

Thermocycling이 Cobalt-Chromium 합금과 의치상 레진의 결합강도에 미치는 영향

전남대학교 치과대학 치과보철학교실

이수연 · 방몽숙

I. 서 론

의치상 재료로 PMMA 레진이 가장 많이 사용되고 있지만 강도와 마모 저항이 낮으며 열에 팽창되거나 수분을 흡수하는 등의 문제점이 있다. 또한 PMMA는 금속과 화학적으로는 결합할 수 없으므로 그 계면에서 결합력이 감소하고 미세누출이 발생하게 된다. 금속과 레진간의 열팽창 계수 차이는 계면에서의 틈을 더 크게 만들고 미세누출을 증가시켜 의치상 레진을 변색, 변형시키며 하방 연조직에 좋지 않은 반응을 야기하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 금속과 레진의 결합강도를 증진시키기 위한 많은 연구들이 있었다¹⁻³⁾.

레진 의치상과 금속구조물간의 결합을 위해 주로 bead, nail heads, open ladders와 같은 기계적 유지구조를 이용하나, 기능적 응력을 받게 되면 레진 의치상과 금속구조물의 연결 부위에서 주로 실패가 일어나며, 이러한 기계적 유지 요소들은 약간의 거리가 충분할 때만이 이용할 수 있다는 단점을 가지고 있다^{4,5)}.

따라서 금속과 레진사이의 화학적 결합력을 증진시키기 위해 adhesive heat-cured opaque resin⁶⁾, silicoating⁷⁾, silane coupling agent, adhesive metal primer⁸⁾, 4-META 레진^{3,9,10,43)} 등과 같은 재료들이 개발되고 있다.

특히 가철성 국소의치 제작에 있어서 4-META 성분이 함유된 의치상 레진은 금속구조물과 레진 의치상과의 화학적 결합력을 증진시킬 수 있는 계기가

되었다.

Jacobson 등⁹⁾과 성 등¹⁰⁾은 Co-Cr 합금에 대한 PMMA 의치상 레진과 4-META 의치상 레진과의 결합강도를 비교한 결과 4-META 의치상 레진이 높은 결합력을 보인다고 하였다.

열변환(thermocycling)은 실제 구강내 조건과 유사하게 온도 범위, 계류 시간등을 재현함으로써 온도 변화 및 계류시간에 따른 결합계면의 미세누출, 결합강도의 변화등을 평가하는 방법으로 온도 범위에 관하여 Nelson 등¹¹⁻¹⁴⁾이 보고하였고, 계류시간에 대해서도 Retief 등¹⁵⁻²⁶⁾이 다양하게 보고하였으며, 그 횟수도 수백에서 십만회^{27,28)}까지 다양하게 보고하였다.

열변환에 따른 여러 연구에서 강 등²⁹⁾은 비귀금속 합금에 대한 집착성 레진의 결합강도를 연구한 결과 열변환이 이들의 강도에는 영향을 미치지 않는다고 하였으며, Yoshida 등³⁰⁾과 조와 하³¹⁾는 재료에 따라서, Yoshida 등³²⁾과 Hanson³³⁾은 금속의 처리방법에 따라 열변환의 효과가 다르게 나타난다고 보고하였다.

본 연구는 열변환 유무와 열변환시 계류시간에 따른 Co-Cr 합금과 PMMA 의치상 레진 및 4-META 의치상 레진과의 결합강도를 측정하고, 계면의 결합상태를 주사전자현미경으로 관찰하여 결합강도에 미치는 영향을 알아보고자 시행되었다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

본 실험에서 금속시편은 국소의치용 금속으로 쓰이는 Co-Cr 합금인 Regalloy® (Dentsply Co., U. S. A.)를 사용했고, 레진 시편은 PMMA 의치상 레진으로는 열중합 레진인 Vertex-RS® (Dentimex Co., Holland), 자가중합 레진인 Vertex-SC® (Dentimex Co., Holland), 4-META 의치상 레진으로는 열중합 레진인 Meta-Dent® (Sun Medical Co., Japan), 자가중합 레진인 Meta-Fast® (Sun Medical Co., Japan)를 사용하였다(Table 1).

2. 연구방법

(1) 시편제작

금속시편을 제작하기 위해 24-gauge sheet 왁스를 이용하여 40×15×0.5mm 크기의 납형을 만들고 매몰, 소환하여 Regalloy®로 주조한 후 50μm의 알루미늄을 30초 동안 압축공기로 분사하여 표면에 남아 있는 매물재를 제거하고 초음파 세척기에서 10분 동안 세척하였다.

금속시편에 의치상 레진이 접착되도록 하기 위해 base plate 왁스를 이용하여 10×10×2mm 크기로 납형을 만들어 금속시편의 한쪽 끝 5mm 되는 부분에 왁스를 녹여 고정시킨 후 플라스틱내에 치과용 석고 및 경석고를 이용하여 매몰하였다(Fig. 1).

경화 후에 플라스틱을 분리하고 끓는 물과 고압세척기를 사용하여 왁스를 제거하고 레진을 제조회사

의 지시대로 Vertex-RS는 2.18g : 1ml, Vertex-SC는 1.60g : 1ml, Meta-Dent는 2g : 1ml, Meta-Fast는 2g : 1ml의 비율로 혼합하여 병상 상태에서 유압식 가압기로 가압 전입한 후 열중합 레진인 Vertex-RS는 20분 동안, Meta-Dent는 30~40분 동안 온성조(Hanau curing unit, U.S.A.)에 넣어 가열 중합시켰으며, 자가중합 레진인 Vertex-SC와 Meta-Fast는 실온에서 경화된 후 분리하였다.

