

주조체의 설계 변화에 따른 수지접착형 보철물의 접착강도에 관한 연구

서울대학교 치과대학 치과보철학 교실

주대원 · 장익태 · 김광남

목 차

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고 문헌
- 영문 초록

I. 서 론

“보철치료의 목적은 결손부위의 수복과 함께 잔존 조직의 보존이 매우 중요하다.”¹⁾는 원칙에서 보더라도, 결손치아의 회복을 위한 통상의 술식들은 잔존치아에 많은 손상을 주게 된다. 따라서 잔존치아의 손상을 최소화 할 수 있는 보철술식의 개발에 많은 치과의사들이 관심을 가져왔다.

1955년 Buonocore²⁾가 범랑질 산부식에 대한 최초의 연구를 시행한 이래 범랑질과 레진의 결합을 이용한 여러가지 임상적 시도가 있었다. 1973년 Rochette³⁾는 천공시킨 금합금 스플린트를 레진으로 하악전치에 부착시켜 치아 삭제 없이 치주고정을 시도했으며, Stolpa⁴⁾, Jordan⁵⁾은 레진치아를 가공치로 사용한 술식을 소개했고, Barkmeier⁶⁾은 발거된 자연

치아를 가공치로 사용했으며, Howe와 Denehy⁷⁾는 천공시킨 금속주조체를 결손된 전치 수복을 위해 지대치에 부착시켰다.

이러한 술식들은 노출된 레진의 마모와 결합력의 부족으로 인해 임시보철물의 수준에 머물 수 밖에 없었으나 1979년 Tanaka⁸⁾의 연구에 의해 다시 한번 새로운 전기를 맞게 되었다. 이들은 Ni-Cr-Cu 합금의 표면을 전기화학적으로 pitting corrosion 시켜 레진 전장관의 유지를 증가시켰으며, 그후 1980년대에 들어서면서 Livaditis와 Thompson⁹⁾이 전기화학적 식각법을 이용하여 결손치를 수복하는 Maryland Bridge를 소개함에 따라 널리 임상적으로 사용하게 되었고, 이를 뒷받침하기 위한 전기화학적 식각법의 결합력에 관한 실험적 연구^{10-13,56,57)}와 임상적 연구^{14-18,58)}가 국내외적으로 활발히 진행되었다. 또한 전기화학적 식각법이 갖는 단점을 보완 하기위해서 금속의 유지구조를 얻는 새로운 방법이 여러가지 소개되었는데, Moon¹⁹⁾은 Virginia Bridge라고도 불리우는 lost-salt법을, LaBarre²⁰⁾은 retention bead를 이용한 방법을, Love²¹⁾은 immersion etching법을, Stokes²²⁾은 porous metal powder coating 방법을, Livaditis²³⁾는 chemical etching system을 소개하였고, 금합금을 사용할 수 있는 표면 열처리법²⁴⁾, Sn 전석법²⁵⁾, 이온도금법²⁶⁾도 발표되었다.

* 이 연구는 1992년도 서울대학교 병원 지정 진료 연구비 지원에 의한 결과임.

이처럼 수지접착형 보철물이 고정성 가공의 치 분야에서 중요한 치료술식의 한가지로 자리를 잡아가고 있으나, 가철성 국소의치의 지대치 금관 변형에 응용 하려는 시도는 최근에야 주목을 끌기 시작하고 있다. Wong등²⁷⁾은 전치의 설측 레스트 시트(rest seat)로 stainless steel foil-mesh pad를 접착용 레진으로 부착시켜 접착 강도를 측정하였으며, Lyon²⁸⁾은 레스트 시트와 유도면을 부여하기 위해 수지접착형 구조체를 이용하였으며, 1985년 Leupold등²⁹⁾은 20명의 가철성 국소의치 환자에서 31개의 산식각 금속 구조체를 레진 시멘트로 부착시켜 42개월 까지 임상적으로 관찰한 바 충분한 국소의치의 지지를 얻었다고 보고하였고, Seto등³⁰⁾도 식각된 구조체 cingulum 레스트 시트를 레진 시멘트로 부착시켜 의치의 지지를 얻는데 별 문제가 없었다고 보고하였다. 1987년 Marinello와 Schärer³¹⁾는 15명의 환자에게 34개의 치관의 정밀부착형 유지장치를 부착시킨 금속 구조체를 전기화학적 식각법으로 처리한 후 BIS-GMA계 레진 시멘트인 Comspan으로 부착시켜 4개월에서 28개월 까지 임상적으로 관찰한 바 91%의 성공율을 보였다고 보고하였다.

그러나 국소의치에 응용된 수지접착형 보철물의 임상적 사용에 대한 여러가지 증례 보고와 높은 성공율에도 불구하고 접착력과 설계변화에 관한 연구는 매우 적었으며, 특히 보철물의 탈락이 순간적으로 작용되는 비정상적인 하중 뿐 아니라 반복되는 낮은 하중에 의해서도 일어나는 데, 이를 규명하기 위한 피로시험은 매우 적었다.

이에 저자는 수지 접착형 보철물에 부여한 몇가지 저항형태의 효과, 접촉면적의 증감에 따른 탈락하중의 차이, 축방압에 대한 저항력의 차이 등을 알아보기 위하여, 발거된 상악 소구치와 실험조건에 맞게 임의로 제작한 레진 치아 모형에 전기화학적으로 식각시킨 금속 구조체를 인산 에스테르계 시멘트인 Panavia EX로 부착시키고, Instron 만능시험기를 이용하여 구조체의 탈락 시 하중을 측정하였으며, 정적인 하중과 반복적인 하중에 대한 저항형태

의 효과와 탈락양상의 차이를 알아보기 위해 MTS 810 피로시험기를 이용하여 피로시험을 시행한 바 다소의 지견을 얻었기에 이를 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

발거된 상악 소구치와 자가중합형 레진(Lang Dental Mfg.Co. Chicago U.S.A.)으로 제작한 레진치아 모형을 사용하였으며, 구조체는 비귀금속 합금인 Rexillum III(Jeneric Ind. Conn. U.S.A.)로 제작하였고, 접착용 레진 시멘트는 Panavia EX(Kuralay Co. Ltd.Osaka Japan)를 사용하였다.

시험편은 정하중 실험을 위해 자연치아와 레진치아 모형에서 각각 18개, 피로시험을 위해 자연치아에서 30개, 총 66개를 사용하였다.

2. 실험방법

1) 자연치아의 지대치형성

범랑질의 손상이 없고 발거된 지 6개월이 지나지 않은 51개의 상악 소구치를 #557 high speed bur를 이용하여 삭제하였다. 이때 groove는 깊이가 1mm, 길이가 2mm 되도록 형성하였으며 groove를 형성하지 않은 치아는 범랑질의 굴곡만 제거하는 정도의 치아삭제를 시행하였다.

접착면적을 일정하게 하기 위하여 모양과 크기가 유사한 30개의 치아를 2군으로 나누어 1군은 groove를 형성하지 않고, 2군은 치아의 중앙에 groove를 형성한 후 각 군을 피로시험에 사용하였고, 나머지 21개는 6개의 군으로 나누어 정하중 하에서의 탈락시험에 사용하였다(Table 1, Fig. 1).

2) 레진치아 모형의 제작

Fig. 2와 같이 지대치 형성이 완료된 자연

치아의 금관과 유사한 형태의 프라스틱 모형을 제작한 후 실리콘 인상재로 복제하여 자가중합형 레진으로 18개의 레진치아 모형을 제작하였으며, 이를 groove 형성 여부와 접착면적의

차이에 따라 6개의 군으로 나누고, #702 low speed bur를 이용하여 필요한 군에 groove만 형성하였다(Table 2, Fig. 3, Fig. 4).

