

표면처리방법에 따른 전기성형금속의 도재결합강도

부산대학교 치과대학 치과보철학교실

김 철 · 임장섭 · 전영찬 · 정창모 · 정희찬

1. 서 론

금속-도재수복물은 금속의 양호한 강도와 변연적 합성, 그리고 도재의 심미성을 동시에 가지는 수복물의 형태이다.¹⁾ 하지만 통상적인 lost-wax기법을 이용하는 금속-도재수복물의 하부구조물은 납형제작과정 동안의 변형, 매물재의 팽창, 주조 후 금속의 수축 등으로 인해 변연적합성이 감소될 수 있는 문제점을 가지고 있다.²⁾ 이러한 문제점들의 개선을 위해 최근에는 전기성형법으로 금속-도재수복물의 하부구조물을 제작하는 방법이 이용되고 있다.³⁾ 전기성형법은 전기적 원리를 이용하여 순도 99.9%의 순금을 균일한 두께로 침착시키는 방법이다.⁴⁾ 이렇게 제작되는 금속구조물은 납형의 제작, 매물, 주조과정을 생략함으로써 매우 정확한 변연적합성⁵⁻⁷⁾을 가지며 또한 순금의 황색 색조⁸⁾로 인해 심미적으로도 좋은 결과를 가진다.

전기성형법을 이용한 구강내 보철물은 1961년 Rogers⁹⁾에 의해 처음 도입되었으나 초기에는 전해질 내에 독성이 강한 성분인 potassium cyanide가 첨가되어 있었기 때문에 임상적 사용이 어려웠다. 이후 Wisman¹⁰⁾이 cyanide가 포함되지 않은 전해질 용액을 개발하면서 전기성형법의 사용이 점차 증가하였으나 여전히 그 제작과정의 어려움과 높은 비용으로 인해 쉽게 대중화되지 못하였다. 그러나 1990년대 초부터 몇몇 회사에서 소형화되고, 조작이 간편하며, 더 값싼 장비들이 개발되면서 전기성형법은 점

차 그 사용이 증가되고 있는 추세이다.¹¹⁾ 또한 7년간의 임상 연구에서도 전기성형법으로 제작된 금속-도재수복물의 경우가 도재전장판에 비해서 우수한 성공률을 가지며, 기존의 금속-도재수복물과 견줄만한 임상적 성공률을 가진다고 하였다.¹²⁾

한편 금속과 도재간의 결합기전은 기계적 결합, 화학적 결합, van der Waal's force, 도재와 금속의 열팽창계수 차이에 의한 압축력 등이 있으며, 이 중 산화막 형성에 의한 화학적 결합이 가장 큰 역할을 한다고 알려져 있다.²⁾ 그러나 전기성형법으로 제작되는 금속-도재수복물의 하부구조물은 순금으로 이루어져 산화막이 형성되지 않기 때문에 상부 도재와의 결합력에 종종 의문이 제기되어 왔으며^{3,4)} 몇몇 선학들의 연구에서는 전기성형금속과 도재와의 결합력을 증가시키기 위해서 기계적 결합을 증진시키거나 화학적 결합을 위한 적절한 표면처리가 필요하다고 하였다.^{13,14)}

기계적 결합력의 증가를 위한 방법은 금속 표면을 거칠게 하여 효과적으로 접촉면적을 크게 하고, 도재의 젖음성을 향상시키며, 유지형태를 크게 하는 것이다.²⁾ 이러한 방법으로 모래분사나 접착제(gold bonder)의 사용이 있다. 모래분사는 적절한 크기를 가지는 모래 입자를 강한 압력과 함께 분사함으로써 금속 표면의 거칠기를 증가시키는 방법이다. 접착제(gold bonder)는 대부분의 전기성형술 장비 제조사에서 제공을 하며 99.99%의 순금과 도재입자로 구성되어 있고 표면 젖음성과 유지형태를 증가시키는 방

법이다.¹⁵⁾

다른 표면처리방법으로 유기물질이나 복합재료를 이용해 금속표면을 얇게 coating하는 방법이 있으며 Rocatec™ system(3M Espe, Germany)이 그 중 하나이다.¹⁶⁾ 이 방법은 일반적인 산화알루미늄 모래분사와 함께 silica coating된 모래를 분사하여 금속 표면을 도재화(ceramization)¹⁷⁾시킴으로써 표면 거칠기의 증가와 동시에 유기물질을 적용하여 금속의 표면 상태를 재구성하는 방법이다. 다수의 연구에서 Rocatec™ system을 사용했을 때 금속과 레진과의 결합력이 향상되었음을 보고하고 있다.¹⁸⁻²⁰⁾

따라서 본 연구에서는 전기성형금속과 도재간의 결합력을 증진시킬 수 있는 전기성형금속의 적절한 표면처리방법을 알아보고자, 각각 aluminium oxide sandblasting(50μm), 접착제(gold bonder), Rocatec™ system 등을 사용하여 표면처리를 시행한 후 EDX 분석 및 전자현미경 관찰을 통하여 표면 분석을 하였고, 도재 소성 후 만능시험기를 이용해 금속-도재간의 전단결합강도를 측정한 후 파절양상을 광학현미경으로 관찰한 결과 다소의 지견을 얻었기에 이를 보고 하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 시편제작

총 32개의 직경 8mm, 두께 2mm의 disk를 제작하여 그 중 8개는 귀금속합금(V-Supragold, Metalor, Swiss)으로, 나머지 24개는 비귀금속합금(Rexillum® III, Jeneric®/Pentronh®, USA)으로 주조하였다.

