

Thermocycling이 금속과 레진시멘트간의 결합강도에 미치는 영향

전북대학교 치과대학 보철학교실

강건구, 정관호, 최정호, 안승근, 송광엽, 박찬운

I. 서론

Thermocycling은(구강내와 유사한 조건을 만들어 주기 위해서) 구강 내에서 볼 수 있는 한계적 온, 냉의 상태를 모방하여 온도변화에 따른 재료의 물성을 평가하는 방법으로서, 수증침적시험과 함께 결합계면의 미세누출, 결합력의 변화 등을 관찰하는 연구방법이다. 최근 치질과 금속 모두에 결합할 수 있는 레진시멘트의 발전으로 결합력과 내구성이 크게 증가 하였으며, 이 때문에 수증침적보다 접착계면에 대한 열충격이 큰 thermocycling이 결합계면의 특성을 연구하는데 널리 이용되고 있다.

구강내의 온도범위에 관하여 Nelsen⁽¹⁾은 9°C~52°C, Peterson⁽²⁾은 15°C~45°C, Michailesco⁽³⁾는 18.9°C~48.42°C라 하였다. Thermocycling의 조건에 대해 계류시간은 15초~3분⁽⁴⁻⁸⁾, 온도변화의 구간은 최저-196°C~15°C^(2, 10, 11) 최고 40°C~100°C⁽¹²⁾까지 다양하게 시행되었으며, thermocycling 횟수 또한 수백에서 100,000^(13, 14)까지 더욱더 다양하게 보고되고 있으나, 대부분 계류시간은 30초 이내, 온도범위는 최저 4~5°C, 최고 50°C~60°C 범위에서 연구되고 있다.

구강내에서 접착레진에 의해 부착된 금속수복물에는 레진의 중합수축, 물흡수로 인한 수화팽창에 의한 스트레스 및 구강내 온도 변화로 인한 열수축과 팽창에 의해 지속적인 압축 및 인장응력이 가해진다. Davidson과 Feilzer⁽¹⁵⁾는 레진의 중합수축력, 온도변

화 동안의 열팽창, 물 흡수 등으로 수복물간의 결합력이 다르게 나타난다고 하였고, Tanaka⁽¹⁶⁾는 결합력이 시편의 열팽창계수에 의해 영향을 받는다고 하였으며, Hoar⁽¹⁷⁾는 치과용 접착제의 평가를 위해서 thermocycling과 수증침적시험이 필요하다고 보고 하였다. 접착레진과 산부식된 금속간의 결합강도는 레진과 탈회된 법랑질간의 결합강도의 2~3배에 이르고 있으나⁽¹⁸⁾, 임상시험시 산부식된 치질보다는 금속구조물과 접착 레진 간의 결합력이 취약한 것으로 보고되고 있으며^(19, 20), 이와 같은 문제를 해결하기 위해 레진과 금속간의 결합력을 증가시키기 위한 많은 방법들이 소개되었다. Sandblasting⁽²¹⁾과 미세요철구조⁽²²⁾, 전기화학적 부식법⁽²³⁻²⁴⁾, 유지공이나 mesh를 이용한 방법^(25, 26), 수용성 염을 주조 전 납형에 뿌리는 방법들이 소개되었다. 전기화학적 부식법과 silicoating법은 우수한 결합력⁽³²⁻³⁵⁾을 얻을수 있었으리라 생각된다. thermocycling이 결합력에 미치는 영향을 평가하고자 본 연구에서는 금속 시편의 표면처리로 단순히 50 μm Al₂O₃ blasting만 하였다. 금속과 화학적 결합을 위주로 하는 시멘트로서는 4-META 계인 Super-Bond C& B(Sun Medical Co., Ltd. Japan)와 인산 ester 계인 Panavia(Kuraray Co., Ltd. Japan) 등이 소개되었으며 산부식가공의치, 치관 및 고정성 가공의치의 접착을 위해 이용되어 왔다. 이 레진시멘트는 우수한 압축강도와 상아질과의 결합, 미세누출의 감소, 수복물의 유지력 증가 등이 보고되었으나⁽³⁶⁻⁴²⁾

두꺼운 피막도와 좋지 않은 변연 적합성 또한 보고되었다⁽⁴³⁻⁴⁴⁾. 많은 레진시멘트 제조사들이 모든 합금(귀 금속 또는 비귀금속)에 표면처리로 sandblasting과 같은 간단한 표면처리 만으로도 치질과 성공적으로 결합할 수 있다고 주장하고 있다. 이와 같이 금속에 복잡한 표면처리를 하지 않고서도 금속과 성공적으로 결합할 수 있다면, 레진시멘트를 이용한 수복술식에서 기공과정을 단순화시키며 그에 따른 비용절감도 기대할 수 있다.

본 연구에서 thermocycling이 금속과 레진시멘트 간의 결합력에 미치는 영향을 알아보기 위하여, Ni-Cr-Be 계 합금인 Vera-Bond(Alba Dent Inc. U.S.A)를 이용해 제작한 시편의 표면을 5050 μ m Al₂O₃로 blasting한 후, 4-Meta계인 Super-Bond C & B와 인산 에스터계인 Panavia 21로 시편을 접착시켰다. 이 후 정해진 실험 조건 하에서 thermocycling을 시행한 후 만능시험기로 인장강도를 측정하고, 파절면의 형태를 광학현미경으로 관찰하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구에서 금속시편을 위한 합금으로 Vera-Bond를 이용하였고, 접착성 레진 시멘트로서 Super Bond C & B, Panavia 21을 사용 하였으며, 각 재료의 주성분을 Table 1.에 표시하였다.

2. 연구 방법

1) 금속시편의 제작

각 시험 조건에 따라 금속 mold 와 rubber mold 를 이용하여, 직경 6mm 두께 2mm 높이 15mm 및 직경 18mm 두께 3mm를 가진 납형을 제작한 후, 고온 인산염 매몰재인 Hi-Temp II(Whip-mix Corp., Louisville, Kentucky, U.S.A.) 로 제조자의 지시에 따라 매몰하여 통법에 따라 소환하고 Vera-Bond 로 주조하였다(Fig. 1).

