

치과 도재용 금속의 재사용에 따른 금속과 도재간의 결합 강도에 관한 연구

전남대학교 치과대학 보철학교실

김 인, 양홍서

I. 서론

도재 전장 구조관은 도재의 심미성과 내부 금속의 견고성을 함께 갖춘 우수한 수복물로, 1950년대 초 도재를 금합금에 용착하는 방법이 개발되면서^(1, 2) 크게 발전하여 현재 임상에서 널리 사용하고 있다. 도재 전장관용 합금은 귀금속 합금과 비귀금속 합금으로 대별되며, 금합금은 구조성이 좋고 연성, 전성이 높으며 finishing과 polishing이 용이하고 부식 저항성이 있어 초기에는 금합금이 효과적으로 사용되었으나 요즘에는 고가인 금합금을 대신할 수 있는 준귀금속 및 비귀금속 합금등도 많이 사용되고 있다. Lubovich와 Goodkind⁽³⁾는 비귀금속 합금이 귀금속 합금에 비해 비중이 금합금의 1/2정도이고, sag resistance가 9배 정도이고, 탄성 계수가 2~2.5배이며, yield strength가 20,000 psi 정도로 높아 우수한 물리적 성질을 가지고 있다고 보고하고 있다. 비귀금속 합금은 변형에 대한 저항이 커서 금속 구조물(substructure)을 얇게 만들수 있어서 도재의 후경을 충분하게 부여하여 심미성을 증진시키고 치질의 삭제량을 줄여서 치질을 보존할 수 있을 뿐만 아니라 경제적인 면에서도 유리하다.

도재 전장관용 합금의 사용에 있어서 중요한 요소는 도재와의 결합 강도인데^(5, 6, 7, 8), 현재까지 알려진 바에 의하면 치과용 합금과 도재간의 결합 기전은 화학적인 결합, 기계적인 결합, Van der waals force에 의한 결합, 그리고 도재와 금속의 열팽창 계수의 차이때문에^(9, 10) 발생하는 수축력에 의한 결합력등이다.

그러나, 도재와 합금간의 결합력은 도재의 축성 및 소성방법⁽¹¹⁾, 도재와 금속간의 접촉상태⁽⁶⁾, 금속의 산화 정도 및 표면 처리^(12, 13, 14, 15)에 따라서도 영향을 받는

다고 하였다.

Moffa등⁽⁴⁾은 비귀금속 합금과 귀금속 합금의 도재와의 결합력을 비교 연구한 결과 크론 산화물을 갖는 비귀금속 합금과의 결합력이 높다고 보도했고, 반면에 McLean⁽¹⁶⁾은 비귀금속 합금은 합금의 크롬 산화물이 도재속에 침투하여 열팽창계수를 낮추므로 비귀금속 합금이 귀금속 합금에 비해 결합력이 낮아진다고 주장했으며, 김 등⁽²⁷⁾은 Pd-Ag합금의 반복 주조시 도재와 금속의 화학적 결합에 관한 연구에서 1차 재주조의 경우 결합력 변화가 없었다고 보고하고 있다. 도재 전장관용 합금은 경제적인 이유로 해서 반복 사용이 증가하고 있는데, 반복 주조시 금속에 대한 도재의 결합력에 대한 효과는 완전히 이해되지 못하고 있다^(22, 23).

저자는 임상에서 도재 전장관용 합금에 대한 재사용이 증가함에 따라서 반복 주조시 첨가하는 새금속의 비율에 따른 도재의 결합력에 대한 효과와 합금의 종류에 따른 결합력의 차이에 대해 관심을 가지고, 현재 군내에서 많이 사용되는 1종의 준귀금속 합금 및 3종의 비귀금속 합금을 이용하여, 반복 주조시 각 금속의 첨가비율에 따른 도재와의 결합력을 비교하고 도재와 금속의 파절면에 대한 주사 전자현미경 관찰을 통해 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

실험재료로는 현재 우리나라에서 많이 사용하는 재료로 준귀금속 합금으로는 Albadond(Kulzer, Germany)를, 비귀금속 합금으로는 Verabond(Alba

Table 1. Alloys used in experiment

	Albabond	Verabond	Excelalloy	Rexillium III
Category	Semiprecious	nonprecious	nonprecious	nonprecious
Main component	PdAg	Ni, Cr	Ni, Cr	Ni, Cr
Hardness	260(V)	235(B)	240(V)	240(B)
Yield strength	96828psi	121500psi	80000psi	
Elongation	12%	18%	12~15%	9~12%
Melting temp.	1225~1280℃	1280~1344℃	1232~1288℃	1315℃
Manufacturers	Kulzer. Germany	Alba dental, Inc. U. S. A	Excelco, Inc. U. S. A	Jeneric Gold Co. U. S. A

dental, Inc. U.S.A), Excelalloy(Excelco, Inc, U.S.A), Rexillium III(Jeneric Gold. Co., U.S.A)을 사용하고 도재 분말은 Vita도재(VMK68, Opaque : No.519, Body : No. 550, Vita Zahnfabrik, Germany)를 사용하였다.(Table 1).