Table 1. The groups of preparation in natural teeth

NG	No groove preparation
CG	Groove preparation at the center of distal surface
DB-G	Groove preparation at the distobuccal line angle
45° NG	Load from 45° occlusobuccal direction in NG group
45° CG	Load from 45° occlusobuccal direction in CG group
Splint	Splint two teeth with no groove preparation

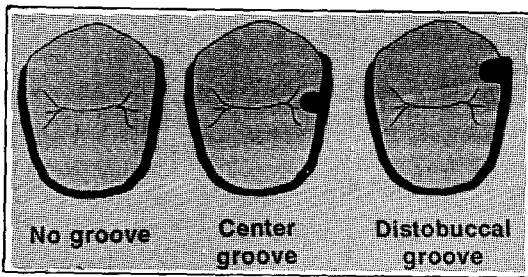


Fig. 1. The occlusal view of metal framework designs in natural teeth.

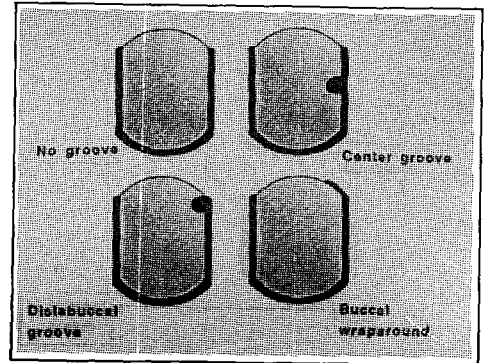


Fig. 3. The occlusal view of metal framework designs in resin teeth.

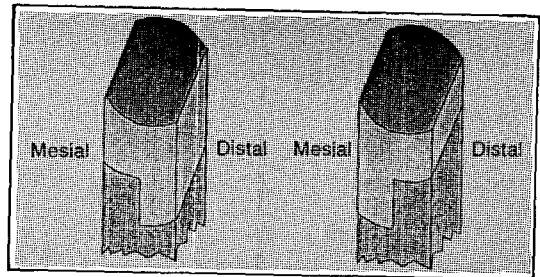


Fig. 4. The variations of surface area in resin teeth.

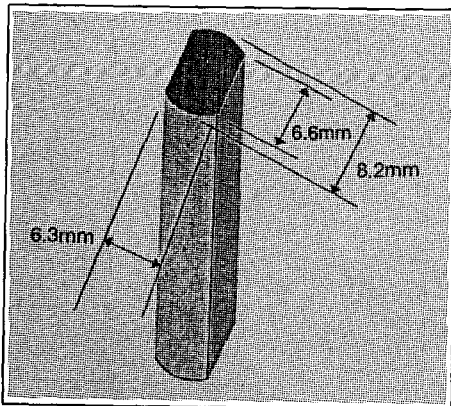


Fig. 2. The figure of resin teeth model.

Table 2. The groups of preparation in resin teeth

NG	No groove preparation
CG	Groove preparation at the center of distal surface
DB-G	Groove preparation at the distobuccal line angle
D (1/2)	Metal covers the half of distal surface
M (1/2)	Metal covers the half of mesial surface
BWA	Metal covers the 1/4 of buccal surface

3) 금속주조체의 제작

준비된 치아를 실리콘 인상재(Provil, Bayer Dental Co. Japan)로 인상채득 후 고온 인산염 결합 매물재인 Hi-Temp 2(Whip Mix Corp. Louisville. Kentucky U.S.A.)로 매물재 모형을 제작하였다. 매물재 모형상에서 자연치아는 26 gauge sheet wax(대동화학)로 치아삭제 부위에 맞게 납형을 부착시키고, 하중을 가해질 load bar는 10 gauge round wax를 사용하여 치아의 원심면 중앙에 15 mm 길이로 부착시켰으며, 피로시험을 위한 시편은 면적이 0.78cm^2 되도록 납형조각을 동일한 형태로 오려내어 부착시키고, 가로 4 mm, 세로 15 mm의 half round wax를 사용하여 load bar를 형성하였다.

레진치아 모형은 가로 4 mm, 세로 18 mm의 납형조각을 기본으로 설계변화에 맞게 변형시켜 사용하였다.

Rexillium III 새 금속 만으로 원심주조 후, 매물재를 제거하고 주입선을 제거하여 금속 주조체를 완성하였다.

4) 금속 주조체의 접착면적 측정

정하중 실험을 위한 자연치아 군의 접착면적을 측정하기 위하여 금속 주조체의 내면에 종이 테이프를 붙인 후, 예리한 가위로 외형에 맞게 정확히 오려내어 검은 바탕의 종이에 붙인 후, KIT-500 Personal Image Analysis System(PIAS, Co.Ltd.)을 이용하여 계산하였다.

5) 전기화학적 식각

완성된 금속 주조체를 $50\mu\text{m}$ 의 산화알루미늄으로 분사한 후 고압 증기 세척기로 세척하여 건조시켰다. Oxy-Etch 식각기(Oxy dental products Inc. New Jersey U.S.A.)를 사용하여 10% 황산에서 $300\text{mA}/\text{cm}^2$ 의 전류로 3분간 식각 처리한 후 18% 염산에서 10분간 초음파 세척하고, 고압 증기 세척기로 세척하여 건조시켰다.

6) 치아와 금속 주조체의 접착

자연치아는 etching solution으로 1분간 도포 후 45초간 수세하였고, 레진치아 모형은 그대로 접착하였다. Panavia EX를 제조회사의 지시대로 혼합하여 치아와 금속 주조체에 도포한 후 제위치에 접착시키고, Oxy-Gaurd를 도포한 뒤, 5분간 손으로 고정하였다.

7) 접착시편의 보관

시편은 실온의 증류수에 24시간 보관하였다.

8) 탈락하중의 측정

정하중 하에서의 탈락하중을 측정하기 위한 시편은 가로, 세로 2.5 cm, 높이 3 cm의 플라스틱 상자를 제작한 후, 교정용 레진(The L. D. Caulk Co. U.S.A.)으로 매몰하였으며 45°방향의 하중하에서의 측정을 위해서는 레진 블록의 바닥을 45°가 되도록 한 후, 치아를 수직으로 매몰하였다. 이때 자연치아 시편에서는 치근막을 재현하기 위해 30 gauge sheet wax를 치근부위에 둘러싼 뒤 매몰이 끝난 후 제거하고, light body의 실리콘 인상재를 주입하였다. 준비된 시편을 Fig. 5와 같은 jig에 고정한 후, 만능시험기(Instron model 1127)를 이용하여 chart speed 100 mm/min, crosshead speed 1 mm/min로 치아의 원심면으로 부터 0.5 mm 떨어진 위치의 load bar에 압축 하중을 가하고, 탈락시 하중을 측정하였다.

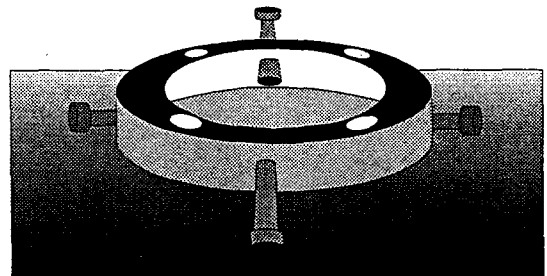


Fig. 5. The jig for static load test.

9) 피로시험

Fig. 6과 같은 Jig를 고안하여 교정용 레진에 매몰하였으며, 이때 load bar의 하부에는 polyether 인상재(Impregum ESPE)를 2 mm 두께로 도포하여 연조직을 재현하였다.

