

금전착이 치과용 합금과 전장 레진간의 접착 강도에 미치는 영향

전남대학교 치과대학 보철학교실
전남대 치과대학 치과재료학교실*

양홍서, 박영준*

I. 서론

전치부의 보철적인 수복을 위해서는 강도와 심미성이 동시에 요구되므로 도재전장관이나 레진 전장관이 많이 사용된다. 심미 재료로서는 도재가 가장 널리 사용되어 왔으나, 복합레진의 물리적 성질 향상과 금속-레진 사이의 새로운 결합 방법의 개발 등에 힘입어 레진을 금곳하부 구조 위에 전장하여 심미적인 보철물을 제작할 수 있게 되었다. 도재전장관에 있어서 도재는 대합하는 자연치를 마모시키며, 파절되기 쉬울뿐 아니라, 내부 금속관과 도재가 비슷한 열팽창 계수를 가져야 하고, 도재의 융합온도가 금속의 녹는점보다 낮아야 하므로 내부 금속관 제작을 위한 합금의 종류가 제한되는 등 단점이 있다⁽¹⁾. 한편 근래에 새로운 전장용 복합레진이 개발되면서 종래 아크릴릭 레진에 비해 색이 안정되고 심미적으로 우수하며, 자연치와 마모도가 비슷하고, 구강 조지과 생체 적합성이 있고, 파절시 간단하게 수리할 수도 있으며, 모든 종류의 치과용 합금에 사용할 수 있어서 도재 전장관의 단점을 보완할 수 있게 되었다.⁽²⁻⁹⁾

레진 전장 금관은 구강 내의 제기능에 적합한 강도와 자연치아와 유사한 심미성을 함께 갖추어야 한다.

이를 위해 강도와 정밀성을 위한 내부의 금속 주조체의 외면에 자연치아와 같은 색조의 레진을 전장시키는 구조로 설계되는데, 이러한 전장 금관은 제한된 두께를 이용하여 자연치아와 같은 색채를 내고 하부의 금속 색상은 효율적으로 차단하여야 한다.⁽¹⁰⁾ 그러나 레진 전장 금관은 근본적으로 자연치의 색상이나 투명도를 완전히 재현해낼 수 없는 한계를 가지고 있다. 그 이유는 내면에 자연 치아와는 색상이 판이한 금속 구조물이 존재하기 때문이다. 특히 레진 전장 금관의 치경부의 변연부는 금관의 두께가 가장 얇은 부위로 금속의 색상을 완전히 차단하기에는 opaque층 등 전장시킬 레진의 두께에 제한이 따르게 되어 하부의 금속색에 의해 보철물의 색조가 큰 영향을 받는다.⁽¹¹⁾

레진과 합금의 접착정도는 도재전장관에 비해 떨어지며 이를 극복하기 위한 연구가 계속되고 있다. 최근까지 소개된 레진과 합금간의 접착방법은 크게 기계적인 접착방법과 화학적인 접착 방법으로 나눌 수 있다.⁽¹²⁾ 기계적인 접착방식으로는 납형 제작시 mesh pattern이나 retention bead를 형성하는 방법^(4, 6, 9, 13, 14) 및 주조후 피착면을 식각^(15, 16)하거나 sandblasting 하는 방법,^(17, 18) 금속표면에 작은 금속입자로 다공성 피막을 형성하는 방법^(1, 19) 등이 있고, 화학적인 접착방식

* 본 연구 논문은 1995년도 한국학술진흥재단 공모 연구비 지원으로 이루어진 것임.

으로는 4-META함유의 아크릴계 또는 인산 에스테르계 콤포지트 시멘트를 이용하는 방법^(5, 20-23)과 silicoating을 이용하는 방법⁽⁶⁾ 등이 소개되고 있다. Silicoating을 이용한 레진과 금속간의 결합강도는 다른 접착방식 보다 높게 보고되고 있다.⁽²⁴⁾ Silicoating법은 1984년 Musil과 Tiller에⁽⁶⁾ 의해 개발되었는데 거칠게 연마된 합금표면에 SiO_x-C층을 형성하고 그 위에 silane을 도포하여 레진과 화학적으로 결합하는 방법으로 미세간극이 발생되지 않으며 접착력도 훨씬 증대할 수 있다고 하였다. 오늘날 Silicoating법은 상품화되어 수지접합 수복물과 레진전장관에서 레진과 금속간의 접착력을 높이는데 이용되고 있다.

Silicoating법의 접착력에 대해서 Laufer 등⁽²⁵⁾은 silicoating후 Bis-GMA계의 수종 레진시멘트에 따른 결합력차이를 보고하였고, Peutzfeldt와 Asmussen은⁽¹⁵⁾ 금합금, 백금합금과 Cr-Co합금에서 표면처리에 대한 결합력 차이를 보고한 바 있다. 한편 레진전장관의 silicoating처리에 관하여 Kolodney 등⁽²⁶⁾과 Jones등⁽⁹⁾은 전장용 레진의 종류에 따른 결합력 차이를, Barzilay 등⁽⁴⁾과 Jones등⁽⁹⁾은 bead와 같은 기계적인 유지장치와 결합력 차이를, Mori 등⁽²⁷⁾과 Ishijima 등⁽²⁸⁾은 thermocycling에 따른 결합력 차이를 보고하였다. 한편 silicoating은 금속의 종류에 따라 결합력에 다소의 차이를 보이는데, Twesme등⁽²⁹⁾의 보고에 의하면 Ni-Cr합금, Ag-Pd합금, 금합금 순으로 결합강도가 낮아졌음을 보고하였으며, 신 등⁽³⁰⁾은 Ni-Cr-Be free 합금, Ag-Pd합금, Ni-Cr합금, Au-Pd-In합금, Pd 합금, Pd-Ag-Sn 합금 순으로 복하여 금합금이 더 높다는 결과를 발표하였다.

전장용 주조 금관의 제작에 사용되는 합금은 크게 금합금, Pd-Ag합금 및 Ni-Cr합금으로 대별된다. 이들 치과 주조용 합금 중에서 주조성, 강도, 연성, 부식 저항성 및 색상에 있어서 금합금이 가장 이상적이며 따라서 임상에서 가장 많이 사용되고 있다. 근래에 비싼 금합금을 대체하고자 치과 주조용으로 Pd-Ag나 Ni-Cr합금이 개발되어 주조성, 강도, 부식 저항성 등에 있어서 금합금을 대신할 수 있는 물리적 성질의 개선이 있었다. 그러나 Pd-Ag나 Ni-Cr합금은 그 색상

이 은빛을 내기 때문에 전치부 전장 주조관으로 사용될 때 치경부에서 치은과 금속의 색조가 대비되어 심미적 문제점을 야기한다. 이를 해결하기 위하여 도재 전장 주조관(Procelain Fused to Metal)의 경우 colloidal gold로 구성된 gold metal conditioner를 도포하거나, 금 전착의 영향에 대한 연구가 있으나, 레진전장 주조관의 경우 이에 관한 연구가 희귀한 실정이다.

