접착 수복물의 유지력에 영향을 끼친다고 한 반면에 Creuger 등¹²⁾은 금속과 레진간의 결합강도는 합금의 종류, 합금표면의 처리방법, 사용하는 레진의 종류에 의해 결정된다고 보고하였다.

최근까지 소개된 접착성 레진과 금속간의 접착력 향상을 위한 금속표면 처리 방법으로는 산부식을 이용한 식각법^{1,10,15,23)}, 전기화학적 처리법^{4,9,15,26,44,47)} sandblasting 법^{16,18,21,29,36,43,47)}, silicoating 법^{2,3,24,26,32,34,36,37)}, primer 도포법^{20,25,40,41,48)} 등이 있다. 금속표면 처리 방법들 중 기계적인 방법에 속하는 산부식을 이용한 식각법, 전기화학적 처리법은 다른 처리 방법들에 비해 접착강도가 낮다고 보고하는 연구들이 많고^{1,4,9,10,15,23,26,44,47)} 접착강도가 다소 향상되기는 하지만 silicoating 법이나 최근에 소개되고 있는 Kevloc, Rocatec, Siloc 등과 같은 표면처리법은 고가의 장비와 처리시간 소요 혹은 추가 내원을 필요로 하며 예민한 기술이 요구되어 실제 임상에 적용하기에는 많은 어려움이 있다. 이에 비해 sandblasting 법, primer 도포법은 비교적 처리가 간단하고 시간이 오래 걸리지 않아 임상에서 쉽게 이용가능하고 우수한 접착력을 얻을 수 있는 처리 방법으로 알려져 있다.

Sandblasting 법은 다른 표면처리법의 기본적인 전처리법으로 많이 이용되고 있는 우수한 금속 처리방

식으로 Lin 등²⁷⁾은 레진 접착성 보철물의 다양한 금속처리법에 의한 결합강도 비교 실험에서 다른 처리 방식에 비해 sandblasting 처리한 경우 가장 효과가 우수하다고 하였고 정 등⁷⁾은 sandblasting 법은 복잡한 장비와 처리과정을 거치는 전기화학적 식각법에 비해 보다 더 우수하고 효율적인 접착강도를 얻을 수 있다고 보고하였다. Sandblasting 시 처리조건이 결합력에 미치는 영향에 대해서 다양한 연구가 진행되어 왔는데 Newman 등³⁰⁾은 sandblasting시 금속의 종류에 따른 물성, 산화알루미늄의 입자크기, 처리시간, 분사압력 등이 금속 활성화 증가에 영향을 끼친다고 하였고, Mukai 등³¹⁾은 레진과 금속의 결합에 대해 다양한 조건의 sandblasting이 미치는 효과에 관한 연구에서 은-팔라듐 합금에서는 입자크기, 처리시간과 압력 등 세가지 조건 모두가, 니켈-크롬 합금의 경우에는 처리시간과 압력은 결합력에 영향을 주었으나 입자크기에 의한 영향은 통계학적으로 유의성이 없었음을 보고하였다. 산화알루미늄의 입자크기가 접착강도에 미치는 영향에 관한 많은 비교연구에서 입자크기는 접착강도에 그다지 큰 영향을 주지 않는다는 보고가 많다.^{8,11,14,33,43)} 그러나 sandblasting 처리 시간이 접착강도에 미치는 효과에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

최근들어 화학적 접착력 증진을 위해 소개되고 있는 금속 primer 도포법은 매우 간편하고 별도의 장비가 필요치 않으며 금속에 적용하였을 때 금속과 레진간의 우수한 결합력을 나타낸 보고가 많다. Matsumura 등³⁰⁾은 비귀금속 결합에서 4-META 성분의 금속 primer를 사용시 결합성 레진과의 전단 결합강도가 매우 증가한다고 하였고 Watanabe 등⁴⁸⁾은 제 IV형 금합금에 metal primer를 이용하여 접착 레진과의 결합력을 향상시켰다고 보고하였다. 이는 주로 가철성 보철학 분야에서 많은 연구가 진행되어 왔는데 고정성 보철학 영역에서도 이용가치가 높다고 생각된다.

이에 본 연구는 고정성 보철물 제작시 많이 이용되고 있는 Ni-Cr-Be계 비귀금속 합금인 Verabond[®]를 이용하여 금속시편 제작 후 최근에 소개되고 있는 primer 도포법의 효과를 많은 문헌들^{2,3,24,26,32,34,36,37)}을 통해 비교적 접착력이 우수한 방법으로 인정받은 기존의 silicoating 법과 비교해 보고 silicoating시 추천되는 250 μ m 입자크기의 산화 알루미늄으로

sandblasting하여 처리 시간이 결합강도에 미치는 영향에 관해 알아보다 보다 효율적인 임상적 지침을 제시하기 위하여 본 연구를 시행하였다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료 및 기구

본 실험에서 사용된 재료는 다음과 같다.

1) 금속 시편

Verabond[®](Aalba Dent Inc., USA)

; Ni-Cr-Be계 비귀금속 합금

2) 표면 처리

(1) Basic Duo[®](Renfort Inc., Germany) sandblaster

; 250 μ m Al₂O₃ 분말인 Cobra[®](Renfort Inc., Germany) 이용

(2) Silicoater MD[®](Kulzer Inc., Germany)

(3) GC Metal Primer[®](GC Co., Japan)

3) 금속 표면 관찰

JSM-5200 Scanning Electron Microscope (JEOL, Ltd., Japan)

4) 금속 시편 접착

Superbond C&B[®](Sun Medical Co., Ltd., Japan) ; 4-META계 레진시멘트

5) 전단결합강도 측정

Instron M100EC[®](Mecmesin Co., England)

2. 실험방법

1) 금속원형 시편의 제작

두께 2mm의 애크릴 판을 각각 지름 10mm, 6mm의 원판 모양으로 잘라낸 후 원판 한쪽면 중앙에 sprue를 연결하고 통법에 따라 매몰재로 진공혼합하여 매몰한 후, 소환하고 Verabond[®]합금과 고주파 주조기를 이용하여 주조하여 지름 10mm 150개, 6mm 150개 총 150쌍의 원형 금속 시편들을 제작하였

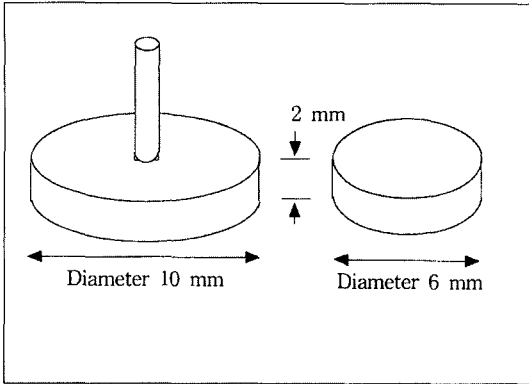


Fig. 1. Design of metal specimens.