MTS 810 피로시험기(MTS.Minneapolis MN.U.S.A.)에서 한시편당 5000번의 반복 하중을 가하고, 각 시편의 탈락 여부를 조사하여 stair-case법으로 분석하였다(Fig. 7, 8, 9).

stair-case법에 의한 분석시, 하중은 15 kg에서 시작하여 첫번째 시편에서 탈락이 발생되지 않는 경우 5 kg 단위로 하중을 증가시켜 두번째 시편에서 탈락여부를 확인하고 탈락이 일

어난 경우에는 하중을 감소시켜 세번째 시편에서는 다시 15 kg의 하중을 가해주는 방법으로 각 시편에 부여한 하중에 대한 탈락여부를 기록, 분석하였다.

10) Bond Failure의 관찰

탈락의 양상을 관찰하기 위하여 정하중 실험 시편과 피로시험 시편 각 6개를 치아 장축에 대해 직각으로 수평절단 후 금속현미경(Olympus Metallurgical Microscope Model BHM-363U, Olympus Optical Co., Ltd. Tokyo, Japan.)에서 200배로 관찰하였다.

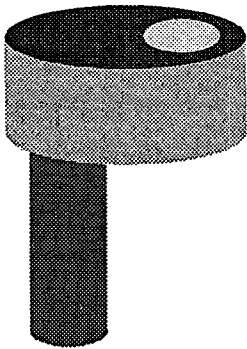


Fig. 6. The jig for fatigue test.

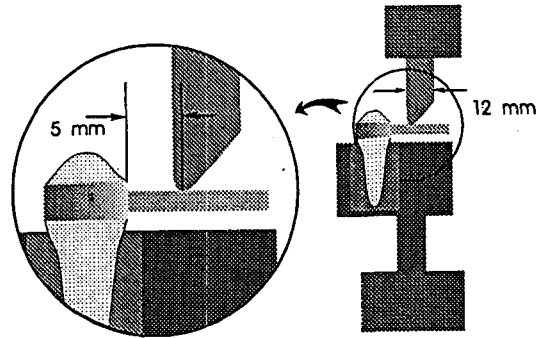


Fig. 7. The diagram of load application in fatigue test.

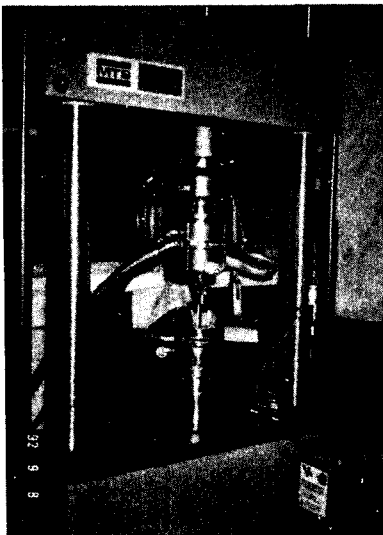


Fig. 8. MTS 810 fatigue testing machine.

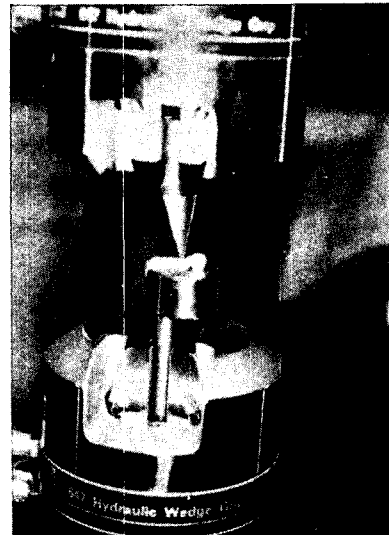


Fig. 9. Specimen in place of machine.

III. 실험성적

I. 정하중 하에서의 탈락하중

1) 자연치아군

정하중 하에서 자연치아군의 탈락하중, 전체 접촉면적 당 탈락하중, 원심면의 접촉면적당 탈락하중과 각각의 표준편차는 Table 3, Fig. 10과 같다.

설계 방법에 따른 시편 종류간의 차이를 알아보기 위해 일원분산분석으로 시편종류간에 유의성 있는 차이가 있음을 확인한 후 pairwise t-test를 시행하였다.

탈락시 하중은 45° 방향으로 하중을 가한 군

과 splint군이 수직하중을 가해준 groove 비부여군이나 groove 부여군 보다 통계적으로 유의성 있게 작았으며 ($p < 0.01$) 하중 방향에 관계없이 groove 부여군이 groove 비부여군에 비해 탈락하중이 컸으나 유의성있는 차이는 없었다 ($p > 0.01$) (Fig. 11, Table 4).

전체 접촉면적당 하중은 splint군에서 더욱 작아졌으며, groove 형성 여부에 따른 차이가 있었고 ($p < 0.05$) (Fig. 12, Table 5), 원심면 접촉면적당 하중도 splint군과 45° 방향에서 하중을 가한 groove 비부여군은 다른군에 비해 유의성 있게 낮았으며, groove 형성 여부에 따른 하중의 차이가 있었다 ($p < 0.01$) (Fig. 13, Table 6).

Table 3. The comparison of 3 debond forces in natural teeth

S. Type \ Force	Debond force (kgf)	Force/Surface area (Kg/cm ²)	Force/Distal area (Kg/cm ²)
NG	10.50 ± 1.11	13.44 ± 0.74	28.33 ± 1.08
CG	12.40 ± 2.52	18.35 ± 1.34	37.77 ± 1.85
DB-G	13.23 ± 2.72	17.62 ± 1.48	39.87 ± 4.74
45° NG	4.47 ± 0.84	6.25 ± 0.45	13.26 ± 1.26
45° CG	7.63 ± 2.30	10.75 ± 3.67	22.56 ± 6.71
Splint	6.40 ± 0.44	4.95 ± 0.32	21.14 ± 2.04

Table 4. Pairwise t-test of debond forces in natural teeth

splint						•
45° CG				•		NS
45° NG			•		NS	NS
DB-G		•	**	**	**	**
CG	•	NS	**	**	**	**
NG	•	NS	NS	**	NS	*
	NG	CG	DB-G	45° NG	45° CG	splint

NS : not significant

* : $p < 0.05$

** : $p < 0.01$

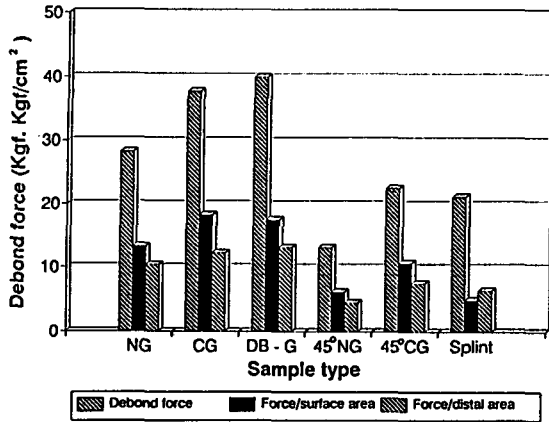


Fig. 10. The comparison of 3 debond forces in natural teeth.

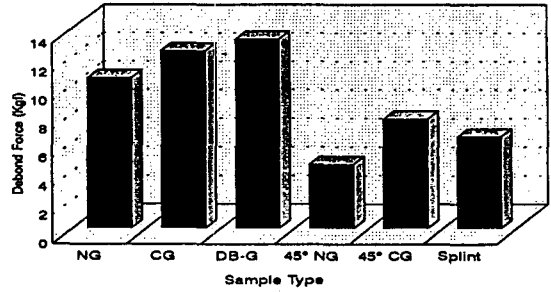


Fig. 11. The comparison of debond forces in natural teeth.