2. 시편제작

시편은 100% 새 금속을 대조군으로 하여 각 종류의 합금마다 첨가하는 새 금속 함량에 따라 5개의 군으로 분류하여 각각 5개씩 총 100개의 시편을 제작하였다. 제 I 군은 100% 새 금속을 사용하고 제 II 군은 75%, 제 III 군은 50%, 제 IV 군은 25%의 새 금속을 첨가한 반면 제 V 군은 새 금속을 첨가하지 않고 재주조하였다 (Table 2).

길이 4cm인 10 gauge wax rod 5개를 같이 매물하고 18 gauge wax rod로 2개의 vent를 형성하였다. 매물제는 Bellavest(Bego, Co. Germany)를 사용하고, 각 금속을 통법대로 소환하여 주조하였으며 고주파 주조기(Globumat table, Krupp, Germany)를 사용하였다. 매물제를 제거한 후 주조된 금속봉을 coarse aluminum oxide stone으로 거친 표면을 제

거하고 50 μ 산화 알루미늄으로 sandblasting하였다. 처리가 끝난 금속봉들은 증류수에 넣어 초음파 세척기로 10분간 세척하였고 그 후에 degassing하였다.

금속봉의 한쪽 끝에서 1cm 떨어진 곳에 도넛(doughnut) 모양으로 봉 주위로 둘러서 opaque도재를 2회 올려 소성한 후, body 도재를 1회 축조 후 소성하였다. 도재 disk의 폭경을 결정하기 위해 tape를 이용하였으며 최종 폭경은 약 2.8mm이고 disk의 두께는 1.75~2.25mm로 하였다(Fig. 1).

도재를 올린 금속봉들에 분리제로서 Acro-sep(G-C Dental Inc. Japan)을 붓을 이용하여 도포하였다. 이때, 도재 disk에는 분리제가 닿지 않도록 하였다. 그 후 경석고(Suprastone, Kerr. Co. U.S.A.)를 이용하여 직경 30mm, 높이 20mm의 실린더모양으로 도재 disk를 포함한 금속봉을 매물하였다. 도재 disk는 경석고의 중심부에 위치하도록 하고, 경석고로 매물한 후 24시간 이상 상온에 방치하였다.

Table 2. Percentage of experimental groups

Group	New alloy	Reused alloy
I	100%	-
II	75%	25%
III	50%	50%
IV	25%	75%
V	-	100%

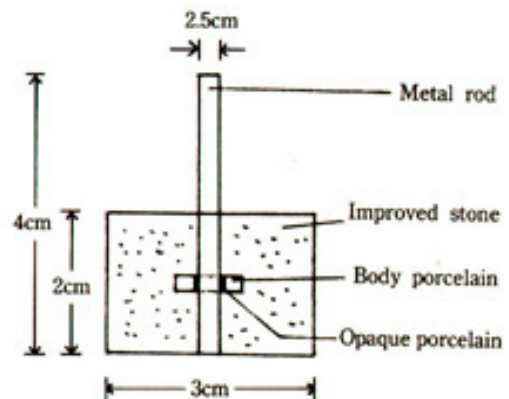


Fig. 1. Diagram of test specimen for the shear bond strength.

3. 전단 결합 강도의 측정

제작된 각 금속의 시편을 Malhotra등(18)과 Anthony등(14)의 방법처럼 경석고 실린더가 고정되도록 제작된 vise grip을 이용하여 만능 재료 시험기(Universal Testing Machin ; Instron 4302, Instron Co. England)에 위치시키고 crosshead speed를 0.5mm/로 인장력을 가하여 pull-test를 실시하였다(Fig. 2.).

전단 결합 강도는 도재와 금속 사이의 결합이 파괴될 때의 하중을 도재 접착면적으로 나누어 줌으로써 얻었다.

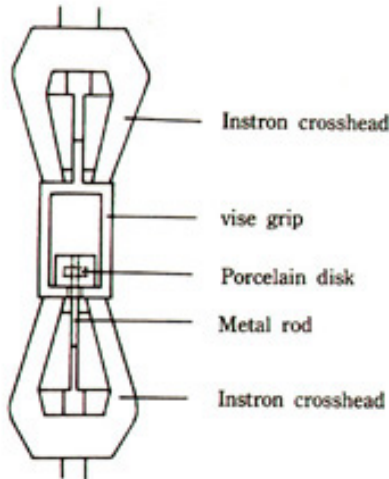


Fig. 2. Testing set-up

4. 파절면의 주사 전자 현미경적 관찰

각 합금의 전단 결합 강도 측정된 시편을 도재가 접착된 부위가 중심에 오게하여 약 1cm의 길이로 절단하였다. 모든 시편의 표면에 ion sputter를 이용해서 백금을 증착하여 시편을 준비하고, 전자 현미경(JSM 35C, JEOL, Japan)을 이용하여 25Kv의 가압 전류로 파절된 시편의 도재와 금속의 파절면을 1,000배로 관찰하였다.