비귀금속합금으로 제작한 24개의 disk는 전기성형장비(GAMMAT® free, Gramm Technik,

Germany)를 이용해서 0.2mm두께로 한쪽 면과 옆면을 전기성형 하였다.

이후 disk는 표면처리방법에 따라 8개씩 4개의 실험군으로 나누었다(Table I).

1) V-Supragold 군

귀금속합금으로 주조한 8개의 disk는 600grit의 연마지를 이용해 연마를 시행한 후 50μm의 Al₂O₃(Basic class; Renfert, Germany)으로 1.5기압 하에서 표면에 수직으로 15mm거리에서 10초 동안 모래분사(sandblasting)하였다. 이후 통법에 따라 oxidation cycle을 거치고 난 후, 도재 적용면적을 균일화하기 위해 4mm 직경의 구멍이 있는 마스크 테이프를 붙이고 불투명 도재(opaque porcelain)를 적용, 소성하고 5mm 높이로 상아질 도재(Super Porcelain EX-3, Noritake Co, Japan)를 소성하였다.

2) GES-Sand 군

전기성형술로 제작된 순금의 표면을 50μm의 Al₂O₃(Basic class; Renfert, Germany)으로 1.5기압 하에서 표면에 45° 경사진 방향으로 15mm 거리에서 10초 동안 모래분사 하였다. 증기세척 후 1)군과 동일한 방법으로 도재를 소성하였다.

3) GES-Bond 군

전기성형술로 제작된 순금의 표면을 2)군과 동일한 방법으로 모래분사를 시행하고, 4mm직경의 구멍이 있는 마스크 테이프를 붙인 후, 제조사에서 제공하는 접착제(Galvanobonder, Gramm Technik GmbH, Germany)를 붓을 이용해서 얇게 적용한 후 제조사의 지시에 따라 소성하였다. 이후 1)군과 동일한 방법으로 도재를 소성하였다.

Table I. The experimental groups

Group	Type of metal	Surface treatment	N
V-Supragold	Ceramometal alloy	Al ₂ O ₃ sandblasting + oxidation cycle	8
GES-Sand	Electroformed gold	Al ₂ O ₃ sandblasting	8
GES-Bond	Electroformed gold	Al ₂ O ₃ sandblasting + gold bonder	8
GES-Rocatec	Electroformed gold	Rocatec™ system	8

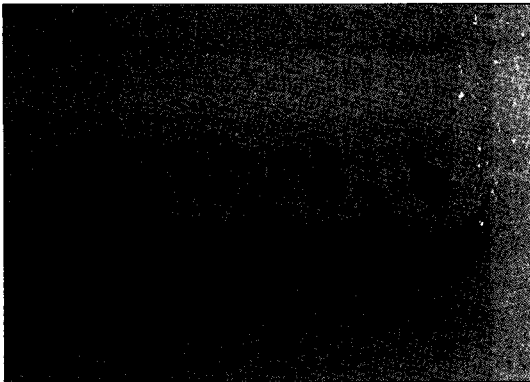


Fig. 1. Prepared specimens for shear bond strength test.

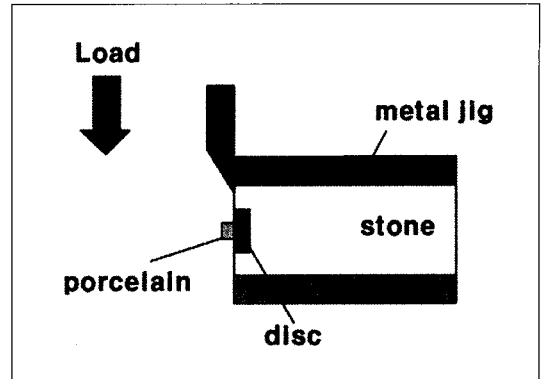


Fig. 2. Cross section of specimen placed in the universal testing machine.

4) GES-Rocatec 군

전기성형술로 제작된 순금의 표면을 Rocatec Pre($110\mu\text{m Al}_2\text{O}_3$)를 이용해 1.5기압하 15mm 거리에서 45° 각도로 10초간 모래분사 하고, Rocatec Plus($110\mu\text{m Al}_2\text{O}_3 + \text{silica}$)로 silicate coating을 시행하였다. 이후 1)군과 동일한 방법으로 도재를 소성하였다.

2. 실험방법

1) Energy Dispersive X-ray(EDX) 분석 및 전자현미경 관찰

EDX분석 및 전자현미경 관찰을 위하여 각 실험군당 1개씩의 추가 시편을 제작하였다. 각각의 표면처리를 시행한 후 표면의 구성 성분을 파악하기위해 EDX분석을 시행하였고, 전자현미경(HITACHI S-2400, Japan)으로 표면의 양상을 관찰하였다(3000 배율).

2) 전단결합강도 측정 및 파절 양상의 분석

전기성형법으로 제작된 시편은 전단결합강도 측정 실험 시 얇은 금속 박막이 찢어지거나 휘어지는 것을 막기 위해 resin-cement(Super bond, Sun-medical, Japan)를 이용해서 비귀금속합금으로 주조된 disk와 접착하였다.

도재와 금속사이의 계면에 전단하중을 가할 수 있도록 시편을 고정할 수 있는 metal jig를 제작하고,

metal jig에 맞게 시편의 기저부를 초경석고(Die-Keen, Heraeus kulzer INC. USA)로 매몰하였다(Fig. 1). 이후 시편을 만능시험기(Hounsfield Test Equipment Ltd., Salfords, UK)에 위치시키고 1mm/min의 cross-head speed로 하중을 가하여 도재가 분리되거나 파절되는 최대하중을 기록하였다(Fig. 2). 이후 파절양상은 광학현미경을 이용해 관찰 하였다(50배율).