Table 5. Pairwise t-test of debond forces per surface area in natural teeth

splint						•
45° CG						•
45° NG				•	**	NS
DB-G			•	**	**	**
CG		•	NS	**	**	**
NG	•	**	*	**	NS	**
	NG	CG	DB-G	45° NG	45° CG	splint

NS : not significant

* : $p < 0.05$

** : $p < 0.01$

Table 6. Pairwise t-test of debond forces per distal area in natural teeth

splint						•
45° CG						•
45° NG				•	**	*
DB-G			•	**	**	**
CG		•	NS	**	**	**
NG	•	**	**	**	NS	*
	NG	CG	DB-G	45° NG	45° CG	splint

NS: not significant

* : $p < 0.05$

** : $p < 0.01$

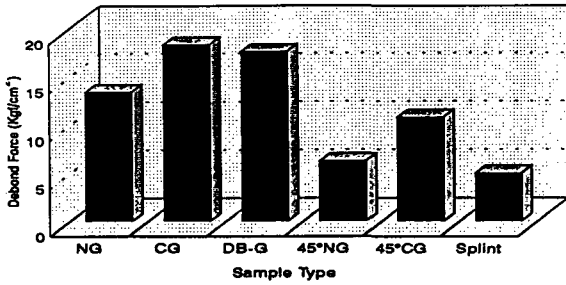


Fig. 12. The comparison of debond forces per surface area in natural teeth.

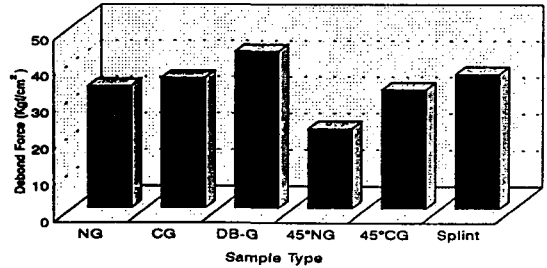


Fig. 13. The comparison of debond forces per distal area in natural teeth.

2) 레진치아군

정하중 하에서 레진치아군의 탈락하중, 전체 접착면적 당 탈락하중, 원심면의 접착면적 당 탈락하중과 각각의 표준편차는 Table 7, Fig. 14와 같다.

탈락시 하중은 원심면의 면적을 1/2로 한 군이 모든 군에 비해 유의성 있게 작았으며 ($p < 0.01$), 근심면을 1/2로 한 군은 다른군과 유의성 있는 차이가 없었다 ($p > 0.01$) (Fig. 15, Table 8).

전체 면적 당 하중에서도 원심면을 1/2로 한 군의 수치가 증가하였으나 여전히 다른 군에 비해 유의성 있게 작았으며 (Fig. 16, Table 9), 원심면의 접착면적 당 탈락 하중에서도 원심면을 1/2로 한 군은 원심면의 협측에 groove를 부여한 군과 접착면을 협측으로 연

장한 군에 비해 유의성 있게 낮았으며 groove 부여군이 groove 비부여군 보다 높은 하중을 나타냈으나 유의성 있는 차이는 없었고, 근심면을 1/2로 한 군은 다른 군과 거의 유사한 하중을 보였다 ($p > 0.01$) (Fig. 17, Table 10).

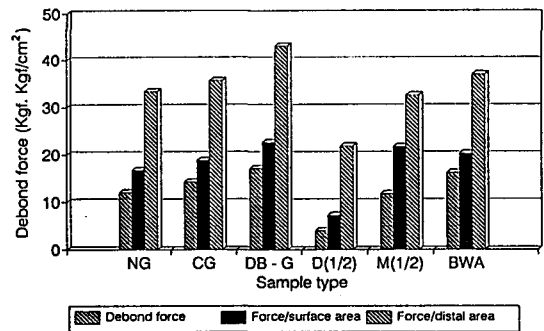


Fig. 14. The comparison of 3 debond forces in resin teeth.

Table 7. The comparison of 3 debond forces in resin teeth

S. Type \ Force	Debond force (Kgf)	Force/Surface area (Kg/cm ²)	Force/Distal area (Kg/cm ²)
NG	12.03 ± 3.30	16.71 ± 4.58	33.42 ± 9.15
CG	14.27 ± 3.86	18.77 ± 5.07	35.67 ± 9.64
DB-G	17.20 ± 1.31	22.63 ± 1.72	43.00 ± 3.28
D (1/2)	3.93 ± 0.95	7.28 ± 1.76	21.85 ± 5.28
M (1/2)	11.73 ± 3.15	21.73 ± 5.83	32.59 ± 8.75
BWA	16.23 ± 3.91	20.29 ± 4.88	36.89 ± 8.88

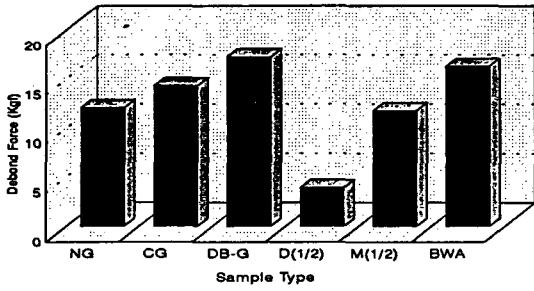


Fig. 15. The comparison of debond forces in resin teeth.

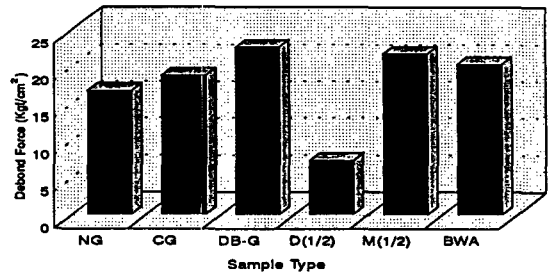


Fig. 16. The comparison of debond forces per surface area in resin teeth.

Table 8. Pairwise t-test of debond forces in resin teeth

BWA						•
M (1/2)					•	NS
D (1/2)				•	**	**
DB-G			•	**	*	NS
CG		•	NS	**	NS	NS
NG	•	NS	NS	**	NS	NS
	NG	CG	DB-G	D (1/2)	M (1/2)	BWA

NS : not significant

* : $p < 0.05$

** : $p < 0.01$

Table 9. Pairwise t-test of debond forces per surface area in resin teeth

BWA						•
M (1/2)					•	NS
D (1/2)				•	**	**
DB-G			•	**	NS	NS
CG		•	NS	**	NS	NS
NG	•	NS	NS	*	NS	NS
	NG	CG	DB-G	D (1/2)	M (1/2)	BWA

NS: not significant

* : $p < 0.05$

** : $p < 0.01$

Table 10. Pairwise t-test of debond forces per distal area in resin teeth

BWA						•
M (1/2)					•	NS
D (1/2)				•	NS	*
DB-G			•	**	NS	NS
CG		•	NS	NS	NS	NS
NG	•	NS	NS	NS	NS	NS
	NG	CG	DB-G	D (1/2)	M (1/2)	BWA

NS : not significant
 * : p < 0.05
 ** : p < 0.01

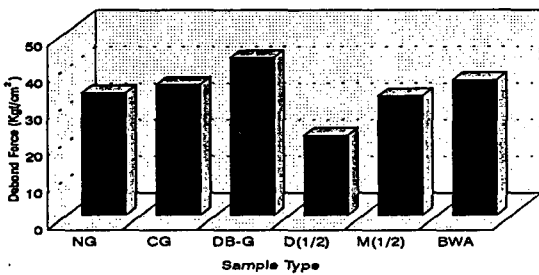


Fig. 17. The comparison of debond forces per distal area in resin teeth.