최근 저자들은⁽³¹⁾ 값이 저렴한 비귀금속 금속 표면에 금전착시킨 후 레진을 전장하여 하부 금속 구조물이 비귀금속으로 제작된 레진 전장관에서 귀금속을 사용할 때와 유사한 심미성의 증진이 있음을 보고하였다. 이를 임상에 널리 적용하기 위해서는 레진 전장시 금전착이 금속과 전장레진간의 결합력에 어떠한 영향을 주는지 밝혀야 할 필요가 있다. 본 연구에서는 Pd-Ag나 Ni-Cr합금에서 금속 표면에 금전착 처리후 레진과 금속간의 접착강도를 측정 비교하기 위하여 금속표면을 250 μ m의 산화알루미늄으로 sandblasting 후 silicoating하고 대조군으로는 금 전착을 하지 않는 금(Ag), Pd-Ag 및 Ni-Cr합금에 실험군과 같이 sandblasting과 silicoating 처리를 한 후 모든 시편에 레진을 축성하여 5 $^{\circ}$ C와 55 $^{\circ}$ C의 수조 속에서 1,000회 thermocycling한 후 각각 레진과 금속간의 접촉강도를 측정하고, 금속 표면의 파절 단면을 관찰하여 금전착이 금속과 전장레진간의 접착력에 미치는 영향에 대해 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 실험 재료 및 방법

본 연구에 사용된 합금으로는 국내에서 치과 보철 치료시 많이 사용되는 재료로 귀금속 합금으로는 Aeocast 3(Cendres & Metaux SA, Switzerland)를, 준귀금속 합금으로는 Albabond(Heraeus Kulzer, Germany)를, 비귀금속 합금으로는 Rexillum III(Jeneric/Pentron, U.S.A.)를 사용하였다. 각 금속 시편을 제작한 후 대조군의 각 금속 시편은 alumina blasting을 한 후 silicoating을, 금이온 전착하는 군

Table 1. Materials used in this study

Alloy	Neocast 3(Cendres & Metaux SA, Switzerland) Au 71.6% Pt 3.7% Ag 12.7% Cu 10.8% Zn 1.1% Ir 0.1% Albabond (Heraeus Kulzer GmbH, Germany) Pd 60.1% Ag 27.8% Sn 3.0% In 7.0% Zn 0.2% Ga 1.5% Ir 0.2% Ru 0.2% Rexillium III(Jeneric/Pentron, U.S.A.) Ni 76% Cr 13% Mo 5% Be 1.8%
Silicoating	Siliclean(Kulzer, Germany) Sililink(Kulzer, Germany) Siliseal(Kulzer, Germany)
Resin	Dentacolor(Kulzer, Germany) Opaker A 30 Dentacolor(Kulzer, Germany) Dentin DA20

들에서는 alumina blasting과 금이온 전착후 silicoating을 한 후, 전장용 레진으로는 Dentacolor (Kulzer, Germany)를 사용하였다(Table 1).

1) 금속시편 제작

주조원형을 제작하기 위하여 직경 7mm의 레진 봉을 각 길이가 10mm가 되도록 diamond cutter machine(Buehler Co., USA)을 사용하여 절단하였다. 제작된 레진형을 매물, 소환한 후 귀금속 합금으로는 Neocast 3를, 준귀금속 합금으로는 Albabond를, 비귀금속 합금으로는 Rexillium III를 사용하여 주조하였다. 매물재는 귀금속 합금용은 Christobalite (Whip-Mix, USA)를, 준귀금속 합금과 비귀금속 합금용은 Hi-Temp(Whip-Mix, USA)를 사용하였다. 진공 매물된 주조 리를 소환한 후, 산소-프로판 불꽃을 사용하여 각 금속을 용융시켜 통법대로 원심 주조하였다. 주조후 실온까지 서냉시켜 매물재를 제거하였다.

매물재로부터 제거된 금속시편은 주입선 부위를 제거하고, 내경 7mm의 연마용 몰드에 위치하여 #600 SiC 연마지 상에서 자동연마기(Polishing machine, Buehler Co., U.S.A.)을 이용하여 상하면이 시편의 길이에 대하여 직각이 되도록 연마하였다. 그 후, 레진이 전장될 부위를 250 μ m 입자 크기의 산화알루미늄분말 (Cobra, Renfert, Germany)로 Hi-Blaster(Shofu, Japan)에서 5bar의 압력으로 귀금속

Table 2. Experimental groups

Group	Alloy(Brand name)	Gold coating
Prec	Gold alloy(Neocast 3)	no
Semi	Pd-Ag Alloy(Albabond)	no
Base	Ni-Cr Alloy(Rexillium III)	no
Semi-G	Pd-Ag Alloy(Albabond)	yes
Base-G	Ni-Cr Alloy(Rexillium III)	yes

합금과 준귀금속 합금은 15초, 비귀금속 합금은 30초 동안 alumina blasting한 후 초음파 세척기로 10분간 세척하였다.

전장시킬 주조 합금의 종류에 따라 금합금을 Prec 군, Pd-Ag합금 군을 Semi군, Ni-Cr합금군을 Base 군으로 하여 대조군으로 사용하고, 금전착시킨 Ni-Cr 합금 군을 Base-G군으로 분류하여 5개의 실험군을 설정하였다. 금속시편은 각군당 20개씩 총 100개를 제작한다. 귀금속, 준귀금속, 비귀금속 각 군당 20개씩의 시편을 제작하였다(Table 2).

2) 금이온 전착

금이온 전착시킬 준귀금속 Semi-G군과 비귀금속 Base-G군은 금이온 전착을 위해 DC/RF Magnetron sputtering system(DVSE-43T, 대륜진공주)을 이용하여 기준압 10 \sim 5 Torr, argon압 2mTorr, radio frequency power 400W의 조건에서 4분30초간

pure gold를 ion sputtering시켜 약 3,000 Å (0.3μm) 두께의 금피막을 전착시켰다.

3) 레진 축성

레진 시편을 제작하기 위해서는 모든 시편을 silicoating가정을 거친 후 resin을 축성하였다. silicoating은 ethylacetate인 Siliclean(Kulzeer, Germany)으로 세척한 후 공기 중에서 건조하고, SiO_x-C를 생성시키기 위하여 Sililink(Kulzer, Germany)을 붓을 이용하여 도포하였다. 이를 Silicoater MD(Kulzer, Germany)에 위치시키고, program time을 귀금속 합금과 준귀금속 합금은 2, 비귀금속 합금은 3에 맞추어 가동시키고 작동이 멈추면 꺼내어 5분간 식혔다. 그 후 silane인 Siliseal(Kulzer, Germany)을 붓을 이용하여 도포하였다.

그 후, opaque층은 Dentacolor Opaker A 30 powder와 liquid(Kulzer, Germany)를 용적비 1 : 1로 교반하여 붓을 이용하여 silane처리후 30ins 이내에 시란 처리된 금속시편 표면에 도포하였다. 이들을 광중합기인 Unilux AC(Kulzer, Germany)에서 code 15로 맞춘 후 광중합 하였다. Opaque의 후경은 반복하여 축성, 중합하여 0.2mm가 되도록 하였다.