(2) 열변환에 따른 균의 분류

제작한 시편을 24시간 동안 증류수에 보관한 후 열변환을 시행하지 않은 균을 대조군, 계류시간을 15초로 하여 5℃, 55℃ 수조에서 1,000회의 열변환을 시행한 균을 실험 1군, 계류시간을 1분으로 하여 동일한 조건하에서 열변환을 시행한 균을 실험 2군으로 분류하였다(Table 2).

그리고 각 군에 대해서는 4 종류의 레진에 대해 10개씩으로 분류하여 각 군당 총 40개의 시편으로 구성하였다.

(3) 결합강도 측정

금속과 레진의 결합강도는 만능재료시험기(STM-5, United Calibration Co., England)에서 1Kg의 load cell을 이용해 1mm/min의 crosshead speed로 금속과 레진간의 전단결합강도를 측정하였다(Fig. 2).

(4) 주사전자현미경 관찰

각 군에서 금속과 4종의 의치상 레진의 접착면의 양상을 주사전자현미경(JSM-5400, JEOL,

Table 1. Denture base materials used in this study

Type (curing type)	Trade name	Manufacturer
PMMA/MMA (Heat-curing)	Vertex-RS	Dentimex Co. Holland
PMMA/MMA (Self-curing)	Vertex-SC	Dentimex Co. Holland
4-META (Heat-curing)	Meta-Dent	Sun Medical Co. U.S.A.
4-META (Self-curing)	Meta-Fast	Sun Medical Co. U.S.A.

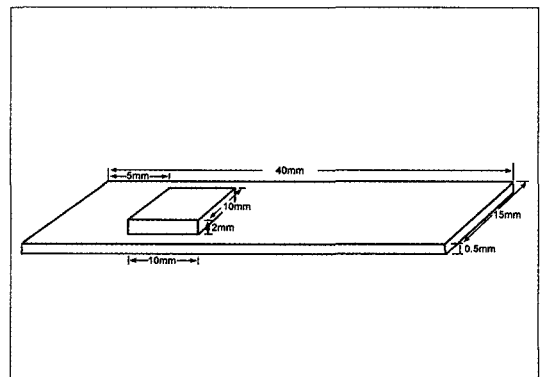


Fig. 1. Schematic drawing of specimen.

Table 2. Experimental Groups

Group	Thermocycling Condition
Control	No thermocycling
1	Thermocycling : 15 sec dwell time
2	Thermocycling : 1 min dwell time

Table 3. Mean shear bond strength(kg/cm²) between metal and resin. (Mean±SD)

Group	Vertex-RS	Vertex-SC	Meta-Dent	Meta-Fast
Control	9.29±1.73	25.48±2.03	83.17±2.22	90.29±2.15
1	8.56±1.57	14.13±1.75	50.28±2.46	57.68±2.26
2	5.72±2.13	12.38±2.01	46.52±1.92	52.49±1.96

Japan)으로 관찰하였다.

(5) 통계처리

SAS Program을 이용하여 통계처리를 시행하였다. 각 군간의 비교분석은 ANOVA(Analysis of Variance)와 Duncan 다중 비교 검증으로 처리하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 결합강도

Vertex-RS를 금속과 결합시킨 경우 대조군이 9.29±1.73kg/cm², 1군이 8.56±1.57kg/cm², 2군이 5.72±2.13kg/cm²을 나타내어 결합강도는 대조군, 1군, 2군의 순서로 나타났고 각 군간에는 유의한 차이가 있었다(P<0.001).

Vertex-SC를 금속과 결합시킨 경우 대조군이 25.48±2.03kg/cm², 1군이 14.13±1.75kg/cm², 2군이 12.38±2.01kg/cm²을 나타내어 결합강도는 대조군, 1군, 2군의 순서로 나타났고 실험 1군과 2군 사이에는 유의한 차이가 없었다.

Meta-Dent를 금속과 결합시킨 경우 대조군이 83.17±2.22kg/cm², 1군이 50.28±2.46kg/cm², 2군이 46.52±1.92kg/cm²을 나타내어 결합강도는 대조군, 1군, 2군의 순서로 나타났고 각 군간에는 유의한 차이가 있었다(P<0.001).

Meta-Fast를 금속과 결합시킨 경우 대조군이 90.29±2.15kg/cm², 1군이 57.68±2.26kg/cm²,

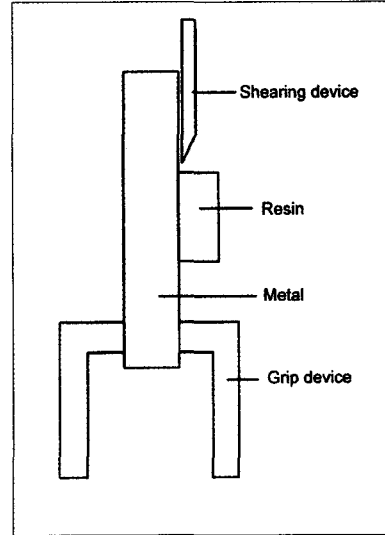


Fig. 2. Schematic drawing of shear bond strength testing specimen.

2군이 52.49±1.96kg/cm²을 나타내어 결합강도는 대조군, 1군, 2군의 순서로 나타났고 각 군간에는 유의한 차이가 있었다(P<0.001)(Table 3, 4, Fig. 3).