2) 금속시편의 표면처리

금속피착면을 편평하게 유지하기 위해 device 를 이용하여 silicone carbide 연마지에 최종 600grit 까지 주수하에 상, 하 표면이 평행하도록 연마하고 세척하였다. 균일한 alumina lasting 면과 일정한 표면적을 얻기 위해 지경 6mm 의 masking tape를 붙인 후 50 μ m Al₂O₃로 10mm 거리에서 blasting(5bar, 15초)하

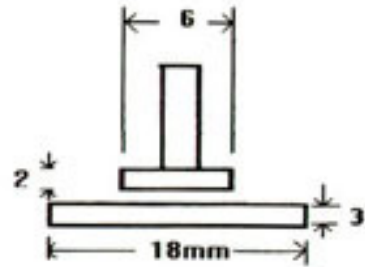


Fig. 1 Schematic representation of metal specimen.

Table 1. Materials used in this study

Materials	Major Element	Manufacturer
Vera-Bond	Ni-Cr-Be	Alba Dent Inc. U. S. A.
Super-Bond C & B	MMA + 4META	Sun Medical Co., Japan
Panavial 21	Phosphoric acid ester monomer MDP	Kuraray Co., Japan

* MMA : methyl ethacrylate. 4-META : Methacryloxywthyl trimellitate anhydride.
MDP : Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate.

고 증류수에 10분간 초음파 세척한 후 dried air로 건조시켰다.

3) 시편의 접착

(가) Super-Bond C & B

Monomer(4-META)와 catalyst(tri-N-butyl boran)를 4 : 1로 혼합한 후, activated liquid를 금속 표면에 얇게 붓을 이용하여 도포 하였다. 그 후 activated liquid를 poly based power(polymethyl-methacrylate)와 혼합하여 금속 표면에 붓으로 도포

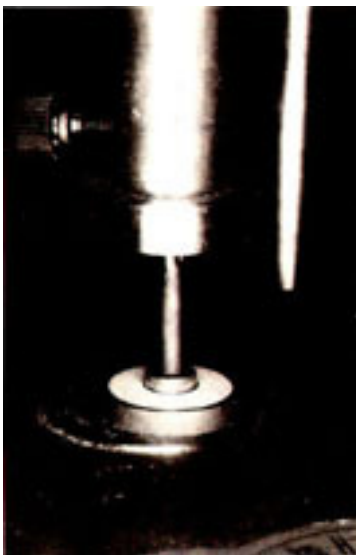


Fig. 2. Metal device for uniform bonding of specimens

하고, 1kg 의 하중을 가하여 접착시킨 후, 과잉의 레진은 붓을 이용하여 제거한 후 15분간 유지하였다(Fig.2).

(나) Panavia 21

동일한 양의 paste를 20초간 혼합한 후 1Kg의 하중을 가하여 접착하고, 과잉의 레진은 붓을 이용하여 제거한 후 변연부에 Oxy Guard II 를 도포한후 15분간 유지 시켰다(Fig.2).

4) Thermocycling 37°C 증류수에 72시간 보관한 시편을 대조군으로 하였으며, 실험군으로 37°C 증류수에 72시간 보관된 시편을 table 2. 에서와 같이 최저 5°C 와 최고 55°C 에서 계류시간 15초의 조건으로 ther-mocycling을 시행하였다.

5) 인장강도 시험

만능시험기(Instron, Model 4201, U.S.A.)에 jig를 이용하여 시편을 위치시킨 후 500Kg 의 load cell을 사용(cross head speed 1mm/min) 에서 접착 인장강도를 측정하였다(Fig. 3, 4).

6) 광학현미경 관찰

인장시험후 광학현미경(Stereo Star, American Optical, U.S.A)을 이용하여 금속-레진 간파절양상을 관찰하였다.(X 30)

Table 2. Experimental groups

Groups	Super-Bond C & B(n)	Panavia 21(n)
Storage at 37°C distilled water(72 hours)	10	10
Themacycling : 500 cycles	10	10
Themacycling : 1,000 cycles	10	10
Themacycling : 2,000 cycles	10	10

* n : number of specimens

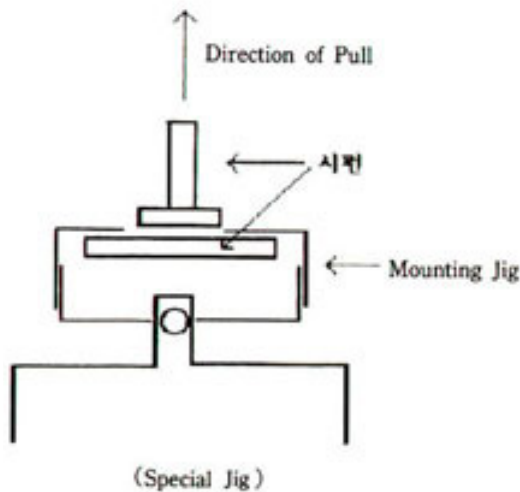


Fig. 3. Axial alignment of specimen to be tested for tensile strength

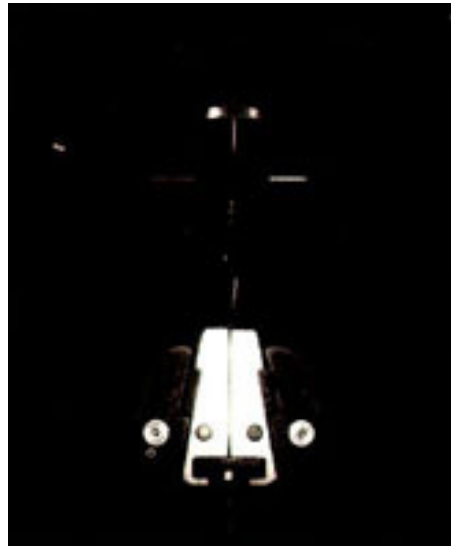


Fig. 4. Mounted specimen on Instron testing machine.