그 후, 내경 7mm의 젤라틴 캡슐에 처리된 금속시편을 넣고 젤라틴 캡슐의 빈 부위에 두께가 약 3mm가 되도록 dentin resin인 DA 20 Dentin material(Kulzer, Germany)을 packing하고, 광중합하였다

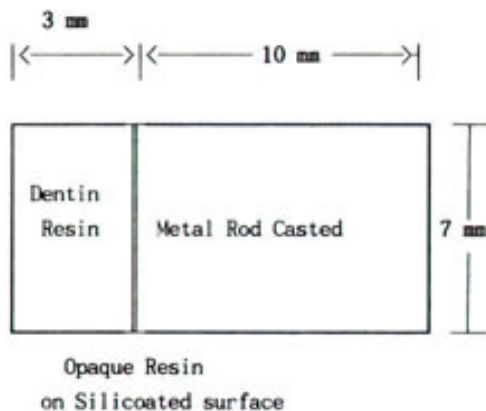


Fig. 1. Design of test specimen.

(Fig. 1).

중합이 완료되면 젤라틴 캡슐 내에서 제작된 시편을 약 23℃의 물에 약 5분간 담귀서 젤라틴 캡슐을 제거하고 시편을 얻었다. 완성된 시편은 열순환(thermocycling) 전까지 15℃의 수조 속에 보관하였다.

모든 시편은 완성한 후, 5℃와 55℃의 수조속에서 침적시간(dwelling time) 20초간씩 하여 1,000회 열순환을 시행하였다. 이때 각 수조에 침적시키기 위한 시편 바스켓의 대기내 이동시간은 10초로 하였다.

4) 레진-금속간 접착강도 측정

시편의 파절강도를 측정하기 위하여 시편을 loading stylus에 대해 수직되게 고정할 수 있는 전단 응력 시험용 jig와 loading stylus를 제작하였다. metal-resin 복합체 시편을 jig의 시편 holder에 고정시켰고, X-Y sliding micrometer compound table을 사용하여 시편을 정렬시켰다. Loading stylus의 끝이 전장레진과 금속경계부로부터 전장레진 측으로 0.35mm에 위치되도록 하여 수직하중을 가하여 레진-금속간의 접착강도를 만능물성시험기에서 0.2mm/min의 cross-head speed로 전단 결합정도를 측정하였다(Fig. 2).

5) 금속 파절단면 관찰

레진전장의 전단 결합강도를 측정한 시편에서 파절이 일어난 부위를 관찰하기 위하여 입체현미경

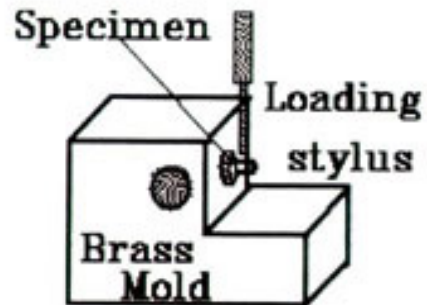


Fig. 2. Setting of UTM and resin veneered specimen for shear bond strength test.

(Stereomicroscope, AO, U.S.A)과 주사전자현미경 (JSM 5400, Jeol Co., Japan)를 사용하여 관찰하였다.

III. 연구 결과

1) 금속-레진간 전단결합 강도

주조된 금속시편을 alumina blasting 후 silicoating을 시행하고 레진으로 전장한 실험군들에서 열순환 처리 후 전장레진과 기저 금속사이의 전단 결합강도는 Prec군이 $64.51 \pm 11.11 \text{ Kg/cm}^2$ 가장 높은 값을 보였고, Base군이 $62.77 \pm 11.23 \text{ Kg/cm}^2$, Semi군이 $58.97 \pm 9.20 \text{ Kg/cm}^2$ 의 값을 보였으나, 각 군간에는 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$).

준귀금속과 비귀금속 군에서 alumina blasting과 silicoating을 시행 후 금이온 전착을 하지않고 레진 전장을 한 경우와 silicoating 전에 약 3000 Å 두께의 금이온 전착을 시행 후 레진 전장을 한 실험군간의 평균 전단결합강도의 변화는 Semi군 58.97 Kg/cm^2 에서 Semi-G군 49.21 Kg/cm^2 로 16.6%의 결합강도 감소를 ($P < 0.05$), Base군 $62.77 \pm 11.23 \text{ Kg/cm}^2$ 에서 Base-G군 $51.86 \pm 15.10 \text{ Kg/cm}^2$ 으로 역시 17.4%의 결합강도 감소를($P < 0.01$) 나타내어, 심미성 개선을 위해 금이온 전착을 시행하고 레진 전장을 시행할 경우, 낮은 전단 결합강도를 보임을 알 수 있었다(Tables 3, 4).

Table 3. Mean shear bond strength(Kgf)between metal and resin

(Unit : Kg/cm ² , n = 20)			
Type of Groups	Mean	Standard Deviation	Range
Prec	64.51	11.11	43.70 - 81.50
Semi	58.97	9.20	43.10 - 75.00
Semi-G	49.21	13.29	28.10 - 77.30
Base	62.77	11.23	44.70 - 85.10
Base-G	51.86	15.10	25.90 - 98.20

그러나 금이온 전착시행한 Semi-G군 중에서는 77.30 Kg/cm^2 로 금이온 비전착군인 Semi군의 모든 실험 시편보다 더 높은 전단 결합강도를 보이는 시편도 있었고, 비귀금속 합금인 Rexillum III를 사용한 실험군 중에서도 역시, 금이온 전착시행 군(Base-G군)중에는 98.20 Kg/cm^2 로 실험 시편 중 가장 높은 전단 결합강도를 보이는 시편도 있었다(Table 3).

2) 파절단면의 관찰 소견

레진전장 금속시편의 전단결합강도 측정 후 파절된 시편에서 파절이 발생하는 부위의 분포를 입체현미경 (Stereomicroscope, AO, U.S.A)과 주사전자현미경 (JSM5400, Jeol Co., Japan)을 사용하여 관찰한 결과 Table 5, Photos 1-1-과 같은 파절양상을 보였다.

Prec군과 Semi군에서는 실험 시편 모두에서 기저 금속으로부터 Dentacolor Opaque resin이 박리되는 파절양상을 보였다(Table 5, Photos 1-4). 반면, Base군에서는 75%의 경우에는 기저금속과 Opaque resin 사이의 계면에서 파절이 일어났고, 25%의 경우에는 기저금속-Dentacolor Opaque resin 계면에서의 파절이 혼합된 양상을 보였다(Table 5, Photos 5-6).

금이온 전착 후 레진전장을 시행한 실험군에서의 파절양상은 Semi-G군에서와 Base-G군에서는 95%이 경우에서 금이온 전착층과 Opaque resin 사이의 계면에서 파절이 발생하였다. 반면, Base-G군에서는 90%

Table 4. Duncan's multiple range test for bond strength : Kgf

Group	Prec	Semi	Semi-G	Base	Base-G
Prec	-	NS	**	NS	**
Semi		-	*	NS	NS
Semi-G			-	**	NS
Base				-	**
Base-G					-

** : significant at $p < 0.01$, * : significant at $p < 0.05$, NS : not significant

Table 5. Two-way ANOVA and Duncan's multiple range test for variable : Kgf

Failure Site	Prec	Semi	Semi-G	Base	Base-G
Metal-Opaque	20	20		15	
Metal-Gold Coat					18
Gold Coat-Metal			19		1
Inside Resin			1		
Mixed(Metal-Gold-Resin)				5	1

의 경우에서 기저금속과 공리온 전착층 사이에서 파절이 발생하였다(Table 5, Photos 7-10).