열변환 조건에 따른 금속과 의치상 레진의 결합강도를 비교한 결과 대조군, 실험군 모두에서 Meta-Fast, Meta-Dent, Vertex-SC, Vertex-RS의 순서로 나타났다(Table 3, Fig. 3). 4-META 의치상 레진인 Meta-Fast, Meta-Dent가 PMMA 의치상 레진인 Vertex-SC, Vertex-RS보다 결합강도가 높았다. 또한 PMMA 의치상 레진에서는 자가중합 레진인 Vertex-SC가 열중합 레진인 Vertex-RS보다 결합강도가 높았고, 4-META 의치상 레진에서도 자가중합 레진인 Meta-Fast가 열중합 레진인 Meta-Dent보다 결합강도가 높았다.

2. 주사전자현미경 소견

열변환을 시행하지 않은 대조군에서는 계면에서 미세한 틈이 관찰되지 않은 반면, 열변환을 시행한 실험군에서는 틈이 관찰되었고 특히 계류시간이 증가한 2군에서 크게 나타났다. 또한 4-META 의치상 레진보다 PMMA 의치상 레진의 경우 계면에서 틈이 더 크게 나타났다(Fig. 4~15).

Table 4. ANOVA for bond strength by dwell time.

	Vertex-RS		Vertex-SC		Meta-Den		Meta-Fast	
	Group Duncan Grouping		Group Duncan Grouping		Group Duncan Grouping		Group Duncan Grouping	
	Control	A	Control	A	Control	A	Control	A
	1	B	1	B	1	B	1	B
	2	C	2	B	2	C	2	C
ANOVA								
F Value	152.87		135.02		830.83		928.68	
Pr>F	0.0001		0.0001		0.0001		0.0001	

The same letter is not significantly different (P<0.001).

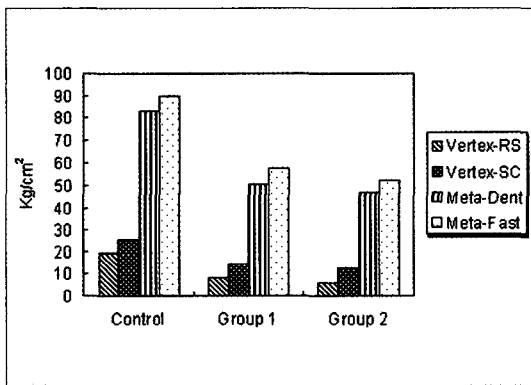


Fig. 3. Bar graph showing bond strength of experimental groups.

IV. 총괄 및 고찰

최근 들어 금속 접착 시스템의 발전으로 인하여 금속과 레진간의 접착 내구성이 크게 개선되었으므로 앞으로 장기간의 실험 기간이 필요하게 되며, 수중 침적보다 시편에 많은 충격을 가할 수 있는 열변환이 실험기간을 단축시키기 위해 유용하다고 보고되었다³⁴⁾.

Crim과 Mattingly³⁵⁾는 치아와 수복물 사이의 계면에서 미세누출을 평가하는데 37℃의 물에 장기간 침적한 후 측정하는 방법과 5℃, 60℃의 물에 4초씩 교대로 침적하는 열변환에 의한 방법을 비교한 결과 구강내의 조건과 유사하게 모방한 후자가 더 정확하다고 보고하였으므로 본 연구에서는 열변환을 시행한 후 결합강도의 변화를 측정하였다.

구강 내의 온도 범위에 관해 Nelson 등¹¹⁾은 4℃의 물이 실제 구강내에서는 9℃를, 60℃의 Coffee는 52℃를 나타낸다 하였고, Peterson 등¹²⁾은 구강외에서 0℃, 60℃인 커피가 구강내에서 15℃, 45℃로 측정되었다고 하였다. Palmer 등¹³⁾은 구강 내에서 냉, 온수를 입에 머금게 하여 치면에서 온도를 측정한 결과 0~67℃라고 하였으며, Michalesco 등¹⁴⁾은 치관부의 열변환시 17~47℃의 범위가 적당하다고 하였다. Noguchi 등³⁶⁾은 접착 내구성에 관한 실험에서 열변환에 적절한 온도는 4~60℃라고 보고하였다. 이처럼 구강내 온도는 최저 4~5℃, 최고 50~60℃의 범위이므로 본 연구에서도 열변환시 5~55℃의 범위를 선택하였다.

횫수 또한 수백에서 십만회^{27,28)}까지 다양하게 이루어지고 있다. Burger 등³⁷⁾은 열변환 횫수가 상아질과 복합 레진의 결합 강도에 크게 영향을 미치지 않는다고 하였고, Moody 등³⁸⁾은 복합 레진에 대한 윤활제의 결합강도에 관한 연구에서 최소한 1,000회 정도의 열변환을 시행했을 때 강도 차이가 있다고 하였다.

열변환시 계류시간에 대해서도 짧게는 2초에서 길게는 4시간까지 다양하게 시행되고 있다. Retief 등¹⁵⁾, Munksgaard 등¹⁶⁾, Mandras 등¹⁷⁾, Wendt 등¹⁸⁾은 15초, Darbyshire 등¹⁹⁾, Moore와 Vann²⁰⁾, Bullard 등²¹⁾은 30초, Welsh와 Hembree²²⁾, Fayyad와 Shortall²³⁾, Fuks 등²⁴⁾은 1분의 계류시간으로 열변환을 시행하였으며, 이처럼 대부분의 열변환에 대한 연구가 15초, 30초, 1분에서 이루어지고 있긴 하나, Momoi 등²⁵⁾은 2분, Staninec 등²⁶⁾은 3분의 계류시간

으로 열변환을 시행하기도 하였다.