III. 연구성적

1. 인장강도

Super-Bond C & B 와 Panavia 21 의 thermocycling에 따른 인장결합강도 차이를 알아보기 위하여 ANOVA(Analysis of variance) test를 시행한 후 각 군간의 유의차를 비교하였으며, 각 군의 인장결합강도를 측정된 결과는 Table 3, Fig.5 와 같다.

Super-Bond C & B의 경우 증류수에 3일간 보관한 군이 33.84 MPa로 가장 높은 값을 나타내었으며 thermocycling 1,000회까지 감소하다가 2,000회에

서 증가하는 양상을 보였으나, 실시 횟수에 따른 통계학적 유의차는 없었다($P>0.05$).

panavia 21의 경우도 증류수에 3일간 보관한군이 28.43 MPa로 가장 높은 값을 나타내었으며, thermocycling 실시 횟수에 따른 통계학적 유의차는 없었다($P>0.05$).

Super-Bond C & B와 Panavia 21 간의 비교에서는 Super-Bond C & B가 Panavia 21보다 모든 군에서 통계학적 유의성 있는 높은 인장결합강도를 나타내었다($P<0.05$).

Table 3. Mean tensile bond strength(Mpa)of adhesive system : 72 hour storage in water and thermocycled groups

Cycles of thermocycling	Super-Bond C & B(SD)	Panavia21(SD)
Storage in 37°C distilled water(72 hours)	33.84(± 3.34)	28.43(± 4.06)
Themacycling : 500 cycles	33.29(± 6.94)	25.17(± 4.26)
Themacycling : 1,000 cycles	31.42(± 5.66 :)	26.40(± 2.99)
Themacycling : 2,000 cycles	32.43(± 4.53)	26.33(± 6.71)

SD : standard deviation

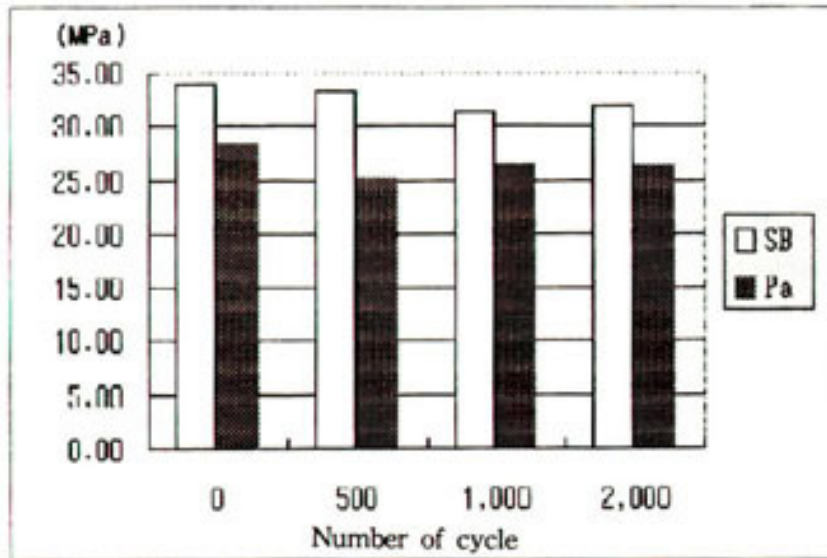


Fig. 5. Histogram of bonding strength of Super-Bond C & B and Panavia 21.(SB : Super-Bond C & B, Pa : Panavia 21)

2. 광학현미경 관찰

Thermocycling에 따른 파절 양상의 차이는 발견할 수 없었으면, Super-Bond C & B는 부분적인 동종파절과 부분적인 이종파절의 양상을 가진 혼합파절 양상을 나타내었으며, Panavia 21은 대부분이 동종파절 양상이고 일부에서 동종파절과 이종파절이 혼합된 양상을 나타냈다.

IV. 총괄 및 고안

Thermocycling이란 구강온도와 유사한 조건하에서 시편을 위치시킨 다음 구강 내에서 볼 수 있는 한계적 온, 냉의 상태를 모방하여 치아와 수복물 사이에 thermal stress를 가함으로서 구강내의 온도변화를 시편에 적용시켜 재료의 물성을 평가하는 시험실적 연구방법의 하나이다. Amin⁽⁴⁵⁾은 의치상 레진과 의치상 이장재에서 인공타액은 접착계면의 변연부에 viscous thinshell 을 형성하며, 따라서 thermocycling시 인

공타액보다 물이 2배정도 투과력이 강하고, 그만큼 결합력에 유해하다고 보고하였다. The-rmocycling시 순환조건에 대하여 Munksgaard⁽⁴⁾, Retief^(5, 6), Wendt⁽⁸⁾는 15초의 계류시간이 적절하다고 하였고, Darbyshire⁽⁴⁶⁾, Gordon⁽⁴⁷⁾, Retief⁽⁴⁸⁾는 30초, Ben-Amar⁽⁴⁹⁾, Fayyad와 Shor-tall⁽⁵⁰⁾, Fuks⁽⁵¹⁾, Hembree와 Taylor⁽⁵²⁾는 1분, Staninec⁽⁵³⁾은 3분 정도가 적절하다고 하였다. Nelsen⁽¹⁾은 그의 구강내 한계온도 연구에서 4°C의 물이 9°C를 보였으며, 60°C의 coffee가 구강내에서 52°C를 나타낸다 하였고, Peterson⁽²⁾은 구강내 온도범위가 15°C-45°C 라고 보고하였다. Michailesco⁽³⁾는 아말감 수복물하부의 온도가, 최저 18.9°C 최고 48.4°C로서 29.5°C의 온도차이가 있음을 보고하고, thermocycling 실험시 17°C-47°C의 범위가 적절함을 주장하였다. Thermocycling의 조건으로 시편의 노출시간은 15초에서 3분⁽⁴⁻⁸⁾까지, 온도변화의 구간은 최저-196°C⁽⁹⁾-15°C^(2, 10, 11), 최고 40°C⁽⁹⁾-100°C⁽¹²⁾까지 다양하게 시행되고 있고, 횡수는 수백에서 100,000^(13,14)까지 더욱더 다양한 방법으로 시행되고