V. 총괄 및 고찰

레진 전장 금관은 근본적으로 자연치의 색상이나 투명도를 완전히 재현해낼 수 없는 한계를 가지고있다. 그 이유는 내면에 자연치아와는 색상이 상이한 금속 구조물이 존재하고 레진 자체도 자연치아와는 그 재료나 구조상의 상이점이 있기 때문이다. 레진 전장 금관(resin veneered metal crown)은 구강 내의 제거능에 적합한 강도와 자연치아와 유사한 심미성을 함께 갖추어야 한다. 이를 위해 강도와 정밀성을 위한 내부의 금속 구조체의 외면에 자연치아와 같은 색조의 레진을 전장시키는 구조로 설계된다.

치과 주조용 합금 중에서 주조성, 강도, 연성, 부식 저항성 및 색상에 있어서 금합금이 가장 이상적이며 따라서 임상에서 가장 많이 사용되고 있다. 근래에 비싼 금합금을 대체하고자 치과 주조용으로 Pd-Ag나 Ni-Cr합금이 개발되어 주조성, 강도, 부식 저항성 등에 있어서 금합금을 대신할 수 있는 물리적 성질의 개선이 있었다. 그러나 Pd-Ag나 Ni-Cr합금은 그 색상이 은빛을 내기 때무병 전치부 전장 주조관으로 사용될 때 치경부에서 치은과 금속의 색조가 대비되어 심미적 문제점을 야기한다. 이를 해결하기 위하여 도재 전장 주조관의 경우 colloidal gold로 구성된 gold metal conditioner를 도포하거나, 금 전착(gold electrodeposit)의 영향에 대한 연구가⁽³²⁾ 있으나, 레진

전장 주조관(Resin Veneered Metal)의 경우 이에 관한 연구가 희귀한 실정이었으나 최근의 실험 결과는⁽³¹⁾ 비귀금속에 대한 금전착이 도재 전장 금관임 심미성을 향상시킬 수 있음을 보여 주었다.

양과 박은⁽³¹⁾ CIE Lab system으로 색채를 평가하는 측색 색차계를 이용하여 금속 합금의 종류아 금전착의 효과 및 레진 전장에 따른 색조를 비교하여 레진이 전장된 금전착한 준귀금속시편, 비귀금속시편의 a* 값과 b* 값 등의 채도지수가 귀금속 시편보다 증가하여 미세한 황, 적색의 편위를 보였음을 보고하였고, 금전착하지 않은 준귀금속, 비귀금속에 비해, 금전착 후에는 귀금속 시편간의 색차가 감소하였음을 밝힘으로써, 준귀금속이나 비귀금속을 전치부 전장 주조관의 metal coping으로 사용될 때, 금전착을 하면 치경부에서 치은과 색조가 조화되기 때문에 임상 적용시 심미적 이점을 얻으면서 수복할 수 있음을 시사하였다.

이를 임상에 널리 활용하기 위하여서는 비귀금속에 대한 금전착이레진간의 결합력에 어떠한 영향을 미치는지를 밝혀야한다. 또한 파절이 레진과 합금의 계면에서 발생하는지 레진 내부에서 일어나는지 비귀금속 합금과 금피착면 사이에서 일어나는지를 밝힘으로써 보철물의 결합 실패를 분석하고 그 대책을 강구할 근거를 모색할 수 있으리라 생각한다.

레진과 합금의 접착강도는 도재전장관에 비해 떨어지며 이를 극복하기 위한 연구가 계속되고 있다. 레진과 금속간의 접착방법은 여러가지가 있는데, 일반적으로 레진 전장관에서 이용되는 방식으로는 bead등을 이용한 기계적인 접착과 접착성 레진시멘트 및 silicoating등을 이용하는 화학적인 접착방법을 들 수

있다.

Bead등을 이용한 기계적인 접착은 구강내 온도변화로 미세누출이 발생되어 변색의 가능성이 있고 유지장치가 차지하는 두께 때문에 치아삭제가 많아 질 뿐만 아니라 레진축성이 너무 풍용하게 될 수도 있다.^(6, 27)

화학적 접착 방식으로 Tanaka 등⁽⁵⁾과 Matsumura 등⁽⁷⁾은 4-META함유의 아크릴계 레진시멘트를 합금과 전장용 레진간에 개재시켜 화학적 접착을 이루도록 하였다. 그러나 Ni-Cr합금이나 Co-Cr합금에는 접착성이 좋은 반면 귀금속합금에는 효과가 떨어지므로 이 때는 가열이나 주석도름, 이온피막이 요구된다고 하였다. 또한 熱田 등⁽³³⁾은 귀금속 사용시 내부 금합금 금속관에 bead를 붙이고 4-META함유의 아크릴계 접착성 레진 시멘트를 도포한 후 레진을 축성하는 방법을 소개하기도 하였다.

한편 1984년 Musil과 Tiller에 의해 레진과 합금을 화학적으로 접착하면서 모든치과용 합금에 사용할 수 있고 접착력을 보다 증대할 수 있는 Silicoating방법이 개발되었다.⁽⁸⁾ 본 실험에서 금속과 전장레진의 화학적 결합을 위해 사용한 silicoating에 의한 레진과 합금의 접착은 250m 크기의 aluminum oxide로 sandblasting한 금속표면에 adhesion primer인 Sililink을 도포한다. 이 primer는 약 300℃에서 금속표면에 침투하여 glass-like elastic SiOx-layer를 형성하여 silane containing adhesion primer인 Siliseal이 접착할 수 있도록 한다. 합금표면의 금속산화물에 두께 0.1-1 μ m의 SiOx-C층과 레진의 결합은 coupling agent인 silane을 개재시켜 이루어진다. SiOx-C층의 기본 구조는 유리이고 탄소 또는 수산화물이 첨가되면 금속피착면은 덜 단단하고 탄성이 생기며, 이는 구강 내에서 온도변화로 인한 변형과 응력을 분산시켜 레진과 금속간의 부착소실을 막아준다고 한다.^(12, 27)

Silicoating을 이용한 레진과 금속간의 결합 강도는 다른 접착방식 보다 높게 보고되고 있다. Creugers 등^(24, 29, 30, 34-36)은 silicoating처리 후 레진시멘트를 이용하여 접착한 경우가 식각 및 sandblasting등의 처리 후 레진시멘트를 이용하여 접착한 경우 보다 우수한

결합력을 보인다고 보고하였으며, 전장용 레진을 축성할 경우 silicoating의 결합강도에 관하여 Naegeli 등⁽³⁷⁾과 Jones 등⁽⁹⁾은 4-META함유의 아크릴계 레진시멘트나 다른 adhesive bonding system보다 더 우수하다고 보고하였다.

