

온도변화에 따른 수종의 접착수지를 이용한 수지접합수복물의 변연누출에 관한 비교연구

연세대학교 치과대학 보철학교실

한 중 현 · 한 동 후

I. 서 론

종래의 결손치 수복을 위한 가공의치 시술시 전전한 치질 삭제는 치수과민반응, 치수괴사, 조상아세포의 탈수등의 문제를 일으킬 수 있다.²⁴⁾ 이에 비하여 수지접합수복물 시술시에는 치아삭제가 거의 없다는 점 이외에 심미적인 면, 구강내에서 시술시간과 조작시간의 단축, 비귀금속 합금을 이용함으로써 경제적 부담 감소, retainer탈락시 재부착 가능, 치은 연상에 변연을 두어 치태조절에 유리한 점등^{30, 55)} 많은 장점으로 시술빈도가 증가되고 있다.

1955년 Bunocore⁸⁾가 법랑질의 산부식법을 소개한 이래로 수지를 접착제로 이용한 수지접합유지장치는 꾸준히 개발되어왔다. Rochette⁴³⁾는 유지공이 있는 금속피착면을 산식각된 법랑질 표면에 복합수지로서 접착시켜 사용하였고, Howe²²⁾, Livaditis²⁸⁾ 등도 임상에 수지접합수복물을 적용하였다.

Tanaka⁴⁷⁾ 등은 수지의 유지력을 증가시키기 위하여 Ni-Cr-Cu 합금으로부터 금관표면을 전기화학적으로 pit 형 부식을 시켰다. Yamashita⁵³⁾ 는 금속피착면을 기계적 및 화학적으로 처리하여 금속에도 접착되는 4-META 접착성 수지(4-Methacryloxyethyl tri-mellitate anhydride)를 이용하는 Adhesion bridge 법을 소개하였고, Thompson^{48, 49, 50)} 등은 전기화학적으로 식각시켜 기계적으로 결합시키는 Etched cast

resin bonded bridge를 개발하여 임상에 이용하였다. 그 이후 금속 및 법랑질과 화학적으로 결합하는 인산 에스테르계 복합레진인 Panavia[®]가 개발되고, 금속피착면 처리를 화학적으로 하게 되었다.⁵⁹⁾ 이와 같이 수지접합수복물은 접착성 수지의 개발로 인하여 치질뿐 아니라 금속에도 강한 접착성을 갖게 되었고, 금속피착면 처리법의 발달로 결손치 수복시 지대치를 거의 삭제하지 않고 가공의치를 제작하게 되어 보철학 분야에 획기적인 발전을 이루게 되었다.

그러나 수지접합수복물에 이용되는 접착성 수지의 물리적 성상은 구강이라는 특수한 환경여건에 따라 변화를 일으키게 된다. 즉 치질, 접착성 수지, 금속등의 열팽창 계수의 차이^{25, 39)}, 접착성 수지의 중합수축²⁾, 접착성 수지내의 응력분포, 용해성, 흡습성⁴¹⁾ 등으로 변연누출이 일어나게 되며 수지접합수복물의 유지력에 영향을 주게 된다.⁹⁾ 또한 법랑질-수지 경계면의 변연누출은 수복물 변연의 착색, 치수 과민반응, 이차 우식증등을 유발하는 큰 요인으로 지적되고 있다.^{12, 18, 44)} 이에 대하여 Bowen⁶⁾은 경화시 생긴 수축을 수화팽창이 보상할 수 있는지 연구하였으며, Gutzmann 등¹⁸⁾은 온도변화와 충전후 시간경과가 복합레진 수복물의 변연누출에 미치는 영향에 대해 보고하였으며 Baharloo¹⁾, Gwinnett¹⁷⁾, 그리고 Retief⁴²⁾ 등은 법랑질 산 부식법과 치과용

접착제 (bonding agent)를 사용함으로써 수복물 유지력의 증가와 변연누출의 감소를 보고하였다. 수지 접합수복물의 접합강도 및 유지력에 관한 연구보고로는 Brady⁴⁾, Tanaka⁴⁷⁾, Love³³⁾, Hill²⁰⁾, Perogaro³⁸⁾ 박⁵⁴⁾ 등이 있고, 다수의 임상연구도 Livaditis²⁹⁾, Leupold²⁷⁾, 양^{55, 56)} 등이 하였다.