2. 피로 시험

피로시험 결과 탈락 여부를 표시한 그림은 다음과 같다(Fig. 18, 19).

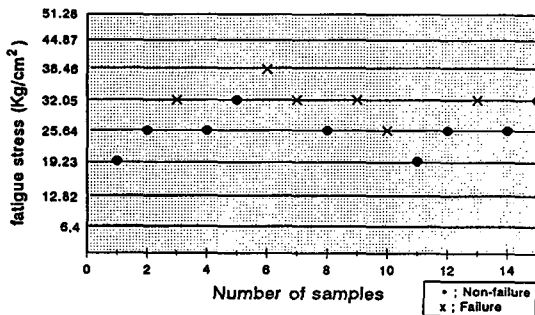


Fig. 18. The sequence of failures and non-failures for non-groove group.

groove를 형성해주지 않은 군에서는 25 kg 이상의 하중을 가했을 때 2개의 시편에서 탈락이 일어나지 않았고, 5개의 시편에서 탈락이 발생했으나, groove를 형성해준 군에서는 25 kg 이상의 하중을 가했을 때 5개의 시편에서 탈락이 발생하지 않았다.

이 결과를 이용하여 피로한도와 표준편차를 계산하는 수식은 아래와 같다.

$$\bar{X} = X_0 + d \left(\frac{A}{N} \pm \frac{1}{2} \right)$$

$$S = 1.62d \left(\frac{NB - A^2}{N^2} + 0.029 \right)$$

이 수식의 중간 계산 과정은 Table 11에 나타나 있는데, i=0는 최초 탈락이 일어난 stress를 표시하고, d는 stress의 증가 폭을 나타내며, -부호는 탈락이 일어난 stress 수치를 기준으로 계산하는 것을 의미한다.

계산된 결과는 Table 12와 같다.

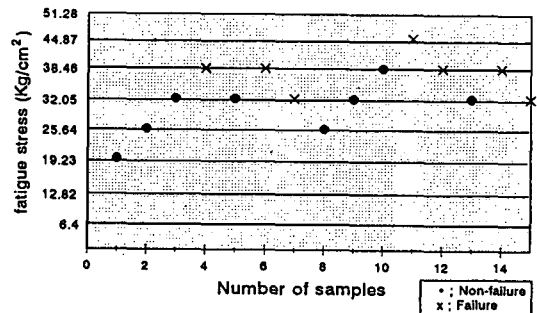


Fig. 19. The sequence of failures and non-failures for groove group.

Table 11. Analysis of staircase test procedural data

Stress (Kg/cm ²)	i	ni	ini	i ² ni
38.46	2	1	2	4
32.05	1	4	4	4
25.64	0	1	0	0
N = ni	A = ini	B = i ² ni		
= 6	= 6	= 8		

Table 12. Result of fatigue limit

Sample design	Mean fatigue limit (Kg/cm ²)	SD
no-groove	28.85	3.76
center groove	34.34	4.54

3. 탈락 양상의 관찰

탈락의 양상은 크게 3부분으로 나뉘어 특징적인 소견을 보였는데, 탈락의 시작 부위에서는 법랑질과 시멘트 사이에서 탈락이 일어났으며, 균열이 확산되어 가면서는 시멘트 자체의 cohesive fracture가 발생하였고, 원심면의 중앙 부위를 지나면서는 금속과 시멘트 사이의 adhesive fracture 양상을 보였는데, 이는 정하중 실험(Fig. 20, 21, 22)과 피로시험(Fig. 23, 24, 25)에서 차이가 없었으며 그의 다른 특징적인 소견은 없었다.

사진에서 희게 보이는 부분이 금속이며, 암자를 포함하는 부분이 시멘트이다.



Fig. 20. Bond failure between cement and enamel in static test. (x 200)

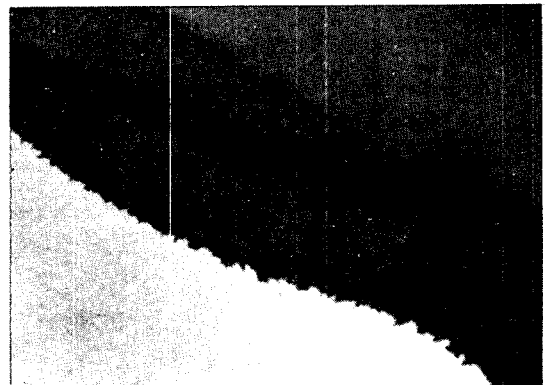


Fig. 21. Cohesive fracture of cement in static test. (x 200)



Fig. 22. Bond failure between cement and metal in static test. (x 200)

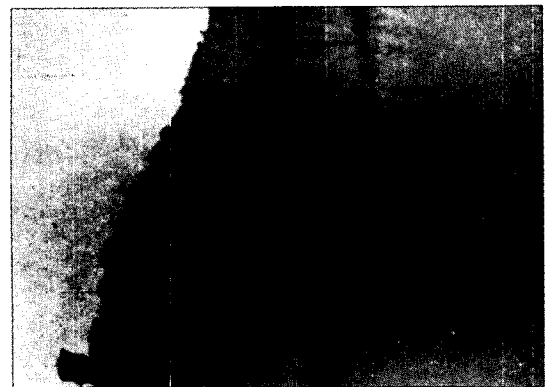


Fig. 23. Bond failure between cement and enamel in fatigue test. (x 200)

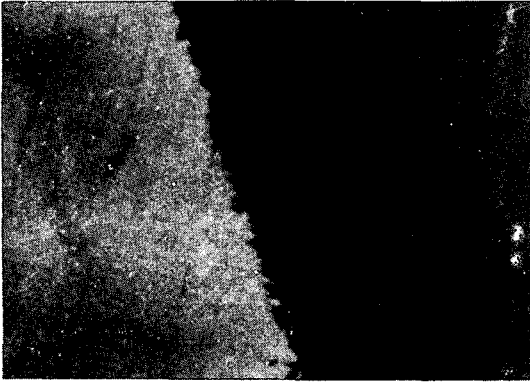


Fig. 24. Cohesive fracture of cement in fatigue test. (x 200)



Fig. 25. Bond failure between cement and metal in fatigue test. (x 200)

IV. 총괄 및 고안

이미 알려진 여러가지 장점³²⁾으로 인해서 수지접착형 보철물은 고정성 가공의치의 중요한 치료술식의 한가지로 자리를 굳혀가고 있다.

여러가지 임상적 연구결과^{14-18,58)}에 의하면 수지접착형 보철물의 실패율이 30%를 넘지 않으며 1992년 Williams등³³⁾은 비록 재접착시 접착강도가 처음 접착시에 비해 유의성있게 감소하였으나 치아와 레진사이의 접착강도 보다는 여전히 2-3배 높기 때문에 재접착시 접착강도의 감소가 임상적으로는 큰 의미를 갖지 않는다고 보고하였고, Ullo등³⁴⁾은 재접착을 위한 레진 시멘트의 제거 방법에 대한 비교 결과를 보고하였으며, 재접착이 가능하다는 점이 수지접착형 보철물의 장점으로 빠지지 않고 거론되고 있으나, 탈락에 대한 우려는 이 술식의 보철학 전반에 걸친 보다 광범위한 적용에 커다란 심리적, 실질적 장애가 되고 있다.

더구나 주로 교합 평면에 대한 수직압을 받는 고정성 가공의치와는 달리 국소의치, 특히 후방연장 국소의치는 많은 측방압과 다양한 회전력을 받게 된다³⁵⁾. 따라서 지대치 금관의 탈락에 대한 저항형태의 부여에 더 유의할 필요가 있다.