III. 실험성적

1. 결합 강도

전단 결합 강도는 도재와 금속 사이의 결합이 파괴될 때의 하중을 도재의 접착 면적으로 나눠줌으로써 구하였다. 즉, 결합력은 만능재료 시험기에서 측정된 수치를 도재 disk를 올린 부위의 금속봉의 표면적으로 나누고 psi로 환산하였다.

표면적은 도재 disk의 폭경×금속봉의 직경× π 로 하였다. 도재 disk의 폭경은 90° 방향마다 한번씩 각 시편마다 4번을 버니어 캘리퍼스로 측정하여 평균치를 계산하였다.

각 합금들의 도재와 결합력은 반복 주조시 준귀금속인 Albabond가 13,400~14,600psi로 가장 높은 결합력을 보였으며, 비귀금속군에서는 Verabond와 Excelalloy가 각각 9,400psi, 7,000psi 이하의 낮은

Table 3. Shear bond strength of porcelain-metal systems

	Porcelain bond strength				
	Group I	Group II	Group III	Group IV	Group V
Albabond	12,914.59 (691.75)	14,635.82 (1,931.26)	14,405.40 (1,531.25)	13,404.08 (1,129.87)	13,896.20 (1,017.79)
Verabond	12,112.60 (1,024.80)	7,218.34 (635.67)	9,471.89 (1,625.80)	8,502.43 (1,789.70)	7,513.34 (2,046.40)
Excelalloy	8,680.22 (1,356.12)	6,681.27 (441.68)	6,968.87 (848.48)	7,006.42 (895.07)	6,858.21 (1,256.03)
Rexillium III	13,466.66 (817.75)	11,171.01 (1,318.93)	10,804.05 (868.47)	9,691.78 (561.74)	10,272.10 (1,424.37)

* Standard Deviations are in parentheses.

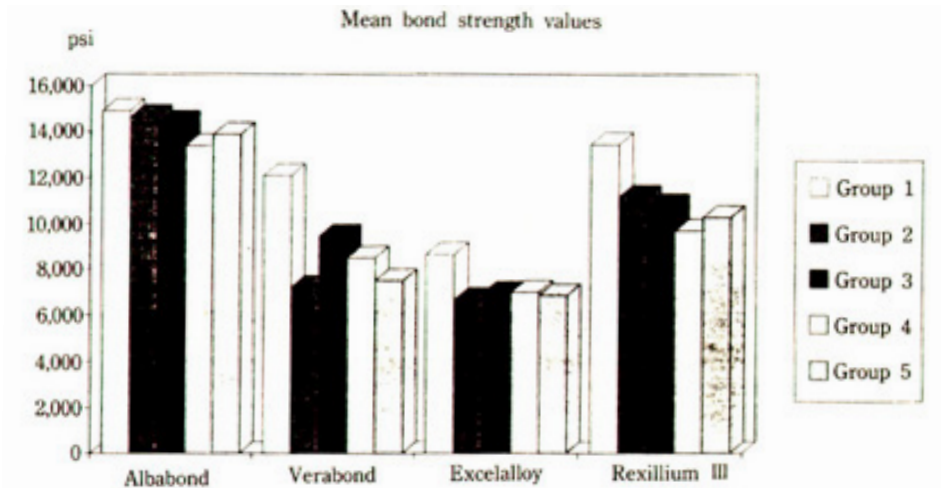


Fig. 3. Diagram showing mean bond strength value.

결합력을 나타내었고 rexillum III가 비귀금속중 가장 높은 9,700~11,200psi의 결합력을 나타내었다.

각 합금에서 새 금속의 첨가량을 줄여갈수록 결합력이 낮아진 반면 Verabond는 새 금속 첨가율 75%에서 다른 첨가 비율에 비해 낮은 7,200 psi를 나타내었으며 Excelalloy는 비귀금속군에서 가장 낮은 7,000psi 이하의 결합력을 나타내었다(Table 3)(Fig. 3). 준귀금속과 비귀금속군과의 결합력의 유의성을 검증하기 위

하여 Two-way ANOVA test를 시행한 결과 준귀금속과 비귀금속의 결합력 상호간에 유의한 차이를 보였고, 각 금속의 결합력의 통계학적인 유의성을 검증하기 위하여 Duncan multiple range test를 시행한 결과 Alabond는 대조군과 재사용 금속군의 결합력 상호간에 유의한 차이가 없었고($p>0.05$), 비귀금속군인 Verabond($P<0.01$), Excelalloy($P<0.05$), Rexillum III($P<0.01$)은 대조군과 유의한 차이를 보였다(Fig. 4).