한편 silicoating은 금속의 종류에 따라 결합력에 다소의 차이를 보이는데, Peutzfeldt와 Asmussen은⁽¹⁵⁾ 금합금, 백금합금과 Cr-Co합금에서 표면처리에 대한 결합력 차이를 보고한 바 있다. Twesme 등⁽²⁹⁾의 보고에 의하면 Ni-Cr합금, Ag-Pd합금, 금합금 순으로 결합정도가 낮아졌음을 보고하였으며, 신 등⁽³⁰⁾은 Ni-Cr-Be free합금, Ag-Pd합금, Ni-Cr합금, Ag-Pt-Pd 합금 순으로 강도차이를 보고하여 비귀금속 합금이 귀금속합금보다 더 높은 것으로 나타나며 그 이유로는 연성인 귀금속합금에 비해 더 단단한 비귀금속합금은 sandblasting에 의한 표면 거칠기가 더 예리하고 표면증가의 효과 또한 더 크기 때문이라고 한다. 그러나 Laufer 등⁽²⁵⁾은 Au-Ag-Pd합금, Ni-Cr-Be 합금, Au-Pd-In 합금, Pd 합금, Pd-Ag-Sn 합금 순으로 보고하여 금합금이 더 높다는 상반되는 결과를 발표하였는데, 이는 SiOx-C층과 화학적인 결합을 하는 금속산화물의 양과 형태가 합금간에 다르고 sandblasting에 의해 형성된 표면의 정도가 합금의 경도에 따라 달라져서 더 연성인 금속은 더 깊은 표면 거칠기를 보이기 때문이라고 보고하였다.

본 연구에서는 Pd-Ag나 Ni-Cr합금에서 금속표면에 금 전착(gold coating) 처리후 레진과 금속간의 접착강도를 알아보기 위하여 금속표면을 250 μ m의 산화알루미늄으로 sandblasting하고 silicoating하고, 대조군으로는 금 전착을 하지 않은 금(Ag), Pd-Ag나 Ni-Cr 합금에 실험군과 같은 sandblasting과 silicoating처리를 한 후 모든 시편에 레진을 축성한다. 그후 구강내에서 기능을 하는 동안 thermocycle의 영향을 받아 기계적 결합 강도가 낮아지고 레진과 금속면 사이에서 파절이 일어날 수 있기 때문에 5℃와 55℃의 수조 속에서 1,000회 thermocycling한 후 각각 레진과 금속간의 접착강도를 측정하였고, silicoating전 각군의 금속표면을 주사전자 현미경으

로 관찰하여 금 전착이 금속과 전장레진간의 결합 실패 양상을 관찰하였다.

본 실험에서는 주조된 금속시편을 alumina blasting 후 silicoating을 시행하고 레진으로 전장한 실험군들에서 열순환 처리 후 전장레진과 기저 금속사이의 전단결합강도는 Prec군이 64.51 ± 11.1 Kg/cm²로 가장 높은 값을 보였고, Base군이 62.77 ± 11.23 Kg/cm², Semi군이 58.97 ± 9.20 Kg/cm²의 값을 보였으나, 각 군간에는 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$).

준귀금속과 비귀금속 군에서 alumina blasting 과 silicoating을 시행 후 금이온 전착을 하지 않고 레진 전장을 한 경우와 silicoating 전에 약 3000 Å (0.3um) 두께의 금이온 전착을 시행 후 레진 전장을 한 실험군 간의 평균 전단결합 강도의 변화는 Semi군 58.97 Kg/cm²에서 Semi-G군 49.21 Kg/cm²로 유의한 결합경도 감소를($P < 0.05$), Base군 62.77 ± 11.23 Kg/cm²에서 Base-G군 $51.86.77 \pm 15.10$ Kg/cm² 으로 역시 유의한 결합강도 감소를($P < 0.01$) 나타내어, 심미성 개선을 위해 금이온 전착을 시행하고 레진 전장을 시행할 경우, 낮은 전단 결합강도를 보임을 알 수 있었다(Table 3, 4).

그러나 금이온 전착을 시행한 Semi-G군 중에서는 28.10 Kg/cm²로 낮은 전단결합강도를 보이는 시편도 있었으나, 77.30 Kg/cm²로 금이온 비전착군인 Semi군의 모든 실험 시편보다 더 높은 전단 결합강도를 보이는 시편도 있었다.(Table 3). 또한, 비귀금속 합금인 Rexillum III를 사용한 실험군 중에서도 역시, 금이온 전착 시행 군(Base-G군)중에서는 25.90 Kg/cm²로 실험 시편 중 가장 높은 전단 결합강도를 보이는 시편도 있었다(Table 3).

따라서, 실제 임상에서 시술시 금이온 전착을 시행하고 레진전장을 하여 보철물을 제작하였을 경우 조작의 차이에 따라 실패할 우려도 있으나, 심미적인 면이 개선이 되면서 결합강도도 만족할 만한 경우가 만들어질 수 있음을 시사하여 주었다. 따라서, 심미성을 개선하기 위한 금이온 전착을 시행할 경우 결합실패의 경우를 배제시킬 수 있는 방법이 지속적으로 연구되어야 하리라 본다.

파절이 레진과 합금의 계면에서 발생하는지 레진 내부에서 일어나는지 비귀금속 합금과 금피착면 사이에서 일어나는지를 밝힘으로써 보철물의 결합 실패를 분석하고 그 대책을 강구할 근거를 모색할 수 있으리라 생각하여, 전단결합강도 측정 후 파절된 시편에서 파절이 발생하는 부위의 분포를 입체현미경과 주사전자현미경을 사용하여 관찰한 결과 각 군마다 다른 파절 양상을 보였다.

Prec군과 Semi군에서는 실험 시편 모두에서 기저 금속으로부터 Dentacolor Opaque resin이 박리되는 파절양상을 보였다(Table 5, Photos 1-4). 반면, Base군에서는 75%의 경우에는 기저 금속과 Dentacolor Opaque resin사이의 계면에서 파절이 일어났고, 25%의 경우에는 기저금속-Dentacolor Opaque resin계면에서의 파절과 Dentacolor Opaque resin-Dentin resin계면에서의 파절이 혼합된 양상을 보였다(Table 5, Photos 5-6).

금이온 전착 후 레진전장을 시행한 실험군에서의 파절양상은 Semi-G군에서와 Base-G군에서는 95%의 경우에서 금이온 전착층과 opaque resin사이의 계면에서 파절이 발생하였다. 반면, Base-G군에서는 90%의 경우에서 기저금속과 금이온 전착층 사이에서 파절이 발생하였다(Table 5, Photos 7-8).

이와 같이 Semi-G의 경우 주된 파절 부위가 금이온 전착층과 opaque resin 사이의 계면인 이유는 Sililink의 도포 후 광조사 시간이 Silicoater MD의 사용지시서에 따라 비귀금속 합금의 경우에는 3으로 맞추어 가동한 반면, 준귀금속 합금의 경우에는 program time이 2로 맞추어 가동하였기 때문에 그 중합이 충분하지 못하였기 때문인지 의문이 되며, 차후 실험에서는 Sililink 도포후 광조사 시간이 준귀금속 합금의 경우 program time 2로도 충분한지를 연구해야 할 필요가 있다고 사료된다.

