

도재파절 양상에 따른 수종의 도재 수복용 레진의 결합력에 관한 실험적 연구

연세대학교 치과대학 보철학교실

최정원 · 한동후 · 정창모

1. 서론

치아의 수복에 있어서 우수한 심미성을 가지고 있으며, 구강연조직과의 친화성 및 마모저항이 높은 치과용 도재는 Charles Land에 의해 소개된 이래로 그 사용이 증가 되어 왔다^(33, 34, 56) 심미적인 수복을 위하여 도재의 사용이 늘어남에 따라 구강내 도재 파절을 임상에서 종종 대할 수 있게 되었다. 도재의 파절시에는 over-casting, pin-retained casting등이 비교적 실용성 있는 방법으로서 쓰여져 왔으며, 최근 도재와 레진간의 결합력에 관한 연구와 개발에 힘입어 복합레진을 사용하여 구강내에서 직접 수복하는 방법도 사용되고 있다^(5, 16, 64).

1960년대 초 접착력을 증진시켜주는 silane coupling agent로 $[X-(CH_2)Si-(OR)_3]$ 이 처리된 유리강화 입자를 갖는 수지가 처음 소개된 이래 Brown⁽¹⁰⁾은 Vinylsilane으로 처리된 복합레진을 임상에서 처음 사용하였다. 이후 복합레진의 개발에 사용되면서 점차 그 범위를 넓혀 확대 응용 되어져 오고 있다^(5, 6, 21, 27, 31, 46, 47, 49, 53, 55, 65).

Silane 용액을 coupling agent로 사용한 경우 Paffenbarger등⁽⁴⁹⁾은 아크릴릭 레진과 의치용 도재의 결합이 증진됨으로써 도재치아를 약하게 만드는 금속 pin design을 없앨 수 있다고 하였다.

Semmelman과 Kulp⁽⁵⁵⁾는 아크릴릭의치상 레진과 도재치아간의 결합실패시 도재상에서 파절이 일어났다고 하였다. Newburg 등⁽⁴⁶⁾, Highton등⁽²⁷⁾, Nowlin⁽⁴⁷⁾, Ferrando 등⁽²²⁾은 레진과 도재간의 결합력이 증진되며 변연누출이 감소하였다고 보고하였으며, Eames^(31, 32), Nowlin등⁽⁴⁷⁾은 도재소부전장 금관 등에서 도재가 파절된 경우에도 silane coupling agent를 처리한 후 복합레진으로 수복하여 일시적으로 사용할 수 있다고 하였다.

Jochen 과 Caputo^(31, 32)는 도재면을 연마 기구를 사용하여 거칠게 함으로써 파절면에 요철을 부여하여 기계적 결합력에 의한 수복물의 유지력증가를 보고하였고, Bertolotti등⁽⁸⁾은 도재면에 불산과 APF gel등의 부식처리를 통한 기계적 유지를 형성한 후 silane처리한 경우 결합력이 증가됨을 보고하였다. 이밖에도 수복물의 유지력을 증진시키기 위한 산부식을 통한 기계적 유지의 형성이 Calamia⁽¹¹⁾, Hom⁽²⁹⁾, Simonsen과 Calamia⁽⁵⁷⁾, 이⁽⁶⁸⁾등에의해 소개 되었다.

Bello등⁽⁷⁾은 도재 수복용 재료간의 인장강도 및 변연누출에 관한 연구를 통하여, 변연누출이 증가하면 인장강도가 감소한다고 보고하였으며, Diaz-Amold등⁽¹⁷⁾은 구강내 도재 수복용 레진의 결합력 연구에서 도재의 표면상태와 수복재료에따라 결합

력에 상당한 차이가 있음을 보고하였다.

Myerson등⁽⁴⁵⁾은 silane coupling agent로 처리된 의치용 도재치아에서 자가중합 의치상레진과의 결합력이 열중합 의치상 레진과의 결합력보다 큰 것을 보고하였는데, 이는 열에 의해 silane coupling agent가 영향을 받는데 기인한다고 하였으며, Semmelman과 Kulp⁽⁵⁵⁾의 주장과 일치한다. Pratt등⁽⁵²⁾은 수종의 도재수복용 레진의 결합력 비교에서 저장시간 및 온도변화에 따라 결합력이 감소함을 보고하였다.

Silane coupling agent가 소개된 이래로 레진과 도재간의 화학적 결합력에 대한 평가를 위하여 도재 표면의 처리방법에 따른 결합력 차이에 관한 실험 및 저장 시간에 따른 평가, thermocycling 을 통한 온도변화에 따르는 영향에 관한 연구등이 꾸준히 이루어져왔다.

금속이 동반된 도재소부전장금관의 파절시, 금속과 레진간의 결합력 개선을 위해서 Cooley⁽¹⁴⁾, Carpenter⁽¹²⁾, Jochen과 Caputo⁽³⁷⁾, Lacy⁽³⁸⁾, Shimizu 등⁽⁵⁶⁾은 diamond bur나 sandblast를 이용하여 기계적 유지형태를 부여하기를 권했으며, 최근에는 화학적 결합력을 얻기위해 Matsumura⁽⁴²⁾, Nakabayashi⁽⁴²⁾, Tanaka등⁽⁶⁰⁾은 4 - META 계통의 레진을, Lacy⁽³⁸⁾, 山下敦⁽⁶⁶⁾은 인산 ester계통의 레진 사용을, Matsumura등⁽⁴¹⁾은 금속과 화학적 결합을 증진 시키는 접착제를 개발하였고, 도재의 결합보다 오히려 우수하다고 보고하였다.

도재소부전장금관의 파절시 종종 금속 노출을 동반하게 되는데, 도재와 수복용 레진간의 결합력에 관한 많은 연구들에 비해 금속이 일부 혹은 전부 노출되었을시 금속과 레진과의 결합력에 관해서는 아

직 많은 연구가 필요한 상태이다. 이에 저자는 도재 소부전장금관의 파절형태에 따른 도재 수복용 레진의 결합력을 비교하기위해 도재면, 금속면 및 이의 혼합형태에 따라 도재 파절 형태를 다섯가지로 분류하여 시편을 제작한 후 도재 수복용 레진으로 수복하여, 24시간 증류수에 보관한 후, 24시간 thermocycling 처리하여 Universal testing machine으로 응력의 분포가 전 계면을 따라 균일하게 분산되어, 응력의 집중현상이 없으며, 파절하중을 전 표면적으로 나누어서 살펴보는 측전방법인 결합전단강도를 측정할 결과 다소의 지견을 얻었기에 이를 보고하는 바이다.