Table 4. Statistical analysis

Alabond						Verabond					
Group	I	II	III	IV	V	Group	I	II	III	IV	V
I	-	NS	NS	NS	NS	I	-	**	*	**	**
II		-	NS	NS	NS	II		-	*	NS	NS
III			-	NS	NS	III			-	NS	NS
IV				-	NS	IV				-	NS
V					-	V					-

Excelalloy						Rexillum III					
Group	I	II	III	IV	V	Group	I	II	III	IV	V
I	-	**	*	*	*	I	-	**	**	**	**
II		-	NS	NS	NS	II		-	NS	NS	NS
III			-	NS	NS	III			-	NS	NS
IV				-	NS	IV				-	NS
V					-	V					-

* Singinfciant at $P<0.05$ **Singinfciant at $P<0.01$

2. 주사 전자 현미경적 소견

주사 전자 현미경상의 도재와 합금의 파절 양상은 합금의 종류와 새 금속의 첨가비에 관계없이 도재내의 cohesive failure의 양상과, 또한 부분적으로 계면(interface)에서 파절되는 양상을 보였다(Fig2. 4, 5). 준귀금속 시편에서 파절되고 남은 도재가 금속에 접착되어 있는 부위와 도재가 떨어져 나가고 sandblasting 한 금속 표면이 보였다. Sandblasting한 금속 표면은 작은 알갱이가 모여 있는 형태를 보였다.(Fig. 4).

또한, 금속면은 보이지 않고 도재내에서 cohesive failure가 나타난 상태를 보이기도 하였다(Fig. 5). 비귀금속의 경우도 준귀금속과 마찬가지로 도재의 cohesive failure 양상과 부분적으로 금속이 보이는 양상을 나타내었고, sandblasting 한 금속 표면은 작은 crack과 요철 구조를 보였다(Figs. 6, 7).

계면에서의 파절 양상을 관찰해 보면 준귀금속의 경우에는 도재가 금속면에 얇게 피개된 것처럼 보이고, 비귀금속의 경우에는 금속의 요철 구조가 더 명확하게 보였다.

IV. 총괄 및 고찰

도재와 금속 사이의 결합은 도재 전장관의 임상적 성공을 크게 좌우하며 도재 전장관의 결합 강도에 대한 많은 연구가 선행들에 의해 시도되어졌다. Shell과 Nielsen⁽⁵⁾은 도재와 금합금의 결합 강도가 약 13,000psi라고 하고 그외 다른 연구자들에 의해 비슷한 수치가 보고 되었다^(3, 11). 그러나, Moffa⁽⁴⁾은 Anthony⁽¹⁴⁾과 유사한 실험 방법을 이용하여 귀금속 합금에서 10,600psi 정도의 낮은 결합 강도를 보고하였고, Asgar과 Giday⁽¹⁷⁾는 도재를 올린 금속봉을 molten wax에 dipping하는 modified Shell-Nielsen test model을 이용하여 8,000~9,000psi의 더 낮은 결합 강도를 보고하였으며, 그는 또한 금속봉에 도재를 올리지 않고 wax를 도포하지 않은 상태에서 바로 금속봉만을 경석고에 매몰하고 결합 강도를 측정하여 금속과 경석고와의 순수한 결합력을 의미하는 약 5,000psi의 결합 강도를 얻었다.

도재와 금속간의 결합력을 측정하는 방법에 대하여 지금까지 많은 선행들의 연구가 있었다. Anusavice⁽³⁰⁾에 의하면 pull-rod design이 flexural bend test에 비하여 stress raiser crack initiation sites에 적은 영향을 받는다고 하였고 MeLean⁽¹⁶⁾은 conical shear test를, Moffa⁽⁴⁾과 Anthony⁽¹⁴⁾은 도우넛 형태의 시편으로 pull and push test로 하는 것이 타당하다고 주장하였다. Cylindrical pull test는 도재와 금속간의 결합이 항상 도재와 금속의 경계면에서 분리되어 신뢰할 수 있는 실험 방법으로 알려져 있고⁽³⁾, 같은 방법으로 행했던 이전 실험의 수치들과 비교할 수 있다.

본 연구에서는 Moffa⁽⁴⁾과 Anthony⁽¹⁴⁾과 같은 방법으로 시편을 제작하고, Asgar와 Giday⁽¹⁷⁾의 연구와 비슷하게 도재 disk를 제외한 금속봉의 표면에 분리제를 바름으로써 금속과 경석고가 결합되는 것을 막아 도재와 금속간의 순수한 결합력을 측정할 수 있도록 하였다. 분리제로서 molten wax^(17, 18, 19)나 silicone^(20, 21)을 이용할 때 wax나 silicone분리제가 도재 disk에 도포되어 순수한 금속과 도재간의 결합 강도 측정에 오차를 가져올 수 있으므로 얇게 도포되고 조작이 용이한 Acro-sep을 이용하였고 붓을 사용하여 분리제가 도재에는 도포되지 않도록 했다.