Ⅲ. 연구성적

1. Energy Dispersive X-ray(EDX) 분석 및 전자현미경 관찰소견

표면처리를 시행하기전 전기성형술 시편의 EDX분석 및 전자현미경 소견은 Fig. 3에 나타내었다. 시편의 주성분은 Au(99.9%)이었으며, 작고 둥근 입자들이 뭉뭉이 배열된 매우 평탄한 표면 양상이었다.

표면처리를 시행한 후의 EDX분석 및 전자현미경 소견은 Fig. 4와 Fig. 5에 나타내었다. EDX 소견 상 V-Supragold 시편에서는 합금의 주원소인 Au(96.5wt%)와 Pd(2.1wt%)가 관찰되었으며 약간의 Al_2O_3 (1.42wt%)성분이 나타났다. 표면처리 후 GES-Sand 시편에서는 미량의 Al_2O_3 (2.4wt%), GES-Bond 시편에서는 미량의 SiO_2 (4wt%)성분이 나타났으며, 특히 GES-Rocatec 시편에서 SiO_2 (17.4wt%)성분이 다량 검출되었다(Fig. 4).

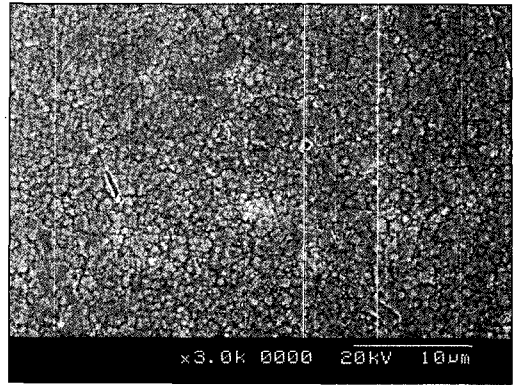
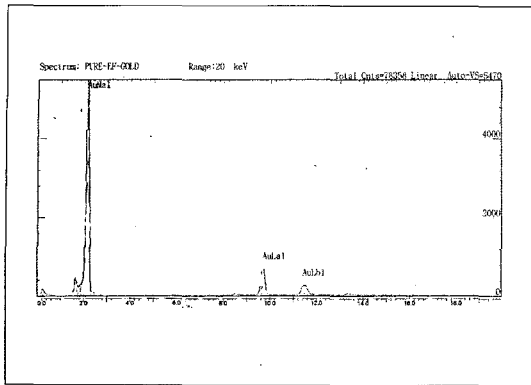
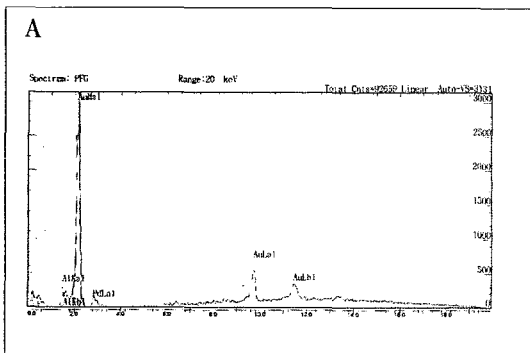
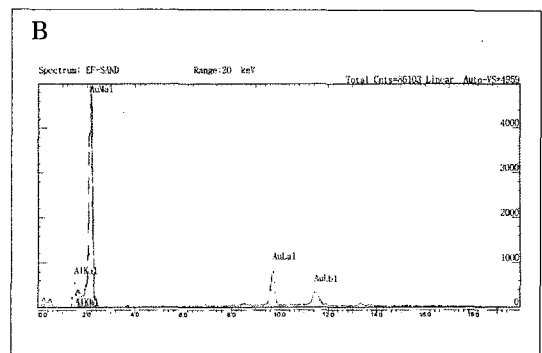


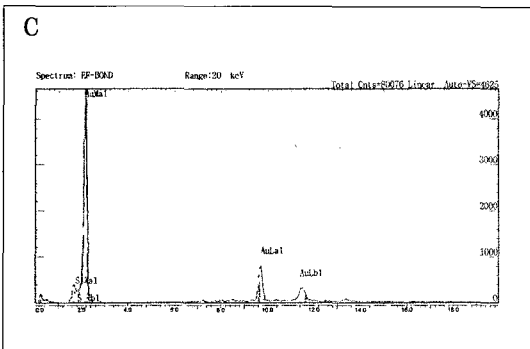
Fig. 3. Energy Dispersive X-ray analysis and SEM image of electroformed specimen without surface treatment.



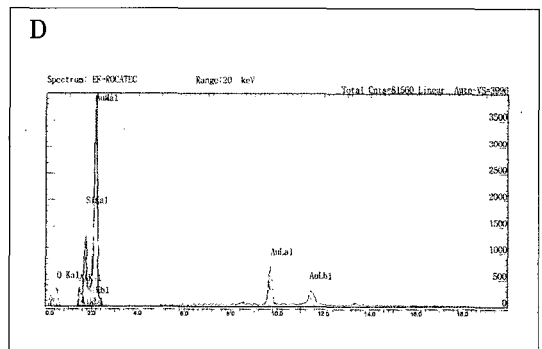
A. Au(96.5wt%), Pd(2.1wt%) and a small quantity of Al_2O_3 (1.42wt%) were found in V-Supragold.