Base-G군의 경우 주로 기저금속과 금이온 전착층 사이에서 파절이 발생하였고, 이는 기저 비귀금속에 심미성 증진을 위하여 금이온 전착을 시행할 경우, 기저금속과 전착 금이온간의 결합력을 증진시키기 위한 방법이 도입되어야 함을 시사하여 주었다. 그러나

Base-G군의 경우 전단결합강도 값이 98.20 Kg/cm²로 실험시편 중 가장 높은 전단 결합강도를 보이는 시편의 경우는 기저금속-Dentacolor Opaque resin 계면에서의 파절과 Dentacolor Opaque resin-Dentin resin 계면에서의 파절이 혼합된 파절양상을 보여, 금이온 전착된 표면과 전장레진과의 결합력이 부분적으로 레진내부의 강도보다 강한 결합력을 보이기도 함을 알 수 있었다. 따라서, 이러한 양상이 더욱 많이 나타나도록 금이온 전착 후 레진 전장 방법이 지속적으로 연구될 경우 금이온 전착이 임상에서 아주 유용하게 이용될 수도 있으리라 사료된다.

본 연구결과 차후의 연구에서는 금이온 전착 후 열처리를 통해 금이온과 기저금속간의 계면에서 금속이온의 상호확산에 의한 결합력증진을 도모하는 방법의 효과에 대해 더욱 연구 되어져야 하리라 사료된다. 또한, 순금 대신에 치과용 금합금을 이용하여 금전착한 후 열처리를 시행함으로써 금이온 전착층 내부의 강도 증진 가능성 여부와 금속이온 확산에 의한 결합력 증진에 관한 연구가 필요하리라 사료된다.

IV. 결론

Pd-Ag 및 Ni-Cr 합금에서 금속표면에 금 전착처리 후 레진과 금속간의 접착강도를 측정 비교하기 위하여 금속표면을 250 μm의 산화알루미늄으로 sandblasting후 silicoating 처리를 한 후 모든 시편에 레진을 축성하였다.

전장시킬 주조 합금의 종류에 따라 금합금을 Prec군, Pd-Ag합금 군을 Semi군, Ni-Cr합금군을 Base군으로하여 대조군으로 사용하고, 금전착시킨 Pd-Ag합금 군을 Semi-G군, 금전착시킨 Ni-Cr합금 군을 Base-G군으로 분류하여 5개의 실험군을 설정하였다.

20초 간격으로 5℃ 와 55℃의 수조 속에서 1,000회 themocycling한 후 각각 레진과 금속간의 접착강도를 측정하고, 금속 표면의 파절단면을 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 레진과 금속사이의 전단결합강도는 Prec군이 64.51±11.11 Kg/cm², Base군이 62.77±11.23 Kg/cm², Semi군이 58.97±9.20 Kg/cm²의 값을 보였으나, 각 군간에는 유의 한 차이가 없었다 (P>0.05).
2. 준귀금속과 비귀금속에 금이온 전착을 한 경우 금전착을 하지 않은 경우에 비해 평균 17%의 결합강도 감소를 보였다(P<0.05).
3. 금이온 전착을 하지 않은 실험군에서는 금속과 레진의 계면에서 파절이 주로 관찰된 반면, Semi-G군에서는 금이온 전착층과 레진사이에서 그리고 Base-G군에서는 기저금속과 금이온 전착층 사이에서 파절이 주로 발행하였다.

이상의 결과로 기저 비귀금속에 심미성 증진을 위하여 금이온 전착을 시행할 경우, 기저금속과 전착 금이온간의 결합력을 증진시키기 위한 방법이 도입되어야 함을 시사하여 주었다.

참고 문헌

1. Phillips, R. W. : Skinner's science of dental materials, 9th ed., W. B. Saunders Co., Philadelphia, 1991.
2. Berge M : Properties of prosthetic resin-veneer materials processed in commercial laboratories. Dent Mater 5 : 77, 1989.
3. Jones MR, Goodacre CJ, Moore BK, Dykema RW : A comparison of the physical properties of four proshetic veneering materials. J Prosthet Dent 61 : 38, 1989.
4. Barzilay I, Mayers ML, Cooper LB, Graser GN : Mechanical and chemical retention of laboratory cured composite to metal surfaces. J Prosthet Dent 59 : 131, 1988.
5. Tanaka T, Nagata K, Takeyama M, Atsura M, Nakabayashi N, Masuhara E : 4-Meta opaque

- resin-A new resin strongly adhesive to nickel-chromium alloy. *J Dent Res* 60 : 1697, 1981.
6. Shue S-L, Nicholls JI, Townsend JD : the effect of metal retentive designs on resin veneer retention. *J Prosthet Dent* 58 : 297, 1987.
 7. Massumura H, Kawahara M, Tanaka T, Atsuta M : Surface preparations for metal frameworks of composite resin veneered prostheses made with an adhesive opaque resin. *J Prosthet Dent* 66 : 10, 1991.
 8. Musil R, Tiller H-J : Die molekulare Kopplung der Kunststoff-Verblendung an die legierungsoberfl che. *Dental-labor XXXII, Heft* : 1155, 1984.
 9. Jones RM, Moore BK, Goodacre CJ, Munoz-Viveros CA : Microleakage and shear bond strength of resin and porcelain veneers bonded to cast alloys. *J Prosthet Dent* 65 : 221, 1991.
 10. McLean, J. W. : The science and art of dental ceramics, vol I & II, chicago, Quintessence publishing Co, Inc., 1980.
 11. 조신석, 양홍서 : 금속 종류가 전장 레진 도재의 색채에 미치는 영향. *대한 치과 보철학회지*, 32 : 9, 1994.
 12. Hansson O : The Silicoater technique for resin-bonded prostheses : clinical and laboratory procedures. *Quint Int* 20 : 85, 1989.
 13. Taleghani M, Leinfelder KF, Taleghani AM : An alternative to case etched retainers. *J Prosthet Dent* 58 : 424, 1987.
 14. Labarre EE, ward HE : An alternative resin-bonded restoration. *J Prosthet Dent* 52 : 247, 1984.
 15. Peutzfeldt A, Asmussen E : Silicoating : evaluation of a new method of bonding composite resin to metal. *Scand J Dent Res* 96 : 171, 1988.
 16. Livaditis GJ : A chemical etching system for creating micromechanical retention in resin-bonded retainers. *J Prosthet Dent* 56 : 181, 1986.
 17. El-sherif MH, El-Messery A, Halhoul MN : The effects of alloy surface treatments and resins on the retention of resinbonded retainers. *J Prosthet Dent* 65 : 782, 1991.
 18. Wiltshire WA : Tensile bond strengths of various alloy surface treatments for resinbonded bridges. *Quintessence Dent Technol* 10 : 227, 1986.
 19. Stockes AN, Tidmarsh BG : Porous metal coating-a microretentive alternative to etched metal prostheses. *Quintessence Int* 18 : 675, 1987.
 20. 熱田 充, 花村 典之, 大竹 博明 : 硬質 硬質 レゾンの臨床. 醫齒藥出版株式會社, 東京, 1987.
 21. Yamashita A : A dental adhesive and it's clinical applications. Quintessence Publishibg Co., Tokyo, 1983.
 22. Masuhara E : A new 4-META adhesive resin. *Dent outlook* 59 : 661, 1982.
 23. Yamashita A : The clinial application of new adhesive resin to adhesion bridge. *Dent outlook* 59 : 671, 1982.
 24. Creugers NHJ, Welle PR, Vrijhoef MMA : Four boding systems for resin-retained cast metal prostheses. *Dent Mater* 4 : 85, 1988.
 25. Laufer B-Z, Nicholls JI, Townsend JD : SiOx-C Coating : A composite-to-metal bonding mechanism. *J Prosthet Dent* 60 : 320, 1988.
 26. Kolodney H, Puckett AD, Brown K : Shear strength of laboratory-processed composite resins bonded to a silane-coated nikel-chromium-beryllium alloy. *J Prosthet Dent* 67 : 419, 1992.
 27. 森 榮, 河村訓陸, 暗井正彦, 加藤治正, 長谷川二郎 : ッリコーター法による金屬とゾソの接着強さの評價, 愛院大齒誌 25 : 170, 1989.
 28. Ishijima T, Caputo AA, Mito R : Adhesion of casting alloys. *J Prosthet Dent* 67 : 445, 1992.
 29. Twesme DA, Lacefield WR, ONeal SJ : Effect of silicoating and etching on alloy-composite bonding. *J Dent res* 65 : 314,(Abstract. #1304, 1986.