다(Table I). 이때 지름 10mm 금속시편의 경우에는 5mm 정도의 sprue를 남기고 절단하여 전단결합강도 측정을 위해 아크릴릭 레진에 포매시 레진에 대한 금속시편의 안정성을 부여하였다(Fig. 1, 3).

2) 금속 표면의 처리

완성된 모든 금속시편은 도재소성 후의 유지부 금속 피착면과 동일한 조건을 부여하기 위해 VACUMAT 2500 furnace[®](Vita Co., Germany)를 사용하여 1800 °F까지 4회 소성한 후 Basic Duo[®](Renfort Inc., Germany)를 사용하여 10mm 거리에서 250 μ m의 산화 알루미늄 분말로 90psi 압력으로 각 군당(0"~60"군) 30쌍씩 나누어 각각 0 / 15 / 30 / 45 / 60초 동안하고(Fig. 4), 종류수로 3분간 초음파 세척하여 공기중에서 건조시킨 후 주사전자현미경을 이용하여 금속면의 변화 양상을 관찰하였다(Fig. 9~13). 그 후 이들을 다시 sandblasting만을 시행한 군(S 군), sandblasting+silicoating 군(SS 군) 및 sandblasting+Metal primer[®] 군(SM 군) 등의 3가지 군으로 분류하여 표면 처리하였다. S 군은 sandblasting 이외에는 별다른 처리를 하지 않았고 SS 군은 ethylacetate인 Siliclean[®](Kulzer Inc., Germany)으로 10분간 초음파 세척한 후 공기 중에서 건조시키고, silica 용액인 Sililink[®](Kulzer Inc., Germany)를 도포하여 Silicoater MD[®](Kulzer Inc., Germany) 내에 위치시켜 가열처리한 후(Fig. 5), 공기 중에서 식히고 silane primer인 Siliseal[®](Kulzer Inc., Germany)을 도포하여 silicoating 처리하였고 SM 군에서는 GC Metal Primer[®](GC Co., Japan)를 제조

Table I. Classification of experimental groups

Surface treatment	S	SS	SM
	Sandblasting	Sandblasting+ Silicoating	Sandblasting+ Metal primer [®]
0"	n=10	n=10	n=10
15"	n=10	n=10	n=10
30"	n=10	n=10	n=10
45"	n=10	n=10	n=10
60"	n=10	n=10	n=10

Total : n=150

사의 지시에 따라 2회 도포하고 건조시켰다(Fig. 6).

3) 금속 시편쌍의 접착

균일한 크기의 접착 면적을 확보하기 위하여 내경 5mm, 외경 10mm, 두께 50 μ m의 masking tape을 10mm 직경의 금속시편에 부착한 후 직경 6mm 금속시편과의 접착과 전단결합강도 측정이 용이하도록 하기 위해 자가중합 레진내에 10mm 직경의 금속시편을 레진 블록과 표면처리된 금속면이 평면이 되게 하여 포매시켰다(Fig. 7). 그 후 Superbond C&B[®]를 제조사의 지시에 따라 혼합한 후 5mm 직경의 금속시편을 접착시킨 후 Instron 만능시험기로 1kg의 정하중을 10분동안 가하여 완전히 경화가 이루어지도록 하였다. 이후 완성된 시편은 구강내 상태를 고려하여 37°C의 물에 48시간 동안 보관하였다.

4) 전단결합강도 측정

레진 포매된 시편을 고정할 수 있는 금속주형을 제작하여 이 주형에 시편을 위치시킨 후 나사로 고정하여 전단결합강도 측정시 하중이 직각으로 정확하게 가하여질 수 있도록 하였다(Fig. 2). 전단결합강도는 만능역학실험 기계인 Instron M100EC[®](Mecmesin Co., England)을 이용하여 5mm/min의 crosshead speed로 측정하였으며 금속시편이 최초로 분리되는 순간의 하중을 전단결합강도로 정하였다(Fig. 8).

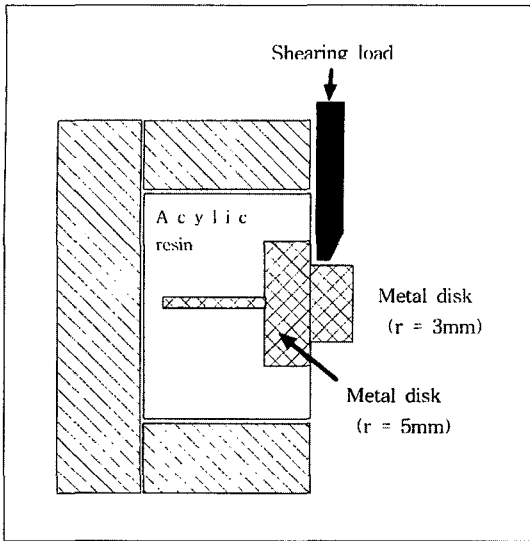


Fig. 2. Assembly used to determine the shear bond strength.

5) 파절 양상 관찰

전단 결합강도 시험 후 실험군간의 파절 양상을 비교하기 위하여 금속면을 육안 및 JSM-5200 주사전자현미경(JEOL, Ltd., Japan)으로 관찰하였다(Fig. 14, 15).

6) 통계 처리

각 군간의 전단력값 사이의 상관관계를 알아보기 위하여 SPSS V. 8.0 for win(SPSS Inc., USA)를 사용하였다. 각 실험군의 측정값들을 one-way ANOVA test, multiple range test(Scheffe's test) 검정을 통하여 각 인자들간의 유의성을 분석하였다.