B. A small quantity of Al_2O_3 (2.4wt%) were found in GES-Sand.

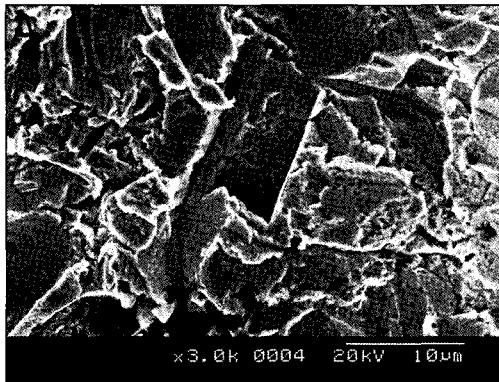


C. A small quantity of SiO_2 (4wt%) were found in GES-Bond.

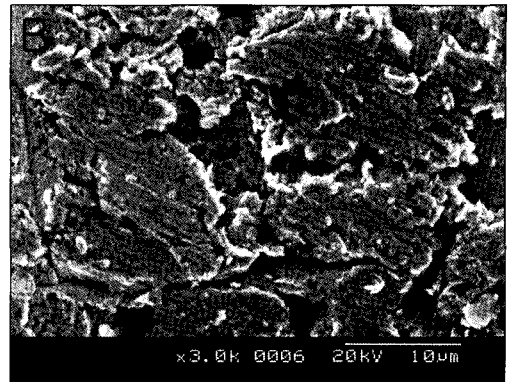


D. A large quantity of SiO_2 (17.4wt%) were found in GES-Rocatec.

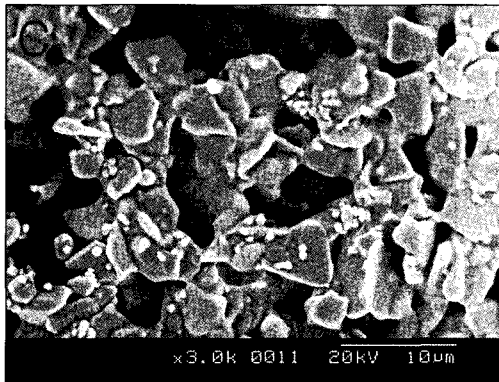
Fig. 4. Energy Dispersive X-ray analysis.



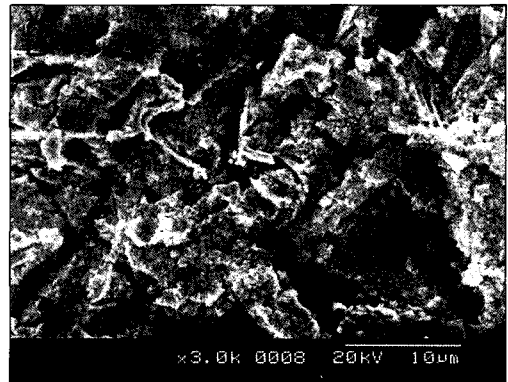
V-Supragold



GES-Sand



GES-Bond



GES-Rocatec

Fig. 5. SEM pictures of experimental groups according to surface treatment (Original magnification $\times 3000$).

전자현미경관찰 소견 상 V-Supragold군과 GES-Sand군은 다소 불규칙한 표면 양상을 보였으며 서로 유사한 형태로 관찰되었다. GES-Bond군은 순금입자에 의해 증가된 표면 거칠기 양상과 함께 0.5 μ m 내외의 구상의 ceramic particle를 관찰할 수 있었다. GES-Rocatec군은 표면 거칠기 양상의 증가와 함께 아주 미세한 silica 입자들이 표면에 촘촘히 부착되어 있는 양상을 관찰할 수 있었다(Fig. 5).

2. 전단결합강도 및 파절양상 분석

각 실험군에 대한 전단 결합강도의 평균값과 표준편차를 Table II에 나타내었으며, 이를 Fig. 6에 그래프로 정리하였다.

전단결합강도는 V-Supragold(22.9MPa \pm 3.7), GES-Bond(22.1MPa \pm 3.8), GES-Rocatec(20.1MPa \pm 2.8), GES-Sand(13.0MPa \pm 1.4) 순으로 나타났다. 이를 일원분산분석으로 비교한 결과 집단간에 유의한 차이가 있었으며, Duncan의 다중범위 검정법을 이용해 사후검정한 결과 V-Supragold, GES-Bond, GES-Rocatec 군 간에는 결합강도에 차이가 없었으며($P > 0.05$), GES-Sand 군은 나머지 세 군에 비해서 결합강도가 낮았다($P < 0.05$)(Table II).

금속-도재 결합계면의 파절양상은 Table V와 Fig. 7에 나타내었다. 잔존 도재의 부착면적이 전체면적의 3/4 이상인 경우를 cohesive, 1/4 이하인 경우를 adhesive failure로 판별하였고, 그 사이를 combination failure로 판별하였다. GES-Sand 군에서는

Table II. Shear bond strength value(Mpa) of veneering ceramic to metal

Group	Mean	SD	Duncan's grouping*
V-Supragold	22.9	3.7	A
GES-Sand	13.0	1.4	B
GES-Bond	22.1	3.8	A
GES-Rocatec	20.1	2.8	A

* The same letter denotes groups that were not significantly different($p>0.05$)