있다. 그러나 실험실적 연구는 온도의 범위, 노출시간, cycle의 수 등을 고려하여야 하는데 Wendt⁽⁶⁾는 thermocycling시의 온도범위를 조사한 결과 최저 4°C-8°C, 최고 45°C-60°C의 온도범위에서 이루어진다고 보고하였다. 최근의 연구들은 대부분 계류시간 30초 이내, 온도범위는 최저 4°C-5°C, 최고 50°C-60°C, 에서 이루어지고 있는바, 본 연구에서도 최저 온도 5°C와 최고 온도 55°C와, Wendt⁽⁷⁾ 등의 주장대로 계류시간 15초, 배수후 계류시간15초의 조건으로 2,000회의 thermocycling을 시행한 후 인장결합강도를 측정하였다.

Thermocycling이 레진시멘트에 미치는 영향에 대해서 Sparrius⁽⁵⁴⁾는 thermocycling과정에서 열에 의한 수축과 팽창이 가속화되며 또한 레진의 물흡수로 인한 수화팽창이 일어나고 따라서 접착레진과 금속사이에는 압축과 인장응력이 반복적으로 일어나 계면에서 물의 확산이 가속화되어 결합력의 감소를 일으킨다 하였다.

본 연구에서 table 3과 fig.5 에서 보는 바와 같이 thermocycling이 결합력에 중요한 영향을 미치지 않았다. 이는 열응력이 반복적으로 작용하는 동안에 레진시멘트와 금속사이의 열팽창이 상대적으로 크지 않았고 오히려 고온과정에서 미중합 레진의 중합이 촉진되었으며, 또한 온도변화에 의한 물의 확산이 결합력에 영향을 주지 않았던 것으로 생각된다.

탈회된 법랑질간의 자체의 접착강도는 약 84-170kg/cm², 복합레진 자체의 결합강도는 약 340-600kg/cm², 레진과 부식된 금속간의 접착강도는 10Mpa-21Mpa^(18, 56, 57)로 보고되고 있으며, Thompson⁽¹⁸⁾은 전기화학적부식방법에 의한 금속과 레진 시멘트간의 결합력을 최대 39 Mpa 까지 보고하고 있다. 현재 레진과 식각된 합금표면간의 접착강도는 레진과 산부식된 법랑질간의 접착강도의 2-3배에 이르고 있으나⁽¹⁸⁾ 임상 연구에서 산 부식된 치질보다는 금속구조물과 접착레진간의 결합력이 취약한 것으로 보고되고 있다.^(19, 20) 이는 응력피로와 접착레진의 수화때문인 것으로 추측되며⁽⁵⁸⁾ 또한 합금의 종류, 금속면의 표면처리 상태, 법랑질면의 탈회 양상, 접착레진의 젖음성, 레진 시멘트혼합시 기포형성, 치아내의 습도

등 도 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다. 이와 같이 금속구조물과 접착레진간의 결합력을 증가시키기 위해 많은 물리 화학적 방법들이 소개되었다.

금속과 화학적 결합을 위주로 하는 시멘트로서는 4-META 계인 Super-Bond C&B 와 인산 ester 계인 Panavia 등이 소개되었으며 산부식가공의치, 금판 및 고정성가공의치의 접착을 위해 이용되어져 왔다. 이 접착레진은 우수한 강도와 상아질과의 결합, 미세 누출의 감소, 수복물의 유지력증가 등이 보고되었으며⁽³⁶⁻⁴²⁾ 큰 피막도와 좋지 않은 변연 적합성 또한 보고되었다.⁽⁴³⁻⁴⁴⁾ 최근 레진시멘트의 제조사들은 금속 표면의 sandblasting만으로도 성공적인 결합을 얻을 수 있다고 주장하고 있는데, 이와 같이 금속에 화학적 표면처리 하지 않고 서도 성공적으로 결합할 수 있다면 가공과정을 단순화시켜 시간을 줄이며, 더불어 비용도 절감될수 있다 하겠다. 또한 전기화학적부식법과 Sili-coating 법은 우수한 결합력⁽³²⁻³⁶⁾이 보고되고 있으나, thermocycling이 결합력에 미치는 영향을 평가하고 본 연구에서는 금속시편의 표면을 단순히 50^om Al₂O₃ blasting만 하였고, 임상적으로 많이 이용되는 접착레진인 Panavia 21 과 Super-Bond C & B를 이용하여 접착하였다.

Super-Bond C & B는 1978년에 Tanaka등에 의해 개발되었으며, 친수성기와 소수성기를 모두 가지는 4-META(4-methacryloxyethyl tri-mellitate anhydride) 접착촉진제로 인해 치아에서는 상아질의 collagen과 결합하고, 의치상레진 & 복합레진, 도재, 아말감, 대부분의 주조금속과도 결합되며 특히 비귀금속과 adhesion이 잘되는 접착성 레진으로서 뛰어난 결합력을 발휘하는 것으로 알려져 왔다⁽³⁰⁾. 4-META를 함유한 레진은 초기에는 적절한 결합강도를 유지하지만 장기간의 결합강도는 크게 감소되는 것으로 알려져 왔고⁽⁵⁹⁾, 이것의 실패 원인은 금속의 전처리 문제와 fluid의 가수분해에 대한 낮은 저항이 실패원인이라고 하였다⁽⁶⁰⁾. 또한 레진이 filler를 함유하지 않음으로서 상대적 열팽창계수가 크고 레진과 금속 계면간의 잔유응력이 발생하여 결합강도가 감소하고 피로강도가 떨어질 수 있으며⁽⁶¹⁾, 금속표면의 전처리 및 base(methyl-methacrylate와 4-META)와

catalyst(tri-N-butyl boran oxide)의 이용으로 이 단점은 보완될 수 있다고 보고되고 있다. Super-Bond C & B는 8분 정동 경화되고, 작업시간은 gel 상태의 점조도에서 사용시 결합력이 크게 감소됨을 볼수 있고, 이 점이 임상적용에 있어 단점으로 지적되고 있다.⁽⁶²⁾