II. 실험 재료 및 방법

가. 실험재료

본실험에서는 금속시편을 위한 합금으로는 Ni-Cr-Be 계의 Rexillum III(Jeneric Industries U.S.A.)를 사용하였고, 도재용 분말로는 비귀금속과의 결합력이 좋은 Ceramco II(Ceramco, Inc. U.S.A.)의 62번 Paint-O-Pak과 body porcelain 분말을 사용하였으며,^(21, 61) 도재 수복용 복합레진은 국내에서 사용되고있는 ClearfilR Porcelain Repair System, ScotchprimeTM porcelain bonding system, All-BondTM universal dental adhesive system을 사용하였다(Table 1)

나. 실험 방법

1. 시편 제작 및 처리

(가) 시편 제작

Body층, Opaque층, 1/3 금속노출, 2/3 금속노

Table 1 Porcelain repair systems used

| Porcelain repair system | Bonding system | Resin | Manufacturer |
|-------------------------|----------------|-----------------------|----------------------------------|
| All-bond | BPDM | BIS FIL-M | Bisco Dental Product II., U.S.A. |
| Clearfil | MDP | Photo Clearfil Bright | Kuraray Co. J. Morita Cor. Japan |
| Scotchprime | BIS-GMA + HEMA | Silux Plus | 3 M, St. Paul. Minn, U.S.A. |

출 및 금속면이 모두 노출된 도재파절양상의 시편을 제작하기 위해 분홍색 hard base plate wax로 직경이 9.0mm 높이 3.0mm되는 원반형의 wax pattern을 150개 제작한 후, 이중 30개의 wax pattern은 중앙에 직경 3.0mm 깊이 1.5mm가 되도록 구멍을 뚫었고 또다른 30개에는 wax pattern의 중앙에 직경 6.0mm 깊이 1.5mm가 되도록 구멍을 뚫어 후에 도재가 흠안에 축성될 수 있는 공간을 형성하여 주었다. 나머지 90개의 wax pattern은 각각 30개씩 나누어서 후에 opaque porcelain과 body porcelain을 축성하였으며, 나머지 30개는 금속면이 모두 노출된 경우에 사용할 수 있도록 하였다 (Fig. 1)



Fig. 1 Schematic representation of metal specimen(mm)

제작된 wax pattern 들은 인산염 매몰재인 Hi-temp 2(Whip Mix Corp., Louisville, Kentucky, U.S.A.)로 진공매몰하여 주조하였다. 주조체를

carbide bur 로 연마한 후,^(12, 61) 50 μ m aluminium oxide(Biobond aluminium oxide ; Densply International Inc., U.S.A.)로 blasting 하고, 초음파 세척기에 세척하였다.

세척된 주조체를 산화 처리한 후 30개의 시편은 도재를 축성하지 않았고 나머지는 시편내의 흠 또는 표면에 opaque porcelain 가 body porcelain을 통법에 따라 축성한 후 소성하였다.

시편의 피착면을 편평하게 유지시키기위해 연마가(grit# 100)위에서 주수하게 연마하고 세척하였다. 이렇게 형성된 시편에서, body porcelain까지 축성한것을 body층에서의 파절로, opaque porcelain까지 축성한 것을 opaque층에서의 파절로 간주하였고, 직경이 6.0mm되는 흠안에 body층까지 축성한 시편은 금속의 노출이 1/3인 경우로, 직경이 3.0mm되는 흠안에 body 층까지 축성한 시편은 금속의 노출이 2/3되는 경우로, 그리고 degasing 처리만한 시편은 금속이 전부 노출된 경우로 가정하였다.

준비된 시편은 coarse diamond bur(101, shofu Inc)로 시편의 면을 거칠게 형성하였다. 이단계까지 완성된 시편에 높이가 1.0mm되도록 base plate wax로 dam을 형성한 후, 도재수복용 레진을 각각

제조회사의 지시대로 레진을 한번에 curing한 후, wax dam을 제거하였다⁽²⁴⁾

(나) 시편의 처리

시편을 도재 파절양상과 도재 수복용 레진별로 각각 구별하여 37°C증류수속의 항온수조에 24시간 보관한 후, 5°C와 55°C의 수조속에 80초 cycle로 (30초간 교대 침수), 24시간동안 therocycling 처리 하였다(부도 1.)

2. 전단 결합강도의 측정

전단결합강도를 측정하기위해 시편을 고정시킬 수 있고, 도재의 파절면과 수복된 도재 수복용 레진의 계면에 평행되게 힘을 가할 수 있는 봉을 가진 jig 를 제작하여, Universal testing machine (Instron 6022, U.S.A.)에서 cross head speed 1 mm/min으로 결합강도를 측정하였다(부도 2, 3)

III. 실험성적

각 Group의 수복용 레진과의 결합강도의 평균값과 Duncan씨의 다중 분석법에 의한 각 Group간 및 도재수복용 레진내에서이 각 Group의 성적은 Table 2-10, Fig. 3과 같다.

파절부위에 따른 결합력의 차이를 비교하여 보면, 사용된 모든 수복용 레진의 결합력은 파절이 도재부위에서 일어난 경우에서 우수하였고, 금속면의 노출이 증가될수록 결합력이 감소되는 경향을 보였다.(Table 2, Fig. 3)

각기 사용된 수복용 레진에따라 파절된 부위별로 결합력을 비교시, All-Bond로 수복한 경우에는

도재부위의 파절 및 금속면이 1/3 노출되었을 때의 결합력간에는 유의차이가 없었으나, 금속면의 노출이 2/3이상으로 증가된 경우보다는 우수하였다 (P<0.05).(Table 3)

Table 3. Mean shear bond strength of repaired porcelain with All - bond (MPa)

| Group | Mean | Duncan groupin |
|-------|-------|----------------|
| 3 | 3.069 | A |
| 2 | 2.536 | A |
| 1 | 2.358 | A |
| 4 | 1.631 | B |
| 5 | 1.225 | B |

Clearfil로 수복한 경우에는 도재부위에서 파절이 일어났을때의 결합력이 가장 우수하였고, 금속면의 노출이 증가될수록 감소하였으며, 금속면이 모두 노출되었을때는 결합력이 가장 낮았다(Table 4).

Table 4 Mean shear bond strength of repaired porcelain with Clearfil (MPa)

| Group | Mean | Duncan groupi |
|-------|-------|---------------|
| 2 | 2.946 | A |
| 1 | 2.924 | A |
| 3 | 2.620 | A B |
| 4 | 2.340 | A B |
| 5 | 1.368 | B |

Scotchprime으로 수복한 경우에는 Body층에서 파절이 발생되었을때 결합력이 가장 높았으며, 금속면의 노출이 증가 할수록 감소되었고(P<0.05), 금속면이 모두 노출된 경우에는, 결합력을 측정하기전에 전 시편에서 수복용 레진이 떨어져서 결합

Table 2. Mean shear band strength of porcelain repair systems (MPa)

| Resin \ Group | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| All bond | 2.358 | 2.536 | 3.069 | 1.631 | 1.225 |
| Clearfil | 2.924 | 2.946 | 2.620 | 2.340 | 1.368 |
| Scotchprime | 3.712 | 2.054 | 2.050 | 1.995 | 0.000 |
| Mean | 2.998 | 2.512 | 2.580 | 1.989 | 0.864 |
| Duncan grouping | A | A | A | B | C |