Table II. Shear bond strength between the metal and resin cement (Mean±SD)

	unit: kg/cm ²		
	S	SS	SM
0"	20.08±6.37	80.38±29.87	83.46±12.05
15"	53.28±10.97	179.30±10.42	184.40±6.51
30"	181.46±21.26	214.73±18.28	218.43±30.43
45"	186.33±16.91	220.12±16.23	233.83±21.65
60"	190.87±17.52	232.09±14.64	235.97±24.94

S : Sandblasting

SS : Sandblasting + Silicoating

SM : Sandblasting + Metal primer®

III. 실험 결과

1. 금속과 레진 시멘트간의 전단결합강도

각 군의 평균과 표준편차는 Table II와 같으며, 전단결합강도는 별다른 표면처리를 시행하지 않은 군에서 20.08±6.37kg/cm²로 가장 낮게 나타났으며 60초 동안 sandblasting 후 Metal primer®로 처리한 경우가 평균 235.97±24.94kg/cm²로 가장 높게 나타났다. 본 실험에서 측정된 전단결합강도 측정치는 K-S test 결과 각 군에서 정규분포를 이루었으며 one way ANOVA test의 결과 sandblasting 처리시간에 따른 변수와 금속 표면처리에 따른 변수 모두가 전단결합강도에 영향을 미치는 것으로 나타났다 (p< 0.05).

1) 각 표면처리 군에서의 sandblasting 처리시간에 따른 결합강도 비교

Table III에서 Table V는 각 표면처리군(S 군,

Table III. Results of multiple range test for shear bond strength according to treatment time of sandblasting in S group

	unit: kg/cm ²				
	0"	15"	30"	45"	60"
	20.08±6.37	53.28±10.97	181.46±21.26	186.33±16.91	190.87±17.52
0"					
15"	*				
30"	*	*			
45"	*	*	*		
60"	*	*	*	*	

*denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

Table IV. Results of multiple range test for shear bond strength according to treatment time of sandblasting in SS group

	0"	15"	30"	45"	60"
	80.38±29.87	179.30±10.42	214.73±18.28	220.12±16.23	232.09±14.64
0"					
15"	*				
30"	*	*			
45"	*	*			
60"	*	*			

*denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

Table V. Results of multiple range test for shear bond strength according to treatment time of sandblasting in SM group

	0"	15"	30"	45"	60"
	83.46±12.05	184.40±6.51	218.43±30.43	233.83±21.65	235.97±24.94
0"					
15"	*				
30"	*	*			
45"	*	*			
60"	*	*			

*denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

Table VI. Results of multiple range test for shear bond strength according to surface treatment in 0 " group

	S	SS	SM
	20.07±6.37	80.38±29.87	83.46±12.04
S			
SS	*		
SM	*		

*denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

Table VII. Results of multiple range test for shear bond strength according to surface treatment in 15" sandblasting group

	S	SS	SM
	53.28±10.97	179.30±10.42	184.40±6.51
S			
SS	*		
SM	*		

*denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

Table VIII. Results of multiple range test for shear bond strength according to surface treatment in 30" sandblasting group

	S	SS	SM
	181.46±21.26	214.73±18.28	218.43±30.4
S			
SS	*		
SM	*		

*denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

SS 군, SM 군)에서의 sandblasting 처리시간에 따른 multiple range test의 결과로써 각 군에서 모두 0"군과 다른 군간에, 그리고 15"군과 30", 45", 60"군간에 유의성이 있음을 보였다($p < 0.05$).

2) 각 sandblasting 처리시간 군에서의 표면처리 방법에 따른 결합강도 비교

Table IV에서 Table X은 각 sandblasting 처리시간 군에서의 표면처리 방법에 따른 multiple range

Table IX. Results of multiple range test for shear bond strength according to surface treatment in 45" sandblasting group unit:kg/cm²

	S	SS	SM
	186.33±16.91	220.12±16.23	233.83±21.65
S			
SS	*		
SM	*		

*denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

Table X. Results of multiple range test shear bond strength according to surface treatment in 60" sandblasting group unit:kg/cm²

	S	SS	SM
	190.87±17.52	232.09±14.64	235.97±24.94
S			
SS	*		
SM	*		

*denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

Table XI. Number of failure pattern

	S			SS			SM		
	A	A+C	C	A	A+C	C	A	A+C	C
0"	10	0	0	10	0	0	10	0	0
15"	10	0	0	5	5	0	4	6	0
30"	3	6	1	0	3	7	0	2	8
45"	2	6	2	1	3	6	0	2	8
60"	2	6	2	0	3	7	0	1	9

A : Adhesive failure

C : Cohesive failure



Fig. 3. Pairs of metal specimens(Ø10×h 2mm, Ø6×h 2mm).



Fig. 4. Sandblasting according to treatment time.

test의 결과이며 각 군에서 모두 S 군과 SS 군, SM 군간에 유의한 차이를 보였다(p<0.05).

2. 파절 양상

파절 양상을 보면(Table XI), S 군의 경우 0", 15"

군에서는 모두 레진과 금속면 사이에서 발생한 부착성 파절 양상이 관찰되었고(Fig. 14), 30", 45", 60"군에서는 대부분 부착성 파절과 응집성 파절이 함께 일어난 복합적 파절양상이 나타났으며, SS 군과 SM 군의 경우에는 0", 15"군을 제외한 모든 군에서 주로 레진 자체 내에서 일어난 응집성 파절 양상

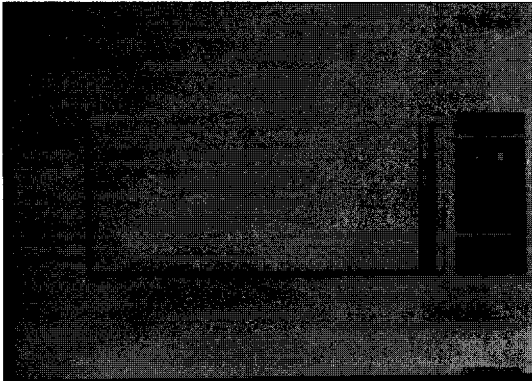


Fig. 5. Silicoater MD®.