Panavia는 금속에 대한 젖음성을 증가시키는 modified phosphate ester group을 함유한 Bis-GMA계 레진시멘트로서 Omura⁽³⁹⁾에 의해 소개되었다. 이 레진의 안정성과 적합성은 특허의 adhesive인 10-methacryloyloxydecyl dihydro-gen phosphate이고 무산소상태에서 4분내에 경화가 되며, air는 경화를 억제하기 때문에 ox-yguard (polyethylene glycol gel)를 접착면에 도포한다. Panavia는 또한 치질, silane 처리된 도재, 복합레진, 의치상레진, 아말감, aluminum oxide-abraded 된 비귀금속, 주석도금된 귀금속에 잘 접착되는 것으로 알려져 있다. 그리고 높은 filler 함량(65% 이상)으로 인해 기존의 접착시멘트(poly-carboxylate, zinc phosphate cement)보다 더 높은 압축강도와 낮은 용해도를 가진 것으로 알려져 있다.⁽⁶²⁾

Thermocycling후 레진접착제의 결합강도에 대하여 Thompson⁽⁶³⁾은 비귀금속에서 thermocycling후 인장강도 측정시 Panavia는 결합력의 감소를 보이지 않으나 Super-Bond C & B는 감소함을 보고했다. Ishijima⁽⁶⁴⁾는 Ni-Cr-Be 합금의 4점 굽힘시험에서 1500회thermocycling 에서 Panavia는 거의 감소를 보이지 않으며 Super-Bond C & B는 500회에서 감소를 보인 후 일정하게 유지됨을 나타내었으나 통계학적 유의성은 차이가 없음을 보고했다. Osama⁽⁶⁵⁾는 비귀금속에서 금속시편을 sandblasting만 하였을 때 Panavia가 Super-Bond C & B 보다 인장강도와 전단인장강도에서 높은 값을 나타내었는데 이는 각 시멘트의 상대적인 탄성계수의 차이에서 의해 형성된 것으로 설명하고, 시편을 1주일간 물에 보관한후 500회의 thermocycling을 시행한 결과 Panavia는 결합력의 감소를 보이지 않았으며, Super-Bond C & B는 결합력의 증가를 볼 수 있고, 6개월간 물에 저장시 또한 결합력의 감소를 보였으나 통계학적 유의성이 있는 감소

치는 보이지 않았다고 하였다. Terence⁽⁶⁶⁾ 등은 500회 thermocycling시 4-Meta 레진인 C & B Metabond 가 Panavia보다 결합력이 높았다고 보고 하였다. Wata-nabe⁽⁶⁷⁾ 인장시험에서 Super-Bond C & B 가 Panavia보다 높은 인장강도를 보였으며 30일도안 70℃의 증류수에 보관시 인장강도가 Super-Bond C & B에서는 거의 변화가 없었지만 Panavia에서는 감소하였고, 비귀금속에서 전기화학적부식한 것이 sandblasting만 한 것보다 결합강도가 증가하였으며 Super-Bond C & B가 Panavia보다 인장결합강도가 더 높았다고 보고 하였다.

본 실험에서 Super-Bond C & B가 Panavia 21 보다 높은 결합력을 보였는데 이는 Osama⁽⁶⁵⁾의 실험과는 상반되나, Terence⁽⁶⁶⁾, Watanabe⁽⁶⁷⁾의 실험 결과와 일치하였으며, 이는 4-META 레진은 인장강도 시험시 acrylic resin이 linear structure를 가짐으로서 변형에 대해 비례적으로 변형되어 접착계면을 따라 응력집중의 분산이 일어나나 phosphate methacrylate 레진은 cross-linking structure를 가짐으로 brittle & undeformable하기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 Panavia는 Stress 집중시 composite resin이 파괴되어 낮은 값을 가지므로, 임상적용시 금속 구조물에 rigidity를 부여하여야 할 것으로 생각된다.⁽⁶⁸⁾

Super-Bond C & B 와 Panavia 21은 Thermocycling시 결합력의 감소를 보이지 않았는데 이는 Ishijima⁽⁶⁴⁾의 실험과 일치하였으며, SuperBond C&B는 감소하나 Panavia는 감소하지 않는다는 Thompson⁽⁶³⁾의 실험결과와는 상반되다. 이는 초기 임상연구에서 4-META를 가진 레진은 적합한 결합력을 보였으나 금속과 레진간의 가수분해에 대한 낮은 저항성과 효과적인 금속표면의 전처리를 하지 않음으로 인해 많은 결합실패가 있었으며⁽⁶⁰⁾ 금속표면의 전처리와 더불어 base(methyl-methacrylate와 4-META)와 catalyst(tri-N-butylboran oxide)의 이용으로 이 단점을 보완할 수 있다고 생각된다. 본 실험에서 thermocycling 과정중 수치상 결합력의 증가를 보이는 군도 있는데 이는 이는 thermocycling 중 고온과정에서 접착레진의 중합반응이 가속됨으로서 나타난 현상이라 생각된다.