수복물의 변연누출에 관한 실험방법에는 염색법과 방사선 동위원소 추적방법등이 주로 사용되고 있으며, Crim¹⁰⁾ 등은 thermocycling과정이 변연누출에 영향을 준다고 보고하였으며, 염색법과 동위원소 추적자 방법간 차이 및 서로다른 thermocycling 방법간의 효율성을 비교 연구하였다.¹¹⁾

수지접합수복물은 접착수지, 치질, 금속 간 열팽창계수의 차이로 인한 변연누출로 유지력이 약화되어 수복물의 수명이 짧게 되는 것이 문제점으로 지적되고 있다.³⁾ 이에 저자는 서로다른 수지접합수복물에 있어서 금속-수지 경계면과 법랑질-수지 경계면의 변연누출을 관찰하고자 접착기전이 다른 3종의 접착수지와 이에 따른 3종의 금속피착면 처리법을 이용하여 수지접합수복물을 제작한 후 thermocycling을 시행하여 경계면의 변연누출정도를 비교, 관찰, 측정하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

가. 실험재료

본 실험에서 사용한 치아는 우식과 충진물이 없고 충분한 양의 법랑질을 가진 135개의 발거된 구치를 선택하였고, 금속시편은 Rexillum III*를 사용하였으며 접착수지로는 Bis-GMA계인 Comspan®**, 인산 에스테르계인 Panavia Ex®***, 4-META 계인 Super C Ortho®****를 이용하였다.

* ;Jeneric Gold Co. U. S. A.

** ;L. D. Caulk, U. S. A.

*** ;Kuralay Co. Japan

****;AMCO Co. U. S. A.

나. 실험방법

1. 시편제작

(가) 금속시편

선택된 치아의 설측면과 협측면중 비교적 넓은 치면을 diamond point (Shofu, Japan)로 4mm×6mm 넓이로 0.3mm정도 삭제한 후, 금속시편 접착시 변위를 방지하고자 삭제면의 근원심측에 0.5mm의 깊이의 notch를 형성하였다. 그후 wax로 납형을 제작하여 Rexillum III로 주조하였다.

(나) 금속시편처리

주조된 금속시편을 다음 3가지 방법에 의해 45개씩 3개군으로 나누어 표면처리를 하였다.

(1) 전기화학적 식각법

식각처리할 면을 50 μ m Al₂O₃로 blasting한 후 수세하였고, Oxy-Etch (Dental Product, Hillside, New Jersey, U. S. A.)를 이용하여 10% H₂SO₄ 용액에서 300mA/cm²의 전류로 3분간 각각 산식각시켰다. 처리된 시편은 수세후 18% HCl 용액에서 10분간 초음파 세척하였다.

(2) EZ-Oxisor를 이용한 전해 산화법

금속시편의 피착면을 50 μ m Al₂O₃로 5mm 거리에서 5초간 blasting한 후 증류수로 초음파 세척하였다. 압축공기로 건조시킨후 EZ-oxisor를 이용하여 시편에 10% 과류산 암모니움 처리액((NH₄)₂SO₄)을 붓으로 바른 상태에서 스위치를 눌러 30초간 유지시켰다. 건조후 시편은 증류수에서 3분간 초음파세척하였다.

(3) 50 μ m Al₂O₃ blasting에 의한 처리법

금속시편의 피착면을 50 μ m Al₂O₃로 5mm거리에서 5분간 blasting한 후 증류수로 초음파 세척하였다.

(다) 금속시편의 접착

접착전까지 치아는 생리식염수에 보관하였으며 치아면을 pumice로 닦고 수세 건조시킨 후 액체형 37% 인산으로 90초간 탈회하고, 충분히 세척하였다. 전기화학적인 식각법으로 처리한 금속피착면은 Comspan®으로, EZ-oxisor를 이용한 전해 산화법으로 처리한 금속면은 Panavia Ex®로, 50 μ m Al₂O₃ blasting에 의한 금속피착면은 Super C Ortho®로 각각 제조회사의 지시에 따라 접착하였다.

Table 1. 3 Groups of the resin bonded restoration.

	Resin cement	Preparation of metal surface	Specimen No.
Group I	Comspan [®]	Electrolytical etching	45
Group II	Panavia Ex [®]	EZ-oxisor [®] , Al ₂ O ₃ blasting	45
Group III	Super C Ortho [®]	Al ₂ O ₃ blasting	45

접착시 수직되고 균일한 압력을 주기 위하여 각 시편은 dental stone으로 포매한 후 dental surveyor 상에서 5 kg하중하에서 접착시켰다.

교대 침수시켰다.