Fig. 6. Application of Metal primer®.

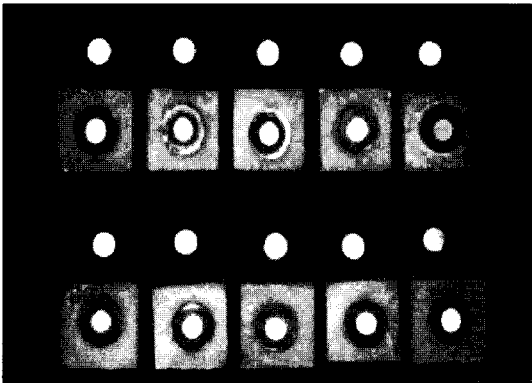


Fig. 7. Completed specimens before bonding.



Fig. 8. Measurement of the shear bond strength with Instron M100EC®.

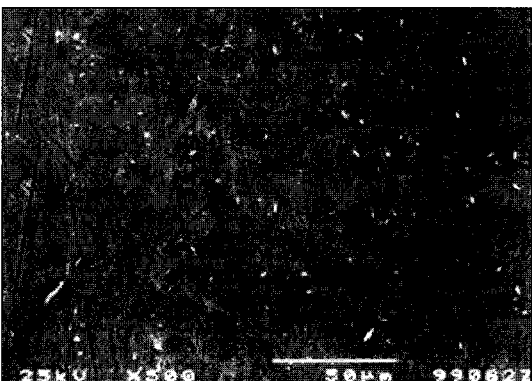


Fig. 9. SEM features of metal surface of 0' sandblasted group.

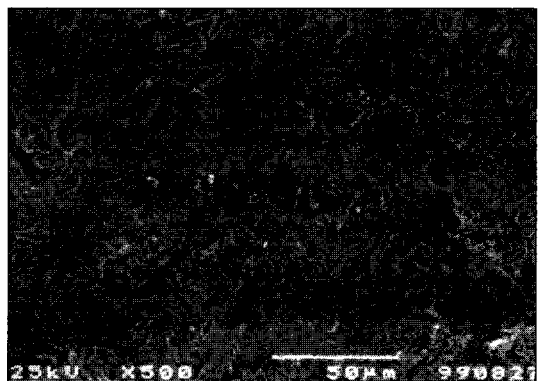


Fig. 10. SEM features of metal surface of 15' sandblasted group.

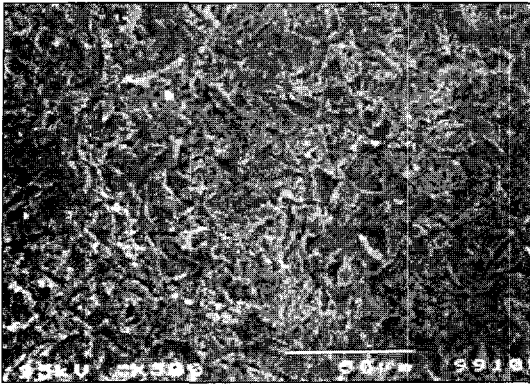


Fig. 11. SEM features of metal surface of 30' sandblasted group.

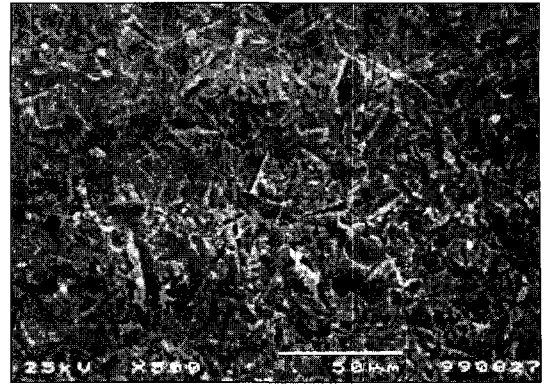


Fig. 12. SEM features of metal surface of 45' sandblasted group.

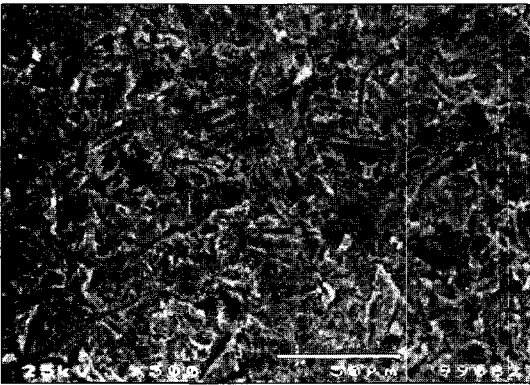


Fig. 13. SEM features of metal surface of 60' sandblasted group.

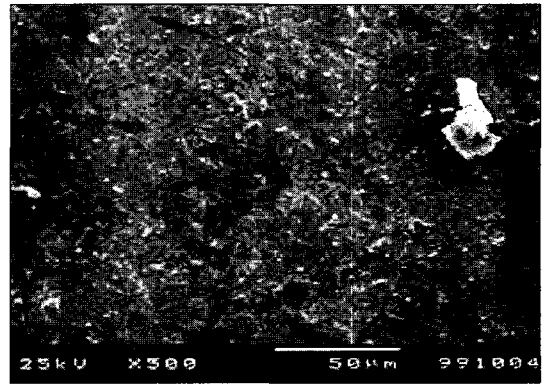


Fig. 14. SEM features of debonded metal surface with adhesive failure.

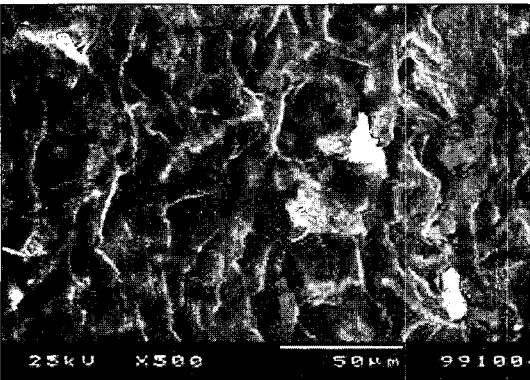


Fig. 15. SEM features of debonded metal surface with cohesive failure.