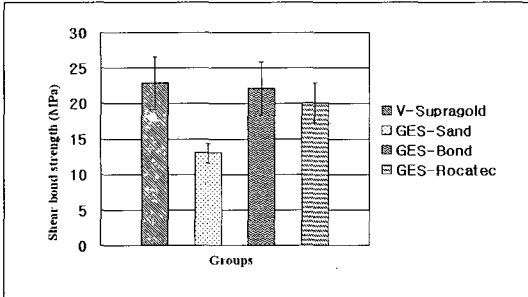
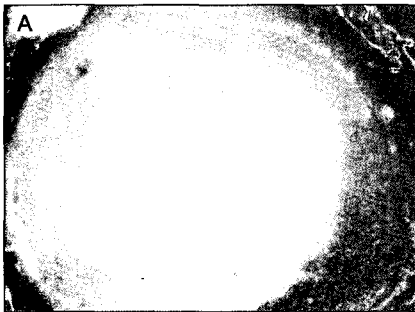


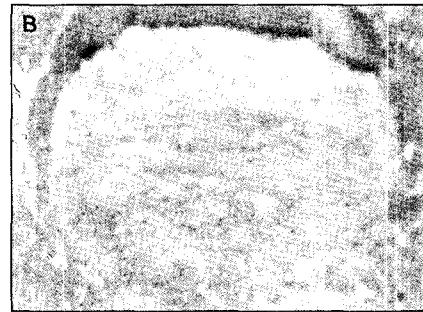
Fig. 6. Shear bond strength of ceramic to metal.

Table V. Bonding failure mode at metal-ceramic interface

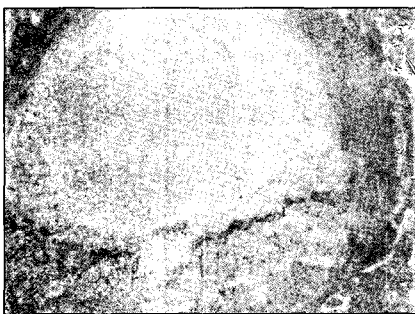
Group	Adhesive	Combination	Cohesive
V-Supragold	2	4	2
GES-Sand	6	1	1
GES-Bond	3	2	3
GES-Rocatec	3	3	2



V-Supragold



GES-Sand



GES-Bond



GES-Rocatec

Fig. 7. Bonding failure mode at metal-ceramic interface. Observation with optical microscope (Original magnification $\times 50$), most failures were adhesive type in B. Cohesive or combination failures were commonly observed in A, C, D.

adhesive failure가 주로 관찰되었으며, V-Supragold, GES-Bond, GES-Rocatec 군에서는 cohesive 및 combination failure 양상이 거의 비슷한 수준으로 관찰되었다(Fig. 7).

IV. 총괄 및 고찰

일반적으로 도재와 금속의 결합기전에는 화학적 결합, 기계적 결합, Van der Waal's force, 도재와 금속간의 열팽창계수의 차이에 따른 압축력 등이 있으며, 그 중 산화막에 의한 화학적 결합이 가장 큰 역할을 한다고 알려져 있다.²⁾ 금속-도재수복물용 귀금속합금은 대다수가 Sn, In 등의 비귀금속 원소가 소량으로 첨가되어 있어 이들이 가열되면 표면으로 석출, 산화되고 이런 산화막이 도재와의 화학적 결합에 중요한 요소로 작용한다.²⁾

반면 금, 백금, 팔라듐 같은 귀금속은 도재가 화학적으로 결합될 수 있는 산화막을 형성하지 않는다.³⁾ 따라서 순금과 도재와의 결합은 기계적인 요소가 큰 비중을 차지할 것이며, 이런 기계적인 결합력의 증가를 위해 표면처리가 필요하다.^{3,4)} 기계적인 표면 거칠기를 얻기 위한 방법으로 Yamamoto²⁾는 산화, 수지상의 형성, 전기화학적 부식, 작은 변연부위의 선택적 산화 그리고 etchant 용액을 이용한 표면처리 등이 있다고 하였다. 하지만 이런 방법은 산화에 영향을 받는 합금에서 가능한 일이며 전기성형 금속에서는 발생하지 않는다. 따라서 전기성형법으로 제작되는 순금의 coping을 표면처리하는 방법은 모래분사나 접착제(gold bonder)의 사용이 추천되고 있다.^{13,14)}

Traini¹³⁾는 전기성형금속의 표면에 모래분사만 시행한 경우 전자 현미경적조건에서 도재층의 opaque가 금속표면에 충분히 침윤되지 못하는 경향을 보여 결합력이 충분치 않을 것이라고 하였다. 한편 권¹⁴⁾등은 모래분사를 시행함으로써 기계적 결합강도의 증가에 기여할만한 거친 표면을 관찰하였으며, Hoffmann¹⁵⁾등은 전기성형금속에 모래분사를 이용하면 표면의 거칠기가 증가해서 적절한 도재와의 결합력을 얻을 수 있다고 하였다. 그러나 본 연구에서 모래분사만 시행한 경우 다른 실험군에 비해서 낮은 결합강도(13.0MPa±1.4)를 보였으며, 대조군인 V-