(Groups with the same letter do not significantly different, alpha=.05)

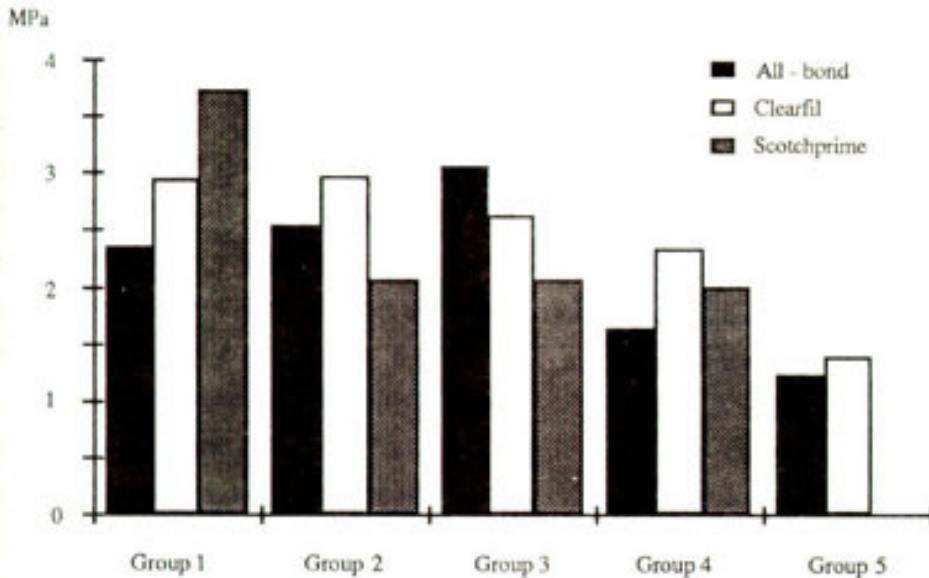


Fig. 3 Mean shear bond strength of repaired porcelain with Scotchprime (MPa)

Table 5. Mean shear bond strength of repaired porcelain with Scotchprime (MPa)

| Group | Mean | Duncan group |
|-------|-------|--------------|
| 1 | 3.712 | A |
| 3 | 2.054 | B |
| 2 | 2.050 | B |
| 4 | 1.995 | B |
| 5 | 0.000 | C |

강도를 측정할 수가 없었다(Table 5).

파절 부위에 따라 사용된 각 수복용 레진을 비교하여 보면, Body층에서 파절이 생겼을 때는 각 수복 재료간에 유의차가 없었으며(Table 6), opaque층에서 파절된 경우와 금속면이 1/3 노출된 경우에는 Clearfil 및 All-bond의 결합 강도가 Scotchprime 에 비해 다소 높게 나타났다(Table 7,

8). 금속면의 노출이 2/3 이상되는 경우에는 Clearfil에서의 결합력이 비교적 높게 나타났다 (Table 9, 10).

Table 6. Mean shear bond strength in Group 1 (MPa)

| Resin | Mean | Duncan grouping |
|-------------|-------|-----------------|
| Scotchprime | 3.712 | A |
| Clearfil | 2.924 | A |
| All - bond | 2.358 | A |

Table 7. Mean shear bond strength in Group 2 (MPa)

| Resin | Mean | Duncan grouping |
|-------------|-------|-----------------|
| Clearfil | 2.946 | A |
| All bond | 2.536 | A B |
| Scotchprime | 2.050 | B |

Table 8. Mean shear bond strength in Group 3 (MPa)

| Resin | Mean | Duncan grouping |
|-------------|-------|-----------------|
| All bond | 3.069 | A |
| Clearfil | 2.620 | A B |
| Scotchprime | 2.054 | B |

Table 9. Mean shear bond strength in Group 4 (MPa)

| Resin | Mean | Duncan grouping |
|-------------|-------|-----------------|
| Clearfil | 2.340 | A |
| Scotchprime | 1.995 | A B |
| All - bond | 1.631 | B |

Table 10. Mean shear bond strength in Group 5 (MPa)

| Resin | Mean | Duncan grouping |
|-------------|-------|-----------------|
| Clearfil | 1.368 | A |
| All - bond | 1.225 | A |
| Scotchprime | 0.000 | B |

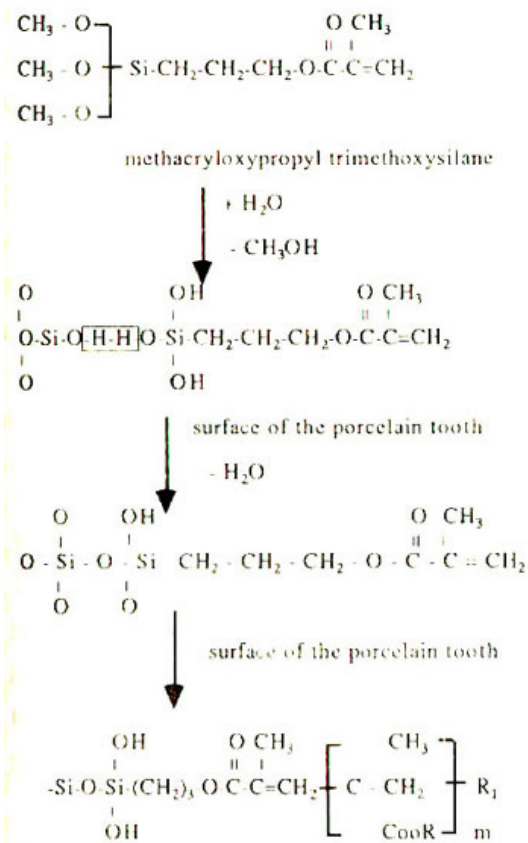
전단 결합강도 실험 후 분리된 면을 관찰하였을 때, 파절부위가 Body 층 및 opaque 층일 때에는 도재와 수복용 레진과의 결합실패가 도재층에서 일어났고, 금속이 모두 노출되었을 때는 레진과 금속의 계면에서 일어났으며, 도재 및 금속면 일부를 포함하는 파절양상인 경우에는 결합실패가 도재층 및 금속계면에서 혼합형태로 나타났다(부도 4.)

IV. 총괄 및 고찰

치과도재는 도재 소부전장금관, 도재 재킷관, porcelain laminate veneer, 의치용 도재 치아 및 porcelain inlay등에 사용되고 있으며, 점차 다양한 범위에서 응용되어지고 있다^(4, 5, 10, 16, 21, 31, 46, 47, 49, 51, 55) 도재는 원자들의 공유결합과 이온결합으로 안정성이 높고 강한 결합을 이루고 있으며, 단단하고 높은 탄성율을 가지고 열과 화학적 변성에 대해 저항성을 나타내는 특성을 가지나 파절되기 쉬운 단점이 있다^(36, 41, 43) 또한 도재의 사용시 금속관의 지지가 부적절한 경우, design이 잘못된 경우, 도재 금속간의 접착력이 결여된 경우, 열팽창계수의 부조화시, 부정교합 및 stress가 과도하게 집중되는 경우 및 기공과정상의 실수등 여러 요인에의해 도재의 파절이 야기되고 있다^(2, 3, 12, 52, 63, 67).