열변환의 조건인 온도, 횟수, 계류시간은 이처럼 다양한 범위에서 이루어지고 있으며 때로는 이러한 조건의 차이로 인하여 열변환의 효과가 다르게 나타나는 경우도 있다. 이에 본 실험에서는 특히 계류시간에 있어서 차이를 둔 후 결합강도의 변화를 알아보고자 열변환을 시행하지 않은 군, 계류시간을 15초로 하여 열변환을 시행한 군, 계류시간을 1분으로 하여 열변환을 시행한 군으로 분류하였으며, 온도는 5~55℃, 횟수는 Moody의 주장대로 1,000회 시행한 후 만능시험기로 전단결합강도를 측정하였다.

본 연구에서 열변환에 의한 금속과 레진간의 결합강도를 측정한 결과 네 가지 레진 모두 열변환을 시행한 군에서 결합강도가 감소하여 금속 처리 방법과 사용하는 재료에 따라 열변환이 정도의 차이는 있지만 결합강도를 감소시킨다고 보고한 Yoshida 등³⁰⁾의 연구 결과와 일치하였다. 이는 금속과 레진을 접착시키면 레진 중합시 체적 변화가 발생하며 금속과의 열팽창 계수 차이로 인하여 음식물의 섭취에 따른 온도 변화시 압축, 인장 응력이 반복되어 계면에는 미세한 공간이 생기고 치태 침착, 변연누출, 분리가 일어나기 시작하며 저작압과 같은 기능적인 응력이 작용하므로 보철물의 결합강도가 감소하는 것으로 생각된다.

계류시간에 있어서는 15초에 비해 1분의 경우가 결합강도가 감소하여 Rossomando와 Wendt³⁹⁾, Harper 등⁴⁰⁾의 연구보고와 일치하였는데 이는 계류시간이 증가함에 따라 구강내에서 열 충격 시간이 증가되므로 수복재료의 절연 특성이 저하되어 미세 누출이 증가한다고 생각된다.

본 실험에서 금속과 레진의 접착 계면을 주사전자현미경으로 관찰한 결과 열변환을 시행하지 않은 군에서는 4 가지 레진 모두 미세한 틈이 거의 관찰되지 않았으나 열변환을 시행한 군에서는 계면에서 틈이 발견되어 Blum 등⁴¹⁾, Sparrius와 Grossman⁴⁶⁾의 보고와 일치하였다. 이는 접착시 결합이 안 되었거나 혹은 체적 변화에 의한 것으로 생각되며 열팽창 계수 차이, 경화 수축, 열변환시 열에 의한 수축과 팽창이 가속화시킨 것으로 생각된다.

그러나 열변환의 조건에 대해서 많은 반론들도 제기되고 있는데 Michalesco 등¹⁴⁾은 치관부 수복물 하방에서 온도차는 29.6℃, 치아의 협측에서는 27.1℃,

치근부에서는 11.8℃로서 열변환시 일반적으로 선택되는 온도 범위와는 큰 차이를 나타내므로 실제 임상과는 다르다고 하였다. Rossomando와 Wendt³⁹⁾은 콤포지트 수복물에 대한 미세누출 평가시 열전도율이 낮으므로 실제구강내 온도인 10~15초는 계류시간으로써 적절하지 않고 계류시간을 증가시켜야 한다고 하였다.

결합의 실패나 미세누출등을 줄이기 위한 방법으로 국소의치에서는 주로 기계적인 방법으로 레진의 의치상과 금속구조물을 결합시켜 왔으나 실제 이러한 기계적 유지 요소들로 인해 많은 문제가 부가적으로 야기된다. 또한 화학적으로 결합되어 있는 상태가 아니기 때문에 두 성분 사이의 열팽창 계수 차이로 인하여 미세한 공간이 생길 수 있으며 이는 구강 내 미생물 및 타액의 침투를 가능케하여 변색, 의치상 재료의 파괴, 치아 및 주위 연조직에 해를 끼치며 결합력도 감소한다¹⁻⁵⁾. 따라서 금속 구조물과 의치상 레진간의 화학적 결합의 중요성이 점차적으로 대두되었으며 4-META 의치상 레진의 개발로 인하여 금속과 레진사이의 화학적 결합이 가능해져 결합력의 실패를 줄일 수 있게 되었다^{3,9,10,43)}.

본 실험에서 4-META 레진이 PMMA 레진에 비해 높은 결합강도를 보였다. 4-META의 영향을 비교한 결과 열중합 레진의 경우 Meta-Dent가 Vertex-RS보다 결합강도가 높게 나타났으며, 자가중합 레진의 경우도 Meta-Fast가 Vertex-SC보다 높게 나타났다. 또한 주사전자현미경 관찰시에도 4-META 레진의 경우 계면에 틈이 적게 나타났으며, 열변환을 시행함에 따라 이러한 차이가 크게 나타나는 것으로 보아 중합 방법에 관계없이 4-META 성분은 금속과 레진간에 결합강도를 높임을 시사하고 있으며 다른 많은 이전의 보고들과 일치하였다^{3,6,9,10,42,43)}. 이는 금속 표면의 산화막이 4-META에 대해 친화성이 있기 때문에 실온에서 얇은 산화막을 형성하여 결합을 증진시킬 수 있다고 하였다.

자가중합 의치상 레진과 열중합 의치상 레진의 금속에 대한 결합강도를 비교한 결과 PMMA 의치상 레진, 4-META 의치상 레진 모두 자가중합 레진이 열중합 레진보다 높게 나타났다. Skinner와 Jones⁴⁴⁾, McCracken⁴⁵⁾의 연구에서 이미 보고된 바와 같이 이는 중합시 수축량이 적어 체적 안정성이 뛰어나며, 열중합 레진은 병상에서 금속과 접착시키기 때

문에 레진이 금속 표면을 충분히 적시지 못하는 반면, 자가중합 레진은 분말과 액체를 혼합한 상태에서 즉시 금속과 결합시키기 때문에 단량체가 금속 표면을 적시게 되어 레진이 금속의 요철로 침투하여 물리적 결합력이 증가하기 때문이라고 하였다.