Supragold군(22.9MPa±3.7)과 비교해도 결합력이 낮은 것으로 보아 모래분사만으로는 도재와의 결합력이 부족하다고 사료된다. 더욱이 도재와 금속간의 계면에서 관찰한 파절 양상을 분석한 결과에서도 대부분의 경우 adhesive failure가 발생하는 것으로 보아 도재와의 결합력이 부족하다는 것을 보여준다. 일반적으로 표면 거칠기의 향상을 위해 모래분사를 시행하는 경우 입자가 너무 작으면 도재와의 결합력에 영향을 주지 못하고, 너무 크면 도재가 충분히 적셔지지 못해서 기포가 발생한다. 다양한 실험결과 50-70 μ m가 적절한 모래의 입자크기라고 하였다.²¹⁾ 본 연구에서는 일반적으로 사용하는 50 μ m 입자의 모래를 사용하였으나 Hopp¹⁵⁾는 전기성형금속에서 충분한 결합력을 얻기 위해 125 μ m이상의 입자크기를 가진 모래를 사용하면서 한편으로는 분사압에 의한 coping의 변형을 막기 위해 수직으로 분사를 해서는 안된다고 하였다. 입자의 크기가 전기성형 금속의 도재와의 결합강도에 영향을 주었는지는 추가적인 연구가 필요할 것이라고 생각된다.

접착제(gold bonder)를 적용한 군(22.1MPa±3.8)에서는 모래분사만 시행한 군(13.0MPa±1.4)보다 거의 두 배 가까운 결합강도의 증가를 보였다. Traini¹³⁾는 전기성형금속의 표면에 접착제(gold binder)를 사용하는 경우 결합력에 저하를 가져올 것이라고 하였으며 제조사의 지시에 맞는 온도에서 소성된 접착제가 전자현미경적 관찰결과 적절한 결합력을 가질 것이라고 하였다. 권¹⁴⁾등은 전기성형금속의 표면에 접착제를 적용하고 소성을 시행한 경우는 소성 시 녹아 흐른 금 분자의 융합을 관찰하였으며 그 결과 그물과 같은 구조가 표면에 형성되어 이것이 도재와 금속간에 기계적인 유지력을 제공할 것이라고 하였다. Yamamoto²⁾는 합금의 표면에 접착물질(bonding agent)의 사용하는 것이 금속 표면의 색을 밝게 하고, 경계면의 기포발생을 억제하지만 도재와의 결합 강도에는 크게 기여하지 않는다고 하였다. 하지만 Vickery²²⁾등은 순금만의 coating은 결합력에 크게 영향을 주지는 못하지만 표면에 요철을 만들어주는 고융점의 금속가루를 포함하거나 ceramic 입자를 배합해서 만들어지는 표면처리제를 사용하면 도재와의 상당한 결합강도를 가진다고 하였다. 전기성형법에서 사용하는 접착제(gold bonder)는

각 전기성형장비 제조사마다 제공하고 있으며, 99.9%이상의 순금과 도재의 입자들로 구성되어 있다.¹⁵⁾ 접착제는 소성과정동안 금 입자들이 융합되면서 흘러서 전체적 또는 부분적으로 도재 입자들과 결합하게 된다. 각각의 도재 입자들은 마치 보석이 반지에 달려 있는 것과 유사하게 부분적으로 융합되어진 금 입자들에 의해서 매달려 있는 양상이 된다. 노출된 도재입자들은 그들의 표면에 opaque 도재가 화학적 또는 기계적인 결합을 형성할 수 있게 해준다. 도재입자가 결합되어 있는 부위는 금입자로 형성된 그물같은 구조에 도재가 기계적 결합을 하게 된다. 따라서 접착제의 사용은 금 구조물과 도재간에 틈이 없는 긴밀한 결합을 형성해 준다.¹⁵⁾ 본 실험에서 접착제 적용후의 전자 현미경 소견에서 표면에 그물같은 구조가 관찰 되었으며, 결합강도 실험결과로 볼 때 그런 구조가 결합력의 증가에 도움을 주었다고 생각된다. 또한 EDX분석에서는 표면의 원소성분이 거의 96%이상 금으로 구성되어 있었다. 이것은 실제 표면으로 드러나는 도재입자가 극히 소량이며 노출된 도재입자에 의한 화학적 결합은 거의 없고 대부분 표면 구조의 변화에 따른 기계적인 결합이라고 사료된다.

본 연구에서 전기성형금속의 표면에 Rocatec™ system을 적용한 경우 도재와의 결합력(20.1MPa±2.8)이 GES-Bond군(22.1MPa±3.8)과 차이가 없었고, 대조군인 V-Supragold군(22.9MPa±3.7)과도 차이가 없는 것으로 미루어 Rocatec의 적용은 도재와 전기성형금속간의 결합력을 증진시킬 수 있는 적절한 표면처리 방법이라고 생각된다. Rocatec은 이미 레진과의 결합력 증진을 위한 금속, 도재 등의 전 처리제로 많이 사용되어 왔다.^{23,24)} 이는 통상적인 산화 알루미늄의 모래분사와 함께 silica가 coating 되어있는 모래를 분사해 줌으로써 그 즉시 표면을 도재화(ceramization)시키는 방법이다. 즉 강한 압력의 모래 분사를 통해 운동에너지를 순간적인 열에너지로 바꾸어 모래에 코팅되어 있던 silica가 마찰력에 의해 금속의 표면에 화학적으로 결합하는 것이다.^{16,17)} 전기성형금속의 표면처리에 있어서 접착제(gold bonder)는 충분한 도재와의 결합력을 제공한다고 하였다. 하지만 접착제의 적용은 실제 사용하는 기공사의 기술과 재료의 성질에 많은 부분을 의존하고 있