V. 결론

접착레진을 이용한 보철수복시 금속의 선택에 있어서 생체친화성, 물리적 성질, 취급용이성(주조, Finishing, Porcelain application) 등을 고려해야 한다. 일반적으로 nickel을 함유한 금속은 귀금속보다 높은 경도와 높은 탄성계수를 가짐으로 인해 주조나 finishing, polishing, burnishing 등이 용이하지 않으며, 도재와의 결합력이 낮고, beryllium 함유 비귀금속은 생체친화성이 의문시되고 있다. 그러나 비귀금속은 강도와 견고성을 가짐으로 얇게 제작할 수 있으며 단순히 air abrading 만으로 Panavia 와 Super-Bond C & B같은 레진계 시멘트와의 접착이 잘 이루어짐으로서 부가적인 기공시간과 비용 등을 줄일 수 있는 장점을 가진다.

인장강도 시험후 금속시편을 광학현미경으로 관찰한 결과 thermocycling에 따른 파절양상의 차이는 발견할 수 없었으며, Super-Bond C & B는 부분적인 동종파절과 부분적인 이종파절 양상을 가진 혼합파절 양상을 나타내었으며, Panavia 21은 대부분이 동종파절 이고 일부에서 동종파절과 이종파절이 혼재된 혼합파절 양상을 나타내었다.

본 연구는 실험실적 연구로서 Super-Bond C & B가 Panavia 21 보다 인장결합강도가 높게 나왔으나, 기타 물리-화학적 성질 또한 비교, 연구되어야 하며, 임상에서 금속과 시멘트 선택시 기계적-물리적 성질, 생체 친화성, 금속의 부식 등을 고려하여야 할 것으로 생각된다. Super-Bond C & B는 작업시간이 불충분하며 powder-liquid system으로서 분말과 액의 비율을 정확히 조절하기가 어렵고 기포의 함유 가능성이 높아 혼합시 세심한 주의가 필요하며, paste & paste system 인 Panavia 21은 이에 비해 작업시간도 길며 혼합시 여러 편리한 점이 있었다. 구강내 적용시 표면 침착물, 습기 타액오염 등이 없도록 주의를 기울여야 할 것으로 생각되며, 사용과 조작이 간편하고 모든 치과용금속과도 충분한 결합을 얻을 수 있는 레진 또한 thermocycling의 방법, 레진에 미치는 영향에 관한 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 thermocycling이 금속과 레진 시멘트간의 결합력에 미치는 영향을 알아보기 위하여, Ni-Cr-Be 계 합금인 Vera-Bond(AlbaDent inc. U.S.A)를 이용해 제작한 시편의 표면을 50 μ m Al₂O₃로 blasting한 후 4-Meta계인 Super-Bond C & B와 인산 에스테르계인 Panavia 21로 접착시킨 후, thermocycling조건을 5°C-55°C, 계류시간15초 배수 후 계류시간15초의 조건으로, 3일간 증류수에 보관된 시편 500, 1000, 2000회의 thermocycling을 시행한 시편을 실험군으로 하는 만능시험기로 인장강도를 측정하고, 파절면의 형태를 광학현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Super-Bond C & B가 Panavia 21은 thermocycling을 시행한 결과 각군에서 인장강도 유의한 차이를 보이지 않았다(P>0.05).
2. Super-Bond C & B가 Panavia 21의 접착제간의 인장강도를 비교한 결과 Super-Bond C & B가 모든 군에서 Panavia 21 보다 높은 결합강도를 보였다(P<0.05).
3. 인장강도 시험후 금속시편을 광학현미경으로 관찰한 결과 thermocycling에 따른 파절 양상의 차이는 발견할 수 없었으며, Super-Bond C & B는 부분적인 동종파절과 부분적인 이종파절 양상을 가진 혼합파절 양상을 나타내었으며, Panavia 21은 대부분이 동종파절이고 일부에서 동종파절과 이종파절이 혼재된 혼합파절 양상을 나타내었다.

Reference

1. Nelsen RJ, Wolcott RB, Paffenbarger GC. Fluid exchange at the margin of dental restorations. *J Am Dent Assoc* 1952 ; 44 : 288.
2. Peterson EA, Philips RW, Swartz ML. A comparison of physical properties of four restorative resins. *J Am Dent Assoc* 1966 ; 73 : 1324.
3. Michalesco PM, Grieve AR, Abadie MJM. An in vivo recording of variations in oral temperature during meals. *J Prosthet Dent* 1995 ; 713 : 214.
4. Munksaard EC, Itoch K, J rgensen KD. Dentin-polymer bond in resin fillings tes-ted in vitro by thermo-and load-cycling. *J Dent Res* 1985 ; 64 : 144.
5. Retief DH, : Dentin bonding agents : A deterrent to micro-leakage. In [Quality evaluation of dental restorations-criteria for placement and replacement], ed. Anu-savice, K., Quing. Pub. Co., Inc., 1989.
6. Retief DH, O'Brien JA, Smith LA, March-man JL, : In vitro investigation and eva-luation of dentin bonding agents. *Am J dent(Spec. iss)* 1988 ; 1 : 176.
7. Wendt S.L. : A laboratoruy and clinical evaluation of a heat-cured composite resi-ninlay. A Thesis, University of Alabama School of Dentistry, Birmingham, AL.,1988.
8. Wendt SL, McInnes PA, Dickinson G L : The effect of thermocycling in microleakage analysis. *Dent Mater* 1992 ; 8 : 181.
9. Ohno H, Araki Y, Endo K, A new method for promoting adhesion between precious metal alloys and dental adhesives. *J Dent Res* 1992 ; 71 : 1326-31.
10. Guzman HI, Swartz ML, Phillips RW. Ma-riginal leakage of dental restorations sub-jected to thermal stress. *J Prosthet Dent* 1969 ; 21 : 166-75.
11. Toth RW, Fiebiger GE, Mackert JR Jr, King Ge, Goldman BM. Load cycling of lingual rest seats preparte in bonded co-mposite. *J Prosthet Dent* 1986 ; 21 : 239-42.
12. Hansson O.Strength of bond with Comspan opaque to three silicoated alloys and titanium, *Scand J Dent Res* 1990 : 98 : 248-56.
13. Tanaka T, Hirano M, Kavaahara M, Matsu-mura H, Atsuta M. A new ion-coating sur-face treatment of alloys for dental adhe-sive resins. *J Dent Res* 1988 ; 67 : 1376-80.
14. Taira Y, Matsumura H, Yoshida K, Tanaka T, Atsuta M. Adhesive bonding of titanium with a methacrylate-phosphate primer and selfcuring adhesive resins. *J Oral Rehabil* 1995 ; 22(in press).
15. Davidson CL, Feilzer A. The competition between the composite-dentin bond stre-ngth and the polymerization contraction stress. *J Dent Res* 1984 ; 63 : 1396.
16. Tanaka T, Nagata K, Takeyama M, et al. 4 META opaque resin. A new resin stro-ngly adhesive to nikel-chromium alloy. *J Dent Res* 1981 ; 60(9) : 1697.
17. Hoar TP. Electro-chemical principal of the corrosion and protection of metals. *J Appl Chem* 1961 : 11 : 121
18. Livaditis GJ, Thompson VP. Etched casti-ngs : An improved retentive mechanism for resin-bonded retainers. *J Prosthet Dent* 1982 ; 47 : 52.
19. Synnott AS. Resin-bonded bridges : Un update. *Gen Dent* 1984 ; 32 : 211.
20. Zidan O. Etched base-metal alloys : Com-parison of relief patterns, bond stregths and facture modes. *Dent Mater* 1985 ; 1 : 209.
21. Wiltshire WA. Tensile bond strengths of various alloy surface treatments for resin bonded bridges. *Quintessence Dent Tech-nal* 1986 ; 10 :