이상으로 미루어 볼 때 thermocycling이 금속과 의치상 레진의 결합강도를 감소시키며 이때 계류시간에 따라 thermocycling의 영향력이 달라진다고 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 Co-Cr 합금과 의치상 레진의 결합강도에 thermocycling이 미치는 영향을 알아보기 위하여 Co-Cr 합금에, PMMA 의치상 레진으로는 열중합 레진인 Vertex-RS®, 자가중합 레진인 Vertex-SC®, 4-META 의치상 레진으로는 열중합 레진인 Meta-Dent®, 자가중합 레진인 Meta-Fast®를 결합시킨 후 thermocycling을 시행하지 않은 군을 대조군, 5-55℃에서 15초의 계류시간으로 1,000회 thermocycling을 시행한 군을 1군, 1분의 계류시간으로 thermocycling을 시행한 군을 2군으로 분류하여 시행하였다. 만능재료시험기로 전단결합강도를 측정하고, 접착 계면을 주사전자현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Thermocycling을 시행함에 따라 의치상 레진과 금속간의 결합강도가 감소하였으며, 계류시간이 증가할수록 결합강도가 감소하였다($P < 0.001$).
2. 모든 군에서 4-META 의치상 레진이 PMMA 의치상 레진보다 높은 결합강도를 나타냈다 ($P < 0.001$).
3. 접착 계면에서의 주사전자현미경 관찰 결과 thermocycling을 시행하지 않은 대조군에서는 미세한 틈이 거의 관찰되지 않은 반면, thermocycling을 시행한 실험군에서는 틈이 많이 관찰되었으며, 계류시간이 증가할수록 틈도 증가했다. 또한 4-META 의치상 레진보다는 PMMA 의치상 레진에서 더 많이 발견되었다.

이상의 결과는 thermocycling이 금속과 의치상 레진의 결합강도를 감소시키며 계류시간이 증가할수록 큰 감소를 보였는데, 이는 구강내 온도변화가 보철물의 결합강도에 영향을 미침을 시사하였다.

참 고 문 헌

1. Smith DC : Recent developments and prospects in dental polymers. *J Prosthet Dent* 1962;12:1066-1078.
2. Brauer GM : Dental applications of polymers : A review. *J Am Dent Assoc* 1966;72:1151-1158.
3. Jacobson TE : The significance of adhesive denture base resin. *Int J Prosthodont* 1989;2:169-172.
4. Dunny JA, King GE : Minor connector designs for anterior acrylic resin bases : A preliminary study. *J Prosthet Dent* 1975;34:496-501.
5. Brown DT, Desjardins RP, Chao EY : Fatigue failure in acrylic resin retaining minor connectors. *J Prosthet Dent* 1987;58:329-335.
6. Tanaka T, Nagata K, Takeyama M, Atsuta M, Nakahayashi N, Masuhara E : 4-META opaque resin - a new resin strongly adhesive to nickel-chromium alloy. *J dent Res* 1981;60:697-706.
7. Laufer B, Nicholls J, Townsend J : SiO₂-C coating : a composite-to-metal bonding mechanism. *J Prosthet Dent* 1988;60:610-617.
8. Barzilay I, Myers M, Cooper L, Graser G : Mechanical and chemical retention of laboratory cured composite to metal surfaces. *J Prosthet Dent* 1988;59:131-137.
9. Jacobson TE, Chang JC, Keri PP, Watanabe LG : Bond strength of 4-META acrylic resin denture base to cobalt-chromium alloy. *J Prosthet Dent* 1988;60:570-576.
10. Sung MK, Kim KN, Chang IC : A study on the bond strength of 4-META acrylic resin denture base to cobalt-chromium alloys. *J Korean Acad Prosthodont* 1990; 28(2):29-51.
11. Nelson RJ, Wolcott RB, Paffenbarger GC : Fluid exchange at the margin of dental restorations. *J Am Dent Assoc* 1952;44:288-