결합 촉진제로 알려진 silane coupling agent 는 고체면(도재)에 흡착되어 표면을 변화시켜줌으로써 화학적, 물리적 과정을 통한 상호결합의 촉진작용을 하며, 고체면에 흡착되지 않은 분자부위는 수복 물질이 보다 쉽게 젖어드는 특성을 가지고 있다⁽²⁷⁾. 현재 r - aminopropyl triethoxysilane,

vinyltriethoxysilane, r - methacryloxy - propyl trimethoxysilane 등의 organosilane coupling agents 가 도재 수복용 레진에 사용되고 있으며, 이들의 도재와이 화학반응을 살펴보면 Fig. 4와 같다^(15, 17, 27, 49).



Ceramic surface silane coupling agent BiG - GMA

Fig. 4 The chemical somposition of methacryloxypropyl-trimethoxysilane and its reaction to the porcelain

이와같은 반응으로 도재와 결합을 이루는 silane coupling agent를 파절된 도재에 적절히 사용함으로 인해 임상적으로 보다 바람직한 화학적 결합이 가능하게 되었다^(4, 53).

본 연구에서 사용한 도재 수복용 레진인 All - bond, Clearfil, Scotchprime은 모두 silane coupling agent를 primer로 가지고 있는데, All - bond의 경우는 도재와 금속에대한 primer가 각각 있으며, 사용시에는 금속 primer를 먼저 도포하여 주도록 되어있다. 도재와 레진간에 화학적 결합을 제공하는 도재에 대한 primer는 r - methacryloxypropyl trimethoxy silane dioxide를 주성분으로하여 도재에만 효과가 있다. 금속과 수복용 레진간의 화학적 결합시 중요한 금속 primer는 BPD(M Bisphenyl Dimeth - acrylate)으로 두개의 phenyl기가 single bond로 연결됨으로인해 보다 강한 결합을 이룰수 있다.(Fig. 5)

금속의 검은색을 막아 주는 opaque resin은 dual cure system 으로 base(BIS - GMA+ HEMA(Hydroxyethylmethacrylate)+P-Tolyiminodi-ethanol + Camphoroquinins + Filler)와 catalyst(BIS - GMA + TEGMA + Bz2O2 + Filler)로 구성되며, base자체만으로도 light curing하여 사용할 수 있으나 catalyst와 혼합하여 사용함으로써 보다 강한 결합을 얻을 수 있다. Clearfil porcelain repair system은 접착제로서 porcelain bond와 new bond(catalyst, universal)를 동량씩 섞어서 사용하도록 되어 있는데, 이들은 모두 MDP(10-Methacryloyloxydecyl Dihydrogen Phospoate)를 가지며, 도재 및 금속과 화학적 결합을 이룬다.(Fig. 6)

Scotchprime은 r - methacryloyloxydecyl tri - methoxy silane을 도재와 금속의결합제 primer로 사용하며, 접착제로는 BIS-GMA+HEMA가 쓰

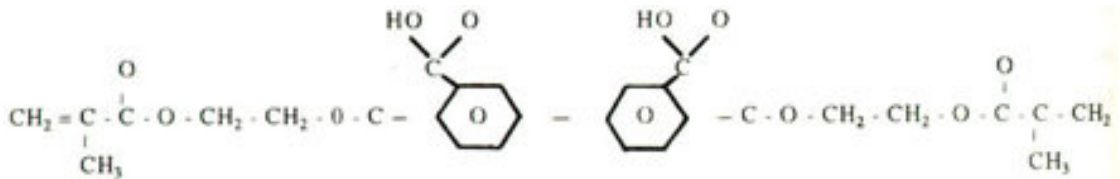


Fig. 5. The chemical composition of BPDM(Bisphenyldimethacrylate)

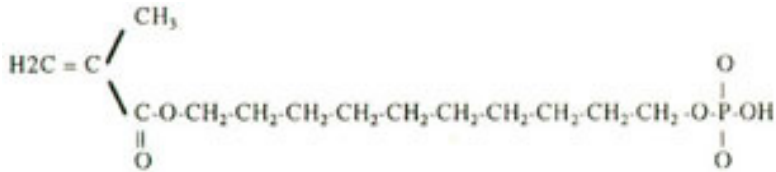


Fig. 6. The chemical composition of MDP(10 -MethacryloyloxydecylDihydrogen Phosphate)

이며, HEMA는 상아질과의 화학적 결합을 촉진 시켜주는 상아질 접착체로서 노출된 상아세관내로 친수성인 HEMA가 침투되어 유지력의 증가에 기여하는 것으로 생각된다.

도재소부전장금관의 파절시 수복용 레진으로의 회복의 성패는 도재 및 금속과 레진간의 기계적, 화학적 결합에따라 좌우된다.

도재충일경우 불화수소산 또는 APF gel로 부식시켜 미세한 요철구조를 얻을 수 있어 기계적 결합을 기대할 수 있고, silane에 의해 화학적 결합을 얻을 수 있다(1, 8)

Matsumura 등⁽⁴¹⁾에 의하면 4%의 trimethoxysilylpropyl methacrylate in methylmethoxylate 와 0.5%의 ferric chloride in ehtanol의 두가지 system 으로된 silane - ferric - chloride primer와 4META/MMA-TBB 자가중합 opaque resin을 광중합 복합레진과함께 도재수복에 사용하는 새로운 수복재료의 경우, silane coupler인 MMA내의 3 - trimethoxysilylpropyl methacrylate가 silane dioxide와 여러

methacrylate를 중합이중결합 및 변성이 가능한 trimethoxysilyl군으로 결합되도록 하여주며, MMA는 TBB개시제가 primer처리된 도재표면에 쉽게 부착되도록 하여주며, 약간의 수분이 존재하는 상태에서 adhesive 4 META monomer는 MMA보다 산도가 낮고 수분에 대해 더 저항성을 갖는 방향족구조의 4 MET로 바뀌게되며, 이때 ferric chloride는 산도를 높여주어 도재와 레진의 계면에서 일어나는 TBB에의한 중합이 보조촉진제의 역할을하여 도재와 레진간의 결합력을 증진시켜 주는 역할을 한다고 했다.

Bertolotti 등(8)과 Anthony등⁽¹⁾은 도재면을 불화수소산이나 APF gel로 부식처리하게 되면 인산으로 법랑질 표면을 부식시킨것과 같거나 더 큰 효과가 있으며, 여기에 silane처리를 할 경우 결합력이 증진된다고 보고하였으며, 이외에도 도재파절시 불화수소산 및 silane coupling agent의 사용을 통해 충분한 결합력을 얻었다는 보고가 있다^(5, 11, 16, 22, 28, 46, 57, 60) Stangel등⁽⁵⁸⁾은 silane처리가 레진과 도재의 결합력에서 가장 중요하다고 하였다.