2. Thermocycling

접착이 끝난 후, 시편들의 치경부 변연을 제외한 나머지 변연들을 nail enamel로 2 회씩 도포하여 폐쇄시켜 치경부 변연에서만 염색 용액이 침투할 수 있도록 하였다. thermocycling하기 전 모든 시편들은 상온 증류수속에 24시간 보관한 후 각군의 45개 시편을 15개씩 나누어 thermocycling apparatus 를 이용하여 0 회, 2000회, 4000회 thermocycling 시행 하였고, 5 °C와 60°C의 수조속에서 1 분 간격으로

3. 염 색

각군의 시편들은 0.5% methylene blue용액에 담그어 37°C의 항온조 속에서 24시간 보관한후 acrylic resin으로 매몰시켰다.

4. 현미경 관찰 및 측정

각 시편을 치아의 장축을 따라 다이아몬드 회전 톱으로 절단하고, 600grit sand paper로 절단면을 연마한 후, 금속-수지 경계면 및 법랑질-수지 경계면에서의 색소침투정도를 광학현미경 (Olympus, B.

Table 2. Mean and standard deviation of the marginal leakage of each group.
(Mean ± S.D. mm)

	Number of thermocycling		
	0	2,000	4,000
metal - resin interface			
Group I	0.46 ± 0.25	0.95 ± 0.69	1.58 ± 1.41
Group II	0.58 ± 0.32	2.32 ± 2.14	2.28 ± 1.77
Group III	0.59 ± 0.45	1.06 ± 0.86	1.97 ± 1.68
enamel - resin interface			
Group I	1.09 ± 0.64	2.15 ± 1.89	2.41 ± 2.23
Group II	0.81 ± 1.10	2.29 ± 1.94	3.32 ± 3.12
Group III	0.55 ± 0.17	1.70 ± 1.31	2.28 ± 2.09

H)으로 60배, 150배 하에서 비교 관찰하였으며 치경부 변연 기시부로부터 색소 침투 거리를 측정하였다.

III. 실험 성적

135개 시편의 금속-수지 경계면 및 법랑질-수지 경계면에서 변연누출정도를 측정하여 분산분석 후 t-test를 하였다. 모든 실험군에서 변연누출이 관찰되었으며 각군의 변연누출정도의 평균과 표

준편차는 Table 2와 같고, thermocycling횟수가 증가함에 따라 변연누출정도의 증가를 양쪽 경계면 모두에서 관찰할 수 있었으며 특히 II군에서는 그 정도차가 컸음을 알 수 있었고, 금속-수지 경계면 보다 법랑질-수지 경계면에서 변연누출 정도가 크게 나타났다.

Thermocycling횟수 증가시의 누출정도 변화를 검정하기 위하여 통계처리한 결과 0회와 2000회 간에 있어서는 금속-수지 경계면의 I군과 II군, 법랑질-수지 경계면의 II군과 III군에서 통계학적 유

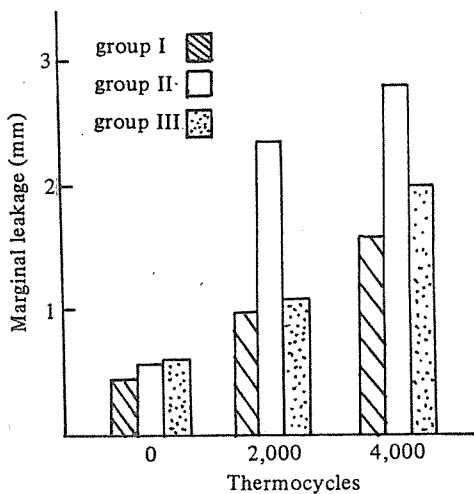


Fig. 1. Marginal leakage of each group in metal-resin interface.

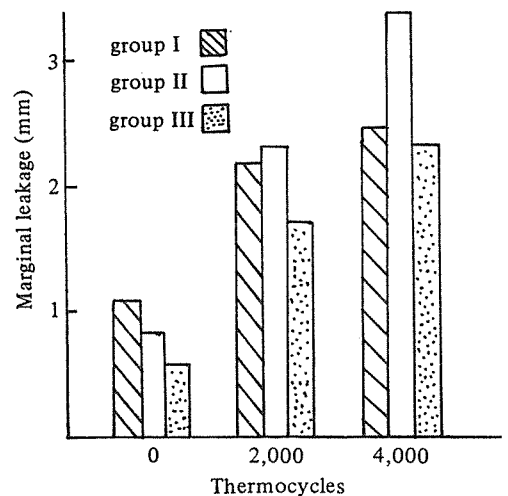


Fig. 2. Marginal leakage of each group in enamel-resin interface

Table 3. Comparisons between the different numbers of thermocycling. (t-value)