다. 소성된 접착제는 수복물의 모서리에 집중될 수 있으며 균일한 두께로 적용되는 것이 쉽지 않다. 또한 도재입자가 접착제 상부에서 뭉칠 수도 있으며 금이 충분히 흐르지 못하는 경우도 있다. 따라서 많은 연구자들이 접착제의 사용 없이 세라믹을 결합시키는 방법을 연구하고 있다. 근자에는 electroforming 과정동안 coping의 표면에 세라믹을 동시에 침적시키는 방법이 연구되고 있다.¹⁵⁾ 본 연구에서는 Rocatec system을 이용하여 보다 간편한 방법으로 금속의 표면을 재구성하고자 하였다. 모래 입자에 의해서 표면의 거칠기가 증가되고, 동시에 표면이 silicate로 얇게 coating되는 효과가 있다. 다른 표면 처리제의 사용 없이 특수화된 모래분사만으로 금속의 표면을 처리해서 도재와의 결합을 증진시킬 수 있다고 생각된다. 전자현미경에서는 표면의 거칠어짐과 함께 silicate로 보이는 작은 입자들이 많이 관찰되었다. EDX분석에서 SiO₂ 성분이 17%정도 표면에 나타났다. 결과적으로는 전용의 접착제를 사용한 경우와 비슷한 결합강도를 보였으며 좀더 간단하게 도재와의 결합력을 증진시킬 수 있는 방법이라고 사료된다.

본 연구에서는 표면처리방법에 따라 전기성형금속의 도재결합강도가 다를 수 있었다. 이전부터 추천되어온 모래분사방법은 일반 도재용 귀금속합금이나 접착제를 사용한 경우와 Rocatec을 처리한 군에 비해서 낮은 금속-도재 결합강도를 나타냈으며 도재와의 결합에 단독으로 적용하기에는 부족하다고 본다. 반면 접착제의 사용과 silicate coating은 전기성형금속의 도재와의 결합을 증진시킬 수 있는 표면처리 방법이라고 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 전기성형금속과 도재간의 결합력을 증진시킬 수 있는 전기성형금속의 표면처리방법을 알아보고자 하였다. 대조군으로 통상의 도재용 귀금속합금에 50μm aluminium oxide sandblasting을 처리한 군(V-Supragold), 실험군으로 전기성형된 순금의 표면에 각각 50μm aluminium oxide sandblasting을 처리한 군(GES-Sand), Gold bonder를 처리한 군(GES-Bond), Rocatec™ system을 처리한

군(GES-Rocatec)으로 구성하였다. EDX 분석 및 전자현미경 관찰을 통하여 표면 분석을 하였고, 만능시험기를 이용해 금속-도재간의 전단결합강도를 측정 후 파절양상을 광학현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. EDX 소견 상, V-Supragold군에서는 합금의 주원소인 Au(96.5wt%)와 Pd(2.1wt%)가 관찰되었으며 약간의 Al₂O₃(1.42wt%)성분이 나타났다. GES-Sand군에서 미량의 Al₂O₃(2.4wt%), GES-Bond군에서 미량의 SiO₂ (4wt%) 성분이 관찰되었으며, GES-Rocatec군에서는 SiO₂(17.4wt%) 성분이 다량 관찰되었다.
2. 전자현미경관찰 소견 상, V-Supragold군과 GES-Sand군에서 다소 불규칙한 표면양상이 관찰되었으며, GES-Bond군에서 소성시 융합된 금입자에 의해 형성된 그물같은 구조와 함께 구상의 ceramic particle을 관찰할 수 있었다. GES-Rocatec군에서 표면 거칠기 증가 양상과 함께 아주 미세한 silica 입자 들이 표면에 촘촘히 부착되어 있는 양상을 관찰할 수 있었다.
3. 전단결합강도는 V-Supragold(22.9MPa±3.7), GES-Bond(22.1MPa±3.8), GES-Rocatec(20.1MPa±2.8), GES-Sand(13.0MPa±1.4) 순이었으며, V-Supragold, GES-Bond, GES-Rocatec군 간에는 결합강도의 차이가 없었다 (P>0.05).
4. 금속-도재 계면에서의 파절양상은 GES-Sand 군에서 adhesive failure가 많이 관찰되었으며, V-Supragold, GES-Bond, GES-Rocatec 군에서는 cohesive 및 combination failure 양상이 거의 비슷하게 관찰되었다.

이상의 결론으로부터 전기성형금속은 적절한 표면처리를 시행할 경우 기존의 금속-도재수복물과 비교해 충분한 결합력을 가진다고 사료된다.

참고문헌

1. Coornaert J, Adriaens P, Boever J. Long-term clinical study of porcelain-fused-to-gold restorations. J Prosthet Dent 1984; 51:338-42.
2. Yamamoto M. Metal-Ceramics. Quintessence. Pub. Co. Tokyo, 1985.
3. Raigrodski AJ, Malcamp C, Rogers WA. Electroforming technique. J Dent Tech 1998;15:13-6.
4. Behrend F. Gold electroforming system: GES restorations. Journal of Dental Technology 1997:31-7.
5. Holmes JR, Pilcher ES, Rivers JA, Stewart RM. Marginal fit of electroformed ceramometal crown. J Prosthodontics 1996; 5:111-4.
6. Setz J, Diehl J, Weber H. The marginal fit of cemented galvanoceramic crown. Int J Prosthodont 1989;2:61-4.
7. Petteno D, Schierano G, Bassi F, Bresciano ME, Carossa S. Comparison of marginal fit of 3 metal-ceramic system: an *in vitro* study. Int J Prosthodont 2000;13:405-8.
8. Lee SO, Woo YH, Choi DG, Kwon KR. Spectrophotometric analysis of the influence of metal substrate on the color of ceramic. J Korean Acad Prosthodont 2003; 41:148-59.
9. Rogers OW, Armstrong BW. Electroforming a gold matrix for indirect inlays. J Prosthet Dent 1961;11:959-66.
10. Vense BS. Electroforming technology for galvanoceramic restorations. J Prosthet Dent 1997;77:444-9.
11. Giezendanner P. Suitability of electroforming for ordinary use: Experience with the Hafner HF 600. QDT 1998:39-56.
12. Erpenstein H, Borchard R, Kerschbaum T. Long-term clinical results of galvano-ceramic and glass-ceramic individual crowns. J Prosthet Dent 2000;83:530-4.
13. Traini T. Electroforming technology for ceramometal restoration. QDT 1995:21-9.
14. Kwon HB, Yim SH. A qualitative analysis of bonding between electroformed sur-