- 227-232.
22. Doukoudakis A, Cohen B, Tsoutos AA. New chemical method for etching metal frameworks for acid-etched prosthesis. *J Prosthet Dent* 1987 ; 58 : 421.
 23. Livaditis GJ. Achemical etching system for creating micromechanical retention in re-sin-bonded retainer. *J Prosthet Dent* 1986 ; 56 : 181.
 24. Thompson VP, Del Castillo E, Livaditis GJ. Resin-bonded retainer. Part I : Resin-bonded to electrolytically etched nonprecious alloys. *J Prosthet Dent* 1983 ; 50 : 771.
 25. Stokes AN, Tidmarsh BG. Porous metal coating for resin-bonding system. *J Prosthet Dent* 1986 ; 18 : 675.
 26. Boggia R, Harris T. An alternative retention system for Rochette bridges. *Dent Pract* 1983 ; July : 10.
 27. Baylis M, Thomas AD. The use of salt crystals to achieve an identifiable retentive surface for resin bonded bridges. *Dent Technol* 1985 ; 38 : 16.
 28. Moon PC. Bond strength of the lost salt procedure : A new method for resin-bonded fixed prosthesis. *J Prosthet Dent* 1987 ; 57 : 435.
 29. Musil R, Tiller JH. The adhesion of dental resins to metal surfaces. *The Kulzer Sili-coater Technique*, Germany : Kulzer, 1984.
 30. Van der Veen JH, Kranjenbrink T, Brons-dijk AE, et al. Resin bonding of tin electro-plated precious metal fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 1986 ; 17 : 229.
 31. 설영훈, 정창모, 전영찬. Au-Ag-Cu-Pd 합금과 복합 레진간의 접착강도에 관한 연구. *대한치과보철학회지*. 1994 ; 32 : 378.
 32. 김운, 배태성, 송광엽, 박찬운. 합금의 표면처리에 따른 resin과 alloy 간의 전단강도. *전북치대 논문집* 1988 ; 6 : 49.
 33. 박상원, 양홍서. 식각된 비귀금속 합금과 법랑질간의 접착인장강도에 관한연구. *대한치과보철학회지* 1987 ; 24 : 85.
 34. 박찬운. 산부식가공의치의 금속피착면에 관한연구. *대한치과보철학회지* 1991 ; 29 : 17.
 35. 신현수, 한동후, 이근우. Silicoating이 수지 접합 수복물의 결합력에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. *대한치과보철학회지* 1989 ; 27 : 101.
 36. Johnston JF, Phillips RW, Swartz ML. A laboratory and clinical investigation of certain resin restorative and cementing materials. Part. A twenty-eight month clinical evaluation of a resin cement. *J Prosthet Dent* 1955 ; 51 : 756.
 37. Lee H, Swartz ML. Evaluation of a composite resin crown and bridge luting agent. *J Dent Res* 1972 ; 51 : 705.
 38. Mitra SB. Adhesion to dentin and physical properties of a light cured glass ionomer liner/base. *J Dent Res* 1991 ; 70 : 72.
 39. Omura A, Yamauchi J, Harada I, Wada T. Adhesive and mechanical properties of a new dental adhesive [abstract no.561]. *J Dent Res* 1984 ; 63 : 223.
 40. Swartz ML, Philips RW, Day R, Johnston JF. A laboratory and clinical investigation of certain resin restorative and cementing materials. Part 1. In vitro tests on adhesive characteristics. *J Prosthet Dent* 1955 ; 5 : 698.
 41. Tjan AJ, Li T. Retention and fit of crowns cemented with an adhesive resin [abstract no. 199]. *J Dent Res* 1990 ; 69 : 123.
 42. White SN, Sorensen JA, Kang SK, Caputo AA. Microleakage of new crown and fixed partial denture luting agents. *J Prosthet dent* 1992 ; 167 : 156.
 43. White SN, Kipnis V. The effect of new adhesive luting agents on marginal seating of cast restorations. *J Prosthet Dent* 1993 ; 69 : 28.
 44. White SN, YU Z. Film thicknesses of new adhesive luting agents. *J Prosthet Dent* 1992 ; 67