	0 - 2,000	2,000 - 4,000	0 - 4,000
metal - resin interface			
Group I	2.581*	1.569	2.979**
Group II	3.115**	0.477	4.596**
Group III	1.866	1.875	3.074**
enamel - resin interface			
Group I	1.981	0.345	2.202*
Group II	2.960**	0.923	3.248**
Group III	3.351**	0.913	3.203**

* : $p < 0.05$

** : $p < 0.01$

Table 4. Comparison between the metal-resin and the enamel-resin interface. (t-value)

	Number of thermocycling		
	0	2,000	4,000
Group I	3.522**	2.315*	2.644**
Group II	2.637*	0.040	0.489
Group III	0.313	1.579	0.449

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

의의 차가 있었으며, 2000회와 4000회 간에는 모든 실험군에서 유의의 차가 없었으며, 0회와 4000회 간에는 모든 실험군의 경계면에서 통계학적 유의의 차가 있었다(Table 3).

금속-수지 경계면과 법랑질-수지 경계면에서 변연누출정도를 통계학적으로 비교했을때 I군에서 만 thermocycling 모든 횟수에 있어서 금속-수지 경계면의 변연누출정도가 법랑질-수지 경계면의 변연누출정도보다 적게 나타났으며 통계학적 유의

의 차가 있었다(Table 4).

서로 다른 수지접합수복물 군간을 통계학적으로 비교했을때 thermocycling 0회 및 2000회에서 다소 군간의 유의의 차이를 보인것도 있었으나 4000회 하였을 때는 모든 실험군 간에 통계학적 유의의 차가 없었다(Table 5).

염색양상은 I군과 III군에 있어서 변연누출된 부위가 선상으로 염색된 반면에 II군은 선상으로 염색된 주위로 확산된 염색양상을 띄었다(Figure 2~10).

IV. 총괄 및 고찰

보존학 영역에서 충전물의 변연누출은 구강내 타액이나 미생물의 침투로 인해 여러가지 문제점을 야기하게 된다.^{18,44} 수지접합수복물에서의 변연누출은 법랑질표면에서 일어나게 되므로 치아 자체에 대한 문제점은 크지 않으나 보철물 자체의 탈락의 원인이 될 수 있다. 그러므로 금속표면의 처리방법, 법랑질 탈회방법 및 접착수지가 변연을 폐쇄하는 효과에도 기여해야 한다.

본 실험에서 사용한 접착성수지의 특성을 보면 다음과 같다.

Table 5. Comparisons between the different groups. (t-value)

	Number of thermocycling		
	0	2,000	4,000
metal - resin interface			
Group I - Group II	1.174	2.360*	1.684
Group II - Group III	0.070	2.117*	1.116
Group III - Group I	0.889	0.391	0.689
enamel - resin interface			
Group I - Group II	1.668	0.200	0.757
Group II - Group III	1.737	0.974	0.897
Group III - Group I	3.148**	0.761	0.165

* : $P < 0.05$ ** : $P < 0.01$

Bis-GMA계의 접착성 수지는 범랑질, 상아질 및 금속에 대하여 기계적으로만 결합한다. 따라서 금속피착면을 전기화학적 산식각 처리법에 의한 기계적 처리를 하여 미세요철구조를 만들어야 한다. 또한 접착시 bonding agent를 먼저 도포한 후 접착하는데, 이러한 bonding agent는 미세 요철구조와 접착수지간의 결합력을 높이기 위하여 사용되었다.

복합형인 Panavia Ex[®]은 인산 에스테르계 monomer를 접착성분으로 하며, methacrylate로 이루어진 액체와 무기 filler를 주성분으로 하는 분제로 구성된 복합형 접착수지이다.⁵¹

Acryl계의 4-META수지는 monomer인 4-META 5^{wt}%에 경화제로 TBB-O를 사용하며, 이 접착수지는 조성중에 carboxyl기가 들어있어 치질 및 금속면에 대하여 침윤이 좋다.⁵¹

Fosrten¹⁴, Thompson⁵⁰ 등은 bonding agent의 사용이 요철구조에 대한 적합성을 증진시켜 접착이 증가한다고 하였고, Hormati등²¹은 bonding agent의 사용여부가 접착정도에 큰 영향을 미치지 않는다고 하였다. 본 실험에서는 Comspan[®]은 무기질 (filler)이 포함되지 않은 bonding agent를 사용하였으며, Super C Ortho[®]는 자체에 무기질 (filler)이 없는 상태이며 Panavia Ex[®]는 bonding agent를 사용하지 않았다. 그러나 thermocycling 4000회 한 후 모든 군에서 변연누출이 크게 증가한 것으로 보아 bonding agent는 변연누출의 방지에 크게 도움이 되지 못하는 것으로 생각되나, bonding agent 사용 유무에 따른 수지돌기와 금속 및 범랑질과의 누출간격에 대한 연구가 좀더 필요하다고 사료된다.