금속의 재주조와 관련하여 선행들의 여러 연구 결과가 보고되어 있는데 Jochen⁽²²⁾은 은-팔라듐 합금을 이용한 실험에서 재사용 금속에 새 금속을 50% 첨가시 100% 새 금속만으로 주조했을 때와 같이 높은 결합력을 나타낸다고 하였다. 새금속을 넣어주는 것은 이전 주조 과정에서 상실한 합금의 성분 즉, 도재와 결합하는 미량 원소를 다시 채워주는 것을 의미한다. 재사용 금속의 반복 주조된 주조체의 특성에 대한 연구에서 Tucillo⁽²³⁾는 도재용 금합금을 3회 재용융시켜 보았을 때 30%의 경화에 필요한 요소를 상실한다고 하며 이 합금으로부터 주조된 주조체의 경도를 감소시키게 된다고 한다. 주조체에 50%의 새 금속을 첨가시에는 경화 요소의 수치가 원래 조성비의 70% 이상이 남아있다고 하였다.

Rasmussen과 Doukoudakis⁽²⁴⁾는 금-팔라듐 합금에서 반복 주조시 실험한 조건에서 재사용 금속이

75%까지 결합에 영향이 없었다고 하고, 재사용 금속을 85% 또는 그 이상 사용하면 계면에서의 기포양이 증가하여 기포에 응력이 집중되고 거기에서 파절이 시작되어 재사용 금속이 85% 이상이 되면 실패율이 높아진다고 하였다.

비귀금속의 반복 사용에 대한 선학들의 연구에서 Hesby등⁽²⁵⁾은 Cr-Co계 합금의 새 금속 첨가없이 4회 반복 주조의 경우에도 합금의 물리적 성질 즉, 연성, 탄성, 강도 등의 변화가 없다고 주장하였다. Kamin-ski등⁽²⁶⁾은 은합금에서 4차례의 반복 주조에도 그 조성은 변화가 없다고 보고하고 있다. 김 등⁽²⁷⁾은 Pd-Ag합금에서 새 금속을 섞지 않고 계속하여 반복 주조하면 결합력은 점차 감소하나 첫번째 재주조한 경우에는 뚜렷한 결합력의 감소가 없었고, 또한 새금속을 첨가할 경우에는 동량비로 섞어 재사용한 경우 세번째 주조까지 결합력 감소가 뚜렷하지 않음을 보고하고 있다. Moffa등⁽⁴⁾은 3종류의 재사용 합금을 이용한 연구에서 50%, 25%의 새 금속을 첨가하여 실험한 결과 도재와 금속의 결합력에 유해한 영향이 없다고 보고하였다.

본 실험에서도 Pd-Ag 합금인 Albabond의 경우 대조군의 결합력과 비율에 따라 새 금속을 첨가했을 때와의 결합력에 유의한 차이를 나타내지 않았다. 비귀금속 군에서는 대조군의 결합력과 비교하여 반복 주조의 결합력이 낮게 나타났으며, 새 금속의 첨가 비율(75%, 50%, 25%, 0%)에 따른 재사용 금속간의 유익한 차이는 없게 나타났다.

귀금속과 비귀금속의 결합력에 관한 연구에서 Al-Jassim등⁽²⁸⁾은 수종의 합금과 도재간의 결합력을 상호 비교하였는데, Pd-Ag 합금이 Ni-Cr계 합금과 Cr-Co계 합금보다 도재와의 결합력이 더 우수하다고 결론을 내렸으나, Malhotra와 Maicker⁽¹⁹⁾은 은이 포함되지 않은 금속이 은이 포함된 금속보다 도재와의 결합이 우수하다는 상반된 보고를 하였다.

본 실험에서는 Al-Jassim등⁽²⁸⁾의 보고처럼 Pd-Ag 합금인 Albabond의 결합력이 Ni-Cr계 합금인 Vera-bond, Excelalloy, Reximllium III보다 더 높게 나타났다.

현재까지 알려진 바에 의하면 치과용 합금과 도재간

의 주된 결합 기전은 화학적인 결합, 기계적인 결합, Van der waals force에 의한 결합, 그리고 대조와 금속의 열팽창 계수의 차이때문에^(9, 10) 발생하는 수축력에 의한 결합등인데 Shell과 Nielsen⁽⁵⁾은 화학적 결합력이 가장 중요하고 Van der waals 결합력이 약간 기여를 하며 기계적 결합력은 중요한 역할을 하지 못한다고 하였으며, 반면에 Vickery와 Badinelli⁽⁷⁾는 압축 결합력이 가장 중요하고 Van der Waals 결합력은 거의 영향을 주지 못하고 화학적 결합력은 약간의 영향력을 미친다고 했다.

McLean⁽¹⁶⁾ 비귀금속 합금에서 니켈 산화물과 크롬 산화물이 도재의 열팽창 계수를 떨어뜨려 잔류 응력으로 작용한다고 한다. 그는 실험에서 대부분 Vita 도재를 사용했으며, 이 도재는 니켈 산화물과 크롬 산화물에 의해 열팽창 계수가 떨어진다고 알려져있다⁽¹⁶⁾. Vita 도재에 대한 실험에서는 대부분 도재내에 파절선이 나타났으며 이것이 잔류 응력에 의한 것으로 보인다.