도재표면을 불화수소산으로 처리한 후 silane coupling agent를 사용하여 Calamia와 Simonsen 은 2078psi의 인장강도를 이⁽⁶⁸⁾는 3747psi의 인장강도를 얻어 임상적으로 사용이 가능하다고 보고하였으며, Highton, Caputo, Matyas⁽²⁷⁾는 Porcelain bar를 복합레진으로 수복한 경우 원래 결합력의 25-28%를, 아크릴릭 레진으로 수복한 경우에는 39-48%를 얻을 수 있다고 하였고, Newberg와 Pamejjer⁽⁴⁶⁾, Nowlin⁽⁴⁷⁾은 원래 결합력의 18% 정도를 얻을 수 있으며, 이러한 수치들로부터 도재수복용 레진은 임시적인 사용시에만 적절하다고 하였다. 본 실험에서 도재층에서 파절이 일어난 경우 도재 수복용 레진과의 결합력이 금속면이 모두 노출되었을 경우에 비해 높게 나타났으며, 각 도재 수복용 레진 간에는 결합력에 따른 유의차이가 없었다($p < 0.05$). 도재층에서 파절이 일어났을 때 제조회사의 지시에 따라 도재 표면을 처리하고 수복용 레진으로 수복한 경우, 도재와 수복용 레진과의 결합력이 각 재료간에 큰 차이가 없는 것으로 나타났으나, 이들 결합력이 다른 연구 결과에 비해 다소 떨어지는 것은 시편의 도재두께가 다소 두꺼웠기 때문이라고 사료되며, 산부식 처리시 도재 표면이 다소 약해지지 않았나 생각되며 이에 대한 연구가 좀 더 필요하리라 사료된다.

도재소부전장금관의 금속관으로 Ni-Cr계의 합금이 귀금속을 대체하여 사용되어지고 있는데, Ni-Cr의 금속에서는 산화막층이 과다하게 생성된 경우 도재와 금속의 계면에서 파절이 많이 일어나게 되며, 이를 수복할 때는 기계적인 유지력을 위해 노출된 금속면에 undercut을 형성하거나 표면을 거칠게 처리하는등의 방법을 사용하였으나 금속과

레진간의 낮은 결합력으로인한 파절과 접착이 느슨해지는 문제 및 금속과 레진의 계면을 통한 구강용액의 유입 및 변색등의 문제가 나타나게 되었다^(33, 39) 이에 금속과 레진간에서도 강한 결합력을 얻기 위한 연구가 이루어져왔다.

Matsumura^(41, 42)은 금속과도 화학적결합을 이룰 수 있는 새로운 수복 재료에대해 보고하였고, Tanaka⁽⁶¹⁾은 Ni-Cr계의 금속이 노출된 경우 자가중합 opaque resin인 4-META를 사용하여 금속의 산화막과 4-META가 강한 결합을 이룬다고 보고하였으며, 이때의 결합력은 기계적인 유지력만을 통하여 얻은 것보다 강하며, 기계적 유지력없이도 좋은 결합력을 얻을 수 있다고 하였다. 그러나 기계적 유지력이 함께 부여된 경우에는 레진과 금속간의 결합이 오래 유지될 수 있다고 하였다. Matsumura⁽⁴²⁾은 4-META monomer가 금속에 대한 결합력을 증진시키는 aromatic acie anhydride 기능군으로서 Co, -Cr. 및 Ni, -Cr. 금속과 레진간의 결합력으로 좋게하여 준다고 하였다. 또한 山下敦⁽⁶⁶⁾은 인산 ester계통의 BIS-GMA(Panavia, J. Morita)가 금속과 화학적 결합을 이룬다고 하였고, Lacy⁽³⁹⁾는 임상적 응용에대해 기술한 바있고, Cooly 등⁽¹⁴⁾는 금속과 4-META 함유 레진과 인산 ester계 레진의 결합강도를 비교하여 모두 도재와의 결합력⁽¹⁷⁾에비해 금속과의 결합력이 낮았다고 보고한 바 있다. 본 실험에서는 모든 금속 시편을 diamond bur로 동일 하게 표면 처리 하였으며, 화학적 결합의 역할을 관찰하기위해 금속과도 화학적 결합을 하는 10 - Methacryloyloxydecyl Di-hydrogen Phosphate를 가진 Clearfil과 Bis-phenyldimethacrylate를

금속 처리제로 사용하는 All-bond 및 금속 처리제가 따로 없는 Scotchprime을 사용한 바 금속과 화학적 결합이 가능한 Clearfil과 All-bond가 Scotchprime에 비해 우수한 결합강도를 나타냈다. 그러나 금속면에서의 결합력은 도재면에서 보다는 낮았다. 이는 금속표면에서의 미세요철구조 형성에 의한 기계적 결합력과 화학적 결합이 아직은 도재에서와 같이 용이하지 않은 것으로 사료된다.

본 실험에서 도재 수복용 레진으로 silane coupling agent 처리가된 도재면과 접촉시켰을 때 파절이 도재면에서 일어났는데 이는 도재와 레진의 결합이 도재보다 강하다고 보고한 Newberg 와 Pameijer⁽⁴⁸⁾의 보고 및 Pratt, Burgess, Schwartz, Smith⁽⁵²⁾의 실험결과와 일치하며, 금속면이 모두 노출된 경우에는 레진과 금속계면에서 분리가 되었는데 이는 Tanaka⁽⁶¹⁾의 보고와 같으며, 도재면보다는 금속면에서의 기계적 화학적 결합력이 아직 많은 문제를 내포하고 있는 것으로 사료된다.

시안화 아크릴레이트, 아크릴릭 레진 및 복합레진등이 도재소부전장금관의 파절시에 제한된 범위에서 사용되어져 왔으며, silane coupling agents의 출현으로 파절된 도재와 복합레진간의 화학적 결합에 의한 결합력 증진이 보고되고 있으며, 금속면의 노출경우에 대해서도 금속과 화학적 결합에 의한 결합력 증진이 보고되고 있으며, 금속면의 노출경우에 대해서도 금속과 화학적 결합을 이룰 수 있는 접착제에 대한 연구가 진행되고 있다. 보다 내구성 있는 구강내 수복이 되기 위한 효과적인 기계적 유지형태의 부여방법과 아울러 금속의 어두운 색을 효과적으로 감추어줄 수 있는 재료의 개발 및

구강조직과 보다 친화성을 갖는 재료에 관한 발전과 연구가 진행되고 있으나, 아직 금속에 있어서는 도재와의 결합력 대비해 결합력이 현저히 떨어지므로 이 분야에 대한 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

도재소부전장금관의 구강내 파절은 재제작 필요로 하나 수복물의 일부만 파절된 경우에는 이의 재제작보다는 구강내에서 수복용 레진을 이용하여 수리하여 주는 것이 보다 실용적이고 바람직하다고 볼 수 있다.