- : 782.
45. Amin WMM. A study of adhesion between soft lining materials and poly-methylmethacrylate(Ph.D.Tesis). London : Faculty of Medicine of the University of London, 1986.
 46. Darbyshire PA, Messer Lb, Douglas WH. Microleakage in class II composite restorations bonded to dentin using thermal and load cycling. *J Dent Res*, 1998; 67 : 583.
 47. Gordon M, Plasschaert AJM, Soelberg KB, Bogdn MS. Microleakage of four composite resins over a glass ionomer cement base in class V restorations. *Quint Int* 1985 ; 12 : 817.
 48. Retief DH, Rutland JR, Jamison HC. Microleakage of conventional and microfilled composite restorative resins. *J Biomed Mater Res* 1982 ; 16 : 901.
 49. Ben-Amar A, Liberman R, Nordenberg D, Renert H, Gordon M. The effect on marginal microleakage of using a combination of cavity varnishes and calcium hydroxide intermediary bases—an in vitro study. *Quint Int* 1985 ; 12. 821.
 50. Fayyad MA, Shortall ACC. Microleakage of dentin-bonded posterior composite restorations. *J Dent* 1987 ; 15 : 67.
 51. Fuks AB, Herschfield Z, Grajower R. Marginal leakage of cervical resin restorations with a bonding agent. *J Prosthet Dent* 1985 ; 54 : 654.
 52. Hembree JH, Taylor T. In vitro marginal leakage of composite resin restorations using a combination of conventional and microfilled resins. *Quint Int* 1985 ; 12 : 813.
 53. Staninec M, Mochizuki A, Tanizaki K, Fukuda K, Tsuchitani Y. Interfacial space, marginal leakage and enamel cracks around composite resins. *Oper Dent* 1986 ; 11 : 14.
 54. Sparrius o, Grossman ES. Marginal leakage of composite resin restorations in combination with dental and enamel bonding agents. *J Prosthet Dent* 1989 ; 61 : 678.
 55. Tanaka T, Kamada T, Matsmura H, AtsuTa M. A comparison of water temperatures for thermocycling of metal-bonded resin cements. *J Prosthet Dent* 1995 ; 74 : 345.
 56. Craig RG. Restorative dental materials. 7th ed. St Louis : CV Mosby Co, 1985 : 225.
 57. Philips, R.W. Skinner, science of dental materials, 8th ed. W.B. Saunders Company. 1982 : 216.
 58. Tanaka T, Fujiyama E, et al. Surface treatment of nonprecious alloys for adhesion-fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 1986 ; 55 : 456.
 59. Tanaka T, Mitsuru Atsuta, et al. Surface treatment of gold alloys for adhesion. *J Prosthet Dent* 1988 ; 60 : 271.
 60. Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Piotrowski TJ. Tensile fatigue limits of prosthodontic adhesive. *J Dent Res* 1991 ; 70 : 208.
 61. Terence A, Douglas BE, Raymond GK. A new method of attaching gold occlusal surfaces to acrylic resin denture teeth. *J Prostet Dent* 1993 ; 24 : 29.
 62. Thompson VP, Grolman KH, Liao R. Bonding of adhesive resins to various nonprecious alloy(abstract). *J Dent Res* 1985 ; 64 : 314.
 63. Ishijima T, AA Caputo, R Mito. Adhesion of resin to casting alloys. *J Prosthet Dent* 1992 ; 67 : 445.
 64. Osama Atta M, Bernard GN Smith, et al. Bond strength of three chemical adhesive cements adhered to a nickel-chromium alloy for direct bonded retainers. *J Prosthet Dent*. 1990 ; 63 : 137.
 65. Terence A. Imbery, John O Burgess, W. Patrick Naylor. Tensile strength of Three Resin cements following two alloy surface treatments. *Int J Prostho* 1992 ; 5 : 59.
 66. Watanabe F, Power JM, Lorey RE. In vitro bonding of prosthodontic adhesives to dental

alloys. J Dent Res 1998 ; 67(2) : 479.
67. Noguchi H, Nakamura K, Ozonoe Y, Etchu Y. On
adhesive and mechanical properties of dental

cement—Thermal influence. Jpn J Dent Mat 1985
; 4 : 543.

=Abstract=

THE EFFECT OF THERMOCYCLING ON BOND STRENGTH BETWEEN METAL AND RESIN CEMENT

Geon-Gu Kang, D.D.S., Kwan-Ho Chung, D.D.S., M.S.D., Jeong-Ho Choi, D.D.S., M.S.D., Seung-Geun Ahn, D.D.S., M.S.D., kwang-Yeob Song, D.D.S., Ph.D., Charn-Woon Park, D.D.S., Ph. D.,

Dept. of Prosthodontics, College of Dentistry, Chonbuk National University

The purpose of this study was to evaluate the effect of thermocycling on bond strength between metal and resin cement according to thermocycling, and to observe the bond failure modes with optical microscope(X30).

For this purpose, Super-Bond C & B and Panavia 21 resin cement were used. Metal specimens were made of Vera-Bond and the surface of specimens were sandblasted with 50 μ m aluminum oxide. All experimental groups were stored in 37 $^{\circ}$ C distilled water for 72 hours, followed by thermocycling between 5 $^{\circ}$ C and 55 $^{\circ}$ C with 15 second dwell time. 500, 1000, 2000 cycles of thermocycling were executed and the tensile bond strength was measured by Instron Universal Testing Machine(Model 4201)

The obtained results were as follows :

1. Super-Bond C & B and Panavia 21 did not show statistically significant difference according to thermocycling test($P>0.05$).
2. Super-Bond C & B specimens exhibited statistically significant higher tensile bond strength than Panavia 21 for all experimental groups($P<0.05$).
3. Super-Bond C & B exhibited mixed mode failure with partial adhesive and partial cohesive failure, and most of Panavia 21 exhibited cohesive failure and some mixed mode failure