- 295.
12. Peterson EA, Philips RW, Swartz ML : A comparison of physical properties of four restorative resins. *J Am Dent Assoc* 1966;73:1324-1336.
 13. Palmer DS, Barco MT, Billy EJ : Temperature extremes produced orally by hot and cold liquids. *J Prosthet Dent* 1992;67:325-327.
 14. Michalesco PM, Grieve AR, Abadie MJM : An in vivo recording of variations in oral temperature during meals. *J Prosthet Dent* 1995;214-218.
 15. Retief DH, O'Brien JA, Smith LA, Merchman JL : In vitro investigation and evaluation of dentin bonding agents. *Am J Dent* 1988;1:176-183.
 16. Munksgaard EC, Itoh K, Jorgensen KD : Dentin polymer bond in resin fillings tested in vitro by thermo-and load -cycling. *J Dent Res* 1985;64:144-146.
 17. Mandras RS, Retief DH, Russell CM : The effects of thermal and occlusal stresses on the microleakage of the Scotchbond 2 dentinal bonding system. *Dent Mater* 1991;7:63-67.
 18. Wendt Jr. SL, McInnes PM, Dickinson GL : The effect of thermocycling in microleakage analysis. *Dent Mater* 1992;8:181-184.
 19. Darbyshire PA, Messer LB, Douglas WH : Microleakage in class III composite restorations bonded to dentin using thermal and load cycling. *J Dent Res* 1988;67:585-587.
 20. Moore DH, Vann WF : The effect of a cavo-surface bevel on microleakage in posterior composite restorations. *J Prosthet Dent* 1988;59:21-24.
 21. Bullard RH, Leinfelder KF, Russel CM : Effect of coefficient of thermal expansion on microleakage. *J Am Dent Assoc* 1988;116:871-874.
 22. Welsh EL, Hembree JH : Microleakage at the gingival wall with four class V anterior restorative materials. *J Prosthet Dent* 1985;54:370-372.
 23. Fayyad MA, Shortall ACC : Microleakage of dentin-bonded posterior composite restorations. *J Dent* 1987;15:67-72.
 24. Fuks AB, Herschfield Z, Grajower R : Marginal leakage of cervical resin restorations with a bonding agent. *J Prosthet Dent* 1985;54:654-657.
 25. Momoi Y, Iwase Y, Nakano Y, Kohno A, Asanuma A, Yanagisawa A : Gradual increases in marginal leakage of resin composite restorations with thermal stress. *J dent Res* 1990;69:1659-1663.
 26. Staninec M, Mochizuki A, Tanizaki K, Fukuda K, Tsuchitans Y : Interfacial space, marginal leakage, and enamel cracks around composite resins. *Oper Dent* 1986;11:14-24.
 27. Tanaka T, Hirano M, Kawahara M, Matsumura H, Atsuta M : A new ion-coating surface treatment of alloys for dental adhesive resins. *J Dent Res* 1988;67:1376-1380.
 28. Taira Y, Matsumura H, Yoshida K, Tanaka T, Atsuta M : Adhesive bonding of titanium with a methacrylate-phosphate primer and self-curing adhesive resins. *J Oral Rehabil* 1995;22:409-412.
 29. Kang GG, Chung KH, Choi SG, Song KY, Park CW : The effect of thermocycling on bond strength between metal and resin cement. *J Korean Acad Prosthodont* 1996;34(2):233-242.
 30. Yoshida K, Taira Y, Sawase T, Atsuta M : Effects of adhesive primers on bond strength of self-curing resin to cobalt-chromium alloy. *J Prosthet Dent* 1997;77:617-620.
 31. Cho HW, Ha JI : The effect of thermal cycling on the bond strength of self-curing resin. *J Korean Acad Prosthodont* 1997;35(4):697-704.
 32. Yoshida K, Taira Y, Matsumura H, Atsuta M : Effect of adhesive metal primers on bond-

- ing a prosthetic composite resin to metals. *J Prosthet Dent* 1993;69:357-362.
33. Hansson O : Strength of bond with comspan opaque to three silicoated alloys and titanium. *Scand J Dent Res* 1990;98:248-256.
 34. Tanaka T, Kamada T, Matsumura H, Atsuta M : A comparison of water temperatures for thermocycling of metal-bonded resin cements. *J Prosthet Dent* 1995;74:345-349.
 35. Crim GA, Mattingly SL : Evaluation of two methods for assembly marginal leakage. *J Prosthet Dent* 1981;45:160-163.
 36. Noguchi H, Nakamurak K, Akama Y, Kakuchi T : Endurance of adhesive strength of dental adhesives. *J Jpn Dent Mater* 1986;5:660-665.
 37. Burger KM, Cooley RL, Franklin Garcia-Godoy : Effect of thermocycling times on dentin bond strength. *J Esthet dent* 1992;4:197-198.
 38. Moody CR, Dewald JP, Ferracane JL : Comparative study of luting agents with composite resin cores. *J Prosthet Dent* 1989;62:527-529.
 39. Rossomando KJ, Wendt SI : Thermocycling and dwell times in microleakage evaluation for bonded restorations. *Dent mater* 1995;11:47-51.
 40. Harper RH, Schrell RJ, Swartz ML, Phillips RW : In vivo measurements of thermal diffusion through restorations of various materials. *J Prosthet Dent* 1980;43:180-185.
 41. Blum J, Weiner S, Berendsen P : Effects of thermocycling on the margins of transitional acrylic resin crowns. *J Prosthet Dent* 1991;65:642-646.
 42. Tanaka T, Fujiyama E, Shimizu H, Takaki A, Atsuta M : Surface treatment of nonprecious alloys for adhesion-fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 1986;55:456-465.
 43. Yasuda N, Sasaki M, Shinogaya T, Ai M : The interface between metal and resin on the finishing line of Co-Cr dentures, part 7 : A clinical evaluation of 4-META systems : A five year report. *J Prosthet* 1985;29:761-767.
 44. Skinner EW, Jones PM : Dimensional stability of self-curing denture base acrylic resin. *J Am dent Assoc* 1955;51:426-431.
 45. McCracken WL : An evaluation of activated methylmethacrylate denture base materials. *J Prosthet Dent* 1952;2:68-83.
 46. Sparrius O, Grossman E : Marginal leakage of composite resin restorations in combination with dentinal and enamel bonding agents. *J Prosthet Dent* 1989;61:678-84.

Reprint request to:

Mong-Sook Vang. D.D.S. Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chonnam National University

8, Hak 1-Dong, Dong-Gu, Kwang Ju, 501-757, Korea

msvang@chonnam.ac.kr.