저자는 세 종류의 도재 수복용 레진을 사용하여 도재의 파절정도에 따라 body 층, opaque층에서 파절된 경우, 금속이 1/3노출된 경우와 2/3 노출된 경우 및 금속면이 모두 노출된 경우의 다섯가지로 분류하여 레진으로 수복한 후, 전시편을 37℃ 증류수에 24시간 보관후, 24시간 thermocycling을 하고 즉시 Universal testing machine(Instron 6022, U.S.A.)으로 결합 전단강도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다

1. 도재와 수복용 레진간의 결합력이 비교적 높았고, 금속면이 증가할수록 결합력이 감소되었다.
2. Body 층에서 파절된 경우 수복용 레진과의 결합력이 비교적 좋았으며, 각 수복용 레진에 따른 결합력간에는 유의차가 없었다.
3. Opaque층에서 파절된 경우와 금속이 일부노출된 경우 All-bond와 Clearfil 로 수복했을 시에 비교적 좋은 결합력을 나타내었으며,

Scotchprime으로 수복한 경우에서 낮은 결합력을 보였다.

4. 금속면이 모두 노출된 경우 수복용 레진과의 결합력이 가장 낮았으며, Scotchprime 의 경우 결합력이 가장 낮았다.
5. 도재면에서 파절이 일어난 경우에는 수복용 레진과 도재층에서의 cohesive failure를 보였고, 금속이 일부 노출된 경우에는 cohesive / adhesive failure를 모두 나타냈고, 금속이 모두 노출된 경우에는 레진과 금속의 계면에서 adhesive failure를 보였다.

Reference

1. Anthony H.L., Harold Nemetz : A comparison of the shear bond strength between two composite resins and two etched ceramic materials, *Int. J. Prosthodontics*, 1 : 73, 1988.
2. Anuavice K.J., Ringle R.D. and Fairhurst C.W. : Identification of fracture zones in porcelain - veneered - to - metal bond test specimens by ESCA analysis. *J. Prosthet. Dent.*, 42 : 417, 1979.
3. Anusavice K.J., et. al. : A Thermal shock test for porcelain-Metal systems, *J. Dent. Res*, 60 : 1686, 1981.
4. Bahram Ghassemi - Tray : Direct bonding to porcelain-An in vitro study., *Am. J. Orthod.* 76 : 80, 1979.
5. Barreto M.T. and Bottaro B.F. : A practical approach to porcelain repair. *J. Prosthet. Dent.*, 48 : 349, 1982.
6. Basmouny M. et. al : Assessment of bonding characteristics of Orthodontic adhesive resin, *IADR Abstr.*, 553 : 232, 1984.
7. Bello Antonio J. et. al. : Bond strength and microleakage of porcelain repair materials, *J. Prosthet. Dent.*, 54 : 788, 1988.
8. Bertolotti Raymond L. et. al. : Adhesive monomers for porcelain repair, *The Int. J. of Prosthodontics*, 2 : 483, 1989.
9. Bertolotti Raymond L., Charles Pafanetti : Adhesion monomers utilized for fixed Partial Denture(porcelain/metal) repair, *Quintessence Int.*, 21 : 579-582, 1990.
10. Bowen R.L. : Properties of a silica - reinforced polymer for deatal restorations, *JADA*, 66 : 57, 1963.
11. Calamia J.R. and Simonsen R.J. : Effect of coupling agents on bond strength of etched porcelain, *J. Dent. Res.*, 63 : 179, 1984.
12. Carpenter Michael A. and Goodkind Richard J. : Effect of varying surface texture on bond strength of one semiprecious and one nonprecious ceramo-alloy. *J. Prosthet. Dent.*, 42 : 86, 1979.
13. Carter Malcolm J., Al-Mudafar Jafar and Sorensen : Adherence of a nickel-chromium alloy and porcelain, *J. Prosthet. Dent.*, 41 : 167, 1979.
14. Cooley Robert L. et. al. : Bond strength of resin to Amalgam as affected by surface finish, *Quintessence International*, 20 : 237-240, 1989.
15. Craig Robert G. : Chemistry, composition, and properties of composite resins, *DCNA*, 25 : 219, 1981.
16. Dent Robert J. : Repair of porcelain-fused-to-metal restorations, *J. Prosthet. Dent.*, 61 : 305, 1989.

17. Daiz-Arnold A.M., Schoneider R.L. and Aquilino S.A. : Bond strengths of intraoral porcelain repair materials, *J. Prosthet. Dent.*, 61 : 305, 1989.
18. Diaz-Arnold A.M., Williams V.D. and Aquilino S.A. : Tensile strength of three luting agents for adhesion fixed partial dentures, *Int. J. Prosthet. Dent.*, 61 : 305, 1989.
19. Eames Wilmer B. et. al. : Bonding agents for repair in porcelain and gold - An evaluation, *Operative Dentistry*, 2 : 118, 1977.
20. Eames Wilmer B., Rogers Larry B. : Porcelain repairs - Retention after one year, *Operative Dentistry*, 75 : 1979.
21. Fairhurst C.W. et. al. : Porcelain - Metal thermal compatibility, *J. Dent. Res.*, 60 : 815, 1981.
22. Ferrando Jean-Marc P., et. al : Tensile strength and microleakage of porcelain repair materials, *J. Prosthet. Dent.*, 50 : 44, 1983.
23. Fujii Kazuhiro and Kochi Arai : A study on disintegration of posterior composite resins caused by long-term water immersion, *J. of the Japanese society for Dental Materials and Devices*, 9 : 561-576, 1990.
24. Gordon A.A. et. al. : Variables affecting the shear strength of various posterior composites, *Prosthodontics, Dental Material, Abstr.*, 190 : 190-
25. Gregory W.A., Hagen C.A. and Powers J.M. : Composite Resin Repair of porcelain using different bonding materials, *Oper. Dent.*, 13 : 114, 1988.
26. Harrison Alan and Draughn Robert A. : Abrasive wear, tensile strength, and hardness of dental composite resins- Is there a relationship ?, *J. Prosthet. Dent.*, 36 : 395, 1976.
27. Highton R.M., Caputo A.A. and Matyas J. : Effectiveness of porcelain repair systems, *J. Prosthet. Dent.*, 42 : 1979.
28. Hirabayashi Shigeru et. al. : The surface degradation of various light-cured composite resins by thermal cycling, *J. of the Japanese society for Dental Materials and Devices*, 9 : 53-64, 1990.
29. Horn H.R. : Porcelain laminate veneers bonded to etched enamel, *DCNA*, 27 : 671, 1983.
30. Hornberger L., Fan G., Devries K.L. : Thermal processing to improve the mechanical properties of dental resins, *Dental. Materials*, 749 : 208-
31. Jochen David G. : Repair of fractured porcelain denture teeth, *J. Prosthet. Dent.*, 29 : 228, 1973.
32. Jochen D.G., Caputo A.A. : Composite resin repair of porcelain denture teeth., *J. Prosthet. Dent.*, 38 : 673, 1977.
33. Johnston JohnF. : *Modern Practice in crown & bridge prosthodontics*, 3rd, Saunders
34. Johnston JohnF. : *Modern Practice in crown & bridge prosthodontics*, 4th, Saunders
35. Joynt R.B., Williams D. : Effect of etching time on surface morphology and adhesion of a posterior resin to glass-ionomer cement, *J. Prosthet. Dent.*, 61 : 310, 1989.
36. Knap Florian J. and Gunnar Ryge : Study of bond strength of dental porcelain fused to metal, *J. Dent. Res.*, 45 : 1047, 1966.
37. Kruger Culler S.R. and R.W. Joos : Investigation of silane priming solution to repair fractured porcelain crowns, *J. Dent. Res.(Abstract)*, 65 : 191, 1986.