이 관찰되었다(Fig. 15).

IV. 총괄 및 고안

임상적으로 레진접착 수복물의 가장 큰 실패요인은 낮은 접착강도로 인한 탈락이다. 이런 탈락 양상은 치아와 접착레진사이, 접착레진 자체내, 접착레진과 금속피착면 사이에서 발생될 수 있는 데 이를 극복하기 위해서 다양한 연구가 끊임없이 진행되어 왔다.

특히 임상적으로 흔히 발생하는 접착성 레진과 금속피착면 사이에서의 탈락을 방지하기 위해 현재까지 다양한 금속피착면 처리방법들이 소개되어 왔다.

본 연구에서는 현재까지 소개된 방법들 중 임상에서 적용하기에 가장 간편한 방법으로 생각되는 금속 primer 도포법의 효과를 많은 문헌들을 통해서 금속과 레진간의 결합력 증진방법으로서 그 우수성을 인정받아 온 silicoating 법과 비교하였는데 Larry²⁴⁾, Newman³⁴⁾ 등은 silicoating 법이 최근에 소개되고 있는 Rocatec, Kevloc 등과 같은 표면처리법과 결합력에 있어 거의 차이가 없음을 보고하였다.

Silicoater technique은 1984년 Musil과 Tiller에 의해 소개된 새로운 방법으로 처음에는 veneer resin을 금속에 화학적으로 결합시키기 위해 개발되었으나 레진접착 수복물에도 적용할 수 있었다.³⁾ 이는 금속 표면에 SiOx-C 층을 열에 의해 화학적으로 결합시키고 이 층에 레진과의 결합연결제인 silane을 개재시켜 결과적으로 금속과 레진이 강한 화학적 결합을 이루게 해주는 방법이다.³⁹⁾ Caeg¹¹⁾, Creuger¹²⁾, Re³⁷⁾ 등은 금속면을 화학적 식각이나 전기화학적 식각시켰을 때보다 silicoating 법으로 처리했을 때 레진과 더 우수한 결합강도를 나타내었다고 하였고 Yang²⁾은 비귀금속을 sandblasting, EZ-Oxisor, silicoating 등의 세가지 금속표면 처리 방법을 사용하여 레진과의 접착력을 측정한 결과 silicoating이 가장 효과적이었음을 보고하였다. Silicoating시 형성되는 SiOx-C층의 기본 구조는 유리이고 탄소 또는 수산화기가 첨가되면 금속피착면은 탄성이 생겨 구강내에서의 온도변화로 인한 변형과 응력을 분산시켜 레진과 금속간의 접착 소실을 방지하는 역할을 하는데 Twesme 등⁴⁶⁾은 silicoating 방법이 다른 표면처리 방법에 비해 thermocycling의 영향을 덜 받는다고 하였다. Moulin 등³²⁾은 금속의 sandblasting, silica-coating, V-primer 처리에 따른 4-META계 레진과의 결합력에 대한 비교실험에서 silica-coating, V-primer, sandblasting 순으로 결합력이 높았음을 보고하였고 silica-coating 처리를 통해 수분에서의 균열을 상당량 막을 수 있다고 하였다.

현재 시판되고 있는 소위 접착성 레진에는 금속 접착성 단량체를 포함하고 있어 특별한 표면처리 없이도 산화막에 의한 화학적 결합이 가능하다. 본 연구에서 이용된 Superbond C&B 시멘트도 그에 속하는 레진 접착제로서 많은 연구를 통해 그 우수성을 인정받았다.^{2,21,22)} Superbond C&B는 methyl methacrylate 단량체에 함유되어 있는 접착성 단량체인 4-

META 분자의 극성이 금속면을 향하여 배열하여 산화막에 있는 산소나 수산화기와 수소결합에 의해 금속과 결합하게 된다.

그러나 금속 접착성 단량체 중에는 접착제 내에 포함시 환원제와 반응하여 경화되지 않거나 보관시 중합개시 혹은 연쇄이동반응 등의 화학적 안정성에 문제가 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위해 접착성 단량체를 용매에 녹여 접착제 본체와 별도로 제작한 것이 금속용 primer이다. 이것의 결합 특성은 각각에 포함된 금속 접착성 단량체에 따라 다른데 본 연구에서 사용된 금속 primer는 주성분이 thiophosphoric methacrylate (MEPS)로서 thiophosphoric부분의 sulfur기가 금속과 결합하고 동시에 methacrylic기가 레진과 결합하여 레진과 금속간의 결합을 매우 향상시키는 것으로 알려져 있다.³¹⁾ 이는 금속상이나 정밀 부착장치, 직접유지장치 등과 의치상레진간의 결합시, 레진 전장관용 금속구조물에 opaque를 접합시킬 때, 의치상의 수리 등에 사용된다. Matsumura 등³⁰⁾은 비귀금속 결합에서 4-META 성분의 금속 primer를 사용시 결합성 레진과의 전단 결합강도가 매우 증가한다고 하였고 엄과 장³⁾은 3가지 primer와 silicoating을 이용한 금속표면 처리방법에 따른 금속과 의치상 레진간의 결합강도에 관한 연구에서 금속 primer와 silicoating 간에는 통계학적으로 유의성있는 차이를 보이지 않았음을 보고하였다. 본 실험에서도 이와 동일한 결과를 얻었는데 sandblasting 처리 시간에 관계없이 silicoating 처리시 보다는 금속 primer 도포시 다소 높은 결합강도를 보였으나 통계학적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않았다. 이는 두 방법간의 상이한 화학적 결합방식과 sandblasting과 silicoating 처리후의 필요이상의 산화막층 형성과 관련있을 것으로 생각되고 결합강도의 약화를 초래하지 않기 위해서는 silicoating시의 silane 도포와 금속 primer 도포시 그 횟수에 따른 두께증가에 주의해야 할 것으로 사료된다. 결국 다른 복잡한 표면처리 방법들과 함께 silicoating 법은 고가의 장비와 시간이 필요하고 비교적 능숙한 기술이 필요한 반면 금속 primer 도포법을 이용하면 비교적 손쉬운 금속표면 처리로 레진과 우수한 결합력을 얻을 수 있다고 사료된다.