Tel. 82-62-220-4430

사진부도 설명

- Fig. 4. Scanning electron microscopy of interface between Co-Cr alloy and Vertex-RS resin(control group). ×350.
- Fig. 5. Scanning electron microscopy of interface between Co-Cr alloy and Vertex-RS resin(group 1). ×350.
- Fig. 6. Scanning electron microscopy of interface between Co-Cr alloy and Vertex-RS resin(group 2). ×350.
- Fig. 7. Scanning electron microscopy of interface between Co-Cr alloy and Vertex-SC resin(control group). ×350.
- Fig. 8. Scanning electron microscopy of interface between Co-Cr alloy and Vertex-SC resin(group 1). ×350.
- Fig. 9. Scanning electron microscopy of interface between Co-Cr alloy and Vertex-SC resin(group 2). ×350.
- Fig. 10. Scanning electron microscopy of interface between Co-Cr alloy and Meta-Dent resin(control group). ×350.
- Fig. 11. Scanning electron microscopy of interface between Co-Cr alloy and Meta-Dent resin(group 1). ×350.
- Fig. 12. Scanning electron microscopy of interface between Co-Cr alloy and Meta-Dent resin(group 2). ×350.
- Fig. 13. Scanning electron microscopy of interface between Co-Cr alloy and Meta-Fast resin(control group). ×350.
- Fig. 14. Scanning electron microscopy of interface between Co-Cr alloy and Meta-Fast resin(group 1). ×350.
- Fig. 15. Scanning electron microscopy of interface between Co-Cr alloy and Meta-Fast resin(group 2). ×350.