모든 실험군에서 변연누출이 일어났으며 thermocycling이 증가할수록 변연누출정도가 크게 나타났다. 이것의 원인으로 복합수지의 열팽창계수 (20~92×10⁻⁶mm/°C), 치질의 열팽창계수 (11.4×10⁻⁶mm/°C), 금속의 열팽창계수 (9×10⁻⁶mm/°C) 등의 차이로 인하여 thermocycling을 하면 접착수지 내에서 thermal stress가 유발되어 이러한 응력이 변연누출을 일으키게되며 thermal stress의 양은 치아와 구강내 주위의 온도차이, 열전도율, 치아의 지리적 위치, 치아의 물리적 성장등에 의하여 좌우된다.³²고 사료된다. 이외에 수지의 중합수축², 용해성, 응력분포, 흡습성⁴¹등도 변연누출을 일으키며 수지의 polymer는 수분의 가소성 효과로 인하여 연화되

기 쉬우며 열, 기계적 응력등에 의하여 변하게 되며, Bis-GMA resin은 용해성을 지닌 수백종의 화학물질을 흡수하는 것으로 알려졌다⁵¹, ethanol, cyclohexane 등은 미세균열과 미세기공을 형성한다.⁵²

이상의 원인으로 인한 변연누출이 금속-수지 경계면과 범랑질-수지 경계면에서 유발되면, 수지층의 interlocked tag가 용해액에 직접 노출되어 sorption과 desorption의 과정을 거쳐 누출부위는 더욱 커지게 되어⁴⁴ 수부물의 유지력에 영향을 주게 된다고 사료된다.³ 또한 EZ-oxisor를 사용하여 산화막을 형성한 후 Panavia Ex[®]로 접착시 변연 누출은 방지할 수 있다고 했으나⁵³, 본 실험에서는 두 경계면에서 모두 변연누출을 볼 수 있었으며 오히려 큰 경향을 보였는데 이것은 화학적 결합에 의한 접착 방법으로도 완전한 변연폐쇄를 얻을 수 없다는 것으로 평가된다.

금속-수지 경계면에서의 변연누출정도가 열팽창계수의 차이가 큼에도 불구하고 범랑질-수지 경계면에서보다 적게 나타났으며 I군에서는 thermocycling 모든 횟수에 있어서 두 경계면 사이에 유의의 차가 있었고, I군에서의 금속-수지 경계면에서의 변연누출정도가 가장 적게 일어나는 경향을 보이는데 이것은 금속피착면의 기계적 결합을 얻기 위한 처리법 즉 전기화학적 식각법에 의한 미세요철구조의 형태가 변연누출을 줄이는데 영향을 준 것으로 생각된다. Rothermal⁴⁴ 등이 전기화학적 식각법과 mesh형으로 처리한 금속면을 접착수지로 접합한 후 변연누출을 관찰한 결과 전기화학적 식각법으로 처리한 금속층에서 변연누출이 현저히 적었고 범랑질층에서는 유의의 차가 없었다고 하였고, Ferrari³¹ 등은 수지접합수부물의 주사전자현미경적 연구에서 전기화학적 식각법이 blasting에 의한 금속면 처리법보다 접착수지와 긴밀한 관계를 보였다고 하였다. 이것은 본 실험의 결과와 흡사한 것으로 사료된다.

Yamashita⁵³는 Comspan[®], Panavia[®], Orthomite Superbond[®]의 흡수율을 조사한 결과 Panavia[®]의 흡수율이 가장 낮은 것으로 나타났다. 이 결과는 Panavia[®]는 분말중 무기질 filler를 70% 함유하는 것으로 인해 흡수율이 낮다고 하나, 본 실험에서 Panavia Ex[®]를 사용하였을 경우 금속-수지 경계면에 누출이 생긴 부위에 수지층 내로 침색의 변색이

확산된 것이 뚜렷이 나타났다. 이러한 변색은 Panavia Ex[®]에 흡수율이 높아서 염색이 된 것인지 염색과 상관없이 Panavia Ex[®]의 가수분해등 수지 자체의 변화에 의한 것인지, 금속층을 10% 산암모니움 용액으로 산화처리하였으므로 이로 인한 화학적 변화에 의한 것인지에 대하여 자세한 실험연구가 필요하다고 생각된다.