30. 신현수, 한동후, 이근우 : Silicoating이 수지접합 수복물의 결합력에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 대한치과보철학회지 27 : 101, 1989.
31. 양홍서, 박영준 : Pd-Ag 및 Ni-Cr 합금의 금전착이 전장 레진임 색체에 미치는 영향. 대한 치과 보철 학회지, 33 : 645, 1995.
32. 유 재민, 조 혜원, 동 진근 : 파라디움-은합금의 금 전착이 도재의 색조에 주는 영향에 관한 연구, 대한 치과 보철학회지, 29 : 111, 1991.
33. 熱田 充, 松村英雄, 永野清司 : 硬質 レズンを生かす, 別冊 ; 硬質 レズンの 世界. 東京, クインス出版株式會社, P155, 1989.
34. Re GJ, Kasier DA, Malone WFP, 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.
35. Caeg C. Leinfelder KF, Lacefield WR, Bell W : Effectiveness of a method used in bonding resins to metal. J Prosthet Dent 64 : 37, 1990.
36. Veen JH, Bronsdijk AE, Slager AP, Poel ACM, Arends J : Tensile bond strength of Comspan resin to six differently treated metal surface. Dent Mater 4 : 272, 1988.
37. Naegeli DG, Duke ES, Schwartz R, Norling BK : Adhesive bonding of composites to a casting alloy. J Prosthet Dent 60 : 279, 1988.

Explanation of Photographs

- Photo 1. Fractured surface of Neocast III after shear bond strength test of resin0veneered metal specimen. The substrate metal specimen was alumina-blasted, silicoated. After silicoating Dentacolor opaque and dentin resin was built, and thermocycled. The opaque resin was totally detached from the metal surface.(×15)
- Photo 2. Same specimen as Photo 1.(×200)
- Photo 3. Detached surface of Dentacolor opaque resin which was previously applied to Neocase III substrate metal shown at Photo 1.(×15)
- Photo 4. Same specimen as Photo 3.(×200)
- Photo 5. Fractured surface of Rexillum III in mixed pattern after shear bond strength test of resin-veneered metal specimen. The substrate metal was alumina-blasted, silicoated. Dentacolor opaque and dentin resin was built, and thermocycled between 5°C and 55°C. In this case the failure pattern was mixed(substrate metal-opaque resin interface and opaque resin-dentin resin interface).(×15)
- Photo 6. Same specimen as Photo 5. In the left half of the photo, opaque resin-dentin resin interface failure site was observed and in the right half of the photo, substrate metal-opaque resin interface failure site was shown.(×500)
- Photo 7. Fractured metal surface of Base-G group after shear bond test. Failure occurred at metal-gold coat interface, which is characteristic failure pattern of Base-G group.(×15)
- Photo 8. Same specimen as Photo 7.(×500)
- Photo 9. The failure pattern was mixed in base-G group. Failure occurred both in substrate metal-gold coat interface and opaque-dentin resin interface.(×15)
- Photo 10. On the detached resin, electrodeposited gold was observed. The gold coat was detached from the substrate metal of Base-G group.(×500)