비귀금속이 귀금속에 비해 물리적 성질이 좋으나⁽³⁾, 그 결합력에 대하여는 연구자에 따라 이견이 많다. 비귀금속의 경우 쉽게 산화되기 때문에 그 막이 두꺼워지면 경계면에서 온도 변화로 인한 균열이 생기거나 전위에 의하여 변형이 발생하여 도재와 합금의 분리가 일어나기 쉽다. Asgar와 Giday⁽¹⁷⁾는 귀금속이 비귀금속에 비해 높은 결합력을 나타내며 비귀금속은 산화막에서 파절이 나타난다고 보고하고 있다. McLean⁽¹⁶⁾은 비귀금속 합금의 크롬 산화물이 도재속에 침투하여 열팽창 계수를 낮추므로 비귀금속 합금이 귀금속 합금에 비해 결합력이 낮아진다고 주장했다. Moffa등⁽⁴⁾은 이와 반대로 표면의 크롬 산화물이 압축 결합 강도에 기여하여 크롬 산화물을 갖는 비귀금속의 결합력이 귀금속 합금보다 높다고 보고했다.

선학들의 연구에 따르면 금속과 도재와의 결합은 계면 산화막 형성과 직접 관련이 있다고 한다. 귀금속 합금이 비귀금속 합금에 비하여 표면 산화물이 더 적다고 하며 좋은 결합을 얻기 위해서는 이행(transitional) 산화막이 높은 coherent strength를 가져야 하며, 두꺼운 산화막은 얇은 산화막보다 coherent strength가 작다고 보고하고 있다⁽²⁹⁾.

표면 처리 상태에 대하여는 Shell과 Nielsen⁽⁵⁾은 금속 표면을 거칠게해도 결합력이 영향을 미치지 못한다고 하였으나, Lavine과 Custer⁽¹²⁾는 금속 표면을 거칠게 하여 주조후 표면 처리를 안한 경우보다 결합력이 13~15% 증가한다고 했다.

본 실험의 주사 전자 현미경 관찰에서 준귀금속과 형태를 보이며, 도재 내의 cohesive failure를 보이고 부분적으로 금속 표면이 드러나 보인 곳도 있다. 계면에서의 파절 양상을 자세히 관찰해 보면 준귀금속의 경우에는 도재가 금속면에 얇게 피개된 것 처럼 보이고 비귀금속의 경우에는 금속의 요철 구조가 더 명확하게 보였다. 이런 이유로 준귀금속이 비귀금속에 비하여 결합 강도가 더 높게 나타난 것으로 사료된다.

본 연구에서는 금속의 재사용에 따른 결합력과의 관계에 대하여 논하였으나, 금속의 재사용과 관련하여 결합 강도의 차이에 따른 기전에 대한 연구와, 도재 전장관의 임상적인 성공을 위해서 금속의 재사용에 따른 도재의 색조에 대한 변화등에 대한 연구가 더 필요하다고 본다.

V. 결론

본 실험은 도재 전장관용 합금의 반복 사용시 첨가되는 새 금속의 비율에 따른 금속과 도재간의 결합 강도에 대한 효과를 연구하기 위하여, 1종의 준귀금속 합금 및 3종의 비귀금속 합금을 이용하여 제 I 군은 반복 주조하지 않은 100% 새 금속을 대조군으로 사용하고 제 II 군은 75%, 제 III 군은 50%, 제 IV 군은 25%의 새 금속을 첨가한 반면 제 V 군은 새 금속을 첨가하지 않고 재주조하였다. 제작된 각군의 금속봉에 도우넛 모양으로 도재를 축조하여 소성시키고 금속봉에 분리제를 바른 후 경석고에 매몰하여 시편을 완성하고, 만능재료 시험기를 이용해서 결합 강도를 측정하고 주사 전자 현미경으로 각 시편의 파절면을 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 준귀금속인 Alabond에서는 새 금속을 첨가한 재사용 금속군과 대조군의 결합력 상호간에 유의한 차이를 보이지 않았다.

2. 비귀금속인 Verabond, Excelalloy, Rexillium III에서는 반복 주조시 재사용 금속군의 결합력이 대조군에 비해 모두 낮게 나타났다.
3. 도재와 금속간의 결합력은 준귀금속군에서 비귀금속군보다 높게 나타났다.
4. 비귀금속 합금중에서 결합력은 Rexillium III가 가장 높았으며, Excelalloy가 가장 낮게 나타났다.
5. 주사 전자 현미경에서 도재와 합금의 파절 양상은 합금의 종류와 새 금속의 첨가비에 관계없이 비슷한 양상을 보였다.