Thermocycling을 4000회 시행한 후에는 모든 시편에서 심한 변연누출이 나타났고 금속-수지, 법랑질-수지 경계면에서 모든 접착수지 재료간에 색소침투정도의 통계적 유의의 차가 없는 것으로 보아 3 종류의 접착수지의 변연누출정도에도 차이가 없는 것으로 생각된다. 따라서 본 실험에서 생체의 실험결과, 사용한 접착수지들은 이상적인 접착수지라고 할 수 없으며 중합반응시 수축이 없고, 열팽창 계수가 치아와 유사하며 온도변화에 의한 응력에도 변연폐쇄를 유지할 수 있는 접착수지 재료의 개발이 필요하다고 사료된다.

V. 결 론

저자는 온도변화에 따라 서로 다른 수지접합수복물의 변연누출의 정도를 비교하기 위하여 Rexillum III로 금속시편을 제작하고 이를 I, II, III군으로 나누어, 탈회시킨 법랑질 표면에 접착시켰다.

I군은 전기화학적 식각법으로 처리된 금속피착면을 Comspan[®]로 접착시켰고, II군은 EZ-oxisor를 이용한 전해 산화법으로 금속피착면을 처리한 후 Panavia Ex[®]로 접착시켰으며, III군은 Al₂O₃ blasting후 Super C Ortho[®]로 접착한 후 금속-수지 및 법랑질-수지 경계면의 변연누출 정도를 thermocycling시행한 후 비교관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 실험군에서 변연누출을 관찰할 수 있었다.
2. Thermocycling하지 않은 군보다 thermocycling 4000회 한 군에서 변연누출정도가 크게 증가하였으며 유의의 차가 있었다.
3. 실험 I군에서는 법랑질-수지 경계면에서의 변연누출정도는 금속-수지 경계면보다 컸으며 유의의 차가 있었다.
4. Thermocycling을 4000회 시행했을 때 각 실험군간의 변연누출정도는 유의의 차가 없었다.

REFERENCE

1. Baharloo, D., and Moore, D.L.: Effect of etching on marginal penetration of composite resin restorations, *J. Prosthet. Dent.*, 32:152, 1974.
2. Bausch, J.R., et al.: Clinical significance of polymerization shrinkage of composite resins, *J. Prosthet. Dent.*, 48:59, 1982.
3. Bello, J.A., et al.: Bond strength and microleakage of porcelain repair materials, *J. Prosthet. Dent.*, 54:788, 1985.
4. Brady, T., Duckoudakis, A., and Rasmussen, S.: Experimental comparison between perforated and etched-metal resin bonded retainers, *J. Prosthet. Dent.*, 54:361, 1985.
5. Bridger, D.V., and Nicholls, J.I.: Distortion of ceramometal fixed partial during the firing cycle, *J. Prosthet. Dent.*, 45:507, 1981.
6. Bowen, R.L., Rapson, J.E., and Dickson, G.: Hardening shrinkage and hygroscopic expansion of composite resins, *J. Dent. Res.*, 61:654, 1982.
7. Brown, W.S., Jacobs, H.R., and Thompson, R.E.: Thermal fatigue in teeth, *J. Dent. Res.*, 51:461, 1972.
8. Buonocore, M.G.: Simple method of increasing the adhesion of acrylic resin filling materials to enamel surface, *J. Dent. Res.*, 34:349, 1955.
9. Craig, R.G.: chemistry, composition, and properties of composite resins, *Dent. Clin. North. Am.*, 25:219, 1981.
10. Crim, G.A., and Martingly, S.L.: Evaluation of two methods for assessing marginal leakage, *J. Prosthet. Dent.*, 45:160, 1981.
11. Cri, G.A., Swartz, M.L., and Phillips, R.W.: Comparison of four thermocycling tech-