- face and veneering ceramics. *J Korean Acad Prosthodont* 2000;38:328-35.
15. Wirz J, Hoffman A. Electroforming in restorative dentistry: new dimensions in biologically based protheses. Quintessence Pub. Co. 1999.
 16. Guggeberger R. Rocatec system-Adhesion by tribochemical coating. *Dtsch Zahnarzl Z* 1989;44:874-6 .
 17. Rocatec system. Information for use. 3M Espe.
 18. Shimoe S, Tanoue N, Yanagida H, Atsuta M, Koizumi H, Matsumura H. Comparative strength of metal-ceramic and metal-composite bonds after extended thermocycling. *J Oral Rehabil* 2004;31:689-94.
 19. Groten M, Probst L. The influence of different cementation modes on the fracture resistance of feldspathic ceramic crown. *Int J Prosthodont* 1997;10:169-77.
 20. Park CW. A study on the metal surface treatment of resin bonded retainer. *J Korean Acad Prosthodont* 1991;29:17-21.
 21. Kiyoko B. Q & A Ceramo-metal science. Ishiyaku Pub. Inc. Tokyo, 1989:45-6.
 22. Vickery RC, Badinelli LA, Nature of attachment forces in porcelain-gold systems. *J Dent Res* 1968;47:683-9.
 23. Kim JY, Pfeiffer P, Neidermeier W. Effect of laboratory procedures and thermocycling on the shear bond strength of resin-metal bonding systems. *J Prosthet Dent* 2003;90:184-9.
 24. Kern M, Thompson VP. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: Volume loss, morphology, and changes in the surface composition. *J Prosthet Dent* 1994;71:453-61.

Reprint request to:

Jang-Seop Lim, D.D.S., M.S.D., Ph.D.
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Pusan National University
1-10 Ami-Dong, Seu-Gu, Pusan, 602-739, Korea
bigfire@pusan.ac.kr

ABSTRACT

**SHEAR BOND STRENGTH OF VENEERING CERAMIC TO
ELECTROFORMED GOLD WITH THREE DIFFERENT
SURFACE TREATMENT**

Cheol-Kim, D.D.S, M.S.D., Jang-Seop Lim D.D.S., M.S.D, Ph.D.,
Young-Chan Jeon D.D.S, M.S.D, Ph.D. Chang-Mo Jeong, D.D.S, M.S.D, Ph.D.
Hee-Chan Jeong, D.D.S, M.S.D.

Department of Prosthodontics, Collage of Dentistry, Pusan National University

Purpose: The success of the bonding between electroformed gold and ceramic is dependent on the surface treatment of the pure gold coping. The purpose of this study was to evaluate the bonding strength between the electroformed gold and ceramic with varying surface treatment.

Materials and methods: A total of 32 disks, 8 were using conventional ceramometal alloy, 24 were using electroforming technique as recommended by manufacturer, were prepared. 24 electroformed disks were divided 3 groups according to surface treatment, i.e. 50 microns aluminium oxide sandblasting(GES-Sand), gold bonder treatment(GES-Bond) and Rocatec™ system(GES-Rocatec). For control group of conventional alloy 50 microns aluminium oxide treatment was done(V-Supragold).

Energy dispersive x-ray analysis and scanning electron microscope image were observed. Using universal testing machine, shear bond strength and bonding failure mode at metal-porcelain interface were measured.

Results and Conclusion:

The following conclusions were drawn:

1. In the energy dispersive x-ray analysis, the Au was main component in electroformed gold(99.9wt%). After surface treatment, a little amount of Al_2O_3 (2.4wt%) were found in GES-Sand, and SiO_2 (4wt%) in GES-Bond. In GES-Rocatec, however, a large amount of SiO_2 (17.4wt%) were found.
2. In the scanning electron microscopy, similar pattern of surface irregularities were observed in V-Supragold and GES-Sand. In GES-Bond, surface irregularities were increased and globular ceramic particles were observed. In GES-Rocatec, a large amount of silica particles attached to metal surface with increased surface irregularities were observed.

3. The mean shear bond strength values(MPa) in order were 22.9 ± 3.7 (V-Supragold), 22.1 ± 3.8 (GES-Bond), 20.1 ± 2.8 (GES-Rocatec) and 13.0 ± 1.4 (GES-Sand). There was no significant difference between V-Supragold, GES-Bond, and GES-Rocatec. ($P > 0.05$)

4. Most bonding failures modes were adhesive type in GES-Sand. However, in V-Supragold, GES-Bond and GES-Rocatec, cohesive and combination failures were commonly observed.

From this result, with proper surface treatment method electroformed gold may have enough strength compare to conventional ceramometal alloy.

Key words: Electroformed gold, Bond strength, Surface treatment