수지접착형 보철물에 관한 많은 실험적 연구들은 대개 인장하중에 대한 유지력을 측정하였고³⁶⁻⁴⁰⁾, 실제 치아가 갖는 형태적 요인은 거

의 고려되지 않고 있으며 유지장치의 설계변화에 따른 접착강도의 변화에 대한 연구^{41-43,59)}도 전치부에서 시행한 것이 대부분을 차지하고 있다. 그러나 이런 연구결과의 영향으로 초기 Maryland bridge가 주로 금속, 시멘트, 치아간의 단순한 접착력에 의존하던 것에서 벗어나 차츰 보조적인 유지형태나 저항형태의 추가적인 설정의 필요성을 공감하게 되었다.

본 실험에서는 먼저 자연치아에서 저항형태를 보강해주기 위해 groove를 부여했으며 groove의 위치에 따른 효과의 차이를 관찰하기 위하여 하중이 집중 될 것으로 예상되는 위치에 groove를 부여한 바, 대조군으로 사용한 groove 비부여군에 비하여 높은 하중에서 탈락이 일어났으며, 통계적으로도 유의한 차이가 있었다. 특히 탈락이 시작되는 시점으로 생각되는 원심협측에 groove를 부여한 경우가 가장 높은 하중을 나타냈으나 원심면의 중앙에 부여한 경우와 유의한 차이는 없었는데 Burgess등⁴³⁾의 연구에서는 groove의 크기나 위치에 따라서 유의한 차이를 얻었다고 보고하였다. 이는 앞서의 연구가 설측에 loop를 형성하여 유지력을 측정하는 인장시험을 하였기 때문에 본 연구와 하중의 분포가 달랐기 때문으로 사료되었다.

가철성국소의치에 가해지는 측방압에 따른 탈락하중의 변화를 알아보기 위한 실험에서는 측방압을 가한 군이 groove의 유, 무에 관계

없이 수직하중을 가한 군보다 유의성 있게 낮았으며 groove를 형성해준 측방하중 부여군에서는 비록 대조군보다 낮은 하중에서 탈락이 일어났으나 통계적 유의성은 없었다. 따라서 측방압을 고려한다면 가철성 국소의치에 사용하는 groove와 같은 저항형태의 부여가 필수적이며 그의 몇가지 설계의 복합적인 사용도 검토되어야 할 것이다.

접착면적은 접착력에 영향을 주는 중요한 변수인데 본 연구에서는 접착면적의 증가가 실제 임상적 상황에서 얼마나 접착력의 증가에 기여하는가를 알아보기 위해 자연치아 2개를 splint하여 접착력을 약 2배로 증가시켜 보았다. 그러나 탈락시 하중이 오히려 대조군의 약 1/2에 불과한 유의성 있는 차이를 얻었으며, 주조체의 탈락이 설면의 중심선을 기준으로 치아의 원심면에서만 발생하였기 때문에 이를 원심면의 접착면적으로 나누어 보았으나 여전히 대조군 보다 유의성 있게 적은 하중에서 탈락이 되었고, 근심면을 줄인 경우는 대조군과 거의 유사하였으며, 원심면의 면적당 하중에서도 원심면을 1/2로 줄인 경우 만이 낮은 하중에서 탈락이 일어났다.

이상의 결과에서 splint군은 삼입로 형성을 위한 치아삭제의 제한 때문에 원심면 접착이 부족했고 그것이 낮은 탈락하중을 기록한 원인으로 추측되었으며 이는 주조체의 접착면적을 계산한 결과에서 확인할 수 있었다. 따라서 접착면적을 증가시켜줄 경우는 반드시 하중이 집중되어 초기탈락이 일어날 부분, 즉 원심면의 접착면적을 증가시켜야 하고, 전치부와 탈리심미적 손상이 적은 원심측 협면의 추가적인 접착이 바람직하다고 사료되었다.

탈락하중에 영향을 미치는 또다른 요인 중에, 본 실험에서 표준화 하지 못한 것이 시멘트의 피막두께인데, Panavia EX의 피막두께는 19 μ m로 알려져 있으나 본 실험에서는 금속 현미경에 의한 관찰 결과 45-65 μ m으로 나타났다. 이는 Rothermel과 Kelly⁴⁴⁾가 Rexillium III 금속에 Comspan을 이용하여 보고한 평균 49.4 μ m나 Ferrari등⁴⁵⁾이 Rexillium III에 50 μ m Al₂O₃로 분사하여 Panavia EX로 접착한

후 보고한 40-45 μ m 보다 다소 두꺼웠으며 편차도 컸으나, 1991년 Diaz-Arnold등⁴⁶⁾은 피막두께가 80 μ m일 때 가장 유지력이 좋았으며 오히려 20 μ m일 때와 110 μ m를 넘어서면 접착력이 감소한다고 보고한 바 있어 피막두께가 본 실험의 결과에 큰 영향을 미치지 않는 것일 것으로 생각되었다.

국소의치의 지대치에 가해지는 하중에 관해서는 Maxfield등⁴⁷⁾의 보고가 주로 인용되는데, 이들은 국소의치 장착 환자의 저작시 최대 3.545 kg의 하중이 지대치에 전달된다고 보고하였고, Wong등²⁷⁾은 교정용 stainless steel mesh pad를 설측 레스트 시트로 사용한 결과 최대 평균 8.258 kg의 탈락하중을 기록했다고 보고하였다. 물론 사용재료와 접착면적, 하중부여 위치가 다르기 때문에 단순히 수치 비교에는 무리가 따르나, Doherty⁴⁸⁾의 보고대로 하중이 집중되는 지점에서부터 먼거리에서 하중을 가할 때 탈락이 쉽게 일어나는 점을 고려한다면, 본 연구에서 나타난 10 kg 이상의 탈락하중은 국소의치에서 오는 하중에 충분히 저항할 수 있는 범위에 있다고 사료되었다.

많은 자동차나 항공기의 부품과 마찬가지로 보철물은 장기간 구강내에 존재하면서 받게되는 주기적인 하중에 의해서도, 탈락이나 파절이 일어나지 않아야 한다. 비록 재료나 구조물이 받는 응력의 크기가 재료의 강도보다 훨씬 작은 값일지라도 오랫동안 반복되면 파괴되는데, 이를 피로파괴라 하며, 이러한 피로파괴가 거의 무한대에 가까울 만큼 반복되는 하중에서도 발생하지 않는 응력의 값을 피로한도라 한다⁴⁹⁾. 금속재료의 피로한도를 측정하기 위해서는 하중의 횟수를 통상 100만번으로 하며 보철물의 수명을 생각하더라도 5000번은 매우 작은 횟수이다. 그러나 1979년 Dranghn⁴⁹⁾이나, 1987년 Saunders⁵⁰⁾의 연구에서 처럼 가해주는 하중과 피로한도 사이에는 비례관계가 성립하므로 특정한 두가지 조건을 서로 비교하기 위하여는 5000번의 횟수도 무방한 것으로 사료되었다. 이처럼 치과 재료나 보철물에 있어서 중요하게 생각되는 피로시험에 대한 보고는 의외로 많지 않은데, 1967년 Kelly⁵¹⁾는 열중합레진과 자가

중합레진의 피로파절을 연구하였고, 1969년⁵²⁾에는 의치상용 레진의 피로파절에 관해 보고하였으며, 1982년에는 Asmussen등⁵³⁾이 시판되는 몇종류의 레진재료에 대한 피로강도를 비교하여 발표하였다. 치과용 레진 시멘트의 피로파절에 관한 연구는 1987년 Saunders⁵⁰⁾와 1988년 Zardiackas등⁵⁴⁾의 연구가 있는데, 이들은 접도가 다른 시멘트를 사용한 결과, 정하중 실험과 피로시험 사이에서 파절양상에 차이가 있다고 보고하였으나 본 연구에서는 설계 변화에 따른 탈락양상에는 차이가 없었으며 저항형태가 미치는 영향도 정하중 실험과 특징적인 차이점을 발견하지 못하였다. 이는 비록 Panavia EX 시멘트의 피로한도와 접착강도 사이의 상관 계수를 보고한 예는 없으나, 금속에서는 그 비율이 약 75%이고 레진에서는 63%라는 보고로 미루어 볼 때 피로에 의해 시멘트가 파괴되는 강도가 법랑질과 시멘트 사이의 접착강도 보다 크기 때문으로 보였다.