- niques, *J. Prosthet. Dent.*, 53:50, 1985.
12. Eriksen, H.M., and Buonocore, M.G.: Marginal leakage with different composite restorative materials: effect of restorative techniques, *J. Am. Dent. Assoc.*, 93:1143, 1976.
 13. Ferrari, M., Crysenti, M., and Breschi, R.: Evaluation of resin-bonded retainers with the scanning electron microscope, *J. Prosthet. Dent.*, 59:160, 1988.
 14. Forsten, L.: Effect of different factors on the marginal seal of composites, *J. Dent. Res.*, Abstract 427, 1977.
 15. Going, R.E.: Microleakage around dental restorations: a summarizing view, *J. Am. Dent. Assoc.*, 84:1349, 1972.
 16. Gutzman, H.Z., Swartz, M.L., and Phillips, R.W.: Marginal leakage of dental restorations subjected to thermal stress, *J. Prosthet. Dent.*, 21:166, 1969.
 17. Gwinnette, A.J., and Matsui, A.: A study of enamel adhesives: The physical relationship between enamel and adhesive, *Arch. Oral Biol.*, 12:1615, 1967.
 18. Hembree, J.H.: Film thickness of cement beneath complete crowns, *J. Prosthet. Dent.*, 39:533, 1978.
 19. Hembree, J.H., and Andrews, J.T.: In vitro microleakage of several acid-etch composite systems, *J. Dent. Res.*, 55 (special issue B): 139, 1976.
 20. Hill, G.L., Zidan, O., and Gomez-Martin, O.: Effect of errors in surface area estimation, *J. Prosthet. Dent.*, 56:41, 1986.
 21. Hormati, A., Denehy, G.E., and Fuller, J.L.: Retentives of enamel-resin bonds using unfilled and filled resins, *J. Prosthet. Dent.*, 47:502, 1982.
 22. Howe, D.F., and Dehehy, G.E.: Anterior fixed partial dentures utilizing the acid-etch technique and a cast metal frame work, *J. Prosthet. Dent.*, 37:28, 1977.
 23. Hudgins, J.L., Moon, P.C., and Kanp, F.J.: Particle-roughened resin-bonded retainer, *J. Prosthet. Dent.*, 53:471, 1985.
 24. Johnston, J.F., Phillips, R.W., and Dykema, R.W.: *Modern practice in crown and bridge prosthodontics*, ed. 3, Philadelphia, 1971, W.B. Saunders Co., p. 52.
 25. Kanter, J., Koski, R.E., and Gough, H.E.: Evaluation of insertion methods for composite resin restorations, *J. Prosthet. Dent.*, 41:45, 1979.
 26. Lee, H.L., and Swartz, M.L.: SEM study of composite restorative materials, *J. Dent. Res.*, 49:149, 1970.
 27. Leupold, R.J., and Faraone, K.L.: Etched castings as adjunct to mouth preparation for removable partial dentures, *J. Prosthet. Dent.*, 53:655, 1985.
 28. Livaditis, G.J.: Cast metal resin-bonded retainers for posterior teeth, *J. Am. Dent. Assoc.* 101:926, 1980.
 29. Livaditis, G.J.: Resin-bonded cast restorations clinical study, *Int. J. Periodent, Restor. D1* (4): 71, 1981.
 30. Livaditis, G.J., and Thompson, V.P.: Etched castings: an improved retentive mechanism for resin bonded retainers, *J. Prosthet. Dent.*, 47:52, 1982.
 31. Livaditis, G.J.: A chemical etching system for creating micromechanical retention in resin bonded retainers, *J. Prosthet. Dent.*, 56:181, 1986.
 32. Lloyd, B.A., McGinley, M.B., and Brow, W.S.: Thermal stress in Teeth, *J. Dent. Res.*, 57:571, 1978.
 33. Love, L.D., and Breitmann, J.B.: Resin-retention by immersion-etched alloy, *J. Prosthet. Dent.*, 53:623, 1985.
 34. Moon, P.C.: Resin bonded bridge tensile