사진부도 1

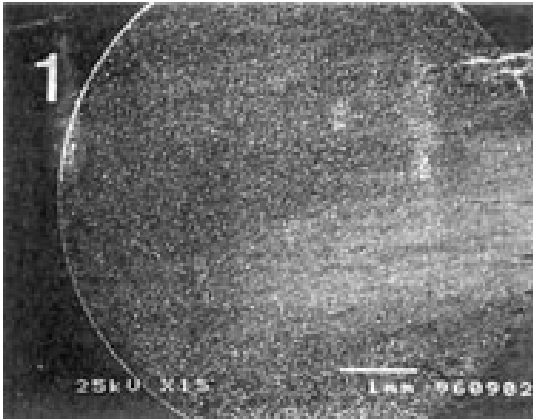


Photo 1

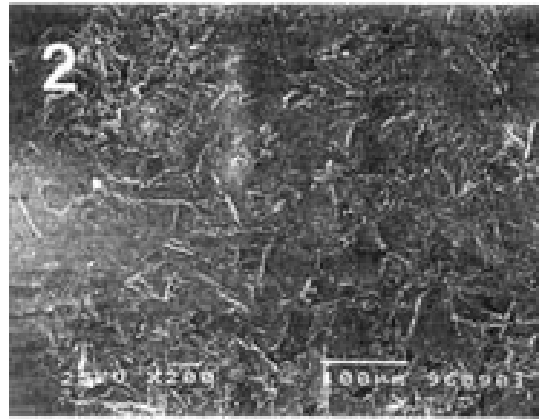


Photo 2

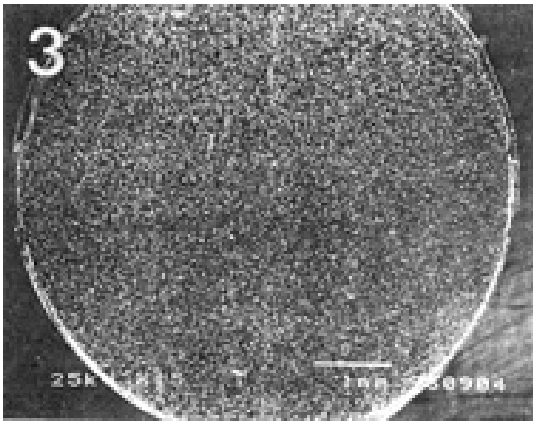


Photo 3

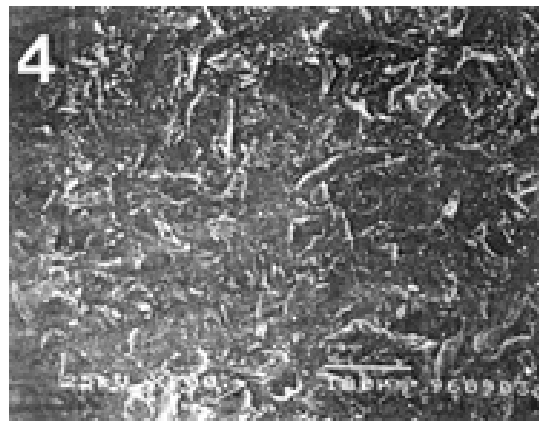


Photo 4

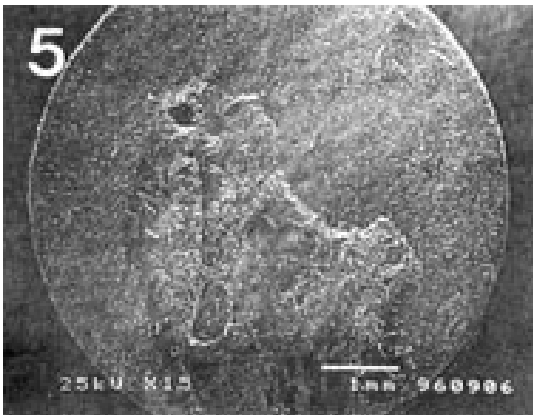


Photo 5

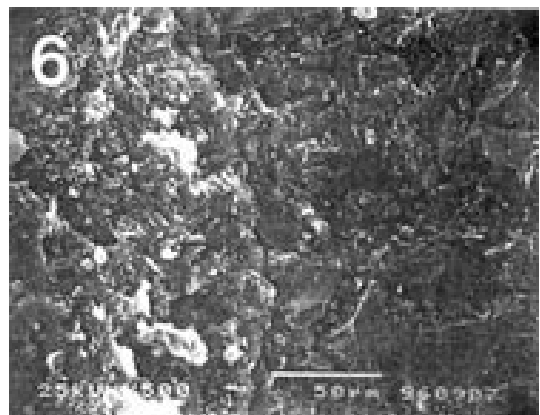


Photo 6

사진부도 2

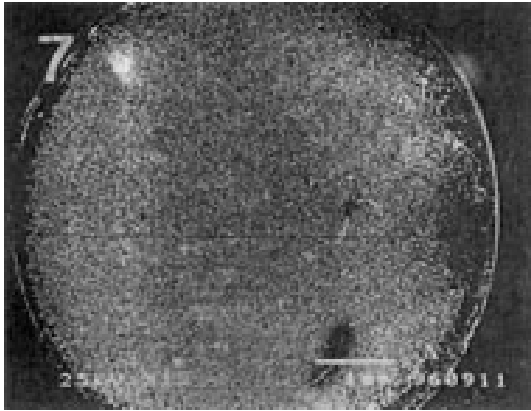


Photo 7

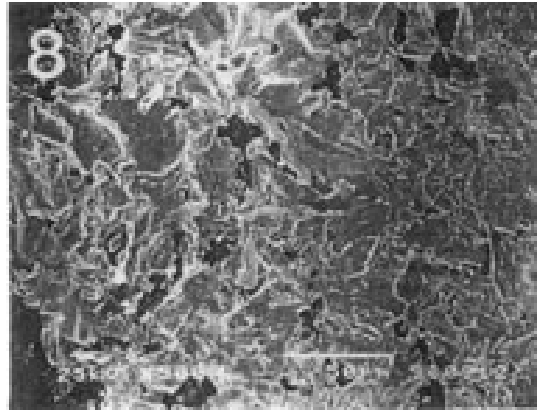


Photo 8

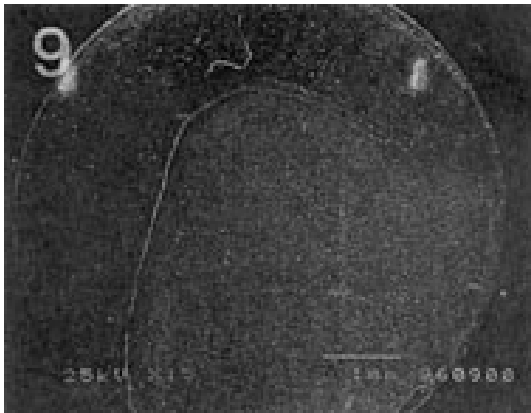


Photo 9

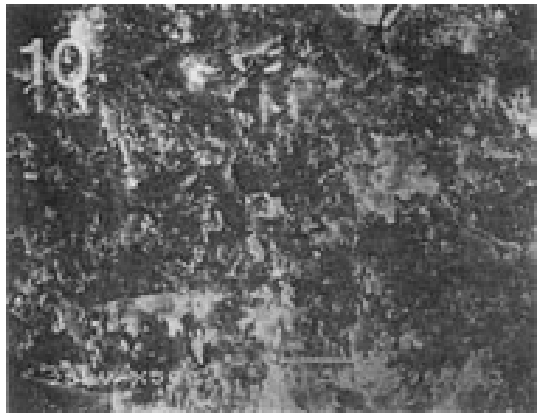


Photo 10

=Abstract=

EFFECT OF GOLD ELECTRODEPOSIT ON THE BOND STRENGTH BETWEEN ALLOYS AND VENEERED RESIN

Prof. Hong-So Yang, D.D.S., Ph D. Assistant Prof. Yeong-Joon Park, D.D.S., Ph D*

Dept. of Prosthodontics, Dept of Dental Materials chonnam National University*

The purpose of this experiment was to determine whether the gold electrodeposit on Pd-Ag and Ni-Cr alloys influences on the shear bond strength between veneering resin and silicoated metal surface. All the metal specimens were sandblasted with 250 μ m aluminum oxide and followed by silicoating and resin veneering.

According to the metal surfaces to be veneered, experimental groups were divided into five.

Group Prec : Gold alloy without gold coating

Group Semi : Pd-Ag alloy without gold coating

Group Base : Ni-Cr alloy without gold coating

Group Semi-G : Pd-Ag alloy with gold coating

Group Base-G : Ni-Cr alloy with gold coating

All specimens were thermocycled 1,000 times at temperature of 5 $^{\circ}$ C to 55 $^{\circ}$ C. The effects of gold electrodeposit on the shear bond strength between resin and metal interface were measured and fractured surface of the resin veneered metal was examined under the scanning electron microscope.

The following results were obtained

1. The shear bond strength between resin and metal was $64.51 \pm 11.11 \text{Kg/cm}^2$ in Prec group, $62.77 \pm 11.23 \text{Kg/cm}^2$ in Base group and $58.97 \pm 9.20 \text{Kg/cm}^2$ in Semi Group. There was no significant difference among the groups.
2. The bond strength in groups Semi-G and Base-G decreased about 17%, compared to the non-gold-electrodeposit groups(Semi, Base).
3. In groups of non electrodeposit(Prec, Semi, Base), fracture occurred at the interface between alloy and resin, while fracture interface was observed between gold coating and resin in group Semi-G, and between metal substrate and gold coating in group Base-G respectively.

Key words : bond strength, gold electrodeposit, silicoating