또한 본 연구에서 시행한 sandblasting 법은 대표적인 기계적 처리방법으로 비교적 사용하기 쉽고 효

울성이 높아 다른 처리방법의 필수적인 전처리법으로 실제 임상에서 널리 이용되고 있다.

Sandblasting은 금속표면에 미세한 요철을 형성하여 표면적을 증가시키며 금속표면의 에너지 및 활성도를 높이고 수분의 접촉각을 낮추어 젖음성을 향상시켜 접착강도를 증진시키는 방법이다.^{13,33)} 또한 이는 도재축성을 위한 반복소성에 의해 증가된 산화막층을 감소시켜 많은 양의 산화알루미늄을 함유하는 금속표면을 형성하고 동시에 금속의 표면을 순간적으로 용해시켜 금속산화물을 형성함으로써 화학적인 결합에도 관여한다고 알려져 있다.¹⁴⁾ 1990년 정등⁷⁾은 복잡한 장비와 처리과정을 거치는 전기화학적 식각법에 의한 접착강도에 비해 sandblasting 법이 보다 효율적인 접착강도를 얻을 수 있는 방법임을 제시하였고 Tanaka 등⁴³⁾은 코발트 크롬계 합금의 표면을 sandblasting 법에 의해 처리하고 초음파 세척기로 세척한 경우 물에 녹아 있던 산소에 의해 산화막이 생성되어 레진과의 결합력이 증가했고 니켈 크롬계 합금의 경우에는 sandblasting을 시행한 후 화학적 산화를 시켜야 유사한 결과를 얻을 수 있었다고 하였다. 산화알루미늄의 입자크기가 비귀금속과 레진간의 결합강도에 미치는 영향에 대해서는 상이한 보고가 많은 데 입자크기는 결합강도에 그다지 큰 영향을 주지 않는다는 보고가 많다.^{8,11,14,33)} 이에 본 연구에서는 silicoating 처리를 위한 sandblasting시 제조사에서 추천하는 250 μm 크기의 산화알루미늄으로 처리 시간을 달리하여 sandblasting을 시행하였을 때 처리 시간이 접착강도에 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였다. David 등¹³⁾은 3가지 시멘트로 교정용 밴드 부착시 50 μm 입자크기와 80psi 압력으로 sandblasting 처리한 경우 유지력이 두 배 이상 증가했음을 보고하였고 sandblasting은 금속 표면을 거칠게 만들어 접착을 위한 표면적을 증가시키고 산화막층을 감소시켜 더욱 강한 부착층을 제공하는 역할을 하며 금속 피착면이 균일하게 서리처럼 흰 외양이 될 때까지 시행해야 하고 일반적으로 대략 15~20초 정도의 시간이 필요하다고 했다. 본 연구결과에서는 비귀금속 피착면을 sandblasting 할 경우 30초까지는 처리해야 비교적 유의성 있는 결합력 향상을 보였지만 45초, 60초까지 처리 시간을 연장했을 경우 결합강도는 다소 증가하나 30초 처리시의 결합력과 통계적으로 유의차가 없었다. 이는 sandblasting시 처리

시간에 따른 금속 산화막의 두께, 처리 후 잔존 alumina의 영향에 의한 결과일 수도 있고 30초 처리시에는 금속표면에 예리하고 미세한 요철구조가 형성되나 45초, 60초에서는 이것이 더욱 깊고 넓은 형태로 변화되어 sandblasting 고유의 기능인 기계적 결합에 좋지않은 영향을 끼치는 것으로 사료된다.

한편 파절양상을 살펴보면 sandblasting만을 시행한 경우 0°, 15° 처리시에는 부착성 파절양상이, 30° 이상 처리한 시편들에서는 대부분 부착성 파절양상과 응집성 파절양상이 함께 일어나는 복합적 파절양상이 나타났고, sandblasting 후 silicoating 및 Metal primer로 처리한 경우 주로 응집성 파절양상이 관찰되었는데 이것은 silicoating 및 Metal primer[®] 처리에 의해 금속과 레진간의 결합이 레진내의 결합력보다 커짐을 의미한다.

그러므로 본 연구결과로 볼 때 레진접착성 수복물의 접착력 향상을 위해 비귀금속 피착면을 처리해야 할 경우 sandblasting 처리만으로는 부족하고 부가적으로 silicoating 처리나 금속 primer 도포가 필요한데 복잡한 처리 단계와 시간이 요구되는 silicoating 처리보다는 비교적 사용이 간편한 금속 primer 도포법이 임상적 효율성이 높고 이때 sandblasting은 30초 이상 처리하는 것이 바람직하다고 사료된다.

그러나 Peutzfeldt 등³⁵⁾은 sandblasting을 통해 미세 기계적인 유지를 증강시킬 수 있으나 처리시 산화알루미늄의 입자크기, 처리시간, 분사압력을 적절히 조절해야 금속의 변형을 방지할 수 있다고 하였고 임 등⁴⁾은 금속 피착면적과 구조체의 적합도가 레진접착 수복물의 유지력에 영향을 끼친다고 보고하였는데 본 연구에서는 sandblasting 입자크기나 처리시간에 따른 금속 유지부 변형 및 적합도 손상과 그에 따른 유지력 변화와 표면처리후 thermocycling 또는 시간에 따른 결합강도 변화가 고려되지 않았으며 앞으로 이에 대한 다양한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

레진접착 수복물은 그 유지력이 보철물의 성공여부 및 수명을 결정하는 가장 중요한 요인으로 현재까지 금속과 레진간의 접착강도 향상을 위한 다양한 금속 피착면 처리법들이 소개되어 왔다. 본 연구에

서는 금속 primer와 silicoating 간의 처리 효과를 비교해 보고 비귀금속에 대한 sandblasting시 처리시간이 결합강도에 미치는 영향에 대해 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Sandblasting 처리시간에 따른 비교시 세가지 표면처리 군에서 모두 0", 15", 30", 45", 60" 순으로 결합강도가 증가하였으며, 각각 0"군과 15", 30", 45", 60"군간에, 15"군과 30", 45", 60"군간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05).
2. 표면 처리방법에 따른 비교시 다섯가지 sandblasting 처리시간 군에서 모두 sandblasting만을 시행한 군, silicoating 군, Metal primer® 군 순으로 결합강도가 높았으며, sandblasting만을 시행한 군과 silicoating 군, Metal primer® 군간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05).
3. 파절양상을 보면 sandblasting만을 시행한 군의 경우 0", 15"군에서는 모두 부착성 파절양상이, 30"이상 처리한 군에서는 대부분 복합적 파절양상이 나타났고, silicoating 군과 Metal primer® 군의 경우 0", 15"군을 제외한 모든 군에서 주로 응집성 파절양상이 관찰 되었다.