- bond strength utilizing porous patterns, *J. Dent. Res.*, 63:320, 1984.
35. Moon, P.C.: Bond strengths of the lost salt procedure: A new retention method for resin-bonded fixed prostheses, *J. Prosthet. Dent.*, 57:435, 1987.
 36. Nelsen, R.J., Wolcott, R.B., and Paffenbarger, G.C.: Fluid exchange at the margins of dental restorations, *J. Am. Dent. Assoc.*, 44:288, 1952.
 37. Ortiz, R.F., et al.: Effect of composite bond agent on microleakage and bond strength, *J. Dent. Res.* 55 (special issue B): 138, 1976.
 38. Pegoraro, L.F., and Barrack, G.: A comparisons of bond strength of adhesive cast restorations using different designs bonding agents, and luting resins, *J. Prosthet. Dent.*, 57:133, 1987.
 39. Powers, J.M., Hostetler, R.W., and Dennison, J.B.: Thermal expansion of composite resins and sealants, *J. Dent. Res.*, 58(2): 584, 1979.
 40. Rafei, S.A., and Moore, D.L.: Marginal penetration of composite restorations as indicated by a tracer dye, *J. Prosthet. Dent.*, 34:435, 1975.
 41. Raptis, C.N., Fan, P.L. and Powers, J.M.: Properties of microfilled and visible light-cured composite resins, *J. Am. Dent. Assoc.*, 99:631, 1979.
 42. Retief, D.H.: Effect of conditioning the enamel surface with phosphoric acid, *J. Dent. Res.*, 52:333, 1973.
 43. Rochette, A.L.: Attachment of splint to enamel of lower anterior teeth, *J. Prosthet. Dent.*, 30:418, 1973.
 44. Rothermal, R.A., and Kelly, J.R.: Resin-bonded prosthesis: Microleakage and luting agent thickness of etched and cast meshwork retainers, *J. Prosthet. Dent.*, 56:47, 1986.
 45. Seltzer, S.: The penetration of microorganisms between the tooth and direct resin fillings, *J. Am. Dent. Assoc.*, 53:560, 1955.
 46. Stokes, A.N., and Tidmarsh, B.G.: Porous metal coatings for resin bonding systems, *J. Prosthet. Dent.*, 56:170, 1986.
 47. Tanaka, T., et al.: Pitting corrosion for retaining acrylic resin facing, *J. Prosthet. Dent.*, 42:282-291, 1979.
 48. Thompson, V.P., Livaditis, G.J., and Delcastiollo, E.: Resin bond to electrolytically etched nonprecious alloys for resin bonded prostheses, *J. Dent. Res.*, 1981. (Abstr. No. 265).
 49. Thompson, V.P., Del-Castillo, E., and Livaditis, G.J.: Resin bonded retainers. Part I: Resin bonded to etched nonprecious alloys. *J. Prosthet. Dent.*, 50:771, 1983.
 50. Thompson, V.P., Grolman, K.M., and Loao, R.: Bonding of adhesive resins to various nonprecious alloy. *J. Dent. Res.*, 64:314, 1985 (Abstr. No. 1258).
 51. Wu, W., and McKinney J.E.: Influence of chemicals on wear of dental composites. *J. Dent. Res.*, 61:1180, 1982.
 52. Wu, W., et al.: Subsurface damage layer of in vivo worn dental composite restorations. *J. Dent. Res.*, 63:675, 1984.
 53. Yamashita, A.: A dental adhesive and its clinical applications. Quintessence Publishing Co., Tokyo, 1983.
 54. 박상원, 양홍서: 식각된 비 귀금속 합금과 범랑질간의 접착 인장강도에 관한 연구. *대한치과보철학회지*, 24: 85, 1986.
 55. 양재호: Etched metal resin bonded retainer에 관한 임상적 연구. *대한치과의사협회지*, 21: 395, 1983.
 56. _____: Maryland bridge의 적용분포 및 결합 실패에 관한 임상적 연구(I). *대한치과의사협회지*, 25: 578, 1987.

– ABSTRACT –

A STUDY OF MARGINAL LEAKAGE OF RESIN BONDED RESTORATIONS WITH THERMAL CHANGE

Chong Hyun Han, D.D.S., Dong Hoo Han, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University.

The purpose of this study was to investigate marginal leakage of resin bonded restorations with thermal changes in vitro. Metal specimens were prepared by 3 methods, cemented to enamel using 3 kinds of resin cements such as Comspan[®], Panavia Ex[®], Super C Ortho[®], and 0, 2000, 4000 numbers of thermal changes were given with thermocycling apparatus.

After thermocycling, marginal leakage was measured and compared.

The following results were obtained:

1. All experimental groups showed marginal leakage.
2. The marginal leakage of 4,000 times thermocycling group was greater than thermoconstant group.
3. Group I, the marginal leakage of the enamel-resin interface was greater than the metal-resin interface.
4. In 4,000 times thermocycling, there were no significant difference in the marginal leakage between the kinds of resin cements.

사진부도설명

- Fig. 3. Marginal leakage of group I without thermocycling. (x60)
- Fig. 4. Marginal leakage of group I after 2000 times of thermocycling. (x60)
- Fig. 5. Marginal leakage of group I after 4000 times of thermocycling. (x150)
- Fig. 6. Marginal leakage of group II without thermocycling. (x60)
- Fig. 7. Marginal leakage of group II after 2000 times of thermocycling. (x150)
- Fig. 8. Marginal leakage of group II after 4000 times of thermocycling. (x150)
- Fig. 9. Marginal leakage of group III without thermocycling. (x60)
- Fig. 10. Marginal leakage of group III after 2000 times of thermocycling. (x150)
- Fig. 11. Marginal leakage of group III after 4000 times of thermocycling. (x60)

사진부도