금속현미경에 의한 탈락양상의 관찰에서는 하중이 집중되었다고 생각되는 초기탈락 부위에서는 이미 보고된 대로 결합력이 가장 약한 법랑질과 시멘트 사이에서 탈락이 발생하여 기존의 연구⁵⁵⁾ 결과와 일치하였으며, 파괴가 진행되면서 금속과 시멘트 사이에서 탈락이 일어나는 것은, 일단 접착이 파괴된 후에는 치아로의 하중 전달이 단절되고 금속에 집중된 때문으로 사료되었다.

이상의 연구 결과로 보아 설계 변화에 따른 탈락 하중 및 탈락양상의 차이를 보다 정확히 규명하기 위해서는 하중의 전달과 분포에 대한 연구가 동시에 이루어져야 할 것으로 생각되며 보철물의 수명을 고려한 피로시험을 위해서는 실제 국소의치가 장착된 상태에서 충분한 반복하중을 가할 수 있는 실험 방법의 고안이 요구된다고 생각되었다.

V. 결 론

치아에 부여한 저항형태, 접착면적의 차이, 하중방향의 차이가 수직접착형 보철물의 접착 강도에 미치는 영향을 구명하기 위하여 저항형태와 접착면적 및 하중부여 방법에 따라 6가지

의 설계 변화를 부여한 자연치아와 레진치아에 Rexillum III 금속으로 주조한 구조체를 레진 시멘트인 Panavia EX로 접착하여 정하중 하에서의 탈락하중을 측정하고, 저항형태 부여군과 비부여군으로 분류한 자연치아에 접착하여 5000번의 반복하중을 가하는 피로시험을 시행하여 탈락하중을 측정 후, 금속현미경으로 관찰한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 치아에 부여한 저항형태는 탈락하중을 증가시켰다($p < 0.01$).
2. 스플린트시 전체 접착면적의 증가는 탈락하중에 영향을 주지 못하였고, 원심면의 접착면적이 가장 큰 영향을 미쳤다.
3. 45° 측방압에 대한 탈락하중은 수직방향 하중에 대한 탈락하중에 비해 작았다($p < 0.01$).
4. 정하중 시험과 피로시험에서 탈락 양상은 차이가 없었다.

REFERENCES

1. DeVan M.M.: The nature of the partial denture foundation; suggestions for its preservation. *J. Prosthet. Dent.*, 2:210, 1952.
2. Buonocore M.G.: A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J. Dent. Res.*, 34:849, 1955.
3. Rochette A.L.: Attachment of a splint to enamel of lower anterior teeth. *J. Prosthet. Dent.*, 30:418, 1973.
4. Stolpa J.B.: An adhesive technique for small anterior fixed partial dentures. *J. Prosthet. Dent.*, 34:513, 1975.
5. Jordan R.E., Suzuki M., Sills P.S., Graton D.R., Gwinnett J.A.: Temporary fixed partial dentures fabricated by means of the acid-etch resin techniques. A report of 86 cases followed up by three years. *J. Am. Dent. Assoc.*, 96:994, 1978.

6. Barkmeier W.W., Abrams H., Brookreson J.W.: Techniques for an immediate temporary fixed tooth replacement. *J. Prosthet. Dent.* 41:155, 1979.
7. Howe D.F., Denehy G.E.: Anterior fixed partial dentures utilising the acid-etch technique and a cast metal framework. *J. Prosthet. Dent.*, 17:28, 1977.
8. Tanaka T., Atsuta M., Uchiyama Y., Kawashima I.: Pitting corrosion for retaining acrylic resin facings. *J. Prosthet. Dent.*, 42:282, 1979.
9. Thompson V.P., Del Castillo E., Livaditis G.J.: Resin bond to electrolytically etched nonprecious alloys for resin bonded prosthesis. *J. Dent. Res.*, 60:327, 1981.
10. Barrack G.: Recent advances in etched cast restorations. *J. Prosthet. Dent.*, 52: 619, 1984.
11. 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.*, 53:185, 1985.
12. Re G.J., Kaiser D.A., Malone W.F.P., Garcia-Godoy F.: Shear bond strengths and scanning electron microscope evaluation of three different retentive methods for resin-bonded retainers. *J. Prosthet. Dent.*, 59: 568, 1988.
13. El-Sherif M.H., El-Messery A., Halhoul M.N.: The effects of alloy surface treatments and resins on the retention of resin-bonded retainers. *J. Prosthet. Dent.*, 66: 782, 1991.
14. Williams V.D., Denehy G.E., Thayer K.E., Boyer D.B.: Acid-etch retained cast metal prostheses: a seven-year retrospective study. *J. Am. Dent. Assoc.*, 108:629, 1984.
15. Chew C.L.: The acid-etched fixed partial denture: A two-year report. *J. Prosthet. Dent.*, 54:173, 1985.
16. Mohl G., Mehra R., Ford A.: Clinical evaluation of etched-metal resin-bonded fixed partial dentures. *J. Prosthet. Dent.*, 59:403, 1988.
17. Priest G.F., Donatelli H.A.: A four-year clinical evaluation of resin-bonded fixed partial dentures. *J. Prosthet. Dent.*, 59:542, 1988.
18. Crispin B.J.: A longitudinal clinical study of bonded fixed partial dentures: The first 5 years. *J. Prosthet. Dent.*, 66:336, 1991.
19. Moon P.C., Knap F.J.: Acid-etched bridge bond strength utilising a new retention method. *J. Dent. Res.*, 62, 1983. (special issue) (Abstr. No. 296).
20. LaBarre E.E., Ward H.E.: An alternative resin-bonded restoration. *J. Prosthet. Dent.*, 52:247, 1984.
21. Love L.D., Breitman J.B.: Resin retention by immersion-etched alloy. *J. Prosthet. Dent.*, 53:623, 1985.
22. Stokes A.N., Tidmarsh B.G.: Porous metal coatings for resin bonding systems. *J. Prosthet. Dent.*, 56:170, 1986.
23. Livaditis G.J.: A chemical etching system for creating micromechanical retention in resin-bonded retainers. *J. Prosthet. Dent.*, 56:181, 1986.
24. Tanaka T., Atsuta M., Nakabayashi N., Masuhara E.: Surface treatment of gold alloys for adhesion. *J. Prosthet. Dent.*, 60:271, 1988.
25. Watanabe F., Powers J.M.: In vitro bonding of prosthodontic adhesive to dental alloys. *J. Dent. Res.*, 67:479, 1988.
26. Tanaka T., Hirano M., Kawahara M., Matsu-mura H., Atsuta M.: A new ion-coating