38. Lacy A.M. et al. : Effect of porcelain surface treatments on the bond to composite resin, *J. Prosthet. Dent.* 61 : 291, 1988.
39. Lacy Alton M. : Clinical techniques for intraoral repair of fractured porcelain when metal is exposed, *Quintessence International*, 20 : 595, 1989.
40. Lavine Myer H. and Frederic Custer : Variables Affecting the strength of bond between porcelain and Gold, *J. Dent. Res.*, 45 : 32, 1966.
41. Matsumura H. et al. : A new porcelain repair system with a Silane coupler, Ferric Chloride, and adhesive opaque resin, *J. Dent. Res.*, 68 : 813-818, 1986.
42. Matsumura H., Nakabayashi N. : Adhesive 4 - META/MMA - TBB opaque resin with poly(methymethacrylate) coated Titanium Dioxide, *J. Dent. Res.*, 67 : 29-32, 1988.
43. McLean : Art and science of Dental ceramics, the science and art of Dental Ceramics Vol. 1, Quintessence, 1979.
44. Moffa Joseph P. et al. : An evaluation of nonprecious alloys for use with porcelain veneers. Part I. Physical porperties, *J. Prosthet. Dent.*, 30 : 424, 1973.
45. Myerson Richard L. : Effects of silane bonding of acrylic resins to porcelain on porcelain structure, *JADA*, 78 : 113, 1969.
46. Newburg R., Pameijer C.H. : Composite resins bonded to porcelain with silane solution *JADA*, 96 : 288, 1978.
47. Nowlin Thomas P. et al. : Evaluation of the bonding of three porcelain repair systems, *J. Prosthet. Dent.*, 46 : 516, 1981.
48. Ortiz Ramon F. et al. : Effect of composite resin bond agent on microleakage and bond strength, *J. Prosthet. Dent.*, 41 : 51, 1979.
49. Paffenbarger George C. et al. : Bonding porcelain teeth to acrylic resin denture bases, *JADA*, 74 : 1018, 1967.
50. Pask J., Thomsia A.P. : Oxidation and ceramic coatings on 80Ni 20 Cr. Alloys, *J. Dent. Res.*, 67 : 1164, 1988.
51. Pedersen John D. : Type III or IV gold alloy crowns with soldered porcelain-fused-to-metal facings, *J. Prosthet. Dent.*, 43 : 634, 1980.
52. Pratt R.C. et al. : Evaluation of bond strength of six porcelain repair systems, *J. Prosthet. Dent.*, 62 : 11, 1989.
53. Rochette Alain L. : A ceramic restoration bonded by etched enamel and resin for fractured incisors, *J. Prosthet. Dent.*, 33 : 287, 1975.
54. Schutt Norman L. et al. : Effect of storage time and temperature on the setting times of two composite resins, *J. Prosthet. Dent.*, 47 : 407, 1980.
55. Semmelman J.O., Kulp P.R. : Silane bonding porcelain teeth to acrylic, *JADA*, 76 : 69, 1968.
56. Shimizu M., Nitta Y., Nakajima A. et. al : Evaluation of various surface treatment for the maximum adhesion between a new resin cement and three types of alloys. *Dent. Material. Equipment*, 4 : 254-266, 1985.
57. Simonsen R.J., Calamia J.R. : Tensile bond strength of etched porcdlain, *J. Dent. Res.*, 62 : 297, 1983.
58. Stangel I., Nathanson D., Hsu C.S. : Shear strength of composite bonded to etched porcelain, *J. Dent. Res.*, 66 : 1460, 1987.
59. Stokes A.N., Hood J.A.A. : Thermocycling silane

- priming and resin, porcelain interfaces -an electrical leakage study, Dental Materials., 5 : 369, 1989.
60. Tanaka T. et al. : 4 - META opaque resin - A new resin strongly adhesive to Nickel Chromium alloy, J. Dent. Res., 60 : 1697-1706, 1981.
61. Yamamoto Makoto : Metal - Ceramics, Quintessence, 1980.
62. Yamamoto Makoto : Metal - Ceramics, Quintessence, 1985.
63. Yoshida Keiich, et al. : Physical properties of light cured opaque resin(part 1. Influence of monomer composition, J. of the Japanese society for Dental Materials and Devices, 9 : 583-590, 1990.
64. Welsh Stephen L. and Schwab Joel T. : Repair technique for porcelain - fused - to - metal restorations, J. Prosthet. Dent., 38 : 61, 1977.
65. Zalkind Maya et al. : A composite resin bonded to dental materials. J. Prosthet. Dent., 46 : 300, 1981.
66. 山下敦 : 치과 접착성 레진의 기초와 임상(下卷), Quintessence, 1983.
67. 김기환, 임재철, 정문규 : 상악전치부 도재소부전장금관의 금속관설계에 따른 도재의 파절강도에 관한 실험적 연구, 연세 치대 논문집 제 343권 1호, 1985.
68. 이 종갑 : Etched porcelain laminate의 접합강도에 관한 연구, 대한치과이사 협회지, 24 : 243, 1986.