참고문헌

- 1) Brecker, S.D. : porcelain baked to gold a new medium in prosthodontics, J.P.D. 6 : 801, 1956.
- 2) Johnston, J.F., Dykema, R.W. and Cunningham, D.M. : The use and construction of gold crowns with a fused porcelain veneer. A progress report. J.P.D. 6 : 811, 1956.
- 3) Lubovich, R.P and Goodkind, R.J. : Bond strength studies of precious, semiprecious and non-precious ceramic metal alloys with two porcelain, J.P.D. 37 : 288, 1977.
- 4) Moff, J.P., Lugassy, A.A. and Gettleman, L. : An evaluation of nonprecious alloys for use with porcelain veneers, Part I. Physical properties. J.P.D. 30 : 424, 1973.
- 5) Shell, J.S. and Nielson, J.P. : Study of the bond between gold alloys and porcelain, J. Dent. Res. 41 : 1424, 1962.
- 6) O'Brien, W.J. and Ryge, G. : Contact angles of drops of enamels on metals, J.P.D. 15 : 1094, 1965
- 7) Vickery, R.C. and Badinelli, L.A. : Nature of attachment forces in porcelain-gold systems, J. Dent. Res. 47 : 683, 1968.
- 8) Kelly, M. and Asgar, K. : Tensile strength determination of the influence between porcelain

- fused to gold, *J. Biomed. Mater. Res.* 3 : 403-408, 1969.
- 9) Rowe, A. and Asgar, K. : Thermal study of porcelain substrate metals. *I.A.D.R. abstracts*, 57 : No. 505, 1976.
 - 10) Cascone, P.J., Massimo, M. and Tucillo, J.J. : Theoretical interfacial reactions responsible for bonding in porcelain-to-metal systems. Part II. Oxidation fo alloys. *I.A.D.R. abstracts*, 59 : No. 827, 1978.
 - 11) Leone, E.F. and Fairhurst, C.W. : Bond strength and mechanical properties of Dental porcelain enamels, *J.P.D.* 18 : 155, 1967.
 - 12) Lavine, M. H. and Custer, F. : Variables affecting the bond strength between porcelain and gold, *J. dent. Res.* 45 : 32, 1966.
 - 13) Stewart, G.P., Maroso, D. and Schmidt, J.R. : Effect of surface treatments of alloy surfaces, *I.A.D.R. abstracts*. 59 : No. 875, 1978.
 - 14) Anthony. D.S., Burnett, A.P., Smith, D.L. and Brooks, M.S. : Shear test for measuring bonding in cast gold alloy-porcelain composites, *J. Dent. Res.* 49 : 27, 1970.
 - 15) Sced, I.R. and Melean, J.W. : The strength of metal/ceramic bonds with base metals containing chromium, *British Dental Journal* 132 : 232, 1972.
 - 16) McLean, J.W. : Dental Ceramics proceedings of the first international Symposium on ceramics. Quintessence Publishing Co. 1982, P. 77-440.
 - 17) Asgar, K. and Giday, Z. : Refinements on testing of porcelain to metal bond, *J. Dent. Res.* 57(special issue A) : 292, 1978(Abst.No.870).
 - 18) Malhotra, M.L. and Maickel, L.B. : shear bond strength in porcelain metal restorations. *J.P.D.* 43 : 397, 1980.
 - 19) Malhotra, M.L. and Maickel, L.B. : shear bond strength of porcelain-fused-to-alloys of varying noble metal contents, *J.P.D.* 44 : 405, 1980.
 - 20) Gavelis, J.R., Lim, S.B. and Gukes, A.D. : A comparison of the bond strength of two ceramo-metal systems, *J.P.D.* 48 : 242, 1982.
 - 21) Robert, J.D., Preston, J.D., Moffa, J.P., and Caputo, A. : Effect of oxidation on ceramo-metal bond strength, *J.P.D.* 47 : 59, 1982.
 - 22) Jochen, D.G., Caputo, A.A. and Matyas, J. : reuse of silver-palladium ceramic metal. *J.P.D.* 65 : 588, 1991.
 - 23) Tucillo, J. : *The Thermotrol Technician*. 1972, p. 27.
 - 24) Rasmussen, S.T. and Doukoudakis, A.A. : The effect of using recast metal on the bond between porcelain and a gold-palladium alloy, *J.P.D.* 55 : 447, 1986.
 - 25) Hesby, D.A., Kobes, P., Garrar, D. G. and pellen, G.G. : Physical properties of a repeatedly used nonprecious metal alloy, *J.P.D.* 44 : 291, 1980.
 - 26) Kaminski, R.A., Anuvsave, K.J., Okabe, T., Morse, R.K. and Casteel, P.E. : Casterbility of silver-based fixed partial denture alloys, *J.P.D.* 53 : 329, 1985.
 - 27) 김태균, 이선형 : 팔라듐-은 합금은 반복 주조시 도재와 금속관의 화학적 결합에 관한 실험적 연구. 서울치대 논문집 Vol. 13, No. 1, p. 61. 1989.
 - 28) Al-Jassim G.A., Sorensen, S.E., Carter, J.M., and Agarwal, D.P. : Oxidation effects on the metal-porcelain bond of palladium-silver and base metal alloys, *J. Dent. Res.* *I.A.D.R. abstract*. No. 952, 1982.
 - 29) McLean, J.W. and Sced, I.E. : Bonding of dental procelain to metal. II : The base metal alloy/porcelain bond, *Br. Cearam. Soc. Trans.* 72 : 235, 1973.
 - 30) Anusavice, K.J., Ringle, R.D. and Fairhurst, C.W. : Adherence controlloing elements in ceramic metal systems. II. nonprecious alloy. *J. Dent. Res.* 56 : 1053-1061, 1977.