- surface treatment of alloy for dental adhesive resin. *J. Dent. Res.*, 67:1376, 1988.
27. Wong R; Nicholls J.I., Smith D.E.: Evaluation of prefabricated lingual rest seats for removable partial dentures. *J. Prosthet. Dent.*, 48:521, 1982.
 28. Lyon H.E: Resin-bonded etched-metal rest seats. *J. Prosthet. Dent.*, 53:366, 1985.
 29. Leupold R.J., Faraone K.L.: Etched casting as an adjunct to mouth preparation for removable partial dentures. *J. Prosthet. Dent.*, 53:655, 1985.
 30. Seto G.B., Avera S., Kagawa T.: Resin-bonded etched cast cingulum rest retainers for removable partial dentures. *Quintessence Int.* 11:757, 1985.
 31. Marinello C.P., Scharer P.: Resin-bonded cast extracoronal attachments for removable partial dentures. Clinical experiences. *Int. J. Periodont. Rest. Dent.*, 7(2):36, 1987.
 32. Simonsen R., Thompson V., Barrack G.: Etched cast restorations: Clinical and laboratory techniques. Quintessence Publishing Co., Inc. 78 - 80, 1983.
 33. Williams V.D., Diaz-Arnold A., A. Aquilino S.A.: Bond versus rebond strengths of three luting agents for resin-bonded fixed partial dentures. *J. Prosthet. Dent.*, 67:289, 1992.
 34. Ullo C.A., Gwinnett A.J.: Thermal and abrasive techniques for removal of resins from acid-etched retainers. *J. Prosthet. Dent.*, 54:43, 1985.
 35. Henderson D., McGivney G.P., Castleberry D.J.: **McCracken's removal partial prosthodontics**. 7th ed. The C.V. Mosby Co., 65-67, 1986.
 36. Zardiackas L.D., Caughman W.F., Comer R.W., Lentz D.L.: Tensile adhesion of composite resin cements to etched alloy and enamel. *Quintessence Int.* 17:483, 1986.
 37. Hill G.L., Zidan O., Gomez-Marin O.: Bond strengths of etched base metals: Effects of errors in surface area estimation. *J. Prosthet. Dent.*, 56:41, 1986.
 38. Murakami I., Barrack G.M.: Relationship of surface area and design to the bond strength of etched cast restorations: An in vitro study. *J. Prosthet. Dent.*, 56:539, 1986.
 39. Aboush Y.E.Y., Jenkins C.B.G.: Tensile strength of enamel-resin-metal joints. *J. Prosthet. Dent.*, 61:688, 1989.
 40. Osama Atta M., Smith B.G.N., Brown D.: Bond strengths of three chemical adhesive cements adhered to a nickel-chromium alloy for direct bonded retainers. *J. Prosthet. Dent.*, 63:137, 1990.
 41. Williams V.D., Drennon D.G., Silverstone L.M.: The effect of retainer design on the retention of filled resin in acid-etched fixed partial dentures. *J. Prosthet. Dent.*, 48:417, 1982.
 42. Pegoraro L.F., Barrack G.: A comparison of bond strengths of adhesive cast restorations using different designs, bonding agents, and luting resins. *J. Prosthet. Dent.*, 57:133, 1987.
 43. Burgess J.O., McCartney J.G.: Anterior retainer design for resin-bonded acid-etched fixed partial dentures. *J. Prosthet. Dent.*, 61:433, 1989.
 44. Rothermel R.A., Kelly J.R.: Resin-bonded prostheses: Microleakage and luting agent thickness of etched and cast-meshwork retainers. *J. Prosthet. Dent.*, 56:47, 1986.
 45. Ferrari M., Cagidiaco M.C., Breschi R.: Microscopic examination of resin bond to

- enamel and retainer with a phosphate monomer resin. *J. Prosthet. Dent.*, 57:298, 1987.
46. Diaz-Arnold A.M., Williams V.D., Aquilino S.A. The effect of film thickness on the tensile bond strength of a prosthodontic adhesive. *J. Prosthet. Dent.*, 66:614, 1991.
 47. Maxfield J.B., Nicholls J.I., Smith D.E.: The measurement of forces transmitted to abutment teeth of removable partial dentures. *J. Prosthet. Dent.*, 41:134, 1979.
 48. Doherty N.M.: In vitro evaluation of resin-retained extracoronal precision attachments. *Int. J. Prosthodontics*, 4:63, 1991.
 49. Draughn R.A.: Compressive fatigue limits of composite restorative materials. *J. Dent. Res.*, 58:1093, 1979.
 50. Saunders W.P.: The effect of fatigue impact forces upon the retention of various designs of resin-retained bridgework. *Dent. Mater.*, 3:85, 1987.
 51. Kelly E.K.: Flexure fatigue resistance of heat-curing and cold-curing polymethyl methacrylate. *J. Am. Dent. Assoc.*, 74:1273, 1967.
 52. Kelly E.K.: Fatigue failure in denture base polymers. *J. Prosthet. Dent.*, 21:257, 1969.
 53. Asmussen E., Jorgensen K.D.: Fatigue strength of some resinous materials. *Scand J. Dent. Res.*, 90:76, 1982.
 54. Zardiackas L.D., Caldwell D.J., Caughman W.F., Lenz D.L., Comer R.W.: Tensile fatigue of resin cements to etched metal and enamel. *Dent. Mater.*, 4:163, 1988.
 55. Livaditis G.J., Thompson V.P.: Etched castings: An improved retentive mechanism for resin-bonded retainers. *J. Prosthet. Dent.* 47:52, 1982.
 56. 박현석, 이선형, 양재호, 장완식 : 식각된 비귀 금속합금과 범랑질을 복합레진계 세멘트로 접착시킨 경우의 접착인장강도에 관한 연구. *대한치과보철학회지*. 1986 : 24 : 85.
 57. 박상원, 양홍서 : 식각된 비귀 금속합금과 범랑질간의 접착인장 강도에 관한 연구. *대한치과보철학회지*. 1987 : 25 : 303.
 58. 양재호 : Maryland bridge의 적용분포와 결합 실패에 관한 임상적 연구. *대한치과보철학회지* 1986 : 24 : 7.
 59. 조인호 : 상이한 설계법 및 접착제를 사용한 접착성 주조보철물의 접착강도에 관한 비교 연구. *치과임상* 1988 : 77 : 67.
 60. 노영하 : 최신재료시험법. *동명사* 1992 : 223.

– ABSTRACT –

A STUDY ON THE BOND STRENGTH OF RESIN-RETAINED PROTHESIS WITH VARIOUS CAST RETAINER DESIGNS

Dae-Won Joo, Ik-Tae Chang, Kwang-Nam Kim

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Seoul National University

The purpose of this study was to evaluate the effect of some resistance form designs on the bond strength of resin-retained prosthesis.

Six sub-groups are designed in natural teeth group and resin teeth group.

The framework designs in natural teeth group: 1) no groove preparation 2) groove at the center of distal surface 3) groove at the distobuccal line angle 4) 45 degree lateral load with no groove 5) 45 degree lateral load with center groove 6) splint two teeth with no groove.

The framework designs in resin teeth group: 1) no groove preparation 2) groove at the center of distal surface 3) groove at the distobuccal line angle 4) metal covered the 1/2 of distal surface 5) metal covered the 1/2 of mesial surface 6) metal extended over the 1/4 of buccal surface.

Specimens were treated electrolytic etching by Oxy-Etch and cemented with Panavia EX. Failure load was measured by Instron.

Another 30 specimens were carried out fatigue tests by MTS 810 fatigue testing machine for 5000 cycles at different load level.

The following results were obtained from this study.

1. The failure load was significantly increased by resistance forms.
2. The failure load was not increased by increase of total surface area bonded with teeth. The distal surface area played an important role in failure load.
3. In 45 degree lateral load group, the failure load was decreased significantly than that of in vertical load group.
4. Bond failure modes between static test and fatigue test exhibited no differences.

Key words: resin retained prosthesis, design variations, bond strength, fatigue test