이상의 결과로 볼 때 레진접착성 수복물의 접착력 향상을 위해 비귀금속 피착면을 처리해야 할 경우 sandblasting은 30초 이상 처리하는 것이 바람직하며 복잡한 처리 단계와 시간이 요구되는 silicoating 법보다는 비교적 사용이 간편한 금속 primer 도포법이 임상적 효율성이 높다고 사료된다.

REFERENCES

1. Park SW, Yang HS : A Study of Adhesive tensile strength between Etched base metal alloy and Enamel. J Korean Acad Prosthodont 1987;25:314.
2. Yang TJ, Lim JH, Cho IH : A Study of effect on Adhesive tensile strength according to the Base metal surfacetreatment and a kind of resin cement. J Korean Acad Prosthodont 1996;34(2):348.
3. Eum TH, Chang IT : Effect of Metal surfacetreatment of Removable prostheses on heat curing resin and metal. J Korean Acad Prosthodont 1998;36(2):354.
4. Lee KW : Experimental study on Bonding strength of resin cemented restoration. J Korean Acad Prosthodont 1991;29:13.
5. Lim Ju-Hwan: Failure and Treatment of Resin bonded restoration (I). The Korean Journal Of Dentistry 1999;142:52-57.
6. Lim JH, Cho IH, Lee JH : A Comparative study of Adhesive tensile strength according to the design of adhesive prostheses, a kind of cement and the method of manipulation. J Korean Acad Occluson 1989;5:71.
7. Jeong KT, Yang JH, Lee SH, Jeong HY: Experimental study on Adhesive strength of adhesive resin according to cemented surface treatment of dental alloy which is repeated casting. J Korean Acad Prosthodont 1990;28(1):53.
8. Choi NJ, Bang MS: Effect of Metal surfacetreatment of resin Full veneered crown on Adhesive strength between metals . J Korean Acad Prosthodont 1994;32(2):471-483.
9. Barzilay I, Myers ML, Cooper LB and Graser GN : Mechanical and chemical retention of laboratory cured composite to metal surfaces. J Prosthet Dent 1988; 59:131-137.
10. Brady T, Doukoudakis A and Rasmussen S T: Experimental comparison between perforated and etched-metal resin-bonded retainers. J Prosthet Dent 1985;54:361-365.
11. Caeg C, Leinfelder KF, Laceyfield WR and Bell W. : Effectiveness of a metal used in bonding resins to metal. J Prosthet Dent 1990;64:37-41.
12. Creuger NHJ, Welle PR and Vrijhoef MMA: Four bonding systems for resin retained cast metal prosthese. Dent Mater 1988;4:85-88.
13. David PW, Glenn JP, Leonard NJ, Wood

- DP, Paleczny GJ, Johnson LN. : The effect of sandblasting on the retention of orthodontic bands. *Angle Orthod* 1996: 207-214.
14. Diaz-Arnold AM, Keller JC, Wightman JP and Williams VD: Bond strength and surface characterization of a Ni-Cr-Be alloy. *Dent Mater* 1996;12(1):58-63.
 15. El-Sherif MH, El-Messery A and Halhoul MN : The effects of alloy surface treatments and resins on the retention of resin-bonded retainers. *J Prosthet Dent* 1991;65:782-786.
 16. Gates WD, Diaz-Arnold AM, Aquilino SA and Ryther JS : Comparison of the adhesive strength of a BIS-GMA cement to tin-plated and non-tin-plated alloys. *J Prosthet Dent* 1993;69:12-16.
 17. Gaw DA and Mahood M : Micromechanical and chemical techniques for attaching acrylic resin to cobalt-chromium alloy [Abstract]. *J Dent Res* 1989;68:590.
 18. Hall T, Mink JR and Mitchell RJ : Bond strength of resin bonded to a sandblasted Ni-Cr-Be alloy[Abstract]. *J Dent Res* 1989;66: 724.
 19. Hill GL, Zidan O and Gomez-Marin O : Bond strengths of etched base metals : Effects of errors in surface area estimation. *J Prosthet Dent* 1986;56:41-46.
 20. Ikushima K and Sakuma T : Adhesive property of primer for bonding metal to resin "GC Metal Primer". *Adhesive Dentistry* 1993;11:117.
 21. Imbery TA, Burgess JO and Naylor WP : Tensile strength of three resin cements following two alloy surface treatments. *Int J Prothodont* 1992;5:59-67.
 22. Ishijima T, Caputo AA and Mito R : Adhesion of resin to casting alloys. *J Prosthet Dent* 1992;67:445-449.
 23. LaBarre EE and Ward HE : An alternative resin-bonded restoration. *J Prosthet Dent* 1984;52:247.
 24. Larry GR, Steven DH and Steven OH : Resin to metal bond strengths using two commercial systems. *J Prosthet Dent* 1998;79:270-272.
 25. Laufer BZ, Nicholls JI and Townsend JD : SiO_x-C coating : a composite to metal bonding mechanism. *J Prosthet Dent* 1988;60:302-307.
 26. Lawson JR : Alternative alloys for resin-bonded retainers. *J Prosthet Dent* 1991;65:97-99.
 27. Lin TH, Chang HJ and Chung KH : Interfacial strengths of various alloy surface treatments for resin-bonded fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 1990;64(2):158-162.
 28. Livaditis GJ and Thompson VP : Etched castings : an improved retentive mechanism for resin bonded retainers. *J Prosthet Dent* 1982;47:52-58.
 29. Marinello CP, Kerschbaum T, Pfeiffer P and Reppel PD : Success rate experience after rebonding and renewal of resin-bonded fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 1990;63:8-11.
 30. Matsumura H, Kawahara M, Tanaka T and Atsuta M : Surface preparations for metal frameworks of composite resin veneered prostheses made with an adhesive opaque resin. *J Prosthet Dent* 1991;66:10-15.
 31. Metal Primer, Technique and operating instructions. GC Co. Tokyo, Japan.
 32. Moulin P, Degrange M and Picard B : Influence of surface treatment on adherence energy of alloys used in bonded prosthetics. *J Oral Rehabil* 1999;26(5):413-421.
 33. Mukai M, Fukui H and Hasegawa J : Relationship between sandblasting and composite resin-alloy bond strength by