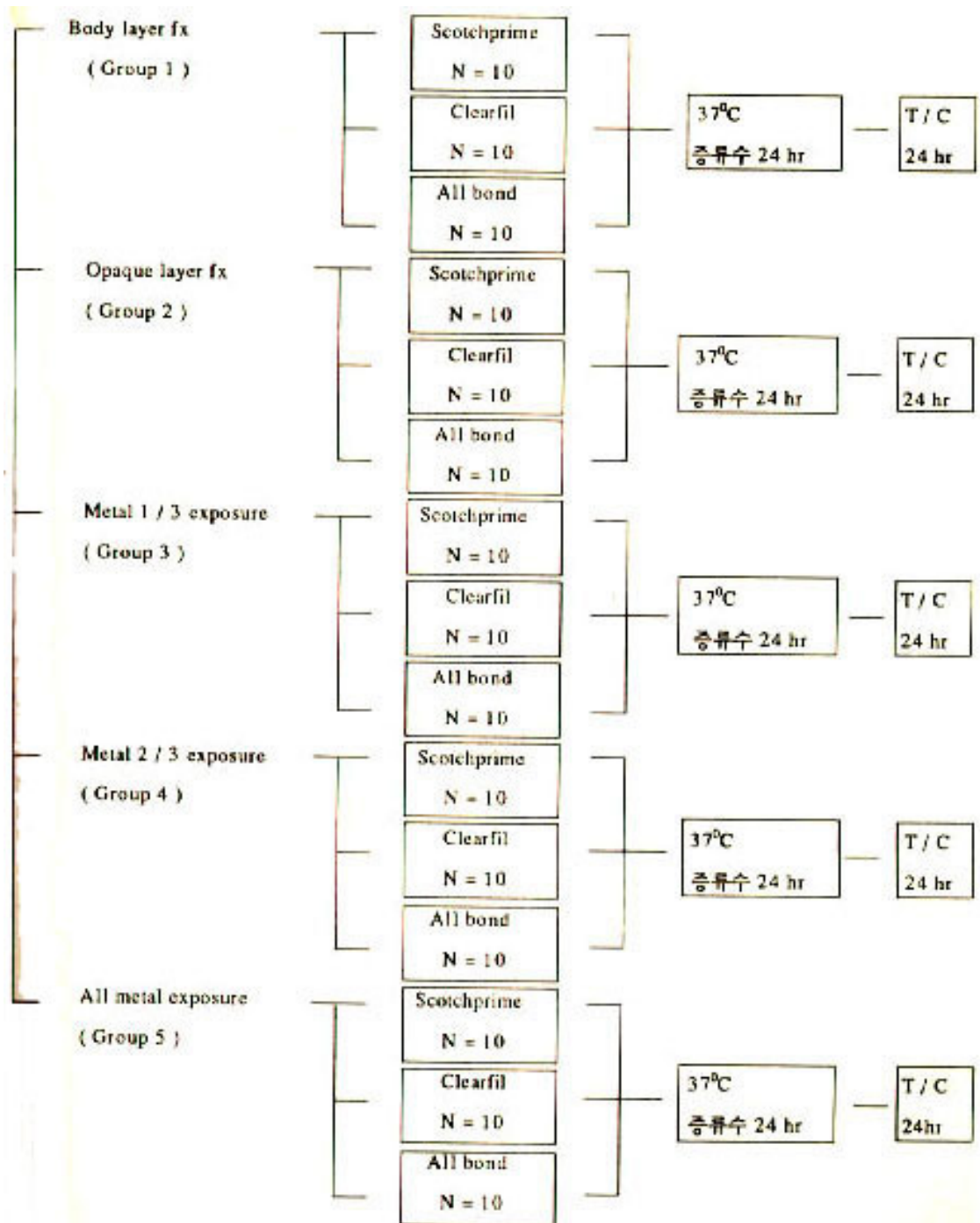
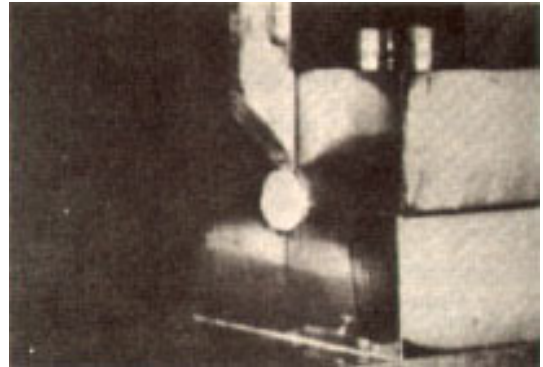


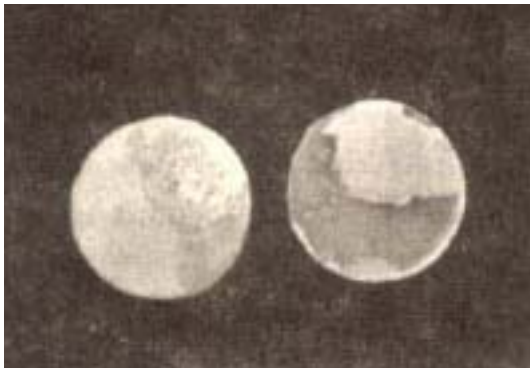
Fig. 2 Diagram of the testing Scheme(T/C = thermocycling)



부도. 1 Thermocycling machine



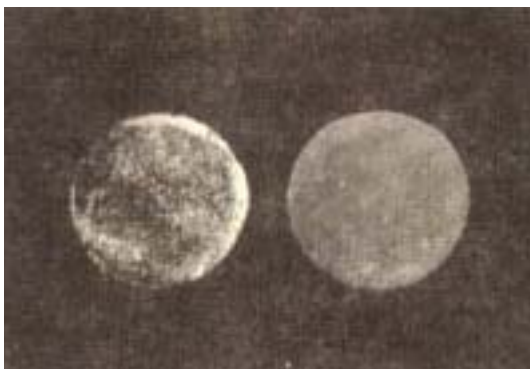
부도. 2 Assembly used to determine shear strength of porcelain repair system



부도. 4 Photograph showing surface of bond failures
a. Cohesive porcelain failure



부도. 3 Universal test machine



부도. 4 b. Adhesive resin failure



부도. 4 c. Cohesive / Adhesive failure

= Abstract =

A comparison of the shear bond strength between porcelain repair systems and fractured surface of porcelain-fused-to-metal restorations

Jeung Won Choi, D.D.S., Dong Hoo Han, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Chang Mo Jeong, D.D.S., M.S.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University

Although dental porcelain demonstrates lasting esthetic results, it suffers from inherent brittle fractures. Various techniques and materials for intraoral porcelain repair has been suggested.

This study investigated the in vitro shear strength of three porcelain repair systems according to aspects of the porcelain fractures.

The purpose of this study was to evaluate the shear bond strength of three porcelain repair systems(All-bond, Clearfil, Scotchprime) according to fractured surface of porcelain - fused - to - metal restorations. For this study specimens were divided into five groups : group 1 represented fracture occurred at body porcelain layer, group 2 represented fracture occurred at opaque porcelain layer, group 3 represented fracture including 1/3 of metal exposure, group 4 represented fracture including 2/3 of metal exposure, and group 5 represented all metal surface was exposed.

Specimens were stored in double deionized water(24Hr, 37°C) and thermocycling was performed(24Hr, 1080cycles), and subjected to a shear force parallel to the repair resin and porcelain interface by use of an University Testing Machine.

The results of this study were obtained as follows :

1. In group 1 and 2, bond strength was relatively high, and bond strength showing reducing tendency as exposure of metal was increased.
2. In group 1, bond strength was relatively high, and no significant differences in porcelain repair system.
3. In group 2, 3 and 4, All-bond and Clearfil provided significantly higher bond strength than scotchprime.
4. In group 5, bond strength was the lowest among all groups and especially in case if Scotchprime.
5. Cohesive failure was observed in group 1 and 2, adhesive failure was observed in group 5, and cohesive / adhesive failures were observed in group 3 and 4.