사진부도 ①

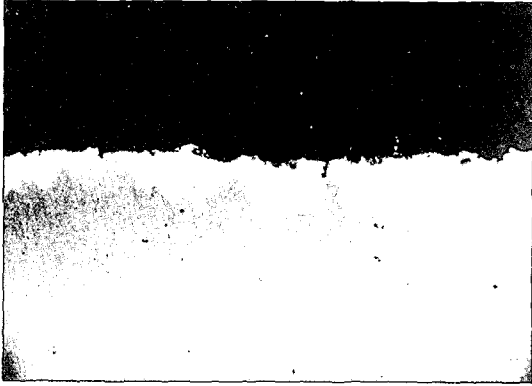


Fig. 4

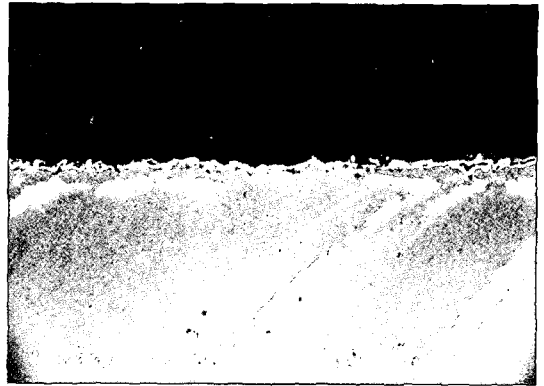


Fig. 5

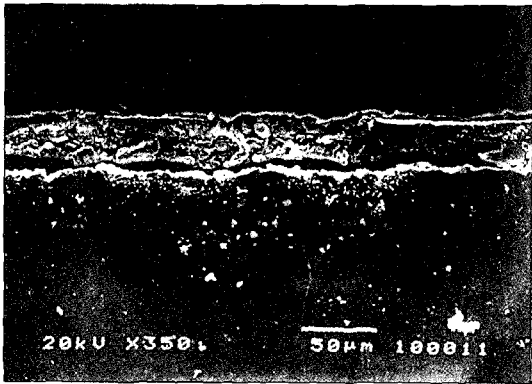


Fig. 6

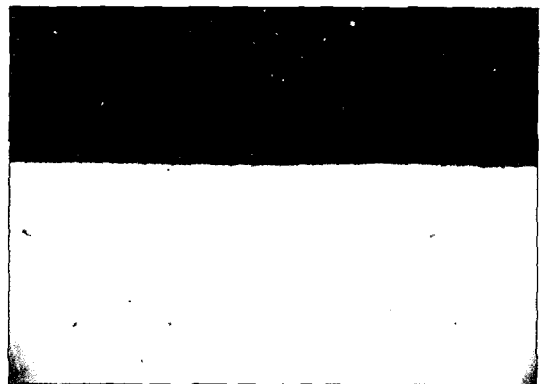


Fig. 7

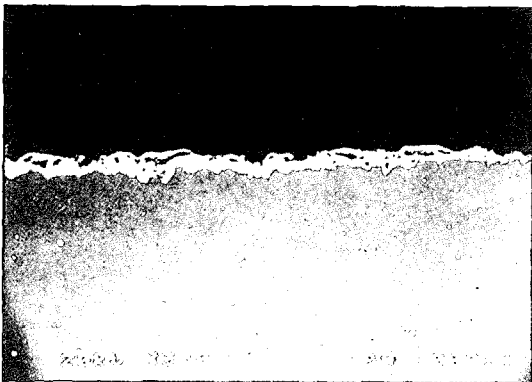


Fig. 8

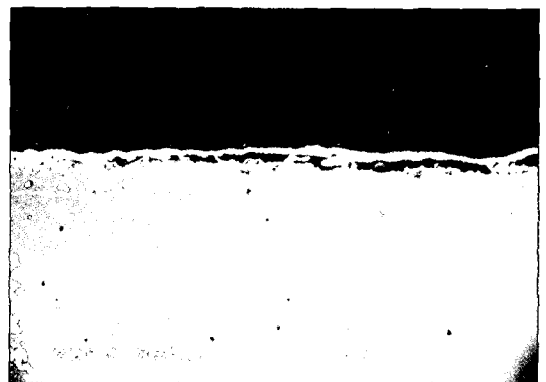


Fig. 9

사진부도 ②

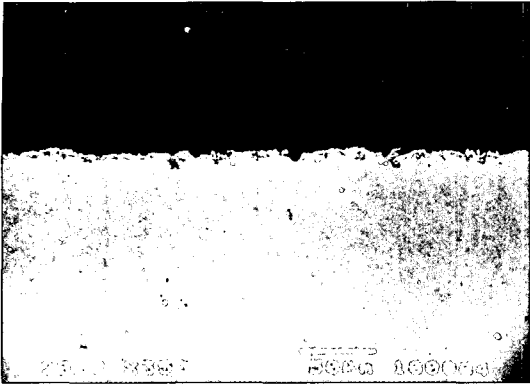


Fig. 10

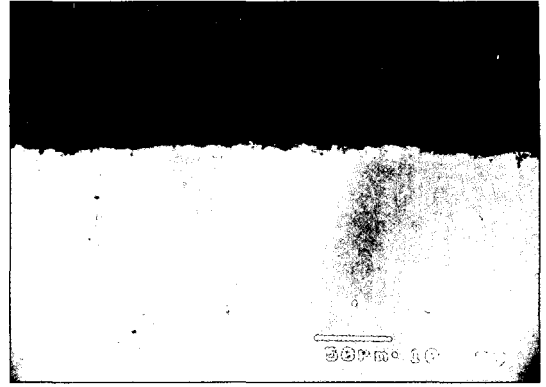


Fig. 11

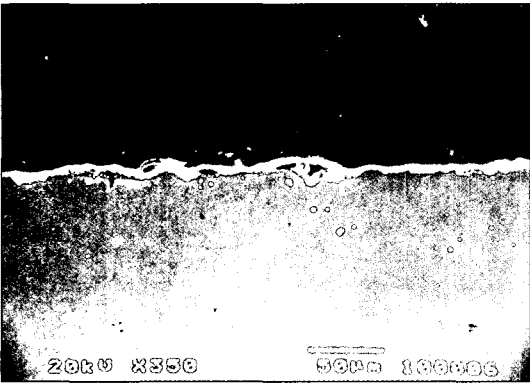


Fig. 12

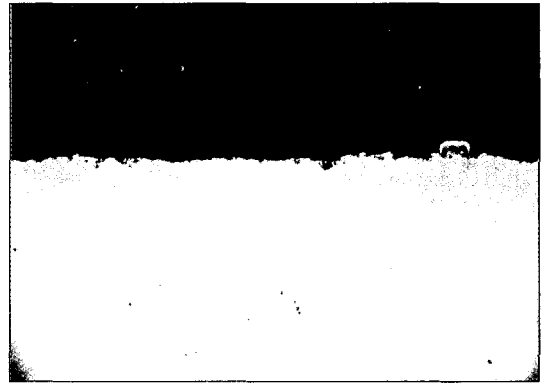


Fig. 13

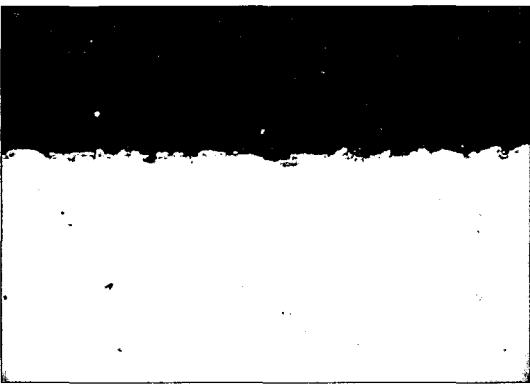


Fig. 14

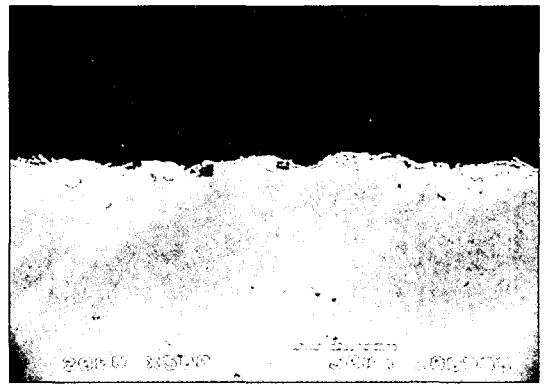


Fig. 15

ABSTRACT

THE EFFECTS OF THERMOCYCLING ON THE BOND STRENGTH BETWEEN COBALT-CHROMIUM ALLOY AND DENTURE BASE RESIN

Su-Yeon Lee, D.D.S., Mong-Sook Vang, D.D.S., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chonnam National University

The purpose of this study was to evaluate the effects of thermocycling on the shear bond strength of Co-Cr alloy to denture base resin. PMMA denture base resin such as heat-cured Vertex-RS[®], self-cured Vertex-SC[®] and 4-META denture base resin such as heat-cured Meta-Dent[®], self-cured Meta-Fast[®] was bonded to Co-Cr alloy.

Samples were divided into 3 groups : no thermocycling group as control, thermocycling between 5°C and 55°C with 15 second dwell time as group 1, thermocycling with 1 minute dwell time as group 2.

The shear bond strength was measured and the interface between metal and resin was observed by SEM.

The results were as follows.

1. The shear bond strength decreased significantly according to thermocycling and dwell time($P<0.001$).
2. The bond strength of Co-Cr alloy and 4-META denture base resin was significantly higher than that of Co-Cr alloy and PMMA denture base resin($P<0.001$).
3. In SEM, there was no gap in control group, but there was much and large gap in group 1, 2. The longer dwell times, the lower bond strength. PMMA denture base resin had more gap than 4-META denture base resin in the interface.

These results revealed that thermocycling decreased the bond strength between Co-Cr alloy and denture base resin and dwell time of thermocycling changed the effect of thermocycling. The results suggested that oral temperature change affect the bond strength of prosthesis.