논문사진부도

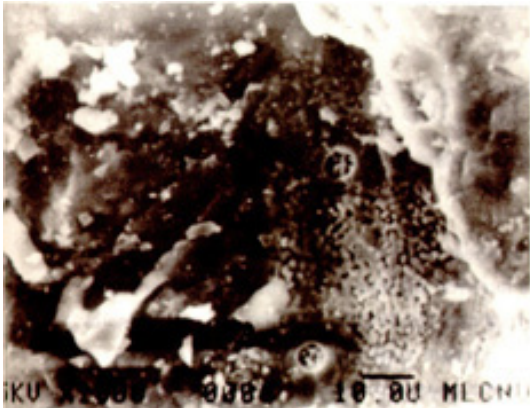


Fig. 4. A SEM photomicrograph showing fractured surface of Alabond (×1000)



Fig. 5. A SEM photomicrograph showing cohesive failure site of porcelain in Alabond (×1000)

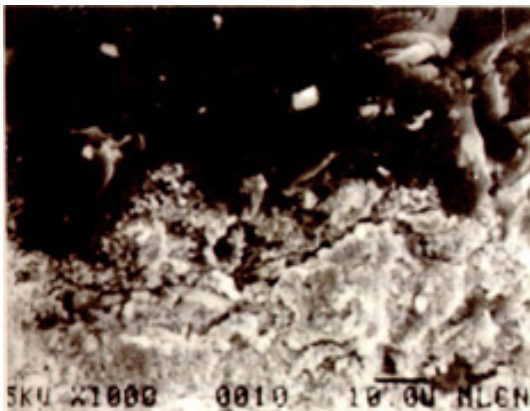


Fig. 6. A SEM photomicrograph showing fractured surface of Alabond (×1000)

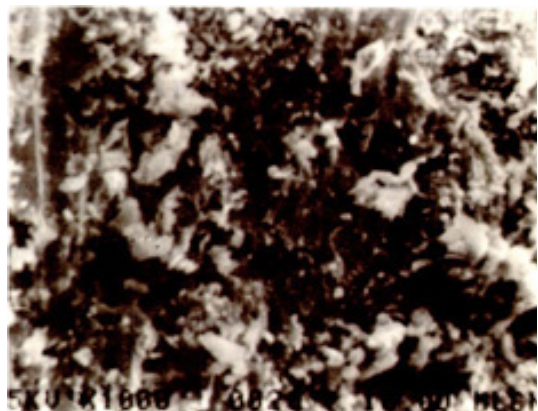


Fig. 7. A SEM photomicrograph showing fractured surface of Rexillum III (×1000)

=Abstract=

A STUDY ON THE BOND STRENGTH BETWEEN REUSED DENTAL ALLOYS AND PORCELAIN

In Kim, D. D. S., Hong-So Yang, D. D. S., Ph. D.

Dept. of Prosthodontics, College of Dentistry, Chonnam National University, Kwang Ju, Korea

The purpose of this study was to evaluate the effect of shear bond strength between various percentage of reused dental ceramic alloys and porcelain. One hundred specimens were made of one semiprecious alloy and three nonprecious alloys. Each alloy group was subdivided into five groups according to the additional percentage of new alloy. Group I specimens were made of 100% new alloy and served as the control of the investigation. Group II specimens were made of once-cast alloy with 75% new alloy. Group III specimens were made of once-cast alloy with 50% new alloy. Group IV specimens were made of once-cast alloy with 25% new alloy. Group V specimens were made of 100% recast alloy. Five specimens were made for each group of the alloy combinations.

The test specimens were prepared by firing porcelain doughnuts on the alloy rod surface, and invested in dental stone.

Bond strengths were measured by Instron universal testing machine at a crosshead speed of 0.5mm/min. The fractured surface of metal specimens were examined under the scanning electron microscope.

The obtained results were as follows :

1. The shear bond strength of Alabond showed no significant difference between control group and reused alloy group.
2. The shear bond strength of reused alloy groups of nonprecious alloys were lower than that of control groups.
3. The shear bond strength between porcelain and metal in semiprecious alloy was higher than in nonprecious alloys
4. In nonprecious alloys. Rexillum III showed the highest bond strength value and Excelalloy showed the lowest shear bond strength value.
5. Regardless of the type of alloys and additional proportion of new alloys, scanning electron microscope photographs of the fracture surface between alloy and porcelain revealed similar semiprecious alloy and nonprecious alloys.