- a silica coating. *J Prosthet Dent* 1995;74:151-155.
34. Newman GV, Newman RA, Sun BI, HA J L and Ozsoylu SA. : Adhesion promoters, their effect on the bond strength of metal brackets. *Am-J-Orthod-Dentofacial-Orthop* 1995;108(3):237-241.
 35. Peutzfeldt A and Asmussen E : Distortion of alloy by sandblasting. *Am J Dent* 1996;9:65-66.
 36. Re G, Kaiser D, Malone W, Godoy F and Jones T : Three different retentive methods for the resin-bonded retainer [Abstract]. *J Prosthet Dent* 1987;66:206.
 37. Re GJ, Kaiser DA, Malone WFP and Garcia-Godoy F : Shear bond strengths and scanning electron microscope evaluation of three different retentive methods for resin-bonded retainers. *J Prosthet Dent* 1988;59:568-573.
 38. Rochette AL : Attachment of a splint to enamel of lower anterior teeth. *J Prosthet Dent* 1973;30:418-423.
 39. Silicoater MD, Technique and operating instructions. Kulzer Co. Bad Hamburg, Germany.
 40. Taira Y and Imai Y : Primer for bonding resin to metal. *Dent Mater* 1995;11:2.
 41. Taira Y, Matsumura H, Tanaka T and Atsuta M : Bonding of a cobalt-chromium alloy with acidic primers & tri-N-butylborane initiated luting agent. *J Prosthet Dent* 1996;76:194-199.
 42. Taleghani M, Leinfelder KF and Taleghani AM : An alternative to cast etched retainers. *J Prosthet Dent* 1987;58:424-428.
 43. Tanaka T, Fujiyama E, Shimizu H, Takaki A and Atsuta M: Surface treatment of non-precious alloys for adhesion-fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 1986;55:456-462.
 44. Thompson VP, Castillo ED and Livaditis GJ : Resin-bonded retainers. Part I : Resin bond to electrolytically etched non-precious alloys. *J Dent Res* 1983;50:771-779.
 45. Thompson VP and Wood M : Etched casting bonded retainers recalls : Results at 3-5 years[Abstract]. *J Dent Res* 1986;65:748.
 46. Twesme DA, Lacefield WR and O' Neal S J : Effects of thermocycling, silicoating and etching on composite bonding to Cu, Au and Ni base alloys[Astract]. *J Dent Res* 1989;66:206.
 47. Verzijden CW, Feilzer AJ, Creugers NHJ and Davidson CL : The influence of polymerization shrinkage of resin cements on bonding to metal. *J Dent Res* 1992;71:410-413.
 48. Watanabe I, Matsumura H and Atsuta H : Effect of two metal primers on adhesive bonding with type 4 gold alloys. *J Prosthet Dent* 1995;73:299-303.
 49. Yamashita : A dental adhesive and its clinical applications. Quintessence Publish Co. 1983.

Reprint request to:

In-Ho Cho, D.D.S., M.S.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University
7-1, Shinpoo-Dong, Chunan, Chungnam, 330-716, Korea
Tel. 82-41-550-1990, 1994

ABSTRACT

A STUDY ON THE SHEAR BOND STRENGTH BETWEEN NONPRECIOUS METAL SURFACE AND RESIN CEMENT ACCORDING TO THE VARIOUS SURFACE TREATMENT METHODS

Young-Ryeol Ryu, Ju-Hwan Lim, In-Ho Cho

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University

The bond strength is the most important factor in establishing long-term success of resin-retained fixed prostheses. So, various surface treatment methods have been introduced to improve the bond strength of metal surface and bonding resin till now.

This study was performed to compare the effect of silicoating with that of metal primer and analyze the correlation between treatment time of sandblasting and the bond strength, so that meant to find more effective surface treatment method that could enhance the bond strength of resin-retained fixed prostheses. The surfaces of all specimens made of Verabond® alloys were air-abraded with 250 μ m Al₂O₃ according to treatment time of sandblasting and they were subdivided to be treated with only sandblasting(S group), silicoating following sandblasting(SS group), and metal primer application after sandblasting(SM group). Then pairs of metal specimens(ϕ 10mm \times h 2mm, ϕ 6 \times h 2mm) were bonded with Super bond C&B®. The specimens were stored in 38 °C water for 48 hours and shear bond strength was measured using the universal testing machine.

The results were as follows:

1. In the comparison of shear bond strength according to treatment time of sandblasting, bond strength was increased in the order of 0", 15", 30", 45", 60" group. 0" group had significantly lower value than any other, while 0", 15" group were significantly different with 30", 45", 60" group($p < 0.05$).
2. In the comparison of shear bond strength according to surface treatment methods, bond strength was increased in the order of S group, SS group and SM group. S group was significantly different with SS group and SM group($p < 0.05$).
3. Observing the mode of bond failure, 0", 15" group showed only adhesive failure, and 30", 45", 60" group did mostly adhesive & cohesive failure in S group. In SS group and SM group, all other groups except 0", 15" group showed mostly cohesive failure

From the above results, it is considered that sandblasting should be treated for more than 30 seconds, and metal primer be more effective and available clinically than silicoater system which is complicated, technique-sensitive and time-consuming method, when nonprecious metal surface is planning to be treated with in order to enhance the bond strength of resin-retained fixed prostheses.

Key words : Surface treatment, Shear bond strength, Nonprecious metal, Resin cement